

หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

20101-2103 งานอิเล็กทรอนิกส์รถยนต์เบื้องต้น



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

สาระการเรียนรู้

5.1 ทฤษฎีอะตอม

5.2 การยึดเหนี่ยวกัน
ระหว่างอะตอมของสาร

5.3 ตัวนำ ฉนวน และ
สารกึ่งตัวนำ

5.4 สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์
และการโด๊ป

5.5 สารกึ่งตัวนำชนิด
N และชนิด **P**



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

บทนำ

- สารกึ่งตัวนำ (**Semiconductor**) เป็น สารที่มีค่าความต้านทานอยู่ระหว่างตัวนำ (**Conductor**) กับฉนวน (**Insulator**) คุณลักษณะพิเศษจำเพาะของสารกึ่งตัวนำ คือการเติมอะตอมของสารเจือปนลงไปในสารบริสุทธิ์เรียกว่า การโด๊ป (**Doping**) ให้เกิดสารกึ่งตัวนำชนิด **P (P-Type Semiconductor)** และชนิด **N (N-Type Semiconductor)** สารกึ่งตัวนำชนิด **P** เป็นสารกึ่งตัวนำที่บางอะตอมมีอิเล็กตรอนวงนอกสุดเกิน 8 ตัว เกิดที่ว่าง (**Hole**) ขึ้นมาแทนที่ว่าง เป็นเสมือนมีประจุเป็นบวก (+) ต้องการอิเล็กตรอนเข้ามาแทนที่สารกึ่งตัวนำชนิด **N** เป็นสารกึ่งตัวนำที่บางอะตอมมีอิเล็กตรอนวงนอกสุดเกิน 8 ตัว เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้นมา มีประจุเป็นลบ (-) อิเล็กตรอนอิสระนี้สามารถวิ่งเคลื่อนที่เข้าแทนที่ว่างได้



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

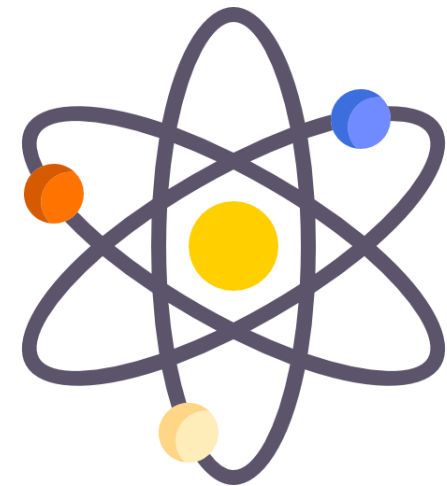


หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

ทฤษฎีอะตอม

โครงสร้างของอะตอม ประกอบด้วย โปรตอนและนิวตรอนรวมตัวกันอยู่ที่บริเวณแกนกลาง เรียกว่า นิวเคลียส (Nucleus) และมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบ ๆ เป็นวงรี โปรตอน (Proton) มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก นิวตรอน (Neutron) เป็นกลาง คือไม่แสดงอำนาจทางไฟฟ้า อิเล็กตรอน (Electron) มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ สารทุกประเภทแบ่งออกเป็น 3 สถานะ คือของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ที่เป็นดังนี้ ด้วยเหตุผล 2 ประการคือ

- 1) อะตอมมีกัมมันต์ไม่เท่ากัน
- 2) การยึดเหนี่ยวเกาะเกี่ยวกันของอะตอมแตกต่างกัน อะตอมมีกัมมันต์เบอร์ (Atomic Number) คือ ตัวเลขที่บอกให้ทราบถึงจำนวนอิเล็กตรอนภายในอะตอม



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P



การยึดเหนี่ยวกันระหว่างอะตอมของสาร

- การยึดเหนี่ยวเกาะเกี่ยวกันของอะตอมมี 4 แบบด้วยกัน
- เมทัลลิกบอนด์ (Metallic Bond) ส่วนใหญ่จะเป็นการยึดเหนี่ยวกันของอะตอมของ สารที่เป็นตัวนำ เช่น ทองแดง
- อะตอมมิกบอนด์ (Atomic Bond) อะตอมมิกบอนด์ คือการรวมตัวกันของอะตอมของธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โดยใช้ อิเล็กตรอน (วงนอก) ร่วมกันให้ครบ 8 ตัว ตัวอย่างเช่น ทองแดงออกไซด์ จะประกอบไปด้วย อะตอมของทองแดงและออกซิเจน
- ไอออนิกบอนด์ (Ionic Bond) เมื่ออะตอมของธาตุได้รับหรือให้อิเล็กตรอนกับอะตอมอื่น จะทำให้จำนวนโปรตอนและ อิเล็กตรอนของอะตอมไม่เท่ากัน เกิดประจุไฟฟ้าที่ไม่เป็นกลาง อะตอมที่มีประจุไฟฟ้าเรียกว่า ไอออน (Ion)
- โควาเลนต์บอนด์ (Covalence Bond) เป็นการยึดเหนี่ยวของอะตอมโดยใช้วาเลนซ์อิเล็กตรอนช่วยกันให้ครบ 8 ตัว คล้ายกับ อะตอมมิกบอนด์ แต่แตกต่างกันที่แบบโควาเลนต์บอนด์นั้นใช้อะตอมของธาตุชนิดเดียวกัน ตัวอย่างเช่น อะตอมของ ธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัวมาจับยึดเหนี่ยวกัน การจับยึดเหนี่ยวทำได้โดยอิเล็กตรอนตัวหนึ่งของอะตอมรวมกับอิเล็กตรอน ของอะตอมข้างเคียง ทำให้มีการใช้วาเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกันเพื่อให้ครบจำนวน 8 ตัว

หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

ตัวนำ ฉนวน และสารกึ่งตัวนำ

สารบางชนิดอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ได้ง่ายหรือสารบางชนิดเคลื่อนที่ได้ยาก ชนิดที่เรียกว่า ตัวนำ (Conductors) อีกชนิดหนึ่งเรียกว่า ฉนวน (Insulators) มีความต้านทานมาก ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

เจอร์เมเนียม ซีลีคอน และอื่น ๆ มีความต้านทานจำเพาะอยู่ระหว่างตัวนำกับฉนวน จึงเรียกว่า สารกึ่งตัวนำ (Semiconductors)

เหตุผลที่ทำให้สารกึ่งตัวนำทำงานได้อย่างแพร่หลาย

- 1) แม้ว่าสารบริสุทธิ์ (Pure Substance) จะนำกระแสไฟฟ้าได้ไม่มากนัก แต่ถ้าเติมสารไม่บริสุทธิ์ (Impurity) เข้าไปเล็กน้อย จะทำให้การนำไฟฟ้าดีขึ้น
- 2) การเปลี่ยนค่าความต้านทานไฟฟ้าของ สารกึ่งตัวนำตามอุณหภูมิจะตรงกันข้ามกับโลหะ
- 3) ทิศทางกระแสไฟฟ้าไหลเปลี่ยนได้จากแสงสว่าง (Light) หรือจากไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก (Electric or Magnetic Fields)



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์และการโด๊ป

ธาตุกึ่งตัวนำที่นิยมนำไปทำเป็นสารกึ่งตัวนำในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือ ธาตุกึ่งตัวนำซิลิคอน (Si) และธาตุกึ่งตัวนำเจอร์เมเนียม (Ge) ธาตุทั้งสองชนิดนี้มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 4 ตัว แต่อิเล็กตรอนทั้งหมดไม่เท่ากัน

การโด๊ปและสารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์

การโด๊ป หมายถึง การเติมอะตอมสารเจือปน (Impurity) ลงในผลึกเจอร์เมเนียมหรือซิลิคอนบริสุทธิ์ เรียกสารกึ่งตัวนำที่ถูกโด๊ปแล้วว่า สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ (Extrinsic Semiconductor) ดังข้อ 2 ต่อจากนี้ ส่วนสารกึ่งตัวนำที่ยังไม่ถูกโด๊ปเรียกว่า สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์

ถ้าเติมสารเจือปนที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนจำนวน 3 ตัว อะตอมของสารเจือปน 1 ตัว จะยึดเกาะ กับอะตอมของเจอร์เมเนียมหรือซิลิคอนจำนวน 4 ตัวด้วยโควาเลนซ์บอนด์ ทำให้ขาดอิเล็กตรอนไป 1 ตัว จึงเกิดเป็น ที่ว่าง เรียกว่า โฮล (Hole)

ลักษณะของสารกึ่งตัวนำที่ได้นี้จึงสามารถรับอิเล็กตรอนจากภายนอกได้อีก เพื่อให้จำนวนอิเล็กตรอนในบอนด์มีครบจำนวน (8 ตัว) สารเจือปนที่เติมให้นี้เรียกว่า สารเจือปนผู้รับ (Acceptor Impurity)



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ (Extrinsic Semiconductor)

- สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ คือการนำเอาธาตุซิลิคอน หรือธาตุเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์มาเติมธาตุเจือปนลงไป โดยใช้ธาตุเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 3 ตัวหรือธาตุเจือปนที่มีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 5 ตัวลงไป ในอัตราส่วน 108 : 1 คือธาตุกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ 108 ส่วนต่อสารเจือปน 1 ส่วน
- คือถ้าเติมธาตุเจือปนที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัวลงไป จะทำให้ได้สารกึ่งตัวนำชนิด N แต่ถ้าเติมธาตุเจือปนที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัวลงไป จะได้สารกึ่งตัวนำชนิด P ธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 3 ตัวที่นำมาใช้เป็นธาตุเจือปน เช่น โบรอน (Br) อินเดียม (In) แกลเลียม (Ga) และอะลูมิเนียม (Al) ส่วนธาตุที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 ตัว ที่นำมาใช้เป็นธาตุเจือปน เช่น ฟอสฟอรัส (P) อาร์เซนิก (As)



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

สารกึ่งตัวนำชนิด N

ลงในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ที่กำลังหลอมเหลว เมื่อเย็นลงจะจับตัวเป็นผลึกอีก เช่น อะตอมของพลวงจับกับอะตอมของเจอร์เมเนียมกลายเป็นผลึก ที่มีอิเล็กตรอน 9 ตัว โดยอิเล็กตรอนแต่ละตัวของพลวงไปรวมกับอิเล็กตรอนของเจอร์เมเนียมอีก 4 ตัว

ถ้าอิเล็กตรอนเหล่านี้ได้รับพลังงาน อีกเพียงเล็กน้อยก็จะนำไฟฟ้าได้ทันทีระดับพลังงานของอิเล็กตรอนนี้เรียกว่า ระดับพลังงานผู้ให้ (Donor Energy Level) สารกึ่งตัวนำที่ได้เรียกว่า สารกึ่งตัวนำชนิด N (N-Type Semiconductor) ในกรณีนี้ N หมายถึง Negative หรือลบ



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P



สารกึ่งตัวนำชนิด P

โครงสร้างของผลึกสารกึ่งตัวนำที่ได้ จะมีโฮลเกิดขึ้นที่ทุก ๆ อะตอมของสารเจือปน
ดังนั้น โฮลจึงมีจำนวนมากกว่าอิเล็กตรอนอิสระที่มีอยู่ในเนื้อสาร และเรียกสารกึ่ง
ตัวนำที่มีการได้แบบนี้ว่า สารกึ่งตัวนำชนิด P (P-Type
Semiconductor) ในที่นี้ P มาจากคำว่า Positive ซึ่งหมายถึง
บวกหรือโฮล



หน่วยที่ 5 สารกึ่งตัวนำชนิด N และชนิด P

