หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

สารกึ่งตัวนำมีคุณสมบัติระหว่างตัวนำและฉนวนไฟฟ้า และเป็นคุณสมบัติที่ควบคุมได้ จึงได้มีการศึกษาเพื่อนำเอาสารกึ่งตัวนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการสร้างเป็นสิ่งประดิษฐ์ ในราวปลายปี ค.ศ.1940 Schockley Bardeen และ Brattain [1] ได้ประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ขึ้นสำเร็จ จึงเป็นเหตุให้มีการพัฒนาแนวความคิดที่จะนำเอาสารกึ่งตัวนำมาประยุกต์สร้างเป็นสิ่งประดิษฐ์ทางอิเลคตรอนิคส์ชนิดอื่นๆ

สารกึ่งตัวนำที่ใช้กันอยู่เป็นพื้นฐาน ได้แก่ธาตุบางตัวใน Group IV ของตารางพีริออดิก อันได้แก่ ซิลิกอน (Si) เยอรมันเนียม (Ge) ซิลิกอนเป็นธาตุที่ได้รับความสนใจมากที่สุด เนื่องจากมีเป็นจำนวนมากและหาได้สะดวก เทคโนโลยีต่างๆ จึงได้เน้นหนักเกี่ยวกับซิลิกอน

โครงสร้างหลักของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำได้แก่ หัวต่อพี-เอ็น ซึ่งประดิษฐ์สร้างโดยอาศัยกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนลงบนสารกึ่งตัวนำ เทคนิคการแพร่ซึมจึงเป็นตัวกำหนดคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์นั้นๆ งานวิจัยนี้มุ่งถึงการแพร่ซึมสารเจือปนชนิดพีลงบนแว่นผลึกซิลิกอนแบบเอ็นโดยใช้บอรอนเป็นตัวเติมอะตอมสารเจือปน ทั้งนี้เพราะบอรอนมีค่าความหนาแน่นของสารเจือปนและความสามารถในการแพร่ซึมในเนื้อซิลิกอนสูงสำหรับช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการแพร่ซึม แต่ความสามารถในการแพร่ซึมของอะตอมบอรอนในเนื้อซิลิกอนที่เกิดจากการใช้ตัวเติมสารเจือปนคนละชนิด ไม่เท่ากัน

การศึกษาการแพร่ซึมของบอรอนในซิลิกอนเริ่มต้นโดย Dunlap และคณะ [2] ในปี ค.ศ.1954 จากนั้นได้มีผู้ทำการศึกษาลักษณะการแพร่ซึมของบอรอน โดยใช้ตัวเติมสารเจือปนในลักษณะต่างๆ ที่เป็นทั้งของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เช่น ไดบอรอนไตรออกไซด์ บอรอนไตร-โบรไมด์ บอรอนไตรคลอไรด์ เป็นต้น และให้ผลการแพร่ซึมในลักษณะต่างๆ กัน โดยยังหาข้อสรุปที่แน่นอนไม่ได้ ในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบผลของการแพร่ซึม โดยใช้เทคนิค

และระบบการแพร่ซึมต่างๆ กัน ด้วยการใช้ตัวเติมสารเจือปนที่อยู่ในรูปสารประกอบ คือ ไดบอรอนไตรออกไซด์ บอรอนไตรโบรไมด์ และบอรอนไนไตรด์ และประเด็นสำคัญที่มุ่งถึงคือ ระบบและเทคนิคที่ใช้ต้องมีความสะดวก ความเหมาะสม และความประหยัดในการแพร่ซึม เพื่อหาข้อสรุปจากผลการทดลองไปประกอบการพิจารณา การออกแบบสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ โดยมุ่งเน้นถึงการใช้เครื่องมือที่สร้าง อุปกรณ์และวัตถุดิบที่หาได้ภายในประเทศเป็นสำคัญ

เนื่องจากคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำขึ้นกับ ความลึกและคุณภาพของหัวต่อฯ ลักษณะการกระจายของอะตอมสารเจือปนในซิลิกอน ความเข้มข้นของอะตอมสารเจือปน จึงเป็นการกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ในการแพร่ซึม โดยในการวิจัยนี้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกใช้แว่นผลึกที่มีความต้านทานจำเพาะอยู่ในช่วง 0.1-10 โอห์ม-ซม. ทำการแพร่ซึมโดยมีตัวแปรเป็น carrier gas อุณหภูมิ และเวลาในการแพร่ซึม โดยใช้ตัวเติมสารเจือปนทั้ง 3 ชนิด ส่วนที่สองเป็นการทดลองโดยนำเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการแพร่ซึมมาออกแบบสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ในที่นี้คือเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งได้จากการแพร่ซึมด้วยสารเจือปนทั้ง 3 ชนิด โดยมีวิธีการประเมินผลการทดลองทั้งหมด ดังนี้ :-

1. การวัดค่าความต้านทานแผ่น เป็นค่าที่บอกให้ทราบถึงความเข้มข้นของอะตอมสารเจือปนที่ผิวหน้าแว่นผลึก โดยใช้เครื่องโพรบสี่เข็ม ของ Veeco model FPP-100
2. ความลึกของหัวต่อพี-เอ็น เป็นค่าที่บอกถึงความสามารถในการแพร่ซึมของอะตอมสารเจือปนในเนื้อซิลิกอน หัวต่อฯวัดได้โดยอาศัยกล้องจุลทรรศน์ โดยการย้อมสีเพื่อดูความแตกต่างของชั้นพี-เอ็น ด้วยการเซาะเป็นร่องด้วยเครื่องขัดผิว
3. การหาอิมเพียวริตีโปรไฟล์ของชั้นที่แพร่ซึม เพื่อดูการจัดเรียงของอะตอมสารเจือปนในซิลิกอน โดยสร้างชั้นออกไซด์บางๆ ด้วย anodic oxidation เพื่อลอกผิวซิลิกอนทีละชั้น แล้ววัดค่าความต้านทานแผ่นของชั้นที่ลอกทุกครั้ง เพื่อนำไปหาความเข้มข้นอะตอมสารเจือปนที่ตำแหน่งต่างๆ ในแว่นผลึก
4. ดูความสม่ำเสมอของการแพร่ซึม โดยวัดค่าความต้านทานแผ่นตลอดผิวหน้าของแว่นผลึก

5. ในกรณีของการแพร่ซึมด้วย BBr_3 ต้องหาเงื่อนไขของ carrier gas ที่ดีที่สุดในการแพร่ซึม โดยวัดค่าความต้านทานแผ่นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในแว่นผลึกด้วยวิธี anodic oxidation
6. ดูลักษณะกระแส-แรงดันของเซลฯที่สร้าง วัดจาก curve tracer โดยใช้หลอดแฮโลเจนที่มีความเข้มแสง 100 mW/cm^2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเซลฯที่ได้จากการแพร่ซึมด้วยตัวเติมสารเจือปนทั้ง 3 ชนิด

ผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำมาหาเงื่อนไขการแพร่ซึมของบอรอนที่ดี หาเทคนิคที่เหมาะสมมาใช้กับอุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ และนำมาประยุกต์ใช้ทำสิ่งประดิษฐ์หัวต่อชนิดพีบนเอ็นที่มีประโยชน์ต่องานด้านวิศวกรรม เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ สิ่งประดิษฐ์อิเลคตรอนิคส์-ไฟฟ้ากำลัง (Power Electronic Devices) เป็นต้น