สุเมธ ศิริรจน์ : ขั้วไฟฟ้าจากไดมอนดอยด์สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง (DIAMONDOID COUNTER ELECTRODES FOR DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ มีวาสนา, 81 หน้า.

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง เป็นทางเลือกใหม่เพื่อจะทดแทนเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอนและแบบฟิล์มบางที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงนี้สามารถผลิตได้ง่ายไม่ต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและมีราคาถูกกว่าชนิดอื่น สามารถทำให้โปร่งใสได้ อีกทั้งยังมีน้ำหนักเบากว่ามาก จึงเหมาะในการใช้งานได้อย่างหลากหลาย อย่างไรก็ตามปัญหาใหญ่ที่ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ยังไม่ถูกใช้อย่างแพร่หลายนั้นก็เพราะประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้นั้นยังต่ำเมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์จากซิลิกอน ซึ่งโดยปกติหากใช้ขั้วไฟฟ้าที่ผลิตจากโลหะแพลทินัมเป็นขั้วเคาท์เตอร์จะได้ความเสถียรสูงและยังให้ประสิทธิภาพดีที่สุด แต่ก็ทำได้สูงสุดแค่เพียงครึ่งเดียวของเซลล์แสงอาทิตย์แบบซิลิกอน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการพัฒนาขั้วไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ในงานวิจัยนี้นำขั้วไฟฟ้าไดมอนดอยด์ ซึ่งเป็นคาร์บอนในโครงสร้างเพชรระดับนาโนเมตรและสามารถสังเคราะห์หรือสกัดได้ง่ายจากของเสียกากปิโตรเลียม มาทำเป็นขั้วเคาท์เตอร์ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสง ด้วยวิธีเคลือบด้วยตัวเอง (Self-assembled monolayers technique) ลงบนขั้วไฟฟ้าทองคำ และพบว่าขั้วไฟฟ้าจากไดมอนดอยด์โมเลกุลเล็ก (Adamantane) ให้ประสิทธิภาพเทียบเท่าขั้วไฟฟ้าจากแพลทินัม ยิ่งกว่านั้นขั้วไฟฟ้าจากไดมอนดอยด์โมเลกุลใหญ่ (Tetramantane) ยังให้ค่ากระแสที่สูงมาก ส่งผลให้ได้ประสิทธิภาพสูงกว่าขั้วแพลทินัมถึงร้อยละ 28 การเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพที่ได้นั้นเกิดจากการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นกระแสลัดวงจร (short-circuit current density) ที่สูงมากถึง 27 mA/cm^2 ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากความสามารถในปรับค่า work function บนขั้วโลหะของไดมอนดอยด์ ทั้งนี้อันเนื่องมาจากไอโอไดน์อิเลคโทรไลต์ที่ใช้ในระบบเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ทำปฏิกิริยารุนแรงกับโลหะทองคำ ทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้ไม่เสถียร และถูกทำลายอย่างรวดเร็ว แนวทางการแก้ปัญหาในงานนี้เลือกเปลี่ยนวัสดุรองรับจากทองคำเป็นโลหะแพลทินัมโดยการปรับปรุงผิวสัมผัสของแพลทินัมด้วยกรดก่อนจะเคลือบไดมอนดอยด์ลงไป และพบว่าสามารถใช้เป็นขั้วสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อมไวแสงที่มีความเสถียรสูง และเพิ่มประสิทธิภาพจากขั้วแพลทินัมเดิมได้ถึงร้อยละ 11 อีกแนวทางที่ถูกใช้ทดสอบคือ การเคลือบฟิล์มไดมอนดอยด์ลงบนซิลิกอนด้วยเทคนิคการเคลือบด้วยไอร้อน (Chemical vapor deposition technique) ซึ่งได้ค่ากระแสในเซลล์แสงอาทิตย์ที่สูงเช่นเดียวกัน แต่มีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่าขั้วโลหะแพลทินัม อันเนื่องมากจากความต้านทานไฟฟ้าที่สูงกว่าส่งผลให้ค่า fill factor ลดลง ทั้งนี้เซลล์ดังกล่าวมีความเสถียรสูง

มาก จากข้อดีที่ได้สังเกตพบของขั้วไดมอนดอยด์ ทำให้สามารถคาดหวังที่จะใช้งานไดมอนดอยด์ในงานส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกันได้ เช่น ใช้ในกระบวนการเร่งปฏิกิริยาทางแสง ใช้ในตัวเก็บประจุยิ่งยวด หรือใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเพอร์รอฟสไกต์ ซึ่งเป็นการเปิดเส้นทางในการสร้างเทคโนโลยีใหม่ ๆ ต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาฟิสิกส์ ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

SUMETH SIRIROJ : DIAMONDOID COUNTER ELECTRODES FOR DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. WORAWAT MEEVASANA, Ph.D. 81 PP.

DIAMONDOID/ADAMANTANE/[121]TETRAMANTANE/DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS (DSSCs)/COUNTER ELECTRODE

Dye-sensitized solar cells (DSSCs) are an alternative type of solar cells which provide much benefit, comparing to commercial silicon or thin film solar cell e.g. low-cost in production, easy to fabricate (no requirement of high technology), transparency, and lighter. However, DSSCs are still not widely in use because the efficiency is still lower than commercial silicon solar cell. The highest recording efficiency of DSSCs is only half of a commercial silicon solar cell. Normally, the best electrode of DSSCs are made from platinum. It is necessary to look for a new type of electrode which could give higher efficiency. Here, we show that counter electrodes of our DSSCs can be made from diamondoids (nanometer-size diamond-like molecules which can be synthesized cheaply or extracted from petroleum waste) and the efficiency can be maintained or improved. When the counter electrodes are made of adamantane (smallest member of diamondoid) on a gold substrate, the power conversion efficiencies are already comparable to Pt electrodes. Then, when the larger diamondoids, [121]tetramantane, are used instead, the efficiencies can outperform Pt reference by more than 28%. This predominantly results from a superior short-circuit current density of up to 27 mA/cm^2, which we attribute to an adjustable work function of our diamondoid electrodes. However, iodine electrolyte of DSSCs destroyed the gold

substrates and shortens the cell lifetime greatly. To solve the problem, platinum is then selected as the substrate of diamondoid film. After modifying the surface by piranha solution, diamondoid growth on Pt substrate can improve efficiency about 11% from Pt substrate and maintain good stability. On the other hand, diamondoids coated on a silicon substrate via chemical vapor deposition technique (CVD) counter electrode also provide a good stability and large current density but the lower in fill factor from a higher resistant leading the efficient only half of Pt electrode. As diamondoid films can reduce the work function and can improve the solar cell efficiency, this study suggests the potential use of diamondoid electrodes in a range of other catalytic processes such as perovskite solar cells, batteries, supercapacitors, and photocatalytic cells.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics

Academic Year 2017

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____