

태양광산업의 그리드 패리티 접근전략

태양광산업 발전전략세미나

에너지경제연구원

Dec. 10 2010

H. Ahn

Photovoltaic Energy Program Director
Ministry of Knowledge Economy Korea
KETEP

Professor of Dept. of EE, Konkuk University

Lists

I 국내외 PV 현황

II Why 차세대 박막 태양전지?

III 차세대 태양전지 국내외 기술동향분석

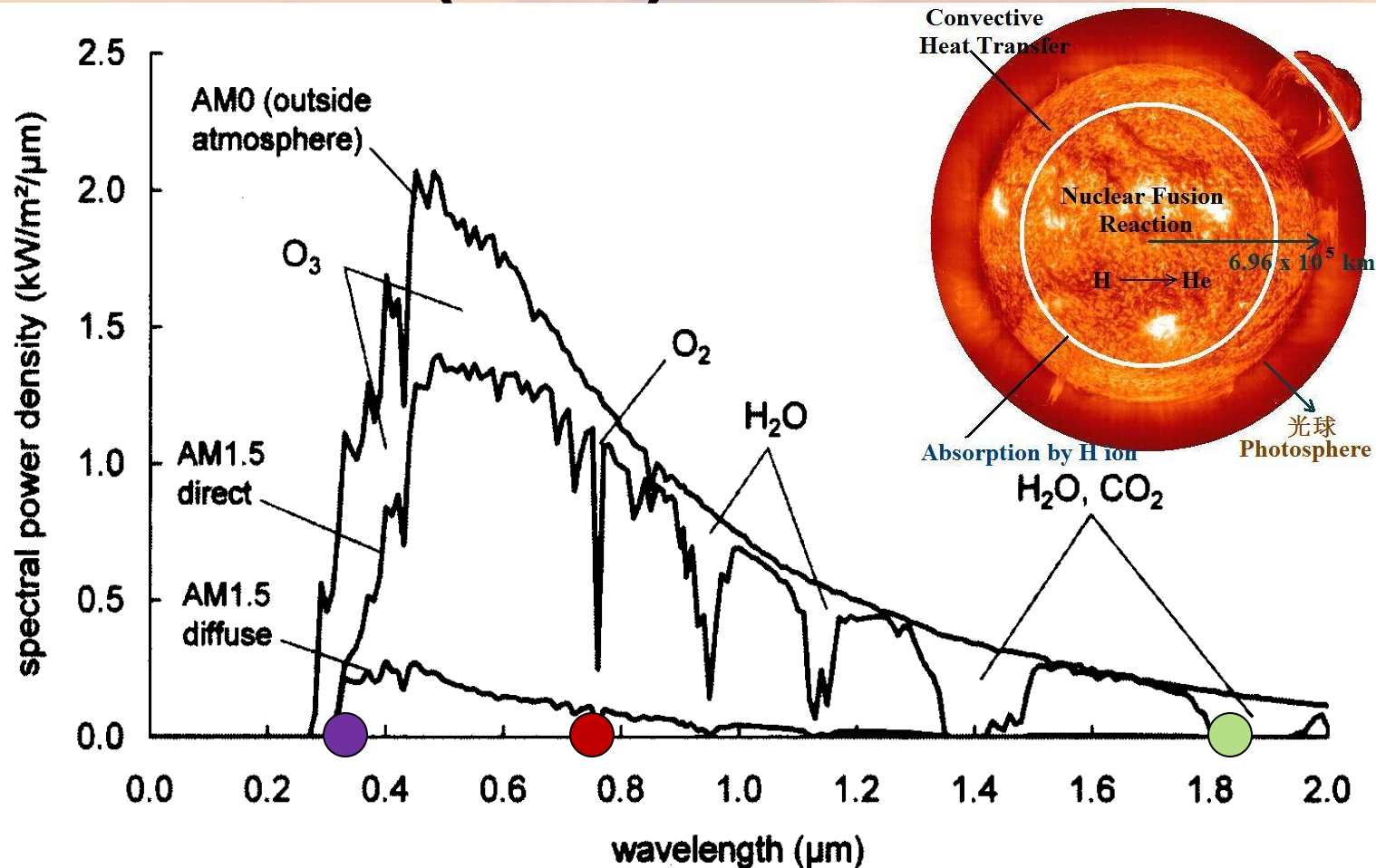
IV 차세대 태양전지 R&D전략방향

V 분야별 R&D 전략

VI 결 론

I. The SUN

Spectral Irradiance of Blackbody at 6000K & RnD Trends(● ● ●)



I. Warning to Human

- ☞ Anthropogenic(人爲改變) Gases:
CO₂, O₃, CH₄(Methane), Chlorofluorocarbons(CFCs)
- ☞ 0.6 °C increase over 20th century.
- ☞ 1.4-5.8 °C increase by 2100 referencing from 1990.

Strategy of E on earth?

- ☆ Human activities : Energy Consumer, Architectural Design
have already reached a scale where they are impacting on the
EARTH's SELF-SUPPORT SYSTEMs.

II. National Trend of PVs in '09-10

- IEA : Necessity of Precise Control in Energy Program (Warning Message on Sep. 2008)
- US: Renewable Portfolio Standards in 29 States from Jan. 09
 - 10% in 2012, 25% in 2025
 - Extension of Tax Reduction(5 yrs)
 - Direct Support of 30%
- Germany: Different Level of Purchasing Strategy based on Incoming Expenses, Decreasing PV Market
- Korea: Energy Strategy Roadmap(09), FIT & Subsidy Program preparing RPS('12) to Minimize the Impact to Market But to Go
→ Green Growth and Green Energy Strategy in 2009 & 2010
- 760 billion USD & 15% of Renewable Energy Portion in 10 yrs in Cn
- ✓ 2020-2030-2050 New World Roadmap of Jpn, EU and Kr.

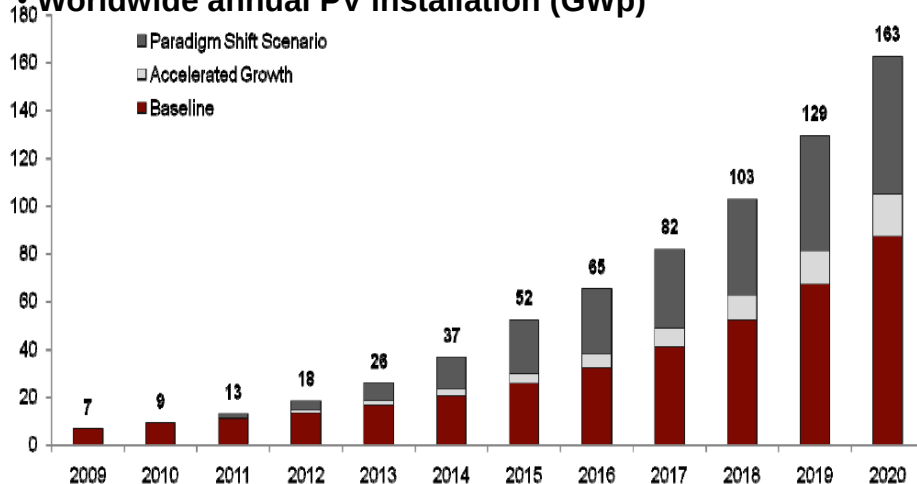
II. Trend & Expectation of World PVs

Market

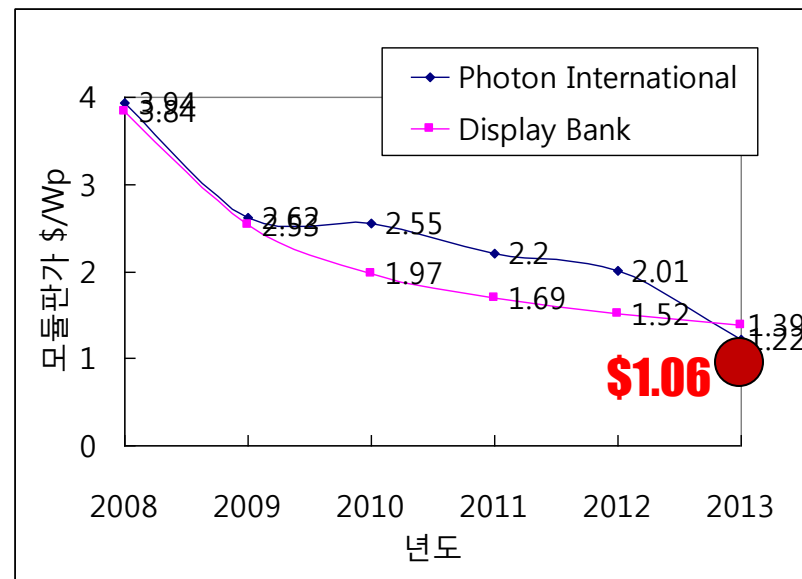
- Continuous Cost Down, Dramatic Increase of the Market
- Competitive Production Cost
- Development of Low Cost High Efficient Si Solar Cell & Module

Strategic Target of the World

• Worldwide annual PV installation (GWp)



출처 : EPIA European PV Technology Roadmap, 2009.07



- 26 GW Installation Cap by 2013
- \$1.22/W Module Price by 2013 from 2.10/W (2010)

II. World Trend in PVs

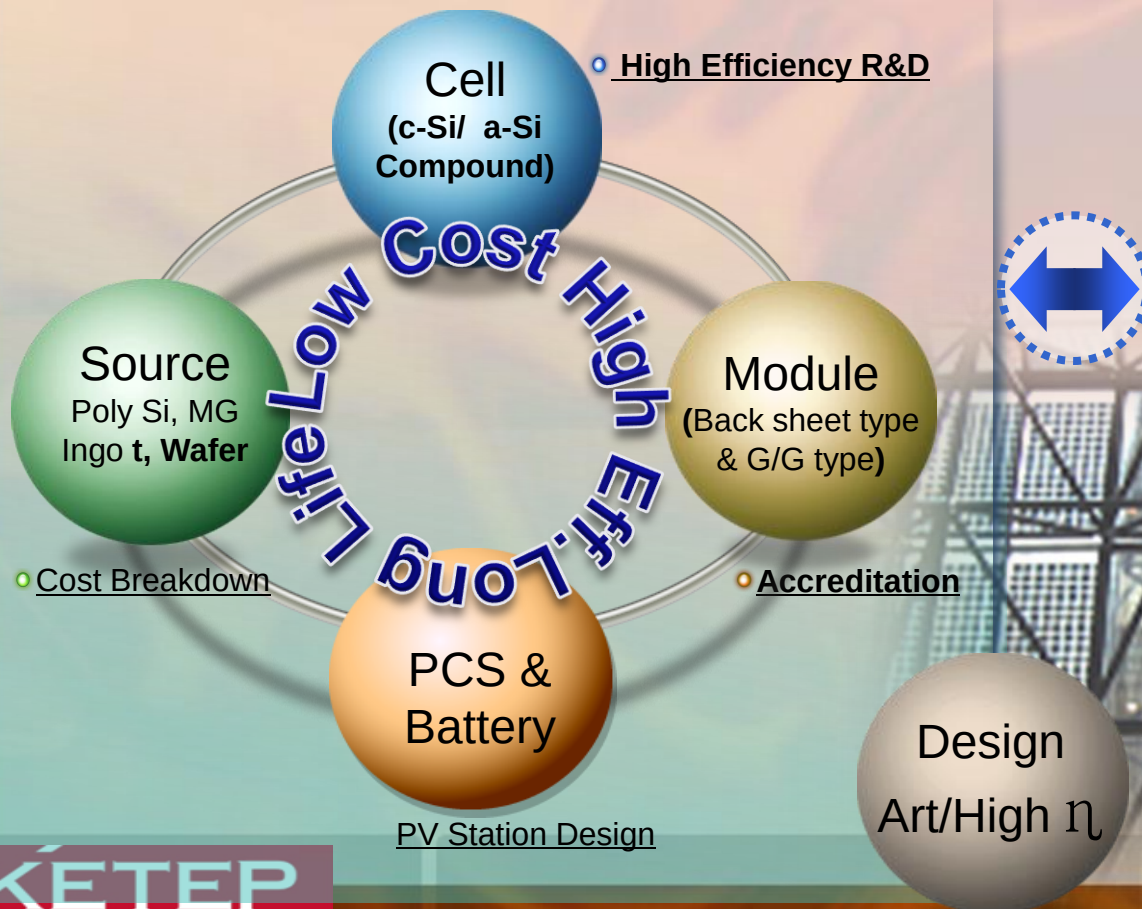
- 'World Production Capacity in 09 : **9.6GW** -> 2010 steady increase
- 'Increase of Thin Film Solar Cell in 2009.
 - '08 12.9% >> '09 **19.8%**
(**CdTe** Solar Cell : 6.4% -> **12.3%**, Korea?)
- 'Total Installation Cap. In 2009 : **6.03GW**
 - Total installed : **Germany > Japan, Italy** -> Portion of Germany
- New PV Countries **China, Germany and Japan** with USA,
First Solar in Thin Film -> What Else?
- **New PV Market: Mid Africa, India, etc : Meaning of CPV**
- 3S in PVs: Speed Scale and Specialty



III. Photovoltaic Market Trend

User Oriented Products

- Driving Supply Chain in PVs for Low Cost
- Value Chain Analysis due to the National Strategic Planning



Applications

Public Building

House

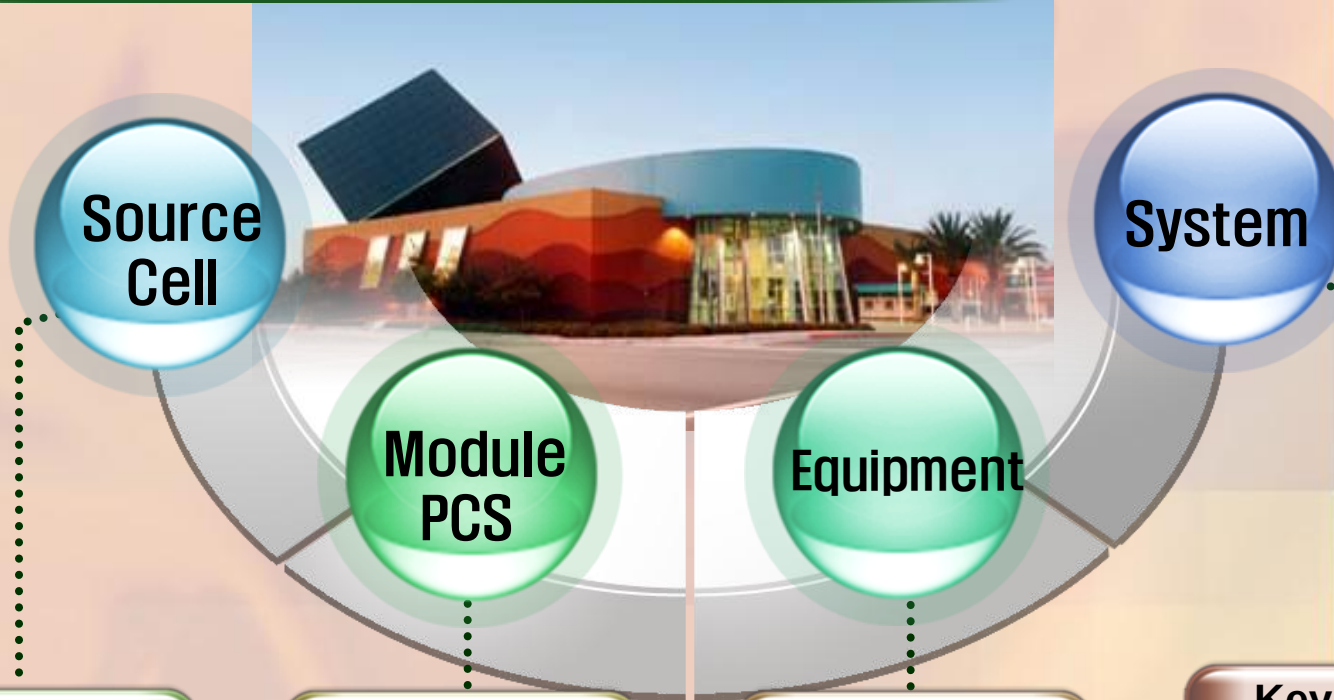
Apt

Power Station

Consumer Products

III. Photovoltaic Categories & Issues

Project Financing for Cost Effective High QE Products



Category

- **Cost Effective Si**
- Sub/TF Types
Single & Poly, CIGS
a-Si, **DSSC**, OPV

Reliability

- Transient Evaluation for Product Efficiency
- Sub module Design
- Back Electrode type
- Inverter Cycling

Equipments

- CVD
- Encapsulation
- Tab & Stringer
- Simulator
- Auto Feed Line

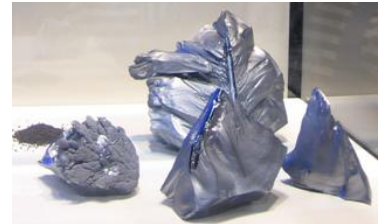
Key Issues

- Installation Method
- In Line QC
- Q/A Evaluation
- Nature Friendly
- National Plan

III. Domestic Market Trend I

Poly-silicon(Primary Cost \$33.5/kg by OCI)

- OCI(Old Dongyang):5000 ton, 26,500 ton by 2010(\$33/kg >\$25/kg)
- KCC: 3000 ton, 18,000 ton by 2012
- KAM(KCC+HHI): 2,500(6000) ton by 2010
- Woongjin Polysilicon: 5,000 & 10000 ton by 2011&2012
- Samsung Fine Chemical, LG Chem ?



poly silicon

Mono-Silane

- SODIFF:2000 ton, in the production 2010

Low Cost Process & QC with Localized Equipment

C-Si Ingot/Wafer

- Nexolon: 150 MW
- Neosemitech: 120MW
- Smart Ace(Applications): 100 MW
- Woongjin Energy: c-Si Ingot 1,400 ton
- Semimaterials
- LG Siltron :120MW by 2012 starting from 2011
- Osung LST:40M-> 100MW->210MW(2010) from 2011



Ingot



Wafer

Cost effective process & Efficiency for mass production

III. World Market Trend I

■ Poly-silicon (Primary Cost China GCL 36.4\$/kg)

- Hemlock(USA):10,000 ton (1.2billion\$) by 2012
- Tokuyama(Japan): 6,000 ton by 2011
- YingLi Solar(China): 18,000 ton by 2013
- Wacker (Germany): 35,000 ton (1 billion \$)by 2011
- Bhaskar Si(India): 2,500 ton y 2011
- First Energy Bank(Barain): 7,500 ton(1 billion \$) at Saudi Arabia
- LDK Solar(China): 5,000 ton in operation



Poly silicon

Global Investment Plan on Poly Silicon

■ C-Si Solar Cell

- Q-Cell
- Motech
- Suntech
- Yingli
- SunPower



Granule



Ingot

Global Investment Low Cost poly Silicon, Ingot & wafer by mass production

III. Domestic Market Trend II

Si based Solar Cell

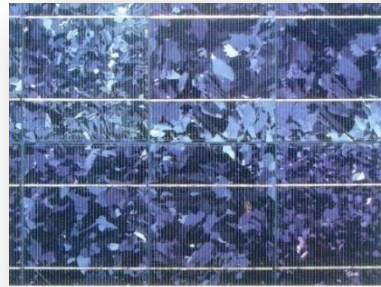
- KPE:96 MW on producing(poly &Single Si)->s-C:17.5~18% / p-C:16~16.5%
- HHI: c-Si Cell 330MW(Cell 17.9%-Module 15%/poly-16.3%, 2GW by 2012(22% Back Contact)
- Shinsung Holdings: 50MW on producing(19% Single &Poly Si)-18.2/16.2% ->19.6%
- Millinet Solar: poly Si 30MW on ->100M(18% Poly Si)->16.9%
- STX Solar: c-Si Cell 50 MW on schedule(16% Low Cost Single)
- GETWATT: Thin Film Cell & Module: 20MW, Alti Solar
- LG (Solar&Elec.): 240 MW(17.2 1%Cell-14.7% Module by 2010 –Thin Film Ready(11%)
18.6% Cell / 15% < Module Efficiency
- Samsung(18.x% Single & Poly Si, 19.x% HIT) 30MW->100MW, 255[W] Module

Si based Solar Cell & Module for Mass production



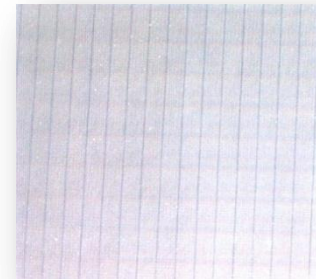
c-Si SC

Cost Effective Efficiency



poly Si SC

Cost + Design



a-Si Thin Film SC

Multijunction

Si based Low Cost High Efficiency & Market oriented Solar Cell

III. Inter/Domestic Market Trend

❏ Si based Solar Cell

- New Energy Holdings: Hynix Eugene Company(Cell, Module, Inverter)
- Sunpower + AU Optronics(Taiwan) 1.5GW by 2014 / 1.5\$ (2012)
- STX Solar: c-Si Cell 300 MW by 2014
- Millinet Solar: 1GW by 2013
- Solar World Korea:
- S-Energy: 200MW Module Line Running.->Continuous Expansion
- Samsung Corning Precision Material Co. -> Ingot & Wafer
- HHI -> CIGS (400MW) by 2015

Mass production for Cost Effectiveness

❏ Why K in Photovoltaics ?

High
Efficiency

Low
Cost

Long
Lifetime

III. Korea vs World Products

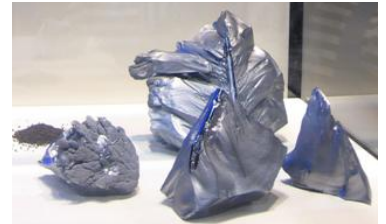
482	PV-CPM	2010	SS	LPC244SM	Korea	SS(주)	244W	15.30%
480	PV-CPM	2010	SS	LPC238SM	Korea	SS(주)	238W	15.25%
481	PV-CPM	2010	SS	LPC241SM	Korea	SS(주)	241W	15.20%
455	PV-CPM	2010	SS	LPC235SM	Korea	SS(주)	235W	14.83%
497	PV-CPM	2010	SS	LPC230SM	Korea	SS(주)	230W	14.80%

440	PV-CPM	2010	Sun Power	SPR-315E	Philippine	Sun Power	315W	19.37%
276	PV-CPM	2009	Sun Power	SPR-300-W	Philippine	SunPower	300W	18.70%
205	PV-CPM	2009	Sun Power	SPR-225-	Philippine	SunPower	225W	18.42%
126	crystalline	2009	Sun Power	SPR-300-	Philippine	SunPower	300W	18.41%
40	Crystalline	2008	Sanyo	HIP-195B2-	Philippine	SANYO	195W	17.80%
41	crystalline	2008	Sanyo	HIP-205NH1-	Japan	SANYO	205W	17.40%
245	PV-CPM	2009	Sanyo	HIP-210	Japan	SANYO Electric	210W	17.28%
196	PV-CPM	2009	Sanyo	HIP-	Japan	SANYO Electric	205W	17.15%
17	결정질	2008	Sanyo	HIP-200B2-	Japan	SANYO	200W	17.10%
244	PV-CPM	2009	Sanyo	HIP-205	Japan	SANYO Electric	205W	17.05%

III. Domestic Market Trend I

Poly-silicon(Primary Cost \$33.5/kg by OCI)

- OCI(Old Dongyang):5000 ton, 26,500 ton by 2010(\$33/kg >\$25/kg)
- KCC: 3000 ton, 18,000 ton by 2012
- KAM(KCC+HHI): 2,500(6000) ton by 2010
- Woongjin Polysilicon: 5,000 & 10000 ton by 2011&2012
- Samsung Fine Chemical, LG Chem ?



poly silicon

Mono-Silane

- SODIFF:2000 ton, in the production 2010

Low Cost Process & QC with Localized Equipment

C-Si Ingot/Wafer

- Nexolon: 150 MW
- Neosemitech: 120MW
- Smart Ace(Applications): 100 MW
- Woongjin Energy: c-Si Ingot 1,400 ton
- Semimaterials
- LG Siltron :120MW by 2012 starting from 2011
- Osung LST:40M-> 100MW->210MW(2010) from 2011



Ingot



Wafer

Cost effective process & Efficiency for mass production

III. R&D Trend in Solar Cell

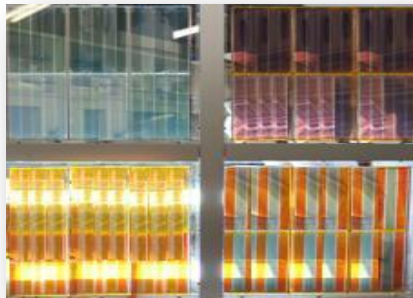
- Limitation of Single, Poly & a-Si in Color and Design
 - Si based High Efficiency Structure & Durability of Future Cell
 - **CIGS** : by LG Innotek, Telio Solar, Daeyang Metal, Inno Energy
 - **DSSC**: by Dongjin Semichem, Samsung SDI, etc.
 - **OPV** : R&D by Kolon, KNP, etc..



Colorization with transparent Film **DSSC/OPV** with short lifetime



CIGS(12%~14%~16%/24")



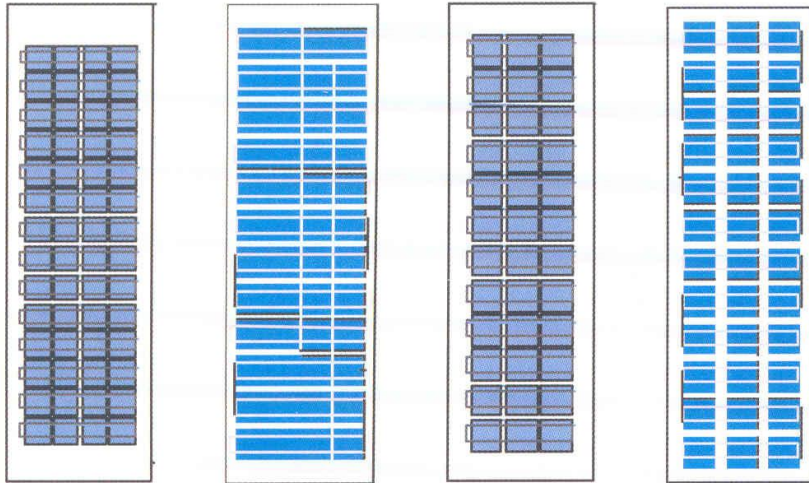
DSSC([8%/1m2~15%/0.2cm2])



OPV

R&D Process for Reliability for long lifetime Guarantee

III. Design Application for BIPV



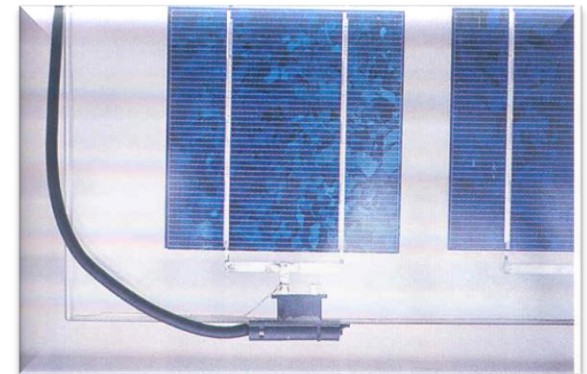
Multiple Designs of PV Module

Selection of Single, Poly & a-Si or CIGS for long lifetime

Power
Conversion
Tools



G/G BIPV Module

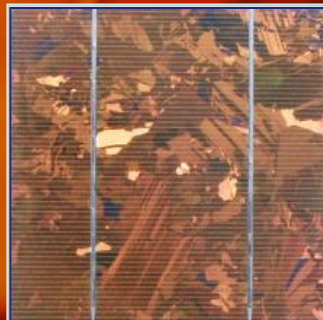


Module Components: Plug

III. Real Colorization of Solar Cell



Rebel Green



Metallic Gold



Disco Pink



Stone Elegance

Item	C6-1620	C6-1600	C6-1580	C6-1560	C6-1540	C6-1520	C6-1500	C6-1480	C6-1460
Power(W)	3.92	3.87	3.82	3.77	3.72	3.67	3.63	3.58	3.53
Isc(A)	8.41	8.36	8.28	8.23	8.23	8.24	8.25	8.18	8.02
Voc(V)	0.613	0.613	0.615	0.615	0.611	0.606	0.603	0.604	0.610
IMPP(A)	7.92	7.80	7.69	7.59	7.55	7.52	7.45	7.37	7.23
VMPP(V)	0.495	0.496	0.497	0.497	0.493	0.488	0.487	0.486	0.488
Dimension	156 x 156 (+/-0.5)mm								
Diagonal	200mm +/-1.0mm								
Thickness	220um +/-20um								

III. Colorful PV Module



4 Cells Module

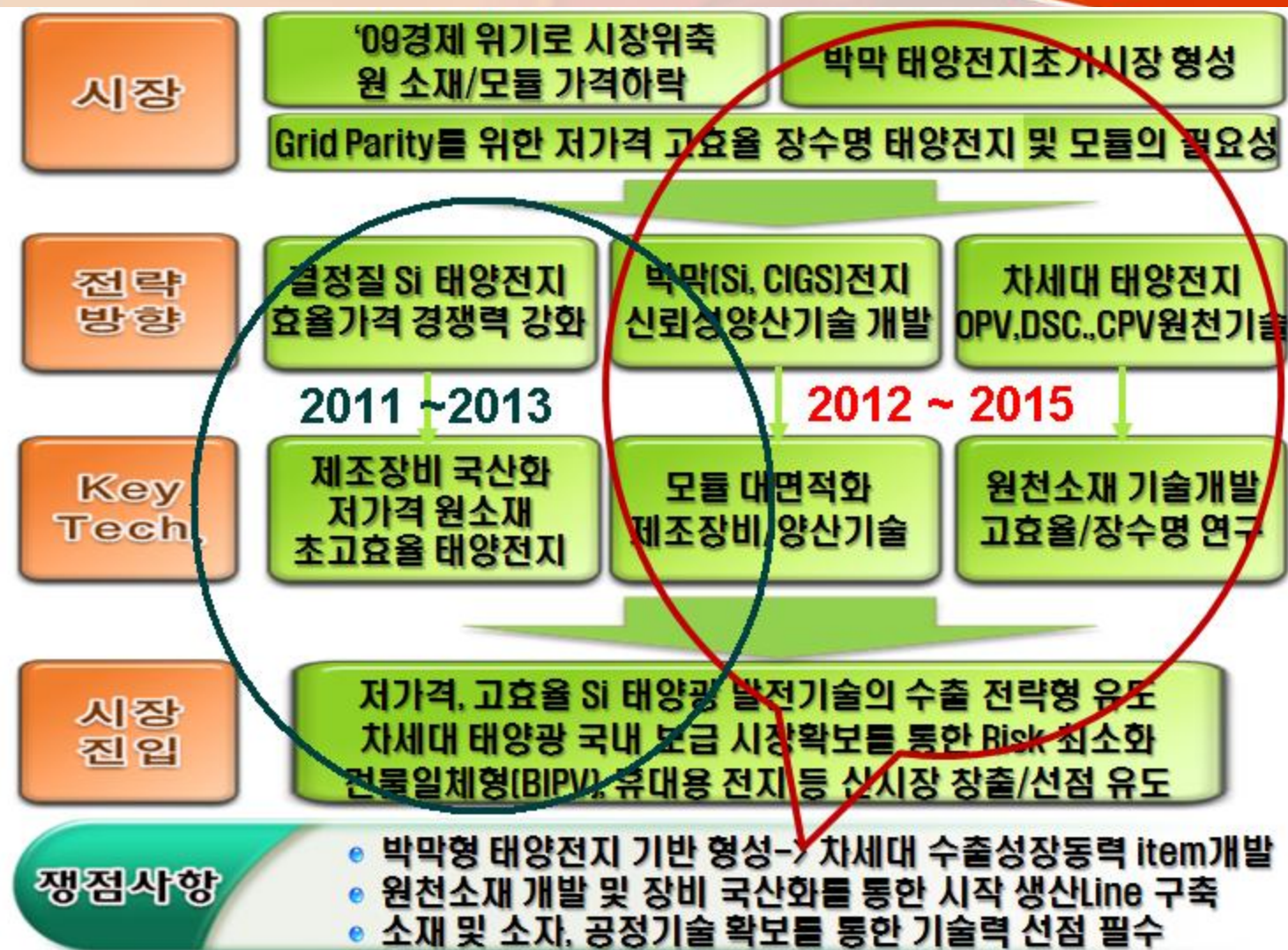
Cell Type	6inch Poly
Size	425 x 425 mm
Power(W)	14



16 Cells Module

Cell Type	6inch poly
Size	740 x 740 mm
Power(W)	56

IV. R&D 전략 및 국내 현황



V. Why 차세대 박막태양전지 ?

1. 현재 저가, 고효율화 결정질 태양전지대비 시장위축
2. 국가적 기술의 배경 대비 조기개발을 통한 경제성 확보가 가장 수월
3. 신재생에너지원 중 미래에 가장 높은 활용도(BIPV/발전)의 전망
4. NT 및 양자 기술을 접목한 차세대 에너지 원
5. 전체 태양광 시장 중 2020년대 50%대의 시장 형성 전망
6. 4개 원별 방향(a-Si, CIGS, OPV),화합물(III-V /II-VI)집광형

V. 분야별 차세대 R&D 전략

○ 전략방향 1 :

- 차세대 태양광 시장 선점을 위한 다원화 추진전략
- 박막(a-Si, CIGS) 태양전지 : 대량 양산기술체계 구축(2012-2015)
- 모듈제조단가 : \$0.85/Wp 이하
- 차세대 태양전지(유기, 염료감응) : 원천기술 및 제조기술 확보

○ 전략방향 2 :

- 기초 원천소재(염료, OPV) 국산화
- 원천소재 개발의 R&D 전문기관 육성 및 연계 전문업체 육성
- 내구성확보기술을 통해 소재부터 셀, 모듈까지 시작생산라인 구축

○ 전략방향 3 :

- 제조장비 국산화 및 고효율 공정개발을 통한 비용 저감
- R&D 및 생산라인에 국산장비 도입(Turnkey Base)
- R&D 최종 목표 조기달성을 통한 후속 양산개발 추진 연계

□ 실리콘 박막 태양전지

-박막기술을 응용한 고효율, 대면적의 실리콘 박막 태양전지를 통해 차세대 태양전지 시장에서의 경제적 우위성과 해외제품대비 수출 전략상품화 필요

-결정질 실리콘($2.0\$/Wp$) 및 CIGS 박막($1.x\$/Wp$)에 비해 저가, 12%이상의 대면적 모듈효율을 갖는 전략상품 육성 필수

-Tandem 및 Triple Junction 태양 전지의 공정 기술 및 제조 장비 개발로 진행 중

● 향후 차세대 Si 기반의 박막태양전지 분야인 이중접합구조와 다중접합 구조를 이용한 태양전지분야에서 세계 시장선점을 위한 국가+기업(태양전지+ 장비)의 한국형 프로젝트 필수.

□ CIGS 박막 태양전지

- 시작 생산라인 구축을 위한 년차별 셀 및 모듈효율(12%-14%-16%) 증대 및 양산장비 국산화 로 전략사업 추진 중
- 다층 박막 및 다중접합 구조 기술개발에 의한 고효율화 및 내구성 향상을 위한 모듈기술 시급
- 기존의 진공공정을 개선한 저가의 비진공 방식 또는 저가 인쇄형 CIGS 박막 제조기술 개발 추진
- 미국을 비롯한 많은 R&D 연구기관에서 효율증대 및 장수명 flexible 기판형의 시작생산 라인 준비 중(DOE)대비 09년 하반기 국내 전략사업으로 진행 중(2012)

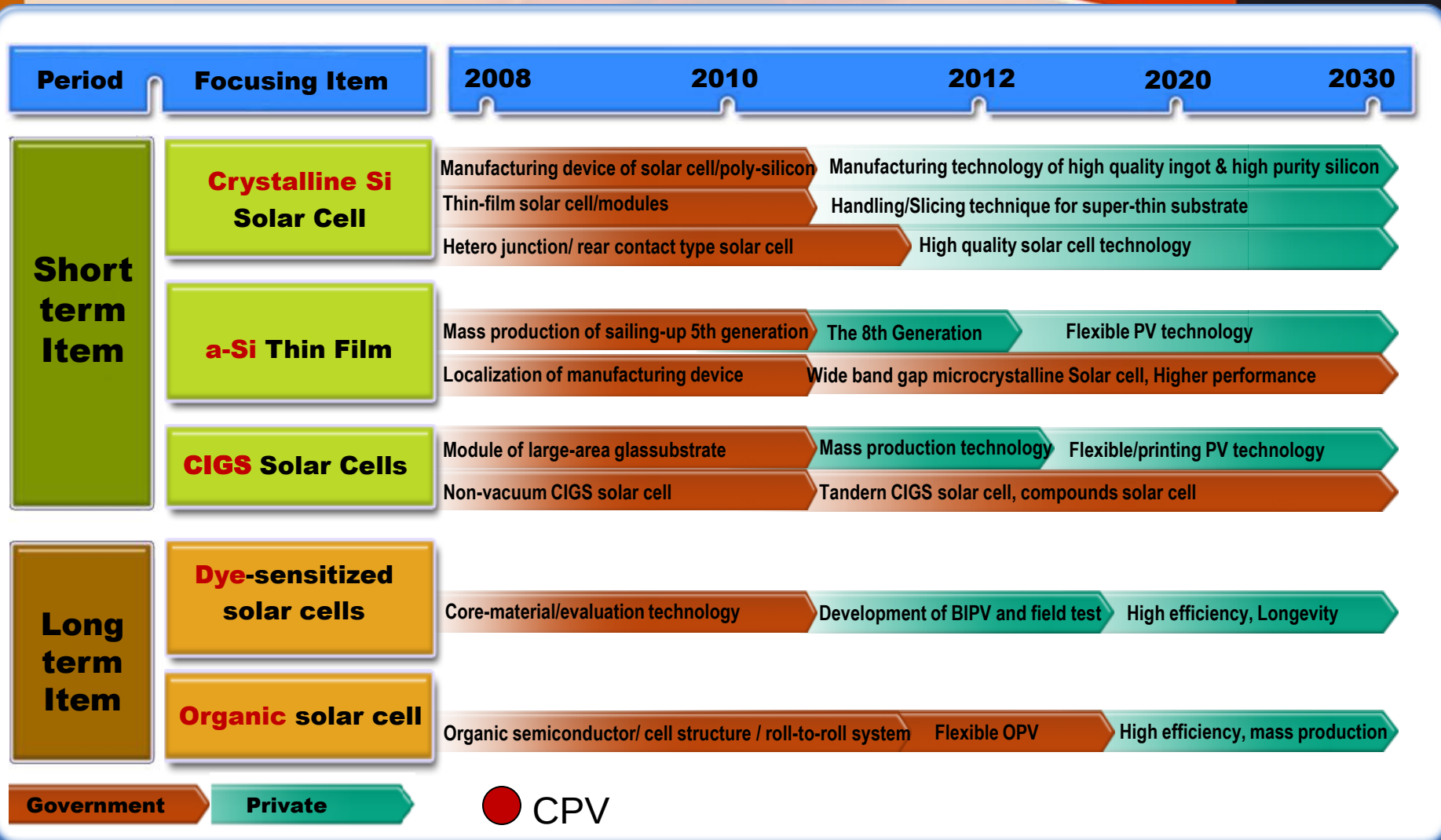
□ 염료감응형 태양전지

- 기존 기초원천 R&D의 사업화를 통해 ‘10년 현재 전략 과제로 진행 중(2012)
-기초 원천소재부터 응용 상품화까지 진행 중
- 핵심소재의 고효율화 및 국산화를 통해 염료감응의 장점인 투명성과 색상개발로 BIPV용 태양광 시스템으로 전략 육성
- 소재 및 소자 구조의 다변화를 통해 모듈단의 출력 보장을 위한 내구성 보장 필수(4→12)

□ 유기 태양전지

- 수명 3년 이상, 모듈 효율 5%(현재 2%대 전후 수준), 제조원가 \$0.x/Wp를 만족할 수 있는 유기 태양전지용 기초원천소재 및 장수명 Test를 통한 모듈개발이 필수(Konarka/Flextronics)
- 제조방식개선과 원천소재확보를 통해 저가화 추진 필요
- Transformational Resource의 확보를 통해 차세대 태양전지로의 미래 가장 유망한 분야 중의 하나.
- 국내 R&D 기초기술개발대비 초기 사업화를 위한 기반 붕괴직전
- 미, 일, 독의 상업화를 위한 기반확보에 따른 전략적 투자 시급

V. R&D Roadmap for Photovoltaics



VI. 결론 I

- 시장선점을 위한 차세대 태양전지 개발
(경제성측면 - >초대형 국가투자 필요)
- 설치가격저하로 태양광 설치용량 추가 확대 필요
- 기존기술을 이용한 결정질 Si 및 차세대 태양전지 분야에서 선진국과 기술격차를 단시간 내에 줄일 수 있는 획기적인 R&D 투자 필요(정부 및 기업)
- 태양광 발전단가를 획기적으로 낮출 수 있는 박막태양전지 상용화 개발을 위한 장비 국산화 필수
국산장비 사용장려를 위한 장려금등 공장설립에 따른 보조

VI. 결론 II

- 현재 BIPV용 Incentive제도는 나대지 발전대비 7%수준으로 선진국 대비 낮아 정책적인 지원 필수
- Grid-Parity 수준의 경제성 확보를 위한 전략정책 가속화
 - 저가, 고효율(22% 이상) 결정질 Si 태양광모듈 개발 시급
 - 2012대비 차세대 박막태양전지(Si계 및 CIGS) 모듈효율 (14%/15% 이상) 확보필수, 대면적 염료(8%), 유기(5%)
- 태양광의 Smart Grid 전원특성을 고려한 발전 시스템 개발
 - Solar Town 및 City의 전략적 개발
 - BIPV보급을 위한 차세대 박막태양전지 중심의 특화된 보급 및 실증사업 필수

Energy Saving Policy is more important
than *Energy Creating Strategy*

Warning Message to Human !



**Grid Parity
by 2013-2015 !**

Environment Tomorrow

Saving Earth from Small Scale

