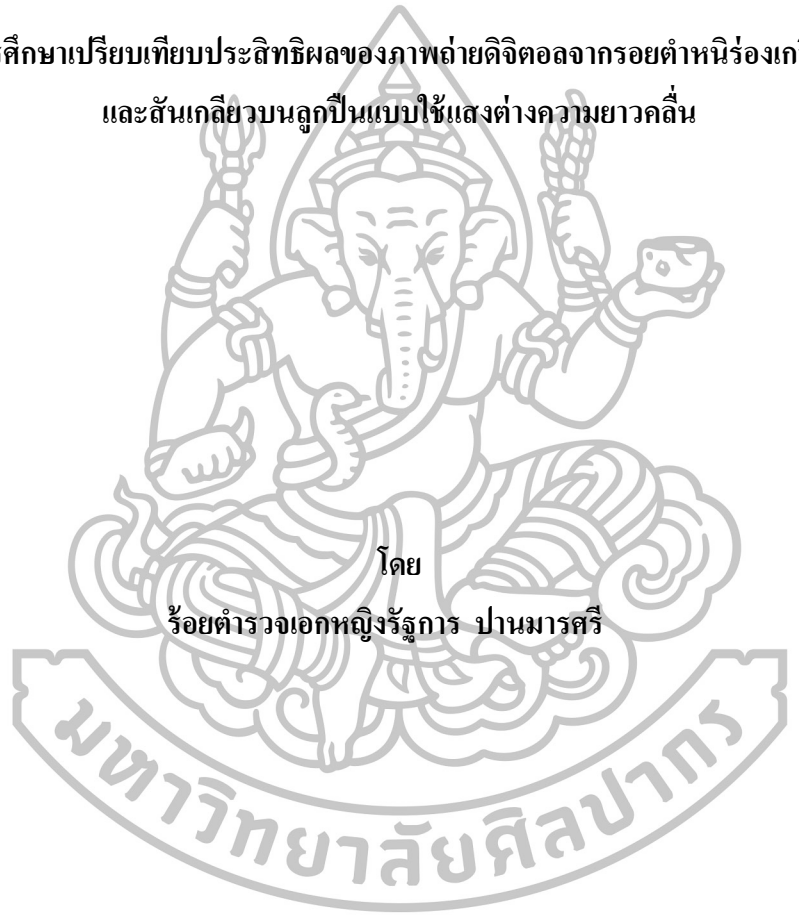
การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น

โดย

ร้อยตำรวจเอกหญิงรัฐการ ปานมารศรี



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น

โดย

ร้อยตำรวจเอกหญิงรัฐการ ปานมารศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE STUDY OF BULLET DEFECTS DIGITAL PHOTOS EFFECTED BY THREE DIFFERENT LIGHT.

By

Pol.capt. Ratthakan Panmarasri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree

Master of Science Program in Forensic Science

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2015

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น” เสนอโดย ร้อยตำรวจเอกหญิงรัฐการ ปานมารศรี เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์

……..

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปานใจ ธารทัศนวงศ์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....เดือน..... พ.ศ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ พลตำรวจตรีสันติ์ สุขวัจน์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(พันตำรวจโท ดร.สฤษดิ์ สืบพงษ์ศิริ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอกพงษ์พิษณุ ภักดีณรงค์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พลตำรวจตรีสันติ์ สุขวัจน์)

...../...../.....

54312330: สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์
คำสำคัญ: การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอล / ลูกกระสุนปืน / เครื่องกำเนิดแสงต่างความยาวคลื่น

รัฐการ ปานมารศรี: การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.พล.ต.ต. สันติ์ สุขวัจน์. 198 หน้า.

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น: การศึกษานี้เป็นการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้แสงธรรมชาติและการใช้แสงต่างความยาวคลื่น ในการถ่ายภาพลูกกระสุนปืน และศึกษาหาความยาวคลื่นแสง ที่เหมาะสมกับการถ่ายภาพลูกกระสุนปืน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนด้วยกล้องดิจิตอล จากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกกระสุนปืน ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยทำการศึกษา ลูกกระสุนปืน ชนิดตะกั่วล้วน ขนาด 9 มม. กับปืน Semi-Automatic หรือกึ่งอัตโนมัติ ถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิตอลคุณภาพสูง มีเซ็นเซอร์ขนาดใหญ่เทียบเท่าฟิล์ม 35 มม. เลนส์ถ่ายภาพระยะใกล้ ทำการจับยึดตัวกล้องด้วยแสตนถ่ายภาพวัตถุพยานในระนาบแนวนอนที่ความห่างระหว่างกล้องกับลูกกระสุนปืนในระยะโฟกัสที่เท่ากัน ต่างความยาวคลื่น จากเครื่อง POLILIGHT PL 400: ROFIN จัดแสงและทำการถ่ายภาพในห้องมืดที่ถูกควบคุมแสงสะท้อน

ผลการศึกษาพบว่าที่แสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร ให้ภาพถ่ายรอยสันเกลียวร่องตื้นบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจนที่สุด จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้การถ่ายภาพ ลูกกระสุนปืนที่ยิงมาจากปืนที่มีสันเกลียวร่องตื้น และที่คลื่นแสงความยาว 450 นาโนเมตร สามารถแสดงร่องรอยขีดข่วนบางเบาในร่องเกลียวบนลูกกระสุนปืน ที่การถ่ายภาพปกติไม่สามารถมองเห็นได้ ข้อเสนอจากการวิจัยเนื่องจากมีความหลากหลายของลูกกระสุนปืนที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ลูกกระสุนปืนชนิดตะกั่วหุ้มทองแดง และโลหะอื่น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มต่อไป

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร
ลายมือชื่อนักศึกษา..... ปีการศึกษา 2558
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์.....

54312330: MAJOR: FORENSIC SCIENCE
KEY WORDS: THE STUDY OF BULLET DEFECTS DIGITAL PHOTOS / BULLET / POLILIGHT

RATTHAKAN PANMARASRI: THE STUDY OF BULLET DEFECTS DIGITAL PHOTOS EFFECTED BY THREE DIFFERENT LIGHT. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF. POL..MAJ.GEN. SANT SUKKAWAT. 198 pp.

This study was aimed to compare the effectiveness of digital photos from a defect ridge and spiral grooves on the bullet, using different wavelengths of light: Objective to compare the use of natural light and using light of different wavelengths. Shooting gunshot and study the wavelengths, suitable for shooting a gunshot. In order to enhance the photography shot with a digital camera. The defect spiral groove and spiral ridge on gunshot maximum efficiency. The study was aimed to lead ammunition is 9 mm. Gun Semi-Automatic or semi-automatic shooting with a high quality digital camera with a large sensor equivalent in 35mm. Lens, close-up photography. Holding the camera with photographic material witness stand in a horizontal plane at a distance between the camera and shot in the same shooting distance. Different wavelength from POLILIGHT PL 400: ROFIN lighting and shooting in the dark room where glare control.

The study was found that 505 nanometer wavelength light photos Roy's spiral shallow grooves on the gunshot was the most obvious. Therefore, the adoption of shooting the bullet fired from a gun with a spiral groove was shallow. And the light wave length 450 nm light scratches can trace the spiral grooves on the bullet. The shooting is not visible. The proposal of the study due to a variety of ammunition are currently in use, such as a gunshot copper and other metals, lead type, it should be studied further added.

Program of Forensic Science Graduate School, Silpakorn University
Student's signature..... Academic Year 2015
Thesis Advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านที่ได้สละเวลาให้ความรู้ ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์กับงานวิจัยเป็นอย่างยิ่ง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ.พล.ต.ต.สันติ์ สุขวัจน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนะตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีคุณค่าและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้ง รศ.พ.ต.อ. พงษ์พิษณุ ภักดีณรงค์ และ ผศ.พ.ต.ท. สฤษดิ์ สืบพงษ์ศิริ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ พ.ต.อ.วาที อัศวุฒมางกุร หัวหน้ากลุ่มงานตรวจเลือดชีวเคมีและเขม่าดินปืน สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ผ.ศ. สิริกร เอมแย้มธำรง โรงเรียนเวชนิทัศน์พัฒนา สถานเทคโนโลยีการศึกษาแพทยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ต.ท. ธีรนันท์ นคินทร์พงษ์ นักวิทยาศาสตร์ (สบ3) กลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน กองพิสูจน์หลักฐานกลาง ที่ให้คำแนะนำและการสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการ กลุ่มงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน กองพิสูจน์หลักฐานกลาง และกลุ่มงานตรวจเลือดชีวเคมีและเขม่าดินปืน สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ ช่วยอำนวยความสะดวก และสนับสนุนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บุคลากรทุกท่านที่สนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณบุพการีที่สนับสนุนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการศึกษามาโดยตลอด และขอขอบพระคุณผู้มิได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ซึ่งมีส่วนช่วยเหลือทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ประสบผลสำเร็จไปได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารภาพ ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

สมมุติฐานของการวิจัย 3

ขอบเขตของการวิจัย 3

กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

ขั้นตอนการวิจัย 5

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5

2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 6

กล้องดิจิตอล 6

พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเลนส์ 34

อาวุธปืน 48

กระสุนปืน 54

แสง 77

เครื่องโพลีไลท์ 91

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 94

3 วิธีดำเนินการวิจัย 96

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 96

วิธีการทดลอง 100

การวิเคราะห์ผล 102

บทที่ หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 103
ตัวอย่างภาพถ่ายแสดงผลการทดลอง 104
การให้ผลคะแนนภาพถ่ายลูกกระสุนปืน 113
5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ 118
สรุปผลการวิจัย 118
อภิปรายผลการวิจัย 119
ข้อเสนอแนะ 119
รายการอ้างอิง 121
ภาคผนวก 124
ภาคผนวก ก เทคนิคการถ่ายภาพ 125
ภาคผนวก ข ภาพถ่ายลูกกระสุนปืนชนิดตะกั่วล้วน ขนาด 9 มม. ด้วยแสงต่างความยาวคลื่น 144
ประวัติผู้วิจัย 181

มหาวิทยาลัยศิลปากร

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 สรุปค่าตัวคูณของกล้องแต่ละค่าย 15

2 ความยาวโฟกัสเลนส์มุมกว้างและมุมรับภาพ 39

3 ขีปนวิถี 9 มม. ชอร์ต 64

4 ขีปนวิถี 9 มม. อัลตร้า (โพลีซ) 65

5 ขีปนวิถี 9 มม. เบราว์นิ่งก์ ลอง 65

6 ขีปนวิถี 9 มม. กลิสเซ็นติ 66

7 ขีปนวิถี 9 มม. เบยาร์ด 67

8 ขีปนวิถี 9 มม. สไตเอ้อร์ 67

9 ขีปนวิถี 9 มม. 9 x21 มม. 68

10 ขีปนวิถี 9 มม. เฟดเดอรัล 69

11 แสดงขีปนวิถี 9 มม. เมาเซอร์ 70

12 ขีปนวิถี 9 มม. มาคารอฟ 71

13 ขีปนวิถี 9 มม. วินเชสเต้อร์ แม็กนั่ม 72

14 ขีปนวิถี 9 X23 มม. วินเชสเต้อร์ 73

15 ขีปนวิถี 9 มม. เออี 74

16 ขีปนวิถี 9 X25 มม. ดิลล่อน 75

17 แนะนำการใช้แว่นเพื่อป้องกันแสง 91

18 ผลคะแนนภาพถ่ายหัวกระสุนปืนโดยผู้ชำนาญการงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน 113

19 แสดงค่าแสงที่ใช้ในการถ่ายภาพ การวัดแสง ฟิลเตอร์ และการบันทึกภาพสี ภาพโมโนโทน 126

20 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 430 นาโนเมตรแบบ Monotone .. 127

21 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 440 นาโนเมตรแบบ Monotone . 128

22 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตรแบบ Monotone . 129

23 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 470 นาโนเมตรแบบ Monotone .. 130

24 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 480 นาโนเมตรแบบ Monotone . 131

25 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 490 นาโนเมตรแบบ Monotone .. 132

26 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น LP1 แบบ Monotone 133

ตารางที่ หน้า

27 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตรแบบMonotone .. 134
28 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 530 นาโนเมตรแบบ Monotone .. 135
29 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตรแบบ Monotone . 136
30 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น555 นาโนเมตรแบบ Monotone . 137
31 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น560 นาโนเมตรแบบ Monotone . 138
32 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น570 นาโนเมตรแบบ Monotone . 139
33 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น590 นาโนเมตรแบบ Monotone . 140
34 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น620 นาโนเมตรแบบ Monotone.... 141
35 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วย Natural Light แบบMonotone 142
36 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วย Natural Light แบบColor..... 143

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 สถิติวัตถุพยานประเภทลูกกระสุนปืนที่ติดมากับศพของสถาบันนิติเวชวิทยา ตั้งแต่ พ.ศ.2554-2558 2

2 กรอบแนวความคิดการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลฯ 4

3 ขนาดของเซ็นเซอร์ระบบต่างๆ 9

4 เซ็นเซอร์ชนิด Charge-Coupled Device 11

5 เซ็นเซอร์ชนิด Complementary Metal Oxide Semiconductor 12

6 หลักการกรองแสงของฟิลเตอร์สี 13

7 หลักการสร้างสีของเซ็นเซอร์ FOVEON 14

8 กระบวนการสร้างภาพของกล้อง DSLR 17

9 จำนวนบิตที่เพิ่มขึ้นคือปริมาณโทนสีที่มากขึ้น 18

10 อุณหภูมิสีของแสงชนิดต่างๆ 19

11 การจำลองขนาดของรูรับแสง 20

12 แสดงความชัดลึก-ชัดตื้นของภาพ 21

13 แสดงระยะความชัดของเลนส์ 22

14 การจับการเคลื่อนไหวของวัตถุในภาพ 24

15 ความไวแสง ISO และค่าการเปิดรับแสง 25

16 แสดงค่าความไวแสง ISO สอดคล้องกับสต๊อปของความเร็วชัตเตอร์ 26

17 ภาพถ่ายที่ใช้การลดจุดรบกวนหลายภาพ 27

18 เสกลวัดแสง 28

19 ระดับค่าสีเทาและจำนวนพิกเซล 32

20 ภาพถ่ายและค่าฮิสโทแกรม 32

21 มุมรับภาพของเลนส์ช่วงต่างๆ 36

22 เลนส์มาตรฐานหรือเลนส์ปกติ 38

23 เลนส์ตาปลา 40

24 เทเลแบบฟิกซ์ Nikkor AF-S VR 400mm F/2.8 D ED 41

25 เลนส์กระจก 42

26 ภาพกลุ่มดอกไม้ขนาดเล็กๆเมื่อพ้นระยะโฟกัสไปจะกลายเป็นจุดแสง (hot spot) ทำให้เกิดวงโดนัทขึ้น 43

ภาพที่ หน้า

27 เลนส์มาโคร 44

28 ไดอะแกรมจำแนกปืนสั้น 49

29 ปืน Single Shot Pistol, Single and Multiple Barrels. 50

30 Single Action Revolver 50

31 ปืน Double Action Revolver 51

32 ปืน Automatic Revolver 51

33 ปืน Semi-Automatic 52

34 ให้เห็นปืนรูปร่างแปลกๆ ที่ไม่เหมือนอาวุธปืนทั่วๆไป 5 3

35 ส่วนประกอบสำคัญของกระสุนปืน 54

36 ส่วนท้ายกระสุนปืนตะกั่วแบบต่างๆ 57

37 ลูกกระสุนปืนแบบ Lubaloy หรือ Copper Washed 58

38 Jacketed Bullets แบบต่างๆ 59

39 โครงสร้างภายในของกระสุนขนาด 9 มม.พาราเบลลั่ม 61

40 โครงสร้างภายนอกของกระสุนขนาด 9 มม.พาราเบลลั่ม 62

41 กระสุนขนาด 9 มม.พาราเบลลั่มกระสุนขนาด9 มม.พาราเบลลั่ม+P+ ไฮดร้า-ช็อคพรีเมี่ยม ของเฟดเดอรัล 76

42 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่และความยาวคลื่น 78

4 3 การสั่นและทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 79

4 4 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 80

45 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 82

46 การสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบผิวสะท้อนราบ 84

4 7 การเกิดภาพในกระจกเงาราบ 85

4 8 การเกิดภาพสะท้อนจำนวนมากเมื่อตั้งกระจกสองอันหันเข้าหากัน 85

49 การสะท้อนคลื่นวิทยุบนจารรับสัญญาณดาวเทียมเป็นการสะท้อนบนผิวขรุขระ .. 86

50 การสะท้อนบนผิวขรุขระ 86

51 เปรียบเทียบการสะท้อนบนผิวเรียบและผิวขรุขระ 87

52 ค่าการสะท้อนรังสีตั้งฉากและการดูดกลืนของรังสีตั้งฉากของผิวเลือก 87

53 แสดงค่า Spectral directional absorptivity 88

54 ลักษณะการเกิดหักเหของแสง 89

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาพที่ หน้า

55 การเลี้ยวเบนของคลื่น 90

56 การเลี้ยวเบนของแสง..... 90

57 ความยาวคลื่นของแสงที่สามารถทะลุผ่านฟิลเตอร์ OG550..... 93

58 ความยาวคลื่นของแสงที่สามารถทะลุผ่านฟิลเตอร์ OG590..... 94

59 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล ชนิด FX Nikon D750..... 97

60 เลนส์ถ่ายภาพระยะใกล้ Nikon Lens 60mm f/2.8 AF-S Micro-Nikkor..... 97

61 แสตนถ่ายภาพวัตถุพยาน (Evident Stand) 97

62 เครื่อง POLILIGHT PL 400 : ROFIN 98

63 แว่นตาใส สีเหลือง สีส้ม สีแดง 98

64 ฟิลเตอร์กรองแสงสีส้ม OG 550 และสีแดง OG 590 98

65 กระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE 99

66 เพลทพลาสติกสีดำชนิดด้าน ติดหัวกระสุนปืน เสกลบอกขนาดและรายละเอียด พร้อมกล่องครอบชนิดใส 99

67 ถังแสตนเลส ยิงเก็บลูกกระสุนปืนระบบน้ำวน 99

68 ชุดเครื่องมือ-อุปกรณ์การถ่ายภาพลูกกระสุนปืน 101

69 การถ่ายภาพด้วยแสงหลายความยาวคลื่น 101

70 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติ แบบสี 104

71 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติ แบบ Monotone 104

72 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร แบบ Monotone..... 105

73 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร แบบ Monotone 105

74 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 4 50 นาโนเมตร แบบ Monotone..... 106

75 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร แบบ Monotone 106

76 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร แบบ Monotone 107

ภาพที่ หน้า

77 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 4 90 นาโนเมตร
แบบ Monotone 107
78 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น LP1 แบบ Monotone 108
79 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร
แบบ Monotone 108
80 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร
แบบ Monotone 109
81 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร
แบบ Monotone 109
82 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร
แบบ Monotone 110
83 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร
แบบ Monotone 110
84 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร
แบบ Monotone 111
85 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร
แบบ Monotone 111
86 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร
แบบ Monotone 112
87 ตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร
แบบ Monotone 112
88 ภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติ แบบสี แสดงรายละเอียดได้
ชัดเจนน้อยกว่าและมีแสงสีอื่นๆ รบกวนสายตา 115
89 ภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติ แบบ Monotone ในอาวุธปืน GLOCK
แสดงรายละเอียดชัดเจนได้น้อยกว่าอาวุธปืนอื่นๆ 115
90 ภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติแบบ Monotone เปรียบเทียบกับภาพ
ถ่ายความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร ที่แสดงความแตกต่างในรายละเอียด
สันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจนที่สุด 116

ภาพที่ หน้า

91 ภาพส่วนขยายจากกรอบภาพที่ 90 แสดงความแตกต่างในรายละเอียดสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจนที่สุด 116

92 ภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติแบบ Monotone เปรียบเทียบกับภาพถ่ายความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แสดงรายละเอียดตำหนิร่องเกลียวบนลูกกระสุนปืนที่สายตามนุษย์มองไม่เห็น 117

93 ภาพส่วนขยายจากกรอบภาพที่ 92 แสดงรายละเอียดตำหนิร่องเกลียวบนลูกกระสุนปืนที่สายตามนุษย์มองไม่เห็น 117

94 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร แบบ Monotone 1-2 145

95 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 146

96 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร แบบ Monotone 1-2 147

97 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 148

98 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 149

99 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 150

100 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 151

1 01 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 152

102 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 153

103 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 154

104 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 155

ภาพที่ หน้า

105 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 156
106 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น LP1 แบบMonotone 2-1 157
107 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น LP1 แบบMonotone 2-2 ..... 1 58
108 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 159
109 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 160
110 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 161
111 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 162
112 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 163
113 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 164
114 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 165
115 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 166
116 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 167
117 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 168
1 18 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 169
119 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 170

ภาพที่ หน้า

1 20 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 171

121 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 172

122 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 173

123 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 62 0 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 174

124 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 65 0 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1 175

125 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 65 0 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2 176

126 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วย Naturel Light แบบ Monotone 2-1 177

127 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วย Naturel Light แบบ Monotone 2-2 178

128 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วย Naturel Light แบบ Color 2-1 179

129 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วย Naturel Light แบบ Color 2-2 ..... 1 80

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 1
บทนำ

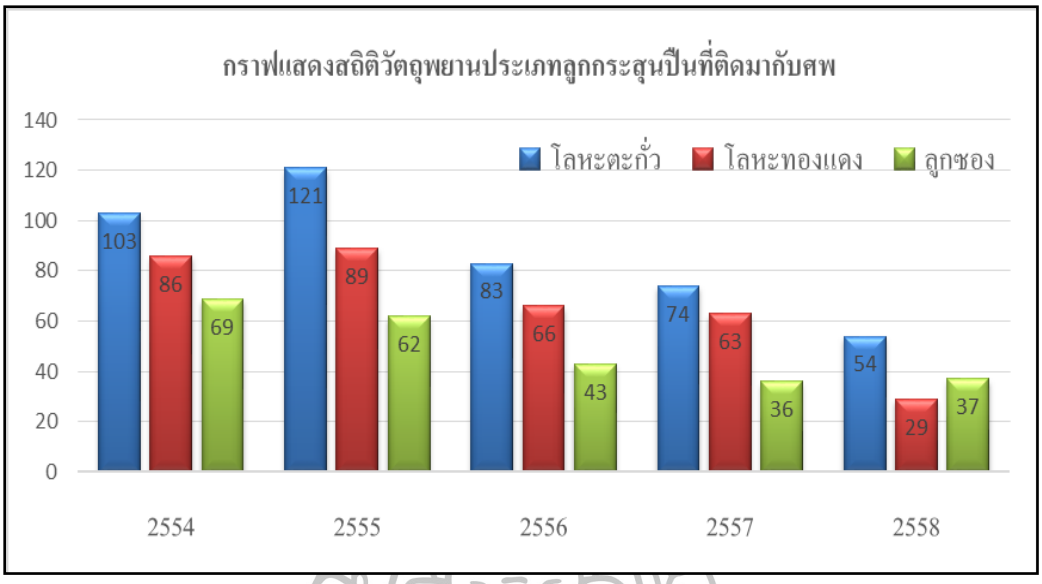
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีการนำอาวุธปืนมาใช้ก่ออาชญากรรมเพิ่มขึ้นทุกปี พนักงานสอบสวนได้ลูกกระสุนปืนที่ติดมากับศพและต้องการทราบว่าลูกกระสุนปืน ยิงมาจากปืนกระบอกใด หรือต้องการทราบว่าเป็นลูกกระสุนปืนที่ใช้ยิงมาจากปืนกระบอกเดียวกันกับลูกกระสุนปืนของกลางในคดีอื่นๆ หรือไม่

มีการนำเอาลำกล้องแบบ Polygonal มาใช้อาวุธปืนบางชนิด ซึ่งเป็นลำกล้องแบบเหลี่ยมที่บิดไปตามความยาวลำกล้อง ทำให้ลูกกระสุนปืนที่ถูกยิงออกมาจากอาวุธปืนที่มีกล้องแบบ Polygonal นั้น มีรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวที่บางมาก ทำให้ผู้ตรวพิสูจน์ประสบปัญหายืนยัน เพราะตำหนิบนลูกกระสุนปืนไม่ชัดเจน

และจากสถิติการได้มาซึ่งวัตถุพยานประเภทลูกกระสุนปืนที่หน่วยภาพถ่ายทางการแพทย์ กลุ่มงานนิติพยาธิ สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ พบว่าลูกกระสุนปืนที่ติดมากับศพเป็นลูกกระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ถูกนำมาใช้ในการก่ออาชญากรรมมากที่สุด ระยะ 5 ปี ที่ผ่านมา ในช่วง พ.ศ. 2552-2556 ดังตารางต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยศิลปากร



ภาพที่ 1 กราฟแสดงสถิติวัตถุพยานประเภทลูกกระสุนปืนที่ติดมากับศพของสถาบันนิติเวชวิทยา ตั้งแต่ พ.ศ. 2554-2558

การถ่ายภาพวัตถุพยานลูกกระสุนปืนด้วยแสงธรรมชาติ สำหรับการถ่ายภาพเพื่อตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนปืนก็เพียงพอแล้ว แต่ในขณะเดียวกัน การถ่ายภาพด้วยแสงที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible Light) แบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น จะเป็นการเก็บหลักฐานร่องรอยต่างๆ บนลูกกระสุนปืนได้ดีที่สุด ถึงรายละเอียด ร่องเกลียว ตำหนิพิเศษที่เกิดขึ้นเฉพาะจากปืนแต่ละกระบอก และจะไม่เหมือนกัน หากลูกปืนนั้นถูกยิงจากปืนคนละกระบอกดังนั้นจากการตรวจเปรียบเทียบตำหนิพิเศษเหล่านี้ จึงยืนยันได้ว่าร่องรอยที่พบบนลูกกระสุนปืนยิงจากปืนกระบอกใด และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องการบันทึกภาพวัตถุพยานลูกกระสุนปืน ก่อนส่งคืนพนักงานสอบสวน หรือมีการส่งมอบวัตถุพยานลูกกระสุนปืน ไปสู่ทุกๆกระบวนการยุติธรรม หากมีการสับเปลี่ยนระหว่างการส่งมอบภาพถ่ายจึงมีความสำคัญในการตรวจสอบกลับมากที่สุด

มีการนำเอาเทคโนโลยีด้านการถ่ายภาพดิจิตอลมาเพื่อใช้ในการบันทึกภาพเป็นหลักฐานทางคดีที่สำคัญ โดยเฉพาะยิ่งงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ มีการบักทึกภาพหลักฐานด้วยกล้องดิจิตอลในสถานที่เกิดเหตุ วัตถุพยานและอื่นๆ เป็นการเก็บหลักฐานที่ดีที่สุด เพื่อช่วยในการตรวจพิสูจน์ร่องรอยบนวัตถุที่เกี่ยวกับการใช้อาวุธปืน

จากข้อมูลข้างต้นนำไปเป็นหลักฐานสู่กระบวนการ การตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนปืนหรือปลอกกระสุนปืน สามารถนำมาใช้เป็นหลักฐานในชั้นศาล

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาวิจัยเพื่อเผยแพร่ความรู้ให้กว้างขึ้น อีกทั้งความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัย การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่นสามารถใช้เป็นข้อมูลในทางนิติวิทยาศาสตร์ ในการตรวจพิสูจน์ร่องรอยบนวัตถุของลูกกระสุนปืนต่อไป

2. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้แสงธรรมชาติและการใช้แสงต่างความยาวคลื่น ในการถ่ายภาพลูกกระสุนปืน

2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนด้วยกล้องดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2.3 เพื่อศึกษาหาความยาวคลื่นแสงที่เหมาะสมกับการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกกระสุนปืน ในกลุ่มตัวอย่างลูกกระสุนปืน

3. สมมุติฐานของการวิจัย

3.1 แสงต่างความยาวคลื่นใช้ในการถ่ายภาพให้ประสิทธิผลได้ดีกว่าแสงธรรมชาติหรือไม่

3.2 แสงช่วงที่เท่าไหร่สามารถให้ประสิทธิผลในการถ่ายภาพได้ชัดเจนที่สุด

3.3 แสงช่วงที่เท่าไหร่สามารถให้ประสิทธิผลในการถ่ายภาพที่สายตามนุษย์มองไม่เห็น

4. ขอบเขตของการวิจัย

4.1 ทำการศึกษากระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE

4.2 ทำการยิงกระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE ด้วยอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติยี่ห้อ CZ75, GLOCK19, GLOCK26, SMITH and WESSON, STEYR และ TAURUS

4.3 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล ชนิด FX Nikon D750 คุณภาพสูงมาก มีเซ็นเซอร์ขนาดใหญ่เทียบเท่าฟิล์ม 35 มม. เลนส์ถ่ายภาพระยะใกล้ Nikon Lens 60 mm. f/2.8 AF-S Macro-Nikkor เป็น

เลนส์ไวแสง สำหรับการถ่ายภาพระยะใกล้แบบมาโคร 1: 1 มีขนาดช่องรับแสงกว้างสุด F/2.8 ที่อยู่ในช่วงเทเล 60 mm.

4.4 วัดแสงในตัวกล้องแบบเฉพาะจุด ค่าการวัดแสงเป็น “Normal”

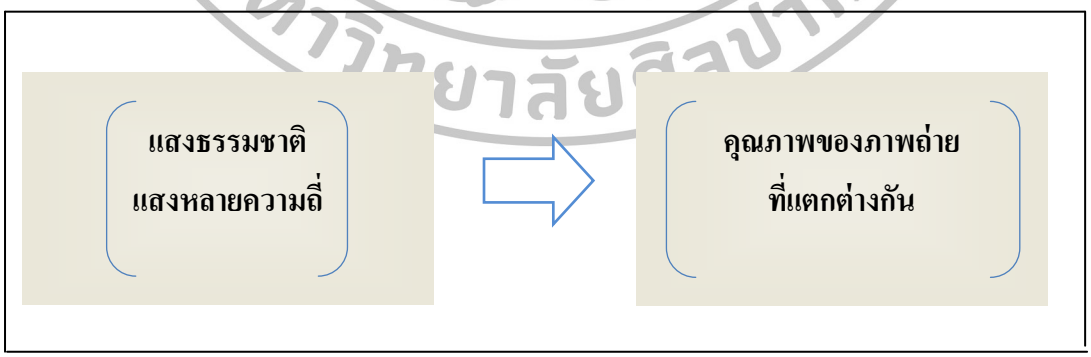
4.5 ทำการจับยึดตัวกล้องด้วยแสตนถ่ายภาพวัตถุพยานที่ความห่างระหว่างกล้องกับลูกกระสุนปืนในระยะโฟกัสที่เท่ากันทุกความยาวคลื่นแสง

4.6 ถ่ายภาพลูกกระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE ในระนาบแนวนอน ด้วยแสงธรรมชาติ และแสงต่างความยาวคลื่น ตั้งแต่ความยาวคลื่นที่ 430, 440, 450, 470, 490, LP1, 505, 530, 550, 555, 560, 570, 590, 620, และ 650 นาโนเมตร จากเครื่อง POLILIGHT PL 400: ROFIN จัดแสงทำมุม 45 องศาเท่ากันทุกความยาวคลื่นแสง เพื่อหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับถ่ายภาพแบบดิจิตอล

4.7 ทำการถ่ายภาพลูกกระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE ในห้องมืดที่ถูกควบคุมแสงสะท้อน ณ สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ

5. กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากการทบทวนแนวคิด วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทำให้เห็นว่า ภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนยังมีความจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างมาก ผู้วิจัย จึงได้นำปัจจัยต่างๆ มาประกอบเป็นกรอบแนวคิดการศึกษาครั้งนี้ สรุปได้ดังนี้



ภาพที่ 2 กรอบแนวความคิดการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลฯ

6. ขั้นตอนการวิจัย

6.1 กำหนดปัญหาการวิจัย กำหนดขอบเขตการวิจัย ตั้งสมมติฐาน

6.2 ทบทวนกำหนดขอบเขตการวิจัย ตั้งสมมติฐาน เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.3 ออกแบบวิจัย รวบรวมกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

6.4 เตรียมวัสดุ อุปกรณ์

6.5 ทำการวิจัย

6.6 วิเคราะห์และสรุปผล พร้อมข้อเสนอแนะนำเสนอการวิจัย

6.7 นำเสนอผลงานวิจัย

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 นำภาพถ่ายโดยใช้แสงใช้แสงต่างความยาวคลื่นไปใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์

7.2 สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการถ่ายภาพวัตถุพยานประเภทลูกกระสุนปืนอย่างมีประสิทธิผลเพื่อเป็นหลักก่อนนำส่งพนักงานสอบสวนหรือนำสู่กระบวกการยุติธรรม

7.3 กรณีวัตถุพยานประเภทลูกกระสุนปืนถูกสับเปลี่ยน สามารถนำภาพถ่ายมาตรวจสอบกลับได้

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียว และสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น ได้ทำการศึกษาค้นคว้า เอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่มีความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาวิจัยให้ สามารถดำเนินการศึกษาได้อย่างสมบูรณ์ โดยจำแนกประเด็นที่มีความเกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. กล้องดิจิตอล
2. พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเลนส์
3. อาวุธปืน
4. กระสุนปืน
5. แสง
6. เครื่องโพลีไลท์
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. กล้องดิจิตอล (Digital Camera) คือ กล้องถ่ายรูปที่ไม่ต้องใช้ฟิล์ม ภาพที่ถ่ายได้จะถูกบันทึกแบบดิจิตอลโดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ภายในกล้องอยู่ในรูปแบบของไฟล์ภาพ ซึ่งสามารถส่งเข้าไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อพิมพ์ออกมาเป็นภาพ

1.1 กล้องดิจิตอล มีการจำแนกออกเป็น 3 ประเภท

1.1.1 กล้องดิจิตอลคอมแพค (Digital Compact) เป็นกล้องดิจิตอลที่ใช้เซ็นเซอร์ตลอดเวลา เพื่อส่งภาพไปที่จอLCD กล้องดิจิตอลคอมแพคมีเซ็นเซอร์ขนาดเล็กเพื่อให้เกิดความร้อนในเซ็นเซอร์น้อยที่สุด เมื่อต้องการบันทึกภาพจะทำการสำเนาข้อมูลบนเซ็นเซอร์ในวินาทีที่ต้องการแล้วส่งข้อมูลสู่กระบวนการในการเกิดภาพกล้องดิจิตอลคอมแพคมีเลนส์ที่ติดตั้งคู่กับ เซ็นเซอร์ตลอดเวลาจึงไม่สามารถถอดออกได้ในการใช้งานปรกติ ภาพที่เห็นในช่องมองภาพจะใกล้เคียงกับภาพที่ต้องการถ่าย สามารถปรับรูรับแสงและความเร็วชัตเตอร์ได้น้อย ตัวกล้องมีขนาดเล็ก การทำงาน

เพื่อบันทึกภาพของกล้องดิจิตอลคอมแพคก็เป็นหลักการเดียวกับกล้อง DSLR เพียงแต่กล้องดิจิตอลคอมแพคไม่มีกระจกสะท้อนภาพเพราะใช้การแสดงผลภาพผ่านทาง Live View ไม่มีม่านชัตเตอร์ถูกแทนที่ด้วยระบบ Electronics กระบวนการทำงานของเซนเซอร์รับภาพให้ได้ปริมาณแสงตามที่เราตั้งไว้ เมื่อนำค่าแสงที่ได้ไปประมวลผลต่อจะได้ภาพสวยๆออกมาตามที่เราต้องการเพื่อให้เห็นภาพชัดขึ้น จึงทำให้กล้องดิจิตอลเป็นกล้องที่มีจุดเด่นคือ มีขนาดเล็ก พกพาสะดวก และใช้งานง่าย เป็นที่นิยมของคนทั่วไป (การบันทึกภาพดิจิตอล, 2558)

1.1.2 กล้องดิจิตอล Mirrorless เป็นกล้องที่มีการผสมผสานข้อดีระหว่างกล้อง 2 ประเภทเข้าด้วยกันคือ มีเซ็นเซอร์ที่มีขนาดใหญ่ให้คุณภาพสูงเหมือนกล้องDSLR แต่ในขณะเดียวกันก็มีขนาดเล็กกะทัดรัด พกพาง่ายเหมือนกล้องคอมแพค ซึ่งกล้อง Mirrorless นั้นมีความแตกต่างจากกล้องคอมแพคคือ สามารถถอดเปลี่ยนเลนส์ได้เหมือนกล้อง DSLR แต่กล้องประเภทนี้มีจุดที่แตกต่างจากกล้อง DSLR คือ กล้อง Mirrorless จะไม่มีชุดกระจกสะท้อนภาพ แบบในกล้อง DSLR ทำให้สามารถออกแบบตัวกล้องให้มีขนาดที่เล็กลงได้มากและเมื่อไม่มีชุดกระจกสะท้อนภาพ ช่องมองภาพของกล้อง Mirrorless จึงเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์คือใช้จอ LCD ขนาดเล็กติดตั้งไว้ในช่องมองภาพ แต่กล้อง Mirrorless หลายๆ รุ่นก็ไม่มีช่องมองภาพมาจึงต้องเล็งผ่านทางจอ LCD ด้านหลังแทน จึงเป็นการสิ้นเปลืองแบตเตอรี่ มีการตอบสนองของกล้อง Mirrorlessที่ช้ากว่ากล้อง DSLR กล้อง Mirrorless สร้างไฟล์ภาพที่มีคุณภาพได้เทียบเท่ากล้อง DSLR แต่ก็ยังมีจุดรบกวน (Noise) มากกว่า และอุปกรณ์เสริมโดยเฉพาะเลนส์ไม่สามารถใช้ร่วมกับกล้อง DSLR ได้โดยตรง ต้อง ใช้อะแดปเตอร์แปลงเลนส์มาต่อจึงสามารถนำเลนส์มาใช้ร่วมกันได้ (กล้อง Mirrorless คืออะไร, 2558)

1.1.3 กล้อง Digital Single Lense Reflex (DSLR) DSLR มาจากคำว่า Digital Single Lens Reflex เป็นกล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวด้วยระบบดิจิตอล มีลักษณะเหมือนกล้องที่ใช้ฟิล์ม เพียงแต่ใช้เซ็นเซอร์ในการรับภาพแทนฟิล์มกล้องDSLR มักนำตัวกล้องที่ใช้ฟิล์มแบบ 35 mm. SLR มาดัดแปลงให้เป็นกล้องดิจิตอล โดยเปลี่ยนฝาหลังและแทนที่ฟิล์มด้วยเซ็นเซอร์รับภาพ ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ เซ็นเซอร์รับภาพ หรือเรียกว่า Image Sensor ใช้ในการรับสัญญาณภาพ แล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล กล้อง DSLR เป็นกล้องระดับมืออาชีพที่นิยมใช้กัน ผู้ใช้ควรมีความรู้ในด้านการใช้กล้องดิจิตอลอยู่บ้าง จุดสำคัญสามารถเปลี่ยนเลนส์ได้ และใช้การมองผ่านเลนส์โดยตรงผ่านช่องมองภาพ ทั้งนี้โดยอาศัยการหักเหของแสง กล้องประเภทนี้จึงมีตัวกล้องที่ใหญ่ กลไกการทำงานของกล้องประเภทนี้ถือว่าเป็นพื้นฐานไปสู่การทำงานของกล้องอื่นๆ ด้วย (DSLR คืออะไร, 2558)

1.2 การแบ่งประเภทกล้อง DSLR สามารถแบ่งตามขนาดเซ็นเซอร์รับภาพได้ออกเป็น 3 ประเภทคือ

1.2.1 กล้อง DSLR ที่ใช้เซ็นเซอร์ขนาดเท่าฟิล์ม 35 มม. (Full-Frame Sensor) กล้องที่ใช้เซ็นเซอร์ขนาดเท่ากับฟิล์ม 35 มม. มักเรียกกันว่า กล้องฟูลเฟรม (Full-Frame) กล้องประเภทนี้เป็นกล้องระดับโปร มีราคาแพงมาก เนื่องจากใช้เซ็นเซอร์ที่มีขนาดใหญ่เทียบเท่ากับฟิล์มถ่ายภาพสมัยก่อน ข้อดีคือคุณภาพของภาพที่ได้จะมีคุณภาพดีมาก เพราะขนาดของเซ็นเซอร์ที่ใหญ่จึงรับแสงได้ดีกว่ามีจุดรบกวนที่น้อยกว่า และองศาที่รับภาพที่ได้จะเท่ากับเลนส์ที่ใช้จริงรวมไปถึงระยะชัดลึกหรือ Depth of Field เทียบเท่ากับกล้องฟิล์ม ทำให้สามารถเบลอฉากหลังได้ดีกว่ากล้องที่มีเซ็นเซอร์ที่มีขนาดเล็ก (ถ่ายหน้าชัดหลังเบลอได้ง่ายกว่า)

1.2.2 กล้อง DSLR ที่ใช้เซ็นเซอร์ขนาดเล็กกว่าฟิล์ม 35 มม. (APS Sensor) มักเรียกกันว่ากล้องตัวคูณ กล้องประเภทนี้ใช้เซ็นเซอร์ขนาดเล็กกว่าฟิล์ม 35 มม. จะมีขนาดเล็กกว่าเท่าใดขึ้นอยู่กับทางผู้ผลิตแต่ละค่ายจะออกแบบมา แต่ส่วนใหญ่มักจะมีขนาดใกล้เคียงกับฟิล์ม APS ที่ใช้ในสมัยก่อน เช่น กล้อง DSLR ของแคนนอนรุ่น 700D จะมีเซ็นเซอร์ที่ 22.3x14.9 มม. ในขณะที่กล้องนิคอนรุ่น D5300 จะมีเซ็นเซอร์ขนาด 25.1 x16.7 มม. เซ็นเซอร์ตัวคูณจึงมักถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเซ็นเซอร์ขนาด APS-C นอกจากนี้กล้องบางรุ่น เช่น Cannon EOS 1D MK IV จะมีเซ็นเซอร์ขนาด 24.9 x18.6 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับขนาดของฟิล์ม APS-H ที่มีขนาด 30.2 x16.7 มม. ดังนั้นจึง เรียกกล้องรุ่นนี้ว่าใช้เซ็นเซอร์ขนาด APS-H

APS แบ่งออกได้เป็น 3 ขนาด คือ

APS-H H ย่อมาจาก High Definition มีขนาด 30.2x16.7 มม.สัดส่วนของภาพ 16:9

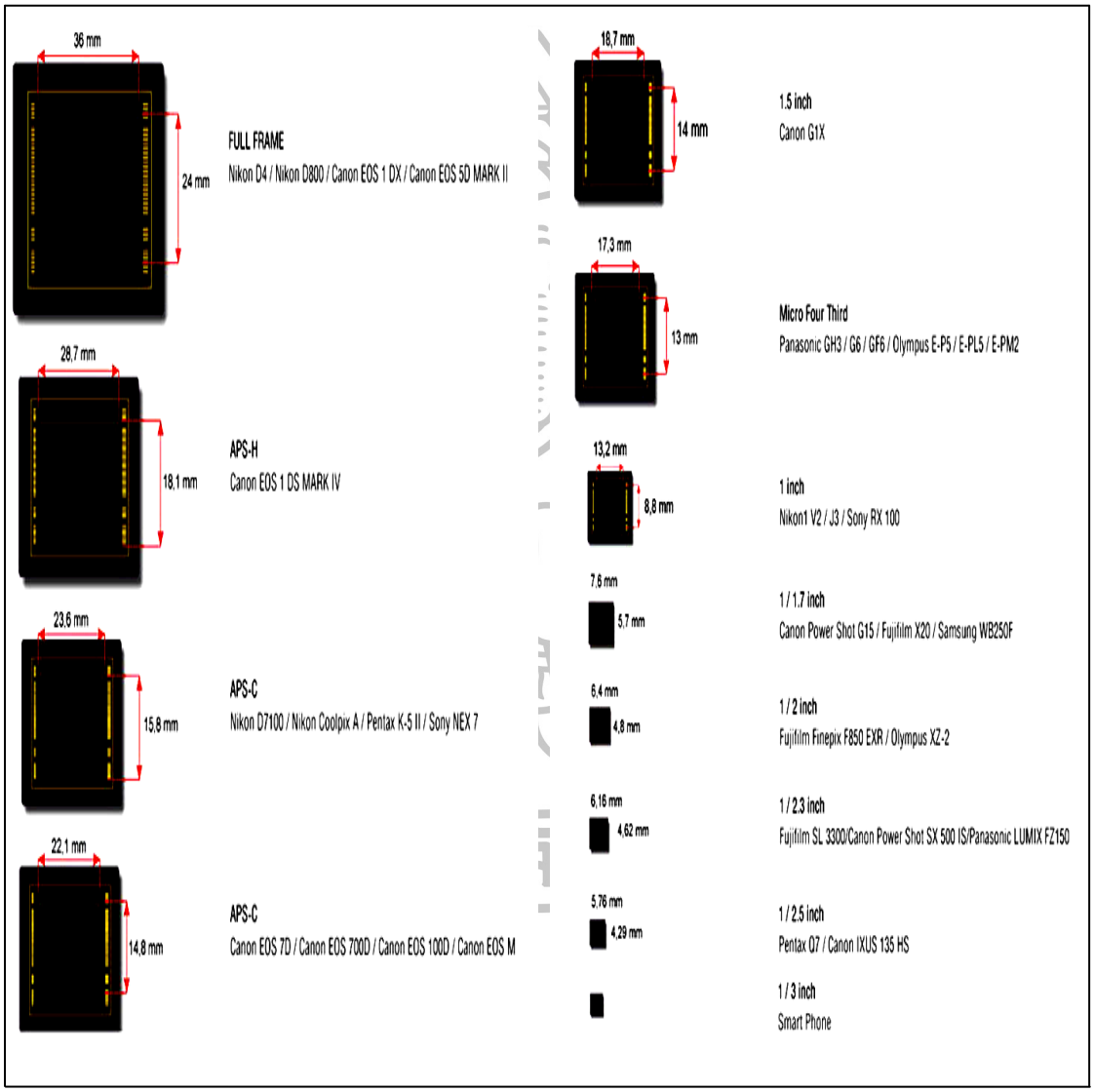
APS-C C ย่อมาจาก Classic มีขนาด 25.1x16.7 มม.สัดส่วนของภาพ 3:2

APS-P P ย่อมาจาก Panoramic มีขนาด 30.2x9.5 มม.สัดส่วนของภาพ 3:1

1.2.3 กล้อง DSLR ที่ใช้เซ็นเซอร์ระบบ Four Third Four Thirds เป็นระบบใหม่ของกล้อง DSLR ได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดย Olympus ซึ่งเป็นค่ายผู้ผลิตกล้องและเลนส์รายหนึ่ง ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยคาดหวังว่าจะให้เป็นมาตรฐานใหม่สำหรับการออกแบบกล้อง DSLR ในอนาคต เนื่องจาก Olympus มีแนวคิดที่ว่าระบบของเลนส์และกล้อง DSLR ที่ใช้อยู่ปัจจุบันนั้น ถูกพัฒนามาจากกล้องฟิล์ม SLR ในสมัยก่อน แต่กล้อง DSLR ใช้เซ็นเซอร์เป็นตัวรับภาพซึ่งมีการทำงานแตกต่างจากฟิล์ม การนำเลนส์ที่แต่เดิมถูกพัฒนาเพื่อกล้องฟิล์มมาใช้กับกล้อง DSLR จึงอาจไม่เหมาะสม โดยเฉพาะปัญหาที่พบในปัจจุบันคือ ขนาดของตัวเลนส์ที่ใหญ่และมีน้ำหนักมาก (ยิ่ง

เลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสและรูรับแสงกว้างมากเท่าใด ขนาดของเลนส์ยิ่งใหญ่ตามไปด้วย) ส่งผลให้มีต้นทุนการผลิตที่สูงเกินจำเป็น ดังนั้น Olympus จึงได้คิดค้นระบบใหม่ขึ้นมา โดยเปลี่ยนแนวคิดในการพัฒนากล้อง DSLR ใหม่หมด เริ่มตั้งแต่การออกแบบระบบกล้อง ระบบเลนส์ ไปจนถึงเซ็นเซอร์รับภาพที่สอดคล้องกันทำให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม

ขนาดของเซ็นเซอร์ระบบต่างๆ



ภาพที่ 3 ขนาดของเซ็นเซอร์ระบบต่างๆ

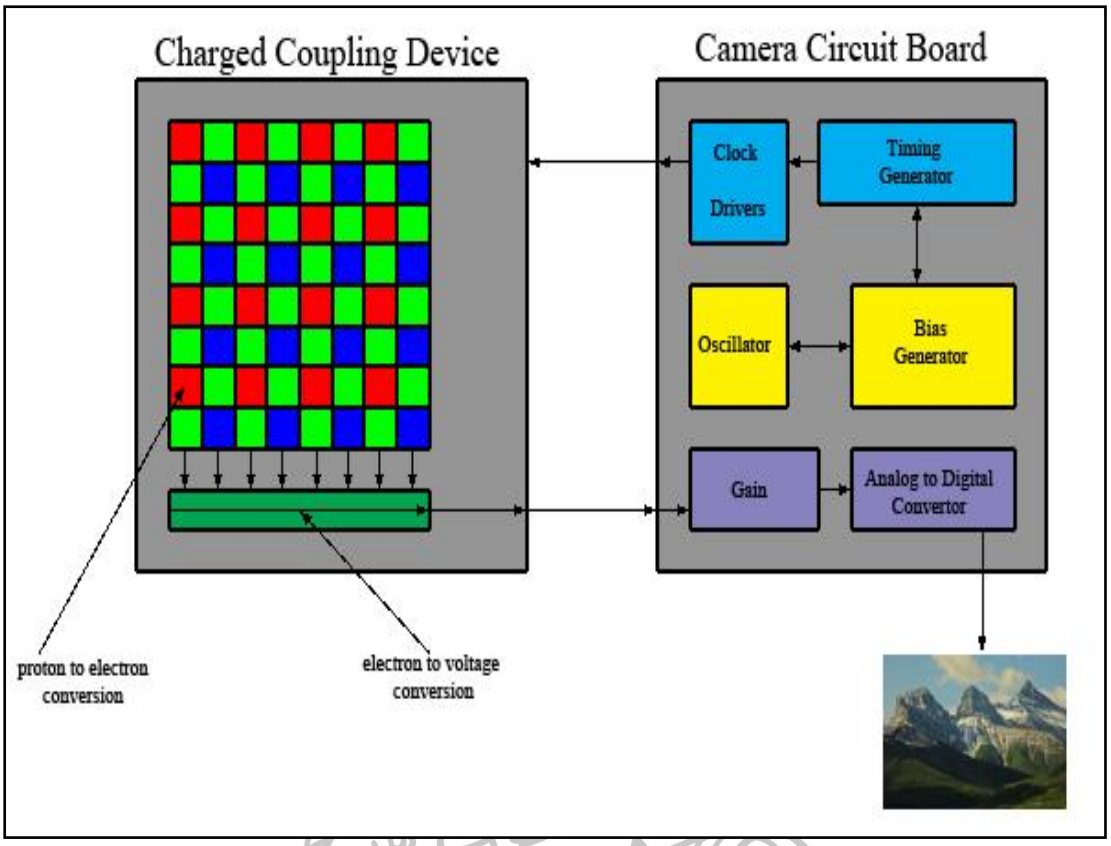
ที่มา: **รู้จักกับ...Image Sensor**, เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.bigcamera.co.th/triptrick/detail/594

จากภาพตัวอย่างพบว่าเซ็นเซอร์รับภาพของกล้องที่ใช้ระบบ Four Thirds มีขนาดเล็กกว่าเซ็นเซอร์ขนาด APS ของกล้องยี่ห้ออื่น และยังมีสัดส่วนที่ต่างกันคือ 4 :3 (เป็นที่มาของชื่อ Four Thirds) ในขณะที่กล้อง DSLR ยี่ห้ออื่นจะมีสัดส่วนอยู่ที่ 3 :2 การพัฒนาเซ็นเซอร์ในระบบ Four Thirds นี้ มีข้อดีคือ ช่วยให้วิศวกรสามารถพัฒนาเลนส์และตัวกล้องให้เล็กลงกว่าเดิมได้ ซึ่งขนาดของกล้องและเลนส์ที่ลดลงนั้นก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียเช่นเดียวกัน หากเป็นเลนส์เทเลโฟโต้ที่พัฒนาในระบบ Four Thirds ตัวเลนส์จะมีขนาดที่เล็กลงกว่าครึ่ง มีการพัฒนาระบบออปติกใหม่ ทำให้ลำแสงจากเลนส์สามารถตกกระทบยังผิวเซ็นเซอร์ได้ดีกว่าเดิมทำให้มีความคิดมากขึ้น ลดปัญหาการเกิดขอบมืดบริเวณมุมภาพ ทั้งยังลดปัญหาการเกิดแสงหลอนต่างๆ ที่มักพบเวลาใช้เลนส์มุมกว้างถ่ายภาพ และยังมีอัตราการใช้พลังงานที่ต่ำเนื่องจากตัวเซ็นเซอร์มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตาม เมื่อเซ็นเซอร์ในกล้องมีขนาดเล็ก พบข้อเสียที่ตามมา ในเรื่องของจุดรบกวน (Noise) ซึ่งมากกว่ายี่ห้ออื่น เรื่องของการควบคุมระยะชัด และที่สำคัญมีผู้ผลิตกล้องเพียงสามรายเท่านั้นที่ใช้ระบบนี้ คือ Olympus, Leica และ Panasonic ทำให้ผู้ใช้กล้อง DSLR ยี่ห้อดังกล่าว ยังมีข้อจำกัดในการเลือกใช้เลนส์ ปัจจุบัน Sigma ได้ผลิตเลนส์สำหรับระบบ Four Thirds ด้วยเช่นกัน ทำให้ผู้ใช้งานระบบนี้มีทางเลือกมากขึ้น (ตะวัน พันธ์แก้ว, 2558: 36-39)

1.3 ชนิดของเซ็นเซอร์กล้อง DSLR

กล้องดิจิตอลใช้เซ็นเซอร์รับภาพเป็นตัวรับสัญญาณแสงแล้วแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นจึงส่งข้อมูลที่ได้นำไปให้ชิปของกล้องประมวลผลออกมาเป็นไฟล์ภาพอีกครั้ง นอกจากนี้เซ็นเซอร์รับภาพของกล้อง DSLR ยังเป็นตัวกำหนดความละเอียดและคุณภาพของภาพที่ได้อีกด้วย เซ็นเซอร์รับภาพที่นิยมใช้ในกล้อง DSLR ในปัจจุบัน มีทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่

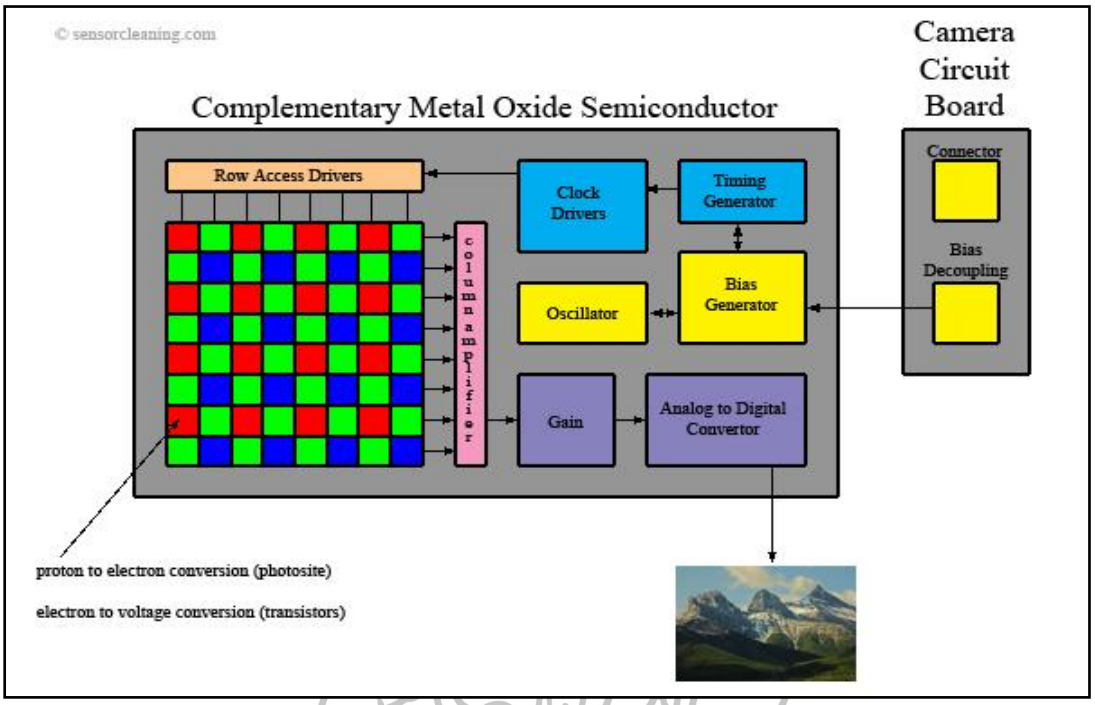
1.3.1 CCD (Charge-Coupled Device) เซ็นเซอร์ชนิดนี้จะประกอบด้วยเซลรับแสง ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นประจุไฟฟ้าแล้วแปลงให้เป็นสัญญาณ อนาล็อก เมื่อได้สัญญาณอนาล็อกแล้วจึงส่งไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลในวงจรที่แยกออกมาจากส่วนที่รับแสงอีกครั้ง เซ็นเซอร์ชนิดนี้จึงมีพื้นที่รับแสงมาก เพราะส่วนรับแสงกับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแยกจากกัน สัญญาณที่ได้มีความสม่ำเสมอสูง มีผลต่อคุณภาพของภาพ ตามหลักการของเซ็นเซอร์ชนิดนี้จึงให้คุณภาพของภาพที่ดีที่สุด แต่มีอัตราการกินไฟค่อนข้างสูง ทั้งยังใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ซับซ้อนกว่าเซ็นเซอร์แบบอื่นๆ ทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย



ภาพที่ 4 แสดงเซ็นเซอร์ชนิด Charge-Coupled Device

ที่มา: **What is a Sensor?,** accessed February12, 2016, available from http://www. sensorcleaning. com/pics/CCD_sensor_diagram.jpg

1.3.2 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) เซ็นเซอร์ชนิดนี้บนเซลรับแสงแต่ละตัวจะมีส่วนทำหน้าที่แปลงประจุเป็นสัญญาณไฟฟ้าอยู่ในตัวเอง ทั้งยังรวมวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อคเป็นดิจิตอลเข้าไปยังตัวเซ็นเซอร์ด้วยเลย ในการเพิ่มวงจรต่างๆเข้ามาในเซ็นเซอร์ทำให้พื้นที่ในการรับแสงลดน้อยลง คุณภาพของสัญญาณที่ได้จึงไม่สม่ำเสมอเท่ากับ CCD แต่ข้อดีของเซ็นเซอร์ชนิดนี้ก็คือ เมื่อมีการแปลงสัญญาณในตัวเซ็นเซอร์ไว้แล้วทำให้ลดภาระในการประมวลผลของกล้อง จึงมีการสิ้นเปลืองพลังงานน้อยกว่า เซ็นเซอร์แบบ CMOS ยังมีขั้นตอนการผลิตที่ไม่ซับซ้อน ทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำและเทคโนโลยีของ CMOS ยังใหม่กว่า CCD ทำให้ยังสามารถพัฒนาต่อยอดไปได้อีก ปัจจุบันผู้ผลิตกล้อง DSLR ส่วนใหญ่หันมาใช้เซ็นเซอร์ชนิดนี้กันเกือบทุกค่ายแล้ว



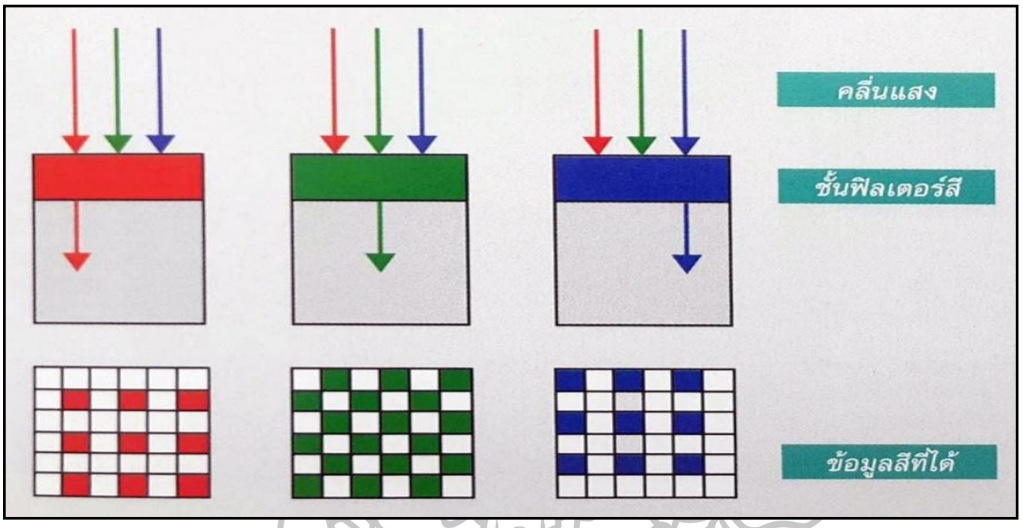
ภาพที่ 5 แสดงเซ็นเซอร์ชนิด Complementary Metal Oxide Semiconductor

ที่มา: **What is a Sensor?,** accessed February12, 2016, available from http://www. sensorcleaning. com/pics/CCD_sensor_diagram.jpg

หลักการทำงานของเซ็นเซอร์รับภาพ เซ็นเซอร์รับภาพ CCD หรือ CMOS มีหลักการการสร้างภาพสีขึ้นมาดังนี้

เซ็นเซอร์รับรู้ได้เฉพาะค่าความสว่างของแสงเท่านั้น ไม่สามารถทราบค่าสีได้ การที่เซ็นเซอร์รู้ค่าสีได้นั้นจึงต้องอาศัยฟิลเตอร์แม่สีของทั้งสามสีคือ แดง เขียว และน้ำเงิน ลักษณะเป็นตาราง (แบบ Grid หรือแบบ Mosaic) มากั้นไว้บนตัวเซ็นเซอร์เพื่อกรองคลื่นแสงในช่วงต่างๆกันเอาไว้ จากนั้นจึงนำค่าสีที่ได้มาคำนวณเพื่อให้เกิดเป็นภาพที่มีสีต่างๆ ออกมาอีกทีหนึ่ง เราเรียกการทำงานของเซ็นเซอร์ที่ฟิลเตอร์แม่สีกรองแสงลักษณะนี้ว่า Bayer filter

ไดอะแกรม แสดงหลักการกรองแสงของฟิลเตอร์สี

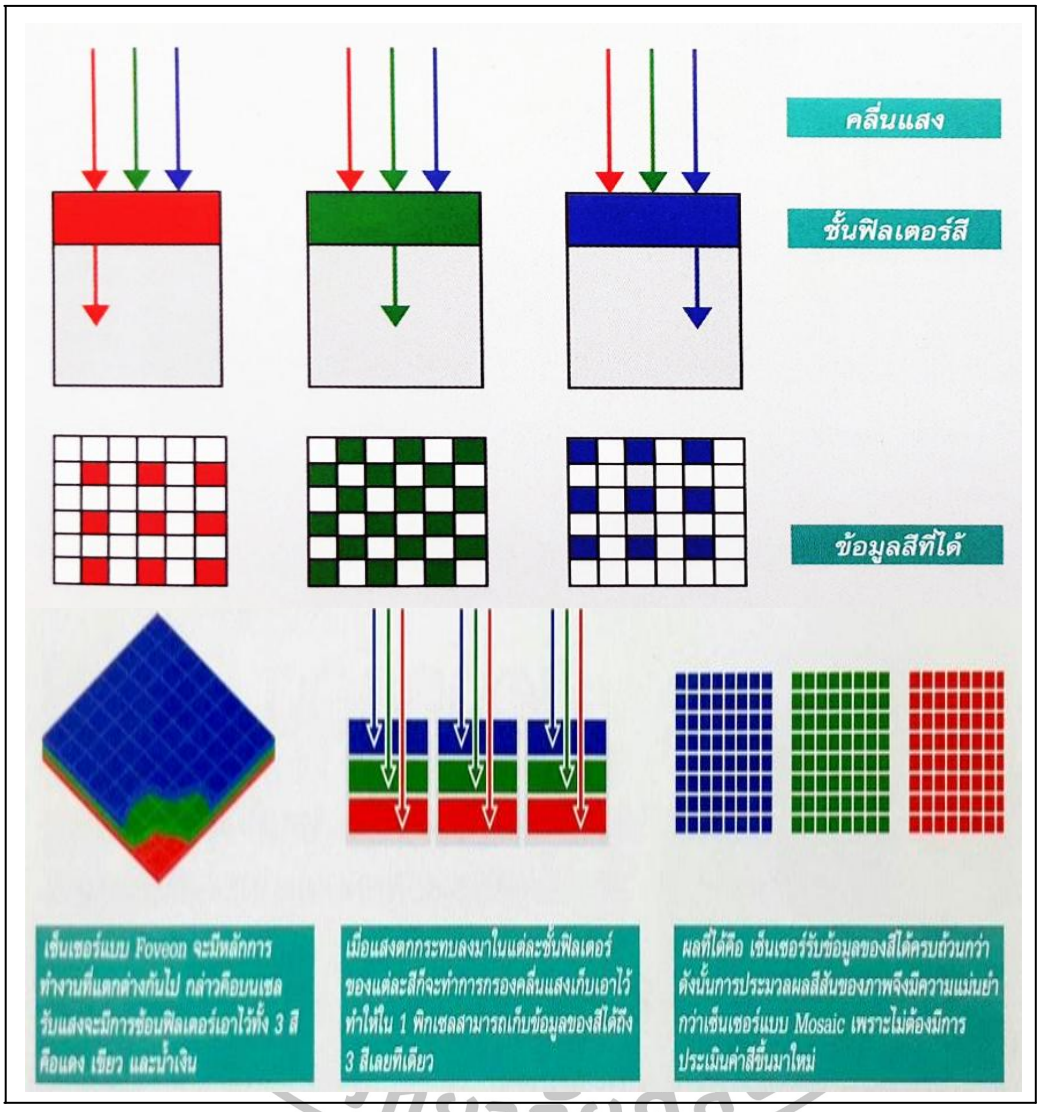


ภาพที่ 6 แสดงหลักการกรองแสงของฟิลเตอร์สี

ที่มา: ตะวัน พันธ์แก้ว, **คู่มือการ ถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ฉบับสมบูรณ์** (กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2558), 23.

FOVEON จากหลักการสร้างสีของเซ็นเซอร์แบบ Bayer Filter ที่ผ่านมาจะพบว่าแต่ละพิกเซลบนตัวเซ็นเซอร์จะรับค่าสีได้เพียงสีเดียวเท่านั้นขึ้นอยู่กับว่าพิกเซลนั้นๆ อยู่ภายใต้ฟิลเตอร์สีอะไร จากนั้นจึงนำค่าสี่ที่ได้มาคำนวณร่วมกับพิกเซลข้างๆเพื่อสร้างภาพสีที่ถูกต้องขึ้นมาอีกทีหนึ่ง และกระบวนการดังกล่าวมักมีโอกาสทำให้เกิดเม็ดสีผิดเพี้ยนตามมาได้ ปัจจุบันมีเซ็นเซอร์อีกแบบที่ใช้หลักการที่แตกต่างกันออกไปคือ แทนที่แต่ละพิกเซลบนเซ็นเซอร์จะรับแสงได้แค่สีเดียวแบบเดิม ก็ทำการซ้อนพิกเซลเข้าไปถึง 3 ชั้น ซึ่งในแต่ละชั้นก็จะไวกับสีที่ต่างกัน ทำให้พิกเซลแต่ละจุดสามารถรับค่าสีทั้งสามสี ซึ่งตามทฤษฎีแล้วจะให้ความละเอียดและความแม่นยำของสีสันได้ดีกว่าเซ็นเซอร์ที่ใช้ Bayer filter รวมทั้งไม่ทำให้เกิดเม็ดสีที่ผิดเพี้ยน เพราะไม่มีกระบวนการจำลองสี (Interpolated) ขึ้นมาใหม่ ปัจจุบันมีค่ายกล้อง DSLR ที่ใช้เซ็นเซอร์ชนิดนี้อยู่เพียงตัวเดียวคือ SIGMA

ไดอะแกรม แสดงหลักการสร้างสีของเซ็นเซอร์ FOVEON



ภาพที่ 7 แสดงหลักการสร้างสีของเซ็นเซอร์ FOVEON

ที่มา: ตะวัน พันธ์แก้ว, **คู่มือการ ถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ฉบับสมบูรณ์** (กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2558), 24-25.

ค่าตัวคูณคือ อัตราส่วนเมื่อเทียบกับกล้องฟิล์ม 35 มม.มาคูณกับขนาดความเล็กของเซ็นเซอร์ APS จะได้ขนาดใกล้เคียงกับฟิล์ม 35 มม.

Cannon ใช้เซ็นเซอร์ชนิด APS-C ขนาด 22.2x14.8มม. 329mm^2

Nikon ใช้เซ็นเซอร์ชนิด APS-C ขนาด 23.6x15.7มม.370mm^2

ตัวอย่าง ในกล้อง Cannon ใช้เซ็นเซอร์ชนิด APS-C ขนาด 22.2x14.8 มม. ซึ่งขนาดเล็กกว่าฟิล์ม 35 มม.อยู่ 1.6 มม.คูณกับขนาดของเซ็นเซอร์และในกล้อง Nikon ใช้เซ็นเซอร์ชนิด APS-C ขนาด 23.6x15.7 มม. ซึ่งขนาดเล็กกว่าฟิล์ม 35 มม.อยู่ 1. 5 มม. คูณกับขนาดของเซ็นเซอร์

22.2x1.6=35.5214.8x1.6=23.68

23.6x1.5=35.4015.7x1.5=23.55

กล้อง Cannon ได้เท่ากับ 35.52x23.68 มม. และกล้อง Nikon ได้เท่ากับ 35.40x23.55 มม. ในขณะที่ฟิล์ม 35 มม. มีขนาด 36x24 มม. (มีขนาดใกล้เคียงกันมาก)

ตารางที่ 1 แสดงสรุปค่าตัวคูณของกล้องแต่ละค่าย

กล้อง	ค่าตัวคูณ (Crop factor)	ชื่อเรียกขนาดเซ็นเซอร์
Cannon	1.6	APS-C
Cannon (เฉพาะSerie xD เช่น 1D MK IV)	1.3	APS-H
Nikon	1.5	APS-C
Olympus	2	Four Thirds
Sony	1.5	APS-C
Pentax	1.5	APS-C

ที่มา: ตะวัน พันธ์แก้ว, **คู่มือการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ฉบับสมบูรณ์** (กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2558), 43.

ค่าตัวคูณนี้ช่วยคำนวณมุมรับภาพเทียบเท่าได้ เซ็นเซอร์ APS มีการรับภาพได้แคบกว่า ดังนั้นภาพที่ได้จากเซ็นเซอร์ APS จึงมีมุมหรือองศา (ด้านกว้างและด้านสูง) ที่แคบกว่าปกติของเลนส์ เช่นหากเลือกเลนส์ทางยาวโฟกัส 24 มม. มีองศาในการับภาพประมาณ 74 องศา มาใช้กับกล้อง Full-frame ถือว่าเป็นเลนส์มุมกว้างพอสมควร แต่หากนำเลนส์ทางยาวโฟกัส 24 มม. ตัวเดิมมาใช้กับกล้องตัวคูณ (เซ็นเซอร์ APS) มุมรับภาพจะแคบลงเพราะเซ็นเซอร์ APS เก็บมุมมองภาพได้น้อยกว่า หาได้โดยการนำค่าตัวคูณของกล้องแต่ละค่ายไปคูณกับทางยาวโฟกัสของเลนส์

ตัวอย่าง ในกล้อง Cannon ใช้เซ็นเซอร์ชนิด APS-C ขนาด 22.2x14.8 มม. ซึ่งขนาดเล็กกว่าฟิล์ม 35 มม. อยู่ 1.6 มม. คูณกับทางยาวโฟกัสของเลนส์ (เลนส์ทางยาวโฟกัส 24 มม.)

ในกล้อง Nikon ใช้เซ็นเซอร์ชนิด APS-C ขนาด 23.6x15.7 มม. ซึ่งขนาดเล็กกว่าฟิล์ม 35 มม. อยู่ 1.5 มม. คูณกับทางยาวโฟกัสของเลนส์ (เลนส์ทางยาวโฟกัส 24 มม.)

24x1.6 = 38.4 24x1.5 = 36

เมื่อเลนส์ทางยาวโฟกัส 24 มม. ใส่กับกล้องตัวคูณ Cannon เลนส์จะมีทางยาวโฟกัส 38 มม.โดยประมาณและเลนส์ทางยาวโฟกัส 24 มม. ใส่กับกล้องตัวคูณ Nikon เลนส์จะมีทางยาวโฟกัส 36 มม. โดยประมาณ

กล้องตัวคูณจะสูญเสียความกว้างของเลนส์ไป แต่ในทางตรงกันข้าม กลับได้ "ระยะซูม" ที่เพิ่มขึ้นมา เพราะการใช้กล้องตัวคูณทำให้ได้ภาพที่แคบลงโดยเซ็นเซอร์จะทำการขยายภาพขึ้นมา จึงได้อัตราการขยายเพิ่มมากขึ้น เช่น ถ้าใช้เลนส์ 200 มม. กับกล้องตัวคูณ มุมภาพที่ได้จะเหมือนการใช้เสนส์ 320 มม. ในการถ่ายภาพ

1.4 การแบ่งระดับกล้อง DSLR

กล้อง DSLR ที่วางจำหน่ายมี 3 ระดับ คือ

1.4.1 กล้องระดับเริ่มต้น (Entry Level)

เป็นกล้องสำหรับกลุ่มผู้ใช้มือใหม่ทั่วๆไป ที่เพิ่งใช้กล้อง DSLR มีจุดเด่นที่ราคาถูก น้ำหนักเบา มีฟังก์ชั่นการทำงานครอบคลุมการถ่ายภาพพื้นฐานทั่วไป มีโหมดอัตโนมัติให้เลือกใช้งานครบครัน ส่วนที่เป็นรองกล้องในกลุ่มอื่น คือวัสดุที่บอบบางกว่า (โครงสร้างเป็นแสตนเลส) ความเร็วในการทำงานที่ช้ากว่า

1.4.2 กล้องระดับกึ่งมืออาชีพ (Sami-pro Level)

เป็นกล้องที่มีประสิทธิภาพในการทำงานด้านต่างๆสูงกว่ากล้องในระดับเริ่มต้น (Entry Level) มีโครงสร้างที่แข็งแรง (โครงสร้างเป็นแม็กนีเซียมอัลลอย) มีการซีลกันฝุ่นและละอองน้ำ มีขนาดและน้ำหนักที่มากกว่า ความเร็วในการทำงานที่เร็วขึ้น ระบบการทำงานหลายส่วนมีมาให้เหมือนกับในกล้องรุ่นโปร มีโหมดถ่ายภาพอัตโนมัติให้อยู่

1.4.3 กล้องระดับมืออาชีพ (Pro Level)

เป็นกล้องDSLR ระดับสูงสุดของค่าย กล้องในกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่ากล้องระดับอื่นๆในทุกด้าน มีโครงสร้างแข็งแรง คุณภาพสูงมาก มีเซ็นเซอร์ขนาดใหญ่

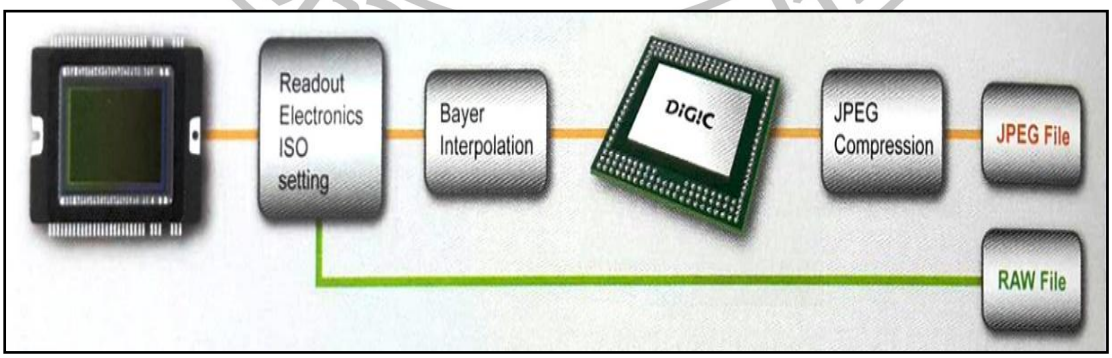
เทียบเท่าฟิล์ม 35 มม. (Full-frame) ถ่ายภาพต่อเนื่องได้รวดเร็ว ระบบวัดแสงที่แม่นยำกว่า จุดโฟกัสมากกว่า ฯลฯ (ตะวัน พันธ์แก้ว, 2558: 21-49)

1.5 ข้อแตกต่างระหว่างไฟล์ RAW และ JPEG

1.5.1 ไฟล์ RAW คือข้อมูลดิบที่ได้จากเซ็นเซอร์ ไม่ผ่านกระบวนการประมวลผลและบีบอัดของกล้องทำให้ไฟล์ชนิดนี้มีข้อมูลอยู่มากมีคุณภาพสูง สามารถนำไฟล์ RAW มาเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆได้ด้วยโปรแกรมตกแต่งไฟล์ภาพ RAW ดังนั้นไฟล์ RAW จึงมีขนาดใหญ่กว่าไฟล์ JPEG ที่มีความละเอียดเท่ากันกว่า 5 เท่า และไฟล์ RAW ไม่ได้เป็นมาตรฐาน โปรแกรมเปิดดูภาพทั่วไปรวมถึงเว็บเบราวเซอร์ จึงมาสามารถเปิดดูไฟล์ RAW ได้ จึงจำเป็นต้องนำไฟล์เหล่านี้ไปปรับตั้งค่าต่างๆแล้วแปลงออกมาเป็นไฟล์มาตรฐาน เช่น JPEG, TIFF เสียก่อนจึงจะสามารถนำมาใช้งานได้ดังนั้น ไฟล์ RAW หรือไฟล์ข้อมูลดิบจะมีช่วงไดนามิกเรนจ์หรือช่วงกว้างของสีที่กว้างกว่า และเก็บรักษาข้อมูลส่วนใหญ่ไว้ในภาพที่ถ่ายมา วัตถุประสงค์ของไฟล์ภาพดิบนั้นก็เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลที่รับมาจากเซนเซอร์และสภาพแวดล้อมรูปที่ถ่าย โดยสูญเสียข้อมูลให้น้อยที่สุด

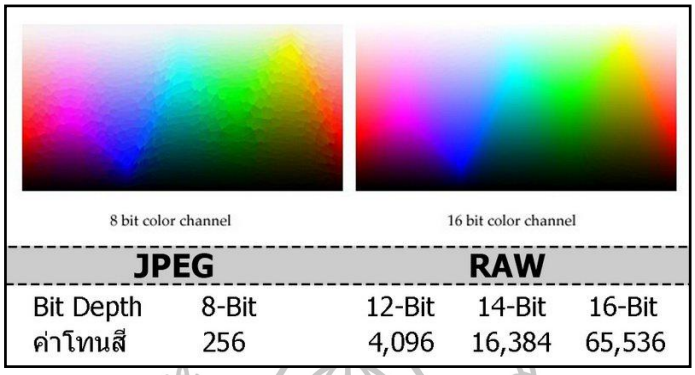
1.5.2 ไฟล์ JPEG คือ ไฟล์รูปภาพมาตรฐานในระบบคอมพิวเตอร์ สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในระบบการพิมพ์การอัดภาพแลปสีทั่วไป แต่เนื่องจากไฟล์ JPEG มีการบีบอัดข้อมูลจึงทำให้เกิดการสูญเสียข้อมูลไปบ้าง อีกทั้งเวลานำไปใช้ปรับแต่งก็จะทำได้ไม่ดี เพราะไฟล์ JPEG ได้ถูกประมวลผลไปแล้ว และทุกครั้งที่นำไฟล์ JPEG ไปปรับแต่งและบันทึกไฟล์ภาพนั้นซ้ำๆ ไฟล์จะถูกบีบอัดอีกรอบ ข้อมูลของภาพก็จะสูญหายทุกๆ ครั้ง ส่งผลให้คุณภาพโดยรวมของภาพลดลงไปเรื่อยๆ

ไดอะแกรม แสดงกระบวนการสร้างภาพของกล้อง DSLR



ภาพที่ 8 แสดงกระบวนการสร้างภาพของกล้อง DSLRที่มา: สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (มหาชน), **RAW file กับการถ่ายภาพทางดาราศาสตร์**, เข้าถึงเมื่อ 20 สิงหาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.narit.or.th/index.php/astro-photo-article/1932-raw-file-with-astrophotography

จำนวนบิตที่เพิ่มขึ้นคือปริมาณโทนสีที่มากขึ้น



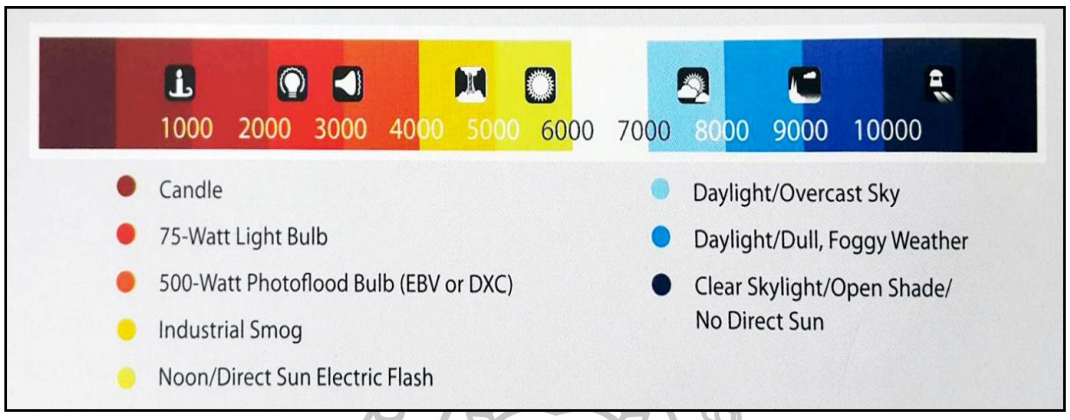
ภาพที่ 9 แสดงจำนวนบิตที่เพิ่มขึ้นคือปริมาณโทนสีที่มากขึ้น
ที่มา: สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (มหาชน), **RAW file กับการถ่ายภาพทางดาราศาสตร์**, เข้าถึงเมื่อ 20 สิงหาคม 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.narit.or.th/index.php/astro-photo-article/1932-raw-file-with-astrophotography

ภาพถ่ายทุกภาพ จะประกอบไปด้วยช่วงโทนสี ตั้งแต่ดำสนิทไปจนถึงขาวบริสุทธิ์ และ "Bit-Depth" นี้จะบอกถึงค่าโทนสีที่แตกต่างกันในภาพๆ นั้น ไฟล์ JPEG นั้นเป็นไฟล์ 8 บิต ดังนั้นจึงประกอบด้วยโทน 256 โทน ขณะที่ไฟล์ RAW มักจะเป็นไฟล์ 12 หรือ 14 บิต ซึ่งประกอบด้วยโทนอย่างน้อย 4 ,096 โทน ซึ่งก็จะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าละเอียดกว่าไฟล์ JPEG นั่นเอง (RAW file กับการถ่ายภาพทางดาราศาสตร์, 2558)

1.6 สมดุลสีขาว

แสงในแหล่งกำเนิดหรือช่วงเวลาที่แตกต่างกันจะมีอุณหภูมิของสีที่แตกต่างกัน แสงจากดวงอาทิตย์ในตอนเช้าหรือแสงในยามที่ท้องฟ้าเต็มไปด้วยเมฆ ก็จะมีอุณหภูมิและสีที่แตกต่างไป แสงจากหลอดไฟ แสงจากดวงอาทิตย์ก็จะมีอุณหภูมิสีแตกต่างกัน อุณหภูมิสีที่สูงมากๆ แสงจะมีสีออกไปทางฟ้าหรือน้ำเงินเข้ม อุณหภูมิสีมีหน่วยเป็น เคลวิน (Kelvin) ดวงตาของมนุษย์มีความสามารถในการปรับสภาพของแสงได้อย่างยอดเยี่ยมเครื่องมือใดๆ แม้แต่กล้องดิจิตอลก็ยังทำงานได้ไม่มีเท่า ภายใต้แสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซ้นต์ดวงตาของเรายังมองเห็นเสื้อเชิ๊ตสีขาวเป็นสีขาว แต่หากเราถ่ายภาพเสื้อเชิ๊ตสีขาวภายใต้สภาพแสงแสงไฟจากหลอดฟลูออเรสเซ้นต์ ภาพถ่ายที่ได้สีของเสื้อเชิ้ตจะดูสีอมเขียว เนื่องมาจากภายใต้แสงฟลูออเรสเซ้นต์จะมีการกระจายแสงสีเขียวออกมามากกว่าปกติทำให้กล้องมองเห็นแสงสีขาวและสีอื่นๆ ทำให้สีขาวนั้นผิดเพี้ยนไป

อุณหภูมิสีของแสงชนิดต่างๆ



ภาพที่ 10 แสดงอุณหภูมิสีของแสงชนิดต่างๆ
ที่มา: ตะวัน พันธ์แก้ว, **คู่มือการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ฉบับสมบูรณ์** (กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2558), 150.

ในสมัยก่อนมีการแก้ปัญหาเรื่องของแสงผิดเพี้ยนในกล้องฟิล์มด้วยการใส่ฟิลเตอร์หน้าเลนส์เพื่อตัดแสงที่ไม่ต้องการออกไปหรือเลือกใช้ฟิล์มที่เหมาะกับแสงชนิดนั้น ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและสิ้นเปลืองมาก ในปัจจุบัน กล้องดิจิตอลช่วยให้ถ่ายภาพได้อย่างสะดวกกว่ายุคของกล้องฟิล์มมาก เนื่องจากกล้องดิจิตอลสามารถปรับให้รับสภาพแสงได้หลากหลาย อีกทั้งมีระบบปรับค่าสมดุลสีขาวโดยอัตโนมัติ ไม่ว่าจะถ่ายภาพภายใต้แสงอาทิตย์ แล้วนำกล้องมาถ่ายภาพในอาคารที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซ้นต์ ภาพที่ได้ก็จะมีสีสันที่ค่อนข้างใกล้เคียงกับที่ตาเห็น แต่การปรับค่าสมดุลสีขาวของกล้องดิจิตอลแต่ละรุ่น มีขีดความสามารถที่ไม่เท่ากัน บางรุ่นมีการปรับค่าสมดุลสีขาวได้ค่อนข้างแม่นยำในสภาพแสงหนึ่ง แต่เมื่อนำไปถ่ายภาพอีกสภาพแสงหนึ่ง กลับทำให้สีที่เพี้ยนอย่างเห็นได้ชัดเจน ไม่มีกล้องดิจิตอลตัวใดที่จะปรับค่าสมดุลสีขาว ได้สมบูรณ์แบบไปทุกสภาพแสง ถึงแม้จะเลือกปรับตั้งค่าในกล้องให้ตรงกับสภาพแสงนั้นๆ แล้วก็ตาม บ่อยครั้งพบว่ายังมีสีที่เพี้ยน ในกรณีนี้ให้เลือกการตั้งค่าสมดุลสีขาว ด้วยตนเองและใช้กระดาษสีขาวช่วย จึงทำให้ได้ภาพที่มีสีที่ถูกต้องขึ้น

การตั้งค่าสมดุลสีขาว ในกล้อง DSLR จะมีฟังก์ชั่นที่ช่วยในการแก้ไขสี ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง แบบต่างๆ เพื่อให้สีสันออกมาถูกต้อง สามารถเลือกปรับได้จากเมนู หรือปุ่มที่เขียนว่า WB เมื่อกดแล้วจะมีสัญลักษณ์ต่างๆ ปรากฏขึ้นมา เรียกว่า พรีเซ็ต เลือกไอคอนที่ตรงสภาพ

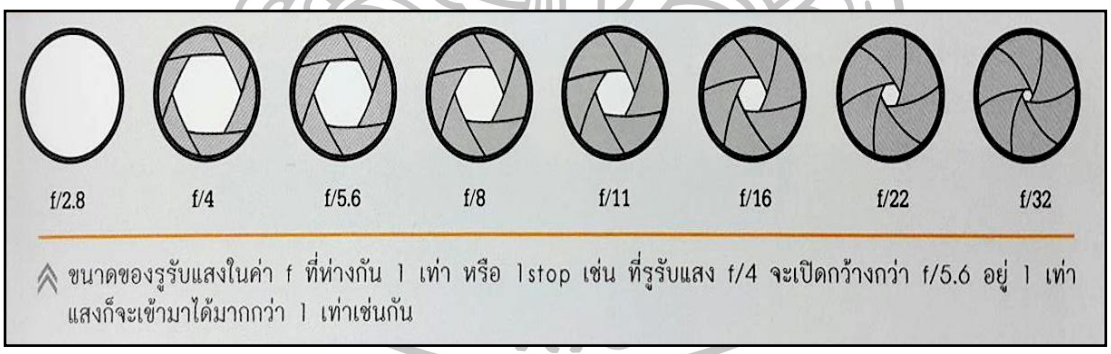
แสงในขณะนั้นตามหลักแล้วควรจะได้สีสันของภาพที่ตรงกับตาเห็น แต่ในความเป็นจริง การตั้งค่าพรีเซ็ตต่างๆ ที่กล้องนั้นยิ่งทำให้ภาพมีสีสันผิดเพี้ยนมากขึ้น เช่น เลือกไอคอนรูปเมฆในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆมากแล้ว แต่ภาพถ่ายกลับออกมามีสีอมส้มกว่าความเป็นจริง เพราะพรีเซ็ตของค่าสมดุลสีขาว ต่างๆ ที่อยู่ในกล้องดิจิตอลได้ถูกกำหนดขึ้นจากอุณหภูมิของสีในช่วงต่างๆ ตามทฤษฎี หรือการตั้งค่าโดยประมาณ ซึ่งในการใช้งานจริง อุณหภูมิของสีที่เราถ่ายภาพขณะนั้น อาจไม่ตรงกับที่กล้องได้ถูกกำหนดมา ซึ่งเกิดจากปัจจัยต่างๆ มากมาย อาทิ ฤดูกาล ช่วงเวลา สภาพภูมิประเทศ หรือภูมิอากาศ อายุการงานของหลอดไฟที่ทำให้กำเนิดแสง ฯลฯ ดังนั้นหากต้องการถ่ายภาพให้ได้ค่าแสงที่ถูกต้อง จึงควรใช้ระบบปรับตั้งค่าสมดุลสีขาว แบบปรับตั้งค่าด้วยตนเองจะดีที่สุด

1.7 รูรับแสง

รูรับแสง คือ ม่านไดอะแฟรมที่ซ้อนกันเป็นกลีบบางๆอยู่ในกระบอกเลนส์โดยจะมีรูตรงกลางเพื่อให้แสงผ่านเข้าสู่กล้อง รูรับแสงจึงเป็นส่วนสำสัญสิ่งแรกที่ควบคุมปริมาณของแสงเข้าสู่กล้อง ถ้ารูรับแสงแคบ แสงจะเข้ามาได้น้อย ถ้ารูรับแสงกว้าง แสงก็จะเข้ามาได้มาก

ค่าของรูรับแสง มักเรียกว่าค่า F-number หรือ F-stop ซึ่งค่ารูรับแสงจะแสดงเป็นตัวเลข เช่น f/4, f/5.6, f/8… ,f/22 เป็นต้น

การจำลองขนาดของรูรับแสง



ภาพที่ 11 แสดงการจำลองขนาดของรูรับแสง
ที่มา: ตะวัน พันธ์แก้ว. **คู่มือการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ฉบับสมบูรณ์** (กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2558), 159.

ขนาดของรูรับแสงของเลนส์ ค่า F-stop ตัวเลขน้อย (เช่น f/2.8) หมายถึงรูรับแสงเปิดกว้าง แสงเข้ามาได้มากส่วนค่า F-stop ตัวเลขมากหมายถึงรูรับแสงเปิดแคบ แสงเข้าได้น้อย เช่น f/32 (ตะวัน พันธ์แก้ว, 2558: 153-159)

1.8 ความชัดลึก

นอกจากรูรับแสงจะมีหน้าที่ในการควบคุมแสงที่เข้าสู่ตัวกล้อง ขนาดรูรับแสงยังมีผลกับภาพที่ถ่าย นั่นก็คือ ความชัดลึก หรือ Depth of Field (DOF) หากถ่ายภาพโดยใช้รูรับแสงกว้าง เช่น f/1.4 ภาพที่ได้เป็น ชัดตื้น คือ ภาพมีความคมชัดเฉพาะในส่วนที่โฟกัสเท่านั้น ส่วนจุดที่เลยออกไปไม่ว่าจะอยู่หน้าหรือหลังจุดโฟกัสจะเบลอไปหมด ภาพชัดตื้นมักจะใช้ถ่ายภาพบุคคลหรือวัตถุ ที่ต้องการเน้นรายละเอียด โดยที่ไม่ต้องการให้ฉากหลังมาดึงความเด่นของบุคคลหรือวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพ

หากถ่ายภาพโดยใช้รูรับแสงแคบ เช่น f/32 ภาพที่ได้ ภาพมีความคมชัดทั้งภาพ เรียกภาพลักษณะนี้ว่า “ชัดลึก” คือ ภาพที่มีความคมชัดไปยังบริเวณอื่นๆ นอกเหนือจากจุดโฟกัสด้วย ภาพชัดลึกมักจะใช้ในการถ่ายภาพทิวทัศน์ สถานที่ที่ต้องการแสดงรายละเอียดในทุกระยะในภาพให้ชัดเหมือนกันหมด ปัจจัยหลักที่มีผลต่อความชัดลึก-ชัดตื้นของภาพคือ รูรับแสง หากใช้รูรับแสงที่กว้าง (f Stop ค่าน้อย) ภาพก็ยิ่งจะมีระยะชัดที่น้อยลงตามไปด้วย

ภาพที่ 12 แสดงความชัดลึก-ชัดตื้นของภาพ

ที่มา: ปณัสญา วงศ์ศรี, **รูรับแสง (Aperture),** เข้าถึงเมื่อ19 กุมภาพันธ์ 2558, เข้าถึงได้จาก https://panassayawongsri.files.wordpress.com/2014/11/01.jpg

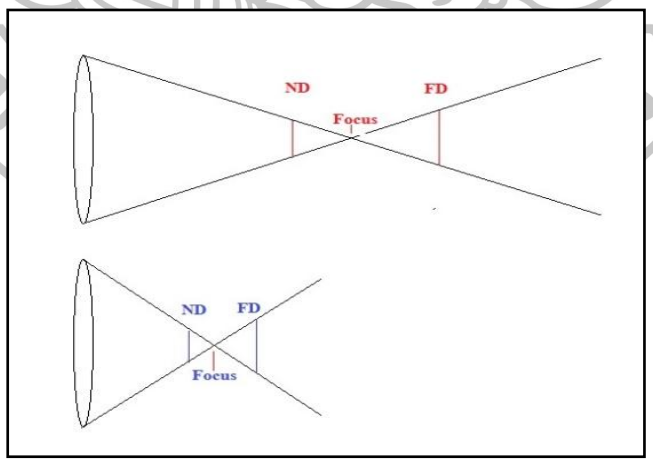
ปัจจัยกำหนดระยะชัดลึก-ตื้น

1.8.1 ขนาดรูรับแสง รูปรับแสงหรือค่า F น้อยจะทำให้เลนส์เปิดกว้าง เพื่อรับแสงมากยิ่งขึ้นจะทำให้ระยะชัดน้อยลงเรียกว่า ชัดตื้น ถ้าค่า f มากขึ้นจะทำให้เลนส์เปิดรับแสงน้อยลง ทำให้ระยะชัดกว้างขึ้นเรียกว่า ชัดลึก

1.8.2 ขนาดทางยาวโฟกัส ทางยาวโฟกัส (Focal Length) เป็นการวัดระยะจากจุดรวมโฟกัสในเลนส์ไปยังระนาบฟิล์มมีหน่วยวัดเป็น มม. ยิ่งทางยาวโฟกัสสูงขึ้นระยะชัดจะแคบลง ทางยาวโฟกัสน้อยลงระยะชัดจะมากขึ้น

1.8.3 ระยะห่างจากเลนส์กับวัตถุ วัตถุยิ่งใกล้เลนส์มากเท่าใดยิ่งทำให้ระยะชัดแคบลงมากยิ่งขึ้น กลับกันหากวัตถุไกลจากเลนส์มากขึ้นระยะชัดจะมากขึ้นตาม และถึงจุดๆ หนึ่งจะชัดถึงระยะอนันต์ (Infinity) ซึ่งระยะนี้จะเรียกว่า Hyperfocal Distance (ระยะชัดสุดพิสัย) โดยระยะที่ห่างออกไปจะมีความคมชัดลดน้อยลง แต่ยังพอรับได้ (ไม่ชัดเท่ากับจุดที่โฟกัสไว้)

ระยะความชัดของเลนส์ เป็นช่วงที่เลนส์ให้ภาพชัดจากจุดโฟกัสไปด้านหน้าวัตถุ (ND, Near Distance) และจากจุดโฟกัสไปด้านหลังวัตถุ (FD, Far Distance) ซึ่งระยะจาก ND ไปหา FD จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการคือ การเปิดหน้าเลนส์ให้รับแสง (f), ช่วงของเลนส์ (Focal Length) และระยะห่างของวัตถุกับกล้อง ซึ่งระยะชัดจาก ND ไปหา FD ถ้ามากจะเรียกว่า ชัดลึก ถ้าน้อยจะเรียกว่า ชัดตื้น เมื่อเปลี่ยนจุดโฟกัสเข้าใกล้กล้องมากขึ้นระยะโฟกัสจะน้อยลง



ภาพที่ 13 แสดงระยะความชัดของเลนส์

ที่มา: **การถ่ายภาพเบื้องต้น,** เข้าถึงเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2558, เข้าถึงได้จาก

http://4.bp.blogspot.com /-orJBNzorGew/Tvm

จากปัจจัยที่ระบุไว้จะเห็นได้ชัดเจนว่า ระยะชัดนอกจากจะขึ้นกับค่า F แล้ว ยังมีระยะห่างและทางยาวโฟกัสอีก จึงไม่จำเป็นว่า F กว้างๆ จะทำให้ระยะชัดตื้นมากเท่านั้น เราจึงเห็นหลายๆ ภาพที่ใช้ F แคบมากๆ แต่ระยะชัดยังไม่มาก เพราะวัตถุอยู่ใกล้กล้องมากกว่า กลับกันเลนส์จะมีคุณสมบัติอย่างหนึ่งคือมีระยะโฟกัสที่มีความชัดจากจุดโฟกัสไปด้านหลังวัตถุที่ชัดไปจนถึงระยะอนันต์ เรียกว่า Hyperfocal Distance หนังสือบางฉบับจะแปลเป็นภาษาไทยว่า ระยะชัดสุดพิสัย แต่ระยะชัดไม่ได้ชัดเหมือนกับความชัดที่จุดโฟกัส แต่หลังจากจุดโฟกัสไปแล้วความคมชัดของวัตถุในภาพจะลดน้อยลง แต่ยังอยู่ในวิสัยที่รับได้ (การถ่ายภาพเบื้องต้น, 2558)

1.9 ความเร็วชัตเตอร์

ก่อนจะกล่าวถึงความเร็วชัตเตอร์ หรือ Speed Shutter ควรรู้จักกับ ม่านชัตเตอร์ (Shutter) คือ ม่านบางๆที่กั้นระหว่างเลนส์กับตัวเซ็นเซอร์ที่ควบคุมปริมาณแสงที่ตกลงสู่เซ็นเซอร์ ม่านชัตเตอร์นี้ ปกติจะปิดอยู่ตลอด ดังนั้นแสงที่ผ่านจากตัวเลนส์มาไม่ว่าจะมากหรือน้อยก็จะไม่สามารถตกลงสู่ตัวเซ็นเซอร์ได้จนกว่าม่านชัตเตอร์จะเปิดให้แสงผ่าน ม่านชัตเตอร์จะเปิดก็ต่อเมื่อกดปุ่มชัตเตอร์ลงไปสุด การเปิด-ปิด ม่านชัตเตอร์ มีระยะเวลาที่แน่นอน มีหน่วยเป็น วินาที เช่น 1/250 (หนึ่งส่วนสองร้อยห้าสิบวินาที), 1/8000 (หนึ่งส่วนแปดพันวินาที) หากม่านชัตเตอร์เปิดนาน แสงจะเข้าสู่เซ็นเซอร์ได้มาก ภาพก็จะสว่างมาก หากม่านชัตเตอร์เปิด-ปิดเร็ว แสงก็จะเข้าได้น้อย ภาพก็จะมืดลง (ตะวัน พันธ์แก้ว, 2558: 161)

ความเร็วชัตเตอร์ (Speed Shutter) หมายถึง ระยะเวลาที่ชัตเตอร์ของกล้องเปิดออกเพื่อรับแสงเข้ามายังเซนเซอร์ในตัวกล้องขณะถ่ายภาพ คุณจึงควบคุมการถ่ายภาพตัวแบบที่กำลังเคลื่อนไหวได้อย่างเต็มที่

หลักการและผลการทำงานของความเร็วชัตเตอร์ กำหนดความเร็วชัตเตอร์ให้ทำงานเร็ว ชัตเตอร์จะช่วยหยุดสิ่งที่เคลื่อนไหวให้นิ่งสนิท เมื่อกำหนดให้ชัตเตอร์ช้า จะเกิดเอฟเฟ็กต์ “Motion Blur (ภาพเบลอขณะเคลื่อนไหว)” เพื่อแสดงการเคลื่อนไหวที่เกิดขึ้นในภาพ นอกจากจะส่งผลต่อการเคลื่อนไหวของตัวแบบที่ปรากฏในภาพแล้ว ความเร็วชัตเตอร์ยังควบคุมระยะเวลาการรับแสงของเซนเซอร์ภาพ ซึ่งจะกำหนดปริมาณแสงต่อไป เพื่อให้ยังคงปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่เซนเซอร์ภาพที่เหมาะสมไว้ จะต้องลดขนาดรูรับแสงลงหากต้องการเปิดชัตเตอร์ค้างไว้เพื่อรับแสงยาวนานขึ้น ในทางกลับกัน ถ้าความเร็วชัตเตอร์สูงขึ้น รูรับแสงจะต้องเปิดกว้างขึ้นเพื่อจะเปิดรับแสงได้มากกว่า โดยสรุป ความเร็วชัตเตอร์มีความสัมพันธ์กับค่ารูรับแสงอย่างใกล้ชิดและเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยให้ภาพสวยนอกจากจะมีหน้าที่ควบคุมปริมาณแสงที่ผ่านจากเลนส์ไปสู่เซ็นเซอร์แล้ว สปีดในการเปิด-ปิดม่านชัตเตอร์ก็ยังส่งผลต่อภาพที่ได้คือ การจับการเคลื่อนไหวของวัตถุในภาพ

ภาพที่ 14 แสดงการจับการเคลื่อนไหวของวัตถุในภาพ

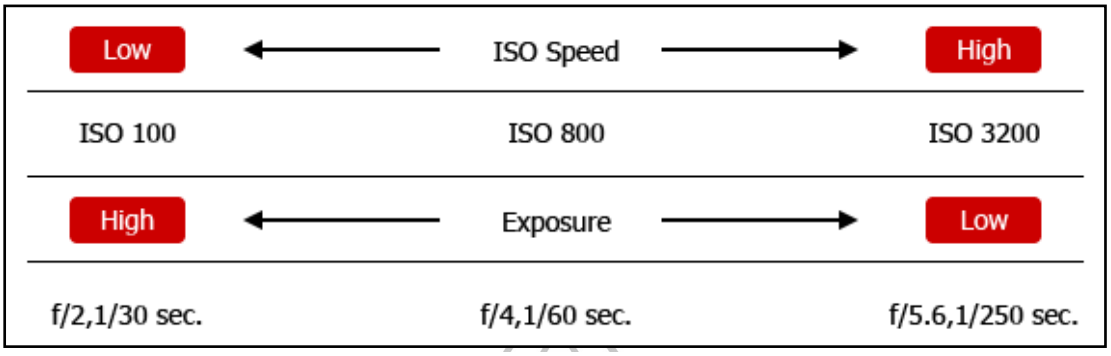
ที่มา: เรียวซูกิ ทาคาฮาชิ, **การถ่ายภาพเบื้องต้น,** เข้าถึงเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2558, เข้าถึงได้จาก https://d25tv1xepz39hi.cloudfront.net/images/324.jpg

ความเร็วในการเปิด-ปิด ม่านชัตเตอร์ เป็นความสามารถของตัวกล้อง และโดยปกติแล้วกล้องมักจะมีความเร็วในการเปิด-ปิดม่านชัตเตอร์ เท่าๆ กันหมด จะต่างกันที่ความเร็วสูงสุด ต่ำสุด ที่กล้องจะทำได้ เช่น 1/8000 วินาที ต่ำสุดจนถึง Bulb (เคล็ดลับการถ่ายภาพ [บทที่ 4] ทำความเข้าใจเกี่ยวกับความเร็วชัตเตอร์, 2558)

1.10 ค่าความไวแสง

ค่าความไวแสงหรือ ISO เป็นศัพท์กล้องที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ISO ย่อมาจาก “International Organisation for Standardisation” ซึ่งหมายถึงส่วนประกอบที่กำหนดมาตรฐานสากล ในการถ่ายภาพดิจิตอล ความไวแสง ISO จะใช้ในการกำหนดความไวต่อแสงของเซนเซอร์ CMOS เช่นเดียวกับแนวคิดเรื่องความไวแสงISO ระดับต่างๆ ในกล้องฟิล์ม เช่น ISO 100 และ 400 การเพิ่มค่า ISO นั้นจะเป็นการเพิ่มระดับความไวต่อแสง ทำหน้าที่ควบคุมระดับความไวต่อแสงที่มากระทบของเซนเซอร์ภาพ การตั้งค่า ISO สูงๆ ทำให้เซนเซอร์กล้องไวต่อแสงมากขึ้น จึงถ่ายภาพในที่มืดได้ ทั้งนี้ ISO ยังมีผลต่อภาพถ่ายในด้านอื่นๆ อีกด้วย

ความไวแสง ISO และค่าการเปิดรับแสง



ภาพที่ 15 แสดงความไวแสง ISO และค่าการเปิดรับแสง

ที่มา: เรียวซูกิ ทาคาฮาชิ, **เคล็บลับการถ่ายภาพ [บทที่ 5] ความไวแสง ISO คืออะไร?,** เข้าถึงเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2558 เข้าถึงได้จากhttps://snapshot.canon-asia.com/article/th/lesson-5-what-is-iso-speed

การเพิ่มความไวแสง ISO เอื้อให้คุณสร้างสรรค์ภาพที่คมชัดได้แม้ในที่ซึ่งแสงสลัว การเลือกความไวแสง ISO สูงในสถานที่ที่สว่างยังเป็นการเปิดให้เซนเซอร์ภาพรับเอาปริมาณแสงได้มากในเวลาอันสั้น ทำให้ใช้งานชัตเตอร์ความเร็วสูงกว่าเมื่อตั้งค่าความไวแสง ISO ต่ำ สำหรับการถ่ายภาพกีฬา เป็นธรรมดาที่จะใช้ความเร็วชัตเตอร์สูงๆ อย่าง ISO 400 เมื่อถ่ายภาพในช่วงกลางวัน

ISO 200, 1/50 วินาที ISO 800, 1/200 วินาที

ภาพที่16 แสดงค่าความไวแสง ISO สอดคล้องกับสต็อปของความเร็วชัตเตอร์
ที่มา: เรียวซูกิ ทาคาฮาชิ, **เคล็บลับการถ่ายภาพ [บทที่ 5] ความไวแสง ISO คืออะไร?,** เข้าถึงเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2558, เข้าถึงได้จาก https://d25tv1xepz39hi.cloudfront.net/images/451-4.jpg และ https://d25tv1xepz39hi.cloudfront.net/images/451-5.jpg

การลดจุดรบกวนหลายภาพ (Multi Shot Noise Reduction) ช่วยลดจุดรบกวนที่ความไวแสง ISO สูงจุดรบกวนเกิดขึ้นเมื่อมีความผิดปกติในคลื่นสัญญาณขณะที่กำลังแปลงแสงที่ได้รับบนเซนเซอร์ CMOS ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า หรือเมื่อขยายสัญญาณ โดยปกติ จุดรบกวนมีแนวโน้มจะเกิดมากขึ้นเมื่อใช้ความไวแสง ISO สูง อย่างไรก็ตาม สำหรับซีรีย์ EOS กล้องจะมีเซนเซอร์ภาพ CMOS ซึ่งสามารถลดจุดรบกวนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ระบบประมวลผลภาพสมรรถนะสูง (DIGIC) ก็ทำงานเพื่อขจัดจุดรบกวนเช่นกัน อาทิ กล้องที่มาพร้อมกับ DIGIC 5 จะไม่มีจุดรบกวนปรากฏให้เห็นเมื่อใช้ความไวแสงสูงถึง ISO 6400 กระทั่งภาพที่ถ่ายด้วย ISO 25600 ยังสามารถนำมาพิมพ์ภาพขนาด 3R ได้ ขณะเดียวกัน กล้องที่วางขายในปี 2012 หรือหลังจากนั้นต่างมีคุณสมบัติ “การลดจุดรบกวนหลายภาพ” ซึ่งจะถ่ายภาพต่อเนื่องสี่ภาพ เมื่อกดชัตเตอร์หนึ่งครั้ง และรวมภาพเข้าด้วยกันโดยอัตโนมัติเพื่อขจัดจุดรบกวนในภาพ

ภาพถ่ายที่ใช้การลดจุดรบกวนหลายภาพ

ภาพที่17 แสดงภาพถ่ายที่ใช้การลดจุดรบกวนหลายภาพ

ที่มา: เรียวซูกิ ทาคาฮาชิ, **เคล็บลับการถ่ายภาพ [บทที่ 5] ความไวแสง ISO คืออะไร?,** เข้าถึงเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2558, เข้าถึงได้จาก https://d25tv1xepz39hi.cloudfront.net/images/451-6.jpg

แม้ในเวลาที่ถ่ายภาพด้วยความไวแสง ISO สูงถึง 12800 จุดรบกวนก็ลดลงอย่างมากด้วยคุณสมบัติ การลดจุดรบกวนหลายภาพ

จุดรบกวน (Noise) หมายถึง จุดที่ปรากฏบนภาพเมื่อถ่ายภาพด้วยความไวแสง ISO สูง ในการเพิ่มความไวแสง ISO นั้น จำเป็นต้องขยายสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณรบกวนจะเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการนี้ จุดรบกวนเป็นลักษณะเฉพาะที่เกิดขึ้นในกล้องดิจิตอล โดยระดับของจุดรบกวนที่ยอมรับได้นั้นจะแตกต่างกันไปตามแต่ละบุคคลปัญหาจุดรบกวน (Noise) หรือสัญญาณรบกวนนี้เป็นเรื่องปกติที่อยู่คู่กับกล้องดิจิตอลมานานแล้ว (เทียบได้กับ “เกรน” ของภาพในกล้องฟิล์ม) กล้อง DSLR ในปัจจุบันจะมีวงจรลดสัญญาณรบกวนอยู่แล้ว และยังมีฟังก์ชั่นลดสัญญาณรบกวนให้ผู้ใช้เลือกปรับเพิ่มเติมได้อีก ทำให้กล้องรุ่นใหม่ๆสามารถถ่ายภาพโดยใช้ค่า ISO ได้สูงกว่า 800 โดยไม่มี Noise ปรากฏออกมากนัก อย่างไรก็ดี กล้องแต่ละรุ่นแต่ละค่ายต่างก็มีปริมาณ Noise ที่แตกต่างกัน นอกจากการใช้ค่าISO สูงแล้วการใช้ สปีดชัตเตอร์ ต่ำมากๆ เช่น ต่ำกว่า 1 วินาทีก็เป็นสาเหตุของการเกิด Noise ด้วยเช่นกัน (Ryosuke Takahashi, เคล็ดลับการถ่ายภาพ [บทที่ 5] ความไวแสง ISO คืออะไร?, 2558)

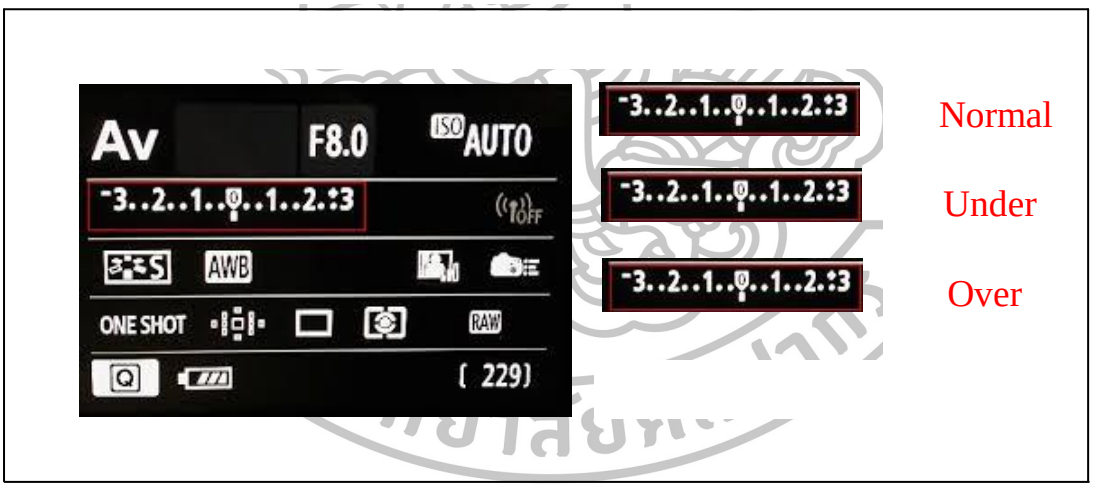
การทำงานร่วมกันระหว่างรูรับแสง สปีดชัตเตอร์

ในการถ่ายภาพ สิ่งที่ต้องควบคุมเพื่อให้ได้ภาพที่มีความสว่างตามที่ต้องการ คือ ค่ารูรับแสงกับค่าสปีดชัตเตอร์ เมื่อนำค่าทั้งสองมาผสมผสานกันก็จะได้แสงในปริมาณหนึ่งที่ตกลงบนเซ็นเซอร์เพื่อทำให้เกิดภาพ ดังนั้นหัวใจสำคัญในการถ่ายภาพก็คือ “การควบคุมปริมาณของแสงให้ได้ตามที่เราต้องการ” โดยผ่านกลไกของรูรับแสงกับสปีดชัตเตอร์

1.11 การวัดแสงของกล้อง DSLR

ในกล้อง DSLR จะมีเครื่องวัดแสงซึ่งเป็นอุปกรณ์ชิ้นเล็กๆ บรรจุอยู่ภายใน ทำหน้าที่วัดค่าแสงที่สะท้อนจากวัตถุ หากดูในช่องมองภาพหรือบนจอ LCD ของกล้องดิจิตอล จะเห็นขีดสเกลที่แสดงปริมาณของแสงอยู่ เรียกว่า สเกลวัดแสง ตรงแถบวัดแสงจะมีเข็มเล็กๆ อยู่ ซึ่งเป็นตัวบอกค่าให้เรารู้ว่า มีแสงมากน้อยเพียงใด หรือ กำลังพอดี โดยถ้าเข็มชี้ไปทางลบ แสดงว่า แสงน้อยเกินไป ภาพที่ถ่ายออกมาจะดูมืดไป และในทางกลับกัน หากเข็มชี้ไปทาง บวก แสดงว่ามีแสงเข้ามากเกินไป ภาพที่ได้ออกมาก็จะดูสว่างไป

เสกลวัดแสง



ภาพที่ 18 แสดงเสกลวัดแสง

ที่มา: ตะวัน พันธ์แก้ว, **คู่มือการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ฉบับสมบูรณ์** (กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2558), 177.

ระบบวัดแสงแบบต่างๆ ของกล้อง DSLR

ระบบวัดแสง คือ ระบบวิธีการคำนวณหาค่าแสงของกล้อง การที่เราจะเลือกใช้ระบบวัดแสงแบบใดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ หรือสภาพแสงที่จะถ่าย ระบบวัดแสงแบบต่างที่มีอยู่ในกล้อง DSLR มีดังนี้

1.11.1 ระบบวัดแสงแบบเฉลี่ย (Evaluative, Average, Matrix, Multi-Sement) ระบบนี้จะมีในกล้อง DSLR ทุกรุ่น ซึ่งจะมีชื่อเรียกแตกกันไป ในแต่ละรุ่น หลักการทำงานของระบบนี้คือ กล้องจะทำการแบ่งพื้นที่ในช่องมองภาพออกเป็นส่วนๆ ซึ่งจะแบ่งเป็นกี่ส่วนก็ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย จากนั้นจึงนำค่าแสงจากทุกๆ ส่วนมาคำนวณหาค่ากลาง โดยผู้ผลิตกล้องแต่ละยี่ห้อจะมีค่าการคำนวณในการวัดแสงที่แตกต่างกันออกไป (กล้องบางรุ่นใช้ข้อมูลจากเลนส์มาคำนวณร่วมด้วย) ปัจจุบันระบบวัดแสงแบบเฉลี่ยก้าวหน้าไปมากแต่ละค่ายพยายามพัฒนาให้ได้ค่าแสงที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด บางค่ายวัดแสงและนำค่าไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลภาพในตัวกล้องเพื่อดูว่าเป็นภาพลักษณะใดเพื่อการคำนวณหาค่ากลาง ทำให้ได้ความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ระบบวัดแสงนี้เหมาะสำหรับการถ่ายภาพทั่วๆ ไป ที่สภาพแสงในแต่ละส่วนไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เช่น การถ่ายภาพวิวทิวทัศน์ ข้อดีของระบบนี้ คือ ใช้งานง่าย ครอบคลุมการใช้งานทั่วไป แต่ ไม่ควรนำไปใช้กับการถ่ายภาพที่สภาพแสงไม่ปกติ เช่น ถ่ายภาพย้อนแสงต่าง ๆ ภาพท้องฟ้ากับพื้นดินที่มีความสว่างต่างกันมากๆ มี Contrast สูง หรือภาพถ่ายภายในร่มแต่พื้นที่ด้านนอกสว่างมากๆ โอกาสเกิดการผิดพลาดจะมีค่อนข้างสูง

1.11.2 ระบบวัดแสงแบบเฉลี่ยหนักกลาง (Center-Weighted) ระบบวัดแสงแบบเฉลี่ยหนักกลางนี้มีความคล้ายคลึงกับระบบแรกแต่จะให้ความสำคัญที่ส่วนกลางของภาพ มากกว่าส่วนที่อยู่รอบๆ ที่มีของระบบวัดแสงนี้มาจากเวลาที่ถ่ายภาพส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับวัตถุที่อยู่บริเวณกลางภาพเป็นหลัก ระบบนี้เหมาะสำหรับการถ่ายภาพที่ให้ความสำคัญกับส่วนตรงกลางของภาพ เช่น การถ่ายภาพบุคคล หรือภาพที่ต้องการให้วัตถุอยู่กลางภาพแต่การใช้ระบบวัดแสงแบบนี้มีข้อควรระวังในการระบบวัดแสงแบบเฉลี่ยหนักกลาง คือ เวลาวัดแสงต้องแน่ใจว่าวัตถุที่ถ่ายมีขนาดใหญ่และครอบคลุมตรงกลางของช่องมองภาพเพียงพอเพราะหากวัตถุที่ต้องการถ่ายมีขนาดเล็กระบบนี้ไปวัดแสงในส่วนของฉากหลังแทน ซึ่งอาจทำให้การวัดแสงผิดพลาดได้

1.11.3 ระบบวัดแสงแบบเฉพาะจุด (Spot Meterring) ระบบการวัดแสงแบบเฉพาะจุดนี้จะมีพื้นที่สำหรับการวัดแสง 3-5 เปอร์เซ็นต์ในช่องมองภาพโดยแสดงเป็นวงกลมเล็กๆ ให้เห็นในช่องมองภาพ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่กล้องจะวัดแสง หากต้องการวัดแสงตรงจุดใดก็ให้เล็งวงกลมเล็กๆ ไปตรงจุดนั้น แล้วกด ชัตเตอร์ ลงครึ่งหนึ่ง กล้องจะทำการวัดแสงตรงส่วนนั้นผู้ที่เลือกใช้ระบบวัดแสงชนิดนี้ ควรรู้จักเลือกวัตถุที่มีค่าการสะท้อนแสง 18 เปอร์เซ็นต์ หรือเทียบเท่าสีเทา

กลาง โดยทั่วไปนิยมใช้กันบ่อยๆ ในการอ้างอิง ก็อย่างเช่น สนามหญ้า ท้องฟ้าบริเวณที่เป็นสีเข้มหน่อย เมฆสีเทาๆ เป็นต้น แต่ถ้าต้องการความแม่นยำจริง แนะนำให้ใช้ กระดาษสีเทา 18% ซึ่งจะให้ความแม่นยำในการวัดแสงค่อนข้างสูงมากแม้ว่าระบบวัดแสงแบบเฉพาะจุดจะมีความแม่นยำค่อนข้างสูง แต่มีข้อระวังระวังคือ

1.11.3.1 ให้เล็งวัตถุที่จะวัดแสงให้อยู่ภายในวงกลมให้พอดี ต้องไม่คลุมเอาส่วนฉากหลังมาด้วย ซึ่งถ้าหากไม่พอดีแล้วไปติดเอาฉากหลังมาด้วยแล้วการวัดค่าแสงก็จะเกิดการผิดพลาดทันที ควรซูมเข้าไปวัดแสงใกล้ๆ วัตถุแล้วทำการล็อคค่าแสงเอาไว้ จะดีที่สุด

1.11.3.2 ต้องรู้จักการชดเชยแสง หากใช้ระบบนี้ในการวัดแสง ซึ่งหากไม่มีการชดเชยแสง ตรงจุดที่วัดแสงนั้นจะได้ค่าแสงที่เท่ากับสีเทากลาง ตัวอย่าง เช่น หากวัดแสงไปยังวัตถุสีขาวแล้วถ่าย สีขาวของวัตถุจะมืดลงกลายเป็นสีเทา และในทางตรงกันข้าม หากวัดแสงไปที่วัตถุสีดำแล้วถ่าย สีของวัตถุจะมีความสว่างขึ้นกลายเป็นสีเทาเช่นกัน ดังนั้นแล้วหากต้องการใช้ระบบวัดแสงระบบเฉพาะจุดนี้ ต้องศึกษาวิธีการชดเชยแสงด้วย เพื่อให้ได้ค่าแสงตามที่ต้องการ สำหรับการถ่ายภาพที่เหมาะสมกับการใช้ระบบวัดแสงเฉพาะจุด คือ การถ่ายภาพบุคคลย้อนแสง การถ่ายภาพมาโคร หรือการถ่ายภาพที่สภาพแสงแตกต่างกันมากๆ เช่น ตอนพระอาทิตย์ขึ้นหรือตก เป็นต้น (ตะวัน พันธ์แก้ว, 2558: 170-186)

1.12 การชดเชยแสง

การชดเชยแสง หมายถึง การปรับความสว่างที่กล้องคำนวณเพื่อให้ตรงกับความพอใจของช่างภาพ ปริมาณแสงนั้นถูกกำหนดตามปริมาณของแสงสว่างที่สะท้อนจากตัวแบบ เมื่อถ่ายภาพตัวแบบที่มีพื้นที่สีขาวอยู่มาก กล้องจึงมีแนวโน้มที่จะลดปริมาณการเปิดรับแสงลง โดยคิดว่าภาพจะสว่างเกินไป ในทางกลับกัน ก็มีแนวโน้มที่จะเพิ่มปริมาณการเปิดรับแสงขึ้น เมื่อตัวแบบมีสีดำอยู่มาก โดยคิดว่าภาพอาจมืดเกินไป ดังนั้น การชดเชยแสงจึงเป็นฟังก์ชั่นที่ใช้เพื่อปรับปริมาณการเปิดรับแสงในเวลาที่การควบคุมการเปิดรับแสงอัตโนมัติของกล้องทำงานไม่ตรงตามภาพในใจของช่างภาพ การชดเชยแสงเป็นฟังก์ชั่นที่ใช้ในกล้อง DSLR ทั่วไป สามารถใช้ได้กับการถ่ายภาพย้อนแสง เมื่อถ่ายภาพบุคคลที่สวมเสื้อผ้าสีขาวหรือสีดำ และในสถานการณ์อื่นๆ อีกมากมายหลายกรณี เมื่อเข้าใจในการชดเชยแสงและวิธีการใช้งานแล้ว การถ่ายภาพจะน่าสนุกยิ่งขึ้นและภาพที่ออกมาจะพัฒนาขึ้นอย่างมากด้วย ทำตามขั้นตอนการใช้งานของกล้องแต่ละตัวจนเชี่ยวชาญกับเทคนิคการชดเชยแสง ทั้งนี้ การชดเชยแสงไม่สามารถใช้ได้ในโหมด Basic Zone การชดเชยแสงจะใช้ได้เฉพาะในโหมด Creative Zone เท่านั้น

A: Creative Zone

โหมดการถ่ายภาพใน Creative Zone ช่วยให้ผู้ใช้เลือกและตั้งค่าฟังก์ชั่นตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งใจไว้

B: Basic Zone

โหมดการถ่ายภาพใน Basic Zone กล้องจะเลือกการตั้งค่าที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติตามฉากที่เลือกไว้

ส่วนในโหมดM จะไม่มีการชดเชยแสงเพราะเป็นการปรับรูรับแสงกับสปีดชัตเตอร์ในการชดเชยแสงผู้ถ่ายภาพต้องเปลี่ยน ตั้งค่าเอง เช่น เมื่อเลือกใช้โหมด A (โหมด A เป็นโหมดที่กำหนดรูรับแสงเอง ส่วนชัตเตอร์กล้องจะปรับให้) (รี โอซูเกะ ทาคาฮาชิ, 2558)

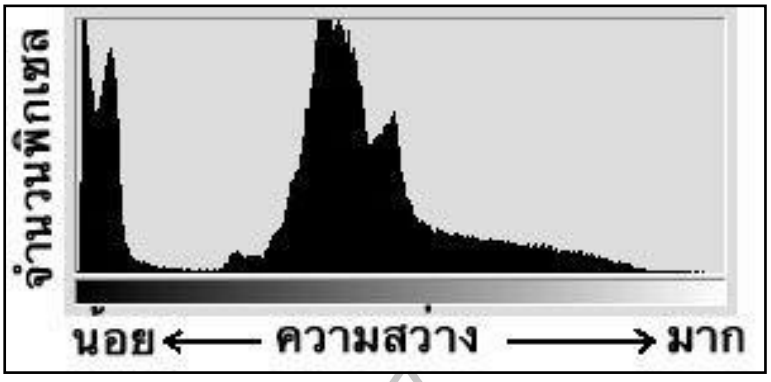
การชดเชยแสงเมื่อใช้ระบบวัดแสงเฉพาะจุด สำหรับการใช้ระบบวัดแสงแบบเฉพาะจุด การวัดแสงไปยังวัตถุต่างๆ เช่น ใบหน้าคน ดอกไม้ ต้นไม้หรือเสื้อผ้า จำเป็นต้องชดเชยแสงตามไปด้วย เพื่อที่จะให้วัตถุต่างๆมีสีสันที่ถูกต้อง หากไม่ชดเชยแสงสิ่งต่างๆที่วัดสงแล้วถ่ายภาพออกมา จะมีความสว่างเท่ากับ เทากลาง 18 % ดังนั้น หากวัดแสงไปที่วัตถุสีอะไร จึงควรที่จะชดเชยแสงตามไปด้วย มีหลักการดังนี้

ถ่ายภาพวัตถุที่มีสีขาว หรือมีสีสว่าง สะท้อนแสงได้มาก เช่น ใบไม้ที่ถูกแสงแดด ผ้าสีขาว ดอกไม้สีเหลือง คนผิวขาว ใช้ชดเชยแสงไปทางบวก เรียกว่า ถ่ายให้ Over

ถ่ายภาพที่มีสีดำ หรือวัตถุที่มีสีเข้มสะท้อนแสงได้น้อย เช่น เสื้อสีดำ โต๊ะสีน้ำตาล รองเท้าสีน้ำเงินเข้ม เป็นต้น ให้ชดเชยแสงไปทางลบ เรียกว่า ถ่ายให้ Under (ตะวัน พันธ์แก้ว, 2558: 190-192)

1.13 ฮิสโทแกรม

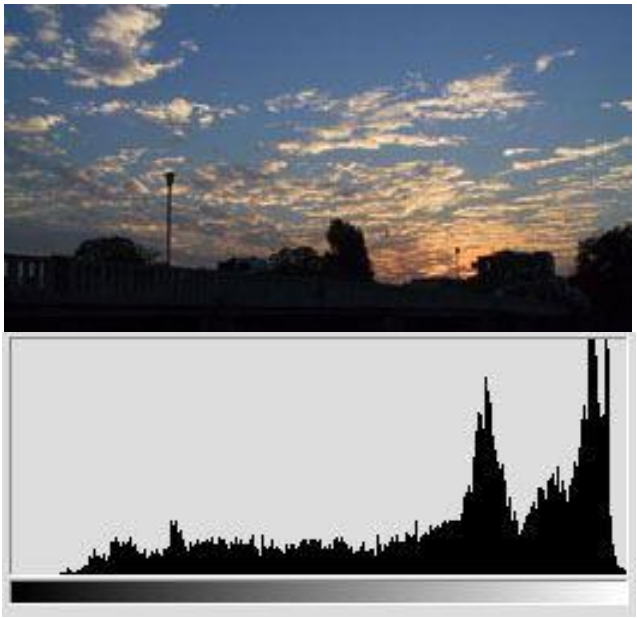
ฮิสโทแกรม เป็นกราฟแสดงจำนวนพิกเซลที่ความสว่างต่างๆ ของภาพ สังเกตได้จากภาพแรกด้านล่าง แกนนอนเป็นระดับความสว่างที่แบ่งระดับเป็น 256 ระดับ มักเรียกว่าระดับสีเทา หรือ gray level โดยมีค่าตั้งแต่ 0-255 เมื่อระดับสีเทามีค่าต่ำ (ด้านซ้ายมือ) หมายถึงมีความสว่างน้อย จะมองเห็นเป็นสีดำ ค่าระดับสีเทามาก (ด้านขวามือ) หมายถึงมีความสว่างมากจะมองเห็นเป็นสีขาว แกนตั้งของกราฟแสดงจำนวนพิกเซลในแต่ละความระดับสีเทาซึ่งเป็นค่าสัมพัทธ์



ภาพที่ 19 แสดงระดับค่าสีเทาและจำนวนพิกเซล

ที่มา: **ฮิสโทแกรม (histogram),** เข้าถึงเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.fotofile.net/learning/histogram/Fig1his.jpg

จากภาพฮิสโทแกรมด้านบน พอจะวิเคราะห์ได้ว่าภาพถ่ายนี้น่าจะได้รับการเปิดรับแสงมาอย่างถูกต้องเพราะมีจำนวนพิกเซลครอบคลุมอยู่ตั้งแต่ค่าระดับ สีเทาน้อยๆ ในส่วนเงา ไปจนค่าระดับสีเทามากๆ ในส่วนสว่าง (ฮิสโทแกรม (Histogram), 2558)



ภาพที่ 20 แสดงภาพถ่ายและค่าฮิสโทแกรม

ที่มา: **ฮิสโทแกรม (Histogram),** เข้าถึงเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2558, เข้าถึงได้จาก http://www.fotofile.net/learning/histogram/Kyoto.jpghttp://www.fotofile.net/learning/histogram/overhis.jpg

1.14 การล็อคค่าแสง

การล็อคค่าแสงคือการสั่งให้กล้องจำค่ารูรับแสงและสปีดชัตเตอร์ตรงจุดที่เราทำการวัดแสง มีประโยชน์สำหรับการวัดแสงแบบเฉพาะจุด เช่น การวัดแสงจากวัตถุอ้างอิงจุดหนึ่ง กล้องจะแสดงค่ารูรับแสงและสปีดชัตเตอร์ที่เหมาะสมให้ ผู้ถ่ายภาพทำการล็อคค่าแสงแล้ว ไม่ว่าจะมีการหันกล้องไปทางใดกล้องก็จะไม่วัดแสงให้ใหม่ ค่ารูรับแสงและสปีดชัตเตอร์ก็ยังคงค่าเดิมไว้ ทำให้สามารถถ่ายภาพถ่ายภาพได้ภายใต้แสงที่ได้จากการวัดแสงจากวัตถุอ้างอิงจุดหนึ่งได้โดยไม่ต้องวัดแสงใหม่ทุกครั้ง

Color Space เลือกโหมดสีให้เหมาะสม โหมดสีเป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล DSLR โดยเฉพาะการถ่ายภาพเป็นไฟล์ JPEG แล้วนำไปใช้งานทันทีโดยไม่ผ่านการตกแต่งภาพ กล้องดิจิตอล DSLRส่วนใหญ่จะมีโหมดสี (Colour Space) ให้เลือกอยู่ 2 แบบคือ

1.14.1 sRGB เป็นโหมดสีที่เหมาะสำหรับหรับช่างภาพที่นิยมนำไปอัดตามร้านแลปอัดภาพทั่วไป นำเสนอผ่านสื่อต่างๆ แสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือเว็บบราวเซอร์ แม้ว่าจะมีขอบเขตของสีที่ไม่กว้างมากนัก (น้อยกว่าที่ตามองเห็น) แต่ก็ได้ถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับการแสดงภาพผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ เว็บบราวเซอร์ หรือเครื่องอัดภาพตามแลปอัดภาพทั่วไป

1.14.2 Adobe RGB เป็นโหมดสีที่มีขอบเขตของสีกว้างกว่า sRGB คือแสดงเฉดสีที่มากกว่า แต่ไม่เหมาะสำหรับการแสดงผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือเว็บบราวเซอร์ในปัจจุบัน เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้ไม่สนับสนุน หากเลือกใช้โหมด Adobe RGB ในการถ่ายภาพแล้วนำไป แสดงภาพผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ เว็บบราวเซอร์ หรือเครื่องอัดภาพตามแลปอัดภาพทั่วไป สีสันที่ปรากฏจะผิดเพี้ยนไป โหมด Adobe RGB นี้เหมาะสำหรับการถ่ายภาพที่ต้องการนำไปใช้ในกระบวนการพิมพ์ เช่น พิมพ์หนังสือ เพราะระบบการพิมพ์รวมถึงโปรแกรมที่ใช้ในการพิมพ์จะรองรับโหมดสีนี้

1.15 การใช้งานระบบ Live View

กล้อง DSLR รุ่นใหม่ๆมักมีระบบ Live View ที่แสดงภาพที่จะทำการถ่าย ผ่านทางจอ LCD หลังกล้องช่วยให้สะดวกในการถ่ายภาพ ช่วยในการเช็คจุดที่จะโฟกัสให้ได้ภาพที่คมชัด สำหรับการใช้งานระบบ Live View โดยส่วนใหญ่จะมีปุ่มให้กดเพื่อใช้งานกล้องที่อยู่ในระบบ Live Viewจะแสดงภาพที่กำลังถูกบันทึกโดยเซนเซอร์ภาพบนจอแสดงผลด้านหลัง กล้อง CSC (Compact System Camera) และกล้องคอมแพคแบบเล็งแล้วถ่ายจะมีระบบ Live View เป็นค่าเริ่มต้นอยู่แล้วกล้อง DSLR นั้นจำเป็นต้องเลือกใช้ระหว่างการถ่ายภาพด้วยช่องมองภาพและระบบ

Live View ส่วนวิธีการสลับนั้นก็ขึ้นอยู่กับกล้องแต่ละรุ่น ในกล้อง DSLR บางตัวต้องปรับสวิตช์บนตัวกล้อง แต่บางตัวก็เพียงกดปุ่มด้านหลังกล้องเท่านั้น

การเลือกใช้ระบบ Live View ในกล้อง DSLR ภาพจะแสดงผ่านทางจอ LCD เท่านั้นไม่สามารถมองภาพผ่านช่องมองภาพหรือ Viewfinder ได้ เนื่องจาก ระบบ Live View จำเป็นต้องรับภาพจากเซ็นเซอร์ตลอดเวลา กระจกสะท้อนภาพในตัวกล้อง DSLR จึงพับตัวขึ้น ส่งผลให้ ช่องมองภาพหรือ Viewfinder กลายเป็นความมืดและการแสดงภาพผ่านทางจอ LCD ตลอดเวลาจึงให้แบตเตอรี่หมดอย่างรวดเร็ว

การโฟกัสภาพเมื่อใช้ระบบ Live View จะมีความแตกต่างจากการถ่ายภาพแบบปกติบ้าง กล่าวคือ กล้องจะมีระบบการโฟกัสเพิ่มมากขึ้นทั้งหมด 3 แบบ คือ

1.15.1 Phase Detection (Quick mode, Handheld mode) การโฟกัสแบบปกติใช้วิธีการเดียวกับการถ่ายภาพทั่วไปคือ กล้องจะยกกระจกสะท้อนภาพขึ้นแล้วจึงค่อยโฟกัส ระบบนี้เหมาะสำหรับถ่ายภาพทั่วไป โดยเฉพาะเมื่อต้องถ่ายภาพในมุมสูงหรือต่ำกว่าปกติมากๆ ข้อดีคือโฟกัสได้รวดเร็ว

1.15.2 Contrast Detection (Live mode) การโฟกัสแบบตรวจจับคอนทราสต์ โดยใช้เซ็นเซอร์รับภาพเป็นตัววิเคราะห์ (Contrast Detection) ระบบนี้ทำงานค่อนข้างช้า ข้อดีคือสามารถเลือกตำแหน่งที่ต้องการจะโฟกัสได้อย่างอิสระ โดยการเลื่อนกรอบโฟกัสไปยังจุดที่ต้องการ เหมาะสำหรับการตั้งกล้องกับขาตั้งกล้อง และการถ่ายภาพที่มีเร่งรีบนัก เช่นการถ่ายภาพในสตูดิโอ

1.15.3 Face Dectection การปรับโฟกัสแบบตรวจจับใบหน้า กล้องจะทำการตรวจจับใบหน้าบุคคลที่อยู่ในภาพ หากมีการทำการปรับโฟกัสเฉพาะบริเวณใบหน้าให้คมชัด เหมาะสำหรับการถ่ายภาพบุคคล (ตะวัน พันธ์แก้ว, 2558: 195-200)

2. พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเลนส์

เมื่อ 3,000 ปีที่แล้ว ชาวอาหรับสมัยโบราณได้มองเห็นภาพของอูฐที่เดินอยู่นอกกระโจมเป็นภาพที่ปรากฏอีกด้านหนึ่งของกระโจมในแบบหัวกลับและกลับซ้ายขวา และค้นพบว่าเกิดจากรูรั่วขนาดเล็กๆ บนเนื้อผ้าของกระโจมที่แสงผ่านเข้ามาได้ และเมื่อถึงยุคที่นักวิทยาศาสตร์รู้จักการเคลือบสารไวแสงแล้ว พบว่าถ้าใช้วัสดุแผ่นเรียบที่เคลือบสารไวแสงไปติดไว้บนผนังในห้องมืด และสร้างรูเจาะขนาดเล็กๆ เพื่อเปิดให้แสงผ่านเข้ามาได้เพื่อให้สารเคลือบผิวไวแสงได้รับแสง และเมื่อนำวัสดุนั้นไปผ่านกระบวนการทางเคมีที่ทำปฏิกิริยากับสารเคลือบได้ ก็จะเกิดเป็นภาพ

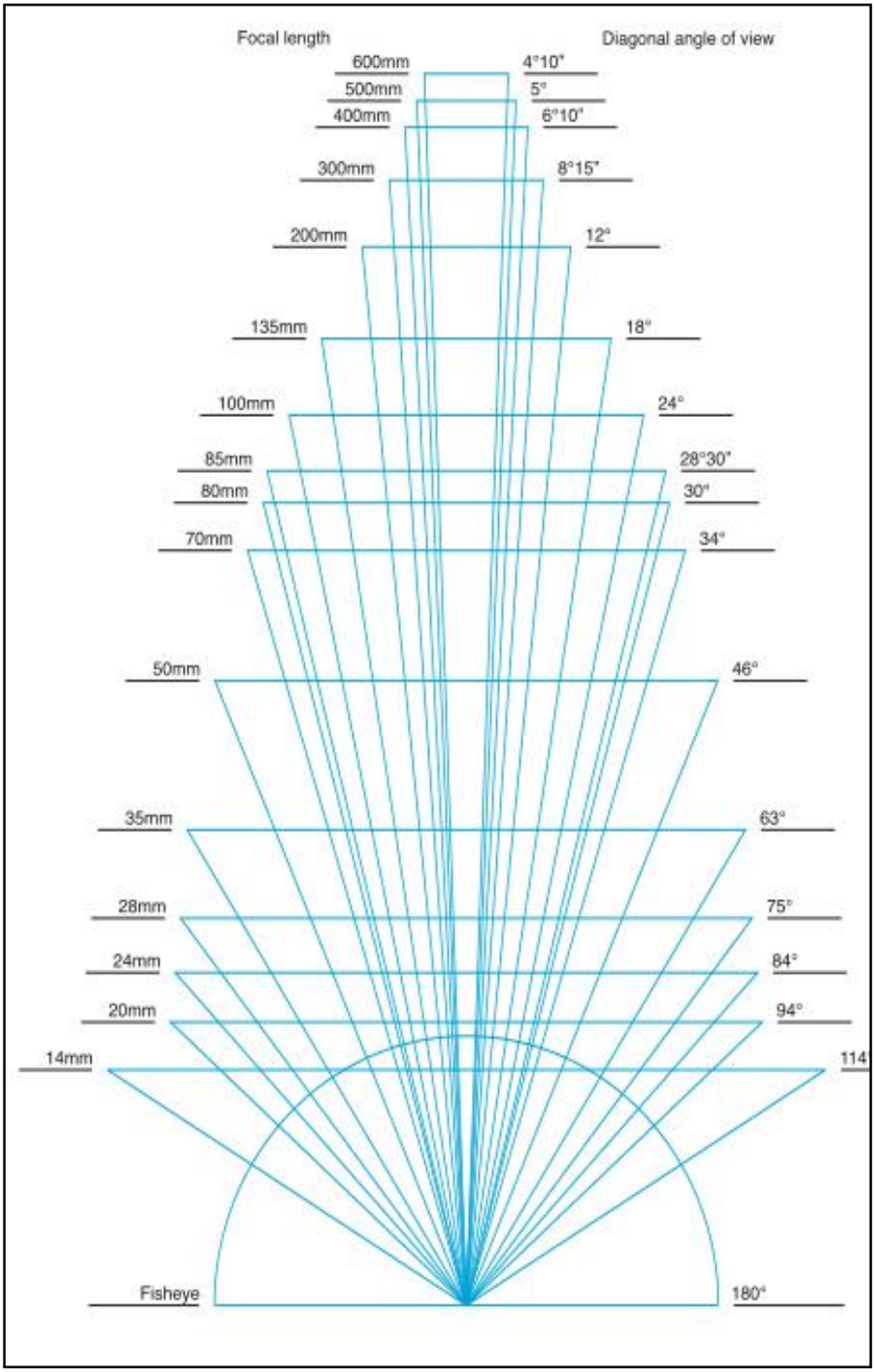
กล้องรูเข็ม (Pinhole Camera) เป็นจุดเริ่มของการประดิษฐ์กล้องถ่ายภาพ และพัฒนาต่อมาจนมีขนาดเล็ก และปรับควบคุมได้มากมายจนเป็นกล้องที่ใช้งานได้สะดวกเช่นในปัจจุบัน รูเจาะเล็กๆ บนผนังก็คือเลนส์ เส้นผ่าศูนย์กลางของรูเจาะคือ ช่องรับแสง และการใช้วัสดุปิดรูเจาะนั้นไว้แล้วจึงเปิดออกในระยะเวลาที่พอเหมาะกับสารไวแสงแล้วปิดช่องรับแสง นั่นคือการควบคุมความไวชัตเตอร์ ภาพจากกล้องรูเข็มมักดูนุ่มนวล มีความมัวมาก เหมือนชัดแต่ไม่ชัดมาก มีสีสันที่จืดจางไม่สมจริงและมีความชัดเจนต่ำ ในปัจจุบันก็ยังมีผู้ใช้กล้องเพื่อใช้ถ่ายทอดศิลปะที่นำเสนอได้อย่างแปลกตา

2.1 คุณสมบัติของเลนส์

เลนส์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ทำหน้าที่เช่นเดียวกับตาของมนุษย์หน้าที่ของเลนส์ คือการให้แสงที่สะท้อนจากวัตถุผ่านเข้าไปเป็นปริมาณพอเหมาะเพื่อบันทึกภาพลงบนฟิล์ม พร้อมกับทำหน้าที่ปรับรังสีของแสงที่จะไปบันทึกเป็นภาพบนฟิล์มให้มีความชัดเจน เลนส์เป็นวัสดุโปร่งใสเช่นเดียวกับแก้วหรือพลาสติก มีผิวด้านหนึ่งโค้ง หรือโค้งทั้ง 2 ด้าน แบ่งได้เป็นเลนส์นูน (Converging or Convese Lens) และ เลนส์เว้า (Diverging or Concave Lens)

2.1.1 เลนส์นูน จะทำหน้าที่รวมแสงให้ไปรวมกันที่จุด ๆ หนึ่ง เรียกว่าจุดโฟกัสของเลนส์ (focus of lens) เมื่อนำวัตถุไปวางหน้าเลนส์ แสงที่สะท้อนจากวัตถุจะผ่านเลนส์นูนและหักเหทำให้เกิดภาพบนวัตถุที่รองรับ ดังนั้น เลนส์นูนจึงทำหน้าที่สร้างภาพ เช่น เลนส์นูนในดวงตาของมนุษย์

2.1.2 เลนส์เว้า จะทำหน้ากระจายแสง ดังนั้น จึงไม่ทำให้เกิดภาพเลนส์ของกล้องถ่ายภาพแบบ DSLR มักจะถอดได้ เปลี่ยนได้เพื่อเปลี่ยนความยาวโฟกัสได้ ความยาวโฟกัสเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการใช้จำแนกเลนส์ออกเป็นช่วง โดยแบ่งเป็นเลนส์มุมกว้าง มาตรฐานเลนส์เทเลโฟโต้ ซึ่งมีความแตกต่างกันในเรื่องของมุมรับภาพ ที่จะทำให้ภาพมีมุมกว้าง หรือแคบตามที่เลือกใช้ด้วย นอกจากมุมรับภาพแล้ว ความยาวโฟกัสยังสร้างความแตกต่างในเรื่อง อัตราขยายและทัศนมิติ ความยาวโฟกัส 50 mm. รวมถึงช่วงใกล้เคียงว่าเป็น ช่วงมาตรฐานหรือช่วง ปกติ ส่วนเลนส์มุมกว้าง หมายถึงเลนส์ที่มีทางยาวตั้งแต่ 35 mm. ลงไปเรื่อยๆและเมื่อถึง 20 mm. ก็จะเรียกว่าเลนส์มุมกว้างพิเศษ เลนส์ที่มีความยาวโฟกัสตั้งแต่ 70 mm. ขึ้นไปจะเรียกว่า เลนส์เทเลโฟโต้ เลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสเพียง 1 ค่า เช่น 50 mm., 85 mm., 300 mm. เป็นเลนส์ประเภท เลนส์เดี่ยว หมายถึงเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสค่าเดียวและปรับเปลี่ยนไม่ได้ มักเรียกว่าเลนส์ฟิกซ์ ส่วนเลนส์ที่ออกแบบให้ปรับเปลี่ยนความยาวโฟกัสได้หลายค่า เช่น 24-70 mm., 70-200 mm. เป็นต้น เรียกว่า Variable focal-length Lens นักถ่ายภาพมักนิยมเรียกว่าเลนส์ซูม เป็นต้น (สุรเดช วงศ์สินหลั่ง, 2555: 25-28)



ภาพที่ 21 แสดงมุมรับภาพของเลนส์ช่วงต่างๆ

ที่มา: สุรเดช วงศ์สินหลั่ง, **รวมความรู้เรื่องเลนส์,** พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2555), 29.

2.2 ชนิดของเลนส์

ซึ่งชนิดของเลนส์จำแนกออกได้เป็น 5 ชนิด ดังนี้

2.2.1 เลนส์มาตรฐานหรือเลนส์ปกติ

2.2.2 เลนส์มุมกว้างและมุมกว้างพิเศษ

2.2.3 เลนส์เทเลโฟโต้

2.2.4 เลนส์กระจก

2.2.5 เลนส์มาโครและอุปกรณ์เสริมพิเศษ

2.2.1 เลนส์มาตรฐานหรือเลนส์ปกติ

ย้อนกลับไปเมื่อ 30-40 ปีที่ผ่านมา เลนส์มาตรฐานแบบฟิกส์เป็นเลนส์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดและถูกนำมาใช้เป็นเลนส์คู่กับกล้องจนถูกเรียกว่าเป็นเลนส์มาตรฐานคู่ใจผู้ใช้กล้อง SLR เลนส์มาตรฐาน หมายถึง เลนส์ที่มีความยาวโฟกัสเท่ากับความยาวของเส้นทแยงมุมของฟิล์ม 35mm. (กว้าง 24 mm. ยาว 36 mm.) เมื่อวัดเส้นทแยงมุมในหน่วยมิลลิเมตร ก็จะวัดได้ 43 mm. ซึ่งถ้าใช้ทฤษฎีนี้เลนส์มาตรฐานก็คือ 43 mm. ผู้ผลิตกล้องและเลนส์เกือบทั้งหมดเลือกผลิตเลนส์ช่วง 50 mm. เพราะเป็นตัวเลขที่ลงตัว จดจำง่ายจึงถือว่าเลนส์ 50 mm. คือเลนส์มาตรฐานของการถ่ายภาพระบบ 35 mm. และในที่นี้ก็จะถือว่าเลนส์ 50 mm. และใกล้เคียง (+/- 10 mm.) ได้ถูกจัดให้เป็นช่วงความยาวโฟกัสของเลนส์มาตรฐานด้วย

เลนส์มาตรฐานของระบบ 35 mm. หมายถึงเลนส์ที่มีมุมรับภาพกว้างประมาณ 43-45 องศา หรือมีความยาวโฟกัสประมาณ 43-44 mm. และช่วงที่คาบเกี่ยวกัน เช่น เลนส์ฟิกซ์ 50 mm. ที่มุมรับภาพแคบลงอีกเล็กน้อย (40 องศา) ก็อนุโลมว่าเป็นเลนส์มาตรฐานตามที่เรียกกันมา ส่วนการมองเห็นของเลนส์ 50 mm. นั้นจะมีมุมรับภาพที่แคบกว่าการมองเห็นด้วยตาทั้งข้างของมนุษย์ เพราะตาของมนุษย์ทั้งสองข้างจะมองเห็นภาพรวมได้ด้วยมุมรับภาพประมาณ 90 องศา แต่ถ้ามองด้วยตาข้างเดียวก็จะมองเห็นภาพได้กว้างใกล้เคียงกับเลนส์มาตรฐาน ดังนั้นก็จะทำให้เกิดความรู้สึกอึดอัดเมื่อต้องมองภาพกว้างๆ ด้วยตาเพียงข้างเดียวและด้วยการมองเห็นที่ใกล้เคียงตามนุษย์ข้างเดียวจึงเรียกว่า Normal Lens ซึ่งแปลตรงตัวว่า เลนส์ปกติ ในต่างประเทศนิยมเรียกว่า Standard Lens หรือ Ordinary Lens ซึ่งแปลว่าเลนส์สามัญ

ถึงแม้เลนส์มาตรฐานจะให้ภาพที่ไม่กว้างมากนักและไม่แคบมากนัก หากต้องเลือกใช้เลนส์สักชิ้นมาใช้ถ่ายภาพได้อย่างกว้างขวาง ควรต้องเลือกที่ดีที่สุด ตัวเลือกที่เหมาะสมควรจะเป็นเลนส์ซูมที่มีการเริ่มต้นที่มุมกว้าง และสิ้นสุดที่ช่วงเทเล ซึ่งครอบคลุมช่วงมาตรฐานไปด้วย ดังนั้นเลนส์มาตรฐานในยุคปัจจุบัน ซึ่งผู้ผลิตมักเรียกว่าเลนส์ KIT หมายถึงเลนส์ที่มาเป็นชุดพร้อมกับกล้องที่มีราคาไม่สูงนัก เช่น เลนส์ 18-55 mm. (ที่ใช้ได้เฉพาะกับกล้อง DX ที่มีเซ็นเซอร์

เล็กกว่าฟิล์ม) เป็นเลนส์ที่ถ่ายได้ทั้งภาพทิวทัศน์ ภาพหมู่กลุ่มคน รวมถึงภาพบุคคลแบบเดี่ยวและภาพระยะใกล้ๆ ของวัตถุที่มีขนาดไม่เล็กเกินไปทำให้เลนส์ KIT กลายมาเป็นเลนส์ซูมมาตรฐานของนักถ่ายภาพมือใหม่ในปัจจุบัน

ภาพที่ 22 แสดงเลนส์มาตรฐานหรือเลนส์ปกติ

ที่มา: Learn My Shot. Com**, 50MM F18 PRIME LENS REVEW**, accessed February 20, 2015, available from http://learnmyshot.com/50mm-f1-8-prime-lens-review/

2.2.2 เลนส์มุมกว้างและมุมกว้างพิเศษ

เลนส์มุมกว้างแบ่งกว้างกว้างเป็นสองช่วงคือเลนส์มุมกว้าง (Wide Angle Lens) คือ เลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสเท่ากับหรือมากกว่า 24 mm. ขึ้นไป และ เลนส์มุมกว้างพิเศษ (Super Wide Angle Lens) คือ เลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสต่ำกว่า 24 mm. รวมถึงเลนส์แบบ Fisheye ซึ่งเป็นเลนส์แบบพิเศษด้วย ส่วนเลนส์มุมกว้างแท้ๆที่มีช่องรับแสงกว้างสุดสองค่า เช่น 19-35 mm. F/3.5-4.5, 20-35mm. F/3.5-4.5 หรือเลนส์รุ่นใหม่ เช่น EF-S 10-22 mm. F/3.5-4.5 ของ Canon, เลนส์11-18 mm. F/4.5-5.6 ของ SONY ใช้กับกล้อง DSLR ระดับเริ่มต้น (Entry Level) และกล้องระดับกึ่งมืออาชีพ (Sami-pro Level)

ตารางที่ 2 แสดงความยาวโฟกัสเลนส์มุมกว้างและมุมรับภาพ

ความยาวโฟกัส เทียบเท่ากับระบบ 35 mm.	มุมรับภาพ (องศา)
35mm	55
28mm	65
24mm	75
20mm	85
16mm	99
14mm	105
14mm (Fisheye)	180
10mm (Fisheye)	180

ที่มา: สุรเดช วงศ์สินหลั่ง, **รวมความรู้เรื่องเลนส์,** พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2555), 72.

นอกจากการถ่ายภาพได้กว้างมากกว่าเลนส์ช่วงมาตรฐานแล้ว ผลที่สำคัญจากเลนส์มุมกว้างคือ ช่วงความชัดลึก ที่ลึกมากกว่า เลนส์มาตรฐาน เลนส์มุมกว้างยังมีสัดส่วนที่ผิดเพี้ยนและทัศนมิติของวัตถุในภาพที่กว้างออกไปมากขึ้น ส่วนในด้านของออฟติกนั้น ข้อเสียที่เป็นประเด็นสำคัญก็คือ Distortion หรือความบิดเบือน ซึ่งเลนส์มุมกว้างจะเบนเส้นตรงให้แลดูเป็นเส้นโค้งที่ขอบ หากใช้เลนส์มุมกว้างถ่ายภาพใบหน้าคนในระยะใกล้ที่สุด จะได้ภาพที่ผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง หรือนำไปทดสอบในการถ่ายภาพตึก ถนนที่มีเสาไฟฟ้า จะให้ความรู้สึกว่าสูงใหญ่กว่าความจริง หรือในสัดส่วนที่ควรจะเป็นเส้นตรงจะบิดโค้ง ยิ่งใช้เลนส์มุมกว้างมากเท่าใด ความชัดลึก ความผิดเพี้ยนของรูปทรง ความบิดเบือนก็จะยิ่งมากขึ้น

เลนส์ตาปลา (Fisheye Lens) เป็นเลนส์มุมกว้างประเภทหนึ่งที่มีมุมรับภาพที่กว้างมากถึง 180 องศาหรือกว่านั้น ภาพที่ได้จาก Fisheye Lens จะมีความบิดเบือนแบบป่องออก (Barrel Distortion) มากกว่าเลนส์มุมกว้างพิเศษอย่างมากมาย และ Fisheye Lens ยังแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ Fisheye Lens แบบให้ภาพเป็นวงกลม (Circular Fisheye) มีความยาวโฟกัส 6-10 mm. ซึ่งภาพจะเป็นวงกลมอยู่ในขอบสี่เหลี่ยมของเฟรมที่ดำมืดตัวอย่างเช่น Nikkor 6mm. F/2.8 มีน้ำหนักถึง 5.2 กิโลกรัมและมีเส้นผ่าศูนย์กลางมากถึง 236 mm. มุมรับภาพกว้างถึง 220 องศา ส่วน

อีกแบบหนึ่งเป็น Fisheye Lens ที่ให้ภาพเต็มพื้นที่ของเฟรมปกติ (Rectangular Fisheye) เลนส์ประเภทนี้นิยมผลิตในช่วง 15-16 mm.

ภาพที่ 23 แสดงเลนส์ตาปลา
ที่มา: สุรเดช วงศ์สินหลั่ง, **รวมความรู้เรื่องเลนส์**, พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2555), 96.

2.2.3 เลนส์เทเลโฟโต้

เลนส์เทเลโฟโต้เป็นเลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสยาวกว่าปกติ ประกอบด้วยชิ้นเลนส์ชุดขยายภาพ ซึ่งช่วยให้ภาพวัตถุจากระยะทางไกลๆ ถูกขยายให้ใหญ่ขึ้น เลนส์เทเลโฟโต้มีความยาวโฟกัสเริ่มตั้งแต่ 70 mm. ขึ้นไปและอาจมีมีความยาวโฟกัสสูงขึ้นไปเรื่อยๆ อย่างไม่สิ้นสุด จึงมีการจัดแบ่งเลนส์เทเลโฟโต้ออกเป็นกลุ่มไว้ดังนี้

ช่วงตั้งแต่ 70 mm. -135mm. จัดเป็นเลนส์เทเลโฟโต้ช่วงต้นที่เหมาะกับการถ่ายภาพบุคคลมากที่สุด เลนส์ช่วง 70 mm. เหมาะสำหรับใช้ถ่ายภาพกลุ่มคน 3-4 คน ส่วนเลนส์ช่วง 85 mm. เหมาะกับการถ่ายภาพบุคคลครึ่งตัว เนื่องจากให้สัดส่วนของรูปหน้าและลำตัวที่ไม่ผิดเพี้ยน เลนส์ เป็นช่วงที่ถ่ายภาพแบบเต็มรูปหน้าและไหล่ได้ดีทำให้รูปหน้าที่ไม่เกิดความบิดเบือนมากนัก ช่วง 85 mm. และช่วง 135 mm.จึงเป็นเลนส์สองช่วงที่นิยมเลือกใช้ เลนส์ความยาวโฟกัสคงที่ (เลนส์ฟิกส์) สำหรับใช้ถ่ายภาพบุคคลเมื่อต้องการคุณภาพสูงและใช้ภาพในการในการขยายใหญ่

ภาพที่ 24 แสดงเทเลแบบฟิกซ์ Nikkor AF-S VR 400mm F/2.8 D ED
ที่มา: สุรเดช วงศ์สินหลั่ง, **รวมความรู้เรื่องเลนส์,** พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2555), 104.

ช่วงตั้งแต่ 135 mm. - 200 mm. เหมาะกับการถ่ายภาพระยะไกลที่ยังใช้มือถือกล้องได้ ถ่ายภาพธรรมชาติ กิจกรรมของคน ภาพชีวิต รวมทั้งถ่ายภาพบุคคลที่ยืนอยู่ท่ามกลางฉากหลังที่มีลวดลายหรือมีสีสันอื่นๆอยู่ใกล้ๆ เช่นการถ่ายภาพรับปริญญา ปัจจุบันมีเลนส์ซูมช่วง 70-200mm. มีความไวแสงสูง มีคุณภาพสูง ช่วง 200 mm. เป็นช่วงที่ใช้ถ่ายภาพกีฬา

ช่วงตั้งแต่ 200 mm. – 400 mm. เป็นเลนส์เทเลโฟโต้ ช่วงกลางเหมาะกับการถ่ายภาพสิ่งเล็กๆในระยะไกล เช่น ดอกกล้วยไม้ในลักษณะช่อดอก นกขนาดเล็กในในระยะใกล้ๆ จนไปถึงสิ่งที่มีชีวิตขนาดปานกลาง จากระยะที่ห่าง การเจาะจงส่วนของทิวทัศน์ระยะไกล หรือใช้ถ่ายภาพการแข่งกีฬา

ช่วงตั้งแต่ 500 mm. ขึ้นไป ถือเป็นเลนส์ช่วงซูเปอร์เทเล เลนส์ประเภทนี้สามารถถ่ายภาพ สิ่งที่ไม่เล็กมากนัก เช่น นกขนาด 20-30 ซม. ในระยะใกล้ๆ 5-8 เมตร ให้มีขนาดพอดีกับเฟรมและยังสามารถถ่ายภาพสิ่งของใหญ่ๆ ในระยะไกลให้พอดีกับเฟรมได้เช่นกัน

การแบ่งประเภทของเลนส์เทเล แบ่งตามลักษณะของการออกแบบเลนส์ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ เลนส์ฟิกส์ และเลนส์ซูม ในประเภทของเลนส์ซูมได้แบ่งเลนส์เป็นแบบธรรมดากับเลนส์ไวแสงอีกด้วย นอกจากเลนส์เทเล จะมีมุมจับแสงที่แคบกว่ามุมรับภาพของตาคนปกติการถ่ายภาพด้วยเลนส์เทเล จึงเหมือนเป็นการครอบ (crop) เฉพาะส่วนใดส่วนหนึ่งของพื้นที่กว้างๆ และเมื่อถ่ายภาพด้วยเลนส์เทเล จะมีช่วงความชัดที่ตื้นลง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ช่วยให้ฉากหลังเบลอได้ดี ยิ่งใช้เลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสสูงขึ้นเท่าใด ช่วงความชัดก็ยิ่งตื้นมากขึ้น

2.2.4 เลนส์กระจก

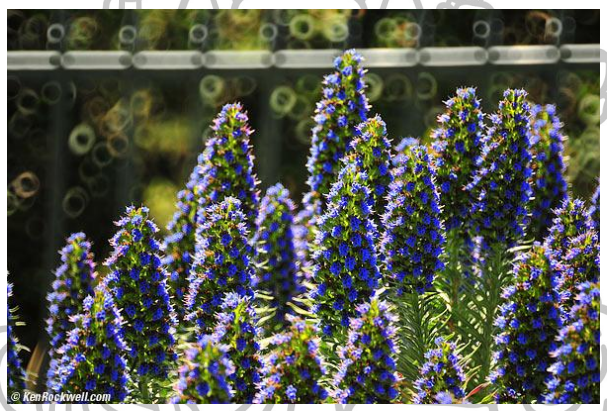
เลนส์กระจก (Mirror Lens) หรือนิยมเรียกทับศัพท์กันว่า เลนส์รีเฟล็กซ์ (Reflex Lens) เป็นเลนส์เทเลชนิดหนึ่งที่มีวิธีการออกแบบที่แตกต่างกับเลนส์เทเลปกติ ซึ่งเลนส์เทเล

ปกตินั้นเป็นเลนส์ที่มีชิ้นเลนส์นูนอยู่ทางด้านหน้าเพื่อรวมแสง และแสงจะผ่านชิ้นเลนส์แต่ละชิ้นแต่ละกลุ่ม ทั้งกลุ่มโฟกัสและกลุ่มขยายแสง ผ่านท้ายเลนส์เข้าสู่ตัวกล้องและตกลงระนาบความชัดซึ่งเป็นตำแหน่งของเซนเซอร์รับแสงของกล้องดิจิตอล ยิ่งออกแบบให้มีความยาวโฟกัสสูงขึ้นเท่าใดกระบอกเลนส์ก็ยิ่งมีความยาวมากขึ้น แต่ในเลนส์รีเฟล็กซ์กลับมีชิ้นเลนส์ด้านหน้าเป็นผิวเรียบๆ และจะมองเห็นกระจกสะท้อนแสงเป็นวงกลม ชิ้นหนึ่งติดอยู่ โดนด้านที่สะท้อนแสงจะหันเข้าไปในกระบอกเลนส์ และทำหน้าที่สะท้อนแสงเหมือนกับกระจกเงา เมื่อมองจากด้านหน้าของเลนส์จะเห็นด้านหลังของกระจกสะท้อนแสงชิ้นนี้ เมื่อแสงผ่านกระจกด้านหน้าของเลนส์เข้ามาแล้ว ภายในกระบอกเลนส์ ก็จะมีชิ้นกระจกสะท้อนแสงรอรับอยู่ทางตอนท้าย การสะท้อนแสงครั้งนี้ แสงจะถูกบีบให้แคบลงเพื่อผ่านสะท้อนแสงนั้นไปยังชิ้นกระจกสะท้อนแสงอีกชิ้นหนึ่ง การสะท้อนแสงกลับไปกลับมาหลายครั้งทำให้ภาพวัตถุมีขนาดใหญ่ขึ้น ภาพวัตถุที่ผ่านท้ายเลนส์ไปยังเซนเซอร์จึงมีขนาดใหญ่ เปรียบได้กับภาพที่ถ่ายด้วยเลนส์ซูเปอร์เทเล แต่ด้วยการสะท้อนของแสงถึงสองครั้งด้วยกระจกสะท้อนแสง ทำให้สามารถออกแบบเลนส์ให้มีขนาดสั้นลงได้

ภาพที่ 25 แสดงเลนส์กระจก
ที่มา: สุรเดช วงศ์สิน, **แหล่งรวมความรู้เรื่องเลนส์**, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2555), 124.

แต่การสะท้อนแสงก็ทำให้เกิดผลพิเศษ เมื่อถ่ายภาพโดยมีฉากหลังเป็นจุดแสงสว่าง จุดแสงจะกลายเป็น แสงวงเล็กๆ นวลๆ ที่ตรงกลางทึบ ลักษณะคล้ายวงโดนัท (Donut

ring) เลนส์รีเฟล็กซ์มีการผลิตหลายช่วงความยาวโฟกัส แต่ส่วนใหญ่จะเริ่มจาก mm F/8 ขึ้นไป เป็น 1000mm. F/11 จนถึงสูงสุดที่เคยมีการผลิตคือ 2000 mm. F/16 เลนส์รีเฟล็กซ์ที่ออกแบบมาตามปกติจะมีระยะโฟกัสใกล้สุดในช่วง 5-6 เมตรขึ้นไป ทำให้ถ่ายภาพวัตถุขนาดเล็กระยะใกล้ไม่ได้ ต่อมาได้มีการออกแบบให้โฟกัสได้ในระยะเพียงหนึ่งเมตรเศษ ข้อด้อยของเลนส์รีเฟล็กซ์มีค่อนข้างมากเช่น มีช่องรับแสงเพียงขนาดเดียวปรับเปลี่ยนไม่ได้ทำให้ไม่สามารถควบคุมช่วงชัดลึกหรือตื้นตามต้องการได้ ให้สีสันที่ค่อนข้างซีด จึงจำเป็นต้องปรับตั้งค่าตัวแปรต่างๆของกล้องดิจิตอลให้เหมาะสม Contrast, Saturation,และ Sharpen ซึ่งอาจต้องปรับมากขึ้นถึง 50 % ของเสกลที่ปรับตั้งได้ แต่นักถ่ายภาพสนใจเลนส์ชนิดนี้ในการสร้างความน่าสนใจของฉากหลังแบบวงโดนัทซึ่งเลนส์แบบอื่นไม่สามารถทำได้



ภาพที่ 26 แสดงภาพกลุ่มดอกไม้ขนาดเล็กๆเมื่อพ้นระยะโฟกัสไปจะกลายเป็นจุดแสง (Hot Spot) ทำให้เกิดวงโดนัทขึ้น

ที่มา: **Nikon 500 mm f/8 Reflex-NIKKOR (1983-2005),** accessed February 20, 2015, available from http://www.kenrockwell.com/nikon/500mm-f8-n.htm

2.2.5 เลนส์มาโครและอุปกรณ์เสริมพิเศษ

เลนส์มาโคร (Macro Lens) เป็นเลนส์ชนิดหนึ่งที่ออกแบบให้โฟกัสได้ใกล้ได้มากกว่าปกติ เพื่อการถ่ายภาพด้วยอัตราขยายสูงโดยเฉพาะ และสามารถนำไปใช้ในการถ่ายภาพระยะปกติได้เช่นเดียวกับเลนส์ทั่วไป คำว่า มาโครนั้น หมายถึงการถ่ายภาพวัตถุที่อัตราส่วนของภาพในขนาดเท่าจริง (Life size, 1:1) หรือมากกว่า เลนส์ที่ถ่ายภาพได้ถึง 1:1 โดยไม่ใช้อุปกรณ์เสริมพิเศษใดใด จะเป็นเลนส์มาโครแท้ๆ ซึ่งมีความยาวโฟกัสค่าเดียว มีช่องรับแสงค่าเดียวและกว้างถึง F/2.8 บางรุ่นก็มีช่องรับแสงกว้างสุดที่แคบลงเป็น F/3.5 เพื่อให้ขนาดของเลนส์ไม่ใหญ่นัก ปัจจุบัน

มีเลนส์เทเลซูมที่ให้โฟกัสได้ใกล้มากๆ เช่น 70-300 mm. F/4-5.6 Macro ซึ่งให้อัตราส่วนของภาพสูงสุด 1:2 และยังมีเลนส์อื่นๆที่ออกแบบให้โฟกัสได้ใกล้ๆและถ่ายภาพได้อัตราส่วน 1 :4, 1:3 หรือ 1:2.5 ซึ่งมักจะเป็นเลนส์เทเลมาโคร เทเลซูมมาโคร และเลนส์นอร์มอลซูมมาโครเป็นเลนส์ที่ออกแบบให้ถ่ายภาพที่อัตราส่วนของภาพสูงๆได้มักระบุคำว่า “Macro” ไว้กับชื่อเลนส์เพื่อให้ทราบเสมอ

ภาพที่ 27 แสดงเลนส์มาโคร

ที่มา: **Nikon 60mm AF-S G Micro-NIKKOR G**, accessed February 20, 2015, available from http://www.kenrockwell.com/nikon/60mm-afs.htm

เลนส์มาโครแท้ๆซึ่งเป็นเลนส์ฟิกซ์ มักจะเป็นเลนส์ไวแสง มีขนาดช่องรับแสงกว้างสุด F/2.8 และไม่เกิน F/3.5 สำหรับเลนส์มาโครที่ออกแบบให้อยู่ในช่วงเทเล 180 mm ส่วนเทเลมาโคร เทเลซูมมาโคร ให้อัตราส่วนของภาพสูงสุดได้ไม่เกิน 1:2 หรือ 1:3

สำหรับผู้ใช้กล้อง DSLR รุ่น DX (มีเซ็นเซอร์ขนาดเล็ก35 mm.) ถ้านำเอาเลนส์มาโครที่ถ่ายภาพได้ถึง 1:1 มาใช้กับกล้อง DX และถ่ายภาพที่ระยะโฟกัสใกล้สุดเพื่อให้ได้อัตราส่วนของภาพสูงสุด อัตราส่วนของภาพสูงสุดขึ้นตามตัวคูณเพื่อแปลงความยาวโฟกัส (Focal Length Conversion Factor) แต่ถ้าใช้เลนส์ที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับกล้อง DSLR รุ่น DX ก็จะได้ภาพที่อัตราส่วนของภาพเท่าขนาดจริงเช่นกัน เมื่อใช้ถ่ายภาพในระยะใกล้ที่อัตราส่วนของภาพสูงๆ ตั้งแต่ 1:4 ลงมาจนถึง 1 :1 เลนส์มาโครจะมีช่วงชัดตื้นที่มากเพียงไม่กี่มิลลิเมตร ซึ่งการปรับช่องรับแสงในระดับค่อนข้างกว้างหรือกว้างที่สุดจะทำให้ความชัดลึกครอบคลุมบางส่วนเท่านั้น การโฟกัสที่ผิดพลาดไปเพียงน้อยนิดอาจทำให้จุดสำคัญของภาพไม่สมบูรณ์

การเสียแสงของเลนส์มาโครการใช้ เลนส์มาโคร ในการถ่ายภาพระยะใกล้มากๆ จะมีการสูญเสียปริมาณแสงจากการโฟกัสระยะใกล้ แม้จะใช้เครื่องวัดแสงแยกจากตัวกล้อง (hand-help meter) และการถ่ายภาพมาโคร ด้วยการเปิดรับแสงตามที่เครื่องวัดค่าแสงได้ จะพบว่าภาพที่ได้จะดูมืด แทบมืดสนิท นั่นเป็นเพราะการโฟกัสในระยะใกล้มากๆจนถึงมากที่สุดของเลนส์มาโครจะทำให้ชิ้นเลนส์บางกลุ่ม มีการเคลื่อนตัวออกจากกลุ่มอื่นๆ แม้เลนส์มาโครรุ่นใหม่ๆหลายรุ่นจะถูกออกแบบให้มองไม่เห็นการยืดตัวออกไปของกระบอกเลนส์ให้เห็นจากภายนอกก็ตามแต่ก็ยังมีการสูญเสียปริมาณแสงจากการโฟกัสระยะใกล้ๆเช่นกัน

การเลือกใช้เลนส์มาโคร

เลนส์ที่ออกแบบมาสำหรับการถ่ายภาพระยะใกล้ เลนส์มาโครแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่ม แรกมีความยาวช่วงมาตรฐาน 50 mm. – 60 mm. ช่วงต่อมาคือ 90 mm. – 105 mm. และช่วงที่มี ความยาวโฟกัสสูงที่สุดคือ 180 mm. – 200 mm. เลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสสั้นกว่า จะมีระยะโฟกัสใกล้ที่สุดที่ใกล้กว่าที่มีทางยาวโฟกัสสูงกว่าเล็กน้อย เช่น เลนส์ 50 mm. – 60 mm. จะมีระยะโฟกัสใกล้สุดประมาณ 20 ซม. ส่วนเลนส์มาโครช่วง 90 mm. – 105 mm. จะมีระยะโฟกัสใกล้สุดเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 28-31 ซม. และช่วง 180 mm. – 200 mm. แต่ความแตกต่างความยาวโฟกัสมีผลต่อช่วงความชัด โดยเลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสสั้นกว่าจะให้ช่วงความชัดมากกว่าเลนส์ที่มีทางยาวโฟกัสสูงเมื่อใช้รูรับแสงขนาดเท่ากัน ซึ่งการเลือกเลนส์มาโครเพื่อนำไปใช้งานจะต้องคำนึงถึงเรื่องนี้เป็นหลัก

อุปกรณ์เสริมเพื่อถ่ายภาพมาโคร มีอุปกรณ์เสริมพิเศษหลายชนิดที่จะทำให้เลนส์ที่ออกแบบมาตามปกติสามารถถ่ายภาพมาโคร ในระดับ 1:1 หรือใกล้เคียง หรือช่วยให้เลนส์ที่ถ่ายได้อัตราส่วนของภาพในระดับไม่สูงนักสามารถถ่ายภาพได้ในอัตราส่วนของภาพ ที่สูงกว่าเดิม ได้อุปกรณ์เสริมพิเศษเป็นที่นิยมได้แก่ เลนส์โคลสอัพ (Close-up Lens) ท่อต่อเลนส์ (Extension Tube) เทเลคอนเวอร์เตอร์ (Tele-Converter, TC) วงแหวนกลับเลนส์ (Reverse Ring) หนังจีบยืดเลนส์หรือเบลโลวส์ (Bellow) เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้ใช้ได้กับเลนส์มาโครขนาด 2:1 และ 1:1 ได้เพื่อให้เลนส์เหล่านั้นให้อัตราส่วนของภาพได้สูงขึ้นกว่าเดิม

ท่อต่อเลนส์ (Extension Tube) ท่อต่อเลนส์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สวมเข้าระหว่างกลางของกล้องและเลนส์ มีโครงสร้างเป็นทรงกระบอก กลวงสั้นๆ มีหลายขนาด โดยมีเมาท์สำหรับยึดกับกล้องซึ่งเป็นแบบเดียวกับเมาท์ของเลนส์อยู่ทางด้านท้าย และมีเมาท์ทางด้านหน้าเพื่อนำเอาเลนส์มาติดตั้งไว้ ในส่วนภายในจะไม่มีชิ้นเลนส์ใดๆอยู่ โดยพื้นผิวภายในจะเป็นสีดำสนิท เคลือบด้วยสารป้องกันการสะท้อนแสงอุปกรณ์นี้จะทำให้เลนส์สามารถโฟกัสได้ในระยะใกล้สุดที่ใกล้มากขึ้นและ ได้อัตราส่วนของภาพที่สูงขึ้นโดยเฉพาะ ท่อต่อเลนส์ มีขนาด 6 มม. 9 มม.

12มม. 20 มม. 25 มม. และ 36 มม. ท่อต่อเลนส์สามารถใช้กับเลนส์ถ่ายภาพได้เกือบทุกประเภท รวมทั้งเลนส์มาโคร สำหรับเลนส์ที่ไม่สามารถใช้กับท่อต่อเลนส์ได้คือเลนส์ตาปลา (Fisheye lenes) และเลนส์มุมกว้างพิเศษที่ให้มุมกว้างมากๆ เช่น เลนส์ 14 mm. เพราะเลนส์เหล่านี้มีระยะโฟกัสที่สั้นมากอยู่แล้ว ในการโฟกัสควรเป็นวิธีปรับตั้งเอง แมนนวลโฟกัส กรณีต่อท่อเลนส์กับเลนส์ฟิกซ์ให้ขยับกล้องเข้า - ออกจากวัตถุเพื่อหาระยะโฟกัสที่ใกล้เคียงแล้วจึงค่อยขยับวงแหวนเพื่อปรับภาพให้ชัด หากใช้เลนส์ซูม ควรปรับโฟกัสเลนส์ไว้ที่ Infinity แล้วจึงค่อยขยับวงแหวนเพื่อปรับภาพให้ชัดจนภาพที่เห็นชัดเจนที่สุด

เลนส์โคลสอัพ (Close-up lens) เลนส์โคลสอัพหรือเลนส์ถ่ายใกล้ มีลักษณะเลนส์เหมือนฟิลเตอร์จะมีพื้นผิวนูนเป็นชิ้นเลนส์ใส ไม่มีสี เป็นชิ้นเลนส์เดียวที่ติดกับขอบโลหะที่เป็นเกลียวสำหรับหมุนยึดกับหน้าเลนส์ เลนส์โคลสอัพ มีขนาดให้เลือก มีหน่วยเป็นตัวเลขกำลังขยายไดออปเตอร์ (Diopter, d) โดยมีค่าเป็น + ซึ่งหมายถึง เลนส์นูนหรือเลนส์ขยาย จะมีเครื่องหมายและตัวเลขแสดงเครื่องหมายไว้ เช่น +2, +3, +6 เป็นต้น

เทเลคอนเวอร์เตอร์ (Tele-converter, TC) เทเลคอนเวอร์เตอร์เป็นอุปกรณ์เสริมพิเศษที่มีชิ้นเลนส์ หลายชิ้นอยู่ภายใน ชิ้นเลนส์เหล่านี้ทำหน้าที่ขยายภาพที่ผ่านจากส่วนปลายของเลนส์เข้ามาและขยายบริเวณส่วนกลางภาพให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ผลที่ได้เหมือนกับการตัดส่วนภาพ และขยายให้ใหญ่ ขึ้นเต็มพื้นที่ของเฟรม เทเลคอนเวอร์เตอร์มีหลายขนาดโดยบอกเป็นจำนวนเท่าของความยาวโฟกัส ที่จะเพิ่มขึ้น เช่น TC 2x จะมีความยาวโฟกัสเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าเมื่อใช้กับเลนส์มาโครที่ถ่ายภาพได้อัตราส่วน 1 :1 ก็จะได้อัตราส่วนของภาพสูงสุดเพิ่มขึ้นเป็น 2 :1 หรือสองเท่าของขนาดจริงโดยเทเลคอนเวอร์เตอร์มีขนาดที่แพร่หลายคือ 1.4x, 1.7x และ 2x

เทเลคอนเวอร์เตอร์ไม่มีผลทำให้ระยะโฟกัสสุดเปลี่ยนแปลงไป แม้เลนส์จะถูกผลักออกไปให้ใกล้วัตถุมากขึ้น แต่ขนาดที่ใหญ่ขึ้นของวัตถุจะมีผลจากชิ้นเลนส์ที่ทำหน้าที่ขยายภาพในเทเลคอนเวอร์เตอร์มากกว่า จึงทำให้ได้อัตราส่วนของภาพที่มากขึ้นตามไปด้วย แต่จะมีการสูญเสียปริมาณแสง โดยเมื่อใส่ TC 1.4x จะเสียแสงประมาณ 1 stop และ TC 1.7x จะเสียแสงประมาณ 1.5 stop และ TC 2x จะเสียแสงประมาณ 2stop และไม่ควรใส่ซ้อนกันเพราะคุณภาพของภาพ จะลดทอนลงอย่างมาก โดยหากใส่เทเลคอนเวอร์เตอร์จะทำให้คอนทราสและความคมชัดลดลงไป

สำหรับการถ่ายภาพลักษณะมาโคร การใช้เทเลคอนเวอร์เตอร์กับเลนส์แบบอื่นๆ เช่น เลนส์มุมกว้าง หรือเลนส์มาตรฐานก็มักจะให้ผลในการขยายภาพน้อยกว่าเมื่อใช้กับเลนส์เทเลหรือมาโครและมีเมาท์ต่อเข้ากับกล้องและต่อกับเลนส์ที่นำมาใช้ได้เช่นเดียวกับการใช้ท่อต่อเลนส์

หนังจีบยืดเลนส์หรือเบลโลวส์ (Bellows) เป็นอุปกรณ์เสริมพิเศษสำหรับการถ่ายภาพมาโครโดยเฉพาะ อุปกรณ์ชิ้นนี้จะใช้สวมเข้าระหว่างเลนส์กับกล้องเพื่อเพิ่มกำลังขยายของเลนส์ธรรมดาอย่างเลนส์มาตรฐานเพื่อให้ถ่ายภาพมาโครในขนาดเท่าจริงหรือในขนาดที่ใหญ่กว่าจริงได้ เบลโลวส์จะมีลักษณะเป็นหนังจีบที่ยืดให้ยาวขึ้นได้ ภายในโล่ง กลวง ไม่มีชิ้นเลนส์อยู่ภายในและเคลือบผิวภายในด้วยวัสดุที่ไม่สะท้อนแสง เบลโลวส์ประกอบด้วยชิ้นส่วนกลไก มีรางเลื่อนสำหรับเลื่อนให้ยืดยาวออกไป มีกลไกการล็อคเพื่อทำหน้าที่ บังคับการยืด เมื่อได้ระยะตามต้องการแล้ว ส่วนฐานของเบลโลวส์จะมีช่องสกรูสำหรับยึดกับขาตั้งกล้องซึ่งต้องใช้ร่วมกันเสมอ ด้านหน้าเป็นเมาท์สำหรับใส่เลนส์ ด้านหลังจะเป็นเมาท์สำหรับยึดติดเข้ากับตัวกล้อง เมื่อเราหมุนสกรูเพื่อปรับระยะให้หนังจีบยืดออกไป ก็จะทำให้เลนส์เข้าใกล้วัตถุได้มากขึ้น ช่วยทำให้ภาพ มีอัตราส่วนของภาพสูงมาก และด้วยการหมุนปรับที่ละเอียด ทำให้สามารถปรับขนาดของวัตถุได้ตามที่ต้องการ

เบลโลวส์เป็นอุปกรณ์ที่ให้อัตราส่วนได้สูงมากแต่มีความยุ่งยากในการติดตั้ง ซึ่งทำให้ถ่ายภาพได้ช้า การยืดออกของกระโปรงยืดทำให้แสงจากเลนส์เดินทางไกลมากขึ้น เสียแสงมากขึ้นหลาย stop และคุณภาพของภาพก็ลดทอนลงมากมาย จึงเหมาะกับการถ่ายภาพสิ่งที่อยู่นิ่งกับที่ได้นานมากๆ เช่น ซากของแมลง เกสรของดอกไม้ การถ่ายภาพด้วยเบลโลวส์นั้นจะมีช่วงความชัดที่ตื้นมาก จึงควรหรี่ช่องรับแสงให้แคบที่สุด เมื่อรวมกับการเสียแสงแล้ว ชัตเตอร์อาจจะต่ำหลายสิบวินาทีหรือต้องใช้แฟลตที่มีกำลังไฟสูงๆ เบลโลวส์มีข้อดีคือการทำให้เลนส์ธรรมดาบางตัวสามารถถ่ายภาพได้ที่อัตราส่วนภาพสูงถึง 5 หรือ 7 เท่าจากขนาดจริง (5:1 หรือ 7:1)

เมื่อถ่ายภาพด้วยอัตราขยายสูงมาก ความสั่นมักจะมีผลต่อภาพมากยิ่งกว่าเมื่อใช้เลนส์เทเล ขาตั้งกล้อง (Tripod) หรือแสตนถ่ายภาพ (Copy Stand) จึงเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นมาก ถ้าต้องการภาพที่มีคุณภาพดี มาเสียแสงของเลนส์มาโคร เมื่อโฟกัสระยะใกล้สุดถึงประมาณ 2 stop ร่วมกับการหรี่ของช่องรับแสงให้แคบลงเพื่อผลของช่วงความชัดที่มีความลึกมากพอ ชัตเตอร์มักจะต่ำมากๆในระดับวินาทีหรือหลายวินาที ขาตั้งกล้องหรือแสตนถ่ายภาพจึงมีความผูกพันกับการถ่ายภาพมาโคร อย่างแยกไม่ออก นอกจากความสั่นที่เกิดจากความไวชัตเตอร์ต่ำ แม้จะตั้งกล้องบนขาตั้งกล้องหรือแสตนถ่ายภาพแล้วก็ตาม ความสั่นเพียงเล็กน้อยที่เกิดจากกลไกการทำงานภายในตัวกล้องเองก็มีผลต่อความสั่นที่จะปรากฏให้เห็นในภาพด้วย กล้อง DSLR ส่วนใหญ่จึงออกแบบมาให้มีระบบล็อคกระจกสะท้อนภาพ หรือ Mirror Lockup เพื่อยกกระจกสะท้อนภาพขึ้นครู่หนึ่งก่อนที่ชัตเตอร์ จะทำงานเพื่อล็อคความสั่นที่จะเกิดขึ้นกับกล้องจากการยกขึ้นของกระจก นอกจากนี้ การใช้นิ้วกดปุ่มชัตเตอร์โดยตรงก็ทำให้กล้องสั่นมากเช่นกัน ควรใช้สายลั่นชัตเตอร์ใน

การลั่นชัตเตอร์ทุกครั้ง หากไม่มี ก็ควรใช้ระบบหน่วงเวลาถ่ายภาพให้ทำงานแทน (สุรเดช วงศ์สินหลั่ง, 2555: 53-156)

3. อาวุธปืน

อาวุธปืนตามความหมายในพระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน พ.ศ2490 ได้ให้คำจำกัดความไว้ในมาตรา4 ในพระราชบัญญัตินี้

(๑) "อาวุธปืน" หมายความรวมตลอดถึงอาวุธทุกชนิดซึ่งใช้ส่งเครื่องกระสุน ปืนโดยวิธีระเบิดหรือกำลังดันของแก๊สหรืออัดลมหรือเครื่องกลไกอย่างใด ซึ่งต้องอาศัยอำนาจของพลังงานและส่วนหนึ่งส่วนใดของอาวุธนั้นๆ ซึ่งรัฐมนตรีเห็นว่าสำคัญและได้ระบุไว้ในกฎกระทรวง”

(มาตรา ๔ (๑) แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติอาวุธปืนเครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน (ฉบับที่ ๗) พ.ศ. ๒๕๐๑)

(๒) "เครื่องกระสุนปืน" หมายความรวมตลอดถึงกระสุนโดด กระสุนปราย กระสุนแตก ลูกระเบิด ตอร์ปิโด ทุ่นระเบิดและจรวด ทั้งชนิดที่มีหรือไม่มีกรดแก๊ส เชื้อเพลิง ไอพิษ หมอกหรือควัน หรือกระสุน ลูกระเบิด ตอร์ปิโด ทุ่นระเบิดและจรวด ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน หรือเครื่องหรือสิ่งสำหรับอัดหรือทำ หรือใช้ประกอบเครื่องกระสุนปืน

(มาตรา ๔ (๑) แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติอาวุธปืนเครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน (ฉบับที่๗) พ.ศ. ๒๕๐๑)

นอกจากนี้กฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ ๗พ.ศ. ๒๔๙๑ออกตามความในพระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน พ.ศ. ๒๔๙๐ ข้อ 1 ระบุเพิ่มเติมอีกว่า ส่วนของอาวุธปืนต่อไปนี้ให้ถือเป็นอาวุธปืน ได้แก่

๑. ลำกล้องปืน

๒. เครื่องลูกเลื่อน หรือส่วนประกอบสำคัญของเครื่องลั่นไก

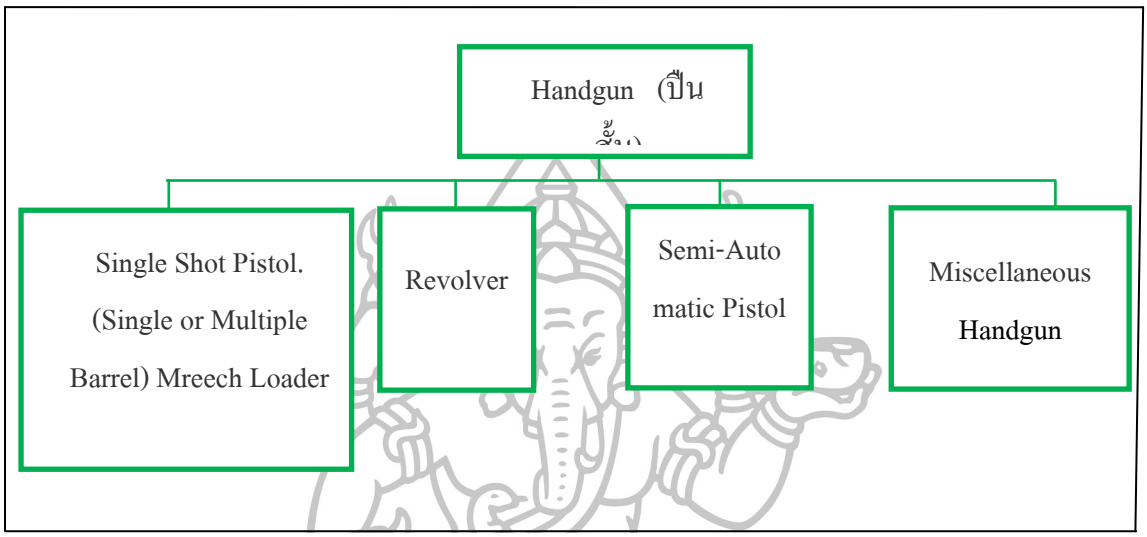
๓. เครื่องลั่นไก หรือส่วนประกอบสำคัญ ของเครื่องลั่นไก

๔. เครื่องส่งกระสุน ซองกระสุน หรือส่วนประกอบสำคัญสิ่งเหล่านี้

นอกจากนี้ตามกฎหมายยังสามารถแบ่งอาวุธปืนออกเป็น 2 จำพวกคือ จำพวกแรกเป็นอาวุธแบบที่นายทะเบียนจะออกใบอนุญาตให้ได้ กับจำพวกที่สอง คืออาวุธปืนแบบที่นายทะเบียนอาวุธปืนจะออกใบอนุญาตให้ไม่ได้ (พระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิดดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืนพ.ศ. 2490, 2558: 1)

3.1 อาวุธปืนสมัยใหม่ (Modern Firearms)

ภายหลังจากที่มีการประดิษฐ์กระสุนปืนแบบ Rim Fire และ Center Fire ขึ้นมาได้ อาวุธปืนแบบและขนาดต่างๆก็ถูกพัฒนาขึ้นมากมายตั้งแต่ปี 1857 ถึงปัจจุบันในที่นี้จะจำแนกปืนสั้น ดัง Diagram ต่อไปนี้



ภาพที่ 28 ไดอะแกรมจำแนกปืนสั้น

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 65.

3.1.1 **HandGun** ได้แบ่งประเภทไว้ดังนี้

3.1.1.1 Single Shot Pistol เป็นปืนพกชนิดบรรจุกระสุนปืนทางท้ายลำกล้องด้วยมือครั้งละ 1 นัด (Breech Loader) หรืออาจเป็นหลายนัด หรือมีหลายลำกล้อง เช่น ปืน Derringer

ภาพที่ 29 แสดงปืน Single Shot Pistol, Single and Multiple Barrels.

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 67.

3.1.1.2 Revolver เป็นปืนพกที่มีส่วนบรรจุกระสุนปืนที่เรียกว่าลูกโม่ (Cylinder) ไม่ติดลำกล้องและสามารถหมุนได้ตามระบบกลไกของการขึ้นนกหรือเหนี่ยวไกปืน ซึ่งมีระบบการทำงานด้วยกัน 3 แบบ คือ

3.1.1.2.1 Single Action Revolver เป็นปืนที่บรรจุกระสุนใส่ลูกโม่ทางช่องทางด้านข้างและจะยิงได้ก็ต่อเมื่อขึ้นนกก่อนและเหนี่ยวไกปืน

ภาพที่ 30 แสดง Single Action Revolver

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 68.

3.1.1.2.2 Double Action Revolver เป็นปืนที่บรรจุกระสุนทางท้ายลูกโม่และสามารถยิงได้ทั้งขึ้นนกปืนก่อน แล้วเหนี่ยวไกหรือจะเหนี่ยวไกปืนเลยก็ได้

ภาพที่ 31 แสดงปืน Double Action Revolver

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 68.

3.1.1.2.3 Automatic Revolver เป็นปืนที่มีลักษณะคล้าย Single Action คือ การยิงนัดแรกต้องขึ้นนกปืนก่อน แต่นัดต่อๆ ไป นกจะขึ้นเองโดยระบบการถอยหลังของส่วนบนของปืน จึงเหนี่ยวไกยิงเพียงอย่างเดียวในนัดต่อๆ ไป

ภาพที่ 32 แสดงปืน Automatic Revolver

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 69.

3.1.1.3 Semi-Automatic Pistol เป็นปืนพกที่บรรจุกระสุนปืนได้หลายนัดด้วยการบรรจุไว้ในแมกกาซีนเมื่อจะยิงต้องดึง ลูกเลื่อน ถอยหลัง (ขึ้นลำ) แล้วปล่อยมือ เพื่อให้ลูกเลื่อนพากระสุนนัดบนสุดของแมกกาซีนเข้าสู่รังเพลิง แล้งจึงจะเหนี่ยวไกปืนยิงได้เมื่อยิงออกไปแล้วลูกเลื่อนจะถอยหลังกลับเอง พร้อมทั้งดึงปลอกกระสุนปืนที่ยิงแล้วออกทิ้ง แล้วตอนที่ลูกเลื่อนวิ่งกลับเข้าที่จะพากระสุนปืนนัดใหม่จากแมกกาซีนเข้าสู่รังเพลิงอีก ถ้าหากผู้ยิงยังเหนี่ยวไกค้างไว้กระสุนนัดใหม่จะยังไม่เลื่อน ต้องปล่อยนิ้วให้ไกปืนกลับสู่ที่เดิมก่อน แล้วจึงเหนี่ยวไกปืนใหม่กระสุนปืนจึงจะลั่นออกไปได้อีก จะเห็นได้ว่าระบบการทำงานเป็นแบบออโตเมติก เฉพาะการรั้งคัดปลอกกระสุนปืน และการบรรจุกระสุนปืนนัดใหม่เท่านั้น ส่วนการยิงต้องเหนี่ยวไกทุกครั้ง จึงมีชื่อเรียกว่า Semi-Automatic หรือกึ่งอัตโนมัติ หากเหนี่ยวไกครั้งเดียวกระสุนปืนถูกยิงออกไปจนหมดแมกกาซีน เรียกว่า Full Automatic

ภาพที่ 33 แสดงปืน Semi-Automatic

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 70.

เฟรมของปืนกึ่งอัตโนมัติทำด้วยวัสดุ 4 ชนิดคือ

1. เหล็ก เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน มีน้ำหนักมากทำให้ยิงได้นุ่มนวล ไม่ทนต่อสารเคมี

2. สเตนเลส เป็นวัสดุที่มีความแข็งแรง ทนต่อการเกิดสนิมได้ดี พื้นผิวภายนอกสะท้อนแสงสวยงาม

3. อลูมิเนียมอัลลอย เป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา เหมาะกับการพกซ่อนติดตัวเป็นเวลานาน แตกร้าวง่าย

4. โพลิเมอร์ น้ำหนักเบาไม่เกิดสนิมทนต่อสารเคมีและสิ่งแวดล้อมต่างๆ ช่องบรรจุกระสุนมากกว่าปืนมาตรฐาน เกือบ 2 เท่า (สมนึก สีสังข์, ม.ป.ป.)

3.1.1.4 Miscellaneous Handgun

ผู้ผลิตปืนทั่วโลกพยายามผลิตปืนในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้ผู้ที่ไม่เคยพบเห็นคิดว่าเป็นของอย่างอื่นไม่ใช่อาวุธปืน การผลิตดังกล่าวส่วนใหญ่ ผลิตเพื่อนำไปให้สายลับหรือหน่วยงานนอกกฎหมาย ใช้ป้องกันตัวหรือปฏิบัติภารกิจที่ได้รับมอบหมาย มีบ้างที่ผลิตเพื่อการค้า แต่ก็มักจะเป็นของต้องห้ามในเกือบทุกประเทศ เพราะปืนเหล่านี้มีขนาดเล็ก ซุกซ่อนได้ง่าย และยังสังเกตได้ยาก ว่าเป็นปืนหรือไม่ เช่น ปืนปากกา ปืนหัวเข็มขัด ปืนไฟแช็ค ปืนพวงกุญแจ ปืนแหวน ปืนไม้เท้า ฯลฯ (อัมพร จารุจินดา, 2555: 65-92)

ภาพที่ 34 แสดงให้เห็นปืนรูปร่างแปลกๆ ที่ไม่เหมือนอาวุธปืนทั่วๆไป

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 92-99.

4. กระสุนปืน (Firearm Cartridges)

ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ตามความ ในมาตรา ๔ (๒) แห่ง พระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิด ดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน พ.ศ. ๒๔๙๐ แก้ไขเพิ่มเติมโดย มาตรา ๓ แห่งพระราชบัญญัติอาวุธปืนฯ (ฉบับที่๓) พ.ศ.๒๕๐๑ ได้บัญญัติเครื่องกระสุนปืนไว้ดังนี้

"เครื่องกระสุนปืน" หมายความรวมตลอดถึงกระสุนโดด กระสุนปราย กระสุนแตก ลูกระเบิด ตอร์ปิโด ทุ่นระเบิดและจรวด ทั้งชนิดที่มีหรือไม่มีกรดแก๊ส เชื้อเพลิง ไอพิษ หมอกหรือควัน หรือกระสุน ลูกระเบิด ตอร์ปิโด ทุ่นระเบิดและจรวด ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน หรือเครื่องหรือสิ่งสำหรับอัดหรือทำ หรือใช้ประกอบเครื่องกระสุนปืน (พระราชบัญญัติอาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิดดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืนพ.ศ. 2490, 2558: 2)

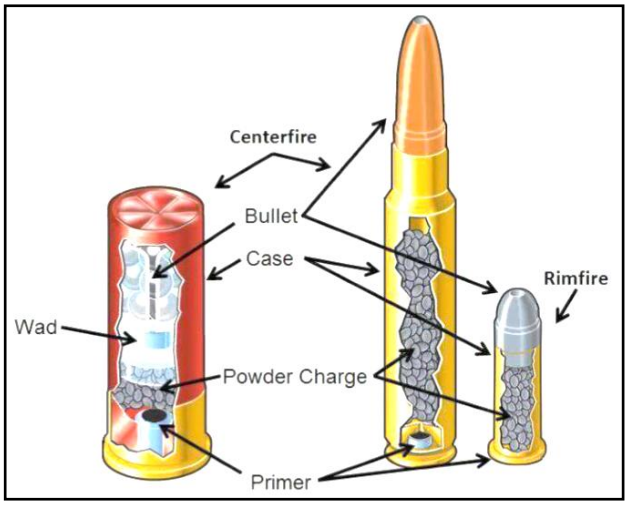
4.1 ส่วนประกอบของกระสุนปืน โดยทั่วไปกระสุนปืนมีส่วนประกอบที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

4.1.1 ลูกกระสุนปืน หรือหัวกระสุนปืน (Bullet)

4.1.2 ปลอกกระสุนปืน (Cartridge Case)

4.1.3 ดินส่งกระสุนปืน (Gun Power)

4.1.4 แก๊ป (Primer Cap)



ภาพที่ 35 แสดงส่วนประกอบสำคัญของกระสุนปืน

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 44.

4.2 ลูกกระสุนปืน หรือหัวกระสุนปืน

ลูกกระสุนปืนในสมัยก่อนจะทำเป็นลูกทรงกลม นำมาใช้กับปืนประจุปากและลูกกระสุนปืนมีขนาดเล็กกว่ารูลำกล้องปืน ในปี ค.ศ.1836 กองทัพบกอังกฤษ ได้ทำปืนที่มีชื่อว่า Brunswick Rifle ซึ่งเป็นปืนประจุปาก เข้าประจำการในกองทัพ ปืนนี้เกลียวภายในลำกล้อง 2 เกลียว ลูกกระสุนปืนที่ใช้เป็นทรงกลมมีสันนูนที่ลูก ต่อมาในปี ค.ศ.1846 ร้อยเอก Charles Minie แห่งกองทัพฝรั่งเศส ได้ใช้กระสุนปืนที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกยาว ฐานเว้าปลายมน ซึ่งให้ผลดีกว่ากระสุนปืนแบบทรงกลมที่ใช้กันมาเป็นเวลาหลายศตวรรษ ถึงแม้ว่าจะเป็นปืนประจุปาก ต่อมาทางอังกฤษและอเมริกาก็ได้นำไปใช้

ลูกกระสุนปืนในปัจจุบันมีด้วยกัน 3 แบบ คือ

4.2.1 Lead Bullets

ลูกกระสุนปืนในปัจจุบันที่มีความเร็วต้นต่ำกว่า 2,000 ฟุตต่อวินาที มักจะทำด้วยตะกั่ว เพราะราคาถูกและทนความร้อนเนื่องจากแรงระเบิดของดินปืนไม่ทำให้ตะกั่วละลาย แต่ลูกกระสุนปืนนั้นไม่ได้ทำด้วยตะกั่วล้วนๆ เพราะจะอ่อนเกินไป ต้องใช้โลหะอื่นผสมเข้าไปเพื่อให้แข็งแรงขึ้นได้แก่ พลวง (Antimony) หรือ ดีบุก (Tin)ในลูกกระสุนปืนขนาดเล็ก เช่น ปืนพกทั่วๆ ไปที่โรงงานผลิตออกขายใช้ตะกั่วผสมกับพลวงลูกกระสุนปืนที่อัดใช้เองจะใช้ตะกั่วผสมกับดีบุกเพราะง่ายในการหลอมและหล่อลูกกระสุนสำหรับลูกกระสุนปืนที่อัดใช้เอง โดยใช้ดินปืนแบบ Black Power เป็นตัวขับดัน ใช้อัตราส่วน ดีบุก : ตะกั่ว 1:5 ก็ใช้ได้แล้ว แต่มาตรฐานใช้ ดีบุก : ตะกั่ว 1:20 ลูกกระสุนปืนที่มีส่วนผสมต่างๆมีชื่อเรียกเฉพาะว่า “Type Metal Bullet” ลูกกระสุนปืนตะกั่วมีชื่อเรียกต่างกันหลายแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของลูกกระสุนปืนนั้น

1. Round Nose (RN) เป็นลูกกระสุนธรรมดาทั่วๆ ไปปลายมน

2. Semi-Wad Cutter (SWC) เป็นลูกกระสุนปืนที่มีส่วนปลายที่พ้นปลอกกระสุนออกมามีขนาดเล็กกว่าส่วนใหญ่ที่อยู่ในปลอกกระสุน และส่วนปลายตัดตรงไม่มน

3. Wad Cutter (WC) เป็นลูกกระสุนปืนที่ส่วนปลายสั้นเสมอปากปลอกกระสุนปืนและปลายตัดตรง

4. Hollow Point (HP) เป็นลูกกระสุนปืนมีลักษณะคล้ายกับแบบ Round Nose แต่ที่ส่วนปลายสุดจะมีรูเจาะลึกลงไปพบได้ง่ายในลูกปืนลูกกรดขนาด .22 Short, .22 Long Rifle และกระสุนขนาดอื่นๆ

ในปัจจุบันลูกกระสุนปืนที่ทำด้วยตะกั่วมีลักษณะตอนท้ายลูกกระสุนปืนอยู่ 10 แบบคือ

1. Plain Base ส่วนก้นกระสุนปืนจะเรียบเสมอกันขอบก้นไม่มน

2. Base Guard ส่วนก้นกระสุนปืนคล้าย Plain Base ต่างกันที่มีตุ่มยื่นออกมาตรงกลาง

3. Bevel Base ส่วนก้นกระสุนปืนคล้าย Plain Base แต่ขอบจะมน เพื่อมิให้เกิดแรงดึง ณ จุดหนึ่งจุดใดขณะที่ลูกกระสุนจะวิ่งพ้นปากลำกล้อง

4. Disc Base ส่วนก้นกระสุนปืนจะเว้าเพียงเล็กน้อย

5. Cup Base ส่วนก้นกระสุนปืนจะเว้าลึกกว่าแบบ Disc Base

6. Heel Base ส่วนก้นกระสุนปืนจะเล็กกว่าตัวกระสุนเล็กน้อย และที่ส่วนก้นจะเว้าเข้าลึกพอสมควร

7. Hollw Base ส่วนก้นกระสุนปืนจะเว้าเข้าลึกมากหรือกลวงลึก

8. Gas Check Base ส่วนก้นกระสุนปืนมีถ้วยทองแดงหรือทองเหลืองหุ้มไว้เพื่อป้องกันตะกั่วส่วนก้นเนื่องจากความร้อนในกระสุนแบบ High Temperature and Pressure

9. Zinc Washer Base ส่วนก้นกระสุนปืนจะชุบด้วยสังกะสี (Zinc) เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ตะกั่วส่วนก้นละลาย เนื่องจากความร้อนและยังทำหน้าที่เป็นตัวล้างเอาเศษตะกั่วที่ติดอยู่ภายในลำกล้องปืนเดิม ออกมาอีกด้วย

10. Short or Half Jacketed ส่วนก้นกระสุนปืนหุ้มด้วย Jacket สูงขึ้นมาประมาณ ¼ หรือ ¾ ของความสูงของลูกปืน ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้ตะกั่วที่ก้นและข้างลูกกระสุนปืนละลายติดลำกล้องปืนเช่นเดียวกัน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ภาพที่ 36 แสดงส่วนท้ายกระสุนปืนตะกั่วแบบต่างๆ

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 48.

4.2.2 Jacketed Bullet

กระสุนปืนที่มีความเร็วต้นตั้งแต่ 2,000 ฟุตต่อวินาทีขึ้น เป็นลูกกระสุนปืนที่มีโลหะหุ้มแกนตะกั่วหรือแกนเหล็กไว้อีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันส่วนก้นและผิวด้านข้างของลูกกระสุนปืนไม่ให้ละลายตะกั่วจึงไม่ติดค้างอยู่ในลำกล้องปืน ทำให้ดูเหมือนว่าลูกกระสุนปืนนั้นทำด้วยโลหะที่เห็นล้วนๆ โลหะที่หุ้มอยู่ภายนอกเรียกว่า Jacket ส่วนแกนตะกั่วหรือแกนเหล็กภายในเรียกว่า Core ในสมัยเริ่มแรกที่มี Jacket Bullet นั้นตัว Jacket ทำด้วยทองแดงผสมนิกเกิลในอัตราส่วนต่างๆกันแต่ในปัจจุบัน Jacket ส่วนใหญ่ทำด้วย ทองแดง 90%, ดีบุก 5% และสังกะสี 5% บางชนิดทำด้วยเหล็กชุบนิกเกิลหรือชุบทองแดง, แบบใหม่ล่าสุดทำด้วยอลูมิเนียมสำหรับ Core นั้นทำด้วยตะกั่วล้วนหรือบางทีอาจทำด้วยเหล็กก็ได้

มีลูกกระสุนปืนที่ทำด้วยตะกั่วแบบหนึ่ง ซึ่งถ้าดูภายนอกเหมือนเป็นกระสุนปืนแบบที่มี Jacket ทองแดงหุ้ม แท้จริงแล้วเป็นเพียงตะกั่วที่ชุบด้วยโลหะเพียงบางๆเท่านั้น สามารถใช้เล็บขูดเอาออกได้ ในปัจจุบันพบได้บางขนาด เช่น .22 Short, .22 Long Rifle, .38 Special, .357 Magnum และ .44 Magnum เป็นต้น วัตถุประสงค์เพื่อป้องกันไม่ให้ตะกั่วละลายติดลำ

กล้องปืน และยังทำให้ดูสวยงามน่าใช้กว่าลูกปืนที่ทำด้วยตะกั่วธรรมดา เรียกว่า Lubaloy หรือ Copper Washed

ภาพที่ 37 แสดงลูกกระสุนปืนแบบLubaloy หรือ Copper Washed

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 49.

Jacketed Bullets เป็นลูกกระสุนปืนที่มีโลหะหุ้มแกนตะกั่วหรือแกนเหล็กไว้อีกชั้นหนึ่ง โลหะที่หุ้มอยู่ภายนอกเรียกว่า Jacket ส่วนแกนตะกั่วหรือแกนเหล็กภายในเรียกว่า Core ตัว Jacket ส่วนใหญ่ทำด้วย Copper 95% +Zinc 5% เรียกว่า Gilding Metal บางชนิดทำด้วยเหล็กชุบนิเกิ้ล หรืออาบทองแดง (Copper Washed) บางชนิดทำด้วย อลูมิเนียม บางชนิดหุ้มด้วย Teflon หรือ Polymers สำหรับ Core นั้นทำด้วยตะกั่วล้วน หรือบางทีอาจทำด้วยเหล็กก็ได้ Jacketed Bullet มีลักษณะของการหุ้มของ Jacket บน Core หลายแบบ แต่ละแบบถูกผลิตขึ้นเพื่อความมุ่งหมายให้ได้ผลดีที่สุด

1. Full Metal Jacket (FMJ) เป็นลูกกระสุนปืนที่มี Jacket หุ้มทั้งหมด ปลายมน เรียกว่าMetal Bullet ส่วนก้นกระสุนเปิดไว้ทองเห็นแกนตะกั่ว

2. Total Metal Jacket (TMJ) มีผลิต 2 ลักษณะ คือ

2.1 แบบแรกเหมือน FMJ แต่ก่อนพับขอบ Jacket จะใส่แผ่นทองแดงที่ใช้ทำ Jacket (แผ่นกลม) ลงไปแล้วจึงพับ

2.2 แบบหลัง เป็นวิธีใหม่ล่าสุดใช้ทองแดงหุ้มบางมาก โดยวิธี Electroplated หรือชุบไฟฟ้า

3. Jacketed Hollow Point (JHP) เป็นลูกกระสุนปืนที่มี Jacket หุ้มแต่ส่วนปลายมีรูเจาะเข้าไปใน เนื้อของ Core ลึกพอควร

4. Jacketed Soft Point (JSP) เป็นลูกกระสุนปืนที่มี Jacket หุ้มเกือบทั้งลูกเว้นตอนปลายสุดเป็นตะกั่วไม่มีรู

5. Pointed เป็นลูกกระสุนปืนที่มี Jacket หุ้มแบบ FMJ และปลายแหลม

6. Metal Piercing (MP) หรือเป็นกระสุนปืนที่ใช้ยิงเจาะโลหะบางๆหรือเกราะกันกระสุนปืน Armour Piecing (AP) แบบ MP เป็นกระสุนเล็กเช่น ปืนพกทั่วไป ส่วนปลายลูกกระสุนปืนจะแหลม Jacket ที่หุ้มส่วนปลายนี้จะมีความหนาไม่มากนัก เช่นตัวถังรถยนต์

สำหรับแบบ AP เป็นกระสุนปืนที่ใช้กับการทหารส่วนใหญ่ กระสุนปืนจะแหลม Jacket เป็นทองแดงหรือเหล็กชุบทองแดง ส่วน Core จะทำด้วย Hardened Steel, Tungsten or Tungsten Carbine ซึ่งมีความแข็งมาก สามารถเจาะทะลุเกราะยานยนต์หุ้มเกราะของทหาร หรือยิงทะลุแผ่นวัตถุหรือโลหะที่มีความหนามากๆ ได้

ภาพที่ 38 แสดง Jacketed Bullets แบบต่างๆ

ที่มา: อัมพร จารุจินดา, “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน” (เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ, 2557): 51-52.

4.2.3 Frangible Bullets

ส่วนก้นลูกกระสุนปืนจะเล็กลงกว่าตัวกระสุนปืนเล็กน้อยและส่วนที่เล็กลงนี้จะสอบเข้าหากันเหมือน Boat Tail ลูกกระสุนปืนนี้ได้รับการพัฒนาให้มีความแม่นยำดีขึ้นกว่าแบบ Boat Tail

ลูกกระสุนปืนที่มีความเร็วต้นตั้งแต่ 2,000 ฟุตต่อวินาทีขึ้นไป จะต้องเป็นแบบ Jacked Bullet เท่านั้นหากเป็นแบบ Lead Bullet จะทำให้ส่วนก้นและผิวด้านข้างของลูกกระสุนละลาย ทำให้มีตะกั่วติดค้างอยู่ภายในลำกล้องปืน ทำให้เกิดผลเสียหายต่อความแม่นยำของปืนนั้น (อัมพร จารุจินดา, 2555: 44-53)

4.3 กระสุนขนาด 9 มม.

กระสุนขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม เป็นกระสุนที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ในปัจจุบันทั้งในระดับกองทัพ เจ้าหน้าที่ตำรวจ หน่วยรักษาความปลอดภัย และในชั้นประชาชน ที่ต้องการหลักประกันความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของตนเองและคนอันเป็นที่รัก สำหรับในบ้านเรา กระสุนขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ถือเป็นกระสุนที่ได้รับความนิยมสูงอันเป็นผลมาจากองค์ประกอบในหลายๆด้าน ได้รับการออกแบบและพัฒนาโดยชาวอเมริกัน คือ เกเอ้อร์ ลูเก้อร์

กระสุนขนาด 9 มม.พาราเบลลั่ม ได้รับความนิยมสูงถึงขีดสุดเมื่อกองทัพสหรัฐฯ ตัดสินใจปลดประจำการเอ็ม 1911 เอ 1 หลังจากที่ใช้เอ็ม 1911 เอ 1 กับกระสุนขนาด .45 เอซีพี มาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1911 โดยรับแบเร็ตต้า 92 เอฟเอส ขนาด 9 มม.พาราเบลลั่ม เข้าประจำการแทนด้วยเหตุผล 2-3 ประการหลักๆคือ

1. สะดวกแก่การส่งกำลังบำรุงเพราะทุกประเทศในสนธิสัญญานาโต้ (NATO) ใช้ปืนออโต้ฯ ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม เป็นปืนประจำกายของทหาร

2. กระสุนขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม มีน้ำหนักเบากว่า ในขนาดน้ำหนักที่เท่ากันทหารสามารถนำกระสุน 9 มม. พาราเบลลั่ม ติดตัวไปได้มากกว่า

3. กระสุน 9 มม. พาราเบลลั่มมีวิถีกระสุนที่ราบเรียบและหวังผลได้ไกลกว่า .45 เอซีพี

สำหรับในประเทศไทยนอกเหนือไปจากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นแล้ว ข้อกำหนดหรือกฎกระทรวงที่กำหนดให้นายทะเบียนมีความเข้มงวดเป็นพิเศษในการออกใบอนุญาตซื้อหรือ ป.3 สำหรับกระสุน .45 เอซีพี ในปืนออโต้เมตริก และ .357 แม็กนั่ม สำหรับปืนรีวอลเว่อร์ ทำให้การขออนุญาตปืนที่ใช้กระสุนทั้งสองขนาดดังกล่าวเป็นไปด้วยความยากลำบาก โดยกำหนดให้นายทะเบียนสมควรอนุญาตให้ประชาชนมีและใช้ได้ไม่เกิน 9 มม. พาราเบลลั่มสำหรับปืนออโต้เมตริก

และ .38 สเปเชี่ยล สำหรับปืนรีวอลเว่อร์เป็นปัจจัยสำคัญที่ให้กระสุนขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม กลายเป็นกระสุนที่ได้รับความนิยมสูง ในยุคนี้จึงเป็นยุคของปืนออโต้เมตริกขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม อย่างแท้จริง กระสุนขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ได้รับการคิดออกแบบขึ้นมาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1902 ใกล้เคียงกับกระสุนขนาด .45 เอซีพี

ภาพที่ 39 ภาพแสดงโครงสร้างภายในของกระสุนขนาด 9 มม.พาราเบลลั่ม
ที่มา: **The 9mm para,** accessed January 22, 2016, available from http://militarycartridges.nl/uk/british_images/pistol/9mm/9mm_ball.jpg

กระสุน 9 มม. พาราเบลลั่ม

รูปแบบ กระสุนปืนสั้น

ต้นกำเนิด อาณาจักรเยอรมัน

ประจำการ กลุ่มสนธิสัญญานาโต้และประเทศอื่นๆ

ใช้ในสงคราม สงครามโลกครั้งที่ 1มาจนถึงปัจจุบัน

ผู้ออกแบบ เอเกอร์ ลูเกอร์

ปีที่ออกแบบ ค.ศ.1901

ปีที่เริ่มผลิต ค.ศ.1902-ปัจจุบัน

ชื่อที่เรียกขาน 9 มม.พาราเบลลั่ม

9 มม.ลูเก้อร์

9 x19 มม.

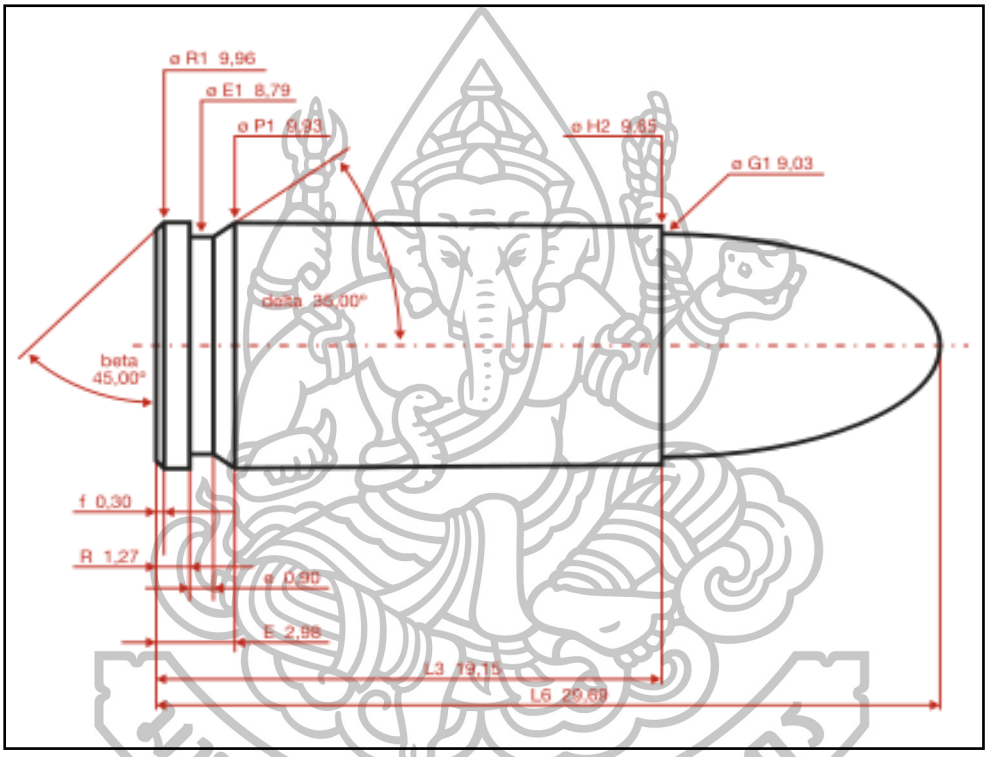
9 มม. นาโต้

9 มม. พาราเบลลั่ม +พี 7 เอ็น 21

9 มม. พาราเบลลั่ม +พี+ 7 เอ็น 31

ต้นแบบ 7.65 x22 มม. พาราเบลลั่ม

รูปแบบปลอก ริมเลสส์, เทเป้อร์



ภาพที่ 40 โครงสร้างภายนอกของกระสุนขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม

ที่มา: **9×19 mm Parabellum**, accessed January 22, 2016 , available from https://en. wikipedia.org/wiki/9%C3%9719mm_Parabellum#/media/File:9x19mm_Parabellum.svg

เส้นผ่าศูนย์กลางหัวกระสุน 9 มม./0.354 นิ้ว

ปลายปลอก 09.65 มม./0.380 นิ้ว

ฐานปลอก 09.93 มม./0.391 นิ้ว

จานท้าย 09.96 มม./0.392 นิ้ว

ความหนาขอบจานท้าย 00.90 มม./0.035 นิ้ว

ความยาวปลอก 19.15 มม./0.754 นิ้ว

ความยาวตลอดทั้งนัด 29.69 มม./1.169 นิ้ว

ความจุปลอกกระสุน 0.86 ตร.ซม./13 กรัม (นน.น้ำ)

จอกชนวน แบบเบอร์ดัน, บ๊อกเซ่อร์ (ขนาดเล็ก)

แรงดันในรังเพลิงสูงสุด 235 เอ็มพีเอ/34,084 ปอนด์/ตารางนิ้ว

กระสุน 9 มม. ประเภทต่างๆ

4.3.1 ขนาด 9 มม. ช็อร์ต (9 mm Kruz, .380 ACP, 9X17 mm.)

กระสุนขนาด .380 เอซีพี ออกแบบขึ้นมาโดย จอห์น โมเสส เบราว์นิ่งก์ โดยนำออกแบบเผยแพร่ในยุโรปก่อนเป็นครั้งแรกโดย เอฟเอ็นแห่งเบลเยี่ยม ในปี ค.ศ. 1912 รู้จักกันในชื่อ 9 มม. เบราว์นิ่งก์ ช็อร์ต ที่ใช้อยู่กับปืน เบราว์นิ่งก์ เอ็ม 1 แต่มีการใช้มาก่อนแล้วในสหรัฐฯกับโค้ลท์ พ็อคเก็ต ตั้งแต่ปี ค.ศ.1908 โดยเรียกว่า .380 เอซีพี (ACP = Automatic Colt Pistol) กระสุน .380 เอซีพี ได้รับการบรรจุเข้าประจำการในกองทัพของหลายประเทศ รวมไปถึงเชคโกสโลวะเกีย (ก่อนแยกประเทศ) อิตาลี และสวีเดน นอกจากนี้ก็ยังใช้เป็นกระสุนประจำการของเจ้าหน้าที่ตำรวจอีกหลายประเทศในยุโรป ที่รหัสเรียกอย่างเป็นทางการว่า 9 x17 มม., 9 มม. ครู้ซ และ .380 ออโตเมติก ในสหรัฐอเมริกา นอกเหนือไปจากโค้ลท์แล้วก็ยังมีอีกหลายบริษัทที่ผลิตปืนออกมาใช้กับกระสุน .380 เอซีพี เช่น ไฮ สแตนดาร์ด, เรมิงตัน, อินเตอร์อาร์มส, นอร์ธ อเมริกัน อาร์มสและซาเวจ ส่วนในยุโรปก็มี เบราว์นิ่งก์, เบเร็ตต้า, เบยาร์ด, ซีแซด, ฟรอมเม่อร์, แอสตร้าสตาร์, ลาม่า, วอลเธ่อร์และยี่ห้ออื่นๆอีกมากที่ผลิตปืนใช้กระสุนขนาด .380 เอซีพี กระสุน .380 เอซีพีเป็นกระสุนอีกขนาดหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นกระสุนที่ใช้ได้ดีกับตัวปืนที่มีขนาดกำลังเหมาะมือ เป็นกระสุนที่มีอำนาจหยุดยั้งและหวังผลได้ไกลกว่า ครอบคลุมวัตถุประสงค์ในการใช้งานได้เหนือกว่าขนาด .32 เอซีพี เป็นขนาดกระสุนที่ทหารและเจ้าหน้าที่ตำรวจเลือกใช้กับปืนสำรอง

ตารางที่ 3 แสดงขีปนวิถี 9 มม. ชอร์ต

ตารางขีปนวิถี 9 มม. ชอร์ต		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
90 JHP	900	162
95FMJ	900	171
85 JHP	1,000	189
88 JHP	990	191
90 JHP	1,000	200
95 FMJ	955	192

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม.WONDER NINE** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป,2555), 45.

4.3.2 ขนาด 9 มม. โพลีซ (9 mm.Police/ 9 mm. Ultra)

กระสุนขนาด 9 มม. โพลีซ รู้จักกันในอีกชื่อหนึ่งว่า 9 มม. อัลตร้า (9 mm. Ultra) ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในปี ค.ศ. 1936 เพื่อใช้ในกองทัพอากาศของเยอรมันแต่ไม่ได้รับการบรรจุเข้าในกองทัพอย่างเป็นทางการในปี ค.ศ. 1972 คาร์ล วอลเธ่อร์ก็พัฒนาวอลเธ่อร์ พีพี-ซูเป้อร์ ปืนออโต้ฯ ระบบโบลว์แบ็คใช้กระสุนขนาด 9 มม. อัลตร้า โดยใช้โครงสร้างของวอลเธ่อร์ พีพี ขนาด .380 เอซีพีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นปืนประจำการสำหรับเจ้าหน้าที่ตำรวจเยอรมันตะวันตก แต่ได้มีการผลิตออกจำหน่ายให้แก่ประชาชนโดยทั่วไปด้วยในปี ค.ศ. 1975 แต่ในจำนวนที่ไม่มากนักแต่หลังจากประจำการได้ไม่นาน กรมตำรวจของเยอรมันก็ปลดปืนและกระสุนขนาดนี้ นอกเหนือไปจากวอลเธ่อร์ พีพีซูเป้อร์แล้ว ซิก-ซาวเอ้อร์ ก็ผลิตพี 230 และเบเนลลี่ก็ผลิตเอ็ม 76 ออกมาใช้กับกระสุนขนาด 9 มม. อัลตร้าด้วย กระสุนขนาด 9 มม. อัลตร้า มีปลอกกระสุนยาวกว่า .380 เอซีพี 1 มิลลิเมตรและสั้นกว่า 9 มม. พาราฯ 1 มิลลิเมตร อานุภาพอยู่ระหว่าง .380 เอซีพีกับ 9 มม. พาราฯ

ตารางที่ 4 แสดงขีปนวิถี 9 มม. อัลตร้า (โพลีซ)

ตารางขีปนวิถี 9 มม. อัลตร้า (โพลีซ)		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
100	1,010	225
123 FMJ	1,070	350
124 MFJ	1,050	308

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม.WONDER NINE** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป,2555), 46.

4.3.3 ขนาด 9 มม. เบราว์นิ่งก์ ลอง (9 mm. Browning Long)

เป็นกระสุนขนาด 9 มม.ที่ จอห์น เอ็ม.เบราว์นิ่งก์ ทำการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับ เบราว์นิ่งก์ เอ็ม 1903 ซึ่งเป็นปืนที่ประเทศสวีเดนรับเข้าประจำการในกองทัพโดยเริ่มทำการผลิตในปี ค.ศ. 1907 มาจนถึงหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 จึงปลดประจำการออกจากกองทัพ โดยในตลาดอเมริกาได้มีการดัดแปลงนำเอากระสุนขนาด .380 เอซีพี มาใช้ยิงปืนเอ็ม 1903 นอกเหนือไปจากปืนยี่ห้อเบราว์นิ่งก์แล้วก็ยังมียี่ห้อ เลอฟรานเซียส (Lefrancais) และ เว็บเล่ย์ แอนด์ สก็อตต์ (Webley and Scott) ที่ผลิตปืนออโต้ฯออกมาใช้กับกระสุนขนาดนี้

ตารางที่ 5 แสดงขีปนวิถี 9 มม. เบราว์นิ่งก์ ลอง

ตารางขีปนวิถี 9 มม. เบราว์นิ่งก์ ลอง		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
75 Lead	1,078	192
95FMJ	1,000	255
110 FMJ	1,100	300

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม.WONDER NINE** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป,2555), 47.

4.3.4 ขนาด 9 มม. กลิสเซ็นติ (9 mm. Glisenti)

เป็นกระสุนที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาและกองทัพบกของอิตาเลี่ยนรับเข้าประจำการพร้อมกับปืน กลิสเซ็นติ โมเดล 1910 ที่เข้าประจำการในปี ค.ศ. 1910 นอกจากนี้ก็ยังมีการนำเอาไปใช้ปืนกลมือที่ใช้ในกองทัพอีกด้วย โดยกองทัพของอิตาเลี่ยนใช้ปืนและกระสุนขนาด 9 มม. กลิสเซ็นติ ตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่ 1 จนสิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 จึงปลดประจำการ กระสุน 9 มม. กลิสเซ็นติ มีลักษณะทางกายภาพที่ใกล้เคียงกับกระสุน 9 มม. พาราฯ แต่มีอานุภาพที่ต่ำกว่า จึงสามารถนำเอากระสุน 9 มม. แบบมาตรฐานหรือแบบธรรมดาทั่วไปยิงในปืน 9 มม. กลิสเซ็นติได้

ตารางที่ 6 แสดงขีปนวิถี 9 มม. กลิสเซ็นติ

ตารางขีปนวิถี 9 มม. กลิสเซ็นติ		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
116 FMJ	1,070	294
123FMJ	1,070	350
124FMJ	1,050	308

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม. WONDER NINE** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป, 2555), 47.

4.3.5 ขนาด 9 มม. เบยาร์ด ลอง (9 mm. Bayard Long)

กระสุนขนาดนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาสำหรับปืนกึ่งอัตโนมัติ เบิร์กมานน์-เบยาร์ด เอ็ม 1910 ซึ่งได้รับการนำเข้าประจำการอยู่ในกองทัพบกของประเทศเดนมาร์กอยู่หลายปี เช่นเดียวกับประเทศสเปน นอกจากนี้สเปนก็ยังมีการผลิตปืนออโต้ฯออกมาเพื่อใช้กับกระสุน 9 มม. เบยาร์ดอีกด้วยคือ ยี่ห้อแอสตร้า ซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการแบบโค้ลท์-เบราว์นิ่งก์

ตารางที่ 7 แสดงขีปนวิถี 9 มม. เบยาร์ด

ตารางขีปนวิถี 9 มม. เบยาร์ด		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
116 JPS	1,280	420
125FMJ	1,120	352

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม.WONDER NINE** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป,2555), 48.

4.3.6 ขนาด 9 มม. สไตเอ้อร์ (9 mm. Styer)

กระสุนขนาด 9 มม. สไตเอ้อร์ เป็นกระสุนที่ประจำการอยู่ในกองทัพของประเทศออสเตรียโดยได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับปืนสไตเอ้อร์ โมเดล 1912 ปลอกกระสุนมีความยาว 23 มม. ในขณะที่ปลอกกระสุน 9 มม. พาราฯ ยาว 21 มม. ความเร็วและอานุภาพของกระสุนมีความใกล้เคียงกัน นอกเหนือไปจากประเทศออสเตรียแล้ว ประเทศที่อยู่ใกล้เคียงกัน เช่น โรมาเนียก็รับเอาสไตเอ้อร์และกระสุนขนาด 9 มม. สไตเอ้อร์นี้เข้าประจำการด้วยเช่นเดียวกัน ลักษณะทางกายภาพของกระสุน 9 มม. สไตเอ้อร์ คล้ายคลึงกับ 9 มม. เบิร์กมานน์-เบยาร์ดมาก

ตารางที่ 8 แสดงขีปนวิถี 9 มม. สไตเอ้อร์

ตารางขีปนวิถี 9 มม. สไตเอ้อร์		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
119 Lead	1,200	379
115 FMJ	1,200	360
116 FMJ	1,200	370

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม.WONDER NINE** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป, 2555), 49.

4.3.7 ขนาด 9X21มม. (9X21 mm.)

ในหลายประเทศเช่น อิตาลี เม็กซิโก และฝรั่งเศส กฎหมายไม่อนุญาตให้ประชาชนมีอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติที่ใช้กระสุนขนาดเดียวกับที่ใช้ในกองทัพ ซึ่งปัจจุบันก็คือกระสุน 9 มม. พาราฯ หรือ 9X19 ตามรหัสของนาโต้ แต่ด้วยความต้องการของประชาชนที่ต้องการอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติที่มีอานุภาพสูงเมื่อไม่สามารถใช้กระสุนแบบเดียวกับที่ใช้ในกองทัพได้ก็ทำให้มีการพัฒนากระสุนขนาด 9 มม. ขึ้นมาใหม่

ในปี ค.ศ. 1980 ได้มีการพัฒนากระสุน 9X21 ขึ้นมาจากกระสุน 9X21 แต่ปลอกกระสุนมีความยาวกว่า 2 มิลลิเมตร โดยที่ยังคงใช้กระสุนที่มีหน้าตัด 9 มม.เท่ากัน หัวกระสุนเป็นแบบ ทรั้งเคสเต็ด โคน (Truncated Cone) ที่ถูกกดลึกเข้าไปในปลอกกระสุนมากกว่าปกติ เพื่อให้ความยาวตลอดของกระสุนทั้งนัดเท่ากับ 9 มม. พาราฯ ทั้งนี้ก็เพื่อให้ใช้กับปืนขนาด 9 มม. พาราฯทั่วไปได้โดยให้มีการปรับแต่งน้อยที่สุด เพียงแค่ขยายความยาวของรังเพลิงให้เหมาะสมกับความยาวของปลอกกระสุนเท่านั้น แต่ยังคงใช้แม็กกาซีน สไล้ด์ ขอเกี่ยวปลอกกระสุนและอีเจ็คเต้อร์ของเดิมได้ อานุภาพของกระสุน 9X21 มีความใกล้เคียงกับกระสุนขนาด 9 มม. พาราฯ

ตารางที่ 9 แสดงขีปนวิถี 9 มม. 9x21 มม.

ตารางขีปนวิถี 9 มม. 9x21 มม.		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
90 JHTP	1,482	437
124 FMJ	1,335	490
147 Lead	1,089	385
123 FMJ	1,181	380
124 FMJ	1,110	340

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม. WONDER NINE** (กรุงเทพฯ อนิเมทกรุ๊ป, 2555)50.

4.3.8 ขนาด 9 มม. เฟดเดอรัล (9 mm. Federal)

กระสุนขนาดนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดย บริษัท เฟดเดอรัล แคร์ทริดจ์ คอมปานี ปรากฏตัวออกมาครั้งแรกในแคตตาล็อคกระสุนของบริษัทเฟดเดอรัลในปี ค.ศ.1989 เป็นการนำเอากระสุน 9 มม. พาราฯ มาทำการพัฒนาขอบจานท้ายเสียใหม่ให้เป็น แบบริมด์ (Rimmed) เจตตาเพื่อให้เป็นกระสุนที่นำเอาไปใช้กับปืนรีวอลเว่อร์ที่ออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้กระสุน 9 มม. พาราฯ ปืนรีวอลเว่อร์กระบอกแรกที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับกระสุน 9 มม. เฟดเดอรัล โดยเฉพาะคือ ชาร์เต้อร์ อาร์มส พิท บูลล์ ที่ผลิตออกมาในปี ค.ศ.1989 เจตนาของการออกแบบก็เพื่อให้สามารถนำไปยิงในปืนรีวอลเว่อร์ ขนาด 9 มม. ได้โดยไม่จำเป็นต้องใช้ฟูลล์-มูน คลิพหรือ ฮาล์ฟ-มูน คลิพ โดยออกแบบให้มีขอบจานท้ายที่หนากว่าปกติเล็กน้อย แต่ในปี ค.ศ.1992 เฟดเดอรัลก็ยุติสายการผลิตกระสุนขนาดนี้ลงโดยสิ้นเชิง โดยชาร์เต้อร์ อาร์มสได้ปิดตัวเองไปก่อนหน้านี้เล็กน้อย

ตารางที่ 10 แสดงขีปนวิถี 9 มม. เฟดเดอรัล

ตารางขีปนวิถี 9 มม. เฟดเดอรัล		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
115	1,270	410
115 JHP	1,280	420

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม. WONDER NINE** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป,2555) 51.

4.3.9 ขนาด 9 มม. เมาเซอร์ (9 mm. Mauser)

กระสุนขนาด 9 มม. เมาเซอร์ ได้รับการนำออกมาเผยแพร่ครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1908 โดยพัฒนาขึ้นมาใช้กับปืนออโต้ฯของเมาเซอร์แต่เป็นรุ่นที่ส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ หรือที่เรียกกันว่า เอ็กซ์พอร์ท โมเดล (Export Model) ปืนและกระสุนขนาดนี้ได้รับการนำเอามาใช้ในระยะเวลาสั้นๆ และยุติสายการผลิตลงไปในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 กระสุน 9 มม. เมาเซอร์ ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้มีอานุภาพสูงกว่ากระสุน 7.63 มม. เมาเซอร์ โดยมีการส่งไปจำหน่ายในประเทศแถบแอฟริกาและอเมริกาใต้ กระสุนขนาด 9 มม. เมาเซอร์ ได้รับการนำเอากลับมาใช้งานอีกครั้งเมื่อสวิตเซอร์แลนด์ได้ผลิตปืนกลมือขึ้นมา เพื่อใช้กับกระสุนขนาดนี้ในช่วงปี ค.ศ.

1933-1934 และต่อมา สไตเอ้อร์-โซโลเธอร์น (Steyr-Solothum) ของออสเตรียก็ผลิตปืนที่ใช้กับกระสุน 9 มม. เมาเซอร์ออกมาด้วย

ตารางที่ 11 แสดงขีปนวิถี 9 มม. เมาเซอร์

ตารางขีปนวิถี 9 มม. เมาเซอร์		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
115	1,300	467
128 FMJ	1,362	534

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม. WONDER NINE,** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป, 2555), 52.

4.3.10 ขนาด 9 มม. มาคารอฟ (9 mm. Makarov)

กระสุนขนาด 9 มม. มาคารอฟ เป็นกระสุนที่ใช้กันอยู่ในกลุ่มประเทศสหภาพโซเวียต รัสเซีย หรือกลุ่ม วอร์ซอร์ แพ็ค (Warsaw Pact) ในอดีตและประเทศจีน สำหรับในประเทศไทยก็มีปืนและกระสุนขนาดนี้เข้ามาใช้งานอยู่เป็นจำนวนไม่น้อย ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับปืนสั้นกึ่งอัตโนมัติมาคารอฟ และ สเต็คกิ้น (Stechkin) ของรัสเซีย โดยกองทัพของรัสเซียรับเข้าประจำการหลังจากสิ้นสุดสงครามโลกครั้งที่ 2 ไม่นานนัก พัฒนาและออกแบบโดยได้รับแรงดลใจและประสบการณ์ที่ได้รับกระสุน 9 มม. อัลตร้าของเยอรมันกระสุน 9 มม. มาคารอฟ มีอานุภาพและสมรรถนะอยู่ระหว่างกระสุน .380 เอซีพีและ 9 มม. พาราฯ มีหน้าตัดหัวกระสุน .363 นิ้ว ใหญ่กว่า 9 มม. พาราฯ 0.13 นิ้ว ความยาวปลอก 0.71 นิ้ว สั้นกว่า 9 มม.พาราฯ 0.41 นิ้ว ใกล้เคียงกับความยาวปลอกของ 9 มม. อัลตร้า ซึ่งมีความยาว .72 นิ้ว จึงสามารถนำเอากระสุน 9 มม. อัลตร้า มายิงใน 9 มม. มาคารอฟได้

ตารางที่ 12 แสดงขีปนวิถี 9 มม. มาคารอฟ

ตารางขีปนวิถี 9 มม. มาคารอฟ		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
90 JHP	966	185
95 FMJ	1,300	173
95 Lead	1,362	215
100 JHP	887	173
95 FMJ	1,060	237

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม. WONDER NINE**, (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป, 2555), 52-53.

4.3.11 ขนาด 9 มม. วินเชสเต้อร์ แม็กนั่ม (9 mm. Winchester Magnum)

กระสุนขนาด 9 มม. วินเชสเต้อร์ แม็กนั่ม เริ่มปรากฏในรายงานเกี่ยวกับกระสุนในปี ค.ศ. 1977 แต่ยังไม่มีการผลิตออกมาอย่างเป็นทางการ จนกระทั่งอีก 11 ปีต่อมา คือในช่วงปลายปี ค.ศ. 1988 จึงมีการผลิตออกมาและปรากฏอยู่ในแคตตาล็อคของ บริษัทวินเซสเต้อร์-เวส เทิร์น สปอร์ต อาร์มส แอนด์ แอมมูนิชั่น (Winchester-Western Sport Arms and Ammunition catalog) แต่มีปืนที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้กับกระสุนขนาดนี้น้อยมาก หนึ่งในจำนวนนั้นก็คือ ทอมป์สัน/เซ็นเต้อร์ กระสุนขนาด 9 มม. วินเซสเต้อร์ แม็กนั่ม ถือว่าเป็นกระสุน 9 มม. แม็กนั่ม โดยบริษัทวินเชสเต้อร์ทำการพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้กับปืนยี่ห้อไวลเดย์ซึ่งเป็นปืนสั้นออโต้ฯระบบแก๊สโอเพอเรเต็ดที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้กับกระสุนอานุภาพหนักหน่วง ตัวปืนมีน้ำหนักกว่า 3 ปอนด์ แม็กกาซีนบรรจุกระสุนได้ 14 นัด เจตนาเพื่อให้เป็นปืนและกระสุนสำหรับการล่าสัตว์หนังบางขนาดย่อมกระสุน 9 มม. วินเวสเต้อร์ แม็กนั่ม หัวกระสุนมีหน้าตัด .355 นิ้ว ปลอกกระสุนยาว 1.16 นิ้ว ความยาวตลอดทั้งนัด 1.545 นิ้ว ขอบจานท้ายมีเส้นผ่าศูนย์กลาง .394 นิ้ว ใหญ่กว่า 9 มม. พาราฯ .001 นิ้ว

ตารางที่ 13 แสดงขีปนวิถี 9 มม. วินเชสเต้อร์ แม็กนั่ม

ตารางขีปนวิถี 9 มม. วินเชสเต้อร์ แม็กนั่ม		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
115 FMJ	1,475	556

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร,**สุดยอดปืนเล็ก 9 มม.WONDER NINE** (กรุงเทพฯ อนิเมทกรุ๊ป, 2555),54.

4.3.12 ขนาด 9X23 มม. วินเชสเต้อร์ (9X23 mm. Winchester)

กระสุน 9 มม. วินเชสเต้อร์กับ 9 มม. วินเชสเต้อร์ แม็กนั่ม ทั้งสองขนาดมีความแตกต่างกันทั้งด้านกายภาพและสมรรถนะ 9 มม. วินเชสเต้อร์ มีปลอกกระสุนที่สั้นกว่า 9 มม. วินเชสเต้อร์ แม็กนั่ม โดยมีความยาว .900 นิ้ว สั้นกว่า 9 มม. วินเชสเต้อร์ แม็กนั่ม .26 นิ้ว ยาวตลอดทั้งนัด 1.235 นิ้ว สั้นกว่า 9 มม. วินเชสเต้อร์ แม็กนั่ม .31 นิ้ว เส้นผ่าศูนย์กลางขอบจานท้าย .392 นิ้ว เล็กกว่า .002 นิ้วกระสุน 9 มม. แบบแม็กนั่ม หรือกระสุนความเร็วสูงได้รับการกล่าวถึงครั้งแรกโดย เจฟฟ์ คูเป้อร์ (Jeff Cooper) ในนิตยสารกันส์ แอนด์ แอมโม่ ฉบับเดือนธันวาคม ค.ศ.1973 ในคอลัมน์ 9 มม.แม็กนั่ม ซูเป้อร์ คูเป้อร์ (9 mm. Magnum Super Cooper) อันเป็นผลพวงมาจากช่วงที่คูเป้อร์ไปเป็นครูสอนการต่อสู้ด้วยอาวุธอยู่ที่ เอล ซาลวาดอร์ (El Salvador) ในช่วงปี ค.ศ. 1970-1971 โดยลูกศิษย์ของเขาคนหนึ่งชื่อ มาริโอ โซล (Mario Sol) ได้อัดกระสุนขนาด .38 ซูเป้อร์ที่มีความเร็วสูงพิเศษขึ้นมาในระดับที่เรียกว่า ฮ็อท-ร็อดด์ (Hot-Rodded) สำหรับใช้ในปืนต่อสู้ป้องกันตัวซึ่งผลจากการใช้งานจริงๆ ทำให้คูเป้อร์ประทับใจกับอานุภาพของกระสุนมาก โดยใช้หัวกระสุนหนัก 130 เกรน มีความเร็วต้น 1,350 ฟุต/วินาที ซึ่งใกล้เคียงกับอานุภาพของกระสุนขนาด .357 แม็กนั่ม

ต่อมาได้มีการพัฒนากระสุนขนาด 9 X23 มม. ขึ้นมาโดยอิงอานุภาพของกระสุน .38 ซูเป้อร์แบบฮ็อท-ร็อดด์ดังกล่าว เป็นกระสุนที่มีแรงดันในรังเพลิงสูงมากในระดับเดียวกับแรงดันในรังเพลิงของปืนไรเฟิล คือ 52,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว เมื่อวินเชสเต้อร์ทำการผลิตออกมาก็ลดแรงดันในรังเพลิงลงเหลือ 48,000 ซียูพี โดยออกแบบปลอกกระสุนให้มีความแข็งแรงที่สุดเท่าที่เคยมีการผลิตกันออกมาสำหรับกระสุนชนวนกลางโดยมีลักษณะใกล้เคียงกับปลอกของกระสุนขนาด .223 เรมิงตัน ด้วยน้ำหนักหัวกระสุน 124 เกรน ให้ความเร็วต้น 1,700 ฟุต/วินาที และในน้ำหนักหัวกระสุน 90 เกรน สามารถเร่งความเร็วต้นไปถึง 2,000 ฟุต/วินาทีในปี ค.ศ. 1981 และ

ค.ศ.1982 ชิพ แม็คคอร์มิค (Chip Mccormick) นำเอาปืนดีเวลติดตั้งคอมเพนเซเต้อร์ซึ่งใช้กระสุนขนาด .38 ซูเป้อร์ ลงแข่งขัน สตีล แชลแล้นจ์ (Steel Challenge), บิแองชี่ คัพ (Bianchi Cup) และ ไอพีเอสซี (IPSC) และประสบความสำเร็จอย่างงดงาม ชาร์ลส เคลซี่ย์ (Charles Kelsey) ซึ่งเป็นผู้ออกแบบปืนเดเวล ได้ทุ่มเทความพยายามออกแบบปืนในขนาด 9 X23 มม. ขึ้นมาใหม่ ใช้กระสุนหนัก 125 เกรน ให้ความเร็วต้น 1,600 ฟุต/วินาที แต่ในที่สุดปืนของดีเวลก็ต้องยุติสายการผลิตลงไป กระสุน 9X23 มม.วินเชสเต้อร์ สามารถใช้ได้ดีกับปืนในแบบเอ็ม 1911 อานุภาพของกระสุนมีความใกล้เคียงกับ .38 ซูเป้อร์ ปัจจุบันได้รับความนิยมใช้ในการแข่งขันแอ็คชั่น ชู้ตติ้งในสหรัฐอเมริกา นอกจากนั้นก็ยังมีการนำเอามาใช้ในปืนต่อสู้ป้องกันตัวอีกด้วย ได้รับความนิยมมากกว่า 9 มม. วินเชสเต้อร์แม็กนั่ม เนื่องจากมีมิติของกระสุนที่กะทัดรัดมากกว่า สามารถนำเอามาใช้กับปืนในแบบเอ็ม 1911 ได้อย่างลงตัว ในขณะเดียวกันกลไลของตัวปืนก็ทำงานได้อย่างไม่มีปัญหาเหมือนกับกระสุนขนาด 9 มม.พาราฯ ปัจจุบันมีผู้ผลิตอาวุธปืนหลายยี่ห้อที่ผลิตปืนในขนาด 9 มม.วินเชสเต้อร์ออกมารองรับกระสุนขนาดนี้

ตารางที่ 14 แสดงขีปนวิถี 9X23 มม. วินเชสเต้อร์

ตารางขีปนวิถี 9X23 มม. วินเชสเต้อร์		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
125 JRN	1,449	538
125 JRN	1,458	590
125 JRN	1,425	564

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม. WONDER NINE** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป, 2555), 57.

4.3.13 ขนาด 9 มม. แอ็คชั่น เอ็กซ์เพรสส์ (9 mm. Action Express)

กระสุน 9 มม. แอ็คชั่น เอ็กซ์เพรสส์ เป็นกระสุนในแบบคอขวดเป็นกระสุน 9 มม. ถือเป็นนวัตกรรมใหม่ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเมื่อปี ค.ศ.1988 โดน อีวาล ไวล์ดีน ซึงเป็นประธานกรรมการของบริษัยแอ็คชั่น อาร์มส ในช่วงเวลานั้น เป็นกระสุนที่เรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า 9 มม. เออี เป็นการนพเอาปลอกกระสุนขนาด .41เออี มาบีบคอลงเพื่อจับกระสุนขนาด 9 มม. ที่มีหน้าตัด

.355 นิ้ว จานท้ายเป็นแบบ รีเบท (Rebate) คือจานท้ายเล็กกว่าปลอกกระสุน โดยส่วนของจานท้ายเท่ากับปลอกกระสุน 9 มม. พาราฯ ด้วยการออกแบบดังกล่าวเจตนาให้สามารถนำกระสุน 9 มม. เออีนี้ไปใช้ยิงในปืนขนาด 9 มม. พาราฯได้โดยไม่ต้องดัดแปลงหน้าลูกเลื่อนหรือขอเกี่ยวปลอกกระสุน เพียงแค่เปลี่ยนลำกล้องที่คว้านรังเพลิงขึ้นมาเพื่อใช้กับกระสุนขนาดนี้เท่านั้น โดยมีการนำไปใช้กับปืนกึ่งอัตโนมัติยี่ห้ออูซี่และเอ็ม 1911 ที่มีการปรับปรุงด้วยการเปลี่ยนลำกล้องใหม่ ด้วยน้ำหนักหัวกระสุน 95 เกรนให้ความเร็วต้นจากการยิงด้วยลำกล้องทดสอบ 10 นิ้วได้ความเร็วหัวกระสุน 1,880 ฟุต/วินาที ด้วยแรงดันในรังเพลิง 31,760 ปอนด์/ตารางนิ้ว เมื่อยิงด้วยหัวกระสุนหนัก 100 เกรน ได้ความเร็วหัวกระสุน 1,903 ฟุต/วินาที ด้วยแรงดันในรังเพลิง 34,880 ปอนด์/ตารางนิ้ว ซึ่งเป็นแรงดันในรังเพลิงที่อยู่ในเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของกระสุนขนาด 9 มม. พาราฯ นอกจากนี้ได้มีการทดลองยิงด้วยกระสุน 124 เกรน ได้ความเร็วหัวกระสุน 1,590 ฟุต/วินาที ด้วยแรงดันในรังเพลิง 28,550 ปอนด์/ตารางนิ้วเท่านั้น จึงสามารถนำกระสุน 9 มม. เออี ไปใช้ยิงในปืนออโต้ฯขนาด 9 มม.พาราฯได้อย่างปลอดภัย แต่สิ่งที่ได้มาก็คือ ความเร็วของหัวกระสุนปืนที่เพิ่มมากขึ้นจนกล่าวได้ว่านี่คือ กระสุน 9 มม. แม็กนั่ม

ตารางที่ 15 แสดงขีปนวิถี 9X23 มม. เออี

ตารางขีปนวิถี 9 มม. เออี		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
155 JHP	1,825	850
124 JHP	1,225	415
124 JHP	1,530	645

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม. WONDER NINE** (กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป, 2555), 58.

4.3.14 ขนาด 9X25 มม. ดิลล่อน (9X25mm. Dillon)

กระสุนปืนขนาด 9 มม. ดิลล่อน อาจเป็นชื่อที่ไม่คุ้นเคยสำหรับนักยิงปืนในประเทศไทยมากนัก แต่เป็นกระสุนปืนขนาด 9 มม. ที่น่าสนใจในด้านของอาวุธศึกษา กระสุนขนาด 9 มม. ดิลล่อนได้รับการพัฒนาเสร็จสมบูรณ์ในปี ค.ศ.1988 แต่ไม่ได้นำมาใช้งานอย่างจริงจัง

ในปี ค.ศ.1991 ร็อบ เลแธ่ม (Rob Lea-tham) นักแข่งไอพีเอสซีระดับแนวหน้าได้นำกระสุนปืนขนาด 9 มม. ดิลล่อน ได้นำมาทดสอบ กระสุน 9 มม. ดิลล่อน ได้รับการพัฒนาขึ้นมาโดยกลุ่มนักยิงปืนที่ บริษัท ดิลล่อน พรีซิสชั่น โพรดักซ์ (Dillon Precision Product, Inc) ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตกระสุนและเครื่องอัดกระสุนชั้นแนวหน้าของสหรัฐฯ ภายใต้แนวความคิดของ แรนดี้ แชลลี่ (Randy Shelly) ซึ่งเป็นหัวหน้าทีมโดยต้องการกระสุนขนาด 9 มม. แบบพิเศษที่สามารถใช้งานได้ในปืนขนาด 9 มม. ทั่วไปโดยไม่ต้องมีการดัดแปลงระบบปฏิบัติการหรือหลักการทำงานของตัวปืน แต่ในขณะเดียวกันต้องมีค่าเพาเว่อร์ แฟคเต้อร์ ตามกำหนดของไอพีเอสซี และที่สำคัญก็คือไม่เพิ่มแรงดันในรังเพลิงให้มากเกินความจำเป็น ด้วยการนำเอาปลอกกระสุนขนาด 10 มม. มาบีบคอลงเพื่อให้จับหัวกระสุนขนาด 9 มม. ผลคือได้กระสุน 9 มม. ที่มีค่าเพาเว่อร์ แฟคเต้อร์ ตามกำหนดของไอพีเอสซี โดยที่มีแรงรีคอล์ย น้อย ควบคุมปืนได้ง่าย (วิทยา สุขสมโสตร, 255 5: 18-59)

ตารางที่ 16 แสดงขีปนวิถี 9X25 มม. ดิลล่อน

ตารางขีปนวิถี 9X25 มม. ดิลล่อน		
น้ำหนัก/แบบหัวกระสุน (เกรน)	ความเร็วต้นฟุต/วินาที	แรงปะทะต้นฟุต/ปอนด์
100FMJ/RN	1,751	680
100FMJ/RN	1,769	690
115 JHP	1,587	640
115 JHP	1,566	625
124 JHP/FP	1,529	640
130 Cast	1,479	630

ที่มา: วิทยา สุขสมโสตร, **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม. WONDER NINE** (กรุงเทพฯ อนิเมทกรุ๊ป, 2555)58.

4.4 กระสุนปืนขนาด 9 มม. +P และ +P+

กระสุนปืนขนาด 9 มม. +P และ +P+ เป็นกระสุนปืนที่มีความแรงกว่ากระสุนปืนมาตรฐานและเชื่อกันว่ามีอำนาจหยุดยั้ง อำนาจสังหารสูง เหมาะที่จะใช้ในการต่อสู้ป้องกันตัว และก็พยายามแสวงหาเพื่อที่จะเอาไว้ใช้งาน อย่างน้อยมีไว้เพื่อความอุ่นใจ

ภาพที่ 41 ภาพแสดงกระสุนขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม กระสุนขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม P+ ไฮดร้า - ช็อคพรีเมี่ยม ของเฟดเดอรัล

ที่มา: **FEDERAL P9HS1 HYDRA-SHOK HOLLOW POINT 124GR 9MM BULLETS - (20/BOX),** accessed January 21, 2016, available from http://www.huntersrefuge.com/federal-p9hs1-hydra-shok-hollow-point-124gr-9mm-bullets-20-box/

กระสุนปืน +P คือ พลัส เพาเวอร์(Plus Power) หมายถึง กระสุนปืนที่ได้รับการพัฒนาให้มีอานุภาพสูงกว่าธรรมดาหรือเรียกว่าเป็น กระสุนแม็กนั่ม (Magnum) ของกระสุนขนาด 9 มม. ก็ไม่ผิดความจริงนัก (เพียงแต่ว่า กระสุนแม็กนั่มโดยความหมายแท้จริงมักเป็นกระสุนที่พัฒนาขึ้นมาให้มีรูปลักษณ์แตกต่างออกไปจากกระสุนมาตรฐานอย่างชัดเจน จนไม่สามารถที่จะนำไปยิงในปืนที่ใช้กระสุนมาตรฐานได้ เนื่องจากจะมีปลอกที่ยาวกว่าทำให้ไม่สามารถบรรจุเข้ารังเพลิงของปืนที่ใช้กระสุนมาตรฐานได้ มีแรงดันในรังเพลิงสูงกว่าปืนมาตรฐานมาก หากสามารถบรรจุเข้ารังเพลิงของปืนที่ใช้กระสุนมาตรฐานได้อาจทำให้โครงสร้างปืนเกิดการชำรุดเสียหายและผู้ยิงอาจได้รับบาดเจ็บ) กระสุนปืน +P หรือ +P+ จะมีการระบุเอาไว้ที่กล่องอย่างชัดเจนเพื่อแจ้งบอกให้ผู้ใช้ทราบ นอกจากเครื่องหมายที่แสดงไว้ที่กล่องแล้ว ก็ยังใช้สีของปลอกกระสุนปืนเป็นสัญลักษณ์ โดยปลอกกระสุนปืนที่มีความเร็วสูงเหล่านี้ ชุบนิคเกิ้ลเป็นสีเงิน เช่น กระสุนปืนไฮดร้า-ช็อค ของ

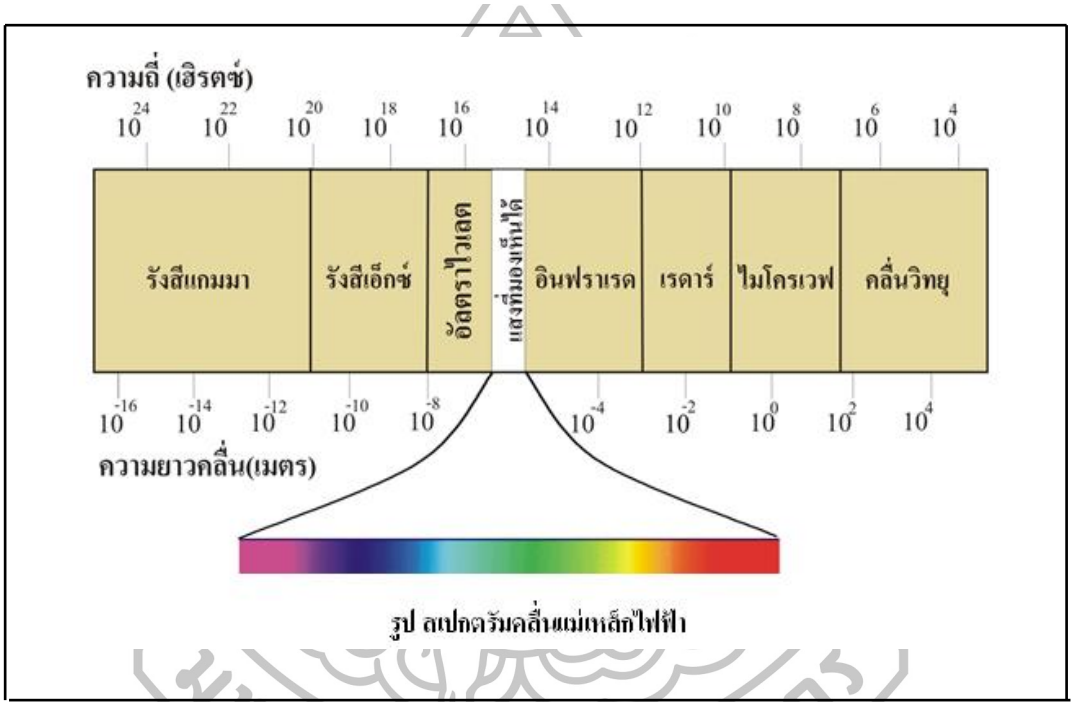
เฟดเดอรัล กระสุนปืนโกลเด้น เซเบ้อร์ ของเรมิงตัน กระสุนปืนแม็กแซฟ ตบอดจนกระสุนปืนเกลเซอร์ เวฟตี้ สลักกระสุนปืน + P เป็นกระสุนปืนสายพันธ์แรกที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาก่อนและเป็นกระสุนปืนในชั้น .38 สเปเชี่ยล ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย จากนั้นจึงมีกระสุนปืน + P+ ได้รับการพัฒนาตามออกมาในเวลาไม่นานนัก ในสหรัฐอเมริกาถือเป็นต้นทางของ กระสุนปืน + P ซึ่งในความหมายของสัญลักษณ์ + P กระสุนปืน + P นั้นได้รับความนิยมจากนักโหลดกระสุนสมัครเล่นก่อน เมื่อได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย ผู้ผลิตกระสุนปืนยี่ห้อต่างๆ ก็เริ่มนำเข้าสู่การผลิต ต่อมาได้มีการพัฒนากระสุนปืนมีอานุภาพสูงขึ้นจากระดับ + P ให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้น เรียกว่า + P+ หรือ พลัส เพาเวอร์ พลัส (Plus Power Plus) มีความแรงกว่ากระสุนมาตรฐาน 10 เปอร์เซ็นต์ แรงปะปะเพิ่มขึ้นเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ด้วยเช่นกันองค์ประกอบสำคัญของกระสุนปืน + P และ +P+ ก็คือ การเพิ่มดินขับเพื่อให้มีความเร็วของหัวกระสุนปืนสูงขึ้น นั่นหมายรวมถึง แรงดันในรังเพลิงจะต้องสูงตามไปด้วย ในการผลิตกระสุนปืนของโรงงานต่างๆจะมีมาตรฐานการผลิตที่เหมือนกัน เพื่อที่สามารถนำไปใช้กับอาวุธของผู้ผลิตทุกรายได้อย่างปลอดภัย ทั้งต่อตัวปืนและต่อตัวผู้ยิง ดังนั้นในการผลิตปืนและกระสุนปืนจึงต้องมีมาตรฐานเดียวกันและควบคุมอย่างเข็มงวด SAAMI or Sporting Arms and Ammunition Manufacturers'Institute หรือที่เรียกกันว่า Sammy คือ สถาบันควบคุมมาตรฐานการผลิตกระสุนและอาวุธปืนของสหรัฐอเมริกา กำหนดในเรื่องรหัสของปืน สเป็กของกระสุนและรังเพลิงให้ทั้งปืนและกระสุนปืนมีมาตรฐานเดียวกันโดยมาตรฐานของ SAAMI กำหนดมาตรฐาน กระสุน +P ต้องมีแรงดันในรังเพลิงสูงกว่ามาตรฐานไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกระสุนประเภท ฮอทโหลด (Hot Load) ไม่ได้กำหนดอย่างชัดเจน โดยประมาณค่าแรงดันในรังเพลิงให้สูงกว่ามาตรฐานไม่เกิน 30-40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่กระสุนปืนประเภท + P และ + P+มักเป็นกระสุนหัวรูที่เน้นการแบะบานหรือการขยายหน้าตัดของหัวกระสุน โดยอาศัยความเร็วเข้าช่วย ในการสร้างอำนาจหยุดยั้ง ถึงแม่ว่าจะมีการลดน้ำหนักหัวกระสุนให้เบาลง แต่แรงรีคอยล์นั้นกลับหนักหน่วงกว่ากระสุนปืนมาตรฐาน และคุมได้ยากกว่า ดังนั้น จึงไม่ควรที่จะยิงกระสุนปืนประเภท + P และ +P+ บ่อยๆ ควรต้องยิงบ้างบางครั้งคราว เพื่อการใช้งานอย่างเต็มประสิทธิภาพ เมื่อต้องใช้เพื่อป้องกันชีวิตและทรัพย์สิน (วิทยา สุขสมโสตร, 2555: 375-384).

5. แสง

แสง คือ พลังงานชนิดหนึ่งที่เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้เกิดความสว่าง และทำให้เรา มองเห็นสิ่งต่างๆได้ คลื่นชนิดต่างๆ เช่น คลื่นแสง คลื่นเสียง มีสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ความยาวคลื่น หมายถึงระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ครบ 1 รอบมีหน่วยเป็นเมตรหรือหน่วยย่อยของเมตร

ความถี่ของคลื่น หมายถึง จำนวนรอบของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งในเวลา 1 วินาที ความถี่ของคลื่นจึงมีหน่วยเป็นจำนวนรอบต่อวินาที (s^{-1}) หรือเรียกชื่อเฉพาะว่าเฮิรตซ์ (Hz)

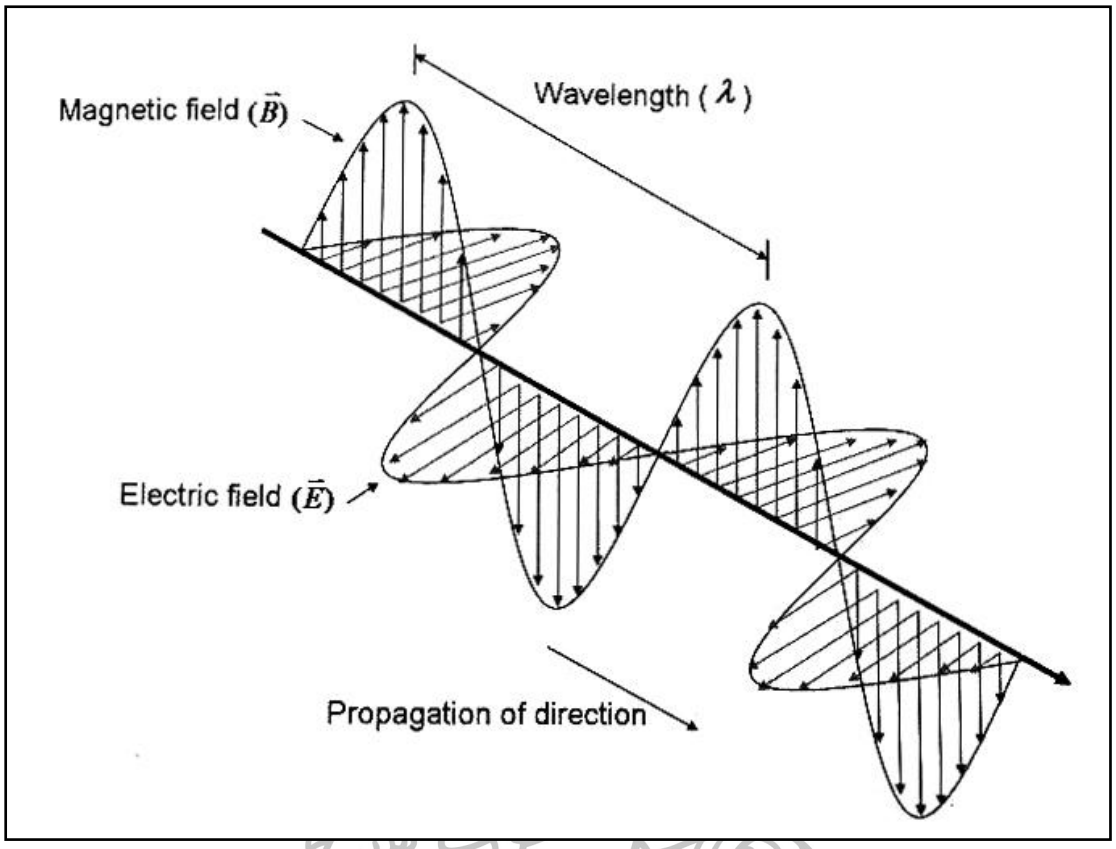
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ประสาทของมนุษย์สามารถรับรู้ได้เรียกว่าแสงที่มองเห็นได้ ซึ่งมีความยาวคลื่ อยู่ในช่วง 400-700 นาโนเมตร แสงในช่วงคลื่นนี้จะประกอบด้วยแสงสีต่างๆ กัน ตามปกติประสาทตาของมนุษย์สามารถสัมผัสแสงบางช่วงคลื่นที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์ได้ แต่ไม่สามารถแยกเป็นสีต่างๆได้ จึงมองเห็นเป็นรวมกันซึ่งเรียกว่า แสงขาว (White Light) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่และความยาวคลื่น (นายภาณุพงศ์ ตั้งจิรัฏฐิติกาล, 2559)



รูป สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ภาพที่ 42 ภาพแสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีความถี่และความยาวคลื่น
ที่มา: **คลื่นและสมบัติของคลื่นแสง**, เข้าถึงเมื่อ 21 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.ponglearning.com/?p=865

5.1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) เป็นคลื่นตามขวาง (Transverse Wave) ประกอบด้วยสนามไฟฟ้า (Electric Field) และสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Field) ที่มีการสั่นในแนวตั้งฉากกันและทิศทางการเคลื่อนที่ (Propagation of Direction) ของคลื่นนั้นตั้งฉากกับการสั่นของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ดังแสดงในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่ไม่ต้องใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ สามารถเคลื่อนที่ในสุญญากาศได้ด้วยอัตราเร็วของแสง (Speed of Light) (c=299,792,458 m/s ~$3x10^{8}$m/s)

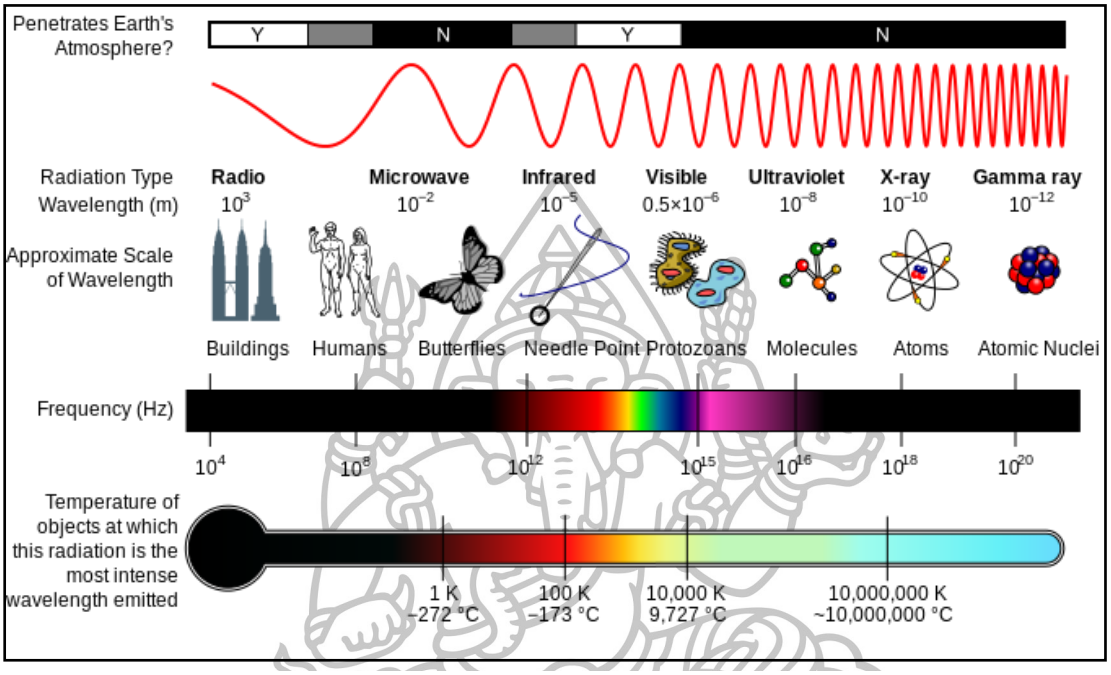


ภาพที่ 43 ภาพแสดงการสั่นและทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา: สตรีรัตน์ กำแพงแก้ว โฮดัค, **เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เบื้องต้น**, (กรุงเทพฯ: แอคทีฟ พริ้น , 2556), 3.

5.2 สเปกตรัม (Spectrum) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่และความยาวคลื่นในช่วงที่ต่างกัน โดยเรียงลำดับความถี่ต่ำไปยังความถี่สูง หรืออีกนัยหนึ่ง เรียงลำดับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากความยาวคลื่นสูงไปยังความยาวคลื่นต่ำ จะได้เป็นสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่อเนื่องตามภาพที่ 42 ได้แก่ คลื่นวิทยุ (Radio Waves) คลื่นไมโครเวฟ (Micro Waves) รังสีอินฟาเรด (Infrared) แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (Visible Light) แสงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet Light) รังสีเอกซ์(X-Rays) ประกอบด้วยรังสีเอกซ์พลังงานต่ำ หรือซอฟต์เอกซเรย์ (Soft X-rays) กับ รังสีเอกซ์พลังงานสูง หรือฮาร์ดเอกซเรย์ (Hard X-Rays)และรังสีแกรมมา (Gamma Rays) ตามลำดับ โดยที่ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่น (Wavelength :λ) ความถี่ (Frequency: *f*) และอัตราเร็วของแสง (Speed of Light : *c*) เป็นไปตามสมการ $f = \frac{c}{\lambda}$ สำหรับความสัมพันธ์

ระหว่างพลังงาน (Energy: E) และความยาวคลื่นเป็นไปตาม สมการ $E = \frac{hc}{\lambda}$ เมื่อ hเป็นค่าคงที่ของพลังค์ (Planck's constant) มีค่าประมาณ 6.626 x 10^{-34}จูล-วินาที



ภาพที่ 44 ภาพแสดงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา: **Electromagnetic Spectrum**, accessed Feburary 4, 2016, available from https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cf/EM_Spectrum_Properties_edit.svg/675px-EM_Spectrum_Properties_edit.svg.png

5.3 คลื่นวิทยุ (Radio waves) มีความถี่ช่วง 10^{4}-10^{9}Hz หรือความยาวคลื่นช่วงตั้งแต่ 10^{-1}-10^{5} เมตร เนื่องจากคลื่นในช่วงความถี่นี้สามารถหักเหและสะท้อนได้ในชั้นบรรยากาศ จึงนำมาใช้ประโยชน์ในการติดต่อสื่อสารจากเครื่องส่งของสถานีไปยังเครื่องรับตามบ้าน มีการส่งสัญญาณ 2 ระบบ คือ ระบบเอเอ็ม (Amplitudemodulation : AM) มีช่วงความถี่ 530-1600 kHz และระบบเอฟเอ็ม (Frequency modulation : FM) มีช่วงความถี่ 88-108 MHz

5.4 คลื่นไมโครเวฟ (Microwaves) มีความถี่ช่วง 10^{8}-10^{12}Hz หรือความยาวคลื่นช่วงตั้งแต่ 10^{0}-10^{-3} เมตร พบได้ในเตาไมโครเวฟทำอาหาร และใช้ส่งสัญญาณโทรทัศน์จากการที่คลื่นไมโครเวฟไม่สะท้อนกลับสู่ผิวโลกที่ชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์ (Ionosphere) จึงทำให้สามารถ

ทะลุผ่านชั้นบรรยากาศไปนอกโลกได้ นอกจากนี้คลื่นไมโครเวฟยังสะท้อนกับผิวโลหะได้ดีอีกด้วย จึงนำไปใช้ในการเป็นเรดาร์ตรวจหาตำแหน่งของอากาศยาน

5.5 รังสีอินฟราเรด (Infrared) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า รังสีใต้แดง มีความถี่ช่วง 10^{11}-10^{14}Hz หรือความยาวคลื่นช่วงตั้งแต่ 10^{-6}-10^{-3} เมตร ซึ่งมีช่วงความถี่คาบเกี่ยวกับคลื่นไมโครเวฟ วัตถุร้อนและสิ่งมีชีวิตสามารถแผ่รังสีอินฟราเรดได้ รังสีอินฟราเรดสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเส้นใยนำแสง ใช้เป็นรีโมทคอนโทรลควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จากระยะไกล เช่น เครื่องรับโทรทัศน์ ใช้เกี่ยวกับการควบคุมอาวุธนำวิถีเคลื่อนที่ไปยังเป้าหมายได้แม่นยำถูกต้อง

5.6 แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (Visible Light) มีช่วงความถี่กึ่งกลางระหว่าง 10^{14}-10^{15}Hz หรือความยาวคลื่นเฉพาะเป็น 3.8 x 10^{-7}- 7.6 x 10^{-7} เมตร หรือพลังงานในช่วง 1.63-3.26 eV เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มนุษย์มองเห็นด้วยตาเปล่า สเปกตรัมของแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่ามีความยาวแตกต่างกัน ได้แก่ สีแดง (610-760 nm.) สีส้ม (590-610 nm.) สีเหลือง (570-590 nm.) สีเขียว (500-570 nm.) สีน้ำเงิน (450-500 nm.) สีม่วง (380-450 nm.)

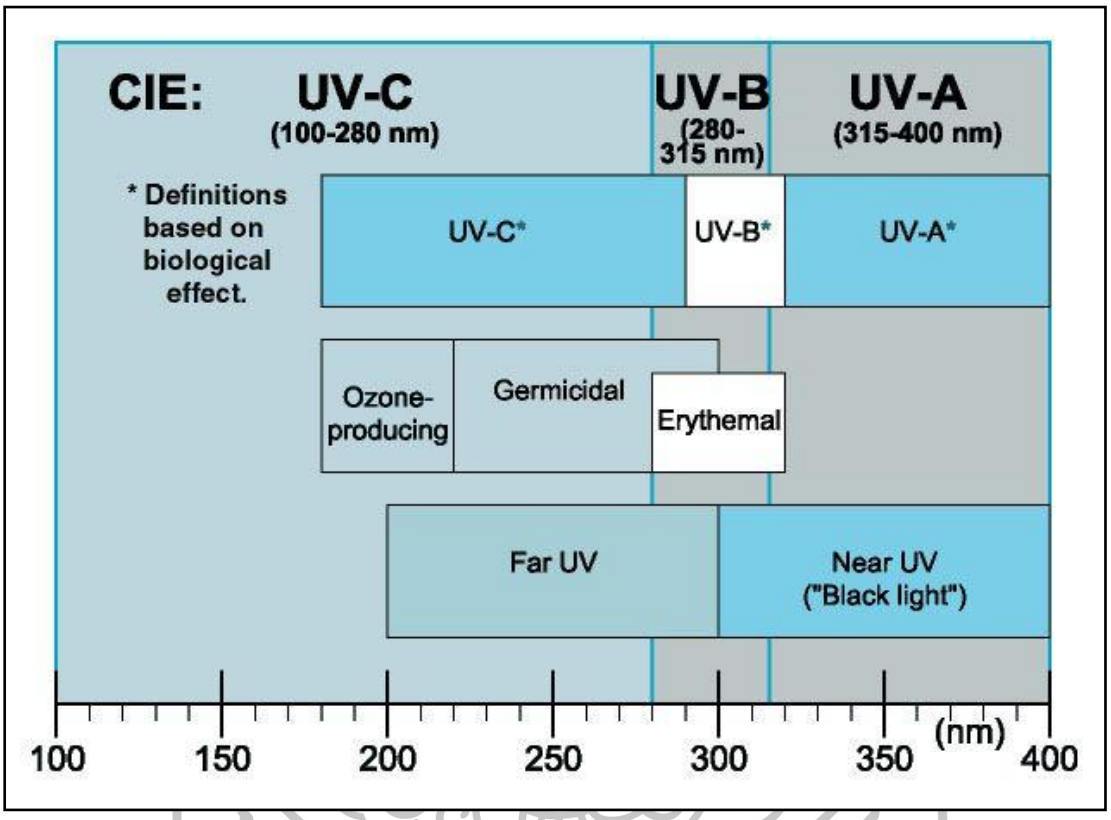
5.7 แสงอัลตราไวโอเลต (Ultravioletlight) เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า รังสีเหนือม่วง มีความถี่ช่วง 10^{15}-10^{18}Hz หรือความยาวคลื่นช่วงตั้งแต่ 10^{-10}-10^{-7} เมตร เป็นรังสีตามธรรมชาติส่วนใหญ่มาจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ซึ่งทำให้เกิดประจุอิสระและไอออนในบรรยากาศชั้นไอโอโนสเฟียร์ รังสีอัลตราไวโอเลตสามารถทำให้เชื้อโรคบางชนิดตายได้ แต่มีอันตรายต่อผิวหนังจนถึงขั้นมีผลทำให้เป็นมะเร็งผิวหนังถ้าถูกแสงนี้เป็นระยะเวลา แสงอัลตราไวโอเลตทำให้อิเลคตรอนของอะตอมเกิดการเปลี่ยนระดับพลังงาน (Electronic transition) ซึ่งเป็นประโยชน์กับการสร้างเซลล์ แสงอาทิตย์แสงยูวีแบ่งเป็น 3 ช่องตามลักษณะที่มีผลกระทบกับผิวหนังของมนุษย์

5.7.1 UV A ช่วงความยาวคลื่น 315 – 400 nm. เป็นช่วงความยาวคลื่นที่มีพลังงานต่ำที่สุดของแสง UV ซึ่งจะส่งผลกระทบทำให้ผิวหนังมีสีน้ำตาล (Sun Tanning) แต่เนื่องจากเป็นคลื่นที่อยู่ใกล้กับแสงที่ตามองเห็น จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Near UV

5.7.2 UV B ช่วงความยาวคลื่น 280 – 315 nm. จะมีพลังงานสูงขึ้น สามารถทำให้ผิวหนังไหม้เกลียม และมีหลักฐานว่า ทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้

5.7.3 UVC ช่วงความยาวคลื่น 200 – 280 nm. ซึ่งมีพลังงานสูงกว่าแสงยูวีทั้งสองชนิดแรก สามารถดูดกลืนโดย DNA, RNA ในนิวเคลียสของเซลล์ทำให้เซลล์เกิดการกลายพันธุ์ เกิดเซลล์มะเร็ง และเกิดการตายของเซลล์ สมัยก่อนมีการใช้แสงยูวีฆ่าเชื้อเซลล์ที่อยู่บนผิวหนังของคนที่เป็นโรคเรื้อน แต่ถ้าได้รับแสงยูวีด้วยตาเปล่า อาจทำให้เกิดการไหม้ของจอประสาทตา ทำให้ตาบอดได้ เนื่องจาก UVC สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย และไวรัสได้ บางครั้งเรียกว่า Germicidal UV rang) แสงยูวีที่มีความคลื่นน้อยกว่า 200 nm เรียกว่า Vacuum UV จะมีพลังงานมากพอที่จะทำลาย

พันธะทางเคมี และถูกดูดกลืนโดยสารประกอบได้ บางครั้งอาจเรียกว่า Ozone UV เพราะเป็นแสงยูวีที่สามารถกระตุ้นออกซิเจนในอากาศให้เป็นโอโซนได้ เนื่องจากแสงยูวีช่วงความยาวคลื่นนี้ถูกดูดกลืนโดยสารประกอบไอน้ำ และออกซิเจนในอากาศแสงยูวีนี้ จึงคลื่นที่ผ่านตัวกลางที่เป็นสุญญากาศจึงเรียก Vacuum UV



ภาพที่ 45 ภาพแสดงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา: แสวง เกิดประทุม, **รังสีอัลตราไวโอเลต**, เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.tistr.or.th/ed/wp-content/uploads/2014/08/11-4.jpg

5.8 รังสีเอกซ์ (X-rays) มีความถี่ช่วง 10^{15}-10^{22}Hz หรือความยาวคลื่นช่วงตั้งแต่ 10^{-14}-10^{-8} เมตร สามารถเคลื่อนที่ทะลุสิ่งกีดขวางหนาๆได้ หลักการของรังสีเอกซ์ คือ ทำให้อิเล็กตรอนเกิดความเร่ง หากยิงอิเล็กตรอนที่มีพลังงานมากเข้าไปชนอิเล็กตรอนในชั้นลึกๆ ของอะตอมจะทำให้ได้รังสีที่มีพลังงานมาก เรียกว่า ฮาร์ดเอกซเรย์ (Hard X-ray) มีความยาวคลื่นช่วง 0.10-0.01 นาโนเมตร ถ้าอิเล็กตรอนที่ใช้ยิ่งมีพลังงานน้อย อิเล็กตรอนนั้นจะเข้าไปในชั้นอะตอมไม่ลึกนัก จะให้รังสีที่เรียกว่า (Soft X-ray) มีความยาวคลื่นช่วง 10-0.10 นาโนเมตร รังสีเอกซ์มี

ประโยชน์ทางการแพทย์ในการฉายผ่านร่างกายเพื่อตรวจดูความปกติของอวัยวะภายใน ในวงการอุตสาหกรรมใช้ในการตรวจหารอยร้าวภายในชิ้นส่วนโลหะ ใช้เป็นอุปกรณ์ด่านตรวจในการตรวจหาวัตถุที่น่าสงสัยและใช้สำหรับการวิเคราะห์สสารต่างๆ

5.9 รังสีแกมมา (Gamma rays) มีความถี่ช่วง 10^{18}-10^{22}Hz หรือความยาวคลื่นช่วงตั้งแต่ 10^{-14}-10^{-8} เมตรหรือความยาวคลื่นช่วงตั้งแต่ 10^{-14}-10^{-10}เมตร ความยาวคลื่นของรังสีแกมมาสั้นกว่ารังสีเอกซ์ แต่มีบางช่วงความยาวคลื่นที่คาบเกี่ยวกับรังสีเอกซ์ อย่างไรก็ตามรังสีแกมมาสามารถทะลุสิ่งกีดขวางได้ดีกว่ารังสีเอกซ์ รังสีแกมมามีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้าต่างกับรังสีบีตา (Beta ray) (อิเล็กตรอนพลังงานสูง มีสภาพเป็นลบทางไฟฟ้า) และรังสีแอลฟา (Alpha ray) (นิวเคลียสของอนุภาคฮีเลียม มีสภาพเป็นบวกทางไฟฟ้า) รังสีแกมมาไม่เบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก อีกทั้งยังไม่มีมวลและเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วแสง รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กฟ้าที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสธาตุ โดยที่นิวเคลียสที่อยู่ในสถานะกระตุ้นกลับสู่สถานะพื้นเรียกว่า การสลาย (Decay) เนื่องจากรังสีแกรมมา มีอำนาจทะลุทะลวงสูงสามารถทำลายเซลล์สิ่งมีชีวิตได้จึงนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ในการทำลายเซลล์มะเร็ง ที่มา : สตรีรัตน์ กำแพงแก้ว โฮดัค., “เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เบื้องต้น”

5.10 สเปกโทรสโกปี (Spectroscopy) เป็นเทคนิคที่ศึกษาเกี่ยวกับอันตรกิริยา (Interaction) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) กับสะสาร (Matter) เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากระทบกับสะสาร อันตรกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถเกิดได้หลายปรากฏการณ์ ได้แก่

5.10.1 การสะท้อน (Reflection)

5.10.2 การส่งผ่าน (Transmission)

5.10.3 การดูดกลืน (Absorption)

5.10.4 การเปล่งแสง (Luminescence) ประกอบด้วย

5.10.4.1 การเรืองแสง (Phosphorescence)

5.10.4.2 การวาวแสง (Fluorescence)

5.10.5 การกระเจิง (Scattering)

5.10.6 การหักเห (Refraction)

5.10.7 การเลี้ยวเบน (Diffraction) (สตรีรัตน์ กำแพงแก้ว โฮดัค, 2556: 2-6)

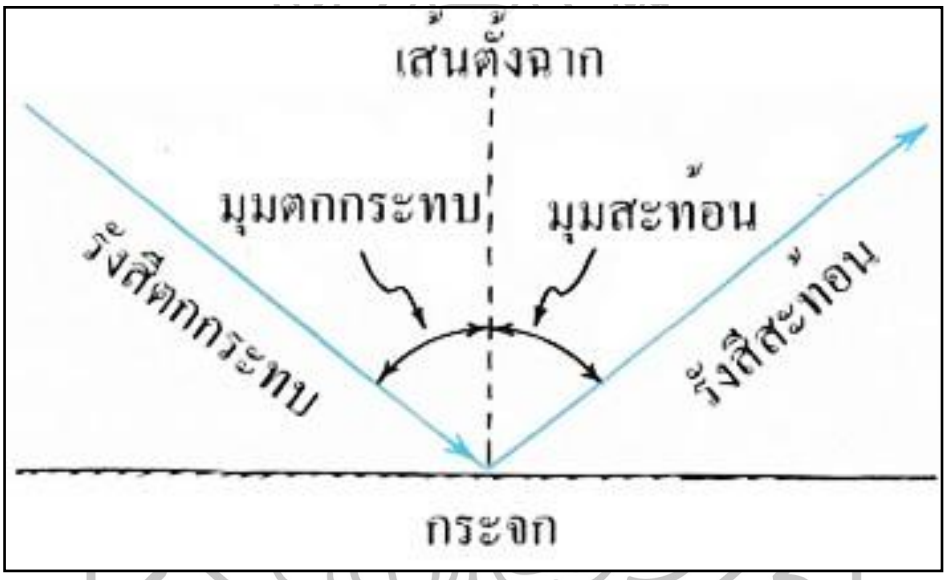
5.10.1 การสะท้อน (Reflection) เมื่อแสงเดินทางมากระทบวัตถุแสงจะสะท้อนกลับไปยังตัวกลางเรียกว่าการสะท้อน หรือหักเห เมื่อเดินทางผ่านตัวกลางเรียกว่าการหักเห แสงเมื่อเดินทางมากระทบวัตถุกันการสะท้อนของแสง ทำให้เกิดมุมตกกระทบคือมุมที่แสงตกกระทบทำกับเส้นตั้งฉากกับกระจก และมุมสะท้อนคือมุมที่แสงสะท้อนทำกับเส้นตั้งฉากกับกระจก

กฎของการสะท้อน กล่าวว่า “เมื่อเกิดการสะท้อนแสงทุกครั้งมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ”

กฎการสะท้อนแสง

1. รังสีตกกระทบ เส้นปกติและรังสีสะท้อนย่อมอยู่บนพื้นระนาบเดียวกัน

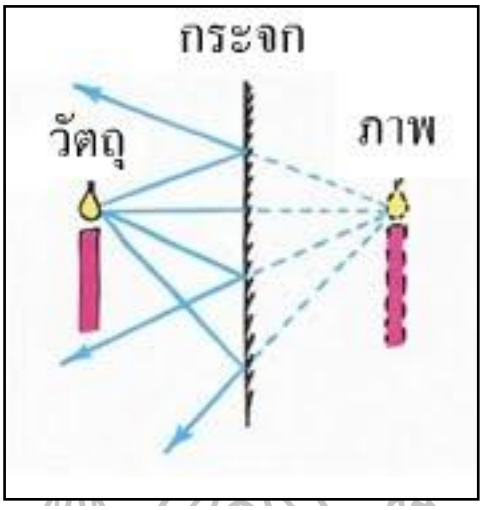
2. มุมในการตกกระทบย่อมโตเท่ากับ มุมสะท้อน (สำนักงานส่งเสริมการศึกษานอกระบบและการศึกษาตามอัธยาศัย สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2559: 289-290)



ภาพที่ 46 ภาพแสดงการสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบผิวสะท้อนราบ

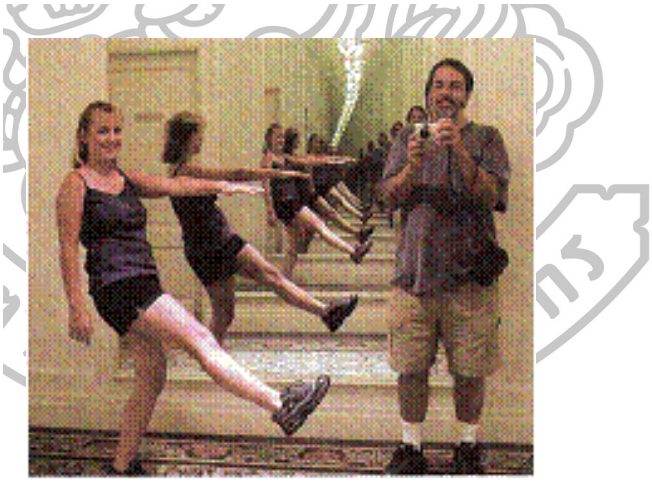
ที่มา: **การสะท้อนของแสง,** เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.atom. rmutphysics. com/charud/oldnews/0/286/16/20/511.jpg

กระจกราบ (Plane Mirrors) เมื่อวัตถุอยู่หน้ากระจก วัตถุจะสะท้อนลำแสงออกมานับล้านเส้น มายังกระจก แต่ขอเขียนลำแสงตัวแทนมาสัก 4 เส้น เมื่อเกิดการสะท้อนแสงที่กระจกมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ทำให้เกิดลำแสงเสมือนตัดกันจนเกิดภาพเสมือนที่หลังกระจก ภาพเสมือนที่หลังกระจกจะมีขนาดเท่ากับวัตถุ และกลับซ้ายเป็นขวา



ภาพที่ 47 ภาพแสดงการเกิดภาพในกระจกเงาราบ

ที่มา: การสะท้อนของแสง, เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/20/512.jpg



ภาพที่ 48 ภาพแสดงการเกิดภาพสะท้อนจำนวนมากเมื่อตั้งกระจกสองอันหันเข้าหากัน

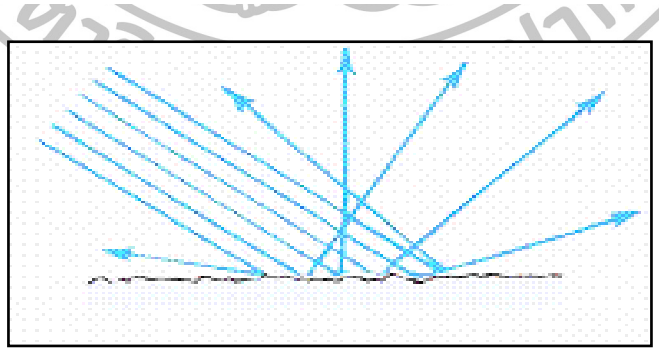
ที่มา: การสะท้อนของแสง, เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/20/513.gif

การสะท้อนบนพื้นผิวขรุขระ (Diffuse Reflection) เมื่อแสงสะท้อนที่ผิวขรุขระ แสงจะสะท้อนออกไปหลายทิศทางพื้นผิวถนนที่แห้งอยู่มีการสะท้อนแสงบนพื้นผิวขรุขระ

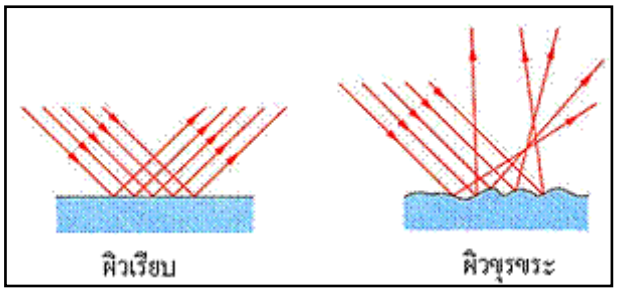
จึงมีแสงสะท้อนมายังตาเรา แต่เมื่อถนนนองไปด้วยน้ำ ผิวน้ำทำให้เกิดการสะท้อนบนผิวเรียบทำให้แสงจากรถสะท้อนไปด้านหน้ารถอย่างเดียวมีเพียงแสงส่วนน้อยที่สะท้อนเข้าตาเราทำให้เรามองพื้นถนนหลังฝนตกไม่ชัดเจน

เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งตกกระทบกับผิวของอีกตัวกลางหนึ่ง แสงจะเกิดการสะท้อนขึ้นกลับมาในตัวกลางเดิม โดยแสงที่สะท้อนออกมาจะเปลี่ยนแปลงตามพื้นผิว โดยถ้าพื้นผิวเรียบแสงสะท้อนจะเป็นระเบียบ แต่ถ้าผิวขรุขระ แสงสะท้อนจะกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ (การสะท้อนของแสง, 2559)

ภาพที่ 49 ภาพแสดงการสะท้อนคลื่นวิทยุบนจารรับสัญญาณดาวเทียมเป็นการสะท้อนบนผิวขรุขระ
ที่มา: **การสะท้อนของแสง,** เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/20/514.jpg



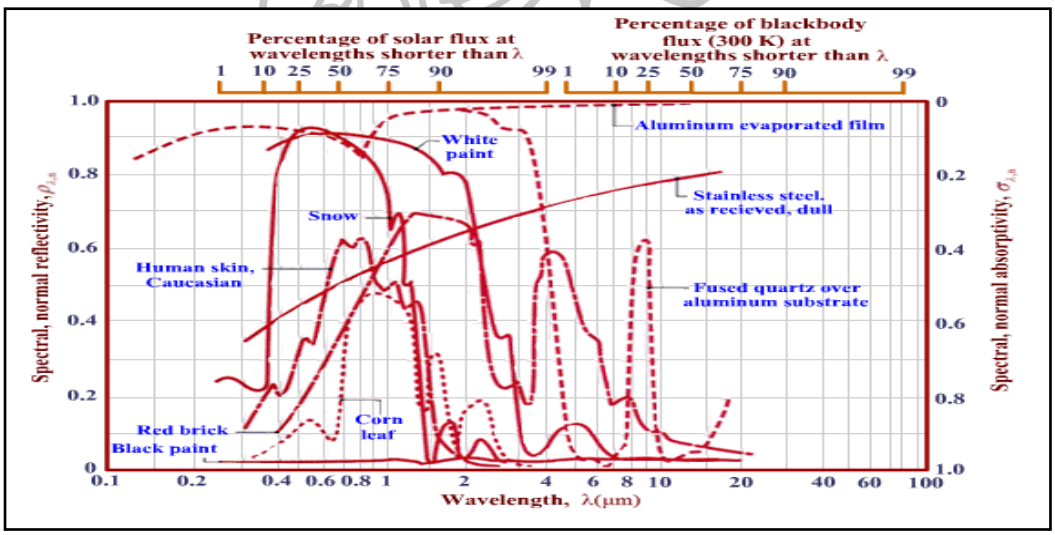
ภาพที่ 50 ภาพแสดงการสะท้อนบนผิวขรุขระ
ที่มา: **การสะท้อนของแสง**, เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/20/515.gif



ภาพที่ 51 ภาพแสดงเปรียบเทียบการสะท้อนบนผิวเรียบและผิวขรุขระ

ที่มา: **การสะท้อนของแสง**, เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/286/16/20/516.gif

5.10.2 การส่งผ่าน (Transmission) เป็นคุณสมบัติพื้นผิวที่เกิดขึ้นในเฉพาะตัวกลางโปร่งแสง (Semitransparent) หมายถึง คุณลักษณะอย่างหนึ่งของผิวที่ยอมให้แสงผ่านทะลุ เรียกว่า Transmissivity



ภาพที่ 52 ภาพแสดงค่าการสะท้อนรังสีตั้งฉากและการดูดกลืนของรังสีตั้งฉากของผิวเลือก

ที่มา: ทวีวัฒน์ สุภารส และคณะ, **การแผ่รังสีความร้อน**, เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Thermal%20Radiation/7-0/p14.gif

5.10.3 การดูดกลืน (Absorption) การดูดกลืน หมายถึงการที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลางทั่วไปเมื่อ พลังงานแสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในวัตถุใดๆ เช่น เตาอบพลังงานแสงอาทิตย์เครื่องต้มน้ำ พลังงานแสงและยังนำคุณสมบัติของการดูดกลืนแสงมาใช้ใน

ชีวิตประจำวัน เช่น การเลือกสวมใส่เสื้อผ้าสีขาวจะดูดแสงน้อยกว่าสีดำ จะเห็นได้ว่า เวลาใส่เสื้อผ้าสีดำอยู่กลางแดดจะทำ ให้ร้อนมากกว่า สีขาว (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2559: 292)

ในคุณสมบัติอย่างหนึ่งของพื้นผิวในการดูดกลืนรังสีความร้อนไว้ และยังแสดงลักษณะที่ขึ้นอยู่กับทิศทาง และการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่น ค่า Spectral Directional Absorptivity นิยามว่าเป็นเศษส่วนของความเข้มที่ความยาวคลื่นหนึ่งที่ตกกระทบผิว ($I\lambda_i$) ในทิศทางของ (u,φ) ที่ดูดกลืนโดยผิวดังนี้

$$x_{\lambda\theta}(\lambda,\theta,\phi) = \frac{I_{\lambda i,abs}(\lambda,\theta,\phi)}{I_{\lambda i}(\lambda,\theta,\phi)}$$

ภาพที่ 53 ภาพแสดงค่า Spectral directional absorptivity
ที่มา: ทวีวัฒน์ สุภารสและคณะ, **การแผ่รังสีความร้อน,** เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จากttp://mte.kmutt.ac.th/elearning/Thermal%20Radiation/6-0/2-36.gif

5.10.4 การเปล่งแสง (Luminescence) คือการปลดปล่อยแสงออกจากสารหนึ่งโดยการกระตุ้นด้วยแสง ปฏิกิริยาเคมีหรือรังสีอิออไนซ์ (Ionizing Radiation) เช่น รังสีเอกซ์ ประกอบด้วย

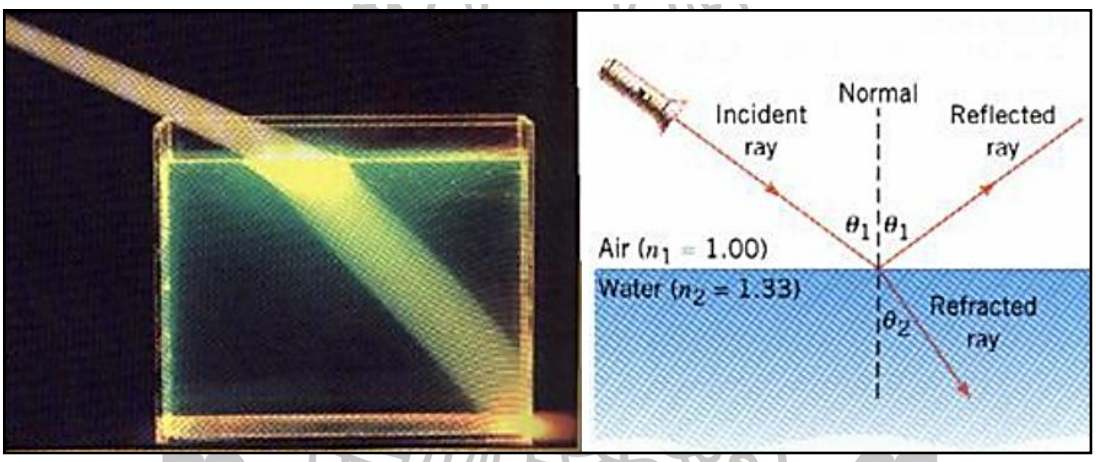
5.10.4.1 การเรืองแสง (Phosphorescence) คือ การเรืองแสงชนิดที่การปลดปล่อยแสงออกมาเกิดขึ้นหลังจากได้รับการกระตุ้นแล้วนานกว่า 10^{-8}วินาที และการเรืองแสงดำเนินต่อไปอีกนานกว่าสัดส่วนของวินาทีเมื่อหยุดการกระตุ้นแล้ว เหตุการณ์นี้เรียกว่า After Glow หรือ Lag

5.10.4.2 การวาวแสง (Fluorescence) คือ การเรืองแสงชนิดที่การปลดปล่อยแสงออกมาเกิดขึ้นทันทีทันใดภายในเวลา 10^{-8} วินาที และหยุดทันทีเมื่อเลิกการกระตุ้น (การใช้อินเทนซิฟายอิงสกรีน, 2559)

5.10.5 การกระเจิง(Scattering) การกระเจิงของแสงเกิดจากอันตรกิริยาระหว่างแสงกับอนุภาค หรือในโมเลกุลที่แสงเคลื่อนที่ผ่าน มีการถ่ายเทพลังงานเกิดขึ้นในการกระเจิง โดยที่โฟตอนจะถ่ายเทพลังงานทั้งหมดหรือเพียงบางส่วนให้กับอนุภาคในตัวกลางถ้าไม่มีการเสีย

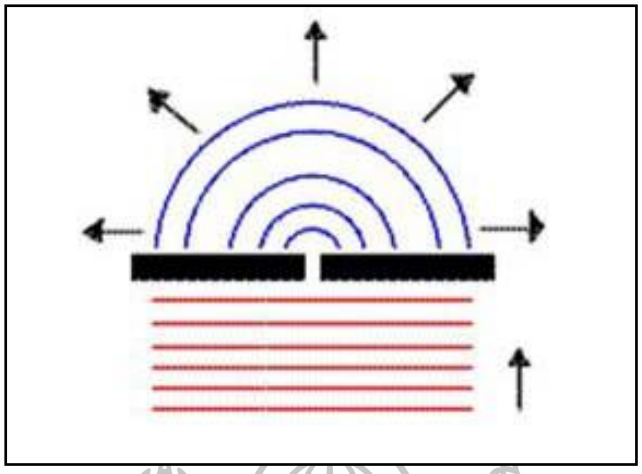
พลังงานของแสงที่กระเจิงการกระเจิงในลักษณะนี้เรียกว่า การกระเจิงแบบยืดหยุ่น (Elastic Scattering) เช่น การกระเจิงแบบเรเล่ย์ (Rayleigh Scattering) ซึ่งเสียพลังงานในการกระเจิงน้อยมาก (วิสันต์ สกุลเจริญ และคณะ, 2559)

5.10.6 การหักเห (Refraction) หมายถึงการที่แสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ทำให้แนวลำแสงเกิดการเบี่ยงเบนไปจากแนวเดิม ความถี่ของแสงยังคงเท่าเดิม ส่วนความยาวคลื่น และความเร็วของแสงจะไม่เท่าเดิมทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงจะอยู่ในแนวเดิมถ้าแสงตกตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางจะไม่อยู่ในแนวเดิม ถ้าแสงไม่ตกตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางเช่น แสงผ่านจากอากาศไปยังน้ำ ดังแสดงในรูป (สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการกระทรวงศึกษาธิการ, 2559: 290-291)



ภาพที่ 54 ภาพแสดงลักษณะการเกิดหักเหของแสง
ที่มา: สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการ กระทรวงศึกษาธิการ, **หนังสือเรียนสาระความรู้พื้นฐาน รายวิชา วิทยาศาสตร์ (พว21001) ระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น,** เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://202.143.165.163/sci_t1/chap12/chap12_4.pdf

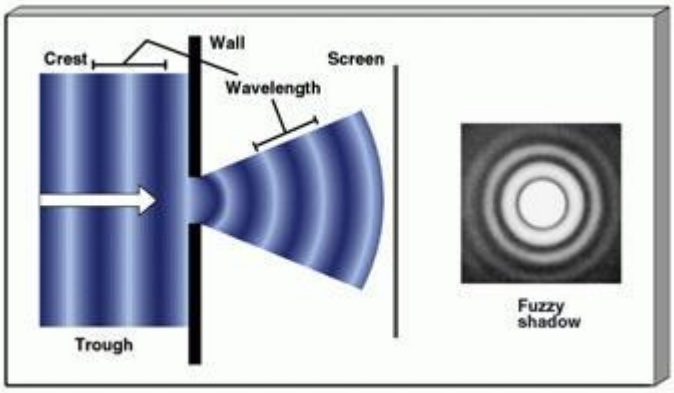
5.10.7 การเลี้ยวเบน (Diffraction) เกิดขึ้นเมื่อคลื่นถูกกีดขวาง สิ่งกีดขวางอาจเป็นฉากที่มีรูเปิดเล็กๆ หรือช่องแคบที่ปล่อยให้คลื่นผ่านไปได้สมมติลำแสงขนานมาจากทางซ้ายผ่านช่องแคบดังรูป ถ้าแสงไม่มีการเลี้ยวเบนแสงที่ผ่านออกไปจะมีขนาดเท่ากับช่องแคบ S แต่ความจริงแล้วแสงมีการเลี้ยวเบน จึงปรากฏเป็นแถบมืดและสว่างสลับซ้ายขวาดังรูปภาพที่ 53 แสดงลักษณะการเกิดหักเหของแสง ความกว้างของแถบสว่างกลางสัมพันธ์กับความกว้างของช่องแคบและความยาวคลื่น (ปรียา อนุพงษ์องอาจ, 2559)



ภาพที่ 55 ภาพแสดงการเลี้ยวเบนของคลื่น

ที่มา: ปรียา อนุพงษ์องอาจ, **การเลี้ยวเบนของแสง**, เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/62/light1/ligh_23_files/image84.jpg

สมมติลำแสงขนานมาจากทางซ้ายผ่านช่องแคบดังรูป ถ้าแสงไม่มีการเลี้ยวเบนแสงที่ผ่านออกไปจะมีขนาดเท่ากับช่องแคบ S แต่ความจริงแล้วแสงมีการเลี้ยวเบน จึงปรากฏเป็นแถบมืดและสว่างสลับซ้ายขวาดังภาพ



ภาพที่ 56 ภาพแสดงการเลี้ยวเบนของแสง

ที่มา: ปรียา อนุพงษ์องอาจ, **การเลี้ยวเบนของแสง**, เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, เข้าถึงได้จาก http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/62/light1/ligh_23_files/image085.jpg

6. เครื่องโพลีไลท์ (Polilight)

เครื่องโพลีไลท์เป็นเครื่องมือตรวจหาร่องรอยวัตถุพยานได้ จากการตรวจหาลายนิ้วมือแฝง ตรวจหาคราบอสุจิ สารคัดหลั่ง น้ำปัสสาวะ น้ำลาย คราบโลหิต เส้นขน เส้นผม รอยเหยียบต่างๆ ร่องรอยของตัวอักษรที่มีการขีดเขียนทาบทับการขูดลบแก้ไขเอกสารต่างๆ โดยใช้สารเคมีช่วย หรือใช้เทคนิคการระเหยออก การย้อม สี โดยการปรับเลือกคลื่นแสงตามความเหมาะสม เครื่องมือนี้ใช้หลอดไฟแบบ Metal halide arc lamp มีระบบนำแสง (Optical) ที่มีความเข้มข้นของลำแสงสูง สามารถเลือกช่วงคลื่นแสงโดยใช้แผ่นกรองแสงได้หลากหลายช่วงแสง คือ Band pass Filter: UV 350 หรือ 365, 415, 450 หรือ 455, (Crime Scene Search filter : short pass filter SP540) หรือ LP530, 515, 530 หรือ 535,620, หรือ 630, White light เป็นต้นในด้านการทำงานเครื่องโพลีไลท์เป็นเครื่องมือที่มีน้ำหนักเบา สามารถใช้ได้ทั้งในและนอกสถานที่ จึงเหมาะกับงานตรวจพิสูจน์หลักฐาน (เจพี โทเทิ่ลโซลูชั่น, 2558)

6.1 POLILIGHT PL400 : ROFIN AUSTRALIA PTY.LTD.

เป็นเครื่องกำเนิดแสงที่มีความเข้มข้นของแสงสูง ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับสำแสงหรือการมองเห็นโดยตรง ในกรณีที่ต้องสัมผัสลำแสงควรใสถุงมือ และควรแต่งกายให้มิดชิดโดยใส่เสื้อแขนยาวกางเกงขายาว ในกรณีที่ต้องสัมผัสลำแสงโดยตรงไม่ควรสัมผัสลำแสงเกิน 12 นาทีต่อวัน หรือ 4 นาทีในกรณีต่อเนื่อง และต้องสวมแว่นตาตามตารางแนะนำ ผู้ไม่ใส่แว่นควรห่างจากลำแสง การทำงานในระยะ 1.5 เมตร

ตารางที่ 17 แนะนำการใช้แว่นเพื่อป้องกันแสง

Filter	Clear	Yello	Orange	Red	Applications
White			/		General searching
UV 350	/	/	/	/	General searching
415		/	/		Blood print, splatter
430			/		General searching (Semen, urea, fiber)
450			/		General searching (Semen, urea, fiber)
470			/		General searching (Semen, urea, fiber)
480			/		General searching (Semen, urea, fiber)
490			/		General searching (Semen, urea, fiber)
LP530	/		/		Broad searching

ตารางที่ 17 แนะนำการใช้แว่นเพื่อป้องกันแสง (ต่อ)

Filter	Clear	Yello	Orange	Red	Applications
LP560	/		/	/	General for all treatments
505			/	/	Ninhydrin & super-glue treatments
515				/	Ninhydrin & super-glue treatments
530				/	DFO & super-glue treatments
550				/	DFO & super-glue treatments
560				/	DFO & super-glue treatments
570				/	Ninhydrin prints, background reduction
590				/	Ninhydrin prints, background reduction
620				/	Ninhydrin prints, background reduction
650				/	Ninhydrin prints, background reduction

ที่มา: เจพี โทเทิ่ลโซลูชั่น, "คู่มือแนะนำการใช้งานROFIN POLOLIGHT PL400" (เอกสารอัดสำเนา คู่มือแนะนำการใช้งาน ROFIN POLILIGHT PL400 สถาบันนิติเวชวิทยาโรงพยาบาลตำรวจ.

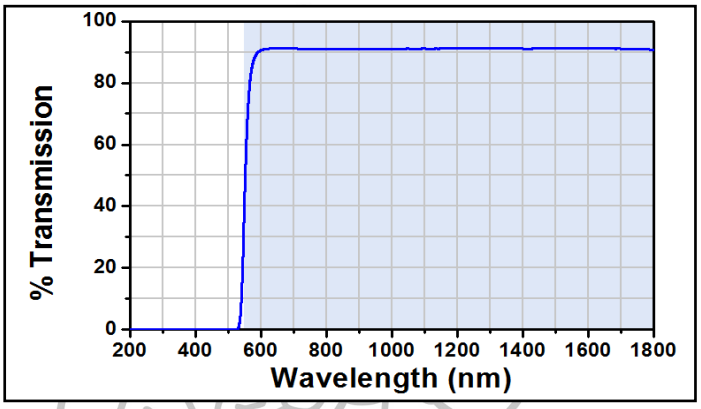
6.2 แผ่นกรองแสง (Filter)

แผ่นกรองแสงมีลักษณะเป็นแก้ว สวมไว้ที่หน้าเลนส์ของกล้องดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นฉากกั้นแสงสีบางสี และเพิ่มแสงสีบางสีให้ตกไปที่ฟิล์ม ทำให้ภาพถ่ายมีสีสันถูกต้องตามความเป็นจริง หรือผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง ช่วยเปลี่ยนความเข้มของสีของวัตถุให้มองเห็นแตกต่างกัน หากสวมแผ่นกรองแสงสีใดถ่ายภาพ แผ่นกรองแสงก็จะดูดกลืน (Absorb) สีอื่นไว้ ปล่อยให้สีที่เหมือนกับแผ่นกรองแสงส่องผ่าน (Transmit) เข้าไปยังเซ็นเซอร์ของกล้องดิจิตอล นักวิทยาศาสตร์เรียกทฤษฎีนี้ว่า ทฤษฎีการเลือกดูดกลืนและเลือกส่องผ่านสี ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวทำให้เราสามารถถ่ายภาพให้สีบางสีสว่าง หรือเข้มได้ตามต้องการ สวมแผ่นกรองแสงสีแดงไว้ที่หน้าเลนส์ ภาพสีที่ถ่ายนั้นจะมีส่วนรวมเป็นสีแดง เพราะแผ่นกรองแสงจะดูดกลืนสีเขียวและสีน้ำเงินไว้ ปล่อยให้แสงสีแดงผ่านเข้าไปบันทึกลงในฟิล์มเพียงสีเดียว และเมื่อใช้แผ่นกรองแสงสีแดงในการถ่ายภาพขาวดำ แสงสีผ่านเข้าไปสู่ดอกไม้และสิ่งอื่นที่มีสีแดง จะมีปริมาณแสงเข้าไปบันทึกในฟิล์มมากกว่าสีอื่น เพราะแว่นกรองแสงสีแดงจะดูดกลืนแสงสีอื่นๆ คือสีเขียวและสีน้ำเงินไว้ จึงทำให้เซ็นเซอร์ของ

กล้องดิจิตอล ในส่วนที่เป็นสีแดงหนาเข้มกว่าส่วนที่เป็นสีอื่น ภาพที่ปรากฏในส่วนที่เป็นสีแดงในภาพจึงมีความขาวสว่างกว่าส่วนที่เป็นสีอื่น (แผ่นกรองแสง, 2559)

6.2.1 Mounted OG550 nm Longpass Colored Glass Filter

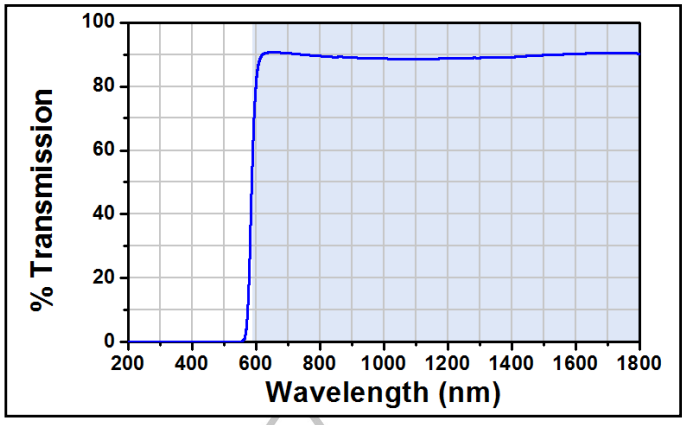
การส่งผ่าน (รวมถึง การสะท้อนพื้นผิว) เป็นการแสดงความยาวคลื่นแสงที่สามารถทะลุผ่านแผ่นกรองแสงไปได้ และในช่วงความยาวคลื่นแสงที่สั้นกว่าจะไม่สามารถผ่านแผ่นกรองแสงได้



ภาพที่ 57 ภาพแสดงความยาวคลื่นของแสงที่สามารถทะลุผ่านฟิลเตอร์ OG550
ที่มา: เจพี โทเทิ่ลโซลูชั่น “คู่มือแนะนำการใช้งานROFIN POLOLIGHT PL400” (เอกสารอัดสำเนา
คู่มือแนะนำการใช้งาน ROFIN POLILIGHT PL400 สถาบันนิติเวชวิทยาโรงพยาบาลตำรวจ.

6.2.2 OG590 nm Longpass Colored Glass Filter

การส่งผ่าน (รวมถึง การสะท้อนพื้นผิว) เป็นการแสดงความยาวคลื่นแสงที่สามารถทะลุผ่านแผ่นกรองแสงไปได้ และในช่วงความยาวคลื่นแสงที่สั้นกว่าจะไม่สามารถผ่านแผ่นกรองแสงได้



ภาพที่ 58 ภาพแสดงความยาวคลื่นของแสงที่สามารถทะลุผ่านฟิลเตอร์ OG590
ที่มา: เจพี โทเทิ่ลโซลูชั่น, "คู่มือแนะนำการใช้งานROFIN POLOLIGHT PL400" (เอกสารอัดสำเนา คู่มือแนะนำการใช้งาน ROFIN POLILIGHT PL400 สถาบันนิติเวชวิทยาโรงพยาบาลตำรวจ.

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีการศึกษาด้านการถ่ายภาพโดยการใช้เทคนิคพื้นฐานของการถ่ายภาพด้วยแสงโดยทั่วไป และการถ่ายภาพแบบ Full Spectrum Digital ผลการศึกษาพบว่า การถ่ายภาพแบบ Full Spectrum Digital ที่เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการนำมาใช้สำหรับถ่ายภาพวัตถุพยานในกรณีการกระทำผิดเกี่ยวกับมนุษย์ โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับประเภทของการถ่ายภาพวัตถุพยาน ที่เหมาะสมกับกรณีต่างๆ และเทคนิคเฉพาะทางต่างๆ ที่ใช้ในการถ่ายภาพแบบ Full Spectrum Digital ในทางนิติวิทยาศาสตร์ ประโยชน์ของเทคนิคการ ถ่ายภาพแบบ Full Spectrum Digital สำหรับการถ่ายภาพในทางนิติวิทยาศาสตร์ ที่ใช้เทคนิคเฉพาะทางในแต่ละกรณี เพื่อเป็นฐานข้อมูลอ้างอิงไว้ด้านนิติวิทยาศาสตร์รวมถึงด้านการถ่ายภาพทางนิติวิทยาศาสตร์ของงานวิจัยต่างประเทศดังนี้

งานวิจัยต่างประเทศ

แฟรงกิ้น ดี ไรท์ และ เกรกอรี่ เอส โกลเด้น (Franklin D. Whight, and Gregory S. Golden, 2010: 59-67) การใช้การถ่ายภาพแบบ full Spectrum Digital สำหรับการเก็บรวบรวมและการเก็บรักษาวัตถุพยานในกรณีที่เกี่ยวข้องกับนิติทันตกรรม โดยศึกษาเอกลักษณ์เฉพาะของเทคนิคการถ่ายภาพแบบ Full Spectrum Digital ช่วงความยาวคลื่นแบบ Full Spectrum ของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า เริ่มจากความยาวคลื่นที่สั้นที่สุด (200-375 นาโนเมตร) ซึ่งก็คือแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) ผ่านช่วง Visible Spectrum (400-700 นาโนเมตร) ไปจนถึงช่วงความยาวคลื่นที่ยาวกว่าความยาวคลื่นอินฟราเรดของ 700-900 นาโนเมตรสำหรับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จะอธิบายลักษณะทางกายภาพของผิวหนังในกรณีเกิดการบาดเจ็บที่ผิวหนังของผู้เสียหายที่ยังมีชีวิตอยู่การถ่ายภาพแบบ

Full Spectrum Digital ของการบาดเจ็บในรูปแบบต่างๆ ในผิวหนังจะเกิดปฏิกิริยา 4 ปฏิกิริยาของผิวหนังเมื่อถูกกระทบโดยรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า การถ่ายภาพในสเปกตรัมที่มองเห็นได้ เป็นเพียงแค่การถ่ายภาพในบางส่วนของปฏิกิริยาทั้ง 4 ปฏิกิริยาที่เกิดทั้งหมดที่เกิดขึ้นเมื่อมีแสงมาตกกระทบผิวหนัง ภาพที่ถ่ายได้จะเป็นการบันทึกการบาดเจ็บเหมือนกับที่มนุษย์มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าในเวลาที่เกิดการถ่ายภาพนั้น การถ่ายภาพด้วยแสงยูวีจะสามารถแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของการบาดเจ็บบริเวณผิวชั้นนอกของผิวหนัง ในขณะที่การถ่ายภาพด้วยแสง IR จะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของเนื้อเยื่อที่เกิดการบาดเจ็บในระดับที่ลึกลงไปถึงชั้นหนังแท้และที่ลึกไปกว่านั้น การถ่ายภาพด้วยเทคนิค ALI จะบันทึกความแตกต่างระหว่างผิวหนังที่ไม่ได้รับบาดเจ็บที่อยู่ติดกับผิวหนังที่ได้รับบาดเจ็บโดยเกิดการเรืองแสง (Fluorescence) การถ่ายภาพแบบ IR อาจจะไม่สามารถสร้างภาพที่แสดงรายละเอียดของบาดแผลได้ เนื่องจากผิวหนังบริเวณนั้นมีความหนาไม่มากพอที่จะแสดงถึงรูปแบบของรอยช้ำที่เกิดขึ้นใต้ผิวหนังที่ลึกลงไป 3 มิลลิเมตร ถ้าไม่พบการบาดเจ็บในระดับพื้นผิวของผิวหนังบริเวณที่ได้รับบาดเจ็บ ก็จะไม่สามารถเห็นรายละเอียดของการบาดเจ็บได้โดยการถ่ายภาพด้วยแสงยูวี

การใช้งานการถ่ายภาพแบบ Full Spectrum Digital ในทางนิติทันตกรรม การถ่ายภาพยูวีในกรณีที่เกี่ยวกับที่มีการหลุดของฟัน ที่เป็นสิ่งที่เหลืออยู่พอที่จะสามารถใช้ระบุตัวตนได้ ที่ถูกซ่อนไว้ การถ่ายภาพยูวีจะเป็นการแสดงเครื่องหมายไว้บนฟันหรือกระดูกที่ติดกับฟันที่หลุดออกไป

การกระทำผิดเกี่ยวกับมนุษย์โดยทั่วไปมักจะพึ่งหลักฐานจากภาพถ่ายของการได้รับบาดเจ็บ การถ่ายภาพแบบ Full Spectrum Digital จะมีความสำคัญในการเก็บรวบรวมและเก็บรักษาหลักฐานของการบาดเจ็บที่เกิดขึ้น และอาจจะใช้เทคนิคอื่นๆ ที่กล่าวมาข้างต้นได้เช่นกัน ขึ้นอยู่กับชนิด และอายุของการบาดเจ็บที่เกิดขึ้น

รอยกัด (Bitemarks) การถ่ายภาพแบบ Full Spectrum Digital จะมีการใช้มากและสำคัญที่สุดสำหรับการใช้งานทางนิติทันตกรรม ในกรณีของรอยกัด (Bitemark Cases) การวิเคราะห์รอยกัดที่เกิดขึ้นมักจะวิเคราะห์ในเชิงของการคาดเดาขนาดจริงของรอยดับจากภาพถ่าย ซึ่งจะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบกับรอยกัดของผู้ต้องสงสัย รายละเอียดที่สำคัญของการเกิดรอยกัดมักจะปรากฏรายละเอียดที่แตกต่างกันเมื่อถ่ายภาพด้วยวิธีการที่ใช้แสง Visible, UV, IR และ ALI การถ่ายภาพโดยวิธีทั้ง 4 นี้จะเป็นการเพิ่มปริมาณของหลักฐานที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ และยังสามารถนำไปเพิ่มความน่าเชื่อถือของความเห็นในการวิเคราะห์รอยกัดที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็น การศึกษา เปรียบเทียบการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนด้วยแสงหลายความยาวคลื่น จะทำให้ได้ รายละเอียดของการถ่ายภาพเพื่อแสดงรอยตำหนิร่องเกลียวและสันเกลียวของลูกกระสุนปืนได้มากกว่าแสงธรรมชาติมากน้อยเพียงใด และแสงใดช่วยทำให้แสดงรายละเอียดของลูกกระสุนปืน หรือร่องรอยอื่น ให้การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนได้ดีที่สุด

1. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

1.1 กล้องถ่ายภาพดิจิตอล ชนิด Full Frame Nikon D750

1.2 Nikon Lens 60mm f/2.8 AF-S Micro-Nikkor

1.3 แสตนถ่ายภาพวัตถุพยาน (Evident Stand)

1.4 เครื่องให้แสงหลายความยาวคลื่น POLILIGHT PL 400 : ROFIN

1.5 แว่นตาใส สีเหลือง สีส้ม สีแดง

1.6 ฟิลเตอร์กรองแสงสีส้ม OG 550 และสีแดง OG 590

1.7 ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. จำนวน 15 กระบอก

1.8 กระสุนปืน ขนาด 9 มม.พาราฯ ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE

1.9 เพลทพลาสติกสีดำชนิดด้าน สำหรับติดลูกกระสุนปืน เสกลบอกขนาดรายละเอียด พร้อมกล่องครอบชนิดใส

1.10 ถังแสตนเลสยิงเก็บหัวกระสุนปืนระบบน้ำวนต้านความเร็วสูง (Illuminated Water Tank)

ภาพที่ 59 แสดงภาพกล้องถ่ายภาพดิจิตอล ชนิด FX Nikon D750

ภาพที่ 60 แสดงเลนส์ถ่ายภาพระยะใกล้ Nikon Lens 60mm f/2.8 AF-S Micro-Nikkor

ภาพที่ 61 แสตนถ่ายภาพวัตถุพยาน (Evident Stand)

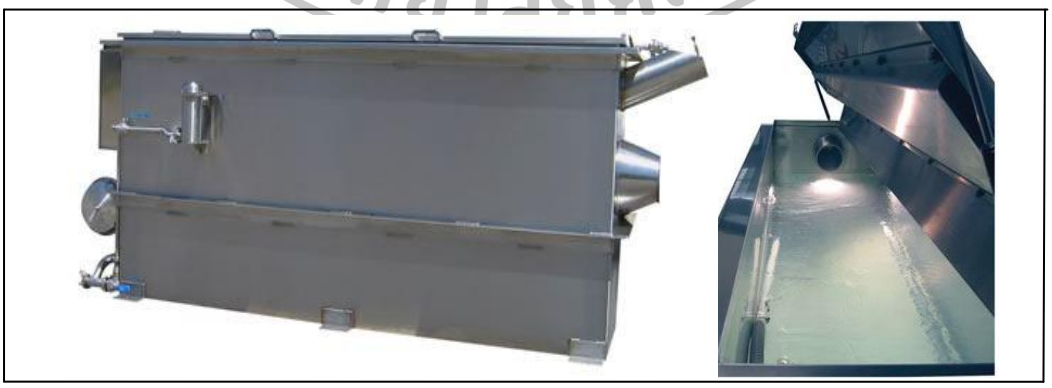
ภาพที่ 62 แสดงเครื่อง POLILIGHT PL 400 : ROFIN

ภาพที่ 63 แสดงแว่นตาใส สีเหลือง สีส้ม สีแดง

ภาพที่ 64 แสดงฟิลเตอร์กรองแสงสีส้ม OG 550 และสีแดง OG 590

ภาพที่65 แสดงกระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE

ภาพที่ 66 แสดงเพลทพลาสติกสีดำชนิดด้าน ติดลูกกระสุนปืน เสกลบอกขนาดและรายละเอียด พร้อมกล่องครอบชนิดใส



ภาพที่ 67 แสดงถังแสตนเลส ยิงเก็บลูกกระสุนปืนระบบน้ำวน

2. วิธีการทดลอง

2.1 จัดเตรียมอุปกรณ์ สถานที่ อาวุธปืนพกกึ่งอัตโนมัติ จำนวน 1 5 กระบอก และลูกกระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE

2.2 สวมถุงมือยาง อุปกรณ์ป้องกันเสียง ก่อนยิงปืน

2.3 ทำการยิงปืนเข้าถังแสตนเลสยิงเก็บลูกกระสุนปืนระบบน้ำวนต้านความเร็วสูง ทำการยิงด้วย อาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. ยิงซ้ำ 3 นัดอย่างต่อเนื่อง โดยแต่ละนัดไม่หยุดทำความสะอาดลำกล้อง

2.4 เก็บลูกกระสุนปืน 3 นัดของแต่ละกระบอก ผึ่งลมให้แห้งและนำไปบรรจุใส่ถุงเพื่อแยกเก็บลูกกระสุนปืน

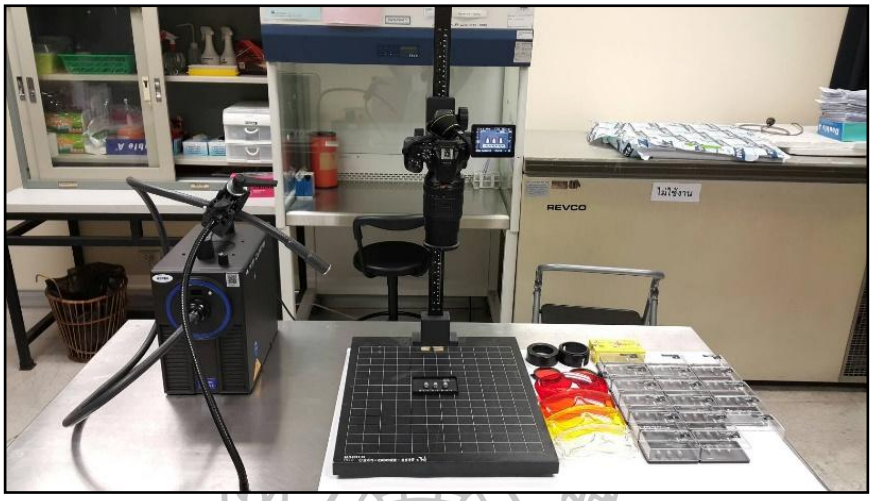
2.5 นำลูกกระสุนปืนมาติดลงเพลทพลาสติกสีดำ ชนิดด้าน ติดเสกลบอกขนาดและรายละเอียด พร้อม กล่องครอบชนิดใส จำนวนทั้งสิ้น 15 ชุด

2.6 นำชุดลูกกระสุนปืน ทั้ง 15 ชุดมาถ่ายภาพ ด้วยแสงธรรมชาติแบบสี และ แบบ Monotone และแสงจากเครื่อง Polilight หลายความยาวคลื่น แบบMonotone จัดแสงทำมุมที่ 45 องศา

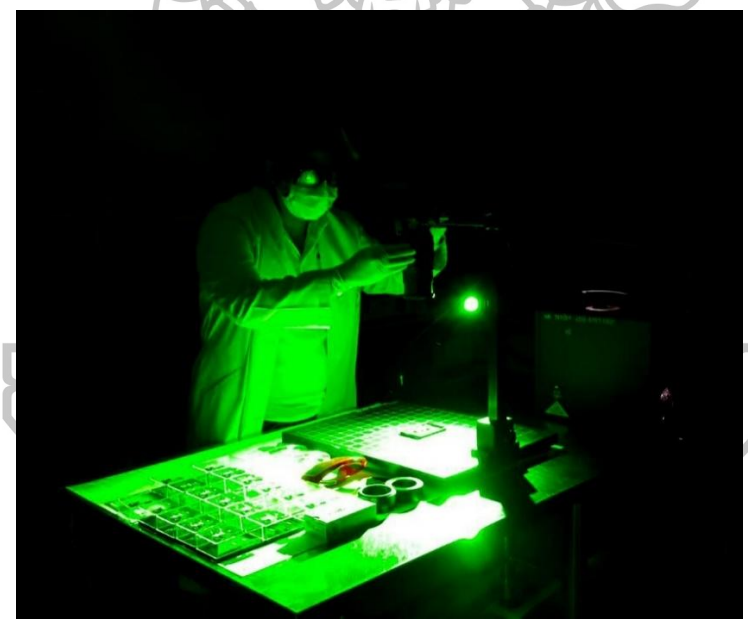
2.7 ติดแผ่นกรอง OG 550 หรือ OG 590 ติดที่หน้าเลนส์ Nikon Lens 60mm f/2.8 AF-S Micro-Nikkor และนำกล้องถ่ายภาพดิจิตอล ชนิด FX Nikon D750 ยึดจับกับแสตนถ่ายภาพ

2.8 ระยะห่างระหว่างกล้องถึงลูกกระสุนปืน วัดจากเสกลที่แสดงไว้บนแสตนถ่ายภาพที่ระยะ32 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะชัดที่สุด ทำการวัดแสงแบบเฉพาะจุดจากกล้องดิจิตอล ที่ NORMAL หรือ “O”

2.9 ในทุกการเปลี่ยนความยาวคลื่นแสง ต้องทำการวัดแสงก่อนการถ่ายภาพ และสังเกตทุกภาพให้แสงที่วัดได้จากกล้อง ให้ค่าเป็น NORMAL หรือ “O” เสมอ



ภาพที่ 68 แสดงชุดเครื่องมือ-อุปกรณ์การถ่ายภาพลูกกระสุนปืน



ภาพที่ 69 แสดงการถ่ายภาพด้วยแสงหลายความยาวคลื่น

ภายหลังจากนำลูกกระสุนปืนมาติดลงเพลทพลาสติกสีดำชนิดด้าน และทำการถ่ายภาพด้วยแสงต่างๆ ในการถ่ายภาพที่แสงมาจากเครื่อง Polilight เป็น Visible Light ตั้งค่าการบันทึกภาพแบบ Monotone เพื่อการแสดงภาพและสังเกตความชัดเจนของรอยร่องเกลียวที่ลูกกระสุนปืนได้ง่ายยิ่งขึ้น ในการถ่ายภาพด้วยแสงหลายความยาวคลื่นนั้นได้แสดง ตารางค่าแสงที่ใช้ในการถ่ายภาพ

การวัดแสง ฟิลเตอร์ และตารางการบันทึกภาพสี ภาพโมโนโทนและเทคนิคการถ่ายภาพดังตาราง ในภาคผนวก ก.

3. การวิเคราะห์ผล

นำไฟล์ภาพถ่ายส่งแลปอัดภาพ ขนาด 5 x7 นิ้ว และใส่อัลบั้มภาพ และให้ผู้ชำนาญการด้านการตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน เป็นผู้ให้คะแนนภาพถ่ายลูกกระสุนปืนโดยเปรียบเทียบภาพถ่ายกับลูกกระสุนปืนที่ติดลงบนเพลท ด้วยเครื่อง Integrated Ballistic Identification System (IBIS) ผ่านโปรแกรมในการตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนปืนและปลอกกระสุนปืน

มหาวิทยาลัยศิลปากร

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการเก็บลูกกระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet Master ชนิด LEAD ROUND NOSE ด้วยการยิงจากอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติ ขนาด 9 มม. เพื่อดูรอยร่องเกลียว สันเกลียวที่ลูกกระสุนปืน อันเกิดจากเกลียวลำกล้องตามหลักไจโรหรือการหมุนควงเพื่อรักษาวิถี ซึ่งปืนแต่ละกระบอกจะมีการเกิดรอยร่องเกลียว สันเกลียว ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะ ในปัจจุบัน การตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนปืนว่า ลูกกระสุนปืนได้ใช้ยิงมาจากอาวุธปืนที่ต้องสงสัยหรือไม่ โดยวิธีหนึ่งที่นิยมใช้คือการเปรียบเทียบรอยร่องเกลียวปืนจากวัตถุพยานลูกกระสุนปืนที่ติดมากับ ผู้บาดเจ็บหรือติดมากับศพ กับลูกกระสุนปืนที่ยิงด้วยอาวุธปืนที่จับยึดได้จากผู้ต้องหาหรือผู้ต้อง สงสัยเพื่อทำการตรวจพิสูจน์

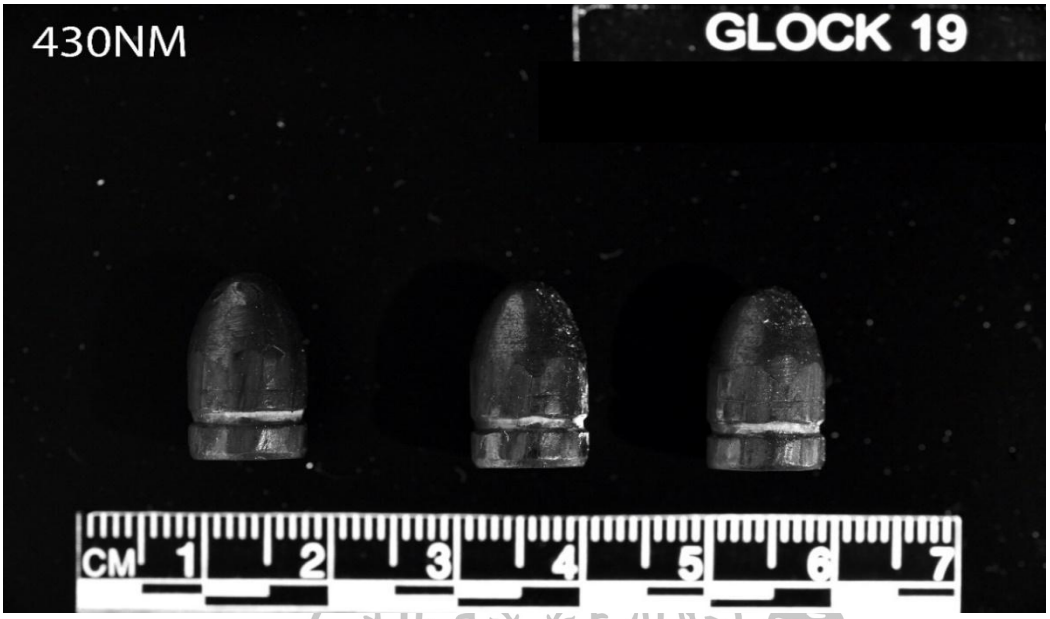
ภายหลังทำการถ่ายภาพเสร็จสิ้นแล้ว นำไฟล์ภาพมาทำการเปรียบเทียบโดยให้ผู้ชำนาญการ ด้านการตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุน เป็นผู้ให้คะแนนภาพถ่ายลูกกระสุนปืนโดยเปรียบเทียบ ภาพถ่ายกับลูกกระสุนปืนที่ติดลงบนเพลท ด้วยเครื่อง Integrated Ballistic Identification System (IBIS) ผ่านโปรแกรมในการตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนปืนและปลอกกระสุนปืน เพื่อวิเคราะห์ ภาพถ่ายลูกกระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet Master ชนิด LEAD ROUND NOSE ในความชัดของร่องเกลียวกับความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย

1. ตัวอย่างภาพถ่ายแสดงผลการทดลอง
2. การให้ผลคะแนนภาพถ่าย ลูกกระสุนปืน โดยผู้ชำนาญการตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน

1. ตัวอย่างภาพถ่ายแสดงผลการทดลอง

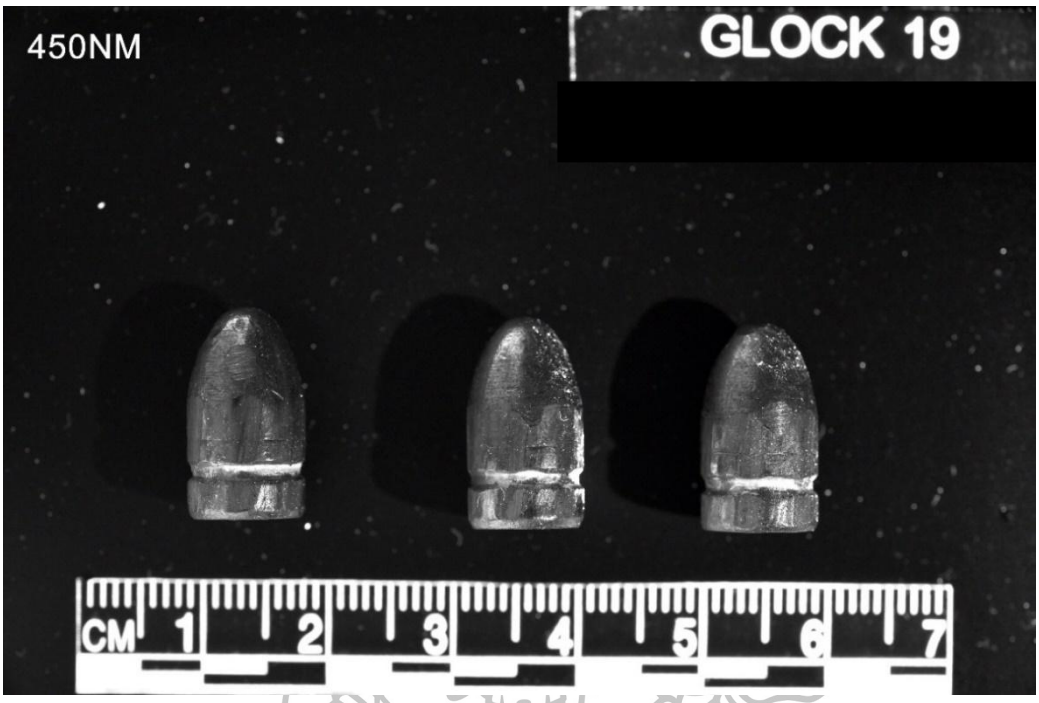
ภาพที่ 70 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติ แบบสี

ภาพที่ 71 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติ แบบ Monotone

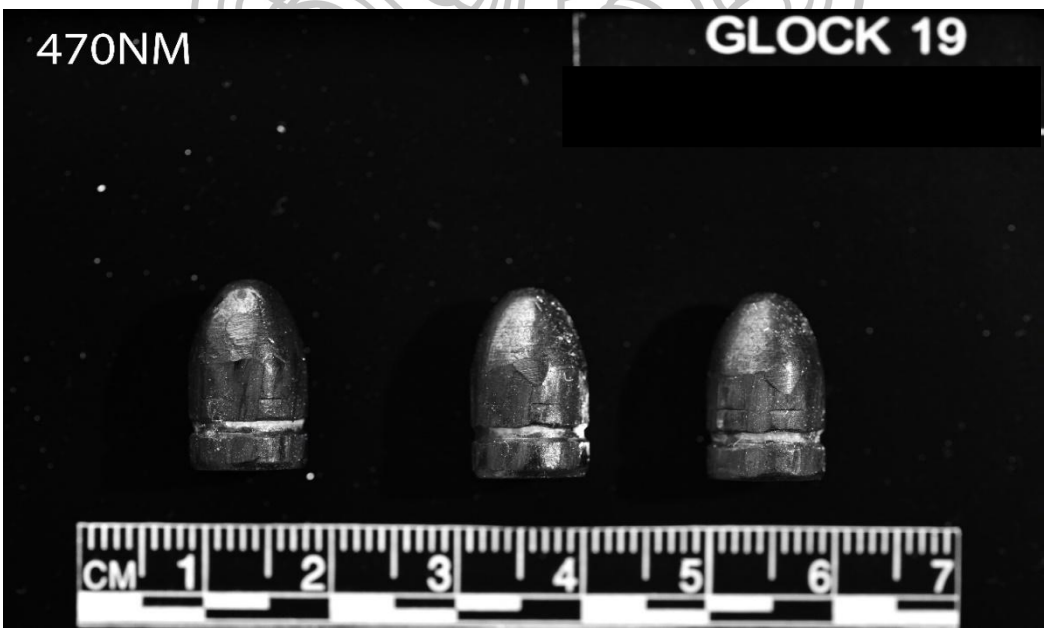


ภาพที่ 72 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร แบบ Monotone

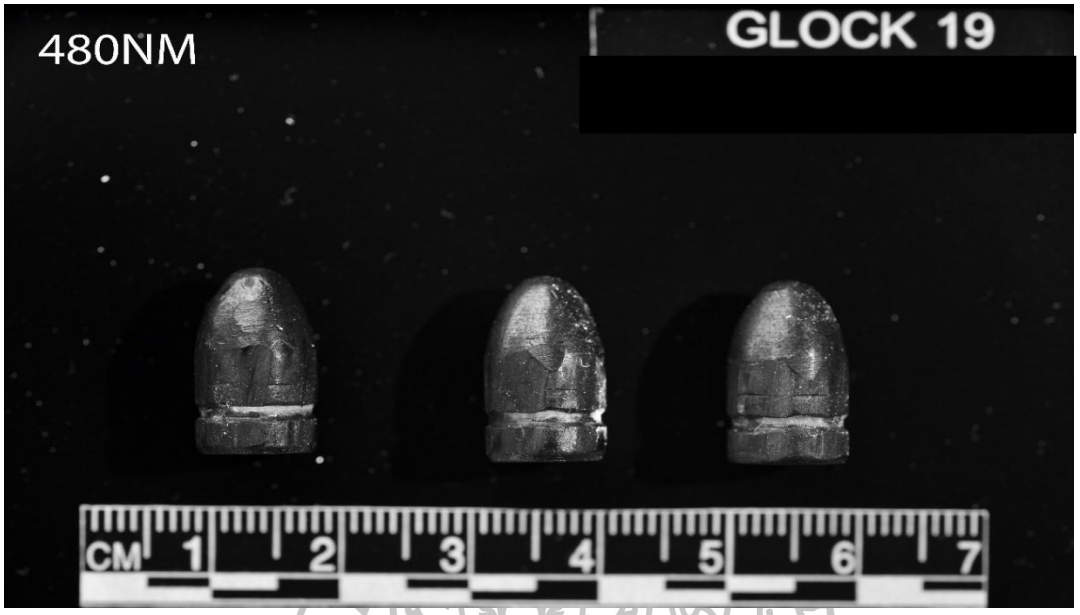
ภาพที่ 73 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร แบบ Monotone



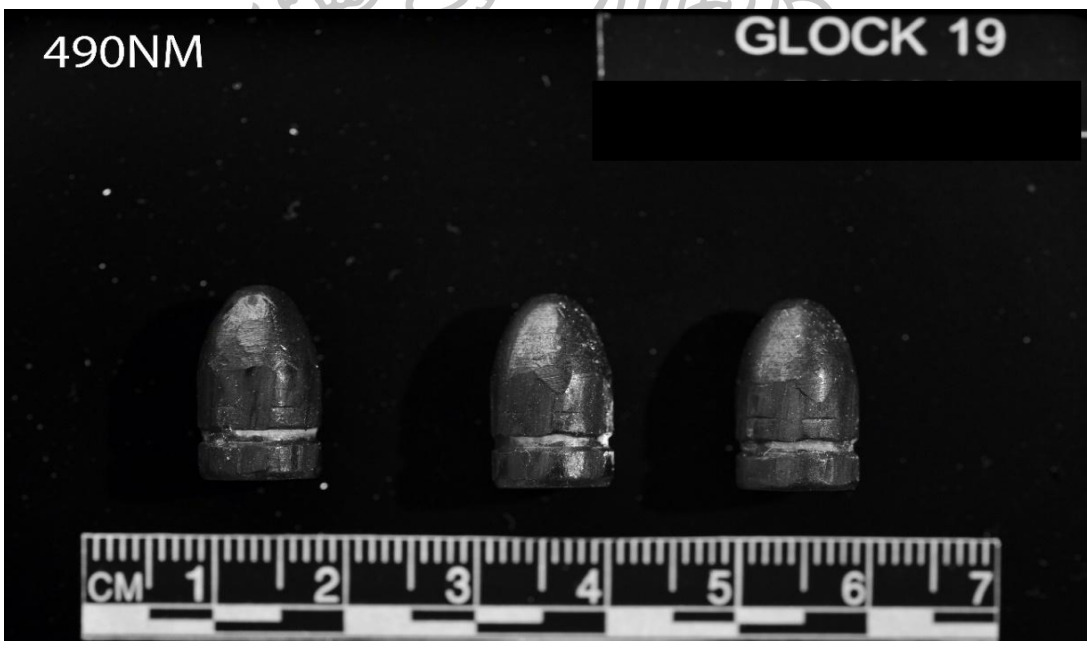
ภาพที่ 74 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แบบ Monotone



ภาพที่ 75 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร แบบ Monotone



ภาพที่ 76 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร แบบ Monotone



ภาพที่ 77 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร แบบ Monotone

ภาพที่ 78 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น LP1 แบบ Monotone

ภาพที่ 79 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร แบบ Monotone

ภาพที่ 80 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร แบบ Monotone

ภาพที่ 81 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร แบบ Monotone

ภาพที่ 82 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร แบบ Monotone

ภาพที่ 83 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร แบบ Monotone

ภาพที่ 84 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร แบบ Monotone

ภาพที่ 85 แสดงตัวอย่างภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร แบบ Monotone

ภาพที่ 86 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร แบบ Monotone

ภาพที่ 87 แสดงตัวอย่างภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร แบบ Monotone

2. การให้ผลคะแนนภาพถ่ายลูกกระสุนปืน โดยผู้ชำนาญการตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้

ความคมชัด 20 เปอร์เซ็น ระดับคะแนนเท่ากับ 1

ความคมชัด 40 เปอร์เซ็น ระดับคะแนนเท่ากับ 2

ความคมชัด 60 เปอร์เซ็น ระดับคะแนนเท่ากับ 3

ความคมชัด 80 เปอร์เซ็น ระดับคะแนนเท่ากับ 4

ความคมชัด 100 เปอร์เซ็น ระดับคะแนนเท่ากับ 5

พบรอยตำหนิที่สายตามนุษย์ไม่เห็น ระดับคะแนนเท่ากับ *

ตารางที่ 18 แสดงผลคะแนนภาพถ่ายลูกกระสุนปืนโดยผู้ชำนาญการงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน

NAME/Light	430nm	440nm	450nm	470nm	480nm	490nm	LP1	505nm	530nm
CZ 75 Compact	2	5	5*	5	3	2	4	5	4
CZ 75 D	3	4	5*	3	3	3	5	5	4
CZ 75 P-07 580659	2	3	4*	2	2	2	4	5	4
CZ 75 POI	3	4	5*	4	3	3	4	5	4
CZ MOD 75B	2	3	5*	4	4	4	4	5	4
GLOCK19	1	3	4*	3	3	3	4	4	5
GLOCK19	2	2	3*	3	3	3	4	5	4
GLOCK19 GEN 4	2	4	5*	4	3	3	3	5	4
GLOCK19	3	3	5*	5	3	3	4	5	4
GLOCK26	1	1	4*	4	4	3	4	5	4
GLOCK26	1	1	5*	2	2	2	4	5	4
GLOCK26 MOD26	1	2	3*	4	3	3	4	5	4
SMITH&WESSON	2	2	5*	3	3	2	4	5	4
STEYR M9-A1	2	2	4*	2	2	2	5	5	4
TAURUS MOD PT92AFS	2	2	5*	3	2	2	4	5	4
ค่าเฉลี่ย	1.9	2.8	4.4	3.4	2.9	2.7	4.1	4.9	4.1
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.7	1.2	0.7	1.0	0.6	0.6	0.5	0.3	0.3

ตารางที่ 18 แสดงผลคะแนนภาพถ่ายลูกกระสุนปืนโดยผู้ชำนาญการงานตรวจอาวุธปืนและเครื่องกระสุนปืน (ต่อ)

NAME/Light	550nm	555nm	560nm	570nm	590nm	620nm	650nm	NU-Colour	NU-Mono
CZ 75 Compact	3	3	2	2	2	2	2	3	4
CZ 75 D	4	3	2	2	3	3	3	2	4
CZ 75 P-07 580659	4	4	3	3	2	3	3	2	4
CZ 75 POI	3	3	2	2	2	2	2	4	4
CZ MOD 75B	4	3	3	3	2	3	3	3	4
GLOCK19	4	4	3	3	3	2	2	3	5
GLOCK19	4	3	2	2	2	2	2	3	4
GLOCK19 GEN 4	4	3	3	3	3	2	2	2	4
GLOCK19	3	3	2	2	2	2	2	3	4
GLOCK26	3	3	2	2	3	2	3	3	4
GLOCK26	4	3	2	2	3	2	3	4	4
GLOCK26 MOD26	4	4	2	2	3	3	3	4	4
SMITH&WESSON	4	3	2	2	3	3	3	4	4
STEYR M9-A1	4	3	2	2	3	2	2	3	4
TAURUS MOD PT92AFS	4	3	2	2	2	3	2	4	4
ค่าเฉลี่ย	3.7	3.2	2.3	2.3	2.6	2.4	2.5	3.1	4.1
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.3

จากการวิจัยพบว่า ภาพถ่ายลูกกระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet Master ชนิด LEAD ROUND NOSE จำนวน 15 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 3 ลูก ในความชัดของร่องเกลียวที่มีการเปลี่ยนแปลงกับความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันดังนี้

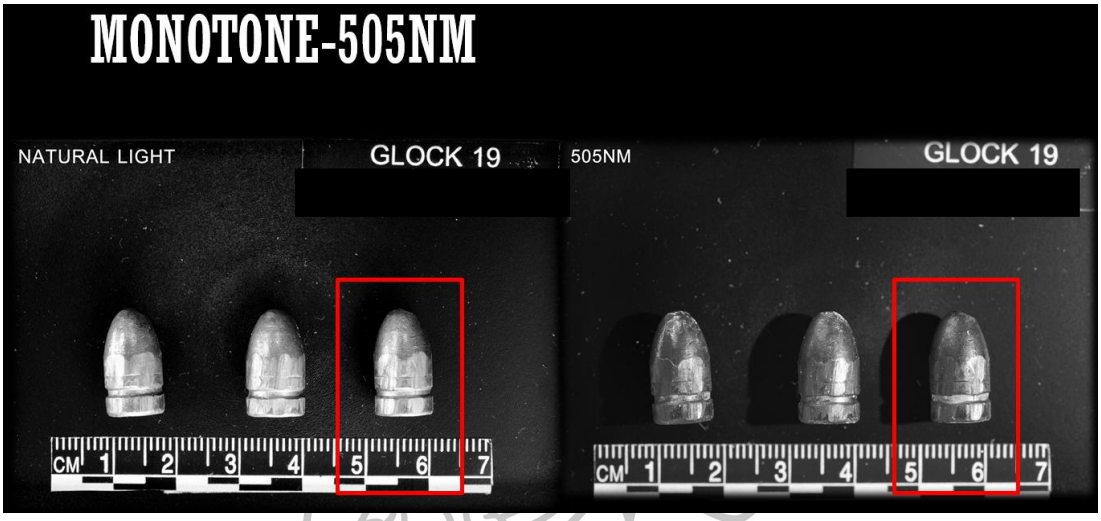
2.1 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืน ด้วยแสงธรรมชาติ แบบสี พบว่ามีแสดงรายละเอียดสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจน แต่ในร่องเกลียว สันเกลียวของปืน GLOCK แสดงรายละเอียดได้ชัดเจนน้อยกว่าและมีแสงสีอื่นๆ รบกวนสายตา

ภาพที่ 88 แสดงภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติ แบบสี แสดงรายละเอียดได้ชัดเจนน้อยกว่าและมีแสงสีอื่นๆ รบกวนสายตา

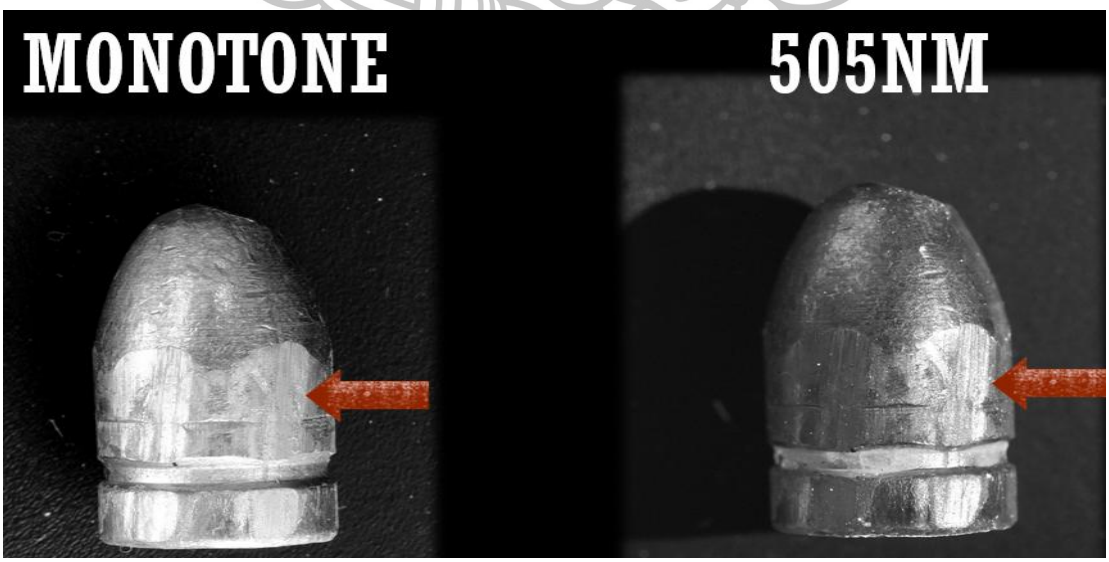
2.2 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืน ด้วยแสงธรรมชาติ แบบ Monotone พบว่ามีแสดงรายละเอียดสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจน แต่ในร่องเกลียว สันเกลียวของอาวุธปืน GLOCK แสดงรายละเอียดได้ชัดเจนน้อยและไม่มีแสงสีอื่นๆรบกวนสายตา

ภาพที่ 89 แสดงภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติ แบบ Monotone ในอาวุธปืน GLOCK แสดงรายละเอียดชัดเจนได้น้อยกว่าอาวุธปืนอื่นๆ

2.3 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืน ด้วยคลื่นแสง 505 นาโนเมตร พบว่ามีแสดงรายละเอียดสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจนที่สุด คิดเป็น 100% โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ4.9 และคลื่นแสง LP1 และ 530 นาโนเมตร พบว่ามีแสดงรายละเอียดสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ ชัดเจน คิดเป็น 80 % โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.1

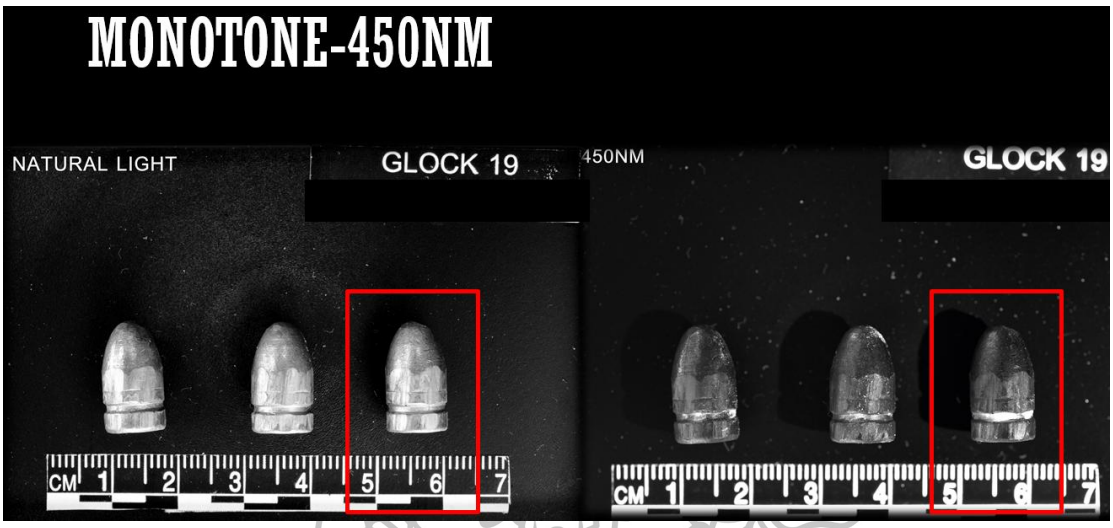


ภาพที่ 90 แสดงภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติแบบ Monotone เปรียบเทียบกับภาพถ่ายความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร ที่แสดงความแตกต่างในรายละเอียดสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจนที่สุด

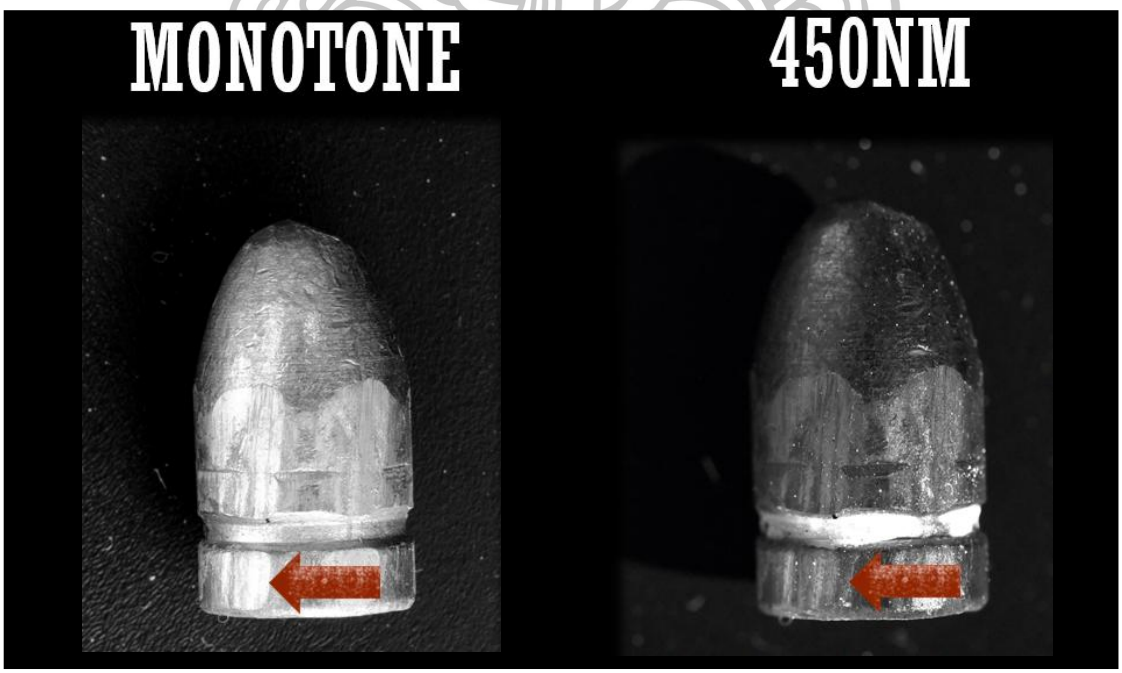


ภาพที่ 91 แสดงภาพส่วนขยายจากกรอบภาพที่ 90 แสดงความแตกต่างในรายละเอียดสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจนที่สุด

2.4 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืน ด้วยคลื่นแสง 450 นาโนเมตร พบว่ามีแสดงรายละเอียดตำหนิร่องเกลียวบนลูกกระสุนปืนที่สายตามนุษย์มองไม่เห็น คิดเป็น 100% โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.4



ภาพที่ 92 แสดงภาพถ่ายลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงธรรมชาติแบบ Monotone เปรียบเทียบกับภาพถ่ายความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แสดงรายละเอียดตำหนิร่องเกลียวบนลูกกระสุนปืน ที่สายตามนุษย์มองไม่เห็น



ภาพที่ 93 แสดงภาพส่วนขยายจากกรอบภาพที่ 92 แสดงรายละเอียดตำหนิร่องเกลียวบนลูกกระสุนปืน ที่สายตามนุษย์มองไม่เห็น

บทที่ 5
สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของภาพถ่ายดิจิตอลจากรอยตำหนิร่องเกลียวและ สันเกลียวบนลูกกระสุนปืนแบบใช้แสงต่างความยาวคลื่น เป็นการวิจัยที่มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างแสงต่างความยาวคลื่นที่เหมาะสม การถ่ายภาพดิจิตอลกับ ลูกกระสุนปืน โดยทำการยิงทดสอบด้วยอาวุธปืนกึ่งอัตโนมัติกับ กระสุนปืน ขนาด 9 มม.พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE และทำการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล โดยใช้แสงที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร, 440 นาโนเมตร, 450 นาโนเมตร, 470 นาโนเมตร, 480 นาโนเมตร, 490 นาโนเมตร, LP1, 505 นาโนเมตร, 530 นาโนเมตร, 550 นาโนเมตร, 555 นาโนเมตร, 560 นาโนเมตร, 570 นาโนเมตร, 590 นาโนเมตร, 620 นาโนเมตร, 650 นาโนเมตร, แสงธรรมชาติ และเปรียบเทียบตำหนิพิเศษที่ร่องเกลียวและสันเกลียวบนลูกกระสุนปืน

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 พบว่าที่แสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร ให้ภาพถ่ายแบบ Monotone แสดงรอยตำหนิสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจนที่สุด จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนที่ยิงมาจากปืนที่มีสันเกลียว

1.2 พบว่าที่คลื่นแสงความยาว 450 นาโนเมตร สามารถแสดงร่องรอยขีดข่วนในร่องเกลียวบนลูกกระสุนปืน ที่การถ่ายภาพปกติไม่สามารถมองเห็น

1.3 การถ่ายภาพ ลูกกระสุนปืน ด้วยแสง ธรรมชาติ ภาพสี พบว่า บนลูกกระสุนปืนที่แสดงร่องเกลียวที่ชัดเจน เช่นSMITH&WESSON, STEYR และ TAURUS แสดงรายละเอียดสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจน แต่ในอาวุธปืน GLOCK แสดงรายละเอียดได้ชัดเจนน้อยกว่าและมีแสงสีอื่นๆรบกวนสายตา

1.4 การถ่ายภาพลูกกระสุนปืน ด้วยแสงธรรมชาติ ภาพขาวดำ พบว่า บนลูกกระสุนปืนที่แสดงร่องเกลียวที่ชัดเจน เช่นSMITH&WESSON, STEYR และ TAURUS แสดงรายละเอียดสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจน แต่ในอาวุธปืน GLOCK แสดงรายละเอียดได้ชัดเจนน้อยลง

2. อภิปรายผลการวิจัย

การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนแสงความยาวคลื่นที่ 505 นาโนเมตร เป็นช่วงคลื่นแสงที่ทำให้ ภาพถ่ายรอยสันเกลียวร่องตื้นบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจนที่สุด เนื่องจากแสงที่ความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร กระทบกับวัตถุที่เป็นโลหะ (ลูกกระสุนปืน) ผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง (OG590) ที่หน้าเลนส์ ในการถ่ายภาพขาวดำ แสงสีแดงที่ผ่านเข้าไปจะมีปริมาณแสงมากกว่าสีอื่นเพราะแผ่นกรองแสงสีแดง (OG590) "จะดูดกลืนแสงสีอื่นๆ คือสีเขียวและสีน้ำเงินไว้" จึงทำให้ได้ภาพในส่วนที่เป็นสีแดงจึงมีความขาวสว่างกว่าส่วนที่เป็นสีอื่นอย่างเหมาะสมกับการมองเห็นของสายตามนุษย์ และเป็นแสงสว่างที่พอเหมาะกับการบันทึกภาพ พบว่าที่คลื่นแสงความยาว 450 นาโนเมตร สามารถแสดงร่องรอยขีดข่วนในร่องเกลียวบนลูกกระสุนปืน ที่การถ่ายภาพปกติไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ แฟรงคิ้น ดี ไรท์, เกรกอรี่ เอส โกลเด้น (Franklin D. Whight, Gregory S. Golden 2010: 59-67) การใช้การถ่ายภาพแบบ Full Spectrum Digital การถ่ายภาพด้วยเทคนิค ALI (ที่แสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร เท่านั้น) จะบันทึกความแตกต่างระหว่างผิวหนังที่ไม่ได้รับบาดเจ็บที่อยู่ติดกับผิวหนังที่ได้รับบาดเจ็บโดยเกิดการเรืองแสง (Fluorescence) ในระดับพลังงานต่ำ จากผิวหนังที่ได้รับบาดเจ็บ เมื่อ Monochromatic Light กระทบผิวหนัง ก็สามารถตรวจพบการเรืองแสงFluorescence ที่ระดับพลังงานที่สูงกว่า จึงเชื่อว่าแสงความยาว 450 นาโนเมตร สามารถสะท้อนร่องรอยขีดข่วนที่มีขนาดเล็กมากกว่าตามนุษย์มองเห็น และเกิดการสะท้อนกลับ ผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง (OG590) สู่เซนเซอร์รับภาพของกล้องดิจิตอล เป็นกระบวนการสร้างภาพที่เหมาะสม

3. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

เนื่องการวิจัยข้างต้นพบว่าที่แสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร ให้ภาพถ่ายแบบ Monotone แสดงรอยตำหนิสันเกลียวบนลูกกระสุนปืนได้ชัดเจนที่สุด จึงเหมาะสมกับการนำไปใช้การถ่ายภาพลูกกระสุนปืนที่ยิงมาจากปืนที่มีสันเกลียว ที่คลื่นแสงความยาว 450 นาโนเมตร สามารถแสดงร่องรอยขีดข่วนในร่องเกลียวบนลูกกระสุนปืน ที่การถ่ายภาพปกติไม่สามารถมองเห็น ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

3.1 ทดลองใช้กับลูกกระสุนปืนที่เสียสภาพว่าจะยังคงใช้

3.2 ใช้ลูกกระสุนปืนที่มีความหลากหลายมากกว่าการใช้กระสุนปืน ขนาด 9 มม. พาราเบลลั่ม ยี่ห้อ Bullet master ชนิด LEAD ROUND NOSE เพียงชนิดเดียว

3.3 นำกล้องถ่ายภาพดิจิตอลชนิด DX ซึ่งใช้เซ็นเซอร์ขนาดเล็กกว่าฟิล์ม 35 มม. (APS Sensor) มาใช้ในการทดลอง แทนการใช้กล้อง FX (Full frame)

3.4 ทำการทดลองการถ่ายภาพด้วยแสงต่างความยาวคลื่นร่วมกับแสงธรรมชาติ

3.5 นำไปประยุกต์ใช้ในสถานที่เกิดเหตุจริง โดยการถ่ายภาพวัตถุพยานใน LIGHT BOX (ต้องเป็นวัสดุผิวด้านสีดำทึบแสง) ใช้แสงจากโพลีไลท์แทนแสงสว่างจากหลอดไฟ ที่สามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างสะดวก

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กล้อง Mirrorless คืออะไร. (2558). เข้าถึงเมื่อ 13 มกราคม. เข้าถึงได้จาก http://camerastips.com/กล้อง-mirrorless-คืออะไร.html

การใช้อินเทนซิฟายอิงสกรีน. (2559). เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www.mt.mahidol.ac. th/e-learning/MTRD310/web/intensifying%20screen/5_2intro.htm

การถ่ายภาพเบื้องต้น. (2558). เข้าถึงเมื่อ 13 มกราคม . เข้าถึงได้จาก http://picturaworld.blogspot.com/2011/12/dof-depth-of-field.html

การบันทึกภาพดิจิตอล. (2558). เข้าถึงเมื่อ 13 มกราคม. เข้าถึงได้จาก http://www.stou.ac.th/offices/ rdec/nakorn/main/swf/DigitalTraining/digital02/digital02_04.html

การสะท้อนของแสง. (2559). เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www.neutron.rmutphysics. com/science-news/index.php?option=com_content&task=view&id=2135&Itemid=4

คลื่นและสมบัติของคลื่นแสง. (2559). เข้าถึงเมื่อ 21 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www. ponglearning.com/?p=865

เจพี โทเทิ่ลโซลูชั่น. (2558). **"คู่มือแนะนำการใช้งาน ROFIN POLILIGHT PL400."** เอกสารอัดสำเนา คู่มือแนะนำการใช้งาน ROFIN POLILIGHT PL400 สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ.

ดีเอสแอลอาร์ คืออะไร. (2559). เข้าถึงเมื่อ 13 มกราคม. เข้าถึงได้จาก http://www.klongdigital./data/dslr

ตะวัน พันธ์แก้ว. (2558). **คู่มือการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ฉบับสมบูรณ์**. กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

ทวีวัฒน์ สุภารส และคณะ. (2558). **การแผ่รังสีความร้อน**. เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://mte.kmutt.ac.th/elearning/Thermal%20Radiation/8-0.htm

แผ่นกรองแสง. (2559). เข้าถึงเมื่อ 21 เมษายน. เข้าถึงได้จาก http://www.courseware.payap.ac.th/docu/ca205/filter.html

ปรียา อนุพงษ์องอาจ. (2559). **การเลี้ยวเบนของแสง (Diffraction).** เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/62/light1/ligh_23.htm

ภาณุพงศ์ ตั้งจิรัฏฐิติกาล. (2559). **คลื่นและสเปกตรัม.** เข้าถึงเมื่อ 4 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www.siamthai.8m.com/Wave.html

เรียวซูกิ ทาคาฮาชิ. (2558). **เคล็ดลับการถ่ายภาพ [บทที่ 4] ทำความเข้าใจเกี่ยวกับความเร็วชัตเตอร์.** เข้าถึงเมื่อ 13 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จากhttps://snapshot.canon-asia.com/ article/ th/lesson-4-understanding-shutter-speed

_____. (2558). **เคล็ดลับการถ่ายภาพ [บทที่ 5] ความไวแสง ISO คืออะไร?**. เข้าถึงเมื่อ 13 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก https://snapshot.canon-asia.com/article/th/lesson-5-what-is-iso-speed

_____. (2558). **เคล็ดลับการถ่ายภาพ [บทที่ 9] การใช้ประโยชน์จากการชดเชยแสง**. เข้าถึงเมื่อ 13 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จากhttps://snapshot.canon-asia.com/article/th/ lesson-9-making-use-of-exposure-compensation

วิทยา สุขสมโสตร. (2558). **สุดยอดปืนเล็ก 9 มม. WONDERNINE.** กรุงเทพฯ: อนิเมทกรุ๊ป.

วิสันต์ สกุลเจริญ และคณะ. (2559). **อันตรกิริยาระหว่างอิเล็กตรอนกับตัวอย่าง.** เข้าถึงเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ . เข้าถึงได้จาก http://www. elec.chandra.ac.th/courses /ELEC2101/ termwork / sem/scan6/sem6.html

สตรีรัตน์ กำแพงแก้ว โฮดัค. (2556). **เทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์เบื้องต้น**กรุงเทพฯ แอคทีฟ พริ้น

สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (มหาชน). (2558). **RAW file กับการถ่ายภาพทางดาราศาสตร์**. เข้าถึงเมื่อ 20 สิงหาคม. เข้าถึงได้จาก http://www.narit.or.th/index .php / astro-photo-article/1932-raw-file-with-astrophotography

สมนึก สีสังข์. (ม.ป.ป.) “ปืนพกลูกโม่ ปืนพกกึ่งอัตโนมัติ.” แบบฝึกพระราชทาน, อัดสำเนา.

สุรเดช วงศ์สินหลั่ง. (2555). **รวมความรู้เรื่องเลนส์.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง.

แสวง เกิดประทุม. (2559). **รังสีอัลตราไวโอเลต**, เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www.tistr.or.th/ed/wp-content/uploads/2014/08/11-4.jpg

สำนักงานปลัดกระทรวงศึกษาธิการกระทรวงศึกษาธิการ. (2559). **หนังสือเรียนสาระความรู้พื้นฐาน รายวิชา วิทยาศาสตร์ (พว21001) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น.** เข้าถึงเมื่อ 7 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www.pattanadownload.com/download/g.6/g6.3/ korsornor%2051/29-51.pdf

อัมพร จารุจินดา. (2542). “ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืน.” เอกสารอัดสำเนา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอาวุธปืนและกระสุนปืนสำหรับผู้เข้าอบรม กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานวิทยาการตำรวจ.

“อาวุธปืน เครื่องกระสุนปืน วัตถุระเบิดดอกไม้เพลิง และสิ่งเทียมอาวุธปืน.” (2490). **ราชกิจจานุเบกษา** เล่ม 64, ตอนที่ 42 (กันยายน): 556.

ฮิสโทแกรม (histogram). (2558). เข้าถึงเมื่อ 19 กุมภาพันธ์. เข้าถึงได้จาก http://www.fotofile.net/ learning/histogram/his.html

ภาษาต่างประเทศ

9×19 mm Parabellum. (2016). Accessed January 22. Available from https://en. wikipedia.org/ wiki/9%C3%9719mm_Parabellum#/media/File:9x19mm_Parabellum.svg

Electromagnetic Spectrum. (2016). Accessed Feburary 4. Available from https://upload. wikimedia.org/ wikipedia/commons/thumb/c/cf/EM_Spectrum_Properties_edit.svg/ 675px-EM_Spectrum_Properties_edit.svg.png

FEDERAL P9HS1 HYDRA-SHOK HOLLOW POINT 124GR 9MM BULLETS - (20/BOX). (2016). Accessed January 21. Available from http://www.huntersrefuge.com/federal-p9hs1-hydra-shok-hollow-point-124gr-9mm-bullets-20-box/

Learn My Shot.Com. (2015). **50MM F18 PRIME LENS REVEW**. Accessed February 20. Available from http://learnmyshot.com/50mm-f1-8-prime-lens-review/

The 9mm para. (2016). Accessed January 22. Available from http://militarycartridges.nl/uk/ british_images/pistol/9mm/9mm_ball.jpg

Wright, Franklin D., and Gregory S. Golden. (2010). “The use of full spectrum digital photography for evidence collection and preservation in cases involving forensic odontology.” **Forensic Science International** 201, 1–3 (September): 59-67.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

เทคนิคการถ่ายภาพ

ตารางที่19 แสดงค่าแสงที่ใช้ในการถ่ายภาพ การวัดแสง ฟิลเตอร์ และการบันทึกภาพสี ภาพโมโนโทน

แสง (นาโนเมตร)	**ระบบวัดแสง**	**FILTER OG550**	**FILTER OG590**	**COLOUR**	**Monotone**
Natural Light	Normal “O”			/	
Natural Light	Normal “O”				/
430	Normal “O”	/			/
440	Normal “O”	/			/
450	Normal “O”	/			/
470	Normal “O”	/			/
480	Normal “O”	/			/
490	Normal “O”	/			/
LP1	Normal “O”	/			/
505	Normal “O”		/		/
530	Normal “O”		/		/
555	Normal “O”		/		/
560	Normal “O”		/		/
570	Normal “O”		/		/
590	Normal “O”		/		/
620	Normal “O”		/		/
650	Normal “O”		/		/

ตารางที่ 20 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
CZ 75 D	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
CZ 75 POI	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/8	30 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	430 nm.	OG550

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	20.9	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	20.8	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	20.6	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	21	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	20.8	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	21.3	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	21	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	23	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	23	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	16.4	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	17.9	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	17.9	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	19.1	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	21.7	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	14.3	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 21 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
CZ 75 D	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
CZ 75 POI	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	17.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	14.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	14	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	15.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	16	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	16.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	15.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	14.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	14.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	14.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	14.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	14.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	14.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	14.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 22 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
CZ 75 D	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
CZ 75 POI	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/9	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	450 nm.	OG550

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	23.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	24.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	24.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	23.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	23.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	24.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	24.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	24.6	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	25.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	24.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	25.6	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	27.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	29.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	24.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	25.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 23 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
CZ 75 D	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
CZ 75 POI	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	470 nm.	OG550

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	12.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	12.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	12.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	12.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	10.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	13.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	13.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	13.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	13.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	13.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	13.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	13	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	11.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	11.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	13.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 24 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
CZ 75 D	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
CZ 75 POI	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/8	20 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	480 nm.	OG550

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	16.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	16.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	16.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	16.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	16.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	16.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	16.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	16.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	16.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	16.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	16.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	16.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	16.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	17	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	16.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 25 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
CZ 75 D	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
CZ 75 POI	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	490 nm.	OG550

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (JPG)	17.6	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (JPG)	18.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (JPG)	19.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (JPG)	18.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (JPG)	17.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (JPG)	18	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (JPG)	17.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (JPG)	17.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (JPG)	18	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (JPG)	17.6	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (JPG)	18	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (JPG)	17.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (JPG)	18.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (JPG)	18.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (JPG)	18.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 26 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น LP1 แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
CZ 75 D	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
CZ 75 POI	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/16	0.77 sec.	iso-200	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	LP1	OG550

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	18.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	18.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	17.6	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	18.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	17.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	18	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	18.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	15.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	18.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	17.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	17.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	18.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	16.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	18.6	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	18	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 27 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
CZ 75 D	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
CZ 75 POI	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	505 nm.	OG590

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	21.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	20.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	21.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	21.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	21.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	21	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	21.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	21.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	21.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	21.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	21.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	21.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	21.6	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	21.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	21.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 28 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
CZ 75 D	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
CZ 75 POI	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	530 nm.	OG590

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	17.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	17.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	18.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	17.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	18.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	19.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	19.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	18.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	18.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	18.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	18	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	18.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	18.6	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	17.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	18.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 29 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
CZ 75 D	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
CZ 75 POI	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/18	1.3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	550 nm.	OG590

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	17.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	17.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	18.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	17.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	18.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	19.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	19.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	18.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	18.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	18.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	18	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	18.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	18.6	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	17.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	18.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 30 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
CZ 75 D	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
CZ 75 POI	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK19	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK26	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/8	25 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	440 nm.	OG550

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	17.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	14.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	14	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	15.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	16	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	16.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	15.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	14.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	14.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	14.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	14.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	14.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	14.9	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	14.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 31 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร แบบMonotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
CZ 75 D	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
CZ 75 POI	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	560 nm.	OG590

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	15.2	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	15	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	14.9	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	15.2	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	14.8	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	14.7	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	14.7	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	14.9	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	15.2	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	15	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	15.4	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	14.6	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	14.8	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	14.9	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 32 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
CZ 75 D	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
CZ 75 POI	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/22	1/3 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	570 nm.	OG590

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	15.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	15.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	15.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	15.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	15	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	15.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	15.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	15.4	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	15.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	15.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	15.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	15.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 33 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร แบบMonotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
CZ 75 D	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
CZ 75 POI	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/22	1/2 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	590 nm.	OG590

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	16.3	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	16	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	15.8	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	16.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	16	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	17.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	17.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	14.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	15.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	16.5	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	16.1	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	15.2	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	15.7	5 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 34 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร แบบ Monotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
CZ 75 D	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
CZ 75 POI	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
GLOCK19	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
GLOCK26	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/22	0.62 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	650 nm.	OG590

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	19.6	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	19.3	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	18.8	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	18.8	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	19.5	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	18.5	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	18.1	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	18.6	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	18.8	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	19.2	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	19.1	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	17.6	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	19.1	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	19.2	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	18.9	4 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ตารางที่ 35 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วย Natural Light แบบMonotone

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
CZ 75 D	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
CZ 75 POI	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
GLOCK19	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
GLOCK19	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
GLOCK19	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
GLOCK26	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
GLOCK26	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	Natural Mono	NO.

Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	10.3	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	10.1	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	9.74	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	9.35	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	10	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	10.1	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	10.5	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	10.8	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	9.77	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	10.8	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	10.3	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	9.41	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	10	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	10	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	10	16 February 2016	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

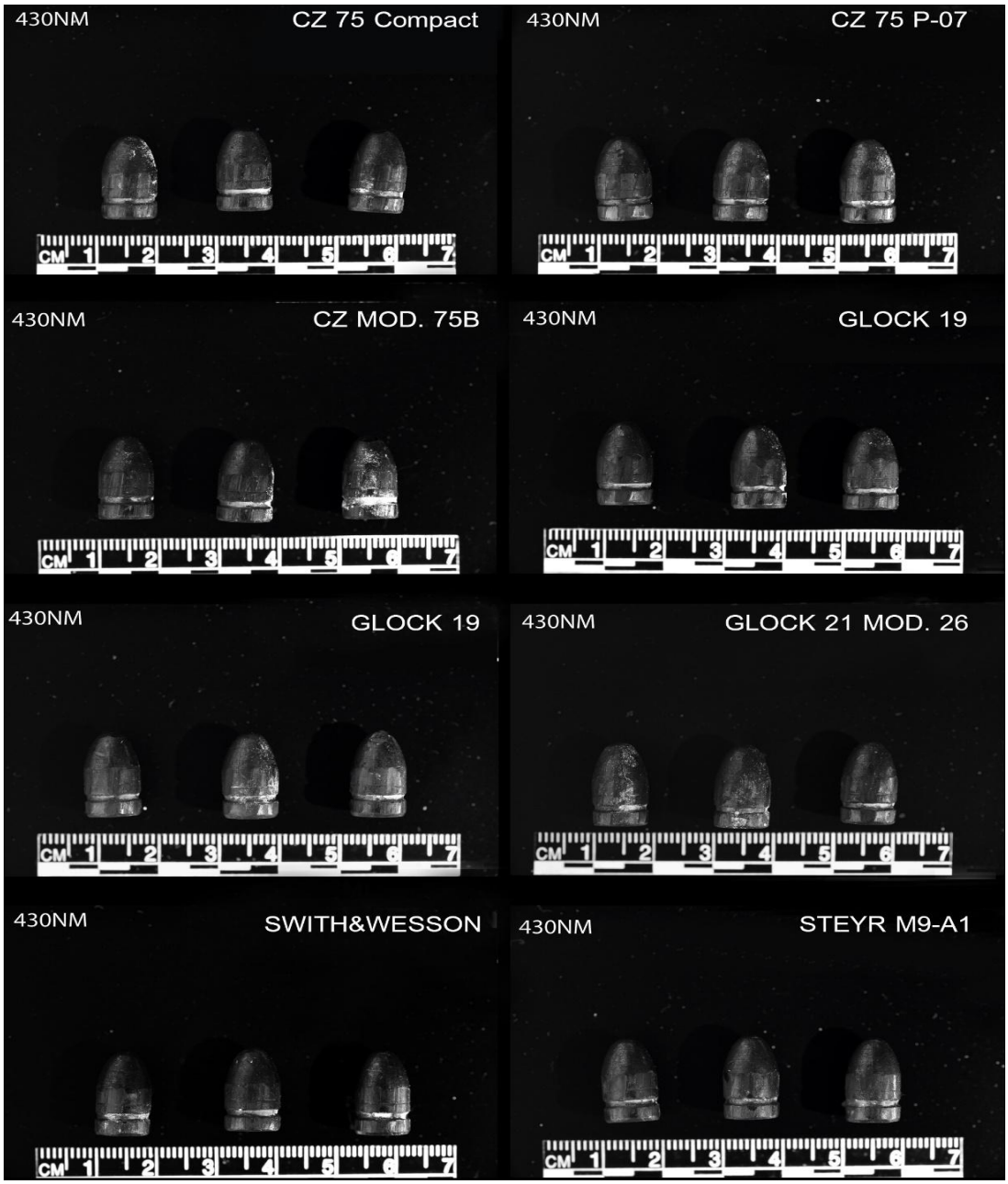
ตารางที่ 36 แสดงเทคนิคการถ่ายภาพด้วย Natural Light แบบColor

Name	Camera model	F-stop	Exposure time	ISO speed	Exposure bias	Focal length	White balance	Photomatric interpretation	Digital zoom	Light source	Filter
CZ 75 Compact	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
CZ 75 D	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
CZ 75 P-07	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
CZ 75 POI	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
CZ MOD 75B	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
GLOCK19	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
GLOCK19	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
GLOCK19 GEN 4	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
GLOCK19	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
GLOCK26	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
GLOCK26	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
GLOCK26 MOD26	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
SMITH&WESSON	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
STEYR M9-A1	NIKON D750	f/22	4 sec.	iso-100	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.
TAURUS MOD PT92AFS	NIKON D750	f/8	15 sec.	iso-400	0 step	60 mm	Auto	RGB	1	N/C	NO.

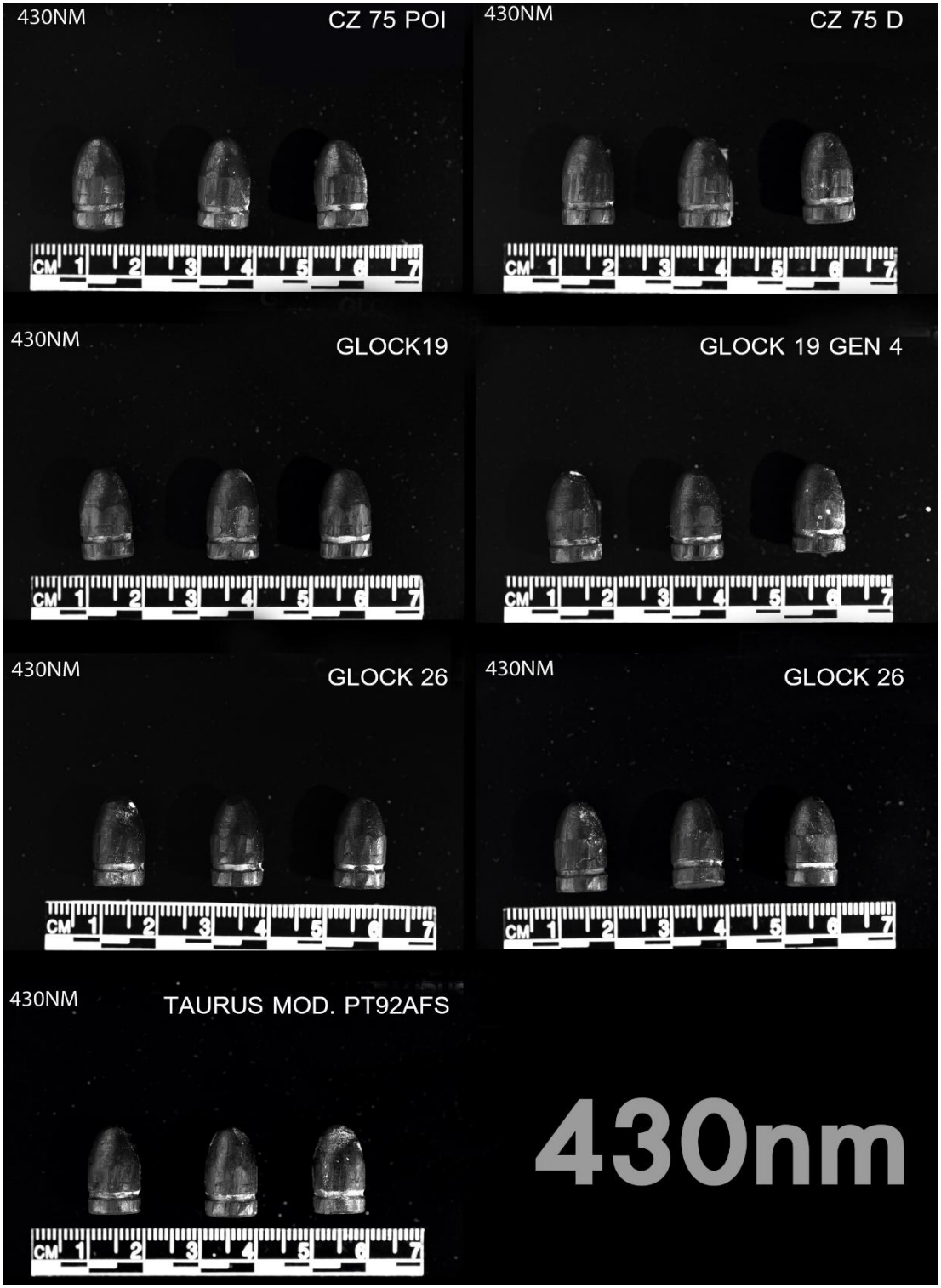
Name	File	Size (MB)	Modified	Dimensions		H.resolution (dpi)	V.resolution (dpi)	Bit depth	Color representation	Compressed bits/pixel
				Width	Height					
CZ 75 Compact	JPG File (.JPG)	16.2	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 D	JPG File (.JPG)	15.6	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 P-07	JPG File (.JPG)	14.6	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ 75 POI	JPG File (.JPG)	14.9	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
CZ MOD 75B	JPG File (.JPG)	15.5	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	14.5	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15.2	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19 GEN 4	JPG File (.JPG)	15.6	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK19	JPG File (.JPG)	15.1	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	15.3	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26	JPG File (.JPG)	15.7	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
GLOCK26 MOD26	JPG File (.JPG)	16	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
SMITH&WESSON	JPG File (.JPG)	15.4	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
STEYR M9-A1	JPG File (.JPG)	15	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4
TAURUS MOD PT92AFS	JPG File (.JPG)	15.5	6 August 2015	6016	4016	300	300	24	sRGB	4

ภาคผนวก ข

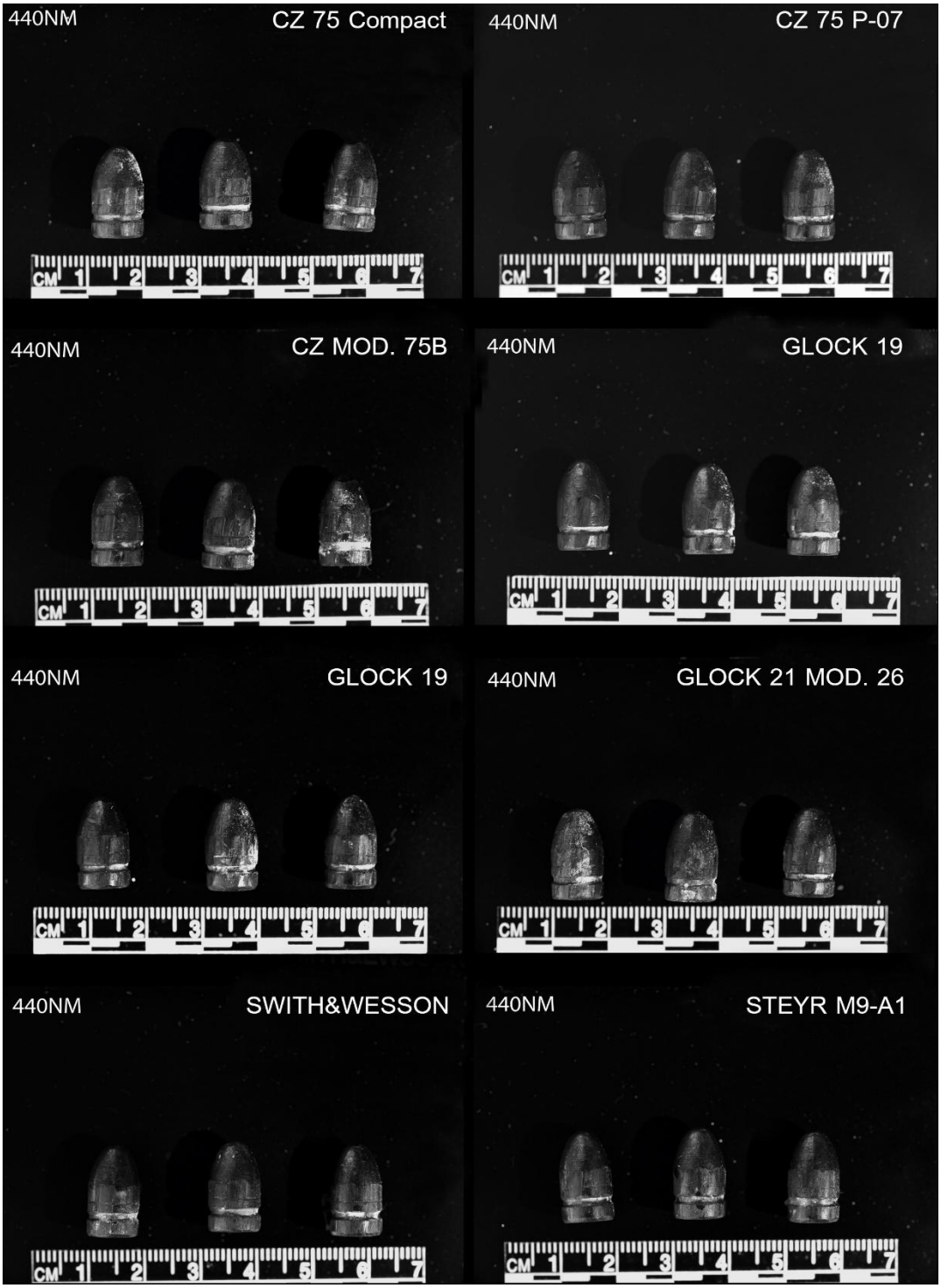
ภาพถ่ายลูกกระสุนปืนชนิดตะกั่วล้วน ขนาด 9 มม. ด้วยแสงต่างความยาวคลื่น



ภาพที่ 94 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร แบบ Monotone 1-2

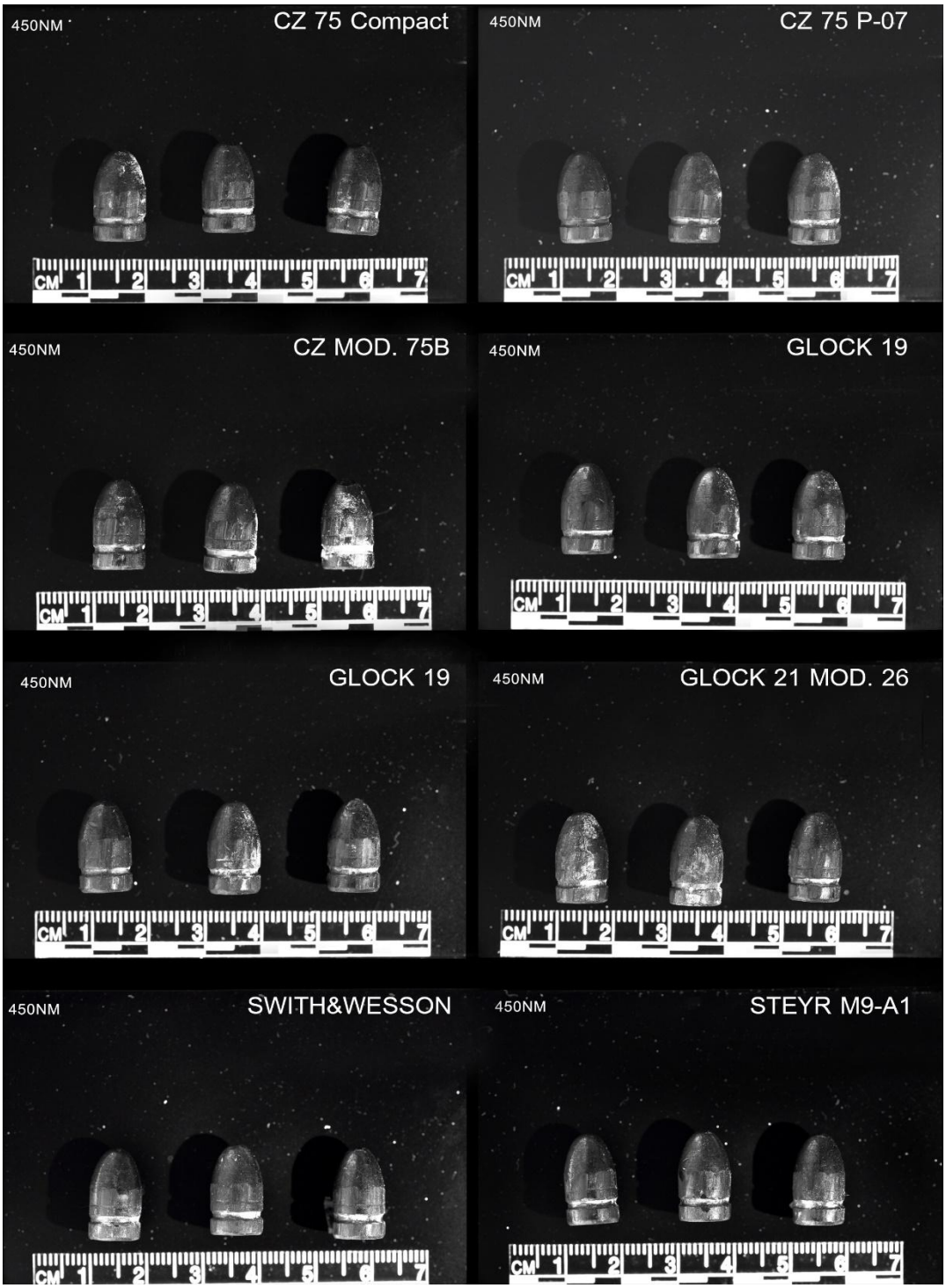


ภาพที่ 95 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2

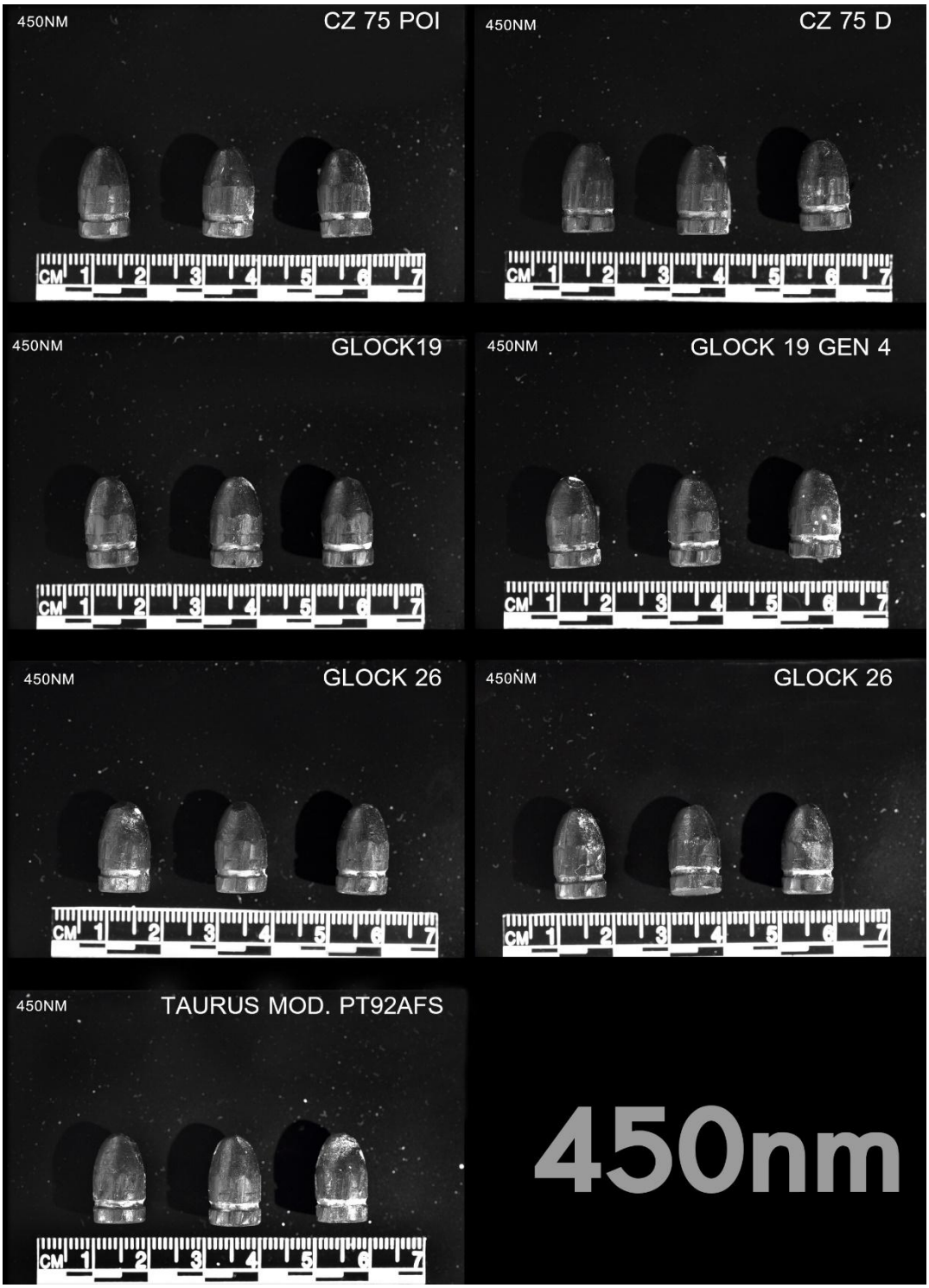


ภาพที่ 96 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร แบบ Monotone 1-2

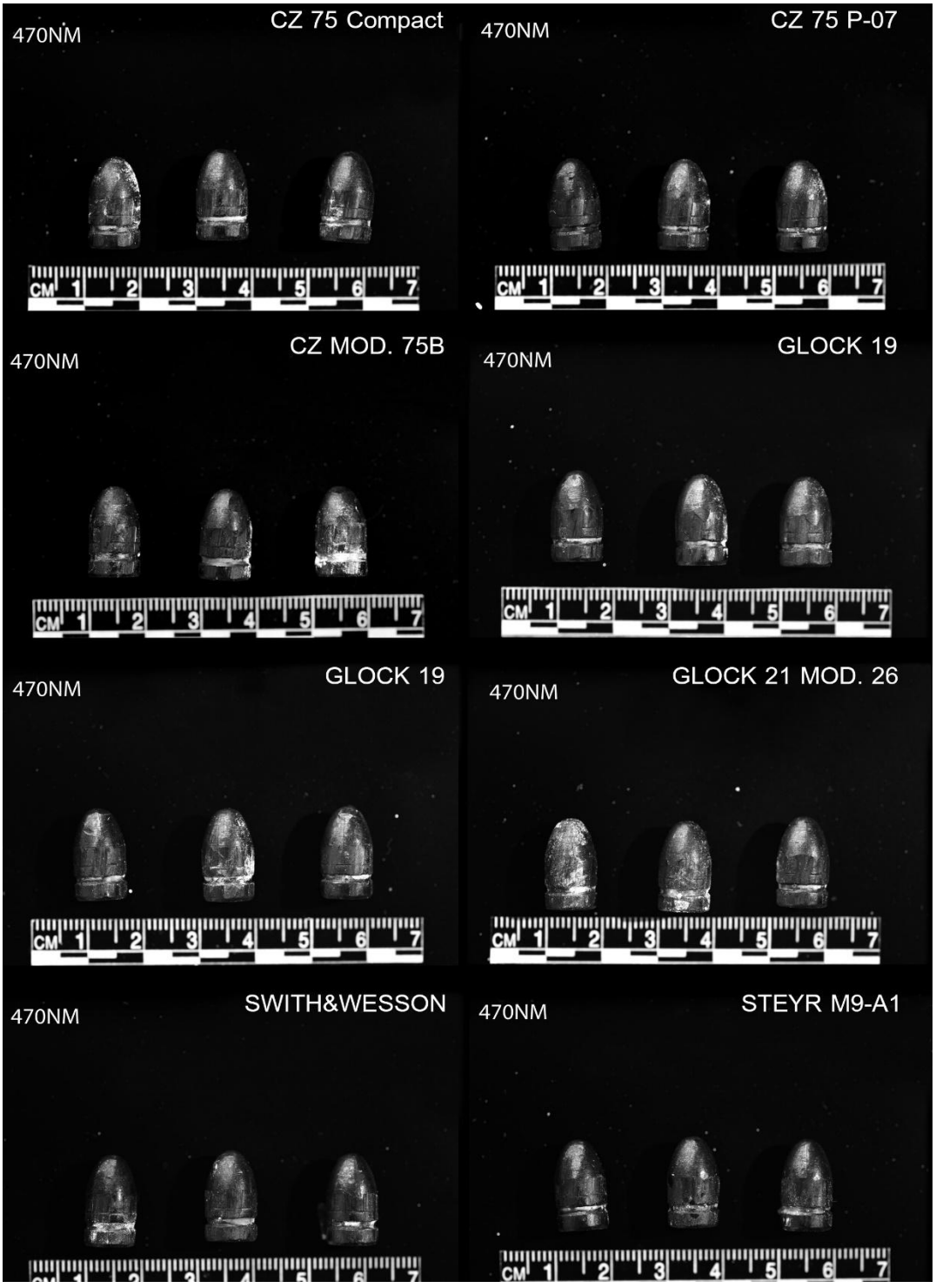
ภาพที่ 97 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



ภาพที่ 98 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1

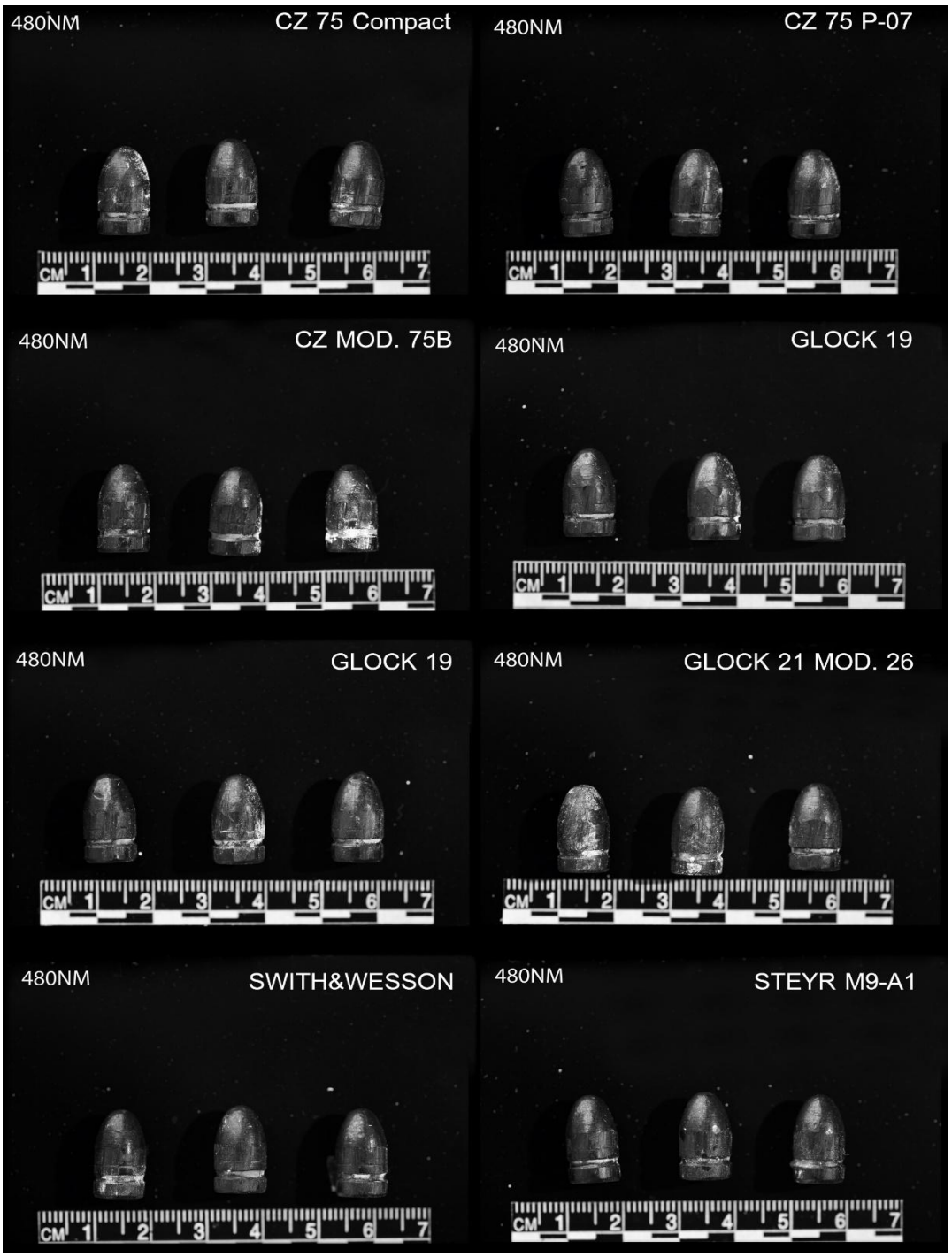


ภาพที่ 99 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



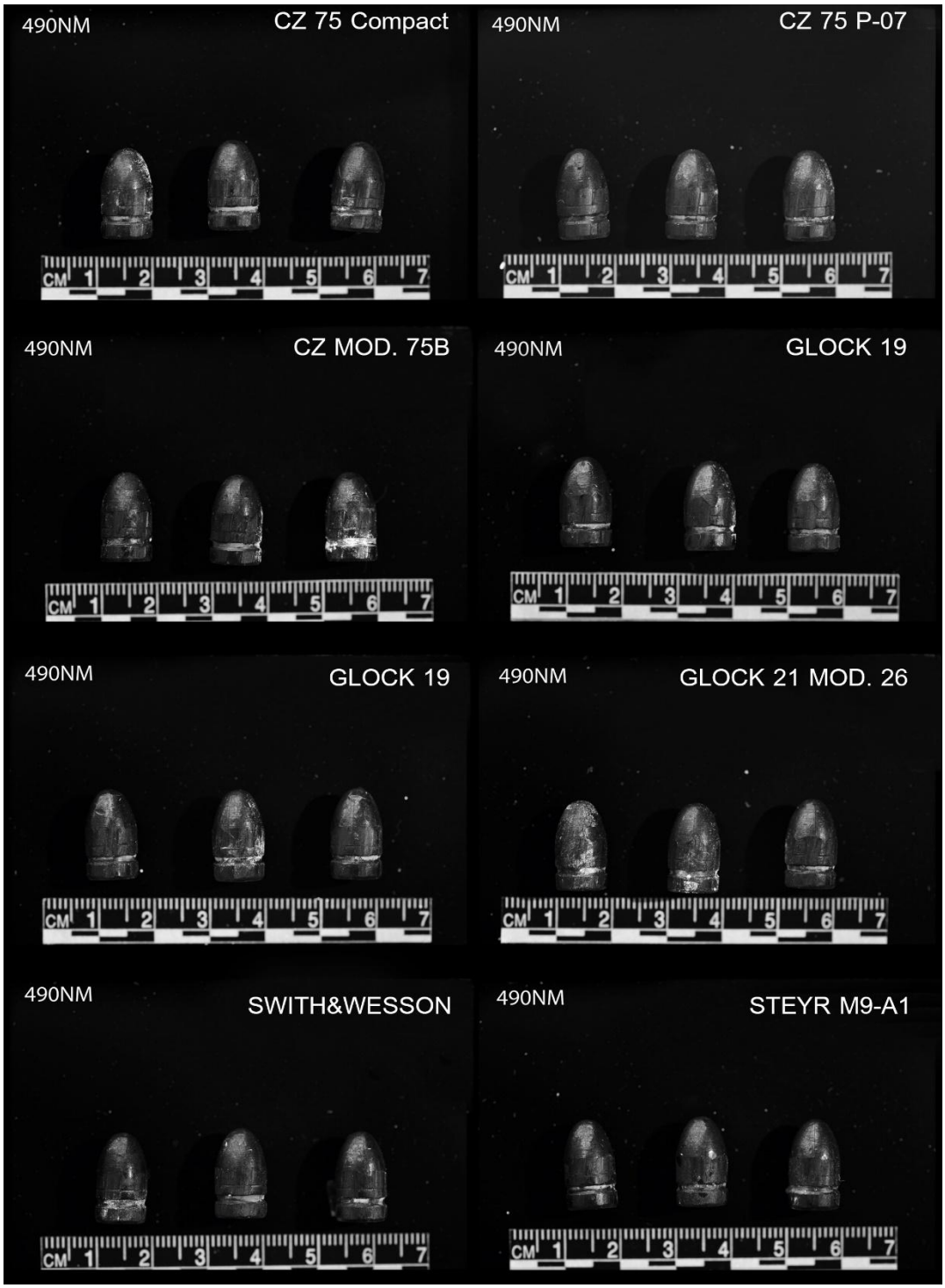
ภาพที่ 100 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1

ภาพที่ 101 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2

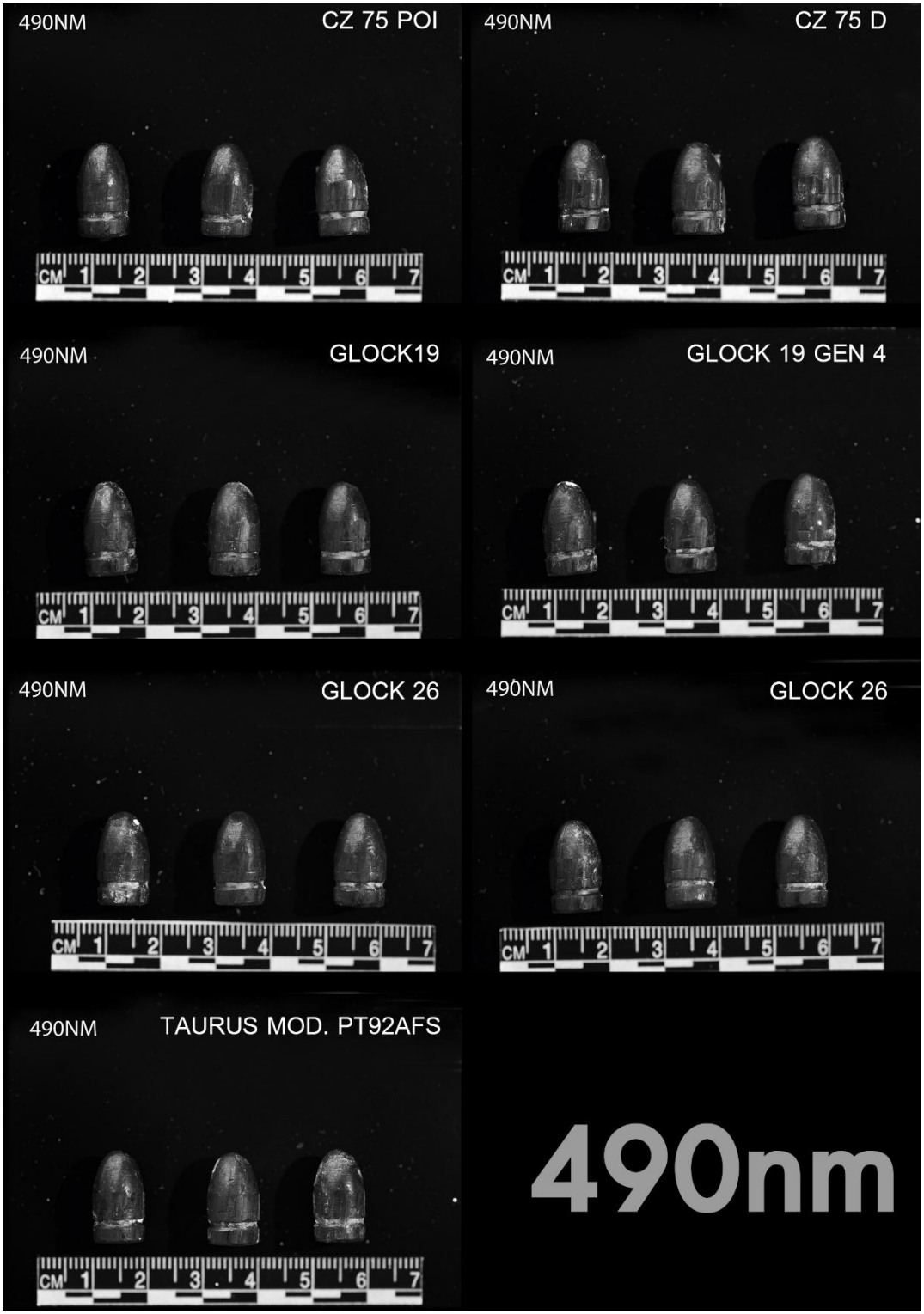


ภาพที่ 102 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1

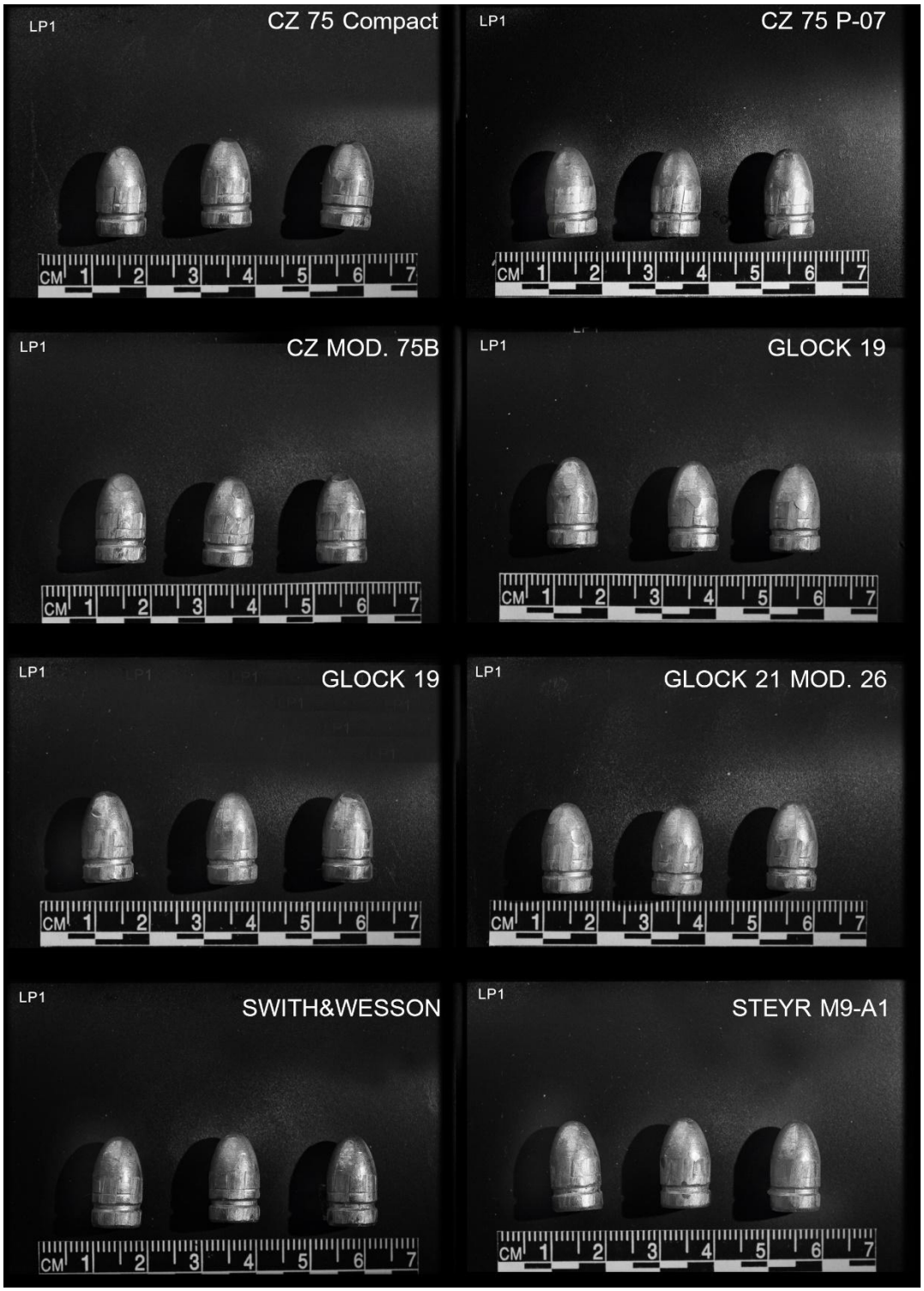
ภาพที่ 103 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 480 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



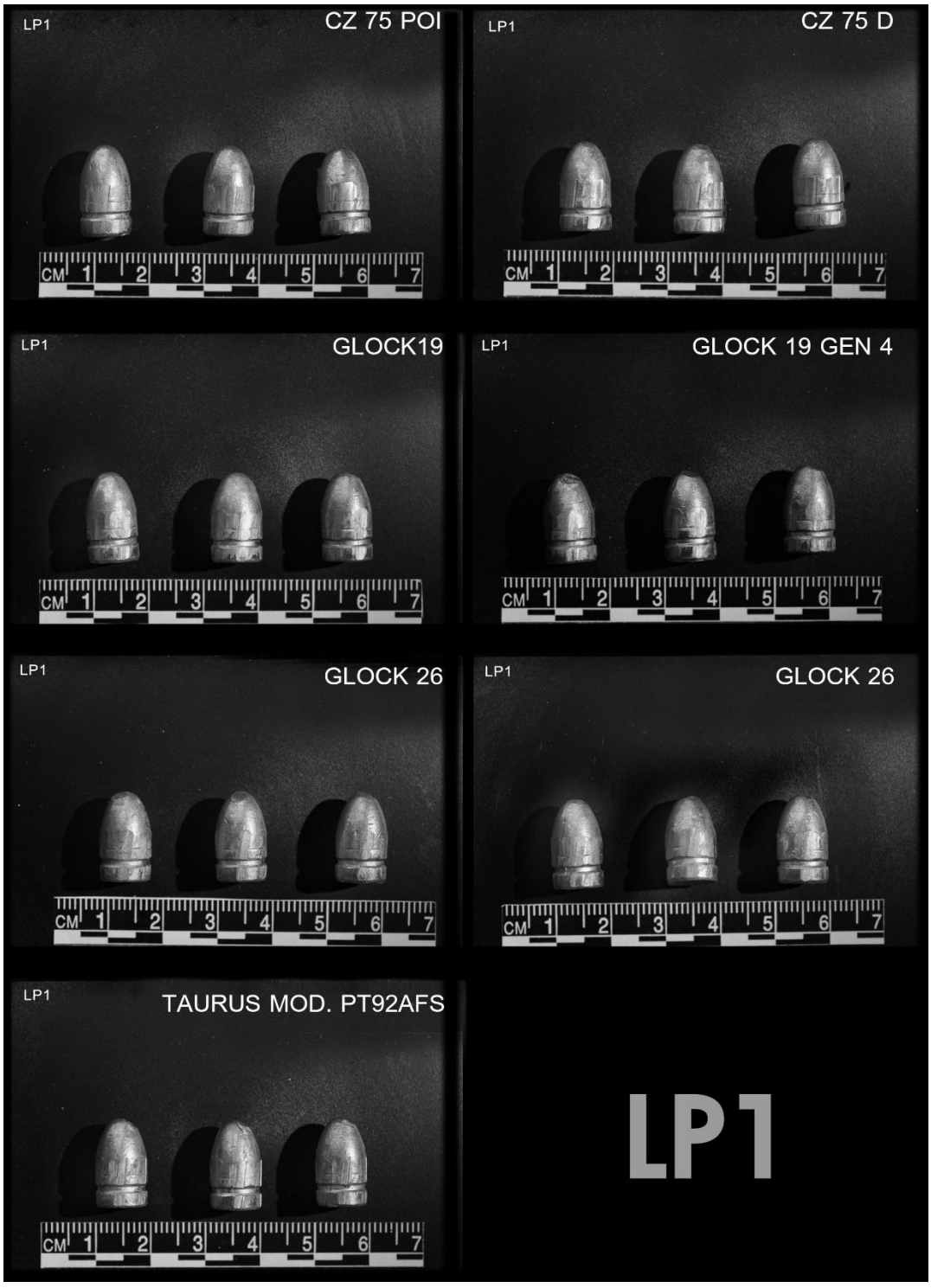
ภาพที่ 104 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1



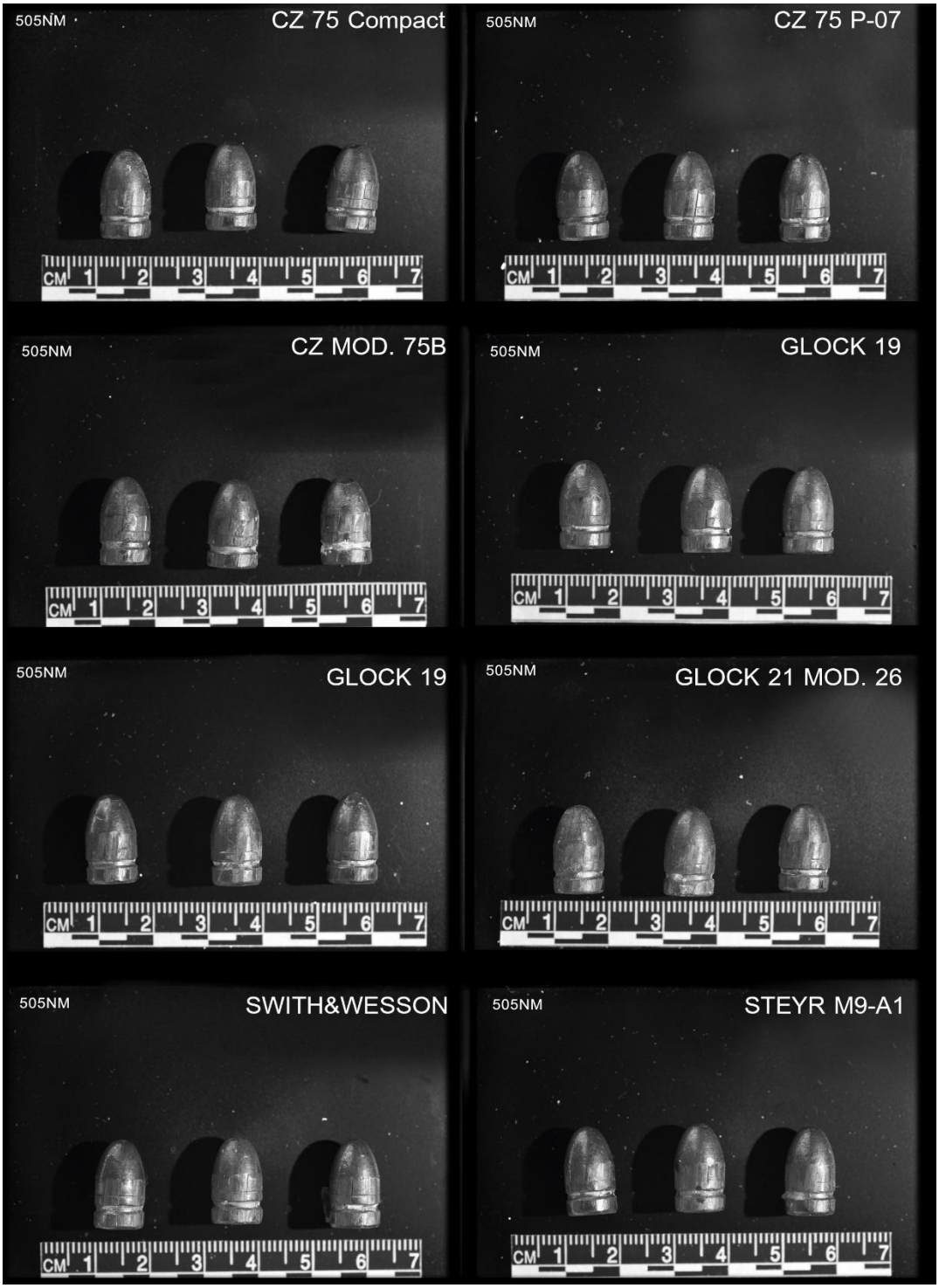
ภาพที่ 105 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



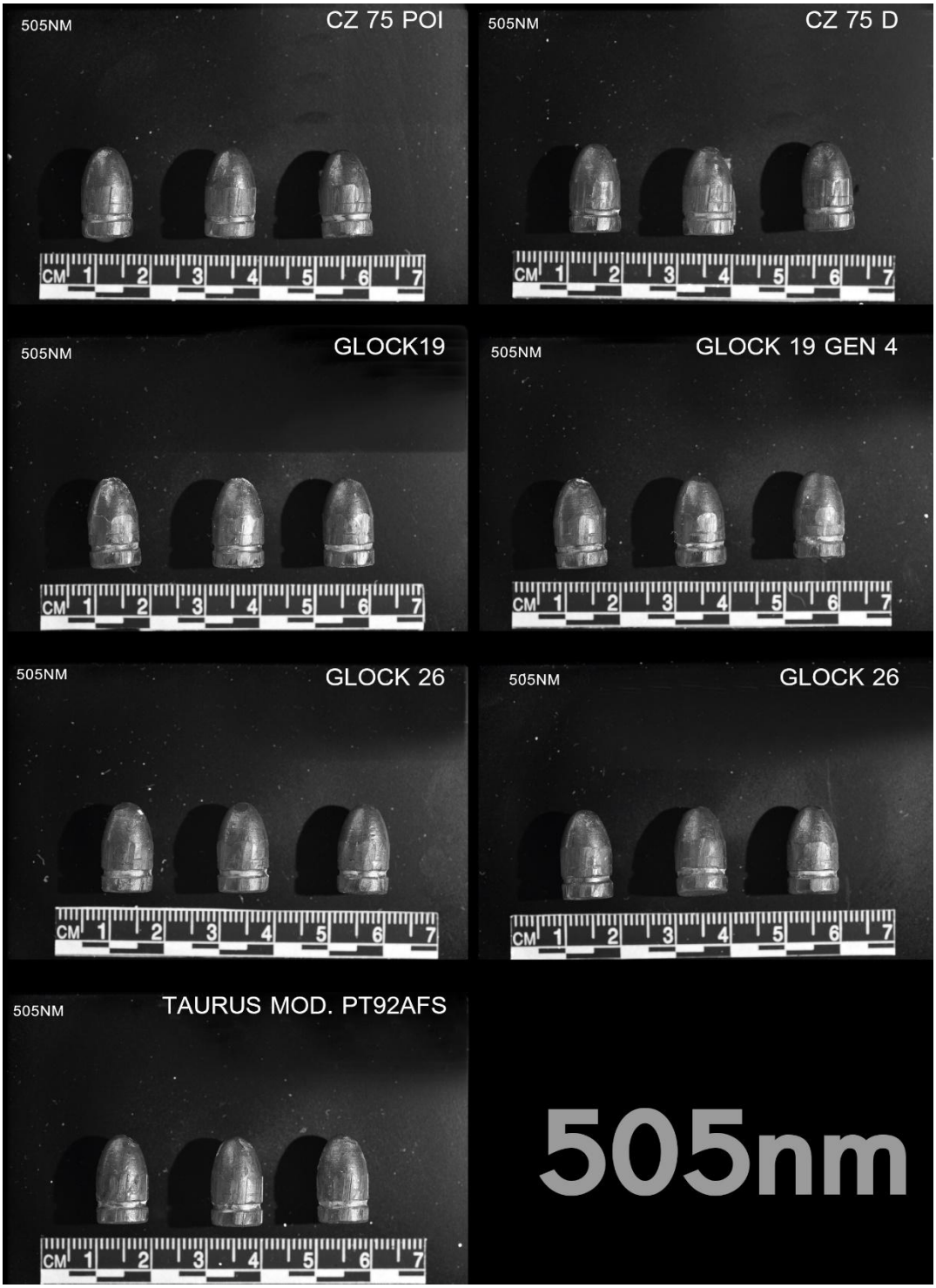
ภาพที่ 106 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น LP1 แบบMonotone 2-1



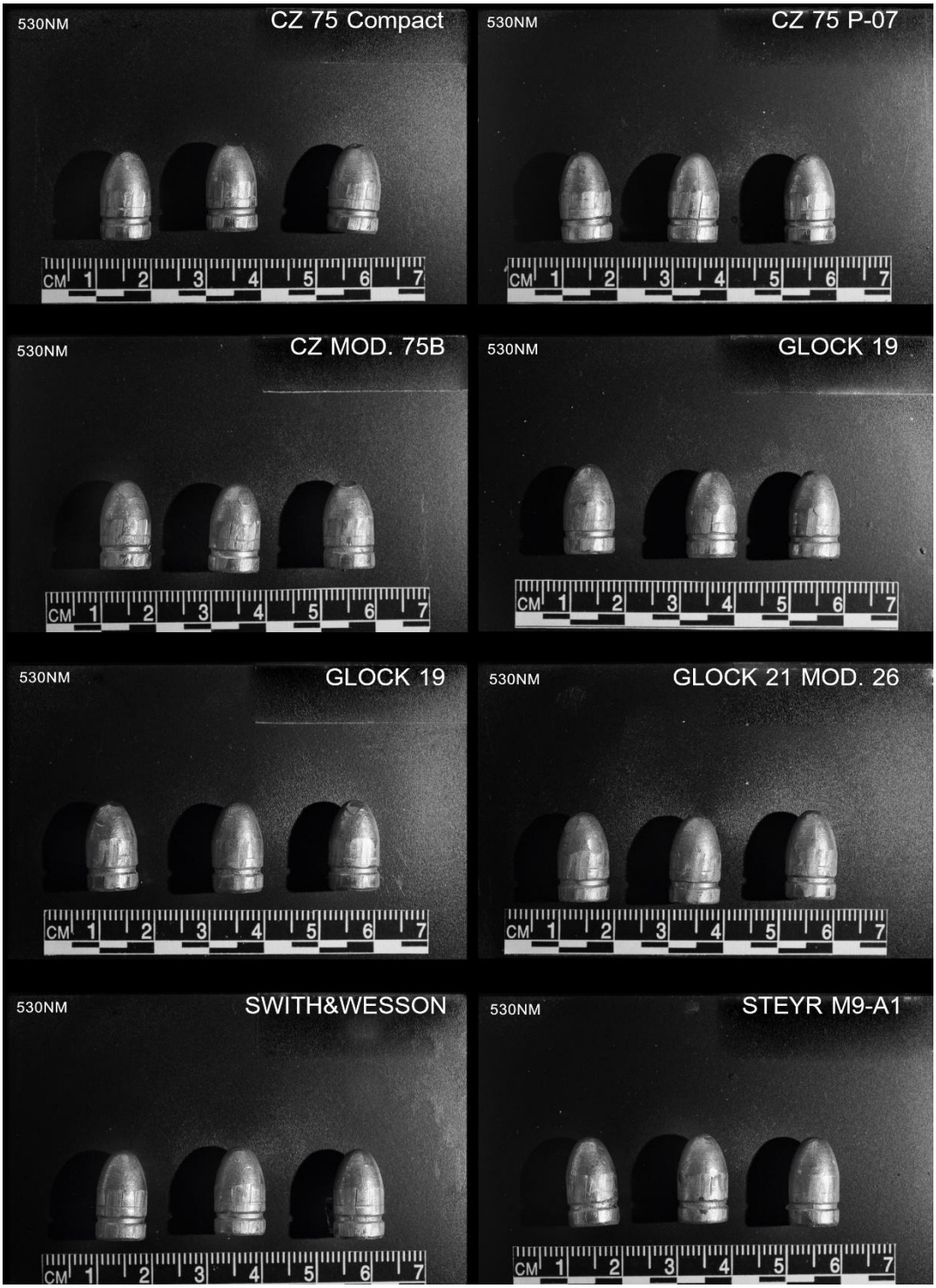
ภาพที่ 107 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น LP1 แบบMonotone 2-2



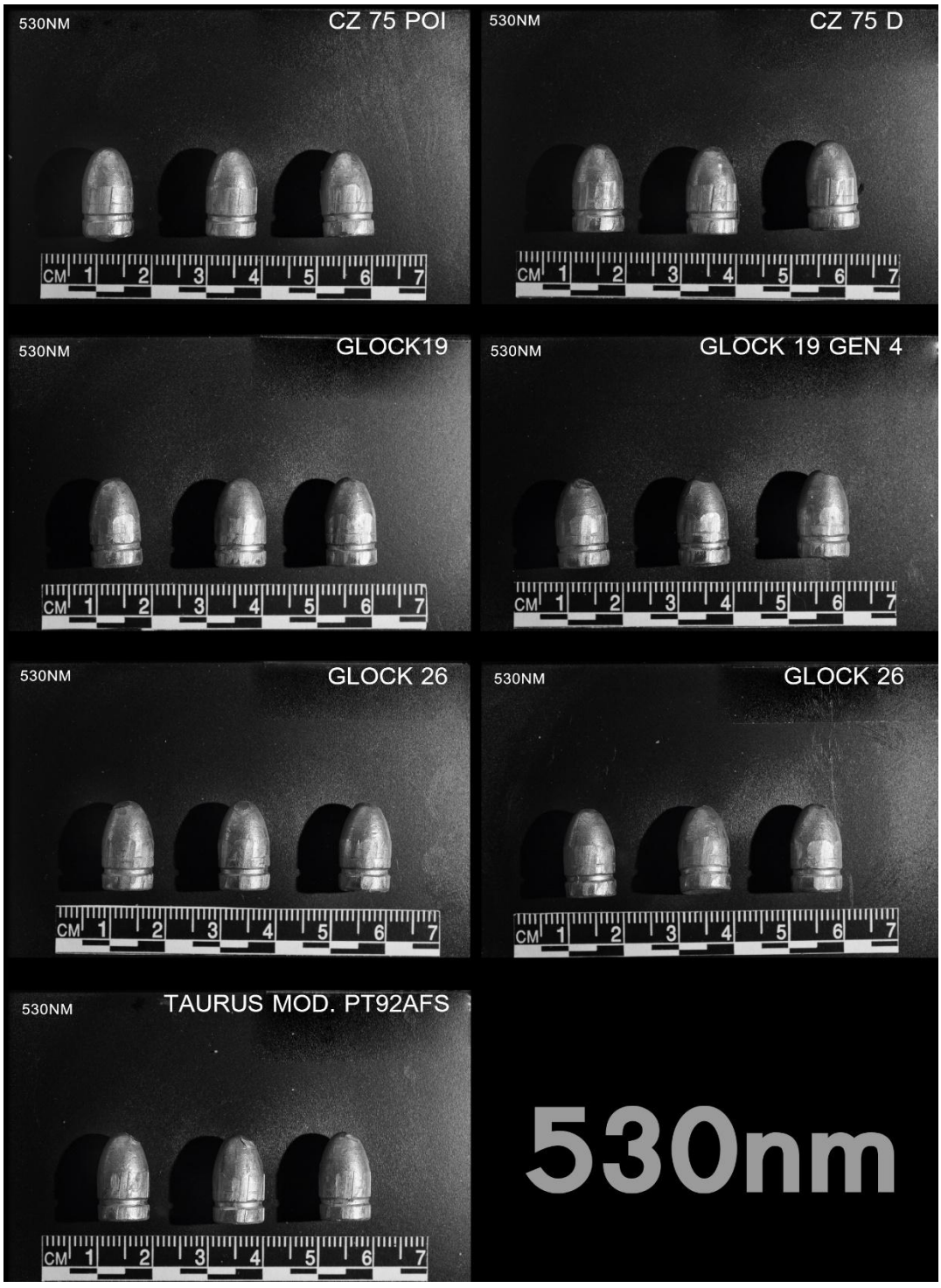
ภาพที่ 108 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1



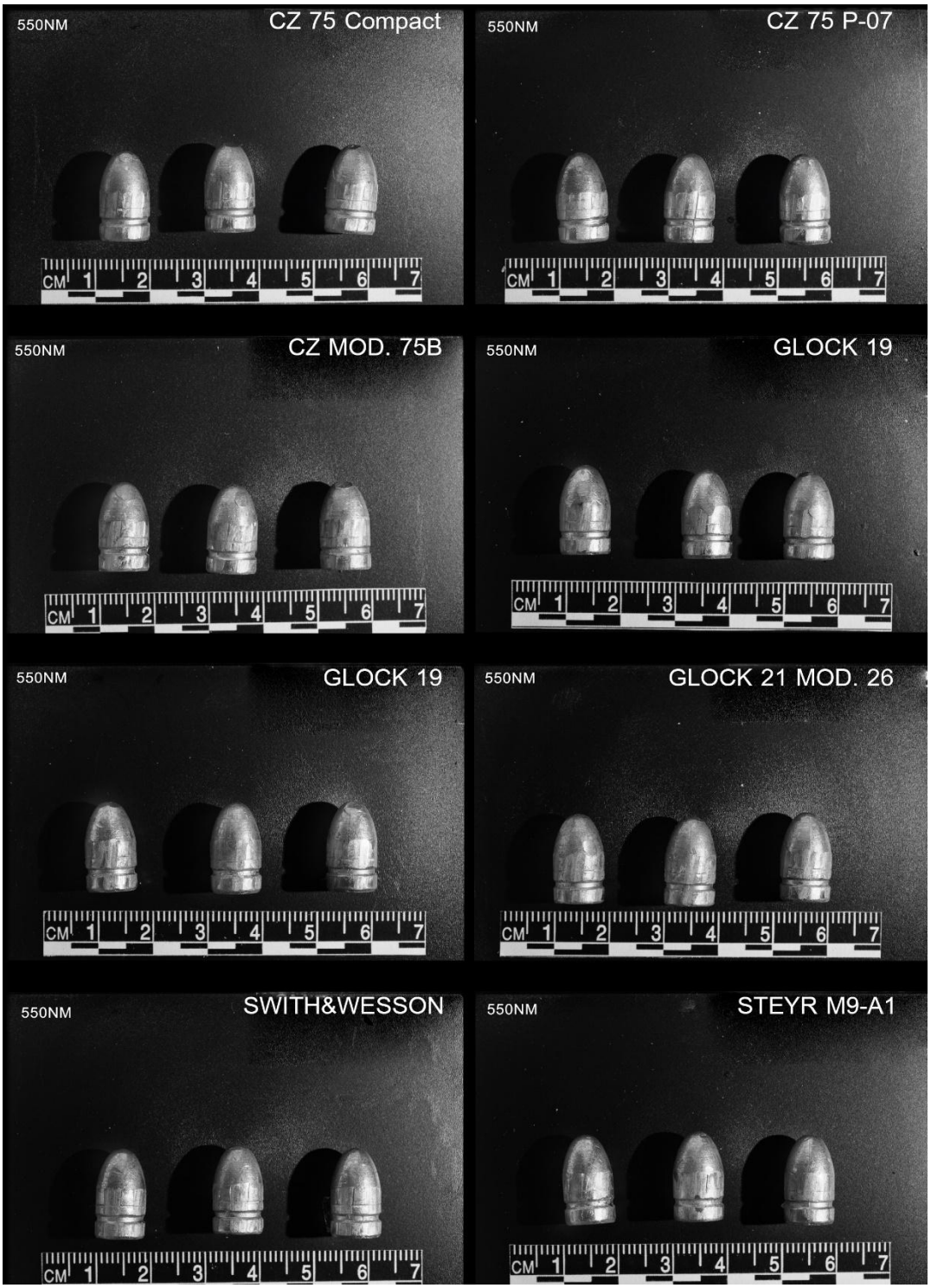
ภาพที่ 109 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 505 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



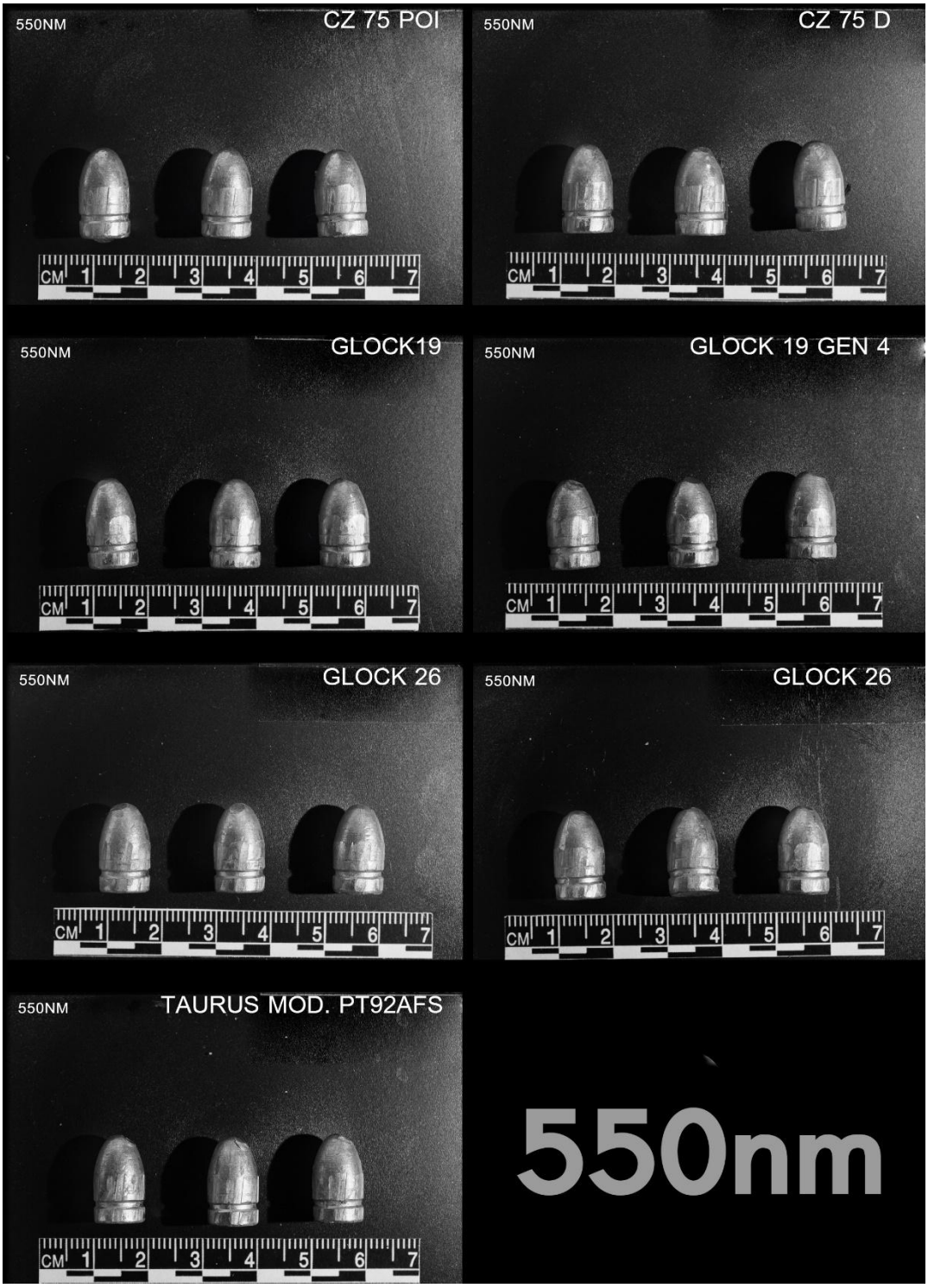
ภาพที่ 110 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1



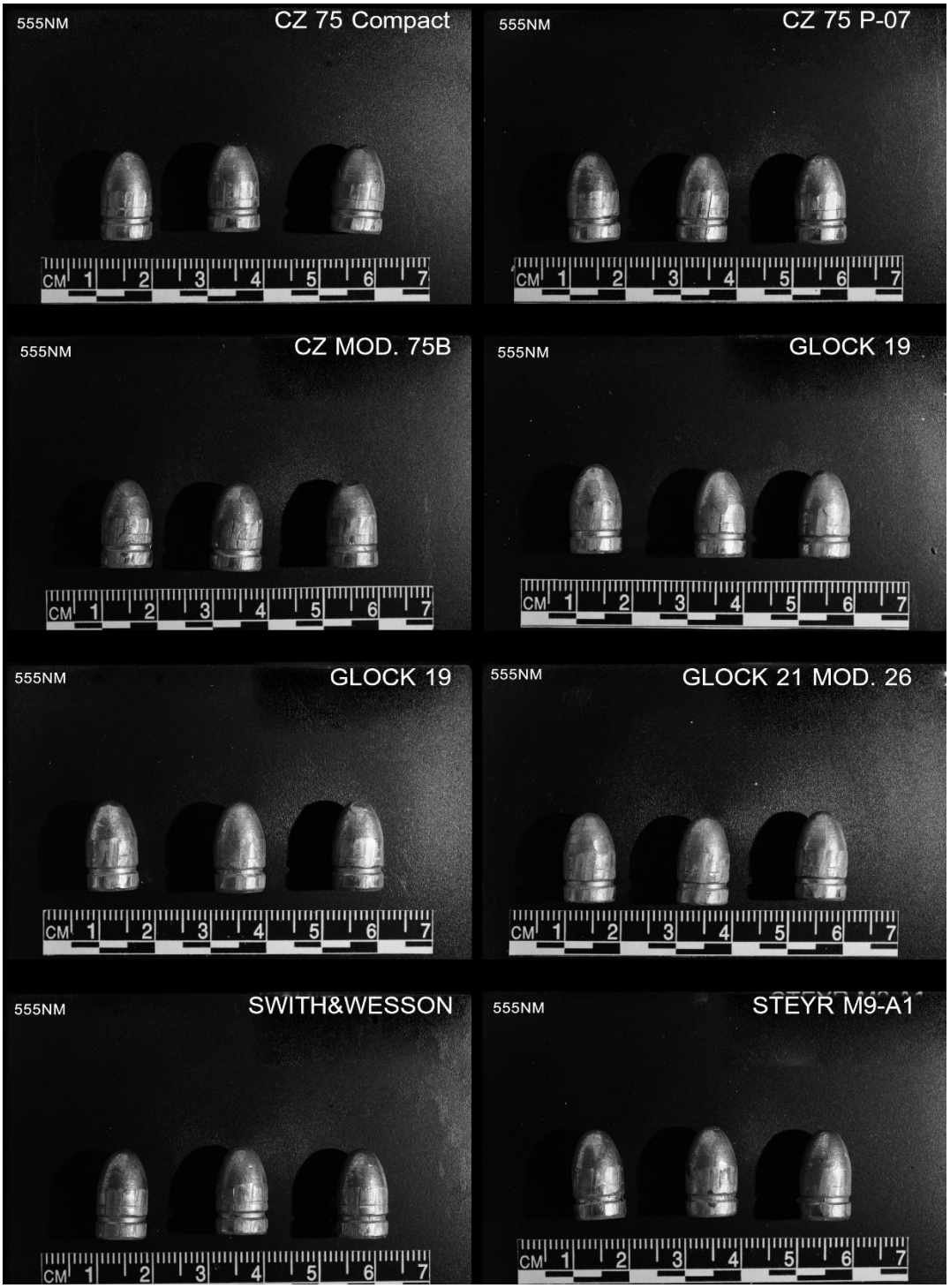
ภาพที่ 111 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



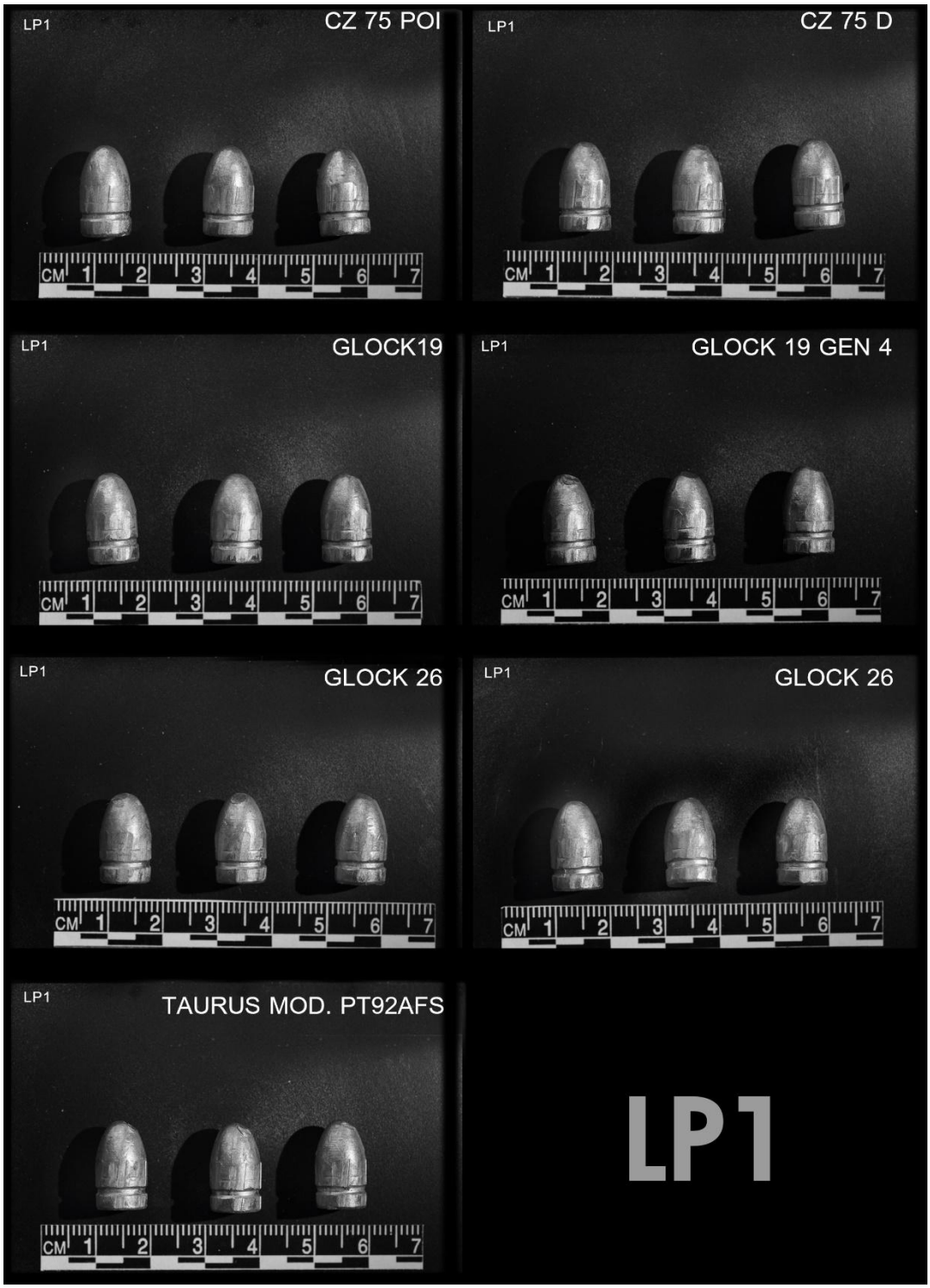
ภาพที่ 112 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1



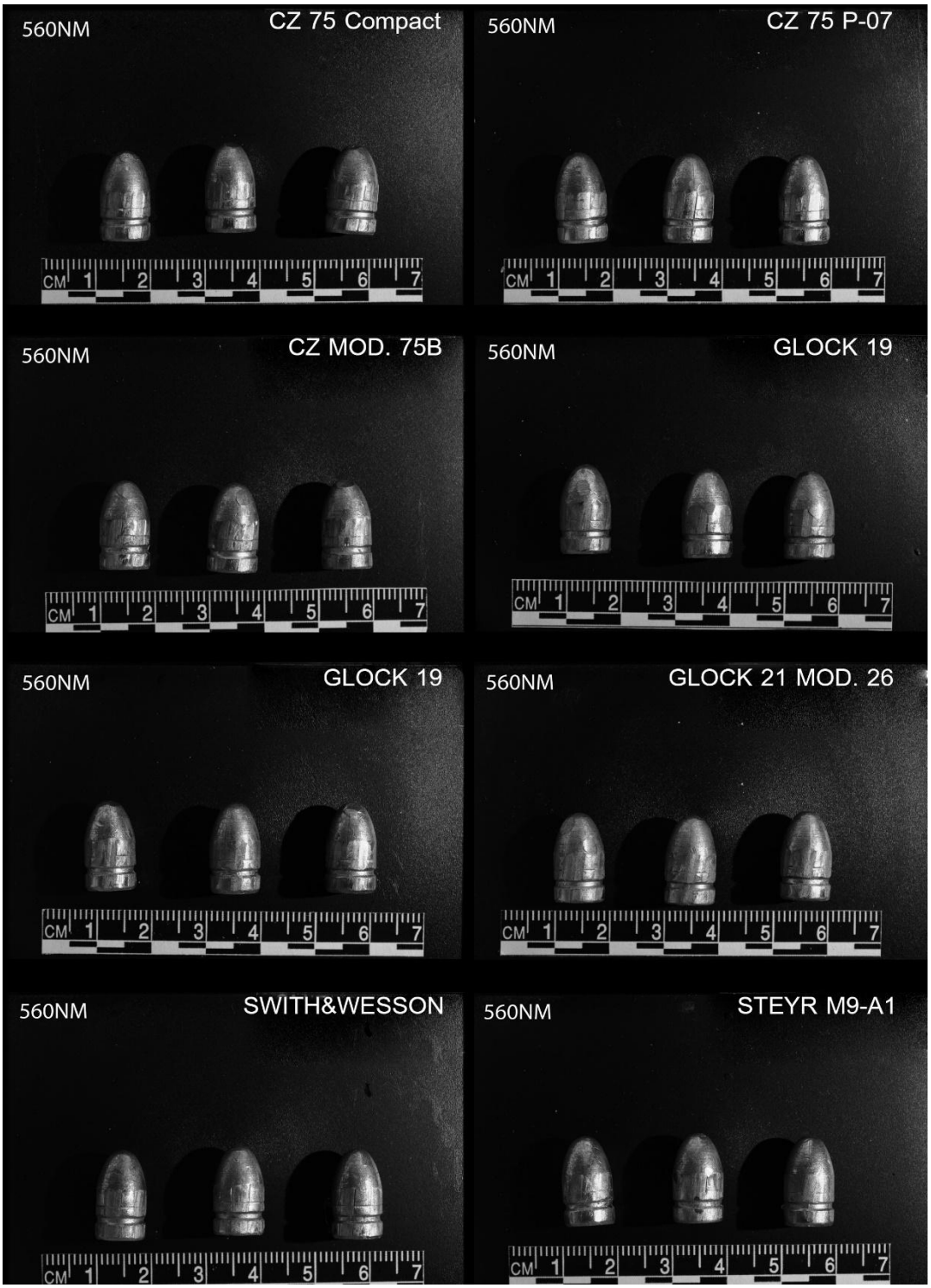
ภาพที่ 113 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



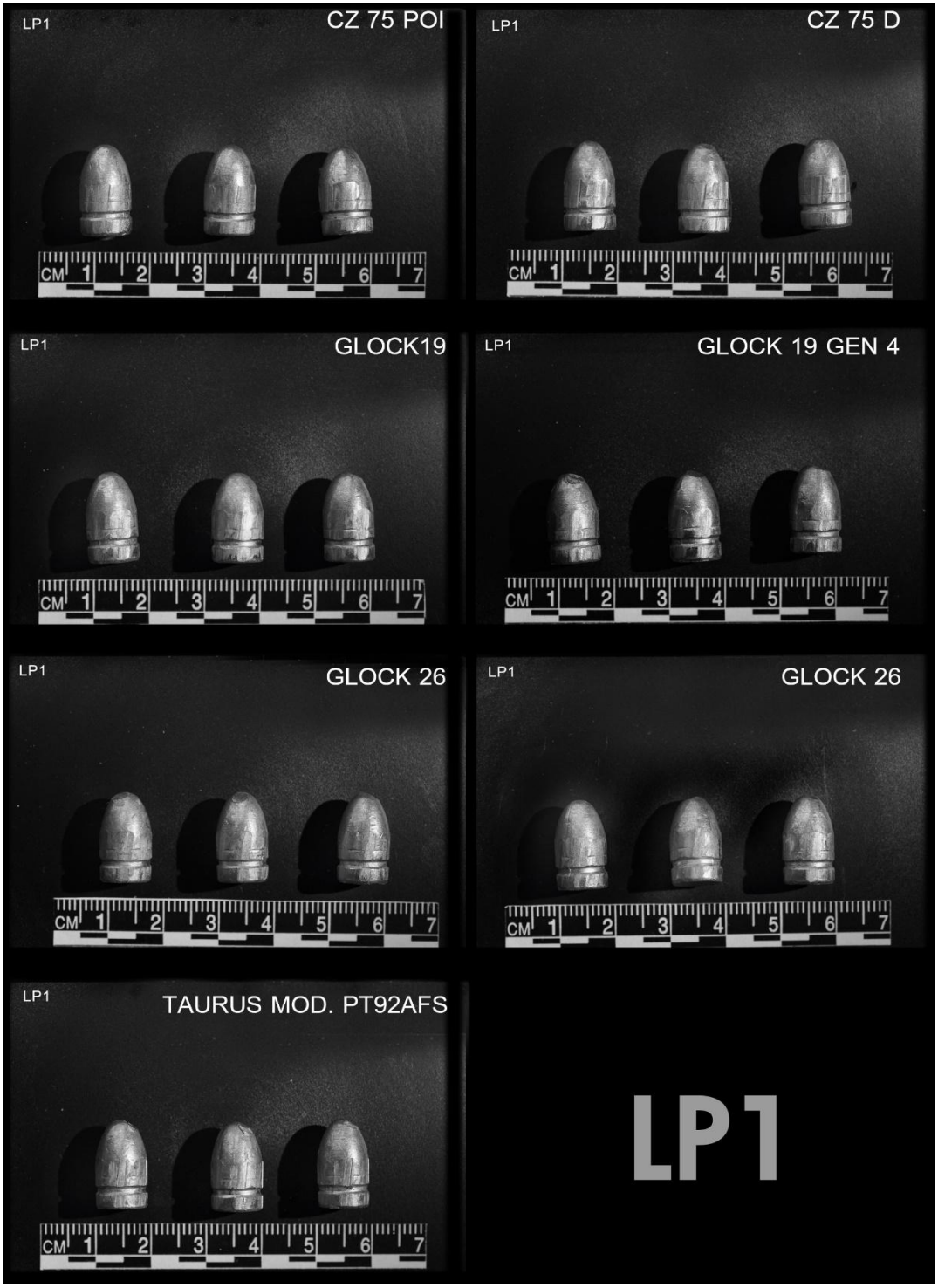
ภาพที่ 114 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1



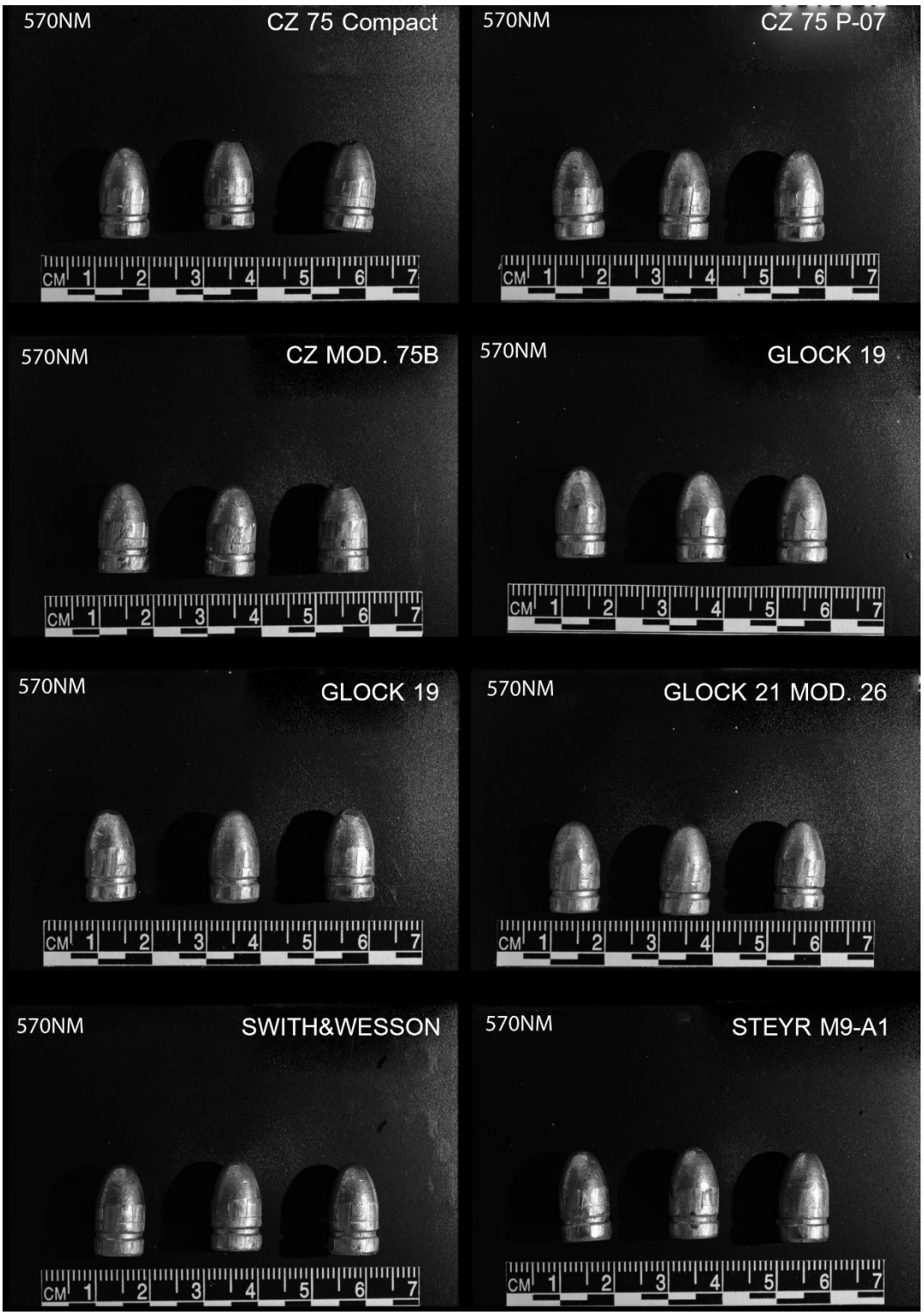
ภาพที่ 115 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



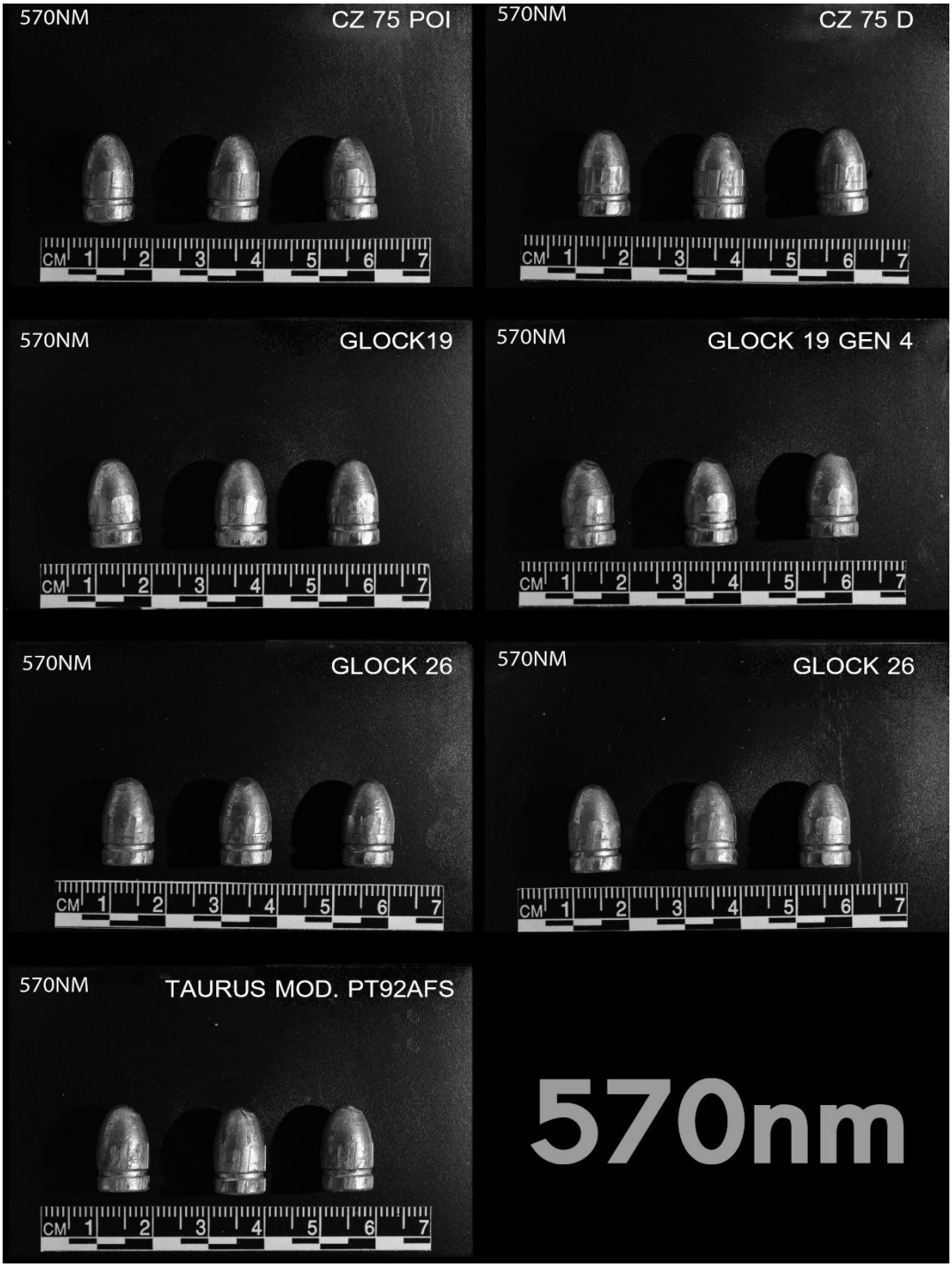
ภาพที่ 116 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1



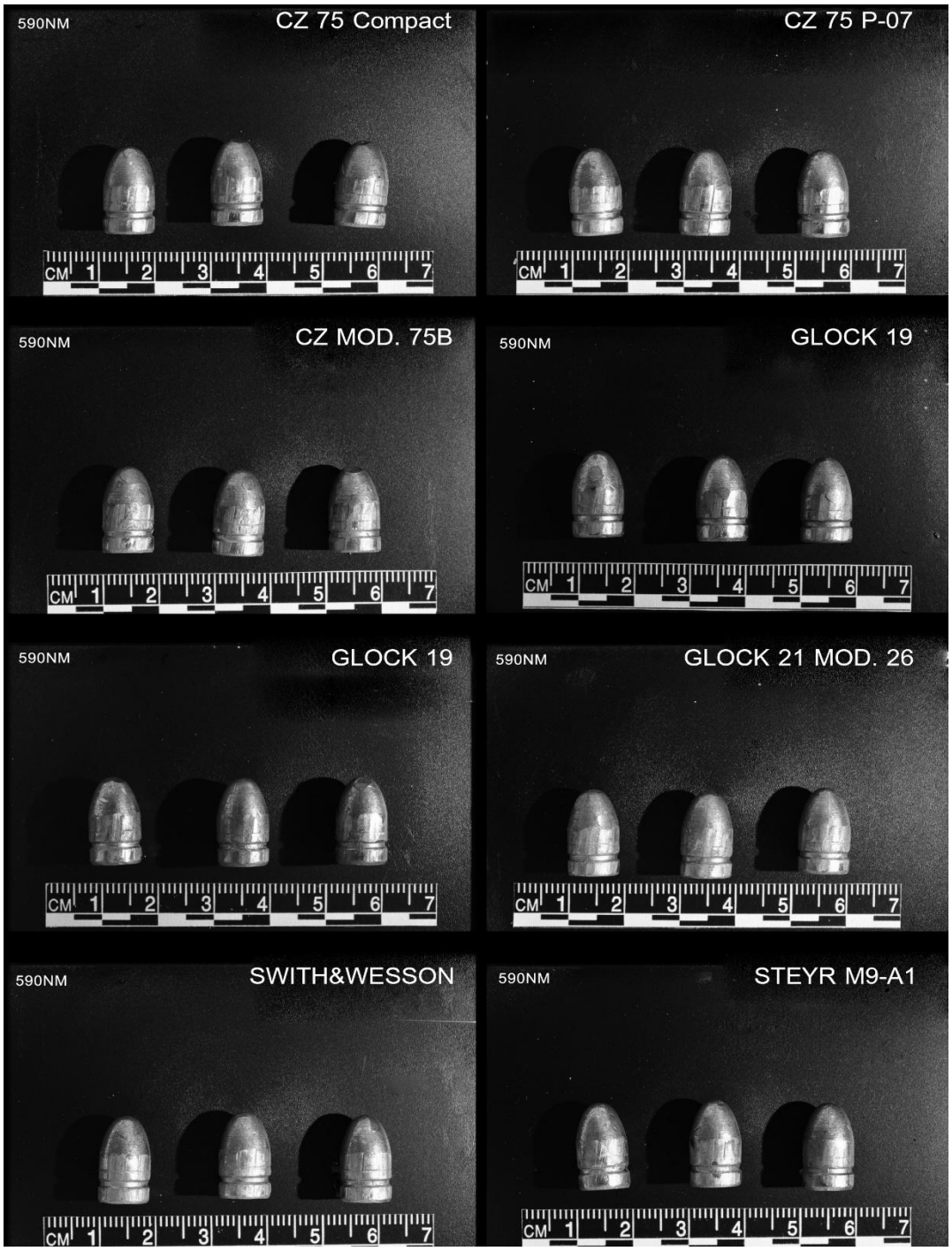
ภาพที่ 117 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



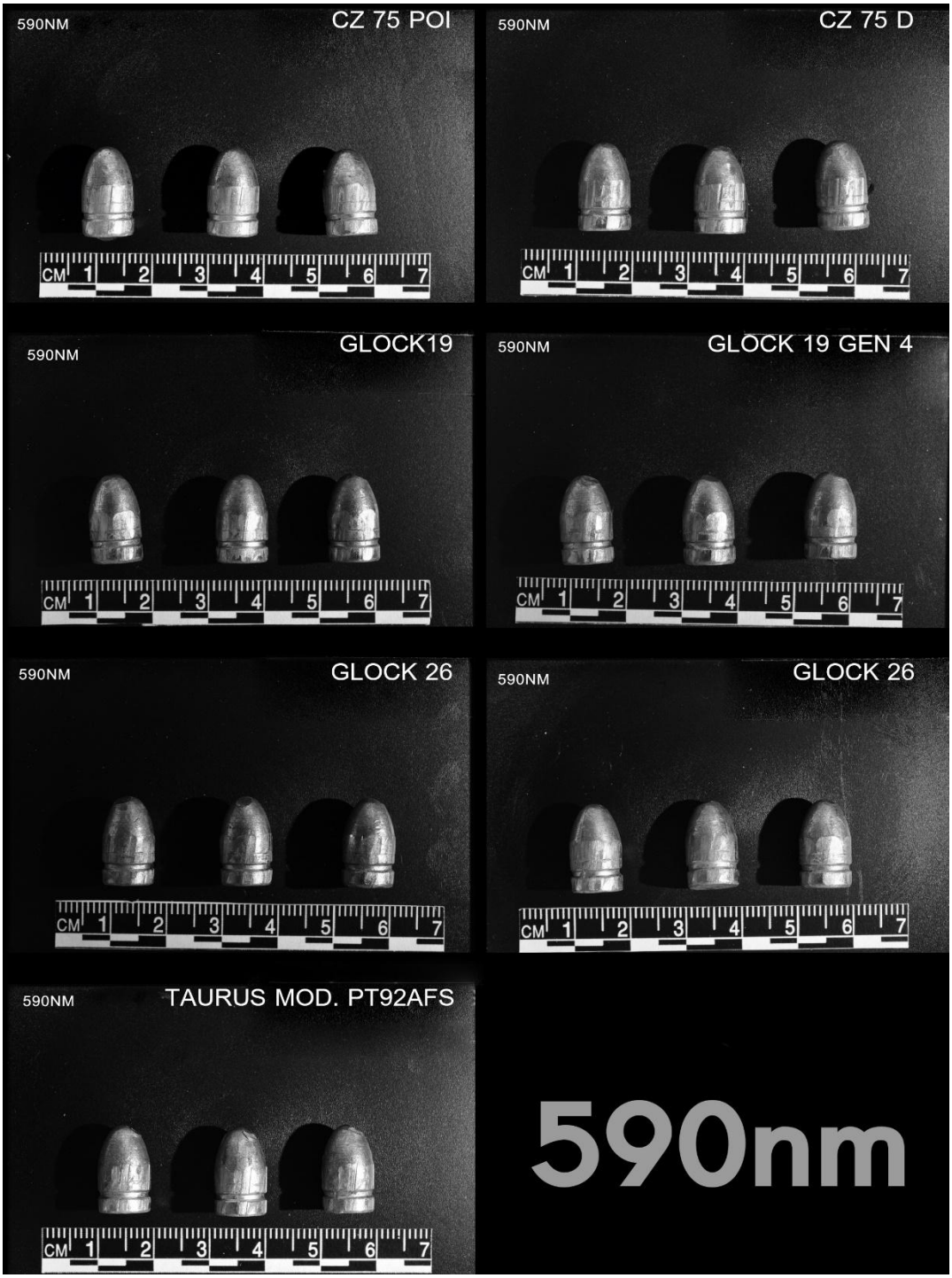
ภาพที่ 118 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1



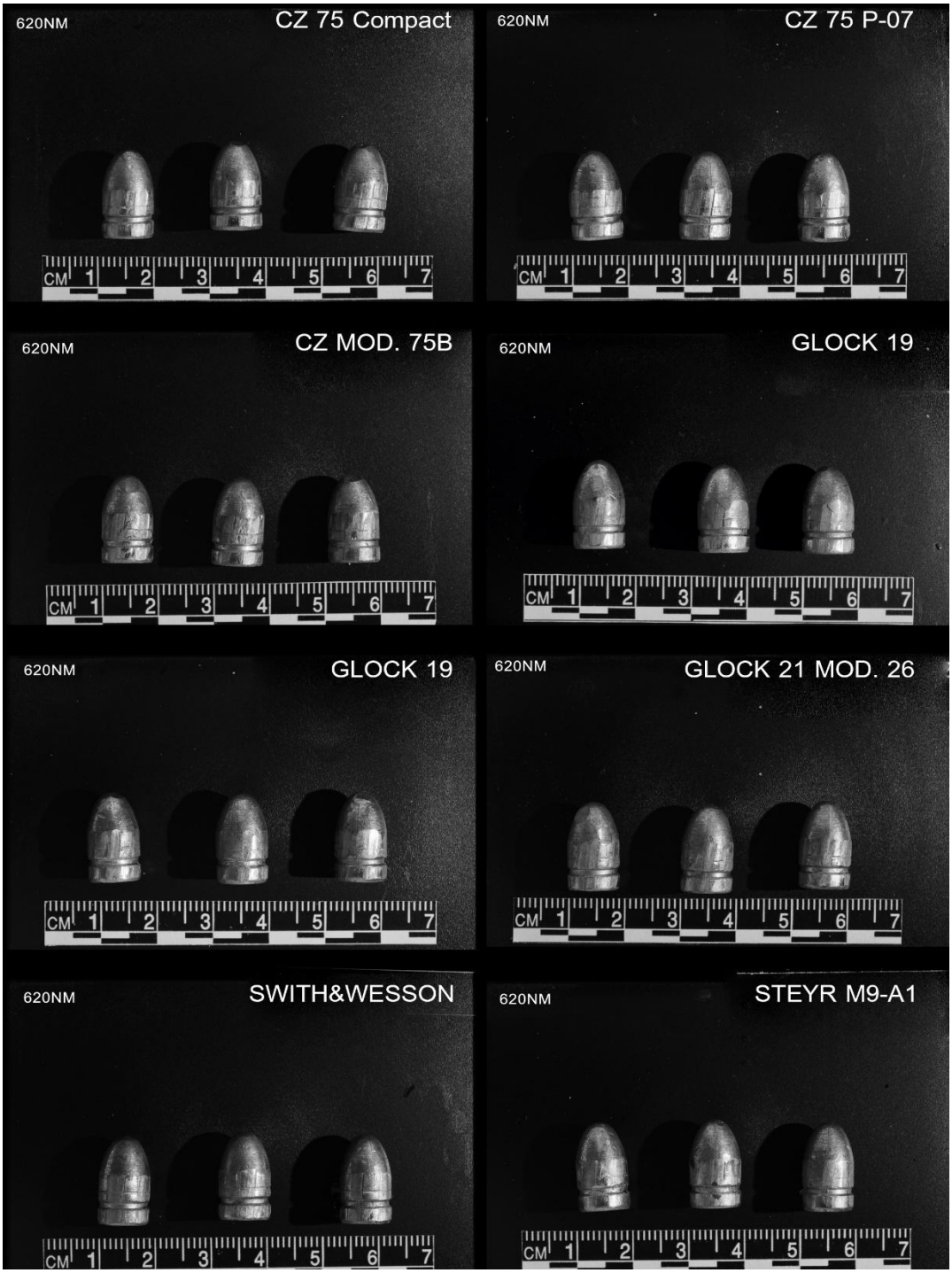
ภาพที่ 119 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



ภาพที่ 120 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1



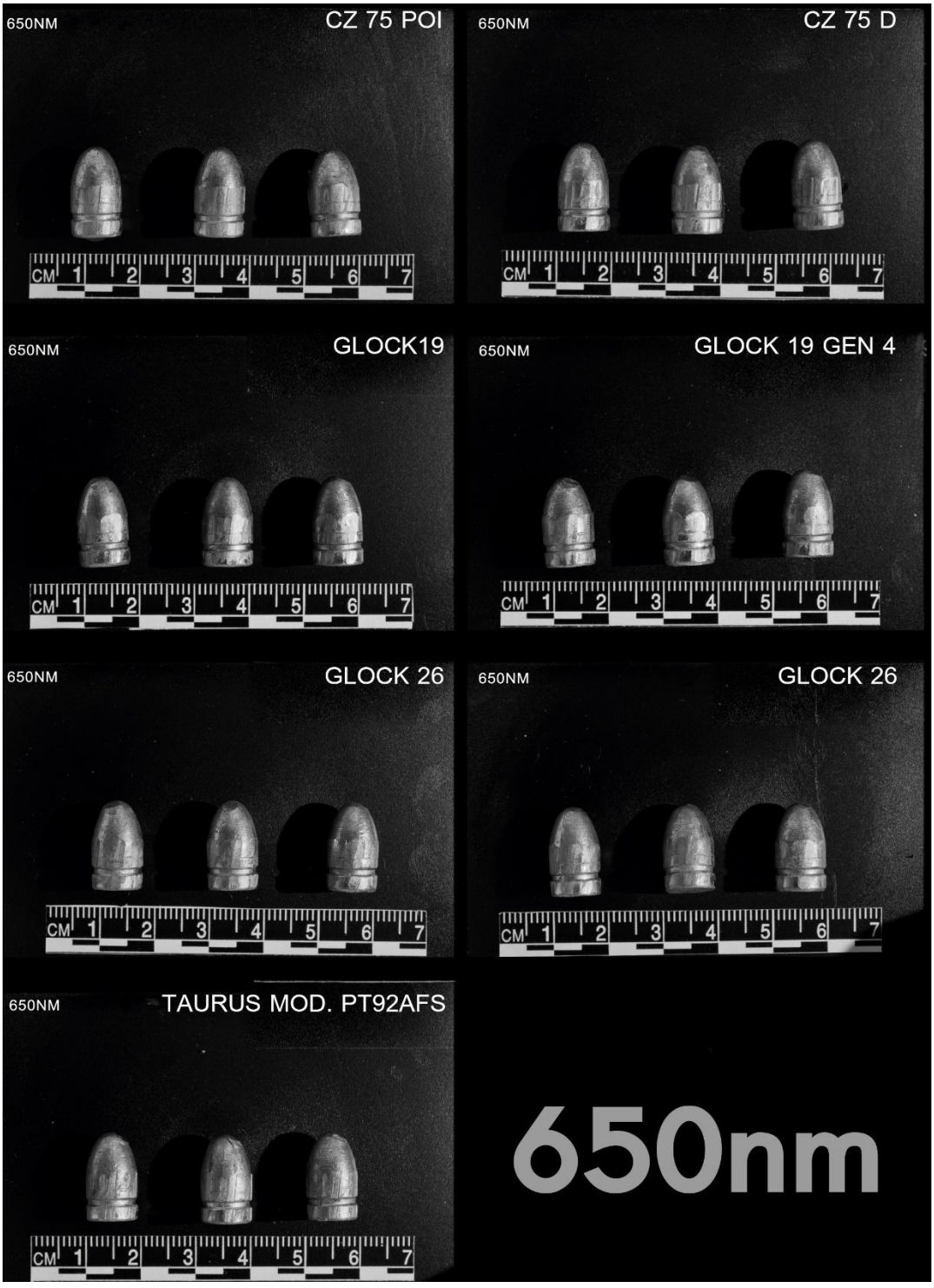
ภาพที่ 121 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2



ภาพที่ 122 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1

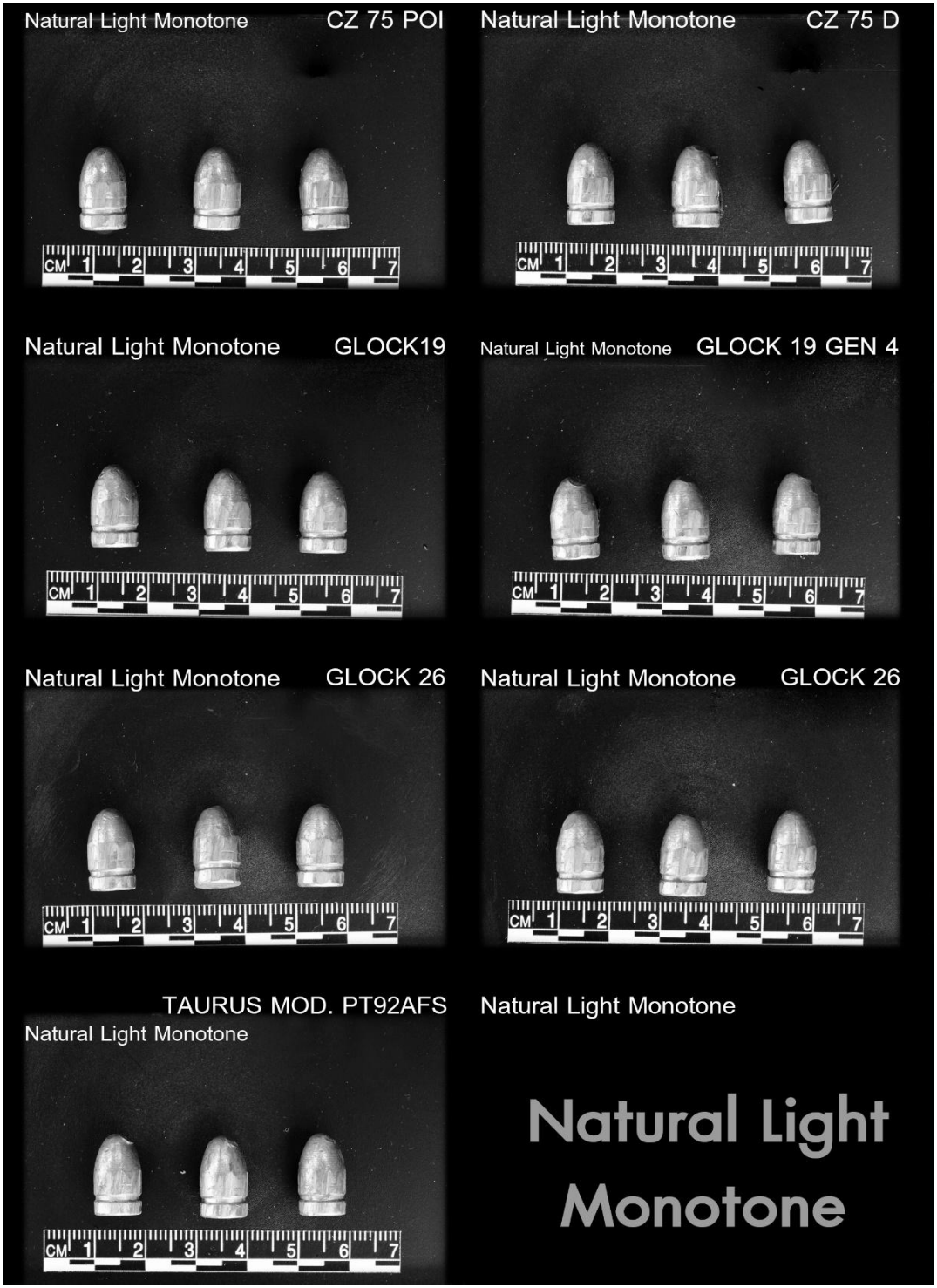
ภาพที่ 123 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2

ภาพที่ 124 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-1



ภาพที่ 125 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วยแสงความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร แบบ Monotone 2-2

ภาพที่ 126 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วย Naturel Light แบบ Monotone 2-1



ภาพที่ 127 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วย Naturel Light แบบ Monotone 2-2

ภาพที่ 128 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วย Naturel Light แบบ Color 2-1

ภาพที่ 129 แสดงการถ่ายภาพลูกกระสุนปืนฯ ด้วย Naturel Light แบบ Color 2-2

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล	ร้อยตำรวจเอกหญิง รัฐการ ปานมารศรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 492/1 ถนนอังรีดูนังต์ ถนนอังรีดูนังต์ แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กทม. 10330
ที่ทำงาน	สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2543	สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) เทคนิคราชบุรี
พ.ศ. 2545	สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) มหาวิทยาลัยราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตเพาะช่าง
พ.ศ. 2547	สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเวชนิทัศน์ จากคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2554	ศึกษาต่อระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2547-2548	Quality Assurance (QA.) บริษัท คินซี่ (ประเทศไทย) จำกัด
พ.ศ. 2548-2549	Computer Graphic And Photograph บริษัท 925 ซิลเวอร์โฟยู
พ.ศ. 2549-2552	นักเวชนิทัศน์ กลุ่มงานนิติพยาธิ สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ
พ.ศ. 2552-ปัจจุบัน	รับราชการตำรวจ ตำแหน่งช่างภาพการแพทย์ (สบ1) กลุ่มงานนิติพยาธิ สถาบันนิติเวชวิทยา โรงพยาบาลตำรวจ