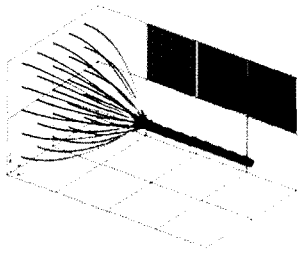


Photonics Application

Optical Material, Optical Precision Instruments

고강도 레이저의 거동 이해



레이저 빔(laser beam)이 충분히 강력하면 빔을 둘러싼 공기와 상호작용하여 놀라운 효과를 발생시킨다. 최근 Physical Review Letters에 보고된 시뮬레이션 결과에 따르면 빔은 양자 입자 기체 즉,

페르미온(fermions) 혹은 액체 방울처럼 거동할 수 있는데, 세기 증가에 따라 이 둘간의 변화가 유도된다. 이러한 전이를 관찰하는 것은 대기에서 고강도 레이저의 거동을 이해하는데 도움이 될 수 있는데, 장거리 전달의 향상을 꾀할 수 있다.

광학 회피는 진공과 비교하여 빛을 느리게 만들 수 있는 인자인 굴절률(refractive index)이 외부의 코팅 재료보다 크기 때문에 빛을 내부에 부분적으로 가둘 수 있다. 재료를 통하여 진전하는 강력한 광학 빔은 유사한 일을 할 수 있다. 빔은 인접한 분자를 정렬시키거나 왜곡하여 가장자리보다 빔의 중앙 부분에서 보다 큰 굴절률을 생성하게 되는데, 이는 빛이 주변으로 퍼지는 것을 억제할 수 있다.

위와 같은 형태의 자체 초점(self-focusing) 광학 펄스를 장거리에 보내는 것은 레이저 광을 이용하는 LIDAR같은 원거리 센싱 분야에 중요하다. 참고로 라이더는 레이더에서 라디오파를 사용하는 방식과 유사하다. 그러나 강한 빛과 대기 기체간의 상세한 상호작용을 정의하는 것은 실험 관점에서 쉽지 않은 문제이다. 2009년에 프랑스 부르고네대(University of Bourgogne) 연구진은 고강도 적외선 레이저에 대한 질소, 산소, 공기의 굴절률을 측정할 수 있었다. 그들은 레이저 강도가 증가함에 따라 굴절률이 우선 증가하지만, 이후 평방 센티미터당 수십 테라와트의 세기 이상에서 급격히 감소된다는 것을 발견할 수 있었다.

한편 스페인 비고대(University of Vigo) 다니엘 토마시니(Daniele Tommasini)는 금번 연구 결과에 큰 감명을 받았다고 말한다. 초기 연구에서 토마시니 연구진은 위와 같은 종류의 세기 의존성이 제한된 거리에 대해 빛을 가두는 간단한 자체 초점화 이상의 것을 야기한다고 이론적으로 입증하였다. 광 펄스는 모든 방향에서 고정된 형태를 유지하는데, 이는 소위 솔리톤(soliton)으로 불린다. 새로운 측정 결과는 제안된 모델에서 실제 인자를 사용할 가능성을 제시한다. 연구진은 새로운 데이터에 기반한 이론 모델을 구상하였으며, 이를

바탕으로 컴퓨터 시뮬레이션을 진행하였는데, 그 결과 빛의 세기에 따라 솔리톤이 상이한 형태를 취하는 것으로 나타났다. 즉, 고강도 펄스는 일정하게 분포된 세기를 갖는 솔리톤을 생성하는 반면 보다 낮은 세기의 펄스는 펄스의 중앙에서 세기가 크며 가장자리로 갈수록 점점 감소하는 경향을 나타내었다.

연구진은 이러한 상태를 표준 광학 효과로 인해 퍼져나가는 경향 즉, 외부 지향 압력을 갖는 것으로 설명하였는데, 이는 기체와의 상호작용으로 상쇄된다. 고강도 펄스의 경우 수학적으로 볼 때 압력과 빛의 세기는 액체 방울의 압력 및 밀도와 유사하다. 빛은 날카로운 경계를 갖는 일정한 분포를 형성하는데, 액체 방울의 표면 장력이 정의된 경계를 유지하는 것과 유사하다. 반면 보다 낮은 세기의 펄스에서 수학적 유사성이 하전되지 않은 페르미온의 기체와 연관된다. 광자와 달리 이러한 입자는 파울리 배타 원리(Pauli exclusion principle)로 인해 서로 반발한다.

연구진은 초기 연구에서 액체 광을 연구하였었지만, 페르미온 광에 대한 생각은 새로운 것이다. 두 가지 안정한 빛의 형태 사이에서 상전이를 유도할 수 있다는 가능성에 영감을 얻은 연구진은 페르미온 유사 광 필라멘트 그리드를 단일 빔에 초점을 맞추는 것에 대해 시뮬레이션하였다. 그들은 액체 방울이 붕괴되는 것과 같이 필라멘트가 단일 액체 유사 솔리톤으로 붕괴된다는 것을 발견하였다.

호주 캔버라대(Australian National University in Canberra) 유리 키브샤(Yuri Kivshar)는 페르미온에서 액체 광으로의 전이를 실험실에서 관찰하는 것은 매우 어려운 일이지만, 두 가지 형태의 빛 거동이 예측된 것은 매우 놀랍다고 말한다. 한편 부르고네대 부르노 라보렐(Bruno Lavorel)은 예측된 전이가 고강도 빛의 대기 거동을 이해하기 위한 실험적 기준으로 활용될 수 있다는 것에 전적으로 동의하였다.

*그림. 페르미온에서 액체 광으로의 전이를 나타내는 컴퓨터 시뮬레이션. 페르미온 광 펄스 여러개가 초점이 맞춰져 과잉 에너지로 인해 진동하는 고강도 액체 유사 솔리톤으로 병합됨.
(focus.aps.org)

실시간으로 Hypoxia를 검출해 내는 센서 개발

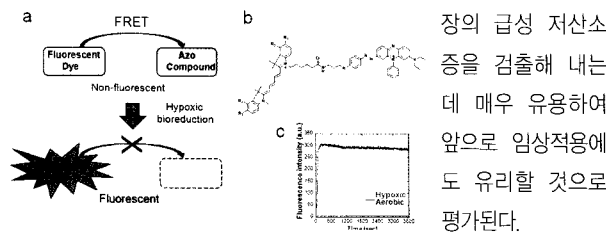
생체 내 저산소증 현상은 암의 성장, 혈관 질환, 허혈증(ischemia) 등 생체 내 여러 질병들에 있어 특이적으로 관찰되는 현상이다. 질병의

진단을 위해 저산소증이 생체 내 어느 부위에서 일어나는지를 알아보고자 하는 연구들이 많이 진행되고 있다.

2010년 10월 27일 JACS online 판에 저산소증이 일어나는 부위를 성공적으로 탐침해 낼 수 있는 탐침체가 개발되었다고 보고되었다. 일본의 한 연구팀은 빛에 의해 그 구조적 변화가 잘 알려져 있는 azo 기능을 이용하여 생체 내 저산소증이 일어나는 부위를 이미징해 냈다. 이제까지 개발된 형광체들은 저산소증조건에 민감하지 않고 짧은 파장 형광을 나타내어 in vivo에서 그 형광을 확인해 내기란 쉽지 않다는 단점을 가지고 있었다.

Azo 기능기는 저산소증 조건과 유사한 환원 조건에서 그 화학적 결합이 끊어진다. 연구팀은 이러한 특성을 이용하여 구조적 변화가 큰 azo 기능기와 NIR의 형광을 가지는 Qcy5 형광체를 포함하는 화합물을 합성하였다. 연구팀은 저산소증의 환원 조건에서 이 화합물의 azo 기능기가 끊어지면 Forster resonanace energy transger (FRET) 현상이 일어나도록 고안하여 hypoxia 부위를 검출해 냈다.

연구팀은 합성된 화합물을 실험쥐에 i.v 주입한 결과 간동맥과 신장혈관 쪽에 많이 나타나는 것을 확인하였으며, 주입 1분 후부터 형광이 나타나기 시작했으며 30분 후에는 형광의 세기가 최대에 이르는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 조직 이식시 자주 문제가 되는 간과 신



*그림(a) 합성개념. FRET 현상을 이용하여 hypoxia 조건에서 azo 결합이 깨어지면 형광체가 떨어져 나오면서 형광이 발생한다.

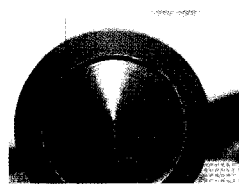
*그림(b) 형광체 구조.

*그림(c) 정상 산소조건(aerobic)과 저산소조건(hypoxia)에서 측정된 개발된 형광체 감도.

(pubs.acs.org)

주차공간을 실시간으로 제공해주는 지능형 감지기

스페인 연구자들은 실시간으로 주차공간을 알려주는 지능형 감지기를 개발하였다. 새로운 기술에 대한 테스트는 현재 Universitat Politecnica de Catalunya에서 진행 중에 있으며, 특허를 위한 절차



가 진행되고 있다. 이 시스템은 사용자들에게 핸드폰, 랩톱 컴퓨터 및 아이팟과 같은 모바일기기를 통하여 정보를 제공할 수 있다. 또는 주요 도로에 발광패널을 사용하게 될 것이다. 다음 달에 이것은 22번 바르셀로나 혁신지구와 시내에 설치될 예정이다.

UPC(Universitat Politecnica de Catalunya)의 EETAC(Department of Electronic Engineering of the Castelldefels School of Telecommunications and Aerospace Engineering)팀은 광학 및 자기센서를 모두 사용하여 계속적으로 자동차의 존재여부를 감지해주는 방법을 개발하고 있다. 이 감지기는 각 주차공간의 도로에 설치된 4x13cm의 공간에 두 개의 센서를 넣어놓았다. UPC 교수와 그의 산업파트너들이 만든 회사인 Urbiotica는 이 제품을 시장에 선보이기 전에 UPC의 북쪽 캠퍼스에서 이 시스템을 테스트하고 있는 중이다.

이 기기는 자동차가 통과했을 때 발생하는 도로에서 보이는 갑작스런 빛의 변화 정도를 처음으로 감지하고 있다. 이러한 일이 발생했을 때 광학센서는 자기센서를 활성화시켜서 자동차에 의해 만들어지는 그늘을 확인하게 된다. 이것은 자동차가 이 기기 위로 통과하거나 또는 멈출 때 발생하게 되는 약간의 자기장 변화를 감지하는 것이다. 두 가지 센서는 자동차가 있는지 없는지를 알려주는 알고리즘을 실행해주는 마이크로센서를 통해서 연결된다. 이 시스템의 광학센서는 항상 활성화 상태에 있지만, 매우 적은 양의 파워를 소비한다.

자동차가 감지되었을 때, 마이크로 컨트롤러는 무선주파수를 전송하게 된다. 이 주파수는 트랜시버에 연결된 안테나에 이러한 정보를 전달하게 된다. 신호를 전송하는 이와 같은 방법은 배선을 사용하는 것보다 더욱 경제적이다. 가로등 설치를 위해 디자인된 트랜시버는 정보를 수신하게 된다. 그리고 Wi-Fi나 GPRS와 같은 기술을 사용하여 수 초 내에 데이터베이스나 컨트롤 센터에 그 정보를 전송하게 된다. 이 시스템의 잠재적인 고객들로는 시립 서비스나 주차장 운영자들이 포함될 수 있다.

이 기술을 개발한 UPC팀의 팀장인 Ramon Pallas는 공공도로의 발광패널에서 사용할 수 있는 정보를 만드는 것을 계획하고 있다. 사용자들은 핸드폰, 랩톱 컴퓨터 및 아이팟과 같은 모바일 기기에서 주차 정보를 받게 될 것이다. 이 제품의 혁신적인 기능은 센서, 센서를 마이크로컨트롤러에 연결한 회로, 센서에 파워를 공급하는 방법 및 전체적인 시스템의 파워공급 관리이다.

이 발명은 정지되어 있는 차량을 감지해내는 기존 시스템의 단점을 극복하였다. 현재 센서는 자동차가 센서를 통과할 때 신호를 발송하게 되어 있다. 그러나 그것은 자동차가 멈추었는지에 대한 것은 감지하지 못한다. 막힌 공간 안에서 이러한 시스템들은 차량이 들어오고 나가는 것을 헤아릴 수 있다. 그래서 가능한 주차공간의 수를 알아내

Photonics Application

Optical Material, Optical Precision Instruments

게 되지만 어디에 주차할 수 있는 공간이 있는지를 알려주지는 못한다. 또한 현재 사용되고 있는 자기 센서들이 항상 구동되기에는 너무 많은 에너지가 소비된다.

이와 반대로, UPC 그룹이 개발한 이 시스템은 지속적으로 동작할 수 있으며, 파워를 많이 사용하지 않는다. 왜냐하면, 광학센서만이 항상 활성화된 상태이며, 자기센서는 다른 유사한 시스템들에 비해 적게 활성화되기 때문이다. 그리고 센서가 다른 중간에 있는 전자회로 없이 마이크로컨트롤러와 직접 연결되어 있다는 것은 파워소비를 감소시킨다는 것이다.

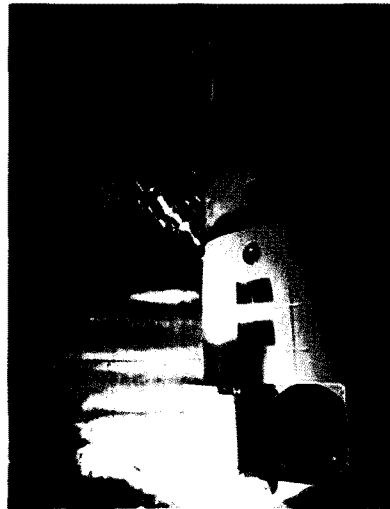
새로운 시스템은 공공 및 전용도로에서 자동차를 관리하고 모니터링하는데 사용될 수 있을 것이다. 특히 도시지역에서는 더욱 그럴 것이다. 이것은 많은 인구들을 지나다니는 지점, 제한된 지역, 보안 지역 및 건물목을 모니터링할 수 있게 해줄 것이다. 그리고 거리와 공항에서의 주차, 상업지역 및 지하주차공간을 관리할 수 있게 해줄 것이다. 이러한 애플리케이션은 주차공간을 찾기 위한 시간을 줄여주어서, 연료소비와 공해가 감소할 수 있도록 해줄 것이다.

또한 이 시스템의 특징은 장애를 가진 운전자들을 위한 주차공간의 확보와 주차공간의 실시간 요금 관리와 같은 다른 애플리케이션에도 사용하는 것이 가능할 것이다. 또한 이 시스템은 신호등이 없거나 부족한 곳을 알아내는 데도 사용될 수 있을 것이다. 한 가지 실증 실험이 성공적으로 끝나게 되면, 이 시스템은 12월에 22번째 바르셀로나 혁신지구와 2011년 초에 Figueres에 설치되어 교통의 유입을 모니터링하는데 사용될 예정이다.

(www.sciencedaily.com)

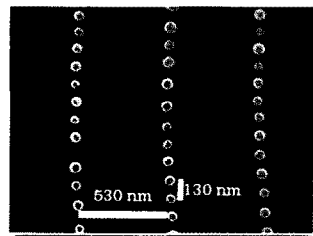
레이저를 이용한 나노도트 배열 현상 발견

일본의 홋카이도대학, 히타치제적소, 고에너지가속기연구기구(KEK) 등으로 구성된 연구그룹은 레이저 조사를 이용한 실리콘 표면의 나노도트 자기조직화 배열 현상을 발견하고, 이 양상을 세계 최초로 레이저 초고압 전자현미경으로 실시간 관찰하는 데 성공했다고 밝혔다. 연구그룹은 파장과 위상이 정렬된 고강도의 단펄스레이저 광을 실리콘 표면에 조사하면 표면에 나노미터 사이즈의 도트(나노도트)가 자기조직화 과정에 의해 형성되는 현상을 발견하였다. 이 모습을 관찰하기 위해 단펄스레이저 광을 입사할 수 있는 초고압 전자현미경을 개발하였다. 레이저를 조사하는 것만으로 나노도트의 배열을 제어할 수



北海道大学レーザー超高压電顕

있다는 점과 이 모습을 직접 관찰할 수 있었다는 점은 향후 나노 소자 개발의 가능성을 크게 높여줄 수 있는 기술이 될 것으로 평가된다. 강한 레이저 광을 이용하여 재료 표면에 립스(LIPSS)라고 불리는 레이저 파장 간격의 주기적인 구조를 만들 수 있다는 것은 이미 50년 전부터 알려져 있었지만, 광 파장보다 짧게 패턴이 배열되는 현상이 각 연구그룹에서 발견되어 그 원인이 오랫동안 의문으로 제기되어 왔다. 따라서 그 원인을 조사하던 일본의 홋카이도대학과 히타치, KEK의 연구팀은 반도체 실리콘 표면 상에 10~100나노미터 크기의 표면 도트열이 펄스 레이저를 조사함에 따라 일제히 레이저 파장보다 짧은 주기를 가지고 배열된다는 것을 세계 최초로 발견하였다. 또한 이 형성과정을 홋카이도대학에서 개발한 레이저 초고압전자현미경을 이용하여 레이저를 조사하면서 직접 관찰하는 데 성공하고, 자기조직화라고 불리는 레이저 조사 하에서의 안정 구조를 가지기 위한 현상이 일어난다는 것을 밝혔다.



나노레벨에서의 자기조직화는 제어가 매우 어려운 것으로 알려져 있으나, 이번에 발견된 도트패턴은 레이저 조사조건(레이저에 의한 탐다운 접근법)에 의해 제어가 가능하다는 점과, 재료에 의

하지 않고 일어나는 보편적인 현상이라는 점을 발견하였으며, 나노테크놀로지, 기능성 디바이스 재료개발 분야에서 새로운 기술이 개발된 것으로 평가된다.

Nd:YAG 나노초 레이저를 130만볼트 초고압전자현미경에 설치하고, 실리콘 (100) 기판 위에 직접 조사하면 레이저의 편광방향에 대해 수직으로 표면 도트가 일정한 간격으로 정렬한다는 것을 발견하였다. 또한 레이저 초고압전자현미경을 이용하여 레이저 조사의 실시간 실

험을 수행하여 표면도트의 자기조직화 형성을 비디오 관찰하는 데 세계 최초로 성공하였다. 조사 조건을 변경하여 다양한 도트 패턴 형성이 가능하다는 것을 확인하였으며, 관련 기술에 대한 2건의 특허를 출원한 상태이다.

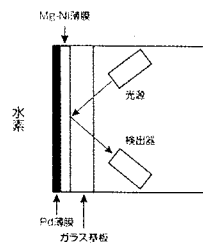
이번 연구에서 개발한 간편하고 저렴한 제조방법을 이용하여 재료표면에 나노레벨의 요철 배열을 조절하는 것이 가능해지면서 고기능성 재료 소자를 제작할 수 있는 가능성을 확인한 셈이다. 향후에는 저소비전력 특성을 가지는 미래의 LSI 소자, 양자도트의 면밀도 향상 등에 의한 양자도트 태양전지의 간편 제작방법, 생체재료 양자도트에 의한 생체 시스템 응용(암 등의 형광체 제조기술 등 다양한 그린, 나노테크놀로지 용도로의 전개가 기대된다. 한편, 이번 성과는 미국물리화학술지인 Journal of Applied Physics 11월 15일자로 게재될 예정이며, 논문의 제목은 다음과 같다. [In situ observation of self-organizing nanodot formation under ns-pulsed laser irradiation on Si surface]

- *그림 1. 홉카이도대학이 개발한 레이저 초고압전자현미경이다.
- *그림 2. 레이저 광 조사에 의한 나노도트의 일체 배열 모습이다. 이 결과는 시료 표면에 레이저 광을 대기 중에서 500펄스 수직입사한 경우의 모습으로 수평방향으로 레이저 파장 간격인 530nm, 그리고 수직으로는 130nm (파장의 4분의 1) 간격으로 도트 배열이 형성되어 있다.

(www.kek.jp)

감광 거울 박막을 이용한 수소가스 센서

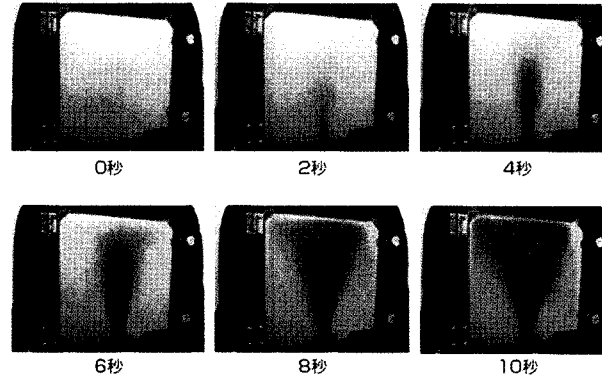
수소 가스 확산을 가시화



수소 가스는 차세대 자동차 연료로서 주목을 받고 있지만, 인화 등 취급에 주의가 필요하다. 이 수소 가스를 검출하는 센서는 현재 가열이 필요하며, 전기회로를 이용한 것은 착화의 원인이 될 수 있는 위험이 있어 간편하고 넓은 범위에서 발화의 위험이 없는 수소가스 센서가 요구되고 있다.

일본 산업기술종합연구소(AIST, Advanced Industrial Science and Technology) 서스테이너블 마테리얼 연구부문 환경응답기능박막연구그룹은 조광 거울을 에너지 절약을 위한 창문으로 사용하기 위한 연

구를 수행하고 있다. 이 감광 거울 박막은 수소를 포함한 분위기에 접촉하면 광학상태의 변화를 보이기 때문에 이 성질을 수소가스의 검출에 이용할 수 있었다.



수소 가스센서로서 이용하는 경우 기본적인 구조는 유리기판 위에 두께 약 40nm의 마그네슘-니켈(Mg-Ni) 합금 박막, 그 위에 두께 약 4nm의 팔라듐(Pd) 박막을 증착시킨 것이다. 수소를 포함한 분위기에 접하게 되면 마그네슘-니켈 합금이 수소화되어 투명하게 되고, 그 광학적인 변화로 수소가스를 검출한다. 수소 가스센서로서의 특징은 가열하지 않고 수소를 검출할 수 있고, 수소 이외에 다른 가스와 반응하지 않고, 검출부에서는 빛만을 이용하는 전기적인 회로이며, 100%(10,000ppm)에서 1ppm까지의 넓은 검출범위를 가진다. 광학적인 변화의 검출에는 표면에서의 반사를 이용하는 것이 가장 적합하며, 이 구조를 광섬유의 끝부분에 형성하는 것만으로 수소 가스센서로 이용할 수 있다. 또한, 산업기술종합연구소에서 개발된 빛 검출방법인 "슬라브 광도파로"를 이용함으로써 보다 고감도의 수소 가스 검출이 가능하게 되었다.

이러한 감광 거울 박막재료의 수소 가스 검출로서 감광 거울 박막을 증착시킨 시트를 이용하면, 무색 투명한 수소 가스의 존재를 직접 눈으로 확인할 수 있게 된다. 수소 가스가 발생되었는가를 리스머스 시험지와 같이 간단하게 확인할 수 있으며, 수소 가스 배관의 각 부분에 붙여 놓으면 안전을 확인할 수도 있다. 또한 좀 더 큰 시트를 이용하면, 수소 가스의 확산 모양을 직접 관찰할 수 있어 수소 가스 확산에 관한 시뮬레이션 검증에 이용할 수 있다.

현재 기업에서는 감광 거울 박막과 슬라브 광도파로를 이용한 수소 가스센서를 상품화하기 위해 연구를 계속 수행하고 있다. 수소 가시화 시트 등에 대해서는 새로운 용도를 개척하여 각각의 용도에 적합하도록 고성능화를 도모할 예정이다.

*그림 1. 감광 거울을 이용한 수소 가스센서

*그림 2. 수소 가스 확산의 가시화. 감광 거울 박막의 뒤쪽 아래 부

Photonics Application

Optical Material, Optical Precision Instruments

분 중앙에 파이프를 위쪽 방향으로 놓고, 그곳에서 수소 가스를 흘린 경우 변화 모습(시트의 크기: 140×130mm)
(www.aist.go.jp)

중국, 초정밀 측정용 광섬유 온도 센서 개발

온도센서의 정밀도 측정은 다양한 산업에 적용이 되고 있다. 정밀한 측정 센서는 소량 소비되지만 고가로 판매되는데 이번의 연구개발한 것은 국외의존도를 낮추기 위한 중국과학원정밀기계연구소에서 연구 제작한 것으로 -50 ~ 500 °C까지 측정가능하며 온도 편차는 ±0.05 °C 이고 센서의 직경이 0.1mm 로서 초소형이라 할 수 있다. 중국 내에서 최초로 마이크로 기술이며 국외에서도 선진수준에 속한다. 이번 연구는 10여 개의 특허를 신청하였으며 그 중 1개 발명특허와 3개의 신행특허를 획득하였다. 이 개발품은 이후 다양한 분야의 산업에 시장 전망이 있음을 보여주고 있다.

중국과학기술원 서안 광학정밀기계연구소 순간형태광광자기술 국가중점 실험기지에서 연구제작한 자주지식재산권을 획득한 형광 광섬유 온도감응 및 측정시스템이 최근 소량 생산을 마친 후 지능전망, 바이오의료, 석유화학, 마이크로공업, 전원관리, 과학연구와 군사국방등 영역의 10 여개 기관에 실제 적용하였으며 좋은 평가를 얻었다.

형광 광섬유 온도감응 및 측정시스템은 전자파 영향을 받지 않고, 고압절연이 되어 있으며, 안정적이다. 또한 고도로 정밀하고, 민감하고, 사이즈가 작으며 수명이 길고 부식에 견디며 적응성이 높은 특징이 있어 접촉식 측정방식에 사용가능할 뿐만 아니라 비 접촉식 측정에도 가능하여 전력, 의료, 석유화학, 미세공업, 식품안전, 과학연구와 군사국방 분야의 온도측정에 적용가능하다. 뿐만 아니라, 현존하고 있는 광섬유 온도 측정영역에서 원가비용이 적고 정밀도가 제일 높으며, 안정성이 제일 좋고, 교체가 용이하며 수명이 가장 긴 제품이다.

서안 광학정밀기계연구소는 20세기때 이미 광섬유 제조 및 감응기술 영역에서 심도 깊은 연구를 해 왔으며 풍부한 실전 경험과 특허기술들을 보유하고 있다. 최근 이 연구소에서는 국민경제 수요에 따라 기존 연구의 기초상에서 형광 광섬유 온도감응 및 측정시스템에 관련된 기술연구를 진행하였는데 주요 연구 내용은 형광광섬유 원재료 제조, 형광 광섬유 견인생산, 감응기제조, 신호조정모듈제조, 측정시스템 합성 등 각종 특허기술들을 연구하였다.

(pubs.rsc.org)

금속이온 감응성 고분자 센서

감응성 물질(responsive materials)은 물리적, 화학적 자극에 의해 그것의 구조, 거동 또는 물리적 성질을 바꾼다. 감응성 고분자로 전극을 코팅하는 경우 이 전극은 고분자의 감응성에 따라 전기를 통하게 한다. 이러한 응용은 센서 또는 트랜지스터를 개발하는데 유용하다.

아르헨티나의 한 연구팀은 고분자 poly(allylamine)(PAH)와 poly(acrylic acid)(PAA) 말단을 산화-환원 반응에 감응성이 있는 osmium pentacyano pyridine(OsCN)으로 개질하여 이 고분자들을 다층(multilayer)으로 쌓아 외부 이온에 의해 전

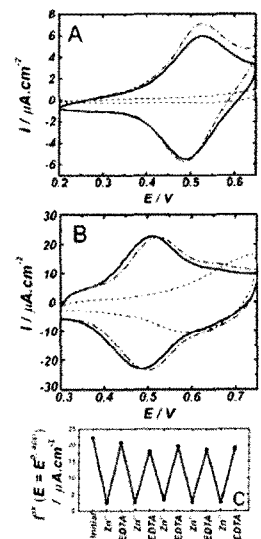
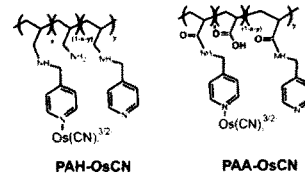
기화학적 활동을 on-off 할 수 있는 시스템을 개발하였다고 2010년 10월 18일 Chem. Comm. online판에 보고하였다.

연구팀은 PAH-OsCN/poly(vinyl sulfonate)와 PAA-OsCN/poly(allylamine) 다층의 필름으로 제작한 후 0.2 M KNO3 용액에서 cyclic voltammograms를 측정한 결과 기준전극 기준 0.52V에서 최대 산화환원 픽을 나타냄을 확인하였다. 그러나 electroinactive cation인 Zn2+를 첨가했을 경우 이 시스템의 산화환원 픽은 사라졌다. 이 시스템을 물로 세척한 후 다시 Cyclic Voltammograms를 측정했을 때 산화환원 픽은 완벽하게 복원되었다.

Metal chelating agent EDTA를 넣어 Zn2+를 chelating시켰을 때도 산화환원 픽은 몇 분 안에 완벽하게 복원되었다.

이 시스템은 Zn2+ 외에도 Cd2+, Ni2+, Cu2+에도 Zn2+를 넣었을 때와 유사하게 반응하여 앞으로 쉽게 재활용이 가능한 화학물질 센서로서의 이용 가능성이 크다고 평가된다.

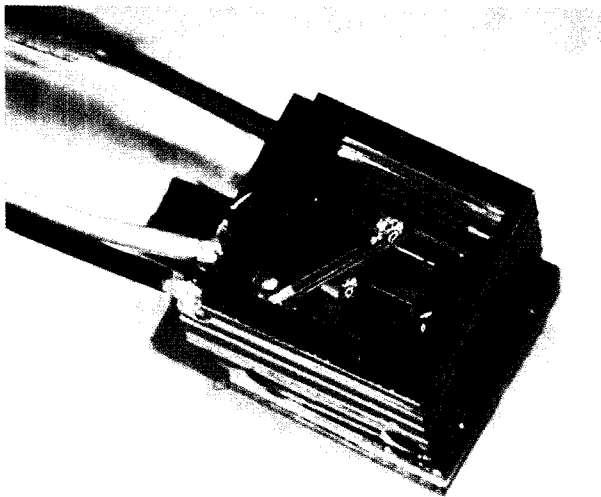
〈화학구조〉 osmium pentacyano pyridine(OsCN)으로 개질된 poly(allylamine)(PAH)와 poly(acrylic acid)(PAA) 고분자 구조.



〈결과〉 0.2 M KNO₃ 용액에서 A,(PAH-OsCN/PVS)₄PAH-OsCN B,(PAA-OsCN/PAH)₄PAA-OsCN의 cyclic voltammograms (빨간 선은 Zn²⁺를 넣었을 때 산화환원 픽이 사라짐.) C,Zn²⁺/EDTA를 여러 번 처리했을 때 전극의 전류 측정.

(pubs.rsc.org)

심장박동의 희미한 자기 신호를 탐지할 수 있는 미니 센서



미국 국가 기술 표준 연구소(National Institute of Standards and Technology, NIST)와 독일 국립 계측 연구소(German national metrology institute)가 공동으로 인간의 심장박동을 추적할 수 있는 원자 기반의 소형 마그네틱 센서를 개발하는 데 성공했다. 이번 나노 기술은 생체의학 분야 등에 폭넓게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. Applied Physics Letters에 발표된 이번 연구결과는 NIST 미니 센서를 가지고 임상 설정을 닮은 조건 아래에서 수행된 최초의 결과이다. 지금까지는 대부분 실험실 규모에서 실험이 진행되어왔었다. 새로운 실험은 독일 베를린에 있는 분데산스타트 물리 연구소(Physikalisch-Technische Bundesanstalt, PTB)에서 수행되었으며, PTB는 고정밀 측정을 위해 다른 외부 요소의 간섭과 지구의 자기장을 막기 위해서 세계에서 가장 큰 자기 차폐 시스템을 구축하고 있다. 현재 PTB는 생체 자기장의 이미징처리 기술에 관한 연구 과제를 수행하고 있다. NIST센서는 가스 상태로 존재하는 약 1000억 개의 루비듐 원자들이

채워진 미세한 컨테이너 구조를 이루고 있으며 저출력 적외선 레이저, 광학기 등을 갖추고 있으며 피코테슬라(picotesla)의 심장 마그네틱 신호를 측정할 수 있다. 테슬라(tesla, 1Wb/m²)는 자속(磁束) 밀도를 나타내는 단위이다.

PTB 실험에서 NIST 센서를 침대에 누워있는 사람의 가슴 좌측 5밀리미터 위에 위치시켰으며, 센서는 심장박동의 약하지만 규칙적인 마그네틱 패턴을 성공적으로 탐지하였다. 비교를 위해 인류가 만든 자기 센서 중 감도가 가장 뛰어난 초전도 양자 간섭장치(Superconducting Quantum Interference Device, SQUID)를 이용하여 동일한 실험을 진행하였다. 비교 실험의 결과를 통해 NIST 미니센서가 심장박동을 정확하게 측정하였다는 것과 여러 전형적인 신호 형상을 정밀하게 탐지할 수 있다는 사실이 입증되었다. 실온에서 구동되는 NIST 미니센서는 신호에서 더 많은 노이즈를 발생시켰지만 이는 SQUID가 마이너스 269도씨에서 구동되고 매우 복잡한 시스템과 여러 보조 장치로 구성된 것에 비교해 볼 때 놀라운 장점을 가지고 있는 것이다.

NIST 미니원자시계의 스핀오프(spin-off)인 NIST 마그네틱 미니 센서는 2004년에 최초로 개발되었다. 최근에 빛의 신호를 감지할 수 있게 광섬유가 추가되었다. 이번 시스템은 크기 면에서 작아지고 전체 모양은 다른 실험실로도 쉽게 옮겨질 수 있는 구조를 가지고 있다.

이번 새로운 결과는 NIST 미니센서가 기존의 심전도를 대체하거나 보충할 수 있는 자기 심장 검사 장치를 만든 데에 사용될 수 있다는 가능성을 보여주고 있다. 연구결과는 또한 최초의 원자 자력계가 MRX(magneto-relaxometry)라고 불리는 새로운 기술에 필요한 수 초 동안의 지속되는 센싱의 안정성을 제공할 수 있다는 것을 보여주고 있다. MRX는 마그네틱 나노입자의 자화 붕괴를 측정하는 데 사용되며 약물전달과 같은 의료분야에서 생체조직 내로 주입되는 마그네틱 나노입자의 위치를 추적하고 그 정확한 양을 파악하고 이미지화하는데 사용된다. 연구팀은 NIST 센서가 이러한 기능을 가질 수 있도록 추가적인 연구를 진행할 예정이다.

이번 연구결과는 Applied Physics Letters에 "Cross-validation of microfabricated atomic magnetometers with SQUIDs for biomagnetic applications"이라는 제목으로 게재됐다.

(doi:10.1063/1.3491548)

*그림. NIST 마그네틱 센서
(www.nanowerk.com)