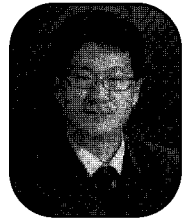


광학과 태양전지의 어플리케이션 및 향후 전망

III-V족 화합물반도체 태양전지중 다접합 구조 태양전지와 집광형 태양전지는 제 3세대 태양전지로서 주목받고 있다. 현재 가장 간단하고 저렴한 원가를 갖는 구조가 프레넬 렌즈 1장을 사용한 구조로서 현재의 광학시설과 인프라만으로도 많은 부분을 개선할 수 있을 것이라 확신한다. 렌즈를 활용하여 집광한 빛을 한곳으로 모으고 이를 셀에 균일한 강도로 손실 없이 전송하기 위한 기하광학적 설계기술이 필요하며 이러한 설계와 조명설계를 결합하여 광시스템을 구축하는 것이 무엇보다도 중요하다. 현재 나라마다의 다양하고 적극적인 개발노력으로 인하여 수년 안에 기존보다도 훨씬 효율성 높고 실용적인 태양집광시스템이 개발되리라 기대한다.



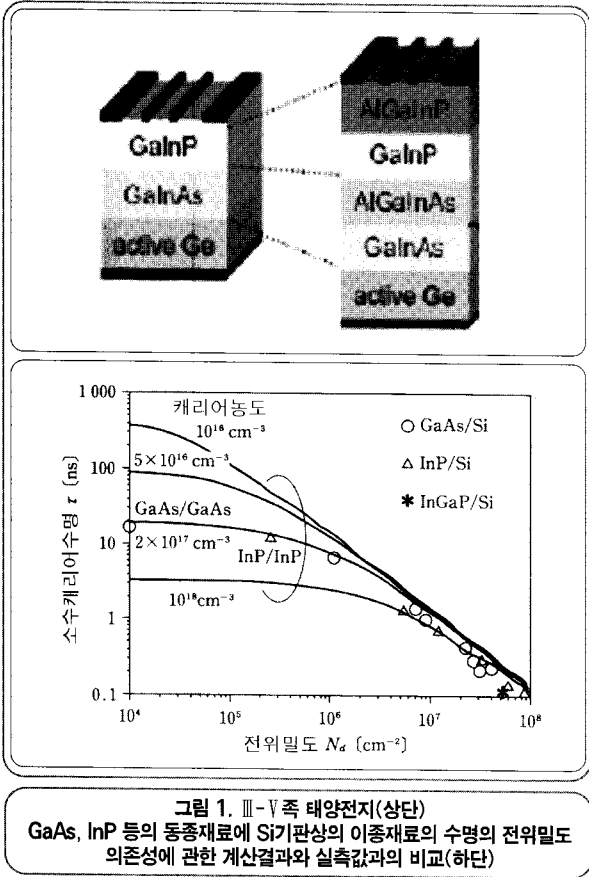
글 / (주)그린광학 기술연구소 김동균 소장

1. 광학과 태양전지의 접목

1-1. 왜 고집적 태양전지가 필요한가?

태양전지 재료로서 원소주기표 III족 원소(Ga, In) V족 원소(P, As)로 구성되는 반도체인 GaAs, InP 등의 III-V족 화합물 반도체로 구성된 태양전지는 고효율로 방사선내성에 우수하여 우주용 태양전지로서 실용화되었다. III-V족 화합물반도체 태양전지는 고성능이지만 가격이 높아 지상 전력용 태양전지로서의 실용화는 어렵다고 생각되었지만, 다접합 구조 태양전지와 집광형 태양전지는 제 3세대 태양전지로서 주목받고 있다.

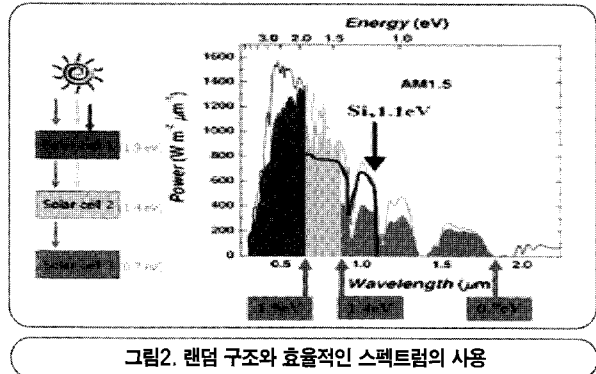
그림1과 같은 III-V족 화합물 반도체 태양전지는 Si 태양전지와 비교하여 여러 가지 장점을 가지고 있다. 금지대폭 1.1eV인 Si에 비해 1.42eV인 GaAs와 1.3eV인 InP 등의 화합물반도체에서는 단일접합의 셀에서 변환효율 26~28%의 고효율을 기대할 수 있다. 그리고 Si는 간접천이형의 에너지대 구조이기 때문에 광흡수계수가 적어 태양광을 충분히 흡수하기 위해서는 100 μ m이



상의 두께가 필요한 것에 비해, 화합물반도체의 대부분은 직접천이형에서 광흡수계수가 크기 때문에 수 μ m 정도의 두께가 있으면 충분히 높은 효율을 기대할 수 있다. 따라서 태양전지를 얇게 할 수 있는 것은 재료, 전력의 절약이 가능할 것이다.

태양에너지의 흡수 파장영역을 확대하여 에너지의 효율을 향상시키기 위해서는 광학적인 지식과 가공능력이 접목되어야 한다.

온도특성에 우수하고 렌즈 등에 의해 태양광을 모으고, 태양전지 재료를 적게 하는 기술에 적합하다. 그리고 Si보다도 금지대폭이 큰 화합물반도체에서는 고온동작시에서도 암전류 변화가 적고, 태양전지 효율 감소가 적다. 따라서 집광동작시에 대한 온도 영향은 적어서 1000배 이상의 고집광동작도 가능하다. 게다가 각종반도체 조합에 의해 파장감도의 광대역화가 가능하고 금지대폭이 다른 복수의 반도체 태양전지 층을 적층한 다접합(tandem)구조에 의해, 예를 들면 2접합, 3접합 셀에서 각각 35%, 42%의 초고



효율화를 기대할 수 있다.

향후 과제인 전력 생산 단가를 낮추기 위해서는 이러한 고효율 태양광 시스템이 필요하고 반사미러를 사용하는 경우와 렌즈의 굴절률을 이용하여 집광하는 방식 등 다양하게 연구되고 있으나 기술발전의 커다란 발전 방향은 저가격의 시스템에 고효율의 다양한 장치 개발되고 있다.

일반적인 렌즈를 사용할 경우 구면에 의한 수차를 근본적으로 갖게 되며 이는 집광시 손실량으로 나타난다. 이러한 단점을 해결하기 위해 고안된 렌즈 중의 하나가 프레넬 렌즈이다. 다양한 분야에서 이용되고 있는 프레넬 렌즈의 경우는 일반적인 사용처와 태양 집광용 사용처에서 적용할 경우는 단순한 썸기 형태의 비구면 형상에서 효율성을 극대화하는 설계로의 변화를 시도 중이다.

2. 광학산업과 연관된 태양전지의 미래가치와 전망

가장 간단하고 저렴한 원가를 갖는 구조가 프레넬 렌즈 1장을 사용한 구조이다.

그러나 광학분야에 몸담고 있는 사람은 누구나 알 것이

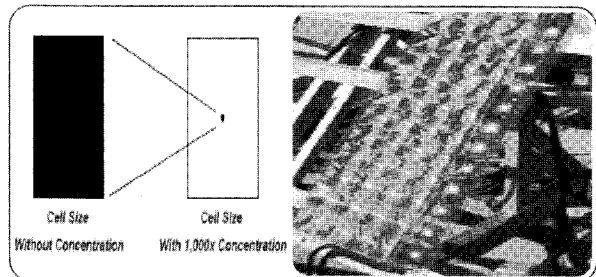


그림 3. 1000배 집광시 태양전지의 셀 크기 비교(왼쪽)와 프레넬 렌즈를 이용한 집광 장치(오른쪽)

태양전지 산업의 동향

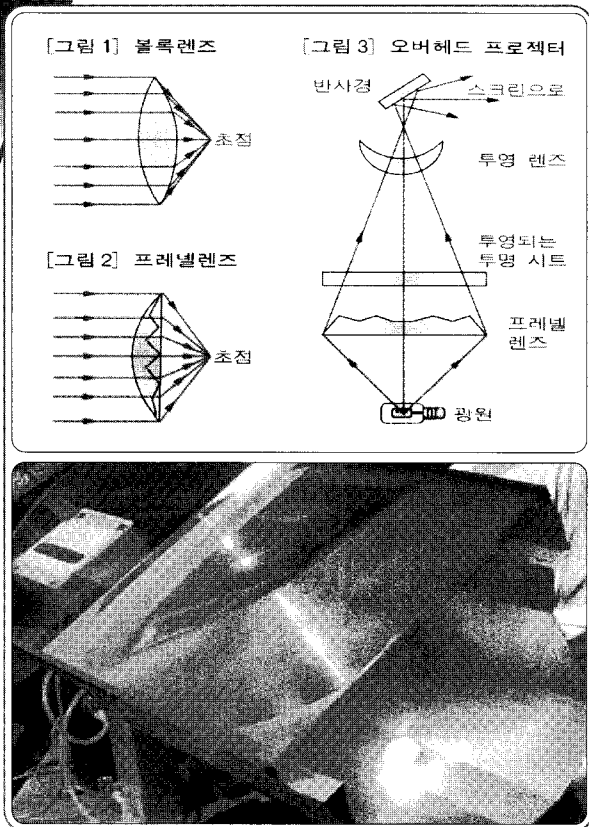


그림 4. 일반적인 구면렌즈와 비구면 프레넬 렌즈의 초점 비교

다. 이러한 구조를 개선하여 집적도와 효율성을 높이는 수많은 방법이 존재한다는 사실을, 그리고 현재의 광학 시설과 인프라만으로도 많은 부분을 개선할 수 있을 것이라 확신한다.

렌즈를 활용하여 집광한 빛을 한곳으로 모으고 이를 셀에 균일한 강도로 손실 없이 전송하기 위한 기하광학적 설계 기술이 필요하며, 이러한 설계와 조명설계를 결합하여 광시스템을 구축하는 것이 무엇보다도 중요하다. 현재 당사가 개발 중인 제품의 경우는 광파이버를 이용하는 외국의 기술보다도 손실을 최소화하고 빛의 내부 전반사를 활용하는 방법과 라이트터널을 이용하는 방법, 그리고 플라이아이 광학계를 이용하여 빛을 균일하면서도 최대한 활용하는 방법 등을 실험 중이다.

이러한 각 나라마다의 다양하고 적극적인

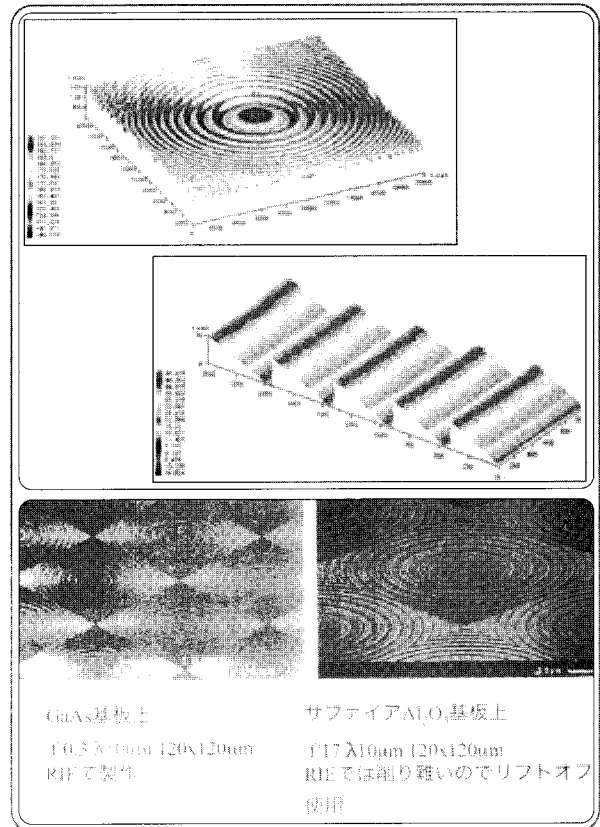


그림 5. 프레넬 렌즈의 형상의 다양화

개발 노력으로 인하여 수년 안에 기존보다도 훨씬 효율성 높고 보편적인 실용적인 태양집광 시스템이 개발되리라 기대한다.

3. III-V 화합물 태양전지의 해외 개발 현황

3-1. 미국, DARPA

- 2005년 11월, 53M\$투자 (VHESC: Very High Efficiency Solar Cell Project)

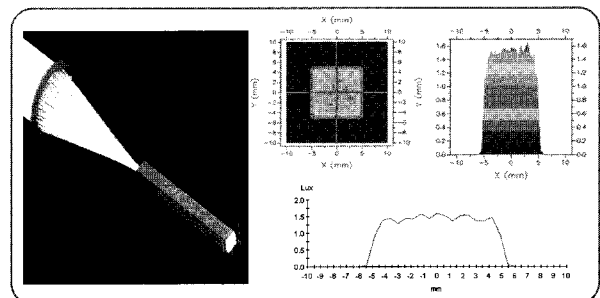


그림 6. 내부전반사를 활용한 광학 시스템

- 효율 50% 초고효율 태양전지 개발 시작
- 태양광을 파장대역별로 분류하여 각 파장 대역의 셀을 수평으로 배열하여 적용
- 세계 최대효율 42.8% 달성(July, 2007)

3-2. 유럽

- 독일-세계 최대의 태양광 발전 시스템 설치 국가. Fraunhofer ISE를 중심으로 3~6 접합 태양전지 개발 진행
- 스페인-CPV 평가 프로젝트 진행(ISFOC)

3-3. 일본, NEDO

- Sharp, Daido, Toyoda 등의 기업 중심으로 초고효율 태양전지 개발 및 시스템 신뢰성 테스트
- 2010년까지 개발 목표-셀 효율 40%, 모듈 효율 28%, 모듈 가격 100엔/W
- 태양에너지 효율(%)=태양광 에너지(1kW/m²)가 전기 에너지로 변환되는 비율
예)면적이 1 m², 효율 20%인 태양전지의 발전량=20w

4. 태양전지 모듈별 비교

	Crytalline Silicon	Thin Film	CPV
모듈 효율	12~17%	5~7%	23~30%
장점	<ul style="list-style-type: none"> ● 신뢰성 ● 기술 성숙 ● 높은 점유율 	<ul style="list-style-type: none"> ● 저비용(최상의 가격 경쟁력) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 높은 효율(저면적) ● Si 공급부족과 무관 ● 가격 경쟁력 ● 적은 투자비
단점	<ul style="list-style-type: none"> ● 가격 하락 단계 ● 과다 경쟁 	<ul style="list-style-type: none"> ● 저효율 ● 기술 미성숙(대면적, 양산성 문제) ● 기술 및 설비 투자 과대(대기업형) ● 신뢰성 미검증 	<ul style="list-style-type: none"> ● 인식부족 ● 인증시스템 미진 ● 한국의 기후 조건

5. 결론

집광형 태양전지는 태양광 발전의 여러 가지 방식중의 하나이다.

기존의 태양전지는 III-V 태양전지에 비하여 낮은 효율을 갖고 있으나 직사광선을 필요로 하지 않으므로 흐린 날이 많은 지역에 적합하다. 하지만 온도특성이 좋지 않아 뜨거운 지역에서는 발전량이 20% 정도까지 줄어드는 경향이 있다.

박막태양전지의 경우, 약 1 마이크로론 두께의 물질만이 사용되어 원재료 수급에는 문제가 없으나 효율이 8~10로 낮고, 다른 화합물 반도체 박막의 경우 카드뮴의 사용으로 인하여 태양전지 수명이 다한 이후의 처리문제가 대두되고 있다.

집광형 III-V 태양전지의 경우, 현재 최고 효율의 태양전지는 미국 Spectrolab 사의 InGaP/GaAlAs/Ge 삼중접합 랜덤구조를 갖고 있는 III-V족 화합물 반도체 태양전지로 집광시(240suns) 세계 최고 효율인 40.7%를 나타냈으며, 제품으로 시판되는 셀의 효율은 35~37%로 실리콘 셀의 약 두 배 정도이다. 이러한 셀을 이용하여 집광형 시스템을 제작할 경우, 기존의 태양전지에 비하여 훨씬 낮은 단가로 전력을 생산할 수 있다.

계속적인 III-V Solar Cell 효율의 향상으로 CPV의 발전 단가는 빠르게 감소중이다. 그리고 셀 자체의 신뢰성은 이미 수십 년간 우주에서의 사용으로 입증되었고, 이러한 탁월한 특성을 갖고 있는 집광형 III-V 태양전지는 가장 경쟁력 있는 태양전지 중의 한 분야이다.

잠깐 용어

프레넬 렌즈

삼각형 투시 모양의 프리즘을 동심원 형상으로 투명한 평판 위에 가공하여 볼록 렌즈와 동일하게 태양광을 집광할 수 있는 자가형 평면 렌즈. 재질은 투명 아크릴이나 PMMA가 주로 사용됨.