หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ ๓

ฟิล์มกรองแสง

๓.๑ ฟิล์มกรองแสง (Optical Filters)

ฟิล์มกรองแสงเป็นตัวกลางที่ยอมให้รังสีหรือแสงที่มีความยาวคลื่นในบางช่วงผ่านไปได้ เมื่อให้แสงที่มีความยาวคลื่นขนาดต่าง ๆ ตกบนฟิล์มกรองแสง แสงเหล่านี้ไม่สามารถผ่านฟิล์มกรองแสงไปได้ทั้งหมด แต่จะมีแสงที่มีความยาวคลื่นบางขนาดเท่านั้นที่ผ่านไปได้ ฟิล์มกรองแสงสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ ๒ ประเภท คือ

๓.๑.๑ ฟิล์มกรองแสงแบบดูดซึม (Absorption Filters) แสงที่ไม่สามารถผ่านฟิล์มกรองแสงประเภทนี้ไปได้จะถูกฟิล์มกรองแสงดูดซึมไว้ ดังนั้นฟิล์มกรองแสงประเภทนี้จึงยอมให้แสงในช่วงของรังสีใต้แดงผ่านไปได้ เพราะถ้าดูดซึมรังสีใต้แดงไว้ทั้งหมดก็จะทำให้อุณหภูมิของฟิล์มกรองแสงสูงขึ้นจนอาจถึงจุดหลอมเหลวได้

๓.๑.๒ ฟิล์มกรองแสงแบบสะท้อนแสง (Reflection Filters หรือ Interference Filters) แสงที่ไม่สามารถผ่านฟิล์มกรองแสงประเภทนี้ไปได้ จะถูกสะท้อนกลับไป ดังนั้นฟิล์มกรองแสงประเภทนี้จึงสามารถรับแสงที่มีความเข้มสูง และแสงในช่วงของรังสีใต้แดงได้ เพราะจะไม่ทำให้อุณหภูมิของฟิล์มกรองแสงสูงขึ้นมากเกินไป

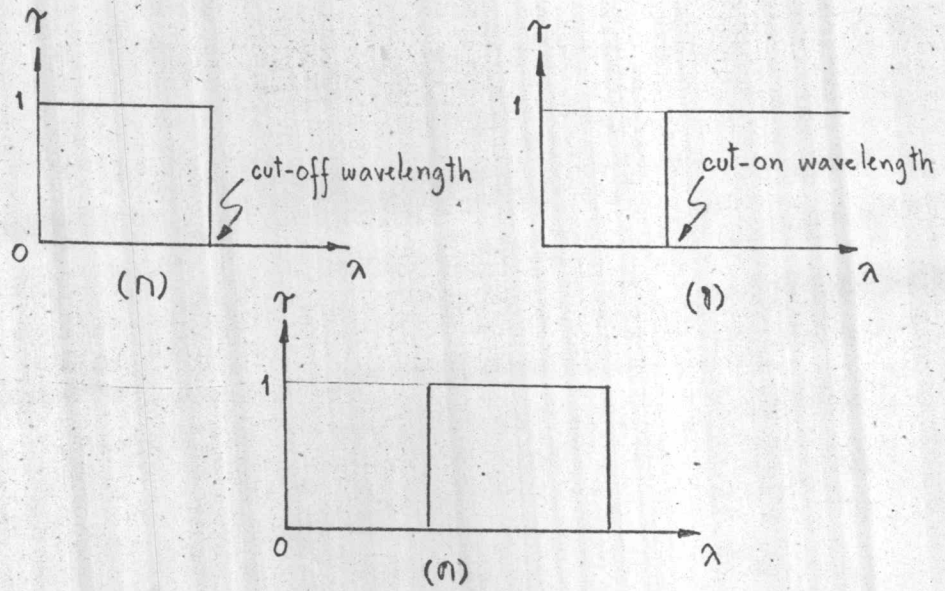
๓.๒ ลักษณะการทำงาน

ฟิล์มกรองแสงมีลักษณะการทำงานในการที่ยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นในบางช่วงผ่านไปได้ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น ๓ ลักษณะด้วยกัน คือ

๓.๒.๑ Short-wavelength pass filters ฟิล์มกรองแสงที่ยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า cut-off wavelength ผ่านไปได้

๓.๒.๒ Long-wavelength pass filters ฟิล์มกรองแสงที่ยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า cut-on wavelength ผ่านไปได้

๓.๒.๓ Band pass filters ฟิล์มกรองแสงที่ยอมให้แสงที่มีความยาวคลื่นช่วงหนึ่งผ่านไปได้ โดยมีค่าการส่งผ่านการสเปกตรัมต่ำ (low transmittance) สำหรับแสงที่มีความยาวคลื่นขนาดอื่น นอกเหนือจากความยาวคลื่นในช่วงนี้



รูปที่ ๓.๑ แสดงค่าการส่งผ่านทางสเปกตรัม (τ) ของฟิล์มกรองแสงในอุดมคติ ซึ่งมีลักษณะการทำงานแบบ

(ก) Short-wavelength pass filter

(ข) Long-wavelength pass filter

(ค) Band pass filter

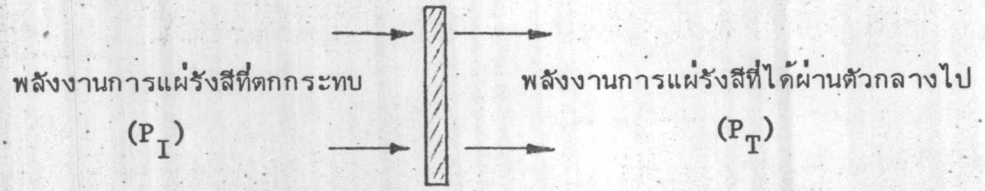
ค่า cut-on wavelength คือค่าการส่งผ่านทางสเปกตรัมที่มีค่าสูงขึ้นมากกว่า ๕ เปอร์เซนต์ ของค่าการส่งผ่านทางสเปกตรัมสูงสุด

ค่า cut-off wavelength คือค่าการส่งผ่านทางสเปกตรัมที่มีค่าต่ำลงน้อยกว่า ๕ เปอร์เซนต์ของค่าการส่งผ่านทางสเปกตรัมสูงสุด

๓.๓ เปอร์เซนต์การส่งผ่านทางสเปกตรัม (Percent Transmittance)

เป็นอัตราส่วนระหว่างพลังงานการแผ่รังสีที่ผ่านตัวกลางหนึ่งไปกับพลังงานการแผ่รังสีที่ตกบนตัวกลางนั้นคูณด้วย ๑๐๐ การวัดค่าเปอร์เซนต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมของตัวกลางใด ๆ

ใช้ Spectrophotometer เป็นเครื่องมือวัดค่าเปอร์เซนต์การส่งผ่านทางสเปกตรัมจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสง



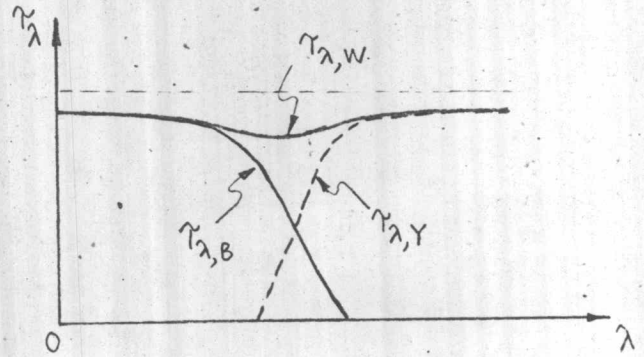
ดังนั้น

$$\text{เปอร์เซนต์ของการส่งผ่านทางสเปกตรัม} = \frac{P_T}{P_I} \times 100$$

๓.๔ การกรองแสงโดยใช้ฟิล์มกรองแสงหลายอัน

การผสมสีของแสงนั้นกระทำได้ ๒ วิธีการด้วยกัน คือ

ก. การผสมสีแบบรวมสีของแสง (Additive colour mixing) เป็นการผสมสีของแสงโดยฉายแสงสีต่าง ๆ ไปยังฉากรับแสง สีของแสงที่ปรากฏบนฉากรับแสงจะมีรูปสเปกตรัมเป็นผลบวกของรูปสเปกตรัมของแสงแต่ละสีที่ฉายไปยังฉากนั้น และความเข้มของแสงที่ตกบนฉากจะเพิ่มขึ้น



รูปที่ ๓.๒ แสดงการผสมสีแบบรวมสีของแสงระหว่างแสงสีน้ำเงิน ($\tau_{\lambda,B}$) กับแสงสีเหลือง ($\tau_{\lambda,Y}$)

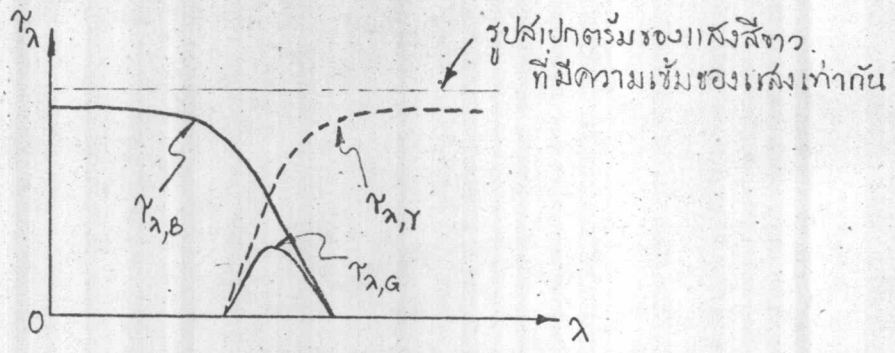
เมื่อ $\gamma_{\lambda,B}$ เป็นรูปสเปกตรัมของแสงสีน้ำเงินที่ฉายไปยังฉากรับแสง

$\gamma_{\lambda,Y}$ เป็นรูปสเปกตรัมของแสงสีเหลืองที่ฉายไปยังฉากรับแสง

$\gamma_{\lambda,W}$ เป็นรูปสเปกตรัมของแสงสีขาว ซึ่งเกิดจากการผสมของแสงสีน้ำเงิน แสงสีเหลืองที่ฉากรับแสง

ดังนั้น $$\gamma_{\lambda,W} = \gamma_{\lambda,B} + \gamma_{\lambda,Y}$$

ข. <u>การผสมสีแบบแยกสีของแสง</u> (Subtractive colour mixing) เป็นการผสมสีของแสงโดยการใช้ฟิล์มกรองแสงกรองเอาสีที่ไม่ต้องการออก ความเข้มของแสงที่ผ่านฟิล์มกรองแสงแล้วจะลดลง ดังนั้นรูปสเปกตรัมของแสงที่ผ่านฟิล์มกรองแสงแล้วจะเป็นผลคูณของรูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงแต่ละชนิดที่ใช้นั้น เมื่อสมมุติว่าแสงที่จะผ่านฟิล์มกรองแสงอันแรกเป็นแสงสีขาว และมีความเข้มของแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ เท่ากันโดยตลอด



<u>รูปที่ ๓.๓</u> แสดงการผสมสีแบบแยกสีของแสงเมื่อให้แสงสีขาวผ่านฟิล์มกรองแสงสีน้ำเงิน ($\gamma_{\lambda,B}$) และฟิล์มกรองแสงสีเหลือง ($\gamma_{\lambda,Y}$)

เมื่อ $\gamma_{\lambda,B}$ เป็นรูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงที่ยอมให้แสงสีน้ำเงินผ่านไปได้

$\gamma_{\lambda,Y}$ เป็นรูปสเปกตรัมของฟิล์มกรองแสงที่ยอมให้แสงสีเหลืองผ่านไปได้

$\gamma_{\lambda,G}$ เป็นรูปสเปกตรัมของแสงที่ผ่านฟิล์มกรองแสงสีน้ำเงิน และสีเหลืองไปได้ ซึ่งจะเป็นแสงสีเขียว

ดังนั้น $$\gamma_{\lambda,G} = \gamma_{\lambda,B} \cdot \gamma_{\lambda,Y}$$

๓.๔ ชนิดของฟิล์มกรองแสง

สารกรองแสงมีทั้งที่เป็นของแข็ง, ของเหลว หรือแม้กระทั่งก๊าซ แต่ที่นิยมใช้ทั่ว ๆ ไปเป็นของแข็ง ทำโดยใช้สารละลายที่เป็นสีผสมกับ gelatin หรือ cellulose acetate รวมทั้งฟิล์มกรองแสงชนิดที่ทำด้วยแก้ว

๓.๔.๑ Gelatin หรือ Acetate Filters จะเป็นฟิล์มกรองแสงแบบดูดซึม เพราะว่าสารสีอินทรีย์ที่ผสมนั้นมีคุณสมบัติที่ยอมให้ Near-infrared radiation ผ่านได้โดยง่าย มีหลายสีด้วยกัน เช่น ฟิล์มกรองแสงสีเหลือง, สีแดง, สีเขียว ฯลฯ ฟิล์มกรองแสงแต่ละสีก็มีค่าสารส่งผ่านทางสเปกตรัมต่างกัน ใช้งานได้ในช่วงแสงที่ตามนุษย์มองเห็นเท่านั้น

๓.๔.๒ Glass Filters มีทั้งฟิล์มกรองแสงแบบดูดซึม และฟิล์มกรองแสงแบบสะท้อนแสง ส่วนที่เป็นแบบสะท้อนแสงนั้นทำเป็น multi-layer หรือใช้ dichroic interference type filters เคลือบบนแผ่นแก้ว ซึ่งจะยอมให้แสงในช่วงที่ตามนุษย์มองเห็นผ่านได้สูงถึง ๘๐% และจะสะท้อนแสงในช่วง near-infrared จึงมีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 'Hot Mirror' หรือ 'Infrared cut-off filter' ฟิล์มกรองแสงแบบนี้ต่างกับฟิล์มกรองแสงแบบดูดซึมมาก คือมีค่าการดูดซึม (absorptance) ต่ำมาก ส่วนใหญ่จะเป็นค่าการสะท้อน (Reflectance) และค่าการส่งผ่าน (transmittance) ด้วยเหตุนี้จึงสามารถใช้งานได้กับลำแสงที่มีความเข้มสูง

นอกจากนี้ก็ยังมีฟิล์มกรองแสงอีกหลายแบบ เช่น Neutral density filter เป็นฟิล์มกรองแสงซึ่งมีคุณสมบัติลดความเข้มของแสงในช่วงที่ตามนุษย์มองเห็นลงเท่า ๆ กัน ตลอดทั้งช่วง, Monochromatic Filter เป็นฟิล์มกรองแสงแบบ band pass แต่มีช่วงแคบกว่ามาก อาจมีช่วง (band) เดียวหรือหลายช่วงก็ได้