

비균일 Duty ratio를 갖는 광 도파로 격자 결합기의 회절 특성

Diffraction characteristics of optical waveguide grating coupler with non-uniform duty ratio

양정수, 오범환, 이승걸, 이일항

Optics and Photonics Elite Research Academy

집적형 광자기술 연구센터, 인하대학교 정보통신공학부

jsyang@inha.ac.kr

최근, 저비용 대량생산의 장점을 가지며 전광 혼성 시스템(electro-optical hybrid system)의 집적화를 용이하게 할 것으로 많은 주목을 받고 있는 실리콘에 기반한 광자 소자들의 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히, 고 집적화된 전광 혼성 시스템을 구현하기 위한 요소 기술로서 광 섬유- 광 도파로의 광 결합 기술은 나노 크기의 단면적을 갖는 광도파로로 인하여 고 효율의 광 결합기 구현에 어려움을 가지고 있으나 집적화된 전광 혼성 시스템을 구현하기 위해 반드시 해결 되어야 할 기술로 인식되어 높은 결합 효율을 갖는 광 연결(optical interconnection)을 위한 방법들이 활발하게 제시되고 있다.^[1,2]

본 연구에서는 실리콘에 기반한 광 도파로와 광 섬유의 수직 광 결합을 가능하게 하는 비균일 duty ratio를 갖는 광 도파로 격자 결합기의 회절 특성을 연구하였다. 이 결합기는 집적화와 정렬이 용이하고, 거울 면을 제작할 필요가 없다는 장점을 가지고 있어 전광 혼성 시스템 구현을 용이하게 할 것으로 기대된다. 그림 1은 제안된 광 결합기의 개략도를 나타내고 있다. 결합기의 적층 구조는 기판(substrate), 버퍼 층(buffer layer), 코어 층(core layer), 격자 층(grating layer)과 덮개(cover) 영역으로 이루어져 있다. 기판은 Si, 버퍼층은 SiO₂, 코어 층과 격자 층은 Si가 사용되며, 덮개 영역은 공기이다. 버퍼 층의 두께는 진행하는 광의 기판으로의 손실을 작게 하도록 하기 위하여 3 μm이고, 코어 층의 두께는 0.42 μm, 격자층의 두께는 0.06 μm이다. 격자의 주기는 Λ , duty ratio는 $D = a/\Lambda$, θ 는 회절된 빛의 덮개로의 결합 각을 나타낸다.

비균일(nonuniform) duty ratio를 갖는 광 도파로 격자 결합기의 TE 모드에 대한 결합 회절 특성을 평가하기 위하여, Bloch-wave 분석법을 이용하여 격자 결합기의 광 특성을 규정하는 중요 인자들인 결합 효율(coupling efficiency)과 결합 길이(coupling length)를 duty ratio의 변화에 따라 계산하였다.^[3] 계산에 사용된 Si와 SiO₂의 굴절률은 1.55 μm의 파장에서 각각 3.42, 1.45 이다. 격자의 주기(grating period)는 덮개 영역으로 -1 차수의 회절(-1 diffraction order)이 일어날 수 있도록 $\Lambda < \frac{2\lambda}{n_s + N_{eff}}$ 조건을

만족시키며, 수직 광 결합을 가능할 수 있도록 고안하기 위해 0.5 μm를 사용하였다. λ 는 도파로를 진행하는 광의 자유 공간에서의 파장, N_{eff} 는 가이드 되는 광의 유효 굴절율, n_s 는 SiO₂의 굴절율이다. 유한한 길이의 비균일 duty ratio로 구성된 격자 영역을 갖는 광 도파로 격자 결합기를 평가하기 위하여 Bloch-wave 분석법을 이용해 계산된 결과를 이용하면, z축을 따라 진행하는 빛이 격자에 의해 덮개 영역으로 결합하는 광 파워는 $P_c(z) = \eta_c(z)P(z)[1 - \exp(-\alpha(z)z)]$ 로 표현 될 수 있다. $P(z)$ 는 광 도파로를 따라 진행하는 광의 파워, α 는 결합 길이의 역수로 표현되는 파워 손실 인자(power loss

factor)이고, η_c 는 덮개 영역으로의 광 결합 효율 (cover coupling efficiency)이다. 그림 2는 duty ratio 변화에 따른 회절되는 광의 계산된 광 결합 파워를 보여 주고 있으며, 격자의 duty ratio의 변화를 통해 효율적인 수직 광 결합을 구현 할수 있음을 보여주고 있다.

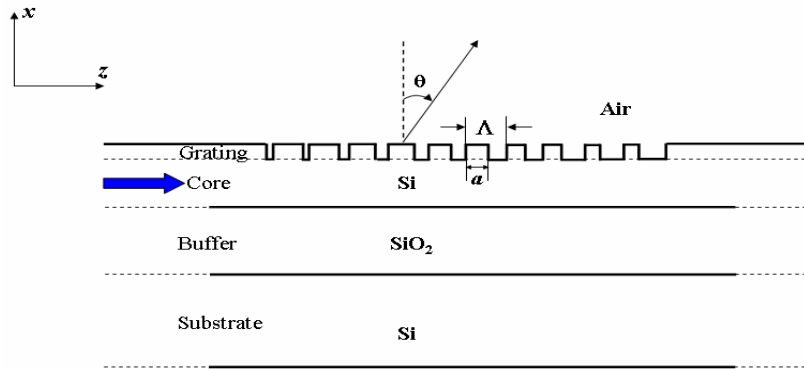


그림 1. 광 도파로 격자 결합기의 개략도

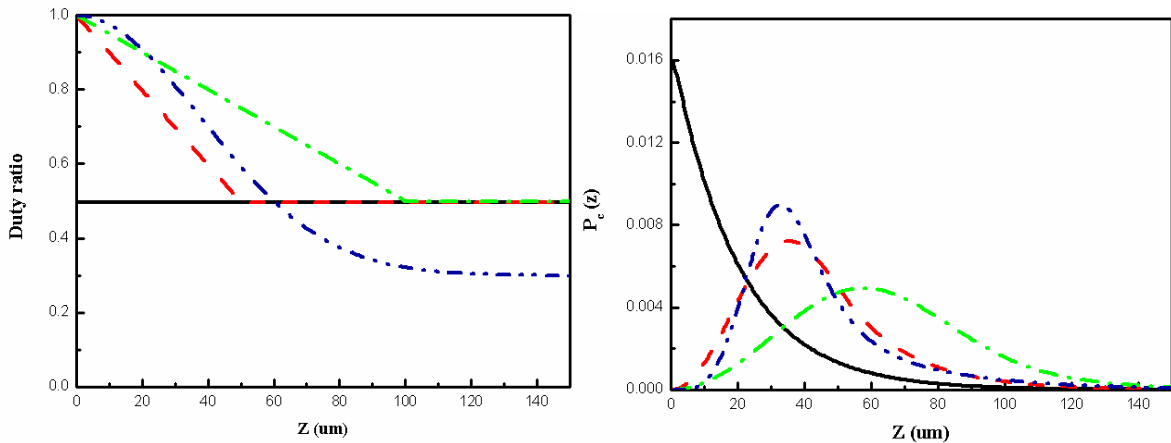


그림 2. Duty ratio 에 따라 계산된 회절 광의 결합 파워

참고문헌

1. V. R. Almeida, R. R. Panepucci, and M. Lipson, "Nanotaper for compact mode conversion," Opt. Lett. Vol. 28, pp. 1302~1304, 2003
2. S. M. Csutak, S. Dakshina-Murthy, and J. C. Campbell, "CMOS-Compatible Planar Silicon Waveguide-Grating-Coupler Photodetectors Fabricated on Silicon-on-Insulator(SOI) Substrates,"IEEE J. Quantum Electron., vol. 38, pp. 477~479, 2002
3. H. J. Kim, W. S. Ji, B-h. O, S. Park, E-H. Lee, and S. G. Lee, "Characterization of a Focusing Waveguide Grating Coupler Using a Bloch-Wave Analysis-Based Local Linear Grating Model and Near-Field Scanning Optical Microscope," J. the Korean Phys. Soc., vol. 46, pp. 1013~1019, 2005