



แผนการสอน
วิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

สอนสัปดาห์ที่ 3
หน่วยการสอนที่
3
รหัสวิชา
2100-1003

เรื่องที่สอน ตัวนำและฉนวน

จำนวนชั่วโมง
สอน 4

ตัวนำและฉนวน

1. ตัวนำ

ทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำนั้นๆ ตัวนำที่ใช้ได้แก่ ทองแดง ซึ่งมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าได้ดีมากคือประมาณ 97 % และถ้านำทองแดงไปอบนํ้ามันจะนำไฟฟ้าได้ถึง 100 % มีราคาไม่สูงนัก และมีขอบเขตการใช้งานกว้างขวาง และอลูมิเนียมซึ่งมีสภาพความนำไฟฟ้าต่ำกว่าทองแดง คือประมาณ 61 % ~~และทองแดงอบนํ้ามัน~~ แต่ใช้กับระบบส่งจ่ายได้ดี เพราะไม่ยึดตัวง่าย และระบบความร้อนได้ดีกว่าทองแดง



รูป 2-22 แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างอะตอมของสารที่เป็นตัวนำ

ชั้นวาเลนซ์สามารถจุอิเล็กตรอนได้ถึง 8 ตัว เนื่องจากวาเลนซ์อิเล็กตรอนจะเฉลี่ยรับพลังงานที่ให้ไว้เท่าๆ กัน อะตอมที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยโอกาสที่จะทำให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนหลุดออกไปจากชั้นวาเลนซ์อิเล็กตรอนหมดจะง่ายกว่าสารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนหลุดเป็นอิสระได้ง่าย เรียกว่า **ตัวนำ** (conductor) อะตอมของตัวนำจะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 1 หรือ 2 ตัว อะตอมที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนตัวเดียวถือว่าเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด

ถ้าหากดูจากตารางจะเห็นได้ว่าธาตุใดเป็นตัวนำที่ดีซึ่งธาตุนั้นจะมีอิเล็กตรอนในชั้นนอกสุดเพียงตัวเดียว โลหะส่วนใหญ่เป็นตัวนำที่ดีโลหะที่คุ้นเคยที่สุด คือ ทองแดง (ธาตุที่ 29) เงิน (ธาตุที่ 47) และทองคำ (ธาตุที่ 79)



สอศ.

แผนการสอน

วิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

สอนสัปดาห์ที่ 3
หน่วยการสอนที่ 3

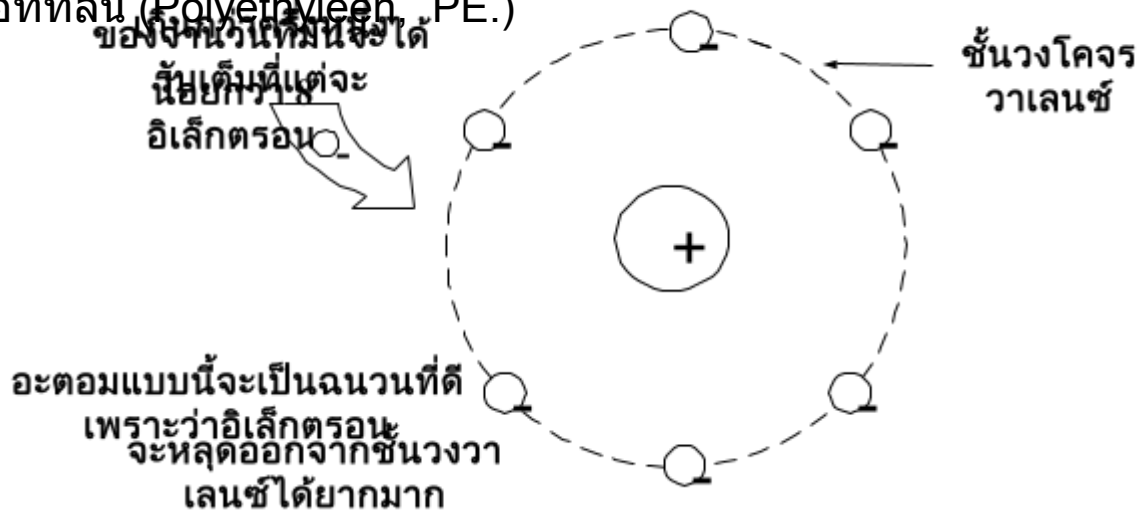
รหัสวิชา
2100-1003

เรื่องที่สอน ตัวนำและฉนวน

จำนวนชั่วโมง
สอน 4

2. ฉนวน

คือวัตถุที่ใช้สำหรับหุ้มตัวนำเพื่อไม่ให้กระแสไฟฟ้าลัดวงจรจากตัวนำหนึ่งไปที่ตัวนำวงจรอื่น และป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้าไม่ให้เข้าสู่มนุษย์ หรือสิ่งมีชีวิตที่เข้าไปสัมผัส ฉนวนมีหลายอย่าง เช่น แร่ใยหิน, ไมลาร์, ยาง และพลาสติก ที่นิยมใช้มากที่สุดคือพลาสติก จำนวนโพลีไวนิลคลอไรด์(Polyvinyl Chloride, P.V.C.) และโพลีเอทิลีน (Polyethylene, PE.)



รูปที่ 2-23 แสดงชั้นวงโคจรวาเลนซ์อิเล็กตรอนที่เป็นฉนวน
ความหมายอีกอย่างของฉนวน คือ

ฉนวน (insulator) คือ สารที่วาเลนซ์อิเล็กตรอนหลุดเป็นอิสระได้ยาก อะตอมของฉนวนจะมีจำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนอยู่ 8 ตัว หรือมากกว่าครึ่งหนึ่งที่ชั้นวาเลนซ์จะจุได้พลังงานปริมาณหนึ่งแก่อะตอมของฉนวนพลังงานที่ให้จะกระจายไปให้อิเล็กตรอนหลายตัว นอกจากนั้นอะตอมของฉนวนยังต่อต้านไม่ให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนหลุดออกไปได้ง่ายอีกด้วย เนื่องจากเกิดปรากฏการณ์อันหนึ่งที่เรียกว่า **เสถียรภาพทางเคมี**

อะตอมจะมีเสถียรภาพที่สมบูรณ์ เมื่อชั้นนอกสุดมีอิเล็กตรอนเต็มอยู่เต็ม หรือมี 8 วาเลนซ์อิเล็กตรอน อะตอมที่มีเสถียรภาพจะต่อต้านการกระทำทุกอย่าง ความจริงแล้วอะตอมพวกนี้จะไม่รวมตัวกับอะตอมอื่นในการเกิดสารประกอบ มีธาตุอยู่ในธรรมชาติอยู่ 6 ธาตุ ที่มีลักษณะเช่นนี้คือ ฮีเลียม (Helium) นีออน(Neon) อาร์กอน (Argon) คริปตอน(Krypton) เซนอน(Zenon) เรดอน(Radon) ธาตุเหล่านี้เรารู้จักกันในชื่อว่า **ก๊าซเฉื่อย**



แผนการสอน
วิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

สอนสัปดาห์ที่ 3
หน่วยการสอนที่ 3
รหัสวิชา
2100-1003

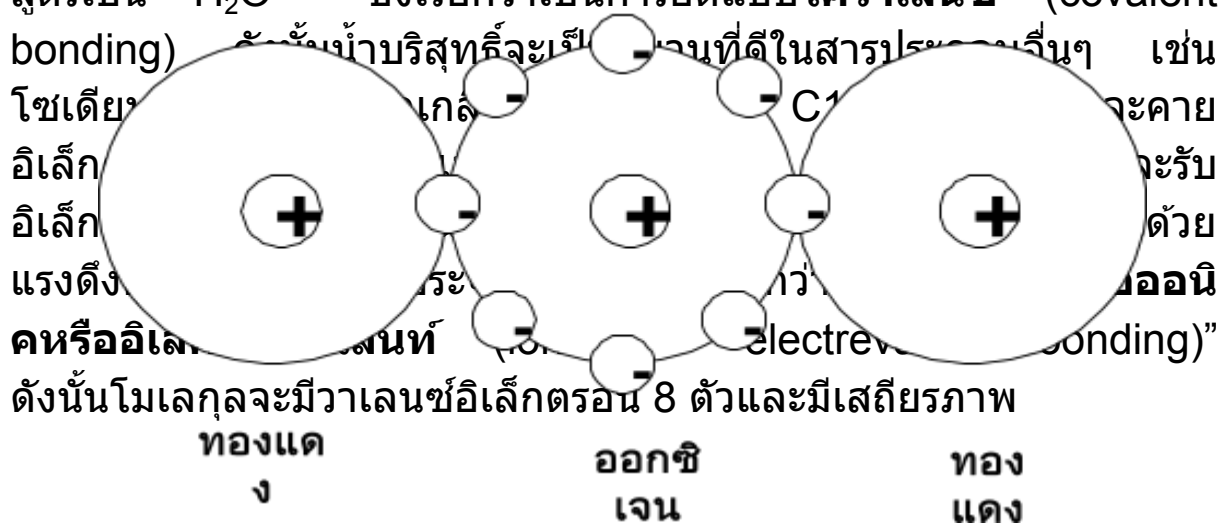
เรื่องที่สอน ตัวนำและฉนวน

จำนวนชั่วโมง
สอน 4

บรรดาอะตอมที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 8 ตัวจะพยายามรับอิเล็กตรอนมาเพื่อให้ตัวเองอยู่ในภาวะเสถียรภาพ อะตอมที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณที่ชั้นวาเลนซ์จะจุได้(พวกตัวนำ) จะพยายามปล่อยอิเล็กตรอนออกมา เพื่อให้ชั้นที่ไม่เสถียรนี้ว่างเปล่าแต่พวกที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเกินกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณชั้นจะจุได้ (ฉนวน) จะพยายามรับอิเล็กตรอนเข้ามาเติมในวาเลนซ์ให้เต็มอัตราเท่ากับ 8 ดังนั้นไม่เพียงแต่ฉนวนจะปล่อยให้อิเล็กตรอนอิสระเข้าไปในตัว ดังนั้นอะตอมที่มี 7 วาเลนซ์อิเล็กตรอนจะสามารถดึงอิเล็กตรอนมาเพิ่มได้ง่ายกว่าเพื่อน และจัดได้ว่าเป็นฉนวนทางไฟฟ้าที่ดีเยี่ยม

2.1 สารประกอบที่เป็นฉนวน

ความพยายามของอะตอมที่จะเข้าสู่ภาวะเสถียรภาพ (Stable) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการที่จะหาว่า อะตอมของธาตุจะรวมกันเป็นโมเลกุลของสารประกอบได้อย่างไร อะตอมจะพยายามรวมกันในลักษณะที่จะทำให้โมเลกุลมี 8 วาเลนซ์อิเล็กตรอน ตัวอย่างเช่น น้ำ มีสูตรเป็น H_2O ซึ่งเรียกว่าเป็นการยึดแบบโควาเลนซ์ (covalent bonding) ซึ่งน้ำบริสุทธิ์จะเป็นฉนวนที่ดีในสารประกอบอื่นๆ เช่น โซเดียมคลอไรด์ (เกลือ) อะตอมของโซเดียมจะคายอิเล็กตรอนหนึ่งตัวให้อะตอมของคลอรีนซึ่งจะรับอิเล็กตรอนตัวนี้ด้วยแรงดึงดูดที่รุนแรง ดังนั้นโมเลกุลจะมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 8 ตัวและมีเสถียรภาพ



รูปที่ 2-24 แสดงการยึดเกาะของสารประกอบเป็นฉนวน



สอศ.

แผนการสอน

วิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

สอนสัปดาห์ที่ 3
หน่วยการสอนที่
3

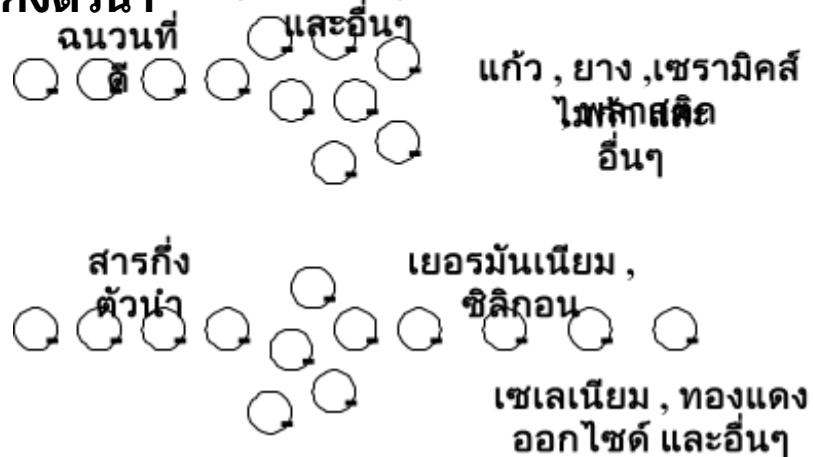
รหัสวิชา
2100-1003

เรื่องที่สอน ตัวนำและฉนวน

จำนวนชั่วโมง
สอน 4

ทองแดงเป็นตัวนำที่ดีเพราะว่ามีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเพียงตัวเดียว แต่เมื่ออะตอมของทองแดง 2 อะตอมรวมกับอะตอมออกซิเจนหนึ่ง อะตอมเกิดเป็นโมเลกุลทองแดงออกไซด์ (Cu_2O) ซึ่งมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนอยู่ 8 ตัว จึงทำให้โมเลกุลมีเสถียรภาพ ดังนั้นทองแดงออกไซด์จึงเป็นฉนวนที่ดี (อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจะเปลี่ยนคุณสมบัติการเป็นฉนวนของทองแดงออกไซด์ได้ด้วย) เนื่องจากอะตอมเมื่อรวมกันแล้วมีแนวโน้มที่จะเสถียรภาพที่ดี ฉะนั้นสารประกอบจำพวกแก้ว ไม้ ยาง พลาสติก ไม้ก้ำ และอื่นๆ ล้วนเป็นฉนวนที่ดีทั้งสิ้น แม้ว่าในความจริงจะไม่มีฉนวนชนิดไหนที่เป็นฉนวนที่สมบูรณ์แบบก็ตาม

2.2 สารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 2-25 แสดงภาพการนำไฟฟ้าของตัวนำ, ฉนวน, สารกึ่งตัวนำ
เปรียบเทียบกัน

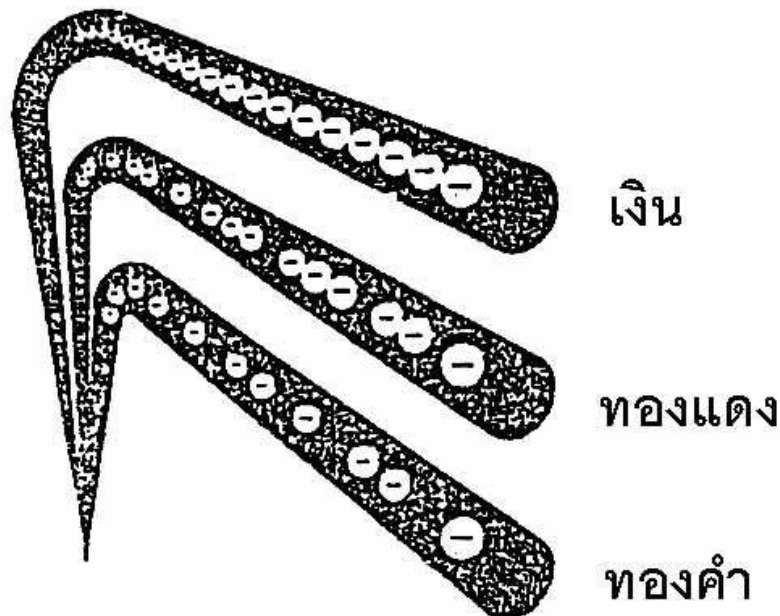
เพราะว่าตัวนำมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยกว่า 4 และฉนวนมีวาเลนซ์อิเล็กตรอนมากกว่า 4 สารที่มีอะตอมซึ่งมีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว เรียกว่า **สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor)** ซึ่งจะนำไฟฟ้าได้ดีกว่าฉนวน แต่ไม่ดีเท่าตัวนำ ตัวอย่างเช่น เยอรมันเนียม ซิลิกอน และเซเลเนียม อย่างไรก็ตาม เมื่ออะตอมของสารกึ่งตัวนำมารวมกัน อะตอมของมันจะแบ่งอิเล็กตรอนเพื่อให้วาเลนซ์อิเล็กตรอนในโมเลกุลเป็น 8 ดังนั้นสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์จึงมีแนวโน้มที่จะเป็นฉนวนที่ดีด้วย แต่จะเป็นไปได้ก็ที่อุณหภูมิศูนย์องศาสมบูรณ์ เพราะที่อุณหภูมิสูงกว่านี้แม้แต่ที่อุณหภูมิห้องปกติ (room temperature -30°C) พลังงานความร้อนจะทำให้จำนวนวาเลนซ์อิเล็กตรอนจำนวนหนึ่งหลุดเป็นอิสระเพื่อให้สารแสดงสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำ

	แผนการสอน วิชา งานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	สอนสัปดาห์ที่ 3 หน่วยการสอนที่ 3 รหัสวิชา 2100-1003
เรื่องที่สอน ตัวนำและฉนวน	จำนวนชั่วโมงสอน 4	

นอกจากนี้ยังมีสารประกอบอีกเป็นจำนวนมากที่พยายามจะเข้าสู่ภาวะเสถียรภาพ โดยทั่วไปมักจะมีสิ่งเจือปน (impurities) ซึ่งทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น ดังนั้นน้ำและออกไซด์ของทองแดงซึ่งมีสิ่งเจือปนจะไม่นับเป็นฉนวนแต่จะเป็นสารกึ่งตัวนำ ในทางปฏิบัติการสร้างทองแดงออกไซด์ทำได้โดยควบคุมสิ่งเจือปน จึงสามารถใช้เป็นเรกติไฟเออร์(rectifier) หรืออุปกรณ์ตัดไฟชนิดสารกึ่งตัวนำในวงจรไฟฟ้ากำลังได้ สารประกอบที่เป็นฉนวนที่ดี คือ พวกที่มีผลเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิน้อยที่สุด และมีสิ่งเจือปนอยู่เพียงเล็กน้อย

1.1 ข้อเปรียบเทียบระหว่างตัวนำชนิดต่างๆ

โลหะเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีไม่เท่ากัน เช่น ทองแดง เงิน และทองคำ ทั้ง 3 ธาตุใน 1 อะตอมมีเพียง 1 วาเลนซ์อิเล็กตรอนที่หลุดเป็นอิสระได้เหมือนกัน แต่เงินเป็นตัวนำที่ดีที่สุด ทองแดงรองลงมา แล้วจึงถึงทองคำเหตุผลนี้คือ เงินมีอะตอมเป็นจำนวนมากกว่า 1 โมเลกุล ฉะนั้นจึงมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระได้มากกว่า



รูปที่ 3-5 แสดงเปรียบเทียบการเป็นตัวนำที่ดีเพียงใดของเงิน ทองแดง และทองคำ