บทที่ 1

บทนำ

การวิจัยและพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นำมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด นำมาสู่ผลลัพธ์ที่ถูกต้องครบถ้วนมีความน่าเชื่อถือและเชื่อมั่นได้ ต่อผลงานวิจัยและพัฒนาดังกล่าว

การวัดเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในงานวิจัยและพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เมื่อกล่าวถึงการวัดจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกล่าวถึงเครื่องมือและวิธีการวัดด้วย ซึ่งถ้าเครื่องมือและวิธีการวัดมีความถูกต้องแม่นยำก็จะส่งผลให้งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนั้นๆ มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ที่มาของงานวิจัย

งานวิจัยเพื่อศึกษาการนำไฟฟ้าของสารที่เป็นแผ่นแบนแข็งโดยการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างนั้นสามารถวัดได้หลายวิธี เช่น การวัดด้วยวิธีของแวน เดอร์ พาว (Van der Pauw Method) หรือ การวัดจากค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งวิธีการทั้งสองเป็นวิธีที่ใช้กันโดยทั่วไปในห้องปฏิบัติการวิจัยสมบัติทางไฟฟ้าของของแข็ง

แต่วิธีการดังกล่าวข้างต้นยังมีข้อจำกัด อันเกิดจากการสร้างขั้วสัมผัส (Contact) ระหว่างสารตัวอย่างกับวงจรไฟฟ้า เนื่องจากโดยทั่วไปขั้วสัมผัสที่สร้างขึ้นสามารถจำแนกได้เป็นแบบใหญ่ๆ ได้สองแบบ โดยแบบแรกจะเป็นขั้วสัมผัสแบบ *โอห์มิก (Ohmic Contact)* ซึ่งเป็นขั้วสัมผัสที่มีความต้านทานต่ำ ทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านได้ง่ายทั้งสองทิศทาง และกระแสไฟฟ้าจะแปรผันโดยตรงกับค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมขั้วสัมผัส ส่วนแบบที่สองจะเป็นขั้วสัมผัสแบบ *ชอตต์กี (Schottky Barrier)* ซึ่งกระแส I จะไหลผ่านขั้วสัมผัสสัมพันธ์กับความต่างศักย์ V ที่ตกคร่อมขั้วสัมผัสตามสมการ (Jenkins, 1995)

$$I = I_o\left[\exp\left(\frac{eV}{kT}\right)-1\right] \qquad \text{----------} (1.1)$$

เมื่อ I คือ กระแสที่ไหลผ่านขั้วสัมผัส

I_o คือ กระแสป้อนกลับตอนที่ความต่างศักย์เป็นลบมากๆ

V คือ ความต่างศักย์ตกคร่อมขั้วสัมผัส

e คือ ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน

k คือ ค่าคงที่ของโบลต์ซมานน์

T คือ อุณหภูมิเป็นเคลวิน

ทำให้ความต่างศักย์คร่อมขั้วสัมผัสขึ้นกับทิศทางของกระแส ขั้วสัมผัสแบบนี้ไม่ใช่ขั้วสัมผัสแบบโอห์มิกและจะทำให้การวัดผิดพลาด

ดังนั้นจึงมีการคิดค้นวิธีที่ทำให้ความผิดพลาดทางการวัดดังกล่าวลดน้อยลง โดยการทดลองวัดสภาพนำไฟฟ้าของสารด้วยวิธีไร้ขั้วสัมผัสที่ใช้วัดแบบกระแสตรงซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี และการใช้ไมโครเวฟก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการวัดสภาพนำไฟฟ้าด้วยวิธีไร้ขั้วสัมผัส

งานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาวิธีการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธีไร้ขั้วสัมผัสที่ความถี่ไมโครเวฟเทียบกับวิธีการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างที่เป็นแผ่นแบนแข็งโดยวิธีอื่นๆ ที่นิยมใช้กันในห้องปฏิบัติการวิจัยสมบัติทางไฟฟ้าของสารทั่วๆ ไป

การวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธีไร้ขั้วสัมผัสที่ความถี่ไมโครเวฟนั้น อาศัยการประยุกต์หลักของตัวสั่นพ้องไมโครเวฟ (Microwave Resonator) โดยสร้างตัวสั่นพ้องทรงกระบอก (Cylindrical Resonator) แล้วปิดผนังด้านแบนของตัวสั่นพ้องทั้งสองด้านด้วยแผ่นสารตัวอย่าง จากนั้นนำตัวสั่นพ้องที่ปิดด้วยแผ่นสารตัวอย่างแล้วมาประกอบเข้ากับวงจรไมโครเวฟซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ผ่านไมโครเวฟ (Microwave Passive Devices) หลายชิ้น เพื่อที่

จะใช้วัดค่าตัวประกอบเชิงคุณภาพ (Quality Factor) หรือ ค่า Q ของตัวสั่นพ้อง จากค่า Q ที่ได้และทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้ได้สมการการคำนวณหาค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่างที่ปิดผนังด้านแบนของตัวสั่นพ้องได้

ขั้นตอนในการวิเคราะห์และคำนวณหาค่าสภาพนำไฟฟ้านั้นสามารถทำได้โดยอาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมภาษา C ที่เขียนขึ้น เพื่อทำให้การวิเคราะห์และการคำนวณค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ รวดเร็ว และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนในการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธีไร้ขั้วสัมผัสที่ความถี่ไมโครเวฟนั้นมีขั้นตอนในการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ไมโครเวฟและอุปกรณ์ผ่านไมโครเวฟ และทฤษฎีของตัวสั่นพ้องทรงกระบอกเพื่อสร้างเป็นวงจรไมโครเวฟ

2. ออกแบบทางทฤษฎี เพื่อสร้างตัวสั่นพ้องทรงกระบอกรวมทั้งหาแนวทางที่เป็นไปได้ในการสร้างตัวสั่นพ้องทรงกระบอก จากวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือที่พอหาได้ทั่วๆ ไป

3. สร้างตัวสั่นพ้องทรงกระบอกตามแนวทางที่ได้วางไว้

4. ศึกษาทฤษฎีของค่าตัวประกอบเชิงคุณภาพหรือค่า Q ในการออกแบบการทดลองวัดค่า Q จากวงจรไมโครเวฟ และวิเคราะห์ค่า Q จากทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาเป็นสมการที่ใช้ในการคำนวณหาค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวอย่าง ทั้งนี้โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์เชิงตัวเลขและการคำนวณค่าสภาพนำไฟฟ้าที่ได้ออกมาด้วยโปรแกรมภาษา C ที่สร้างขึ้น

5. ศึกษาวิธีการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารด้วยวิธี แวน เดอร์ พาว (Van der Pauw Method) และวิธีวัดโดยใช้กระแสตรงแบบอื่นๆ อาจเรียกว่าวิธีมาตรฐาน

6. จัดหาสารตัวอย่างที่เหมาะสม ในที่นี้ใช้สารตัวอย่างที่เป็นแผ่นกราไฟต์ชนิดแผ่นแบนบางที่มีความบริสุทธิ์สูงสองชนิดและแผ่นแก้วกราไฟต์มาเป็นสารตัวอย่างในการทดลอง

7. นำสารตัวอย่างที่ได้มาวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าโดยวิธีไร้ขั้วสัมผัสที่ความถี่ไมโครเวฟและวิธีวัดจากวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

8. เปรียบเทียบผลการวัดที่ได้ทั้งสองแบบ สรุป และวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้โดยละเอียด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาวิธีการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธีไร้ขั้วสัมผัสที่ความถี่ไมโครเวฟ มีดังนี้

1. ช่วยให้ผู้วิจัยมีความรู้ ความเข้าใจในวิธีการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธีไร้ขั้วสัมผัสที่ความถี่ไมโครเวฟ

2. ช่วยให้สามารถแยกแยะ และเปรียบเทียบวิธีการวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าของสารโดยวิธีต่างๆ กับวิธีไร้ขั้วสัมผัสว่ามีความถูกต้องแม่นยำหรือไม่ และมีความผิดพลาดเป็นเท่าใด

3. ช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องไมโครเวฟและอุปกรณ์ผ่านไมโครเวฟ นอกจากนี้ยังสามารถดัดแปลงใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ นำมาสร้างเป็นวิธีวัดค่าสภาพนำไฟฟ้าโดยวิธีไร้ขั้วสัมผัสที่มีความแม่นยำถูกต้องได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย