ศึกษาการสร้างฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอนเจอร์เมเนียมเพื่อใช้เป็นชั้นดูดกลืนแสงสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนโครงสร้างเซลล์ซ้อน a-Si:H/a-SiGe:H

Study of an Amorphous Silicon Germanium Films for Use as an Absorber Layer of Bottom Cell in a-Si:H/a-SiGe:H Tandem Solar Cells

[1]อภิชาญ มูลละคร [2]รังสรรค์ เมืองเหลือ [1]สรพงศ์ อินธิแสง [1]ทวีวัฒน์ กระจ่างสังข์ [1]พีระวุฒิ ชินวรรังสี
[1]ทรงเกียรติ กิตติสนธิรักษ์ [1]อัศวิน หงษ์สิงห์ทอง [1]จรัญ ศรีธาราธิคุณ [1]กอบศักดิ์ ศรีประภา

[1]ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (STL), ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC)
112 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทร 02-564 7000 (ต่อ 2720)
[2]ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการศึกษาการสร้างฟิล์มบางชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนเจอร์เมเนียม (a-SiGe:H) ให้มีช่องว่างพลังงานแสง (Optical bandgap; E_{opt}) ประมาณ 1.5-1.6 eV เพื่อนำไปใช้เป็นชั้นดูดกลืนแสงของเซลล์ชั้นล่าง (Bottom Cell) สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้างเซลล์ซ้อนของอะมอร์ฟัสซิลิคอน (a-Si:H) และอะมอร์ฟัสซิลิคอนเจอร์เมนเนียม ด้วยเทคนิค Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD) โดยปรับการปรับอัตราส่วนของก๊าซ ได้แก่ ก๊าซเจอร์เมน (GeH_4) ก๊าซไซเลน (SiH_4) และ ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าจากการปรับก๊าซ พบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของก๊าซ $GeH_4/(SiH_4+GeH_4)$ และ $SiH_4/(SiH_4+GeH_4)$ จะทำให้ค่าของช่องว่างพลังงานลดลงและมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเสื่อมลง สำหรับการปรับอัตราส่วนของก๊าซ $H_2/(SiH_4+GeH_4)$ นั้นพบว่าจะทำให้ค่าช่องว่างพลังงานเพิ่มขึ้นในขณะที่คุณสมบัติทางไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เงื่อนไขของฟิล์ม a-SiGe:H ที่มีช่องว่างพลังงานประมาณ 1.53 eV ถูกนำไปประยุกต์ใช้สร้างเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอนที่มีโครงสร้างเซลล์ซ้อนแบบสองชั้น (a-Si:H/a-SiGe:H) พบว่าฟิล์มบาง a-SiGe:H ดังกล่าวมีความเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้เป็นชั้นดูดกลืนแสงสำหรับเซลล์ล่าง ซึ่งจากผลการทดลองสามารถสร้างเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้างซ้อนที่มีประสิทธิภาพ 10.8% (V_{oc} 1.71 V, FF 0.67, J_{sc} 9.4 mA/cm^2) บนพื้นที่ขนาด 1 cm^2

คำสำคัญ : ชั้นดูดกลืนแสง, อะมอร์ฟัสซิลิคอน, อะมอร์ฟัสซิลิคอนเจอร์เมเนียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This paper presents the study of the deposition of hydrogenated amorphous silicon germanium (a-SiGe:H) films with the optical bandgap (E_{opt}) target of 1.5-1.6 eV for use as the bottom-layer of a-Si:H/a-SiGe:H tandem solar cells by using plasma enhance chemical vapor deposition technique (PECVD). The source gases consist of Silane (SiH_4), Germane (GeH_4) and Hydrogen (H_2) on films property were studied. It was found that the E_{opt} of the films was decreased with increasing the $GeH_4/(SiH_4+GeH_4)$ and $SiH_4/(SiH_4+GeH_4)$ ratio. However, the electrical property of those films was decreased. For the variation of $H_2/(SiH_4+GeH_4)$ ratio, it was found that the E_{opt} of the films was increased while the electrical property was slightly decreased. The condition of the 1.53 eV a-SiGe:H film was applied to the bottom cell of a-Si:H/a-SiGe:H tandem solar cells. As a result, high efficiency solar cell of 10.8% (V_{oc} 1.71 V, FF 0.67, J_{sc} 9.4 mA/cm^2) was successfully achieved.

Keywords : Absorber layer, Hydrogenated amorphous silicon, Hydrogenated amorphous silicon germanium

1. บทนำ

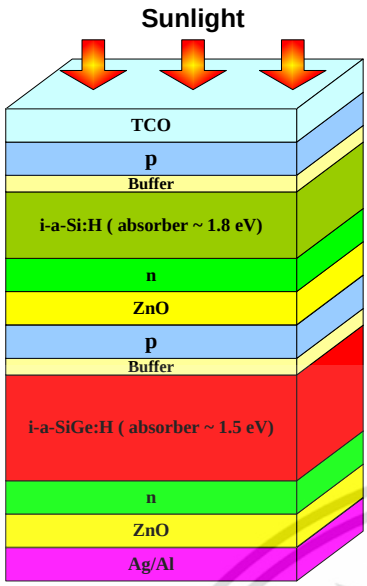
เซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งพลังงานดังกล่าวถือเป็นพลังงานที่สะอาดและมีอยู่อย่างไม่จำกัด สำหรับประเทศไทยนั้นมีปริมาณของแสงอาทิตย์ที่มากตลอดทั้งปีซึ่งหากมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้งานก็จะได้รับประโยชน์เป็นอย่างมาก

ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ภายใต้สังกัดศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เป็นหน่วยงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ได้มีการทำวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์มาอย่างต่อเนื่อง ได้เล็งเห็นว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอน (Thin film silicon solar cell) เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานโดยเฉพาะในแถบประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งรวมถึงประเทศไทยด้วย เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดดังกล่าวนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิที่ต่ำ (Low temperature coefficient) เมื่อเปรียบเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น เช่น ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Monocrystalline silicon solar cell) และชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Polycrystalline silicon solar cell) ซึ่งเมื่อนำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนนี้ไปใช้งานจริงซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่า 50 °C จะทำให้ได้ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy yield) ที่ผลิตได้สูงกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิสูงชนิดอื่น

อย่างไรก็ตามเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนนี้ยังถือว่าเป็นชนิดที่มีประสิทธิภาพไม่สูงมากนัก ซึ่งแนวทางในการพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ให้เพิ่มสูงขึ้นนั้น โครงสร้างเซลล์ซ้อน (Tandem solar cell structure) [1] เป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่ง โดยโครงสร้างดังกล่าวนี้ได้นำเอาหลักการดูดกลืนแสงของวัสดุที่มีช่องว่างพลังงาน (Energy band gap) ที่ต่างกันสองชนิดมาสร้างทับซ้อนกัน ส่งผลให้ค่าประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้างนี้ มีค่าเพิ่มมากขึ้นอันเป็นผลมาจากแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิด (V_{oc}) ที่สูงขึ้น [2] สำหรับโครงสร้างเซลล์ซ้อนแบบอะมอร์ฟัสซิลิคอนกับอะมอร์ฟัสซิลิคอนเจอร์เมนเนียม (a-Si:H/a-SiGe:H) ดังแสดงในรูปที่ 1 นั้น เป็นโครงสร้างหนึ่งที่น่าสนใจในการพัฒนาเพื่อให้ได้เซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูง

งานวิจัยนี้ได้เน้นการพัฒนาคุณภาพฟิล์มบาง a-SiGe:H ทั้งทางแสงและทางไฟฟ้า จากนั้นนำเอาฟิล์มบางดังกล่าวที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้เป็นชั้นดูดกลืนแสงเซลล์ล่างของเซลล์แสงอาทิตย์ในโครงสร้างเซลล์ซ้อนแบบสองชั้น a-Si:H/a-SiGe:H ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ลักษณะโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนที่ทับซ้อนกันสองชั้น (a-Si:H/a-SiGe:H)

2. วิธีการทดลอง

2.1 การสร้างฟิล์ม a-SiGe:H

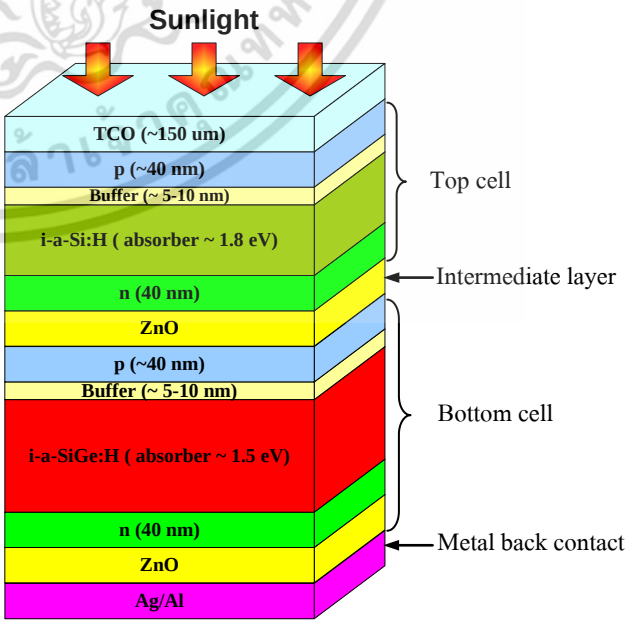
ในการสร้างฟิล์ม a-SiGe:H จะถูกสร้างบนกระจกฐานรองชนิด Soda lime ขนาด 3.0 cm × 3.0 cm ด้วยเทคนิค Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD) [3] ที่ความถี่ 27 MHz ภายในห้องเคลือบสุญญากาศโดยใช้ก๊าซไซเลน(SiH_4) ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) และก๊าซเจอร์เมนเนียม (GeH_4) เป็นก๊าซวัตถุดิบในการทดลอง คณะวิจัยได้พัฒนาคุณสมบัติฟิล์ม a-SiGe:H ด้วยการปรับอัตราส่วนของก๊าซ ได้แก่ $GeH_4/(SiH_4+GeH_4)$, $SiH_4/(SiH_4+ GeH_4)$ และ $H_2/(SiH_4+GeH_4)$ ตามลำดับ เพื่อหาคุณสมบัติของฟิล์ม a-SiGe:H ที่เหมาะสม ซึ่งรายละเอียดของเงื่อนไขในการสร้างฟิล์มแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นนำมาวัดและวิเคราะห์คุณสมบัติของฟิล์ม a-SiGe:H ด้วยการวัดค่าความนำไฟฟ้า (Conductivity; σ) ทั้งในสภาวะมืด (Dark conductivity; σ_d) และสภาวะฉายแสง (Photo conductivity; σ_{ph}) และค่าความกว้างของช่องว่างพลังงานแสง (Optical bandgap; E_{opt})

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการสร้างฟิล์มบางชนิด a-SiGe:H

อุณหภูมิของฐานรอง (°C)	180
คลื่นความถี่ (MHz)	27
ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้า (mW/cm^2)	50
ก๊าซเจอร์เมนเนียม (GeH_4; sccm)	0-20
ก๊าซไซเลน (SiH_4; sccm)	10-20
ก๊าซไฮโดรเจน (H_2; sccm)	80-180
ความดันก๊าซ (mTorr)	500
ความหนาฟิล์ม (nm)	~ 300

2.2 การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนโครงสร้างเซลล์ซ้อน (a-Si:H/a-SiGe:H)

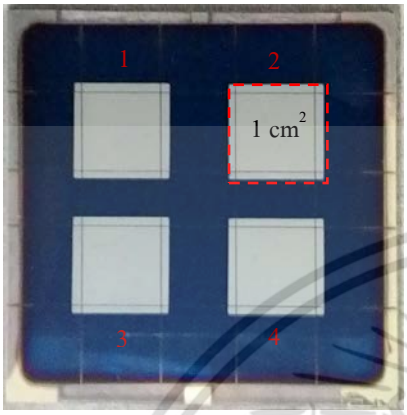
เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนโครงสร้างซ้อนแบบสองชั้น (a-Si:H/a-SiGe:H) ถูกสร้างบนกระจกฐานรองที่มีขั้วนำไฟฟ้าโปร่งแสง (Transparent Conductive Oxide, TCO) โดยเคลือบเซลล์ชั้นบน (Top cell) ใช้ฟิล์มบาง a-Si:H เป็นชั้นดูดกลืนแสง ส่วนเซลล์ชั้นล่าง (Bottom cell) จะใช้ฟิล์มบาง a-SiGe:H ซึ่งชั้นรอยต่อระหว่างเซลล์บนและล่างใช้ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และทำการเคลือบด้วยขั้วโลหะที่ด้านหลังของเซลล์แสงอาทิตย์ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างเซลล์ซ้อนแบบสองชั้น a-Si:H/a-SiGe:H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเคลือบขั้วโลหะ Ag/Al เสร็จแล้วนำมาตัดแบ่งเซลล์ด้วยเลเซอร์แสงสีเขียว (Green laser 532 nm) ซึ่งแต่ละเซลล์มีพื้นที่ขนาด 1 cm^2 ดังรูปที่ 3



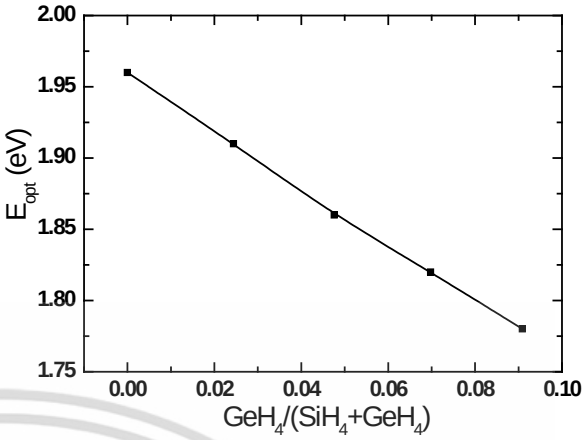
รูปที่ 3 ลักษณะเซลล์แสงอาทิตย์พื้นที่ขนาด 1 cm^2

3. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

3.1 การสร้างฟิล์มบาง a-SiGe:H

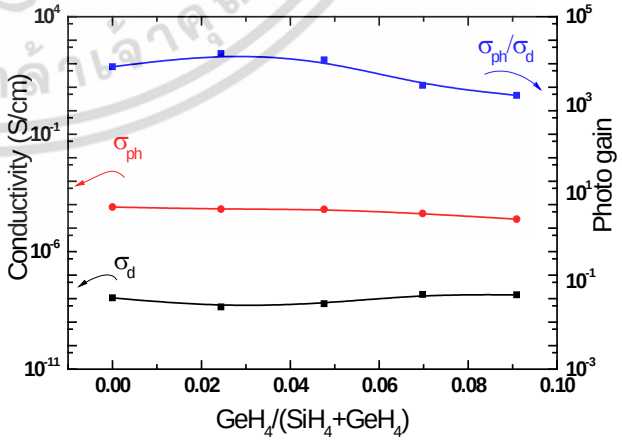
3.1.1 การปรับอัตราส่วนของก๊าซ $GeH_4/(SiH_4+GeH_4)$

เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่มี a-SiGe:H เป็นชั้นดูดกลืนแสงนั้นมีช่องว่างพลังงานที่แคบกว่าวัสดุ a-Si:H ดังนั้นการปรับช่องว่างพลังงานดังกล่าวให้มีค่าที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งานจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเริ่มต้นจากการหาเงื่อนไขการสร้างฟิล์มบางก่อน โดยช่องว่างพลังงานที่เหมาะสมสำหรับวัสดุนี้ควรจะอยู่ในช่วงประมาณ 1.5-1.6 eV ซึ่งขั้นตอนในการสร้างฟิล์มนี้จะพิจารณาจากคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าของฟิล์มบางที่ยังไม่มีก๊าซ GeH_4 เป็นสารเจือ จากนั้นจะทำการเติมสารเจือ GeH_4 ให้มากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อศึกษาผลของสารเจือต่อคุณสมบัติทางแสงและทางไฟฟ้าว่าเงื่อนไขใดมีค่าที่เหมาะสมในการนำไปสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนก๊าซ $GeH_4/(SiH_4+GeH_4)$ เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 0.09 จะส่งผลให้ค่า E_{opt} ของฟิล์มลดลงจาก 1.96 ถึง 1.78 eV ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณความเข้มข้นของ Ge ภายในโครงสร้างวัสดุ a-SiGe:H [4]



รูปที่ 4 ค่าช่องว่างพลังงานแสงของฟิล์ม a-SiGe:H ต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของก๊าซ $GeH_4/(SiH_4+GeH_4)$

เมื่อพิจารณาค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้าพบว่า ค่า σ_{ph} มีแนวโน้มลดลงจาก 7.9 x 10^{-5} S/cm เป็น 2.4 x 10^{-5} S/cm ในขณะที่ค่า σ_d มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก 1.09 x 10^{-8} S/cm เป็น 1.46 10^{-8} S/cm ดังรูปที่ 5 เพื่อให้ E_{opt} ลดลงด้วยการเพิ่มค่าปริมาณของก๊าซ GeH_4 นั้น ส่งผลต่อพันธะที่ขาดเพิ่มขึ้นในโครงสร้าง (Dangling Bond) และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนของ σ_{ph}/σ_d (Photo gain) พบว่ามีค่าสูงสุดที่อัตราส่วนก๊าซ $GeH_4/(SiH_4+GeH_4)$ ที่ต่ำที่สุด ดังนั้นเพื่อให้ได้ฟิล์มบางที่มีช่องว่างพลังงานและค่าทางไฟฟ้าที่เหมาะสมจึงต้องปรับสัดส่วนของก๊าซ SiH_4 ในขั้นตอนต่อไป

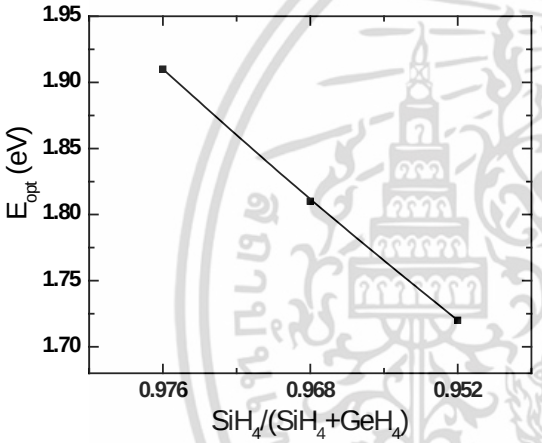


รูปที่ 5 ค่าความนำไฟฟ้าของฟิล์ม a-SiGe:H ต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของก๊าซ $GeH_4/(SiH_4+GeH_4)$

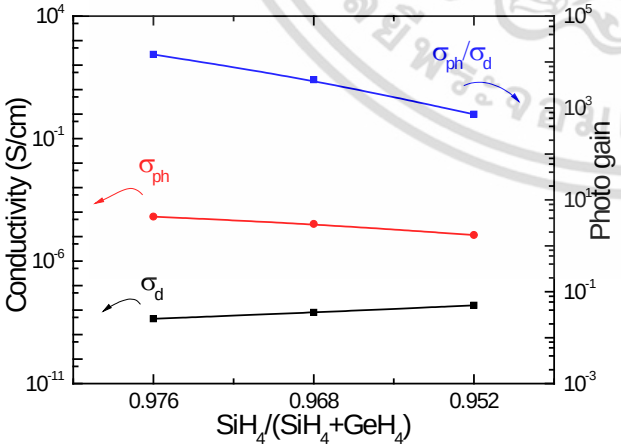
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 การปรับอัตราส่วนของก๊าซ $SiH_4/(SiH_4+GeH_4)$

หัวข้อนี้ได้ทำการทดลองปรับอัตราส่วนก๊าซ $SiH_4/(SiH_4+GeH_4)$ โดยได้ทำการปรับให้มีค่าตั้งแต่ 0.952 ถึง 0.976 จากผลการทดลองพบว่าค่า E_{opt} มีค่าลดลงจาก 1.94 เป็น 1.72 eV และค่า σ_{ph} แนวโน้มลดลงจาก 6.51 x 10^{-5} S/cm เป็น 1.15 x 10^{-5} S/cm ในขณะที่ค่า σ_d มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจาก 4.45 x 10^{-9} S/cm เป็น 1.57 x 10^{-8} S/cm ดังรูปที่ 6 ส่วนค่า Photo gain มีค่ามากที่สุดนั้นได้จากการใช้ $SiH_4/(SiH_4+GeH_4)$ ที่ 0.952 ดังรูปที่ 7 ถึงแม้ว่าจะมีการปรับค่าอัตราส่วนก๊าซ $SiH_4/(SiH_4+GeH_4)$ แล้วก็ตาม แต่ค่า E_{opt} ก็ยังสูงกว่าค่าที่ตั้งเป้าหมายเอาไว้ ซึ่งคณะวิจัยได้เลือกแนวทางในการปรับก๊าซ H_2 ในลำดับต่อไป



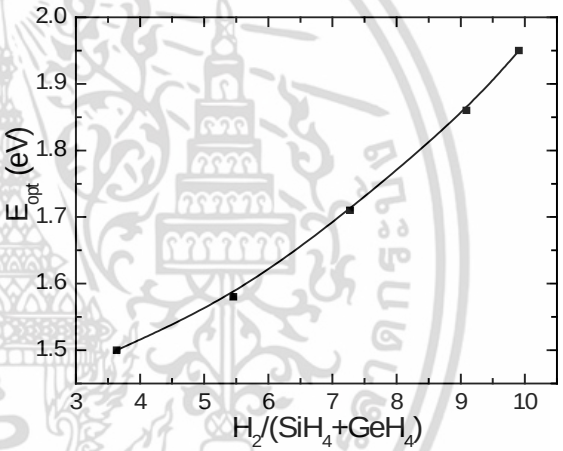
รูปที่ 6 ค่าช่องว่างพลังงานแสงของฟิล์ม a-SiGe:H ต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของก๊าซ $SiH_4/(SiH_4+GeH_4)$



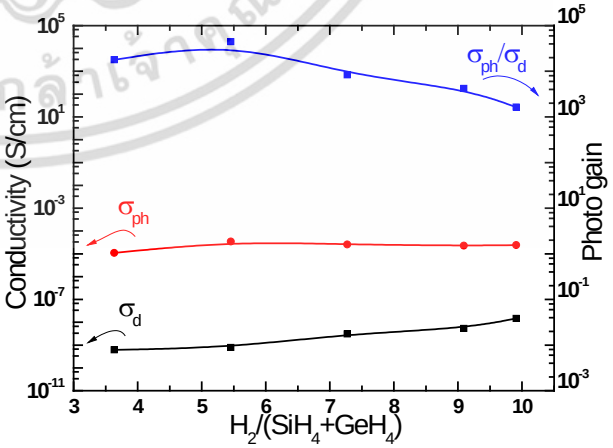
รูปที่ 7 ค่าความนำไฟฟ้าของฟิล์ม a-SiGe:H ต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของก๊าซ $SiH_4/(SiH_4+GeH_4)$

3.1.3 การปรับอัตราส่วนของก๊าซ $H_2/(SiH_4+GeH_4)$

การพัฒนาฟิล์ม a-SiGe:H จากหัวข้อข้างต้นมาแล้วนั้น คุณสมบัติฟิล์มมีแนวโน้มดีขึ้นเป็นลำดับ ในการปรับอัตราส่วนของก๊าซ $H_2/(SiH_4+GeH_4)$ ก็เป็นอีกการทดลองที่ต้องปรับเพื่อให้ได้ค่า E_{opt} ตามเป้าหมาย จะเห็นได้ว่าการลดปริมาณการไหลของก๊าซ H_2 ลง ทำให้ค่า E_{opt} มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5-1.6 eV ดังรูปที่ 8 ซึ่งใกล้เคียงกับ E_{opt} ที่กำหนดไว้ ในขณะที่คุณสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มบาง a-SiGe:H มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก และเมื่อพิจารณา Photo gain พบว่าค่าอัตราส่วนของก๊าซ $H_2/(SiH_4+GeH_4)$ ที่ 5.45 (H_2 รวมเท่ากับ 120 sccm) มีค่ามากที่สุด ดังรูปที่ 9 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟิล์ม a-SiGe:H มีคุณสมบัติฟิล์มที่ดีเหมาะสมนำไปประยุกต์ใช้สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ได้



รูปที่ 8 ค่าช่องว่างพลังงานแสงของฟิล์ม a-SiGe:H ต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของก๊าซ $H_2/(SiH_4+GeH_4)$

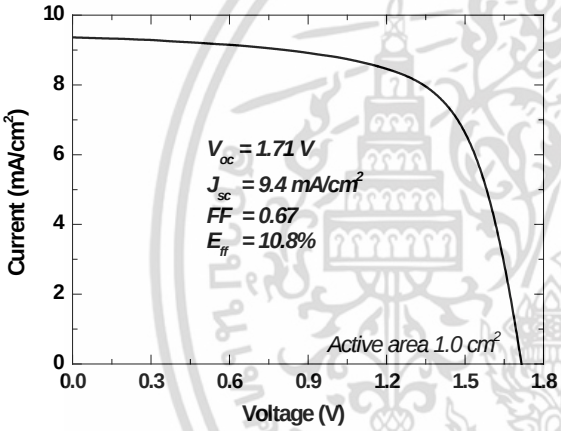


รูปที่ 9 ค่าความนำไฟฟ้าของฟิล์ม a-SiGe:H ต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของก๊าซ $H_2/(SiH_4+GeH_4)$

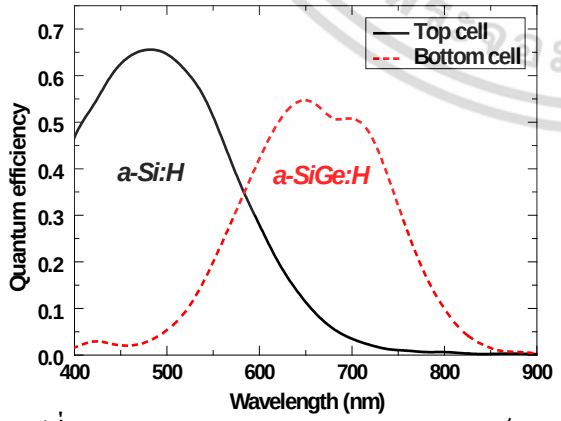
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนโครงสร้างเซลล์ซ้อน a-Si:H/a-SiGe:H

เงื่อนไขของฟิล์ม a-SiGe:H ที่มีช่องว่างพลังงานประมาณ 1.53 eV ถูกนำไปใช้สร้างเซลล์ชั้นล่างของเซลล์แสงอาทิตย์โครงสร้างเซลล์ซ้อนแบบสองชั้น a-Si:H/a-SiGe:H ดังรูปที่ 2 ซึ่งจากผลการทดลองสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ พบว่าสามารถสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพ 10.8% (V_{oc} 1.71 V, J_{sc} 9.4 mA/cm^2, FF 0.67,) ดังรูปที่ 10 และผลของการตอบสนองต่อสเปคตรัมแสงของเซลล์ชั้นล่าง (Bottom cell) มีค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า (J_{sc}) ใกล้เคียงกับเซลล์ชั้นบน (Top cell) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชั้น a-SiGe:H สามารถใช้เป็นชั้นดูดกลืนแสงของเซลล์ล่างได้ดี [5] ดังรูปที่ 11



รูปที่ 10 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนโครงสร้างเซลล์ซ้อนแบบสองชั้น a-Si:H/a-SiGe:H



รูปที่ 11 การตอบสนองต่อสเปคตรัมแสงของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนโครงสร้างเซลล์ซ้อนแบบสองชั้น a-Si:H/a-SiGe:H

4. สรุป

จากการศึกษาฟิล์ม a-SiGe:H ด้วยการปรับอัตราส่วนของก๊าซวัตถุดิบ ได้แก่ ก๊าซเจอร์เมน (GeH_4) ก๊าซไซเลน (SiH_4) และ ก๊าซไฮโดรเจน (H_2) เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางแสงและไฟฟ้าฟิล์ม a-SiGe:H มีความเหมาะสมสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นชั้นดูดกลืนแสงเซลล์ล่างในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนที่มีโครงสร้างเซลล์ซ้อนแบบสองชั้น (a-Si:H/a-SiGe:H) ได้มีประสิทธิภาพ 10.8% (V_{oc} = 1.71 V, J_{sc} = 9.4 mA/cm^2, FF = 0.67) บนพื้นที่ขนาด 1 cm^2 ซึ่งเป้าหมายในอนาคตจะเน้นการพัฒนาความมีเสถียรภาพของเซลล์ฯ โดยให้มีการเสื่อมสภาพ (Degradation) ที่ต่ำและสามารถนำไปทดสอบเงื่อนไขในสภาวะแวดล้อมจริงต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] A. H. Mahan, Y. Xu, L.M. Gedvilas, and D. L. Williamson, "Direct Correlation Between Film Structure and Solar Cell Efficiency for HWCVD Amorphous Silicon Germanium Alloys," Thin Solid Films. Vol.517, pp.3532-3535, April, 2009.

[2] D. Lundzien, F. Finger, and H. Wagner, "Band-gap profiling in amorphous silicon–germanium solar cells," Sol. Energy Mater. Sol. Cells, Vol.74, pp.365-368, March, 2002.

[3] B. Yan, G. Yue, J. Yang, and S. Guha, "Hydrogenated amorphous silicon and silicon germanium triple-junction solar cells at high rate using RF and VHF glow discharges," Proc. PVSC, 33rd IEEE, pp.1-6, May, 2008.

[4] J. Zimmer, H. Stiebig, and H. Wagner, "a-SiGe:H based solar cells with graded absorption layer," J. Appl. Phys., Vol.84, No.1, pp.611-617, 1998.

[5] R. J. Soukup, N. J. Ianno, G. Pribil, and Z. Hubicka, "Deposition of high quality amorphous silicon germanium and silicongermanium thin films by a hollow cathode reactive sputtering system," Surf. Coat Tech., Vol.177-178, pp.676-681, 2004.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้