

BaTiO₃:Ce 결정에서 SPPC 신호의 반사율 조절과 논리연산

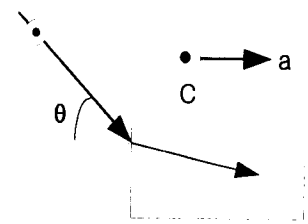
SPPC Reflectivity Control of BaTiO₃:Ce Crystal and Logic Operation

김병철, 이재철, 신승호

강원대학교 물리학과

shinsh@cc.kangwon.ac.kr

자기여기 위상공액파(SPPC) 발생은 Feinberg에 의하여 처음 발견되었다.⁽¹⁾ 처음 발견된 SPPC 현상은 결정의 내부 전반사에 의한 CAT(TIR-FWM; Total internal reflection)형이 주로 연구되었으나⁽²⁾ 그 후 유도 광굴절 후방산란(SPB-FWM; Stimulated photorefractive backscattering)을 이용한 SPPC 신호 발생이 보고되었다. SPB-FWM 기작은 TIR-FWM 기작과 달리 광속의 입사각 및 입사위치의 영향을 적게 받음으로 보다 안정된 신호를 얻을 수 있어 관심을 끌고 있다.⁽³⁾ BaTiO₃ 결정은 SPB-FWM 방식의 SPPC의 발생이 매우 용이하고 높은 반사율을 얻을 수 있어서 주목받고 있는 광굴절 결정이다. 본 논문에서는 BaTiO₃ 광굴절 결정을 매질로 하여 SPPC 신호를 조절하는 방법을 제안하고 이를 이용하여 논리연산을 구현하였다.



BaTiO₃:Ce 결정의 SPPC 반사율을 제어하기 위하여 결정에 입사하는 그림 1. 수직 입사각 변화의 광속의 수직각을 변화시켰다. SPPC 신호의 반사율이 결정의 기하학적 구

조와 입사광속의 특성에 밀접하게 관계한다는 것은 잘 알려진 사실이며 Gao를 비롯한 여러 사람들이 이에 관하여 연구하였다.⁽⁴⁾ 그러나 대부분의 연구는 결정에 입사하는 광속의 수평입사각과 위치를 변화시키며 반사율을 측정함으로써 이 경우는 관계되는 변수들이 많은 관계로 해석에 어려움이 있었다. 그러나 본 연구에서 제안한 수직 입사각을 변화시키는 방법은 매우 단순하면서도 일정한 반사율의 변화를 기대할 수 있는 장점이 있다. 실험에는 15ppm의 Ce이 첨가된 BaTiO₃ 결정이 사용되었으며 입사광인 He-Ne 레이저($\lambda = 632.8\text{nm}$) 광속의 세기는 20mW이고 패러데이 회전기를 사용하여 SPPC 신호의 되먹임을 제거하였다. SPPC의 반사율을 정확하게 측정하기 위하여 Pepper에 의하여 보고된⁽⁵⁾ 표면반사의 감소를 고려하였다. 그림 1은 e-편광된 광속이 결정에 입사할때 수직 입사각을 변화시키는 개념도이다. 이때 SPPC

신호의 순반사율은 표면 반사를 고려해야 한다. 그림 2는 표면 반사와 SPPC 신호 사이의 위상관계를 측정한 것으로 SPPC 신호가 감소하면 표면반사율이 증가하고 SPPC 신호가 증가하

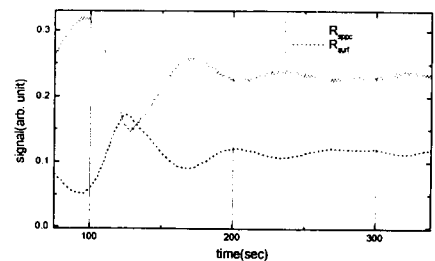


그림 2. 표면반사율(R_{surf})과 SPPC 신호 반사율(R_{SPPC}) 사이의 위상관계

면 표면 반사율이 감소하는 역위상의 관계가 있는 것을 보여주고 있다.

그림 3은 SPPC 신호의 세기에 따른 반사율의 변화를 나타낸 것이다. 수직 입사의 경우 Fresnel 식에 따른 반사율은 18%이며 입사각이 증가함에 따라 52° 에서 32%까지 증가하고 있는 것을 볼 수 있는데 SPPC 신호가 발생한 다음의 반사율은 수직 입사의 경우 Fresnel 값의 1/3에서 시작하여 빠르게 증가하여 52° 에서는 일치하게 되는 것을 볼 수 있다. 이 결과는 반사율의 감소가 광굴절 결정의 표면 부근에서 반사되는 광속에 의하여 형성되는 격자에 의

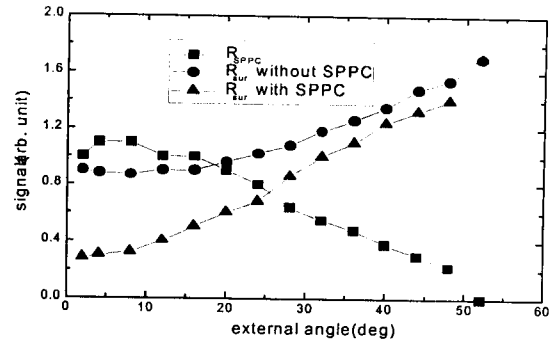


그림 3. SPPC 신호 발생과 표면 반사율 변화

한 위상공액과 때문이라는 Pepper의 해석을 잘 보여주고 있다. 이때 발생하는 SPPC 신호는 수직 입사각의 변화에 따라 시간 지연이 매우 다르게 된다. 시간지연은 레이저 광속이 입사한 후 SPPC 신호가 처음 나타나기 시작할 때까지의 시간이며 시상수는 SPPC 신호가 포화되는데 걸리는 시간인데 시간 지연은 입사각에 따라 큰 변화가 나타나지만 시상수는 거의 일정하게 나타난다. 이것은 SPPC 신호를 발생하기 위하여서는 Golomb 등에 의하여 보고된 문턱값 $L = 2(1+R)/(1-R) \ln[(1+R)/2R]$ 이 필요하다는 것으로 설명할 수 있다.⁽⁶⁾

이와 같이 수직 입사각이 임계값보다 큰 경우 SPPC 신호가 발생하지 않는 특성을 이용하면 AND 논리 연산을 구현할 수 있다. 그림 4는 위의 특성을 이용한 AND 논리연산의 구현 장치도이다. 두 입력 A, B는 결정내에서 간섭하여 회절 격자를 만들게 된다. 이때 입력 A는 결정에 수직으로 입사하는 경우이고 입력 B는 수직 입사각이 52° 이상으로 조절하여 자체로 SPPC 신호를 발생하지 못하게 하였다. 따라서 AND 출력에 나타나는 신호는 입력 A의 SPPC 신호가 입력 A, B가 만드는 격자에서 회절되어 나타나므로 두 입력이 동시에 존재할 때만 신호가 나타나는 AND 연산 가능하였다 구현된 논리연산은 반응 속도 문제와 한 가산기를 구현하기 위하여 XOR, AND 등 별도의 기하학적 배치가 필요하다는 문제점을 가지고 있다. 따라서 이를 한 광학계에서

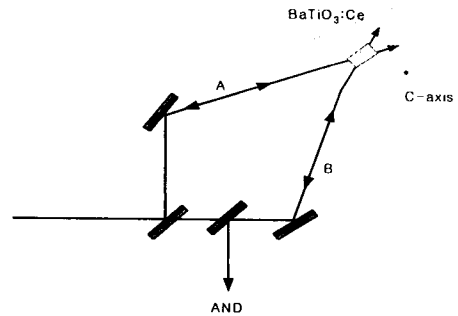


그림 4. AND 논리연산 구현 장치도

* 이 연구는 한국과학재단의 지원(핵심전문연구 과제번호: 981-0206-020-1)으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. J. Feinberg, Opt. Lett. 7, 486(1982).
2. K. R. Macdonald and J. Feinberg, J. Opt. Soc. Am. 73, 548(1983).
3. Y. W. Lian, H. Gao, P. Ye, Q. Guan, and J. Wang, Appl. Phys. Lett. 63, 1754(1993).
4. H. Gao, S.X.Dou, J Zhang, Y Zhu, P. Ye, Appl. Phys. B 62, 153(1996).
5. D. M. Pepper, Phys. Rev. Lett. 62, 2945(1989).
6. M. C. Golomb, B. Fisher, J. O. White and A. Yariv, IEEE J. Quantum Electron QE-20, 12(1984).

