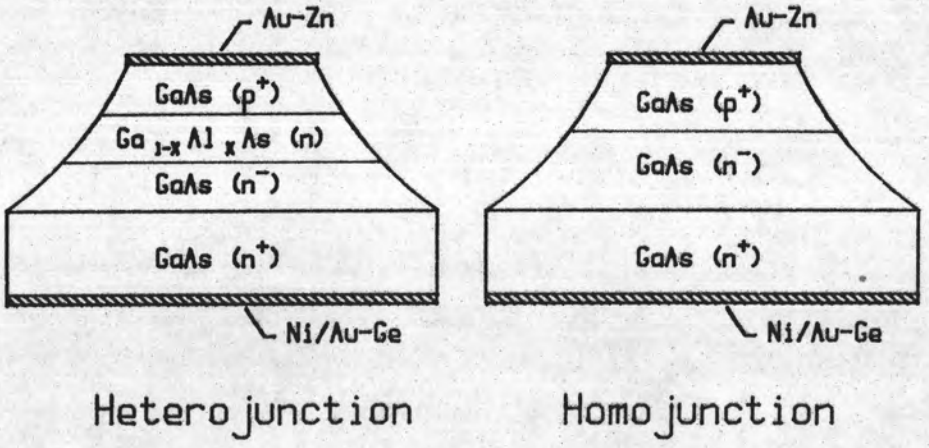
บทที่ 8

การนำผิวสัมผัสโอห์มมิกมาประยุกต์ใช้งาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำเอาผลการศึกษาเกี่ยวกับผิวสัมผัสโอห์มมิกมาประยุกต์ใช้โดยการสร้างไดโอดที่ทำจากแกลเลียมอาร์เซไนด์และอะลูมิเนียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ ซึ่งไดโอดนี้สร้างด้วยวิธีเอพิแทกซีสถานะของเหลวแบบแนวนอน (Horizontal liquid phase Epitaxy)[26] ซึ่งหลักการที่ใช้คือการควมคุมให้เกิดสภาวะอิ่มตัวในสารละลาย โดยการทำให้ความเข้มข้นของตัวถูกละลายมีค่ามากกว่าความสามารถในการถูกละลายของตัวทำละลาย เมื่อในสารละลายมีซับสเตรตมาวางล่อก็เท่ากับว่าซับสเตรตนั้นเป็นตัวรองรับตัวถูกละลายส่วนเกิน ซึ่งสารละลายโดยธรรมชาติจะปรับตัวให้กลับคืนสู่สภาวะอิ่มตัวที่เสถียรกว่า ดังนั้นตัวถูกละลายส่วนเกินไปเกาะยังซับสเตรตทำให้เกิดชั้นของเอพิแทกซีขึ้นบนซับสเตรท

โครงสร้างของไดโอดที่ทดลองนี้มีโครงสร้างตามแสดงรูปที่ 8.1 และรายละเอียดตามตารางที่ 8.1 และ 8.2 สำหรับเทคนิคการสร้างนั้นใช้วิธี Super cooling โดยมี ΔT = 1 องศาเซลเซียสและอัตราการลดของอุณหภูมิ 0.2 องศาเซลเซียส/นาที



รูปที่ 8.1 โครงสร้างของไดโอดที่สร้างขึ้นในการประยุกต์ใช้งาน

สำหรับเวลาที่ใช้ในการอิ่มตัวของสารละลาย 4 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการเพิ่มอุณหภูมิเป็น 804 องศาเซลเซียสพร้อมกับดันแผ่นซับสเตรตเข้าใต้สารละลายหลุมที่ 1 เพื่อกัดผิวซับสเตรตออก เพื่อทำความสะอาดและลดจำนวนตำแหน่งของอาร์เซนิกที่ขาดหายไป เมื่ออุณหภูมิมีค่าเป็น 804 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการลดอุณหภูมิลงด้วยอัตราการลดที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นก็จะเป็นสร้างชั้นของเอพิแทกซีส่วนที่เหลือตามโครงสร้างที่ได้กำหนดไว้

ตารางที่ 8.1

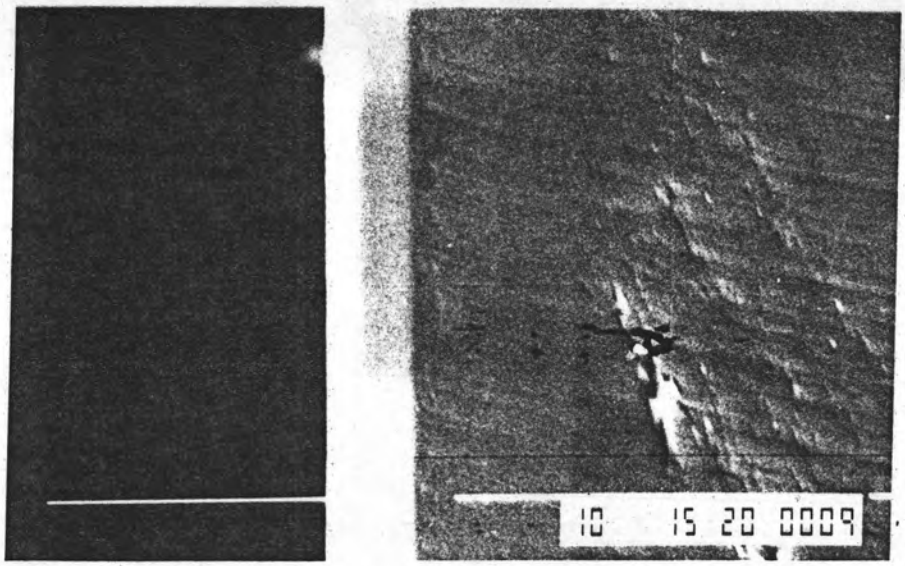
โครงสร้างหัวต่อเฮตเตอโร (Heterjunction)

ชนิดของสารกึ่งตัวนำ	ระดับความเข้มข้นพาหะ (ต่อ ลบ.ซม.)	ความหนา (ไมครอน)
GaAs (p^+)	10^{19} (Ge-Doped)	2
$Ga_{1-x}Al_xAs(n)$	10^{17} (Sn-Doped)	1
GaAs (n^-)	10^{15} (Undoped)	10
GaAs (n^+) ซับสเตรต	$4X10^{18}$ (Si-Doped)	300

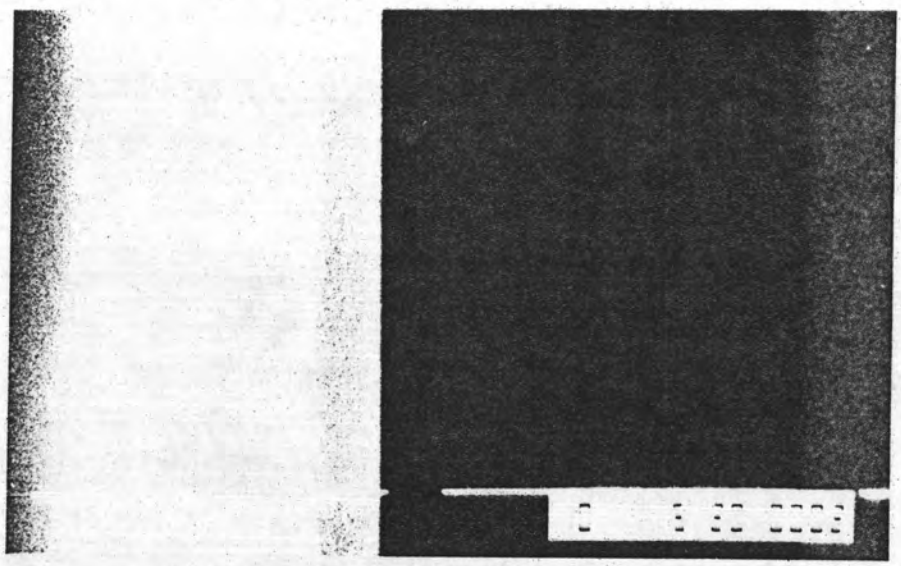
ตารางที่ 8.2

โครงสร้างหัวต่อโฮโม (Homojunction)

ชนิดของสารกึ่งตัวนำ	ระดับความเข้มข้นพาหะ (ต่อ ลบ.ซม.)	ความหนา (ไมครอน)
GaAs (p^+)	10^{19} (Ge-Doped)	5
GaAs (n^-)	10^{15} (Undoped)	10
GaAs (n^+) ซับสเตรต	$4X10^{18}$ (Si-Doped)	300



(ก) ไดโอดแบบหัวต่อโฮโม (Homojunction)



(ข) ไดโอดแบบหัวต่อเฮตเตอโร (Heterojunction)

รูปที่ 8.2 ชั้นของเอพิแทกซีของไดโอดที่ถูกสร้างขึ้นในการทดลอง
ถ่ายจากกล้อง Scanning Electron Microscope (SEM) (x5000)

หลังจากที่ได้โครงสร้างหลักที่ต้องการแล้ว ก็จะนำตัวอย่างนั้นไปทำผิวสัมผัสโอห์มมิก ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ทำความสะอาดผิวด้านหลังซึ่งเป็นแกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดเอ็นของตัวอย่างด้วยกระบวนต่อไปนี้

1.1 ต้มใน Tricholoethylene เดือดเป็นเวลา 5 นาที

1.2 ต้มใน Acetone เดือดเป็นเวลา 5 นาที

1.3 ล้างด้วยน้ำ DI.และเป่าให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน

1.4 ทำการปิดผิวด้านหน้า ซึ่งเป็นด้านที่มีชั้นของเอพิแทกซีอยู่ด้วยน้ำยาไวแสงและอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที ทำการกัดผิวด้านหลังให้เป็นผิวเงามัน. ด้วยสารละลาย 4 H_2SO_4+H_2O_2(30%)+H_2O ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วินาที

1.5 ล้างด้วยน้ำ DI.และเป่าให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน

1.6 ล้างน้ำยาไวแสงที่เคลือบผิวด้านหน้าด้วย Acetone จนสะอาด จากนั้นล้างด้วยน้ำ DI. อีกครั้งหนึ่ง

1.7 กัดผิวของแกลเลียมออกไซด์ในกรดเกลือ (50%) เป็นเวลา 5 นาที

2. ทำการฉาบผิวด้านหลังด้วยโลหะผสมของทอง-เจอร์เมเนียม หนา 300 Å และนิเกิล หนา 200 Å ตามลำดับ โดยการใช้ Filament Evaporation ภายใต้ความดันที่ต่ำกว่า 10^{-6} Torr

3. แอนนีลที่อุณหภูมิ 475 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที

4. ทำการปิดผิวด้านหลัง ซึ่งเป็นด้านที่มีชั้นซับสเตรตและมีผิวสัมผัสโอห์มมิกอยู่ด้วยน้ำยาไวแสง จากนั้นอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 นาที

5. กัดผิวของแกลเลียมออกไซด์ในกรดเกลือ (50%) เป็นเวลา 5 นาที

6. ทำการฉาบผิวด้านหน้าด้วยโลหะผสมของทอง-สังกะสี หนา 2000 Å โดยการใช้ Filament Evaporation ภายใต้ความดันที่ต่ำกว่า 10^{-6} Torr

7. ทำการถ่ายแบบบนผิวด้านหน้าด้วยวิธีของ Photolithography ตามที่ได้กล่าวในบทที่ 5 ด้วยแบบของไดโอดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 250 ไมครอน

8. ทำการกัดชั้นของโลหะทอง-สังกะสีด้วย KI+I_2 เจือจาง เป็นเวลา 10 วินาที

9. ล้างน้ำยาไวแสงออกด้วย Acetone จนสะอาด และล้างด้วยน้ำ DI. อีกครั้งหนึ่ง

10. แอนนีลที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วินาที

11. ทำการถ่ายแบบบนผิวด้านหน้าด้วยวิธีของ Photolithography ตามที่ได้กล่าวในมาบทที่ 5

12. ทำการกัดเมซา (Meza) ด้วยสารละลายของ 4 H_2SO_4+H_2O_2(30%)+H_2O ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 วินาทีและล้างด้วยน้ำ DI. อีกครั้งหนึ่ง

13. ล้างน้ำไวยาแสงออกด้วย Acetone จนสะอาดและล้างด้วยน้ำ DI.อีกครั้งหนึ่ง

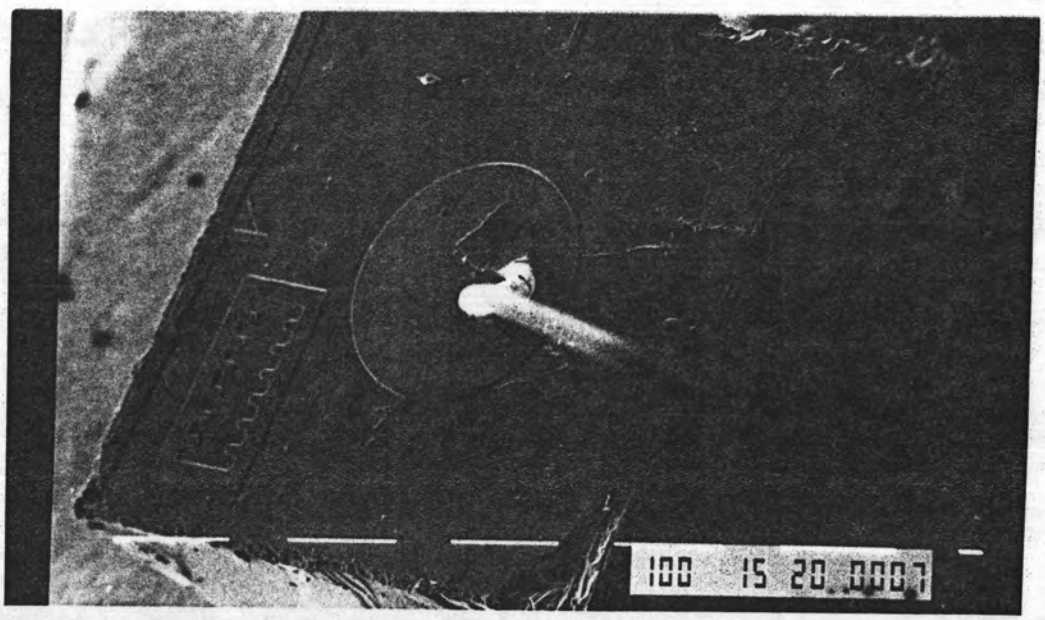
14. ตัดไดโอดที่ได้ออกเป็นตัวเดี่ยวด้วยการกรีดด้วยหัวเพชร

15. ติดไดโอดลงบนฐานโลหะแบบ TO-18 โดยใช้ Epotax และอบให้แข็งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

16. ต่อสายลวดตัวนำอะลูมิเนียม (Al) ด้วยเครื่องต่อสายอุลตราโซนิค

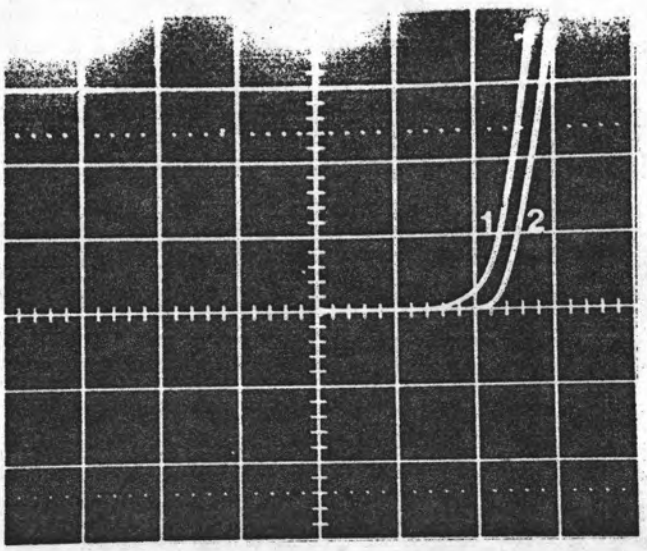
17. ปิดฝาครอบโลหะของ TO-18

18. ทำการทดสอบลักษณะสมบัติของแรงดันและกระแสด้วย curve tracer



รูปที่ 8.3 ไดโอดที่ถูกสร้างขึ้นในการทดลอง (ถ่ายจากกล้อง SEM x500)

ผลของการทดสอบลักษณะสมบัติของแรงดัน-กระแสของตัวอย่างที่ได้มีผลตามที่แสดงในรูปที่ 8.2 แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้งานในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ได้



รูปที่ 8.4 ลักษณะสมบัติของแรงดัน-กระแสของไดโอดที่ได้จากการทดลองสร้างขึ้น
หมายเลข 1 ไดโอดแบบหัวต่อโฮโม (Homojunction)
หมายเลข 2 ไดโอดแบบหัวต่อเฮตเตอโร (Heterojunction)

สำหรับการแอนนีลของการสร้างผิวสัมผัสโอห์มมิกของแกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดพีของไดโอดในการทดลองนี้ทำการแอนนีลที่อุณหภูมิต่ำกว่าและเวลาที่ใช้สั้นกว่า เนื่องจากค่าความเข้มข้นของพาหะของชั้นเอพิแทกซีมีสูง[25] ซึ่งการแอนนีลที่อุณหภูมิสูงและเวลานานนั้นไม่มีผลต่อค่าความต้านทานจำเพาะผิวสัมผัสฯ และได้มีการสร้างผิวสัมผัสโอห์มมิกของแกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดเอ็นได้ถูกสร้างขึ้นก่อน ซึ่งการแอนนีลที่เงื่อนที่ได้จากการทดลองนั้นมีผลกระทบต่อผิวสัมผัสฯที่ได้ถูกสร้างขึ้นก่อนอย่างมาก การแอนนีลที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15 วินาที เพียงทำให้ผิวสัมผัสโอห์มมิกของแกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดพีมีแรงยึดเกาะดีขึ้น