

광원

LANL의 양자점 기술의 상업적 이용

로스알라모스 국립연구소(LANL)는 자신들의 반도체 양자점 기술을 상업적으로 이용할 수 있도록 하고 있다. LANL 양자점 포트폴리오는 조명, 태양에너지, 레이저 및 코팅을 포함하는 폭넓은 응용분야에 양자점을 이용하는 것을 담고 있다.

이 포트폴리오에 있는 구체적인 항목 들로는 두 개의 새로운 양자점 발광다이오드(LED) 구조, 양자점들을 많이 포함하는 물질을 만드는 세 개의 졸겔법(sol-gel methods), 동적 홀로그래프 제조법, 그리고 태양전지와 같은 광자소자에서의 열손실을 줄이면서 효율을 극적으로 높이는 방법들이 포함된다.

일반 조명, 디스플레이, 그리고 교통 신호등을 포함하는 많은 조명 분야들은 효율적이며 컬러를 선택할 수 있는 광원들로부터 이득을 볼 수 있다. 양자점은 크기 조절된 방출컬러 및 높은 방출효율을 뛰어난 광안정성 및 화학적 유연성과 결합한 발색(chromophore)이다. 그러나 발광 기술에 나노결정체들을 적용하는 것은 캐리어의 전기적 주입의 어려움으로 크게 방해받아 왔다. LANL 포트폴리오는 이러한 분야에서의 최신 기술을 발전시킨 두 개의 새로 개발된 구조들을 포함한다.

첫 번째 LED구조는 질화갈륨(GaN) 주입 층으로부터 형성된 p-n 접합에 반도체 양자점들이 통합된 양자점 기

반 발광다이오드이다. 이러한 양자점/GaN 혼성구조의 제조에서의 중요한 단계는 새로운 증착기술을 사용하는 것이다. 강력 중성원자빔 리소그래피/에피탁(energetic neutral-atom-beam lithography/epitaxy)라는 이 기술은 양자점의 무결성이나 방출 효율에 역효과를 주지 않으면서 GaN 매트릭스 내의 나노결정체들을 캡슐화할 수 있다.

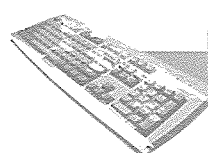
두 번째 LED 구조는 양자우물로부터의 비접촉 비복사 에너지 이동을 이용하여 인접한 양자점 층으로부터 빛을 발생시킨다. 현재의 형태는 CdSe/ ZnS 양자점들의 덮개 층을 갖는 전자-정공 쌍이 주입된 InGaN 양자우물이다. 양자점들을 덮는 절연 유기층을 가로질러 빛을 방출하는데 필요한 전자-정공 쌍을 주입하는 대신, LANL의 기술은 포스터 에너지 이동(Forster energy transfer)으로 알려진 비복사 이동 과정을 이용한다.

LANL 포트폴리오에 있는 세 개의 새로운 졸겔법(sol-gel methods)으로 콜로이드 금속 나노결정뿐만 아니라 콜로이드 양자점들도 혼합한 고체 합성물의 합성이 가능하다. 이러한 공정으로 투명한 고체 매트릭스 물질과 캡슐화된 나노결정들의 성분에 따른 유익한 특성을 갖는 코팅의 생산이 가능하다. 이 졸겔 기반의 용액들은 매우 잘 가공되며 평면 필름 형태

로 고체 합성물을 만드는데 사용될 수 있거나 다양한 다른 형태와 구성의 고체 합성물을 성형하는 데에도 이용될 수 있다. 세 기술 모두 잘 다듬어졌고 즉시 상업화될 수 있다. 응용분야에는 나노결정필름, 광자 소자(예를 들면, LEDs, 광스위치, 광증폭기, 그리고 레이저), 코팅 및 UV 필터 등이 포함된다.

포트폴리오의 마지막 부분은 태양전지와 같은 광자 소자에서 효율을 올리고 열손실을 줄이는 방법이다. 특히 이것은 캐리어 증배(초기에 발생된 높은 에너지의 캐리어들로부터 추가의 캐리어들을 반도체 물질에서 발생시킴)를 통한 효율적인 캐리어 발생법이다. 캐리어 증배는 벌크 반도체에서는 비효율적이지만, 양자제한 물질에서는 매우 효율적이다. 이 향상된 캐리어 증배는 캐리어의 효율적인 발생을 이용하는 모든 광학 및 전자 소자 분야에 유익하다. 응용으로는 태양전지, UV로부터 원격외선 파장까지의 감도를 갖는 광다이오드, 광스위치, 그리고 광증폭기 등이 포함된다. LANL 양자점 연구에 관한 정보는 quantumdot.lanl.gov 에서 얻을 수 있다.

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



광통신

40Gbps 전송 성능 시험

자신들의 광 네트워크 성능의 최적화를 모색하는 운영자들은 광신호대잡음비(OSNR, 선로의 전력예산에 의해 결정됨)를 최대화하면서도 적절한 분산관리를 통해 비선형 손상을 최소화해야 한다. 그들은 색 분산, 유효코어면적, 감쇠 및 라만이득효율과 같은 광섬유의 특성에 대해 책임을 지는데, 이 모든 특성들은 특히 높은 비트 속도에서 성능에 영향을 미칠 수 있다.

이러한 것을 염두에 두고, 영국 아스톤 대학교(Aston University)와 프랑스 텔레콤(France Telecom)의 연구원들은 16×40Gbps 비영귀환(NRZ) DWDM 전송시스템에 대한 광섬유 유형과 분산 관리의 영향을 연구했다. 이 연구팀은 단일 채널과 WDM 두 가지 구성에서의 중심 파장(1550.12nm)의 성능을 시험했는데, 3가지 유형의 광섬유에 대해 2가지 분산지도(dispersion maps)를 사용했다.

분산지도 1은 사전보상을 하지 않은 반면, 지도 2는 증폭 거리에 걸쳐 누적된 분산의 절반과 같은 음의 프리칩(prechirp)을 했다. 전송 선로는 세 개의 100km 광섬유로 구성되는데, 각각은 어둠 도핑 광섬유 증폭기와 분포라만 증폭기를 포함한다.

분산지도 1의 경우, 광섬유 2와 3은 단일 채널 전송에 대해 극미의 OSNR 패널티를 초래했지만, 광섬유 1은 10^{-12} 의 비트에러율(BER)에서 1dB의 패널티를 나타냈는데, 이것은 주로 채널내부의 비선형 효과에 기인한다. WDM 전송의 경우, 모든 광섬유들은 10^{-10} 의 BER 에러 범람을 만들었는데, 이것은 지도 1이 누적되는 교차위상변조(XPM)에 대해 허용될 수 없다는 것을 의미한다.

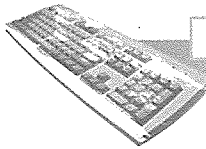
그러나 지도 2는 광섬유 1의 단일채널 OSNR 패널티를 없앴고 WDM 전송에서의 에러 범람을 제거했는데,

이것은 XPM 영향이 이 계획안에서는 제한된다는 것을 의미한다. 10^{-12} BER에서의 OSNR 패널티는 광섬유 3에 대해 0.75dB 이하였고, 광섬유 1과 2에 대해서는 각각 1.25 및 1.75dB 정도였다.

연구원들은 G.625 및 G.655 광섬유들이 이러한 구성에서 비슷한 40Gbps 성능을 나타냈다고 결론지었는데, 이것은 전송 패널티의 레벨을 전반적으로 결정하는 것이 분산관리이며 지도 1은 40Gbps WDM 전송에 최적이지 아니라는 것을 의미한다. 그들은 분산 관리 계획이 잘 선택된다면 높은 분산을 가진 광섬유가 채널 내부의 비선형성에 영향을 덜 받고, 중간 정도의 분산을 갖는 광섬유는 뛰어난 40Gbps 전송 성능을 나타낸다고 지적했다.

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

FIBRE PERFORMANCE			
Parameters at 1550nm	Fibre 1	Fibre 2	Fibre 3
ITU specification	G.652	G.655	G.655
chromatic dispersion (ps/nm/km)	17	8	4.3
dispersion slope (ps/nm ² /km)	0.07	0.058	0.085
effective core area(μm ²)	80	65	72



광정밀

단일 종모드 공진 Ho:YAG 레이저

홀륨야그(Ho:YAG) 레이저 붕에 대한 열부하를 최소화함으로써, 영국 사우스햄튼 대학교(University of Southampton)의 연구팀은 눈에 안전한 2- μm 스펙트럼 영역에서의 효과적인 고출력 단일주파수 레이저를 실제로 입증했다. 이러한 광원은 원격탐지 및 분광학에 유용하며 비선형 광학을 이용하여 손쉽게 중요한 3~5 μm 영역으로 주파수를 내릴 수 있다.

비결은 펌프 다이오드의 790nm 방출을 Ho:YAG 레이저의 2.1 μm 출력으로 2단계 과정을 통해 변환하는 것과 첫 번째 단계(붕의 바깥)에서 대부분의 열을 방산하는 것이다. 다이오드가 이중클래드 톨루미다이버 레이저를 펌핑하는데, 그 1921nm 출력이 직접 Ho:YAG 레이저를 펌핑한다. Ho 레이저의 작은 양자결함은 최소의 가열을 보장하며, 대부분의 열이 광섬유 레이저에서 버려진다. 광섬유 레이저의 4.7m 길이는 열 방산을 쉽게 한다. Ho:YAG 붕의 가열은 아주 작아서 열렌즈 효과로 인한 악영향은

실험에서 관찰되지 않았다.

이 연구원들은 그들의 Ho:YAG 레이저를 나비 넥타이 구성으로 배열했는데, 광섬유 레이저로부터의 펌프광이 반사경을 통해 이 실험장치 속으로 결합된다. 반사경 M4, M3 및 M5는 레이저 붕을 통한 또 다른 빛 경로를 위해 그 펌프 복사광을 반사하여 96퍼센트까지의 펌프 복사가 흡수되도록 한다. 다이오드로부터의 790nm 43W 파워가 광섬유로 입사되면, 광섬유 레이저는 Ho:YAG 레이저를 위한 790nm 8.8W의 펌프파워를 만들고, 이것은 다시 2.1 μm 3.7W의 단일모드 출력을 만들게 된다.

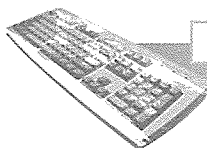
대부분의 고체레이저와 마찬가지로 Ho:YAG는 동종확장(homogeneously broadened) 되어 있는데, 이것은 밀도반전 상태의 모든 이온들이 모든 레이저 종모드에 이득을 제공할 수 있다는 것이다. 이러한 상황에서 모드들은 서로가 경쟁하게 된다. 다른 고려 대상이 없다면, 하나의 종모드

가 우세하고 다른 것들은 소멸되어 이 레이저는 자연적으로 그 종모드에서 공진할 것이다.

사우스햄튼 연구원들은 그들의 나비 넥타이 링에서의 단방향 공진을 위해 새로운 방법을 사용했다. 편광자와 패러데이회전자로 구성되는 일반적인 격리기 대신, 그들은 하나의 음향광학 변조기를 공진기 속에 넣었다. 더 적은 표면들을 가지므로, 이 변조기는 공동내부 손실이 격리기를 사용할 때보다 더 적었는데, 이것은 상대적으로 이득이 낮은 CW 레이저에서는 중요한 장점이 된다.

변조기가 완전한 브래그 각도에서 약간 어긋나면, 그것은 한 방향으로 진행되는 파에 반대방향으로 진행하는 파보다 더 많은 손실을 생기게 한다. 이러한 약간 차이(연구원들은 이 양은 아주 미량의 부수적인 손실이라고 생각한다)는 하나의 진행파가 우세하기에 충분했다.

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



광정밀

40nm 파장가변 전기펌핑 MEMS VCSEL

독일 다름슈타트(Darmstadt, Germany)에 있는 투칩포토닉스 AG(Two-Chip Photonics AG)사와

다름슈타트 공과대학교(Technische Universität Darmstadt) 그리고 독일 뮌헨(Munich, Germany)에 있는 뮌헨

공과대학교(Technische Universität München) 과학자들의 공동 연구로 전기적으로 펌핑되는 40nm 가변파

장 범위의 수직공동표면방출레이저(VCSEL)가 개발됐는데, 이 범위는 지금까지 보고된 이러한 소자들 중 가장 넓은 가변 범위이다. ~1553에서 ~1595nm까지에서 단일모드로 레이징되는 이 레이저는 원거리통신에서 뿐만 아니라, 미량가스 감지, 계측학, 공정제어 및 의료진단 분야에서도 중요하게 응용될 수 있을 것이다.

기계적으로 이 레이저는 두 개의 칩으로 구성되어 있다. 즉, VCSEL 증폭기와 미소전자기계시스템(MEMS) 반사막이 그것이다. 반사막의 고유한 굴곡(곡률반경은 대략 5.5mm)은 두 개의 칩이 조립될 때 두 칩 간의 정밀한 정렬의 필요성을 제거한다. 출력 결합기로서 작용하는 이 반사막과 반도체의 바닥에 있는 금반사경/절연분포브래그반사체 조

합이 공진기를 형성한다.

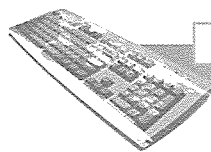
이 레이저가 반사막을 통해 전류를 흐르게 함으로써 파장이 가변되는데, 반사막을 가열하여 팽창시키게 된다. 반사막이 팽창함에 따라, 레이저 공진기가 길어지고, 출력이 더 긴 파장으로 변경된다.

이 레이저의 출력 파워는 약 40nm의 범위에 걸쳐 가변되는 동안에도 상대적으로 일정하다. 최대 출력 파워는 약 100 μ W이다. 이러한 낮은 수치는 두 개의 요인으로 쉽게 설명될 수 있다. 과학자들은 반사막의 반사도가 99.95퍼센트로 높다고 산정했는데, 이것은 이러한 저이득 레이저에 대해서조차도 요구되는 최적의 결합과는 먼 것이다.

파장가변 속도는 많은 응용분야에서 중요한 변수이기 때문에, 그들은

그들의 열전가변 레이저의 파장가변 주파수 응답을 측정했다. 그들은 3dB 차단주파수가 약 500Hz, 계단함수 입력에 대한 1/e 시정수는 약 1ms라는 것을 알았다. 비록 이러한 규격들은 정전기적으로 가변되는 MEMS 레이저보다는 낮지만, 많은 응용분야에 적합하다고 이 과학자들은 말한다.

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



광소재

자기회합 분자 광 스위치

간단하고 저렴한 방식으로 광섬유 네트워크를 통과하는 정보를 아주 짧은 시간에 라우팅 할 수 있는 분자유기필름이 개발됐다.

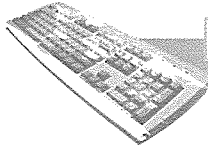
네이처 매터리얼(Nature Materials)지 2005년 1월호에서, 토빈 마크(Tobin Marks)와 그의 동료들은 전기적 특성과 광학적 특성을 갖는 필름의 자기회합(self-assembly)에 대해 설명했는데, 이 필름은 빛 신호

를 먼저 전기신호로 전환해야 할 때의 일반적인 병목현상 없이, 빛 신호가 서로 다른 경로들 사이에서 스위칭 될 수 있게 함으로써 신호가 처리되는 시간을 크게 줄여준다.

지금까지는 인가되는 전기장에 따라 굴절률이 변하기에 특별한 전기광학(electro-optic) 물질들에 대한 연구의 대부분은 리튬 나이오베이트(lithium niobate)와 같은 무기 결정

체에 집중되어 왔었지만, 이러한 물질들은 비싸고 관련 기술들과의 결합이 어려웠다. 이와 대조적으로, 마크 등에 의해 개발된 이 유기 물질은 저온에서 아주 적은 비용으로 거의 모든 기관으로도 성장될 수 있어서 광도파로 및 다른 장치들의 구조와 쉽게 결합될 수 있다.

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



광통신

실리콘 링 레이저를 이용한 전광 스위치

광섬유를 통해 신호들은 빛의 속도로 통과하지만, 전체 광통신은 빛을 기반으로 하는 장치 대신 전자 장치를 이용하여 신호들이 온/오프 되고 네트워크에서의 경로설정이 이루어지므로 빛보다 훨씬 느리다. 과학자들이 제2의 광 빔을 이용한 정보 운반 광 빔의 스위칭을 포함하는 광 네트워크를 빠르게 하는 방법에 대해 연구해 오고 있지만, 이러한 장치들은 값비싼 물질들로 만들어지거나 너무 커서 컴퓨터 칩에 맞지 않다.

코넬 대학교(Cornell University)의 연구원들은 실리콘으로 만들어지며 충분히 작아서 컴퓨터 칩 위에 수천 개가 만들어질 수 있는 전광 스위치를 개발했다. “우리는 실리콘 위에서 하나의 저전력 광 빔이 다른 광 빔을 켜고 끌 수 있는 장치를 입증했다”고 코넬 대학교의 조교수인 미셸 립슨(Michal Lipson)은 말했다. 립슨에 따르면, 이 연구원들의 전광 스위치는 450피코초 내에 켜지거나 꺼지는데, 이것은 최근에 생긴 실리콘 전자기계 광스위치보다 70배 정도 빠른 것이다. 이 전광 스위치는 수 피코초 정도로 빠를 가능성이 있다. 피코초는 1조 분의 1초이다. 즉, 1피코초는 31,709년 당 1초이다.

이 스위치의 첫 실질적인 응용은 광 섬유 통신네트워크에서 신호들을 라우팅하는 장치에서 이루어질 것이라고 립슨은 말했다. 오늘날, 광학 신호들은 일반적인 전자 칩에서 처리될 수 있는

전기 신호로 전환되고 흔히 재전송을 위해 다시 광학 신호로 전환되어야 하는데, 이것은 매우 느린 과정이다. 전광 스위치는 신호들을 광 및 전기 사이에서 전환할 필요가 없게 할 것이며, 따라서 그 시스템을 극적으로 빠르게 할 것이다.

다른 실리콘 전광 스위치 프로토타입들은 하나의 칩 위에 장착되기에는 너무 크거나 높은 전력의 레이저를 필요로 한다. 이 연구원들의 링 공진기 스위치는 20마이크론의 길이이며 25피코주울의 아주 작은 에너지로 동작할 수 있는데, 이것이 이 스위치를 광학 칩에서의 사용에 적합하게 한다. 1피코주울은 1조 분의 1주울, 혹은 하나의 자외선 광자의 에너지의 1,000배이다. 더블A 배터리는 약 1,000주울의 에너지를 담고 있다.

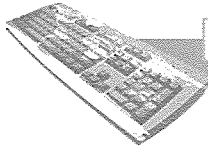
코넬의 전광 스위치는 원형의 도파로 혹은 링 공진기에 연결된 일직선의 도파로를 혹은 빛 채널들로 이루어져 있고, 둘 다 450nm의 폭인데, 선의 중간에 원이 접하는 구성이다. 빛은 통상 시에는 도파로에서부터 링으로 진행한다. 그런데 만일 링 공진기의 원주가 사용된 빛의 파장의 배수라면, 링은 공진 혹은 그 빛에 동조한다. 이것이 그 빛이 링으로 들어가는 것을 막는다. 아주 약간 다른 파장의 두 번째 광 빔을 이 장치에 비추면, 링의 굴절률을 변경 시킴으로써 첫 번째 빔을 막는다. 이

두 번째의 스위칭 빔은 링 공진기속의 실리콘에 흡수되는데, 이것이 그 링 속에서 전자들을 발생시킨다.

전자들의 농도는 이 링의 굴절률을 약간 변경시키는데, 이것은 다시 공진 주파수를 바꾼다. 이것이 링의 신호 빔과의 동조를 막아서, 빔이 링으로 들어가는 것을 막는다. 링의 양쪽에 도파로를 두는 구성으로 신호들을 한 도파로에서 다른 도파로로 라우팅하는 것이 가능해진다. 스위칭 빔으로 이 장치를 켜면 신호 빔은 한 도파로에서 링을 통해 다른 도파로로 지나간다. 이 장치는 특정한 파장에서 작동하므로, 일련의 이 장치들은 다른 파장의 여러 신호들을 하나의 통신 채널로 넣거나 빼는 전광 분기결합 다중화기를 만드는데 이용될 수 있다.

이 연구원들은 링의 가장자리를 더 부드럽게 만들어서 도파로에서의 빛 손실 양을 줄이는 연구를 하고 있다. 그들은 이 스위치를 더 작게 만들고 있는데, 이것은 전력 요구를 줄일 것이며 속도를 증가시킬 것이다. 립슨의 연구 동료들은 빌슨 R. 알메이다(Vilson R. Almeida), 카를로스 A. 바리오스(Carlos A. Barrios) 그리고 로베르토 R. 파네푸치(Roberto R. Panepucci)이다. 이 연구는 네이처지 2004년 10월 28일자에 실려 있다. 이 연구는 DARPA, AFOSR, 국립과학재단(NSF)의 기금을 받았다.

(<http://lw.pennnet.com/News>)



광계측

스캐닝레이저를 이용한 3-D 마이크로구조 제작

보스톤에 있는 프라운호퍼 USA 제조혁신센터(Fraunhofer USA Center for Manufacturing Innovation)와 보스톤 대학교(Boston University) 제조공학과와 엔지니어팀은 스캐닝레이저 시스템을 이용한 마이크로유체 구조의 신속한 제조법을 보고했다. 이 3차원적인 접근법은 생물학 및 생물공학 분야를 위한 마이크로유체 부품의 생산에 응용될 가능성을 가지고 있다.

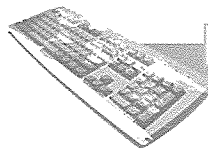
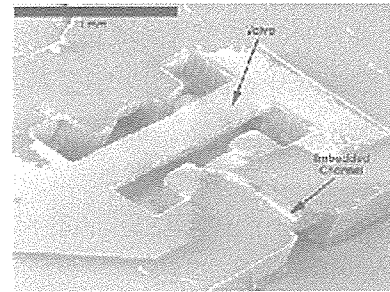
이 기술에서는 355nm 파장에서 동작하는 다이오드 펌프 나노초 펄스 Nd:YAG 레이저로 2축 스캔 헤드와 확장 렌즈를 통해 혼성중합체와 PAG(photo acid generator : 빛에 의해

산을 발생시키는 재료)를 노출시킨다. 이 시스템은 입사 축을 따라서 레이저 파워의 비균일 분포를 생기게 한다. 그러므로 이 엔지니어들은 펌프 다이오드의 전류를 제어하고 포커스 레벨을 변화시킴으로써 포토레지스트의 적당한 지점에서 Nd:YAG 레이저의 원하는 노출에너지가 생기도록 하여 면내(in-plane) 가공 및 면외(out-of-plane)를 가공할 수 있다.

이 방법을 입증하기 위해 이 연구원들은 볼록 마이크로렌즈 및 오목마이크로렌즈 그리고 외팔보 형태의 빔들의 배열을 포함하는 다양한 마이크로구조들을 제작했다. 그들은 또한

3000 μm 길이의 외팔보 형태의 빔에 마이크로밸브를 부착한 기능성 부품도 제작했다. 이 밸브에 대한 시험으로 장착되어 있는 유체 채널을 통과하는 흐름을 제어할 수 있는 것으로 밝혀졌다.

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



광통신

원자 정보를 광자에 전달하는 양자 통신 구현

조지아 공대의 물리학자들이 두 개의 다른 원자 집단에서 단일 광자에 양자 정보를 전달하는 실험에 성공했는데, 이는 양자 통신 시스템의 개발에 한 걸음 더 다가갈 수 있는 중요한 성과이다.

사이언스지의 10월 22호에 보고된 바에 따르면, 이번 성과는 대규모 양자 네트워크의 개발을 이끌 수 있는 결과로 보인다. 애리조나 투손(Tucson)에 위치한 연구 과제 지원 연합(Research Corporation)과 나사에

의해 지원된 이번 실험의 결과는 물질로부터 빛으로 양자 정보의 전달을 보여준 최초의 성과로 여겨지고 있다.

조지아 공대 물리학과와 조교수인 알렉스 쿠즈미흐(Alex Kuzmich)와 대학원생인 드미트리 마츠크비치(Dzmitry Matsukevich)는 두 개의 다른 그룹을 가진 루비듐 원자로부터 단일 광자로 원자 상태의 정보를 전달하는 내용의 실험 결과를 보고했다. 전달된 광자 내에 수직과 수평의 편광 상태에 따라 원자 그룹의 공간

상태에 대한 정보가 담겨 있다.

“양자 정보 시스템에서의 정말 큰 이슈는 양자 네트워크에 분산되어 있으며 이를 위해서는 물리적인 정보인 양자 비트를 광자에 전달할 수 있어야만 한다. 우리의 결과는 최초의 성과이다. 우리가 한 것은 양자 네트워크 노드(node)를 만든 것으로, 다음 단계는 또 다른 양자 노드를 만들어 노드 간의 정보 전달에 관한 내용일 것”이라고 쿠즈미흐는 말했다.

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