บทที่ 5
เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางชนิด a-Si:H

5.1 บทนำ

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H ประกอบด้วยชั้น p-i-n โดยมีชั้น p และ n ทำหน้าที่สร้าง built in potential และสร้างสนามไฟฟ้าภายในชั้น i เนื่องจากชั้น i ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงทำหน้าที่เป็นชั้นสร้าง electron-hole pairs เพื่อเป็นพาหะนำไฟฟ้า หากพาหะนำไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ถูกจับโดย defects ชนิดแขนขาดในวัสดุ a-Si:H จะทำให้ค่าของสภาพการนำไฟฟ้าด้วยแสงของชั้น i ลดต่ำลง

จากผลการวัดความหนาแน่นของ defects ในบทที่ 3 และ บทที่ 4 พบว่าที่อุณหภูมิแผ่นฐานประมาณ 200^{O}C มีความหนาแน่นของ defects น้อยที่สุด

ในวิทยานิพนธ์บทนี้ รายงานผลการนำเอาเงื่อนไขอุณหภูมิการปลูกฟิล์มของชั้น i ที่อุณหภูมิแผ่นฐานประมาณ 200^{O}C มาประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ฟิล์มบางชนิด a-Si:H

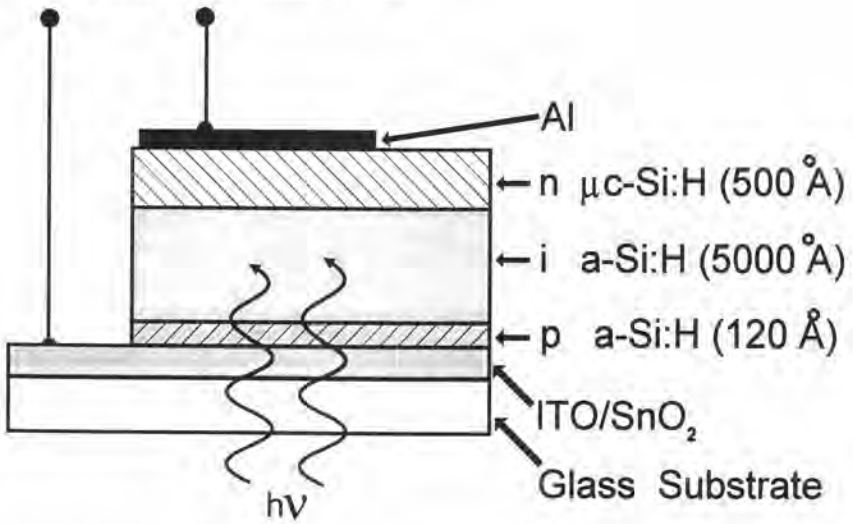
5.2 ข้อเด่นของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H

ได้มีการใช้วัสดุ a-Si:H มาผลิตเป็นเซลแสงอาทิตย์เป็นครั้งแรกโดย D.E. Carlson and C.R. Wronski (1976) ข้อเด่นของการใช้วัสดุ a-Si:H คือ [14, 15]

- สามารถปลูกฟิล์มบนแผ่นฐานได้หลายชนิด
- กระบวนการผลิตใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 300 ^{O}C
- สามารถเคลือบเป็นพื้นที่กว้างอย่างสม่ำเสมอ
- วัสดุ a-Si:H สามารถ dope ให้เป็นชนิด p - และ n - type ได้ง่าย โดยใช้ฟอสฟอรัสและโบรอนตามลำดับ
- มีสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงสูงมากในย่าน peak ของ sprectrum แสงอาทิตย์ ทำให้ไม่ต้องการฟิล์มหนา นั่นคือต้นทุนการผลิตจะต่ำกว่าผลึกซิลิคอน
- สามารถผลิตเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด integrated และ monolithic ได้ง่าย

5.3 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H

เซลแสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนประกอบด้วยแผ่นฐานซึ่งเป็นแก้วและชั้นต่างๆ ที่ปลูกซ้อนกันคือ Glass / TCO / p-i-n (a-Si:H) / Al รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนรอยต่อแบบ Homojunction



รูปที่ 5.1 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนรอยต่อ Homojunction มีขั้วไฟฟ้าเป็น ITO / SnO_2 และ Al

ขั้วโปร่งแสง (Transparent Conductive Oxide: TCO)

ขั้วโปร่งแสงที่เคลือบอยู่บนผิวกระจกทำหน้าที่เป็นแผ่นฐานในการปลูกฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน ตามปกติจะใช้ SnO_2/ ITO (Indium Thin Oxide) เป็นขั้วโปร่งแสง SnO_2 มีราคาถูกและมีสภาพการนำไฟฟ้าสูงกว่า ITO ส่วน ITO เป็นสารประกอบของ $Sn0_2$ และ In_2O_3 อัตราส่วนของ Sn:In เท่ากับ 5:95 โดย ITO มีความหนาแน่นต่ำกว่า SnO_2 แต่ราคาแพง

ชั้น p-i-n

ชั้น p เป็นวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนที่โด๊ปด้วยโบรอน (B) ทำหน้าที่เป็นหน้าต่างรับแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ นิยมใช้ p-a-Si:H หรือ p-a-SiC:H หรือ p-μc-Si:H ตามปกติชั้น p หนาประมาณ 150-200 Å

ชั้น i เป็นวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิด undoped ทำหน้าที่เป็นชั้นผลิต electron - hole pairs เมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ถูกกระตุ้นโดยแสงอาทิตย์ โดยทั่วไปชั้น i หนาประมาณ 5000-6000 Å

ชั้น n เป็นไมโครคริสตอลไลน์ (μc-Si) [16] ที่โด๊ปด้วยฟอสฟอรัส (P) ทำหน้าที่เพิ่ม built in potential ในเซลล์แสงอาทิตย์ให้สูงขึ้น และทำเป็นขั้วโอมห์มิกได้ง่าย โดยขั้วโอมห์มิกที่ใช้เป็น Al ซึ่งช่วยให้แสงสะท้อนกลับเข้าสู่ชั้น i ได้ดีขึ้น โดยทั่วไปชั้น n มีความหนาประมาณ 400-500 Å และ ขั้ว Al หนาประมาณ 4000-5000Å

5.4 การประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด a-Si:H

ตัวอย่างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนที่ใช้ศึกษา ประดิษฐ์โดยวิธี glow discharge plasma CVD บนแผ่นฐานกระจกใสเคลือบด้วย TCO (Transparent Conductive Oxide) ที่ผิวบน เซลล์แสงอาทิตย์เป็นอะลูมิเนียม (Glass / TCO / p-i-n /Al) โดยมีเงื่อนไขการปลูกเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เงื่อนไขการปลูกฟิล์มชั้น p-i-n ของเซลล์แสงอาทิตย์

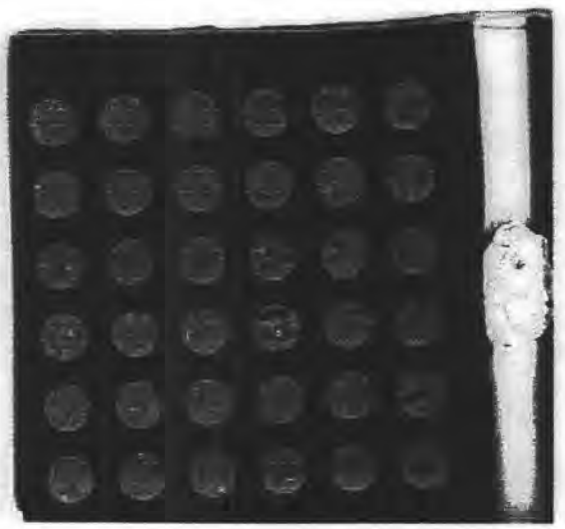
	p (a-Si:H)	i (a-Si:H)	n (μc-Si:H)
Thickness (Å)	200	5000	400
Substrate temp (T_s °C)	200	200	200
Pressure (Torr)	1.3	1.0	1.1
Flow rate (sccm)	SiH_4:B_2H_6 = 10:50	SiH_4 = 20	SiH_4:PH_3 = 10:50

หมายเหตุ ถังก๊าซ $SiH_4 / H_2 = 10\%$

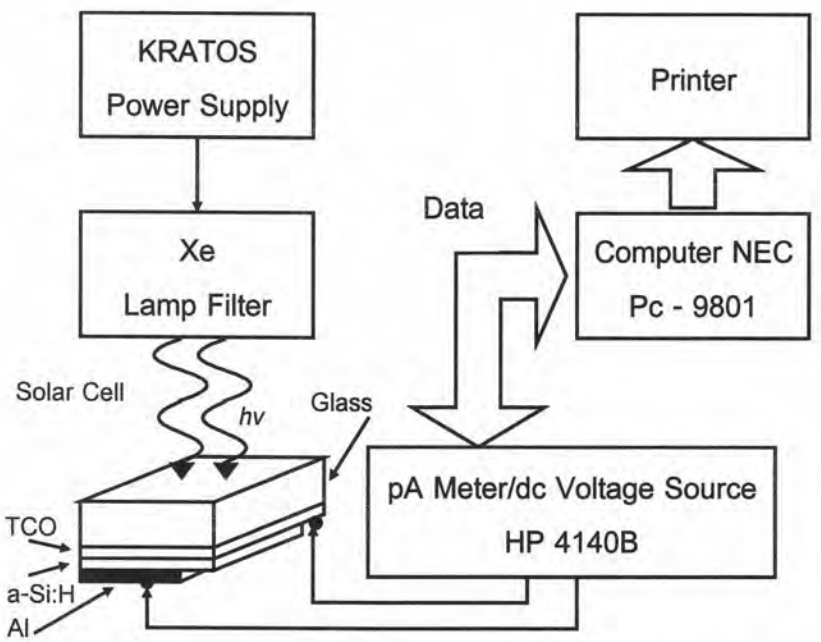
ถังก๊าซ $B_2H_6 / H_2 = 500$ ppm

ถังก๊าซ $PH_3 / H_2 = 500$ ppm

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ประดิษฐ์ถูกนำมาวัดลักษณะสมบัติเอาต์พุตภายใต้ความเข้มแสง 100 mW/cm^2 ด้วยเครื่อง Solar Simulator รูปที่ 5.2 แสดงภาพถ่ายเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนที่ประดิษฐ์ขึ้น รูปที่ 5.3 และ5.4 แสดงการวัดลักษณะสมบัติเอาต์พุตของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเครื่อง Solar Simulator รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะสมบัติเอาต์พุตของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งได้ผลดังนี้ กระแสไฟฟ้าลัดวงจร = 16.94 mA/cm^2 แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด = 0.865 V ฟิลแฟกเตอร์ = 0.456 และ ประสิทธิภาพ = 6.68%

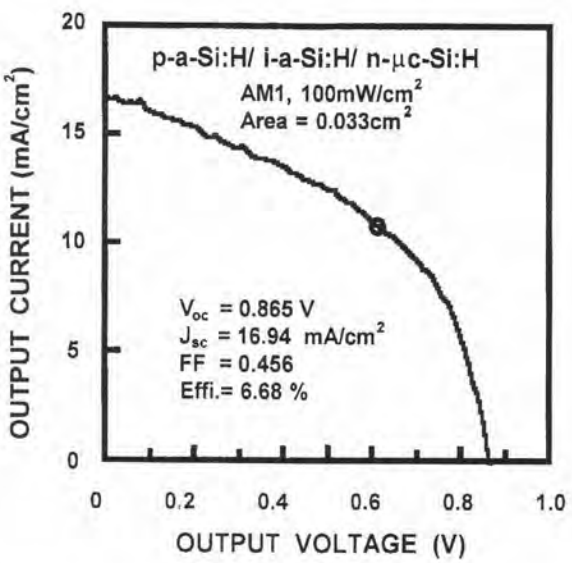


รูปที่ 5.2 ภาพถ่ายเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนที่ประดิษฐ์ในวิทยานิพนธ์



รูปที่ 5.3 แผนภูมิการวัดลักษณะสมบัติเอาต์พุตของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเครื่อง Solar Simulator

รูปที่ 5.4 ภาพถ่ายระบบการวัดลักษณะสมบัติเอาต์พุตของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยเครื่อง Solar Simulator



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตและกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน ภายใต้แสง AM1 ($100mW/cm^2$)

5.5 สรุป

ประสบความสำเร็จในการประดิษฐ์เซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางชนิด a-Si:H โครงสร้างรอยต่อโฮโม (p a-Si:H/i a-Si:H/n μc-Si:H) โดยใช้เงื่อนไขของอุณหภูมิแผ่นฐานในการปลูกฟิล์มที่มีความหนาแน่นของ defects น้อยที่สุดและมีค่า photoconductivity สูงที่สุดคือ ที่อุณหภูมิแผ่นฐาน 200°C ดังข้อมูลที่ได้จากบทที่ 3 และบทที่ 4

ลักษณะสมบัติเอาต์พุทของเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางชนิด a-Si:H ที่ประดิษฐ์ได้คือ กระแสไฟฟ้าลัดวงจร = 16.94 mA/cm^2 แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด = 0.865 V ฟิลแฟกเตอร์ = 0.456 และประสิทธิภาพ = 6.68%