บทที่ 4

การวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและวิธีแวน เดอร์ พาว

ในการทดลองวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างที่ปฏิบัติโดยทั่วไปในห้องปฏิบัติการนั้น มีวิธีการปฏิบัติอยู่หลายวิธี แต่ที่นิยมใช้กันมากในห้องปฏิบัติการทั่วๆ ไป มีอยู่สองวิธี คือ วิธีวัดจากค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรง และวิธีของ แวน เดอร์ พาว (Van der Pauw Method) สาเหตุที่วิธีวัดทั้งสองวิธีได้รับความนิยมสูงในห้องปฏิบัติการเพราะ

1. เป็นวิธีที่สามารถจัดการทดลองขึ้นได้สะดวก ง่ายดาย และมีความคล่องตัวสูงในขณะปฏิบัติ โดยอาศัยอุปกรณ์ง่ายๆ ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ

2. เป็นวิธีที่ใช้งานได้ดีกับสารตัวอย่างที่เป็นของแข็ง เป็นแผ่นแบนเรียบ มีความหนาสม่ำเสมอและรูปร่างเป็นอย่างไรก็ได้

3. เป็นวิธีที่ใช้วงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าไม่สูงมากนัก ทำให้สะดวกในการวัดและการคำนวณค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่าง

4. เป็นวิธีการวัดที่ไม่เกิดความเสียหายแก่สารตัวอย่าง ทำให้สามารถทำการทดลองซ้ำได้หลายครั้งหรือสามารถนำสารตัวอย่างดังกล่าวไปใช้งานหรือทดสอบสมบัติอื่นๆ ได้อีก

5. เป็นวิธีที่ไม่มีอันตรายต่อผู้ทดลองแต่อย่างใด

6. เป็นวิธีที่ใช้อุปกรณ์ง่ายๆ และราคาถูก ดังนั้นจึงเป็นที่นิยมกันมากในห้องปฏิบัติการทั่วๆ ไป

ส่วนข้อเสียของวิธีการทั้งสองเกิดขึ้นเนื่องจากต้องมีการสร้างขั้วสัมผัสระหว่างวงจรไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองกับสารตัวอย่าง ซึ่งทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้เพราะเราไม่สามารถสร้างขั้วสัมผัสที่มีสมบัติเหมือนกันทุกประการได้ทุกครั้ง แต่อย่างไรก็ตามวิธีการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าทั้งสองวิธีก็มีความน่าเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง

การวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐาน

การวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าโดยวิธีนี้จะอาศัยหลักการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของสารตัวอย่าง โดยถือว่าสารตัวอย่างเป็นตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงและมีเงื่อนไขว่าสารตัวอย่างที่จะนำมาวัดจะต้องเป็นแผ่นของแข็งบางเรียบ มีความหนาสม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังต้องง่ายต่อการตัดขึ้นรูปให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้าง ยาว และหนาสม่ำเสมอกันได้ตลอดทั้งแผ่น

ในการทดลองจะต้องตัดแผ่นสารตัวอย่างให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีความกว้าง ยาว และหนาสม่ำเสมอ จากนั้นต่อขั้วสัมผัสกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรงดังรูป

รูป 4.1 แสดงการจัดอุปกรณ์เพื่อทำการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าโดยวิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐาน

จากรูป 4.1 เราจะจ่ายกระแสไฟจากเซลไฟฟ้าให้ผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ ผ่านเข้าสารตัวอย่าง แล้วไปครบวงจรหลังจากผ่านแอมมิเตอร์แล้ว โดยการปรับตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นการปรับแรงดันตกคร่อมในสารตัวอย่าง ซึ่งอ่านค่าได้จากโวลต์มิเตอร์ที่ต่อขนานกับแผ่นสารตัวอย่าง ในการทดลองจะอ่านค่ากระแสไฟฟ้า I จากแอมมิเตอร์และค่าความต่างศักย์ V จากโวลต์มิเตอร์ เมื่อปรับค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ไปหลายๆ ค่าจะได้ชุดตัวแปร I และ V หลายๆ ชุดตามที่ต้องการ จากนั้นนำชุดตัวแปร I และ V ไปคำนวณหาค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างได้โดยอาศัยกฎของโอห์มดังสมการ (4.1)

$$V = IR \qquad \text{----------(4.1)}$$

เมื่อ V คือ ค่าความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์

I คือ ค่ากระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์

R คือ ค่าความต้านทานของสารตัวอย่างมีหน่วยเป็นโอห์ม

และจากกฎของความต้านทานไฟฟ้าในของแข็ง

$$R = \rho\frac{\ell}{A} \qquad \text{----------(4.2)}$$

เมื่อ ρ คือ ค่าสภาพนำความต้านทานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น Ω-m

ℓ คือ ค่าความยาวของตัวต้านทานมีหน่วยเป็น m

A คือ ค่าพื้นที่ภาคตัดขวางของตัวต้านทานมีหน่วยเป็น m^2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ $$\rho = \frac{1}{\sigma}$$ ----------(4.3)

เมื่อ σ คือ ค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างมีหน่วยเป็น S/m

จากสมการ (4.1) (4.2) และ (4.3) จะได้

$$\sigma = \frac{I\ell}{Vwd}$$ ----------(4.4)

เมื่อ σ คือ ค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างมีหน่วย S/m

I คือ ค่ากระแสไฟฟ้ามีหน่วยแอมแปร์

V คือ ค่าความต่างศักย์มีหน่วย โวลต์

ℓ คือ ค่าความยาวของขั้วไฟฟ้าที่ใช้วัดความต่างศักย์มีหน่วย m

W คือ ค่าความกว้างของชิ้นสารตัวอย่างมีหน่วย m

d คือ ค่าความหนาของชิ้นสารตัวอย่างมีหน่วย m

เมื่อทำการทดลองวัดค่ากระแส I ค่าความต่างศักย์ V วัดค่าความกว้าง W ความยาวระหว่างขั้วไฟฟ้าที่วัดความต่างศักย์ ℓ และค่าความหนาของชิ้นสารตัวอย่าง d แล้ว สามารถใช้สมการ (4.4) คำนวณหาค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างได้ในที่สุด

เพื่อความสะดวกและความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการทดลอง ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือเพื่อช่วยในการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าดังกล่าวอย่างง่ายๆ ขึ้น โดยเริ่มต้นจากการกัดแผ่นวงจรพิมพ์ให้มีลักษณะดังรูป 4.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 4.2 แสดงภาพถ่ายวงจรพิมพ์ที่ผ่านการกัดขึ้นรูปแล้ว

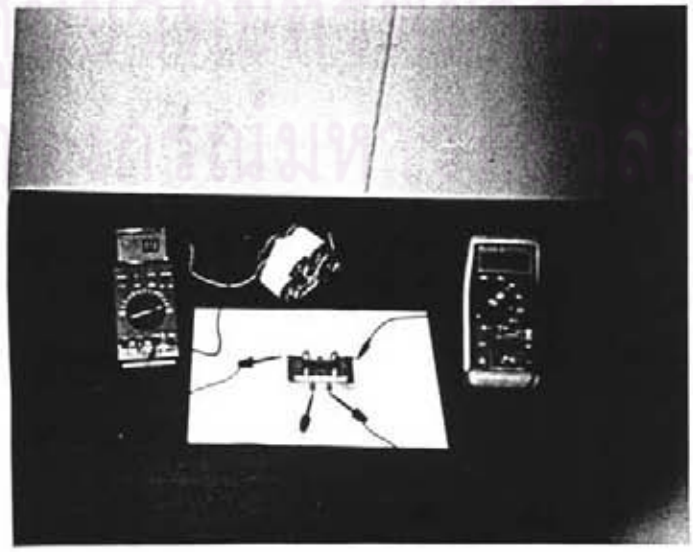
จากนั้นนำแผ่นพลาสติกใสที่มีความหนาสม่ำเสมอประมาณ 1 cm มาตัดขึ้นรูปเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมสองแผ่น เจาะรูร้อยน็อตให้ถึงกันทั้งสองแผ่น ซึ่งแผ่นพลาสติกทั้งสองแผ่นทำหน้าที่ในการประกบแผ่นสารตัวอย่างให้แนบสนิทกับแผ่นวงจรพิมพ์ โดยส่วนประกอบทั้งหมดแสดงได้ดังรูป 4.3

รูป 4.3 แสดงภาพถ่ายส่วนประกอบทั้งหมดของเครื่องวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า

จากนั้นตัดแผ่นสารตัวอย่างให้เป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้าตามขนาดที่ต้องการ นำมาประกอบกับชุดเครื่องมือวัดดังรูป 4.4

รูป 4.4 แสดงภาพถ่ายการประกอบสารตัวอย่างกับเครื่องมือวัด

จากนั้นนำชุดเครื่องมือที่ประกอบกับสารตัวอย่างเรียบร้อยแล้วมาต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ ตามแผนผังรูป 4.1 ได้เป็นชุดการทดลองวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างดังในรูป 4.5

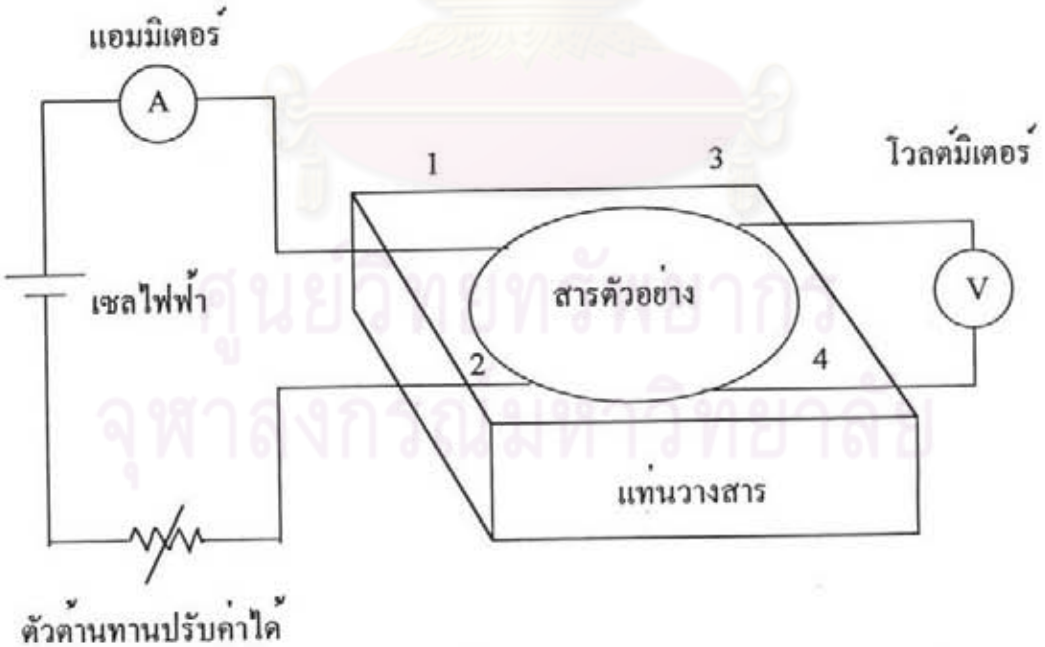


รูป 4.5 แสดงภาพถ่ายชุดเครื่องมือวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารพร้อมวงจร

เมื่อต่อวงจรครบถ้วน ก็สามารถวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารได้โดยการวัดชุดตัวแปรกระแสไฟฟ้า I และความต่างศักย์ V ซึ่งปรับให้วัดได้หลายๆ ชุด โดยปรับค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ จากนั้นใช้สมการ (4.4) คำนวณหาค่าสภาพนำไฟฟ้าจากการวัดชุดตัวแปร I และ V กับขนาดความกว้าง ยาว และหนาของแผ่นสารตัวอย่าง

การวัดสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธี แวน เดอร์ พาว

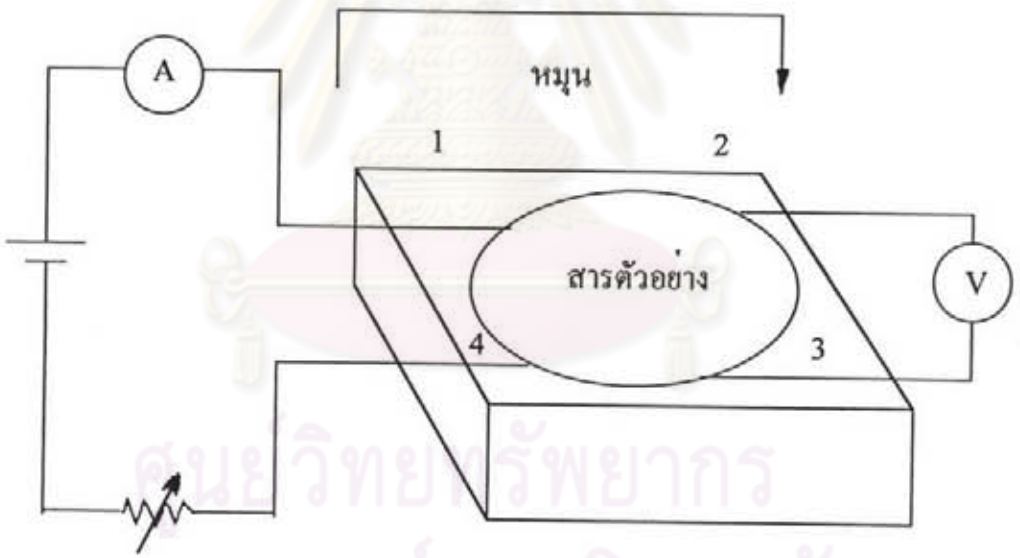
การวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างโดยวิธีนี้ จะใช้กับสารตัวอย่างที่เป็นของแข็งในรูปแผ่นแบนเรียบ มีความหนาสม่ำเสมอกันทั่วทั้งแผ่น มีการนำไฟฟ้าสม่ำเสมอในทุกทิศทาง และมีรูปร่างอะไรก็ได้ที่สภาพนำไฟฟ้ามีค่าเท่ากันทั่วทั้งแผ่น ซึ่งในการทดลองนี้ใช้แผ่นสารตัวอย่างกลมแบนสม่ำเสมอโดยจัดการทดลองตามรูป 4.6



รูป 4.6 แสดงการจัดการทดลองวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธีแวน เดอร์ พาว

ในการทดลองได้สร้างขั้วไฟฟ้าสี่ขั้วที่บริเวณขอบของสารตัวอย่างที่ระยะระหว่างขั้วห่างใกล้เคียงกัน และสร้างขั้วไฟฟ้าให้เป็นจุดเล็กที่สุดเมื่อเทียบกับความยาวเส้นรอบวงของแผ่นสารตัวอย่าง ในการสร้างขั้วไฟฟ้าจะใช้ปลายเข็มโลหะแตะกับขอบของสารตัวอย่างโดยมีกาวเงิน (Silver Paste) เป็นตัวประสานระหว่างปลายเข็มกับขอบของสารตัวอย่าง และแผ่นสารตัวอย่างจะต้องยึดอย่างแน่นหนาบนแท่นพลาสติกเรียบดังรูป 4.6

เมื่อต่อวงจรตามแผนผังในรูป 4.6 แล้ว ทำการวัดค่าความต่างศักย์ V_{34} ซึ่งเป็นศักย์ที่ตกคร่อมระหว่างขั้วหมายเลข 3 และ 4 กับค่ากระแสไฟฟ้า I_{12} ที่ผ่านขั้วหมายเลข 1 และ 2 จากนั้นสลับขั้วโดยการหมุนสลับการจ่ายกระแสไฟฟ้าและสลับขั้วโวลต์มิเตอร์ดังรูป 4.7



รูป 4.7 แสดงการสลับขั้วไฟฟ้า โดยการหมุน

วัดค่าความต่างศักย์ตกคร่อม V_{23} ซึ่งเป็นศักย์ตกคร่อมระหว่างขั้วไฟฟ้าหมายเลข 2 และ 3 และกระแสไฟฟ้า I_{14} ที่ไหลผ่านขั้วไฟฟ้าหมายเลข 1 และ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการทดลองครั้งแรกนำค่ากระแส I_{12} และความต่างศักย์ V_{34} ที่ได้นำมาคำนวณหาค่าความต้านทาน R_1 จากสมการ

$$R_1 = \frac{V_{34}}{I_{12}} \qquad \text{----------(4.5)}$$

และจากการทดลองครั้งหลังนำค่ากระแส I_{14} และความต่างศักย์ V_{23} ที่ได้มาคำนวณหาค่าความต้านทาน R_2 จากสมการ

$$R_2 = \frac{V_{23}}{I_{14}} \qquad \text{----------(4.6)}$$

จากตัวแปร R_1 และ R_2 และค่าความหนาของแผ่นสารตัวอย่าง d สามารถนำมาคำนวณหาค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างจากสมการ (4.7)

$$\exp(-\pi R_1 \sigma d) + \exp(-\pi R_2 \sigma d) = 1 \qquad \text{----------(4.7)}$$

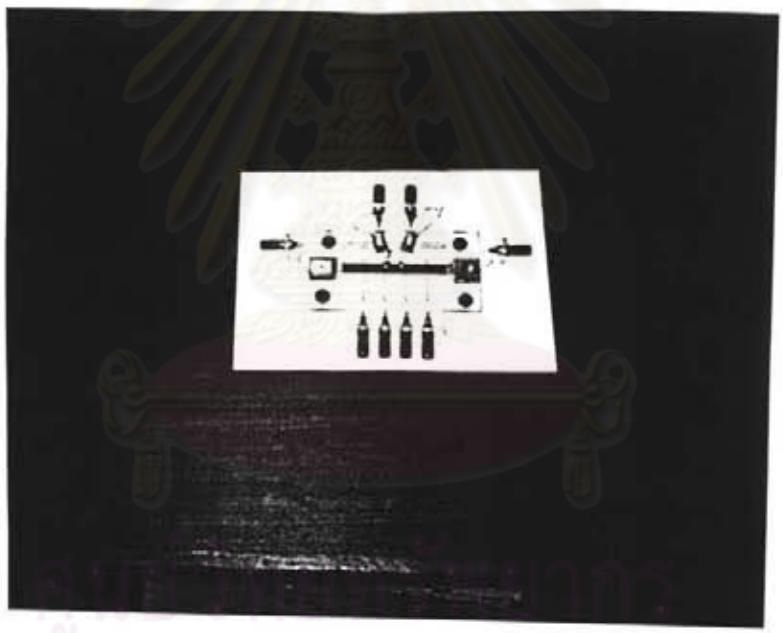
เพื่อความสะดวกในการคำนวณ ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรม Van-DP.CPP โดยอาศัยการคำนวณเชิงตัวเลขช่วยในการแก้สมการ (4.7) หาค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างได้ในที่สุด รายละเอียดของโปรแกรมนี้แสดงไว้ในภาคผนวก

การวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 99.9 % และแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 95 %

จากบทที่ 3 เราได้ศึกษาผลการทดลองวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 99.9 % โดยวิธีไร้ขั้วสัมผัสที่ความถี่ไมโครเวฟแล้วนั้น แต่ในบทนี้จะทดลองเพื่อวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นกราไฟต์โดยใช้วิธีการวัดด้วยวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐาน

เหตุผลที่ต้องเลือกวิธีไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐานเนื่องจากสารตัวอย่างที่ใช้ คือ แผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์นั้นเป็นแผ่นกราไฟต์อัดผสมกับสารบางอย่างเพื่อให้คงสภาพความเป็นแผ่นแบนเรียบ แต่มีข้อเสีย คือ แผ่นกราไฟต์ที่ได้จะมีความอ่อนตัวสูง ไม่ทนทานต่อการดัดงอ และตัดขอบให้เรียบได้ยาก นอกจากนี้แผ่นกราไฟต์นี้ยังบางมากแค่ 0.254 มม. จึงทำให้ยากต่อการสร้างขั้วไฟฟ้าที่บริเวณขอบของแผ่นสารตัวอย่าง

ในการทดลองจะตัดแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ให้มีขนาดกว้าง 14.77 มม. และยาว 25.00 มม. และสร้างขั้วไฟฟ้าให้มีระยะระหว่างขั้วไฟฟ้าเป็น 19.49 มม. จากนั้นนำแผ่นกราไฟต์ที่ได้บรรจุในเครื่องมือวัดที่ได้สร้างขึ้นไว้ก่อนแล้ว ดังรูป 4.8



รูป 4.8 แสดงภาพถ่ายการบรรจุแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 99.9 % ลงในเครื่องมือวัด

จากนั้นนำเครื่องมือวัดที่ประกอบสารตัวอย่างเรียบร้อยแล้วไปต่อกับวงจรที่จะใช้ในการวัดดังรูป 4.5 โดยวงจรจะประกอบด้วย เซลไฟฟ้าที่สร้างขึ้นจากแบตเตอรี่แห้งขนาด 1.5 โวลต์ 5 ก้อนนำมาต่อขนานกัน ซึ่งเซลที่ได้จะจ่ายแรงดันคงที่ 1.5 โวลต์และจ่ายกระแสได้สูงมากกว่า 1 แอมแปร์ เหตุผลที่ต้องสร้างเซลไฟฟ้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงเช่นนี้เนื่องมาจากแผ่นกราไฟต์มีค่าสภาพนำไฟฟ้าสูงมากใกล้เคียงกับตัวนำไฟฟ้า ทำให้การวัดค่า

แรงดันตกคร่อมบนแผ่นสารตัวอย่างต้องใช้กระแสไฟฟ้าที่สูงมากพอสมควรจึงจะสามารถวัดแรงดันดังกล่าวได้ด้วยโวลต์มิเตอร์

เมื่อต่อวงจรตามแผนผังในรูป 4.5 แล้วทำการทดลองจะได้ผลการทดลองแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 แสดงผลการทดลองวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 99.9 % โดยวิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

I (mA)	V (mV)	$\sigma\ (\Omega\text{-m})^{-1}$
76.57	3.49	$1.14X10^5$
81.47	3.72	$1.14X10^5$
90.76	4.14	$1.14X10^5$
97.09	4.43	$1.14X10^5$
104.15	4.75	$1.14X10^5$
109.52	5.00	$1.14X10^5$
116.17	5.30	$1.14X10^5$
122.21	5.58	$1.14X10^5$
130.90	5.97	$1.14X10^5$
154.23	7.04	$1.14X10^5$
ค่าเฉลี่ย		$1.14X10^5$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลองเพื่อหาค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 95 % นั้นก็ทดลองเช่นเดียวกับแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 99.9 % ซึ่งการทดลองดังกล่าวให้ผลดังนี้

ตาราง 4.2 แสดงผลการทดลองวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 95 % โดยวิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

I (mA)	V (mV)	$\sigma\ (\Omega\text{-m})^{-1}$
84.04	3.35	$1.41X10^5$
88.77	3.55	$1.40X10^5$
95.48	3.81	$1.41X10^5$
100.65	4.02	$1.41X10^5$
106.56	4.26	$1.41X10^5$
112.85	4.51	$1.41X10^5$
121.53	4.86	$1.41X10^5$
134.33	5.36	$1.41X10^5$
142.93	5.71	$1.41X10^5$
ค่าเฉลี่ย		$1.41X10^5$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวัดสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นแก้วกราไฟต์

การวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นแก้วกราไฟต์ทำได้ง่ายกว่าการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ เนื่องจากแผ่นแก้วกราไฟต์มีความแข็งเหมือนแก้วมีความสม่ำเสมอและมีผิวหน้าที่แบนเรียบ สามารถตัดแต่งเป็นรูปร่างต่างๆ ได้โดยง่าย ทำให้สามารถทำการทดลองได้ทั้งวิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง และวิธี แวน เดอร์ พาว

ในการทดลองโดยวิธี แวน เดอร์ พาว ทำได้โดยการตัดแผ่นแก้วกราไฟต์ให้เป็นแผ่นวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 53.6 มม. จากนั้นแต่งขอบให้เรียบด้วยการตะไบและขัดด้วยกระดาษทรายจะได้แผ่นสารตัวอย่างวงกลม ต่อจากนั้นนำแผ่นสารตัวอย่างที่ตัดเป็นวงกลมแล้วมายึดไว้กับแท่นพลาสติกโดยเทปกาว หลังจากนั้นต่อขั้วไฟฟ้าสี่ขั้ว ในระยะห่างเท่าๆ กันโดยใช้ปลายเข็มเป็นขั้วไฟฟ้า แล้วยึดด้วยตัวประสาน คือ กาวเงิน (Silver Paste) เมื่อกาวเงินแห้งติดสนิทดีแล้วก็พร้อมที่จะทดลองได้

จากนั้นจัดอุปกรณ์การทดลองตามแผนผังรูป 4.6 แล้วบันทึกค่ากระแสและค่าแรงดันตกคร่อมโดยการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้

หลังจากนั้นทำการสลับขั้วตามรูป 4.7 ทดลองบันทึกผลค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันตกคร่อมโดยการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ จะได้ข้อมูลหลายๆ ชุดเช่นเดียวกัน ซึ่งผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังตาราง 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการวัดกระแสไฟฟ้า และแรงดันตกคร่อมของแผ่นแก้วกราไฟต์ ชุดที่ 1

I_{12} (mA)	V_{34} (mV)
59.2	0.24
69.0	0.28
77.1	0.31
87.4	0.36
100.4	0.41
108.4	0.44
124.2	0.51
134.2	0.55
145.6	0.60
173.5	0.71

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงเส้นพบว่า ค่าความต้านทาน R_1 มีค่าเป็น 4.137×10^{-3} โอห์ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันตกคร่อมของแผ่นแก้วกราไฟต์ชุดที่ 2

I_{23} (mA)	V_{14} (mV)
65.9	0.32
70.4	0.34
76.0	0.37
81.2	0.40
90.4	0.44
99.5	0.49
108.4	0.53
119.2	0.58
138.2	0.68
163.7	0.80

จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเชิงเส้นพบว่า ค่าความต้านทาน R_2 มีค่าเป็น 4.921×10^{-3} โอห์ม

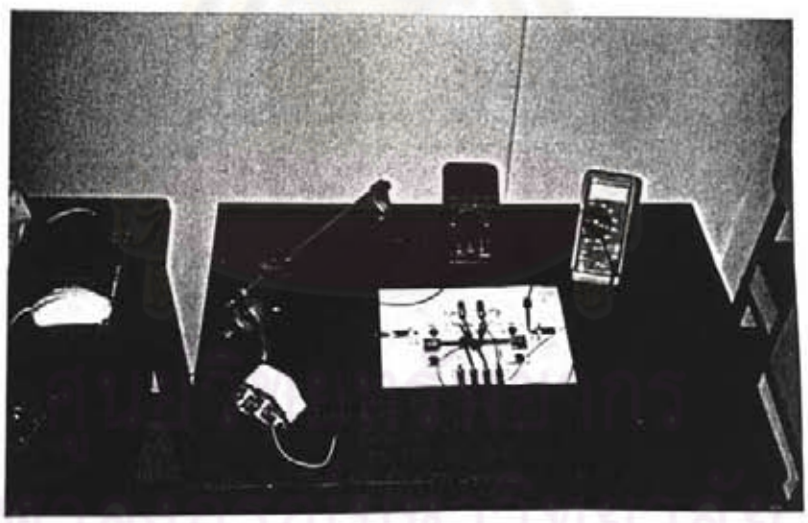
เมื่อวัดความหนา d ของแผ่นสารตัวอย่าง นำค่า R_1 และ R_2 ที่ได้มาคำนวณเชิงตัวเลขกับสมการ (4.7) โดยอาศัยโปรแกรม VAN_DP.CPP ได้ผลการคำนวณค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นแก้วกราไฟต์ ดังตาราง 4.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 4.5 แสดงผลการคำนวณค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นแก้วกราไฟต์ โดยวิธี แวน เดอร์ พาว

d (mm)	R_1 (Ω)	R_2 (Ω)	σ $(\Omega\text{-m})^{-1}$
1.05 ± 0.05	4.137×10^{-3}	4.921×10^{-3}	4.65×10^{4}

ส่วนการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นแก้วกราไฟต์ โดยวิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐานนั้น ทำได้โดยการตัดแผ่นแก้วกราไฟต์ให้มีขนาดกว้าง 12.90 มม. ยาว 60 มม. หนา 1.00 มม. นำมาติดกับเครื่องมือวัดที่ทำขึ้นพิเศษ ดังรูป 4.9



รูป 4.9 แสดงภาพถ่ายเครื่องวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าที่ใส่แผ่นแก้วกราไฟต์แล้ว

ซึ่งเครื่องมือวัดนี้สามารถจัดระยะเข็มที่ใช้วัดค่าความต่างศักย์ได้ เมื่อนำมาทำการทดลองแบบเดียวกับการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์โดยวิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงจะได้ผลการทดลองแสดงในตาราง 4.6

ตาราง 4.6 แสดงผลการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นแก้วกราไฟต์โดยวิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐาน

V (mV)	I (mA)	$\sigma = Il/Vwd\ (\Omega\text{-m})^{-1}$
3.35	82.32	4.82×10^4
2.95	72.51	4.82×10^4
2.79	68.54	4.81×10^4
2.61	64.24	4.82×10^4
2.55	62.78	4.82×10^4
2.46	60.44	4.81×10^4
2.35	57.68	4.81×10^4
2.14	52.73	4.83×10^4
2.09	51.46	4.83×10^4
1.99	48.97	4.82×10^4
	ค่าเฉลี่ย	4.82×10^4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังตาราง 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวัดสภาพนำไฟฟ้าของแผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 99.9 % แผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 95 % และแผ่นแก้วกราไฟต์

สารตัวอย่าง	$\sigma\ (\Omega\text{-m})^{-1}$ (วิธีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐาน)	$\sigma\ (\Omega\text{-m})^{-1}$ (วิธีแวน เดอร์ พาว)
แผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 99.9 %	$1.14X10^5$	—
แผ่นกราไฟต์บริสุทธิ์ 95 %	$1.41X10^5$	—
แผ่นแก้วกราไฟต์	$4.82X10^4$	$4.65X10^4$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย