

국내외 집광형 태양전지 시스템 연구동향

현재 미국, 유럽, 일본 등에서 III-V 화합물 반도체 태양전지 시스템에 대한 활발한 연구 및 상용화가 진행중이다. 국내에서는 그동안 III-V 화합물 반도체 분야의 투자가 매우 제한적으로만 있어 왔고 그 중에서도 특히 화합물 반도체 태양전지의 투자는 거의 없었다. 최근들어 KIST, KANC, 아주대, 전북대, ETRI, KOPTI, KETI 등에서 III-V 화합물 반도체 태양전지 연구가 새로 시작되었다. KIST에서는 현재 집광모듈도 개발 중이다.

현재 개발 및 상용화가 진행 중인 여러 가지 태양전지의 효율 증가 추세를 살펴보면, 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. 따라서 크게 나누어 보면 III-V 태양전지는 고효율화를 지속적으로 추구할 것이고, 기타 태양전지들은 양산화를 위한 저가화 방향으로 연구개발이 주로 진행될 것으로 예상된다.

III-V 화합물 반도체 태양전지는 직접 천이형 밴드갭을 가지고 있으므로 간접 천이형 밴드갭을 갖는 실리콘 태양전지에 비해 광 흡수율이 높다. 따라서 실리콘 태양전지 보다 활성층의 두께가 얇아도 태양전지에 입사되는 태양에너지를 더 잘 흡수하는 장점을 가지고 있다. 그 이외에도 다중접합(Multi-junction) 구조의 성장이 가능하여 태양스펙트럼의 이용 효율이 증대 되고, 고온 특성이 우수하여 온도 안정성 및 신뢰성이 우수하며, 집광비가 500배 이상으로 증가하여도 광전 변환 효율이 상승하는 특성이 있어 고배율 집광형 태양광 발전 시스템에 가장 적합하다.

III-V 화합물 반도체 태양전지는 높은 광전 변환 효율에도 불구하고, 기관으로 사용하는 갈륨비소(GaAs) 등의 원재료비가 비싸고, 고가격의 반도체 에피층 증착 장비인 MBE, MOCVD를 사용하므로 제조단가가 높아서 지금까지는 주로 인공위성용 태양전지 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 개발되고, 500배 이상의 고배율 집광장치를 사용하여 태양전지 모듈의 가격 비중이 많이 낮아져서 시장에서 단결정 실리콘 태양전지 모듈 및 시스템과 경쟁할 수 있는 수준이 되었다.

그림 1(a)에 집광형 모듈의 개요도를 나타내었다. 또한 집광시 유리한 장점으로는 그림 1(b)에 나타낸 바와 같이 III-V 화합물 반도체 다중접합 태양전지는 집광배율이 증가됨에 따라 태양

전지의 효율이 증가한다.[1] III-V 화합물 반도체는 고온 특성이 우수하여 온도 안정성 및 신뢰성이 우수하고, 또한 집광을 함에 따라 광전 변환 효율이 상승하는 특성이 있어 고배율 집광형 태양광 발전 시스템에 가장 적합한 것으로 알려져 있다.

외국의 연구동향을 살펴보면, 미국 보잉사 소속의 Spectrolab, Emcore, NREL, 독일의 Fraunhofer ISE, 일본의 Sharp, Toyota 공대 등에서 그동안 좋은 연구결과들을 많이 발표해 오고 있다. 주요 연구 프로젝트를 살펴

보면, 미국의 DARPA에서는 50M\$의 연구비를 투입하여 2005년 11월부터 초고효율 태양전지 모듈 개발 중이고, 유럽에서는 Fullspectrum 프로젝트를 통하여 유럽의 여러 연구소, 대학 및 회사 등이 서로 연합하여 활발하게 연구 중이다. 또한 일본에서는 NEDO 및 Sunshine 등의 프로젝트를 통하여 고효율 III-V 화합물 반도체 태양전지를 개발하려는 노력들이 그동안 지속적으로 진행되어 왔다.

국내에서는 그동안 III-V 화합물 반도체 분야의 투자가 매우 제한적으로만 있어 왔고, 그 중에서도 특히 화합물

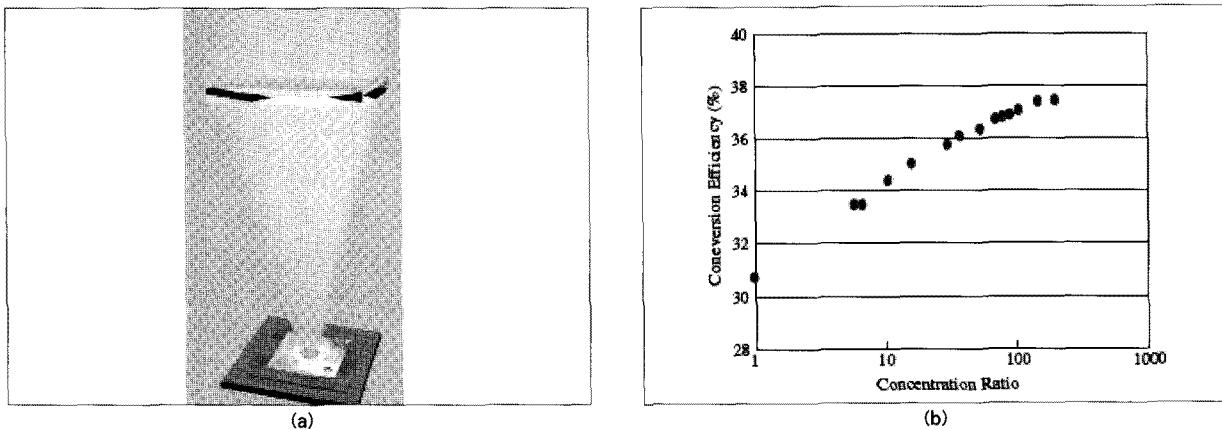


그림 1. (a) 집광형 태양전지의 개요도. (b) III-V 화합물 반도체 다중접합 태양전지는 집광비가 증가함에 따라 효율이 증가되는 특성을 갖는다. [1]

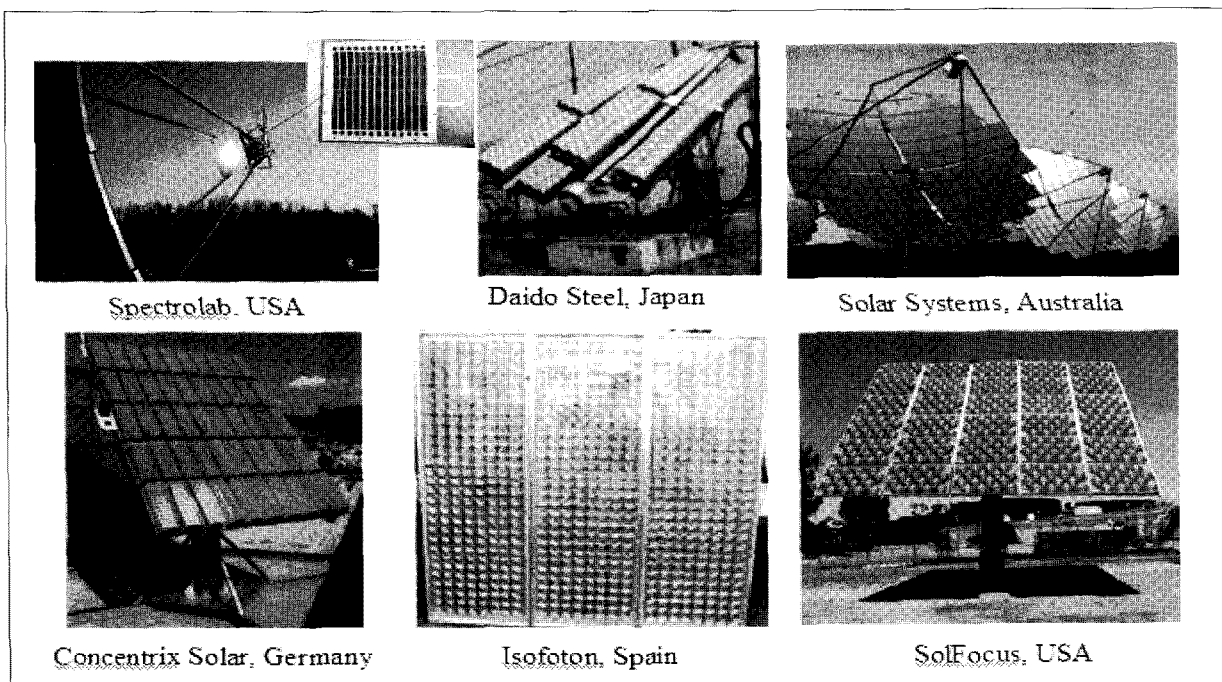


그림 2. 세계 여러 나라에 설치되어 있는 III-V 집광형 태양전지 시스템

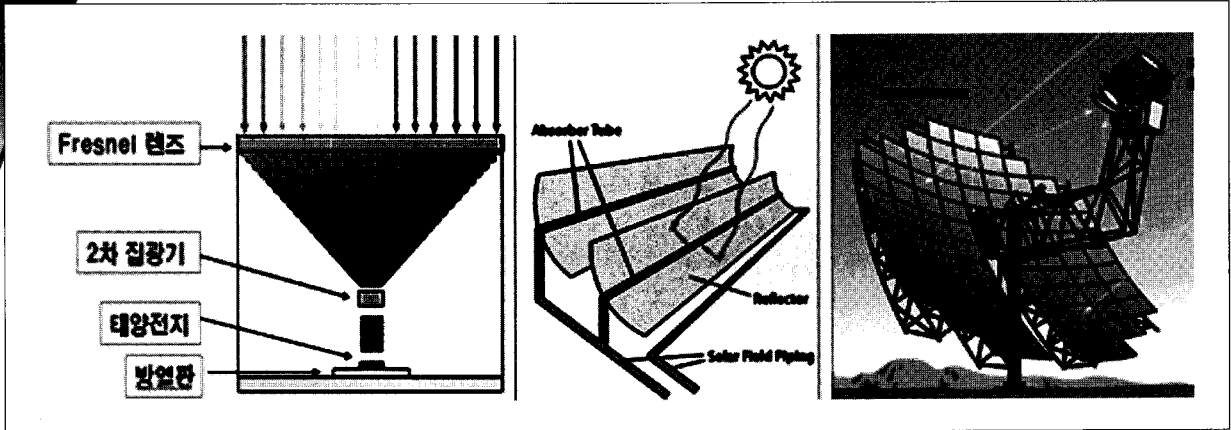


그림 3. (a) Fresnel 렌즈 형, (b) Trough 형, (c) 포물경 형 집광 시스템

반도체 태양전지의 투자는 거의 없었다. 최근들어 KIST, KANC, 아주대, 전북대, ETRI, KOPTI, KETI 등에서 III-V 화합물 반도체 태양전지 연구가 새로 시작되었다. KIST에서는 현재 집광모듈도 개발 중이다.

그림 2는 현재 세계 여러 나라에 설치되어 있는 여러 회사의 III-V 화합물반도체 태양전지 시스템들이다. 주로 미국, 유럽 그리고 일본에서 활발한 연구 및 상용화가 진행 중이다.

현재 상용화가 진행 중인 몇 가지 프로젝트들을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 미국의 DARPA에서는 2005년 11월부터 53M\$를 투자하여 야심적인 VHESC(Very High Efficiency Solar Cell Project) 프로젝트를 시작하였고, 효율 50% 이상의 초고효율 태양전지 개발을 목표로 하고 있다. 이 과제에서는 입사된 태양광을 프리즘 등의 방법을 사용하여 여러 가지 파장 영역별로 분류한 후, 각 파장 영역에서 가장 효율이 높은 재료로 제작한 태양전지를 수평으로 배열하는 방법을 사용할 예정이다. 2007년 7월 세계 최고 효율인 42.8% 를 달성했다고 보고하고 있다.[2]

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 모듈가격 100 엔/W 등이다.

호주의 Solar Systems 사에서는 Victoria Project를 시작하

였다. 기간은 2007년부터 2013년까지이고, 154 MW, Large Power Plant(420 M\$ 규모)를 세우는 프로젝트이다. III-V 다중집합 태양전지 모듈은 Spectrolab(x500)으로부터 공급 받고, Concentrator는 Heliostat(대형 거울 어셈블리)형을 사용한다. 프로젝트가 끝나면 연간 270 GWh 전력을 생산하고 약 45,000 가구에 전력 공급이 가능할 것으로 예상된다.

그림 3은 집광형 태양광 또는 태양열 발전 시스템에서 주로 많이 사용하는 세가지 집광 시스템을 보여주는 그림이다. 그림 3에서 (a)는 Fresnel 렌즈를 이용하고, (b)는 Trough형 반사 거울을 이용하며, (c)는 포물경 형태의 반사 거울을 이용하여 집광을 한다.

[참고문헌]

- [1] M. Yamaguchi, T. Takamoto, K. Araki, N. E. Daukes, *Solar Energy* 79, 78 (2005).
- [2] www.sciencemag.org *SCIENCE*, 317, 583 (2007).

김성일

.....

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