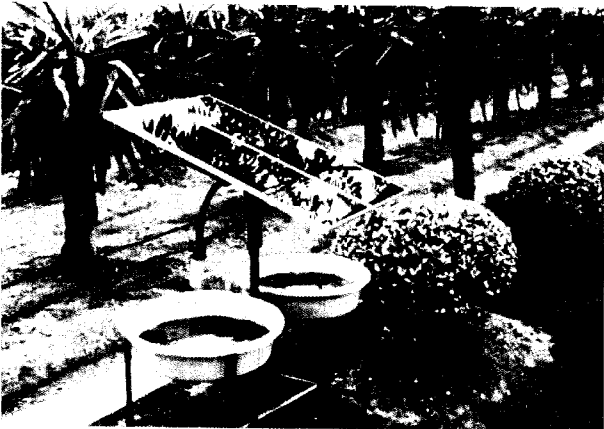


Photonics Convergence 광융복합

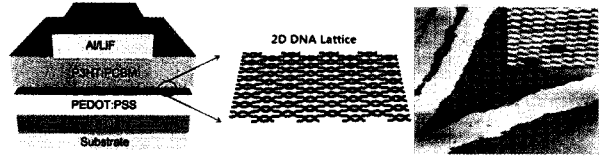
태양광을 활용한 농업용 해충퇴치 기술



녹색성장의 기반인 친환경 유기농 제품개발 및 관련 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 특히 산업적으로 활용할 수 있는 화학물질 제로인 농업용 해충 퇴치 기술이 나와 관심을 끈다. 본 기술은 특수램프와 태양광 패널로 이루어져 있다. 태양광 패널을 이용하여 낮 동안에 전기를 충전하고 밤이 되면 광 센서와 타이머 시스템을 통해 자동적으로 특수 램프를 밝히는 전력으로 사용된다. 먼저, 특수램프를 통해 해충을 유인한 뒤, 벌레가 램프의 6에서 12인치 정도로 가까이 오면 361-368 나노미터 광주파수를 통해 벌레를 혼란시킨다. 그 다음 램프 아래의 물이 채워진 통으로 스스로 빠지게 하여 해충을 죽이는 원리이다. 대체로 2개 램프와 한 개의 태양광 패널이 하나의 유닛으로 판매가 되며 가격은 유닛당 1,000에서 1,200달러이다. 사이즈에 따라 다르겠지만 한 개의 유닛이 커버할 수 있는 농경지의 크기는 3000-6000m²로 7-10년간 교환없이 사용할 수 있다. 실제로 60에이커(약 242800m²) 크기의 블루베리 경작지인 Emery's Berry Patch에서 본 기술을 적용하였을 때 애벌레와 해충의 피해를 90% 정도 낮췄다고 한다. AgriSolar solutions inc.는 중국에 발판을 둔 기업으로 미국 콜로라도 덴버지역에 위치하여 제품 개발, 생산, 판매까지 전 과정을 운영하고 있다. 벌써 4만개 정도의 유닛이 중국의 지방의 농장에 설치가 되어있고, 유일하게 중국 농촌관리국의 승인과 보조

금을 받아 운영되었다. AgriSolar사의 CEO인 Liang Chao Wei은 최근 큰 성장과 함께 공격적인 유럽시장공략을 밝혔다. 이는 유럽의회에서 발의중인 시작된 인체에 유해한 화학살충제 사용을 줄이는 법안발의를 배경으로 유럽에서 화학물질 제로의 태양광 기반 해충퇴치 기술시장이 성장할 것이라고 기대되기 때문이다. (www.physorg.com)

2차원 DNA 격자 임플란트를 이용한 폴리머 태양전지



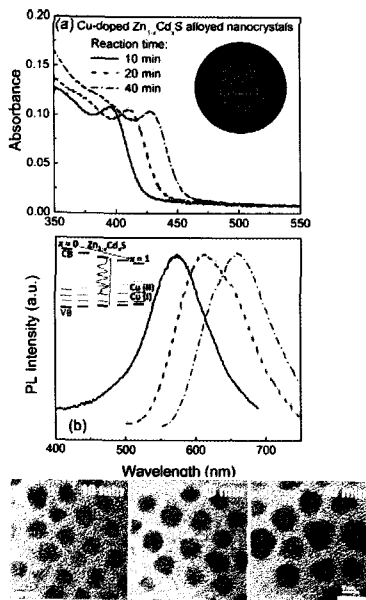
구조적인 DNA 나노기술은 소자 제조자들에 의해 구성요소들로서 향후 이용될 수 있는 나노미터 크기 정밀도를 가지고 수많은 인공 자기 조립 배열을 만들 수 있다. 과학자들은 기능성 물질과 분자들을 가지고 꾸며진 프로그램이 가능한 기본 연속체들을 이용하고 구별되는 주기성을 가진 다양한 기하학적 모양을 가진 수 많은 DNA 나노 구조물들을 만들었다. 구조적인 DNA 나노기술은 완벽하게 모든 차원에서 어드레스(address)할 수 있는 나노 구조들이 조립될 수 있는 단계로 성숙되었다. 한국의 연구원들은 태양전지에서 이 기술을 이용했다. 이 연구팀은 초기 DNA 격자 구조를 회복시키기 위해 건식-습식 방법을 이용했다. 이후, 유기 층 상에 안전하게 2D 이중 교차 타일 기반 배열을 증착했다. 이 DNA 격자는 전력 전환 효율이 10.2%까지 증가시키는 원인인 폴리머 태양 전지 내 전자 차단 층으로써 이용됐다. 이 인공 2D DNA 차단 층이 포함된 태양 전지는 일반적인 디자인을 가지고 비교했을 때 확연한 향상을 보였다. 그 결과는 인공 DNA 나노구조가 다양한 에너지 관련 혹은 포토닉 응용들을 위해 매우 매력적인 특이한 물리 특성을 가지고 있다는 것을 분명히 보여주고 있다. (nanotechweb.org)

Photonics Convergence 광융복합

나노결정을 이용하여 색을 튜닝할 수 있는 LED

발광 다이오드 내에 구리가 도핑된 반도체 특성의 나노결정에 대한 연구로서, 이들 발광다이오드는 색상을 튜닝할 수 있는 것으로 관찰됐다. 구리가 도핑된 ZnS 나노결정과 Zn(1-x)Cd(x)S 호스트에서 광에 의한 발광 현상 (PL-Photoluminescence)이 나타나고, 전이는 호스트의 가장자리에서 구리이온의 3d 레벨에 이른다. 나노결정의 PL과 LEDs의 EL은 Cd의 함량에 따라 호스트의 전도대 가장자리를 변화시켜 색을 튜닝할 수 있다.

[소자 공정]

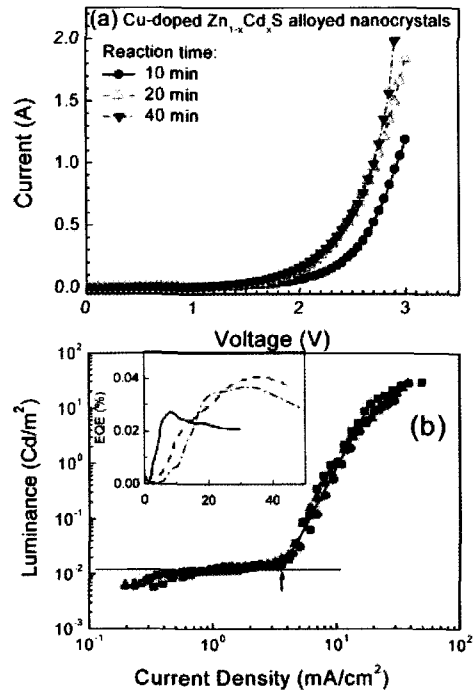


소자들은 ITO가 코팅된 유리 기판위에 공정되었다. 먼저 PEDOT:PSS와 정공 전달 TPD가 순서대로 스핀 코팅되었다. 나노입자들의 솔루션은 toluene (30mg/ml)과 함께 2500rpm의 속도로 스핀 코팅되었다. 박막은 150도에서 30분간 건조된 후, 전극을 위해 알루미늄이 열증발법으로 증착되었다. 그림 1(a)는 Cu:ZnS/Zn(1-x)Cd(x)S 나노입자들의 광학 흡수 스펙트라를 보여준다.

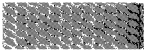
셀 레이어의 화학 구성비가 변화함에 따른 흡수 스펙트라의 변화를 관찰할 수 있다. 반응 속도를 증가시키기 위해, 흡수 밴드는 더 파장이 긴 방향으로 이동되는데, 이는 Zn(1-x)Cd(x)S의 밴드갭이 Cd이 증가함에 따라 줄어들기 때문이다. 코어와 셸에 Zn 나노입자가 모두 들어있기 때문에, 셸의 두께

를 측정하는 것은 불가능하기 때문에 연구진은 x-ray 에너지 분산을 분석하여 셸 내의 Cd의 양을 아는것을 목표로 하지는 않았다. 반응 시간에 따른 Cd의 함유량을 다름에 근거하여 샘플이 제작되었으며, 그림 1(b)는 스핀 코팅된 솔루션내 나노입자들의 PL 방사 특성을 보여준다. Zn(1-x)Cd(x)S 셸 레이어 내에 Cd의 양이 증가함에 따라, PL 방사가 붉은색 방향으로 이동됨을 알수 있다. 이 이동은 나노결정의 전도대 가장자리가 낮아짐에 의한 것이며, 따라서 PL 방사의 에너지가 줄어들었기 때문으로 분석된다.

[측정 결과]

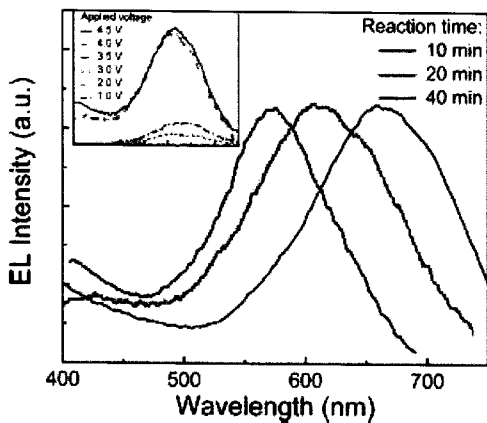


이 나노결정들의 PL 방사는 호스트의 전도대로부터 다른 구리 상태로의 전이 때문에 나타난다. 여기는 초기에 Zn(1-x)Cd(x)S 나노결정내에 형성된다. 비방사 전이 (non-radiative transition)



Photonics Convergence 광융복합

는 구리의 d-상태로부터 나노결정의 전자대 (valence band) 로 발생하고, 방사 전이는 Zn(1-x)Cd(x)S의 전도대로부터 구리의 d-상태로 PL 방사를 만들어 낸다. 호스트의 전자대 가장자리 위에 구리 상태가 존재하므로, PL 방사는 흡수 밴드 가장자리보다 훨씬 작은 에너지를 갖는다. 그림 1에서 볼 수 있는 TEM 이미지처럼, 좁은 입자 크기 분포에도 불구하고 PL은 120nm 의 FWHM (Full Width Half Maximum)의 꽤 넓은 방사 특성을 갖는다. Zn(1-x)Cd(x)S의 PL 특성은 14-18nm의 FWHM의 상대적으로 매우 좁은 것으로 나타났다. Cu:ZnS/Zn(1-x)Cd(x)S 나노입자내의 PL 방사의 폭은 예상값보다 넓은 것으로 나타났고 이는 나노입자 지름의 분포에 의한 것으로 분석된다. 그림 1(b)의 내부그림에서 보듯이, Cu(II)의 다른 d-orbitals이 넓은 PL 방사특성의 원인이 될 수 있다.

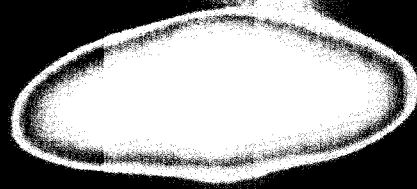


다른 Cu:ZnS/Zn(1-x)Cd(x)S 나노결정에 기초하여 만들어진 소자의 특성을 비교하였다. 반응시간에 따라 Cd의 함량이 다른것에 기초하여 만들어진 소자의 전류-전압, 발광-전류 특성이 그림 2에 나타나있다. 반응시간이 길어질수록, Cd의 함량이 늘어남에 따라 소자는 더 높은 전류값을 갖는것으로 관찰됐다. 이는 Cd이 증가할수록 ZnS 박막의 전도성이 증가하기 때문인 것으로 분석된다. 그림 2(b)는 모든 소자가 LEDs와 같은 특성을 보이는 것을 나타낸다. 이 소자들의 발광-전류 특성은 Cd의 함량

에 따라 변화하지 않는것으로 나타났으며, 발광특성은 전류와 함께 선형적으로 증가하여 발광이 알루미늄과 ITO를 통한 전자와 정공의 주입에 의한 것임을 알 수 있다. 소자의 외부 양자 효율 (EQE-External Quantum Efficiency)은 그림 2(b)의 내부그림을 통해 알 수 있는데, 35 mA/cm2에서 약 0.04 %에 이르는 것으로 관찰됐다. EQE는 전류와 함께 증가하고 높은 전류에서는 EQE가 감소하는 경향을 보여, 소자에 열이 발생하는 것을 의미한다고 분석했다.

EL (Electroluminescence-전장발광) 특성은 Cd의 함유량에 따라 변화하는 것으로 드러났다 (그림 3). 각 소자의 밴드 위치는 나노입자의 PL과 일치한다. 그림 3은 Cu:ZnS/Zn(1-x)Cd(x)S 나노결정에 기초한 LEDs의 EL 스펙트럼이 Cd의 유량을 조절하여 튜닝될 수 있음을 보여준다. 또한 인가 전압에 따라 EL 스펙트럼이 변화하는 것을 관찰하였다. 그림 3의 내부그림이 이를 보여주고 있는데, EL의 세기는 인가 전압이 증가할수록 증가하는 것으로 보이며, 높은 전류에서 포화되는 특성은 소자내에 공간 전하가 증가하거나 열에 의한 것으로 분석된다. 스펙트럼의 프로파일이 인가 전압의 세기에 따라 변화하지는 않았다. 이는 나노입자내에 형성된 여기자들이 형성됨을 의미한다. EL의 세기가 전압의 세기와 같이 증가하는 것은 더 많은 여기자가 형성됨에 의해 전자와 정공 주입이 증가하였기 때문이다.

(apl.aip.org)



ISSUE

광융복합 신기술, 신제품

고통없이 혈당을 측정하는 레이저

당뇨병 환자의 포도당 수준을 비침습적으로 측정할 수 있는 가능성을 보여준 신기술이 발표되었다.

혈당을 측정하는 친절한 새 기술은 주사바늘 대신 한 쌍의 레이저 빔을 사용한다. 이 장치는 당뇨병 환자들이 손가락을 찌르는 고통 없이도 자신의 포도당 수준을 측정할 수 있는 기회를 제공할 수 있을 것이다. 이 장치를 만든 물리학자들은 언젠가는 이 장치가 병원에서 환자들을 지속적으로 관찰하는데 이용되거나 가정용으로 소형화될 것으로 기대하고 있다. 그러나 그보다 먼저, 연구진은 이 방식이 설탕물에서만 효과가 있는 것이 아니라 실제 사람에 대해서도 효과가 있다는 것을 증명해야 할 것이다. 이전의 많은 노력들은 인체 시험에서 좌절되었기 때문이다.

“포도당을 측정하는 비침습적인 수단을 갖는다는 것은 우리 학계에 있어서 성배가 된지 오래다.” 라고 토론토대(University of Toronto) 응용물리학자인 안드레아스 만델리스(Andreas Mandelis)는 말했다. 그는 동료들과 함께 이 기술을 ‘Physical Review E’에 발표했다. 적어도 20년 동안, 과학자들은 근적외선 광 빔을 이용하여 인체 내부의 포도당 수준을 측정하려고 애써왔다. 설탕 분자 내부의 화학결합은 빛에 쪼였을 때 진동하면서 에너지를 흡수한다. 이러한 흡수량을 측정하면 인체 내부의 포도당 농도에 관한 정보를 얻을 수 있다. 그러나 포도당의 이러한 지문은 쉽게 오염된다. 혈액 속의 다른 부유물들 또한 근적외선을 흡수할 수 있으며 해결하기 힘든 혼란스러움을 만들어낸다.

좀 더 명확한 특징을 찾기 위해서 몇몇 연구자들은 약간 더 긴 파장으로 눈을 돌렸다. 중적외선 빛은 포도당에는 흡수되지만 혈액 속의 다른 분자들에게는 흡수되지 않는다. 그러나 한 가지 큰 예외가 있다. 그것은 바로 인체의 대부분을 구성하고 있는 물로서, 중적외선 빛을 압도적으로 빨아들인다. 이러한 배경잡음을 제거하기 위해서, 만델리스 팀은 서로 약간 다른 파장으로 조

절된 2개의 중적외선 광 빔들을 이용했다. 한 빔은 물과 포도당에 모두 흡수되지만, 나머지 하나는 물에서만 흡수된다. 두 빔으로 용해 포도당을 때리면, 물 흡수분이 서로 상쇄되고 당만을 돋보이게 하는 측정가능한 열이 발생된다.

물에 용해된 당과 사람의 혈청에 대해 이 기술을 시험한 결과, 소량의 포도당에 대해서도 민감하다는 것이 증명되었다. 그러나 만델리스 자신을 포함한 다른 연구자들은 이 기술이 상용화되기까지는 가야할 길이 멀다고 생각한다. “전체 혈액 시료와 물리적인 조직 모형, 그리고 중요한 인체에서의 성능은 여전히 증명되어야 할 과제다.” 라고 MIT에서 비침습 포도당 시험 시스템을 개발하고 있는 분석화학자인 아이산 바르만(Ishan Barman)은 말했다. 인체 시험을 수행하기 위해 토론토병원과 협력하고 있다고 만델리스는 말했다.

이 기술의 광범위한 이용을 막고 있는 또 다른 장애물은 세밀하게 조절된 쌍둥이 광 빔을 만드는데 필요한 정교한 레이저들이 될지도 모른다. “이 장비는 매우 복잡하다. 당뇨병 환자가 구매해서 자신의 집에서 일상적으로 검사할 수 있는 더 간단한 시스템이 개발될 수 있을지 궁금하다.” 라고 이탈리아국립연구위원회 생의학연구소(Institute of Biomedical Engineering) 소속 생의학자인 안드레아 투라(Andrea Tura)는 말했다.

(www.sciencenews.org)

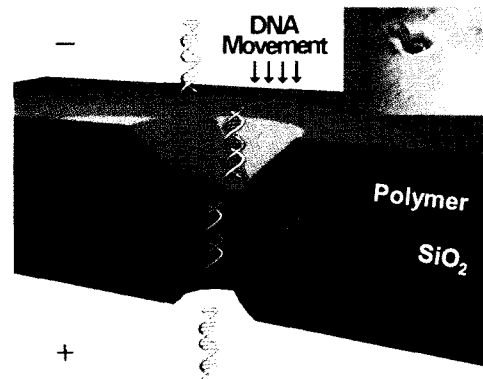
플라즈마 반응기를 이용한 나노기공 바이오센서

고체 상태의 나노기공은 단일 분자 감지를 위한 최첨단 바이오센서 소재로 많은 주목을 받고 있다. 또한 차세대 DNA 염기서열 분석을 위한 최신 소재로 많이 연구되고 있다. 이러한 기술에서는 나노기공을 더욱 얇고 좁게 만들어 DNA 서열을 더욱 효과적으로 분석하는 것이 중요하다. 이번에 텍사스대학(University of Texas)의 한 연구팀이 나노기공의 크기를 정밀하게 조절하는 방법과 기공 벽의 전하를 조절하는 새로운 방법을 개발하는 데 성공했다.



〈그림〉 Iqbal 교수 연구팀

연구팀은 펄스가 가해진 플라즈마를 통해서 폴리머 필름을 형성하는 데 성공했다. 이를 통해서 폴리머 박막 기공의 생화학적인 거동뿐만 아니라 그 크기를 결정할 수 있게 되었다. 연구팀은 플라즈마를 이용해 나노 기공의 전하를 조절하는 새로운 방법을 개발했다.



〈그림〉 나노 기공을 정밀하게 조절할 수 있는 폴리머 필름의 개략도

“우리는 새로운 플라즈마 반응기를 만들었다. 이를 통해서 메타크릴산(methacrylic acid) 단량체를 PPPF 박막 위에 형성하는데 성공했다.” 고 텍사스 대학의 전자공학과 교수인 Samir Iqbal 박사는 말했다. 또한 그는 “우리는 이번 기술을 통해서 폴리머 기공 벽에 특정한 전하를 공급할 수 있으며 어떠한 단량체도 증착할 수 있게 되었다.” 고 말했다.

기공 벽의 화학적인 조성은 DNA의 투과 속도와 다른 분자들의 조절하는 데에 매우 중요한 역할을 한다. 이번 기술은 폴리머 필름의 지름을 줄여서 증착하는 데 사용될 수 있다. 구조의 표면 화학적인 성질을 개조하는 데에도 응용될 수 있다. 이를 통해 구조체를 친수성이나, 소수성으로 만들거나 음전하를 띠거나 양전하를 띠게 할 수 있다.

플라즈마 온/오프 비율을 통해서 폴리머의 교차 결합수를 조절하거나 기능성 그룹의 표면 밀도를 조절할 수 있다. 이번의 새로운 폴리머 증착 기술은 바이오센서 분야에 큰 활력을 불어 넣을 수 있을 것으로 기대된다.

(nanotechweb.org)