ความร่วมมือในการวิจัยพัฒนาระหว่าง

NECTEC และ BSC

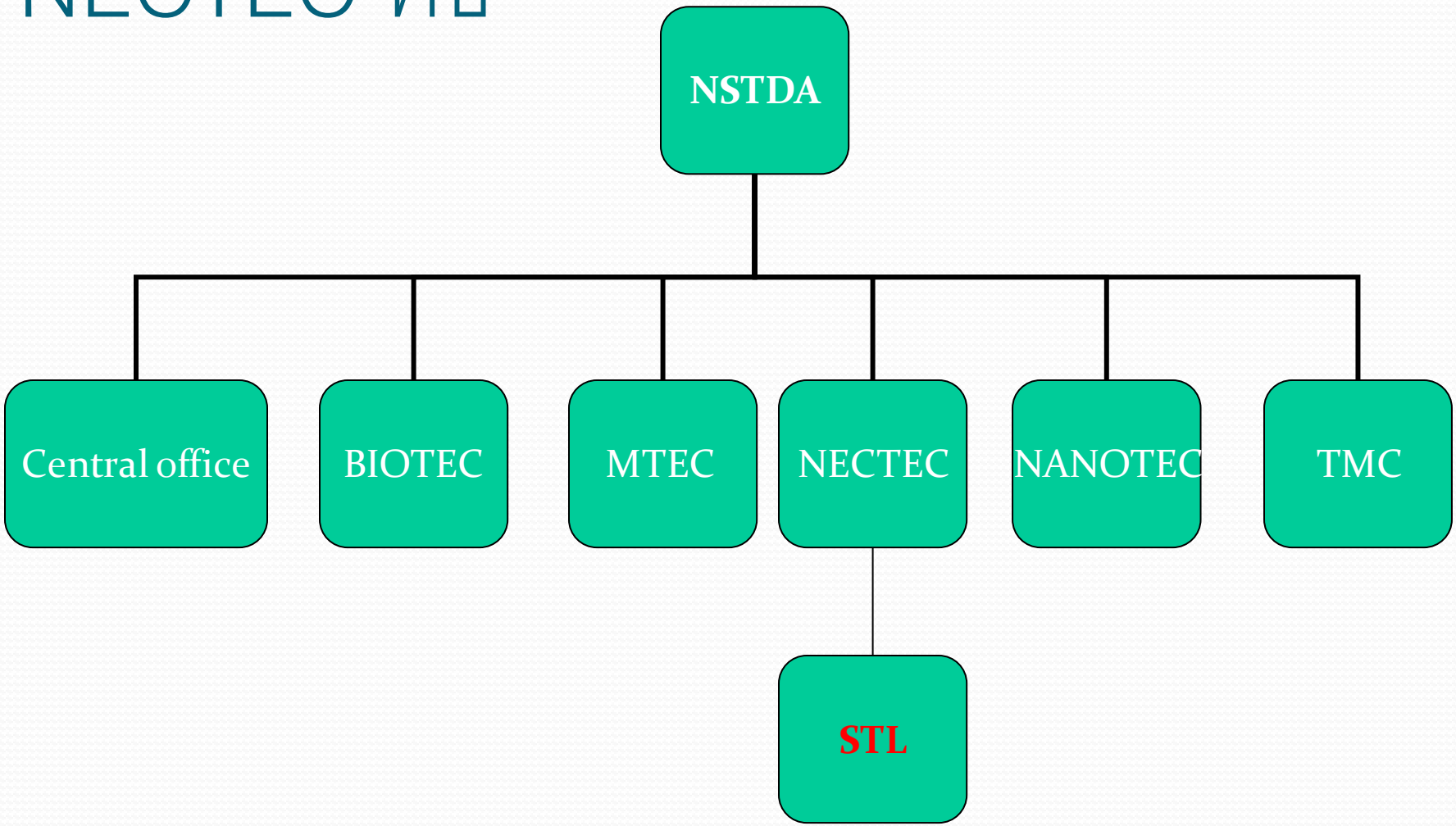
วิวรรธน์ ตาฟ้วัฒน์
บริษัท บางกอกโซลาร์ จำกัด

20 กันยายน 2555

สารบัญ

- NECTEC คือ
- BSC คือ
- เป้าหมายโครงการความร่วมมือในการวิจัยพัฒนา
- รายชื่อโครงการร่วมวิจัยพัฒนา
- โครงการร่วมวิจัยและพัฒนากระจกเคลือบขั้วนำไฟฟ้าโปร่งแสง ZnO โดยเทคนิค DC Magnetron Sputtering ในระดับอุตสาหกรรม
- โครงการร่วมวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอนด้วยวิธีการเพิ่มการสะท้อนแสงจากขั้วโลหะด้านหลัง
- การพัฒนา Uniformity ของฟิล์ม โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ RF
- สรุป

NECTEC คือ



NECTEC STL และผังองค์กรรวมของ NSTDA

NSTDA : National Science and Technology Development Agency

BIOTEC : National Center for Genetic Engineering and Biotechnology

MTEC : National Metal and Materials Technology Center

NECTEC : National Electronics and Computer Technology Center

NANOTEC: National Nanotechnology Center

TMC : Technology Management Center

STL : Solar Energy Technology Laboratory

PV Activities at STL

Thin film silicon solar cells (Amorphous and Microcrystalline Si)

- High efficiency solar cell (small area)
  - TCO coated glass substrate
  - flexible substrate
- TCO coated glass
  - MOCVD (small area)
  - Sputtering (large area, cooperation with private sector)

Crystalline Si solar cell

- HIT solar cell

PV System and application

- System evaluation
- PV, BIPV, CPV testing

other solar cells

- CIGS solar cell
- organic solar cell

BSC คือ

Thailand's First Manufacturer of Amorphous Silicon Photovoltaic Modules

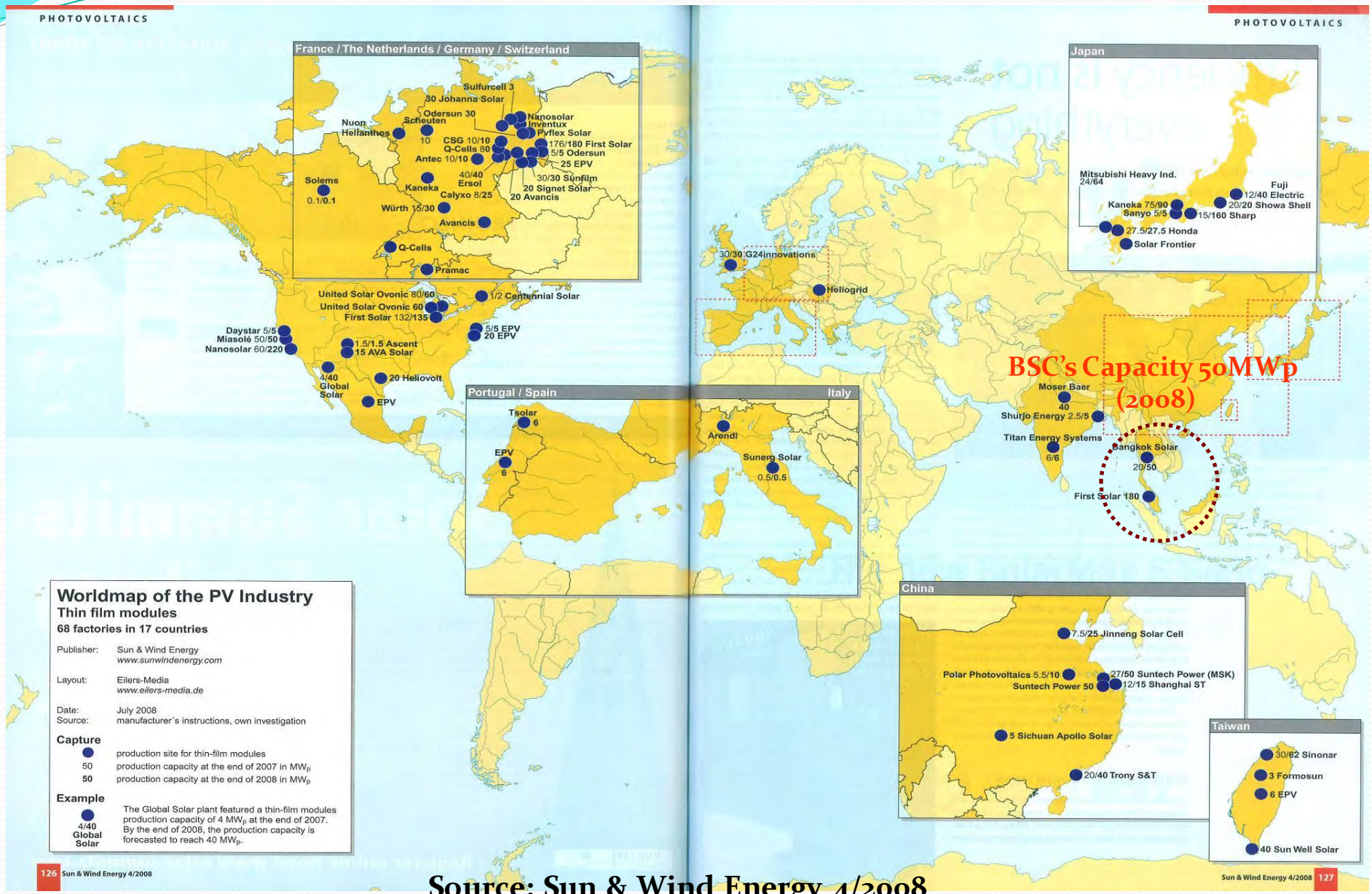
Production Capacity

5 MWp/year (End of 2005)
20 MWp/year (End of 2006)
35 MWp/year (End of 2007)
50 MWp/year (End of 2008)
65 MWp/year (End of 2009)

COMPANY PROFILE

Company Name	:	*Bangkok Solar Co.,Ltd.*
Address	:	*39/1 Moo 1 Bangpakong-Chachoengsao Rd., Sanphudas, Banpho, Chachoengsao 24140*
Establishment	:	*Year 2003 (2546)*
Main Product Modules	:	*Amorphous Silicon Photovoltaic*
Employees	:	*308 persons (Aug 2012)*
Total Investment	:	*> 2,500 MTHB(55 MEURO)*
Shareholders	:	*Bangkok Cable Group 100 %*
Current Marketing Area	:	*Local and Export*

BSC on PV Industry World Map



Source: Sun & Wind Energy 4/2008

BSC's Products Specifications

Model	Nominal Power (W)	Open circuit voltage (V)	Short circuit current (A)	Operating voltage (V)	Current at rated operating voltage (A)	Maximum System Voltage (V)	Maximum series fuse (A)	Certifications
BS 40	40.0	62.2	1.14	44.8	0.93	600	2	TÜV
BS-42	42.5	62.2	1.16	44.8	0.95	600	2	UL
BS 42 A	42.0	62.4	1.16	45.8	0.96	600	2	TÜV
BS-44 B	44.0	62.6	1.17	46.9	0.99	1000	2	TÜV
BS-44	44.0	62.6	1.17	46.9	0.99	1000	2	TÜV
BS-46	46.0	93.0	0.82	70.3	0.66	1000/600	1	TÜV, UL
BS-50	50.0	93.4	0.86	70.9	0.71	1000/600	1	TÜV, UL
BS-52	52.0	93.6	0.88	71.2	0.74	1000/600	1	TÜV, UL

Temperature Coefficients

: Maximum power	*- 0.19 % / °C*
: Open circuit voltage	*- 0.32 % / °C*
: Short circuit current	*+ 0.06 % / °C*

เป้าหมายโครงการ ความร่วมมือในการวิจัยพัฒนา

1. เพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดฟิล์มบางซิลิคอน
2. ลดต้นทุนในการผลิตในอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบางซิลิคอน
3. พัฒนาวัตถุดิบเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ
4. เป็นโอกาสพัฒนาศักยภาพนักวิจัย นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรสัญชาติไทยในด้านเซลล์แสงอาทิตย์

รายชื่อโครงการภายใต้ความร่วมมือในการวิจัยพัฒนา

1. โครงการร่วมวิจัยและพัฒนากระจกเคลือบขั้วนำไฟฟ้าโปร่งแสง ZnO โดยเทคนิค DC Magnetron Sputtering ในระดับอุตสาหกรรม

2. โครงการร่วมวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอนด้วยวิธีการเพิ่มการสะท้อนแสงจากขั้วโลหะด้านหลัง

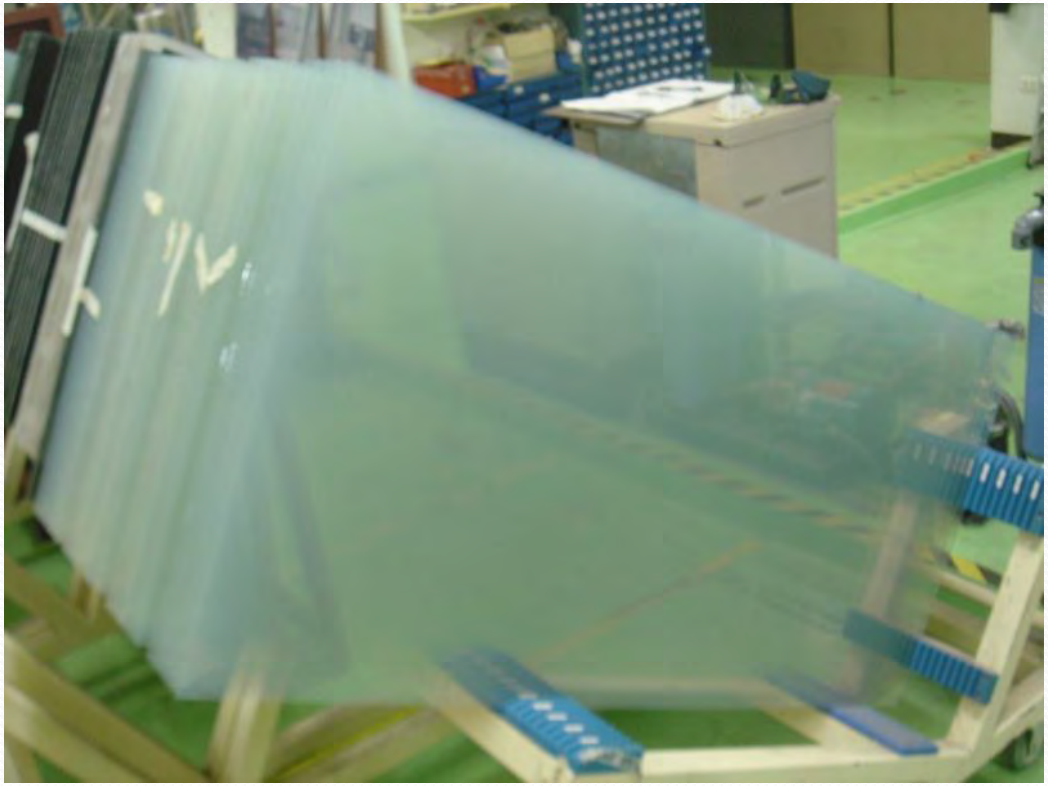
3. การพัฒนา Uniformity ของฟิล์ม โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ RF

1. โครงการร่วมวิจัยและพัฒนากระจกเคลือบขั้วนำไฟฟ้าโปร่งแสง ZNO โดยเทคนิค DC Magnetron Sputtering ในระดับอุตสาหกรรม

เป้าหมาย

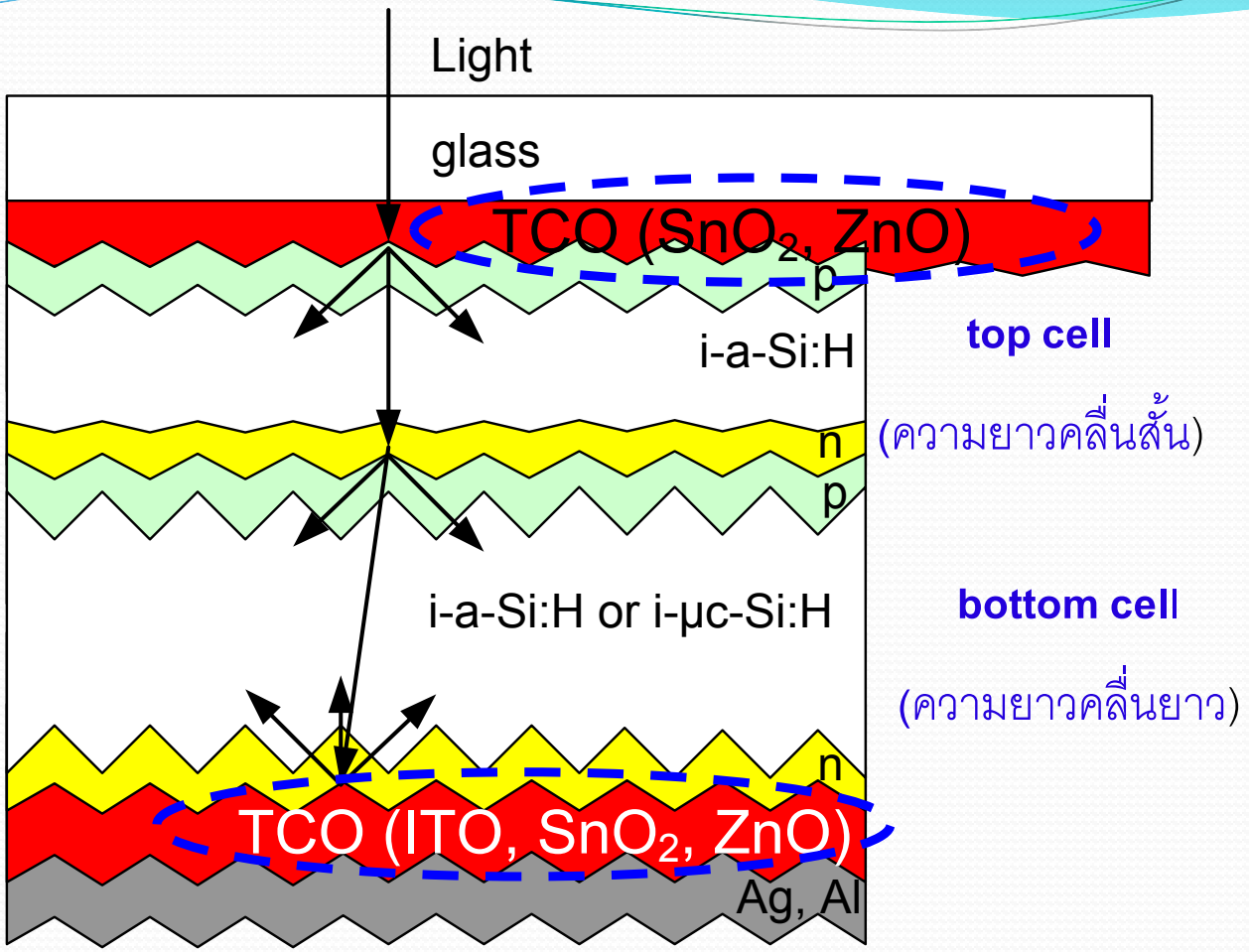
เพื่อเป็นต้นแบบเทคโนโลยีการเคลือบขั้วนำไฟฟ้าโปร่งแสง ZnO ด้วยเครื่องจักรระบบ DC Magnetron Sputtering แบบ Inline โดยกระจก TCO ที่ได้จะมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ค่า Transmittance ไม่น้อยกว่า 80% ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร
- Sheet resistance ประมาณ 10 – 15 โอห์ม/square ที่ความหนาประมาณ 800 – 1200 นาโนเมตร
- เปอร์เซนต์ความสม่ำเสมอของความหนาฟิล์ม ไม่เกิน 5%



กระจก Transparent Conductive Oxide (TCO)

ซึ่งปัจจุบันนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น อเมริกา จีน



โครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางซิลิคอนแบบเซลล์ซ้อนบนฐานรองกระจก TCO

The most widely used TCO Material

Why ZnO?

In_2O_3:Sn หรือ ITO

- มีราคาแพง
- ไม่เสถียรในสภาวะที่เกิด plasma ที่มี power และ ปริมาณ hydrogen สูงทำให้มีการแพร่ของ indium เข้าสู่ชั้นของเซลล์แสงอาทิตย์

SnO_2:F

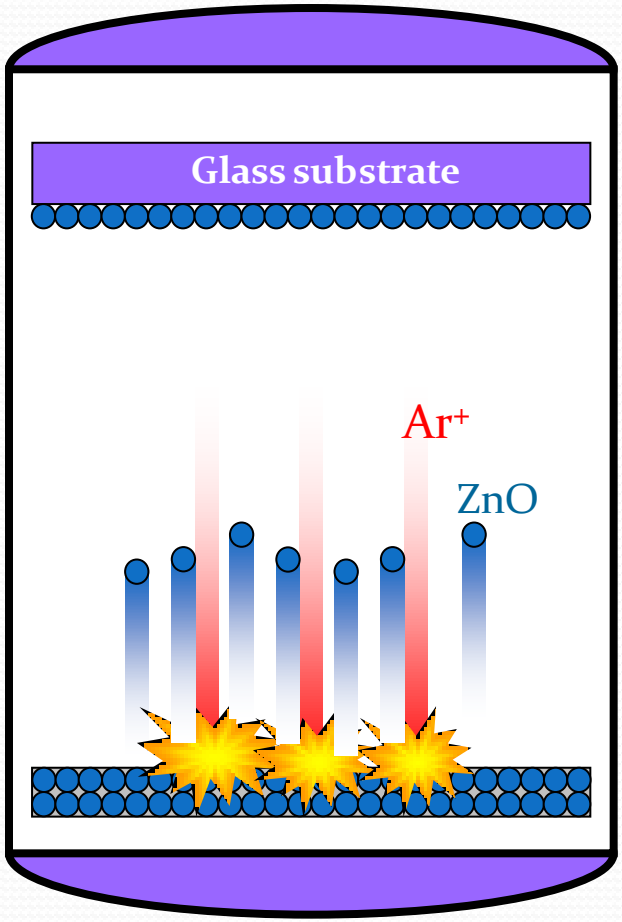
- นำไฟฟ้าได้ดีกว่า ZnO
- ปัญหาเดียวกับ ITO คือไม่เสถียรในสภาวะที่เกิด plasma ที่มี power และ ปริมาณ hydrogen สูงทำให้มีการแพร่ของ indium เข้าสู่ชั้นของเซลล์แสงอาทิตย์
- ปัจจุบันนิยมนำมาใช้ในการในการผลิตเชิงพาณิชย์

ZnO

- มีเทคโนโลยีการสร้างได้หลายวิธี
- สามารถเตรียมได้ที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 100°C - 200°C
- เป็น non-toxic material
- ปรับพื้นผิวฟิล์มได้ง่าย

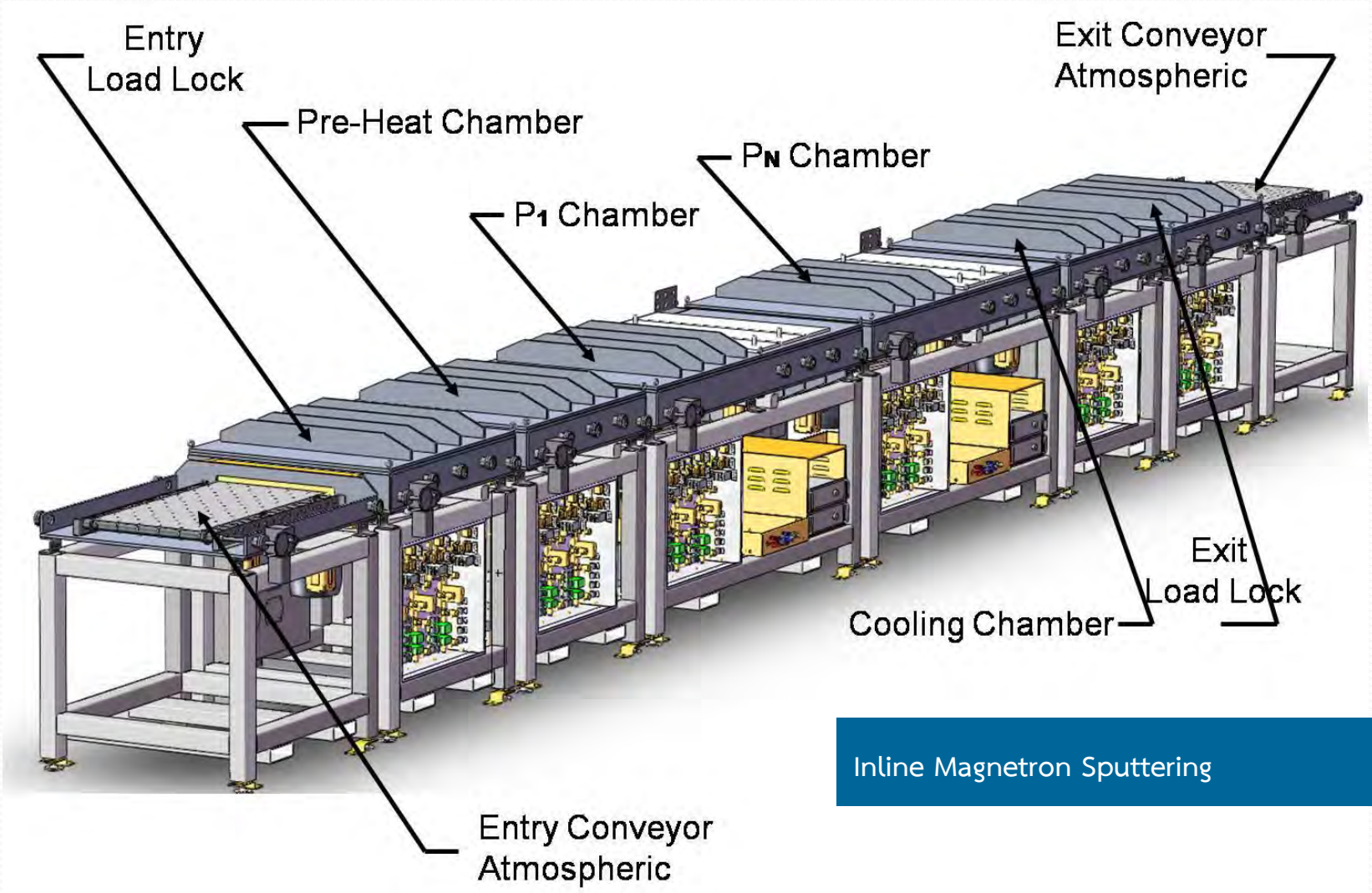
การเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธี PVD, Sputtering

สปัตเตอริง (Sputtering) เป็นขบวนการที่อะตอมผิวหน้าของวัสดุถูกทำให้หลุดออกมาด้วยการชนของอนุภาคพลังงานสูง โดยมีการแลกเปลี่ยนพลังงานและโมเมนตัมระหว่างอนุภาคที่วิ่งชนกับอะตอมที่ผิววัสดุ



หลักการของระบบ PVD หรือสปัตเตอริง

ระบบที่ใช้ในการผลิตกระจกเคลือบ TCO ในเชิงอุตสาหกรรม



Inline Magnetron Sputtering

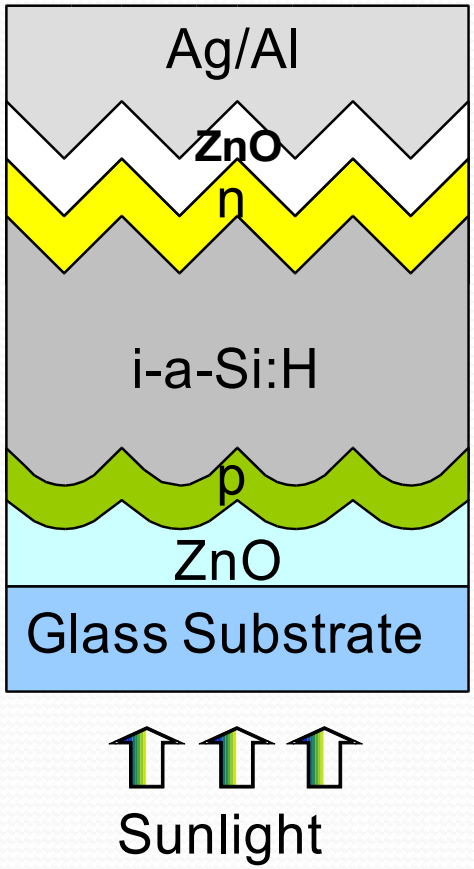
2. โครงการร่วมวิจัยและพัฒนาประสิทธิภาพเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอนด้วยวิธีการเพิ่มการสะท้อนแสงจากขั้วโลหะด้านหลัง

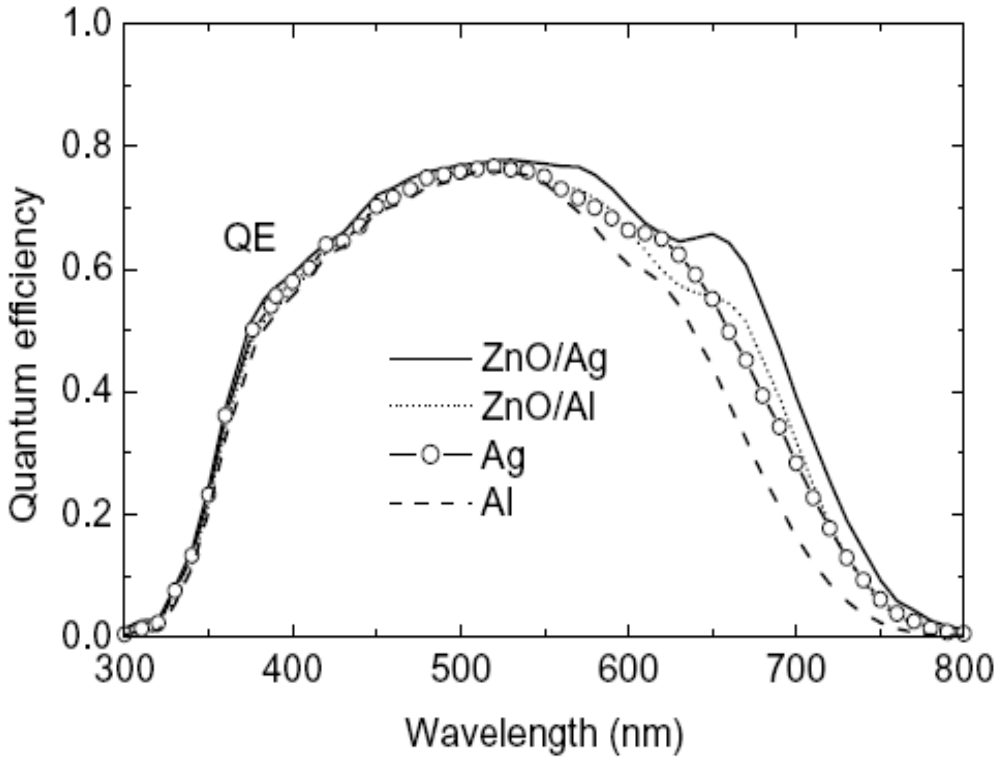
เป้าหมาย

เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดฟิล์มบาง a-Si โดยการเพิ่มการสะท้อนแสงให้เข้าสู่เซลล์แสงอาทิตย์มากขึ้น ด้วยวัสดุ Zinc Oxide doped Aluminium (ZnO : Al) and Silver (Ag) โดยผลที่คาดว่าจะได้รับคือ

1. กระแสไฟฟ้าลัดวงจรของแผงเซลล์เพิ่มขึ้นประมาณ 1-2 มิลลิแอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร
2. ประสิทธิภาพของแผงเซลล์เพิ่มขึ้นประมาณ 1 เปอร์เซนต์ (Total Efficiency)

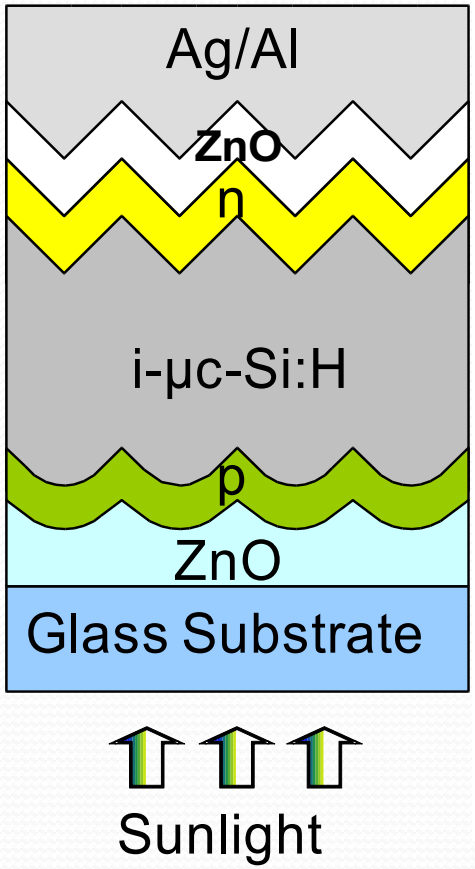
Influence of back reflector on a-Si:H solar cells

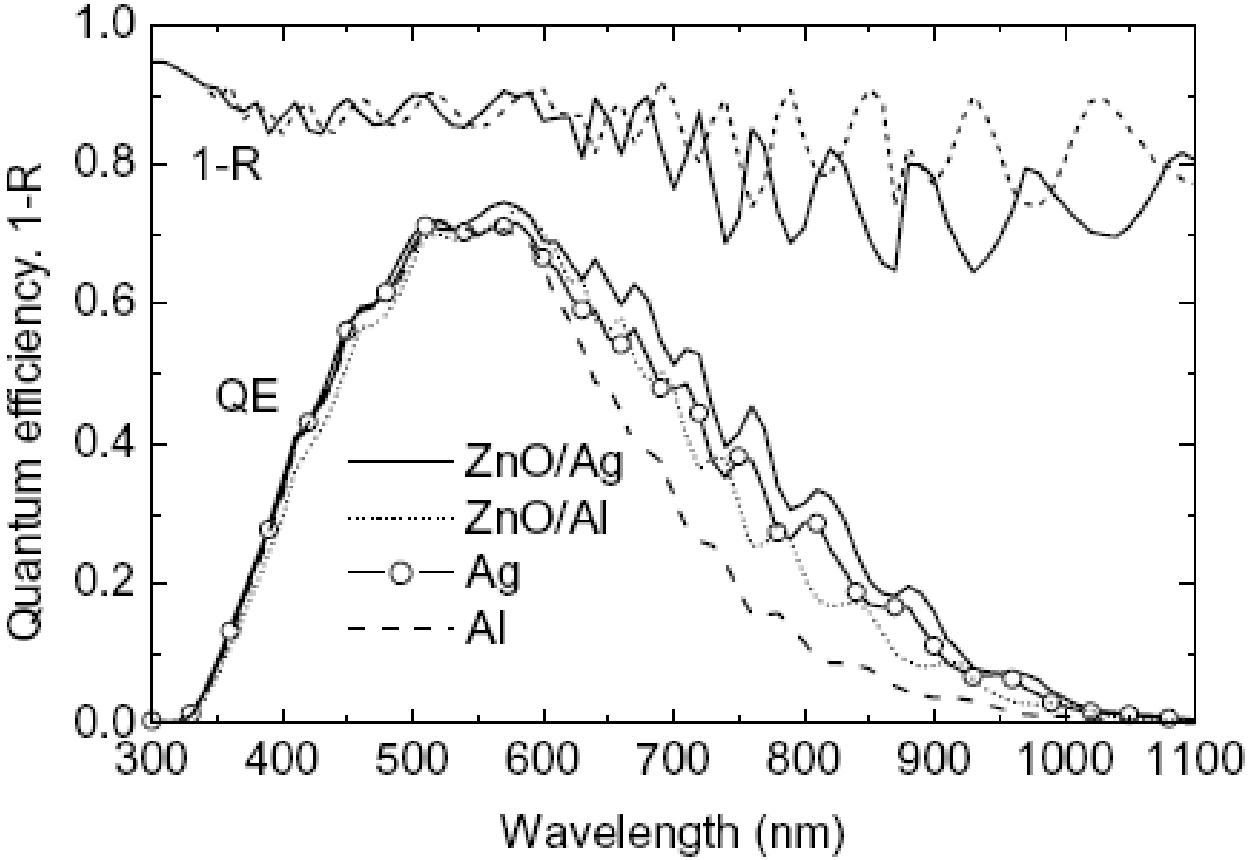




J. Muller et al. / Solar Energy 77 (2004) 917–930 (1)

Influence of back reflector on μc-Si:H solar cells

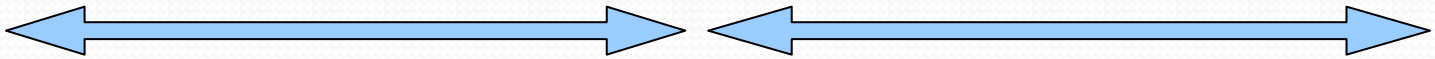




J. Muller et al. / Solar Energy 77 (2004) 917–930 (1)

Influence of back reflector in summary

Back reflector	$R_{600\,nm}$	$R_{800\,nm}$	Δjsc (mA/cm^2) (a-Si:H)	Δjsc (mA/cm^2) (µc-Si:H)
ZnO/Ag	0.94	0.96	0.0	0.0
Ag	0.87	0.94	-1.3	-1.0
ZnO/Al	0.85	0.77	-1.1	-2.6
Al	0.70	0.65	-2.0	-4.7

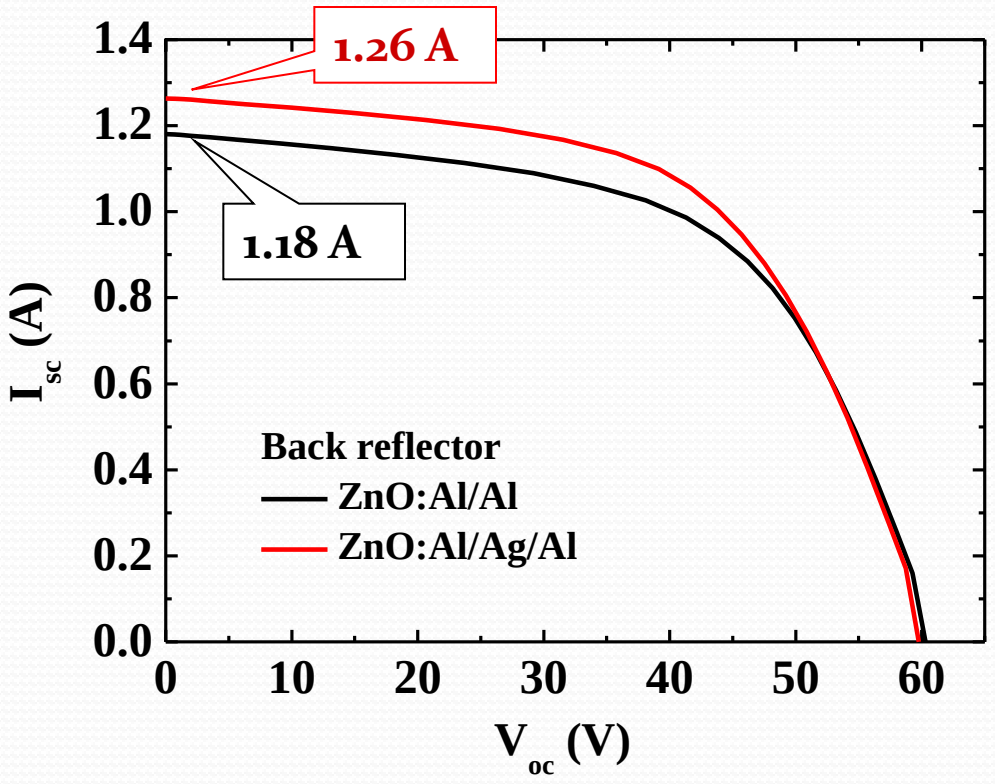


Calculation experimental

J. Muller et al. / Solar Energy 77 (2004) 917–930 (1)

Solar Energy Technology Laboratory (STL)

Glass /TCO /a-Si:H *(p-i-n top)* /a-Si:H *(p-i-n bottom)* /ZnO:Al / ***(Ag)*** /Al (0.8 m²)



ZnO:Al/ Al

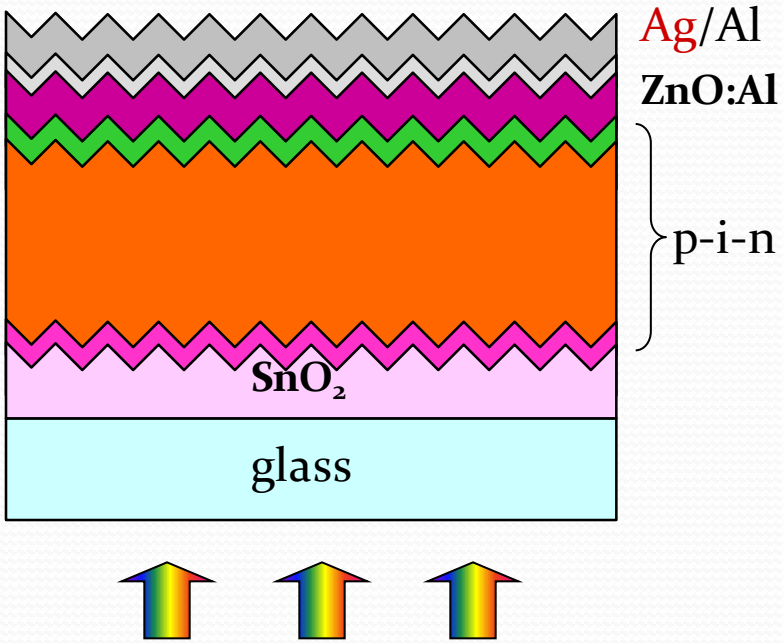
Δ Isc = 0.08 A (6.8%)

ZnO:Al/ Ag/ Al

Δ Eff = 0.4 % (7.7%)

Back reflector	Voc	Jsc	FF	Eff
ZnO:Al/ Al	60.9	1.18	0.57	5.2
ZnO:Al/ Ag/ Al	60.4	1.26	0.58	5.6

แนวทางการพัฒนา a-Si:H solar cell ด้วย back reflector technique



Schematic structure of a-Si:H solar cell

1. ZnO:Al/ Al

- ปรับเงื่อนไขการปลูกฟิล์ม ZnO:Al เช่น ความหนาฟิล์ม ความดันก๊าซ อุณหภูมิ เพื่อให้แสงสะท้อนกลับได้สูงสุด

2. เพิ่มชั้น Ag ระหว่าง n/ ZnO:Al/ Ag / Al

- ค่ากระแส Jsc > 5%

3. การพัฒนา Uniformity ของฟิล์ม โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบ RF

เป้าหมาย

เพื่อเป็นการปรับปรุงระบบเครื่องกำเนิดความถี่ (RF Generator) วงจร Matching วงจร Phase shifter รวมถึงการตรวจสอบตัว Chamber และแผ่นอิเล็คโทรด เพื่อให้ได้มาซึ่งการฉาบฟิล์มที่สามารถลด %Uniformity ของความหนาฟิล์มได้ในระดับไม่เกิน 5%

Hardware

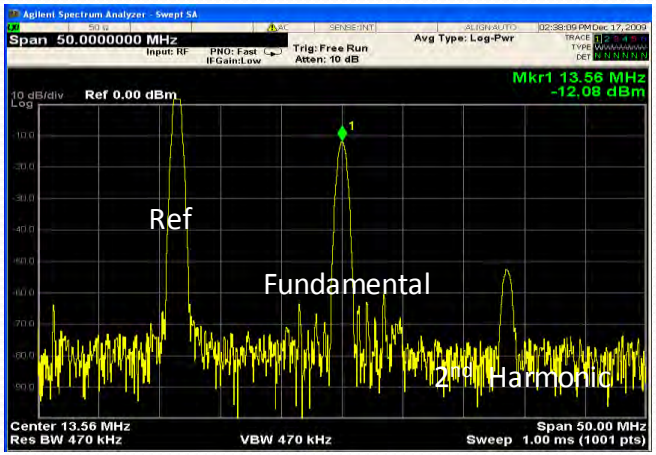
1. RF system

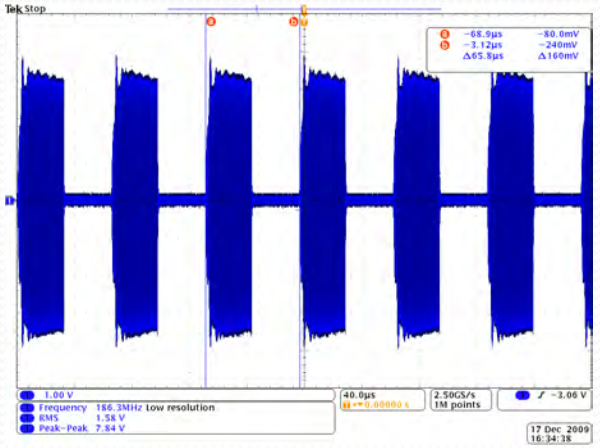
   - RF generator 13.56 GHz, 2-10 kW
   - Phase shifter
   - Impedance Matching

2. Chamber

   - Sectors
   - Electrode

RF system





Spectrum Analyzer

Oscilloscope

30 dB Attenuator

30 dB Attenuator

1000 W
60 dBm

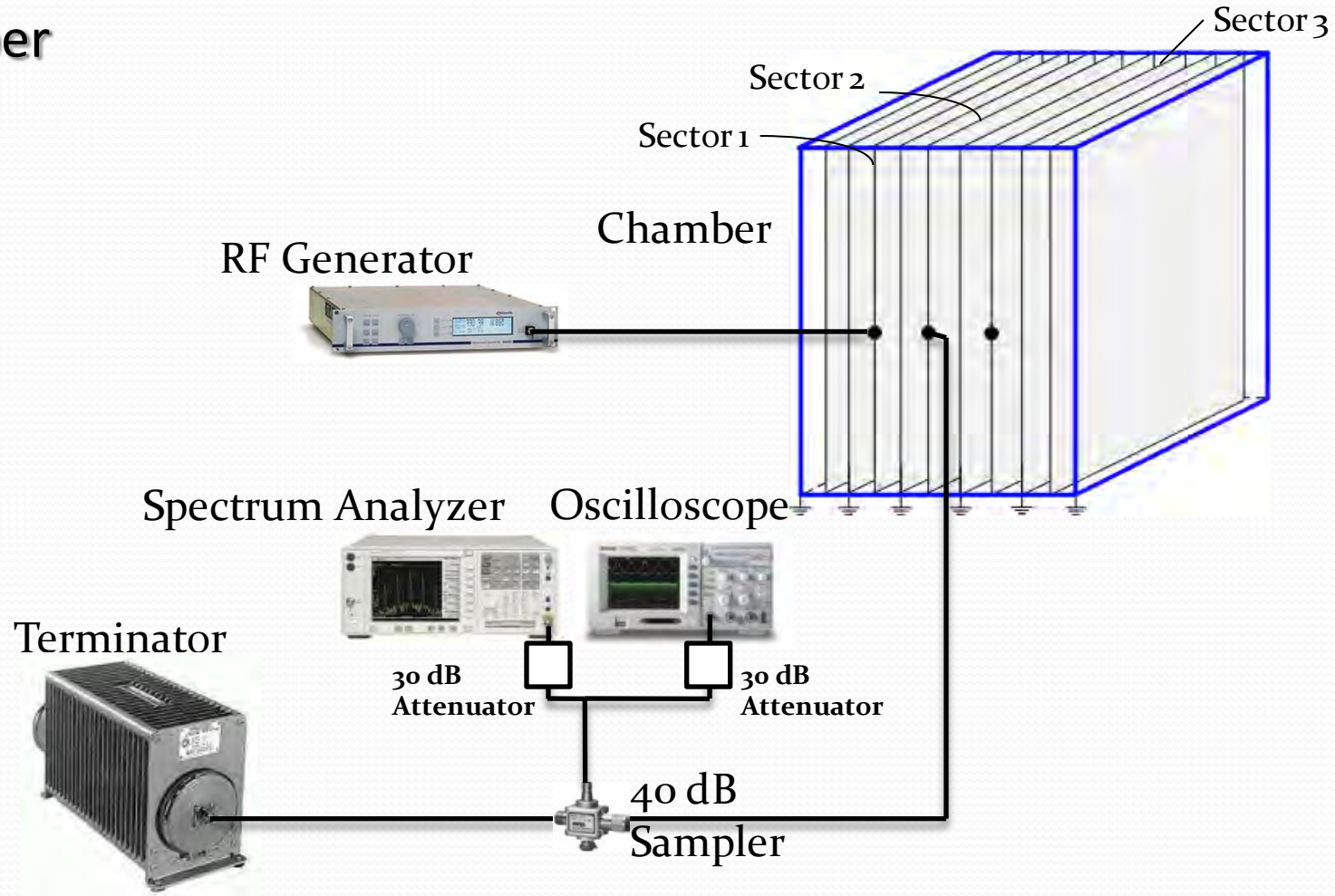
Terminator

RF Generator

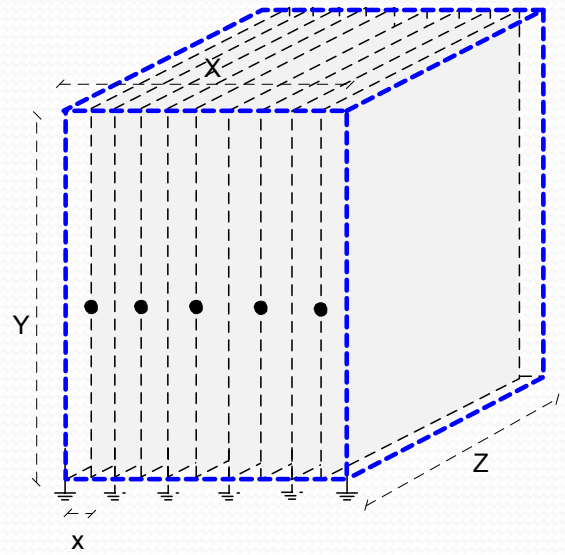
40 dB Sampler

Chamber

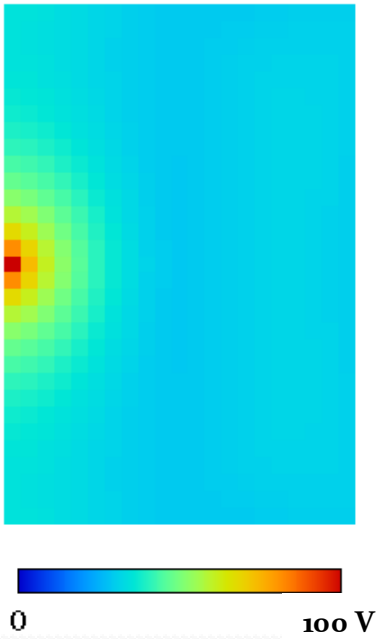
ตรวจสอบการ coupling ของสัญญาณ RF ระหว่าง Sectors Chamber



การปรับปรุง Electrode โดยใช้แบบจำลอง (Simulation)



Input Sinewave= 100 Volt



- Finite Difference Time Domain (FDTD) method ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขแบบสามมิติสำหรับการจำลองทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้า
- ปรับปรุงขนาด รูปทรง จุด feed ระยะห่างระหว่าง sectors ของ Electrode

สรุป

BSC บริษัทคนไทย + NECTEC นักวิจัยไทย

= แผงเซลล์แสงอาทิตย์ฝีมือคนไทย

แผงเซลล์แสงอาทิตย์ฝีมือคนไทย + การสนับสนุนจากภาครัฐ

= พลังงานทดแทนที่สะอาด + ผลตอบแทนที่ยั่งยืนของคนไทยทุกคน

ขอแสดงความขอบคุณ

- ดร.กอบศักดิ์ ศรีประภา
- ดร.จรัญ ศรีธาราธิคุณ
- ดร.รวีภัทร ผุดผ่อง

และทีมนักวิจัย NECTEC ที่เอื้อเฟื้อข้อมูล