

IT를 활용한 미래 에너지원 개발

김제하
한국전자통신연구원

요약

본고에서는 차세대 박막형 CIGS 태양전지 기술과 IT 기술 활용에 대하여 알아보았다. CIGS 태양전지 소자의 구성, 셀 및 모듈 제조공정 기술 현황 및 도전과제를 제시하였으며 특히, 박막형 태양광발전 산업화에 필요한 요인들과 해결해야 될 기술적 이슈들을 제시하였다. 태양광발전은 반도체 pn-접합에 흡수된 빛을 단순히 전기로 변환시키는 것이기 때문에 폐기물도 발생하지 않는 환경 친화적인 미래의 그린 에너지 기술이다. 박막형 태양전지는 첨단 IT 기술인 반도체 및 디스플레이 기술을 활용하면 산업화를 앞당길 수 있기 때문에 우리의 세계수준의 IT기술을 이용한 산업화 방향에 대하여 논의하였다.

1. 서론

태양으로부터 순수 지표면에 공급되는 빛 에너지의 총량은 약 120,000 테라와트(TW)이다. 이것은 인류가 사용하는 에너지 총량(12~14 TW)의 약 10,000배에 해당한다. 이와 같이 태양광은 지구에서 얻을 수 있는 가장 풍부하고 고갈될 염려가 없는 에너지원이다. 현재, 우리나라는 에너지 소비 세계 10대 국가로서 전체 사용량의 90% 이상을 수입에 의존하고 있다. 따라서 구조적으로 원유의 생산량 및 공급변화에 따라 산업전반과 일상생활이 직접적인 영향을 받지 않을 수가 없다. 최근 원유가격 급등으로 경제 사회적으로 막대

한 불편을 경험하고 있는 것도 그러한 이유이다. 이와 더불어 이런 화석 연료 및 우리들을 연소시킴으로써 발생하는 이산화탄소와 핵 폐기물 등은 새로운 환경문제를 야기시키고 있다. 포스트 교토의정서에 의한 탄소배출권 이슈가 2013년부터는 우리 경제에도 직접적인 영향을 미치게 될 전망이다. 이와 같은 국내외적 에너지 및 환경 상황을 고려해 볼 때, 그린 신재생에너지 산업화의 중요성은 어느 때보다도 심각해 지고 있다.

전체 에너지 시장에 비하여 그 규모는 작지만 최근 전세계적으로 태양광발전 산업의 비중이 나날이 커지고 있다. 2000년 이후 태양광발전 산업의 성장은 연평균 38.4%로 타 신재생에너지 산업 중 가장 급격한 상승세를 유지하고 있다. 2007년 말 현재, 전세계 태양전지 생산량은 3.4 GW였으며 [SolarBuzz™, March 2008], 2010년까지 그 생산규모가 10~15 GW에 도달할 것으로 예측하고 있다.

특히, 2010년을 기점으로 박막형 태양광발전 시장이 본격적으로 형성되기 시작하여, 전체 시장에서 박막형 시장이 차지하는 비중이 2020년 36%에서 2030년 40%로 성장할 것으로 전망되고 있다.

오늘날 태양전지 산업활용은 크게 3가지로 분류되고 있다; 가정용 (residential), 상업용 (commercial), 계통발전용 (utility-tied). 태양전지는 이미 오래 전부터 포터블 IT 기기 등에 사용되는 휴대 전원으로 널리 사용되고 있을 뿐만 아니라, 소규모 분산 발전용으로 별도의 패널 형태 또는 건축물과 일체화된 외장재 (창문, 외벽 또는 지붕 등)로서 개발되어 활용되고 있는데 건물일체형 태양전지 (BIPV; Building Integrated Photo-Voltaics)라고 부른다. 태양광시범주택 등

의 국가보급사업의 일환으로 일반가옥에 설치되고 있으며, 외국에서는 상업용으로 대형 사무실 및 공공건물에 응용되어 널리 보급되고 있다. 또한, 계통 발전용으로는 전세계적으로 수 MW에서 수 백 MW까지 태양광을 이용한 발전소에 점차 광범위하게 활용될 전망이다.

그러나 태양광발전이 본격적인 산업화되기에는 전력생산 단가가 600~700원/kWh으로 기존의 타 에너지 (예, 원자력은 40원/kWh, 수력은 70원/kWh)에 비하여 약 10배 정도가 높다는 치명적인 취약점이 있다. 그렇기 때문에 태양광발전 산업은 정부의 보조금 지원이 반드시 필요한 인위적인 시장 (artificial market)인 상태에 머물러 있다. 이를 극복하기 위한 태양전지 기술 개발이 절실하게 요청되는 이유이다. 즉, 태양광에 의한 발전단가가 타 에너지와 대등한 수준으로(그리드-패리티) 낮아져야만 진정한 태양광발전 산업이 형성될 수 있다. 이를 실현하기 위하여 필요한 것은 태양전지의 고효율화와 모듈비용의 저가화 실현이다. 이 때문에 차세대 기술인 박막형 태양전지 기술에 관심이 쏠리고 있다.

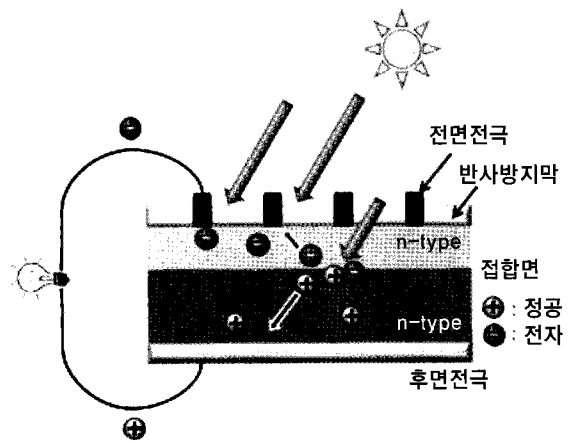
지금 결정형(단결정 또는 다결정) 실리콘을 이용한 태양전지가 시중의 90%이상을 차지하고 있다. 그렇지만 이 기술은 실리콘 소재 수급의 불균형과 추가 저가화 기술개발의 어려움으로 인하여 당분간 기존의 타 에너지를 대체하기가 어려울 것으로 알려지고 있다. 반면에, 박막형 태양전지가 이에 대한 대안으로 제시되고 있다. 그 재료로서는 비정질 실리콘, 구리-인듐-(갈륨)-셀레늄 화합물 (CuInGaSe₂), 카드뮴텔루라이드(CdTe) 화합물, 전도성 염료(dye) 및 폴리머 등의 다양한 기술이 개발되고 있다. 박막형은 소재사용의 혁신적 절감과 대면적으로 생산이 가능하기 때문에 대폭적인 저가화를 실현할 차세대 경쟁기술로 인식되고 있는 것이다. 특히, 우리나라는 세계 최고 수준의 반도체 및 디스플레이 IT-기반 기술을 보유하고 있는데 이 것을 박막형 태양전지 생산에 전환, 활용하게 된다면 태양전지 산업화에 절대적으로 유리할 것으로 예상된다.

본고에서는 차세대 박막형 CIGS 태양전지 기술과 IT 기술 활용에 대하여 알아보았다. CIGS태양전지 소자의 구성, 셀 및 모듈 제조공정 기술 현황 및 도전과제를 제시하였다. 특히, 박막형 태양광발전 산업화에 대한 이슈와 기술적인 도전 과제 그리고 우리의 세계수준의 IT기술을 이용한 산업화 방안에 대하여 논의하기로 한다.

II. 본 론

1. 대형 반도체인 태양전지

태양전지는 (그림 1)에 표시된 것처럼 p-형과 n-형 반도체를 접합하고 양 면에 전극을 붙여서 전기배선을 하여 구성된 전기회로적으로 단순한 다이오드 구조를 갖고 있다. 표면으로부터 들어오는 태양 빛이 pn-접합에서 흡수되어 전자와 정공을 생성하는 광기전 효과(photovoltaic effect)를 이용하고, 외부에 부하(load)를 연결할 경우 자체 전위차 (built-in potential)에 의하여 외부로 전기를 흘리게 된다. 태양전지의 가장 중요한 성능지수는 에너지 변환효율(conversion efficiency)이다. 즉, 전지 표면에 입사하는 태양광 에너지가 전력으로 변환되는 비율을 의미한다. 맑은 날 1 cm² 면적의 지표면에 평균 100 mW의 태양광이 입사되는데 (AM1.5 표준조건), 10%의 효율의 태양전지가 있다면 10 mW를 전기 에너지를 얻을 수 있게 되는 것이다.



(그림 1) 태양전지 구조도

Pn-접합 다이오드를 이용하는 대표적 IT-기술은 TFT(thin film transistor) LCD (liquid crystal display) 및 발광다이오드(LED; light-emitting diode)가 있다. 이 소자들과 박막형 태양전지는 그 제조방법에 있어서도 여러 가지 면에서 유사할 뿐만 아니라 제작 단계도 훨씬 단순하다. 그렇지만 전자는 빛을 받아 전기를 생성하는 반면 후자는 빛을 만들기 위하여 전기를 소비하는 정 반대의 기능을 한다. 또한, LCD나

LED 소자는 전력 소비를 최소화해야 하기 때문에 미세구조로 만들어야 하지만 태양전지는 빛을 될수록 많이 받아들여야 하기 때문에 가능한 넓은 면적으로 (수 100 cm² 이상) 만들어지게 된다. 따라서 태양전지는 전기 에너지 생산에 특화된 '대형 반도체 소자' 라고 할 수 있다.

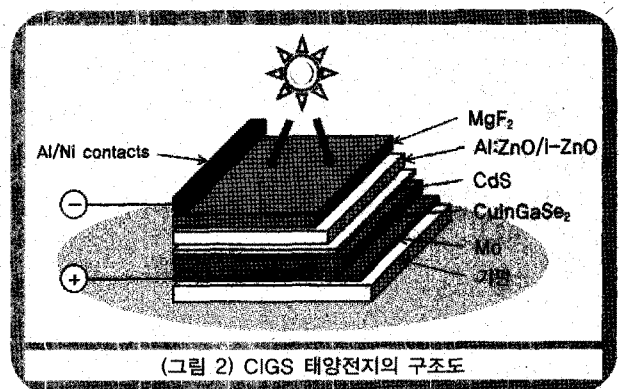
2. 태양전지의 기술분류

태양전지기술은 보통 빛을 받아서 전기를 발생하는 기능 때문에 광흡수체의 재료와 형상에 따라 구별한다; 1 세대는 결정형 실리콘 (단결정, 다결정), III-V족 결정 화합물 반도체 (GaAs, InGaN 등), 2 세대는 박막형으로서 비정질 실리콘, 화합물 (CuInGaSe², CdTe), 무기물 염료 (Dye), 3 세대는 유기물 폴리머 및 신개념 물질. 지금 1 세대 결정형 실리콘 태양전지가 가장 오랫동안 연구되고 실용화되어 안정한 성능을 보이고 있다. 한편 2 세대 박막형 태양전지는 효율과 안정성에 대한 기술 개발이 필요한 상태이지만 박막의 특성인 대면적화 및 저가화에 대한 가능성으로 차세대 유망 기술로 인식되고 있다. 3 세대 유기물 및 신개념 태양전지는 기초 기술 단계에 있다. 일반적으로 알려진 상용 태양전지의 모듈 효율은 단결정 실리콘(15%), 화합물 박막태양전지(CIGS, CdTe; 10%), 비정질 실리콘 및 염료감응 태양전지 (7%), 그리고 유기물 태양전지(5% 이하) 순이다.

성능의 신뢰성 및 안정성 때문에 결정형 실리콘 태양전지가 세계적으로 가장 널리 활용되고 있으나 타 에너지에 비하여 5-10배의 높은 발전단가 (원/kWh)가 이 분야 산업화의 최대 장애물이다. 따라서 저가화 및 고효율을 달성할 수 있는 차세대 기술로서 박막형 태양전지나 유기물 태양전지가 관심을 모으고 있다. 즉, 박막형 태양전지는 결정형 실리콘보다 생산에 사용된 에너지 비용 회수 시간 (energy pay-back time; EPBT)이 반으로 짧고, 소재 사용도 약 1/100로 줄일 수 있어서 제조비용을 획기적으로 낮출 수 있다. 에너지 변환 효율 면에 있어서도, 구리(Cu)-인듐(In)-갈륨(Ga)-셀레늄(Se)의 4 원소 화합물 반도체인 CIGS (CuInGaSe₂) 태양전지는 셀효율이 2008년 현재 19.9% 로서[1] 다결정 실리콘 태양전지의 20.3%와 대등한[2] 고효율이 보고되었다. 또한, 대면적이 가능한 박막 CIGS 태양전지는 3459 cm²와 7230 cm² 크기의 모듈에서 각각 13.4%(Showa Shell, 일본), 12% (Wureth, 독일)이 보고되었다.

3. CIGS 태양전지와 셀 제조 공정

(그림 2)는 4원소(quaternary) 화합물 반도체 CuInGaSe₂ (CIGS) 태양전지의 구조도이다. 절연 소다라임 유리기판 위에 Mo 후면전극, 광흡수층 (CIGS), CdS 버퍼층, ZnO투명창층, 무반사층과 그리드 전극 (Al/Ni)을 형성하여 제작하며 통상적인 IT-반도체 소자와 달리 소자 패딩이 전혀 필요가 없는 단순한 구조이다. CIGS 혹은 CI(G)S소재는 CuInSe₂(CIS)의 3 원소 (ternary) 반도체에 갈륨(Ga) 원소를 도핑하여 효율을 증가시킨 것이다. 이 소재는 직접전이 화합물 반도체로서 박막형 소재 중 가장 높은 셀 전환효율인 19.9%를 보이고 있다. 화합물이기 때문에 인위적인 밴드갭 조작을 통하여 에너지갭을 1.0 - 2.7 eV까지 광대역으로 변환할 수도 있다. 이 광대역 밴드갭은 효율을 높이기 위한 다중 pn-접합구조인 탠덤(tandem) 셀을 제작할 경우 상층부 셀을 구성하는데 활용될 수 있으며, 염료와 같은 다른 재료의 태양전지와 이중접합 탠덤 태양전지 제작도 가능하다. 또한, 광 흡수계수(α)가 약 $1 \times 10^5 \text{cm}^{-1}$ 으로 가장 크기 때문에 이론적으로는 0.5 μm 두께의 CIGS 흡수층으로 입사 광에너지의 99%를 흡수할 수 있다. 즉 CIGS의 소재를 적게 사용하고도 동일한 고효율을 만들어 낼 수 있다. 이는 CIGS태양전지 모듈의 저가화에 아주 중요하게 작용할 수 있다. 또한 이 소재는 안정성과 방사선에 대한 저항력도 강하다.



(그림 2) CIGS 태양전지의 구조도

4원소 화합물이기 때문에 CIGS흡수체의 형성에 깊은 주의가 필요하다. 그리고 이 제조 방법에 종류에 따라 전세계의 CIGS 태양전지 생산기업의 비즈니스 솔루션이 달라지고 있다. CIS/CIGS의 광흡수체 제작방법으로 크게 두 가지가 알려져 있는데 동시증발법(co-evaporation)과 프리커서

(precursor)와 열처리에 의한 2 단계공정 (two-step process) 법이다.

먼저 동시증발법은 단위 원소인 구리(Cu), 인듐(In), 갈륨(Ga) 및 셀레늄(Se)을 열 증발원 (thermal evaporator 혹은 Knudsen cell)을 이용하여 동시에 고온 기판에 증착하는 방법이다. 1982년 보잉사(미국)에서 개발된 방법이며, 이후 꾸준한 제작 방법의 개선으로 가장 안정적이고 높은 효율 (19.9%, NREL)을 생산하고 있기도 하다[1]. 각각의 증발원을 설치하여 사용하기 때문에 원소의 조성 제어가 용이하고 특히, 도핑 소재인 Ga의 최적 비율, $Ga/(In+Ga)=0.3$ 을 제어하는데 편리하다. 그러나 기본적으로 증발원이 점원(point source)이기 때문에 수천제곱 센티미터의 대면적 기판에 박막을 형성하는 데는 많이 불리하다. 그래서 대면적 박막을 위하여 개발되어야 하는 기술은 선형 증발원 (line source)이다. 이 동시증발법 증착에서 중요한 요소는 기판의 온도(보통 550℃)이다. 증착이 진행되고 있는 동안 일정한 온도에 유지하는 것이 아니라 3단계로 조정이 되어야 최고 효율에 적당한 소재의 조성을 만들어 낼 수가 있다. 이는 3 단계 공정법 (three-step process)라고 알려져 있는데 1996년 미국에너지연구소 (NREL)에서 개발되었다. 활용할 수 있는 기판의 종류는 소다라임글래스 (SLG), 금속 포일 (metal foil), 플라스틱, 폴리머 등 다양하게 활용되고 있다. 특히, 양산성을 대폭 증대한 롤투롤(roll-to-roll)이 가능할 것으로 기대된다. 이 기법을 사용하여 양산하는 대표적 업체는 미국의 Global solar energy이며, 기판으로는 스텐레스 스틸 포일을 사용하고 있다.

다음은 2단계 공정(two-step process)이다. 대표적으로 알려진 것은 스퍼터링법에 의한 프리커서(precursor) 증착과 RTP(rapid thermal process)를 이용하는 것이다. 단위 원소인 구리(Cu), 인듐(In), 갈륨(Ga) 혹은 셀레늄(Se)을 스퍼터링 증착에 의하여 순차적으로 기판위에 프리커서 박막을 형성한다. 다음 단계로서 CIGS의 조성을 맞추기 위하여 고온 전기로 (furnace)에서 하이드라이드가스 (H_2Se , H_2S) 분위기에서 400-600℃에서 열처리를 하게 된다. 이를 사용 소재에 따라 셀렌화(selenization) 혹은 황화(sulfurization)라 한다. 이 방법은 동시증발법에 비하여 박막의 균일성이 좋고 또한 높은 소재활용성이 기대되기 때문에 제작공정상의 잠재적인 저가화가 기대된다. 양산화 기술로는 1980년대 ARCO

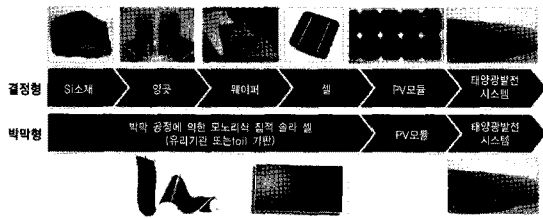
Solar (미국)에서 개발되었으며, 일본에 기술이 도입되어 Showa Shell에서 대면적 CIGS 모듈 효율 13.4%를 얻은바 있다. 동시증발법에 비하여 기술이 상대적으로 알려져 있지 않기 때문에 초기 개발에 애로가 예상된다.

기타 프리커서를 제작하는 방법은 CIGS나노입자를 만들어 박막을 만드는 잉크프린팅 (ink-printing)법으로 미국 ISET Inc.의 핵심기술이며, 전기화학증착법(electro-chemical deposition)이 역시 사용되고 있는데 미국SoloPower Inc.의 핵심기술이다. 이 기술의 가장 큰 장점은 90% 이상의 높은 소재활용의 효율성이다. 그러나 이 프리커서 이후의 공정은 기존의 RTP(rapid thermal process) 및 pn-접합 공정 등을 그대로 활용할 수 밖에 없기 때문에 아직 흡수체 형성에서만 소재활용의 극대화가 가능한 편이다.

나머지 박막층 제조 공정은 기존의 IT-기술과 동일한 방법을 이용한다. 특히, 대면적의 균일한 박막제조 장비 및 기술을 보유하고 있다면 대단히 유리하다. 먼저, 후면전극(back contact electrode)인 몰리브데늄(Mo) 박막은 DC-스퍼터링을 이용한다. 흡수체와 pn-접합을 이루는 버퍼층으로서 CdS 박막의 형성이 있다. 공정의 일관성을 위하여 CIGS 태양전지의 다른 박막층과 동일한 진공증착을 활용하고자 하지만 화학약품에 담그어 박막을 만드는 CBD (chemical bath deposition)이 고효율의 표준공정으로 알려져 있다. 투명창에서는 intrinsic ZnO/Al-도핑된 ZnO가 이용된다. 증착 방식은 RF스퍼터링이 이용되지만 LP-MOCVD (low-pressure metal-organic vapor deposition)을 이용하기도 한다. MgF2를 이용하는 무반사(AR, anti-reflection)코팅은 통상적인 방법이다. 마지막으로 전기를 유도하기 위한 전면전극으로 보통의 전도성 잉크를 사용한 스크린 프린트 혹은 잉크젯 등을 활용한다.

4. CIGS 태양전지 모듈 공정

보통 유리기판 위에 반도체를 증착하여 제작하는 박막형 태양전지 모듈은 단일 장소에서 모든 공정을 마칠 수가 있다. (그림 3)에 나타난 바와 같이 소재→잉곳→웨이퍼→셀→모듈 단계로 제작되는 1 세대 실리콘 태양전지 모듈과 현저한 차이를 보인다. 이 공정에서는 3절에서 설명한 여러 박막층을 형성하는 과정 중에 단위 셀을 구분할 수 있도록 하여 단위 셀 뿐만 아니라 최종 대면적 모듈의 전기적 특성



(그림 3) 결정형과 박막형의 기술구성 및 차이점

(전압 및 표면저항 등)을 최적화할 수 있도록 제작 된다. 이 모듈 제작 과정을 모노리식 집적화(monolithic integration)라고 한다. 그렇기 때문에 제작되는 박막형 태양전지 모듈의 크기에 제한이 없다. 반면에 결정형 실리콘 태양전지는 사용 웨이퍼의 크기(보통 12 cm×12 cm) 제한 때문에 실제로 대면적 셀의 제작은 불가능하다. 또한, 이와 같이 단일 집적화 공정을 이용하기 때문에 박막형 태양전지 모듈 제작은 결정형 실리콘 태양전지에 비하여 공정 단계가 약 반수 정도로 짧고 단순하다는 점이 특징이다

5. 산업화 및 기술개발의 이슈

현재 우리나라의 태양광발전 전력생산단가는 600~700원/kWh로 알려져 있다. 이는 타 에너지 (예, 원자력은 40원/kWh, 수력은 70원/kWh)에 비하여 10배 이상의 차이를 보이고 있다. 그러므로 태양전지의 기술 개발 방향은 태양광발전의 전력단가를 빠른 시간 내에 타 에너지에 의한 값과 대등하게 할 수 있도록 하는 것이다(그리드-패리티). 그리드 패리티의 달성이 빠르면 빠를수록 태양광발전에 의한 세계 시장을 선점 및 선도할 수 있는 기회가 커질 수 있다. 미국의 CdTe 태양전지 회사인 First Solar Inc.는 2012년에 이미 그리드-패리티를 달성하겠다는 야심찬 계획을 공언하고 있다³⁾. 미국의 태양광발전 프로그램인 Solar America Initiative는 2015년에 계통발전 시스템을 위하여 5-7 cents/kWh를 달성하겠다는 목표를 제시하고 있다. ETRI도 2015년 발전단가를 70원/kWh 달성을 위한 비전을 밝힌바 있다⁴⁾.

현재 1세대 결정형 실리콘 태양전지가 태양광발전 시장의 대부분을 점유하고 있는 것은 실리콘 태양전지의 높은 효율과 안정된 성능 때문이다. 그러나 실리콘 소재의 공급부족 현상이 갈수록 심화되고 있으며 수급 불균형에 의한 고비용 요소도 당분간 해소되지 않을 전망이다. 또한, 우리나라는

이미 결정형 실리콘 태양전지 원천기술 확보 및 산업화 측면에서 독일, 일본, 중국에 비하여 늦었기 때문에 대외 기술 경쟁력 확보도 쉽지 않을 것으로 예상된다.

이와 비교하면, 차세대 태양광발전 기술인 박막형 태양전지 분야는 전 세계적으로 아직 산업화 초기 단계이기 때문에 실용화에 따른 원천기술 확보의 가능성이 높고, 따라서 국내기술에 의한 대외경쟁력을 확보하기가 보다 용이할 것으로 판단된다. 산업적인 면에서도 박막형 태양전지는 결정형 실리콘 태양전지에 비해 에너지 회수기간이 반으로 짧고, 소재 사용을 약 1/100로 줄일 수 있으며, 대면적화가 가능하기 때문에 혁신적인 생산 비용 절감을 실현할 수 있다. 또한, 앞장에서 설명하였듯이 박막형 태양전지는 제조 공정에 있어서 우리나라가 이미 보유한 세계 최고 수준의 반도체/디스플레이 기술과 매우 흡사한 과정을 거쳐 생산되고 있다. 즉, 이러한 IT 기반 기술을 전환, 활용하면 아직 산업화 초기 단계인 박막형 태양전지의 기술의 실용화 원천기술 뿐만 아니라 시장 경쟁력을 조기에 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

우리나라 차세대 태양광발전과 관련된 원천기술 축적은 매우 미흡한 상태이며, 기술 개발을 위한 산·학·연의 협력기반도 체계적이지 못할 뿐만 아니라 국내의 태양광 자원이 빈약하고 시장규모도 크지 않다는 약점이 있다. 또한 높은 태양광 발전 단가로 인해 타 에너지와의 시장 및 가격 경쟁에 있어 열세에 놓여 있으며, 선진국에의 기술 종속 가능성은 우리에게 적면하고 있는 커다란 위협요소가 되고 있다. 따라서, 조직적인 연구체계를 구성하고 전략적 기술 분야에 대한 선택과 집중을 통한 연구개발에 매진한다면 2015년경에는 우리나라도 기술적으로 또한 산업적으로 대외 경쟁력을 갖춘 박막형 태양광발전 산업이라는 새로운 미래성장 동력을 확보할 수 있게 될 것이다.

이를 실현하기 위한 핵심 기술은 두 가지로 요약할 수 있다. 첫째는 박막형 태양전지의 효율 향상이다. 현재 CIGS 셀의 효율이 19.9%로 결정형 폴리실리콘 태양전지와 대등한 수준이지만 대면적 상용 모듈효율은 아직도 약 10% 정도로서 셀의 50% 수준에 머물고 있는 실정이다. 이와 같은 셀의 높은 효율을 대면적의 모듈에서도 구현하는 효율격차를 극복하는 실용화 기술의 개발이 절실히 필요하다. 둘째는 양산(manufacturing) 효율의 향상이다. 이는 전세계적으로 아

직도 연구되고 있으며 실용 및 상용화가 활발히 일어나고 있는 분야이다. 즉, 대량 생산을 위한 대면적 태양전지 소자 공정기술 (scale-up), 스루풋(throughput) 향상, 고가 소재사용의 효율적 사용 및 혁신적 저감(특히, 인듐) 기술의 개발 등이 절실히 필요하다.

또한 학문적으로도 CIGS 태양전지의 고효율에 대한 메커니즘은 알려져 있지 않다. 이와 같은 학문적 연구는 효과적인 실용화에 많은 기여를 할 수 있을 것이다. 이러한 학문적 및 기술적 상황은 박막형 태양전지 분야의 후발인 우리나라에게 많은 기회를 주고 있다.

앞에서 살펴본 바와 같이 박막을 기반으로 하는 태양전지 기술분야는 pn-접합 다이오드라는 구조면에서 또한 제작 공정면에 있어서 기존의 LCD 혹은 발광다이오드(LED)와 매우 유사하며, 오히려 제조 공정이 단순하다. 따라서 세계 최고 수준의 메모리 반도체와 세계 최대의 LCD 디스플레이 제조 기술을 보유하고 있는 우리나라로서는 이 분야의 가장 중요한 핵심 기반기술을 이미 보유하고 있는 셈이다.

이와 같이 세계적으로 기존 IT 기술의 활용이 가능한 차세대 박막형 태양전지 분야가 전통적 반도체 기업들의 미래의 신사업 대안으로 부상하고 있다. 미국의 실리콘 밸리는 솔라 밸리로 빠르게 변신하고 있는 이유이기도 하다. 그렇기 때문에 이미 세계 최고수준의 반도체 및 디스플레이 기술을 보유하고 있는 우리로서는 이 기술 인프라를 태양광발전애 활용한다면 단시일 내에 세계적인 기술 수준에 도달할 수 있을 것으로 기대된다.

III. 결 론

본고에서는CIGS박막형 태양전지 기술에 대하여 소개하였다. 태양전지는 반도체 pn-접합에서 발생하는 광기전력을 이용하여 빛을 전기로 변환하는 대형 반도체 소자이다. 직접전이 화합물 반도체인CIGS는 최고효율, 19.9%을 보이고 광대역 밴드갭 엔지니어링이 가능한 차세대 박막형 태양전지에 가장 적합한 소재이다.

이와 같이 박막을 기반으로 하는 태양전지 기술분야는 pn-접합 다이오드라는 구조면에서 또한 제작 공정면에 있어서

기존의 LCD및 LED와 매우 유사하며, 그렇기 때문에 이미 세계 최고수준의 반도체 및 디스플레이 기술을 보유하고 있는 우리로서는 이 IT기술 인프라를 태양광발전애 전환 이용하면 단시일 내에 세계적인 기술 수준에 도달할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서, 조직적인 연구체계를 구성하고 전략적 기술 분야에 대한 선택과 집중을 통한 연구개발에 매진한다면 우리나라도 차세대 박막형 태양광발전 산업을 통한 새로운 미래성장 동력을 확보할 수 있게 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Repins I., Contreras M.A., Egaas B., DeHart C., Scharf J., Perkins C.L., To B. and Noufi R., "19.9% Efficient ZnO/CdS/CuInGaSe2 Solar Cell with 81.2% Fill Factor," *Prog. Photovolta: Res. Appl.* vol. 16, pp.235-239, Feb. 2008.
- [2] Green M. A., Emery K., Hishikawa Y., and Warta W., "Solar Cell Efficiency Tables (Version 32)," *Prog. Photovolta: Res. Appl.* Vol. 16, pp.435-440, 2008.
- [3] Eaglesham D., "Thin Film Technology: the pathway to Grid Parity," Proc. 33rd IEEE Photovoltaic Specialist Conference, San Diego, May 2008.
- [4] http://www.etnews.co.kr/newswire/press_view.html?id=0341132

약 력



김 제 하

1982년 서강대학교 물리학과 학사
 1985년 서강대학교 물리학과 석사
 1993년 Univ. of Arizona Physics Ph.D.
 1993년 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원, 박막태양광 기술연구팀, 팀장
 2006년 ~ 2007년 Univ. California, Irvine, Visiting Scientist
 관심분야: 화합물 반도체 박막 태양전지, 초고속 RF/광 변환소자, Radio-over-fiber (ROF) 소자 및 링크 서브-시스템