

특집 ─ 국가과학기술 로드맵 요약본

태양광 에너지

1. 태양전지소자(Photovoltaic Device)

■ 집광형 III-V 태양전지 실용화를 위한 태양전지 소자 및 광학계 관련기술의 원천기술을 확보함.

핵심원천 기술명	요구성능/기능	주요내용	제품/서비스	기대효과
초박형광이딩 집광모듈 기술	광이딩을 이용한 초박형 고집광 모듈	<ul style="list-style-type: none"> 고집광 모듈을 이용하여 고가의 반도체 태양전지의 비중을 줄여 모듈 단가 절감 측면 광이딩 모듈을 이용한 집광기를 이용하므로 기존 렌즈형/소형미러형 집광기보다 두께를 1/100 이하로 줄일 수 있다. 집광형 태양전지에 필수인 트래커의 의존도가 낮아 트래커의 비용을 절감하거나 트래커를 사용하지 않을 수 있다. 건물의 이중유리창과 동일한 구조를 가지고 있어 BIPV로 사용할 수 있다. 	초박형 광이딩 집광 모듈	초박형 집광 모듈을 다양한 태양전지에 사용하여 제조 단가 절감과 응용분야 확대

■ 향후 집광형 III-V 태양전지 기술개발의 이슈 및 문제점

- 효율향상을 위한 4th junction GaInP2/GaAs/Ge 소자
- sub-cells간의 전기적인 접촉을 향상하기 위한 mechanical interconnection 기술 ; high conductivity 및 anti-reflection coating
- GaInP2/GaAs/Ge bandgap 최적화
- 신개념 4-6 junction cell을 위한 신재료 발굴
- 실용성 확대: radiation resistance 향상 (우주용) 및 모듈의 저가격화 (지상용)

2. 광 공정 및 장치(Optical process & Equipment); 레이저 스크라이빙

- 태양전지 모듈 생산비용을 획기적으로 저감하기 위하여 장비사용의 uptime 및 공정 신뢰성 확보를 위하여 레이저 스크라이빙 기술개발의 필요성 및 이슈
- 양산화를 위한 레이저 성능의 최적화 (nanosecond laser → pico second laser로 전환)
- 마이크로 crack과 같은 손실 최소화
- scribing speed 향상
- CIGS 박막태양전지의 경우, p2, p3 mechanical scribing을 laser scribing으로 전환 => 태양전지양산 throughput 향상에 기여

■ 모노리식 집적화를 위한 스크라이빙의 차세대 기술개발 방향은 auto-tracking이 가능한 dynamic tracking기술이다. 이 기술을 이용하게 될 경우 스크라이빙의 선폴이 ~50 um이며, 셀 Dead area가 300 um

분야	제품/기술	성능/특성	2011	2014	2017	현 기술 수준		목표
			~2014	~2017	~2020	상	하	
태양에너지	태양광 광이딩	광이딩 광학계 개발 (30% @ 22 cm ²)	광이딩 광학계 개발 (50% @ 10x10 cm ²)	광이딩 광학계 개발 (50% @ 30x30 cm ²)				광이딩 광학계 개발
	초박형 집광형 태양전지	광이딩 집광형 태양전지 (5% @ 2 suns, 4 cm ²)	광이딩 집광형 태양전지 (5% @ 5 suns, 100 cm ²)	광이딩 집광형 태양전지 (5% @ 30suns, 900 cm ²)				초박형 광이딩 집광형 태양전지 개발
	고효율 집광형 태양전지	집광형 태양전지 (30%)	집광형 태양전지 (35%)	집광형 태양전지 (40%)				고집광 III-V 태양전지 개발
시장 규모	국내	100억원	150억원	200억원				광이딩 광학계 개발
	국외	100억원	150억원	200억원				

그림 1. 집광형 III-V 태양전지 기술 로드맵

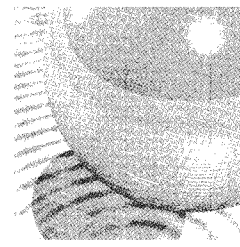


표 8. In-line scribing 기술의 현재 최고기술 및 기술개발 목표

공정변수	공정변수 state-of-art	기술 목표 (Manz, 2010)
Linewidth of P1, P2, P3 (um)	50, 50, 50	40, 35, 35
Center-to-center distance (um)	100~150	≤ 50
Dead area (um)	> 300	< 170

이르는 등 모노리식 집적화에 의한 CIGS/CdTe 모듈의 효율 감소를 최소화하는 목적을 달성할 수 있을 것이다. 이와 같이 In-line scribing quality monitoring에 의한 양산효율 향상에 대한 현황 및 기술 목표는 다음 <표 8> 과 같다.

■ 레이저는 핵심 장치이며, a-Si/u-Si와 달리 향후 박막태양전지를 주도할 CIGS/CdTe 태양전지의 경우 P1을 제외한 P2, P3가 아직도 mechanical scribing으로 공정을 수행하고 있기 때문에 추가 공정 개발에 의한 P2, P3에 모두 레이저를 적용하는 것이 향후 전 공정 자동화에 유리함. 또한, 이를 이용한 태양전지의 추가적인 저가화를 달성할 수 있음.

3. 광측정 및 평가 (Optical test & Evaluation)

■ 차세대 태양전지 소자용 electroluminescence (EL) 장치 :
 - 소자의 전극에 순방향 전류를 흘려 이에 대한 발광을 관측함으로써 소자 내부의 defect를 검사
 - 관측 파장영역, 감도 및 공간분해능 등이 주요 성능 지표
 - 태양전지 종류에 따른 EL 특성을 먼저 정량적으로 파악하는 것이 중요

분야	제품/기술	성능/특성	2011	2014	2017	현 기술 수준			목표
			~2013	~2016	~2020	상	중	하	
태양에너지 광공정 및 장치	레이저 스크리너 이머	a-Si/u-Si	P1, P2, P3 (레이저)	In-line turnkey system integrator		●			장비상용화
		CIGS/CdTe	P1 scribe (레이저) P2, P3 (mechanical)	P1, P2, P3 (레이저)	In-Line automation	●			장비상용화
		In-line Automation		In-Line Turnkey Process System 개발	Turnkey Automated Process System			●	전기 종합 시스템
시장 규모	국내		100억/년	200억/년	300억/년				
		국외	100억/년	200억/년	300억/년				

그림 2. 광 공정 및 장치(Optical process & Equipment)의 로드맵

- 고감도 적외선 카메라 혹은 분광 카메라 활용, 고속 이미지처리, EL 특성에 따른 관측 조건의 최적화 등이 핵심 원천기술의 대상

■ 차세대 태양전지 소자용 lock-in thermography (LIT) 장치 :

- 소자의 온도를 주기적으로 가열하면서 열화상이미지를 관측하여 소자의 defect 특성을 검사
 - 관측 파장영역 및 조건, 감도 및 분해능 등이 주요 성능 지표
 - 태양전지 종류에 따른 열물성 특성을 정량적으로 선행 연구하고 이를 고감도로 측정할 수 있는 장치를 개발하는 것이 중요
 - 고감도 적외선 카메라 혹은 적외선 분광 카메라 등 검출 성능을 향상하는 기술이 핵심 원천기술의 대상

■ 차세대 태양전지 소자용 laser beam induced current (LBIC) 장치 :

- 국소 부분에 레이저를 입사/흡수시켜 발생하는 광전류를 측정함으로써 전체 태양전지의 성능을 지역별 분포를 측정하여 맵핑함.
 - 파장 가변이 가능하기 때문에 스펙트럼에 따른 태양전지 성능을 관측함. 및 조건, 감도 및 분해능 등이 주요 성능 지표

■ 차세대 태양전지용 분광감응특성 및 외부양자효율 측정 장치 :

- 파장변환이 가능한 단색광을 태양전지에 조사하여 각 파장에서 응답특성을 측정하여 이로부터 분광감응도 및 외부양자효율을 측정
 - 파장영역, 감도, 최대조사강도, 효율측정 정확도 등이 주요 성능 지표
 - 태양전지 종류에 따라 조사시간, 조사강도 등 다양한 측정조건을 실현할 수 있는 것이 중요
 - 분광광원의 개선, 측정시간의 단축, 측정정확도 향상 등이 핵심 원천기술의 대상

■ 차세대 태양전지용 내부양자효율(IQE) 측정 장치 :

- 파장변환이 가능한 단색광을 태양전지에 조사하여 각 파장에서 응답특성을 측정하여 외부양자효율을 측정

태양광 에너지

한 다음 추가로 표면 반사율을 측정하여 이로부터 내부 양자효율을 측정

- 파장영역, 감도, 최대조사강도, 효율측정 정확도 등이 주요 성능지표
- 성능과 실용성을 유지하면서 외부양자효율 측정장치와 어떻게 통합하느냐가 핵심 원천기술의 대상

■ 차세대 태양전지용 대면적 양자효율 평가장치 :

- 대면적(1 m x 1 m 이상) 태양전지 패널의 양자효율이 공간에 따라 변화하는 정도를 측정하고 또한 전체의 양자효율 값을 측정
- 측정면적, 공간분해능, 측정속도, 광원 파장영역, 효율 측정 정확도 등이 주요 성능지표
- 대면적을 단시간에 효과적으로 스캔하여 좌표별 양자효율을 정확하게 측정할 수 있는 것이 중요
- 비기계적 스캔방법, 오차보정을 통한 정확도 확보, 분광광원 적용을 통한 기능통합 등이 핵심 원천 기술의 대상

분야	제품/기술	성능/특성	2011~2013	2014~2016	2017~2020	원 기술 수준			주요
						상	중	하	
태양 에너지 광측정 및 평가	차세대 태양 전지 소자 defect 측정	EQ 측정	소자별 EQ 특성 연구 및 원천기술 개발	원천기술 적용한 시제품 개발	상용화 제품 개발		●		검사장비 상용화
		LT 측정	소자별 LT 특성 연구 및 원천기술 개발	원천기술 적용한 시제품 개발	상용화 제품 개발		●		검사장비 상용화
		LEBC 측정	소자별 EQ 특성 연구 및 원천기술 개발	원천기술 적용한 시제품 개발	상용화 제품 개발		●		검사장비 상용화
	시장 규모	국내	1000억원/년	2000억원	3000억원				
		국외	1000억원/년	2000억원	3000억원				
	차세대 태양 전지 양자 효율 평가	EQE 측정	정확도 2%급 장비 개발	원천기술 개발 통한 정확도 향상	원천기술 상용화 (IQE 통합)	●			측정장비 상용화
		IQE 측정	정확도 4%급 장비 개발	원천기술 개발 통한 정확도 향상	원천기술 상용화 (EQE 통합)		●		측정장비 상용화
		대면적 양자 효율 측정	공간분포 상대측정 장비 및 광원 개발	공간분포 광속정 장비 개발(정확도 2%급)	분광속정 통합 한 시제품 개발	●			측정장비 상용화
		시장 규모	국내	1000억원/년	2000억원	3000억원			
	국외		1000억원/년	2000억원	3000억원				

그림 3. 광측정 및 평가 (Optical test & Evaluation)의 로드맵