บทที่ 1
วัสดุที่ใช้ในทางวิศวกรรมไฟฟ้า

ELECTRICAL ENGINEERING MATERIALS

วัสดุที่ใช้ในงานวิศวกรรมไฟฟ้า แบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ตามคุณสมบัติและการใช้งานได้ดังนี้

1. ตัวนำ (Conductor)
2. ฉนวน (Insulator)
3. สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor)
4. สารแม่เหล็กไฟฟ้า (Ferromagnetic)

นอกจากนี้ยังมีสารจำพวกอื่น ๆ อีกมาก เช่น สารจำพวกตัวนำยิ่งยวด (Superconductor) พวก Electret, พวก Ferroelectric เป็นต้น

1.1 คุณสมบัติทั่วไปของตัวนำ

ตัวนำหมายถึงวัสดุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ง่าย ภาย, ตามเหตุผลของแข็ง อาจเป็นตัวนำได้ทั้งสิ้น ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับสภาพและการจัดเรียงตัวภายใน วัสดุทุกชนิดย่อมมีประจุไฟฟ้าอิสระ (Free charge) ในตัวของมันอยู่มากก็น้อย ดังนั้นเมื่อมีความต่างศักย์ไฟฟ้าไปเลี้ยงวัสดุ ประจุอิสระนี้ก็จะไหลในวัสดุนั้นจนเกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นภายในตัวนำ และการเคลื่อนที่ของประจุนี้เองจะทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า วัสดุใดที่จำนวนประจุอิสระมากจะทำให้เกิดการไหลของกระแสในเนื้อวัสดุนั้นมาก วัสดุนั้นจะได้ชื่อว่าเป็นตัวนำที่ดี มีความต้านทานต่ำ หากวัสดุใดมีจำนวนประจุอิสระน้อย การไหลของกระแสไฟฟ้าก็เกิดได้ยาก วัสดุนั้นจะเป็นตัวนำที่ไม่ค่อยดีนัก มีความต้านทานสูง จึงมีการนำวัสดุประเภทนี้ไปใช้งานด้านการไฟฟ้า เช่น เงินเป็นการตัวนำที่ดีที่สุด มี

Resistivity ประมาณ 1.63×10^{-6} โอห์ม-เซนติเมตร, ทองแดง ซึ่งเป็นสารตัวนำที่นิยมใช้มากที่สุดก็มี Resistivity ประมาณ 1.724×10^{-6} โอห์ม-เซนติเมตร ส่วนอลูมิเนียมก็เป็นสารตัวนำที่นิยมใช้มากอีกชนิดหนึ่งมี Resistivity ประมาณ 2.83×10^{-6} โอห์ม-เซนติเมตร เป็นต้น[1]

1.2 <u>ฉนวนไฟฟ้าหรือไดอิเล็กตริก</u>

คำว่า Insulator, Nonconductor และ Dielectric หรือฉนวนไฟฟ้านั้นหมายถึงวัสดุที่ไม่มี "ประจุอิสระ" ใด ๆ เลย ไม่ว่า electron, ion หรือ hole ดังนั้นเมื่อวัสดุนี้อยู่ภายในสนามไฟฟ้า จึงไม่มีการเคลื่อนที่ของประจุอิสระเลย การไหลของกระแสไฟฟ้าในเนื้อวัสดุนี้เป็นฉนวนจึงไม่มี ถึงแม้ว่าจะกล่าวอย่างเคร่งครัดแล้วสารอินทรีย์ทุกชนิดก็มีประจุอิสระบางไม่มากก็น้อย ฉนวนไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ จึงเลือกวัสดุที่มีประจุอิสระน้อย ๆ มาใช้เป็นฉนวนไฟฟ้า ฉนวนจึงเป็นตัวนำที่เลว กล่าวคือมีความนำไฟฟ้าต่ำ หรือมีความต้านทานไฟฟ้าสูง ฉนวนที่ดีมี Resistivity เท่ากับ 10^{15} โอห์ม-เซนติเมตร หรือมากกว่า เช่น ยางแข็ง (Ebonite) มี Resistivity เท่ากับ 10^{16} โอห์ม-เซนติเมตร, Mica 10^{17} โอห์ม-เซนติเมตร ยาง 10^{16} โอห์ม-เซนติเมตร เป็นต้น[2]

---

[1] George F. Corcoran & Henry R. Reed, Introductory Electrical Engineering (New York; John Wiley & Son, Inc. 1958) p.50

[2] Stephen S. Attwood, Electric and Magnetic Fields (New York; John Wiley & Son, Inc. 1958) p.p. 63-64

1.3 คุณสมบัติทั่วไปของสารกึ่งตัวนำ

สารบางชนิดมีความสำคัญทางด้านงานไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ สารกึ่งตัวนำที่สำคัญ และสารนี้มีคุณสมบัติที่เหมือนอย่างหนึ่งคือ ค่า Resistivity ของสารนี้มีค่าไม่คงที่ ขึ้นกับปริมาณสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สภาพแรงสว่าง เป็นต้น การที่เป็นเช่นนี้ได้ เนื่องจาก 2 ประการ ประการแรกคือ เมื่อประจุอิเล็กตรอนอยู่ในเนื้อสารกึ่งตัวนำ เมื่อได้รับ Energy จากแสงสว่าง หรือความร้อน ก็จะมีพลังงานมากขึ้น จนทำให้เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น เมื่อชนกับอะตอมหรือโมเลกุลเดียวกัน อาจทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกหลุดออกมา และเคลื่อนที่ไปชนอะตอมข้างเคียงอื่น ๆ เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้นอีก กล่าวคือเมื่อมีการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าขึ้น การไหลของกระแสไฟฟ้าในเนื้อสารนั้นก็มีขึ้น ให้สารนั้นอยู่ในสภาพไม่นำ ดังนั้นค่า Resistivity ของสารกึ่งตัวนำนั้นจะกล่าวว่าเมื่อถูกความร้อนหรือแสงสว่าง ซึ่งขณะนี้สารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติเป็นสารตัวนำ ประการที่สอง เกิดขึ้นได้เนื่องจากพลังงานจากแสงสว่างหรือความร้อนไป Excite ให้อิเล็กตรอนในวงนอกของอะตอมของสารกึ่งตัวนำหลุดออก และวิ่งไปชนอะตอมข้างเคียง ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมาเป็นอิสระขึ้นอีก ดังนั้นจึงทำให้สารกึ่งตัวนำเปลี่ยนสภาพกลายเป็นตัวนำ ครบเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในประการแรก

เนื่องจากคุณสมบัติที่มี Resistivity เปลี่ยนแปลงได้นี้เอง จึงทำให้สารกึ่งตัวนำมีประโยชน์มากในวงการต่าง ๆ เช่น ใช้วัดหรือควบคุมอุตสาหกรรมใช้ในตัว Photoelectric cell สารกึ่งตัวนำที่ใช้กันทั่วไปมีดังนี้

สารกึ่งตัวนำ		ใช้เป็น
ธาตุ	Silicon	Diode rectifier
	Germanium	Diode, transistors
	Selenium	Power rectifier, Photocells
	Barium Oxide	Cathodes
สารประกอบ	Lead Sulphide	Photocells
	Cadmium Sulphide	Photocells, phosphors
	Zinc Sulphide	Phosphors

1.4 คุณสมบัติทั่วไปของสารแม่เหล็ก

Magnetic materials แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ Paramagnetic, Ferromagnetic และ Diamagnetic แต่ละสามชนิดนี้มีเพียง Ferromagnetic material ชนิดเดียวเท่านั้นที่ให้ Spontaneous magnetic flux ได้ คือ สารแม่เหล็กถาวร ดังนี้ Magnetic flux อยู่ในแนวเดียวกับ Applied magnetic field intensity เป็นศูนย์ Spontaneous flux เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปของ Magnetic dipole ในเนื้อวัสดุสังเกตว่า ที่อุณหภูมิของสารแม่เหล็กสูงขึ้นไปจนถึงจุด ๆ หนึ่งซึ่งเรียกว่า " Curie temperature" Spontaneous magnetization จะหายไป สารนี้จะกลายเป็นสาร Paramagnetic

สารแม่เหล็กถาวรมีประโยชน์ที่สำคัญ คือใช้เป็น Core ของ Transformer Pole ของ Machine เป็นต้น