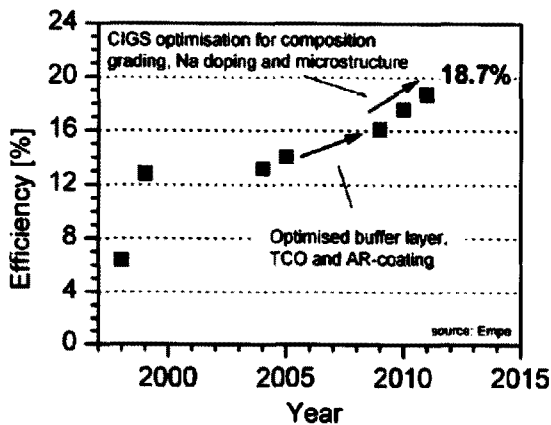


# Optical Sources & Optoelectronics Devices

## 광원 및 광전소자



〈그림〉 고분자 필름상의 flexible CIGS 태양전지의 에너지전환 효율의 개선  
CIGS(구리·인듐·갈륨·셀레늄)으로 만들어진 플렉시블(flexible) 태양전지의 에너지 전환효율을, 새로운 세계 기록인 18.7%가 되도록 성취한 연구결과가 스위스 연방 재료과학 연구소(Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, EMPA)의 과학자들에 의해 보고되었다. 이것은 2010년 6월 동일한 연구팀이 이뤘던 기록인 17.6%를 상당히 뛰어넘는 것이다. 본 측정은 독립된 기관인 독일의 프라운호퍼 태양 에너지 시스템 연구소(Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems)에 의해 인증받았다.

모든 것은 자본에 관한 것이었다. 대규모로 태양전기(solar electricity)를 생산하기 위해, 전세계 과학자들과 공학자들은 오랫동안 저렴한 태양전지를 개발하기 위해 노력하여 왔다. 이 저렴한 태양전지는 고효율성과 높은 생산성을 갖고 손쉽게 조제할 수 있어야 했다. EMPA의 Ayodhya N. Tiwari가 이끄는 박막 광전지 연구소(Laboratory for Thin Film and Photovoltaics)는 이

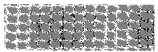
런 측면에서 큰 진전을 이루었다.

Flexible CIGS 태양전지 18.7% 효율의 달성은, 다결정 실리콘 웨이퍼 혹은 유리 기질 위의 CIGS 박막필름전지를 기반으로 하는 태양전지와 효율차이를 거의 극복한 것이라고 Tiwari는 밝히고 있다. 그는 기존의 태양전지의 최고 효율에 비견하는 효율을 갖춘 유연하고 경량의 CIGS 태양전지가 가까운 미래에 패러다임 전환(paradigm shift) 및 저렴한 태양전지를 가능하게 할 큰 잠재력을 갖게 될 것이라고 확신하고 있다.

플렉시블 고성능 CIGS 태양전지의 한 가지 주요한 장점은, 현재 시장에서 유통되고 있는 제품에 비해 훨씬 높은 효율을 제공함과 동시에 인쇄공정과 유사한 롤투롤 공정(roll-to-roll process)을 통해 제조원가를 낮출 수 있다는 것이다. 이와 같은 경량의 유연한 태양전지 모듈은 운송, 설치, 모듈의 구조 프레임 등과 같은 관점에서의 부가적인 비용 이득을 제공해 준다. 즉, 소위 BOS(balance of system) 비용을 크게 감소시키는 기회를 제공한다. 이런 장점을 모두 보유한 새로운 CIGS 고분자 태양전지는 외관, 태양광 발전소 및 휴대용 전자기기에의 응용을 위한 수많은 장점을 보여주고 있다. 현재까지 성취해 낸 고성능 기기를 이용하고 최근에 개발된 공정과 개념을 활용하면, 새로운 연구결과는 16% 이상의 효율을 갖춘 monolithically-interconnected된 flexible CIGS 태양발전 모듈은 충분히 성취가능하다.

최근, 유기기질을 기반으로 하는 박막 태양전지 기술은 산업생산이 가능할 정도로 성숙되어 있다. 그러나 flexible CIGS 기술은 여전히 태생단계에 불과하다. 최근 실험실 및 파일럿 실험에서의 효율성의 향상은 제조성의 장애물을 극복과 성능개선에 기여하고 있다.

이 기술을 규모확대하고 상업화하는 신생기업인 FLISOM의 과학자들과 EMPA 연구팀은, 고분자 혹은 금속 박막 상에 성장시킨 어떤 종류의 플렉시블 태양전지에 대해서도, 2005년 14.1% 기록에서 18.7%의 새로운 기록에 이르기까지 더 효율적



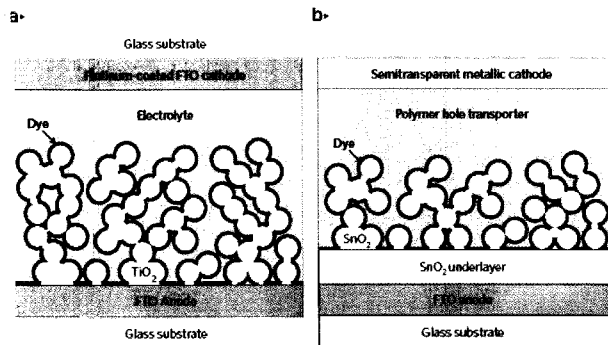
인 flexible CIGS 태양전지를 위한 CIGS 층의 저온성장에 중요한 진전을 이루었다. 태양전지 효율의 가장 최근의 개선은, CIGS 층의 구조적 성질을 개선하고 성장하는 층의 저온 침착공정뿐만 아니라 최종 단계에서 나트륨 도핑을 개선을 통한 재조합 손실의 감소를 통해 성취한 것이다. 이런 결과를 이용해, 처음으로 고분자 필름이 최고의 효율 달성을 위한 carrier substrate로써 금속 박막에 비해 우수한 것으로 증명할 수 있었다.

불순물 확산방지막(impurity diffusion barrier)을 갖춘 스틸 박막(steel foil)에서의 17.5% 효율기록은, 지금까지 550°C 이상의 온도에서 CIGS 성장공정을 통해 이루어졌다. 그러나 어떤 확산방지막 없이 스틸 박막에 적용하였을 때, EMPA 및 FLISOM이 개발한 고분자 필름용 저온 CIGS 침착공정을 통해서도 고온 공정을 이용했을 때와 같은 성능을 손쉽게 성취할 수 있었으며 그 효율은 17.7%였다. 본 결과가 의미하는 바는, 금속 박막 상의 해로운 불순물을 위해 일반적으로 사용되는 차단코팅이 필요하지 않다는 점이다. 고분자뿐만 아니라 금속박막 상에 최고의 효율성을 갖춘 플렉시블 태양전지를 성취하기 위해서는 저온 CIGS 침착공정의 이점을 활용할 필요성이 있음을 의미한다고 Tiwari는 밝히고 있다.

Flexible CIGS 태양전지의 에너지 전환효율의 지속적인 개선은 결코 작은 업적이 아니다. 앞으로 본 연구결과의 독창적인 공정 개발과 시스템적 방법을 통합하여 저렴한 태양전지 모듈의 대규모 생산을 위한 기술이전의 필요성이 대두되고 있다.

< [www.nanowerk.com](http://www.nanowerk.com) >

광합성과 유사한 태양전지 기술인 염료 감응형 태양 전지(DSSCs-Dye Sensitized Solar Cells)의 상용화를 위해 전 세계에서 회사들이 치열한 경쟁을 하고 있다. 적절한 염료에 의해 흡수된 빛은 전자와 정공을 생성시키고, 이들은 서로 분리되어 적절한 재료로 전달되어, 셀 밖으로 이동한다. 기존의 실리콘을 이용한 반도체 중심의 태양전지보다 더 환경 친화적이고, 저렴하다는 장점을 갖고 있다. 옥스포드 대학에 기반을 둔 옥스포드 광전압 테크놀로지는 기존의 액체나 젤 타입의 전해액을 사용하여 전자 전달을 하는 것과는 달리, 고체 유기 반도체를 이용하여 폴리머 정공 전달체를 통해 액체 전해액을 대체하는 새로운 개념(그림 1)을 제시했다. 또한 기존의  $TiO_2$ 가 아닌  $SnO_2$ 를 전극으로 사용한다.

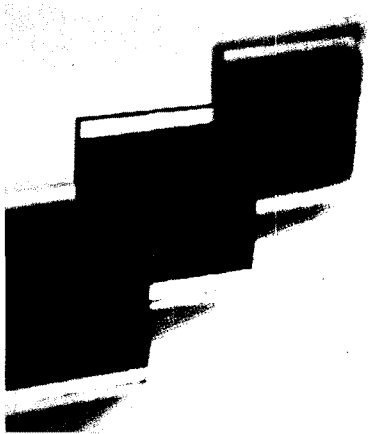


〈그림 1〉 태양전지 셀 구조. (a) 일반적인 액상 전해액에 기초한 DSSC, 셀의 두께는 10  $\mu m$  정도이다. (b) 옥스포드 광전압소자의 고체 DSSC로 약 2  $\mu m$ 의 두께를 갖는다. 컴팩트 언더레이어는 폴리머 정공 전달체와 FTO 양극 사이의 직접 접촉을 막기위해 반드시 필요하다.

$SnO_2$ 는  $TiO_2$ 보다 더 깊은 전도대를 갖으므로 빛에 의해 여기된 염료 분자들로부터 전자 전달이 더 효과적이 된다.  $TiO_2$ 는  $SnO_2$ 보다 더 우수한 광촉매제이기 때문에,  $TiO_2$ 에 기초한 태양 전지

# Optical Sources & Optoelectronics Devices

## 광원 및 광전소자



〈그림 2〉 다양한 색깔의 옥스포드 광전압소자 태양전지. 디자인에 사용되는 염료에 따라 다른 색상을 갖는다.

셀은 덜 안정적인 셀이 된다. 또한 벌크 SnO<sub>2</sub> 는 TiO<sub>2</sub> 보다 약 100배 빠른 240cm<sup>2</sup>/Vsec 의 최대 이동도를 갖기 때문에 고성능 전자 소자에 더 적합하다. 회로의 단락을 막기 위해, SnO<sub>2</sub> 컴팩트 레이어의 결정구조와 전기특성을 조절하고, 얇은 산화막으로 mesoporous SnO<sub>2</sub> 를 코팅한다.

이 결과, 입사 광자가 전자로 변환되는 효율은 최대 85%에 이르는 것으로 알려진다. 전극 테크놀로지를 향상시키는 것과 더불어 금속의 나노입자를 사용하여 셀 효율을 향상시키는 노력도 행해지고 있다. 금속의 나노입자들은 표면 플라즈몬 공진에 의해 가시광선 영역에서 강한 흡수현상을 갖는다. 염료 감응형 태양전지(DSSC)와 집적되면, 금속 나노입자들은 광전류 생성을 활성화되고, 태양전지의 효율은 증대된다. 그러나 향상된 효율에 대한 기본적 메커니즘은 아직 불분명하다. 아마도 공명 에너지 전달 혹은 근거리 필드 커플링 때문인 것으로 알려진다.

코팅 또한 효율을 최적화하는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려진다. 나노입자를 DSSC에 집적하는 것은 부식 작용과 금속 이온들의 재결합 센터 역할을 하기 때문에 태양전지 효율에

악영향을 미칠 수 있다. 따라서 보통 금속성 나노입자를 실리카로 코팅한다. 0.25cm×0.25cm 면적에서 현재 약 5%의 효율을 갖지만 약 20% 혹은 그 이상의 효율을 목표로하고 있고, 크기 또한 10cm × 10cm 로 대면적화를 18개월 이내에 달성하고자 노력중이다. 옥스포드 광전압 테크놀로지에서도 FTO를 기판으로 선택한 이유는 전도성 투명 기판중 가장 저렴하여 DSSC 사용에 적합하기 때문이다.

< [www.nature.com](http://www.nature.com) >

# PHOTONICS INDUSTRY NEWS

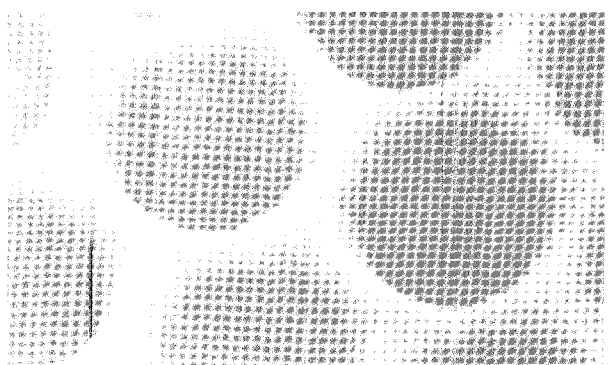
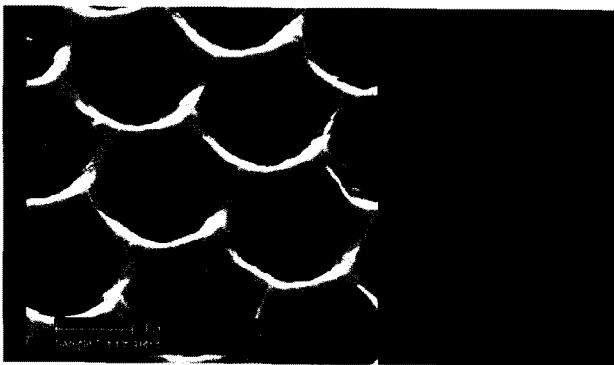
www.kapid.org



# ISSUE

## 기술 신제품

### 코퍼탄셀 박막 태양전지



스위스 기업인 얼리콘 솔라(Oerlikon Solar)사와 체코의 과학 아카데미 물리연구소(Institute of Physics of the Academy of Sciences)는 실리콘을 보다 적게 사용하면서 효율을 증폭시킬 수 있는 새로운 디자인의 박막 태양전지를 공동 개발했다. 이 기술은 비교적 풍부한 원자재를 사용한 것이 특징이며, 마이크로 결정성 실리콘 탠덤전지에 무정형 실리콘 태양전지를 적절히 조합하는 방식(Micromorph)이다. 이 공정으로 제조된 제품을 이용하면, 저렴하면서도 고효율의 태양전지 패널을 대량 생산할 수 있다.

"이 태양전지는 단점이 한가지 있다. 시장을 점유하고 있는 다결정성 실리콘 웨이퍼의 생산 효율보다 태양전지 패널의 효율이 더 낮다는 것이다" 라고 프라하 물리연구소 책임자인 밀란 바네섹(Milan Vanecek)은 설명했다.

"무정형 실리콘의 태양전지와 마이크로 결정성 태양전지를 더욱 안정시키려면, 전지들이 더욱 얇아야 한다. 이는 전기적공간 공간과 광흡수가 최적화 되지 않았기 때문이다. 이 전지들은 본질적으로 평면형이며, 무정형 실리콘의 두께는 200~300 나노미터이고 마이크로결정성 실리콘은 훨씬 두꺼운 1 마이크로미터이다." 라고 밀란 바네섹은 덧붙였다.

새로이 개발된 광흡수성이 뛰어난 태양전지는 두께에 중점을 두었으며, 전극간의 거리는 최대한 근접하게 조절했다.

"우리의 새로운 3D 태양전지 설계는 플라즈마를 이용한 화학 기상 증착 기술의 도움으로 이루어졌다. 이 기술은 액정화면 등을 제조하는데 사용된 무정형 실리콘 전극 제조에도 사용된 바 있다. 우리는 이 기술을 태양전지를 위한 새로운 나노구조 기판에 적용을 한 것이다" 라고 밀란 바네섹은 설명했다.

이 나노구조 기판은 산화아연(ZnO)으로 구성된 망 구조물이며, 자세히게는 벌집구조로 이루어진 투명 산화아연 전도성 막이라고 할 수 있다.

"이 접근 방법은 태양전지 증착 단계에서 입증되었다. 잠재 효율성은 산업용 태양전지 생산을 좌우하는 다결정 웨이퍼에 의해서 결정된다. 생산비용이 저렴한 Micromorphes는 다결정성 실리콘 태양전지와 유사한 효율을 (12~16%) 가지며, 산업 규모의 대량생산을 늘릴 수 있게된다." 라고 밀란 Vanecek 는 설명했다. 이 연구팀의 다음 프로젝트는 위 제품의 효율을 더욱 향상시키기 위한 연구가 될 것이다. 위의 기술 컨셉은 미국의 응용물리학 저널에 발표됐다고 한다.

[www.enerzine.com](http://www.enerzine.com)