สารกึ่งตัวนำ

สารกึ่งตัวนำ

- สสารทุกชนิดประกอบด้วยส่วนประกอบเล็ก ๆ ที่เรียกว่า “โมเลกุล” มารวมตัวกัน โดยแต่ละโมเลกุลก็จะประกอบด้วยส่วนที่เล็กมาก ๆ ซึ่งเรียกว่าอะตอม
- อิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุดเรียกว่า วาเลนอิเล็กตรอน (Valence Electron) จะมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของสสารนั้น
- สสารที่เป็นตัวนำ (Conductor) จะมีอิเล็กตรอนวงนอกเพียง 1-3 ตัว
- ส่วนสสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอกตั้งแต่ 5-8 ตัว เราจะเรียกว่า “ฉนวน” (Insulator)
- สำหรับสสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอก 4 ตัว เช่น ซิลิกอน (Silicon) และเยอร์มันเนียม (Germanium) จะมีสภาพการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวน เราเรียกว่า “สารกึ่งตัวนำ” (Semiconductor)

สารกึ่งตัวนำ

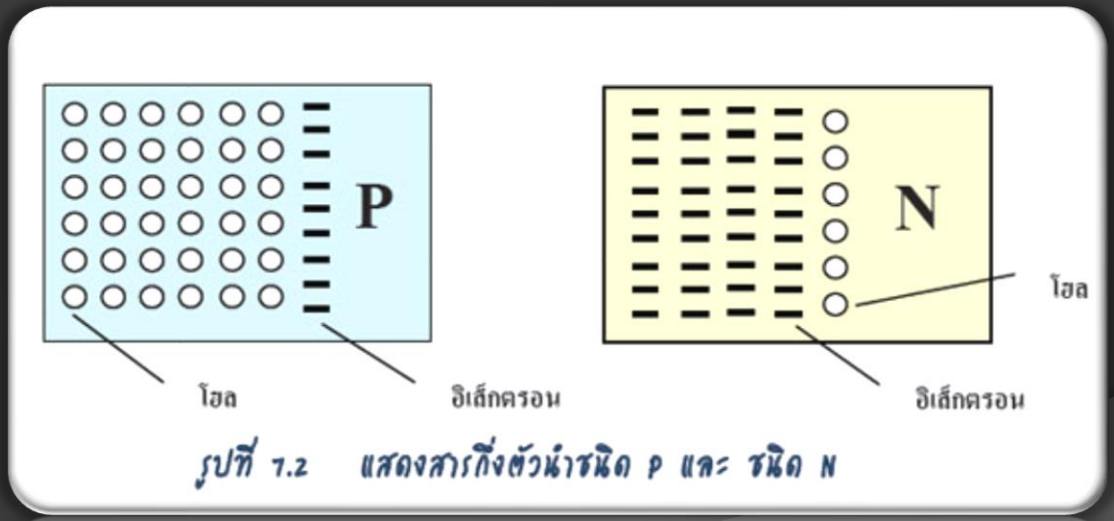
รูปที่ ๗.๑ แสดงโครงสร้างของสสารแต่ละประเภท

สารกึ่งตัวนำ ชนิด P และ ชนิด N

- สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ (Intrinsic Semiconductor) จะมีสภาพการนำไฟฟ้าที่ไม่ดี ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงมีการเติมสารอื่นเข้าไป เพื่อให้เกิดสภาพนำไฟฟ้าที่ดีกว่าเดิม เหมาะกับการใช้งาน โดยการเติมสารหรือที่เรียกกันทับศัพท์ว่า การโดป (Doping) สารนั้น จะมีได้ 2 ลักษณะคือ
- **1. เติมสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอก 3 ตัว** เช่น อลูมิเนียม หรือ แกลเลียม ลงไป ทำให้เกิดสภาวะขาดอิเล็กตรอน คือจะมีที่ว่างของอิเล็กตรอน ซึ่งเรียกว่าโฮล (Hole) มากกว่าจำนวนอิเล็กตรอนอิสระ ด้วยเหตุที่โฮลมีสภาพเป็นประจุไฟฟ้าบวก และเป็นพาหะส่วนใหญ่ของสาร ส่วนอิเล็กตรอน จะเป็นพาหะส่วนน้อย เราจึงเรียกสารกึ่งตัวนำประเภทนี้ว่า สารกึ่งตัวนำ ชนิด P (P-type Semiconductor)

สารกึ่งตัวนำ ชนิด P และ ชนิด N

- **2. เติมสารที่มีอิเล็กตรอนวงนอก 5 ตัว** เช่น สารหนู หรือ ฟอสฟอรัส ลงไป ทำให้เกิดสภาวะมีอิเล็กตรอนอิสระมากกว่าจำนวนของโฮล ด้วยเหตุที่อิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าลบและเป็นพาหะส่วนใหญ่ ส่วนโฮลเป็นพาหะส่วนน้อยของสาร เราจึงเรียกว่าเป็น **สารกึ่งตัวนำชนิด N** (N-type Semiconductor)

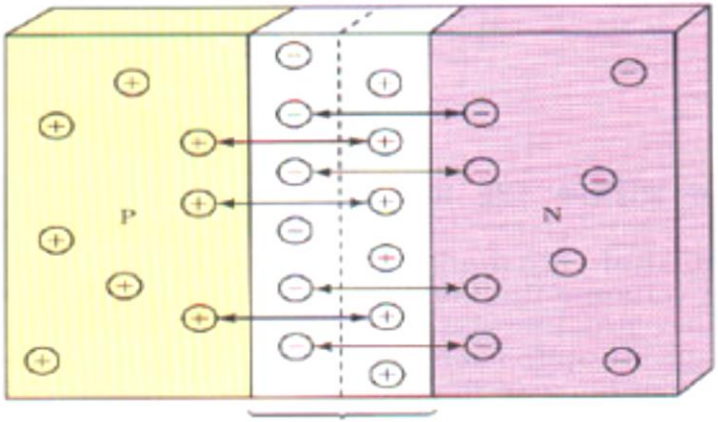


รูปที่ 7.2 แสดงสารกึ่งตัวนำชนิด P และ ชนิด N

รอยต่อ PN

- เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิด P และ สารกึ่งตัวนำชนิด N มาเชื่อมต่อกัน จะเกิดการรวมตัวระหว่างอิเล็กตรอนและโฮลบริเวณใกล้รอยต่อนั้น โดยอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิด N จะรวมตัวกับโฮลของสารกึ่งตัวนำชนิด P ทำให้อะตอมบริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิด N จะขาดอิเล็กตรอนไปเกิดเป็นสภาวะเป็นประจุไฟฟ้าบวก ซึ่งจะต้านการเคลื่อนที่ของโฮล ในขณะที่ อะตอมบริเวณรอยต่อของสาร P จะมีอิเล็กตรอนเกินมา ทำให้มีประจุไฟฟ้าลบซึ่งจะผลักอิเล็กตรอนอิสระที่จะวิ่งข้ามมาทางฝั่ง ของสาร P ดังรูป

รอยต่อ PN



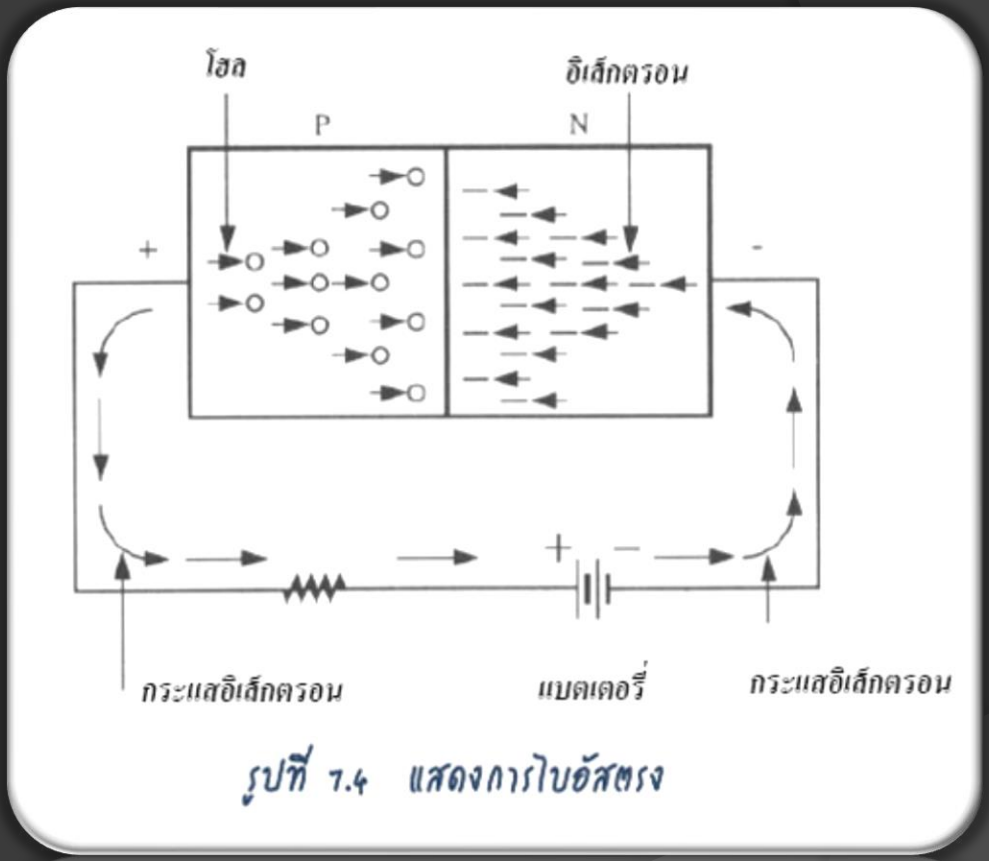
รูปที่ 7.3 แสดงโครงสร้างของรอยต่อ P-N ของสารกึ่งตัวนำ

รอยต่อ PN

- บริเวณดังกล่าว จึงเป็นบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Region) โดยจะเสมือนกำแพงกั้นไม่ให้อิเล็กตรอน และโฮลของอะตอมอื่น ๆ ภายในสารกึ่งตัวนำมารวมกัน ถ้าต้องการให้พาหะทั้งสองฝั่งมารวมตัวกันจะต้องให้แรงดันไฟฟ้า แก่สารให้มากกว่าระดับแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากประจุบริเวณรอยต่อ โดยถ้าเป็นสารกึ่งตัวนำที่ทำมาจากซิลิกอน ระดับแรงดันดังกล่าวจะอยู่ประมาณ 0.7 โวลท์ และ ในกรณีสารกึ่งตัวนำที่ทำมาจากเยอรมันเนียม ระดับแรงดันดังกล่าวจะมีค่าต่ำกว่าโดยจะมีค่าประมาณ 0.3 โวลท์

การไบอัสรอยต่อ PN

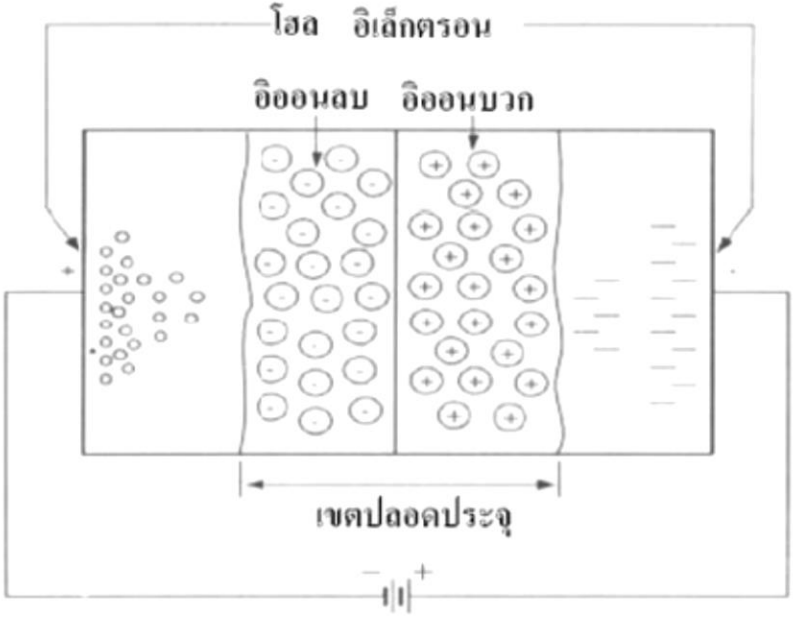
เมื่อเราจ่ายแรงดัน ต่อขั้วบวกเข้ากับสารชนิด P และต่อขั้วลบเข้ากับสารชนิด N จะทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงานเพิ่มมากขึ้น โดยถ้าแรงดันที่จ่ายมีระดับแรงดันสูงกว่าแรงดันต้านกลับบริเวณรอย ต่อ ก็จะทำให้อิเล็กตรอนมีพลังงานสูงพอ ที่จะข้ามมายังฝั่งตรงข้ามได้ เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหล เราเรียกการต่อแรงดันในลักษณะนี้ว่า การไบอัสตรง (Forward Bias)



รูปที่ 7.4 แสดงการไบอัสตรง

การไบอัสรอยต่อ PN

ในทางตรงกันข้ามหากเราทำการจ่ายแรงดันกลับด้าน โดยให้ขั้วบวกต่อเข้ากับสารชนิด N และต่อขั้วลบเข้ากับสารชนิด P จะทำให้มีการฉุดรั้งอิเล็กตรอนไม่ให้ข้ามมายังฝั่งตรงข้าม ทำให้ไม่เกิดกระแสไหล เราเรียกลักษณะการต่อแรงดันในลักษณะนี้ว่า **การไบอัสกลับ (Reveres Bias)**



รูปที่ ๗.๕ แสดงการไบอัสกลับ