

나노임프린트 리소그래피를 이용한 SOI 광결정 슈퍼프리즘 제작

최춘기*, 한영탁, 오상순

한국전자통신연구원, IT융합부품연구소, 광소자그룹

*cgchoi@etri.re.kr

We report on the fabrication of two-dimensional Silicon On Insulator (SOI) photonic crystal (PhC) superprism. To optimize the design of 2-D SOI PhC superprism, the photonic band structures (TE-polarization) for triangular lattices and the dispersion surfaces were calculated and analyzed by the plane wave expansion method. Dense 2-D SOI PhC superprism nanostructures with taper input and output waveguide microstructures were successfully fabricated by nanoimprint lithography, followed by inductively coupled plasma (ICP) etching.

1. 서론

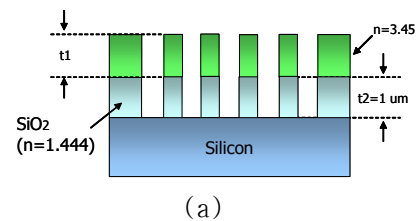
광결정은 굴절률이 서로 다른 유전체 물질들을 주기적으로 배열하여 만든 인공결정이다. 광결정을 주기적으로 빛의 파장 크기로 배열하면 특정한 파장을 가진 전자기파를 선택적으로 통과시킬 수도 있고 진행을 막을 수도 있는 광자띠 간격 (Photonic Bandgap) 특성을 가지게 할 수 있다. 이런 광자띠 간격의 근처에 기존 프리즘의 500배 이상의 매우 강한 분산 특성을 보이는 슈퍼프리즘 (Superprism) 현상을 관찰할 수 있으며⁽¹⁾, 이것을 이용하여 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing)에 직접 적용할 수 있다⁽²⁾. 슈퍼프리즘과 함께, 광결정에 선 및 점 결함에 의해 형성되는 도파로 및 Cavity Laser 등을 이용하여, 차세대 나노 광집적회로를 구현하는 것이 가능할 것이다^{(3), (4)}.

나노임프린트 리소그래피는 (Nanoimprint lithography) 기술은 경제적으로 나노구조물을 대량으로 제작할 수 기술로, 최근 나노소자 제작에 각광을 받고 있으며, ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors)에 따르면, 2013년경 32 nm 노드의 반도체 공정에 적용될 것으로 예상하고 있다.

본 논문에서는 2차원 SOI 광결정 슈퍼프리즘의 설계와 나노임프린트 리소그래피와 ICP 식각을 이용하여 제작한 2차원 SOI 광결정 슈퍼프리즘에 대해 기술하였다.

2. SOI 광결정 슈퍼프리즘

그림 1(a)는 2차원 SOI 광결정 슈퍼프리즘의 수직 단면도이며, 그림 1(b)는 삼각형 (Triangular) 격자구조를 갖는 광결정 슈퍼프리즘의 기본구조를 나타낸 것이다. 1550 nm 파장에서 3.45의 굴절률을 갖는 Silicon 코어 (Core)와, 1.444의 굴절률을 갖는 SiO₂ 클래드 (Cladding) 구조를 갖는 SOI wafer를 사용하였다.



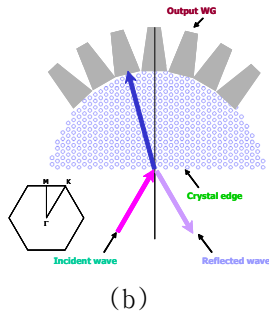


그림 1. SOI 광결정 슈퍼프리즘의 구조 ; (a) 수직 단면도 (t_1 : 코어 두께, t_2 : 클래드 두께), (b) 삼각형 격자구조를 갖는 광결정 슈퍼프리즘의 기본 구조.

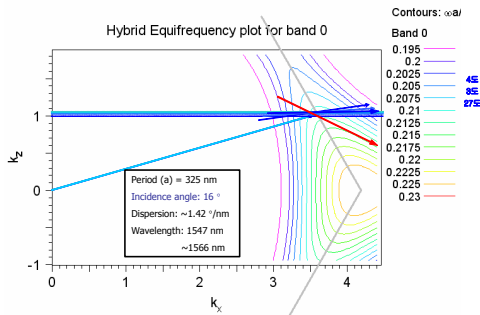


그림 2. 광결정 슈퍼프리즘의 등주파수 등고선 분포.

그림 2는 삼차원 평면파 전개방법으로 계산한 광결정 슈퍼프리즘의 등주파수 등고선 분포를 나타낸 것이다. 슬랩 영역에서 광결정 방향으로 16° 기울어져 입사된 경우, 파장에 따른 투과 및 굴절각을 보여주고 있다. 삼각형 격자의 주기를 325 nm로 하여 1550 nm를 중심파장으로 설정하였다. Si 코어의 두께는 $0.8a$ (260 nm)이며, SiO_2 클래드의 두께는 1,000 nm이며, 삼각형 공기구멍의 반지름은 $0.2a$ (65 nm)이다. 여기서 a 는 325 nm로 공기구멍의 반지름을 나타낸다. 그림 2에서와 같이, 1547 nm에서는 양의 굴절현상을 보인 반면에, 1566 nm에서 음의 굴절현상을 나타내고 있으며, 19 nm의 파장간격에서 27° 의 angular swing을 보였다. 그러므로, 최대 약 $1.42^\circ/\text{nm}$ 의 분산각으로 입사광을 조절할 수 있는 2차원 SOI 광결정 슈퍼프리즘의 구현이 가능함을 확인하였다.

그림 3은 열 (Thermal) 기반의 나노임프린트 리소그래피와 ICP 식각에 의해 제작된 Si/SiO₂ 구조의 2차원 SOI 광결정 슈퍼프리즘 및 삼각형 격자구조의 광결정 구조 패턴을 보여주고 있다. 분산각과 같은 광특성 측정은 향후 진행할 예정이다.

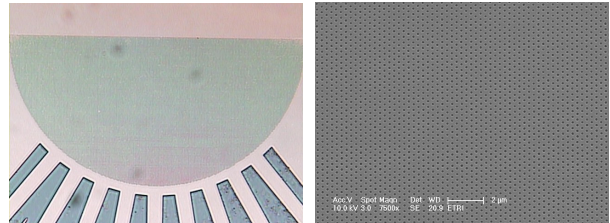


그림3. 열기반의 나노임프린트 리소그래피와 ICP 식각에 의해 제작된 2차원 SOI 광결정 슈퍼프리즘 및 삼각형 격자구조의 광결정 구조 패턴.

3. 결론

SOI 구조 기반의 $1.42^\circ/\text{nm}$ 의 분산각 특성을 갖는 2차원 광결정 슈퍼프리즘과 광입출력 도파로를 설계하였으며, 열기반의 나노임프린트 리소그래피와 ICP 식각을 이용하여 삼각형 광결정 격자구조를 갖는 2차원 SOI 광결정 슈퍼프리즘과 광입출력 도파로를 성공적으로 제작하였다.

참고문헌

- H. Kosaka, T. Kawashima, A. Tomita, M. Notomi, T. Tamamura, T. Sato, and S. Kawakami, Superprism phenomena in photonic crystals: Toward microscale lightwave circuits, *J. Lightwave Technol.*, vol. 17, no. 11, 2032–2038 (1999).
- L. Wu, M. Mazilu, T. Karle, and T. Krauss, Superprism phenomena in planar photonic crystals, *J. Quantum Electron.*, vol. 38, no. 7, 915–918 (2002).
- S. Noda, M. Imada, M. Okamo, S. Ogawa, M. Mochizuki, and A. Chutinan, Semiconductor three-dimensional and two-dimensional photonic crystals and devices, *J. Quantum Electron.*, vol. 38, no. 7, 726–735 (2002).
- C.-G. Choi, Y.-T. Han, J.T. Kim, H. Schiff, Air-suspended two-dimensional polymer photonic crystal slab waveguides fabricated by nanoimprint lithography, *Appl. Phys. Lett.*, vol. 90, 221109 (2007).