

## 광자 크리스탈의 비정상적 광분산 현상을 이용한 1×4 파장분할 소자 A 1×4 wavelength demultiplexer based on the anomalous dispersion in photonic crystals

홍수완, 오세택, 정교방  
홍익대학교 전파통신공학과  
dlgil@netian.com

광자 크리스탈(Photonic Crystals, PC)은 빛이 특정한 주파수 범위에서 통과하지 못하는 광자 밴드갭(Photonic Band Gap, PBG)과 주기적 구조에 약간의 주기를 깨트리는 디펙트에 의해서 생성되는 지역화된 디펙트 모드, 그리고 PBG 근처 주파수로 진행하는 빛에 대한 비정상적 광분산 현상을 갖는다<sup>(1-2)</sup>. 이러한 광자 크리스탈의 특성을 이용한 Demultiplexer 등은 수  $\mu\text{m}$  정도의 크기로 구현될 가능성이 있으므로, WDM 시스템의 micro-scale 광 집적회로 등에 이용될 수 있다<sup>(2-3)</sup>. 참고문헌 (4)에서 본 저자는 FDTD 방법을 이용하여 2차원 정삼각형 기둥구조의 광자 크리스탈의 비정상적 광분산 현상을 고찰하였으며, 이 광자 크리스탈에 직렬 디펙트로 구성된 광자 크리스탈의 광 도파로를 연결하여 간단한 1×2 Demultiplexer를 구성하고 입사된 빛이 각 주파수에 따라 서로 다른 출력단으로 출력됨을 확인하였다. 본 연구에서는 이를 확장하여 네 개의 서로 다른 파장에 대하여 분리 가능한 1×4 Demultiplexer를 구성하고 그 특성을 FDTD 방법을 통해 분석하였다.

참고문헌 (4)에서 언급한 바와 같이 광자 크리스탈의 각 구조에 대한 밴드 구조를 통해 광자 크리스탈의 특성을 분석한 후, 이 광자 크리스탈의  $\Gamma$ -K축에 대해 입사각이  $25^\circ$  이고, 폭이  $4a$  ( $a$ 는 격자 상수)인 특정 주파수의 빛을 입사시키면 광자 크리스탈 내에서 비정상적 광분산 현상에 의해 네 가지의 서로 다른 주파수에 따라 빛의 진행 방향이 달라지는 것을 확인할 수 있다. 본 연구에서는 참고문헌 (4)에 비해 입사 빔의 폭을 작게 함으로써 네 개의 주파수가 각각 다른 방향으로 분리되도록 한다. 그림 1(a)는 superprism 영역에 사용된 원형봉의 반지름이  $0.42a$ 이고, 유전율이  $11.56 \epsilon_0$ 인 정삼각형 기둥구조의 광자 크리스탈에 대한 밴드 구조이다<sup>(5)</sup>. 이 광자 크리스탈의 뒤쪽에 입사파 주파수들을 밴드갭으로 갖는 다른 반지름( $r=0.35a$ ) 기둥의 광자 크리스탈(그림 1(b) 참조)을 놓고, 각 주파수의 빛이 나오는 부근에 직렬 디펙트로 구성된 광 도파로를 만들어 주면(그림 2 참조) 각 도파로에는 서로 다른 주파수의 빛이 진행하게 된다. 그림 2는 본 연구에서 설계된 1×4 Demultiplexer에서 각 주파수에 대한 전기장의 분포이다. 주파수에 따른 각 출력단의 출력비는 도파로 끝단에서 관찰된 전기장의 시간영역에서의 크기를 아래의 (1)식을 이용하여 계산한다.

$$\text{출력비} = 20 \log_{10} \frac{A_{\text{output}}}{A_{\text{input}}} \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

본 연구에서는 비정상적 광분산 현상을 이용하여 1×4 광자 크리스탈 Demultiplexer를 구성하고 그 특성을 FDTD 방법을 이용하여 분석하였다. 각 파장에 대한 Coupling Efficiency는  $-4.4 \sim -7.9$  dB이고, Cross talk은  $-21 \sim -38$  dB로 입사파가 주파수에 따라 광자 크리스탈 내에서 분리되어 진행한 후 출력단에 부착된 광 도파로를 따라 진행함을 확인하였다. 이 기본 설계를 이용하면 WDM 시스템에서 광자 크리스탈로 구성된 micro-scale 광 집적회로의 구성이 가능할 것으로 예상된다.

본 연구는 차세대 포토닉스 사업단과 차세대 광-무선가입자망 연구센터에 의해 지원되었음.

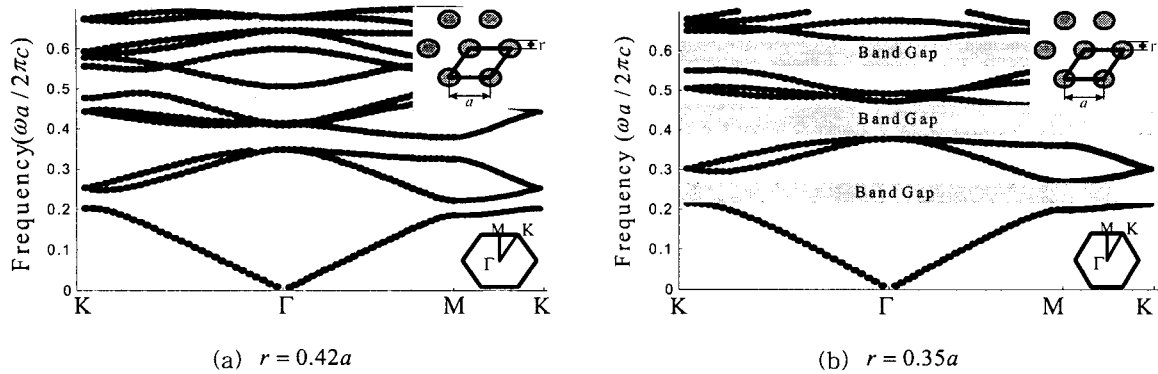


그림 1. 2차원 정삼각형 기둥구조 광자 크리스탈의 반지름에 따른 밴드 구조 ( $\epsilon_r = 11.56$ )

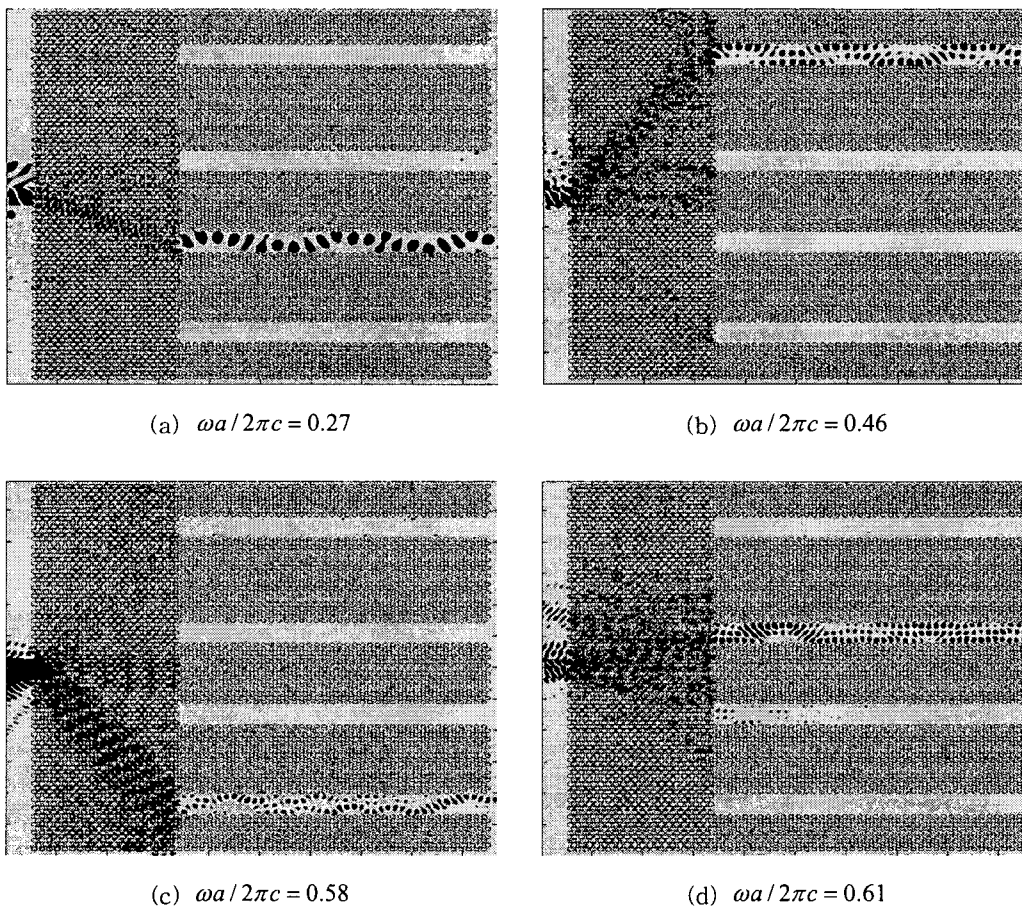


그림 2. 1×4 Demultiplexer에서 각 주파수에 따른 전기장의 분포

**[참고문헌]**

1. J. D. Joannopoulos, R. D. Meade, J. N. Winn, *Photonic Crystals: Molding the Flow of Light*, (Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, 1995).
2. H. Kosaka, T. Kawashima, A. Tomita, M. Notomi, T. Tamamura, T. Sato, and S. Kawashima, "Superprism phenomena in photonic crystals." *Phy. Rev. B*, 58, R10096-10099 (1998)
3. T. Baba, D. Ohsaki, T. Iwai, and M. Nakamura, "Transmission-type photonic crystal devices with efficient input/output interfaces." *Technical Digest of CLEO/Pacific Rim 2001*, TuA3-5, 1 280-281 (2001)
4. 홍수완, 정교방, "광자 크리스탈의 비정상적 광분산 현상을 이용한 파장분할 소자의 연구" *Photonics Conference 2001*, T3C4, 155-156 (2001)
5. 홍수완, 김창모, 정교방, "FDTD 방법을 이용한 2차원 광자 크리스탈의 밴드 구조와 분산 곡선의 계산", *한국광학회지*, 12, 479-484 (2001)