

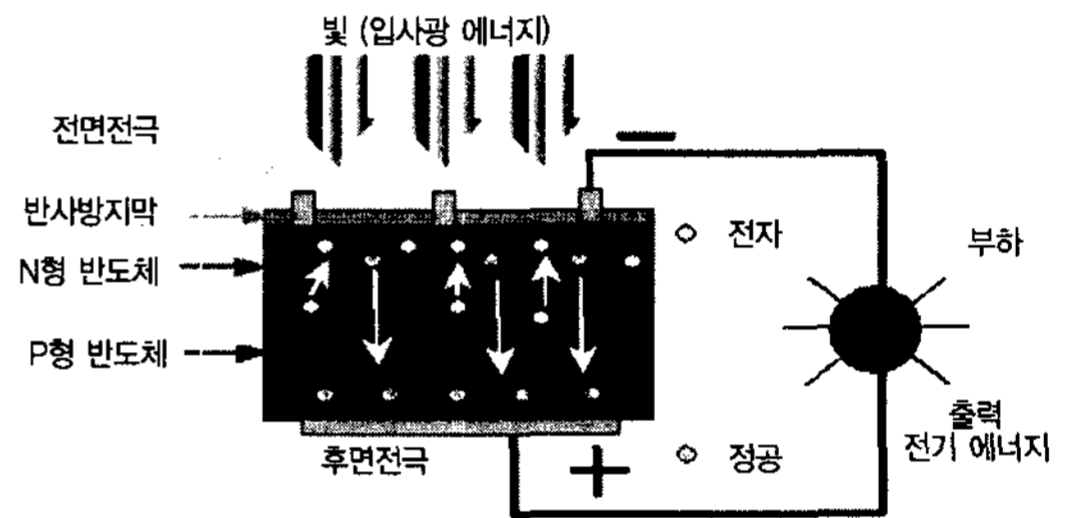
국내 태양광 산업의 동향과 전망

이준신(성균관대학교)

I. 태양광 발전의 구성기술 개요

태양광 발전의 매력은 다른 발전방식과는 달리 대기오염, 소음, 발열, 진동 등의 공해가 전혀 없는 깨끗한 에너지원이며 고갈의 염려가 없는 무한한 에너지 원천이다. 또한 연료의 수송과 발전설비의 유지관리가 거의 불필요하며, 수명이 반영구적이며, 설비규모의 변화에 제약이 없어 소규모 전자소자에서부터 대규모 발전설비까지 자유롭게 적용이 가능하다. 그러나 아직까지는 태양광발전시스템의 넓은 설치면적이 필요하고, 발전단가가 상대적으로 높은 단점이 있기 때문에, 태양광발전기술의 궁극적인 실용화를 위해서는 기존발전방식과 경쟁 가능한 가격수준의 저가, 고효율화 기술 개발과 그에 따른 시장개척이 필요하다.

태양광 발전의 핵심 소자인 태양전지의 구조는 그림 1과 같이 pn 접합으로 구성된 반도체 소자에 금지대폭보다 큰 에너지를 가진 파장영역의 태양광이 입사되면 광에너지에 의해 전자-정공 쌍이 여기되고, 내부전계에 의해 분리된 전자와 정공이 이동하여 n층과 p층을 각각 음극과 양극으로 대전시킴으로써 기전

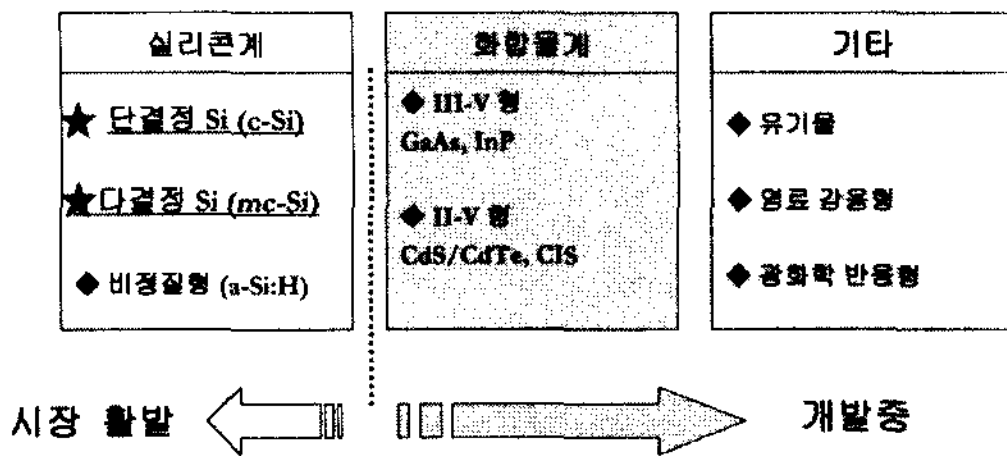


〈그림 1〉 태양전지 발전원리도

력이 발생하며, 외부에 접속된 부하에 전류가 흐른다. 즉, 태양전지는 빛을 전기에너지로 변환하는 발전소자이다.

II. 태양전지 종류와 현황

태양전지는 그림 2에서와 같이 크게 실리콘계, 화합물계, 기타 태양전지로 구분할 수 있다. 세계 태양전지 산업계의 현황은 실리콘(Si)계 태양전지가 세계 생산량의 95% 이상을 차지하고 있으며, 실리콘계 중에서도 단결정과 다결정 실리콘 태양전지가 세계 생산량의 88% 이상을 차지하고 비정질 Si 태양전지는 5% 내외를 차지하고 있다. 실리콘 이외의 태



〈그림 2〉 태양전지 종류와 시장 성숙도

양전지로서 CdTe, CIS, GaAs 등은 전체를 합하여 약 5%이며 아직 시장지배 태양전지는 아니다.

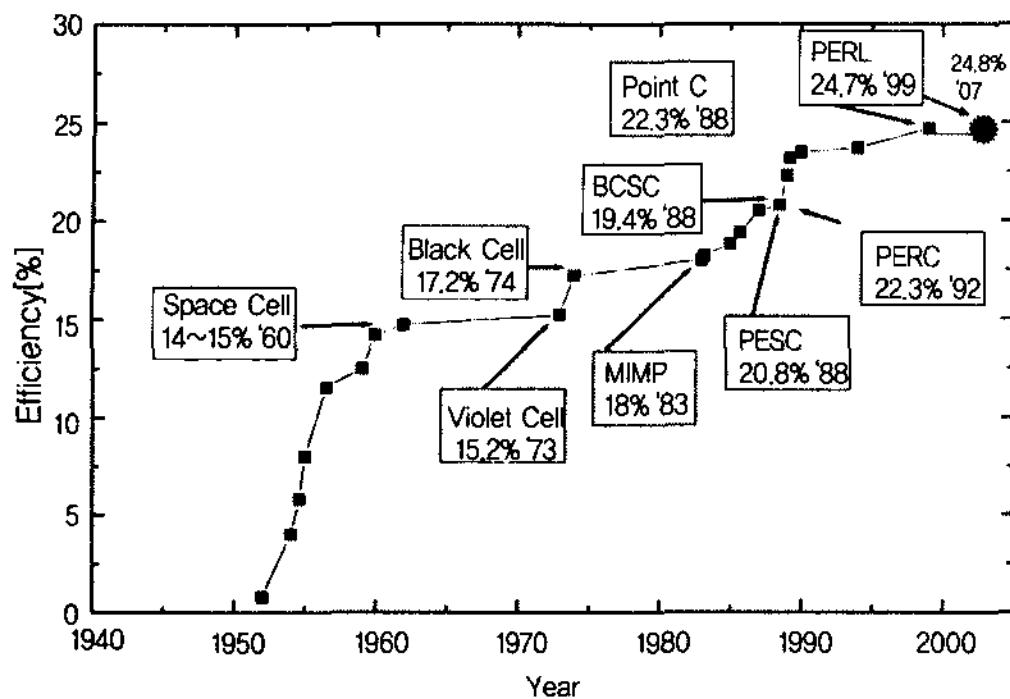
III. 역사적 발전 추이

1970년대 이후부터 세계 각국에서는 자연 에너지의 필요성을 절감하고 있는 상황이다. 고려되고 있는 대체에너지의 종류로는 풍력, 수력, 파력, 지열, 태양광 등이 거론되고 있지만 그 중에 가장 크게 관심을 두고 있는 에너지는 태양광을 사용하여 에너지를 생산하는 태양전지 분야이다. 태양전지의 사용은 1839년 프랑스의 물리학자 E. Becquerel가 전해질 (electrolyte) 속에 담긴 전극에 빛 조사 시 발생하는 광전효과(photovoltaic effect)를 처음으로 발견한 이후 관심을 가지기 시작하여^[11], 1954년 D.M. Chapin과 Bell Telephone 연구소에서 5% 효율의 최초의 p-n 접합 실리콘 태양전지 개발을 시작으로 태양전지는 차세대 에너지 자원으로 주목을 받게 되었다.^[12] 태양전지 동작원리는 빛 에너지를 흡수, 전하 캐리어(정공, 전자)를 생성, 분리, 수집하여 외부에 전기 에너지를 공급한다. 태양전지 내부에 서로 다른 극성을 가지는 n-형과 p-형을 접합하면 태

양전지 내부에 생성된 전위차에 의해서 빛에 의해 생성된 전하가 분리되어 전극으로 수집됨으로써 전류를 흐르게 한다. 이것이 태양전지의 p-n 접합에 의한 태양광발전의 원리이다.

태양전지의 저가 고효율화를 이루기 위한 많은 연구들이 지속적으로 추진되어 왔다^[3-4]. 다양한 반도체 재료들, 예를 들면 실리콘 (silicon; Si) CdS (cadmium sulphide), GaAs (gallium arsenide), CdTe (cadmium telluride), CIS (copper indium di-selenide) 등의 물질들이 새로운 구조들로 발전에 발전을 거듭하여 저가화와 고효율화가 진행되고 있다. 이와 같은 태양전지는 재료 측면에서 단결정, 다결정, 리본형, 저가 기관의 다결정, 구상 규소 및 집광형등의 결정질 실리콘 태양전지와 비정질 규소, CdTe, CIS 화합물 반도체 등의 박막 태양전지로 구분된다.

단결정 실리콘은 공업화 면에서나 자원적인 면에서 풍부하고 우수한 재료이다. 태양전지 태동 시점부터 현재 시점까지의 태양전지 효율변화를 그림 3에 도시하였다. 1960년대에는 우주용 태양전지가 15%의 효율을 나타내고 있다. 실리콘 태양전지로 PERL(Passivated emitter Rear Locally-diffused) 구조인 경우 최고 24%의 변환효율을 보이고 있다. 이러한 초고효율 태양전지는 공정이 30단계 이상이고 고난도, 고가의 장비와 고비용 제조공정을 사용하고 있어 현재 연구실 수준에서 이루어질 뿐 산업계에 적용하기에는 현실적인 어려움이 있는 실정이다. 산업계에 적용이 가능한 태양전지는 양산화와 대면적화의 요구조건을 만족하는 태양전지 에너지 변환효율은 17% 내외이다.



〈그림 3〉 년도에 따른 태양전지 효율의 변화

다결정 실리콘 태양전지의 효율은 그림 4에서와 같이 지난 20년 동안 꾸준히 발전되어 왔음을 알 수 있다. 이러한 발전은 고품질 재료의 개발과 태양전지 제작 공정의 개발에 의해 이루어진 것이다. 그림 4에서와 같이 다결정 태양전지의 효율에 대한 발전은 3개의 범주로 나뉘어 진다. 첫째는 소면적(1-4 cm²) 연구용 태양전지로서 고가의 기술의 발전 그룹이다. 둘째는 양산용 및 연구용 대면적(≥ 243 cm²) 태양전지 기술이다. 셋째는 양산용 대면적 태양전지 기술이다. 현재는 양산용의 일반적인 다결정 태양전지의 변환효율은 13.5 - 16.0%이다.

다결정 태양전지의 생산은 21년 전부터 시작하였다.^[15] 현재는 전 세계의 태양광 모듈의 45%를 차지하고 있다. 1995년 이후로 다결정 실리콘 기판의 사용은 매년 증가하여 미래에는 더욱 더 가속화 될 것을 볼 수 있다.^[16] 2000년에 세계 7개의 태양전지 top 회사들은 생산량의 60%를 다결정 실리콘 기판에 두고 있다.^[16] 1980년에 8%의 산업용 태양전지의 효율로부터 시작하여 2000년에는 14.5%의 양산용 태양전지의 효율을 보이고 있다. 또한 산

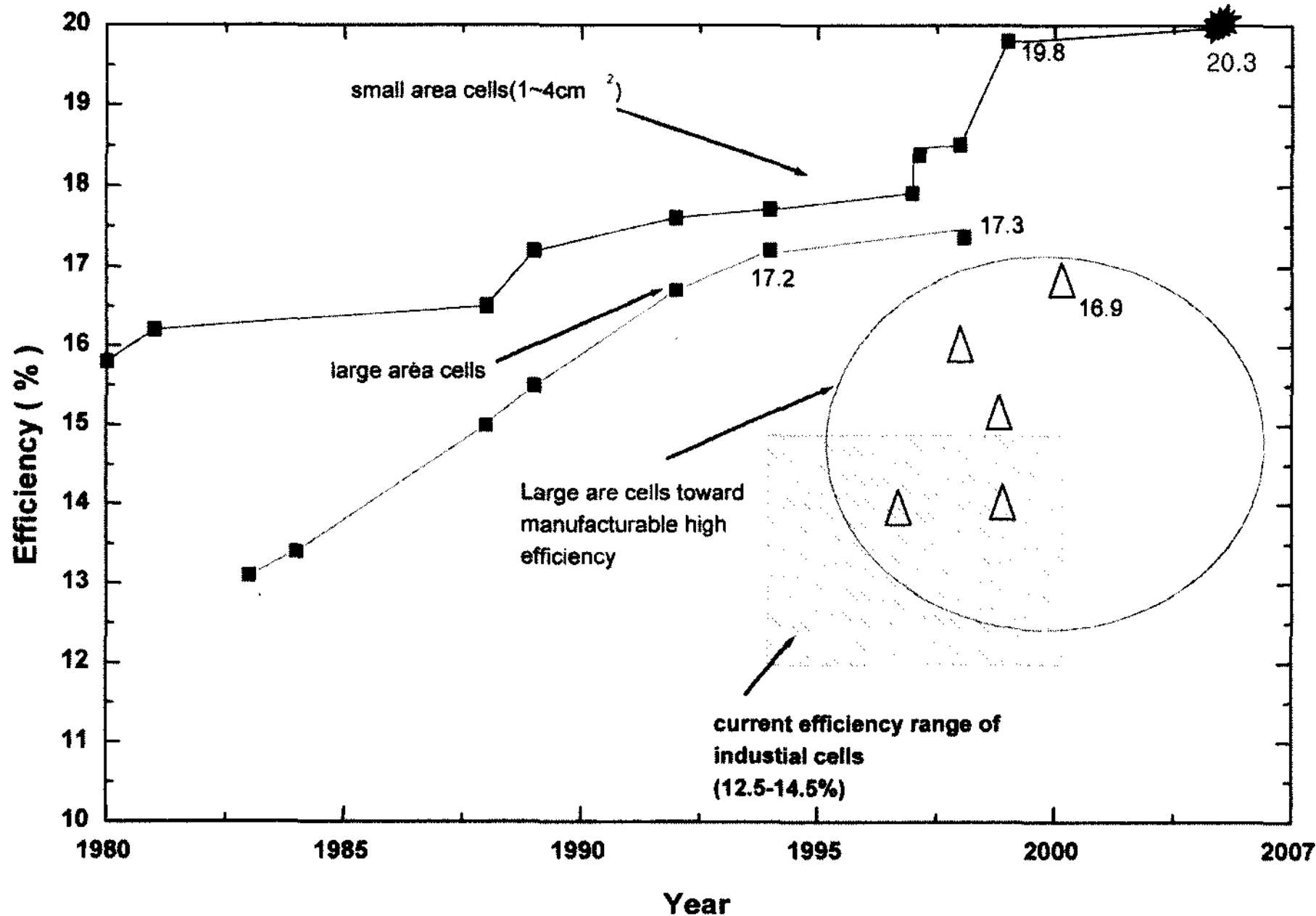
업용 태양전지의 크기는 90에서 230 cm²으로 변화되었다. 다결정 실리콘 태양전지의 성장의 필요는 무엇 보다도 CZ 단결정 실리콘 태양전지와 비교하여 저가의 기판이기 때문이다. 90년대에 들어서면서 정부는 태양광 개발 사업을 위한 단계적인 계획을 갖고 태양광 회사들을 지원하기 시작하였다. Casting 공정 개발에 대한 몇 개의 우수한 논문들이 출판되었다.^[7-9] 1980년에 Solarex(현재 BP Solar)는 산업용 다결정 실리콘 태양전지의 개발의 선두주자이었다.^[6] 지난 20년 동안 미국 에너지부 DOE 지원의 NREL 프로그램, EU 지원 Joule 프로그램 및 현재의 Framework 그리고 일본의 NEDO 지원의 Sunshine 프로그램을 통해 산업용 casting 기술은 놀라운 발전을 이루었다.^[10-11] 1996년의 DOE 지원의 PVMaT 프로그램을 통해 casting 공정과 장비는 Solarex에서 4개의 설비공장에서 9개로 증설되었다.^[12] 1980년의 양산용 태양전지는 8%이었지만 1990년에는 12%의 양산용 태양전지를 개발하였다. 이것은 BSF와 SiN의 패시베이션이 없는 태양전지로서 효율의 향상의 주원인은 기판의 고품질이었다. 현재는 16%이상의 양산용 태양전지를 만들고 있다.

단결정 웨이퍼는 많은 독립적인 웨이퍼 공급업체들이 있지만 다결정 웨이퍼는 주로 독립적이지는 않다. 1995년까지 단 한 개의 웨이퍼 공급업체가 있었다. Crystalox와 GT Solar의 다결정 실리콘의 개발은 Deutche Solar(Bayer Solar)나 Scanwafer사와 같은 독립적인 웨이퍼 공급업체를 태양광 산업으로 발전시켰다. 80년대에는 대면적을 자를 수 없었으나 1995년부터 15 × 15 cm² 크기의 산업용 태양전지를 위하여 웨이퍼 절단 기술이 발전

되 현재는 21×21 cm² 크기까지 발전되었다.^[13] 특별히 Shaping Wywtems, Meyer+Berger, M. Setek와 같은 회사에 의해 웨이퍼 절단 기술이 발달되었다. 1990년까지 다결정 실리콘 태양전지의 성장에 대한 보고가 여러 기관에 의해 되었다.^[14] 연구용 태양전지개발에 있어서는 게더링과 결함 패시베이션을 통한 효율의 향상이 있었다. 1989년에는 UNSW에서 17.8%의 다결정 실리콘 태양전지를 처음으로 개발하였다.^[15-16] 이러한 작은 면적의 태양전지의 공정 기술은 양산에 적용하기에는 많은 문제점이 있다. 이러한 소면적의 태양전지의 연구는 결국 양산을 위한 태양전지의 개발의 기초가 되는 중요한 밑거름이 된다. 즉, 소면적의 게더링과 패시베이션 기술은 산업용 태양전지에 적용되어서 훌륭한 성과를 거두었다. 미스비시는 SiN와 RIE 건식식각을 이용하여 15.6×15.6 cm²의 크기의 18.5%를 가지는

다결정 태양전지를 개발하였다. ECN에서 400 cm²이상의 크기에서 15%의 효율을 보이는 태양전지를 개발하였다. 많은 대학에서 태양전지의 효율의 개선을 위하여 노력하고 있으며, 태양광 회사들은 저가화와 대량생산 기술에 주력하였다. 80년대 말까지 대부분의 태양광 회사들은 리소그래피 대신에 스크린 인쇄를 이용하였다. 또한 Solarex(현BP Solar)는 튜브형의 확산 공정을 벨트 퍼니스 확산 공정으로 개발시키면서 특허를 내었다.^[17]

GIT는 포토리소그래피와 이베퍼레이터와 forming gas 열처리를 이용하여 18.6%의 다결정 태양전지를 제작하였다.^[18] UNSW는 포토리소그래피와 이베퍼레이터 또한 벌집모양의 텍스처를 이용한 PERL 구조를 가진 19.8%의 다결정 태양전지를 개발하였다.^[19] 연구용의 태양전지 기술은 대면적 태양전지의 개발에 쉽게 접목 되지는 않는다. 많은 공정 장비의



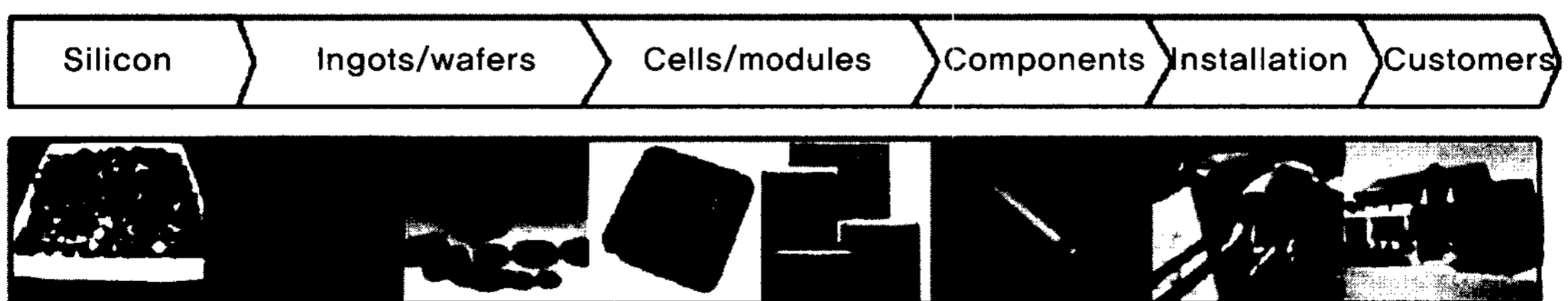
〈그림 4〉 지난 20년 동안 다결정 실리콘 태양전지 효율의 발전.

개발과 공정이 필요하다. IMEC는 이러한 어려움을 극복하며 개발해 나갔다. 1992년 산업용 태양전지를 위한 pilot line을 구성하고 대량생산을 이루어 나갔다. 이러한 노력으로 저가화와 대량 생산의 가속화를 이루었다. 여러 크기의 면적을 가진 태양전지가 개발되었다. 이러한 효율의 개선은 태양전지의 모델과 특성 분석 기계적인 텍스처, 급속열처리 기술의 개발로 이루어졌다.^[20-24] 또한 연구기관에서도 pilot line을 구성하여 연구기술을 양산기술로의 접목에 노력하고 있다. 이러한 노력은 또한 태양광 산업을 위하여 많은 과학자들과 기술자들을 배출하였다. 1965년에 PECVD를 이용하여 SiN가 증착되었다.^[25] 수소를 포함하고 있는 SiN 반사방지막은 금속 접착을 위한 열처리시 웨이퍼 속으로 확산되어 벌크 패시베이션을 이룬다. 수소의 포함과 결정 결함의 패시베이션에 대한 메카니즘은 참고문헌^[26-27]에서 보고하고 있다. 첫 번째 SiN 반사방지막을 이용한 산업용 다결정 태양전지는 1984년에 개발되었다.^[28] 그러나 90년대 말까지 이러한 패시베이션 공정이 널리 쓰이지는 않았다. IMEC은 한 번의 열처리로 금속 접착을 이루는 동시 열처리 공정과 SiN를 뚫고 열처리하는 공정을 개발하였다.^[29] 독일 프라운호퍼 연구소에서는 20.3%의 효율의 다결정 태양전지를 가능하게 하였으며 후면에 국부적인 금속전극 접착을 통한 다결정 태양전지 고

효율 달성에 신기록을 2006년 달성하였다. 현재는 이런 고효율화 기법을 어떻게 생산기술화 하는가와 태양전지 저가화를 위한 대면적 박판 기판을 사용한 고효율, 고수율 태양전지 생산기술이 중심을 이루고 있다.

IV. 태양전지 제품구성 흐름도

태양전지 제품구성 흐름도를 그림 3에 도시하였다. 태양전지는 실리콘 응괴에서 웨이퍼 형태로 자르고 이를 태양전지로 제조하고 나면 한 개의 태양전지가 0.6V 전압과 5A 이상의 전류를 생성하는 발전기 또는 건전지와 같아 이를 직렬로 연결하여 17V, 3A, 50W와 같이 원하는 전력을 얻을 수 있는 모듈을 기본 단위 제품으로 한다. 태양전지는 필요에 따라 직·병렬로 연결하여 내후성과 신뢰성을 가진 재료와 구조의 용기 내에 밀봉함으로써 단위 용량의 태양전지 모듈(solar cell module)로 제품화된다. 모듈은 직렬 또는 병렬로 연결하여 원하는 발전규모의 어레이(array)를 구성한다. 구성된 어레이가 건축자재 역할을 수행하고, 전력조정기(PCS)를 통해서 기존 발전소 전력과 연계된 계통연계형 태양광 발전 시스템 그리고 섬, 산간 사막오지의 외진 지역에 전기를 공급하는 독립형 이용기술 등이 가능하다



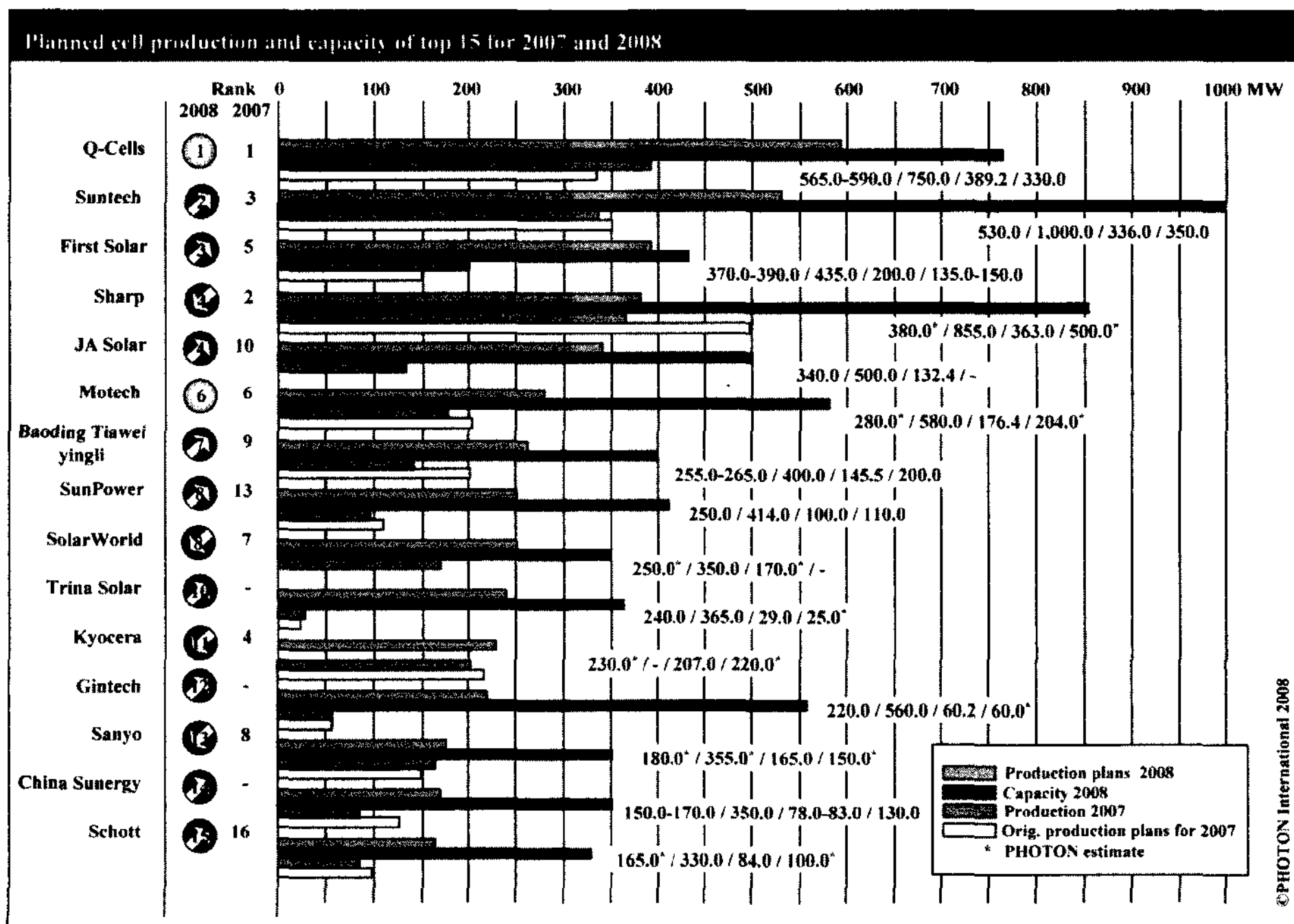
〈그림 5〉 태양전지 제품구성 흐름도

V. 시장현황

태양전지 분야 세계시장은 지난 5년간 30% 이상의 성장율을 보이고 있다.^[30-32] 이러한 고 성장은 태양전지 산업체의 기술개발 결과에 기인한 것일뿐만 아니라 선진국가의 보급촉진 정책과 중앙과 지방정부의 인센티브 제도의 결과이다. 태양전지 생산업체는 크게 일본, 미국, 유럽, 중국, 나머지국가 등으로 분류될 수 있다. 현재 독일이 생산과 소비에서 세계를 선두에서 이끌고 있다. 이는 과감한 연구 개발 투자와 생산에 민간자본의 대규모 투자, 새로운 재료와 생산기술 개발로 태양전지 단가 하락 그리고 국제환경 규제와 압력 등의 요소로 어느 국가보다도 보급정책을 입법화하여 실행하고 있다. 태양전지를 지상전력에 이용하고자 하는 독일의 정책과 실행은 세계 나

머지 국가들에게 어떻게 중앙정부와 지방정부 그리고 민간자본이 유기적으로 결합해야 하는지를 보여주는 좋은 본보기가 되고 있다.

2006년까지 일본은 세계에서 상위 10위권에 위치한 회사를 4개나 가지고 있었다. 그러나 2007년부터 유럽, 중국, 미국, 심지어는 대만보다도 시장에서 뒤지는 모습을 보이고 있다. 영원히 부동의 1위를 고수할 것으로 판단되던 일본의 Sharp사는 투자시기가 늦어지면서 세계 최선두 1위의 자리를 독일의 Q-Cells 사에 자리를 양보하는 모습이 2007년 2008년 지속되고 있다. 항상 10위권 이내를 유지하던 일본에서 태양전지 분야 다른 주요 생산업체는 Kyocera, Sanyo 그리고 Mitsubishi 등도 이미 10위권 밖에 있다. 이는 일본 내수에서 보급지원 프로그램의 축소와 증설투자가 늦어지면서 발생하는 현상이다. 그러나 Sharp사는

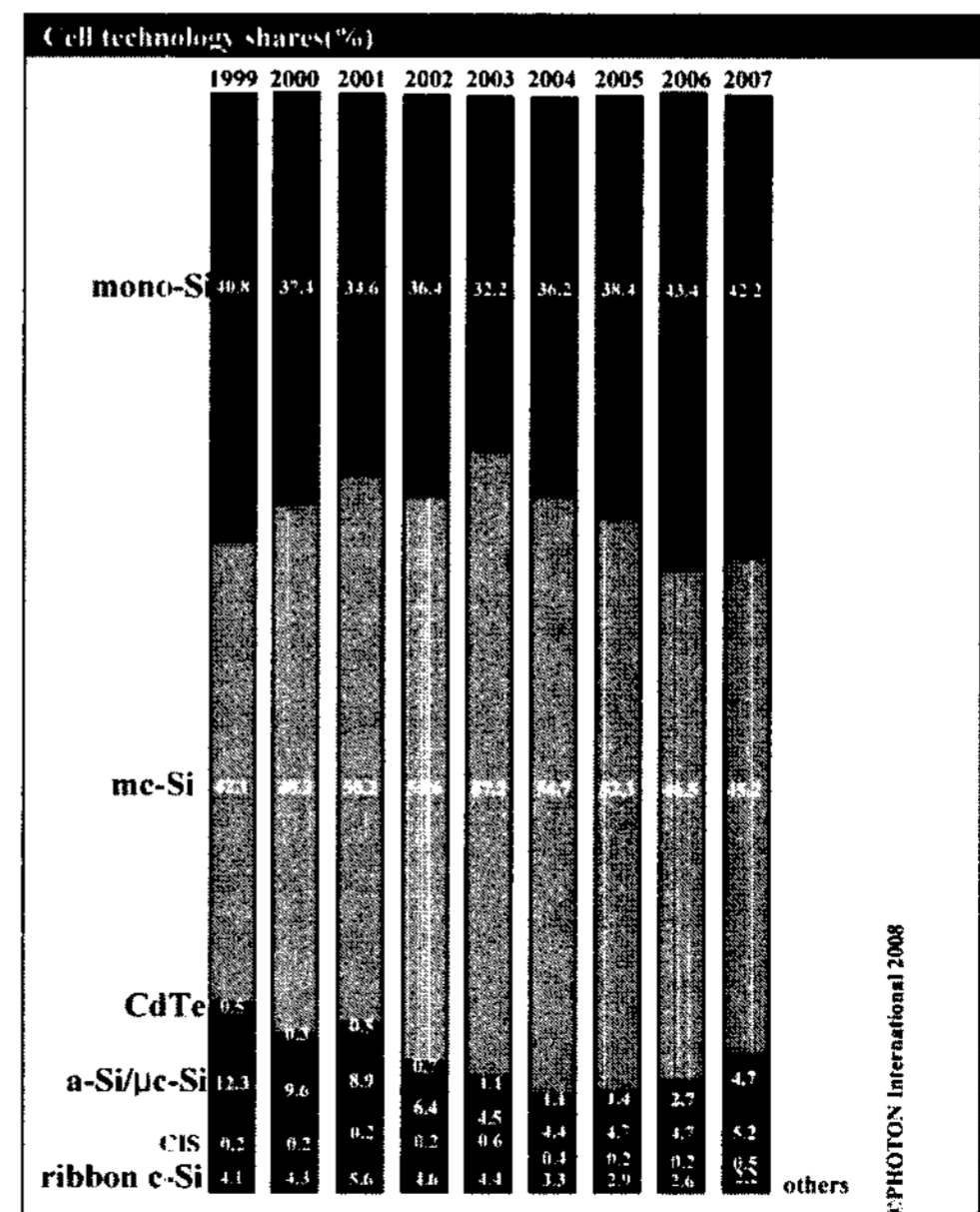


〈그림 6〉 태양전지 산업계의 상위 15위권 이내 회사의 생산량변화도

1,000MW 증설을 계획하고 있어 향후 2010년 이후에 다시 세계 1위 자리로 복귀 가능성이 열려있다. 2005년을 거치면서 중국의 괄목할 만한 성장을 저자는 예측하고 발표하였다. 3년이 지난 현재 2008년 Sunpower, Ningbo Solar Cell Factory, Shenzhen Toray Solar, CEEG Najing PV-Tech, Jiang-Ao Solar 등 참으로 급성장하는 중국의 시장은 중국정부의 계획과 체계적인 보급지원이 시장에서 결과로 나타나고 있으며 2009년에도 급속한 성장은 가속될 것이다. Suntech은 중국에 기반을 둔 회사로 2008년 생산규모가 세계 2위인 1,000MW에 이를 것이다. 중국은 이미 한국을 5년 이상을 앞질러서 대규모 시장과 투자가 활발하게 되면서 시장에서 강력한 구동력을 보이고 있다. 미국에서는 박막 태양전지인 CdTe를 중심으로 대량생산에 규모를 증설하여 2008년 855MW 생산 규모를 가지게 되어 세계 3위권을 달성할 것이다. 중국을 중심으로한 대만, 필리핀, 일본, 한국 등에 아시아권 회사들이 향후 세계시장에서 중심으로 부상할 것으로 예상된다. 따라서 한국은 동북, 동남 아시아를 함께 아우르는 기술교류, 시장확대 등에 주도적으로 참여하는 방안을 마련해서 추진하면 한다.

재료측면에서 2008년 태양전지 시장 점유율 현황은 단결정 실리콘: 42.2%, 다결정 실리콘: 45.2%, CdTe : 4.7%, 박막 실리콘 박막 태양전지: 5.2%, CIS: 0.5%, 박판 실리콘: 2.2%이다. 태양전지 시장의 약 95%가 실리콘을 기반으로 한 태양전지 재료를 구성하고 있다. 그림 5에서는 태양전지 재료별 세계 태양전지 산업계의 현황을 1999년부터 2007년까지의 변화를 보이고 있다. Si 태양전지가 세계 생산량의 95% 정도를 차지하고 있으며, Si 중에서

도 결정계 Si 태양전지가 세계 생산량의 90% 이상을 차지하고 비정질/미세결정 Si 태양전지는 5% 내외를 차지하고 있다. 실리콘 이외의 태양전지로서 CdTe, CIS, GaAs 등은 전체를 합하여 약 5%이다. 실리콘 태양전지로 효율 17%는 이미 일반적으로 구입 가능하며, 단결정과 다결정 실리콘이 현재의 시장에서 가장 성공적이다. 국내에서는 이런 결정질 실리콘을 기반으로 하여 (주) KPE (Kyungdong Photovoltaic Energy, 구 포톤반도체에너지)가 국내 최초로 2003년부터 자동화 양산체제를 가지고 년산 2008년 70MW 생산규모로 창원 에 생산기지를 두고 태양전지 양산을 수행하여 70% 이상의 생산량을 수출에 공급하고 있으며, 현대중공업(30MW), 미리넷솔라(30MW)가 2007년부터 신성 ENG(50MW)는 2008년부터 생산예정 이다. 한국중공업이 20MW 규모로 실리콘 박막 태양전지 생산이



〈그림 7〉 태양전지 산업현황은 결정질 실리콘계 활발함(단결정 실리콘:mono-Si, 다결정 실리콘 mc-Si).

2008년부터 예상된다. 국내의 대기업들이 투자를 확정 또는 예정하고 있어 중국보다는 5년 정도 뒤진 상황이고 일본보다는 10년 뒤진 상황이지만 한국인의 집중력을 태양전지 분야에서도 발휘하면 TFT-LCD 디스플레이산

업처럼 태양전지 산업도 급속한 성장과 세계 1위, 2위, 3위 기업도 모두 한국이 차지할 수 있을 것이다.

〈표 1〉 국내 태양광 업체별 2008년까지 현황 요약표

분 야	업체명	현황과 투자계획
소 재	동양제철화학	2008년까지 2500억원을 투자, 연산 3000톤 폴리실리콘 공장 계획
	KCC	2008년까지 100톤 규모 폴리실리콘 파일럿 생산 라인 건설 예정
	소디프신소재	박막형 실리콘 증착재료인 모노실란 제조
잉곳 및 웨이퍼	실트론	잉곳 및 웨이퍼 10 MWp급 Grower, 클리닝, 기판 Sort 증설 고려
	웅진코웨이	미국의 Sunpower사의 합작으로 잉곳을 생산 웅진에너지를 설립
	스마트에이스	2007년 6월 연산 20 MWp 단결정 잉곳 및 웨이퍼 공장 완공예정
	퓨처비전	2007년 3월 실리콘 잉곳 산업 진출 선언
	렉서	3결정 실리콘 잉곳 개발
	네오세미테크	2007년 30 MWp 단결정 잉곳 및 웨이퍼 생산 예정
관련 부품	티씨케이	웨이퍼 제조용 고순도 흑연 부품 생산
	솔믹스	실리콘 잉곳
	에이치앤티	고순도 천연 실리콘 광산에 투자
태양 전지	현대중공업	2007년 태양전지 라인 30 MWp 완공 준비 (추후 60 MWp)
	한국철강	박막형 관련 설비 발주, 07년 양산 개시 목표
	LG전자	박막형 슬라셀 진출 검토 중, LPL 5세대 라인 활용 검토
	LG화학	슬라 셀 및 실리콘 사업 검토 중
	KPE	'03년 1기 5MW, '06년 2기 30 MWp, '08년 3기 50 MWp 증설
	미리넷솔라	태양광 신규 사업 진출, 태양전지 30 MWp 생산라인 건설 중
모듈 및 시스템	에스에너지	모듈 라인 30 MWp 증설
	심포니에너지	2007년 제 2공장 (모듈 및 잉곳) 준설 계획
	현대중공업	2007년 3월까지 모듈라인 25 MWp 증설, 인버터 생산라인 구축
	경동솔라	2006년 10 MWp 모듈라인 증설 (총 20 MWp 라인 설비)
	LS 산전	2006년 신규 라인교체, 2007년 모듈라인 증설, 인버터 생산라인
	솔라테크	태양전지 모듈라인 1 MWp에서 4 MWp로 증설, 연 내 셋업 완료
	헥스파워시스템	2006년 단상 인버터 생산라인 설비 구축
	한양전공	10 kWp 제품 인증 관련 설비 증설
	대한테크렌	집광시스템, 추적시스템
	이건창호	태양광 BIPV 창호
관련 장비	주성엔지니어링	증착장비, 태양전지 생산 시스템 Turn Key 수주 및 구축
	야바코	태양전지용 스퍼터링 장비(박막 증착 장비) 생산, 주성에 납품
	아이피에스	태양전지용 CVD, 식각장비, 일본에 수출 중

VI. 국내 태양전지 산업 현황

한국정부는 2011년까지 국가 총 소비에너지의 5%를 신·재생에너지로 부담한다는 목표와 새로운 산업육성을 위하여 주택보급사업, 지방에너지사업 등의 보급 보조사업에 보조금의 비율을 매년 증가시켜가고 있어 PV시스템의 설치 보급이 매년 증가하고 있으며, 향후 보급형 모델 개발, PV모듈 및 PCS, 설계시공기술 등의 PV기술의 국가 경쟁력을 확보하기 위해서는 성능데이터베이스 구축하고 있다. 소재 분야의 신규 기술개발 사업의 시작과 함께 상업화를 위한 투자가 적극적으로 이루어지고 있으며, 잉곳 및 웨이퍼 분야와 태양전지 분야의 신규 업체 진출이 약진하고 있는 상황이다. 표 1에 국내 태양광 업체별 2008년까지 현황 요약표를 소재, 잉곳 및 웨이퍼, 관련 부품, 태양전지, 모듈 및 시스템, 관련 장비 분야로 구분하여 정리하였다.

태양전지 분야의 기존 업체들의 라인 증설과 신규 업체들의 진출이 활발하며, 본격적인 태양전지 제조업체인 KPE 30MWp 설비 가동중, 50MWp로 증설계획, 태양전지용 웨이퍼 제조의 필요성과 함께 업체들의 관심이 고조되고 있다. 기존 반도체용 잉곳/웨이퍼 제조업체인 (주)실트론, MEMC 코리아 등이 태양전지용 웨이퍼 제조사업에 진출할 계획을 세우고 있으며, 웅진코웨이는 올 초 미국 Sun Power사와 합작으로 60MW 규모의 생산 설비를 갖는 웅진에너지를 설립해 2008년부터 태양전지용 잉곳/웨이퍼를 본격 양산할 계획이다. 또한 스마트에이스, 퓨처비전, 솔믹스, 글로실, 나라테크 등 중소기업체들도 태양전지용 잉곳 사업에 나설 것이라는 소식이다. 태양전

지 모듈의 경우 선진 기업에 비해 자동화 생산 설비가 부족한 실정이나, 국내 모듈의 국제 표준 인증 획득 및 새로운 시장 개척을 통한 수출 증대를 모색하고 있다. PCS의 경우 국내 시장에서의 점유율은 높은 반면 수출은 아직 미흡한 상태로 기술적인 성장 및 상품 경쟁력 강화를 통해 수출 증대를 모색하고 있다.

VII. 향후 기술개발 과제

국내에서 태양광 분야의 기술개발은 1987년 12월에 제정된 “대체에너지 기술개발 촉진법”을 근거로 1988년부터 대체에너지 기술개발 기본계획의 수립과 함께 체계적인 추진 시작하였다. 태양전지 분야에서는 현재 상용화되어 있는 결정질 실리콘 태양전지의 국산화 및 성능 개선에 주력하였다. 지금까지 국내에서는 지경부(산자부) 중심으로 기술개발과 태양광 발전시스템 설치가 추진되었다. 정부보조 금액의 책정규모에 따라서 매년 태양광 시스템 설치규모에 변동이 있다. 기존에 기술개발은 선택과 집중보다는 기술개발의 다양성과 광범위한 세부 기술개발에 투자하였다. 향후 태양광 시스템 대량보급에 필요한 기술개발과 보급전략에 무게중심을 두고 미래 초저가, 고효율 태양전지 개발을 수행함이 바람직하다. 벌크형 실리콘 태양전지는 반도체 공정을 사용하여 제조되므로 국내의 실리콘 재료가 기반인 반도체 인프라산업과 결부하여 기술이 개발되면 향후 에너지 수출산업으로 대외경쟁력이 우수하다. 또한 세계 1위 산업기반을 가지고 있는 TFT-LCD 디스플레이는 박막 실리콘 태양전지 분야에 초저가, 고효율 박막

태양전지 기술개발이 성공적일 경우 이를 이용한 태양광발전기술의 경제성이 기존 발전 방식과 경쟁 가능한 수준에 도달할 것으로 예상된다. 궁극적으로는 기존 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 무공해 무한정의 발전이 가능해 지는 것으로 확실한 에너지원의 확보는 물론 환경보존 차원에서도 획기적인 전기가 마련될 수 있는 기술이다. 이런 측면에서 국내 기술개발은 현재 약 5-10년으로 평가되는 선진 외국 기술과의 격차를 단시간 내에 줄여 국내기술의 선진화에 크게 기여할 수 있을 것이다. 표 2에 실리콘 태양전지 핵심소재, 소자설계, 태양전지 제조 관련공정 기술, 특성평가 관련한 세부기술내용 요약과 추후의 기술개발 전망을 세부기술별로 구분하여 정리하였다.

VII 태양전지의 응용상품과 활용

기본적으로 전기로 움직일 수 있는 것이라면 무엇이든 태양전지의 응용이 가능하다. 태양광발전 시스템은 크게 2가지로 구분한다. 태양전지 자체의 전력만을 사용하는 독립형 시스템과 기존의 전력선을 태양광 발전시스템과 연결하여 사용하는 계통 연계형 시스템 2가지 형태로 구분한다. 계통연계형 시스템은 전력 저장용 축전지 대신에 상용전원과 연결하여 소비자의 제품 사용전력 변화(부하변동)에 따라 계통선과 전력을 상호 교류할 수 있도록 구성된다. 초창기의 태양전지는 소전력 전자제품과 고립지역의 전원 또는 휴대용, 군사용 전원 등 특수한 용도의 시장이 형성되었다. 최근 환경문제가 범세계적으로 심각하게 대두됨에 따라 삶의 질을 향상시킬 수 있는 환경

친화적 에너지기술로써 새로운 각광을 받게 되었다. 현재 우리나라는 태양광 발전 자체만을 활용하는 독립형 태양광발전 시스템이 주류를 이루고있다. 현재의 시장은 태양광 독립형 시스템인 시계, 경광등, 통신중계기, 등대, 가로등과 같은 다양한 소규모 응용제품 뿐만 아니라 섬, 산간오지의 외진 지역에 전기를 공급하는 독립형 이용기술 등이 주류이다.

그림 8에 현재까지 적용된 분야를 그림으로 요약하였다. 1990년대에 본격적으로 태양전지를 이용한 발전을 시작되었다. 법제도가 개혁되고 우리들 주변에서도 서서히 태양광 발전장치에 익숙해지고 있다. 현재 태양전지의 적용분야는 그림 8에서와 같이 수송, 주택 및 건축, 우주산업용 위성, 통신 그리고 농업 등의 다양한 분야에 응용할 수 있다. 태양전지는 산업의 근간인 전기에너지를 생산할 수 있기 때문에 경제적인 측면에서 에너지 수출국가로서 변신할 수 있다. 태양전지 분야에 대외적인 경쟁력을 가지는 양산기술을 개발하면 세계 태양전지 산업을 주도할 수 있다. 국내고유의 저가형, 고효율, 양산기반 기술이 확립되면 세계적으로도 경쟁력을 가지므로 정부에서 의지를 가지고 시장 활성화를 위한 기술개발과 보급을 일정기간 동안 진행하면 국가경제에 반도체 신화를 뛰어 넘는 태양전지 시장을 창출할 수 있다.

〈표 2〉 실리콘 태양전지 관련공정 기술의 요약과 추후의 기술개발 전망

기술	기술내용	세부기술	기술전망
소재	박판 태양전지용 기판개발	- EFG, Ribbon type 기판소재 - Thin water slicing	기판 절단과정에 손실이 없는 다결정 실리콘 기판제조 기술 Low Kerf loss wafering
	태양전지 및 모듈 소재	- 스크린 인쇄용 Al 금속 배선 - 스크린 인쇄용 Ag 금속 배선 - 모듈 제조용 유리, EVA	자동 도핑이 될 수 있는 소재 저접촉 저항 금속배선 소재 저철분 유리, 빠른 경화, 장수명, EVA
소자 설계	태양전지 구조	- 입사된 태양광 반사 저감 - 유효 표면면적 확대	전극에 의한 빛의 반사를 최소화 시킬 수 있는 구조의 전극형태
	표면설계	- 후면전계, 반사방지막, 후면 반사판, 반전층 이용기술	파장 흡수 또는 표면으로의 반사구조
소자 설계	게터링	- 불순물 저감 - 양자효율 증대 - Blue 파장 분광 특성개선	산소, 탄소, 금속 불순물을 줄일 수 있는 열처리 기술개발
	텍스처링 (texturing)	- 습식 비등방성 식각 - 건식 플라즈마 식각 - 빛 포획(light trapping) 구조개발	결정의 방향성이 없는 다결정 실리콘 표면을 건식과 환경친화 공법 개발
	금속 배선 (metallization)	- 무전해 도금 - 스퍼터링 진공 증착 - 스크린 인쇄	스크린 인쇄, 무전해 도금, 표면에서의 결함 저감 실현, 선풍 미세화 및 저저항화
	표면처리 (surface passivation)	- 열산화막, - 수소화 - 플라즈마 질화막 - 상압 티타늄 산화막	Texturing 된 피라미드 표면에서의 결함저감
	확산 (diffusion)	- POCl ₃ 확산 - SOD - 스크린 인쇄	최적의 접합 깊이, 도핑 프로파일, 표면 농도, 면저항
특성 평가	특성규명 (characterization)	- 전기적 특성, - 물리적 특성 - 화학적 특성, - 기계적 특성	Voc, Jsc, FF, n factor Series Resistance 변수 개선 측정
	공정 monitoring	- Carrier lifetime 측정 - 접합특성 분석	비파괴 공정 모니터링 기술

참고문헌

1. D. M. Chapin, C. S. Fuller, and G. L. Pearson, "A New Silicon p-n Junction Photocell for Converting Solar Radiation into Electrical Power", Journal of Applied Physics, 25, pp.676-677, May 1954.
2. J. Yi, "Properties and Applications of Thin Films Amorphous and micro-crystalline(poly) Silicon", Ph.D. Dissertation, SUNY at Buffalo, NY, 1994.
3. Sarasin Studie: PV 2001 Markt, Akteure, Prognosen, Sarasin Research, Basel 2001

4. M. A. Green, "Recent developments in Photovoltaics", Solar energy, 2003
5. J. F. Hoelscher, IEEE PVSC, p. 745, 1981.
6. PV industry information service Report PC-11, Strategies Unlimited and Private communications, Bob Johnson Strategies Unlimited, July 2000.
7. A. Goetzberger, A. Ruber, 4-PVSEC., Sydney, p. 135, 1999.
8. H. Watanabe, 4-PVSEC., Sydney, p. 103, 1999.
9. F. Ferrazza, et al., Second World Conference and Exhibition on PV Solar Energy Conversion, Vienna, p. 1220, 1998.
10. R. L. Mitchel, et al., IEEE PVSC, p. 1073, 1997.
11. K. Kyojiro, et al., PVSEC-11, Sapporo, p. 119, 1999.
12. J. H. Wohlgemuth, et al., IEEE PVSC, p. 1055, 1997.
13. S. Fujii, et al., PVSEC-11, Sapporo, p. 123, 1999.
14. H. Watanabe, PVSEC-6, New Delhi, p. 745.
15. S. Narayanan, et al., PVSEC-4, Sydney, p. 111, 1989.
16. K. Shirasawa, et al., PVSEC-3, p. 97, 1987.
17. Tim Koval, US Patent 4360393, 1982.
18. A. Rohatgi, et al., IEEE PVSC, p. 741, 1996.
19. J. Zhao, et al., IEEE Trans. Edu. 46 (10) p. 1978, 1999.
20. R. Mertens, 12th PVSEC, Amsterdam, p. 1, 1994.
21. T. Nunoi, et al., Tech digest 9th Sunshine Workshop, Tokyo, p. 125, 1996.
22. E. Van Kerschaver, et al., Second World Conference and Exhibition on PV Solar Energy Conversion, Vienna, p. 1479, 1998.
23. I. Perichaud, et al., Second World Conference and Exhibition on PV Solar Energy Conversion, Vienna, p. 1291, 1998.
24. W. Warta, et al., Second World Conference and Exhibition on PV Solar Energy Conversion, Vienna, p. 1650, 1998.
25. H. F. Streling, R. C. G. Swann, Solid State Electron. 8 pp. 653, 1965.
26. B. S. Sopori, et al., PVSEC, Montreux, p. 246, 1992.
27. A. G. Aberle, PVSEC-11, Sapporo, p. 569, 1999.
28. K. Kimura, et al., PESCE 1, Kobe, p. 37, 1984.
29. F. Duerinckx, et al., 14th EC PVSEC, Barcelona, p. 792, 1997.
30. P. Maycock, PV news, February 2008
31. Research, Solar Cell Production and Market Implementation of Photovoltaics, PV Status Report 2005, August 2005
32. Photon International, 1-90, March 2008

저자소개



이준신

1994년 9월 뉴욕주립대학교 1989~1991
ECE 박사
1991년 6월 뉴욕주립대학교 1989~1991
ECE 박사
1989년 2월 성균관대학교 학사
1995년 3월-현재 성균관대학교 정보통신공학부
(전자전기전공) 교수

주관심 분야 : 반도체소자