

홀로그래피법에 의한 fcc 구조 3D 광결정 제작 시뮬레이션

Simulation for the fabrication of fcc structure photonic crystal by using a holographic method

이성민, 김정성, 오차환

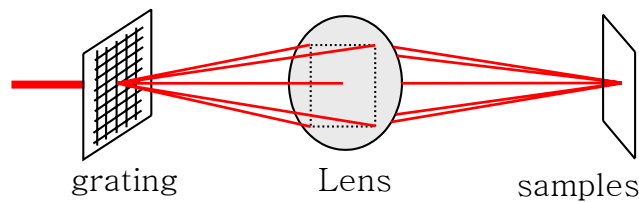
한양대학교 물리학과

01smlee@gmail.com

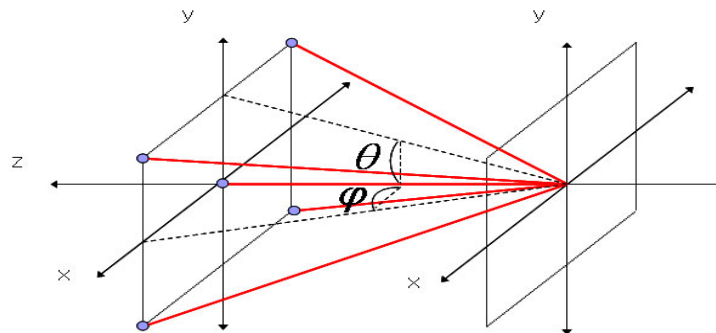
Photonic crystal은 1993년 Yablonovitch⁽¹⁾가 최초 제안한 이래로 지난 십여년간 활발하게 연구되어 온 주제중 하나이다. Wave의 특정영역대의 전파를 제한하는 photonic bandgap의 특징을 통하여 photonic crystal은 photonic bandgap 특성을 이용한 광의 증폭, trapping, photon control 등의 응용 소자로서 높은 관심의 대상이 되고 있다.

3D photonic crystal을 제작하는 방법으로는 E-beam lithography, layer-by-layer micromachining, soft-lithography 등이 있다. 하지만 이들 방법은 복잡하고 반복적인 공정을 요구하여, 사실상 수직방향으로 많은 수의 layer를 쌓을 수 없다. 손쉬운 제작방법으로 self-assembly법이 있으나 이는 광결정 구조를 능동적으로 조작할 수 없는 단점이 있다. 반면, 레이저 빔의 간섭무늬 패턴을 이용한 홀로그래피법은 공정이 간단하며 수직방향의 layer를 제한없이 쌓을 수 있다는 장점을 갖는다.⁽²⁾

본 연구에서는 서로 수직하게 2차원적으로 배열된 격자를 통해 회절된 0차 및 ±1차 회절빔의 다섯 개 빔에 의한 간섭무늬 패턴을 이용한 3D 광결정 제작 시스템을 구상하였다. 시스템의 개요는 (그림1)과 같으며, 시뮬레이션을 위해 설정된 좌표계는 (그림2)와 같이 구성된다.



(그림1) 5-beam 간섭패턴 개요

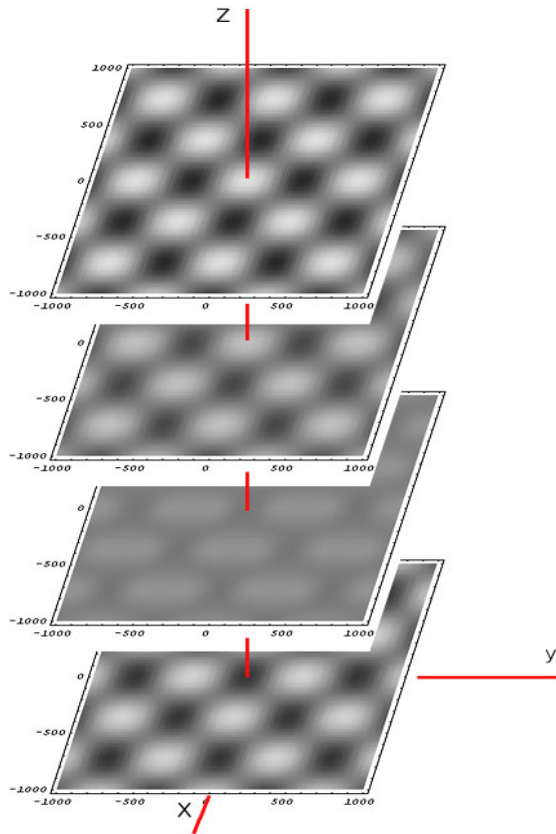


(그림2) 간섭 좌표계설정

p-편광된 다섯 개 빔의 간섭에 의한 intensity 공간적 분포는 다음 식으로 주어진다.

$$I = E_0^2 [\alpha^2 + 16 \cos^2(ky \sin \theta) [\cos^2 \phi \cos^2(kx \cos \theta \sin \phi) + \sin^2 \phi \sin^2(kx \cos \theta \sin \phi)] + 8\alpha \cos(ky \sin \theta) \cos \phi \cos(kx \cos \theta \sin \phi) \cos(kz(1 - \cos \theta \cos \phi))]$$

위 식에서 α 는 0차 빔과 1차 회절빔의 진폭비, k 는 빔의 wave vector이다. 이 intensity 분포를 x, y, z에 따라 보인 시뮬레이션 결과는 (그림3)과 같다. 이 intensity 분포는 공간적으로 fcc 구조를 이루고 있음을 시뮬레이션 결과로 확인 할 수 있다. 나아가 이를 Photoresist에 조사함으로써 fcc 구조의 광결정을 한차례의 공정만으로 손쉽게 제작할 수 있음을 예상할 수 있다.



(그림3) Intensity 분포 fcc 구조 시뮬레이션

[참고 문헌]

1. E. Yablonovitch, "Photonic band-gap structures", J. Opt. Soc. Am. B, 10, 283 (1993)
2. Satoru shoji and Hong-Bo Sun Satoshi kawata, "Photo fabrication of wood-pile three-dimensional photonic crystals using four-beam laser interference", Appl. phys. lett. 82, 1667 (2003)