บทที่ 5

การเตรียมผิวสัมผัสโอห์มมิก

เงื่อนไขวัสดุเริ่มต้น

แว่นผลึกแกลเลียมอาร์เซไนด์ ชนิดเอ็น

ปลูกด้วยวิธี	Horizontal Bridgman
โด๊ปด้วย	ซิลิคอน (Silicon)
ความหนาแน่นของพาหะ	$2.9-3.1X10^{18}$ ต่อลบ.ซม.
สภาพต้านทาน	$1.8-2.0X10^{-3}$ โอห์ม-ซม.
สภาพความคล่องตัวของพาหะ	$1.8-2.0X10^{3}$ ตร.ซม./โวลต์.วินาที
E.P.D.	Class C
ทิศทางผลึก (Orientation)	[100] 2°off (110) +/-0.5°
ความหนาของผลึก	359-361 ไมครอน
ขนาด	1000 D Standard
ลักษณะผิวหน้า	ผิวหน้าด้านหนึ่งขัดมัน อีกด้านหนึ่งไม่ขัดมัน

แว่นผลึกแกลเลียมอาร์เซไนด์ ชนิดพี

ทิศทางผลึก (Orientation)	[100]
โด๊ปด้วย	สังกะสี
ความเข้มข้นพาหะ	$2.0-2.4X10^{18}$ /ลบ.ซม.
เกรด (Grade)	LASER DIODE TYPE

โลหะที่ใช้ในการสร้างผิวสัมผัสโลหะ-สารกึ่งตัวนำ

โลหะผสมทอง-เจอร์เมเนียม (Au-Ge) (88%:12%) และนิเกิล (Ni) สำหรับแกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดเอ็น

โลหะผสมทอง-สังกะสี (Au-Zn)(95.5%:4.5%) สำหรับแกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดพี

ขั้นตอนของการสร้างผิวสัมผัสโลหะ-สารกึ่งตัวนำ

รายละเอียดของขั้นตอนการสร้าง จะถูกแสดงเป็นข้อๆต่อไปนี้ พร้อมกับ Flow chart ในตอนท้าย

1. เตรียมแว่นผลึกแกลเลียมอาร์เซไนด์ ทั้งชนิดเอ็นและพี แว่นผลึกเหล่านั้นจะต้องถูกทำความสะอาดผิวก่อน เนื่องจากมีชั้นออกไซด์บางๆของแกลเลียมออกไซด์ (Ga_2O_3) เกิดขึ้นตามธรรมชาติ นอกจากนั้นยังอาจจะมีรอยขีดข่วนต่างๆบนผิว สำหรับขั้นตอนของการเตรียมผิวนี้เป็นวิธีการทางเคมี ซึ่งแสดงไว้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1

ขั้นตอนการเตรียมผิวแว่นผลึกแกลเลียมอาร์เซไนด์

อันดับที่	สารละลายที่ใช้	จุดประสงค์
1	ต้มใน Tricholoethylene เดือด เป็นเวลา 5 นาที	ล้างคราบไขมัน
2	ต้มใน Acetone เดือด เป็นเวลา 5 นาที	ล้าง Tricholethylene ที่หลงเหลือ
3	น้ำ DI	ล้าง Acetone
4	เป่าให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน	
5	4 H_2SO_4+H_2O_2 (30%)+H_2O ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วินาที	กัดออกไซด์ที่ผิวและขัดผิวให้เงามัน
6	น้ำ DI	
7	กรดเกลือ (HCl) 50%	กัดออกไซด์ที่หลงเหลือ
8	น้ำ DI	ล้างกรดเกลือ
9	เป่าให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน	

i17289937

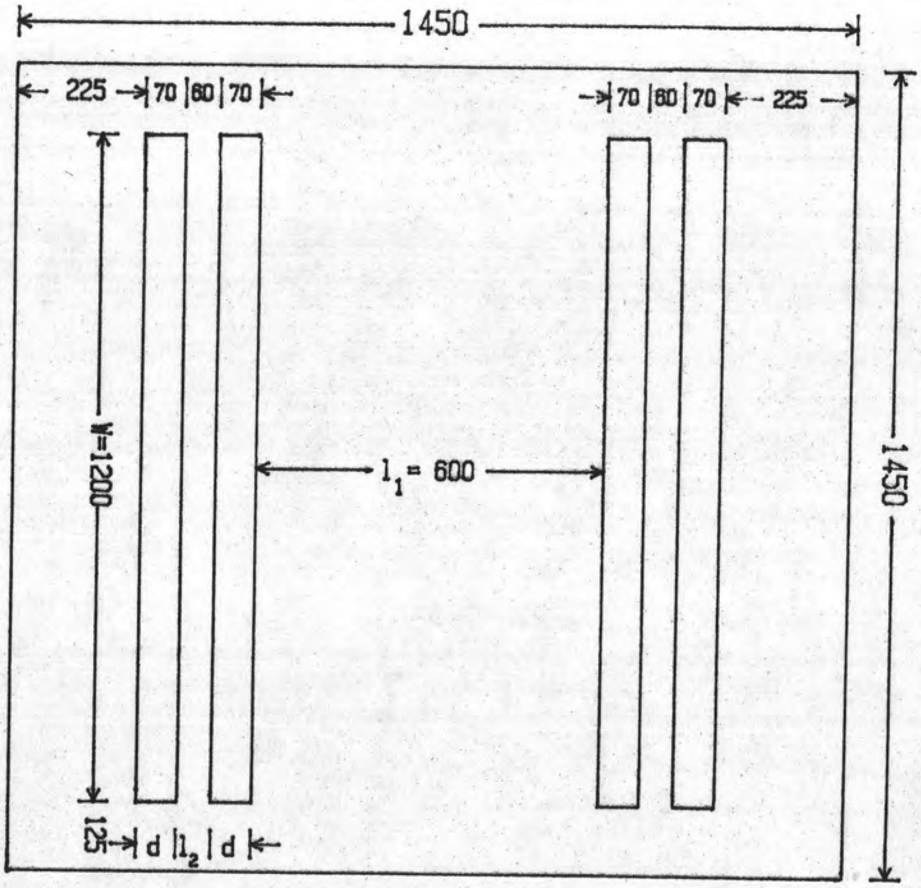
2. ฉาบผิวโลหะบนแกลเลียมอาร์เซไนด์ โดยการใช้ Filament Evaporation ภายใต้ความดันต่ำกว่า 10^{-6} Torr ด้วยโลหะดังต่อไปนี้

แว่นผลึกชนิดเอ็น ฉาบ Au-Ge หนา 300 Å ตามด้วย Ni หนา 200 Å

แว่นผลึกชนิดพี ฉาบ Au-Zn หนา 2000 Å

ความหนาโลหะที่ใช้นี้เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับ n-GaAs เพื่อให้การแพร่ซึมของนิเกิลมีผลสูงสุด แต่กรณีสำหรับ p-GaAs นั้น โลหะผสมทอง-สังกะสีมีความอ่อนนิ่ม เพื่อให้คงทนต่อแรงกดที่เกิดขณะต่อสายด้วยเครื่องต่อสายอุลตราโซนิค จึงต้องฉาบโลหะหนากว่า

3. ถ่ายแบบผิวสัมผัสโอห์มมิก แบบ 4 ผิวสัมผัส (Contacts) ด้วยหน้ากาก (mask) ซึ่งได้เตรียมเอาแล้วในตอนต้น โดยใช้เครื่องถ่ายแบบ (Mask aligner) ดังรูปที่ 5.1 สามารถถ่ายแบบดังกล่าวลงบนผิวหน้าโลหะ เพื่อเป็นหน้ากากกันการกัด (Etch) ของสารเคมี ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า Photolithography โดยละเอียดมีดังต่อไปนี้



รูปที่ 5.1 รูปแบบของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (หน่วยเป็นไมครอน)

3.1 ล้างแว่นผลึกที่ผ่านการฉาบผิวโลหะแล้วด้วย Tricholoethylene , Acetone , น้ำ DI และเป่าให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน ตามลำดับ

3.2 อบแว่นผลึกที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 30 นาที เพื่อไล่ความชื้น จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นสักครู่

3.3 เคลือบน้ำยาไวแสงแบบบวก (Positive photoresist) AZ 1350 ของ Shipley โดยปั่นแว่นผลึกด้วยเครื่องปั่น (Spinner) ที่ความเร็ว 5000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 วินาที

3.4 อบแว่นผลึกที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เพื่อทำให้สารไวแสงที่เคลือบไว้แข็งตัวและทิ้งเย็นไว้สักครู่ ซึ่งการอบในขั้นนี้เรียกว่า Soft bake

3.5 นำแว่นผลึกที่เคลือบน้ำยาไวแสงไปฉายแสงเหนือม่วงโดยมีหน้ากาก (Mask) ที่มีรูปแบบที่ต้องการปิดบนแว่นผลึกฯเป็นเวลานาน 10 วินาที เป็นการถ่ายแบบจากหน้ากากลงบนแว่นผลึกฯ แต่แบบ (Pattern) ที่ถ่ายนั้นจะยังไม่ปรากฏให้เห็นในขั้นนี้

3.6 จากนั้นนำแว่นผลึกนั้นไปล้าง (Develop) ในสารละลายที่เรียกว่า Photoresist developer เพื่อกัดเอาสารไวแสงส่วนที่ถูกแสงออก จะได้แบบ (Pattern) เหมือนหน้ากากที่ใช้ในการถ่ายแบบจากขั้นที่ 3.5 ปรากฏขึ้นบนแว่นผลึก ซึ่งเป็นสารไวแสงส่วนที่ไม่ถูกแสงยังคงเหลืออยู่ จากนั้นล้างคราบ developer ด้วยน้ำ DI และเป่าให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน

3.7 อบแว่นผลึกที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 15-20 นาที เพื่อทำให้สารไวแสงส่วนที่เหลืออยู่ติดกับผิวแว่นผลึกแน่นขึ้น ซึ่งในขั้นนี้เรียกว่า Hard bake

4. การกัดโลหะ (Etching)

แว่นผลึกชนิดเอ็น

กัด Ni ด้วย HCl เข้มข้น 1-2 นาที

กัด Au-Ge ด้วย $KI+I_2$ เจือจาง 10 วินาที

แว่นผลึกชนิดพี

กัด Au-Zn ด้วย $KI+I_2$ เจือจาง 10 วินาที

5. ล้าง photoresist ด้วย Acetone และ น้ำ DI แล้วเป่าให้แห้งด้วยก๊าซไนโตรเจน ตามลำดับ

6. แอนนีลในบรรยากาศของ Forming Gas N_2+H_2 โดยมีเงื่อนไขของการแอนนีลดังต่อไปนี้

6.1 แกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดเอ็น มีเงื่อนไขของการทดสอบอิทธิพลของเวลาโดยกำหนดอุณหภูมิ 3 ค่าคือ 450 องศา 475 องศาและ 500 องศาเซลเซียส ซึ่งในแต่ละอุณหภูมิแปรเปลี่ยนเวลา 5 ค่าตั้งแต่ 30 วินาทีถึง 2 นาที 30 วินาที ซึ่งแต่ละช่วงห่างกัน 30 วินาที

6.2 แกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดพีนั้นกำหนดอุณหภูมิที่ 500 องศาเซลเซียสด้วยเวลาตั้งแต่ 2-8 นาที ในบรรยากาศ Forming Gas

ซึ่งในบรรยากาศ Forming Gas จะประกอบด้วยก๊าซสองชนิดคือไฮโดรเจนและไนโตรเจน โดยก๊าซไนโตรเจนนั้นเป็นก๊าซเฉื่อยทำหน้าที่ผลักดันและปกคลุมผิวโลหะเอาไว้ และไฮโดรเจนจะทำปฏิกริยากับออกซิเจนที่หลงเหลืออยู่เป็นการสกัดจับออกซิเจนที่ผิวของโลหะอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชัน (Oxidation) ที่ผิวโลหะ

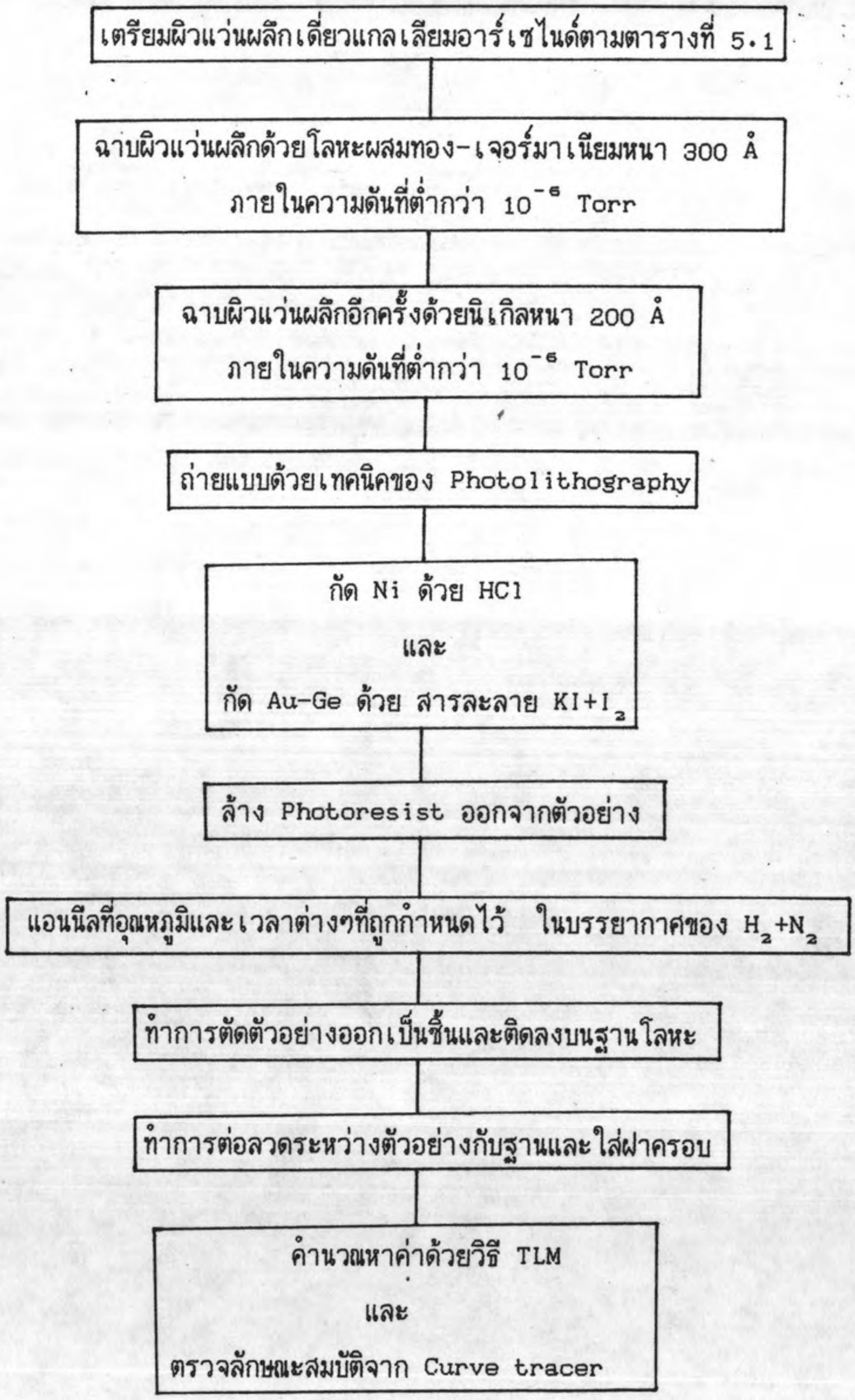
7. การตัดแยกชิ้นตัวอย่าง (Device Separation) เป็นกการตัดตัวอย่างที่สร้างขึ้นออกเป็นตัวๆด้วยเทคนิคของกรีดด้วยหัวเพชร (Diamond Scribing)

8. ติดชิ้นของตัวอย่าง (Die) ลงบนฐานโลหะแบบ TO-5 โดยใช้สาร Epotex แล้วอบให้แข็งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

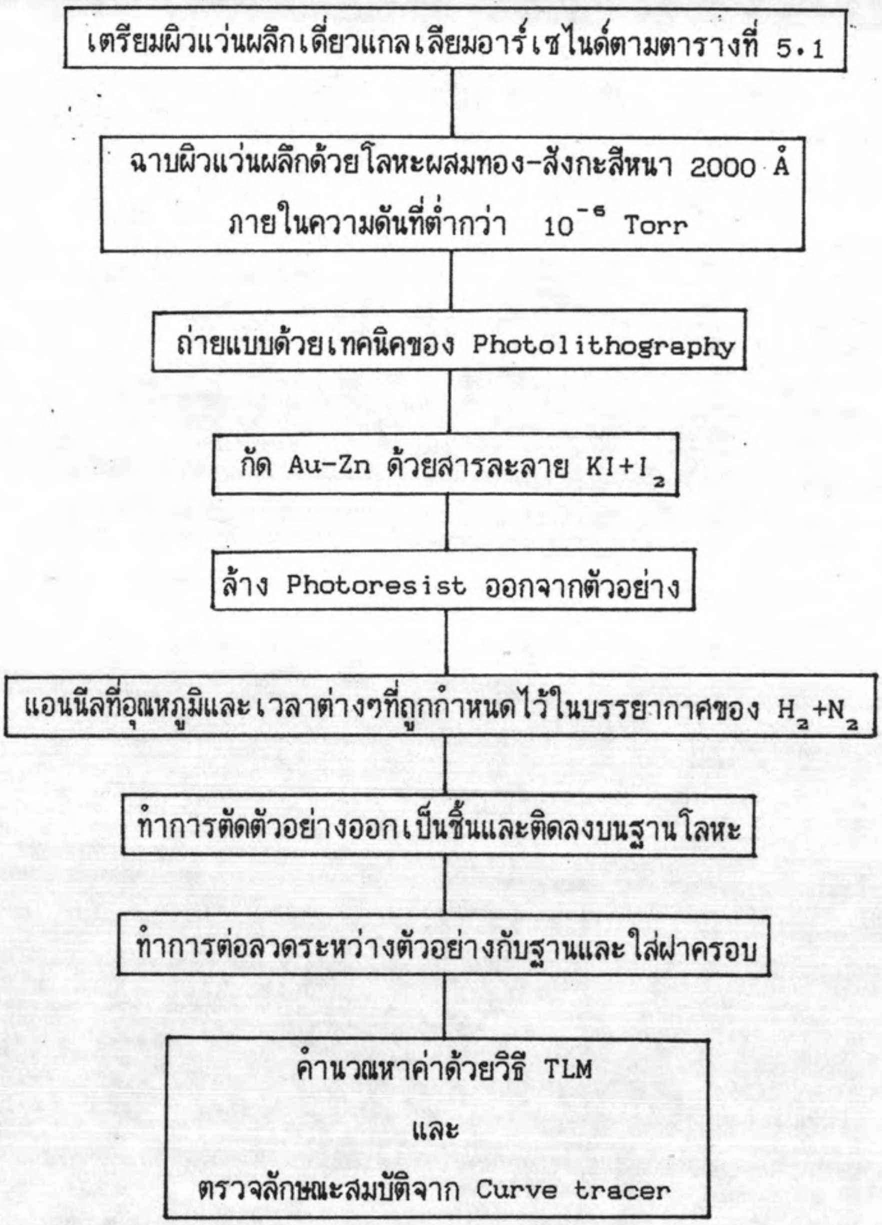
9. การติดลวดต่อสายโลหะ (Wire Bonding) การติดลวดโลหะอะลูมิเนียม (Al) ด้วยเครื่องต่อสายอุลตราโซนิค (Ultrasonic Wire Bonding)

10. ปิดฝาครอบโลหะของ TO-5

11. จากตัวอย่างที่ได้สร้างขึ้นนำมาทำการวัดค่าความต้านทานจำเพาะผิวสัมผัสด้วยวิธี TLM ตามที่กล่าวมาในบทที่ 4



รูปที่ 5.2 แผนลำดับการสร้างตัวอย่างการทดลองจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดเอ็น



รูปที่ 5.3 แผนลำดับการสร้างตัวอย่างการทดลองจากแกลเลียมอาร์เซไนด์ชนิดพี