บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมและศึกษาสมบัติของฟิล์มบางสังกะสีซัลไฟด์มีดังนี้

3.1 สารเคมีที่ใช้เตรียมฟิล์มและทำความสะอาดแผ่นรองรับ

3.1.1 ผงสังกะสีซัลไฟด์ 97 %

3.1.2 ลวดอลูมิเนียม

3.1.3 น้ำยาล้างจาน

3.1.4 น้ำกลั่น

3.1.5 อะซีโตน (Acetone)

3.1.6 กาวเงิน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

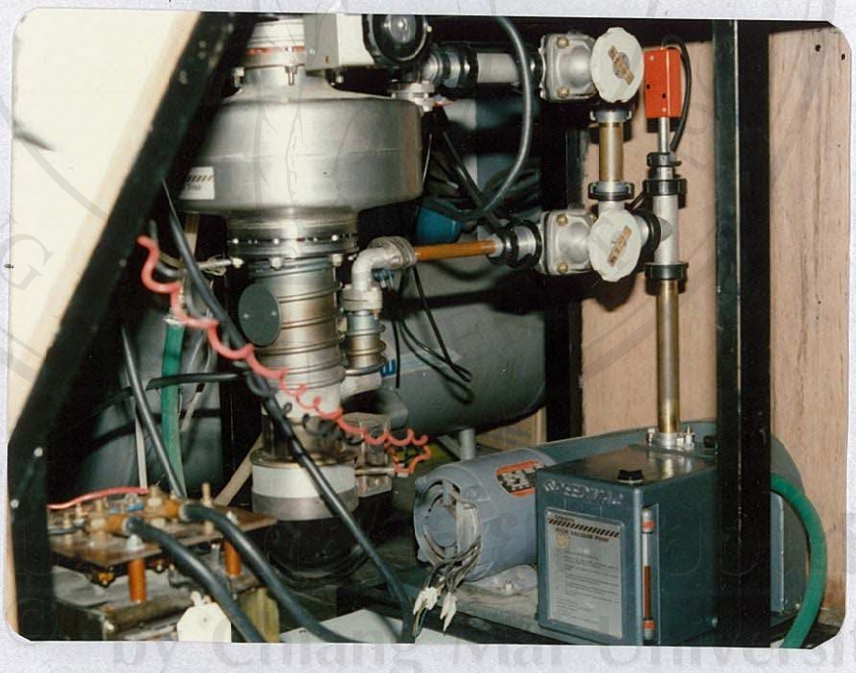
3.2.1 ระบบสุญญากาศ ประกอบด้วยเครื่องสูบแบบโรตารี (Rotary oil pump) รุ่น ED 100 และเครื่องสูบอากาศใช้ไอน้ำมันแพร่กระจาย (Vapour diffusion pump) รุ่น E 02 ของบริษัท Edward Vacuum pump ประเทศอังกฤษ

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาสมบัติของฟิล์ม

- solid state electrometer รุ่น 610 C ของบริษัท Keithley สหรัฐอเมริกา
- digital multimeter ของบริษัท Escort รุ่น EDM 1105
- เครื่องวัดความถี่ (frequency counter) ของบริษัท Heathkit รุ่น 1 B1102

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

- function generator ความถี่ 0-10 MHz ของ Tektronix รุ่น TM 503
- oscilloscope ขนาด 100 MHz ของ Tektronix รุ่น 7633
- เครื่องวัดความเข้มแสง
- photo transistor เบอร์ TL 81
- กล่องอลูมิเนียมพร้อมแบตเตอรี่ 1.5 โวลท์
- Jack BNC, สายไฟ, สาย coaxial 50 Ω
- หลอดไฟ sport light ขนาด 180 วัตต์
- ตัวต้านทานขนาด $\frac{1}{2}$ วัตต์ ค่าต่าง ๆ



รูปที่ 3.1 แสดงระบบปั๊มสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 อุปกรณ์ในการเตรียมฟิล์ม

การทดลองนี้ได้เตรียมฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์และขั้วไฟฟ้าในระบบสุญญากาศ โดยใช้อุปกรณ์ในการเตรียมดังนี้

3.3.1 แผ่นรองรับ (substrate) ใช้กระจกสไลด์ ขนาด 25 มม.x 76 มม. หนา 1 มม.

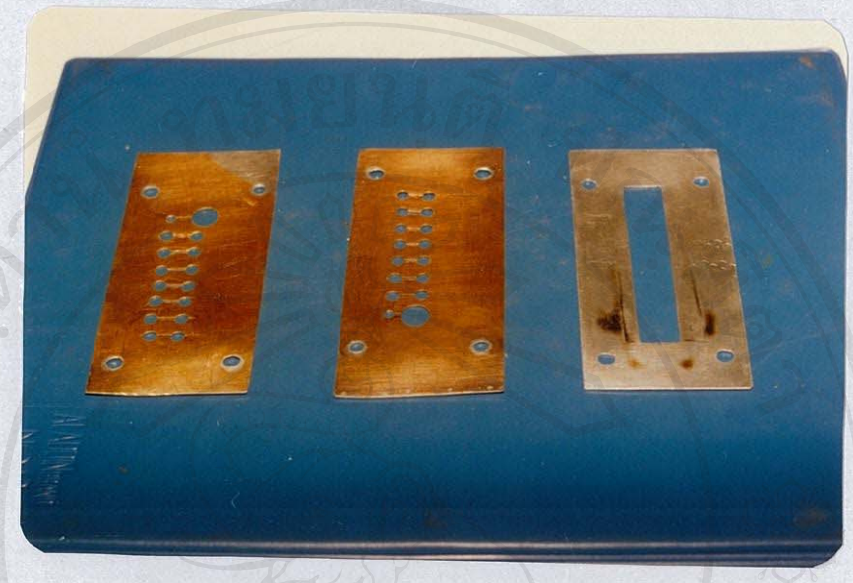
3.3.2 หน้ากาก (mask) เนื่องจากในการเตรียมฟิล์มแต่ละชุดต้องระเหยสารในระบบสุญญากาศ 3 ครั้ง คือระเหยสารทำขั้วไฟฟ้าด้านล่าง ระเหยสังกะสีซัลไฟด์และระเหยสารประกบทำขั้วไฟฟ้าด้านบน ดังนั้นจึงต้องใช้หน้ากาก 3 แผ่น ดังในรูปที่ 3.2

- แผ่นที่ 1 สำหรับเตรียมขั้วไฟฟ้า ทำจากแผ่นอลูมิเนียม หนา 1 มม. ตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 5 ซม. x 12 ซม. เจาะรูตรงกลางเป็นแถวขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 มม. 7 รู และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.1 มม. 1 รู เพื่อเตรียมฟิล์มให้ได้หลาย ๆ ตัวอย่างในแต่ละครั้ง ส่วนรอบนอกเจาะรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4.5 มม. 8 รู เพื่อเป็นขั้วไฟฟ้า

- แผ่นที่ 2 ใช้เตรียมฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์ทำจากแผ่นอลูมิเนียมขนาดเท่ากับแผ่นแรก โดยเจาะรูตรงกลางเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 1 ซม. ยาว 7.5 ซม.

- แผ่นที่ 3 ทำจากแผ่นอลูมิเนียมขนาดเท่ากับแผ่นที่ 1 และแผ่นที่ 2 เจาะรูคล้ายกับแผ่นที่ 1 แต่รูรอบนอกจะอยู่ชิดไปทางด้านตรงข้ามกับแผ่นแรก ใช้เตรียมขั้วไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.2 แสดงหน้ากากที่ใช้เตรียมฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์
และขั้วไฟฟ้า

3.4 การทำความสะอาดแผ่นรองรับ

เพื่อขจัดสิ่งสกปรกออกจากแผ่นรองรับ จำเป็นต้องทำความสะอาดอย่างดี เพื่อให้ฟิล์มเกาะอยู่บนแผ่นรองรับได้ดีและเป็นการลดสิ่งเจือปนในฟิล์มลงด้วย การทำความสะอาดแผ่นรองรับมีขั้นตอนดังนี้

1. ล้างด้วยน้ำสะอาดและน้ำยาล้างจานโดยแช่ไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อให้คราบไขมันและฝุ่นละอองหลุดไปก่อน
2. ล้างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด
3. แช่ในอะซีโตนประมาณ 5 นาที
4. แช่ในน้ำกลั่นประมาณ 5 นาที แล้วนำไปวางตั้งในบีกเกอร์ที่สะอาด ปิดด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ (**Aluminium foid**) เพื่อกันฝุ่น ทิ้งไว้จนแห้งจึงนำไปใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.5 การเตรียมฟิล์ม

ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มแสดงไว้ในรูป 3.3 หลักการทำงานคือเมื่อความดันในครอบแก้ว (bell jar) ลดลงใกล้ 10^{-5} mbar จึงปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน heater บรรจุสาร เมื่อ heater ร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของสาร จะทำให้สารที่ต้องการทำฟิล์มกลายเป็นไอระเหยไปกระทบกับแผ่นรองรับซึ่งเย็นกว่าก็จะควบแน่นเกาะกันเป็นฟิล์มบนแผ่นรองรับและค่อย ๆ หนาขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ความหนาตามที่ต้องการ

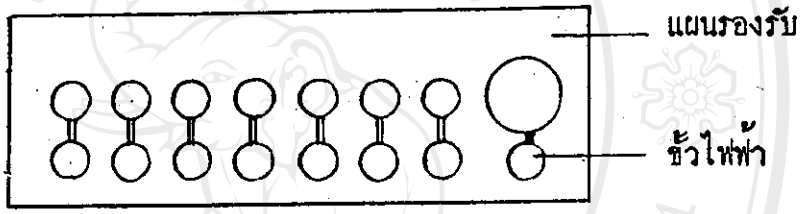
สำหรับสังกะสีซัลไฟด์ที่ใช้มีลักษณะเป็นผงละเอียดสีขาว หากนำไปเตรียมฟิล์มทันทีผงสังกะสีซัลไฟด์จะกระเด็นออกจาก heater จนหมด จึงจำเป็นต้องนำผงสังกะสีซัลไฟด์ไปอัดให้เป็นเม็ดด้วยเครื่องอัด hydrolic ด้วยแรงดันประมาณ 3000-5000 N/m^2 เพื่อให้สารมีความหนาแน่นมากขึ้น ฟิล์มที่เตรียมขึ้นนี้สามารถใช้ศึกษาทั้งทางไฟฟ้าและทางแสง

รูปที่ 3.3 แสดงชุดอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมฟิล์มในระบบสุญญากาศ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายละเอียดในการเตรียมฟิล์มแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนด้วยกันคือ

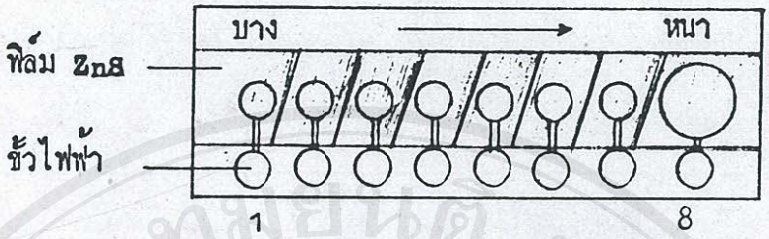
1. เตรียมแผ่นฟิล์มทำขั้วไฟฟ้าด้านล่าง โดยติดแผ่นรองรับเข้ากับที่ยึด ปิดด้วยหน้ากากแผ่นที่ 1 แล้วยกเข้าในครอบแก้ว สูบอากาศออกจนความดันลดลงประมาณ $3x10^{-5}$ mbar จึงเริ่มเตรียมฟิล์มโดยปล่อยกระแสไฟฟ้าผ่าน heater ทังสะเตน จนสารบน heater เหลวจึงเปิด shutter ให้ไอของสารไปเกาะบนแผ่นรองรับนานประมาณ 1 นาที เมื่อนำออกจากครอบแก้วจะได้ขั้วไฟฟ้าเป็นลักษณะดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะขั้วไฟฟ้าหลังจากเตรียมเสร็จขั้นที่ 1

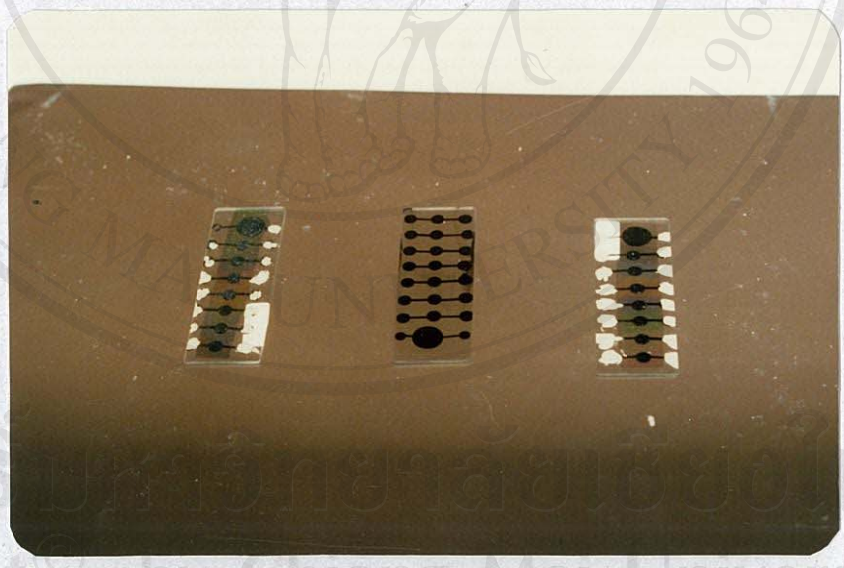
2. เตรียมฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์ เมื่อเตรียมขั้วไฟฟ้าในขั้นที่ 1 แล้วจึงถอดหน้ากากแผ่นเดิมออกแล้วเอาแผ่นที่ 2 ใส่แทน พร้อมกับวางผลึกควอทซ์ไว้ข้าง ๆ แผ่นรองรับ ยกเข้าในครอบแก้วลดความดันลงจนถึง $2x10^{-5}$ mbar จึงปล่อยกระแสผ่าน boat Molibdinum จนสังกะสีซัลไฟด์ระเหยเป็นไอ จึงเริ่มเปิดชัตเตอร์ ให้สารไปเกาะบนแผ่นรองรับที่ตรงกับช่องที่เจาะไว้ของแรกบนหน้ากากพร้อมกับจดบันทึกความถี่ของผลึกควอทซ์จะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงความถี่ที่สอดคล้องกับความหนาที่ต้องการจึงเลื่อนชัตเตอร์ไปให้ตรงกับช่องที่ 2 จนได้ความหนาตามต้องการจึงเลื่อนไปช่องที่ 3, 4,... จนครบ 8 ช่องตามลำดับ แล้วจึงปิดชัตเตอร์ เมื่อนำฟิล์มออกจากครอบแก้วจะได้ฟิล์มที่มีความหนาต่าง ๆ กัน 8 ระดับ ดังรูปที่ 3.5

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะฟิล์มหลังจากเตรียมเสร็จในขั้นที่ 2

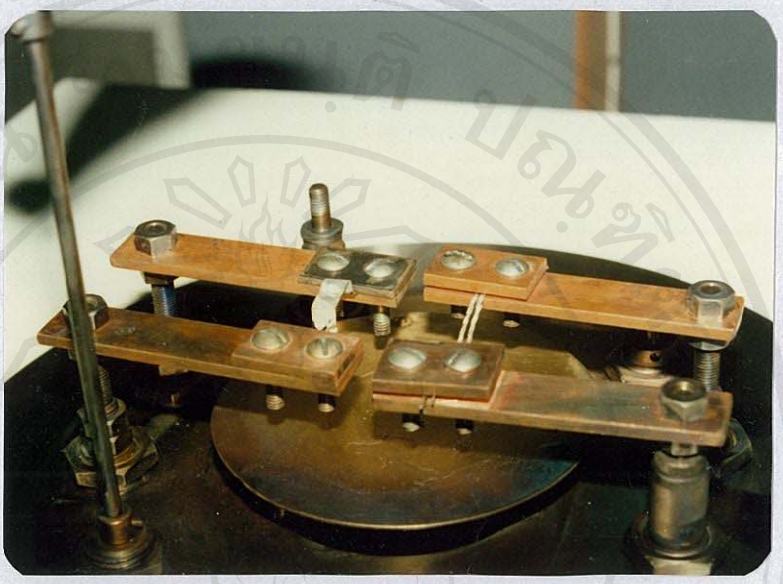
3. เตรียมขั้วไฟฟ้าด้านบน โดยการเปลี่ยนหน้ากากเป็นแผ่นที่ 3 แล้วทำตามขั้นตอนเหมือนเตรียมขั้วไฟฟ้าด้านล่างทุกประการ เมื่อเตรียมขั้วไฟฟ้าด้านบนเสร็จแล้วจะได้ฟิล์มที่สมบูรณ์ พร้อมที่จะนำไปศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าได้ ลักษณะฟิล์มที่สมบูรณ์ จะเป็นดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์พร้อมขั้วไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในกรณีที่ใช้ทองคำทำขั้วไฟฟ้าก็เตรียมเหมือนกับทำขั้วอลูมิเนียมทุกประการ เพียงแต่ใช้ boat Molibdinum ระเหยสารทำขั้วแทน heater หังสะเตน



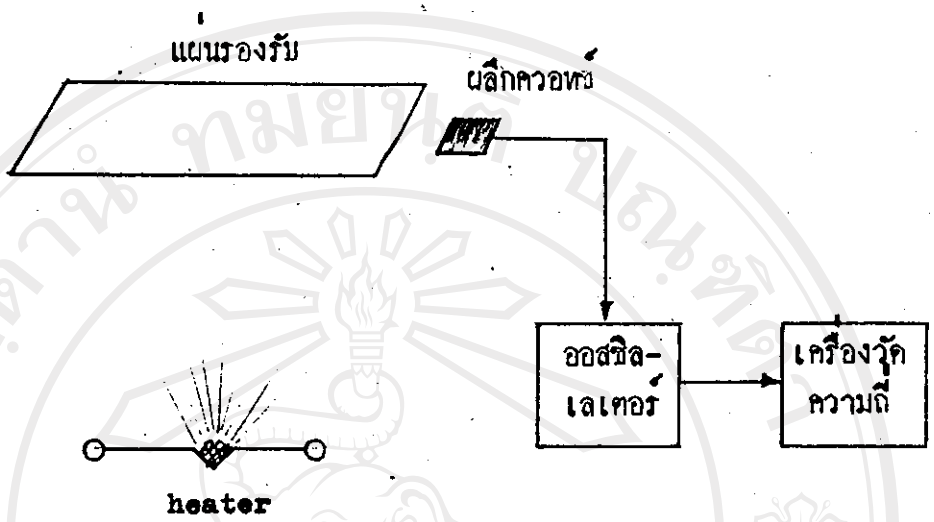
รูปที่ 3.7 แสดง boat Molibdinum และ heater หังสะเตนที่ใช้ระเหยสาร

สำหรับการศึกษาคุณสมบัติทางแสงของฟิล์ม จะศึกษาเฉพาะการทะลุผ่านของแสงโดยนำฟิล์มที่ผ่านการศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าแล้วไปวางให้แสงทะลุผ่านฟิล์มตรงช่องว่างระหว่างขั้วไฟฟ้าก็จะสามารถสังเกตการทะลุผ่านของแสงตามความหนาได้

3.6 การวัดความหนาของฟิล์ม

ในการตรวจวัดความหนาของฟิล์มจะอาศัยหลักการที่ว่า ความถี่ที่เกิดจากการสั่นของผลึกควอทซ์จะเปลี่ยนไปเมื่อมีมวลมาเกาะเพิ่มขึ้น ในการติดตั้งระบบตรวจวัดความหนาแสดงไว้ในรูปที่ 3.8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

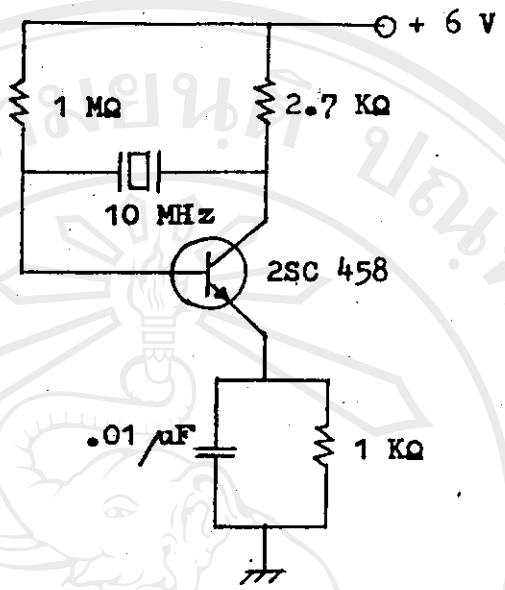


รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้งระบบตรวจวัดความหนาของฟิล์ม

ในการเตรียมฟิล์ม จะวางผลึกควอทซ์ไว้ที่ระดับเดียวกับแผ่นรองรับเมื่อไอของสารไปเกาะที่แผ่นรองรับก็จะไปเกาะที่ผลึกควอทซ์ด้วยความหนาเท่า ๆ กัน ทำให้ความถี่ของผลึกควอทซ์ลดลงตามมวลที่ไปเกาะซึ่งจะอ่านได้จากเครื่องวัดความถี่ เมื่อทราบความถี่ที่เปลี่ยนไปก็สามารถนำไปคำนวณหาความหนาของฟิล์มได้

เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากการสั่นของผลึกควอทซ์มีขนาดเล็กมากเครื่องวัดความถี่ไม่สามารถวัดได้ โดยตรงจึงจำเป็นต้องสร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ให้สัญญาณขนาดใหญ่พอที่จะวัดด้วยเครื่องวัดความถี่ได้ ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จะถูกควบคุมด้วยความถี่ของผลึกควอทซ์ วงจรของออสซิลเลเตอร์แสดงไว้ในรูปที่ 3.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อป้อนสัญญาณให้กับเครื่องวัดความถี่

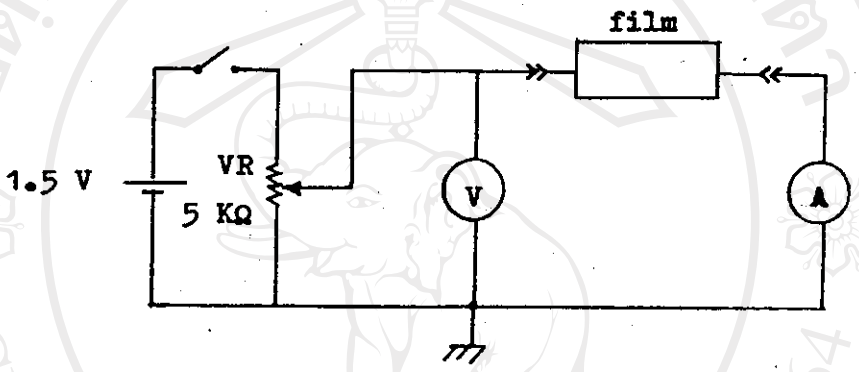
3.7 การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์ม

เนื่องจากการเตรียมฟิล์มเป็นแบบ sand wich โดยที่ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าน้อยมาก เมื่อเราให้ความต่างศักย์ภายนอกแก่ฟิล์ม จะเกิดสนามไฟฟ้าความเข้มสูงขึ้นระหว่างขั้วไฟฟ้า ดังนั้นการศึกษา I-V characterristic ของฟิล์มจะเป็นการศึกษาการนำกระแสในสนามเข้มสูง (hight field effect) นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาโครงสร้างของฟิล์ม จะมีลักษณะเป็น capacitor ที่มีฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์เป็นสารไดอิเลคตริก จึงได้ศึกษาในแง่ capacitor และ dielectric อีกด้วย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.7.1 การศึกษา I-V characterristic ของฟิล์ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการศึกษา I-V characterristic ของฟิล์ม จะอาศัยหลักการวัดกระแสที่ไหลผ่านฟิล์ม เมื่อมีความต่างศักย์คร่อมระหว่างขั้วของมัน ความต่างศักย์ภายนอกได้จากถ่านไฟฉาย 1 ก้อน ต่อผ่าน variable resistor ซึ่งทำหน้าที่เป็น voltage devider สามารถปรับ volt ได้ตั้งแต่ 0 จนถึง 1.5 volt โดยเพิ่มทีละ 10 มิลลิ-โวลท์ วงจรที่ใช้ในการศึกษา I-V characterristic ของฟิล์มแสดงไว้ในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรที่ใช้ศึกษา I-V characterristic ของฟิล์ม

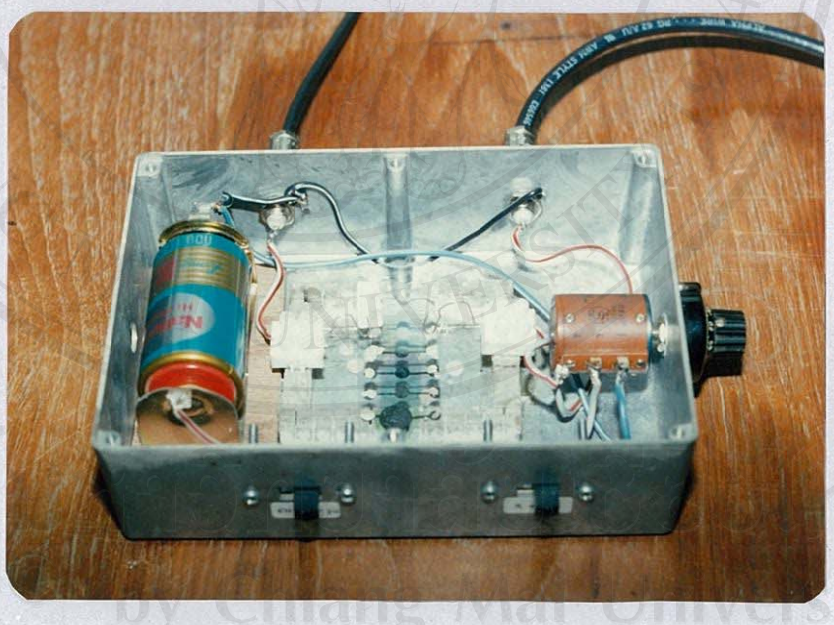
(V) คือโวลท์มิเตอร์ใช้ digital multimeter ของ Escort รุ่น EDM-1105

(A) คือ แอมมิเตอร์ใช้ solid state electrometer ของ Keithley รุ่น 610 C

VR 5 KΩ เป็นแบบปรับค่าได้ที่มีเฟืองทดรอบ (Helipot)

อุปกรณ์ทุกอย่างประกอบใส่ในกล่องอลูมิเนียมยกเว้นแอมมิเตอร์ และโวลท์มิเตอร์ ตัวกล่องต่อลงกราวด์ เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนภายนอก สายต่อมิเตอร์ใช้สาย coaxial UHF 50 Ω ต่อเชื่อมด้วย Jack BNC ดังรูปที่ 3.11 การนำฟิล์มเข้าวัดในกล่องจะต่อเชื่อมขั้วไฟฟ้าเข้าในวงจรโดยใช้กาวเงิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



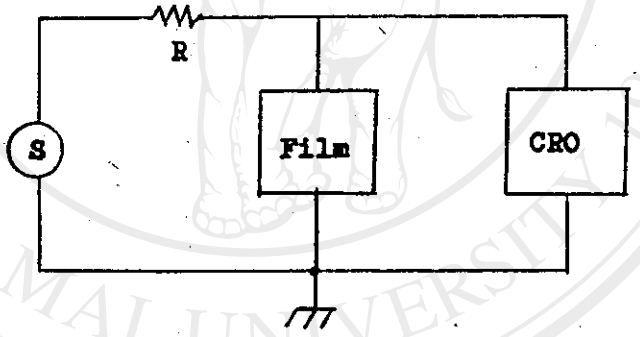
รูปที่ 3.11 แสดงชุดอุปกรณ์ที่ใช้วัด I-V characterristic ของฟิล์ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.7.2 การวัดความจุไฟฟ้าของฟิล์ม

การวัดความจุไฟฟ้าของฟิล์มทำได้โดยการวัดค่า RC time constant ของตัวต้านทานที่ทราบค่าและฟิล์มซึ่งทำหน้าที่เป็น capacitor โดยป้อน puls รูปสี่เหลี่ยมความถี่ 1 KHz จาก function generator เข้าไปในวงจร RC แล้ววัดแรงดันคร่อมฟิล์มด้วยออสซิลโลสโคป อ่านค่าเวลาที่แรงดันคร่อมฟิล์มลดลงเป็น $\frac{1}{e}$ หรือประมาณ 37 % ของค่าสูงสุด จะได้ค่าคงที่เวลา $\tau = RC$ เมื่อทราบค่า R ก็จะสามารถหาค่าความจุของฟิล์มได้

วงจรที่ใช้วัดค่า RC time constant ของระบบฟิล์มแสดงไว้ในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงวงจรที่ใช้วัดค่า RC time constant เพื่อหาความจุของฟิล์ม

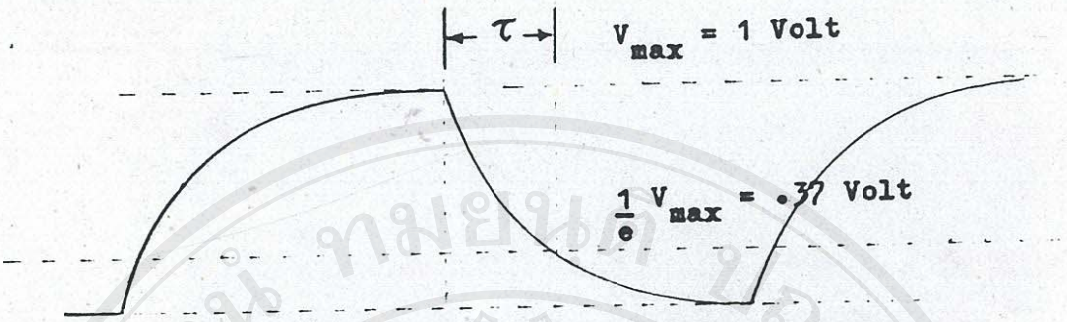
(S) คือเครื่องกำเนิดสัญญาณ puls รูปสี่เหลี่ยมความถี่ 1 KHz

CRO คือ ออสซิลโลสโคป

ในการทดลองนี้ให้โวลท์คร่อมฟิล์มสูงสุด 1 โวลท์ 37 % เป็น 0.37 โวลท์ ดังในรูปที่ 3.13

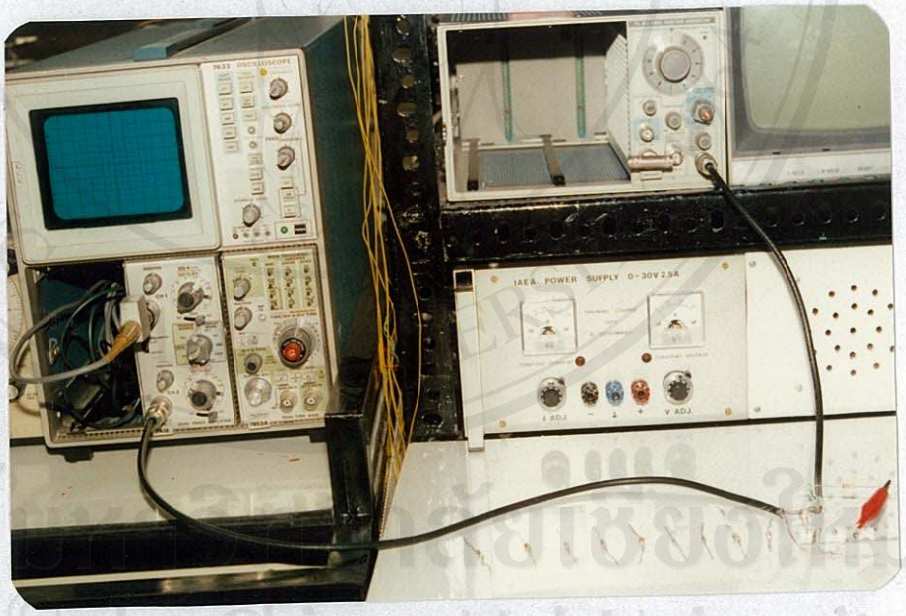
ลักษณะของสัญญาณที่ปรากฏบนจอออสซิลโลสโคป จะเป็นดังรูปที่ 3.13

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.13 แสดงสัญญาณที่ปรากฏบนจอของ oscilloscope ในขณะที่วัดค่า RC time constant

ชุดอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่า RC time constant แสดงไว้ในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้วัด RC time constant ของตัวต้านทานและฟิล์ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.7.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า dielectric constant ของฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์กับความถี่

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า dielectric constant ของฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์กับความถี่ทำได้โดยการวัดความจุของฟิล์ม ณ ความถี่ต่าง ๆ โดยที่เราทราบพื้นที่ของขั้วไฟฟ้า และความหนาของฟิล์ม เราจะสามารถหาค่า dielectric constant ของฟิล์มได้จากความสัมพันธ์

$$\epsilon_r = \frac{Cd}{\epsilon_o A}$$

เมื่อ ϵ_r = ค่า dielectric constant ของฟิล์ม

C = ความจุไฟฟ้าของฟิล์ม

ϵ_o = ค่า permittivity ของสุญญากาศ

และ d = ความหนาของฟิล์ม

ในการศึกษาครั้งนี้ได้หาค่าความจุของฟิล์มเพียง 2 ตัวอย่างคือ C_7 และ C_8 ซึ่งเป็นฟิล์มที่ค่อนข้างหนา วิธีการหาค่าความจุทำได้โดยนำฟิล์มและตัวเก็บประจุที่ทราบค่าไปต่อกับแหล่งกำเนิดสัญญาณที่ปรับความถี่ได้ตั้งแต่ 0-1 MHz เมื่อวัดกระแสผ่านฟิล์มเทียบกับกระแสผ่านตัวเก็บประจุอ้างอิง ก็จะสามารถหาค่าความจุของฟิล์ม ณ ความถี่ต่าง ๆ ได้ ตัวเก็บประจุอ้างอิง C_s ใช้แบบ Silver-mica ขนาด 3600 pf 1 % ของบริษัท RS ประเทศอังกฤษ โดยปกติตัวเก็บประจุแบบ Silver-mica ความจุเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 0.1 % ในช่วงความถี่ต่ำ ๆ ไปจนถึง 2 MHz[19]

วงจรที่ใช้หาค่าความจุของฟิล์ม ณ ความถี่ต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 3.15

จากรูปที่ 3.15 C_s คือตัวเก็บประจุอ้างอิง C_f คือฟิล์มที่แสดงพฤติกรรมเป็นตัวเก็บประจุ Ⓐ คือเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าใช้ digital multimeter ของ Escort รุ่น EDM 1105 ส่วน D_1-D_4 เป็นไดโอดแบบ point contact เบอร์ 1N60 เมื่อสับสวิทช์ S_1 ไปที่ a จะมีกระแสจากแหล่งกำเนิดสัญญาณผ่าน C_s

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

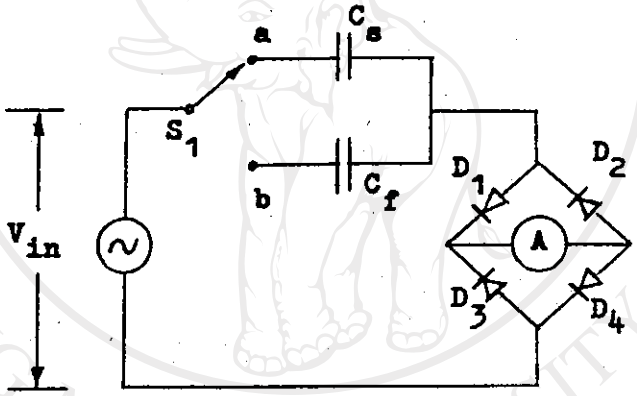
และเมื่อสับ S_1 ไปที่ b จะมีกระแสไหลผ่าน C_f ปริมาณของกระแสที่ไหลผ่าน C_s และ C_f จะเป็น[20]

$$I_s = j\omega C_s V_{in}$$

$$I_f = j\omega C_f V_{in}$$

$$\frac{I_s}{I_f} = \frac{C_s}{C_f}$$

หรือ $$C_f = \frac{C_s I_f}{I_s}$$



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรวัดกระแสผ่าน C_s และ C_f

เมื่อวัด I_s และ I_f ณ ความถี่ต่าง ๆ กันก็จะสามารถหาค่า C_f ได้ ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า dielectric constant ของสังกะสีซัลไฟด์กับความถี่ได้ศึกษาในช่วง 100 Hz ถึง 1 MHz โดยใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณรูป sine จาก function generator ของ Tektronix รุ่น TM 503

3.8 การศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์ม

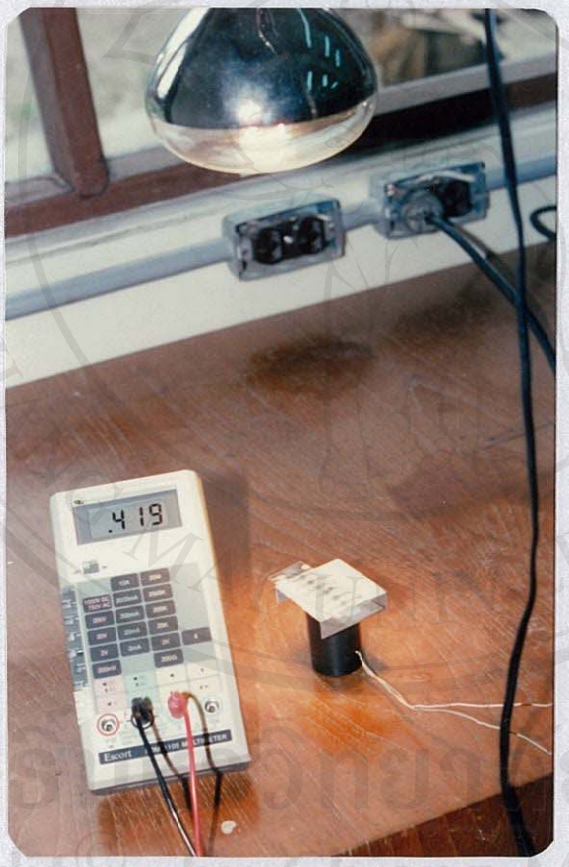
การศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มในครั้งนี้ได้ศึกษาเฉพาะการทะลุผ่านของแสงตามความหนา โดยอาศัย โฟโต้ไดโอด เป็นตัววัดปริมาณแสงตกกระทบและแสงทะลุผ่านฟิล์ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แล้วหาเปอร์เซนต์การทะลุผ่าน

ก่อนนำโฟโต้ไดโอด มาวัดความเข้มของแสง ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระแสโฟโตไดโอด กับความเข้มแสงก่อน โดยเปรียบเทียบ (caribrate) กับเครื่องวัดความเข้มของแสงมาตรฐาน ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ที่แน่นอนดังในภาคผนวก ข. ในการวัดการทะลุผ่านของแสง ทำได้โดยนำโฟโตไดโอดใส่ในกล่องทึบแสงเจาะรูเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มม. ให้แสงผ่านเข้าได้ เมื่อจะวัดแสงทะลุผ่านก็นำฟิล์มไปปิดรูที่เจาะไว้ให้แสงผ่านฟิล์มเข้าไป ถ้าจะวัดแสงตกกระทบฟิล์มก็นำฟิล์มออกปล่อยให้แสงตกกระทบโฟโตไดโอดโดยตรง

ชุดอุปกรณ์สำหรับวัดการทะลุผ่านของแสงแสดงไว้ในรูป 3.16 แหล่งกำเนิดแสงเป็นหลอดไฟ sport light ขนาด 180 วัตต์ แบบไส้ หังสะเตนวางห่างจากฟิล์ม 60 ซม. โฟโต้ไโอดใช้เบอร์ TL81 เครื่องวัดกระแสจากโฟโต้ไดโอดใช้ digital multimeter ของ Escort รุ่น EDM 1105



รูปที่ 3.16 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้วัดการทะลุผ่านของแสงของฟิล์มสังกะสีซัลไฟด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved