

Development of optical fiber source to apply OCT systems

엄태중, V. Tougbaev, 유봉안, 신우진, 이영락, 지상윤, 고도경

광주과학기술원 고등광기술연구소 광정보통신연구실

e-mail: eomtj@gist.ac.kr

김창석, 정은주

부산대학교 나노과학기술대학 나노시스템공정공학과

We have developed several types of optical sources for OCT applications. A high nonlinear PCF with end sealing and a short pulse laser were used to improve of OCT resolution. Additionally, an wavelength sept fiber laser was also developed for frequency-domain OCT.

최근 상대적으로 낮은 가격으로 고해상도의 생체영상 진단이 가능한 optical coherence tomography (OCT)에 관한 연구와 개발이 본격적으로 이루어지고 있다^[1]. 고분해능과 빠른 이미지 획득을 위해서는 다양한 요구조건을 만족시킬 수 있는 광원의 개발이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 그러한 특성에 맞추어 개발된 다양한 광원을 소개하고자 한다.

우선, 넓은 스펙트럼을 갖는 초광대역 광원의 개발은 수 마이크론의 고분해능으로 생체영상을 얻을 수 있는 첨단 OCT시스템의 개발을 위해 반드시 선행되어야 한다^[2,3]. 이를 위하여 본 연구에서는 공기 구멍의 크기와 간격을 조절하여 비선형 특성이 일반 광섬유에 비하여 매우 큰 high nonlinear(HN) photonic crystal fiber(PCF)와 초고출력 펄스 레이저를 이용하여 OCT용 광대역 광원을 개발하였다.

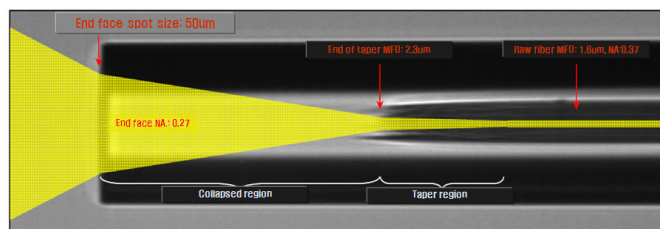
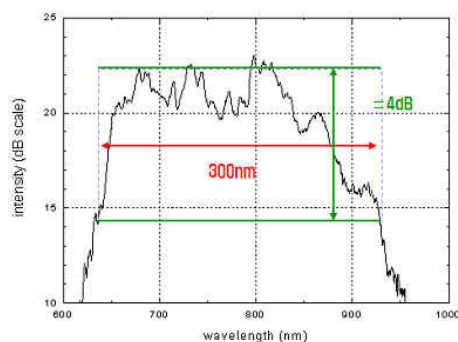
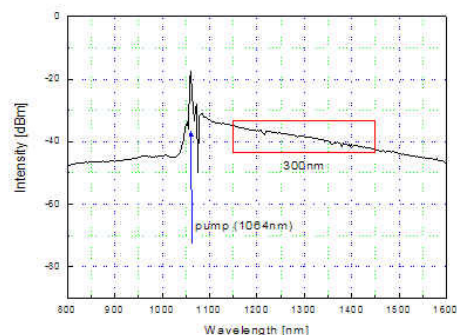


그림 1. End-sealing된 high non-linear PCF의 이미지



(a)



(b)

그림 2. 광대역 광원의 파장별 특성. (a) 800nm 중심파장에서 300nm 대역폭으로 ± 4 dB 이하의 평탄도와 (b) 1300nm 중심파장에서 1150nm에서 1450nm까지 ± 5 dB 이하의 평탄도를 가짐.

더욱이 사용의 용이성과 출력 파워의 향상을 위하여 PCF의 다공 구조 형태에 tapering과 collapsing을 가하여 단면의 강도를 향상 시키고, 받아 드릴 수 있는 빛의 NA 값을 줄였다 (그림 1 참조). 이를 바탕으로 그림 2에서 보이는 바와 같이 800nm 중심파장에서 650nm에서 950nm까지 $\pm 4\text{dB}$ 이하의 평탄도와 1300nm 중심파장에서 1150nm에서 1450nm까지 $\pm 5\text{dB}$ 이하의 평탄도를 가지는 광대역 광원을 각각 구성하였다.

또한 본 연구에서는 고속으로 생체영상을 획득하기 위한 OCT 시스템 개발의 일환으로 최근의 연구 추세인 주파수 영역의 간섭효과를 이용하여 기계적인 이동부분을 제거한 OCT 시스템 개발을 위하여 다양한 형태의 파장 가변 레이저에 관한 연구를 수행하였다^[4,5]. 파장 가변 광섬유 레이저는 OCT의 경우 광원의 가변 파장 영역이 넓을수록 생체 이미지의 해상도가 좋아지고 고속으로 파장가변을 반복할수록 실시간에 가까운 영상을 얻을 수 있다. 그림 3의 (a)는 semiconductor optical amplifier(SOA)와 Fabry-Perot tunable filter(FP-TF)를 이용하여 구현한 파장가변 레이저의 출력 스펙트럼이다. 그리고 실제 생체에 레이저 광을 조사할 경우에는 빛의 파장과 조사 부위에 따라서 레이저 세기가 제한된다. 조사되는 레이저 세기가 줄어들면 간섭무늬의 SNR이 감소되어 OCT 이미지가 불분명해진다. 이를 최소화하기 위한 시도로, Sagnac filter를 사용한 매우 촘촘한 간섭무늬로 필터링된 광원을 이용하여 OCT 시스템을 구성하였으며, 그림 3의 (b)는 광원의 출력 스펙트럼이다^[6].

앞서 여러 가지 연구된 OCT 광원에 대하여 간략히 소개 하였다. 이러한 다양한 형태의 OCT 광원에 관한 연구는 앞으로 보다 복잡적이고 다양한 분야에서 실용적으로 응용될 수 있으리라 여겨진다.

본 연구는 산업자원부의 신기술실용화사업(No. 10023577)과 지역산업공동기술개발사업(No. 70001322)의 일부 지원에 의한 것입니다.

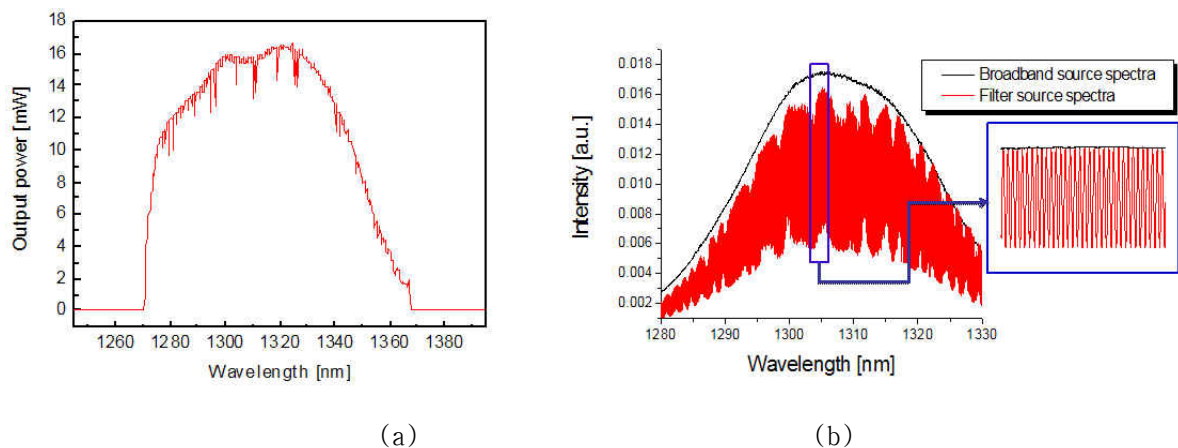


그림 3. (a) SOA와 Fabry-Perot tunable filter(FP-TF)를 이용하여 구현한 파장가변 레이저의 출력 스펙트럼, (b) Sagnac filter를 사용하여 매우 촘촘한 간섭무늬로 필터링된 광원의 스펙트럼

1. D. Huang, et. al, Science 254, 1178-1181, 1991.
2. B. Bouma, et. al, Opt. Lett. 20, 1486-1468, 1995.
3. S. Bourquin, et. al, Opt. Express 11, 3290-3297, 2003.
4. S. H. Yun, et. al, IEEE Photon. Technol. Lett., 16, 293-295, 2004.
5. R. Huber, et. al, Opt. Express 13, 3513-3528, 2005.
6. C.-S. Kim, et. al, Proceedings of SPIE Photonics West, 6849-10, 2008.