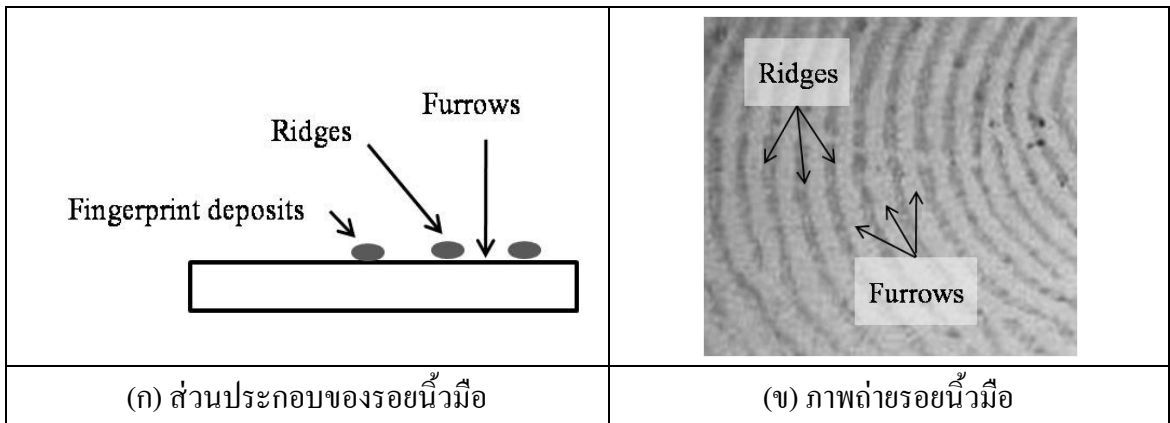


บทที่ 2 ทฤษฎี

2.1 ลายนิ้วมือ [8, 9]

ลายนิ้วมือ คือ ร่องรอยที่เกิดจากการกดทับของนิ้วมือลงบนพื้นผิวใดๆ ทั้งที่ได้มาโดยเจตนาและไม่เจตนา ประกอบด้วยร่อง (furrows) และสัน (ridges) บริเวณสันจะมีรูเหงื่อเล็กๆ ทำให้เหงื่อไหลซึมและเกิดความชื้น เมื่อหยิบจับหรือสัมผัสลงบนวัตถุ บริเวณสันที่ชุ่มชื้นไปด้วยเหงื่อจะถูกกดลงบนพื้นผิววัตถุ ทำให้เกิดรอยนิ้วมือบนพื้นผิวของวัตถุขึ้น และเมื่อถ่ายภาพลายนิ้วมือ ภาพถ่ายที่ได้จะมีลักษณะเป็นแถบสีอ่อนและสีเข้มสลับกัน ซึ่งเกิดจากร่องและสันของลายนิ้วมือ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบและภาพถ่ายของรอยนิ้วมือ

ในทางนิติวิทยาศาสตร์ ลายนิ้วมือมีความสำคัญค่อนข้างมาก เนื่องจากลายนิ้วมือมีความเป็นสากลและมีความเป็นเอกลักษณ์สามารถใช้ในการพิสูจน์บุคคลได้ ไม่มีหนทางใดๆ ที่จะทำให้ลายนิ้วมือนั้นเปลี่ยนแปลงรูปไปได้ มีเพียงการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย เนื่องจากการยืดขยายของผิวหนังเมื่อร่างกายมีการเจริญเติบโต รอยแผล รอยขีดขีดเพียงเท่านั้น อีกทั้งยังสามารถพบได้ง่าย ลักษณะการปรากฏของลายนิ้วมือมีอยู่ 3 ลักษณะ

1. Latent fingerprints หรือลายนิ้วมือแฝง คือ ลายนิ้วมือบนพื้นผิววัตถุใดๆ ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือมองเห็นได้ค่อนข้างยากภายใต้การมองเห็นของมนุษย์ รอยนี้เกิดขึ้นจากสารที่ไม่มีสี แต่อย่างไรก็ดีรอยแฝงเหล่านั้นสามารถทำให้ปรากฏขึ้นมาได้

2. Visible fingerprints คือ ลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิววัตถุ ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เกิดจากการที่นิ้วมือ ที่เปื้อนสารหรือสิ่งอื่นๆ เช่น เลือด ผื่นละออง สี หมึก แล้วไปสัมผัสลงบนสิ่งของ ปรากฏเป็นรอยภาพมองเห็นเป็นภาพลักษณะ 2 มิติ

3. Plastic fingerprints คือ ลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวที่มีความเหนียว สามารถมองเห็นได้ในลักษณะ 3 มิติ ร่องรอยจะปรากฏอยู่ชัดเจน เช่น ลายนิ้วมือที่เกิดขึ้นบนดินน้ำมันหรือคราบกา ลายนิ้วมือที่ปรากฏบนพื้นผิวที่มีความเหนียวหรือลายนิ้วมือที่สามารถมองเห็นได้ จะมีการเก็บลายนิ้วมือโดยการถ่ายภาพ แล้วใช้เทปกาวลอกเก็บออกมาโดยตรง แต่ในส่วนของลายนิ้วมือแผ่นนั้นจะปรากฏอยู่ในที่เกิดเหตุมากกว่าอย่างอื่น เหตุผลเนื่องมาจาก ยิ่งคนเรามีความตื่นเต้นหรือมีเหงื่อมากขึ้นเท่าไร ก็มักจะยิ่งทิ้งลายนิ้วมือแฝงไว้มากกว่าปกติ ในทางนิติวิทยาศาสตร์ หลังจากมีการวางแผนการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงแล้ว จะต้องมึวิธีการที่จะทำให้รอยนิ้วมือแฝงเหล่านั้นปรากฏขึ้นหรือมองเห็นแล้วจึงทำการเก็บหรือถ่ายภาพต่อไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพื้นผิวที่มีรอยนิ้วมือแฝงปรากฏอยู่ ด้วยวิธีการกระทำอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. การใช้ผงฝุ่นปิด (dusting) เป็นการนำเอาสารที่เป็นของแข็งที่ทำเป็นฝุ่นมาใช้ประโยชน์ในการทำให้ภาพรอยนิ้วมือแฝงเหล่านั้นปรากฏขึ้นให้เห็นได้ ในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้ผงฝุ่นสีดำเป็นหลัก โดยใช้แปรงแตะผงฝุ่นและปิดแปรงลงไบบนพื้นผิวที่สงสัยว่าน่าจะมีรอยนิ้วมือแฝงอยู่ ผงฝุ่นเหล่านั้นจะลงไปติดกับคราบเหงื่อ ก่อนที่จะทำการถอด (lifting) ลายนิ้วมือแฝงนั้นออกมาด้วยสกอตเทป อาจจะดูเป็นวิธีการง่าย แต่แท้ที่จริงแล้ว การใช้ผงฝุ่นปิดเป็นวิธีการที่จะต้องอาศัยความประณีตค่อนข้างมาก

2. การใช้สารเคมีละลาย (immersion) เป็นการนำเอาสารที่เป็นของเหลวมาใช้ประโยชน์ มีการนำสารเคมีหลายชนิดมาใช้ แต่ที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ น้ำยาเกลือไนเตรท (silver nitrate) จะปรากฏเป็นลายเส้นของลายนิ้วมือสีดำและน้ำยานินไฮดริน (ninhydrin) จะปรากฏเป็นลายเส้นของลายนิ้วมือสีม่วงปนน้ำเงิน เนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำยาเคมีกับส่วนประกอบของเหงื่อในรอยนิ้วมือแฝง น้ำยาเหล่านี้จะมีผลมากเมื่อใช้ในการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงจากกระดาษ แต่วิธีการนี้จะยากกว่าการใช้ผงฝุ่นปิดและจะต้องทำในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งยังทำให้เอกสารที่นำมาทำการตรวจหาลายนิ้วมือแฝงนั้นเกิดความเสียหาย

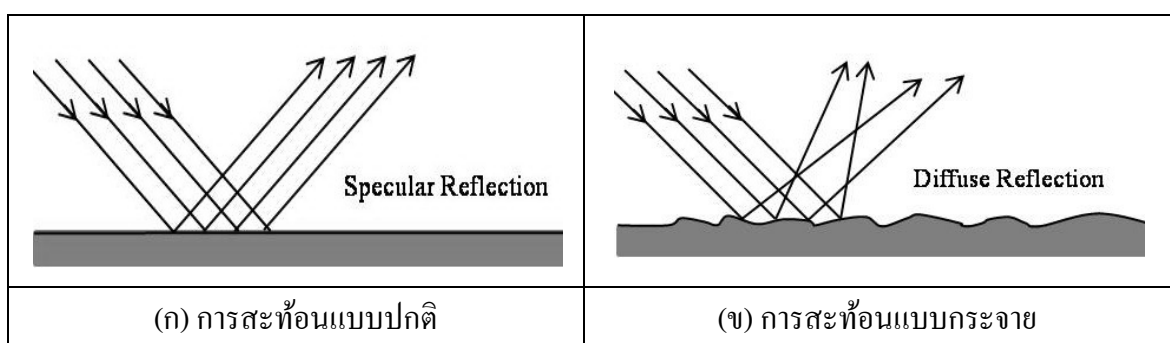
3. การใช้ไอระเหย (fuming) หรือการใช้วิธีการรมควัน เป็นการอาศัยคุณสมบัติการระเหิดเป็นแก๊สของสารเคมี เช่น ไอระเหยของไอโอดีน (Iodine fuming) และไอระเหยของไซยาโนอะครีเลต (cyanoacrylate vapor) ข้อควรระวังที่จะต้องพิจารณาถึงคืออันตรายจากสารเคมีเหล่านี้

ซึ่งวิธีการทั้งหมดนี้เป็นวิธีการที่เกิดการสัมผัสลงไปบริเวณที่มีรอยนิ้วมือแฝงโดยตรง จะต้องมีความระมัดระวังเพื่อไม่ให้ลายนิ้วมือแฝงเหล่านั้นเกิดความเสียหาย เพราะร่องรอยเหล่านี้มีค่ามาก ไม่สามารถหาทดแทนใหม่ได้และสารเคมีอาจเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติการ เมื่อลายนิ้วมือแฝงปรากฏขึ้นจนเราสามารถมองเห็นลายนิ้วมือแฝงได้แล้ว จะต้องมีการถ่ายภาพไว้ด้วย เพื่อเป็นการยืนยันข้อเท็จจริงบริเวณที่พบลายนิ้วมือแฝง และภาพที่ถ่ายจะต้องมีความชัดเจน

2.2 การสะท้อน [10]

การสะท้อนของแสงในระนาบที่มีรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนอยู่ตั้งฉากกับพื้นผิวสะท้อน รังสีสะท้อนจะทำมุมตกกระทบเท่ากับมุมรังสีสะท้อนกับแนวตั้งฉากนี้ บนพื้นผิวทั่วไปการสะท้อนของแสงมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

1. การสะท้อนแบบสเปกคูลา (specular reflection) คือ การสะท้อนที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวเรียบ โดยมีมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนและแนวรังสีตกกระทบจะอยู่ในระนาบเดียวกันกับรังสีสะท้อน
2. การสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) คือ การสะท้อนที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิวที่ขรุขระ ไม่เรียบ มีทิศทางการสะท้อนในทุกทิศทาง และเมื่อพิจารณาบริเวณพื้นผิวเล็กๆ จะประกอบด้วยพื้นผิวเรียบจำนวนมาก ที่จุดนี้มุมตกกระทบยังคงเท่ากับมุมสะท้อนเสมอ โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนแบบสเปกคูลาจะมีค่ามากกว่าการสะท้อนแบบกระจายเสมอ ซึ่งเป็นไปตามกฎการสะท้อน ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการสะท้อนของแสงบนพื้นผิวที่เรียบและไม่เรียบ

ในที่นี้การสะท้อนของแสงบนพื้นผิวที่มีรอยนิ้วมือ จะเกิดการสะท้อนทั้ง 2 ลักษณะ โดยบริเวณพื้นผิวที่ไม่มีรอยนิ้วมือจะเกิดการสะท้อนแบบสเปกคูลา แต่ในบริเวณพื้นผิวที่มีรอยนิ้วมือจะเกิดการสะท้อนแบบกระจายในทุกทิศทาง แต่ก็มีการสะท้อนแบบกระจายบางส่วน ที่มีแนวรังสีการสะท้อนที่ขนานกับแนวรังสีการสะท้อนจากพื้นผิว โดยทั่วไปแล้วปริมาณแสงที่สะท้อนออกจากพื้นผิวบริเวณที่ไม่มีรอยนิ้วมือจะมากกว่าบริเวณที่มีรอยนิ้วมือ ทำให้บริเวณพื้นผิวที่ไม่มีรอยนิ้วมือมีความสว่างมากกว่า

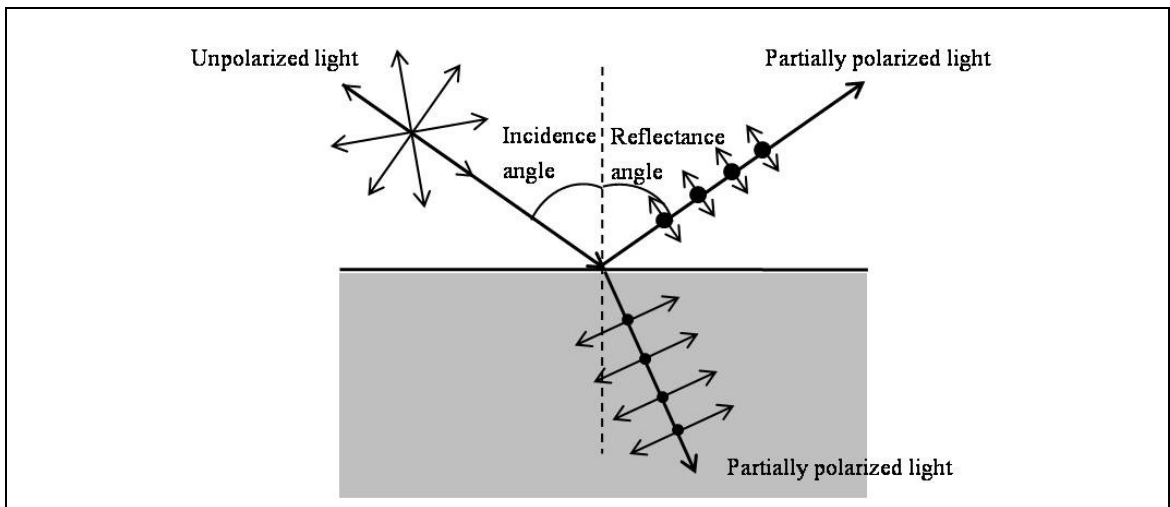
2.3 โพลาริเซชันของแสง [10]

ในคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก แต่เลือกเฉพาะเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าเป็นตัวแทนในการอธิบาย เมื่อเวกเตอร์สนามไฟฟ้ามีทิศทางการสั่นในทิศทางเดียว เรียกทิศทางของสนามไฟฟ้านั้นว่า ทิศโพลาริเซชันของคลื่น ในกรณีที่มีการสั่นของสนามไฟฟ้าในหลายๆ ทิศทางจะเรียกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นว่า คลื่นแบบไม่โพลาริซ์ (unpolarized wave) แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งและโพลาริเซชันของแสงมีหลายชนิด ถ้าสนามไฟฟ้ามีการสั่นในทิศทางเดียวตลอดเวลา แสงจะมีโพลาริซ์เชิงเส้น (linear polarization) แต่ถ้าสนามไฟฟ้าไม่ได้มีการสั่นอยู่ในแนวตั้งหรือแนวนอนแนวใดแนวหนึ่ง เราสามารถแยกพิจารณาเป็น 2 แขนงที่ตั้งฉากกันได้ ถ้าคลื่นทั้งสองแกนมีจุดเริ่มต้นและขนาดของสนามไฟฟ้าแตกต่างกัน จะทำให้แสงเหล่านั้นไม่เป็นแสงโพลาริซ์เชิงเส้นอีกต่อไปแล้ว เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าหาเรา เราจะเห็นว่าทิศทางการสั่นของสนามไฟฟ้ายังมีการหมุนเปลี่ยนแบบทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกาแบบใดแบบหนึ่งตลอดเวลา และมีคาบการหมุนกลับมาซ้ำทิศทางเดิมเท่ากับคาบความยาวคลื่นของแสง แต่จะเป็นแสงโพลาริซ์แบบวงกลม (circularly polarization) ก็ต่อเมื่อเวกเตอร์ของสนามไฟฟ้าทั้งสองที่ตั้งฉากกันมีขนาดของแอมพลิจูดเท่ากันและมีเฟสต่างกันทุกๆ 90 องศา นอกเหนือจากนี้จะเป็นแสงโพลาริซ์แบบวงรี (elliptically polarization) แทน คือขนาดของเวกเตอร์สนามไฟฟ้าอาจจะเท่ากันหรือไม่เท่ากันก็ได้ และเฟสจะต้องต่างกันไม่เท่ากับ 0 หรือ 90 องศา

ในกรณีที่แสงไม่โพลาริซ์สามารถทำให้เป็นแสงโพลาริซ์ได้ด้วยกระบวนการต่อไปนี้

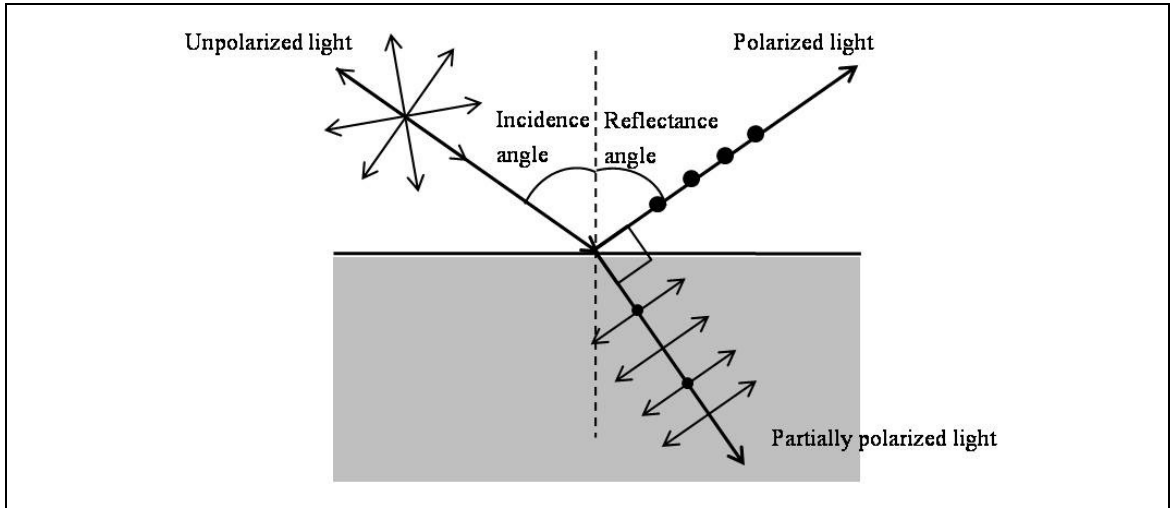
- การเลือกดูดกลืน (selective absorbtion)
- การสะท้อน (reflection)
- การหักเหซ้อน (double reflection)
- การกระเจิง (scattering)

ในที่นี้จะกล่าวถึงการเกิดโพลาไรเซชันโดยการสะท้อนของแสงเพียงอย่างเดียวเท่านั้น
 เมื่อให้แสงไม่โพลาไรซ์ซึ่งมีองค์ประกอบของสนามไฟฟ้า 2 แนว ทั้งโพลาไรเซชันในแนวตั้งฉากและ
 ในแนวนานกับระนาบตกกระทบ (plane of incidence) ตกกระทบลงบนพื้นผิวของตัวกลาง การ
 สะท้อนของแสงที่ออกมา จะมีองค์ประกอบของสนามไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งขึ้นกับมุมของแสงที่
 ตกกระทบลงบนพื้นผิวของตัวกลางเทียบกับเส้นปกติ โดยแสงที่สะท้อนออกมาและแสงทะลุผ่านไป
 ยังอีกตัวกลางหนึ่งจะมีระนาบโพลาไรซ์เพียงบางส่วนเท่านั้น ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการสะท้อนของแสงกรณีทั่วไป เมื่อให้แสงไม่โพลาไรซ์ตกกระทบลงบนพื้นผิวของ
 วัตถุ

และเมื่อแสงตกกระทบที่มุมตกกระทบเท่ากับมุมบรูสเตอร์ $\theta_i = \theta_B$ แสงที่สะท้อนออกมาจะเหลือ
 เฉพาะในส่วนของโพลาไรเซชันในแนวตั้งฉากกับระนาบตกกระทบเพียงเท่านั้น โดยมีมุมระหว่าง
 รังสีสะท้อนและรังสีหักเหทำมุมตั้งฉากกัน $\theta_i + \theta_t = 90^\circ$ ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการสะท้อนของแสง เมื่อให้แสงไม่โพลาไรซ์ตกกระทบบนพื้นผิวของวัตถุ เมื่อมุมตกกระทบท่ำกับมุมบริวสเตอร์

โดยการหักเหของแสงที่พื้นผิวระหว่างตัวกลางทั้งสองที่มีค่าดัชนีหักเหแสง n_i และ n_t สามารถใช้กฎของสเนลล์ (Snell's law) เพื่อหาขนาดของมุมบริวสเตอร์ (Brewster's angle) θ_B ได้ดังนี้

$$n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t \quad (2.1)$$

เมื่อ θ_i และ θ_t คือ มุมตกกระทบทและมุมหักเหของแสงเทียบกับเส้นปกติ ตามลำดับ

จาก $\theta_i + \theta_t = 90^\circ$ จะได้ว่า

$$n_i \sin \theta_B = n_t \cos \theta_B \quad (2.2)$$

$$\tan \theta_B = \frac{n_t}{n_i} \quad (2.3)$$

เรียกสมการด้านบนว่า Brewster's law และเมื่อพิจารณาจากแอมพลิจูดของสนามไฟฟ้า สามารถหาอัตราส่วนแอมพลิจูดของสนามไฟฟ้าในแนวตั้งฉากและขนานกับระนาบตกกระทบทที่สะท้อนและหักเหออกจากบริเวณรอยต่อของพื้นผิวดักลางได้อีกเก็ทริก ได้เป็น 4 สมการด้านล่าง

$$r_{\perp} = \left(\frac{E_{0r}}{E_{0i}} \right)_{\perp} = \frac{n_i \cos \theta_i - n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i + n_t \cos \theta_t} \quad (2.4)$$

$$t_{\perp} = \left(\frac{E_{0t}}{E_{0i}} \right)_{\perp} = \frac{2n_i \cos \theta_i}{n_i \cos \theta_i + n_t \cos \theta_t} \quad (2.5)$$

$$r_{\parallel} = \left(\frac{E_{0r}}{E_{0i}} \right)_{\parallel} = \frac{n_t \cos \theta_i - n_i \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_t + n_t \cos \theta_i} \quad (2.6)$$

$$t_{\parallel} = \left(\frac{E_{0t}}{E_{0i}} \right)_{\parallel} = \frac{2n_i \cos \theta_i}{n_i \cos \theta_t + n_t \cos \theta_i} \quad (2.7)$$

เมื่อ $r_{\perp}$ และ $r_{\parallel}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนในแนวตั้งฉากและขนานกับระนาบตกกระทบ

$t_{\perp}$ และ $t_{\parallel}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านในแนวตั้งฉากและขนานกับระนาบตกกระทบ

E_{0i} , E_{0r} และ E_{0t} คือ แอมพลิจูดของสนามไฟฟ้าที่ตกกระทบ สะท้อนและส่งผ่านตามลำดับ

เรียกสมการทั้ง 4 สมการนี้ว่าสมการของเฟรสเนล (Fresnel Equation) และสามารถเขียนสมการใหม่โดยอาศัยกฎของสเนลล์ได้เป็น

$$r_{\perp} = - \frac{\sin(\theta_i - \theta_t)}{\sin(\theta_i + \theta_t)} \quad (2.8)$$

$$t_{\perp} = + \frac{2 \sin \theta_t \cos \theta_i}{\sin(\theta_i + \theta_t)} \quad (2.9)$$

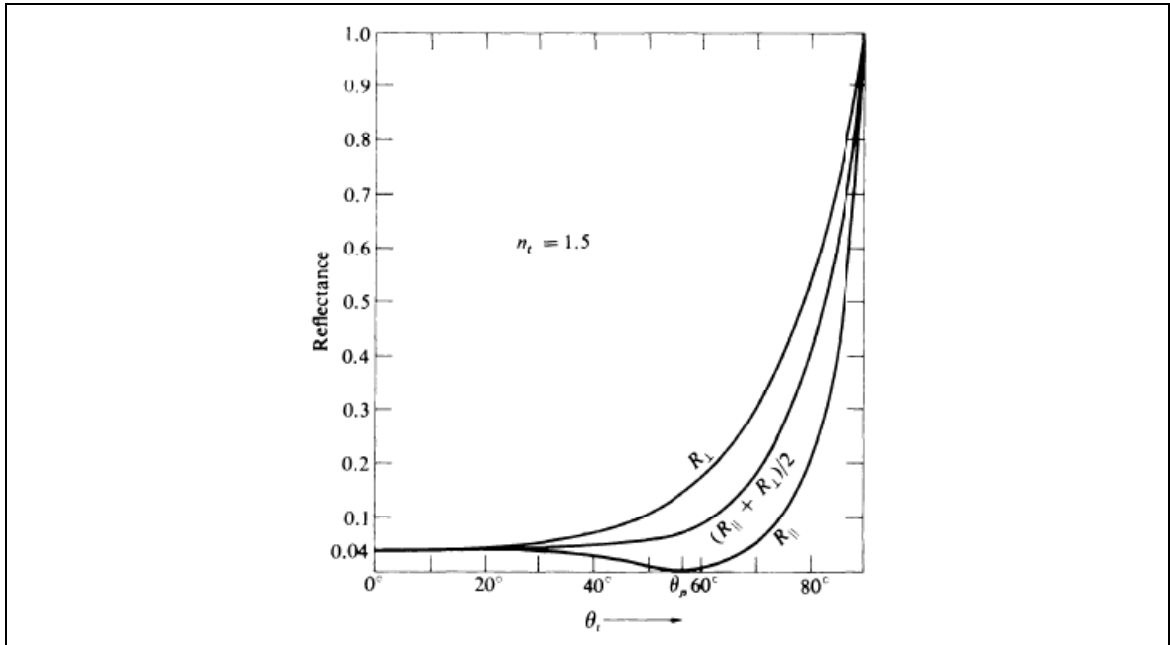
$$r_{\parallel} = + \frac{\tan(\theta_i - \theta_t)}{\tan(\theta_i + \theta_t)} \quad (2.10)$$

$$t_{\parallel} = + \frac{2 \sin \theta_t \cos \theta_i}{\sin(\theta_i + \theta_t) \cos(\theta_i - \theta_t)} \quad (2.11)$$

ซึ่งในส่วนนี้จะสนใจเฉพาะในส่วนของการสะท้อน โดยเมื่อยกกำลังสองของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (reflection coefficient) จะเท่ากับค่าการสะท้อน (reflectance)

$$R_{\perp} = r_{\perp}^2, \quad R_{\parallel} = r_{\parallel}^2 \quad (2.12)$$

สามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนและมุมตกกระทบได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการสะท้อนของแสงโพลาไรซ์ทั้งในแนวนอนและในแนวตั้งฉากกับระนาบตกกระทบที่มุมตกกระทบ 0 ถึง 90 องศา เมื่อ $n_i < n_t$ [10]

จากภาพเมื่อค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 1 เท่ากับ 1 และค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 2 เท่ากับ 1.5 ที่มุม $\theta_i = \theta_p$ ค่าการสะท้อนในแนวนอนจะเท่ากับ 0 ดังนั้นแสงที่สะท้อนออกจากรอยต่อของพื้นผิวตัวกลางจะเหลือเฉพาะสนามไฟฟ้าในแนวตั้งฉากเพียงเท่านั้น ทำให้แสงที่สะท้อนออกมาเป็นแสงโพลาไรซ์ เรียกมุม θ_p ว่ามุมโพลาไรซ์

2.4 กล้องถ่ายภาพและฟิลเตอร์ [11, 12, 13, 14, 15, 16]

กล้องถ่ายภาพดิจิทัลมีหลายประเภท แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันมีด้วยกันทั้งหมด 4 ประเภทดังนี้

1. **กล้องคอมแพค (compact)** เป็นกล้องขนาดเล็ก พกพาสะดวก เหมาะสำหรับการใช้งานทั่วไป มีโหมดการใช้งานสำเร็จรูป ง่ายต่อการใช้งาน
2. **กล้อง DSLR (Digital Single Lens Reflex)** หรือกล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวแบบดิจิทัล เป็นกล้องขนาดใหญ่สามารถถอดเปลี่ยนเลนส์ได้ตามที่ต้องการ มีหลักการทำงานเหมือนกล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวแบบฟิล์ม แตกต่างกันที่ใช้แผ่นการ์ดเป็นตัวรับและบันทึกข้อมูล กล้องประเภทนี้มีราคาสูงกว่ากล้องคอมแพค
3. **กล้อง DSLR-Like** เป็นกล้องที่มีลักษณะเหมือนกล้อง DSLR แต่ไม่สามารถเปลี่ยนเลนส์ได้

4. กล้อง **Mirrorless** เป็นกล้องลักษณะเดียวกับกล้อง DSLR ต่างกันตรงที่ไม่มีเลนส์สะท้อนเท่านั้น มีขนาดประมาณกล้องคอมแพคแต่คุณภาพภาพประมาณกล้อง DSLR แสดงดังรูปที่ 2.6

	
(ก) กล้องคอมแพค	(ข) กล้อง DSLR
	
(ค) กล้อง DSLR-Like	(ง) กล้อง Mirrorless

รูปที่ 2.6 แสดงประเภทของกล้องดิจิทัล [12]

ในการถ่ายภาพฟิลเตอร์ (filter) เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่น่าสนใจประกอบเข้ากับกล้องถ่ายรูป ใช้ติดตั้งไว้ที่หน้าเลนส์ปกติของกล้องถ่ายรูป ในการเพิ่มขอบเขตของการทำงานของกล้องให้ถ่ายภาพได้ดียิ่งขึ้น โดยทั่วไปฟิลเตอร์ทำมาจากวัสดุโปร่งใส มีสีและรูปทรงแตกต่างกันออกไป แบ่งได้เป็น 3 ลักษณะคือ แบบแผ่นแก้วกลมโลหะ แบบแผ่นเจลาติน (gelatin) สีเคลือบผิวน้ำแบบแผ่นแก้วหรือพลาสติกรูปสี่เหลี่ยม ฟิลเตอร์ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป เป็นแบบแผ่นแก้วกลมขอบโลหะ มีหลากหลายขนาดขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกเลนส์ และมีหลากหลายชนิด แต่ในกล้องดิจิทัลฟิลเตอร์ที่นิยมใช้กันมีประมาณ 5 ชนิด

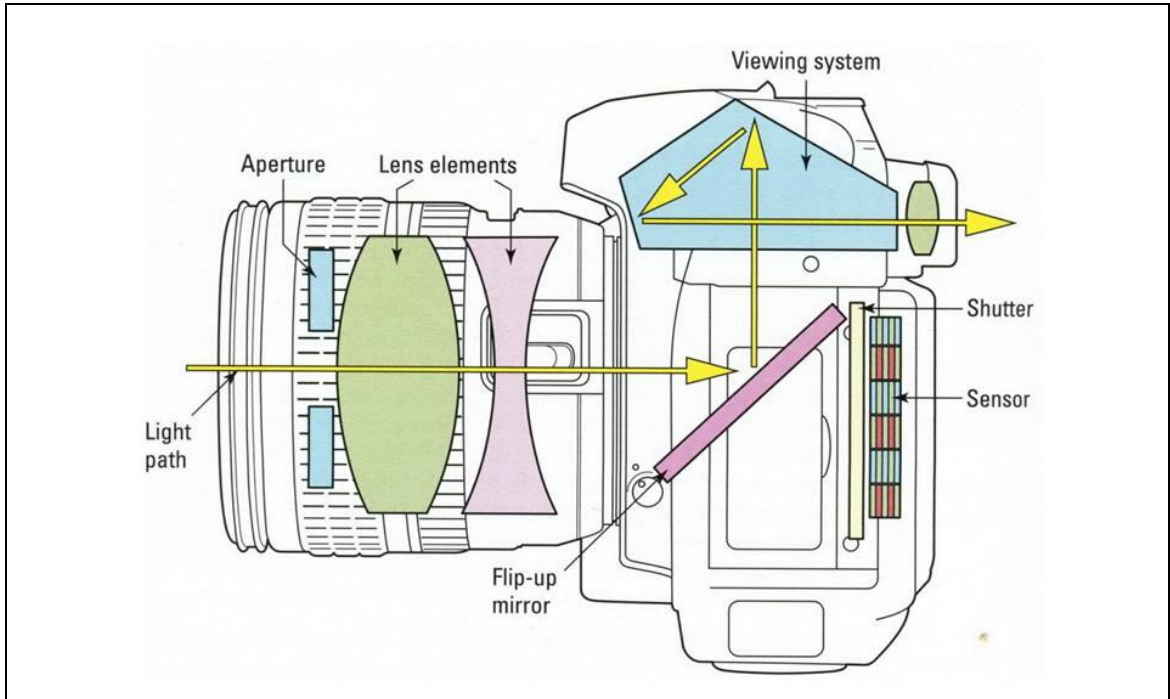
1. ฟิลเตอร์ยูวี (UV filter) ทำหน้าที่ตัดรังสีอัลตราไวโอเลต
2. ฟิลเตอร์โพลาไรซ์ PL (polarizing filter) หรือ ฟิลเตอร์โพลาไรซ์แบบวงกลม CPL (circular polarizing filter) ใช้สำหรับลดเงาและแสงสะท้อน ในกล้องออโตโฟกัสจะต้องใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์แบบวงกลม เพราะจะทำให้ตัววัดแสงในตัวกล้องทำงานได้อย่างถูกต้อง

3. **ฟิลเตอร์กราดูเอท (graduated neutral density filter)** ใช้สำหรับลดแสงและข้อมสีบางส่วนให้ท้องฟ้าในภาพ
 4. **ฟิลเตอร์ลดแสงหรือทอนแสง (neutral density filter)** ใช้สำหรับลดแสงที่ผ่านเข้ามาในเลนส์
 5. **ฟิลเตอร์โคลสอัพ (close up filter)** เป็นฟิลเตอร์ที่ใช้สำหรับการขยายภาพ เอาไว้ช่วยในการถ่ายภาพระยะโฟกัสใกล้ๆ
- นอกจากนี้ยังมีฟิลเตอร์แบบต่างๆ ตามชนิดการใช้งานอีกมากมาย



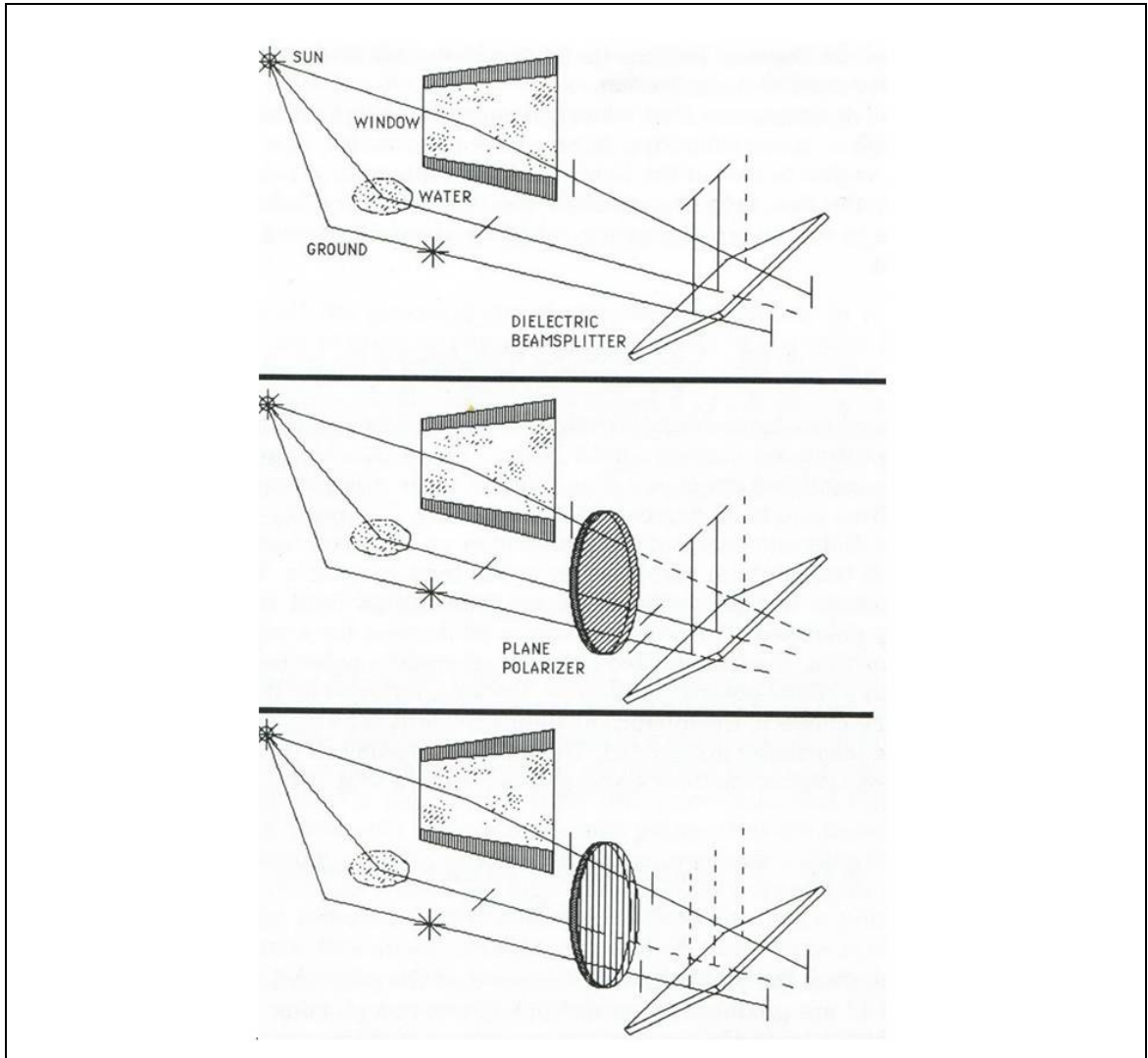
รูปที่ 2.7 ฟิลเตอร์โพลาไรซ์แบบวงกลม [13]

ในกล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวแบบดิจิทัล หรือกล้อง DSLR ปัจจุบันจะมีการโฟกัสภาพทั้งหมด 2 วิธี คือ การโฟกัสอัตโนมัติ (auto focus, AF) และการโฟกัสเองด้วยมือ (manual focus, MF) หลักในการทำงานของกล้อง DSLR เริ่มจากเมื่อเราเล็งภาพไปยังวัตถุที่เราต้องการถ่ายภาพ แสงที่สะท้อนจากวัตถุจะผ่านเข้าสู่เลนส์ แล้วสะท้อนกับกระจกหลักในกล้องเข้ามาสู่ปริซึมที่อยู่ในช่องมองภาพและสะท้อนเข้าสู่ตาเรา ดังรูปที่ 2.8 จังหวะที่กดชัตเตอร์เพื่อบันทึกภาพนั้น กระจกที่สะท้อนภาพจะดีดขึ้นมาปิดที่ด้านล่างของปริซึม ทำให้เราไม่สามารถมองเห็นภาพ และม่านชัตเตอร์จะเปิด ทำให้แสงจากเลนส์ตกลงสู่เซนเซอร์รับภาพ เมื่อเซนเซอร์ได้รับแสงก็จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วส่งข้อมูลไปประมวลผลเป็นภาพอีกที เมื่อชัตเตอร์เปิดรับแสงตามเวลาที่กำหนด และบันทึกภาพเสร็จสมบูรณ์ ม่านชัตเตอร์จะปิด กระจกสะท้อนภาพจะกลับสู่ตำแหน่งเดิมทำให้เราสามารถมองเห็นภาพได้เหมือนเดิม กระจกหลักในกล้อง DSLR ปัจจุบันสามารถส่งผ่านแสงบางส่วนได้ทำหน้าที่เช่นเดียวกับตัวแยกแสง (beamsplitter) โดยสนามไฟฟ้าของแสงจะแยกออกเป็นสองทิศทาง ทิศทางหนึ่งไปยังช่องมองภาพดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ส่วนอีกทิศทางหนึ่งไปยังระบบโฟกัสอัตโนมัติ



รูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบของกล้อง DSLR [15]

ในการถ่ายภาพท้องฟ้า กระจก ผิวน้ำ หรือพื้นผิวไดอิเล็กทริก จะมีการสะท้อนของแสงที่เป็นโพลาไรซ์เกิดขึ้น จึงมีการใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์เชิงเส้นเพื่อลดแสงสะท้อน โดยการหมุนฟิลเตอร์ให้มีระนาบตั้งฉากกับระนาบของแสงโพลาไรซ์ที่สะท้อนออกมา ทำให้ภาพที่ได้ออกมานั้นมีความสดใสและความอึมตัวของภาพมากขึ้น แต่ในระบบโฟกัสอัตโนมัติจะเกิดปัญหาของการสะท้อนแสงภายในกล้องถ่ายภาพ ตามผลของโพลาไรเซชันของกระจกหลัก เมื่อใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์เชิงเส้น (linear polarizer) ดังรูปที่ 2.9 ซึ่งขึ้นอยู่กับแกนของฟิลเตอร์โพลาไรซ์เชิงเส้นและกล้องถ่ายภาพ

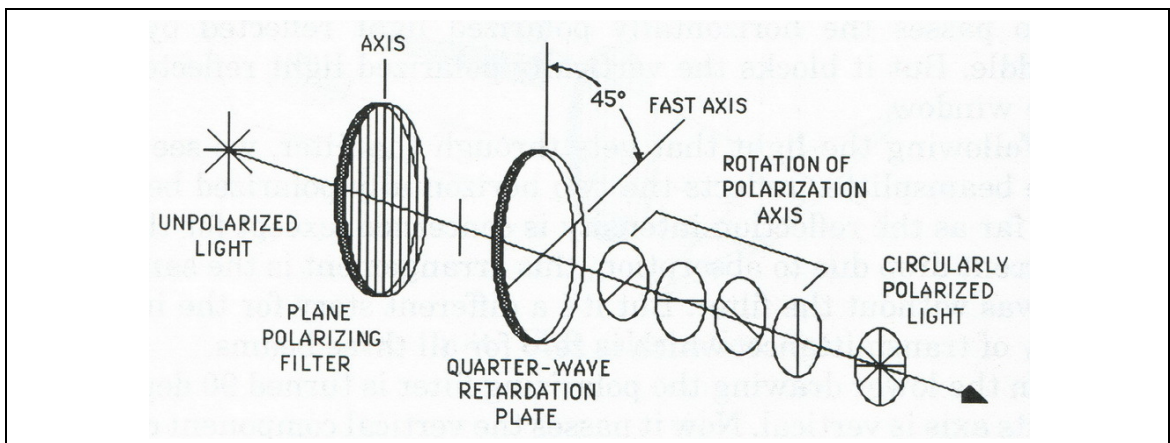


รูปที่ 2.9 แสดงผลของโพลาไรเซชันในกล้อง DSLR [16]

สมมุติให้แสงที่สะท้อนจากกระจกและผิวน้ำเป็นแสงโพลาไรซ์โดยสมบูรณ์ แสงที่สะท้อนจากพื้นดินจะเป็นแสงไม่โพลาไรซ์ตามแสงจากดวงอาทิตย์ เมื่อแสงเกิดการสะท้อนไปยังกระจกหลักในกล้อง แสงที่สะท้อนจากพื้นดินจะสะท้อนและส่งผ่านแบบปกติไม่มีการสูญเสีย แต่แสงที่สะท้อนจากผิวน้ำจะสะท้อนจากกระจกรับภาพปกติแต่จะไม่มีแสงส่งผ่านไปยังเซนเซอร์ และแสงที่สะท้อนจากกระจกจะมีการส่งผ่านแต่ไม่มีการสะท้อนไปยังช่องมองภาพ ทำให้เราเห็นกระจกมีสีดำ ในการถ่ายภาพเมื่อกระจกหลักยกตัวขึ้น โพลาไรเซชันของแสงจะไม่มีผลต่อการบันทึกภาพ ทำให้ภาพที่เราเห็นจากช่องมองภาพในตอนแรกไม่เหมือนกับภาพที่ถูกบันทึก เช่นเดียวกับในแต่ละกรณีที่แสดงในภาพเมื่อมีฟิลเตอร์โพลาไรซ์เชิงเส้นหน้ากล้อง เราสามารถแก้ปัญหานี้ได้โดยใช้ฟิลเตอร์โพลาไรซ์แบบวงกลม (circular polarizing filter)

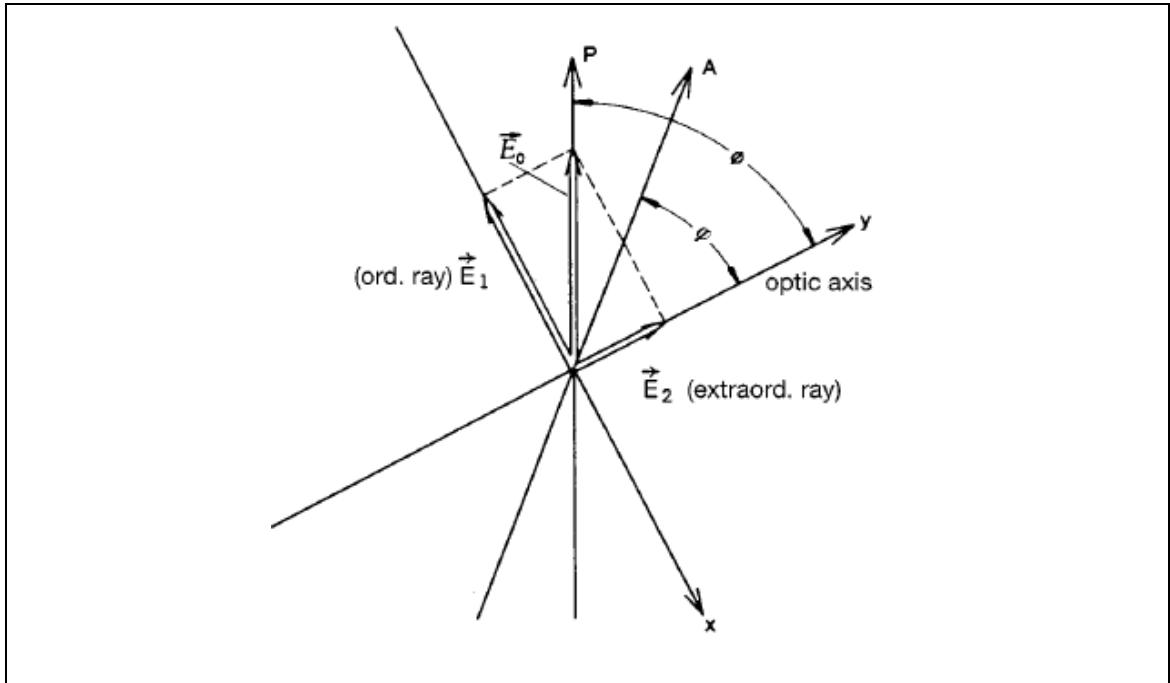
2.5 ฟิเตอร์โพลาไรซ์แบบวงกลม [16, 17]

ฟิเตอร์โพลาไรซ์แบบวงกลม คือ ชิ้นส่วนที่ประกอบด้วยฟิเตอร์โพลาไรซ์เชิงเส้นและแผ่นเลี้ยวคลื่น (quarter-wave plate) ประกบติดกันโดยมุมของแกนทัศน (optic axis) ของอุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้น ทำมุมต่อกัน 45 องศา เมื่อแสงไม่โพลาไรซ์ผ่านฟิเตอร์โพลาไรซ์แบบวงกลม แสงที่ผ่านออกมาจะกลายเป็นแสงโพลาไรซ์แบบวงกลม ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงองค์ประกอบและหลักการของฟิเตอร์โพลาไรซ์แบบวงกลม [16]

ในผลึกแกนเดี่ยวหรือผลึกที่มีแกนทัศนอยู่เพียงแกนเดียว โครงสร้างของอะตอมภายในผลึกจะสมมาตรรอบทิศทาง ถ้าตัดผลึกนี้ให้แนวแกนทัศนตั้งฉากกับผิวด้านหน้าและด้านหลังของผลึก เมื่อให้แสงโพลาไรซ์ตกกระทบตั้งฉากกับแผ่นผลึก จะไม่เกิดการเลื่อนเฟสของคลื่น o-wave (ordinary wave) และ e-wave (extraordinary wave) ซึ่งคลื่น o-wave จะมีการแผ่หน้าคลื่นเป็นวงกลม ส่วนคลื่น e-wave จะมีการแผ่หน้าคลื่นเป็นวงรี และสนามไฟฟ้าของ o-wave และ e-wave จะตั้งฉากและขนานกับแกนทัศน ตามลำดับ แต่ถ้าตัดผลึกให้มีแนวแกนทัศนอยู่ในระนาบของทั้งผิวด้านหน้าและด้านหลัง เมื่อให้แสงโพลาไรซ์ตกตั้งฉากกับแผ่นผลึก ถ้าสนามไฟฟ้าในระนาบนี้มีองค์ประกอบในแนวขนานและตั้งฉากกับแกนทัศน คลื่นระนาบทั้งสองแนวจะเคลื่อนที่แยกจากกัน ด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากัน เมื่อคลื่นระนาบเคลื่อนที่หลุดพ้นจากแผ่นผลึกจะทำให้มีเฟสต่างกันขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นผลึก ในกรณีของแผ่นเลี้ยวคลื่นจะทำให้ o-wave และ e-wave มีเฟสต่างกัน 90 องศาถ้าให้แสงโพลาไรซ์ P ตกกระทบผลึกทำมุม ϕ กับแกนทัศนของผลึก ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงการแยกของแสงโพลาไรซ์ในผลึกแกนเดี่ยว [17]

แอมพลิจูดของสนามไฟฟ้า o-wave และ e-wave ที่เวลา t มีค่าเท่ากับ

$$E_x = E_0 \sin \phi \sin \omega t \quad (2.13)$$

$$E_y = E_0 \cos \phi \sin \omega t \quad (2.14)$$

ตามลำดับ ถ้า $\phi = 0^\circ$ หรือ $\phi = 90^\circ$ จะได้แสงโพลาไรซ์ในแนวแกน y และ แกน x ตามลำดับ โดยมีขนาดของสนามไฟฟ้าเท่ากับ $E = E_0$ และความเข้มของแสงโพลาไรซ์ที่ได้เท่ากับ

$$I = (E_0)^2 \quad (2.15)$$

แต่สำหรับกรณีของฟิลเตอร์โพลาไรซ์แบบวงกลมจะมีค่า $\phi = 45^\circ$ จะทำให้แสงโพลาไรซ์เป็นแบบวงกลม โดยมีขนาดของสนามไฟฟ้าที่หมุนเป็นวงกลมเท่ากับ $E = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$ นั่นคือความเข้มของแสงโพลาไรซ์แบบวงกลมมีค่าเท่ากับ

$$I = \frac{(E_0)^2}{2} \quad (2.16)$$

2.6 การปรับปรุงภาพ : ภาพระดับเทาและความเปรียบต่าง [18, 19, 20]

การปรับปรุงภาพ (image enhancement) เป็นกระบวนการในการแปลงข้อมูลตัวเลขของภาพ เพื่อที่จะสร้างภาพที่เน้นรายละเอียดตามที่ต้องการ จะได้ภาพที่มีคุณภาพมากขึ้นและได้ภาพที่ชัดเจนในสายตามนุษย์ โดยมีจุดประสงค์หลักคือ การได้ภาพใหม่ที่เหมาะสมตามการประยุกต์ใช้มากกว่าภาพต้นฉบับ ในภาพแต่ละภาพ จะถูกแบ่งเป็นพื้นที่เล็กๆ เรียกว่า พิกเซล (pixel) ในแต่ละพิกเซลจะมีค่าสีเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม ซึ่งสามารถแสดงถึงค่าความสว่างหรือความมืดที่จุดนี้ได้ และจำนวนค่าสีที่เป็นไปได้ในแต่ละพิกเซลจะขึ้นอยู่กับขนาดในการเก็บข้อมูลของภาพ

โดยทั่วไปภาพที่เราถ่ายได้จากกล้องดิจิทัลจะอยู่ในโหมดสี (color mode) RGB แต่ในบางครั้งโหมดสีเทา (grayscale) ก็อาจมีความจำเป็นต้องใช้ โดยทั้งสองโหมดนี้มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. โหมด RGB เป็นโหมดที่สอดคล้องกับโมเดลสี RGB มีแนวคิดมาจากการผสมแสงสีหลัก 3 สี คือ แดง (red) น้ำเงิน (blue) และเขียว (green) ภาพในโหมดนี้จึงประกอบด้วยแชนแนลของสีหลัก 3 สีซึ่งจะทำให้เกิดสีต่างๆ เป็นจำนวนมาก ขึ้นกับสัดส่วนความเข้มของแต่ละสีหลักแต่ละสีในแต่ละระบบที่ได้กำหนดไว้ เช่น ในภาพที่เก็บข้อมูลแบบ 8 บิตต่อแชนแนลต่อพิกเซล ค่าของสีหลักแต่ละสีที่เป็นไปได้จะมีค่าได้ตั้งแต่ 0-255

2. โหมด Grayscale ภาพในโหมดนี้ จะมีลักษณะเช่นเดียวกับการถ่ายภาพขาวดำ สามารถแสดงเฉดสีเทาได้ทั้งหมด 256 ระดับ ไล่ตั้งแต่ ดำ เทาแก่ เทาอ่อน ไล่ไปจนถึงสีขาว โดยมีค่าของสีตั้งแต่ 0-255 สำหรับในภาพที่มีการเก็บข้อมูลแบบ 8 บิตต่อพิกเซล

นั่นคือ ในการเก็บข้อมูลแบบ 8 บิตต่อแชนแนลนั้น ภาพสีนั้นต้องการ 24 บิตต่อพิกเซลในการแสดงค่าสีมากกว่าถึง 16 ล้านเฉดสีที่เป็นไปได้ เทียบกับภาพระดับสีเทา (gray scale image) ต้องการ 8 บิตต่อพิกเซล ในการแสดงค่าระดับสีเทาที่เป็นไปได้ 256 เฉดสี ในภาพระดับเทา 64 หรือ 256 ระดับเทา สีที่ปรากฏจะเกินกว่าที่สายตามนุษย์จะสามารถแยกแยะรายละเอียดได้ ในการเพิ่มระดับสีเทาสามารถเพิ่มคุณภาพของภาพได้ และภาพระดับเทายังลดปริมาณพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลเมื่อเทียบกับภาพสี เป้าหมายในการปรับปรุงภาพคือ การเพิ่มคุณภาพและการปรากฏของภาพ หนึ่งในวิธีการการปรับปรุงภาพคือ การแปลงไปเป็นภาพระดับเทา (gray-scale transformation) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนค่าความสว่างของแต่ละพิกเซล เพื่อเพิ่มความเปรียบต่าง (contrast) ของภาพ โดยความเปรียบต่าง คือ คุณสมบัติภายใต้การรับรู้ของมนุษย์ สามารถประมาณนิยามของค่าความเปรียบต่างได้คือ

$$\text{Contrast} = \frac{(A - B)}{(A + B)} \quad (2.17)$$

โดยที่ A และ B คือ ค่าเฉลี่ยระดับสีเทาของสองบริเวณ ยิ่งภาพที่มีความเปรียบต่างของสองบริเวณมากเท่าใด ภาพนั้นจะมีการปรับปรุงมากขึ้นเท่านั้น