006505

บทที่ ๒.

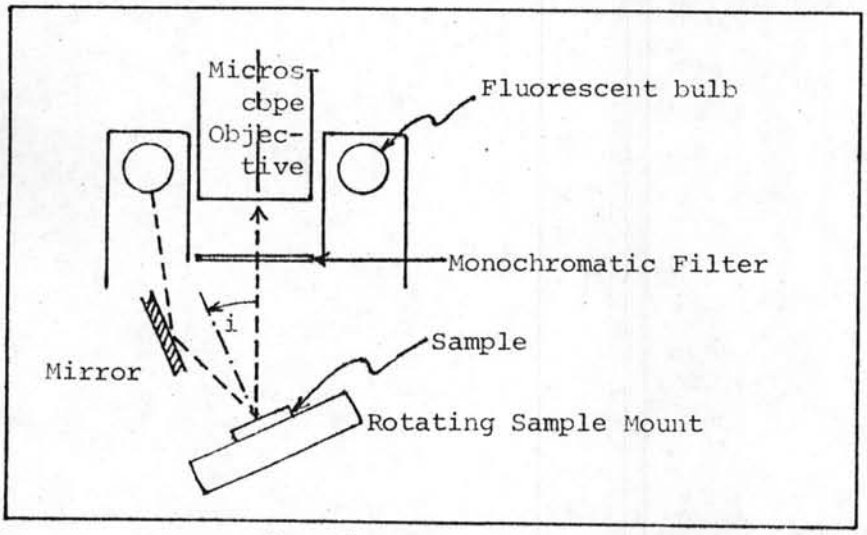
การออกแบบและการสร้างเครื่องวัดความหนาชั้น SiO_2

การวัดความหนาชั้น SiO_2 ทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่เหมาะจะนำมาออกแบบสร้างเครื่องวัด คือวิธี VAMFO. ดังได้กล่าวถึงโดยละเอียดในบทที่ ๑.

ในบทนี้กล่าวถึง การออกแบบสร้างเครื่องวัดความหนาชั้น SiO_2 ด้วยวิธี VAMFO. โดยใช้แสงสีเดียว (Monochromatic light) จาก He - Ne Laserอันจะทำให้รูปแบบของเครื่องวัดเปลี่ยนไป และความซับซ้อนน้อยลง

รูปแบบเครื่องมือทั่วไป

เครื่องวัดความหนาชั้น SiO_2 ด้วยวิธี VAMFO.ทั่วไปมีส่วนประกอบสำคัญ ๆ คือ หลอด Fluorescent กระจกเงาสะท้อนแสง แท่นติดตั้งแว่นผลึกปรับมุมได้ แผ่นกรองแสงสีเดียว (Monochromatic Filter) และกล้องจุลทัศน์ โดยประกอบกันอยู่ดังรูป ๒.๑



รูป ๒.๑ แสดงส่วนประกอบสำคัญของเครื่องวัด VAMFO. โดยทั่วไป (6)

การวัดทำได้โดย ผู้สังเกตุปรับกระจกเงาให้แสงจากหลอด Fluorescent ส่องกระทบแว่นผลึก โดยให้แสงนี้สะท้อนจากแว่นผลึกเข้าสู่กล้องจุลทัศน์ ในขณะเดียวกันก็ปรับมุมของแว่นผลึกไปด้วย มุมตกกระทบอ่านได้จาก dial ที่ติดกับแกนหมุนของแท่นติดตั้งแว่นผลึก แสงที่ตกตั้งฉากกับกล้อง

I18289447

จุลทัศน์จะถูกกรองด้วย แผ่นกรองแสงสีเดียว เพื่อให้เกิดปรากฏการณ์เสริมและหักล้างกันของคลื่น จึงจะสังเกตุ fringe ได้

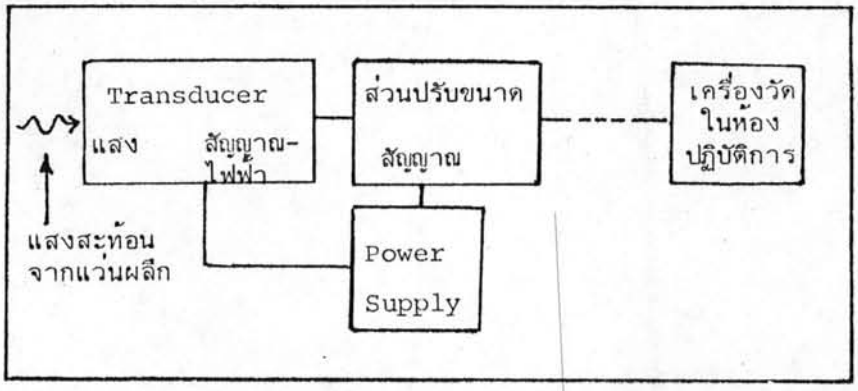
เครื่องมือนี้ มีข้อดีคือ เปลี่ยนความถี่ของแสงสีเดียวได้ง่ายโดยเพียงแต่เปลี่ยนแผ่นกรองแสงสีเดียวเท่านั้น เครื่องมือจึงไม่มีช่วงที่เป็นจุดบอด ข้อเสียคือการวัดไม่สดวก เครื่องมือซับซ้อนและราคาแพง ข้อบกพร่องนี้จะยึดเป็นข้อปรับปรุงในการออกแบบเครื่องมือขึ้นใหม่

การออกแบบเครื่องมือ

เครื่องมือที่ออกแบบนี้ กำหนดให้ He-Ne Laser เป็น Monochromatic light source ซึ่งมีข้อดีคือให้แสงที่มีความเข้มสูง และเกือบเป็นแสงสีเดียวในอุดมคติมีความยาวคลื่น 6328°A จึงสามารถสังเกตุปรากฏการณ์ด้วยตาเปล่าได้ชัดเจน จึงตัดความจำเป็นในการใช้กล้องจุลทัศน์และแผ่นกรองแสงสีเดียวออกได้

เพื่อให้การวัดสดวกและรวดเร็ว จึงออกแบบเครื่องวัดที่วัดได้ต่อเนื่องในขณะที่เปลี่ยนมุมตกกระทบไป และการวัดความเข้มของแสงที่สะท้อนจากแว่นผลึกใช้ Electronic Detector การออกแบบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องมือแยกกล่าวได้ดังนี้

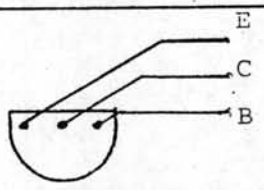
Electronic Detector ส่วนนี้เปลี่ยนความเข้มของแสงสะท้อนเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อสดวกในการวัดด้วย เครื่องวัดที่มีในห้องปฏิบัติการ ส่วนนี้มี Block Diagram ดังรูป ๒.๒



รูปที่ ๒.๒ Block diagram ของ Electrinic Detector

Transducer ที่ใช้ในการเปลี่ยนความเข้มแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าคือ Photo Transistor No. 2N5777 มีข้อกำหนดดังรูป ๒.๓

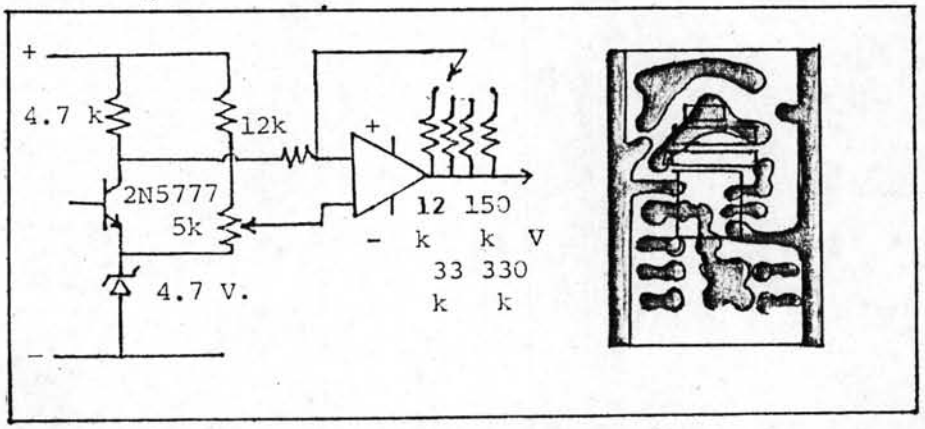
Material	Polarity	Pd. (mw.)	Tj (^{o}c)	V_{cb}	V_{ceo}
Si	N	200	100	25	25

Current at light intensity = 2 mw./cm^2 (mA.)	
4	

รูปที่ ๒.๓

ข้อกำหนดของ 2N5777

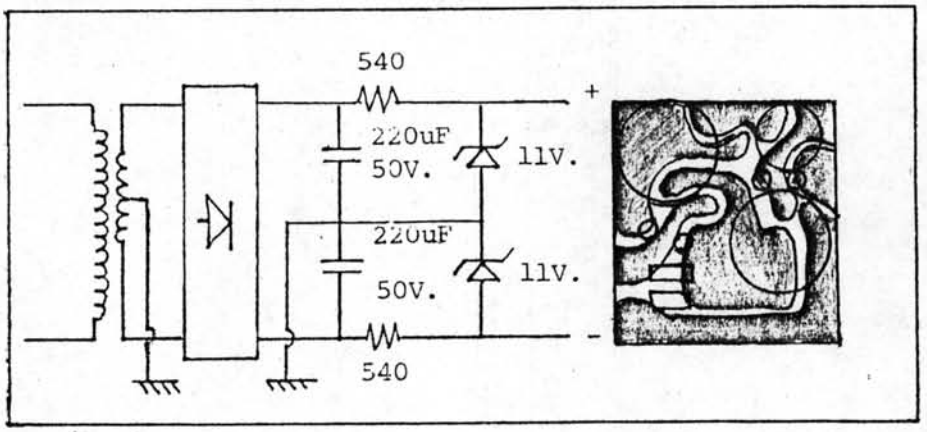
การออกแบบในส่วนนี้ต้องออกแบบให้ส่วนรับแสงมีขนาดแคบที่สุด เพื่อจะได้ไม่บังแสงตกกระทบเมื่อมุมตกกระทบมีค่าน้อย ๆ ดังนั้นจึงต้องแยก Photo Transistor ออกจากแผ่นวงจรเพื่อลดขนาดของส่วนรับแสงลง วงจรและแผ่นวงจรของส่วนนี้รวมอยู่กับส่วนปรับและขยายสัญญาณดังแสดงในรูป ๒.๔



รูปที่ ๒.๔

วงจรและแผ่นวงจรของส่วนปรับขนาดสัญญาณ

ทางด้าน Power Supply ออกแบบให้ใช้ได้กับไฟ AC. 220 V. จึงต้องออกแบบส่วนนี้ประกอบด้วยโดยแยกจากส่วนรับและขยายสัญญาณเพื่อป้องกันการรบกวน วงจรและแผ่นวงจรแสดงไว้ในรูป ๒.๕

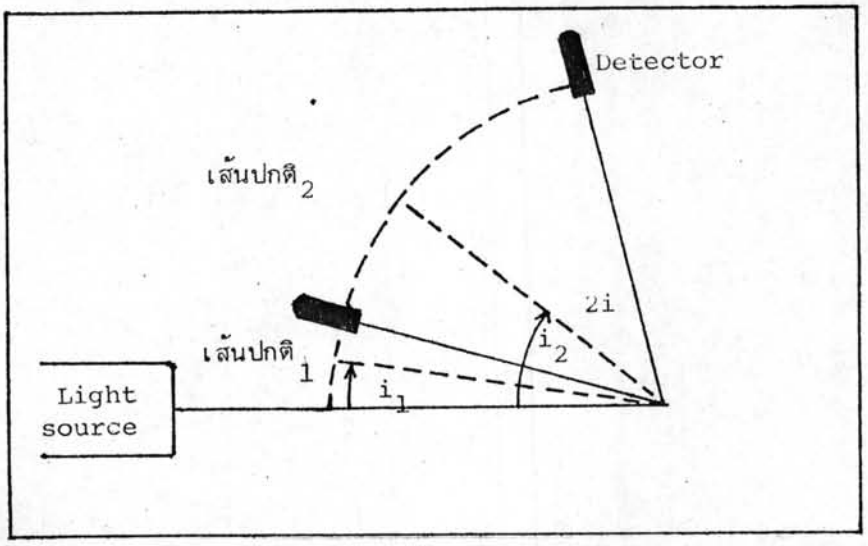


รูปที่ ๒.๕

วงจรและแผ่นวงจรของ Power Supply

Electronic Detector ที่สร้างขึ้นนี้มีขนาดเล็ก และอ่านค่าความเข้มแสงได้สดวกกว่าการมองด้วยตามาก

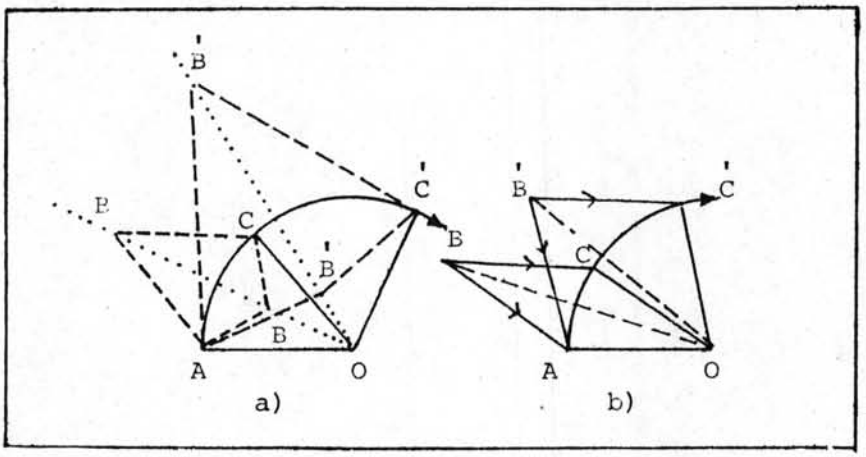
<u>ส่วนบังคับให้แสงสะท้อนตกลงบน Detector ตลอดเวลา</u> การออกแบบส่วนนี้เป็นการปรับปรุงจากเครื่องวัดทั่ว ๆ ไป เพื่อให้ใช้วัดได้ต่อเนื่อง จึงวัดได้สดวกและรวดเร็วกว่าการใช้กระจกเงาปรับแสง ข้อกำหนดในการออกแบบส่วนนี้คือ He-Ne Laser ที่ใช้เป็น light source มีขนาดใหญ่น้ำหนักมาก และทนการกระทบกระแทกไม่ได้ จึงต้องติดตั้งอยู่กับที่ การเปลี่ยนมุมตกกระทบ ทำได้โดยหมุนแว่นผลึกรอบตำแหน่งที่แสงตกกระทบ ดังนั้น Detector ต้องหมุนไปรอบแกนเดียวกันโดยทำมุม ๒ เท่าของมุมตกกระทบเสมอ เพื่อการวัดที่ต่อเนื่อง ดังแสดงในรูป ๒.๖



<u>รูป ๒.๖</u>

ข้อกำหนดการวัดต่อเนื่อง

การออกแบบเครื่องมือให้ทำงานได้ตามข้อกำหนด สามารถวิเคราะห์ได้จากรูปเรขาคณิตในรูป ๒.๗



<u>รูป ๒.๗</u>

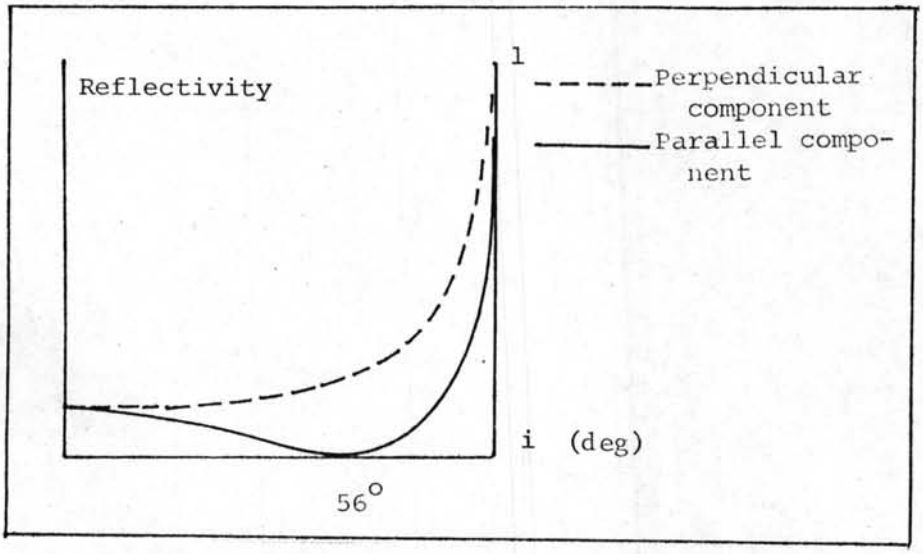
รูปเรขาใช้วิเคราะห์ในการออกแบบเครื่องมือ

จากรูป ๒.๗ a) C เคลื่อนที่ออกจาก A เป็นวงกลมที่มีจุดศูนย์กลาง O,B เป็นจุดใด ๆ ที่เส้นแบ่งครึ่งมุม AOC ย่อมมีระยะ AB = BC เสมอ

ดังนั้นถ้ากำหนดให้ AB = BC แล้ว BO จะแบ่งครึ่งมุม AOC เสมอดังรูป ๒.๗ b)

จากคุณสมบัติดังกล่าวนี้ถ้าให้ A O B เป็นมุมตกกระทบของแสงที่ส่องในแนว A O แสงสะท้อนต้องอยู่ในแนว O C เสมอ และเส้นปกติของแว่นผลึกจะอยู่ในแนว O B ดังนั้นถ้าบังคับให้แว่นผลึกหมุนตามแนว O B และติดตั้ง Detector ที่จุด C ก็สามารถวัดความเข้มของแสงสะท้อนจากแว่นผลึกอย่างต่อเนื่องไม่ว่า C จะอยู่ที่ตำแหน่งใดบนเส้นรอบวงของวงกลม O ข้อมูลนี้สามารถนำไปใช้ออกแบบสร้างเครื่องมือได้

นอกจากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแล้ว มุมตกกระทบสูงสุดที่สามารถเกิด fringe ได้นั้นถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติทางแสงของชั้น SiO_2 คือ Reflectivityดังรูป ๒.๘ (7)



รูปที่ ๒.๘

Reflectivity ของ SiO_2

พิจารณาจากกราฟของ Reflectivity เห็นได้ว่า การสะท้อนของ Parallel Component จะลดลงเป็น 0 ที่มุมตกกระทบหนึ่งเรียกว่า Brewster angle (θ_B) โดย

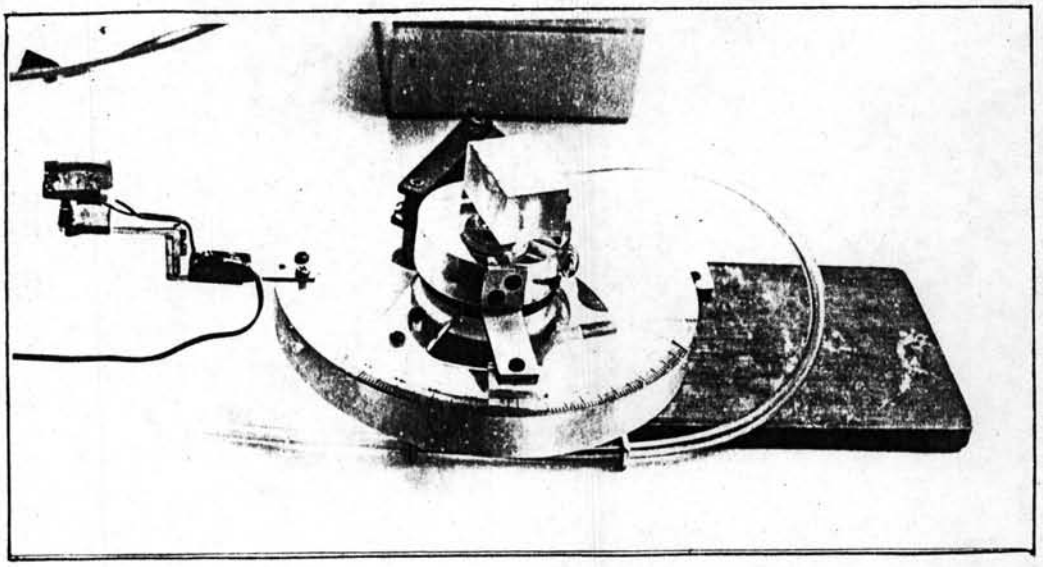
$$\theta_B = \tan^{-1} \theta_i = \frac{\mu_2}{\mu_1} = \mu_2$$

เมื่อ μ_1 และ μ_2 คือดัชนีหักเหของอากาศและ SiO_2 ตามลำดับ

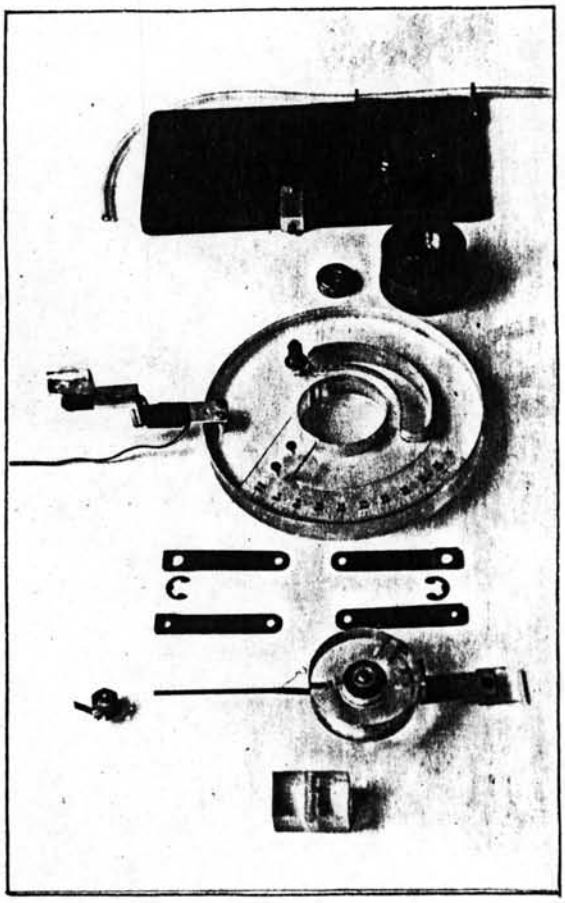
ถ้า μ ประมาณ ๑.๕ จะได้ θ_B ประมาณ ๕๖° ถ้ามุมตกกระทบมากกว่า θ_B phase ของ parallel component จะเปลี่ยนไป ๑๘๐° ดังนั้นถ้าไม่ใช้ Polarizer ตัด parallel component ออก fringe จะถูกรบกวนจนไม่สามารถสังเกตได้ (6) ในทางปฏิบัติจึงออกแบบให้ปรับมุมตกกระทบได้ตั้งแต่ ๐-๖๐° ก็นับเป็นการเพียงพอ

การเลือกใช้วัสดุ เครื่องมือที่ออกแบบสร้างขึ้นนี้ เป็นการวัดทางแสงดังนั้นความสะอาดของเครื่องมือจึงเป็นส่วนสำคัญต่อความแม่นยำในการวัด และวัสดุที่ใช้ควรมีน้ำหนักมากพอควรเพื่อป้องกันการเลื่อนตำแหน่งในขณะวัด จึงเลือกทองเหลืองเป็นวัสดุในการสร้างฐาน และแผ่น Acrylic ใสในส่วนที่ต้องการความสะอาดสูง

ด้วยข้อมูลดังกล่าวข้างต้นนี้ทั้งหมดนี้ นำมาประกอบกันเพื่อสร้างเครื่องวัดความหนาชั้น SiO_2 ได้โดยมีลักษณะดังรูป ๒.๔



รูปที่ ๒.๙ ก. รูปถ่ายของเครื่องวัดที่ออกแบบขึ้น



รูปที่ ๒.๙ ข. รูปถ่ายแยกส่วนของเครื่องวัด