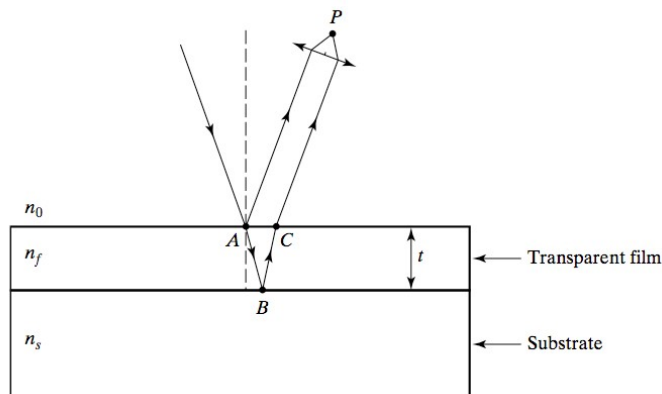


การแทรกสอดของแสง 2

6. การแทรกสอดในฟิล์มบาง



ภาพด้านบนคือตัวอย่างของการแทรกสอดของแสงที่สะท้อนออกมาจากฟิล์มบาง จากภาพคือน้ำมันที่ลอยอยู่บนน้ำ (ซึ่งอยู่บนพื้นถนน) ร้อยของแสงสะท้อนที่เป็นสีต่างๆเกิดจากปรากฏการณ์แทรกสอดของแสงที่ตกกระทบบนแผ่นฟิล์มของน้ำมันบนผิวน้ำ



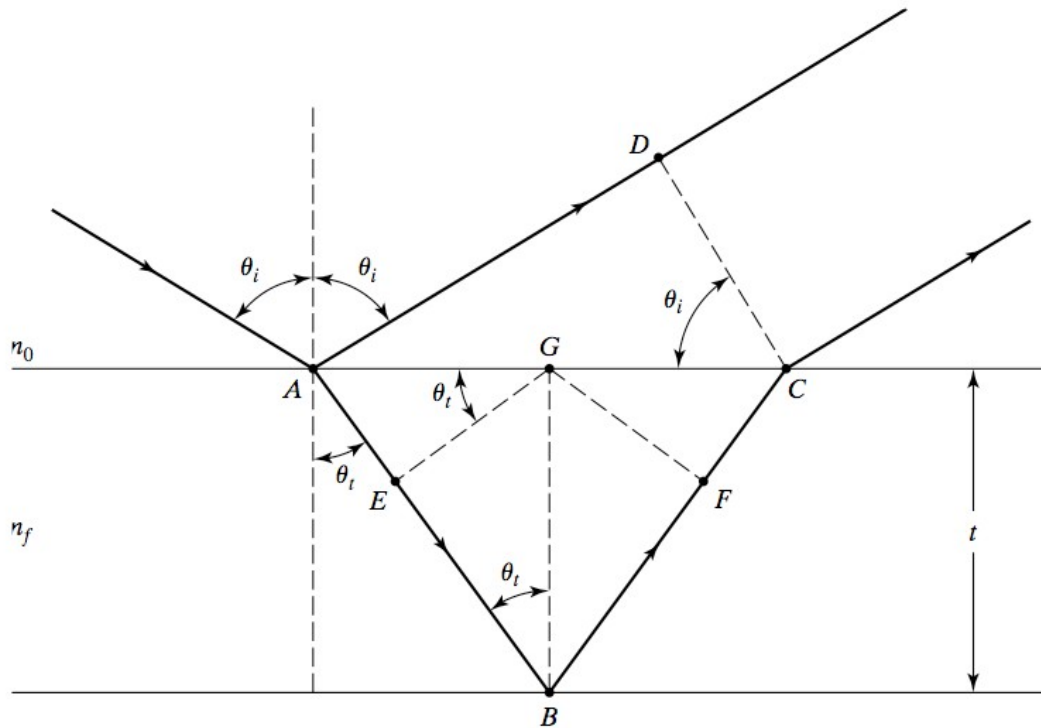
ในการพิจารณาการแทรกสอดจากฟิล์มบางเราต้องคำนึงถึงเฟสของแสงในตัวกลางใดๆและการสะท้อนของแสงบนผิวของรอยต่อ

แสงที่เดินทางในตัวกลางซึ่งมีดัชนีหักเห n จะมีความเร็วแสงในตัวกลางเท่ากับ _____
 เพราะค่าความถี่ไม่เปลี่ยนในตัวกลางใดๆ เราจะได้ความยาวคลื่นใหม่เป็น _____
 หรืออาจจะเขียนในรูปเลขคลื่นได้ว่า _____

แสงที่กระทบผิวของรอยต่อเป็นการแยกแอมพลิจูดของแสงออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ _____
 และ _____

โดยการสะท้อนที่เกิดจากแสงซึ่งวิ่งจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหต่ำไปกระทบกับตัวกลางที่มีดัชนีหักเหสูง เช่นที่ตำแหน่ง A เมื่อ $(n_0 < n_f, v_0 > v_f)$ เราจะพบว่าคลื่นของแสงสะท้อนมีเฟสเปลี่ยนไป π ในขณะที่

ถ้าการสะท้อนเกิดจากแสงซึ่งวิ่งจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหสูงไปกระทบกับตัวกลางที่มีดัชนีหักเหต่ำ เช่น ที่ตำแหน่ง B เมื่อ $(n_f > n_s, v_f < v_s)$ เราจะพบว่าคลื่นของแสงสะท้อนมีเฟสไม่เปลี่ยนแปลง



เมื่อพิจารณาเฟสของแสงจาก $\delta(t) = k_2 s_2 - k_1 s_1 + \phi_2 - \phi_1$

ถ้าแสงวิ่งในตัวกลางซึ่งมีดัชนีหักเห _____ จะมี $k' s = k(\text{optical path})$ ซึ่งเราสามารถนิยาม optical path เป็น _____

ดังนั้นเมื่อพิจารณาส่วนต่างของเฟสเฉพาะระยะทาง เราจะได้

$$\delta_p = \frac{2\pi}{\lambda} \times (2n_f t \cos \theta_i)$$

เมื่อนิยามให้ δ_r เป็นความต่างเฟสที่เกิดจากการสะท้อนที่จุด A และจุด B เราจะได้ว่าเงื่อนไขการแทรกสอด

$$\delta_p + \delta_r = 2m\pi$$

$$\delta_p + \delta_r = (2m+1)\pi$$

หรือ

$$\Delta_p + \Delta_r = m\lambda$$

$$\Delta_p + \Delta_r = (m + \frac{1}{2})\lambda$$

โดยที่

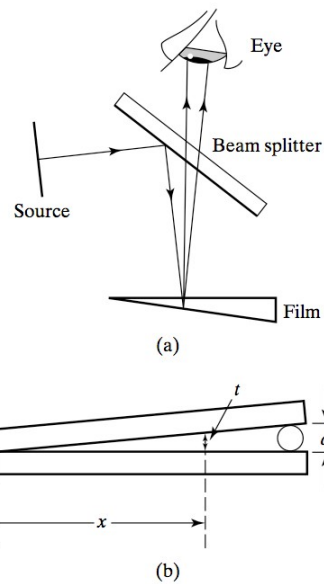
$$\Delta_p = \frac{\delta_p \lambda}{2\pi} = 2n_f t \cos \theta_t$$

$$\Delta_r = \frac{\delta_r \lambda}{2\pi}$$

ในกรณีที่การสะท้อนทั้งคู่เปลี่ยนเฟสไปเท่าๆกัน (หรือไม่เปลี่ยนทั้งคู่) ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่ดัชนีหักเหเป็น _____ เราจะได้เงื่อนไขของการแทรกสอดเป็น

ในกรณีที่การสะท้อนทั้งคู่เปลี่ยนเฟสไม่เท่ากัน (ผิวหนึ่งเปลี่ยนไป _____ ในขณะที่อีกผิวไม่เปลี่ยน) ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่ดัชนีหักเหเป็น _____ เราจะได้เงื่อนไขของการแทรกสอดเป็น

7. แถบของการแทรกสอดซึ่งมีความหนาเท่ากัน (รีฟรอยฟิโซ)



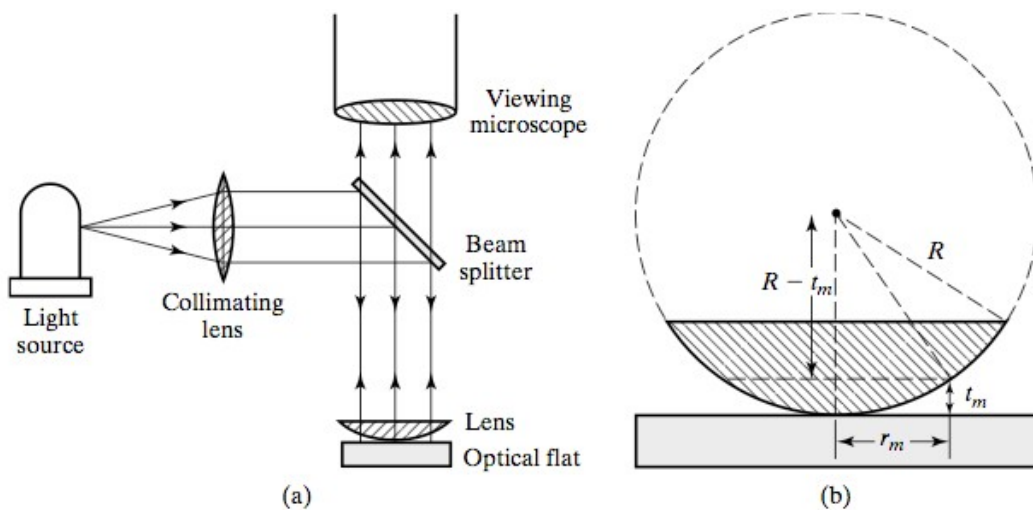
เมื่อพิจารณาฟิล์มที่มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยม ถ้ามองจากแนวตรงเราจะพบว่าที่ระยะต่างๆจะมีความสูงของฟิล์มเปลี่ยนไป และมีเงื่อนไขการแทรกสอดเป็น

$$2n_f t + \Delta_r = m\lambda \text{ แถบสว่าง}$$

$$2n_f t + \Delta_r = (m + \frac{1}{2})\lambda \text{ แถบมืด}$$

โดยค่า Δ_r มีค่าเป็น $\lambda/2$ หรือ 0 ขึ้นกับการกลับเฟสของการสะท้อนทั้งสองผิว

8. วงแหวนของนิวตัน



จากความสัมพันธ์ของสามเหลี่ยม

$$R^2 = r_m^2 + (R - t_m)^2$$

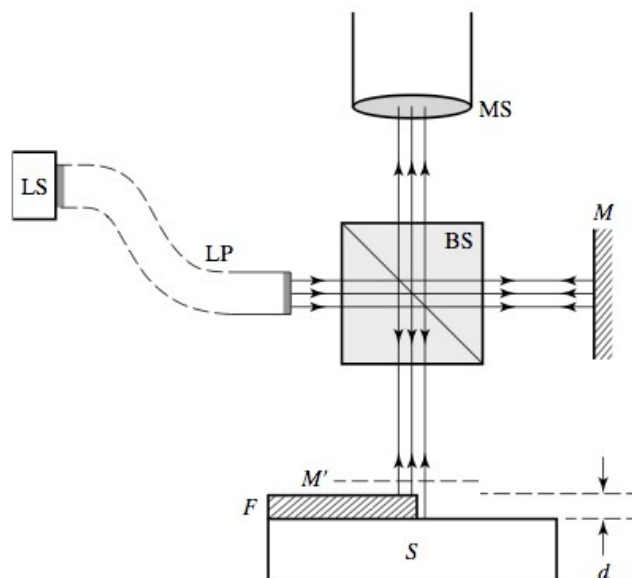
เนื่องจากการกลับเฟสของการสะท้อนบนผิว _____ และฟิล์มนี้เป็นฟิล์มอากาศ ทำให้เราได้เงื่อนไขของริ้วสว่างของวงแหวนนิวตันคือ

$$2t_m = \frac{r_m^2 + t_m^2}{R} = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

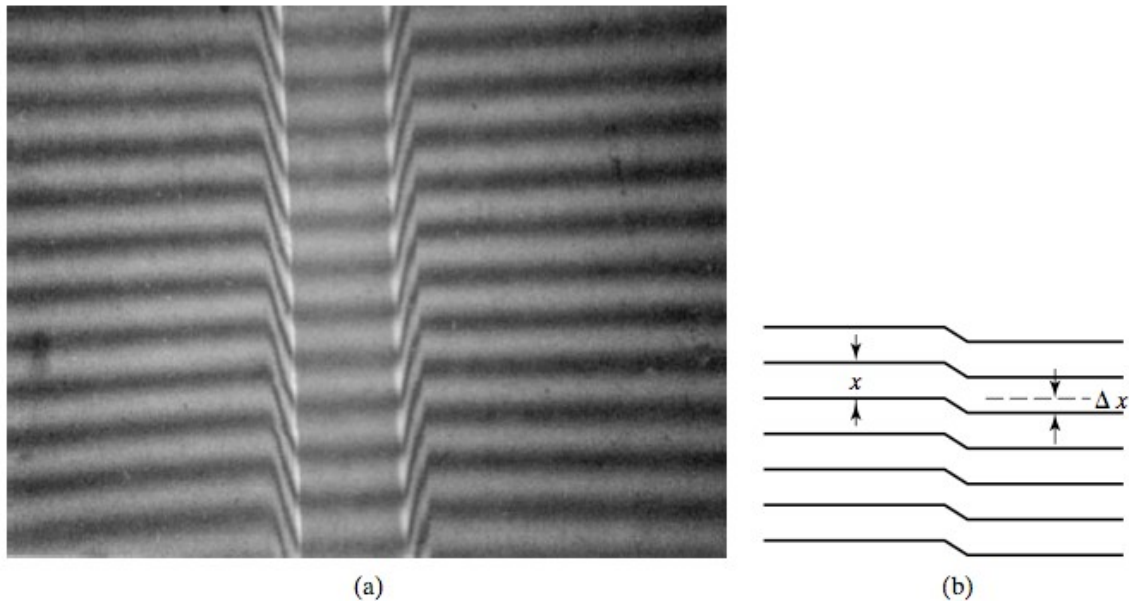
ตัวอย่าง วางเลนส์นูนแก้วราบดัชนีหักเห 1.523 ซึ่งมีความยาวโฟกัส 8 เมตร บนแผ่นราบดังภาพ ถ้าใช้แสงโซเดียมความยาวคลื่น 589.3 nm จะเห็นริ้วรอยการแทรกสอด จงหารัศมีของวงแหวนมืดอันดับที่หนึ่ง และอันดับที่สิบ

9. การวัดความหนาของฟิล์มโดยการแทรกสอด

ริ้วรอยพิโซสามารถนำไปใช้ในการวัดความสม่ำเสมอและความหนาของฟิล์มบางได้ ดังภาพ เมื่อแสงออกจาก LS (Light Source) ไปยัง BS (Beam Splitter) แสงจะแยกออกเป็นสองส่วนคือส่องผ่านไป ยังกระจก M และสะท้อนลงบนผิวฟิล์ม F จากนั้นแสงจากกระจก M จะสะท้อนกลับมายัง BS และสะท้อนเข้ากล้องจุลทรรศน์ MS ในขณะที่แสงที่สะท้อนจาก F มายัง BS จะส่องผ่านไปยังกล้องจุลทรรศน์ MS



ภาพของกระจกจะเกิดภาพเสมือนที่ระยะ M' ทำให้เราสามารถพิจารณาการแทรกสอดเนื่องจากแสงที่ออกมาจาก M' และ F และแสงจาก S



ถ้าระยะ M' และ F ไม่ขนานกัน จะเกิดเป็นริ้วรอยพิโซขึ้นจากลิ้นอากาศระหว่างระยะ เราสามารถหาความหนาของแผ่นฟิล์มได้โดยการเทียบริ้วรอยการแทรกสอดของฟิล์ม และริ้วรอยการแทรกสอดบนแผ่นรอง substrate ดังภาพ เราจะได้ตำแหน่งริ้วสว่างเป็น

$$\Delta_p + \Delta_r = 2nt + \Delta_r = m\lambda$$

ถ้าให้ความหนาเปลี่ยนไป Δt อันดับของการแทรกสอดก็จะเปลี่ยนแปลงไปเป็น Δm โดยมีความสัมพันธ์กันดังสมการ

$$2\Delta t = \Delta m \lambda$$

เพราะว่าระยะห่าง x ทำให้อันดับของการแทรกสอดเปลี่ยนไป 1 อันดับ ดังนั้นถ้าเราพบว่าระยะห่างระหว่างฟิล์มกับแผ่นรองทำให้ริ้วรอยเลื่อนไปเป็นระยะ Δx จะทำให้อันดับการแทรกสอดเปลี่ยนไป $\Delta m = \Delta x / x$ อันดับ ทำให้เราได้ว่าความหนาของแผ่นฟิล์มมีค่าเท่ากับ

$$d = \left(\frac{\Delta x}{x} \right) \left(\frac{\lambda}{2} \right)$$