

## Fe, Mn 도핑된 화학양론조성 $\text{LiNbO}_3$ 를 이용한 홀로그래픽 저장

### Holographic recording in near-stoichiometric $\text{LiNbO}_3$ co-doped with Fe and Mn

신현권, 이명규

연세대학교 신소재공학부

[sslack@yonsei.ac.kr](mailto:sslack@yonsei.ac.kr)

21세기 고도 정보 통신 시대에는 빠르고 정확하며 고밀도의 정보전달이 필수적인 요소가 되었고 이를 해결하기 위해서는 정보를 빛에 실어 보내는 광통신의 발전뿐만 아니라 고용량의 정보 저장이 가능한 저장장치의 개발을 요구하게 되었다. Holographic Data Storage (HDS)는 3-D 형태의 저장 방식으로 페이지 단위의 정보를 광학적 간섭 무늬로 광민감성 물질에 저장한다. Lithium niobate ( $\text{LiNbO}_3$ )는 광굴절 효과가 발견된 이후로 HDS용 미디어로 가장 폭 넓게 연구되어 온 광굴절재료이다.<sup>1)</sup>

$\text{LiNbO}_3$ 에서의 많은 물리적 특성은 Li/Nb의 비에 따라 급격하게 변하는데, 이번 연구에서 사용한 결정은 Fe (100 ppm)와 Mn (50 ppm)이 이중 도핑된 것으로서 Li/Nb 조성비(Li/Nb ratio = 49.7/50.3)가 일반적인 congruent 결정보다 훨씬 더 화학양론조성에 가까우며, as-grown sample과 산화 열처리된 sample (oxidized sample)을 비교분석하였다. Oxidized sample은 Fe 불순물이 대부분  $\text{Fe}^{3+}$ 로 존재하여 불순물 레벨에 전자가 거의 없는 비어있는 상태이고 as-grown sample의 경우 상대적으로 많은 수의 전자가 Fe 불순물 레벨에 존재하고 있다.<sup>2,3)</sup> 이러한 샘플의 transmission spectrum을 그림 1에 나타내었다. 대부분 Fe 불순물 레벨이 비어있는 oxidized sample은 투명하였고 비교적 많은 농도의 전자를 지니고 있는 as-grown sample은 약간의 색깔을 띠고 있다.

홀로그래픽 저장을 위한 광굴절 재료를 특징지어주는 주요 파라미터는 recording sensitivity, dynamic range등이 있으며 이번 연구는 514 nm 파장의 Ar ion laser를 사용하여 수행하였는데 저장 시 사용하는 두 빔은 동등한 세기로 나누었고 저장 빔에 의한 간섭무늬의 grating vector는 샘플의 c-axis와 평행하도록 하였다. 각 샘플 분석에 사용된 레이저의 total recording intensity는 oxidized sample 경우  $3.14 \text{ W/cm}^2$  였고, as-grown sample은  $1.2 \text{ W/cm}^2$  였다. 그림 2에 회절효율 (diffraction efficiency)의 시간에 따른 변화를 나타내었는데, sensitivity는 oxidized sample의 경우  $0.0012 \text{ cm/J}$ , as-grown sample의 경우  $0.2 \text{ cm/J}$  로 측정되었다. Oxidized sample의 낮은 sensitivity는 514 nm에서의 낮은 흡수율에 기인한다.

결과적으로 Fe 불순물 레벨이 거의 비어있는 oxidized sample은 낮은 recording sensitivity와 dynamic range를 보이는 반면에 Fe 불순물 레벨에 비교적 많은 농도의 전자를 포함하고 있는 as-grown sample은 약 100배가 높은 recording sensitivity를 보이고 있다. 측정된 erasure time constant을 고려하여 recording schedule을 유추하였고, 이에 따라 실제 angular multiplexing technique에 의해 다중홀로그래프를 저장하였는데 그림 3에 as-grown sample에서 얻어진 결과를 나타내었다. 저장용량을 나타내는 지수인 M#는 약  $M\#=12$ 로 예측되었으나 실제 얻어진 값은 4정도였는데, 이러한 예측치와 실측치 사이의 차이는 균일한 강도를 갖는 다중홀로그래프의 저장을 어렵게 하였다. 이러한 차이

의 근원을 알아보고자 저장되는 홀로그램의 수에 따른 sensitivity의 변화를 측정하였는데, 그림 4에서 보는바와 같이 angular multiplexing recording이 진행함에 따라 sensitivity가 점차적으로 감소하는 경향이 관찰되었다. 이는 저장 도중 저장 빔에 대한 재료의 흡수율이 점차적으로 감소하는, 일종의 light-induced transparency 현상이 존재함을 의미하는데 이에 대한 보다 자세한 연구가 진행 중에 있다.

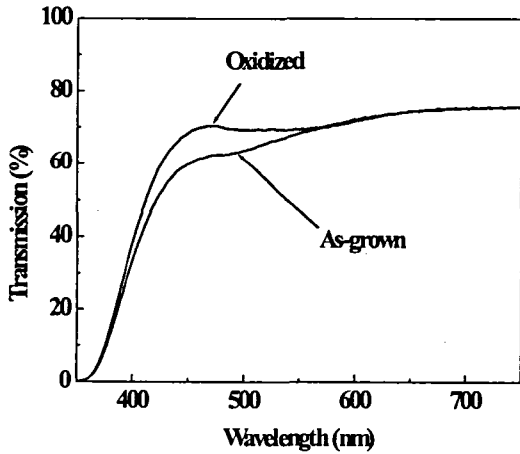


그림 1. Transmission spectra of LN crystals

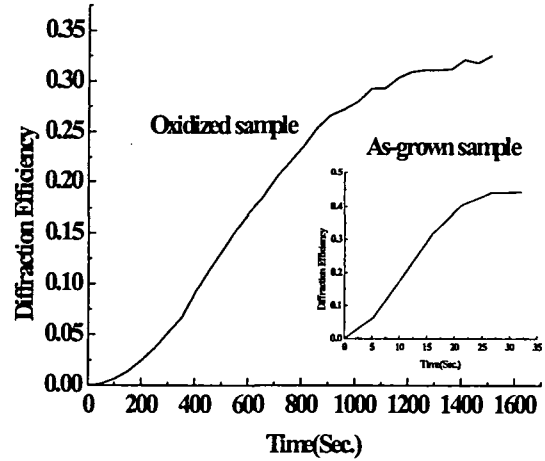


그림 2. One-color recording at 514 nm

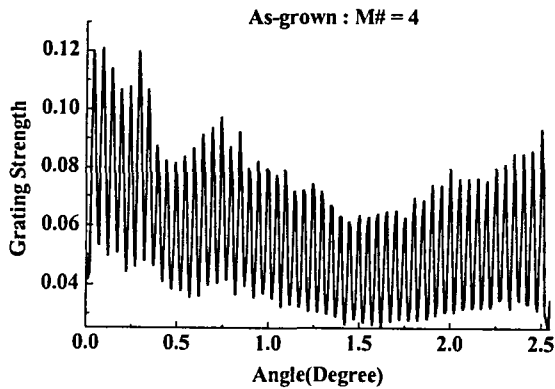


그림 3. Storage of multiple holograms

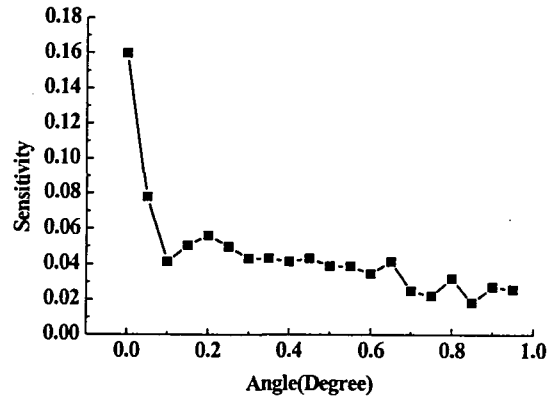


그림 4. Angular recording sensitivity

참고 문헌

- 1) Photorefractive Materials and Their Applications, edited by P. Gunter and J.-P. Huignard (Springer-Verlag, Berlin, 1988), Vol. 1.
- 2) K. Kitamura, Y. Furukawa, and Y. Ji, J. Appl. Phys. 83 (1997) 1006.
- 3) Myeongkyu Lee, In Gyoo Kim, Shunji Takekawa, Yasunori Furukawa, Yoshishige Uchida, and Kenji Kitamura, J. Appl. Phys. 89 (2001) 5311.

