

# Air-silica 미세구조 광섬유를 이용한 500 nm 1100 nm의 넓은 파장대역을 갖는 극초단 펄스의 발생

## Super-continuum generation with a spectrum from 500 nm to 1100 nm using an air-silica microstructure fiber

강용훈, 홍경한, 성재희, 남창희  
한국과학기술원 및 결맞는 X선 연구단  
kangyh@kaist.ac.kr

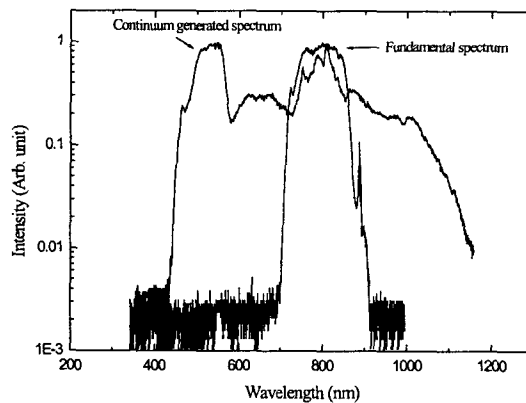
실리카(silica) 단일모드광섬유는 비선형 상호작용을 일으키기에 좋은 매질로서 알려져 있다. 이는 작은 영역에 큰 세기의 빛을 집속할 수 있고 실리카 매질의 광손실이 적기 때문이다. 따라서 이 광섬유를 사용하여 자기위상변조(SPM), 유도라만산란, 유도브릴루앙산란 등의 비선형 현상들이 관측 되었다.<sup>1</sup> 그러나 실리카 단일모드광섬유를 이용한 비선형 상호작용의 세기는 색분산(chromatic dispersion)에 의해 감소하게 되며, 가시광 영역에서 실리카 매질은 큰 정상 군속도분산(normal group-velocity dispersion)을 가지므로 이 영역에서 비선형 현상이 크게 제한 받게 된다. 그러나 air-silica 미세구조 광섬유를 사용하면 군속도 분산의 크기를 임의로 조절 할 수 있다. air-silica 미세구조 광섬유의 특징은, 단면을 보았을 때 실리카 코어를 클래딩(cladding)이 둘러싸고 있는 것이 아니라 작고 같은 크기의 공기 구멍이 주기적으로 싸고 있는 것이다.<sup>2</sup> 이 구멍들은 waveguide 분산 특성을 가지고 있으며 비정상(anomalous) 군속도분산을 가지고 있으므로 실리카 코어의 정상군속도분산을 보상하게 된다. 공기구멍의 크기와 주기에 따라서 비정상 군속도분산의 크기를 조절 할 수 있고, 원하는 파장에서 분산이 0이 되도록 광섬유를 만들 수 있다.

본 연구에서는 air-silica 미세구조 광섬유의 비정상 군속도분산(음의 분산) 특성을 이용하여 극초단 레이저 펄스를 집속하여 500 nm 1100 nm 의 넓은 파장대역의 극초단 펄스를 생성하였다. 이 때 사용한 air-silica 미세구조 광섬유는 코어의 지름이 1.7  $\mu$ m 이고 공기구멍의 지름은 1.3  $\mu$ m 였으며 767 nm 에서 분산이 0 이고 그 이상의 파장에서는 비정상 군속도분산을 갖는다.<sup>2</sup> 입력 광원으로는 800 nm를 중심으로 110 nm의 스펙트럼 폭을 가지며 평균출력 220 mW인 펨토초 티타늄 사파이어 레이저를 사용하였고, 40배의 대물렌즈를 사용하여 10 cm 길이의 air-silica microstructure fiber에 집속하였다. 광섬유를 지나는 펄스는 비정상 분산 특성에 의해 펄스폭이 늘어나지 않으므로 강한 자기위상변조(SPM)가 일어나 스펙트럼이 넓어지게 된다. 이 때 얻어진 스펙트럼은 그림 1에 나타나 있다. 자기위상변조에 의하여 스펙트럼이 넓어지기 시작하면 4광혼합이나 라만산란 등의 비선형효과가 첨가되어 스펙트럼은 더욱 급격히 넓어지고 구조도 복잡해진다. 광섬유를 지난 후 나오는 펄스의 출력과 스펙트럼은 안정하여 수시간 일정하였고 출력은 80 mW 이며 푸리에 변환하여 얻은 변환한계의 펄스폭은 중심파장의 한 주기보다 약간 짧은 2.1 fs였다.

그러나 이처럼 넓은 스펙트럼의 위상은 비선형효과와 분산효과에 의하여 다소 복잡하게 나타나며

로3 프리즘이나 처프 거울 (chirped mirror) 등의 수동소자로는 위상을 평탄하게 만드는 데에 한계가 있다. 본 연구에서는 펄스를 압축하기 위하여 변형거울을 이용한 적응광학적 방법을 사용하였고, 압축된 펄스의 시간폭은 자체 상관계나 주파수 위상간섭계(SPIDER)를 사용하여 측정하였다.

본 연구는 과학기술부의 창의적연구과제를 통한 지원으로 이루어졌으며, 사용된 air-silica 미세구조 광섬유는 미국의 Lucent Technologies사에서 제공되었습니다.



[그림 1] 입사 레이저의 스펙트럼과 자기위상변조에 의해 늘어난 스펙트럼

#### 참고문헌

- [1] G. P. Agrawal, *Nonlinear Fiber Optics* (Academic, Boston, Mass.,1995)
- [2] Jinendra K. Ranka, Robert S. Windeler, and Andrew J. Stentz, *Visible continuum generation in air-silica microstructure optical fibers with anomalous dispersion at 800 nm*, Optics Letter, Vol. 25, No. 1, p 25 (2000)
- [3] Jinendra K. Ranka and Robert S. Windeler, *Nonlinear Interactions in Air-Silica Microstructure Optical Fibers*, Optics & Photonics News, p 20 (2000)
- [4] Erik Zeek, Kira Maginnis, Sterling Backus, Ulrich Russ, Margaret Murnane, Grard Mourou, and Henry Kapteyn, *Pulse compression by use of deformable mirror*, Optics Letter, Vol. 24, No. 7, p 493 (1999)