

## C-band EDFA 에서의 온도 의존성 억제

### Athermalization of optical gain in C-band EDFA

류 우 찬\*, 임 영 은<sup>1)</sup>, 오 경 환<sup>1)</sup>

한국광기술원 시험·인증 및 신뢰성평가 센터, 광주과학기술원 정보통신과<sup>1)</sup>

#### Abstract

C-band EDFA 에서 이득의 온도 의존성을 억제하는 방법을 설명한다. C-band 에서 온도에 의한 이득 변화가 알루미늄을 첨가한 EDF 와 다른 특성을 보이는 안티몬을 첨가한 EDF 제작 방법과 인출한 광섬유의 특성을 소개한다. -40°C 에서 +80°C 까지의 온도변화에서 0.37dB 이하의 향상된 온도의존성을 보인다.

광통신 기술에 대한 관심이 장거리 광 전송에서 광 가입자망으로 옮겨 가면서 광통신 부품의 가격 경쟁력 확보를 위한 온도 의존성 억제에 관심이 집중되었다. 온도 의존성을 억제한 광원이 온도 조절용 전자회로를 제거하고 그에 따라 전력 소모를 줄인 Un-cooled LD 이다. [1]. 그러나 EDFA 는 이득 특성이 항상 온도에 의존하는 [2] 것으로 알려져 있어 온도 의존성 억제에 대한 매우 제한된 방법들이 제안되었다. EDF 를 통해 온도 의존성을 억제하는 방법으로 이론적으로 제안된 것이 불소 첨가 EDF 와 실리카 첨가 EDF 를 함께 붙이는 방법이다. [3]. 그러나 이 방법은 이중 광섬유를 연결하는데 발생하는 접속 손실과 불소 첨가 EDF 의 내환경성 등의 문제가 존재한다. 따라서 온도에 의존한 이득 특성이 기존 EDF 의 온도 의존성을 줄이면서 동시에 실리카를 바탕으로 하여 신뢰성과 접속손실 문제를 제거할 수 있는 특수한 EDF 의 개발이 필요하다.

본 논문에서는 이득의 온도 의존성을 줄이는 방법으로 안티몬이 첨가된 EDF 를 기존 알루미늄 첨가 EDF 와 연결하는 방법을 설명하고자 한다.

안티몬이 첨가된 Multi-component silicate (MCS) EDF 에서 이득 대역 확장에 대한 연구 결과가 보고 되었고 [4] 또한 알루미늄 첨가

Silica EDF 와 연결하여 이득 변화를 억제한 결과도 보고 되었다 [5]. 그러나 안티몬이 첨가된 MCS 광섬유는 도가니로를 이용하여 제작하였으므로 실리카 광섬유보다 신뢰성이 적고 특수한 접속 방법이 필요하다. 자외선에 광감성을 가지고 광섬유 격자의 온도 안정성이 향상된 안티몬 첨가 광섬유가 Sol-gel 법으로 제작되었다 [6]. 이 Sol-gel 법을 응용하여 Er<sup>3+</sup> 이온을 안티몬 함유 실리카 유리에 첨가한 EDF 의 표본, Sb-EDF 1 과 Sb-EDF 2 를 제작하였다. 표본의 성분은 각각 3.5 mole% antimony oxide 와 96.5 mole% SiO<sub>2</sub> (Sb-EDF 1), 6% antimony oxide, 1% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and 93% SiO<sub>2</sub> (Sb-EDF 2)로 추정된다. 클래딩 125μ m 에서 LP<sub>11</sub> 모드의 차단파장이 약 850nm 가 되도록 광섬유를 인출하였다. 측정된 최대 흡수는 각각 1536nm 에서 14.5 dB/m (Sb-EDF 1), 1531.5nm 에서 85dB/m (Sb-EDF 2)였다. OH 흡수 손실에 의한 1200nm 에서의 최저 손실은 0.5dB/m 였다. 기존 SMF 와의 접속손실은 0.2dB 이하였다.

이득 특성을 측정하기 위해 이단 증폭기를 구성하고 -2dBm 출력을 가진 20 개의 입력 신호를 인가하였다. 이득 특성은 광섬유를 온도 시험기 안에서 -40°C 에서 +80°C 까지 조절하면서 측정하였다.

먼저, 알루미늄 첨가 실리카 광섬유인 OFS-MP980 10m 에 대한 흡수 스펙트럼을 Fig.1 (a)에, 20°C 를 기준으로 한 변화를 Fig. 1 (b)에 나타내었다. 1525~1565nm 에서 20 개 입력 신호가 약 1dB 변화였다.

다음으로, 안티몬 첨가 EDF, 즉 Sb-EDF 1 과 2 를 이득 수준이 비슷하도록 광섬유 길이와 펌프 출력을 조절하여 측정하였다. Sb-EDF 1 은 3.5m 이고 Sb-EDF 2 는 30cm 일 때 이득 변화를 측정한 것이 각각 Fig. 2 (a)와 (b)이다. -40~+80°C 에서 이득의 변화는 Sb-EDF 1 이 0.75dB 이고 Sb-EDF 2 가 0.32 dB 이다. 그 변화 방향은 Fig. 1 (b)의 기존 실리카 EDF 와 경향성을 알 수 있다. 그러나 이 광섬유는 낮은 효율과 높은 Er 농도 때문에 이득이 매우 작다. 따라서 기존 EDF 인 OFS-MP980 과 함께 사용하여 아래와 같이 온도 의존성을 억제함과 동시에 이득과 출력의 향상을 추구하였다.

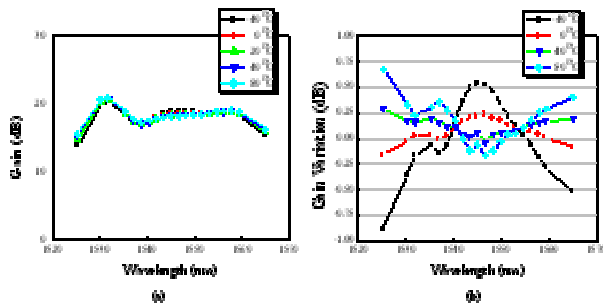


Fig. 1) (a) OFS-MP980, 10m 의 특성 (a) 이득 스펙트럼, (b) 온도에 따른 이득변화

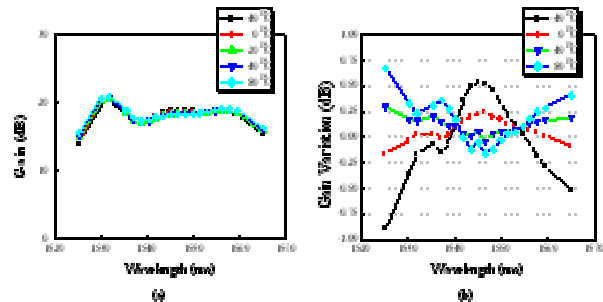


Fig. 2) 안티몬 첨가 EDF 의 특성, (a) Sb-EDF 1, (b) Sb-EDF 2

두 종류의 복합 구조를 구성하였다. Fig. 1 과 비슷한 15dB 이득을 얻도록 980nm 펌프 출력을 조절하였다. Fig. 3 (a)는 2m OFS-MP980 사이에 5.2m Sb-EDF 1, 5.2m, (b)는

2m OFS-MP980 사이에 Sb-EDF 2, 30cm 를 연결한 EDFA 의 특성을 보여준다. Fig. 3 (a)에서 1537~1547nm 에서 0.2 dB, 1555~1565nm 에서 0.16dB 이하의 이득 변화를, 그리고 Fig. 3 (b)에서 1525~1565 nm 대역에서 0.37dB 변화를 볼 수 있다.

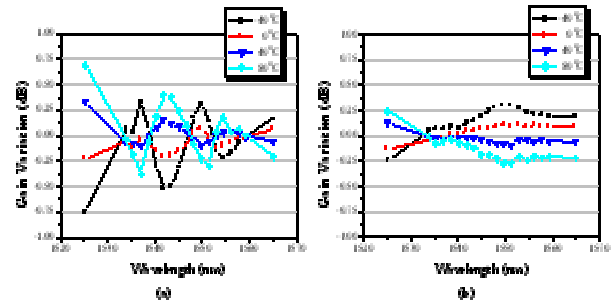


Fig. 3) 복합 구조에서의 이득 변화 (a) 2m OFS-MP980 사이에 5.2m Sb-EDF 1, (b) 2m OFS-MP980 사이에 Sb-EDF 2, 30cm.

결론적으로 EDFA 의 온도 의존성을 제어하기 위하여 안티몬 첨가 실리카 EDF 를 기존 실리카 EDF 사이에 삽입하는 구조를 도입하였다. 비슷한 출력에서 기존 EDF 와 온도 의존성이 감소하고 경향성이 다른 두 가지의 안티몬 EDF 를 제작하고 기존 EDF 와 연결하였다. OFS-MP980 과 결합하여 Sb-EDF 1 은 20nm 에서 0.2dB 이하의 이득 변화를 보였고, Sb-EDF 2 는 30nm 이상의 대역에서 0.37dB 이득 변화를 보였다. 광가입자망에 적용할 수 있는 가격 경쟁력이 있도록 온도 의존성이 억제된 EDFA 의 가능성을 확인할 수 있다.

참고문헌

[1] M.C. Wang, et. al, *Electronics Letters*, 1995, **31** (18), pp.1584-1585.  
 [2] F. A. Flood, *J. of Lightwave Technol.* 2001, **19** (4) pp. 527-535.  
 [3] J. H. Lee, in *OFC 1998*, paper WG1.  
 [4] A. J. E. Ellison, et. al, in *OFC 2001*, paper TuA2.  
 [5] A. J. E. Ellison, et. al, in *OAA 1999*, paper PD2.  
 [6] K. Oh, et. al, *Optics Letters*, 2002, **27** (7), pp. 488-490.