

삼각형 중공광섬유의 이중 대칭성을 이용한 편광제어 (Polarization Control of guided wave in Hollowed Triangular-core Fibers)

이세진, 하우성, Jens Kobelke*, 오경환
연세대학교 물리학과, *Institute of Photonic Technology
koh@yonsei.ac.kr

1. Introduction

1970년대 광 도파로의 한 형태로 시작 된 원형 대칭성을 가진 광섬유의 발전은 고속 통신의 기반을 제공하였으며⁽¹⁾⁽²⁾ 현재 광섬유 기반 기술은 단순한 장거리-저감쇄 전송을 넘어 센서, 레이저 등 광소자로⁽³⁾, 그 영역을 확장시켜왔다. 1990년대 들어 기존의 광섬유의 한계를 극복하기 위한 광자결정 광섬유가 개발되어 비선형 광학 등 새로운 분야로 영역 확대를 가속화시켜왔다⁽⁴⁾.

본 연구에서는 기존의 원형대칭성이 깨어진 저대칭 다각형 코어구조를 도입하여 새로운 광섬유 구조를 제안하고자 한다. 특히 저대칭 삼각형 형태의 코어에 중공을 내재한 고유 구조 광섬유에서 도파되는 모드를 유한 요소 기법 (Finite Element Method)를 활용하여 수치적으로 분석하고 제작된 광섬유로부터 모드의 근접장을 실험적으로 분석하였다. 이를 통해 기존 광섬유와 차별화된 새로운 형태의 편광제어의 가능성을 탐구하고자 한다.

2. Experiment and Simulation

제안된 광섬유의 구조는 삼각형모양의 코어와 중앙의 원형 공기층을 내재한 구조로, 그림1은 실제 제작된 삼각형 중공 광섬유의 단면이다.

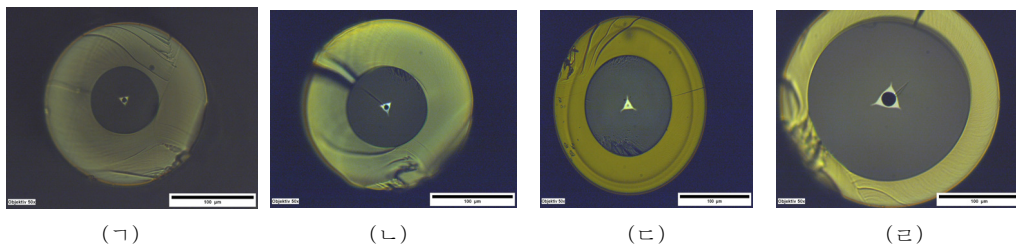


그림1. (ㄱ) 외부 직경80mm의 삼각형 코어 광섬유 (ㄴ) 외부 직경 100mm의 삼각형 중공 광섬유 (ㄷ) 외부 직경 125mm (ㄹ) 외부 직경 200mm의 삼각형 중공 광섬유

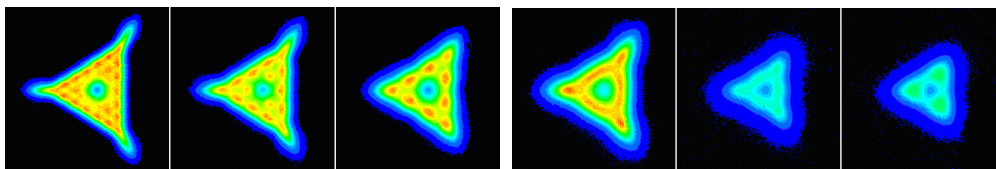


그림2. 외부직경 125mm 광섬유의 (ㄱ)450nm (ㄴ)600nm (ㄷ)800nm (ㄸ)900nm (ㄹ)1100nm (ㅎ)1200nm 에서의 근접장 이미지

코어와 클래드는 각각 $\text{GeO}_2\text{-SiO}_2$, SiO_2 유리로 구성되었으며 Pre-processed MCVD를 이용하여 삼각형 구조를 구현하였다. 그림2는 그림1의 (ㄷ) 광섬유를 통해 형성되는 파장별 근장 이미지로 기존의 원형 광섬유의 것과 달리 삼각 대칭성을 갖는다.

제안된 광섬유 구조에 대해 유한요소법(Finite Element Method)을 이용하여 도파모드를 분석하였으며 이때 중앙 공기층 (중공)이 존재하는 구조와 존재하지 않는 구조에 대해 각각 연구하였다. 수치 분석의 결과는 그림3과 같다. 중공을 내재 하지 않은 삼각형 코어의 모드, 그림3 (㉑)-(㉔), 는 일반 원형 광섬유와 유사한 Linearly Polarized mode LP_{mn} 모드 형태의 전기장이 형성된다. 이와 대조적으로 중공을 내재한 구조에서는 그 모드의 대칭성이 일반 원형 광섬유와 확연히 다른 차이를 보인다. 기저 모드의 경우 세 모서리 중 일부에 빛이 집중되며 각 부분에서의 전기장의 방향이 삼각 대칭을 이루고 3중 축퇴를 이루고 있으며, 이 특성은 코어 외부의 대칭성에 기인한다. 기본 모드 외에 여기 모드의 편광 특성도 삼각 대칭을 보이며, 이 역시 3중 축퇴를 이룬다. 이러한 편광 및 축퇴 특성은 기존의 단일 대칭 광섬유를 통해서 실현하지 못했던 것으로, 이중 대칭의 도입을 통해 편광과 축퇴 제어의 가능성을 제시한 것이다.

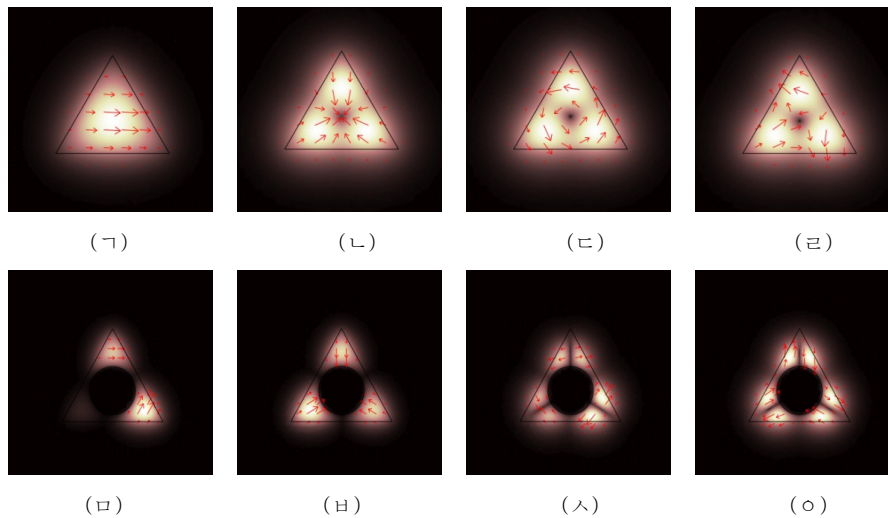


그림3. 중공 비 내재 (㉑)기본 (㉒),(㉓),(㉔) 여기 모드. 중공내재 (㉕)기본 (㉖),(㉗),(㉘)여기 모드

3. Conclusion:

기존 원형대칭 광섬유와 구별되는 이중대칭 구조를 이론적, 실험적으로 분석하였으며 삼각형 코어 및 중공구조를 내재한 고유한 도파구조에서 삼각 대칭성을 갖는 근접장 및 도파모드의 편광특성을 처음으로 확인하였다.

This work was supported in part by the KOSEF (Program Nos. ROA-2008-000-20054-0, R01-2006-000-11277-0 and R15-2004-024-00000-0), the KICOS (Program Nos.2007-8-0536, 2007-8-1864, and 2007-8-1867), the ITEP (Program No. 2007-8-2074), and the Brain Korea 21 Project of the Ministry of Education

1. R. Olshansky, "Propagation in glass optical waveguides", Review of Modern Physics, 51, 2 (1979)
2. Choon Sae Lee, et al., "Normal Modes in an Overmoded Circular Waveguide Coated with Lossy Material", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, MIT-34, 7 (1986)
3. K. Oh et al. "Novel Hollow Optical Fiber and Their Applications in Photonic Devices for Optical Communications" Journal of Lightwave Technology, 23, 2 (2005)
4. John M. Dudley et al. "Supercontinuum generation in photonic crystal fiber", Review of Modern Physics, 78, 4 (2006)