

# Photonics Convergence

## 반도체 나노와이어를 이용한 자가 화학 감지

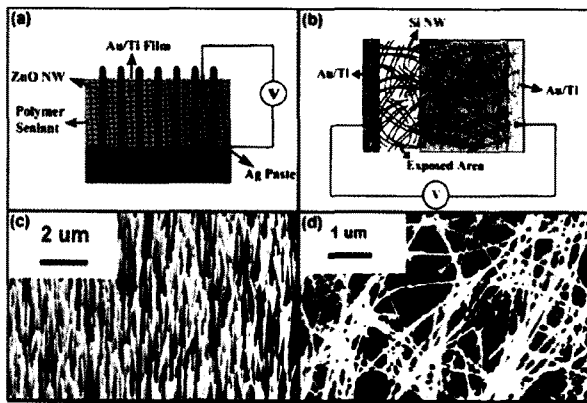


Figure 1. Schematics of chemical sensor design using (a) vertically- or (b) randomly-aligned nanowire platforms, respectively. Scanning electron micrographs of (c) as-grown ZnO nanowires, and (d) Si nanowires, respectively.

배터리가 없는, 즉 외부 전력원 없이 센싱할 수 있는 화학적 혹은 생물학적 감지는 아주 매력적인 분야이다. 이러한 배터리 없는 감지는 전기적으로나 광학적으로 모니터링되어야만 하는 캐패시턴스, 고유 저항/전도도와 같은 열역학 평형의 양들에 기초한 기체, 화학, 생물학 감지의 현존하는 센싱 기술들보다 우월한 장점들을 가질 수 있다. 반도체 나노 와이어 혹은 나노 튜브 기반 센서들은 큰 표면 대 부피 비율 때문에 초단파 감지의 제한을 설명하기에 잘 문서화되어 있다. 비교적 작은 전력 소모에도 불구하고, 이 센싱 플랫폼들은 작동을 위해 외부 전력원이 필요하다. 이는 나노 센서의 크기와 위치를 제한한다. 다시 말하면, 전력원들의 거시적인 크기는 나노 센서들의 크기를 훨씬 초과한다. 따라서, 이러한 나노 센서에 필요한 작은 전력은 주위 환경으로부터 얻어질 수 있다. 그러나, 이러한 목적을 위해 주변 환경의 에너지원의 특별한 타입들이 존재해야만 한다. 부가적으로, 에너지 나노 발전기의 제조는 어렵고, 대부분의 경우에 비싸며, 나노 센서 시스템에 통합하기에 부피가 크다는 단점을 가진다. 연구팀은 처음으로 일차원 반도체 나노 와이어를 사용한 배터리 없는 센서들을 제조하는데 성공하였다. 이 나노 센서들은 화학 물질들과 반도체 나노 와이어 표면들 사이의 상호 작용 메커니즘에서 유용하다. 여기서, 반도체 나노 와이어 표면들은 노출된 나노 와이어와 노출되지 않은 나노 와이어 사이 혹은 나노 와이어들의 양쪽 끝 사이의 전기 포텐셜을 감소시킨다. 또한, 연구팀은 에탄올 용매를 이용하여 서로 다른 두 가지 타입의 플랫폼을 가지는 배터리 없는 센서

들의 센싱 능력을 설명했다.

〈그림 1〉 (a)와 (b)는 개략적으로 서로 다른 두 가지 센싱 플랫폼들을 각각 보여준다. 〈그림 1〉 (a)에서 보여지는 첫번째 플랫폼은 수직으로 정렬된 단결정 ZnO 나노 와이어들(n형)로부터 제조된다. 그리고, 〈그림 1〉 (b)에서 보여지는 두번째 플랫폼은 무작위로 정렬된 보론이 도핑된 실리콘 나노 와이어들(p형)을 이용한다. 연구팀은 센싱하기에 좋은 물질인 ZnO와 Si 나노 와이어들을 사용했다. 〈그림 1〉 (a)의 첫번째 센싱 플랫폼에서 연구팀은 나노 와이어의 팁들을 화학 물질에 노출시키고, 나노 와이어들의 양쪽 끝을 따라 전기 포텐셜의 변화를 모니터링하였다. 그리고, 〈그림 1〉 (b)의 두번째 플랫폼에서 실리콘 나노 와이어 네트워크의 약 80%는 절연 접착제로 밀봉되었고, 나노 와이어의 나머지는 화학 물질에 노출되었다. 두번째 플랫폼에서 노출된 나노 와이어와 노출되지 않은 나노 와이어 사이의 포텐셜 차이가 모니터링 되었다.

Table 1. Representative chemicals tested on our nanodevices and their physical properties at 25 °C.<sup>31</sup> The generated voltages were measured on each of five different ZnO nanowire devices in ambient atmosphere. All the solvents (except water) listed here were acquired from SIGMA-ALDRICH, St. Louis, MO, USA.

Chemical name	Linear formula	Purity	Density (g/ml)	Dipole moment (D)	Open circuit voltage measured (mV)
Ethanol	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH	≥99.95%	0.789	1.69	-130-170
Hexane	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	≥99.0%	0.659	0	-0-3
Water	H <sub>2</sub> O	≥99.9%	1.000	1.85	-0-0.3
Acetone	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	≥99.9%	0.793	2.88	-190-270
Chloroform	CHCl <sub>3</sub>	≥99.8%	1.483	1.08	-28-37
D methyl sulfoxide	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SO	≥99.9%	1.100	3.96	-55-65

상에서 화학 물질에서의 ZnO 나노 센서의 유효성을 측정하기 위하여, 연구팀은 소자 표면 상에 적은 양( ~ 2.2μL)의 에탄올을 떨어뜨리고, 나노 와이어들의 양쪽 끝 사이의 전압 변화를 모니터링하였다. 약 170mV에서 피크 값을 가지는 전압이 가파르게 상승하는 것이 관찰되었다. 전기적 신호의 상승은 순간적이지만, 에탄올 용매가 증발되는 것처럼 제로 레벨까지 서서히 감소된다. 이러한 결과는 ZnO 나노 와이어로 만들어진 화학적 센서가 회복되는 것을 보여준다. 흥미롭게도, 나노 센서가 서로 다른 타입들의 용매 분자들에 각각 반응하는 것을 제한한 것과 같이, hexan 용매의 적은 양을 같은 소자의 표면 상에 떨어뜨렸을 때 적은 전압이 관찰되었다. 이러한 실험들은 〈테이블 1〉에서 보여지듯이 15가지 서로 다른 타입의 유기 용매 이상을 사용하여 측정되었다. 이 실험들은 제로 전압을 생성하는 hexan과 벤젠과 같은 무극성 용매들을 사용하여, 피크 전압의 크기가 만

감하게 쌍극자 모멘트와 테스트된 용매들의 표면 커버를 비례한다는 것을 제한한다. 이러한 특성은 나노 센서들이 화학 물질의 서로 다른 타입과 농도 레벨을 감지할 수 있게 한다.

\*그림 1. (a) 수직 정렬된 나노 와이어 플랫폼들을 사용하여 디자인된 화학 센서의 개략도

(b) 무작위로 정렬된 나노 와이어 플랫폼들을 사용하여 디자인된 화학 센서의 개략도.

\*테이블 1. 25 °C에서의 물리적인 특성들과 나노 소자 상에서 테스트된 대표적인 화학 물질들

(onlinelibrary.wiley.com)

## 바이오센싱에 새로운 진보를 보여주는 세계에서 가장 빠른 카메라

NPL(National Physical Laboratory)은 세계에서 가장 빠른 카메라인 메가프레임 이미저(Megaframe Imager)의 개발과 응용을 돕고 있다. NPL, ST마이크로일렉트로닉스, 에딘버그 대학 및 TU뮬프트로 구성된 유럽 컨소시엄은 백만 프레임의 획기적인 속도로 이미지를 기록할 수 있는 초고속 카메라인 메가프레임 이미저의 개발과 응용에 관여하고 있다.

### ▶ 보다 빠르고 보다 선명한 카메라

디지털 카메라에서 발견된 것처럼 고체 상태 광학센서가 소개된 이래 칩을 소형화하면서 해상도(픽셀의 수)를 향상시키는 것이 주요 추진방향이 되고 있다. 그러나 다른 요인은 칩이 주어진 시간에 기록할 수 있는 프레임의 수이다. 최근까지 빠른 카메라는 (일반적인 비디오가 필요로 하는 초당 34 프레임 이상을 잡을 수 있는 카메라) 과학 및 오락 분야에서 적절하게 사용되고 있다.

### ▶ 초고속 카메라

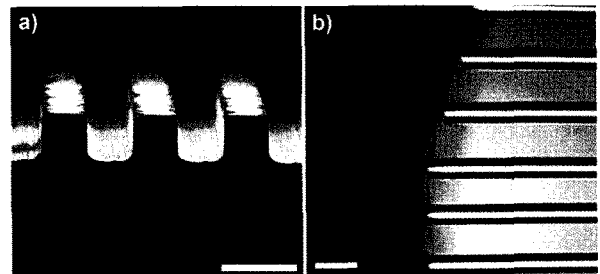
현재 비디오 보다 더 빠른 속도가 가능하며 따라서 이전에 생각할 수 없었던 새로운 응용분야가 나타나고 있다. 예를 들면, 세포 및 부세포 이미징, 신경 이미징, 바이오화학 센서, DNA/단백질 마이크로 배열 스캐닝, 자동 충돌 연구 및 고감도 천문 관찰 등이다. 메가프레

임 이미지는 매우 민감한 단일 양자 (single photon avalanche diode: SPAD) 장비 및 맞춤형 생산의 온-칩 지능(bespoke on-chip intelligence)을 사용하여 처음으로 바이오센싱에서 강력한 기술이 될 수 있는 잠재성을 보여주었다.

미국 광학회의 새로운 잡지인 Biomedical Optics Express에서 발표된 바와 같이 연구팀은 30초보다 짧은 포착시간에 바이오센싱 응용분야와 관련된 매우 낮은 목표 농도에서 형광 라이프타임 이미징을 사용하여 바이러스 DNA결합을 감지한 것을 증명하였다. DNA 마이크로 정렬은 바이오분자 감지를 위한 중요한 도구이다. 유전자 발현 프로파일링, 질병 스크리닝, 돌연변이 및 범죄수사 분석에서 널리 사용되는 DNA 마이크로 정렬은 미래 개인맞춤형 의학 및 보호 시험장비의 개발에서 많이 활용될 수 있다. 관련된 논문의 제목은 Fluorescence lifetime biosensing with DNA microarrays and a CMOS-SPAD imager이며 본 연구는 유럽연합의 EU 6차 프레임워크에서 지원되었다.

(www.npl.co.uk)

## 15nm 이하 광섬유 나노임프린트 리소그래피



나노 크기 제조의 진보는 플라즈모닉스(plasmonics)와 서브 파장(subwavelength)의 광학들과 같은 연구의 기초가 되는 작은 크기 현상을 확인할 수 있게 해준다. 광섬유 패시(facet) 상의 나노 구조들은 간접적으로 확인되고 생체 내와 생체 외에서 배치될 수 있는 소형화된 기관의 해택을 가진다. 그러나, 섬유 패시들의 제조는 작은 125마이크로미터 반경과 큰 가로 세로 비로 인해 힘들다. 현재까지 섬유 패시 패턴링의 실현들에는 제조 기술들로서 간접 리소그래피(IL), 전자빔 리소그래피(EBL), 초점된 이온 빔 리소그래피(FIB) 등이 이용되었다. 섬유 패시들로 EBL 나노 구조들의 이동이 25nm 모형

# Photonics Convergence

분리들을 성취하는데 연구되었다. 그러나 IL은 제한된 지형들만 생산할 수 있는 반면, EBL과 FIB는 대량 생산에 적합하지 않다.

이와는 반대로 나노 임프린트 리소그래피(NIL)는 저비용, 높은 생산량으로 대면적, 고 분해능 제조를 제공한다. NIL을 이용한 새로운 플랫폼들은 노광기(mask aligner), 롤투롤(roll-to-roll) 임프린팅, 광섬유 길이들과 광섬유 패시들(OFF-NIL)을 포함한다. 현재까지, OFF-NIL은 250nm, 630nm 크기들을 가진 주기적인 회절 모형들과 약 110nm 직경을 가진 표면 향상 라만 산란(SERS)를 위한 나노 로드들을 실현했다.

이 연구에서 광섬유 패시들의 임프린팅 배열들을 위한 크고 저비용, 쉽게 접근할 수 있는 플랫폼을 개발했다.

〈그림 1〉에서 광섬유들의 배열들은 U형 홈들의 배열들을 이용하여 만들어졌다. 너비와 깊이는 150nm로 정해졌고, 125마이크로 미터 광섬유 직경을 가지고 있다.

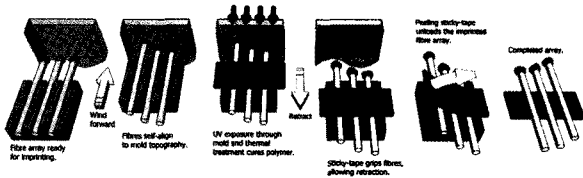
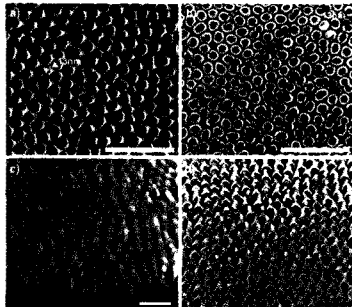


Figure 2. Process diagram illustrating the self-aligned, array-imprinting sequence against a non-planar, large-area mold.

두 개의 대면적 주형은 이 연구를 위해 이용되었다. 첫 번째는 평평하고 알루미늄 산화물(AAO)의 자기 조립된 나노 구조였다. 이 구조는 배열 임프린트 과정의 분해능을 만들기 위한 15nm 이하의 모형을 제조할 수 있게 해준다. 극히 얇은 PDMS 항접착(antiadhesion) 층은 이 주형을 위해 부가되었다. 두 번째 주형은 낮은 표면 에너지 엘라스토머(elastomer) h-PDMS 내로 매미 날개(platylomia radah) 상에 반사 방지 나노구조로부터 주조되었다. 이 날개의 비평면성은 자기 배열된 배열 임프린팅을 실현하는데 쓰였다. 매미 날개 나노 구조는 200nm 주기, 300nm 높이, 70nm 최고 너비를 갖는 2차원 기동 배열로 이루어졌다. 두 주형들은 가시광, 자외선에 투명하며 수 센티미터 표면적을 가진다.



두 가지 임프린팅 플랫폼은 각각의 주형들의 높은 정확성의 복제들을 제조하였다. 〈그림 3〉(a)에서 AAO 템플릿은 15nm 이하 모형 분리들을 가지는 〈그림 3〉(b)에서 AAO 임프린트들과 잘 조화됨을

볼 수 있다. 비슷하게 〈그림 3〉(c)에서 보인 매미 날개 템플릿은 (d)에서 패시 복제와 조화됨을 볼 수 있다. 이 정확성은 AAO 패턴들에 대해 10 섬유들의 전체 배열과 매미 패턴들에 대해 40 섬유들과 일치한다. 폴리머를 큐어링(curing)하는데 이용된 증가된 온도는 열적 수축이 복제된 패턴들 내에서 보일 수 있다. 이것은 두 패턴들 모두가 반무질서(semi-random)가 되기 때문에 확인하기가 어려웠다. 이 나노 구조 패시들의 응용성을 확인하기 위해 연구팀은 SERS 감지를 위해 나노 구조 상에 얇은 은 코팅을 하여 플라즈몬으로 활성화시켰다. 연구팀은 두 방향의 SERS 탐침들로 화학적인 검출을 하였다.

\*그림 1. (a) 잘려진 U형 홈들의 SEM 이미지

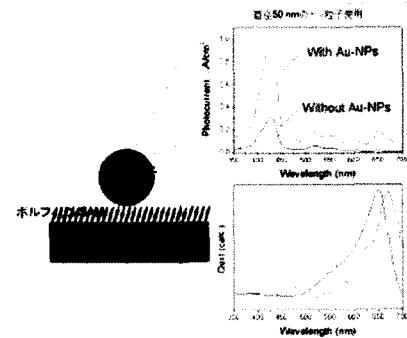
(b) 매미 주형에 대한 자기 배열된 섬유 배열의 사진

\*그림 2. 비평형, 대면적 주형에 대한 자기 정렬된 배열 임프린팅의 공정 개략도

\*그림 3. 섬유 패시 상 (a) AAP 주형, (b) 섬유 패시 상에 임프린트된 AAO 구조, (c) 매미 날개 템플릿, (d) 섬유 패시 상 SU8 복제의 SEM 이미지들

(onlinelibrary.wiley.com)

## 나노캡 광안테나에 의해 고효율화시킨 유기 초박막에 의한 광전변환



독립 행정 법인 물질재료연구기구 국제나노아키텍트닉스거점 연구그룹과 홋카이도대학 대학원 이학연구원 이케다 교수 연구그룹은 공

동으로 분자 일렉트로닉스에서의 이용이 기대되는 유기 초박막형 광전변환 분자소자에서 빛의 이용효율을 비약적으로 높이는 방법을 개발하였다. 본 연구에서는 광흡수, 전자전달이라는 필요한 기능을 가진 부분을 연결한 분자로부터 생성된 단분자 초박막을 원자수준에서

표면제어시킨 평활한 금 전극면과 금 나노입자로 곁친 나노캡형 광안테나를 도입하는 데 성공하였다. 그 결과, 광안테나 한 개당 광여기전자 이동반응이 약 50배의 효율로 높아진 것을 실증하였다.

광에너지의 이용에서 태양광에 포함되는 빛의 성분을 효율적으로 이용하는 것이 중요한 문제이다. 즉, 빛을 흡수하는 색소와 태양광 스펙트럼을 일치시켜 효율적으로 빛을 흡수하여 에너지로 변환시키는 것이 요구된다. 식물의 광합성반응에서는 광포집 안테나로서 작용하는 단백질로 빛에너지를 모아 광반응 중심에 효율적으로 에너지를 보내는 메커니즘으로 되어 있다. 자연계의 광합성 반응을 모델로 하여 인공광합성 연구가 진행되고 있다. 그러나, 이러한 복잡한 구조를 분자의 합성에 의해 구축하는 것은 상당히 어려운 실정이다.

금속나노구조가 나타내는 플라즈몬 공명(plasmon resonance)은 광국재화(局在化)를 발생시키기 때문에 빛과 분자와의 상호작용 효율을 향상시키는 데 큰 역할을 할 것으로 기대되고 있다. 나노구조의 형상에 의해 공명파장을 가시영역에서 근적외영역에 자유롭게 변화시킬 수 있기 때문에 광안테나로서 이용을 목표로한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 광안테나 효과를 얻기 위해서는 광기능성 분자를 나노구조의 표면에 근접시킬 필요가 있다. 지금까지의 연구에서는 금속 나노구조의 표면에 유기분자층을 구축하는 방법론이 제시되어 있다. 그러나, 이러한 금속 나노구조에서 그 표면 원자배열을 정밀하게 제어하는 것은 대부분 불가능하였다. 그 결과로서 광안테나 효과와 금속표면적의 증가에 의한 흡착분자량 변화의 기여를 명확하게 구별하는 것도 불가능할 정도로 혼란스러운 상황이 지속되고 있다.

본 연구에서는 금속 나노구조의 표면에 광기능성 분자층을 구축하는 것이 아니라, 표면의 원자배열을 제어한 금속의 평단면에 분자층을 구축한 후 금 나노입자로 분자층을 만들어 광안테나 구조를 구축하는 것을 제안하였다. 이 구조에서는 금 나노입자가 수 나노미터 두께의 분자층을 만들어 금속전극에 근접한 상태가 된다. 이때, 나노입자와 기판 사이의 플라즈몬 커플링에 의해 갭모드 플라즈몬이라고 하는 상당히 광국재도(局在度)가 높은 플라즈몬 모드가 생성된다. 갭모드 플라즈몬 공명특성은 나노입자의 직경과 갭 거리의 비로 결정되기 때문에 분자층 두께로 정밀하게 갭 거리가 제어된 상황에서 나노입자의 입경제어로 정밀하게 광안테나의 특성을 제어할 수 있다. 그 결과, 광전류의 값이 광안테나의 공명특성과 일치하는 증강을 나타내어 최대 증강도를 나타낸 파장 670nm에서 광안테나 1개당 50배의 크기가 되는 것을 실험적으로 확인하는 데 성공하였다.

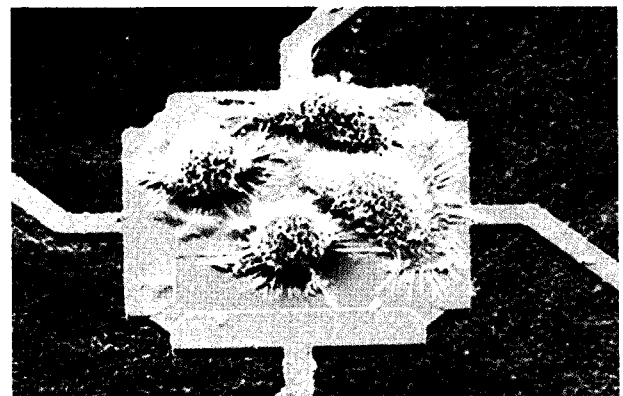
이번 연구는 순수한 플라즈몬 공명효과만으로 광기능성 분자막에서 광이용 효율이 향상된다는 것을 명확히 나타낸 최초의 사례이다. 또

한, 분자 디바이스에서 계면구조제어의 중요성을 나타낸 것은 이후 분자 초박막 디바이스의 개발에 중요한 사항이다. 본 연구에서 이용한 광안테나 구조는 플라즈몬 공명특성을 제어하는 것이 용이하여 다양한 분자 전극에의 적용도 가능하게 되어 상당히 응용범위가 넓은 안테나 구조라고 할 수 있다. 이후 다양한 기능성 분자막과의 복합화를 도모하여 빛으로 구동하는 분자 초박막 디바이스의 실현을 목표로 한다.

\*그림. 광기능성 유기 초박막으로 개질시킨 전극에 적용 가능한 광안테나 구조(왼쪽)와 광안테나의 유무에 의한 광전류 응답의 여기파장 의존성(오른쪽 위) 및 안테나 공명특성과 광전류 증강도의 파장 의존성(오른쪽 아래). 670nm 부근에서의 평균 증강도 20배는 안테나 1개당 50배의 증강도에 해당.

(www.nims.go.jp)

### 마이크로센서를 이용한 세포 조직 관찰



세포 성장과 분화에 대한 메커니즘은 기초 생물학뿐 아니라 진단, 신약 개발, 세포 조직 엔지니어링, 그리고 암에 대한 이해를 위해 중요하다. 예를 들면, 이러한 과정을 상세히 기록하고 이해할 수 있다면, 암 세포의 비정상적인 성장을 억제할 수 있는 특정 목적의 신약 개발에 도움을 줄 것이다.

미국 University of Illinois의 연구원들은 생물학 분야의 오랜 숙제였던 세포의 무게와 성장 속도 간의 관계를 밝히기 위해 새로운 종류의 마이크로센서를 이용했다. Rashid Bashir 교수는 이 연구 결과를

# Photonics Convergence

Proceedings of the National Academy of Science의 온라인 판에 게재했다.

생물학자들은 세포의 성장이 일정한 속도로 이루어지는지 아니면 시간에 따라 가속되는지에 대해 의구심을 가져왔다. 이전 연구는 세포 집합체를 이용하여 개별 세포 성장에 대한 패턴을 측정할 수 있었다. 연구원들은 작고 민감한 마이크로센서를 이용하여 시간에 따른 암세포 무게의 증가 및 세포 분할을 추적할 수 있었다. 그 결과 세포의 무게가 증가함에 따라 세포의 성장 속도가 더욱 빨라지는 것을 입증할 수 있었다.

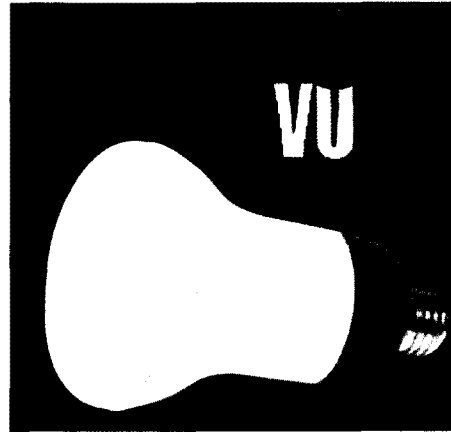
각각의 마이크로센서는 아주 작고, 50um의 폭을 가진 플랫폼이다. 공중에 걸려 있는 형태로, 무게 변화에 따라 특정 주파수로 진동하게 된다. 즉, 세포의 무게가 증가함에 따라, 센서의 공명 주파수는 감소하게 된다. Bashir 교수는 센서의 크기가 작아질수록, 질량에 대해 더 민감하게 반응할 수 있다고 설명했다.

연구원들은 칩 위에 수백 개의 센서 어레이를 개발했다. 이러한 센서 위에 세포를 배양하고, 많은 센서로부터 많은 정보를 한꺼번에 수집할 수 있다. 마이크로센서의 또 다른 장점은 센서를 통해 세포의 성장을 관찰함과 동시에 현미경을 통한 이미징 기술이다. 즉, 세포의 변화를 시각화하여 무게 변화와 함께 세포의 변화를 추적할 수 있다. 살아있는 세포를 측정함으로써, 연구원들은 수학적 모델링을 통해 stiffness와 같은 물리적 특성을 얻을 수 있었다. 그 결과, 뼈 세포와 같은 몇몇 세포는 더 단단하고, 뉴런은 젤리 같은 특성을 가지고 있었다. Narayana Aluru 교수 및 K. Jimmy Hsia 교수는 광범위한 시뮬레이션을 진행하여, 세포의 stiffness나 접촉 면적이 세포의 무게 변화에 미치는 영향을 조사했다.

연구진은 다음 단계로, 새로운 유형의 세포와 함께, 광학적인 측정을 더 보완할 계획이다. 그리고 이러한 기술들은 질병 진단 및 검사를 위해 사용될 수 있을 것이라고 전망했다.

\*그림 1. 마이크로센서 위에 성장하고 있는 세포의 주사전자현미경 이미지로, 연구원들은 세포가 4개의 세포로 분리 및 성장됨에 따라 무게의 증가를 측정할 수 있었다.

(www.nanowerk.com)



부1(Vu1)사의 엔지니어들은 자신들의 최신 기술을 이용해서 백열등뿐만 아니라 콤팩트 형광등과 발광 다이오드(LED)를 대체할 차세대 고효율 ESL(전자 자극 발광) 등을 최종 상품으로 개발하였다. 이 기술은 전자 가속을 이용한 형광체 자극을 통해 빛과 열을 생산하는 기술이다.



CFL INCANDESCENT

회사 설명에 따르면, ESL 기술은 백열등과 동일한 품질의 밝기를 가지며, 백열등처럼 빨리 켜진다. 또 콤팩트 형광등이 절전 효과가 있는 것 처럼 70% 이상의 에너지 절감 효과가 있고, 수명이 백열등보다 5배 이상 길다. ESL 전구는 에너지 절감 효과와 온실효과 예방에 크게 기여한다. 또한 수은이 전혀 들어가지 않기 때문에 폐기물 문제와 재활용 문제가 없다.



ESL은 가속된 전자를 이용해 유리전구 안쪽에 코팅된 인광물질을 자극해서 유리전구의 표면이 빛나고 발광하는 원리이다. 전구 안쪽에 있는 필라멘트에 전류가 흐르는 백열전구나 반도체를 자극해 발광하게 하는 LED 전등과는 시스템이 전혀 다르다. 사진에서 보듯이 천연색 구현율이 매우 높으며, 점등-소등 시 깜박임이 전혀

## 차세대 조명 시스템 ESL

없는 전구다. 또한 현재의 전구소켓에 바로 적용해서 사용이 가능하게끔 설계되었다.

부사는 초기 R30 제품 외에도 효율이 더 높은 전구들을 개발 중이다. 이들 모두에는 수은이 들어가지 않는다. 2011년과 2012년에는 ESL 기본 A형 전구를 미국시장과 (R40 제품) 유럽시장에 (R25 제품) 선보일 예정이다. 가격은 콤팩트 형광등과 비슷한 12달러 수준으로 예상된다.

(www.energize.com)

## LED를 이용한 피부암 광역학 치료법

빛이 피부암을 치료할 수 있을까? 얼바인의 캘리포니아 주립대학의 연구진은 그렇게 생각하고 있다. 그들은 광역학 치료(PDT)라고 불리는 빛을 기반으로 하는 암 치료법에 발광 다이오드(LEDs)를 사용하여 암 병변을 영상화하는 새로운 방법을 연구했다. 그들은 지난해 10월 24에서 28일까지 로체스터 리버사이드 컨벤션 센터에서 열린 제 94회 광학 연례 회의인 Frontiers in Optics (FIO) 2010에서 그들의 연구 결과를 발표했다.

광역학 치료(PDT)에서는, 빛을 흡수하는 감광제 화학 물질이 종양 안에 주입되고, 그리고 그것을 빛에 노출시킨다. 그 화학 물질은 빛 에너지로부터 암세포를 죽이는 활성 산소를 생성한다. PDT는 현재 식도 및 폐암 치료를 위한 미국 식품 의약품(FDA)의 승인을 받았다. UC 얼바인 백만 레이저 연구소의 Anthony Durkin 연구실에 있는 Rolf Saager와 의사인 Kristen Kelly 그리고 Modulated Imaging은 PDT가 피부암 치료에도 사용될 수 있다고 믿고 있다. 그러나 이 프로그램이 가지고 있는 하나의 장애물은 PDT의 효과를 모니터링하고 목표로 삼기 위한 세밀한 영상 기술의 부족이다.

공간 주파수 도메인 영상(spatial frequency domain imaging)이라고 알려진 기술을 이용하여, 연구진은 서로 다른 세기 패턴을 피부에 비추는 다섯 가지 색 LEDs 배열을 한 새로운 장비를 설계했다. 이러한 패턴은 조직의 구조나 피부의 색소에 따라서 변할 수 있다. 빛 전파의 적절한 모델을 이용하여 나온 영상은 조직의 생화학적 반응을 보여준다. "이 이미지 양상을 통해서, 어떻게 치료에 쓰이는 빛이 조

직 전체에 걸쳐서 움직이는지를 평가하는 것이 가능해졌다. 또한, 병변이 있는 곳에 약물의 양을 정하고 치료 동안에 그것의 효과를 모니터링할 수 있다."라고 Saager가 말했다.

이러한 공간 주파수 도메인 영상 시스템을 평가하기 위하여, 과학자들은 병변 자체 안에서 그리고 약물들 간의 다양성을 평가하는 치료를 하기 전에 피부암의 작은 개체군을 영상화하였다. 이 과정은 5~10초가 걸렸으며 30마이크론의 해상도를 가진 영상을 만들어냈다. 이런 과정은 병변이나 조직 산화 작용 그리고 감광제 약물의 양적 분포의 광학적 속성 지도를 공간적으로 들어냈다.

이 연구는 "A LED Based Spatial Frequency Domain Imaging System for Optimization of Photodynamic Therapy of Basal Cell Carcinoma (BCC)"라는 제목으로 발표되었다.

(www.optoic.com)