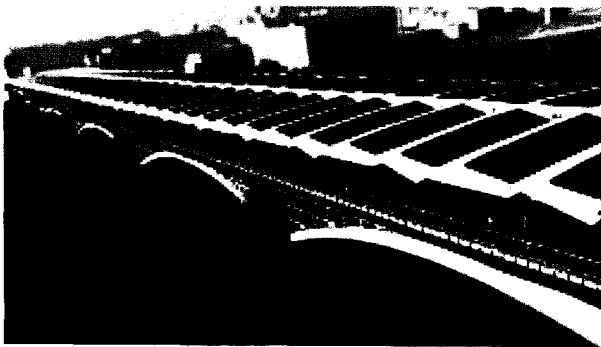


# Optical Sources & Optoelectronics Devices

## 광원 및 광전소자

세계 최대의 태양열 발전 교량 건설 프로젝트



런던 내의 블랙프라이어스 신설 철도역의 일부로서 세계 최대의 태양열 발전 교량 건설 작업이 시작되었다. 영국의 Solarcentury사는 테임즈 강을 가로지르는 빅토리아 다리 상부에 6,000㎡ 넓이 이상의 태양광 발전 패널을 설치할 계획이며, 이를 통해 매년 900,000kWh의 전기를 생산할 것으로 평가된다.

Network Rail은, 이 설비를 통해 역 에너지 사용량의 약 50%를 담당할 것이며 이산화탄소 배출량을 연간 약 511톤 감축할 것이라고 밝혔다. 이 프로젝트는 약 7.3백만 파운드가 소요되며 영국 교통부(Department for Transport)의 안전 및 환경 펀드(safety and environment fund)에 의해 자금 지원된다. 새롭게 건설되는 철도역의 다른 에너지 절감 수단에는, 우수-하베스팅 시스템(rain-harvesting systems)과 자연조명을 위한 태양광 파이프 시스템이 포함될 것이다.

런던에 기반을 둔 회사인 Solarcentury사는, 길이 343m 그리고 폭 37m의 철도역 태양광 발전모듈을 설치하기 위해 엔지니어링 회사인 Jacobs사와 공동 협력했다. 사용된 태양열 모듈은 Sanyo Electric사에 의해 제작되었다. Solarcentury사의 이 프로젝트 설계 엔지니어인 Simona Mamei씨가 [The Engineer]에

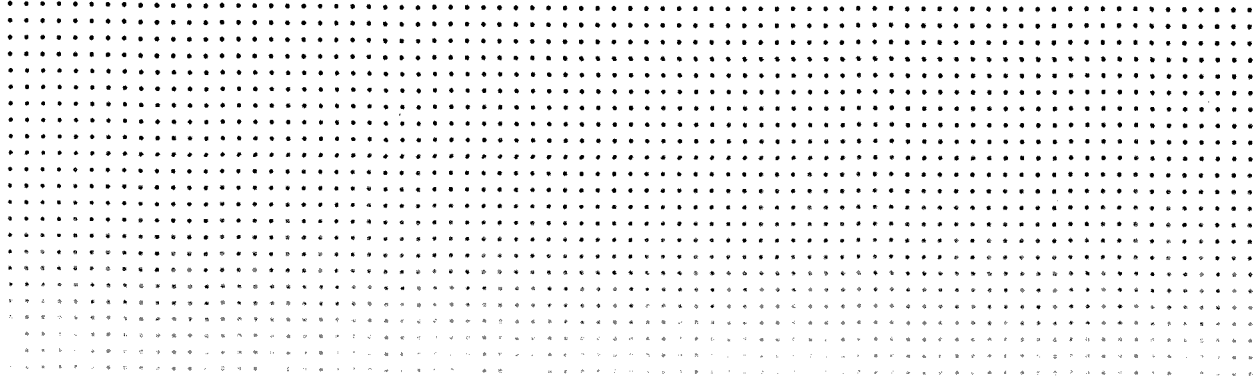
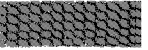
밝힌 바에 따르면, 특이한 지붕의 설계 속에 가능한 한 많은 태양광 모듈을 설치하기 위해 통합된 부품을 가진 태양열 인버터를 사용해야 했다.

‘지붕 위의 공간이 매우 타이트했기 때문에, 우리는 설치하려는 태양광 모듈의 수를 최대화하기 위해 노력하고 있는 중이다. 그것들은 설치하기가 매우 빠박할 것이다.’ 라고 그녀는 밝혔다. 일단 태양광 모듈이 최초의 4개 지붕 패널에 장착되면, 그 작업은 설계를 재평가하기 위해 중지되고 2012년 봄까지 총 98개의 지붕 패널을 설치할 계획으로 올해 12월까지 재개될 것이다.

‘우리는 거의 15m 길이인 지붕 태양고아 발전모듈 열이 있으며 190mm의 여유 공간이 있기 때문에 매우 조밀한 상황이다. 그것이 지붕 이음매의 위치 때문에 매우 다르게 클램프를 설치해야 할 필요가 있는 이유이다.’ 라고 Mamei씨는 말했다. Sanyo Component Europe사의 태양열 분야 책임자인 Shigeki Komatsu씨에 의하면, ‘우리가 설치하는 태양열 모듈의 고효율성은 부하가 반드시 고려되어야 하는 지역에 필요한 최대의 전력 생산이 가능한 이상적인 구조물이 되도록 한다.’ ‘런던의 랜드마크로 유명한 태양열 모듈을 통해 Sanyo사는 태양열 기술과 다른 재생에너지 기술에 대한 이해와 인식도를 높이기를 희망하고 있으며, 그것들이 도시의 환경개선을 돕고 기후변화로 인한 불필요한 미래를 최소화하는 것을 실증화할 것이다.’

1886년에 건설된 이 교량은, Network Rail의 테임즈링크 업그레이드 사업의 일부로서 새로운 블랙프라이어스 철도역을 세우는 작업의 기본을 이루게 될 것이다. 이 프로그램을 통하여, 더 긴 열차가 베드퍼더(Bedford)와 브라이튼(Brighton) 사이에 운행될 수 있도록 할 것이며 2018년에 완공될 예정이다.

Network Rail의 블랙프라이어스 사업 프로젝트 책임자인 Lindsay Vampley씨는 다음과 같이 말했다. ‘우리는 공간이 넓은 현대식 철도역을 창조하고 있으며 승객들에게 매우 향상된 서비스를 제공함과 동시에 블랙프라이어스를 더욱 친환경적이고

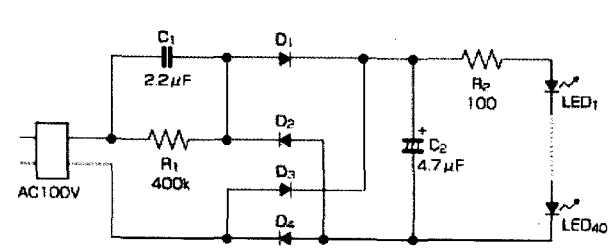


지속가능하게 만드는 런던의 최대 태양광 발전시설을 제공하게 될 것이다.’ ‘블랙프라이어스의 Victorian 철도교량은 우리 철도의 역사이다. 우리는 증기기관차 시절에 건설된 이 교량을 이 도시의 아이콘적 철도역으로 창조하기 위해 21세기의 태양열 기술로 업그레이드할 계획이다.’

세계 최초의 태양열 발전 교량인 470m 길이의 오스트레일리아 브리스베인의 Kurilpa 교량은 2009년에 건설되었다. 이 교량은 매년 약 40,000kWh의 전력을 생산하고 있다.

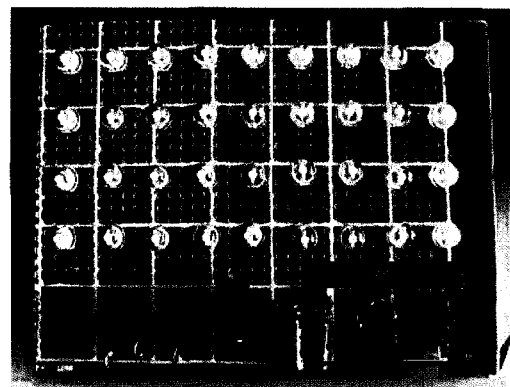
(www.theengineer.co.uk)

### LED 조명의 리스크



〈그림1〉 사판되고 있는 LED 라이트의 전원 회로

최근 LED를 이용한 다양한 조명 기기가 제품화되어 있다. LED 조명이 에코 시대의 총아로서 등장하여 그 전력 효율은 형광등을 이용한 조명 기기를 능가하고 있다. 또한 장수명이라는 특징은 조명 기기로서의 장래성을 약속하는 것이라고 할 수 있다. 일반적인 LED 조명은 소비 전력이 15W 미만으로 수명이 4만 시간이라고 한다. 시장을 급확대시키고 있는 LED 조명으로 백열전구는 구축되고 있어 전구형 형광등의 시장 성장도 한계점 도달 상태가 되고 있다. 그리고 발열이 적은 LED 전구에서는 물체 인식 센서를 탑재한 제품도 등장하고 있다. 이러한 제품은 통상의 LED 전구보다 보다 더 소비 전력을 억제하는 것이 가능하다.



〈그림2〉 시범 제작한 36등의 LED 라이트

향후에도 다양한 용도를 향해서 LED 조명이 개발될 것이고 LED 조명의 시장도 더욱 더 확대할 것으로 예상된다. 특히 동 일본 대지진 후의 일본에서는 '절전'이라는 말의 중요성이 높아지고 있다. 재생 가능 에너지를 이용한 발전 시스템과 LED 조명이 더욱 더 추진되어 가는 것은 틀림없다. 그러나 이전부터 새로운 기술을 이용한 제품은 좋은 측면만이 클로즈업되어 다루어지는 경우가 많다. 한편 나쁜 측면에 대해서는 과소 취급하게 되는 경향이 있다.

LED 조명의 단점을 보면 우선 LED 신호기는 일반적으로는 신호기의 각 신호등에 대해 LED 소자가 192개 사용되고 있다. 이것은 LED 소자를 직렬로 32개 접속한 LED 스트링이 6계통이기 때문이다. LED 신호기의 회로 기판에서는 AC100V를 전파 정류하고 LED 스트링에 대해서 약 25 mA의 전류를 흘리고 있다. 그 소비 전력은 한 계통에서 약 2.5W, 6 계통으로 15W가 된다. 기존 신호기의 소비 전력이 70W 정도이었던 점을 생각하면 소비 전력은 약 80% 삭감할 수 있다.

그러나 LED 신호기에는 몇 가지 문제점이 지적되고 있다. 첫 번째는 이전부터 제기되고 있는 드라이브 레코더와의 공합 문제

# Optical Sources & Optoelectronics Devices

## 광원 및 광전소자

이다. 이것은 드라이브 레코더에 탑재되어 있는 카메라의 1초간의 촬영 회수가 30회인 것으로서 일본 지구의 상용 전원 주파수가 60Hz인 것에 기인하고 있다. 즉 LED가 발광하고 있지 않는 타이밍과 카메라의 촬영 타이밍이 일치하면 드라이브 레코더에는 LED 신호기가 점등하고 있지 않는 상태로 영상이 남아 버리는 것이다. 예를 들면 청신호로 교차점에 진입했음에도 불구하고 사고에 조우했을 경우 통상 충돌 시 촬영된 드라이브 레코더의 영상을 증거로 하여 제출할 수 있을 것이다. 그러나 충돌 사태가 일어나면 그 영상 중에서 신호는 점등하고 있지 않기 때문에 증거로 이용할 수 없을 가능성이 있다.

두 번째의 문제점은 한랭지의 겨울철에 자주 발생한다. LED 신호기는 발열이 적은 것도 특징의 하나이다. 그러나 눈보라 등으로 신호기에 눈이 부착되면 그 눈을 녹일 수 없기 때문에 신호등의 표시를 확인할 수 없게 되는 경우가 있다. 이 경우, 운전기사가 적신호를 인식하지 못하고 교차점에 진입해 버릴 가능성이 있으므로 교통사고가 발생하기 쉬워 한랭지의 겨울철은 신호기의 표시에 주의를 기울이지 않으면 생각하지 않는 사고를 만날 수 있다.

세 번째의 문제는, LED 신호기의 저 역률(低力率)에 원인이 있다. AC전압을 정류한 후 전원 전압이 DC90V를 웃돌지 않으면 LED 신호기는 점등하지 않는다. 즉 DC90V 이하 저전압의 타이밍에서 LED 신호기는 소등하고 있으므로 그 사이는 무효 전력을 발생시키고 있다.

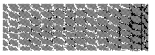
시판하는 LED 라이트의 사례를 살펴보면 형광등 대신에 이용할 수 있는 160등의 LED 라이트를 분해하면 모자형의 LED 소자를 직렬로 40개 접속한 LED 스트링을 4계통 이용하고 있어 각각의 계통이 전원 회로에 접속되고 있었다.

<그림 1>은 이 전원 회로의 회로도로서 우선 입력부에 있는 콘덴서 C1로 LED의 전류를 조정하고 있다. 다음에 다이오드 브리지(diode bridge)에서 AC100V를 정류하고 나서 LED 스트링에 직류 전류를 흘리고 있다. LED 스트링에는 40개의 LED 소자가 직렬로 접속되어 있으므로 각 LED의 순서 전압(VF)을 3V로 하면 LED를 점등시키려면 DC120V 이상의 전압이 필요하게 된

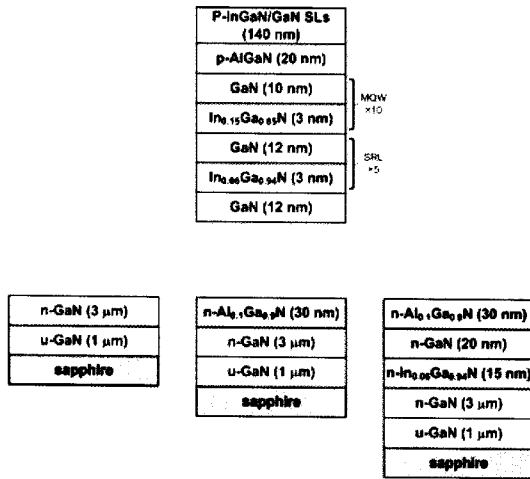
다. 한편 각 LED에 인가되는 전압이 2.5V 이하가 되면 LED는 발광하지 않게 된다. 즉 LED 스트링은 인가전압이 DC100V 이하가 되면 소등하게 된다. 이것은 정류 전압이 DC100V 이하가 되어 있을 때는 전류가 소비되고 있지 않기 때문에 무효 전력이 발생하고 있는 것을 의미하므로 전원 회로의 역률은 상당히 낮다고 할 수 있다. 또한 소등하고 있는 시간이 길기 때문에 조명으로서의 깜박거림이 크고 건강 피해를 일으키기 쉽다는 보고도 있다. 이것은 상용 전원을 전파 정류하여 LED 소자를 점등시킬 때의 점등 주파수가 100 Hz 또는 120 Hz가 되기 때문이다. 역률을 향상시켜 깜박거림의 영향을 없애기 위해서 PFC(power factor collection, 역률 개선) 회로를 조립하는 제품도 시판되고 있다. 단 PFC 회로를 이용하더라도 부수적인 문제점이 발생한다. 우선 전력 효율이 나빠지고 다음에 AC100V를 정류하고 나서 업 컨버터(up-converter)하므로 DC200V 정도의 전원이 내장되게 된다. 이러한 고전압의 회로를 기기에 내장하는 것은 기기의 안전성 저하로 연결된다. 물론 전원 회로에는 고내압의 콘덴서를 이용할 필요가 있다. 그리고 LED의 장수명성이 전원의 수명에 의해서 손상되어 버려 비용 증가되는 것도 확실하다. 또한 LED 전구는 소형이기 때문에 내부에 PFC 회로를 조립하기 어려운 점이 있다.

LED 조명이 저 역률인 점, 이로 인해 무효 전력이 발생하는 리스크가 있는 것은 환경면에서 보면 마이너스의 재료가 된다. 향후 LED 조명의 시장 도입이 더욱 더 확대될 것이 분명하다. 따라서 LED 조명에 기인하는 무효 전력의 증대는 향후 큰 사회 문제가 될 가능성이 있다.

(ednjapan.cancor-j.com)

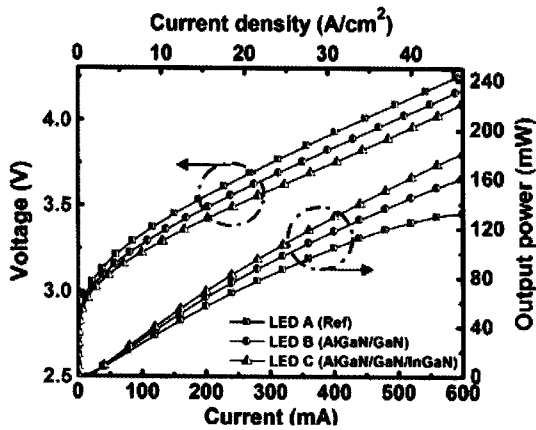


높은 질화물 LED 광출력을 위한 전류 스프레딩



〈그림 1〉 LED의 총 구조들

대만 국립 중앙 대학 연구원들은 전류 스프레딩을 개선하기 위해 질화물 발광 소자의 n-형 영역 내 2차원 전자 가스 (2DEG) 을 이용했다 [Hsueh-Hsing Liu et al, IEEE Electron Device Letters, published online 30 August 2011]. 이 결과로 낮은 순방향 전압, 높은 광출력과 월-플러그(wall-plug) 효율이 나타났다.



〈그림 2〉 CW 작동 하에서 LED A, B, C의 광출력과 순방향 전압들. n-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N/GaN/In<sub>0.06</sub>Ga<sub>0.94</sub>N 전류 스프레딩 층을 가진 LED C는 LED A와 B에 비해 최고의 광출력과 최저의 순방향 전압을 보인다.

이 소자 구조는 금속-유기 화학 증착법 (MOCVD)를 이용하여 c-면 사파이어 상에 성장되었다. 이 소자들은 n-GaN 버퍼 (buffer) 층과 액티브 (active) 와 p-접촉 층들의 이후 층 사이에 삽입된 층들을 가진다는 것이 차이가 있다. 이 층은 5 주기 변형 감소 층 (SRL), p-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N 전자 차단 층 (EBL), 변조 도핑

된 p-GaN/InGaN 수퍼격자 (superlattice) p-접촉을 가진다. p-형 도핑은 마그네슘을 이용했다.

에피택셜 (epitaxial) 구조들은 p-접촉 상에 인듐 주석 산화물 (ITO) 합금 투명 전도 층을 가진 1mm x 1mm LED로 제조되었다.

세 개의 LED n-층 전류 스프레딩 삽입층들이 없는 것 (LED A), 하나의 n-AlGaIn 층 (LED B), n-InGaIn, n-GaN, n-AlGaIn로 구성된 3 층들 (LED C)였다. 추가 층들은 LED 구조를 통해 측면 전류 스프레딩을 향상시키기 위해 디자인되었다. 이후 LED 구조들이 없이 에피택셜 구조들 상에 투과 선 방법 (TLM) 측정 은 50Ω/square (A), 20Ω/square (B), 10Ω/square (C)의 LED n-형 기저들의 면 저항들을 보였다.

구조 B와 C의 전도성 증가는 개별 물질들 사이 분극장 차이에 의해 n-AlGaIn/n-GaN와 n-GaN/n-InGaIn 계면들에서 2DEG의 형성 때문이다. 이런 2DEG는 질화물 고전자 이동성 트랜지스터 (HEMT)에 사용된다.

LED B는 자발 분극에 의해 하나의 2DEG를 가지고 LED C는 n-AlGaIn/n-GaN에서 자발 분극과 n-GaN/n-InGaIn에서 변형 의존 압전 분극을 모두 가진다. 시뮬레이션은 TLM 결과들과 일치하는 AlGaIn/GaN 2DEG는 ~2x10<sup>19</sup>/cm<sup>2</sup>의 전하 밀도를, GaN/InGaIn 2DEG는 ~4x10<sup>19</sup>/cm<sup>2</sup>를 가진다고 계산되었다. 이 시뮬레이션은 액티브 발광 층들 내로 전자 주입에 대해 증가된 장벽이 되는 n-형 층들 내 AlGaIn을 삽입하는 단점을 보여 주었다. 사실, 350mA에서 소자의 순방향 전압은 액티브 영역 하에서 더 나은 전류 스프레딩에 의해 LED B와 C에서 줄어드는 것을 실험적으로 발견했다. 여기서 일반소자인 LED A는 3.84V, LED B는 3.76V, LED C는 3.67V였다.

350mA 주입 전류에서 이 소자들의 광출력은 각각 LED A-C의 경우, 109mW, 118mW, 129mW였다. C의 광출력은 A에 비해 18% 이상 증가했다. 월-플러그 효율의 증가는 C에서 더 낮은 접합 온도를 가지고 22%였다. 세 소자들에 걸쳐 광 방출의 변화는 각각 LED A-C의 경우, 32%, 24%, 21%였다.

연구원들은 헤테로 구조 전류 스프레딩 구조의 두께, 도핑 수준, 다중 층들의 최적화로 소자의 성능이 개선될 것으로 믿고 있다. (www.semiconductor-today.com)

# Optical Sources & Optoelectronics Devices

## 광원 및 광전소자

급격한 축소 후 안정적으로 성장할 것으로 보이는 유럽 PV 시장



IHS Emerging Energy Research의 새로운 연구에 따르면 유럽의 태양광발전(Photovoltaic, PV) 시장은 몇 년간의 폭발적 성장 후 급격한 위축을 겪는 것으로 나타났다. IHS의 연구팀은 신규 PV 시스템의 연간 건설이 2011년에는 15GW의 절반 이하로 떨어질 것으로 보았다. 이러한 하락은 발전차액지원제도(Feed-in Tariff, FIT) 인센티브 감소와 유럽 전역에 걸쳐 국내 소비를 억제하고 수출을 증대하려는 내핍 프로그램(Austerity Program)에 따른 장기적인 PV 정책의 재편성에 의한 것으로 보고 있다. 보고서는 PV 성장을 선도하는 단 몇 개의 국가에 의존하는 유럽이 이러한 변화에 대한 시장 민감도가 두드러진다고 평가하였다. 독일은 유럽 PV 설비용량의 58%를 차지하고 있어 장기적 PV 성장의 주요 엔진인 것으로 나타났다. 그러나 분석가들은 2011년에 미미하게나마 이탈리아에 선두 국가의 자리를 내어 줄 것이라 보고 있다. 이탈리아는 빠른 정책 변화로 인해 8 GW의 PV 설비용량을 추가할 준비가 되어 있다. 이들 경쟁자가 없는 두 개의 시장 외에도 다수의 국가들이 매년 200MW 이상의 PV 성장을 경험하고 있다고 덧붙였다. 그러나 보고서는 유럽의 위축 및 재편성 과정을 통해 PV 시장이 보다 안정적이면서 장기적인 성장을 이룰 것이라 결론내렸다.

IHS 분석가들은 PV 시스템 비용이 유럽 전역에 걸쳐 크게 상

이하라는 점을 발견하였다. 그러나 분석가들은 시장이 성숙되고 있기 때문에 비용이 어느 한 곳으로 수렴할 것으로 보고 있다. 보고서는 “지금까지 가장 효율적인 시장은 독일이다. 가치사슬(Value Chain)을 추구하는 주요 회사들은 기대했던 프로젝트 수익에 가격을 조절하기 때문에 비용의 변화는 주로 인센티브에 크게 영향을 받는다. 인센티브는 감소하고 다운스트림(Downstream)의 기업들은 효율을 증대하려고 하기 때문에 시스템 비용은 지속적으로 하락하고 있다.” 라고 분석하였다.

2011년에는 특히 유틸리티 규모의 분야들에서 국가간 비용이 수렴하는 현상이 발생하고 있다. 지상형(Ground-based) PV 시스템이 유럽에서 kW당 평균 2.31 유로의 비용이 필요한 것으로 나타났다. 지붕형(Rooftop) 상업 PV 시스템 비용은 지상형 시스템보다 높은 W당 0.43 유로로 지난 2009년의 W당 0.74 유로에서 41%가 감소한 것으로 나타났다. 보고서는 규제동향이 가까운 시간내에 가격이 하락할 것으로 예상되는 지붕형 및 건물 일체형(Building-integrated, BIPV) 시스템으로 이동하고 있다고 밝혔다. 가격 하락의 주된 요인은 시스템 가격의 약 50%를 차지하고 있는 모듈 비용의 혁신 때문이다. PV 산업이 끊임없이 비용을 줄이고 규모의 경제성(Economies of Scale)을 수립하고 있기 때문에 낮은 인센티브에도 PV의 유럽시장 진입은 계속될 것이라 예상된다.

지붕형 PV 시스템은 이탈리아가 현재 지상형 PV 시스템에 대부분을 집중하고 있기 때문에 총 설비도입량이 2009년 80%에서 2011년 60%로 줄어들었다. 향후에는 점유율이 회복하여 약 90% 선에서 안정화될 것으로 기대된다. 이러한 지붕형 PV 설비를 선도하는 유럽의 11개 국가는 규제를 통해 지붕형 시스템의 전략적 배치에 힘을 가하고 있다. 보고서는 “규제당국들이 유럽 전역의 인센티브를 삭감할 때 지붕형 PV 시스템에 대한 과세는 지상형 시스템보다 훨씬 적게 축소하고 있다. 이러한 움직임은 PV 시스템이 지붕형 및 분산전원(Distributed Generation) 분야에 장기적으로 적용하기에 적합하다는 정부의 신념을 반영하는 것이다.” 라고 설명하였다.

(www.energias-renovables.com)

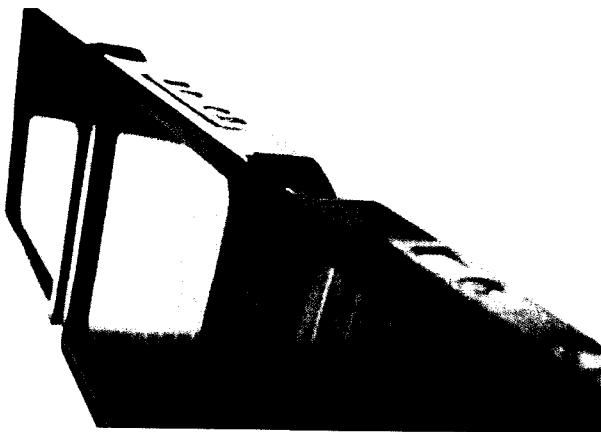


# ISSUE

## 광원 및 광전소자 신기술, 신제품

### 혁신적인 유기 태양 전지

유기 태양 전지는 현재의 실리콘 기반 태양 전지에 비해 저비용 박막 공정이 가능한 기술로써, 저온에서 빠른 공정이 가능하기 때문에 유망한 이머징 테크놀로지로 알려져 있다. 특히, Inverted architectures는 유기 태양 전지의 수명을 연장할 수 있다. 벨기에 IMEC의 연구진은 독일 함부르크에서 열린 European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition (PVSEC) 에서 혁신적인 Inverted stack 구조의 유기 고분자 기반 단일접합 태양 전지를 개발하고, 6.9%의 효율을 기록했다. 또한 25 cm<sup>2</sup>의 대면적 위에 모듈을 구성하여, 5%의 효율을 달성했다. 이번 연구는 Plextronics, Inc.사의 고분자 물질 그리고 SOLVAY사와 공동으로 진행됐다.



〈그림〉10개의 소자로 구성된 유기 태양 전지 모듈로, 유리 기판 위에 스프인 코팅을 통해 공정이 진행됐다.

이번에 개발된 역 구조의 벌크 헤테로접합 구조의 유기 태양 전지는 기존에 비해 최소 0.5% 이상 향상된 효율을 지닌다. 활성층(active layer) 내에 빛을 최대로 활용하기 위해 버퍼층을 추가했다. 플러렌 유도체와 함께 Plextronics 사의 low band-gap 고분자 물질을 적용함으로써, 안정하고 효율적인 전력 변환 효율을 기록할 수 있었다. 이는 고분자를 이용한 Inverted 구조 유기 태양 전지 중 최고 효율을 경신할 것이다. 또한 다른 고분자 물

질을 이용한 경우에도 높은 효율을 기록함으로써, 고안된 소자의 디자인이 매우 안정적임을 알 수 있었다.

IMEC의 유기 태양광 팀을 이끌고 있는 Tom Aernouts 박사는 앞으로 다른 파장의 빛을 흡수하는 여러 고분자 층을 포함한 다중접합 구조와 같이, 소자의 구조 및 물질을 계속해서 최적화함으로써 더 높은 효율을 기대하고 있다고 밝혔다. 그리고 2~3년 내에 10%의 효율 및 10년 이상의 수명을 갖는 유기 태양 전지를 개발할 수 있을 것이라고 전망했다.

Plextronics사의 CEO인 Andy Hannah는 IMEC 및 Solvay와 같이 공동 연구를 진행함으로써, OPV 기술 발전에 자사의 고분자 물질을 활용하게 되어 영광이라고 밝혔다.

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