

CsLiB₆O₁₀ (CLBO) 결정에서의 3차 조화파 발생 특성

Characterization of Third Harmonic Generation in CsLiB₆O₁₀ (CLBO) Crystals

김민수, 윤춘섭
한국과학기술원 물리학과
csyoon@mail.kaist.ac.kr

3차 비선형 광학 현상을 이용한 파장변환에 대한 연구는 1960년대 초 비선형 광학 연구가 시작된 이래 최근까지 연구자들로부터 큰 관심을 끌지 못하였다. 1963년 Terhune 등⁽¹⁾이 방해석을 이용한 3차 조화파 발생의 첫 연구결과를 보고하였으나, 일반적으로 직접적인 3차 파장변환 효율은 2차의 경우에 비해 현저히 낮기 때문에, 2차 파장변환 과정을 두 번 이용하여 3차에 해당하는 파장변환을 얻는 방법이 널리 활용되어 왔다. 그러나 최근 들어 고출력 레이저의 보급과 함께, 매우 높은 레이저 손상 문턱값과 우수한 UV 영역 투과 특성을 갖는 붕산 계열의 다양한 비선형 광학 물질들이 개발됨에 따라, 직접 3차 및 2차 캐스캐이딩 과정을 이용하여 고효율의 3차 조화파를 얻고자 하는 시도들이 행해지기 시작하였으며, 최근에는 BBO (β -BaB₂O₄)에서 6%에 이르는 높은 3차 조화파 발생 효율을 얻은 연구결과가 보고되었다⁽²⁾.

본 연구에서는, 레이저 손상 문턱값이 크고 단파장 영역의 특성이 우수한 비선형 광학 결정 CLBO (CsLiB₆O₁₀)를 이용하여, Nd:YAG 레이저 파장 (1.064 μ m)의 3차 조화파를 발생시키고, 얻어진 신호로부터 3차 조화파 발생의 위상정합 특성과 입사광의 편광 및 세기에 따른 특성을 조사하였다.

본 연구의 수행을 위해 구성한 3차 조화파 발생 및 측정 시스템의 구성은 그림 1과 같다. 사용한 레이저의 펄스 폭은 약 9 ns, 펄스 반복률은 10 Hz이다. CLBO 시료는 본 연구실에서 성장시킨 단결정을 유형 I의 3차 조화파 발생이 가장 효율적으로 이루어지는 방향 ($\theta = 48.0^\circ$, $\phi = 22.5^\circ$)으로 절단하여 광학연마하여 얻었으며, 시료의 크기는 5.4×6.6×4.55 mm³ (가로×세로×길이)이다.

그림 2는, 편광방향이 정상광선 축에 대해 30°를 이룰 때, 극각 θ 의 변화에 따른 3차 조화파의 세기 변화를 보여주고 있다. 직접 3차 조화파 발생의 위상정합각 외에 2차 조화파 발생과 합 주파수 발생에 대한 위상정합각에서도 3차 조화파가 효과적으로 발생하는 것이 관측되었는데, 이 결과는 이론적 예측과도 잘 일치하며, 각각의 위상정합각과 허용각 또한 Mori 등⁽³⁾이 보고한 Sellmeier 계수에 근거한 계산 결과와 잘 일치하고 있다. 그림 3과 그림 4는 각각 유형 I의 2차 조화파 발생 및 3차 조화파 발생의 위상정합각 부근에서 θ 의 변화에 따른 3차 조화파의 세기 변화를 측정된 데이터와 그 측정값을 fitting한 결과이다.

3차 조화파 발생에서는 여러 유형의 2차 상호작용이 캐스캐이딩 과정을 거쳐 관여하게 되는데, 이로 인해 정상광선의 편광방향에 대해 입사광의 편광이 돌아가는 방향에 따라서 서로 다른 캐스캐이딩의 결과들이 상쇄 또는 보강을 이루게 되어, 편광방향에 대해 비대칭적인 3차 조화파 발생을 형성하는 것이 밝혀졌다. 따라서 3차 조화파 발생의 경우에 2차 조화파 발생의 경우와는 달리 편광각의 크기 뿐 아니라 편광의 방향도 중요하게 고려되어야 한다.

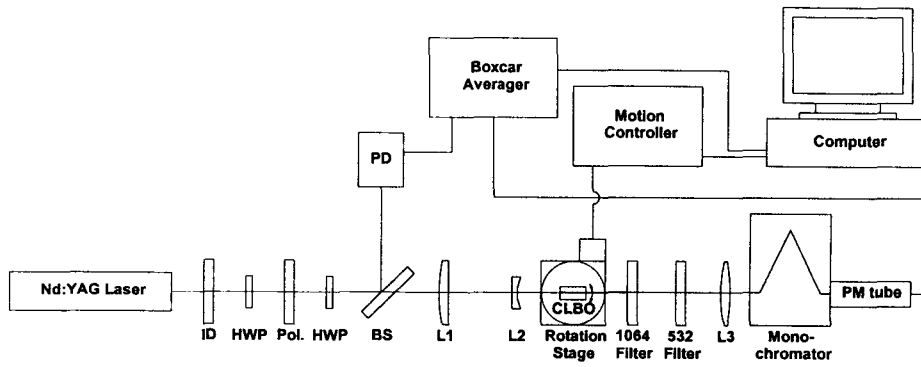


그림 1. 3차 조화파 발생 및 측정 시스템.

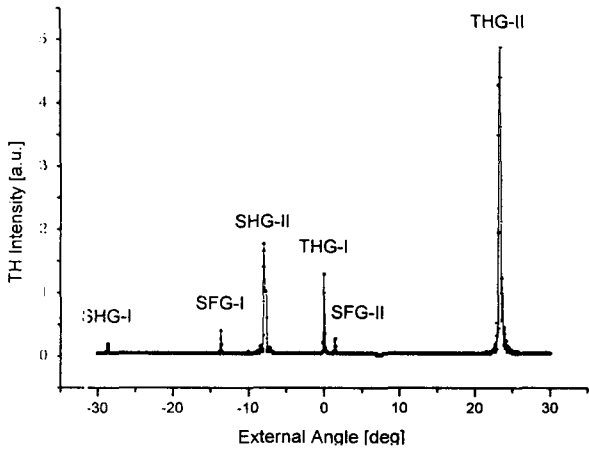


그림 2. θ 의 변화에 따른 3차 조화파의 세기 변화.

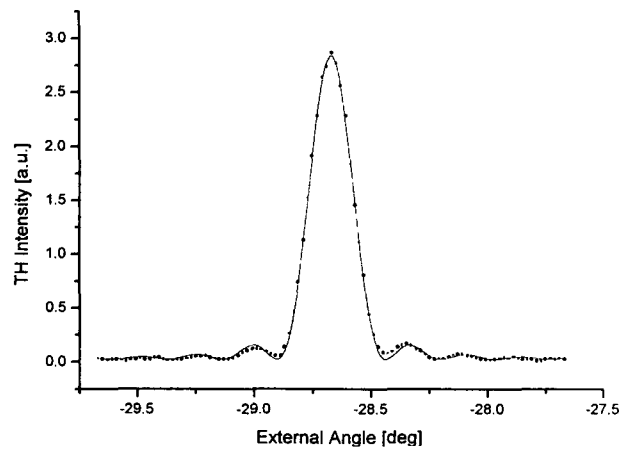


그림 3. Type I 2차 조화파 발생 위상정합각 부근에서의 3차 조화파 위상정합 특성

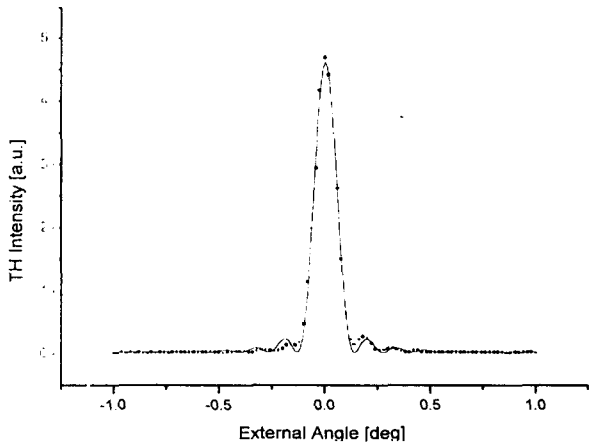


그림 4. Type I 3차 조화파 발생 위상정합각 부근에서의 위상정합 특성

1. R. W. Terhune, P. D. Maker, and C. M. Savage, *Appl. Phys. Lett.* **2**, 54 (1963).
2. P. S. Banks, M. D. Feit, and M. D. Perry, *Opt. Lett.* **24**, 4 (1999).
3. Y. Mori, I. Kuroda, S. Nakajima, T. Sasaki, and S. Nakai, *Appl. Phys. Lett.* **67**, 1818 (1995).