

## สถานะของงานวิจัยและทิศทางการพัฒนาด้านเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

### Research status and future prospects of photovoltaics in Thailand

กอบศักดิ์ ศรีประภา, อมรรัตน์ ลิ้มมณี, จรรย์ ศรีธาราธิคุณ

สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (Solartec) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (NSTDA)

111 ถ.พหลโยธิน ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120 โทร 0-2564-7000 ต่อ 2722 โทรสาร 0-2564-7059 E-mail: kobsak@nstda.or.th

Kobsak Sriprapha, Amornrat Limmanee and Jaran Sritharathikhun

Institute of Solar Energy Technology Development (SOLARTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA)

111 Thailand Science Park, Phahonyothin Road, Klong 1, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand

Tel: 0-2564-7000 ext. 2722 Fax: 0-2564-7059 E-mail: kobsak@nstda.or.th

#### บทคัดย่อ

บทความนี้ได้รวบรวมผลการศึกษาและสถานะของงานวิจัยทางด้านเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย ตลอดจนทิศทางการพัฒนาวิจัยด้านเซลล์แสงอาทิตย์ในอนาคต เช่นห้องปฏิบัติการในมหาวิทยาลัยหรือสถาบันวิจัยของรัฐที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ยังได้รวบรวมผลการวิจัยล่าสุดและแนวโน้มทางด้านเทคโนโลยีของหน่วยงานวิจัยอื่นๆ ทั่วโลก เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับผู้สนใจทางด้านเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ผลการศึกษาพบว่าปัจจุบันในประเทศไทยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสีย้อม (Dye sensitized solar cell) ได้รับการสนใจมากที่สุดเนื่องจากกระบวนการสร้างง่าย ไม่ซับซ้อน รวมไปถึงเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้มีราคาไม่แพง อย่างไรก็ตามก็ยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการที่จำเป็นต้องพัฒนาความเสถียรของเซลล์อีกมาก เมื่อเทียบกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น ๆ ที่จำหน่ายตามท้องตลาด ในส่วนของมหาวิทยาลัยเช่นจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้ทำการศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน และเริ่มศึกษาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดควอนตัมดอท ขณะที่สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (Solartec) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้พัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนทั้งบนพื้นที่ขนาดเล็ก ( $0.73 \text{ cm}^2$ ) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ โดยปรับปรุงเงื่อนไขการสร้างและการใช้วัสดุชนิดใหม่ สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ ( $0.8 \text{ m}^2$ ) โดยทางสถาบันฯ มุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงประสิทธิภาพเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการสร้างเซลล์แก่ผู้สนใจ

#### Abstract

This paper reported research and development status of photovoltaic (solar cell) technology of the universities and government research institutes in Thailand, and also describes future prospects of the photovoltaic technology. Moreover, the current status and trend of solar cell technology in the world were presented in this report. The information from our study would be useful for anyone who are interested in solar cell technology. It was found that, in Thailand most attention has been given to research of dye sensitized solar cell due to its uncomplicated fabrication process, low machine and equipment cost compared with other types of solar cells. However, compared to commercial solar cell the dye sensitized solar cell has short lifetime and low reliability issues which require further development. Chulalongkorn University had been studying thin film amorphous silicon solar cell and now focuses on quantum dot solar cell (QD). For the research institute such as Solartec NSTDA, we developed the thin film silicon solar cells on both small area ( $0.73 \text{ cm}^2$ ) and large area ( $0.8 \text{ m}^2$ ) by optimizing deposition condition and using new material with an aim to transfer this technology to private sectors.

## 1. บทนำ

นับตั้งแต่เริ่มมีการใช้งานแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar module) ขึ้นมาในประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2519 เป็นต้นมา โดยส่วนมากจะเป็นการใช้งานจากหน่วยงานราชการต่างๆ เช่น กระทรวงสาธารณสุข กระทรวงมหาดไทย กระทรวงคมนาคม การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นต้น ปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) ได้เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันมากขึ้น ตั้งแต่อุปกรณ์เครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกา ไฟจราจร ไฟส่องสัญญาณบนพื้นถนน รวมไปถึงสถานีไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ นอกเหนือจากการใช้งานทั่วไปแล้วในส่วนของงานวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ได้เริ่มมีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2521 โดยมีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นหน่วยงานเริ่มต้น จากจุดเริ่มต้นดังกล่าว ปัจจุบันได้มีหลายหน่วยงานทั้งจากสถาบันวิจัยหรือมหาวิทยาลัยได้ให้ความสนใจในการทำวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์อย่างแพร่หลายมากขึ้น ดังรายละเอียดที่จะนำเสนอต่อไป

บทความนี้ได้รวบรวมสถานะของงานวิจัยและทิศทางการพัฒนาของเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยและต่างประเทศ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นให้กับผู้ที่สนใจเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ได้ทราบถึงสถานะปัจจุบัน ทิศทางของเทคโนโลยีและศักยภาพของงานวิจัยทางด้านเซลล์แสงอาทิตย์ต่อไป

## 2. สถานะของงานวิจัยทางด้านเซลล์แสงอาทิตย์

### 2.1 งานวิจัยเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

จากการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ ที่ทำวิจัยทางด้านเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าในช่วงเริ่มต้นของงานวิจัย (พ.ศ. 2521-2530) จะมีหน่วยงานเพียงสองแห่งเท่านั้นที่มีการทำวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์คือห้องปฏิบัติการสารประดิษฐ์กึ่งตัวนำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ที่ได้มีการทำวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอน (Crystalline silicon, c-Si) ซึ่งเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่ได้มีการนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในช่วงเวลาดังกล่าว อย่างไรก็ตามในปัจจุบันทั้งสองหน่วยงานไม่ได้มีการรายงานผลงานวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนออกมาสู่ภายนอกแต่อย่างใด จนกระทั่งเมื่อปี พ.ศ. 2530 ได้มีการเริ่มต้นวิจัยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอน (Thin film silicon) ขึ้นมาเป็นครั้งแรกในประเทศไทยที่ห้องปฏิบัติการสารประดิษฐ์กึ่งตัวนำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและได้มีการทำวิจัยต่อเนื่องมาจนถึง พ.ศ. 2547 นอกจากนี้ในปี 2544 ก็ได้มีการเริ่มทำวิจัยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดควอนตัมดอท (Quantum dot) ขึ้นมา โดยปัจจุบันเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดดังกล่าวนี้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 24.6% (AM 1 100 mW/cm<sup>2</sup>) บนพื้นที่เซลล์ฯ ขนาด 0.0725 cm<sup>2</sup> [1]

ต่อมาในปี พ.ศ. 2541 สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้เริ่มทำการวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนขึ้นมาโดยมีหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบคือสถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (Solartec) โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ที่เหมาะสมกับการใช้งานในเขตภูมิอากาศร้อนขึ้นอย่างประเทศไทย รวมไปถึงการสร้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้นแบบเพื่อทดลองใช้งานจริง และยังเป็น

การสนับสนุนขีดความสามารถทางด้านเทคโนโลยีให้กับอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ที่จะมีขึ้นในประเทศ โดยได้รับการสนับสนุนทางด้านงบประมาณจากสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงานและจากสวทช. ในส่วนของการจัดซื้อ สร้างเครื่องจักรรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการซื้อวัสดุ อุปกรณ์ ที่ใช้ในการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ ในช่วงเริ่มต้นได้ทำการวิจัยสร้างเซลล์แสงอาทิตย์บนแผ่นฐานรองสแตนเลสบนพื้นที่ขนาด 30X40 cm<sup>2</sup> และนำมาเชื่อมต่อกันเป็นแผงเซลล์ขนาดใหญ่ขนาด 0.8 m<sup>2</sup> ซึ่งแผงดังกล่าวนับว่าเป็นแผงเซลล์ในยุคแรกและได้นำไปทดสอบใช้งานตามสถานที่ต่างๆ เช่น สถานีอนามัย ชุมชนในพื้นที่ห่างไกล ภายใต้ความร่วมมือกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ต่อมาเมื่อปี พ.ศ. 2548 สถาบันฯ ได้ทำการวิจัยและพัฒนาแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนฐานรองกระจกบนพื้นที่ขนาด 0.8 m<sup>2</sup> โดยใช้เทคโนโลยีการสร้างแบบ Single chamber, batch type ซึ่งมีจุดเด่นคือราคาเครื่องจักรถูก สามารถผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ปริมาณมากต่อการสร้างหนึ่งครั้ง และการเลือกใช้เครื่องจักรดังกล่าวก็เพื่อเป็นการรองรับกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับภาคเอกชนในประเทศที่ใช้เทคโนโลยีชนิดดังกล่าว ซึ่งปัจจุบันสถาบันฯ ได้พัฒนาแผงเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้กระจกเป็นแผ่นฐานรองเพียงอย่างเดียว นับได้ว่าแผงเซลล์ดังกล่าวเป็นแผงยุคที่สองของสถาบันฯ

ตารางที่ 1 สรุปสถานะปัจจุบันของมหาวิทยาลัยและหน่วยงานวิจัยต่างๆ ในประเทศ ที่ทำวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์	หน่วยงาน/มหาวิทยาลัย	ปีที่เริ่ม (พ.ศ.)	สถานะปัจจุบัน
ผลึกซิลิคอน	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2521	ไม่มีข้อมูล
	พระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง	2521	ไม่มีข้อมูล
ฟิล์มบางซิลิคอน	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2530	ไม่มีข้อมูล
	สวทช. (Solartec)	2541	ดำเนินการ
ฟิล์มบาง CIS	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2535	ดำเนินการ
Quantum dot	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2544	ดำเนินการ
Dye sensitized	สวทช. (MTEC, Solartec)	2547, 2549	ดำเนินการ
	พระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง	2552	ดำเนินการ
	พระจอมเกล้าฯ พระนครเหนือ	2546	ดำเนินการ
	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2548	ดำเนินการ
	มหาวิทยาลัยมหิดล	2550	ดำเนินการ
	มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี	2551	ดำเนินการ
	มหาวิทยาลัยนครสวรรค์	ไม่มีข้อมูล	ดำเนินการ
	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	2550	ดำเนินการ
	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	2550	ดำเนินการ
	มหาวิทยาลัยมหานคร	2550	ดำเนินการ
	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2551	ดำเนินการ
Polymer	สวทช., (MTEC, Nanotec)	2549	ดำเนินการ

ปัจจุบันทางสถาบันฯ สามารถพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางชนิดคอนโรกรสร้างแบบเซลล์ซ้อน (Tandem structure) ชนิดอะมอร์ฟัส/ไมโครคริสตัลไลน์ซิลิคอน (Amorphous/microcrystalline silicon, a-Si:H/ $\mu$ c-Si:H) บนแผ่นกระจกเคลือบทินออกไซด์ ( $\text{SnO}_2$ ) ซึ่งเป็นแผ่นฐานรองที่ใช้งานทั่วไปในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางชนิดคอนพื้นที่ขนาด  $0.73 \text{ cm}^2$  ได้ประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 10% ที่สภาวะเสถียร (Stabilized) นอกจากนี้ทางสถาบันฯ ยังได้มีการวิจัยสร้างแผ่นกระจกเคลือบซิงค์ออกไซด์ ( $\text{ZnO}$ ) ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีและมีราคาถูกกว่ากระจกเคลือบทินออกไซด์ขึ้นมาเอง โดยปัจจุบันได้ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งต้น (Initial efficiency) สูงสุดประมาณ 9.6% และ 7.2% สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดเซลล์เดี่ยว (Single junction) แบบอะมอร์ฟัสและไมโครคริสตัลไลน์ซิลิคอนตามโดยใช้แผ่นกระจกเคลือบซิงค์ออกไซด์ที่พัฒนาขึ้นเองเป็นแผ่นฐานรอง

ตารางที่ 2 สรุปผลงานวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ที่ดำเนินการภายใต้สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สวทช.

โครงสร้าง	$\eta$ (%)	$V_{oc}$ (V)	$J_{sc}$ ( $\text{mA}/\text{cm}^2$ )	FF	พื้นที่ ( $\text{cm}^2$ )
a-Si:H	9.7	0.88	15.6	0.70	0.73
a-Si:H-based	7.6	0.97	12.2	0.64	0.73
$\mu$ c-Si:H	7.6	0.55	21.2	0.65	0.73
a-Si:H/ $\mu$ c-Si:H	12.8	1.43	12.4	0.72	0.73
a-Si:H-based/ $\mu$ c-Si:H	10.7	1.47	10.9	0.67	0.73
a-Si:H (ZnO coated substrate)	9.6	0.95	14.4	0.70	0.73
$\mu$ c-Si:H (ZnO coated substrate)	7.2	0.50	22.9	0.63	0.73
Dye sensitized solar cell	10.29	0.79	16.99	0.77	0.36

สำหรับผลงานวิจัยพัฒนาแผงเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นที่ขนาดใหญ่ทางสถาบันฯ ได้ทำการวิจัยโดยใช้โครงสร้างแบบเซลล์ซ้อนสองชั้นแบบ a-Si:H/a-Si:H และ a-Si:H/ $\mu$ c-Si:H โดยปัจจุบันได้ประสิทธิภาพสูงสุดที่สภาวะเสถียรจากโครงสร้างชนิด a-Si:H/a-Si:H เท่ากับ 6.3% หรือเทียบเท่ากับกำลังไฟฟ้า 50 W โดยมีค่าอัตราการเสื่อมสภาพ (Degradation ratio) ของแผงเซลล์ฯ ประมาณ 7-10% ซึ่งถือว่าอยู่ในค่าที่น้อยเมื่อเทียบกับค่าของแผงเซลล์ฯ ที่ใช้โครงสร้างแบบเดียวกันที่มีค่าอัตราการเสื่อมสภาพประมาณ 15-20% ในส่วนของแผงเซลล์ฯ โครงสร้างแบบ a-Si:H/ $\mu$ c-Si:H ปัจจุบันได้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด ณ สภาวะเสถียรเท่ากับ 5.9% หรือเทียบเท่ากับกำลังไฟฟ้า 47 W โดยมีค่าอัตราการเสื่อมสภาพของแผงเซลล์ฯ ประมาณ 10 - 15% การพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพของแผงเซลล์ฯ ให้สูงขึ้นจากที่ได้รับกำลังอยู่ในระหว่างการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง สรุปผลการวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ทั้งหมดของสถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2 [2] และรูปตัวอย่างของเซลล์แสงอาทิตย์และแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างจากสถาบันฯ สามารถแสดงได้ในรูปที่ 1

สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางแบบคอปเปอร์อินเดียมเทลลูไรด์ (Copper Indium Gallium Di-Selenide, CIGS)

ก็เป็นเซลล์แสงอาทิตย์อีกชนิดหนึ่งที่มีการวิจัยในประเทศไทย โดยเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยฟิสิกส์สารกึ่งตัวนำ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นที่เดียวในประเทศไทยที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับเซลล์ฯ ชนิด CIGS โดยปัจจุบันทางห้องปฏิบัติการฯ สามารถสร้างเซลล์ฯ ชนิดนี้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดประมาณ 14% บนพื้นที่เล็ก ( $0.475 \text{ cm}^2$ ) และประสิทธิภาพประมาณ 10% สำหรับแผงเซลล์ฯ ขนาด  $30 \text{ cm}^2$  [3]

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดตายเซนซีไทซ์ (Dye sensitized solar cell) นับว่าเป็นเซลล์ฯ อีกชนิดหนึ่งที่มีความสนใจทำวิจัยกันอย่างแพร่หลายในประเทศไทยเนื่องจากขั้นตอนการสร้างเซลล์ฯ นี้ค่อนข้างง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีราคาแพงในการสร้าง เช่น ห้องเคลือบสุญญากาศ บีมสุญญากาศ เป็นต้น ทำให้ปัจจุบันมหาวิทยาลัยรวมถึงสถาบันวิจัยภายในประเทศหลายแห่งให้ความสนใจในการทำวิจัยและพัฒนาเซลล์ฯ ชนิดนี้มากที่สุดในประเทศ คณะผู้วิจัยเชื่อว่าข้อมูลของหน่วยงานที่มีการทำวิจัยเกี่ยวกับ Dye sensitized solar cell ดังแสดงไว้ตารางที่ 1 เป็นเพียงแค่งานส่วนที่สามารถรวบรวมได้เท่านั้น ในความเป็นจริงคาดว่ายังมีหลายมหาวิทยาลัยหรือหน่วยงานที่มีการทำวิจัยเกี่ยวกับ Dye sensitized solar cell โดยเฉพาะอย่างยิ่งมหาวิทยาลัยราชภัฏต่างๆ โดยสามารถสรุปรายละเอียดย่อของงานวิจัยเกี่ยวกับเซลล์ฯ ชนิด Dye sensitized solar cell ภายในประเทศได้ดังนี้

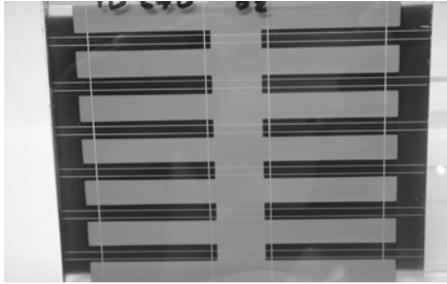
- วิจัยและพัฒนาขั้วไฟฟ้า ขั้วนำไฟฟ้าไปร่งแสง
- วิจัยและพัฒนาสีย้อมไวแสง และอิเล็กโทรไลต์
- วิจัยและพัฒนาการทำเป็นแผงเซลล์ฯ การเพิ่มประสิทธิภาพ
- การตรวจวัด และทดสอบการเสื่อมสภาพของเซลล์ฯ

ปัจจุบันทาง สวทช. ได้พัฒนาเซลล์ฯ ชนิดดังกล่าวโดยมีประสิทธิภาพตั้งต้นสูงสุดประมาณ 10.29% บนพื้นที่ขนาด  $0.36 \text{ cm}^2$  [4] อย่างไรก็ตามยังมีประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาสำหรับแนวทางการวิจัยและพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดนี้ เช่น การพัฒนามาตรฐานการวัด เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีมาตรฐานที่กำหนดขึ้นมาอย่างชัดเจนสำหรับกระบวนการวัดประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Dye sensitized การปรับปรุงในส่วนของอายุการใช้งาน (Life time) หรือเทคนิคการสร้างแผงเซลล์ฯ บนพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งปัจจุบันหน่วยงานภายใต้ สวทช. เช่น Solartec, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (NANOTEC) และมหาวิทยาลัยต่างๆ ได้ร่วมกันเป็นเครือข่ายงานวิจัยเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Dye sensitized เพื่อทำการวิจัยและพัฒนาเซลล์ฯ ชนิดดังกล่าวให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

## 2.2 งานวิจัยเซลล์แสงอาทิตย์ในต่างประเทศ

ตารางที่ 3 แสดงผลการสรุปสถานะของงานวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลก [5] จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพของเซลล์ฯ ได้มีการพัฒนาให้สูงขึ้นจากเดิมที่ได้รับรายงานเมื่อปี 2551 [6] ตัวอย่างเช่นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Dye sensitized ที่สร้างโดยบริษัท Sony ได้มีประสิทธิภาพสูงถึง 8.4% โดยมีขนาดพื้นที่รับแสง  $17.11 \text{ cm}^2$  เช่นเดียวกับแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Organic ที่สร้างโดยบริษัท Plextronics ได้ประสิทธิภาพ 2.05% (ขนาดพื้นที่รับแสง  $223.5 \text{ cm}^2$ )

ซึ่งการประสิทธิภาพดังกล่าวได้รับการทดสอบจากหน่วยงานวิจัยชั้นนำ เช่น AIST ประเทศญี่ปุ่น หรือ NREL จากประเทศสหรัฐอเมริกา ตามลำดับ อย่างไรก็ตามยังพบว่าในส่วนของเซลล์ฯ ทั้งสองชนิดนี้ตัวเลขที่รายงานข้างต้นเป็นเพียงค่าประสิทธิภาพที่สภาวะตั้งต้น ยังไม่มีการกล่าวถึงค่าประสิทธิภาพในสภาวะเสถียรแต่อย่างใด



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 (ก) เซลล์แสงอาทิตย์ (ข) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนที่สร้างโดยสถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ สวทช.

นอกจากนี้บริษัท Sanyo ยังได้ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิมสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนโครงสร้างแบบ HIT (Heterojunction with intrinsic thin layer) ซึ่งโครงสร้างแบบ HIT นี้จะมีชั้นฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอนบนแผ่นผลึกซิลิคอน (Amorphous silicon/crystalline silicon heterojunction) โดยปัจจุบัน Sanyo ได้ประสิทธิภาพสูงสุด 23.0% สำหรับเซลล์ฯ ขนาด 100.4 cm<sup>2</sup> ซึ่งนับว่าเป็นประสิทธิภาพที่สูงที่สุดสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ที่สร้างจากผลึกซิลิคอนบนพื้นที่ขนาดใหญ่ นอกจากนี้เมื่อเร็วๆ นี้ บริษัท Mitsubisishi รายงานว่าได้ประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Multicrystalline Si (หรือ Polycrystalline Si) ที่ 19.3% ซึ่งนับว่าสูงสุดของโลกในเซลล์ฯ ชนิดดังกล่าว ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวได้รับการยืนยันจาก AIST เรียบร้อยแล้ว [7]

สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอน บริษัท Kaneka สามารถสร้างเซลล์ฯ ได้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ 11.7% (พื้นที่ 14.23 cm<sup>2</sup>) โดยใช้โครงสร้างแบบเซลล์ซ้อนสองชั้นชนิด a-Si:H/ $\mu$ c-Si:H ในขณะที่บริษัท United solar สามารถสร้างเซลล์ซ้อนสามชั้นชนิด a-Si:H/a-SiGe:H/a-SiGe:H ได้ประสิทธิภาพ 10.4% (พื้นที่ 905 cm<sup>2</sup>) และโครงสร้าง a-Si:H/nc-Si:H/nc-Si:H ที่ 12.5% บนพื้นที่ 0.27 cm<sup>2</sup> ตามลำดับสร้างโดยได้รับการทดสอบจาก NREL ซึ่งนับว่าประสิทธิภาพ

สูงที่สุดสำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนในปัจจุบัน สำหรับค่าประสิทธิภาพของเซลล์ฯ ชนิดอื่นๆ สามารถดูได้จากตารางที่ 3 ตารางที่ 3 สรุปประสิทธิภาพสูงสุดของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ จากหน่วยงานวิจัยทั่วโลกที่ผ่านการทดสอบจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

โครงสร้าง	$\eta$ (%)	Voc (V)	Jsc (mA/cm <sup>2</sup> )	FF	พื้นที่ (cm <sup>2</sup> )
<b>Crystalline Silicon</b>					
Monocrystalline	25.0	0.706	42.7	0.828	4.00 <sup>da</sup>
Monocrystalline (HIT)	23.0	0.729	39.6	0.800	100.4 <sup>t</sup>
Multicrystalline	20.4	0.664	38.0	0.809	1.002 <sup>ap</sup>
Multicrystalline (large)	18.7	0.639	37.7	0.776	217.4 <sup>t</sup>
<b>Thin film, III-V solar cells</b>					
GaAs (thin film)	26.1	1.045	29.6	0.846	1.001 <sup>ap</sup>
GaAs (multicrystalline)	18.4	0.994	23.2	0.797	4.011 <sup>t</sup>
InP (crystalline)	22.1	0.878	29.5	0.854	4.02 <sup>t</sup>
<b>Thin film, Chalcogenide</b>					
CIGS	19.4 <sup>h</sup>	0.716	33.7	0.803	0.994 <sup>ap</sup>
CdTe	16.7 <sup>h</sup>	0.845	26.1	0.755	1.032 <sup>ap</sup>
<b>Thin film, silicon</b>					
Amorphous silicon	9.5 <sup>s</sup>	0.859	17.5	0.63	1.070 <sup>ap</sup>
Microcrystalline silicon	10.1 <sup>i</sup>	0.539	24.4	0.766	1.199 <sup>ap</sup>
<b>Photochemical</b>					
Dye sensitized	10.4 <sup>sn</sup>	0.729	22.0	0.652	1.004 <sup>ap</sup>
Dye sensitized (submodule)	8.4 <sup>sn</sup>	0.693 <sup>g</sup>	18.3 <sup>g</sup>	0.657	17.11 <sup>ap</sup>
<b>Organic</b>					
Organic	6.4 <sup>l,sn</sup>	0.585	16.7	0.655	0.759 <sup>ap</sup>
Organic polymer	5.15 <sup>sn</sup>	0.876	9.39	0.625	1.021 <sup>ap</sup>
Organic (submodule)	2.05 <sup>sn</sup>	6.903	0.502	0.591	223.5 <sup>ap</sup>
<b>Multijunction solar cells</b>					
GaInP/GaAs	30.3 <sup>j</sup>	2.488	14.22	0.856	4.0 <sup>t</sup>
GaInP/GaAs/Ge	32.0 <sup>j</sup>	2.622	14.37	0.85	3.989 <sup>t</sup>
GaAs/CIS (thin film)	25.8 <sup>j</sup>	NA	NA	NA	4.0 <sup>t</sup>
a-Si:H/ $\mu$ c-Si:H	11.7 <sup>l1</sup>	5.462	2.99	0.713	14.23 <sup>ap</sup>
a-Si:H/nc-Si:H/nc-Si:H	12.5 <sup>l2</sup>	2.010	9.11	0.684	0.27 <sup>da</sup>

ap = aperture area., da = designated illumination area., t = total area.

g = reported on a per cell basis.

h = not measured at an external laboratory.

i = initial efficiency.

j = measured under IEC 60904-3 Ed. 1:1989 reference spectrum.

l = light soaked under simulated AM1.5 for about 140 hrs prior to shipment to testing center.

l1 = stabilized by 174 hrs, 1 sun AM1.5 illumination after 20 hrs, 5 sun illumination at a sample temperature of 50 °C.

l2 = light soaked under 100 mW/cm<sup>2</sup> white light at 50 °C for 1000 hrs.

s = stabilized by 800 hrs, 1 sun AM1.5 illumination at a cell temperature of 50 °C.

sn = stability not investigated.

ในส่วนของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีพื้นที่ใหญ่ สามารถสรุปสถานะได้ตามตารางที่ 4 โดยแผงเซลล์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดได้จากแผงเซลล์ ชนิดผลึกซิลิคอนของบริษัท Sunpower โดยมีประสิทธิภาพถึง 20.3% บนพื้นที่แผงขนาด 1.63 m<sup>2</sup> อย่างไรก็ตามสำหรับแผงเซลล์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอน บริษัท Oerlikon ได้รายงานว่าได้ประสิทธิภาพตั้งต้น 11.1% จากแผงเซลล์ขนาด 1.4 m<sup>2</sup> [8] นอกจากนี้หากกล่าวถึงเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในโลก ปัจจุบันได้จากเซลล์ชนิดรวมแสง (concentrator cell) โครงสร้าง GaInP/GaInAs/Ge ที่สร้างจากศูนย์วิจัย Fraunhofer ประเทศเยอรมัน โดยได้ประสิทธิภาพ 41.1% ที่ความเข้มแสง 454 suns บนเซลล์ ขนาด 0.0509 cm<sup>2</sup> [5]

ตารางที่ 4 สรุปประสิทธิภาพสูงสุดของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ จากหน่วยงานวิจัยหรือผู้ผลิตทั่วโลกที่ผ่านการทดสอบจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้

โครงสร้าง	$\eta$ (%)	Voc (V)	Isc (A)	FF	พื้นที่ (cm <sup>2</sup> )
Monocrystalline Si	22.9	5.60	3.97	0.803	778 <sup>da</sup>
Monocrystalline Si (large)	20.3	66.1	6.35	0.787	16300 <sup>ap</sup>
Multicrystalline Si	15.5 <sup>f</sup>	14.6	1.37	0.786	1017 <sup>ap</sup>
Si thin film polycrystalline	8.2	25.0	0.32	0.680	661 <sup>ap</sup>
CIGSS (Cd free)	13.5	31.2	2.18	0.689	3459 <sup>ap</sup>
CdTe	10.9	26.21	3.24	0.623	4874 <sup>ap</sup>
a-Si:H/a-SiGe/a-SiGe	10.4 <sup>l</sup>	4.353	3.285	0.660	905 <sup>ap</sup>

f = not measured at an external laboratory.

l = Light soaked at NREL for 1000 hrs at 50 °C, nominally 1 sun illumination.

j = measured under IEC 60904-3 Ed. 1:1989 reference spectrum.

### 2.3 ทิศทางของงานวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ในอนาคต

สำหรับทิศทางของงานวิจัยเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย ทางผู้วิจัยคาดว่างานวิจัยที่เกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Dye sensitized จะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากกระบวนการสร้างง่าย ไม่ซับซ้อน และไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่มีราคาแพง ทำให้แทบทุกมหาวิทยาลัยหรือสถาบันวิจัยสามารถทำงานวิจัยเกี่ยวกับเซลล์ชนิดนี้ได้ อย่างไรก็ตามสิ่งที่ต้องคำนึงถึงสำหรับการพัฒนาเซลล์ชนิดนี้ นอกจากในส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพก็ถือการพัฒนาให้มีอายุการใช้งานที่นานขึ้น สำหรับเซลล์ ชนิดอื่นๆ ก็มีแนวโน้มของงานวิจัยที่ไม่เปลี่ยนแปลงจากเดิมมากนัก ส่วนมากจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้สูงขึ้นจากเดิมหรือใช้วัสดุชนิดใหม่ในการสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ นอกจากนี้คาดว่าจะมีงานวิจัยในส่วนของการประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์หรือระบบเซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น

ในส่วนของทิศทางงานวิจัยในต่างประเทศคาดว่าจะไปในแนวทางเดียวกันคือเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง ตัวอย่างเช่นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางทำได้โดยการพัฒนาวัสดุ รวมไปถึงโครงสร้างชนิดใหม่ให้มีการดูดกลืนสเปกตรัมแสงให้มากที่สุดหรือในส่วนของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึก สามารถพัฒนาได้โดยลดความหนาของผลึกซิลิคอนให้บางลง ใช้ผลึกซิลิคอนเกรดที่ต่ำกว่าที่ใช้ในปัจจุบันแต่ให้ได้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับของเดิม เป็นต้น สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่นๆ เช่น Dye sensitized แนวทางการพัฒนาจะเป็นทางด้านเพิ่มอายุการใช้งานให้มากขึ้นหรือสังเคราะห์สารพวกสีย้อม

ไวแสงหรืออิเล็กทรอนิกส์ชนิดใหม่ นอกจากนี้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดสารประกอบ (Compound solar cells) ก็มีแนวทางในการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพโดยใช้โครงสร้างแบบเซลล์ซ้อนและวัสดุชนิดใหม่ร่วมกับหลักการเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดรวมแสง

### 3. สรุป

จากการศึกษาข้อมูลงานวิจัยของเซลล์แสงในประเทศไทยพบว่าปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ได้มีการทำวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการสร้างเซลล์ อย่างไรก็ตามยังมีการทำวิจัยในวงที่แคบและยังไม่ครอบคลุมเซลล์ ชนิดต่างๆ ทั้งหมด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการขาดแคลนเครื่องมือ อุปกรณ์ หรืองบประมาณที่ต้องใช้ในการทำวิจัย ทำให้ต้องเลือกทำวิจัยในเทคโนโลยีที่ทางมหาวิทยาลัยหรือสถาบัน มีความพร้อมอยู่แล้ว ในส่วนของประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีการทำวิจัยในประเทศไทยพบว่าอยู่ในระดับที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับงบประมาณบุคลากร และระยะเวลาที่เริ่มทำวิจัยเมื่อเปรียบเทียบกับหน่วยงานวิจัยต่างๆ ในต่างประเทศ

### เอกสารอ้างอิง

1. Suraprapapich S., Thainoi S., Kanjanachuchai S., and Panyakeow S., "Quantum dot integration in heterostructure solar cells" Solar Energy Materials & Solar Cells 90 (2006) 2968–2974.
2. C. Sritharathikhun J., "R&D on Solar Cells in NSTDA, THAILAND", Presented in The 2nd Renewable Energy Workshop between Thailand and China, Guangzhou, China December 15-17, 2009.
3. Chityuttakan C., Chinvetkitvanich P., Chatraphorn S., Yoodee K. and Chatraphorn S., "Fabrication from Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> Thin Film Solar Cells to Mini-Modules", The 2<sup>nd</sup> conference on energy network of Thailand (E-NETT), Thailand, 2006.
4. Sawatsuk T., Chindaduang A., Sae-kung C., Pratontep S. and Tumcharern G., "Dye-sensitized solar cells based on TiO<sub>2</sub>-MWCNTs composite electrodes: Performance improvement and their mechanisms", Diamond & Related Materials Vol. 18 , pp. 524–527, 2009.
5. Green, M.A., Emery, K., Hishikawa Y., and Watra, W., "Solar cell efficiency tables (version 34)", Progress in photovoltaics: Research and applications, Vol. 17, pp. 320-326, 2009.
6. Green, M.A., Emery, K., Hishikawa Y., and Watra, W., "Solar cell efficiency tables (version 33)", Progress in photovoltaics: Research and applications, Vol. 17, pp. 85-94, 2009.
7. <http://global.mitsubishielectric.com/news>, "Mitsubishi Electric Sets Two World Records in Solar Cell Conversion Efficiency", February 2010.
8. Kluth O., Losio P., Bakehe S., Caglar O., Goldbach H., Keller M., Benagli S., Meier J., "Up-scaling of high throughput a-Si solar cell design on ZnO to 1.4 m<sup>2</sup> modules", The 24<sup>th</sup> EUPVSEC, 21-25 September 2009, Hamburg, Germany.