

하이브리드 광섬유를 이용한 베셀빔 광소자

Bessel Beam Optical Device using Hybrid Optical Fibers

김중기, 이성래, 이세진, 정용민*, 오경환
연세대학교 물리학과 광소자물리연구실

*Optoelectronic Research Centre, University of Southampton
koh@yonsei.ac.kr

1. Introduction

Bessel 빔은 헬름홀츠 방정식의 회절-자유 모드해(diffraction-free mode solution)로서 이 빔은 진행함에 따라 지속적인 회절무늬로 자기이미지를 연속적으로 재구축하며 퍼짐이 없는 빔의 전파가 가능하다⁽¹⁾. 기존의 Bessel 빔 발생기는 axicon과 같은 bulk optics를 사용하거나 컴퓨터로 제어되는 홀로그램을 이용해 베셀빔을 만들고 있다^(2,3). 최근 주목 받는 Bessel 빔의 응용은 광포획 실험으로 바이오-메디컬 및 기초 물리분야에 중요한 기여를 하고 있다⁽⁴⁻⁷⁾. 본 연구에서는 코어가 없는 광섬유를 단일모드 광섬유의 LP01 mode가 진행하면서 발생하는 링무늬 간섭 패턴을 이용하여 단일모드광섬유/코어없는광섬유/폴리머렌즈로 이루어진 hybrid 광섬유 Bessel beam 발생기를 설계, 제작하여 특성 평가를 보고한다.

2. Simulation Results

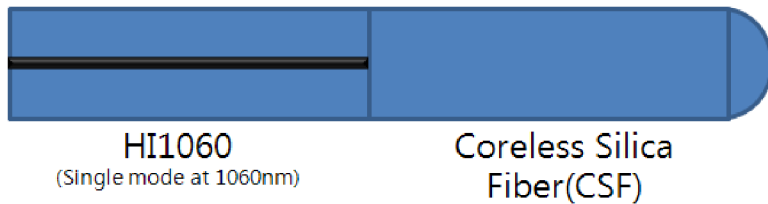


그림1. 새로운 베셀빔 발생기의 개략적 모습

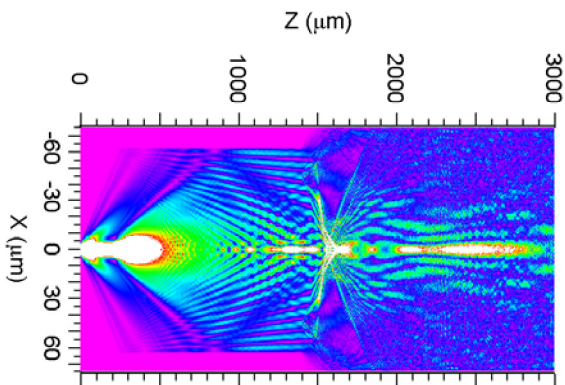


그림2. 코어없는 광섬유 길이 1mm일 때 XZ면 빔 진행

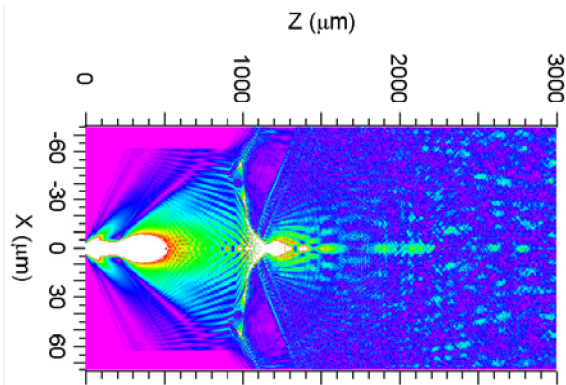


그림3. 코어없는 광섬유 길이 0.6mm일 때 XZ면 빔 진행

그림 1과 같은 단일모드광섬유, 코어 없는 광섬유와 렌즈를 갖는 구조에 대해 beam propagation method 시뮬레이션 했다. 코어 없는 광섬유의 길이를 변화시키면서 베셀빔의 거리가 가장 길게 나오는 거리를 측정했다. 코어 없는 광섬유의 길이가 짧을 경우 단지 Lensed Fiber의 특성만을 보였으며 코어 없는 광섬유의 길이를 1mm로 했을 때 가장 긴 베셀빔이 형성되었다.

3. Experiments

단일모드광섬유는 코닝사의 HI1060이며 단일모드광섬유와 코어 없는 광섬유의 직경은 125 μ m이다. 입사한 레이저의 파장은 1060nm이며, 코어 없는 광섬유의 길이를 각각 0.7, 1.005, 1.436, 1.5mm로 달리 해서 만들었다. 그리고 코어 없는 광섬유 끝에 액체 폴리머를 묻혀서 자외선을 쬐어 경화시켰으며 이것은 빔의 시준기역할을 했다. 레이저의 빛을 입사한 후 X-Z면의 빔 진행을 관찰하고 각각의 경우에 베셀빔 거리를 측정했다.

4. Result

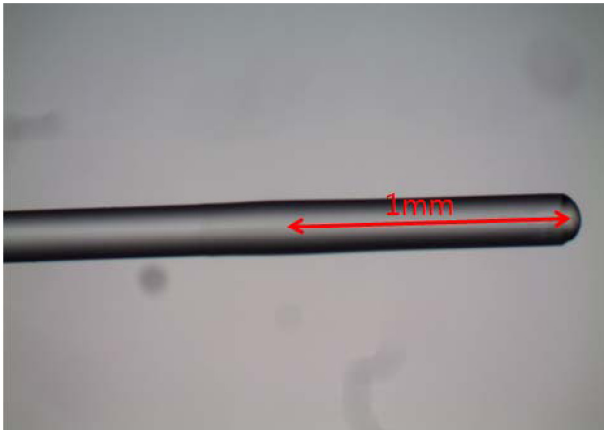


그림4. 제작된 베셀빔 발생 광섬유 소자

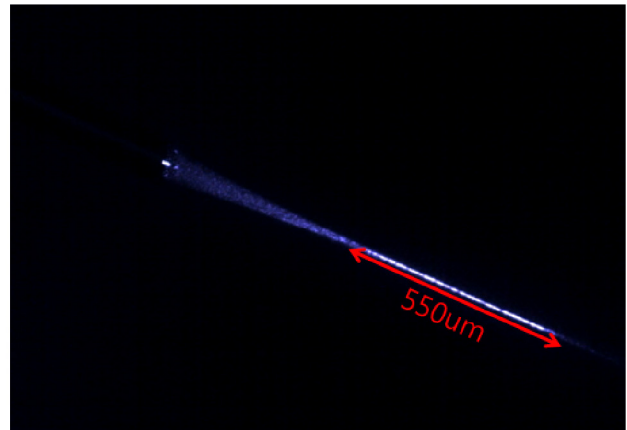


그림5. XZ면에서 빛의 진행 모습

폴리머 렌즈의 곡률반지름은 50 μ m이며, 최적화된 코어 없는 광섬유의 길이는 1mm였다. 빛을 입사한 결과, 빛이 렌즈를 통과한 후 660 μ m진행한 뒤부터 모여서 550 μ m 거리를 빛이 모인체로 진행하는 베셀빔을 보였다.

5. Conclusion

단일모드광섬유와 코어 없는 광섬유를 이용한 Hybrid 광섬유와 폴리머 렌즈로 이루어진 광섬유 소자를 시뮬레이션한 결과 코어 없는 광섬유의 길이를 짧게 할 경우 Lensed 광섬유소자의 결과만 나왔지만, 코어 없는 광섬유의 길이를 1mm로 했을 경우 베셀빔의 길이가 가장 길게 형성되었다. 시뮬레이션의 결과를 바탕으로 실제 소자를 제작하고 1060nm 레이저 빛을 입사시킨 경우 그림 5와 같이 550 μ m길이의 베셀빔이 유지되었다. 이를 소자를 이용하여 광포획 및 광트위저 실험에 응용 가능성을 열게 되었다.

Acknowledgements

이 논문은 한국과학재단 (과제번호 ROA-2008-000-20054-0, R01-2006-000-11277-0, R15-2004-024-00000-0), 국제과학기술협력재단 (과제번호 2007-8-0506, 2008-8-1893), 한국산업기술평가원 (2007-8-2074, 2008-8-1195), 그리고 한국학술진흥재단 두뇌한국 21 사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- [1] J. Durnin, J. J. Miceli Jr./Phy. Rev. Lett./Vol. 58, No. 15/ Apr. 1987
- [2] G. Indebetouw/J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 6, No. 1/Jan. 1989
- [3] A. Vasara, J. Turunen, A. T. Friberg/J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 6, No. 11/Nov. 1989
- [4] K. C. Neuman, S. M. Block/Rev. of Sci. Ins./Vol. 75, No. 9/Sep. 2004
- [5] J. Arlt, V. Garces-Chavez, W. Sibbett, K. Dholakia/Opt. Comm./pp239 - 245/Oct. 2001
- [6] D. McGloin, K. Dholakia/Contemporary Physics, Vol. 46, No. 1/Jan.-Feb 2005
- [7] V. Garces-Chavez, D. McGloin, H. Melville, W. Sibbett, K. Dholakia/Nature/Vol. 419/Sep. 2002