การประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดพีเพื่อประยุกต์ใช้ในเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเพอร์รอฟสไกต์

หัวหน้าโครงการ รศ. ดร. วิทยา อมรกิจบำรุง

ผู้ร่วมวิจัย รศ. ดร. สมัคร์ พิมานแพง, ผศ. ดร. วิรัตร์ เจริญบุญ, ผศ. ดร. อภิโชค ตั้งตระการ, ผศ. ดร. พาวินี กลางท่าไค่, ผศ. ดร. วิยะดา หาญชนะ

ผู้ช่วยวิจัยและนักศึกษา นฤทธิ์ ฟ้ายบุตร, มาศกร โกวันนัง, พิฐพิชญาณ์ สุขแสงรัตน์, พรรณธิวา กำลังวรรณ, น้ำฝน อุ่นปิง

สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

เป้าหมายโครงการ

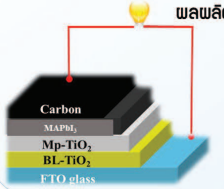
การสร้างองค์ความรู้ใหม่ : ศึกษาและสร้างฟิล์มเพอร์รอฟสไกต์ที่มีสมบัติการดูดกลืนแสงที่ดีและมีความเสถียรที่สูง และสามารถนำฟิล์มเพอร์รอฟสไกต์ไปประดิษฐ์เป็นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเพอร์รอฟสไกต์แบบต้นทุนต่ำที่ไม่มีชั้นนำส่งโฮล (hole-free) และใช้ฟิล์มคาร์บอนเป็นขั้วนำไฟฟ้าด้านหลังได้ และศึกษาต่อยอดองค์ความรู้ในการสร้างเซลล์เพอร์รอฟสไกต์แบบต้นทุนต่ำขนาด 12 cm^2

การประยุกต์ : เข้าใจกระบวนการเตรียมฟิล์มเพอร์รอฟสไกต์ และรู้วิธีการเตรียมเซลล์เพอร์รอฟสไกต์ขนาดห้องวิจัย และเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 12 cm^2

งบประมาณ 4.036 ล้านบาท
ระยะเวลา ตุลาคม 2560 – กันยายน 2563

ประสิทธิผล

องค์ความรู้ใหม่ : เข้าใจวิธีการเตรียมฟิล์มเพอร์รอฟสไกต์ในสภาวะบรรยากาศและที่อุณหภูมิต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถเตรียมเซลล์แสงอาทิตย์เพอร์รอฟสไกต์แบบต้นทุนต่ำภายในบรรยากาศภายนอกและได้ประสิทธิภาพประมาณ 7-8%



ผลผลิต 2 นิสิตระดับปริญญาเอก
2 นิสิตระดับปริญญาโท
5 นิสิตฝึกงานระดับปริญญาตรี
6 ผลงานวิจัยระดับนานาชาติ
2 งานวิจัยที่อยู่ระหว่างการพิจารณาในวารสารระดับนานาชาติ
1 ผลงานวิจัยระดับชาติ

ผลกระทบ

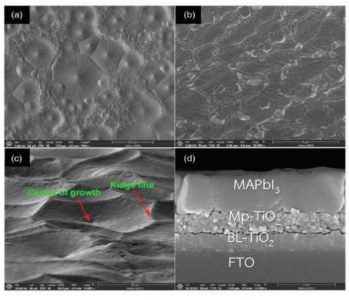
จากผลการวิจัยนี้เราสามารถเตรียมฟิล์มเพอร์รอฟสไกต์ $CH_3NH_3PbI_3$ ที่บรรยากาศภายนอกที่อุณหภูมิสูง (80 °C-180 °C) ด้วยกระบวนการ hot-casting ได้ อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มให้มีความต่อเนื่องควรจะสูงกว่า 90 °Cและประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์เพอร์รอฟสไกต์แบบต้นทุนต่ำได้ค่าสูงสุดประมาณ 5.91% สำหรับฟิล์มเพอร์รอฟสไกต์ $CH_3NH_3PbBr_3$ สามารถเตรียมฟิล์มด้วยกระบวนการ doctor-blade ได้จากอุณหภูมิซับสเตรตตั้งแต่ 80 °C ถึง 160 °C และประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์เพอร์รอฟสไกต์แบบต้นทุนต่ำของฟิล์ม $CH_3NH_3PbBr_3$ สูงสุดประมาณ 7.39% และมีความเสถียรที่ดี แต่ว่าเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่จะได้ค่าประสิทธิภาพที่ต่ำมาก ซึ่งเราจะต้องมีการปรับปรุงต่อไปอีก

ผลการดำเนินงาน

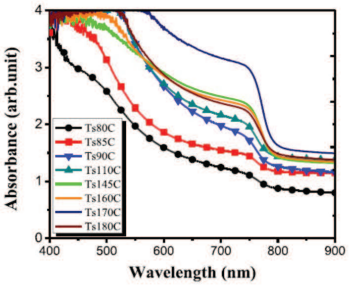
งานที่ 1 $MAPbI_3$ perovskite

Preparation condition	J_{sc} (mA cm^{-2})	V_{oc} (V)	FF	PCE(%)
T_s = 80 °C	9.03	0.85	0.51	3.93
T_s = 85 °C	11.14	0.84	0.42	3.95
T_s = 90 °C	13.42	0.89	0.50	5.91
T_s = 110 °C	13.61	0.92	0.47	5.84
T_s = 145 °C	10.92	0.90	0.40	3.96
T_s = 160 °C	6.51	0.84	0.39	2.15
T_s = 170 °C	8.23	0.85	0.47	3.56
T_s = 180 °C	16.46	0.89	0.32	4.72
two-step film	4.47	0.71	0.47	1.56

ผลคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์เพอร์รอฟสไกต์ต้นทุนต่ำของฟิล์ม $CH_3NH_3PbI_3$ ที่เตรียมด้วยวิธี hot-casting ที่ซับสเตรตอุณหภูมิต่างๆ เปรียบเทียบกับการเตรียมด้วยวิธี two-step จะเห็นว่าฟิล์มที่เตรียมด้วยวิธี hot-casting ให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่าวิธี two-step

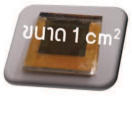


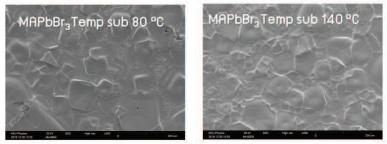
รูปภาพ SEM ของฟิล์ม $CH_3NH_3PbI_3$ ที่เตรียมด้วยวิธี hot-casting จะเห็นว่าได้ฟิล์มที่มีความต่อเนื่องและมีเกรนขนาดใหญ่แต่ผิวฟิล์มไม่เรียบ



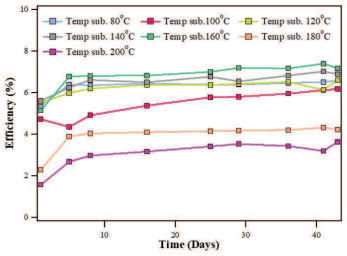
สเปกตรัม UV-vis ของฟิล์ม $CH_3NH_3PbI_3$ ที่เตรียมด้วยวิธี hot-casting ที่ซับสเตรตอุณหภูมิต่างๆ จะเห็นว่าฟิล์มที่เตรียมที่ซับสเตรตสูงกว่า 90 °C มีการดูดกลืนแสงที่ชัดเจนที่ประมาณ 770 nm

งานที่ 2 $MAPbBr_3$ perovskite



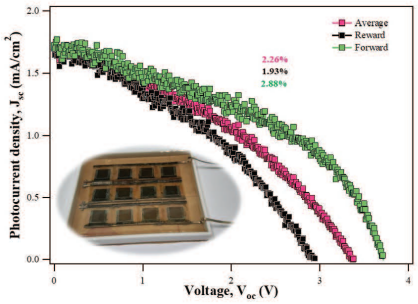


รูปภาพ SEM ของฟิล์ม $CH_3NH_3PbBr_3$ ที่เตรียมด้วยวิธี doctor-blade แสดงขนาดเกรนที่ใหญ่ขึ้นเมื่ออุณหภูมิซับสเตรตสูงขึ้น จาก 80 °C เป็น 140 °C



ผลความเสถียรของเซลล์แสงอาทิตย์เพอร์รอฟสไกต์แบบต้นทุนต่ำของฟิล์ม $CH_3NH_3PbBr_3$ จะเห็นว่าเซลล์แสงอาทิตย์มีความเสถียรเป็นอย่างมาก

เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 12 cm^2



ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์เพอร์รอฟสไกต์ $CH_3NH_3PbBr_3$ แบบต้นทุนต่ำขนาด 12 cm^2 มีค่าลดลงเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับแบบเซลล์เดียว เนื่องจากค่าความต้านทานแบบอนุกรมของเซลล์มีค่าสูงขึ้น

ผลงานวิจัย

1. Hydrothermal synthesis of the composited WS_2-W_5O_{14}-MWCNTs for high performance dye-sensitized solar cell counter electrodes, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 28(24), pp 18765-18772, (2017).
2. Thermally Deposited Palladium-Tungsten Carbide and Platinum-Tungsten Carbide Counter Electrodes for a High Performance Dye-Sensitized Solar Cell Based on Organic T^-/T_2 Electrolyte, Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 18(2), 2018.
3. Room temperature preparation of δ-phase $CsSn_{1-x}Pb_xI_3$ films for hole-transport in solid-state dye-sensitized solar cells, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 29(9), pp 7811-7819, (2018).
4. $CH_3NH_3PbI_3$ thin films prepared by hot-casting technique in the air: growth mechanism, trap states and relating solar cells, Japanese Japanese Journal of Applied Physics 58, SIID07 (2019)
5. Effect of sputtered Cu_2ZnSnS_4 film thickness on dye sensitized solar cell counter electrode performance, Japanese Journal of Applied Physics 58, SIID02 (2019)
6. Hierarchical Fe_3O_4-reduced graphene oxide nanocomposite grown on NaCl crystals for triiodide reduction in dye-sensitized solar cells, Scientific Reports, 9, *1494 (2019)*
7. Calculation and fabrication of $CH_3NH_3Pb(SCN)_xI_{3-x}$ perovskite film as a light-absorber in carbon-based hole-transport-layer-free perovskite solar cells, SN applied Science, Under-review
8. Influence of an SCN^- moeity on the electronic properties of γ-$CsPb(SCN)_xBr_{3-x}$ and the performance of carbon-based HTL-free γ-$CsPb(SCN)_xBr_{3-x}$ perovskite solar cells, Applied Surface Science, Under-review

โปสเตอร์สรุปโครงการวิจัย 2560
การประชุมศูนย์ความเป็นเลิศด้านฟิสิกส์ ประจำปี 2563
ณ โรงแรม เดอะ สุโกศล กรุงเทพมหานคร วันที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2563

http://thep-center.org/