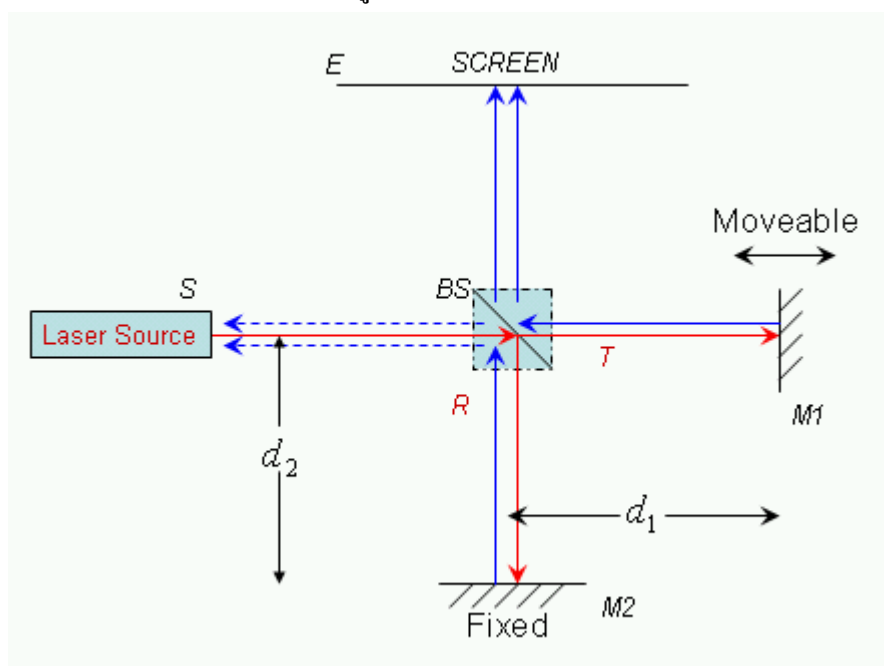


ไมเคิลสันอินเทอร์เฟียร์โรมิเตอร์

ไมเคิลสันอินเทอร์เฟียร์โรมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการแทรกสอดของคลื่นแสงสองขบวน คลื่นที่แทรกสอดกันจะเกิดเป็นฟริ้ง (Fringe) ลำแสงทั้งสองขบวนต้องเป็นแสงโคฮีเรนต์และกำเนิดจากแหล่งกำเนิดเดียวกันถึงจะสามารถสังเกตฟริ้งที่เกิดขึ้นได้ โดยอาศัยหลักการทางแสงของอินเทอร์เฟียร์โรมิเตอร์สามารถวัดระยะทางในเทอมของความยาวคลื่นได้ โดยอาศัยการนับฟริ้งของคลื่นแสงสองขบวนที่แทรกสอดกัน

หลักการพื้นฐานของไมเคิลสันอินเทอร์เฟียร์โรมิเตอร์

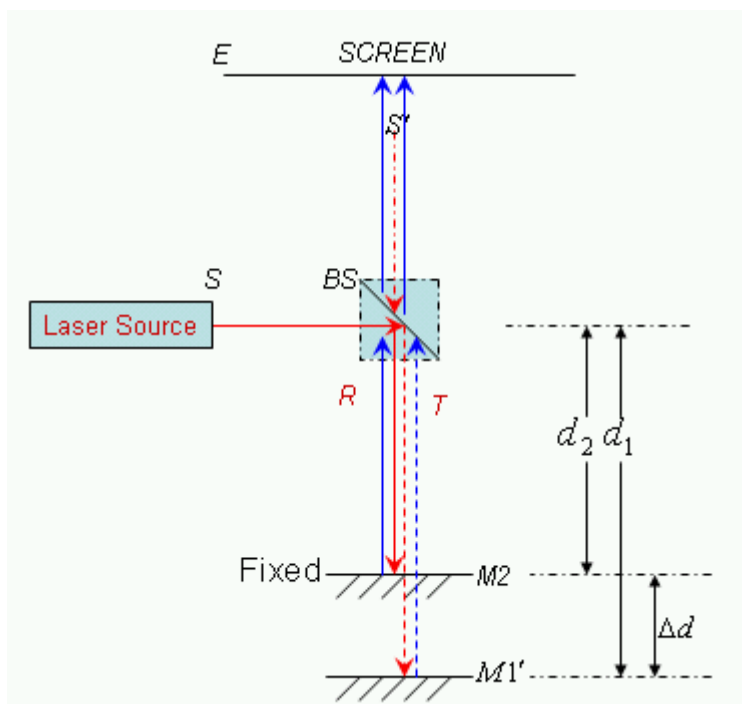
จากแหล่งกำเนิดแสงโคฮีเรนต์เดียวกันลำแสงจะถูกแยกออกเป็นแสงสองขบวนโดย BS โดยปกติ ลำแสงส่วนหนึ่งจะสะท้อน (Reflected-R) และอีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งผ่าน (Transmitted-T) โดย Beam Splitter-BS กระบวนการแทรกสอดของแสงโดยหลักของไมเคิลสันอินเทอร์เฟียร์โรมิเตอร์เป็นการแทรกสอดแบบแบ่งแอมพลิจูด



รูปที่ 1 ไมเคิลสันอินเทอร์เฟียร์โรมิเตอร์

ในหลักพื้นฐานของไมเคิลสันอินเทอร์เฟียร์โรมิเตอร์ รูปที่ 1 แหล่งกำเนิดแสง S จะถูกแบ่งลำแสง 50% โดย BS ที่วางขวาง 45 องศากับลำแสง ลำแสงที่ถูกส่งผ่านจะเดินทางไปที่ตกกระทบกระจก M1 และสะท้อนกลับมายัง BS และส่วนหนึ่งหักเหเป็นมุม 90 องศาไปตกกระทบบนฉาก E (แสงอีกส่วนหนึ่งจะส่งผ่านไปยังแหล่งกำเนิดแสงแต่เราจะไม่สนใจในกรณีนี้) ลำแสงจากแหล่งกำเนิดส่วนที่สะท้อนจาก BS จะเดินทางไปที่ตกกระทบกระจก M2 และจะสะท้อนกลับอีกครั้งโดยกระจก แสงที่สะท้อนจากกระจกส่วนหนึ่งจะส่งผ่าน BS ไปตกกระทบฉากที่จุด E (แสงอีก

ส่วนหนึ่งจะสะท้อนไปยังแหล่งกำเนิดแสงแต่เราจะไม่สนใจในกรณีนี้) แสงทั้งสองขบวนที่ไปตกกระทบฉากที่จุด E จะเกิดการแทรกสอดกันเป็นฟริ้งจิ้นที่ฉาก



รูปที่ 2 พิจารณาแนวทางเดินแสงทั้งหมด

จากรูปที่ 2 พิจารณาแนวทางเดินแสงทั้งหมด ช่วยให้สามารถเข้าใจความต่างของทางเดินแสงเสมือนกับมองเข้าไปใน BS จากด้านเลเซอร์ แทนที่กระจก $M1$ ด้วยภาพเสมือน (virtual image) $M1'$ และแทนแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ S ด้วย แหล่งกำเนิดแสงเสมือน S' เมื่อมองเข้าไปใน BS ในตำแหน่งของ $M2$

ฟริ้งที่เกิดขึ้นมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน ที่เป็นผลจากการสะท้อน และความแตกต่างของระยะกระจก $M2$ และ $M1'$ แทนค่าความต่างของระยะทางทั้งสองด้วย Δd สมมุติให้ $M1$ เลื่อน ดังนั้นเมื่อเลื่อน $M1$ จะทำให้ความแตกต่างระยะทางเดินแสงระหว่างจุดที่รังสีสะท้อนจาก $M1'$ และ $M2$ เป็น $2\Delta d$
สมมุติว่ามีคลื่นสองขบวน

$$u_1 = U_1 e^{i\phi_1} \quad (1)$$

$$u_2 = U_2 e^{i\phi_2} \quad (2)$$

เคลื่อนที่มาซ้อนทับกัน (Overlap) จากทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะได้ผลรวมของสนามรวมเป็น

$$u = u_1 + u_2 \quad (3)$$

เนื่องจากความเข้มแสงเป็นปฏิภาคกับกำลังสองของแอมพลิจูด
ดังนั้นจากสมการที่ (3) จะได้

$$I = |u|^2 = |u_1 + u_2|^2 \quad (4)$$

$$I = U_1^2 + U_2^2 + 2U_1U_2 \cos(\phi_1 - \phi_2) \quad (5)$$

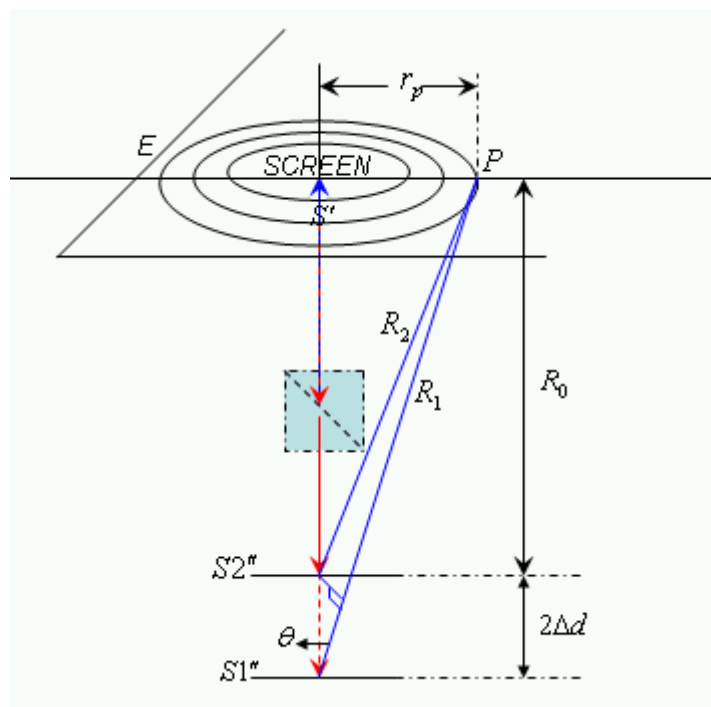
$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2} \cos \Delta\phi \quad (6)$$

เมื่อ $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$

เนื่องจากไม่เกิดสันเกิดสันอินเทอร์เฟียร์โรมิเตอร์นั้น เป็นการแทรกสอดแบบแบ่งแอมพลิจูด (Amplitude division) และ Beam Splitter ที่ใช้เป็นแบบแบ่งแสง 50:50 ดังนั้น $I_1 = I_2$ ดังนั้น จากสมการที่ (6) จะได้

$$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \quad (7)$$

สมการที่ (7) เป็นทอมที่เราสนใจในการพิจารณาฟริ้งที่เกิดขึ้น



รูปที่ 3 รูปแบบของฟริ้งวงกลม

พิจารณารูปที่ 3 ลักษณะทางเรขาคณิตของฟริ้งจกมเกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นจุด เราเขียนให้อยู่ในระนาบเดียวกันทั้งหมด ดังนั้นจากแหล่งกำเนิดแสง S แทนด้วยแหล่งกำเนิดแสงเสมือน S' ในรูปแบบที่สะท้อนใน BS การสะท้อนของ $M1'$ จะได้ $S1''$ ในขณะที่การสะท้อนของ $M2$ จะได้ $S2''$ ความแตกต่างระหว่างทางเดินแสง $R1$ และ $R2$ ของการแทรกสอดทำให้เกิด ฟริ้งจกมขึ้นในระนาบที่ฉาก E พิจารณาที่จุด P บนฟริ้งจกม

$$(R_1 - R_2) = 2\Delta d \cos \theta \quad (8)$$

ที่จุดกลางของฉากจะเป็นริ้วสว่าง เมื่อความต่างระยะทางเดินแสงเป็นจำนวนเต็มของความยาวคลื่น เงื่อนไขสำหรับความเข้มแสงสูงสุดที่จุดกลางฉากเขียนเป็นความสัมพันธ์ดังสมการ

$$2\Delta d = n\lambda \quad (9)$$

เมื่อ n อันดับของฟริ้ง ดังนั้น

$$\Delta d = \frac{\Delta n \lambda}{2} \quad (10)$$

ถ้าระยะห่างระหว่าง $M1'$ กับ $M2$ เป็นระยะ Δd จะทำให้ฟริ้งที่จุดศูนย์กลางหดตัวเข้าหรือขยายตัวออกที่ละฟริ้ง จะสามารถนับจำนวนฟริ้งได้ ถ้ากำหนดขีดอ้างอิงไว้โดยการนับจำนวนฟริ้งที่เปลี่ยนไป Δn ก็จะสามารถคำนวณหาระยะทางที่กระจกเลื่อนไปได้จากสมการที่ (10) โดยที่เราทราบค่าที่แน่นอนของความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้

Reference:

Hjell J. Gasvik, OPTICAL METROLOGY 2nd ed. JOHN WILEY & SONS

“Interference” On-line Internet. Available:

<http://scienceworld.wolfram.com/physics/Interference.html>

“Michelson Interference” On-line Internet. Available:

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/phyopt/michel.html>

“Biography of A. Michelson ” On-line Internet. Available:

<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/enseignement/english/histori.html>