

การศึกษาฟิล์มเอ็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน และการประยุกต์ใช้เป็น ชั้นด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโร

Study of N-type Hydrogenated Amorphous Silicon Film and Its Applications as Heterojunction Solar Cells Rear Layer

¹อภิชาต มุลลาคอร์ ¹ทวีวัฒน์ กระจ่างสังข์ ¹สรพงศ์ อินธิแสง ¹อัศวิน หงษ์สิงห์ทอง

¹กอบศักดิ์ ศรีประภา ²ณัฐพงษ์ บริรักษ์สันติกุล ¹จรัญ ศรีธาราธิคุณ

¹ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (STL), ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)

112 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทร 02-564 7000 (ต่อ 2715)

²สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท., บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)

E-mail address: apichan.moollakorn@nectec.or.th

บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอการหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการสร้างฟิล์มบางชนิดเอ็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน (n-a-Si:H) เพื่อใช้เป็นชั้นสร้างสนามไฟฟ้าด้านหลังช่วยให้อัตรากระแสไฟฟ้าลัดวงจร (J_{sc}) ของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรเพิ่มขึ้น โดยวิธีการปรับอัตราการใช้ของก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และความเข้มข้นของสารเจือด้วยก๊าซฟอสฟีน (PH_3) ในการสร้างฟิล์ม จากนั้นจึงได้นำเงื่อนไขการสร้างฟิล์มที่ดีที่สุดมาประยุกต์ใช้ในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์และได้ทำการศึกษาผลของความหนาของชั้นเอ็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนต่อเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้าง Front grid contact/Indium thin oxide (ITO)/ p-type microcrystalline silicon oxide (p- μ c-SiO:H)/n-type silicon wafer (n-c-Si) / n-a-Si:H/back contact (Silver/Aluminum : Ag/Al) จากผลการทดลองพบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชั้นเอ็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนเป็นส่วนประกอบด้านหลังมีค่าประสิทธิภาพ (Efficiency) ที่สูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีชั้นดังกล่าวเนื่องจากผลของ กระแสไฟฟ้าลัดวงจร และแรงดันดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่สูงกว่า และจากผลของการปรับความหนาของชั้นเอ็นอะมอร์ฟัสซิลิคอนนี้ทำให้สามารถสร้างเซลล์อาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพ 16.4%

คำสำคัญ: ชั้นฟิล์มบางซิลิคอน, เอ็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน, เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนรอยต่อเฮเทอโร

Abstract

This paper presents the optimization of n-type hydrogenated amorphous silicon (n-a-Si:H) film for use as the back surface field layer to enhance the short circuit current density (J_{sc}) of the hetero-junction solar cell. The effect of hydrogen (H_2) dilution and doping concentration using phosphine (PH_3) gas were investigated. As a result, the condition of those films and the effect of its thickness were studied via the fabrication of solar cells using front grid contact/indium thin oxide (ITO)/ p-type microcrystalline silicon oxide (p- μ c-SiO:H)/n-type silicon wafer (n-c-Si) / n-a-Si:H/back

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

contact (Silver/Aluminum : Ag/Al) structure. It was found that the solar cells with n-a-Si:H had a better conversion efficiency (Eff.) due to the higher J_{sc} as well as the V_{oc} compared the solar cell without n-a-Si:H. With the optimum thickness of the n-a-Si:H layer the Efficiency of 16.4%

Keywords: Thin film silicon layer, N-type hydrogenated amorphous silicon, Crystalline silicon heterojunction solar cell

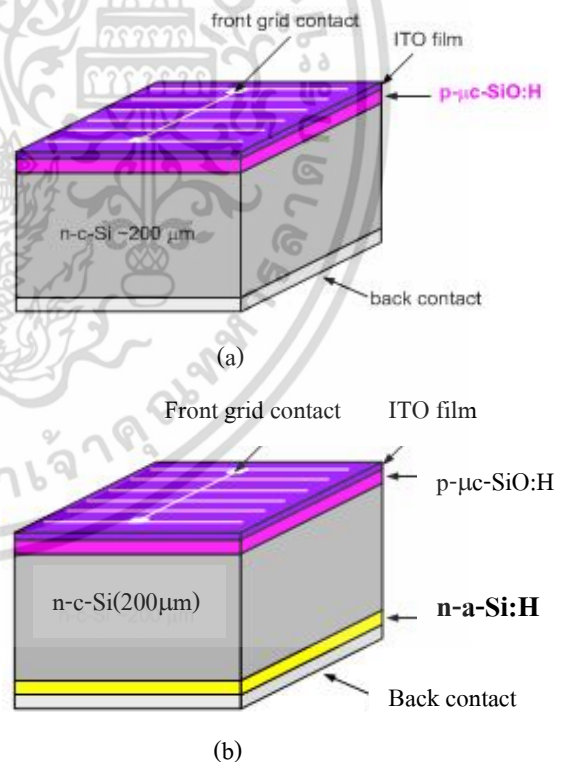
1. บทนำ

ด้วยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) โดยห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (STL) ซึ่งเป็นหน่วยงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นบริษัทพลังงานแห่งชาติของประเทศไทยได้ตระหนักว่าบทบาทของพลังงานจากแสงอาทิตย์จะเป็นพลังงานที่มีบทบาทต่อการดำรงชีวิต และเป็นพลังงานที่สะอาดก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย จึงได้มีโครงการร่วมวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรบนฐานรองผลึกเดี่ยวซิลิคอนชนิดเอ็น เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีต้นน้ำของกระบวนการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรบนฐานรองผลึกเดี่ยวซิลิคอนที่มีตามท้องตลาด ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า 20% [1]

งานวิจัยนี้ได้เน้นการพัฒนาชั้นขั้วด้านหลัง (Back surface field) โดยใช้ชั้นอะมอร์ฟัสซิลิคอนชนิดเอ็น (Hydrogenated amorphous silicon n-type: n-a-Si:H) ระหว่างชั้น n-c-Si/ back metal contact เป็น n-c-Si/ n-a-Si:H/back contact ดังแสดงเปรียบเทียบในรูปที่ 1(a) front grid/ ITO/ p- μ c-SiO:H/ n-c-Si/ back metal contact และ 1(b) [2] front grid/ ITO/ p- μ c-SiO:H/ n-c-Si/ n-a-Si:H/ back metal contact เนื่องจากเซลล์โครงสร้างชนิด 1(a) ยังมีการสูญเสียประจุพาหะจากการรวมตัวที่ผิวด้านหลังระหว่างรอยต่อ n-c-Si/ back contact ซึ่งชั้น n-a-Si:H สามารถเตรียมได้จากวิธี 60 MHz Very High Frequency-Plasma enhanced chemical vapor deposition (VHF-PECVD) โดยมีอุณหภูมิในการสร้างต่ำกว่า 200 องศาเซลเซียส [3]

การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์จากภาพจำลองลักษณะแผนภูมิแถบพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด

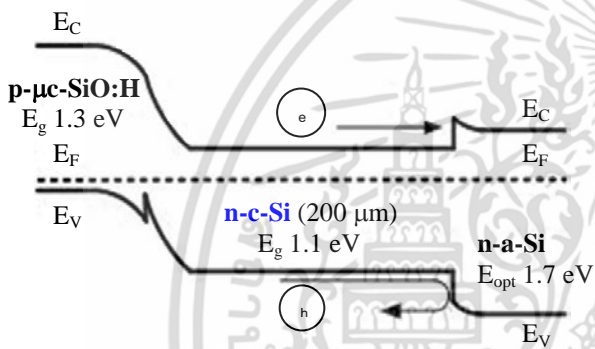
รอยต่อเฮเทอโรฯ ในรูปที่ 2 นั้น แสงจะส่องเข้าทางด้านชั้น ITO /p- μ c-SiO:H และแผ่นผลึก n-c-Si ตามลำดับ โดยแสงส่วนใหญ่จะทะลุผ่านชั้น ITO /p- μ c-SiO:H เข้าไปเนื่องจากเป็นชั้นรับแสงด้านหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์และมีค่าของช่องว่างพลังงาน (Energy gap) กว้างกว่าแผ่นผลึกเดี่ยวซิลิคอนชนิดเอ็น (n-c-Si) ดังนั้น ชั้น p- μ c-SiO:H จึงทำหน้าที่เสมือนชั้นหน้าต่างและสร้างแรงดันไฟฟ้าภายใน (Built-in Potential) ให้แก่เซลล์แสงอาทิตย์ แสงจะถูกดูดกลืนโดยแผ่นผลึก n-c-Si ทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลขึ้น



รูปที่ 1 โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรบนฐานรองผลึกซิลิคอน (a) Without n-a-Si:H rear layer (b) With n-a-Si:H rear layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งโวลต์ที่เกิดขึ้นจะถูกสนามไฟฟ้าภายในแยกให้ไหลออกสู่ภายนอกผ่านทางด้านชั้น p- μ c-SiO:H/ITO และ front grid ส่วนอิเล็กตรอนก็จะไหลไปทางด้านชั้น n-a-Si:H และ back contact ในโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชั้น n-a-Si:H ที่อยู่ด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์มีค่าของช่องว่างพลังงานกว้างกว่าแผ่นผลึก n-c-Si ทำให้มีค่าความต่างของแถบวาเลนซ์ (Valence band offset) เกิดเป็นกำแพงด้าน (barrier) แสดงในรูปที่ 2 ทำให้โวลต์ที่เกิดบริเวณรอยต่อของ n-c-Si/n-a-Si:H ถูกผลักกลับออกไปทางด้านชั้น p- μ c-SiO:H ได้มากขึ้น ทำให้การรวมตัว (Recombination) ของอิเล็กตรอนกับโฮลที่บริเวณรอยต่อ n-c-Si/n-a-Si:H ลดลง [4] ส่งผลให้กระแสของเซลล์มีค่าเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2 ภาพจำลองลักษณะแผนภูมิแถบพลังงานของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรจังก์ชันบนฐานรองผลึกเดี่ยวซิลิคอนชนิดเอ็นที่มีชั้น n-a-Si:H back surface field

2. วิธีการทดลอง

2.1 การสร้างฟิล์ม n-a-Si:H

ฟิล์ม n-a-Si:H จะถูกสร้างบนฐานรองกระจกชนิด soda lime ขนาด 3 cm x 3 cm ด้วยเทคนิค Very high frequency plasma enhanced chemical vapor deposition (VHF PECVD) ที่ความถี่ 60 MHz โดยมีก๊าซดิบประกอบด้วย Silane (SiH_4) Hydrogen (H_2) และ Phosphine (PH_3) โดยได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของฟิล์ม n-a-Si:H ต่ออัตราส่วนก๊าซ H_2/SiH_4 และ PH_3/SiH_4 เพื่อให้เหมาะสมแก่การนำไปประยุกต์ใช้เป็นชั้นด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรจังก์ชันบนฐานรองผลึกเดี่ยวซิลิคอนชนิดเอ็น จากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความนำไฟฟ้าและค่า Activation energy ของฟิล์ม n-a-Si:H รายละเอียดเงื่อนไขการสร้างฟิล์มแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการสร้างฟิล์มบางชนิด n-a-Si:H

อุณหภูมิของฐานรอง ($^{\circ}\text{C}$)	160
คลื่นความถี่ (MHz)	60
ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้า (W/cm^2)	0.025
SiH_4	10
H_2	30-100
PH_3 3% H_2 diluted (sccm)	2.1-5.7
ความดันก๊าซ (mTorr)	500
ความหนาฟิล์ม (nm)	~ 200

2.2 การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อแบบเฮเทอโรจังก์ชันบนฐานรองผลึกเดี่ยวซิลิคอนชนิดเอ็น

การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรจังก์ชัน เริ่มจากนำแผ่นผลึกเดี่ยวซิลิคอนชนิดเอ็นที่มีความต้านทาน (Resistivity) ประมาณ 1 ถึง 5 Ωcm มาทำความสะอาด จากนั้นทำการสร้างชั้น p- μ c-SiO:H ที่ด้านหน้า [2] และสร้างชั้น n-a-Si:H ที่ด้านหลังของแผ่นผลึกซิลิคอนชนิดเอ็น โดยเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของอัตราส่วนของก๊าซ PH_3/SiH_4 และความหนาของฟิล์ม n-a-Si:H จากนั้นทำการเคลือบชั้นนำไฟฟ้าโปร่งแสง ITO และสร้างขั้วโลหะที่ด้านหน้าและด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์ ดังแสดงในรูปที่ 1(b) และรายละเอียดเงื่อนไขการสร้างชั้น n-a-Si:H ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เงื่อนไขการสร้างชั้น n-a-Si:H

อุณหภูมิของฐานรอง ($^{\circ}\text{C}$)	160
คลื่นความถี่ (MHz)	60
ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้า (W/cm^2)	0.025
SiH_4	10
H_2	80
PH_3 3% H_2 diluted (sccm)	4-6
ความดันก๊าซ (mTorr)	500
ความหนาฟิล์ม (nm)	0-40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

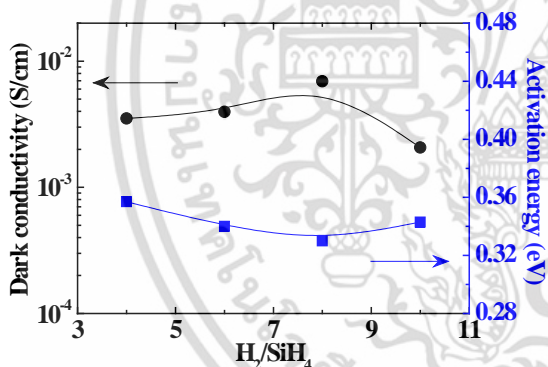
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

3.1 การสร้างฟิล์มบาง n-a-Si:H

3.1.1 ผลของอัตราส่วนก๊าซ H_2/SiH_4

เพื่อที่จะศึกษาการปลูกฟิล์ม n-a-Si:H ให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมแก่การนำไปประยุกต์ใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรฯ จึงได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ H_2/SiH_4 ที่มีผลต่อค่าความนำไฟฟ้าและค่าพลังงานกระตุ้น (E_a) ในการทดลองนี้ได้ทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ H_2/SiH_4 จาก 3 ถึง 10 และใช้อัตราส่วนของก๊าซ PH_3/SiH_4 [5] ที่ 0.13 รูปที่ 4 แสดงค่าความนำไฟฟ้าและค่า E_a ของฟิล์ม n-a-Si:H กับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน H_2/SiH_4 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของ H_2/SiH_4 เพิ่มขึ้นจาก 4 ถึง 8 ค่าความนำไฟฟ้าของฟิล์ม n-a-Si:H มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 3.5×10^{-3} S/cm ถึง 6.9×10^{-3} S/cm ในขณะที่ค่า E_a มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.35 eV

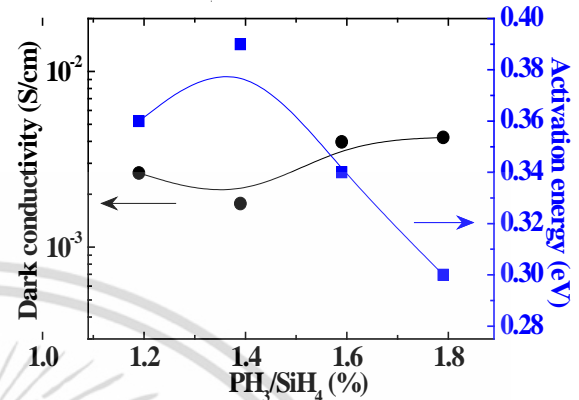


รูปที่ 4 ความนำไฟฟ้าและ E_a ของฟิล์ม n-a-Si:H กับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน H_2/SiH_4

3.1.2 ผลอัตราส่วนของก๊าซ PH_3/SiH_4

จากนั้นได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของ PH_3/SiH_4 ที่มีต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์ม n-a-Si:H โดยทำการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของก๊าซ PH_3/SiH_4 จาก 1.2 ถึง 1.8 และใช้อัตราส่วนของก๊าซ H_2/SiH_4 เท่ากับ 6 รูปที่ 5 แสดงค่าความนำไฟฟ้าและค่า E_a ของฟิล์ม n-a-Si:H กับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนก๊าซ PH_3/SiH_4 พบว่าเมื่ออัตราส่วนของ PH_3/SiH_4 เพิ่มขึ้นจาก 1.2 ถึง 1.8 ค่าความนำไฟฟ้าก็จะมีแนวโน้มสูงขึ้นจาก 1.8×10^{-3} S/cm ถึง

4.2×10^{-3} S/cm ในขณะที่ค่า E_a มีค่าลดลงจาก 0.39 eV เป็น 0.30 eV ที่อัตราส่วนของ PH_3/SiH_4 เพิ่มขึ้นจาก 1.4 ถึง 1.8

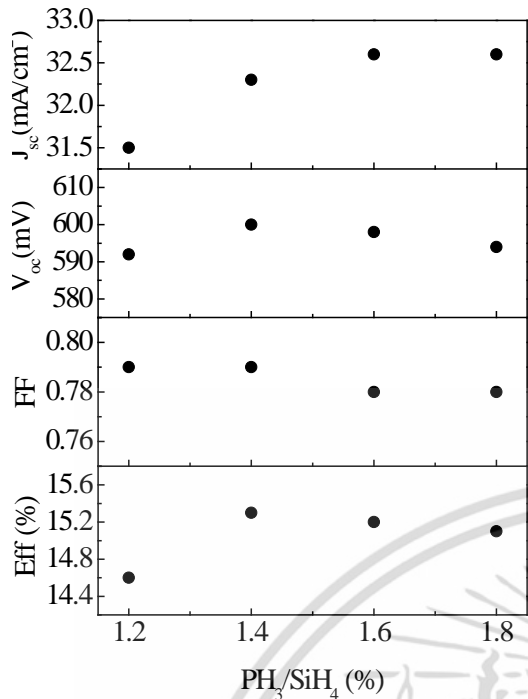


รูปที่ 5 ความนำไฟฟ้าและ E_a ของฟิล์ม n-a-Si:H กับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน PH_3/SiH_4

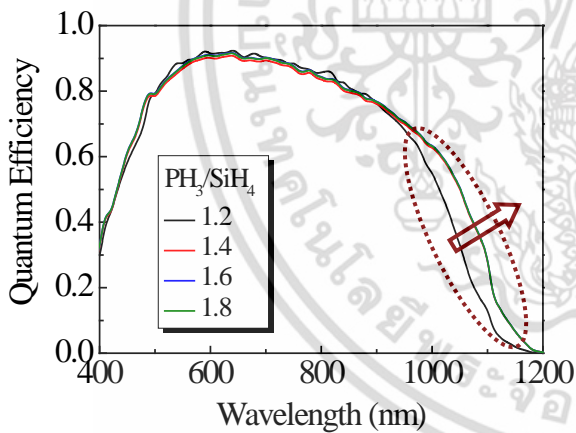
3.2 การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อแบบเฮเทอโรบนฐานรองผลึกเดี่ยวซิลิคอนชนิดอื่น

3.2.1 ผลของอัตราส่วนก๊าซ PH_3/SiH_4

การศึกษาผลของความนำไฟฟ้าในฟิล์มชั้น n-a-Si:H ที่มีต่อค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรฯ คณะวิจัยได้ทำการทดลองการเปลี่ยนอัตราส่วนของก๊าซ PH_3/SiH_4 จาก 1.2 เป็น 1.8 จากรูปที่ 6 พบว่าค่า J_{sc} มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจาก 31.5 mA/cm² เป็น 32.6 mA/cm² กับการเพิ่มขึ้นของอัตราส่วน PH_3/SiH_4 จาก 1.2 เป็น 1.8 ในขณะที่ค่า V_{oc} เพิ่มสูงขึ้นจาก 592 mV เป็น 600 mV และมีแนวโน้มลดลงที่อัตราส่วน PH_3/SiH_4 เท่ากับ 1.8 ส่วนค่า FF มีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มากซึ่งค่าอยู่ระหว่าง 0.78 ถึง 0.79 จากการทดลองนี้ได้ค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่อัตราส่วนของก๊าซ PH_3/SiH_4 ที่ 1.4 จากรูปที่ 7 แสดงผล Quantum efficiency (QE) กับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน PH_3/SiH_4 พบว่าที่ความยาวคลื่นระหว่าง 900 nm ถึง 1200 nm ที่อัตราส่วนของ PH_3/SiH_4 เท่ากับ 1.2 มีค่า QE ต่ำที่สุดซึ่งเป็นผลมาจากฟิล์ม n-a-Si:H มีค่า Activation energy (E_a) ไม่ต่ำพอจึงอาจทำให้เกิดการรวมตัวของพาหะที่ด้านหลังเซลล์ที่สูงขึ้น [6]



รูปที่ 6 เปรียบเทียบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรกับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของก๊าซ PH₃/SiH₄ ในชั้น n-a-Si:H

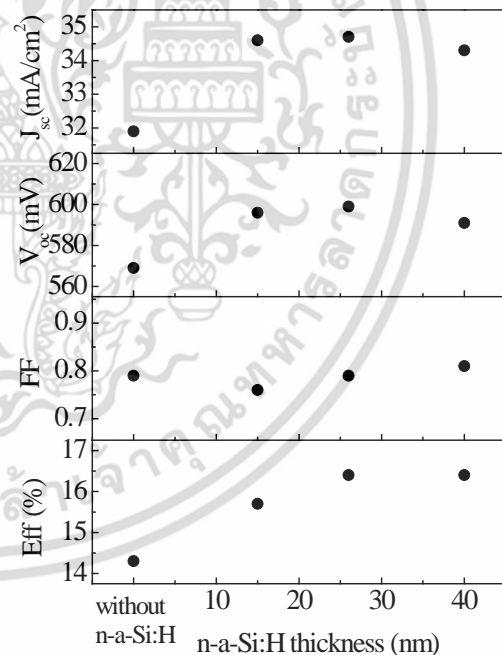


รูปที่ 7 การตอบสนองต่อสเปกตรัมแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรกับการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของก๊าซ PH₃/SiH₄ ในชั้น n-a-Si:H

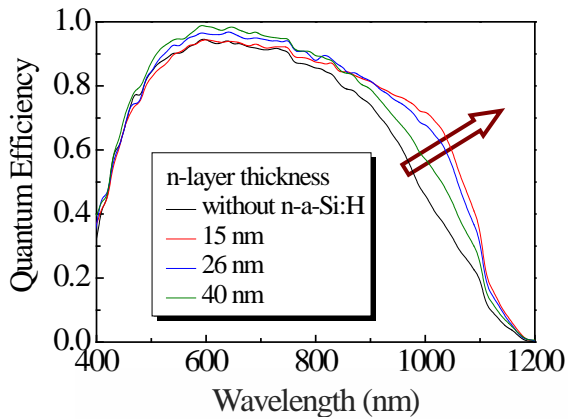
3.2.2 ผลความหนาฟิล์ม n-a-Si:H

ในส่วนนี้ได้ทำการพัฒนาโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรโรให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วยการเพิ่มขึ้น n-a-Si:H ที่ด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการทดลองพบว่าค่า J_{sc} ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชั้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n-a-Si:H เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีชั้น n-a-Si:H ดังแสดงในรูปที่ 8 ค่า J_{sc} เพิ่มขึ้นจาก 31.9 mA/cm² เป็น 34.7 mA/cm² และค่า V_{oc} เพิ่มขึ้นจาก 569 mV เป็น 599 mV ที่ชั้น n-a-Si:H มีความหนาระหว่าง 15 nm ถึง 26 nm จากผลการทดลองนี้ทำให้ได้เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดที่ชั้น n-a-Si:H หนาเท่ากับ 26 nm และในรูปที่ 9 แสดงผลการวัดค่า QE ของเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีชั้น n-a-Si:H เป็นชั้นด้านหลังจะมีการตอบสนองทางแสงในช่วงความยาวคลื่นยาวสูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่ไม่มีชั้น n-a-Si:H เป็นชั้นด้านหลัง แต่การเพิ่มความหนาของชั้น n-a-Si:H ที่มากขึ้นจะทำให้การตอบสนองทางแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ในช่วงความยาวคลื่นยาว 800 nm ถึง 1200 nm มีค่าลดลงเนื่องมาจากการดูดกลืนแสงที่สะท้อนกลับมายังแผ่นผลึกซิลิคอนจากขั้วโลหะที่ด้านหลังเซลล์ฯ ได้น้อยลงไปด้วยตามความหนาที่เพิ่มขึ้น [7]



รูปที่ 8 เปรียบเทียบคุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรโรที่ความหนาของชั้น n-a-Si:H ต่างๆ



รูปที่ 9 การตอบสนองต่อสเปกตรัมแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรที่ความหนาของชั้น n-a-Si:H ต่างๆ

4. สรุป

คณะวิจัยได้ทดลองสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรบนฐานรองผลึกเดี่ยวซิลิคอนชนิดเอ็น โดยมีชั้น n-a-Si:H เป็นชั้นด้านหลังระหว่าง n-c-Si และ back contact เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์จากการทดลองพบว่าสามารถเพิ่มค่า J_{sc} ให้สูงขึ้นได้ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเซลล์เพิ่มขึ้น ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ถูกพัฒนาขึ้นโดยการศึกษาผลอัตราส่วนของก๊าซ H_2/SiH_4 และก๊าซ PH_3/SiH_4 ที่มีผลต่อคุณสมบัติฟิล์ม n-a-Si:H ให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน และจากการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรอยต่อเฮเทอโรฯ พบว่าสามารถเพิ่มค่า J_{sc} จาก 31.9 เป็น 34.7 mA/cm^2 ได้ ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีค่าประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจาก 14.6 % [2] เป็น 16.4 % ($V_{oc} = 599$ mV, $J_{sc} = 34.7$ mA/cm^2 , $FF = 0.79$) บนพื้นที่ 1 cm^2 ซึ่งเป้าหมายของการพัฒนาประสิทธิภาพของเซลล์ต่อไป จะเน้นการเพิ่มความต่างศักย์วงจรเปิด (V_{oc}) ของเซลล์ โดยศึกษาการเพิ่มค่าเวลาการรวมตัวของประจุพาหะ (Effective lifetime) ต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากปตท. (P1201021) และ เนคเทคแพลตฟอร์ม (P1100904)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] M. Taguchi A. Yano S. Tohoda K. Matsuyama, Y. Nakamura T. Nishiwaki K. Fujita and Maruyama, "24.7% Record efficiency HIT solar cell on thin silicon wafer," IEEE Jour. Photovoltaics, Vol.4, No.1, pp.96-99, January, 2014.
- [2] Apichan Moollakorn et al, "Study of P-type Hydrogenated Microcrystalline Silicon Oxide and Its Application to Heterojunction Solar Cells," Ladkrabang Engineering Journal, Vol.30, No.3, pp.55-59, September, 2556.
- [3] J. Sritharathikhun et al, "Optimization of Amorphous Silicon Oxide Buffer Layer for High-Efficiency p- Type Hydrogenated Microcrystalline Silicon Oxide/n-Type Crystalline Silicon Heterojunction Solar Cells," Jpn. J. Appl. Phys., Vol.47, 2008.
- [4] Wilfried G.J.H.M. van Sark Lars Korte and Francesco Roca(Eds), "Physics and Technology of Amorphous-Crystalline Heterostructure Silicon," Engineering Materials, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.
- [5] L. Korte and M. Schmidt, "Investigation of gap states in phosphorus-doped ultra-thin a-Si:H by near-UV photoelectron spectroscopy," Non-Cryst. Journal Sol, pp.2138-2143, 2008.
- [6] C. Leendertz and R. Stang, "Modiling an a-Si:H/c-Si solar cell with AFORS-HET in physics and technology of amorphous-crystalline heterostructure silicon solar cells," Eds., Springer, 2012.
- [7] Silvia Matrin Denicolos, "a-Si:H/c-Si heterojunction solar cell : back side assessment and improvement," PhD Thesis Laboratoire de Gene Electrique Universite Paris-Sud, Paris (France), 2012.