

เฉลยแบบฝึกหัด

แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 พื้นฐานสารกึ่งตัวนำและรอยต่อพี-เอ็น

(Semiconductor Basics and P-N Junction)

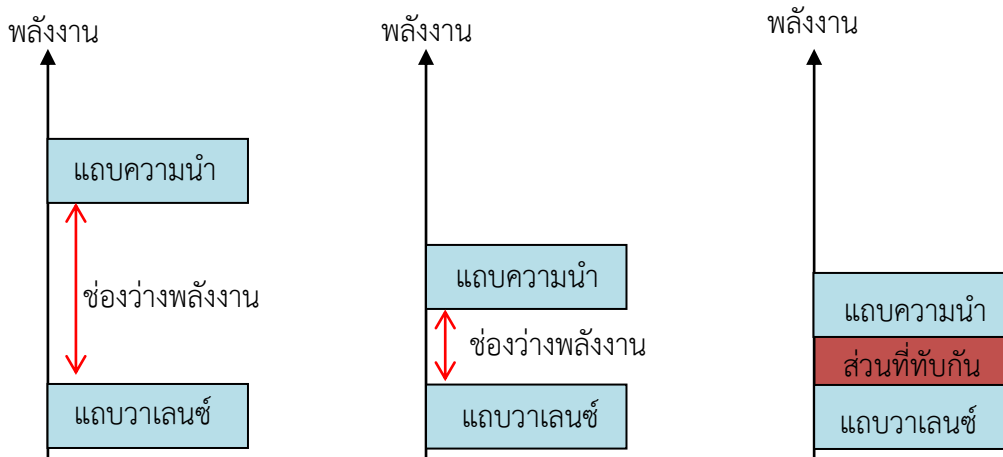
1. สารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กที่สุดเรียกว่าอะไร มีโครงสร้างและส่วนประกอบภายในเป็นอย่างไร จงอธิบายมาให้เข้าใจ

สารทุกชนิดประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กที่สุดเรียกว่า อะตอม โดยอะตอมแต่ละชนิดประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานสำคัญ 3 ชนิด คือ 1. โปรตอน (Proton) 2. นิวตรอน (Neutron) 3. อิเล็กตรอน (Electron) โดยมีโปรตอนกับนิวตรอนอยู่ในนิวเคลียส (Nucleus) ซึ่งโปรตรอนจะมีประจุไฟฟ้าเป็นบวกเท่ากับ 1.60×10^{-19} คูลอมป์ ส่วนอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าเป็นลบเท่ากับ -1.60×10^{-19} คูลอมป์ จำนวนประจุไฟฟ้าของโปรตรอนและอิเล็กตรอนจะเท่ากันแต่มีทิศทางตรงข้ามกัน ส่วนนิวตรอนจะไม่มีค่าประจุไฟฟ้า หรือเรียกได้ว่าเป็นกลางทางไฟฟ้า

2. จงอธิบายให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างสารกึ่งตัวนำชนิดพีและสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น

ในสารกึ่งตัวนำชนิดพี มีโฮลเป็น “พาหะข้างมาก” และมีอิเล็กตรอนเป็น “พาหะข้างน้อย” ส่วนในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น จะมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระเป็น “พาหะข้างมาก” และโฮลที่มีจำนวนเล็กน้อย ในเนื้อสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเป็น “พาหะข้างน้อย”

3. จงอธิบายการทำงานของแถบพลังงานของสารที่เป็นฉนวน ตัวนำและสารกึ่งตัวนำ พร้อมเขียนภาพประกอบ



(ก) แถบพลังงานสารฉนวน

(ข) แถบพลังงานสารกึ่งตัวนำ

(ค) แถบพลังงานสารตัวนำ

วัสดุที่เป็นฉนวนจะมีช่องว่างของพลังงานมากที่สุดแสดงว่า การเกิดอิเล็กตรอนอิสระยากมากจึงไม่มีกระแสไหลได้ในวัสดุที่เป็นฉนวน สำหรับสารกึ่งตัวนำช่องว่างของพลังงานจะแคบกว่าฉนวนแสดงว่าอิเล็กตรอนอิสระเกิดขึ้นในแถบความนำได้เมื่อได้รับพลังงานจากภายนอก และตัวนำจะไม่มีช่องว่างของพลังงาน แต่แถบความนำจะซ้อนอยู่กับแถบของวงโคจรนอกสุดของอะตอม ดังแสดงในรูป

4. จงอธิบายวิธีการจ่ายไบอัสตรงให้กับรอยต่อพี-เอ็น และอธิบายการไหลของของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น
- การจ่ายไบอัสตรงคือ การจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงโดยให้ขั้วบวกจ่ายให้สารกึ่งตัวนำชนิดพี และจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขั้วลบให้กับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น
- พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้า ไปผลักอิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ จากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเคลื่อนที่ข้ามบริเวณรอยต่อพี-เอ็น เข้าไปรวมกับโฮล ที่อยู่ในสารกึ่งตัวนำชนิดพี ในขณะที่เดียวกันขั้วไฟบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงก็จะดึงอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่เข้ามา เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่เข้ามา จะทำให้ตำแหน่งที่มีอิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นว่างลง เมื่อให้พลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงต่อไปจะทำให้อิเล็กตรอนอิสระของอะตอมถัดไปเคลื่อนที่เข้ามาแทนในตำแหน่งที่ว่างของอิเล็กตรอนอิสระ จึงเกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระขึ้น ลักษณะเช่นนี้เรียกว่าเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า
5. จงอธิบายวิธีการจ่ายไบอัสกลับให้รอยต่อพี-เอ็น และอธิบายการไหลของของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น
- การจ่ายไบอัสกลับ คือขั้วของแรงดันที่จ่ายให้รอยต่อพี-เอ็น จะตรงข้ามกับการจ่ายไบอัสตรง มีลักษณะดังนี้คือ ขั้วบวกต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและขั้วลบต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิดพี ทำให้เกิดความต่างศักย์ขึ้นที่สารกึ่งตัวนำชนิดพีเป็นลบ และความต่างศักย์ที่สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเป็นบวก ซึ่งจะมีผลทำให้ โฮล ในสารกึ่งตัวนำชนิดพี เกิดการเคลื่อนที่เข้ามาหาแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ขั้วที่มีความต่างศักย์ลบและจะทำให้อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเกิดการเคลื่อนที่เข้ามาหาแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่ขั้วที่มีความต่างศักย์บวก ส่งผลให้ช่วงของรอยต่อพี-เอ็นกว้างขึ้น เปรียบเสมือนบริเวณรอยต่อพี-เอ็นมีค่าความต้านทานสูง จึงทำให้กระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไม่สามารถไหลผ่านรอยต่อพี-เอ็นได้
6. การโด๊ปสารกึ่งตัวนำ หมายความว่าอย่างไร และมีหลักการอย่างไร จงอธิบาย
- การโด๊ป หมายถึง การเติมอะตอมของสารเจือ ลงในผลึกสารเยอรมันเนียม หรือสารซิลิคอนที่บริสุทธิ์ สารกึ่งตัวนำที่ถูกโด๊ปแล้วเรียกว่า “สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์” (Extrinsic Semiconductor) ส่วนสารกึ่งตัวนำที่ยังไม่ถูกโด๊ปเรียกว่า “สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์” (Intrinsic Semiconductor) โดยมี หลักการคือ สารกึ่งตัวนำในสถานะที่เป็นกลางทางไฟฟ้า ไม่สามารถนำกระแสได้ดีเพราะว่า จำนวนของอิเล็กตรอนอิสระในแถบความนำ และจำนวนโฮลในแถบวาเลนซ์มีน้อย แต่เมื่อนำสารกึ่งตัวนำเช่นซิลิกอน และเจอร์เมเนียม มาปรับปรุงให้มีสถานะการนำไฟฟ้าให้ดีขึ้นโดยกระบวนการที่เรียกว่า การเติมสารเจือปน (Adding Impurities) ลงไปในผลึกสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ เพื่อให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระหรือโฮลมากขึ้น