

05 태양광

무궁무진한 지상 최대의 에너지를 활용한다



중국 티베트에 설치된 국산 태양광발전시스템 : 중국 티베트 양파첸 마을에서 준공식을 가진 국산 태양광 발전시스템. 이 시스템은 제작과 설계, 감리 및 데이터 전송 등 모든 과정을 순수 국내개발기술을 적용한 것이다.

연합포토

글 _ 김동환 고려대학교 신소재공학부 교수 donghwan@korea.ac.kr

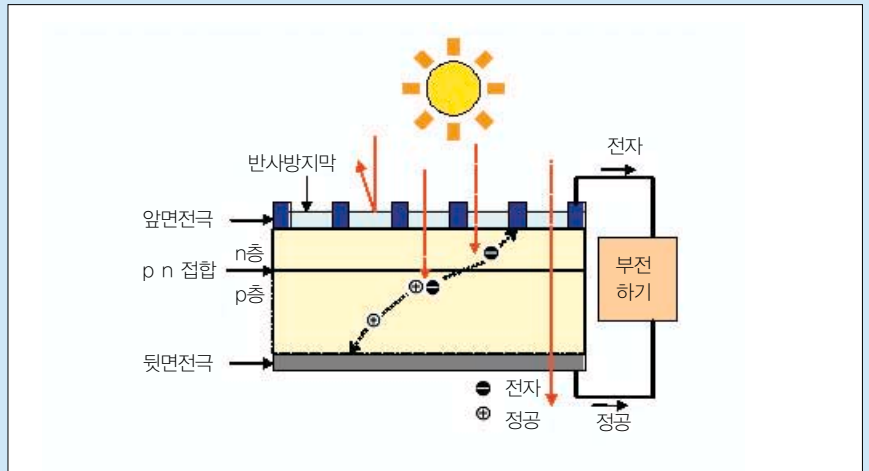
태양에너지는 청정하고 재생가능하며 거의 무한대에 가까운 가용량을 가지고 있는 에너지원이다. 태양광 기술은 이러한 태양에너지를 직접 전기 에너지로 변환시키는 과정에 기계적·화학적 작용이 없어 구조가 단순하고 안전하며 환경에 대한 영향이 거의 없다. 또한 소규모 주택용에서부터 대규모 발전용까지 발전 규모를 다양하게 할 수 있고 기계 장치가 필요하지 않아서 유지 보수가 필

요 없을 뿐 아니라 수명도 20~30년으로 길다.

실리콘 태양전지 효율 현재 15% 수준

태양광산업 분야는 지난 6년간 평균 30%의 성장을 지속해 왔으며, 세계 여러 국가의 태양광산업 활성화 정책과 기술 개발에 힘입어 2004년도에 태양전지 생산량이 1천MWp(약 70억 달러)의 벽을 넘어섰다.

웨이퍼 형태의 실리콘 태양전지가 세계 태양광 시장의 90% 이상을 차지하고 있으며 이에 대한 효율 향상 및 가격 저감을 위한 연구개발이 활발하게 전개되고 있다. 전체 시스템 가격에서 소재가 차지하는 비중이 크기 때문에 실리콘을 약 250 μm의 두께로 박형화하는 연구와 반도체막을 유리 기판에 수 마이크로미터 두께로 코팅하여 '박막 태양전지'를 제작하는 연구가 주로 수행되고 있다.



〈그림 1〉 태양전지의 기본 구조 및 작동 원리

시장을 발판으로 태양전지를 반도체, 디스플레이 이후의 핵심 산업으로 성장시켜 수출 산업에 기여할 수 있도록 노력해야 할 것이다.

태양전지는 p형 반도체와 n형 반도체를 접합시키고(p-n 접합) 양단에 금속전극을 코팅하여 제작한다(그림 1 참조). 빛이 반도체 내부의 전자에 전달되면 전자가 들뜨게 되고, 이러한 전자는 p-n 접합부에 존재하는 전기장의 영향으로 일정한 방향으로 흘러가게 된다. 따라서 도선으로 연결된 외부 회로에 전기가 발생하게 된다.

에너지 변환 효율을 높이기 위해서는 가급적 많은 빛이 반도체 내부에서 흡수 되도록 하고, 빛에 의해 생성된 전자가 쉽게 소멸되지 않고 외부 회로까지 전달되도록 하며, p-n 접합부에 큰 전기장이 생기도록 소재 및 공정을 디자인해야 한다.

태양광 시스템은 〈그림 2〉와 같이 빛을 받아서 전기로 전환시켜 주는 모듈과 생산된 전기를 수요에 맞도록 교류로 변환시키고 계통에 연결시켜 주는 PCS로 구성된다.

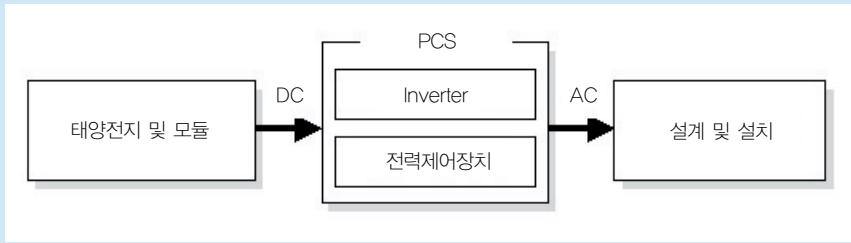
태양광 시스템의 구성 요소 중 핵심 부품은 태양전지이다. 태양전지는 기본적으로 반도체 소자 기술로서 빛을 전기로 변환시키는 기능을 수행하는데, 전기를 빛으로 변환시키는 레이저나 발광 소자 등 정보 표시 소자와 작동 방향이 반대일 뿐 기본 구조나 재료특성이 동일하다.

태양전지는 주로 실리콘 소재로 제작되며 현재 상용화된 제품의 효율은 15% 정도다. 이는 한낮 태양빛의 세기가 $1\text{kW}/\text{m}^2$ 이므로 효율 15%인 태양전지를 사용하면 $0.15\text{ kW}/\text{m}^2$ 의 전력을 얻는다는 의미이다.

태양전지의 최소단위를 셀이라고 하며 보통 셀 한 개로부터 나오는 전압이 약 0.5V로 매우 작으므로 여러 개를 직렬, 병렬로 연결하여 수V에서 수백V 이상의 전압을 얻도록 하고 패널 형태로 제작한 것을 모듈이라고 한다. 이 모듈을 여러 개로 이어서 용도에 맞게 설치한 것을 어레이라고 한다(그림 3 참조).

태양광발전용 전력변환장치는 크게 인버터와 전력제어장치로 구성되어 있으며, 태양전지 어레이에서 발생된 직류전력을

1988년 이후 꾸준한 연구개발에도 불구하고 국내의 기술 수준은 선진국 대비 70% 선에 그치는 것으로 평가되고 있다. 태양광 분야는 반도체 및 디스플레이 기술과 유사점이 많아 한국이 단시간에 기술 경쟁력을 갖출 잠재력이 크다. 따라서 국내 연관산업의 인적, 물적 인프라를 활용하는 방향으로 투자하고 국산 제품이 원활히 보급될 수 있는 환경을 조성하는 일이 중요하다. 장기적으로는 국내 보급



〈그림 2〉 태양광 발전 시스템의 구성 요소

상용주파수·전압의 교류로 변환시켜 전력계통에 연계하는 역할을 수행하는 동시에 시스템의 직류, 교류측의 전기적인 감시·보호를 하는 등 태양전지 본체를 제외한 주변장치 중에서 가장 큰 비중을 차지하는 요소이다.

태양광 시스템 설계 및 설치의 경우 태양광을 최대한 활용하기 위한 경사각 및 방위각을 위한 설계, 계통연계를 위한 설계, 사후관리를 위한 설계 등 시스템 효율의 최적화를 위한 사항들이 검토되어야 한다.

실리콘 대체 '박막 태양전지' 기대 커

현재 기술개발은 태양광 시스템의 단가를 낮추는 방향으로 집중되고 있는데 그 중에서도 태양광 시스템 가격의 60% 이상을 차지하는 모듈의 가격을 낮추는 것이 중요하게 대두되고 있다. 모듈 비용의 65% 정도는 단순한 소재 가격이므로 재료의 절감 및 대체 기술이 집중적으로 연구되고 있다.

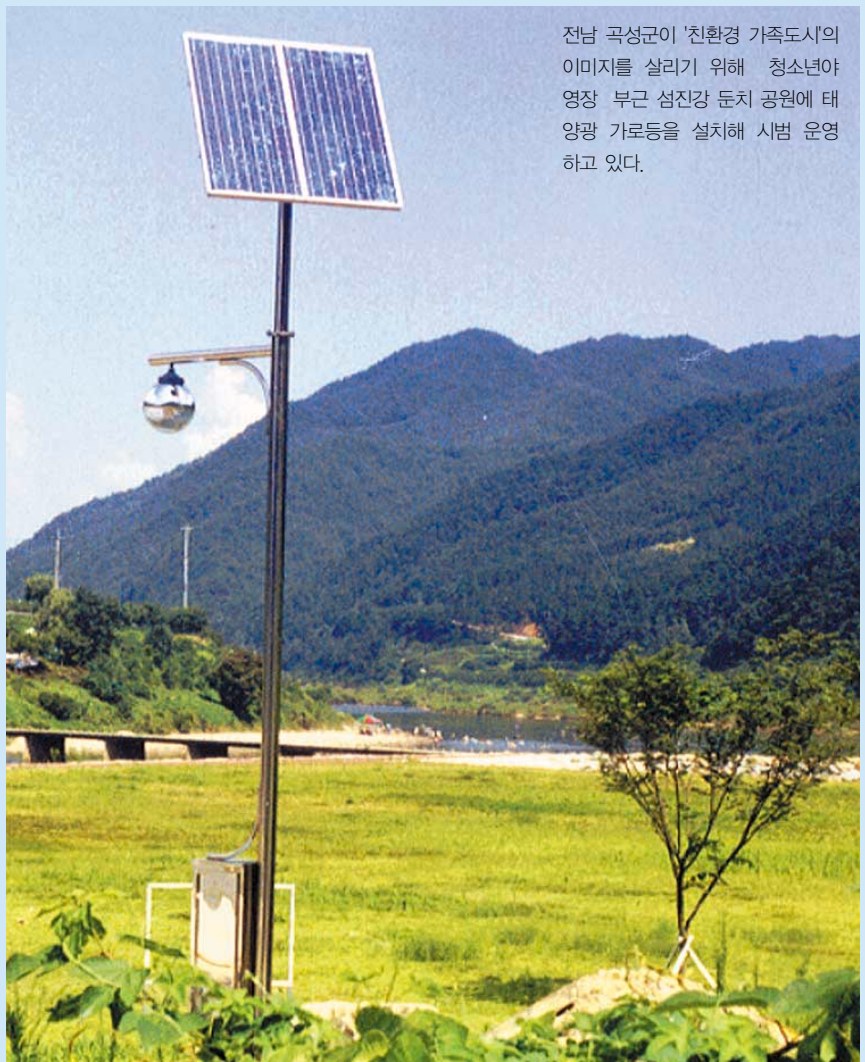
태양전지의 단가를 낮추기 위해 웨이퍼의 크기를 크게 하여 현재 5인치 웨이퍼가 표준으로 자리 잡고 있으며 6인치 웨이퍼의 양산이 시도되고 있다. 웨이퍼의 두께도 얇아져 현재 300 μ m에서 250 μ m로 낮춰지고 있으며 향후 100 μ m를 목표로 연구개발이 진행 중이다. 고가의 반도체 소자용 실리콘 원소재 대신에 값이 저렴

한 '태양전지급' 소재를 개발하는 연구도 진행 중이다.

실리콘 대신에 반도체 막을 유리 기판에 수 마이크로 두께로 코팅하여 제작하는 '박막 태양전지'가 태양광 모듈의 가

격을 획기적으로 저하시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이 기술에는 비정질 실리콘, CdTe, CuInSe₂ 등과 같은 소재가 사용되는데 셀 및 모듈 제작까지 일괄 공정으로 처리할 수 있다는 장점이 있으며 여러 면에서 디스플레이 제작 기술과 유사하다.

비결정질 실리콘 태양전지는 효율이 낮고 시간이 지남에 따라 태양전지의 성능이 나빠지는 문제점이 있어서 최근 비정질 실리콘/비정질 실리콘 게르마늄 이중 접합 및 비정질 실리콘/비정질 실리콘 게



전남 곡성군이 '친환경 가족도시'의 이미지를 살리기 위해 청소년야영장 부근 섬진강 둔치 공원에 태양광 가로등을 설치해 시범 운영하고 있다.



〈그림 3〉 태양전지(셀) 와 태양광 어레이

르마늄/비정질 실리콘 게르마늄 3중접합 태양전지 모듈이 개발되고 있다. 현재 소면적 태양전지의 경우 11~14%의 초기 효율과 11~12%의 안정화 효율을 달성한 상태이며, 모듈의 경우는 10~13%의 초기 효율을 갖는 제품이 생산되고 있다.

초저가의 차세대 태양전지인 염료감응형 태양전지는 단위 셀에 대한 연구가 10년 이상 진보를 거듭하여 현재 최고의 변환효율이 11%에 이르고 있으며, 또한 투명성, 다색성 등 외형적으로 상품적 가치가 있다는 점이 부각되고 있다.

전반적으로 국내의 태양광발전 시스템의 기술 수준은 선진국에 비해 많이 뒤떨어져 있는 실정이다. 실험실 수준의 결정질 실리콘 태양전지 분야에서 삼성 SDI가 20% 이상의 고효율 태양전지로 국제 공인을 받아 기술력을 인정받았지만 대량 보급형 태양전지와는 거리가 먼 특수 용도로 개발되었다. 태양전지의 수율, 효율, 모듈화 기술은 선진국과의 기술 격차가 적고 핵심 소재나 생산기술 및 성능 측정·인증 분야가 더 많이 격차가 나는 것으로 평가된다.

박막 태양전지는 결정질 실리콘 태양전지 분야에 비해서 기술적으로 더 많은 격

차를 보이고 있다. 국내 업체의 장비 의존도는 일부 세정장비를 제외하고는 거의 대부분 해외에 의존하고 있다. 국내의 기술력 있는 반도체 장비 업체의 기술을 활용하면 태양전지 양산화 장비도 국산화할 수 있을 것으로 기대가 된다. 소재 분야에 있어서는 단결정 실리콘 웨이퍼를 제외하고는 국산화가 이루어지지 않고 있기 때문에 국내 시장의 성장에 따라 업체의 참여를 유도해야 할 것이다.

2001년 대체에너지 전체 공급량 중 태양광에너지 공급비율을 0.2%로 매우 미흡한 상태지만, 태양광발전 차액보전제도 및 공공건물 이용 의무화 제도 시행으로 태양광 시스템의 보급이 빠르게 확대될 것으로 기대되고 있다.

그러나 현재 국내 기업의 모듈 생산능력(2005년 현재 30MWp 이상)이 이미 국내 시장의 수요(2005년 약 6MWp 추정)를 초과하고 있어 국내 보급 시장의 확대 및 해외시장 개척 활동이 적극적으로 추진되어야 한다. 국내의 양산기술력이나 원천기술력이 선진국 대비 60~80% 수준에 불과하여 지속적인 성장과 국제경쟁력을 갖추기 위한 성장 동력이 부족한 실정이다. 전문 인력 또한 부족하여 효과적인

기술개발 및 신규업체의 투자에 장애 요인으로 작용하고 있는 실정이다.

단기적으로 '결정질 실리콘' 개발 치중

태양광 분야는 과거 6년 동안 연평균 35% 이상 성장해 왔으며 2010년에는 6GWp, 361억 달러 규모에 이를 것으로 예측되는 산업이다. 태양광 분야는 기술적, 산업적 성격상 반도체 및 디스플레이 분야와 비슷하므로 한국이 단기간에 기술적 경쟁력을 갖출 잠재력이 크다.

단기적으로는 현재 태양전지 시장의 90% 이상을 차지하고 있는 결정질 실리콘의 상용화를 위한 기술 개발에 치중해야 하며, 중장기적으로는 박막태양전지 분야에 집중적인 연구개발을 하여 선진국과의 대등한 기술수준 및 생산능력을 갖추어야 할 것이다.

이러한 박막태양전지 및 신소재태양전지와 같은 차세대 기술의 개발을 위해서는 전략적인 차원에서 기술료 징수 등의 제약 조건이 없는 자금이 지원되어 원천 기술 확보에 매진할 수 있어야 할 것이다.

기술개발의 효율성 향상과 전문 인력 양성을 위한 태양전지 분야 FAB 센터 및 우수연구센터 설립이 필요하며, 태양광 분야를 국가차원으로 사업화하여 보다 적극적인 지원을 해야 할 것이다.

국내 태양광 분야 산업을 활성화하기 위해서는 연 50MWp(5천억 원) 규모의 시장을 조기에 확립시켜야 한다. 초기 산업 활성화를 위해서는 국가 차원의 보급 사업을 통해 사업자들에게 시장에 대한 확신을 줄 필요가 있다. **SD**



글쓴이는 스탠퍼드 대학에서 재료공학과 박사학위를 받았다. 현재 산업자원부 태양광사업단 단장을 겸임하고 있다.