

**

1.54um 광섬유 광증폭기용 Er³⁺-doped Zirconiumfluoride 유리 제조
(Fabrication of zirconiumfluoride Glasses used for 1.54um Fiber Amplifier)

조 운 조, 김 명 옥*, 조 재 철, 최 상 삼
(한국 과학기술원)

초 록

1.54um 파장에서 최대 형광을 나타내는 ZrF₄-BaF₂-LaF₃-AlF₃-NaF : ErF₃ 유리를 built-in-casting 법에 의해 제조하였다. Er³⁺ 이온을 0.2몰부터 4몰까지 첨가하였으며, Er³⁺ 이온의 4I_{13/2} 준위의 lifetime 은 Er³⁺ 이온 0.2몰부터 2몰까지 농도에 따라 증가하였고, 2.2몰부터 3.8몰까지 28msec 로 최대값을 갖으며 4몰일때는 급격히 감소하였다.

1. 서 론

최근 증폭속 플루오라이드 유리가 레이저 호스트, 광섬유 광증폭기용 호스트, 적외선-가시광선 변환기 등의 재료로서 많은 연구가 진행중이다.⁽¹⁾ Er 이온이나, Nd 이온이 첨가된 유리는 특히 적외선 레이저 발진이나 광증폭기용 재료로 적합하다. 기존의 실리카 광섬유가 1.5um 근처에서 최대 투과율을 가지므로, 광통신용 repeater 나, 광감지 소자용 광신호 증폭기로서, 1.5um 광섬유 광증폭기가 필요하다.⁽²⁾

Er 이온의 4I_{13/2} 준위에서 4I_{15/2} 준위로의

전자전이와 1.5um 파장에 해당되므로, Er 이온을 첨가제로 사용하였다.⁽³⁾

Zirconiumfluoride 유리는 실리카 유리와 비교하여 첨가물질 농도를 비교적 높일 수 있는 장점이 있다.⁽²⁾

2. 제조과정 및 광학적 특성

ZrF₄ 를 기본조성으로 갖는 zirconiumfluoride 유리는 ZrF₄-BaF₂-LaF₃(ZBL), ZrF₄-BaF₂-LaF₃-AlF₃(ZBLA), ZrF₄-BaF₂-LaF₃-AlF₃-NaF(ZBLAN) 등으로 대표된다.

이들 유리중 열광학 계수값 (dn/dT)이 가장 작고, 작업온도 (Tx-Tg)가 커서 광섬유 인출에 유리한 ZBLAN 유리를 광섬유 광증폭기용 host 물질로 선택하였다. 1.54um 광신호를 광증폭하기 위한 첨가물질로는 Er 이온을 이용하였고, ZBLAN 유리에 0.2몰부터 4몰까지 순차적으로 첨가하였다.

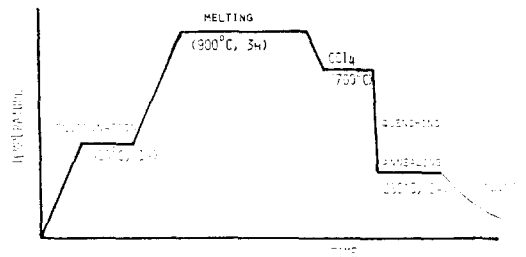


그림1. ZrF₄ 를 기본조성으로 한 유리의 제조공정도

** 이 발표논문은 과학기술처 특정연구 과제와

관련입니다.

Er 이온이 첨가된 ZBLEAN 게 유리 제조공정을 그림 1에 나타내었다. 사용한 유리의 조성은 $53ZrF_4-20BaF_2-4LaF_3-3AlF_3-20NaF$ 이고, 사용한 원료는 모두 순도 99.9% 이상의 증금속 플루오르화물이며 일본 Rare Metallic Co. 제품이다. 각 조성대로 혼합할 10g 의 batch 를 약 3g 의 $NH_4F \cdot HF$ 와 혼합하여 백금 도가니에 넣고, 약 $400^\circ C$ 에서 1시간 질소분위기로 원료에 존재할 수 있는 산화물을 플루오르화 반응시켰다. 플루오르화된 batch 를 $800 - 900^\circ C$ 로 가열하여 용융시킨 후, $700^\circ C$ 로 온도를 낮추어 CCl_4 기체로 유리내에 남아 있는 OH^- 기를 제거하였다. 용융된 유리를 $280^\circ C$ 로 예열된 brass mold 에 부어 급냉시켜 원통형 막대 모양으로 만들고, 약 2시간 annealing 시켜 냉각 과정에서 유기된 stress 를 제거하여 상온까지 서냉시켰다.

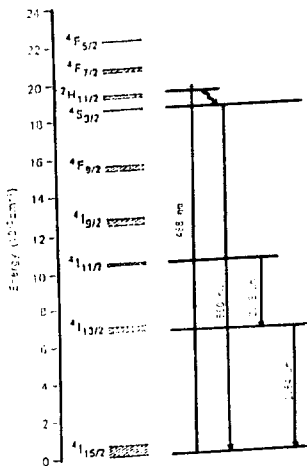


그림 2. Er^{3+} 이온의 에너지준위와 형광도표

Er^{3+} 이온을 그림 2와 같은 에너지 준위를 갖으며, $4I_{13/2}$ 준위에서 기저 준위인 $4I_{15/2}$ 준위로 전자가 전이할 때 $1.54\mu m$ 형광을 방출한다. 제조된 ZBLEAN 유리의 $4I_{13/2}$ 준위의

lifetime 을 Ar 레이저 $488nm$ 출사광으로 pumping 하여 측정하였다.

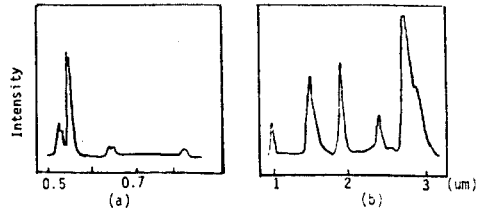


그림 3. Er^{3+} 이온이 첨가된 ZBLEAN 유리의 형광스펙트럼 (a) 가시광선 (b) 적외선

그림 3은 Er^{3+} 이온 1몰이 첨가된 ZBLEAN 유리를 Ar 레이저 $488nm$ 출사광으로 펌핑하여 구한 가시광선 및 적외선 스펙트럼이다. 가시광선 형광도표 (a) 에서 $550nm$ 파장 형광은 $4S_{3/2}$ 준위에서 $4I_{15/2}$ 준위로의 전자 천이때 방출되며 적외선 형광도표 (b) 에서 $1.54\mu m$ 및 $2.78\mu m$ 파장 형광은 각각 $4I_{13/2}$ 에서 $4I_{15/2}$, 그리고 $4I_{11/2}$ 에서 $4I_{13/2}$ 준위로의 전자 천이때 방출된다.

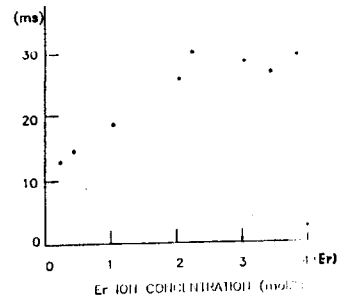


그림 4. Er 이온이 첨가된 유리의 Er 이온 $4I_{13/2}$ 준위의 lifetime

Er^{3+} 이온의 $4I_{13/2}$ 준위 lifetime 은 그림 4에서 보듯이 Er^{3+} 이온의 농도에 따라 변화하였으며, Er^{3+} 이온이 1.2몰 첨가되었을 때 12msec 이고, 2몰 까지 순차적으로 26msec 까지 증가하였다. Er^{3+} 이온이 2.2몰부터

3.8몰까지 첨가된 경우는 평균 28msec 의 lifetime 을 갖으며, 가장 긴 lifetime 이다. 그러나, Er^{+3} 이온이 4몰 첨가된 유리는 4msec 로 급격히 감소하며, 이는 Er^{+3} - Er^{+3} 이온간의 상호 에너지 전이에 의한 concentration quenching 효과이다.

3준위 레이저의 경우, population inversion이 일어날 수 있는 pump power I_p 와 lifetime τ_{21} 과의 관계는 다음과 같다.(4)

$$I_p = \frac{h\nu_p}{\sigma A \tau_{21}} \quad (1)$$

식(1)에서 ν_p 는 펄스 레이저 진동수, σA 는 흡수, cross section 이다.

식(1)에서 보는 바와 같이 lifetime τ_{21} 이 길면 I_p 가 작아지므로 레이저 발진을 위한 threshold power 가 낮아진다. 따라서, 제조된 유리를 1.54um 발진용 광섬유 레이저 재료로 사용할 경우 첨가된 Er^{+3} 이온의 농도는 2.2몰 3.8몰이다.

3. 결 론

몰조성인 $53ZrF_4-20BaF_2-4LaF_3-3AlF_3-20NaF$ 유리를 제조하였으며, 1.54um 용 광섬유 광증폭기 제작을 위하여 Er^{+3} 이온을 0.2몰부터 4몰까지 순차적으로 ZBLAN 유리에 첨가하였다. Er^{+3} 이온이 첨가된 유리의 $Er^{+3} 4I_{13/2}$ 준위의 lifetime 을 측정하였으며, Er^{+3} 이온이 2.2몰부터 3.8몰까지 첨가된 유리가 가장 긴 lifetime 을 갖고 있다. 제조된 ZBLEAN 유리의 1.5um 광신호에 대한 광증폭비, gross gain β 곡선은 차우에 구하였다.

4. 참고 문헌

- (1) W.A. Sibley and D.C. Yeh, Extended Abstracts of 5th International Symposium on Halide Glasses, 564 (1988)
- (2) Paul Urquhart, IEE Proceedings 135, 385 (1988)
- (3) E. Heumann et al., Appl. Phys. Lett. 52, 255 (1988)
- (4) Laurence Reekie, Robert J. Mears, Simon B. Poole, and David N. Payne, J of LT, LI4, 956 (1986)
- (5) Charles J. Koester and Elias Snitzer, Applied Optics, 3, 1182 (1964)