

# Mn,Ce:LiNbO<sub>3</sub> 의 자외선과 가시광선에 의한 광굴절 특성

## Photorefractive properties of Mn,Ce:LiNbO<sub>3</sub> in ultraviolet and visible lights.

김복미, 권철규, 임기수, R.R. Neurgaonkar\*, L. Hesselink\*\*

충북대학교 물리학과, \*Rocwell International, \*\*Stanford University  
kslim@trut.chungbuk.ac.kr

광굴절 단결정을 이용한 홀로그래피 정보저장기술은 놀라운 속도로 발전해 왔다. 그러나 실용화를 위해서는 시스템 부분에서 뿐 아니라 재료 부분에서도 해결해야할 몇 가지 문제들이 놓여있다. 기록한 정보를 읽어낼때마다 지워지는 문제를 해결하기 위해 기록 정보를 열적 정착이나 전기적 정착방법으로 방지하고 있으나 번거로움과 시간 및 소요공간 등 현실적으로 상용화하기 어려운 점이 있다. 최근 이러한 문제를 열이나 전압이 아닌 광학적 방법으로 해결하려는 연구가 시작되고 있다<sup>(1)</sup>. 한가지 방법은 두 가지 다른 이온을 LiNbO<sub>3</sub>에 첨가하고 기록할 때 간섭 광과 별도로 자외선을 조사하는 방법이다. 또다른 방법은 stoichiometric LiNbO<sub>3</sub> 에서의 bi-polaron 과 small polaron을 이용하는 방법이다<sup>(2)</sup>. 본 연구에서는 0.015wt%Mn, 0.005wt%Ce: LiNbO<sub>3</sub>을 성장하고 donor의 농도를 증가시키기 위해 아르곤 가스에서 950도의 reduction 과정을 거친 재료에 대해 자외선을 조사하면서 514 nm 혹은 633 nm 의 기록 광을 조사하면서 이 재료에서의 nonvolatile 기록 가능성을 타진하였다. 사용한 자외선은 360 nm 의 자외선 램프 혹은 355 nm 에서의 Nd:YAG 펄스 레이저를 사용하였다. 그림 1과 같이 자외선을 사용하지 않고 514 nm에 의한 기록은 최대 회절효율과 sensitivity 가 각각 0.9 %와 0.00125cm<sup>2</sup>/J 이었고 25mW/cm<sup>2</sup> 의 355 nm 펄스의 gate 광이 사용될 때는 최대 회절효율이 8.5%이었고 2색을 이용한 기록이 훨씬 효율적임을 알 수 있었다. 그리고 같은 평균출력의 360 nm의 연속출력 gate광을 사용한 경우 19%와 0.028cm<sup>2</sup>/J 로 크게 향상하였다. 이것은 펄스인 경우 펄스들의 간격시간동안 전하의 재결합에 기인한다고 볼 수 있다. 633 nm의 기록광 경우 빠른 회절효율의 증가로 sensitivity가 크지만 곧 소멸하였다. 자외선 조사는 두 종류의 donor의 비를 조절하기 위한 것이나 실험결과 pre-exposure 는 별 차이를 나타내지 않았다. 514 nm 혹은 633 nm 만 사용하여 기록한 경우 회절효율이 낮게 나타난 것은 전도대의 전자가 주로 Mn<sup>3+</sup>와 결합하기 때문이다. 또한 기록된 격자를 읽을 때 Fe<sup>3+</sup>와 Mn<sup>3+</sup>로 인해 빨리 지워지게 된다. 그러나 자외선을 조사하면서 기록할 경우 Mn<sup>2+</sup>로부터 전자의 공급이 지속적으로 이루어져 지워지는 효과가 감소하여 회절효율이 증가한다. 이때 증가하는 형태는 4가지 이온의 초기 농도, 이온화율, 재결합율, 확산거리 등 물질상수와 사용 레이저 파장, 격자간격, 빛의 세기 등 실험조건에 따라 달라진다. 본 연구에서는 그림 1과 같은 실험결과에 대한 이론적인 해석을 율방정식을 이용하여 시도하였다. 알려지지 않은 물질상수로 인해 정확한 이론치는 알 수 없었으나 회절효율의 증가 형태와 증가에 필요한 조건을 검토하였다. 또한 광유도흡수효과를 알기위해 동일한 파장 즉 360 nm와 514 nm 혹은 633 nm를 사용하여 자외선 조사에 의한 흡수변화를 측정하여 물질내부에서의 운반자의 변화를 추적하였다. 또한 기록된 회절격자를 자외선이 없는 상태에서 수 시간 읽어도 지워지지 않는 nonvolatile 정도를 그림 2와 같이 측정하였다. 최종적으로 1%미만의 회절효율만 오랫동안 남아있고 자외선 조사로 지울 수 있었다. 그러

나 Mn과 Ce의 농도의 변화 특히 Ce의 농도의 증가는 이러한 nonvolatile 기록의 정도를 크게 향상시킬 수 있는 가능성이 있다. 기존의 정착방법을 대체하려면 이러한 농도변화에 따른 체계적인 연구가 필요하다.

- (1) K. Buse, A. Adlbi, and D. Psaltis, "Nonvolatile holographic storage in doubly doped lithium niobate crystals," Nature 393, 665-668 (1998).
- (2) L. Hesselink, S.S. Orlov, A. Liu, A. Akella, D. Lande, R.R. Neurgaonkar, "Photorefractive materials for nonvolatile volume holographic data storage," Science 282, 1089-1094 (1998).

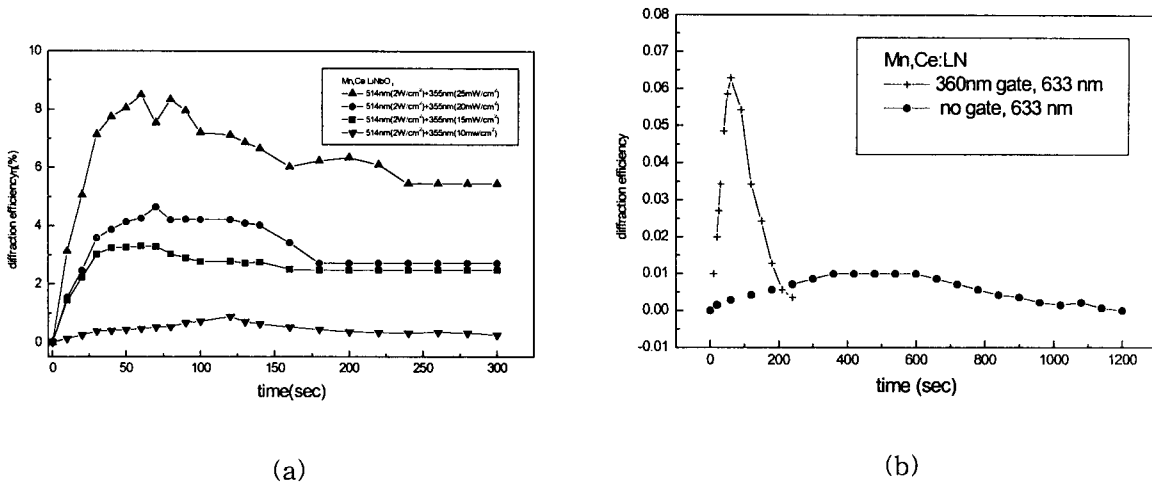


그림 1. 자외선에 의한 회절효율의 시간적 변화. (a) 514 nm의 기록광 (b) 633 nm의 기록광

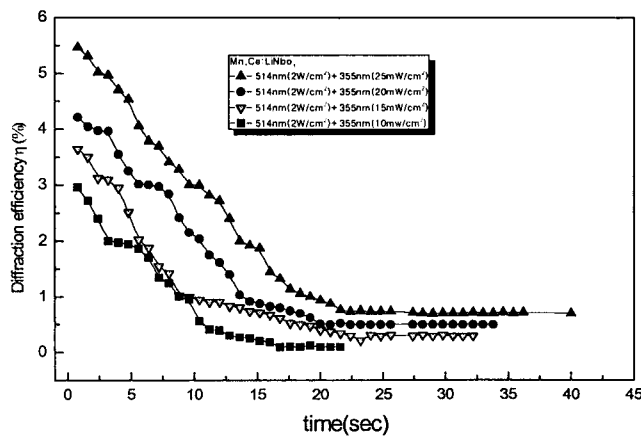


그림 2. 기록된 격자를 514 nm에서 읽을 때 회절효율의 변화

