

광통신

광 버퍼로서의 양자 우물 반도체

현재까지 대부분 광통신 네트워크들은 광 신호를 지연시키고 저장하는 적당한 광 버퍼의 부재로 방해받아 왔다. 광섬유 지연선과 도파로-분산 구조가 과거에 가능한 광 버퍼로서 고려됐지만, 임의의 저장 시간을 설정할 수 없음이 첫 번째 기술을 제한했고, 두 번째 기술은 좁은 신호 대역폭에 의해 제한됐다.

캘리포니아대학교 버클리 캠퍼스(University of California at Berkeley)와 오레곤대학교(University of Oregon) 그리고 일리노이스대학교 어바나-캠페인 캠퍼스(University of Illinois at Urbana-Champaign)의 연구원들의 보고는 이러한 한계들이 없는 광 버퍼가 반도체 물질로 만들어질 수 있고, 또한 모듈리식 집적의 능력도 제공한다는 것을 보여준다.

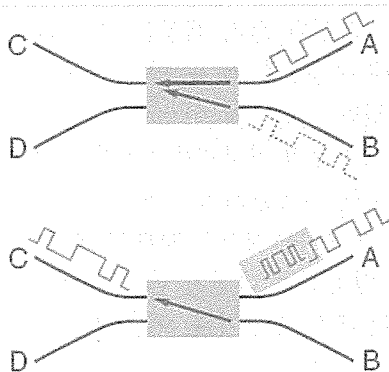
반도체 양자 우물 구조를 통해 진행하는 광 신호에서의 집단 발진 효과(population oscillation effects)에 대한

실험적으로 측정된 분산 특성을 토대로, 연구원들은 2GHz 반치폭(FWHM)의 높은 투명한 대역폭 창을 갖고 9600m/s로 군속도가 낮은 “느린 빛”을 보고했다.

절대영도 근처와 80°C 모두에서 7층 정도의 군속도 감소가 원자 증기에서 얻어졌으며, 빛은 프라세오디뮴(praseodymium)이 도핑된 결정에서 낮은 온도(5K)에서 0.5ms 만큼 긴 주기 동안 실질적으로 정지했다. 연구팀의 리더이며 UC버클리 광전자나노구조반도체기술센터(UC Berkeley Center for Optoelectronic Nanostructured Semiconductor Technologies)의 센터장인 코니 창하스나인(Connie Chang-Hasnain)에 따르면, UC 버클리가 주도한 팀은 이 효과를 갈륨 아세나이드/알루미늄 갈륨 아세나이드(GaAs/AlGaAs) 반도체 양자 우물 구조의 얇은 층에서 처음으로 관찰했다.

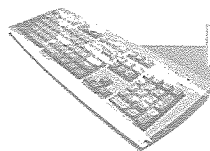
“반도체는 원자 가스나 결정보다 백만에서 10억 배 넓은 대역폭 용량을 가지고 있다”고 그녀는 말했다. “이것은 원거리 통신과 네트워크 분야에 실세계의 실용성을 가져다준다. 반도체를 이용하는 또 다른 장점은 비용효율적인 회로 집적, 특히 광자집적회로의 집적이 가능하다는 것”이라고 그녀는 설명했다.

(Laser Focus World, November 2004, p21)



Two packets request to be routed into the same port.

One packet is buffered and lets the other go first.



광정밀

레이저로 기록되는 단파장 3-D 광자결정

광자결정(PCs)을 토대로 하는 마이크로 광 부품들이 각각 크기가 수 파장 규모인 마이크로공동, 반사경, 스위치, 라우터로서 유용해질 것으로 보인다. 실용적인 소자들의 구현을 위해서는, 적절한 부피에 걸쳐 PCs 격자 파라미터들을 완전히 제어할 필요가 있다. 주된 목적은 지정된 파장 범위에서 어떠한 방향으로도 빛의 전파를 금지하도록 하는 구조를 만드는 것이다. 이를 통해 격자에 대한 적절한 국부적 변화에 의해 자유롭게 한정할 수 있는 외부 결합 표면을 갖는 마이크로공동을 만들 수 있다. 다이아몬드와 같은 구조가 이 조건을 충족시킨다.

3-D(부피) PCs를 만들기 위해 포토 레지스트의 홀로그래프 노출을 포함하는 다양한 방법들이 시도됐다. 이 방법에서는 빛 세기 패턴이 부피 속에서의 간섭에 의해 발생되도록 몇 개의 레이저 빔이 적절한 각도로 레지스트를 비

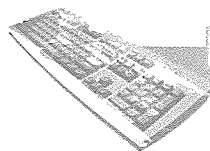
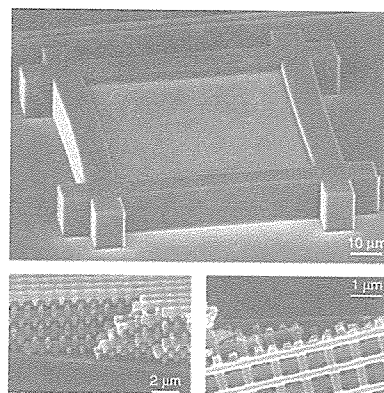
춘다. 더 처리하면 이 레지스터는 공기-물질 격자 혹은 다른 물질로 매우 다른 굴절률을 갖는 두 물질의 격자를 형성한다. 그러나 원하는 면중심입방(fcc) 격자를 만드는 것은 그 레지스트 내에서 얻기 어려운 빔 전파 각도를 요구한다.

이 문제를 극복하기 위해, 독일 칼스루(Karlsruhe)에 있는 칼스루 대학교와 칼스루연구센터(Forschungszentrum Karlsruhe)의 연구팀이 4개의 레이저 빔의 내부결합에 사용되던 코너큐브 프리즘(corner-cube prism)을 디자인했다.

이 프리즘이 없으면, 요구되는 각도들은 공기-포토레지스트 경계에서의 빔들의 굴절의 결과로 범위를 넘어선다. 4개의 빔들은 6ns 지속시간을 갖는 8mJ 펄스를 공급하는 단일모드 주파수 3배된 Nd:YAG 레이저로부터 얻어졌다. 각각의 빔은 편광과 강도에 관해 조절될 수 있었다. 연구원들은 근자

외선에서의 낮은 흡수와 노출 도중에 굴절률의 변화를 보이지 않는 마이크로캠(MicroChem)사 제품의 두꺼운 필름 레지스트(SU-8)를 선택했다. 레지스터에 대한 후굽기(post-baking) 및 현상(developing)으로 550nm의 격자 상수를 갖는 거의 fcc인 격자가 만들어졌는데, 680nm에서 약 13%에 이르는 뚜렷한 전송 감소가 나타났다.

(Laser Focus World, November 2004.)



광통신

빛보다 빠를 수 없는 신호 - 인과율 확인

스위스의 물리학자들이 정보가 빛보다 빨리 전송될 수 없다는 것을 확인했다. 제네바 대학교의 니콜라스 기신(Nicolas Gisin) 박사와 동료들은 광섬

유 내에서 레이저 펄스의 '군속도(group velocity)'는 빛보다 빠를 수 있지만 정보가 전달되는 '신호 속도(signal velocity)'는 그럴 수 없다는 것

을 보였다(N Brunner et al. 2004 Phys. Rev. Lett. 93 203902).

분산 매질에서 파의 전파는 위상 속도(phase velocity)와 군속도의 형태로

표현된다. 위상 속도는 한 파장의 빛이 움직이는 속도이다. 하지만 빛의 펄스는 분산 매질에서 다른 속도로 움직이는 일정한 영역의 파장을 포함하고 있다. 군속도는 이 펄스가 움직이는 속도이다. 특히 에너지는 위상 속도가 아닌 군속도로 전달된다.

최근에 물리학자들은 특정한 조건에서 이 두 속도 모두 특수 상대성 이론에 위배되지 않으면서 빛보다 빠를 수 있다는 것을 보였다. 이것은 두 속도 모두 펄스에서 정보가 이동되는 속도로 사용될 수 없다는 것을 뜻하며 정보 전달 속도를 나타내는 다른 속도인 신호 속도를 정의해야 할 필요가 생겼다. 이것은 펄스의 앞(front of pulse)이 진

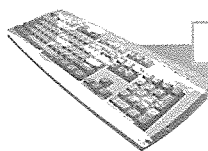
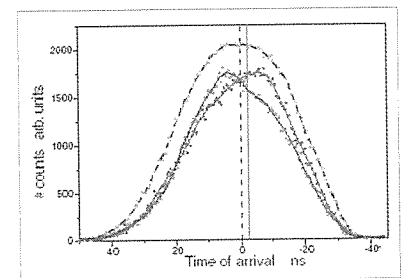
행하는 속도로 정의가 된다. 상대성 이론에 따르면, 이것은 진공에서 결코 빛보다 빠를 수 없다. 왜냐하면, 만약 그렇게 된다면 이것은 신호를 시간을 거슬러 보내는 것과 같기 때문이다. 즉, 인과율이 위배된다.

기신 박사 연구팀은 실험에서 편광된 광자를 입력과 출력 편광기 사이에 끼인 광섬유에 보냈다. 이 광섬유는 복굴절성인데, 이것은 광섬유에서 빛이 서로 수직으로 편광된 두 개의 펄스로 나뉘진다는 것을 뜻한다. 입력과 출력 편광을 주의해서 알맞게 선택을 함으로써, 이 제네바의 연구팀은 펄스의 앞면에 있는 광자가 보강 간섭을 하고 뒷면의 광자는 상쇄 간섭을 한다는 것을 알

아냈다. 펄스 앞면의 광자만이 정보를 주기 때문에 이 연구팀은 이것이 감지기에 도달하는데 걸리는 시간을 측정할 수 있었다.

기신 박사 연구팀은 광자의 비행시간(time-of-flight)에 대해 감지된 수를 그렸다.

(<http://physicsweb.org>)



광정보

마이크로 링 레이저 기반의 광메모리

네덜란드의 과학자들이 결합된 마이크로 링 레이저를 기반으로 하는 고속광학메모리를 개발했다.

링 공진기의 시계방향 및 반시계방향 레이징 특성을 이용하는 고속 저전력 광메모리 요소가 네덜란드의 연구진에 의해 개발됐다. 20ps 내에서 두 모드 간을 스위치하며 $18 \times 40 \mu\text{m}^2$ 의 면적을 차지하는 이 쌍안정 소자는 미래의 고속 광프로세서를 위한 기초요소가 될 수 있다(Nature 432 206).

마이크로 링 레이저는 일반적으로 두 개의 고유 레이징 모드를 가진다. 즉, 시계방향(CW)으로 진행하는 레이저 빛과 반시계방향(ACW)으로 진행하는 레이저 빛이 그것이다. 광도파로를 통해 두 개 링 레이저들을 연결함으로써 연구팀은 이러한 CW 및 ACW 특성을 이용하여 두 개의 안정된 상태를 갖는 시스템을 만들었다.

“레이저 펄스를 주입함으로써 상태 간 스위칭이 가능하다”고 아인트호벤 공과대학교(Technische Universiteit

Eindhoven)의 COBRA연구소의 연구원인 마틴 힐(Martin Hill)은 말했다. “소형의 저전력 특성을 가지므로, 하나의 다수를 하나의 칩 위에서 고속으로 함께 작동시킬 수 있다”고 힐은 설명했다.

이 개념을 입증하기 위해, 연구팀은 $16 \mu\text{m}$ 직경의 두 개의 마이크로 링 레이저(A와 B)를 $1.55 \mu\text{m}$ 를 방출하는 활성 InGaAsP 재료가 포함된 웨이퍼 상에 제작했다. 링과 레이저 간 용기도파로의 폭은 $2 \mu\text{m}$ 였다.

이 시스템은 13ps 지속시간의 빛 펄스를 이용함으로써 작동하는데, 펄스를 연결 도파로를 따라 전송시켜 시스템이 두 상태 중 한 상태로 레이징하게 한다. 첫 번째 상태에서는 레이저 A에서 나온 빛이 레이저 B를 주입 잠금(injection-lock)시켜서 오로지 CW 방향으로만 레이징하게 한다. 역으로, 두 번째 상태에서는(반대방향으로 펄스를 보냄으로써 작동됨) 레이저 B의 빛이 레이저 A를 주입 잠금시켜서 ACW 방향으로만 레이징하게 한다. 각각의 상태는 두 개의 입력들/출력들에서의 파워 레벨의 변화에 의해 검출된다.

“본질적으로 이것은 메모리나 게이

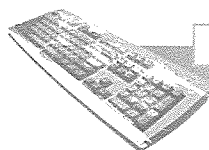
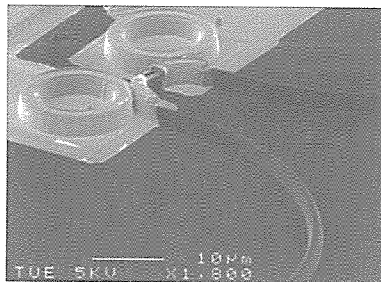
트와 같은 문턱함수를 위해 사용할 수 있는 단순한 기능”이라고 힐은 말했다. “그러나 아이디어는 광 디지털 시스템에서 더욱 발전된 비선형 기능을 구성하기 위한 기초요소로서 이것을 사용하는 것”이라고 힐은 덧붙였다.

연구팀은 조밀하게 집적시키고 많은 수의 소자들을 상호 연결시킴으로써, 고속 광프로세서를 개발하기를 바라고 있다. 이것은 원거리통신 분야와 같은 영역에서 데이터 속도를 높이기 위해 광섬유 네트워크 속에 있는 전자 기반 논리작용을 대체하는데 사용될 수 있다.

연구팀은 네덜란드과학연구기구

(NWO)의 후원으로 연구를 수행하고 있다. 웨이퍼 재료는 제이디에스 유니페이스(JDS Uniphase)사에 의해 공급됐다. 현재 연구원들은 레이저의 크기를 1 μ m 이하로 줄이는데 사용될 수 있기를 희망하는 광자결정기술을 개발하기 위해 한국의 동료들과 연구 중이다.

(<http://optics.org/articles/news>)



광학

고분해능 리소그래피용 광학렌즈

마이크로칩 극소형화 추세가 지속되고 있는 가운데 칼제이스(Carl Zeiss) SMT AG는 새로 개발한 Starlith 1400 라인의 리소그래피 렌즈를 이미 세계 최대 리소그래피 장비회사인 ASML에게 제공했다. 이들 렌즈를 통해 구조물 너비 65nm 이하인 마이크로칩을 가공할 수 있다. 즉, 현재 마이크로칩 생산공정에 사용되고 있는 주요 시스템보다 크기가 약 10% 줄어들었다.

렌즈는 ASML이 생산한 1400시스

템인 트윈스캔(Twincan) XT에 활용될 것이다. 분해능이 높아 공간을 덜 차지하여 더 비용 효과적인 대량 생산이 가능하므로 생산성이 크게 높아진다. 또한 칩의 소형화 기능으로 칩의 성능이 개선되어 시계 주파수 및 기능성이 더 높아진다.

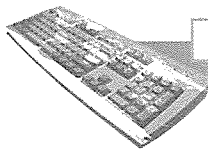
개발된 렌즈 시스템은 독특한 개구수차(Numerical Aperture) 값(0.65~0.93으로 가변적)과 완벽한 이미지 품질을 통해 분해능 65nm의 대량 생산을 가능케 할 것이다. ASML과 고

객 업체는 스캐너 시스템에서 렌즈의 통합시 분해능 55nm로 입증된 초기 시험을 인상적으로 지켜보았다.

칼제이스 SMT AG의 CEO이자 사장인 허먼 겔링거(Hermann Gerlinger) 박사는 “이를 통해서 193nm 노광 파장에서 칼제이스 SMT와 ASML이 누릴 수 있는 기술적인 이익이 더 많아진다”고 말했다. 한편, 칼제이스 SMT는 현재 액침 리소그래피용 Starlith 1400i 렌즈를 개발할 목표를 세웠으며, 2005년부터

ASML에 공급될 것으로 기대된다. 이 렌즈는 같은 구경과 분해능에서 초점 깊이를 더 높여 리소그래피의 많은 공정 매개변수를 완화시킬 것이다. 이를 통해 칩 제조업체는 생산량을 높일 수 있다.

(<http://physorg.com/news1936.html>)



광정밀

레이저 다이오드 파워변환효율 세계기록

알파라이트 (Alfalight) 사는 어제 LEOS (Lasers and Electro-Optics Society) 2004 연간 회의에서 976nm 다이오드 레이저 막대에서의 파워변환효율 세계기록을 세웠다고 발표했다.

DARPA 초고효율 다이오드 광원 (SHEDS) 프로그램의 후원을 받아 개발이 이뤄졌는데, 알파라이트는 25℃에서 71%, 10℃에서 73%의 파워변환효율 (PCE)을 갖는 50W, 976nm 레이저 막대를 시연했다. 이러한 성과는 2005년 3월까지 DARPA에 65% PCE 다이오드 레이저 막대를 제공하는 1단계 SHEDS 목표에서의 일정을

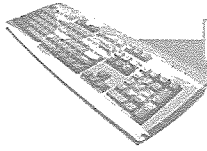
앞지르는 것이며, SHEDS 2단계로서 2006년 9월을 목표로 하는 80% PCE에 근접하는 것이다.

“알파라이트는 최근 고출력 다이오드 레이저 효율에 대한 기준을 세웠다”고 알파라이트의 기술임원장인 톰 얼스 (Tom Earles)는 말했다. “6월에는 4W 단일 방출기에서 65% 효율이 있었지만 지난 수 개월 간의 연구에서 얻어진 몇 가지 돌파구로 우리는 지금 50W 레이저 막대에서 71%를 능가하게 됐다. 우리는 이러한 유일무이한 고효율 ALFA (aluminum-free active-region) 다이오드 레이저 디자인을 우리의 차세대 상용제품에 결

합할 계획”이라고 얼스는 밝혔다.

알파라이트 연구팀은 레이저에서의 손실의 다양한 원천을 연구하고 그러한 원천을 고침으로써 이러한 고효율을 성취했다. 조심스런 밴드갭 기술로 양자 우물로의 캐리어 주입 효율이 향상됐고, 제한 구조의 변경으로 레이저의 동작 전압이 감소됐으며, 도파관 조정으로 레이징 광자의 산란과 흡수에 의한 손실이 줄어들었다. 80% SHEDS 목표를 향한 진행은 캐리어들을 2 혹은 심지어 3차원으로 제한하는 더욱 진취적인 기술을 포함하여, 효율을 더 향상시킬 것이다.

(<http://fw.pennnet.com/Articles>)



광정밀

전자적으로 유도되는 광결정 레이저

광 결정은 규칙적 간격으로 배열된 미세한 공기 구멍들이나 반도체 막대들을 포함하고 있어서 미세한 공간에서 빛의 방향 조절이 가능한 물질이다. 이 물질은 완전한 광컴퓨터 회로의 실현을 약속하며 레이저를 포함해 극저전력 광원을 제작하는데 이용될 수 있을 것이다.

연구자들은 레이저 빛을 만들어내는 광자와 원자 사이의 충돌을 강화하는 반사장치로서 작용하는 광결정 내의 미세 공동으로부터 레이저를 만들어 왔다. 하지만 이러한 레이저들은 광학적으로 펌핑되어 왔으며, 이것은 다른 레이저를 유도되어야 한다는 것

을 의미한다.

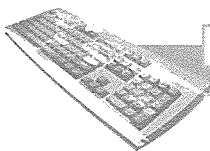
카이스트(KAIST)와 한국전자통신연구소(ETRI)의 연구자들은 전류에 의해 유도되는 광결정 레이저를 만들었다. 이 장치는 궁극적으로 양자 암호 및 양자 통신 장치에 단일 광자 발생장치나 극저전력 레이저, 또는 광결정 회로의 빛 생성기로 사용될 수 있을 것이다.

상온에서 작동하는 이 장치는 100만 분의 260 암페어의 전류를 이용해 1.5마이크론 파장의 빛을 만들어낸다. 참고로 레이저 포인터들은 1천 분의 수 백 암페어의 전류에서 작동된다. 레이저는 50마이크론의 폭을 갖

는 표면 위에 떠있는 광결정으로 구성된다. 1마이크론 높이의 반도체 기둥이 표면을 결정의 중심과 연결한다. 1마이크론은 1천 분의 1 밀리미터다. 이 기둥은 장치 내로 전류를 전달하는 전극으로 작용한다.

연구자들에 따르면, 전자적으로 유도된 광결정 레이저를 만드는데 있어 어려웠던 점은 이 기둥이 공동의 광학적 특성에 미치는 영향을 최소화하면서 전류를 효과적으로 전달할 수 있도록 구성하는 것이었다.

(<http://www.techreview.com>)



광정밀

전자적으로 유도되는 광결정 레이저

광 결정은 규칙적 간격으로 배열된 미세한 공기 구멍들이나 반도체 막대들을 포함하고 있어서 미세한 공간에서 빛의 방향 조절이 가능한 물질이다. 이 물질은 완전한 광컴퓨터 회로의 실현을 약속하며 레이저를 포함해 극저전력 광원을 제작하는데 이용될 수 있을 것이다.

연구자들은 레이저 빛을 만들어내는 광자와 원자 사이의 충돌을 강화

하는 반사장치로서 작용하는 광결정 내의 미세 공동으로부터 레이저를 만들어 왔다. 하지만 이러한 레이저들은 광학적으로 펌핑되어 왔으며, 이것은 다른 레이저를 유도되어야 한다는 것을 의미한다.

카이스트(KAIST)와 한국전자통신연구소(ETRI)의 연구자들은 전류에 의해 유도되는 광결정 레이저를 만들었다. 이 장치는 궁극적으로 양자 암

호 및 양자 통신 장치에 단일 광자 발생장치나 극저전력 레이저, 또는 광결정 회로의 빛 생성기로 사용될 수 있을 것이다.

상온에서 작동하는 이 장치는 100만 분의 260 암페어의 전류를 이용해 1.5마이크론 파장의 빛을 만들어낸다. 참고로 레이저 포인터들은 1천 분의 수 백 암페어의 전류에서 작동된다. 레이저는 50마이크론의 폭을 갖

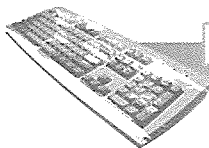
는 표면 위에 떠있는 광결정으로 구성된다. 1마이크론 높이의 반도체 기둥이 표면을 결정의 중심과 연결한다. 1마이크론은 1천 분의 1 밀리미터다. 이 기둥은 장치 내로 전류를 전달하

는 전극으로 작용한다.

연구자들에 따르면, 전자적으로 유도된 광결정 레이저를 만드는데 있어 어려웠던 점은 이 기둥이 공동의 광학적 특성에 미치는 영향을 최소화하

면서 전류를 효과적으로 전달할 수 있도록 구성하는 것이었다.

(<http://www.techreview.com>)



광소재

전극이 포함된 200m 광섬유

200m 이상의 게르마노실리카(germanosilica) 광섬유에 코어와 평행하게 뻗어 있는 내부 전극 도선을 갖도록 만드는 이 새로운 제조법에서는 인출과정 동안에 광섬유 속에 도선이 포함된다.

2차 광 비선형성을 유도하기 위해 광섬유를 극화(poling)함으로써, 전기 광학 변조기, 광스위치, 주파수변환기, 및 파장가변 브래그 격자와 같은 광섬유 기반 광소자와 광섬유에서의 파라미터 솔리톤과 같은 흥미로운 비선형 현상들에 대한 더 많은 기초연구의 가능성이 증대된다.

극화된 실리카 광섬유 소자는 낮은 결합손실과 긴 상호작용 길이를 제공한다. 열적 극화는 고온에서 광코어를 가로질러 높은 전기장을 인가함으로써 실리카 속에 2차 비선형성을 유도하는 과정이다. 공기에 비해 실리카 유전 붕괴가 높기 때문에 내부 전극을 포함함으로써 외부 전극을 가질 때보다 더욱 높은 전기장이 인가될

수 있다. 연속적인 전극을 가진 광섬유의 길이를 길게 만드는 것이 어렵기 때문에 길게 극화하는 것은 어려움이 컸다. 비선형 작용의 강도는 길이에 따라 증가하므로 극화시킬 수 있는 광섬유의 길이를 길게 만드는 것이 요구된다.

다양한 기술들이 적당한 길이(< 25m)의 전극을 게르마노실리카 광섬유 속에 구현하기 위해 사용됐다. 이러한 기술들은 모세관 형태의 광섬유 구멍을 통해 전극 용액을 뽑는 것을 요구하므로, 내부 광섬유 전극의 길이는 그 구멍을 통해 용액을 뽑아낼 수 있는 거리로 제한된다. 1Km까지 연속적인 전극을 가진 폴리머 광섬유가 만들어지기도 했지만 높은 전과손실로 통신용 파장에서는 적합하지 않다. 저자들은 집적된 전극을 가진 긴 게르마노실리카 광섬유를 만드는데 관련된 문제들을 새로운 기술로 극복했다.

22mm 직경의 모재가 개선된 화학

증기증착법으로 만들어졌다. 이 모재는 게르마노실리카 코어와 실리카 클래딩을 가진다. 한 개의 6mm 구멍이 초음파 밀링에 의해 코어의 한쪽 면에 만들어진다. 인출 공정에서 50 μ m 직경의 도선이 모재의 꼭대기에 있는 구멍을 통해 공급되어 광섬유 속으로 합쳐진다. 이것은 새롭고 어려운 방법이며 매우 길게 만들어질 수 있다. 인출은 200m으로 제한했는데, 이것은 사용된 모재의 길이 때문이다. 더 긴 모재를 사용하면 수 킬로미터의 전극 도선이 포함된 광섬유도 만들어질 수 있다.

제조된 광섬유의 광학특성은 1550nm 근처 파장의 많은 응용분야에 적합한 것으로 밝혀졌다. 측정된 광손실은 0.5dB/m 이하였고, 이것은 연속전극을 갖는 폴리머 광섬유의 손실의 10분의 1 정도이다. 측정된 비트길이(beat length)는 1550nm에서 4.5 \pm 0.5mm($\Delta n = 1.3 \times 10^{-4}$)였다. 광섬유의 편광 축은 코어-전극

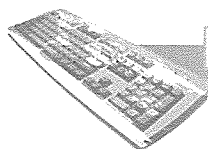
축과 일치했다. 0.9m 길이의 광섬유는 200°C까지 가열되면서 여러 시간 동안 3kV 전압을 받았다. 극화 후 2차 비선형 계수 r 은 $E_{dc}=0$ 에 대해 0.0125 pm/V로 측정됐다. 이 0이 아닌 r 값은 내부 고정 전계(frozen-in field)가 나타난 것이다. 이 고정 전계

는 외부적으로 2.5kV의 전계를 인가하면 상쇄될 수 있다. 이것은 고정 전계가 2.5 kV라는 것을 나타낸다.

영구적으로 유도된 2차 비선형성(0.0125 pm/V)은 인가될 수 있는 외부전압에 의해 제한된 것이다. D 광섬유 디자인을 이용하면 코어를 가로지

르는 전극 간격을 줄일 수 있는데, 이를 통해 코어를 가로지르는 전기장을 더 세게 만들 수 있고, 그러므로 최종적인 비선형성을 증가시킬 수 있다.

(Optics Letters, Vol.29, No. 18)



광통신

II-VI족반도체 재료를 이용한 초고속 반도체 광스위치

일본 산업기술종합연구소 광기술연구그룹은 1.55마이크로미터의 광통신 파장대역에 해당하는 서브 밴드 사이의 천이를 II-VI족 반도체 재료를 이용한 양자우물로서는 세계에서 처음으로 실현했다. 또 이 연구그룹은 이 서브 밴드 사이의 천이를 이용해서 세계에서 가장 빠른 스위칭 속도와 가장 낮은 소비전력을 동시에 가진 '서브 밴드 간 천이 초고속 반도체 광스위치'를 시험제작하는데 성공했다. 이로써 400Tb/s(테라비트/초) 급의 차세대 초고속 대용량 광통신 기술 개발이 가속화될 것으로 기대된다.

최근 인터넷을 중심으로 한 정보 유통량이 급증하고 있어 대용량 고속통신을 가능으로 하는 광 네트워크의 구축이 시급한 과제가 되고 있다. 대용량 광통신을 실현하기 위해서 채널의 수를 늘리는 노력과 함께 채널당 전송속도를 올리려는 노력이 지속되

고 있다. 그러나 전자소자는 채널 당 약 160Gb/s(기가비트/초) 이상의 속도에서는 스위칭 속도에 한계가 있기 때문에 송수신 신호처리를 전기회로로 하는 현재의 방식을 그대로 계속 적용할 수 없다. 그래서 160Gb/s 이상의 신호처리에서는 광신호를 전기신호로 변환하지 않고 그대로 광신호를 초고속으로 처리하는 기술이 필요하다.

이 기술의 열쇠가 되는 것이 '초고속 광스위치'의 개발이다. 그러나 전자와 홀을 이용하는 통상의 반도체 광소자를 광스위치로 동작시켜도 전자와 홀의 재결합에 시간이 걸리기 때문에 동작속도가 1나노초 정도가 되어 버린다. 이 때문에 160Gb/s 이상의 신호처리를 하는데 필요한 약 6피코초 이하의 고속동작을 실현하는 것은 곤란했다.

이것을 해결하는 수단으로서 전자

만을 반도체 양자우물에 가두고 그 때에 형성되는 에너지 레벨(서브 밴드) 사이의 광학 천이를 이용하면 원리적으로는 1피코초 전후의 고속동작이 가능하다는 것이 제안됐다. 그런데 종래의 광통신용 반도체 광소자에서 사용되는 반도체 재료를 이용해도 양자우물의 서브 밴드 사이의 천이 파장을 광통신 파장대역에 대응시키는 것이 곤란했고, 이를 해결할 수 있는 새로운 반도체 재료가 필요했다.

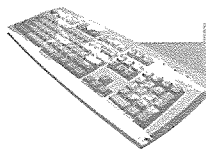
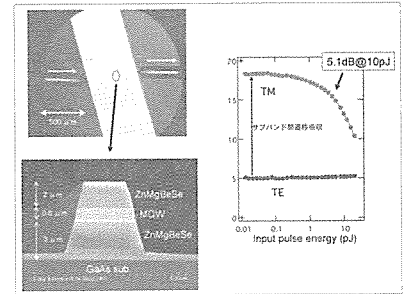
이번에 산업기술종합연구소는 분자빔 에피택시법을 이용한 고품질 결정 성장 기술을 적용하여 II-VI족 반도체 양자우물로서는 세계에서 처음으로 광통신 파장 대역에 대응하는 서브 밴드 사이의 천이를 실현하는데 성공했다. 또한 이 연구소는 광도파로 구조 제작 공정을 개발해서 II-VI족 반도체 양자우물을 이용한 '서브 밴드 간 천이 초고속 반도체 광스위치'의

모듈을 제작했다. 이 스위치의 작동속도는 세계 최고 수준인 200페토초였다. 스위칭에 필요한 빛 에너지도 아주 적어, 10pJ(피코 줄)의 광입력으로 5.1dB(데시벨)의 소광비를 얻었다.

이 성과는 초고속 광스위치의 실용화를 향해 한 걸음 내디딘 것이라고 할

수 있다. 연구팀은 향후 이 소자를 광통신 실험 시스템에 적용해서 스위칭 기능을 실증하고 스위칭 에너지를 1pJ 이하로 낮추기 위해 양자우물 구조와 광도파로 구조를 개선할 계획이다.

(<http://www.aist.go.jp>)



광통신

다중속도 펄스 무선광통신

“돌핀 칩(dolphin chirps) 같은 모양의 파형을 갖는 다중속도 초단레이저 펄스가 자유공간 광 무선신호가 구름, 안개 및 다른 불리한 기상 조건들을 뚫고 지나가도록 하는 새로운 방법을 제공한다”고 펜스테이트(Penn State)대학 엔지니어는 밝혔다.

이 새로운 방법은 전장에서 하늘과 지상 수송수단 간의 무선 통신에서부터 대학 캠퍼스 건물 간의 짧은 링크, 도시에 있는 모든 건물들을 연결하는 도시규모 네트워크에 이르는 범위의 응용분야에서 대량의 정보를 실어 나를 수 있는 광학 대역폭을 제공할 수 있을 것이다.

전기공학과 W. L. Weiss 교수이며 정보통신기술연구센터(Center for Information and Communications Technology Research)의 센터장인 모센 케이브라드(Mohsen Kavehrad)가 이 연구를 이끌고 있다.

“다중속도 방법은 많은 장점들을 제공한다. 예를 들면, 고속 신호는 구름이나 안개를 지나갈 수 없을 때 저속 신호는 지나갈 수 있다. 똑같은 메시지를 몇 가지 다른 속도로 보낼 때, 그들 중 하나는 필히 지나갈 수 있다”고 그는 말했다. “다중속도 방법은 모든 채널 상태에서 최소한 하나의 활성화 링크를 유지함으로써 통신 신뢰성의 수준을 증가시킬 뿐만 아니라, 통신 속도를 늦추기 보다는 2.5Gbps로 동작하는 기존의 광무선 링크보다도 더 높은 평균 비트속도를 얻는다는 것이 시험에서 증명됐다”고 그는 덧붙였다.

자유공간광학(FSO)으로도 알려진 광무선 시스템에서는 음성, 비디오 및 혹은 데이터 정보가 가시선(line-of-sight)의 점대점 레이저 빔으로 운반된다. 야외 FSO 시스템은 30년 이상 사용됐지만, 송신기와 수신기가 서로

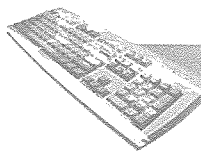
볼 수 없게 막는 날씨와 다른 방해물에 의해 곤란을 겪어왔다. 구름과 안개는 종종 급작스럽게 개서 단시간의 전송 창을 제공하는데, 이것은 펄스형태의 전송이 FSO에 더 적합하게 한다. 새로운 펜스테이트의 방법은 프랙탈 변조를 통해 웨이브릿으로 형성된 초단 펄스 레이저 광에 데이터를 끼운 뒤 그 웨이브릿을 다양한 속도로 전송한다.

공동 저자인 벨랄 함제(Belal Hamzeh)는 그 웨이브릿을 만들기 쉽다고 말한다. “우리는 웨이브릿을 만들고 분리하기 위해 홀로그래피를 이용한다. 먼저 모 웨이브릿을 만든다. 나머지들은 모 웨이브릿의 전송 비트 속도의 일부로서 만들 수 있다. 그것들은 간섭 없이 채널 내에 모두 공존할 수 있다”고 그는 지적했다. 펜스테이트 팀이 이용하는 웨이브릿은 마이어(Meyer) 타입인데, 이것은 돌핀 칩

같이 생겼다. 웨이브릿은 대역폭 낭비를 최소화하고 초단 펄스는 신호를

열화시킬 수 있는 비나 안개와 상호 작용을 거의 하지 않는다.

(<http://fw.pennnet.com>)



광계측

도달 거리를 늘린 광 센서 개발

유전 지대, 전력망, 다리, 댐이나 빌딩들을 실시간으로 모니터링 하는 기술은 국가적인 보안 문제에 있어서 매우 중요한 문제이다. 그러나 서로 다른 능력을 지닌 센서들을 이용해야 한다는 한계는 광범위하고 경제적인 센서 망을 만들고 신호를 전달하고 다중화를 시키는 데 있어서 장애가 되어 왔다. 광섬유 센서 망에서 센서 다중화는 광섬유 케이블을 통하여 센서들이 한 개의 광-전자 신호 처리 유닛으로 통합됨을 의미한다. 광 신호는 먼저 광 검출기에서 아날로그 신호로 변환되고 처리를 더하기 위하여 디지털 신호로 변환된다.

이에 따라 미국 버지니아 공대의 포토닉스 기술 연구 센터(CPT: Center for Photonics Technology)에서는 미국 시민과 산업의 하부 시설을 보호하는 사용되는 센서들의 도달 거리와 개수 제한이라는 센서 망의 문제를 연구하고 있다. CPT의 연구원들은 광섬유 내에서 센서들을 간격을 띄우고 제조하는 방법을 발견하였는데, 이것은 UV-유도 고유 파브리-페로 간섭계(IFPIs)로 불린다. 이들은 이

과정을 통하여 제작된 광 센서들의 도달거리가 한층 증가됨을 시연해 보였다. "우리는 한 개의 광섬유 케이블을 따라 훨씬 더 많은 센서 요소들을 배치시킬 수 있게 되었고, 이들 광섬유 케이블들은 여러 지역에 설치되어 컴퓨터 망으로 통합될 수 있다"고 버지니아 공대의 왕(Wang) 교수가 밝혔다. 이론적으로는 이 같은 컴퓨터 망이 전 지역에 걸쳐 서로 연결될 수 있다고 한다.

하부 시설 모니터링은 최소한의 유지 보수 노력에도 불구하고 넓은 지역을 덮을 수 있는 센서들을 필요로 한다. 또한, 센서들은 가격이 극히 저렴해야 하며 여러 가지 종류의 가혹한 환경에서도 견딜 수 있어야 한다. 반도체 기반 전자 센서들은 가격이 저렴하고 무선 전송을 이용하여 넓은 지역에 걸쳐 전송을 할 수 있다. 그러나, 이들은 전자파 간섭(EMI)에 약하고, 섭씨 125도 이하의 상대적으로 낮은 온도 조건을 요구한다. 이러한 제한에 대한 한가지 해결책은 전자 센서들을 더 비싼 광섬유 기반 센서들과 통합시키는 것인데, 광섬유 센

서의 경우에는 훨씬 더 높은 온도에 견디며 높은 해상도와 정확도를 제공해 줄 수 있다. 이런 장점에 한 가지 걸림돌은 한 개의 광섬유에 걸쳐 배치되는 수 백 개의 센서들을 다중화시키는 문제였다.

왕교수 그룹에서는 자신들의 센서 기술이 적어도 다중화 기능을 10배 이상 증가시킬 수 있다고 확신하고 있다. 여기에 더하여 이러한 능력이 센서들의 데이터 융합과 컴퓨터 네트워크를 통하여 여러 배 증가되고, 이로써 인프라에 있어서 핵심 요소인 실시간 모니터링이 가능한 여러 종류의 센서를 통합시키는 시스템을 구축할 수 있을 것으로 보고 있다. FP 간섭계는 온도, 인장, 압력, 전자계 및 초음파 센싱에 사용되어 왔었다. 버지니아 공대 실험에서는 새로운 UV-유도 IFPI 센서가 온도, 인장, 압력 등을 포함하는 서로 다른 물리적 변수들을 측정할 수 있음을 보여주었고, 섭씨 600도의 온도에서도 동작 가능함을 보여주었다.

(<http://www.eurekaalert.org>)