

Sc : Cr⁴⁺:YAG 단결정의 비선형 흡수

Nonlinear Absorption of Sc : Cr⁴⁺:YAG Single Crystals

유 난 이*, 김 흥 기*, 차 명 식*, 유 영 문**

*부산대학교 물리학과/유전체 물성 연구소, **한국화학연구소

mcha@hyowon.pusan.ac.kr, ymyu@pado.kriect.re.kr

Nd:YAG 레이저의 수동적 Q-switching을 위해서는 대부분 유기물인 dye를 포화흡수체로 이용해 왔으나, 장시간 사용시 dye 분자의 결합이 끊어지면서 생기는 photodegradation으로 인하여 안정성에 많은 문제를 가지고 있다. 최근에 Cr⁴⁺:YAG 단결정의 물리적인 특성과 열적 안정성이 밝혀지면서 Nd:YAG 레이저의 Q-switching용 포화흡수체로 대치되고 있다 [1].

본 실험에서는 Z-Scan 방법을 이용하여 입사광의 세기에 따른 Cr⁴⁺:YAG 단결정의 흡수변화를 측정하였으며, 또한 Cr⁴⁺:YAG 단결정의 성장이 진행될수록 결정성장 길이에 따라 Cr 이온의 농도가 낮아지는 현상이[2] 발생하는데 두가지 서로 다른 결정화분률에 대해서 비선형 흡수를 비교하였다.

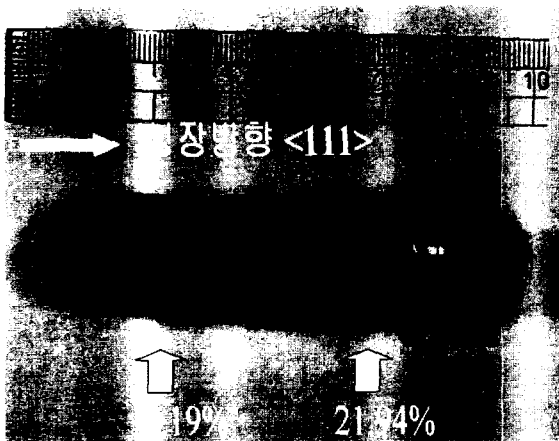


그림 1. Cr⁴⁺:YAG 단결정(위 숫자 : cm)

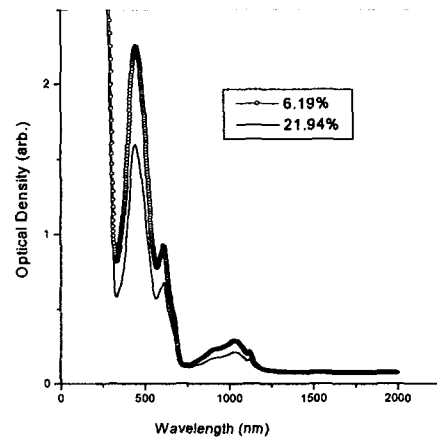


그림 2. 두 시료의 선형흡수 스펙트럼

위의 그림 1은 Czochralski 방법으로 육성한 Cr⁴⁺:YAG 단결정의 모습이다. 99.99%의 Y₂O₃, Cr₂O₃, Al₂O₃, Sc₂O₃, MgO 분말을 사용하여 Y₃[Al_{0.9940}Mg_{0.0045}Sc_{0.0015}]₂(Al_{0.9930}Cr_{0.0040})₃O₁₂의 조성비로 질소 분위기에서 육성하였으며, 성장시킨 단결정을 연마하여 두께 5 mm이고 광축이 <111>인 박편을 시료로 사용하였다. 각 박편이 제조된 위치를 나타내기 위하여 각 박편이 제조된 위치의 결정화분률을 정밀하게 측정 및 계산하였다. 결정화분률은 종자결정을 용액에 침지하여 결정성장을 시작한 순간부터 박편이 채취된 위치에 도달할 때 까지의 성장된 결정 무게의 총합을 결정성장에 사용된 용액 (즉, 휘발성분을 제

위한 사용 원료)의 총중량으로 나눈 것으로 정의된다. 본 실험에서 사용한 박편은 결정화분률이 6.19% 및 21.94%인 곳에서 채취된 것으로써 그림 1의 화살표로 각각 채취된 위치를 나타내었다.

그림 2는 두께가 5 mm인 두 시료를 VIS-NIR 영역에 걸쳐서 측정된 흡수 스펙트럼인데 Cr^{4+} 특유의 흡수대를 보이며, 시료의 결정화분률에 따라서 optical density도 다르게 나타남을 알 수 있다. 본 실험에서 흡수변화를 관찰한 1064 nm 파장에서의 두 시료의 optical density는 각각 0.19, 0.12 이다. 비선형 광흡수 측정을 위해 Q-switch Nd:YAG 레이저의 1064 nm빔을 초점거리 100 mm의 렌즈로 집광시켜 Open-aperture Z-Scan실험을 하였다[3]. 입사빔의 에너지가 0.068 mJ 일 때 거리에 따른 파장 1064 nm의 빛에 대한 투과율의 변화를 관찰한 것을 그림 3에 나타내었다. 결정화 분률이 21.94%는 투과율의 변화가 18%로 나타났으며, 6.19%는 약 30% 투과율변화를 보였다. 이는 Cr^{4+} :YAG의 바닥상태에서 첫 번째 들뜬 상태로의 transition에 의한 것으로 (${}^3A_{2g} \rightarrow {}^3T_{2g}$) 광의 세기가 증가할수록 바닥상태보다는 들뜬 상태에 전자들이 많이 점유하게 되어 흡수가 줄어든 것이다. 입사빔의 세기가 0.1 mJ 이상일 때는이미 포화되어 광의 세기가 증가하여도 더 이상 투과율의 변화가 일어나지 않았다.

Sc를 Cr^{4+} :YAG에 첨가하여 결정화분률에 따른 선형흡수와 비선형 흡수를 측정된 결과 Sc를 첨가하기 전보다는 흡수변화가 적게 나타남을 알 수 있었다. 이는 Sc를 첨가함으로써 YAG 결정내에 Cr 이온의 농도가 결정성장 길이에 따라서 다소 균일한 분포를 하고 있음을 알 수 있었다.

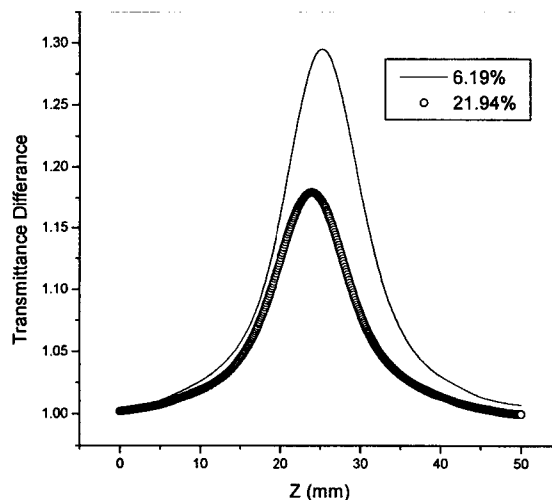


그림 3. 입사 에너지가 0.068 mJ 일 때 두 시료의 투과변화

참고문헌

1. Y. Shimony, Z. Burshtein, and Y. Kalisky, IEEE J. Quantum Electron. 31, 1738 (1995)
2. A. Sugimoto, Y. Nobe, K.Yamagishi, J. Crystal Growth 140, 349 (1994)
3. M. Sheik-Bahae, A. A. Said, T. H. Wei, D. J. Hagen, and E. W. Van Stryland, IEEE J. Quantum Electron. 26, 760(1990)