

EDF 흡수체를 이용한 OCT 분해능의 향상

OCT Resolution Enhancement with EDF as Absorber

최은서*, 김진채, 김영재, 이병하
 광주과학기술원 정보통신공학과
 cesman@kjist.ac.kr

OCT(Optical Coherence Tomography)는 실시간에 생체의 단면을 절개하지 않고도 고해상도의 단층 이미지를 얻을 수 있다는 장점을 지니고 있다. 이러한 면에서 OCT는 현재 사용되고 있는 여러 image modality들의 낮은 분해능을 해결할 수 있는 진보된 대안으로 각광을 받고 있다. 최근 OCT에서 가능한 이미지의 분해능은 수 μm 정도까지 보고되고 있다.^[1] 이러한 OCT의 분해능은 사용하는 광원에 의해서 결정된다. 이상적인 가우시안 모양의 광원을 이용하는 경우 가능한 분해능은 광원의 반치폭 값에 반비례하게 된다. 그러므로 고분해능의 이미지를 얻기 위해서는 보다 넓은 파장 대역을 가지고 있는 광원이 필요하게 된다. 가장 이상적인 경우는 백색광을 이용하는 경우로써 원리상으로 볼 때 $1 \mu\text{m}$ 이하의 분해능도 가능하다. 그러나 실험적으로 구현하는데는 있어서 여러 제약이 있기 때문에 주어진 광원을 이용하여 분해능을 향상시키고자 하는 여러 연구가 보고되고 있다.^[2]

현재 사용하고 있는 OCT 광원으로는 SLD(Superluminescent diode), EELED(Edge-emitting LED), ASE(Amplified spontaneous emission) 광원 등이 있다. SLD의 경우에는 가우시안에 유사한 모양을 가지고 있고 광원의 세기도 적절하여 많은 실험에서 사용되어 지고 있다. ASE의 경우에는 SLD보다도 큰 광세기를 가지고 더 넓은 파장대역을 포함하고 있다. 그러나 광원의 모양이 가우시안 형태와는 다른 모습을 보이고 있다. 이러한 광원의 개형은 광섬유 내에 포함되어 있는 물질중 어븀(Erbium)의 특징에 기인한다. 그 결과로 낮은 분해능과 주위의 여러 side lobe가 생기게 되어 실제의 이미지와는 다른 왜곡된 정보를 줄 수 있다. 그러나 ASE 광원의 개형을 적절하게 조절이 가능하다면 큰 광세기를 유지하면서 고분해능을 기대할 수 있다. 본 실험에서는 주어진 ASE 광원의 모양을 EDF(Er-doped fiber)와 광편평 정도를 조절함으로써 분해능을 향상시킬 수 있음을 확인 하고자 하였다.

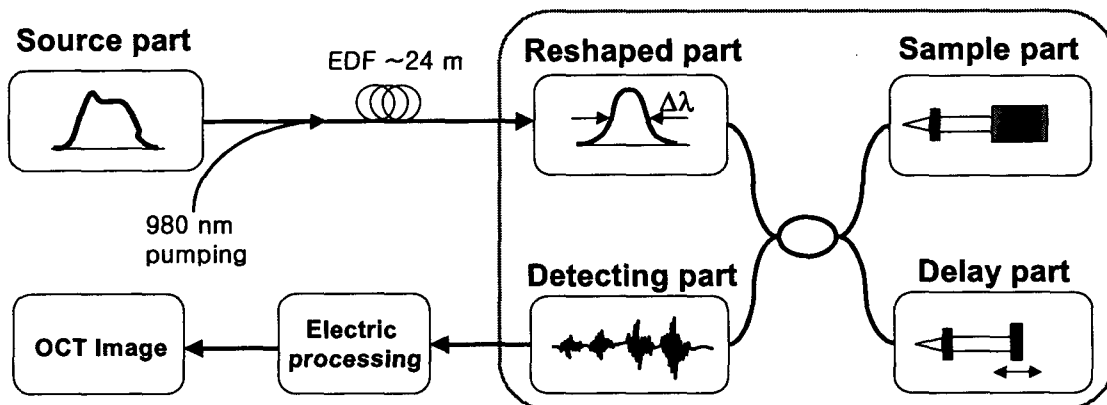


그림 1. 분해능 향상을 위한 OCT 시스템 개략도. EDF를 이용한 광원 spectral shape의 조절이 가능하고 이에 따른 OCT의 분해능 성능을 직접적으로 실시간에 측정할 수 있다.

EDF는 광펌핑을 하는 경우에는 이득을 가지게 되지만 반대로 광펌핑을 하지 않는 경우에는 손실로 역할을 한다. 또한 ASE 광원의 모양을 적절히 조절하는데는 파장에 대한 의존성을 가지는 필터가 필요한데 이를 위해서 EDF를 이용하였다. 실험장치의 간단한 개략도는 그림 1과 같다. 먼저 ASE 광원에서 나온 빛을 신호단에 연결하고 손실로 작용하게 할 EDF를 통과시키면서 광펌핑 세기를 변화시켜 광원의 개형을 조절한다. 조절된 광원을 OCT 시스템 광원 부분에 연결하여 간섭계를 지난 뒤 측정단에서 나오는 간섭무늬를 측정하였다. 실험에 사용한 EDF의 길이는 약 24 m 정도였고 220 mA 까지 광펌핑이 가능하였다. 샘플단에는 금속 거울을 놓았으며 광지연단은 16 mm/s의 속도로 scanning을 하였다.

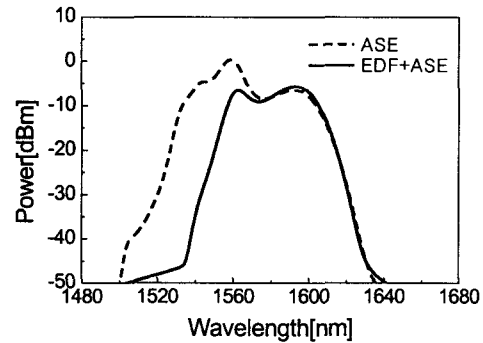


그림 2. EDF를 사용하기 전(ASE)과 후 (EDF+ASE)의 ASE 광원의 스펙트럼.

실험 결과는 다음과 같다. 그림 3(a)에서 보듯이 광원의 모양을 개선하기 전의 분해능은 25 μm 정도의 값을 보였다. Side lobe의 값도 주위에서 점진적으로 작아지기는 하지만 넓게 분포하고 있었다. 그러나 그림 3(b)에 그림과 같이 개선 후에는 분해능이 20 μm 이하(약 19 μm)로 줄어들었다. 또한 side lobe의 모습도 높이가 낮고 범위도 좁아진 것을 볼 수가 있다. 개선 전에는 중앙과 주위의 side lobe가 구분이 안되고 매우 높고 넓게 분포하고 있다. 그러나 개선 후에는 명확한 구분이 가능하였다.

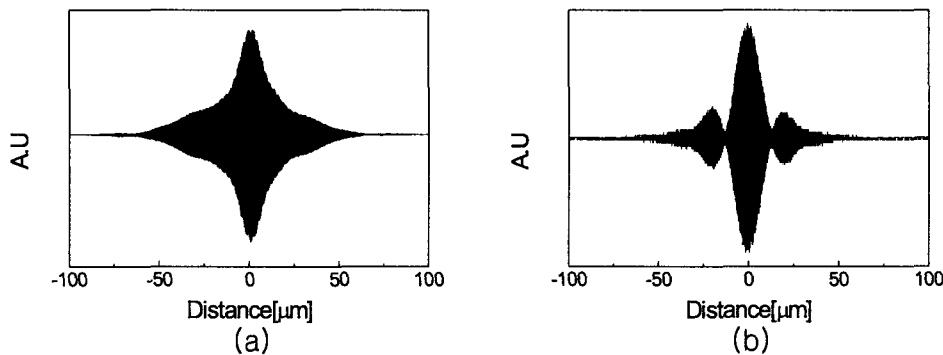


그림 3. ASE 광원을 EDF 흡수체를 이용하여 spectral shape을 개선하기 전(a)과 후(b)의 interferogram의 비교.

본 논문에서는 흡수체로서의 EDF와 이에 인가하는 광펌핑 정도를 조절하여 OCT의 분해능을 향상시킬 수 있는 방법을 제시하였다. 그 결과로 분해능은 개선 전에 25 μm 정도에서 20 μm 이하의 값으로 향상되었고 동시에 주위의 side lobe도 현저히 줄어드는 것을 볼 수가 있었다. 이러한 방법을 적절히 이용한다면 큰 광세기를 유지하면서 동시에 고분해능을 갖는 OCT 시스템이 가능할 것이다.

본 연구는 광주과학기술원의 ERC, BK-21, 산업자원부 사업의 일부 지원금에 의한 것입니다.

1. A. F. Fercher and et al, Opt. Comm. 185, 57 (2000).
2. Y. Zhang and et al, Opt. Lett. 26, 205 (2001).