

집광형 태양전지 시스템 연구 및 개발 동향

현재 전 세계적으로 한정된 천연 화석 연료의 고갈, 유가 상승과 지구 온난화 등의 영향으로 여러 가지 신재생 에너지, 그 중에서도 특히 태양전지를 이용한 에너지 재생 분야에 대한 관심이 매우 커지고 있다. 현재 연구 개발 및 상용화가 진행 중인 여러 가지 태양전지의 효율 증가 추세를 살펴보면, III-V 화합물 반도체 태양전지가 효율이 가장 높고, 효율 증가 추세가 당분간은 계속적으로 지속될 것으로 예상된다. 따라서 크게 나누어 보면 III-V 태양전지는 고효율화를 지속적으로 추구하고, 기타 태양전지들은 저가화 방향으로 연구개발이 주로 진행될 것으로 예상된다.

1. III-V 화합물 반도체 태양전지

현재 연구 개발 및 상용화가 진행 중인 여러가지 태양전지의 효율 증가 추세를 살펴보면(그림 1), III-V 화합물 반도체 태양전지가 효율이 가장 높고, 효율 증가 추세가 당분간은 지속될 것으로 예상된다. 그 다음으로는 결정질 실리콘, 다결정 실리콘 및 CIGS, 염료감응, 유기 태양전지 등이 위치해 있다.

III-V 화합물 반도체 태양전지는 기존에 가장 잘 알려진 실리콘 태양전지에 비해 여러 가지 장점을 가지고 있다. 그 중에서도 특히 광 흡수율이 높은 것이 장점이다. 따라서 실리콘 태양전지보다 활성층의 두께가 얇아도 태양전지에 입사되는 태양에너지를 더 잘 흡수할 수 있다. 그 외에도 여러 개의 다양한 밴드갭을 갖는 재료들을 다층으로 쌓는 다중접합 구조의 성장이 가능하여 태양스펙트럼을 효율적으로 이용할 수 있다. 또한 고온 특성이 우수하고, 집광비가 500배 이상으로 증가해도 집광비가 1인 one sun(100mW/cm²)에서 보다 태양에너지를 전지에너지로 바꾸는 광전 변환 효율이 오히려 더 커지는 특성이 있어서 고배율의 집광형 태양광 발전 시스템에 가장 적합하다.

III-V 화합물 반도체 태양전지는 현재 가장 많이 보급되어 있는 실리콘에 비해 광전 변환 효율이 약 2배 정도 이므로, 500배로 집광을 하는 경우에는 태양전지를 1/1000만 사용해도 되므로 실제로 사용되는 태양전지 칩의 크기가 매우 작아서 시스템의 가격에는 영향이 거의 없고, 모듈을 대량으로 생산하는 경우 실리콘 시스템 보다 오히려 더 저가로 공급할 수 있다.

II-V 화합물 반도체 태양전지는 기관으로 사용하는 갈륨비소 등의 원

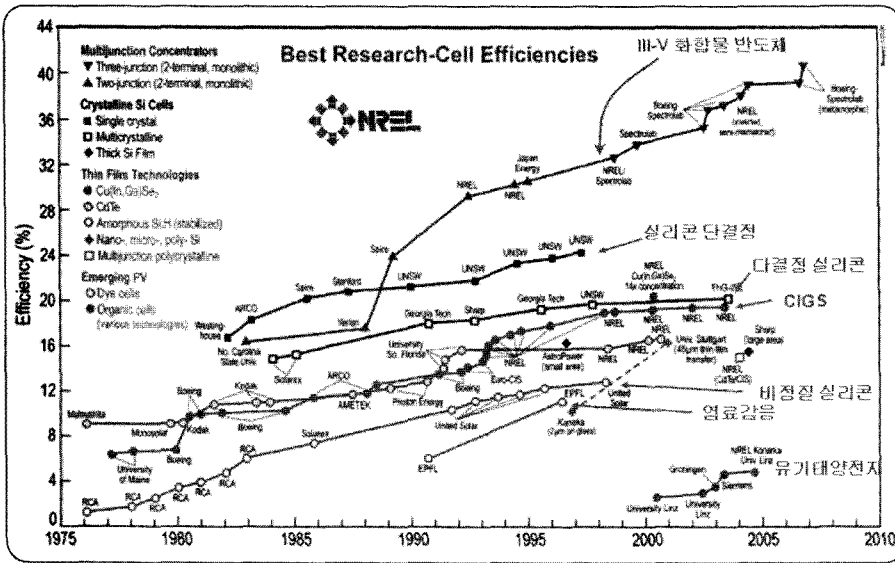


그림 1. 전세계 여러 가지 태양전지 효율의 발전 동향

지는 주로 인공위성용 태양 전지 등 특수한 용도로만 그 사용이 제한되어 왔다. 그러나 최근 40% 이상(40.7%, 미국 Spectrolab)의 높은 광전 변환 효율을 갖는 고효율 III-V 화합물 반도체 태양전지가 개발되었다. 500배 이상의 고배율 집광장치를 사용하여 태양전지 모듈의 가격 비중이 많이 낮아져서 시장에서 단결정 실리콘 태양전지 모듈 및 시스템과 경쟁할 수 있는 수준이 되었다.

2. III-V 화합물 반도체 태양전지 시스템의 상용화 사례

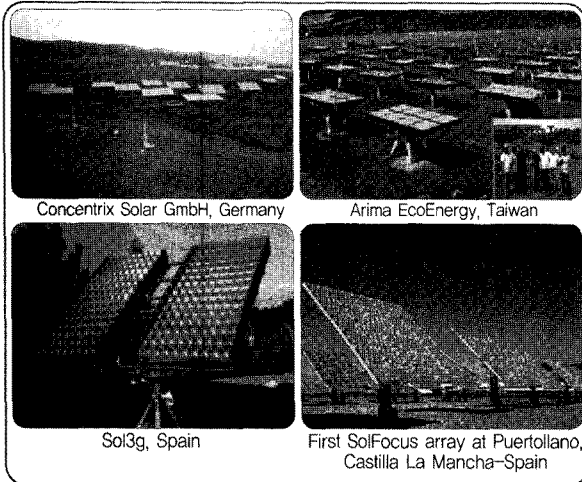


그림 2. 스페인 Puertollano의 ISFOC에서 실증 테스트가 진행 중인 여러 회사들의 집광형 태양전지 시스템 사진.

그림 2는 현재 스페인 Puertollano의 ISFOC 테스트 사이트에서 시험 중인 세계 여러 나라 회사들의 III-V 화합물 반도체 태양전지 시스템들이다. 주로 미국, 독일, 스페인, 대만 등에서 참여하여 실증 테스트가 진행 중이다.

현재 상용화가 진행 중인 몇 가지 프로젝트들을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 스페인의 Puertollano의 ISFOC 테스트 사이트에서 총 800kW 급의 III-V 집광 시스템들이 현재 1 단계 시험 가동 중이다. 참여 업체로는 미국의 Solfocus 사(200kW), 독일의 Concentrix 사(200kW) 그리고 스페인의 Isofoton 사(400kW)가 시험에 참여하고 있다. 또한 2 단계(2nd phase)로 대만의 Arima ECO(300kW), 미국 Emcore(300kW), 스페인 Sol3g(400kW) 그리고 스페인의 CSLM 사에서 300kW 급 등 총 1.3MW의 실증 테스트 사업이 추가로 진행 중이다.

일본에서는 NEDO 프로젝트를 통하여 Sharp, Daido Steel, Toyota 등의 기업을 중심으로 초고효율 태양전지 개발 및 시스템 신뢰성 테스트 연구를 수행 중이다. 2010년까지의 개발목표로는 셀 효율 40%, 모듈 효율 28% 및 모듈 가격 100엔/W 등이다.

호주의 Solar Systems 사에서는 Victoria Project를 시작했다. 프로젝트 기간은 2007년부터 2013년까지이고, 154MW, Large Power Plant(420 M\$ 규모)를 세우는 프로젝트이다. III-V 다중접합 태양전지 모듈은

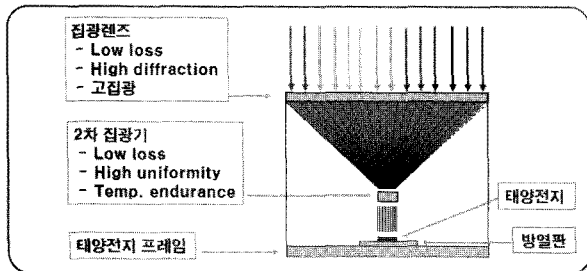


그림 3. 프레넬 렌즈를 사용한 태양전지 모듈의 개요도

자재 가격이 비싸고, 고가격의 반도체 에피층 증착 장비인 MBE, MOCVD를 사용하므로 제조단가가 높아서 지금까

태양전지 산업의 동향

Spectrolab(x500)으로부터 공급 받고, Concentrator는 Heliostat(대형 거울 어셈블리)형을 사용한다. 프로젝트가 끝나면, 연간 270GWh 전력을 생산하고 약 45,000 가구에 전력 공급이 가능할 것으로 예상된다.

3. 집광형 태양전지 시스템과 핵심 모듈

그림 3은 집광형 태양전지 시스템에서 주로 많이 사용하는 집광 시스템의 핵심 모듈 부분이다. 집광형 III-V 태양전지 모듈은 국내에서는 현재 개발 초기 단계이다. KIST, 수원 나노 특화팩, ETRI, 한국 광기술원 등에서 III-V 태양전지 소자를 개발 중이고, 집광형 모듈은 KIST에서 주로 개발하고 있다.

집광형 태양전지 모듈은 그림 3에 나타난 바와 같이 프레넬 렌즈, 2차 집광기, 태양전지 및 방열판 등으로 구성 되어 있다. 태양광 집광용 렌즈로는 프레넬 렌즈가 주로 사용되고 있는데, 몰드를 사용하여 대량으로 성형 가공할 경우 대량생산에 적합하고, 가격이 매우 낮고, 가공시간이 짧은 장점이 있기 때문이다. 프레넬 렌즈를 이용하여 모아진 빛은 중심 부분이 가장 밝고, 주변으로 갈수록 중 모양 곡선의 형태로 빛이 약해진다. 그런데 태양전지는 반도체 기판의 특성 때문에 주로 사각형 형태로 되어있고, 태양전지 표면 전체에 광이 균일하게 분포하는 것이 더 좋으므로 2차 렌즈를 사용하게 된다.

그림 4는 여러 가지 현재 전 세계적으로 개발 중인 여러 가지 2차 렌즈의 모양이다.

국내에서도 현재 집광형 태양전지 모듈에 관심이 많이 커지고 있는 실정이다. 충남 디스플레이 센터에 입주해 있는 (주)코아옵틱스, (주)무나테크 등에서 집광형 태양전지 모듈에 적용할 목적으로 현재 여러가지 프레넬 렌즈를 개발 중에 있다. 그리고 그동안 다른 용도를 목표로 프레넬 렌즈를 개발한 여러 업체들도 이 분야에 뛰어들 수 있다고 사료된다. 2차 집광기 및 렌즈에 관해서도 그동안 LED용으로 렌즈 및 집광기를 개발한

경험이 있는 회사들은 비교적 용이하게 집광형 태양전지용 2차 집광기도 개발 할 수 있을 것으로 기대된다.

그림 5는 KIST에서 개발 중인 집광형 태양전지 모듈의 사진이다. 이 모듈은 실외에서 약 20 와트 정도의 출력을 얻을 수 있고, PMP(휴대용 멀티미디어 플레이어)를 작동 시킬 수 있다.

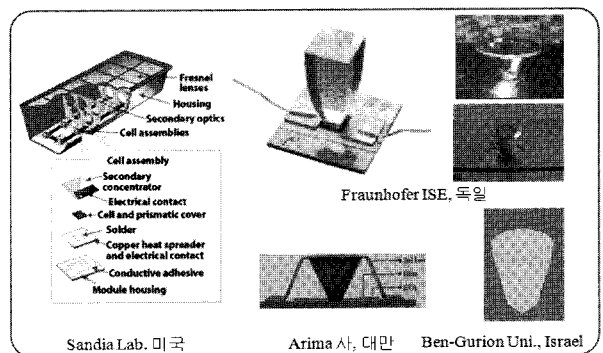


그림 4. 집광 모듈용 여러 가지 2차 집광기

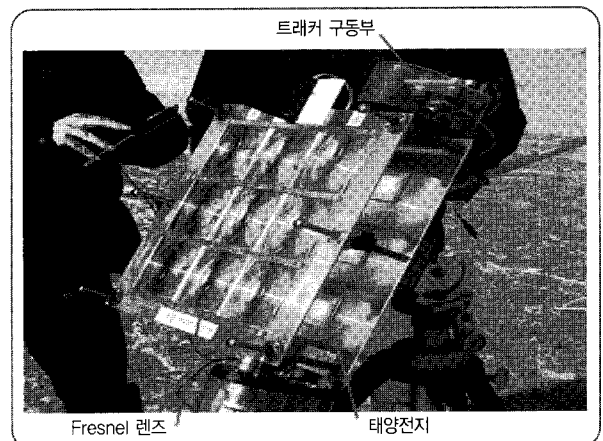


그림 5. KIST에서 현재 개발 중인 집광형 태양전지 모듈



김성일

1994년 한국과학기술원(KAIST) 물리학과 박사 학위를 취득하고 1986년부터 현재까지 한국과학기술원 나노과학 연구본부 책임연구원으로 재직하고 있다. 1997년부터 1998년까지 호주국립대학(ANU) International Research Fellow와 2001년부터 현재까지 고려대학교 공대 대우 부교수로 있으며 III-V 태양전지 소자, 태양전지 집광 모듈 설계 및 제작, 반도체 소자, 반도체 장비 등에 대한 연구를 수행하고 있다.