

## 광자 크리스탈로 구성된 광 분배기의 특성 연구

### Analysis of Optical Splitters in Photonic Crystals

윤지수\*, 정교방

홍익대학교 전자통신공학과

hongcow75@hanmail.net

광자 크리스탈에 전자파가 입사되면 특정 주파수 범위에서 통과하지 못하는 광자 밴드갭이 발생하고<sup>[1]</sup>, 광자 밴드갭을 가지는 배열 구조에 디펙트가 존재하면 디펙트 모드가 밴드갭 내부에 존재한다.<sup>[2]</sup> 직렬 디펙트를 이용한 광자 크리스탈 광 도파로는 밴드갭 내부에 존재하는 모드만이 도파로를 따라 진행하므로, 굴절율 차이를 이용한 일반적인 광 도파로에서 발생하는 매질의 흡수에 의한 손실을 줄이면서 심하게 꺾이는 bend에서도 높은 전송 효율로 빛을 전송 할 수 있다.<sup>[3]</sup> 본 논문에서는 광자 크리스탈 광 도파로를 이용하여 광 분배기를 구성하고 전자파 해석의 대표적인 방법인 Finite-Difference Time-Domain(FDTD) 방법으로 특성을 분석하였다. 정사각형 구조로 유전체 원형봉이 공기 중에 배열되어 있는 광자 크리스탈에서  $w=0.30 \times 2\pi c/a$ 에서  $w=0.41 \times 2\pi c/a$ 까지의 TM bandgap을 확인 할 수 있었다. 원형봉의 반지름은  $0.18a$ 이고 ( $a$ 는 격자상수) 유전율은  $11.56 \epsilon_0$ 이다(그림 1). 투과파와 도파로 끝에서 발생하는 반사파를 분리하기 위해  $100a \times 21a$ 의 격자상수로 광자 크리스탈을 구성한 후, 원형봉을 직렬로 제거해서 도파로를 만들고 관찰점에서 빛이 도파로를 따라 진행하는지를 확인하였다(그림 2). 입사파는 total-field/scattered-field formulation을 이용하여 Gaussian 주파수 분포로 주입하고 scattered-field 영역 외부에서 산란파의 반사를 제거하기 위해서 perfectly matched layer(PML)를 적용하였다. 그림 2의 Observation point-1과 Observation point-2에서 투과파의 파워가 일치하므로 입사된 빛이 손실 없이 도파로를 따라 진행함을 알 수 있다. 입사된 빛을 분배하기 위해  $200a \times 41a$ 의 격자상수로 광자 크리스탈을 구성한 후에 직렬 디펙트와  $90^\circ$  bend의 구조로  $1 \times 2$  광 분배기를 설계하고 bend에서 원형봉의 배열을 변화시켜서 주파수에 따른 특성을 관찰하였다(그림 3). 가장 높은 전송 효율은 그림 3(c)와 같은 bend 구조에서 중심 주파수  $w=0.39 \times 2\pi c/a$ 일 때 95% 임을 알 수 있다. 따라서 그림 3(c)와 같은 bend 구조를 갖는  $1 \times 4$  분배기를 설계하였다(그림 4). Incident point에서 입사파의 파워와 Observation points(A, B, C, D)에서 전송파의 파워를 비교한 결과, 4개의 Observation point에서의 파워가 균등히 나누어진 것을 표 1과 같이 확인했으며 82%의 전송 효율을 보였다.

본 논문에서는 광자 크리스탈에 기초한  $1 \times 4$  광 분배기를 설계하여 특성을 FDTD 방법으로 해석하였다. 광 분배기에 입사된 빛의 파워가 균등히 분배됨을 확인하여 광자 크리스탈로 구성된 광 분배기의 가능성을 확인하였다. 향후 광자 크리스탈 구조를 변화시키거나 디펙트를 추가하여 전송 효율을 높일 예정이다.

본 연구는 차세대포토닉스사업단과 차세대 광-무선가입자망연구센터에 의해 지원되었음.

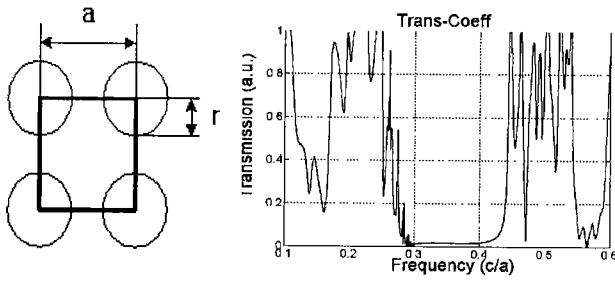


그림 1. 격자상수와 반지름 및 광자 밴드갭 (TM)

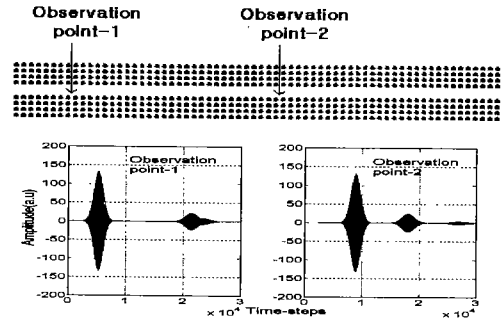
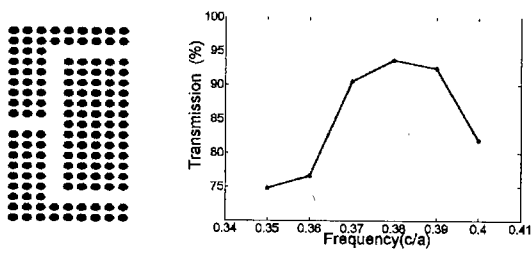
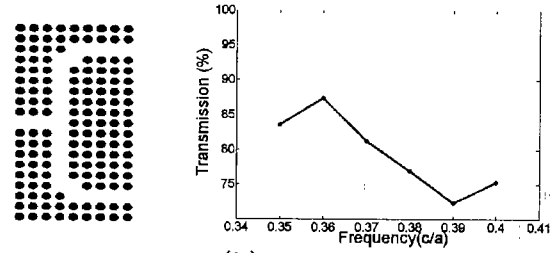


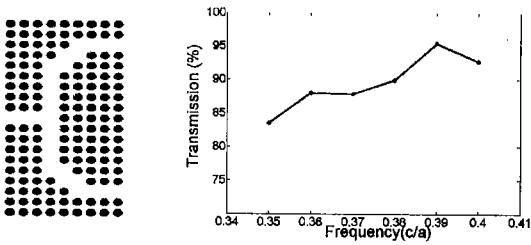
그림 2. 관찰점에서의 투과파와 반사파



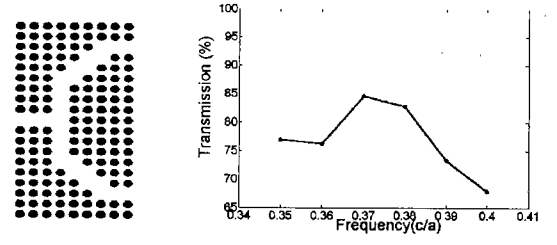
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 3. Bend 구조와 주파수에 따른 전송 효율

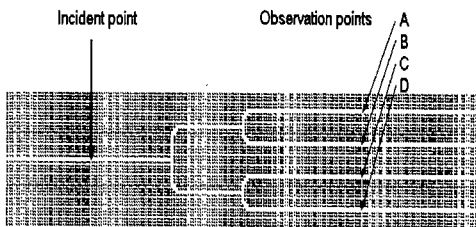


그림 4. 1×4 광 분배기와 관찰점

Observation points	Power transmission
A	0.2054
B	0.2053
C	0.2054
D	0.2053

표 1. 관찰점에서의 광 파워 전송 효율

참고문헌

[1] J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, and J. N. Winn, *Photonic Crystals: Molding the Flow of Light* (Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1995).  
 [2] J. O. Vasseur, B. Djafari-Rouhani, L. Dobrzynski, and A. Akjouj, *Phys. Rev. B*, **59**, 446 (1999)  
 [3] A. Mekis, J. C. Chen, I. Kurland, S. Fan, P. R. Villeneuve, and J. D. Joannopoulos, *Phys. Rev. Lett*, **77**, 3787, 1996.

