บทที่ 2

การผลิตฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน

บทนำ

ฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอนสามารถผลิตได้หลายวิธี ทั้งจากวัตถุดิบที่เป็นของแข็งและก๊าซ ในอดีตอะมอร์ฟัสซิลิคอนเคยถูกผลิตด้วยวิธี Thermal Evaporation และ Sputtering จากวัตถุดิบของแข็ง แต่ในปัจจุบันวิธี Glow Discharge (แยกสลายด้วยประจุเรืองแสง) ซึ่งเป็นวิธี Plasma Chemical Vapour Deposition ชนิดหนึ่ง เป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุด เพราะสามารถผลิตอะมอร์ฟัสซิลิคอนจากวัตถุดิบที่เป็นก๊าซ ให้มีคุณสมบัติทางไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ดี จนสามารถนำไปประยุกต์เป็นสิ่งประดิษฐ์ต่างๆ ได้(4) เช่น เซลล์แสงอาทิตย์, ทรานซิสเตอร์ ฯลฯ ในบทนี้จะได้กล่าวดังวิธีการผลิต a-Si:H ด้วยวิธี Glow Discharge

ระบบ Glow Discharge Plasma CVD

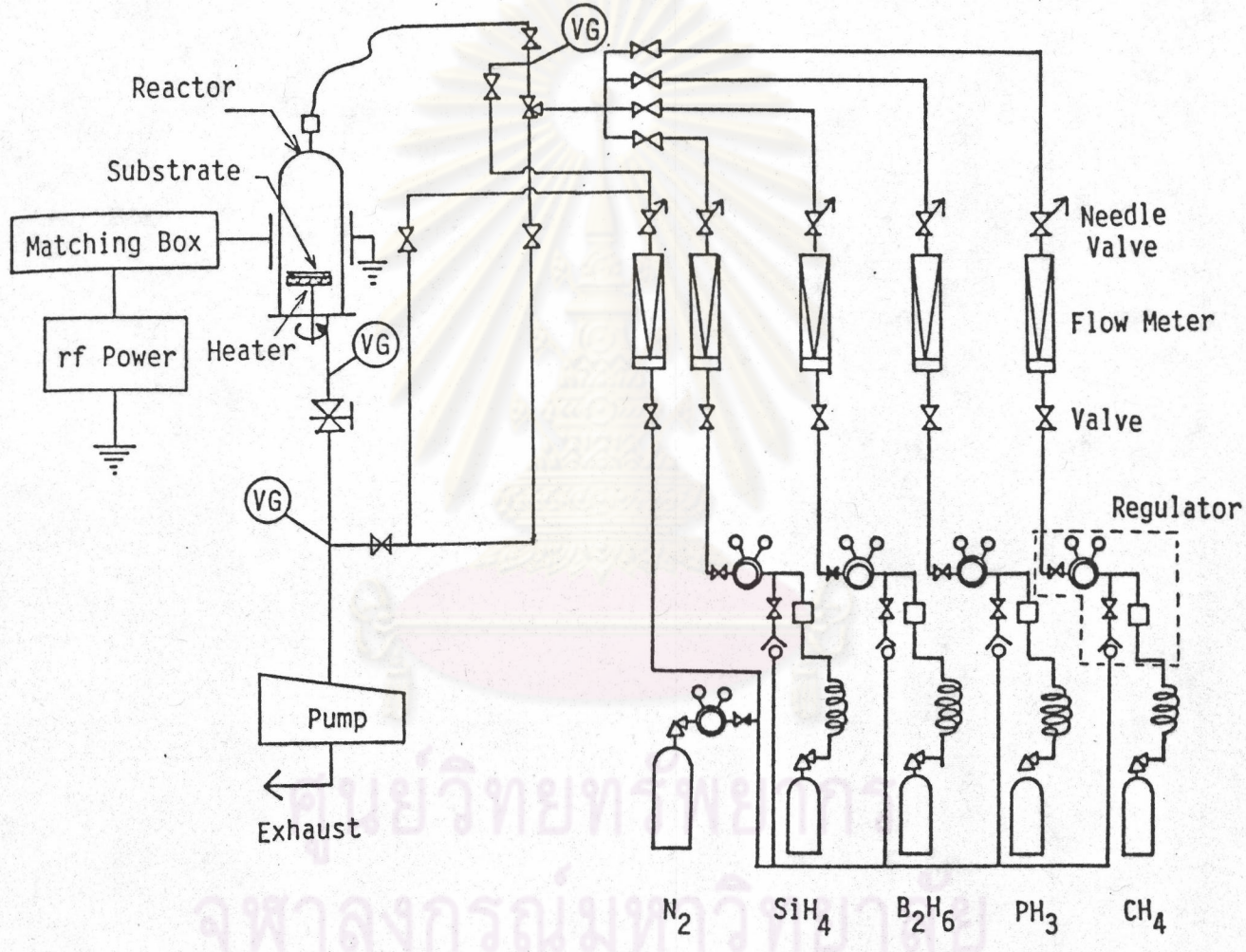
ในระบบนี้ก๊าซดิบของซิลิคอน คือ ก๊าซไซเลน(SiH_4) จะถูกปล่อยเข้าไปในหลอดสุญญากาศ และจะถูกกระตุ้นให้แยกสลายตัวเป็นพลาสมา ด้วยสนามไฟฟ้าความถี่คลื่นวิทยุ (13.56 MH_z)(5) อะตอมของซิลิคอนที่ถูกแยกออกมาจะไปเกาะติดบนแผ่นฐานที่วางไว้ในครอบแก้วสุญญากาศ สำหรับแผนผังของระบบ Glow Discharge Plasma CVD แสดงอยู่ในรูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของระบบมีดังนี้

1. ระบบก๊าซ ประกอบด้วย

- ก๊าซไซเลน (SiH_4) ผสมในไฮโดรเจน (H_2) ด้วยอัตราส่วน SiH_4/H_2 เท่ากับ 10 %

- ก๊าซไดโบเรน (B_2H_6) ผสมในไฮโดรเจนด้วยอัตราส่วน 500 ppm ใช้สำหรับการโด๊ปให้สารกึ่งตัวนำ a-Si เป็นชนิด พี

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.1 แผนผังระบบ glow discharge plasma CVD สำหรับปลูก a-Si:H

- ก๊าซฟอสฟีน (PH_3) ผสมในไฮโดรเจนด้วยอัตราส่วน 500 ppm ใช้สำหรับการโด๊ปให้สารกึ่งตัวนำ a-Si เป็นชนิด เอ็น

- ก๊าซมีเทน (CH_4) ผสมในไฮโดรเจน (H_2) ด้วยอัตราส่วน CH_4/H_2 เท่ากับ 10 % ใช้สำหรับทำ a-SiC:H

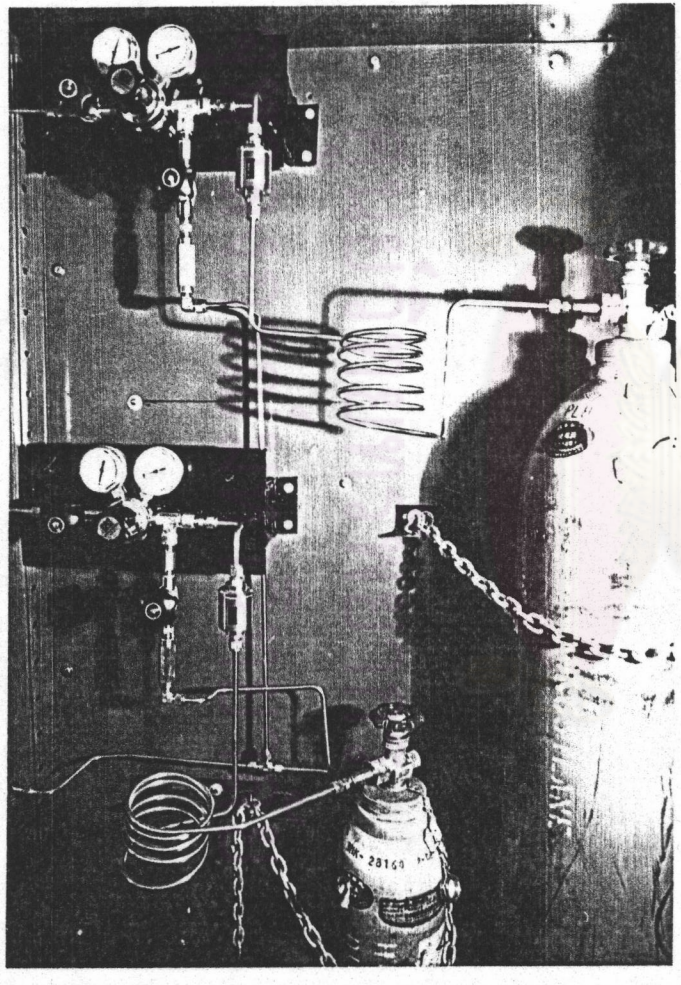
ก๊าซเหล่านี้ถูกอัดอยู่ในถังก๊าซด้วยความดันประมาณ 120 kg/cm^2 จากถังก๊าซจะต่อท่อสเตนเลสผ่านฟิลเตอร์กรองฝุ่นขนาด 50 ไมครอน แล้วต่อเข้ากับ gas regulator ซึ่งเป็นตัวลดความดันก๊าซจาก 120 kg/cm^2 ให้เหลือ 1-2 kg/cm^2 จากนั้นจะมีวาล์ว (valve) เปิดปิด และ gas flow meter วัดอัตราการไหลของก๊าซ (0-100 cc/min) โดยอัตราการไหลของก๊าซนี้จะถูกควบคุมด้วย needle controller valve ก๊าซต่างๆ จะไหลไปรวมกันที่วาล์วสามทาง และไปสู่หลอดสุญญากาศหรือลงไปสู่ปั๊มสุญญากาศ เนื่องจากก๊าซดิบเหล่านี้เป็นก๊าซติดไฟและอันตราย การใช้งานจึงต้องระมัดระวังเป็นพิเศษว่าต้องไม่มีการรั่วออกสู่ภายนอก รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการติดตั้งถังก๊าซและ regulator ได้มีการทดสอบว่าก๊าซไม่รั่วทั้งด้วยวิธีสุญญากาศและวิธีการเพิ่มแรงดัน

2. ระบบครอบแก้วสุญญากาศ (Vacuum Reactor Chamber)

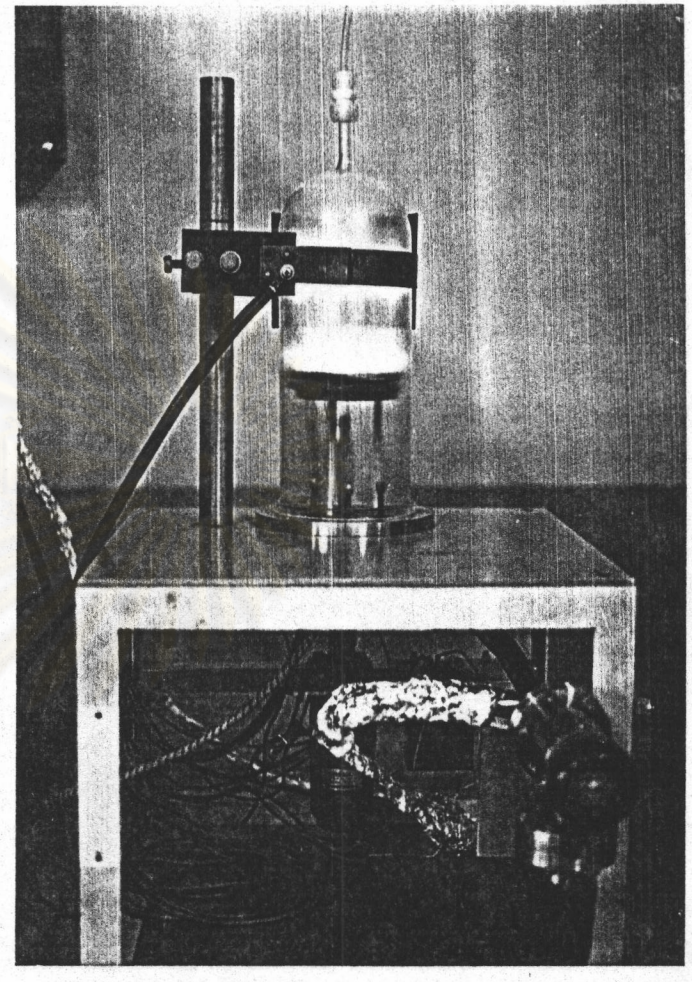
เป็นส่วนที่จะทำให้เป็นสุญญากาศแล้วฉีดก๊าซดิบเข้าไป เรียกสั้นๆว่า Chamber ซึ่งทำจากหลอด quartz ทรงกระบอกสูง 30 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 11 ซม. หนา 5 มม. ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ภายใน Chamber มีแท่นรอง (susceptor) ที่ทำจากผลึกโพลีซิลิคอนคาร์ไบด์วางอยู่บน heater ที่ปรับอุณหภูมิได้ จากอุณหภูมิห้องถึงประมาณ 350 C แผ่นฐานของอะมอร์ฟัสซิลิคอน จะถูกวางบน susceptor นี้ และเพื่อความสม่ำเสมอของฟิล์ม suscepter จะสามารถหมุนรอบตัวเองได้ ภายใน chamber ถูกทำให้เป็นสุญญากาศด้วย rotary pump ได้ถึง 10^{-3} torr ส่วนในขณะปลูกฟิล์มจะปรับความดันให้เป็น 1 torr

3. ระบบไฟฟ้าความถี่วิทยุเพื่อทำการ Glow Discharge

ภายนอก chamber มีแผ่นทองแดงรูปทรงกระบอกครึ่งวงกลม 2 แผ่น วางประกบอยู่ทางด้านข้างchamber เพื่อทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าแบบ capacitive ที่จะกระตุ้นก๊าซใน chamber ให้เกิด glow discharge โดยรับสัญญาณความถี่คลื่นวิทยุ (13.56MH_z) จาก



รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายลักษณะการติดตั้งถังก๊าซและ regulator



รูปที่ 2.3 ครอบแก้วสุญญากาศ (quartz chamber)
สำหรับปลูก a-Si:H

RF power source ระหว่าง RF power source กับขั้ว จะมี matching box สำหรับปรับเอาท์พุทอิมพิแดนซ์ให้เข้ากับอิมพีแดนซ์ของโหลด (คือ chamber)

ลักษณะเด่นของระบบ

1. เนื่องจากขั้วไฟฟ้า discharge อยู่ภายนอก chamber จึงปราศจากการมี contamination ของสารเจือปนจากขั้วเข้าสู่ a-Si:H

2. สนามไฟฟ้า RF มีทิศทางขนานกับแผ่นฐานจึงลดการ bombardment หรือกระแทกทางกลศาสตร์จากพลาสมาที่จะมีต่อฟิล์มที่กำลังปลูก

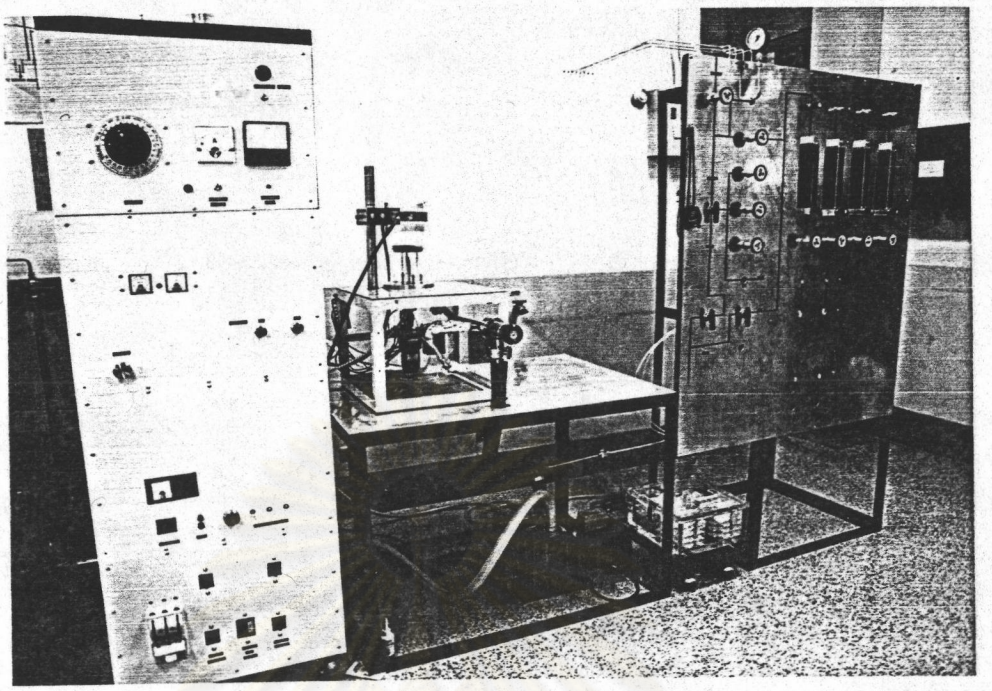
3. สามารถปรับระยะความสูงจากแผ่นฐานถึงขั้ว dischargeได้ จึงสามารถเลื่อนให้พลาสมาห่างจากแผ่นฐานได้ตามความเหมาะสม ทำให้ได้ฟิล์ม a-Si:H ที่มีคุณภาพสูง ภาพถ่ายระบบ glow discharge plasma CVD อยู่ในรูปที่ 2.4

<u>ขั้นตอนการปลูกฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน</u>

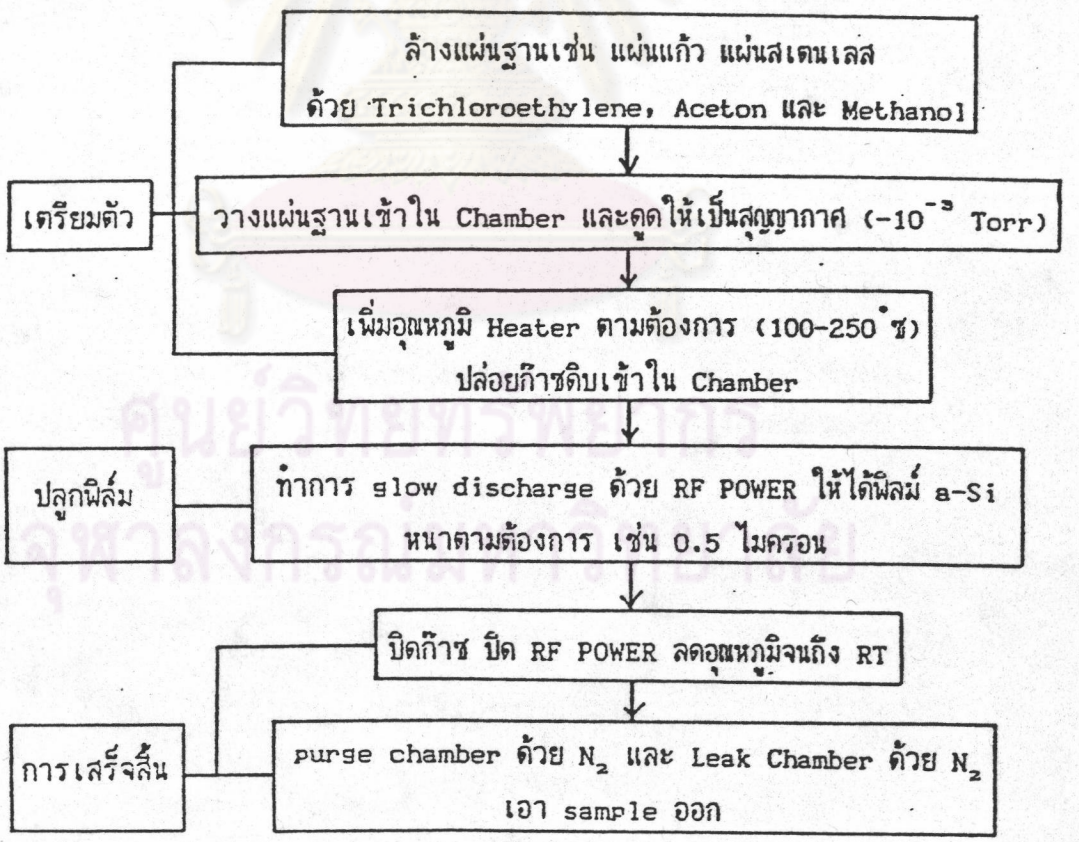
ขั้นตอนการผลิตด้วยวิธี glow discharge แบ่งได้เป็นส่วนใหญ่ ๆ 3 ขั้นตอน ตามรูปที่ 2.5

สำหรับแผ่นฐานที่จะใช้ปลูก a-Si:H ที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงดังในตาราง 2.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 ภาพถ่ายระบบ glow discharge plasma CVD ที่ใช้ในงานวิจัยนี้



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการผลิต a-Si:H

ตารางที่ 2.1 แผ่นฐานที่ใช้ปลูก a-Si:H ในงานวิจัย

แผ่นฐาน	วัตถุประสงค์เพื่อวัดคุณสมบัติของ
Corning glass# 7059 (2 cm x 2 cm x 1 mm)	. สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (α) . สภาพนำไฟฟ้า (ρ)
quartz (2 cm x 2 cm x 0.5 mm)	. ESR
glass/ITO/SnO_2 (2 cm x 2 cm x 1 mm)	. เซลล์แสงอาทิตย์

ก่อนใช้งาน แผ่นฐานเหล่านี้จะถูกล้างให้สะอาดด้วยกระบวนการดังนี้

- Trichloroethylene Ultrasound 20 นาที
- Acetone Ultrasound 20 นาที
- Methyl alcohol Ultrasound 20 นาที

สำหรับขั้นตอนโดยละเอียดในการเดินเครื่องระบบ glow discharge จะแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

เงื่อนไขการผลิต a-Si:H เป็นดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เงื่อนไขโดยสรุปในการผลิตฟิล์ม a-Si:H

การทำ discharge	แบบ capacitive ที่ความถี่ RF 13.56 MHz
อุณหภูมิแผ่นฐาน	100-300 °C
กำลังไฟฟ้า RF	30-150 watt
ความดันขณะปลูกฟิล์ม	1 torr
ความสูงของชั้ว	10 cm
ปริมาณการไหลของก๊าซแต่ละชนิด	15-80 cc/min
ชนิดของก๊าซในถัง	SiH_4/H_2 = 10%
	B_2H_6/H_2 = 500 ppm
	PH_3/H_2 = 500 ppm

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย