

베셀빔 광섬유 소자

Beam Shaping Optical Device for Bessel Profile

김종기, 정윤섭, 이세진, 하우성, 김준기*, 정용민**, R. Salathe***, F. Merenda***, 오경환
연세대학교 물리학과 광소자물리연구실

*Fraunhofer Institute, Applied Optics and Precision Engineering

**Optoelectronic Research Centre, University of Southampton

***Advanced Photonics Laboratory, Ecole Polytechnique Federale de Lausanne(EPFL)
koh@yonsei.ac.kr

1. Introduction

광학 회절은 오랫동안 관찰 및 연구가 되어오던 현상으로 최근에는 레이저 빔 shaping에서 중요한 역할을 하고 있다. 특히 1980년 후반에 J. Durnin에 의해 헬름홀츠 방정식에서 회절-자유 모드해(diffraction-free mode solution)가 제안되었는데 이 해는 회절에 의한 퍼짐을 감소된 빔을 가능케 한다. J. Durnin은 환형 틈을 이용해서 회절-자유 빔을 실현했으며 그 형태가 베셀함수였기 때문에 베셀빔이라고 명명했다⁽¹⁾. G. Indebetouw는 axicon을 이용해서 더욱 향상된 베셀빔을 형성하는 시스템을 제안했다⁽²⁾. A. Vasara는 컴퓨터제어 훌로그램으로 베셀빔을 만드는데 성공했다⁽³⁾. 최근에는 광포획 실험과 광묶음 실험에 Bessel빔을 응용한 연구가 발표되었다⁽⁴⁻⁷⁾. 본 연구에서는 중공광섬유가 환형 틈의 역할을 하도록 하고 폴리머렌즈로 초점거리를 조정한 광섬유 형태의 베셀빔 발생장치를 개발하였다..

2. Simulation Result

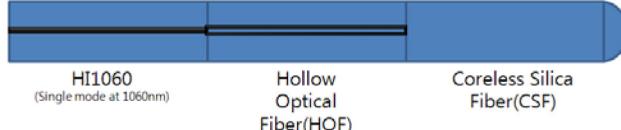


그림1. 단일모드광섬유, 중공광섬유, 코어없는 광섬유와 폴리머렌즈를 이용한 베셀빔 제너레이터 소자 구조

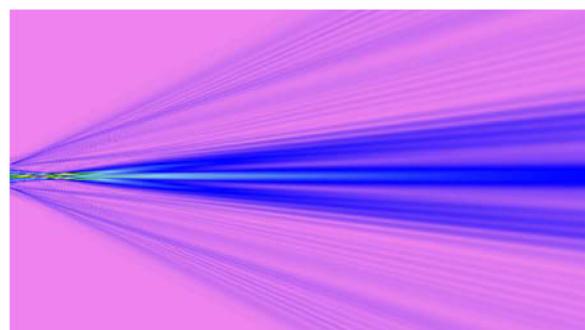


그림2. 그림1의 구조를 시뮬레이션한 결과

실험에 사용된 Bessel 빔 발생장치는 그림 1과 같이 단일모드광섬유, 중공광섬유, 코어 없는 광섬유와 렌즈로 구성되며 이를 바탕으로 레이저 빔 도파 시뮬레이션을 수행한 결과 그림 2와 같이 1mm 길이 동안 레이저 빔이 퍼짐 없이 진행함을 볼 수 있다.

3. Experiments

광원은 1060nm 광섬유레이저를 이용했으며 그 파장에서 단일 모드인 코닝사의 HI 1060 광섬유에 입사하였다. 중공광섬유는 hole 외경이 8um이며, 클래드 직경은 125um이다. Fusion Splicer를 사용해서 단일모드광섬유와 중공광섬유를 강한 전류로 접속해서 adiabatic mode transform을 구현하여 접속 손실을 최소화 하였다. 중공 광섬유의 길이는 모드 변환이 충분히 될 수 있도록 20cm 이상 사용하였다. 코어 없는 광섬유의 길이는 폴리머 렌즈의曲률과 다음 식과 같은 밀접한 관련이 있다.

$$CSF\ Length = \frac{n_1}{n_2 - n_1} R$$

n_1 : 코어 없는 광섬유 굴절율 n_2 : 매질의 굴절율 R : 렌즈곡률반경

액체 폴리머를 코어 없는 광섬유 단면 위에 올리면 자체 표면 장력에 의해 곡률이 생기는데 자외선을 쬐어서 경화시켜 렌즈를 완성한다.

4. Results

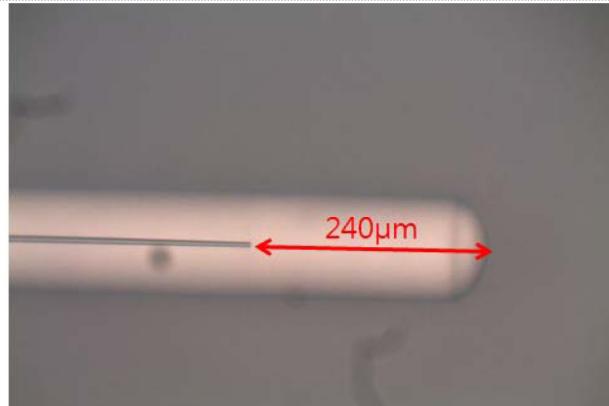


그림3. 제작한 베셀빔 광섬유 소자의 모습

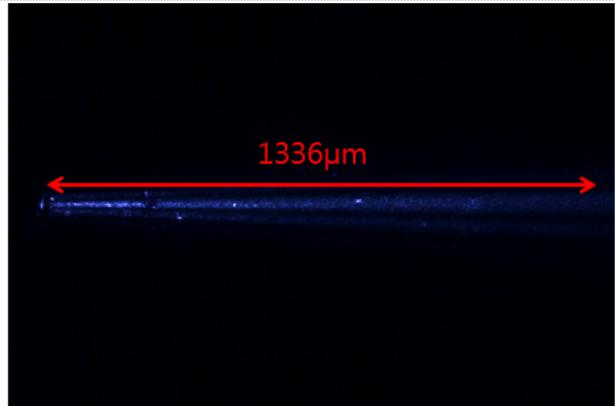


그림4. 제작한 베셀빔 광섬유 소자에서 베셀빔이 진행되는 모습.

그림 1의 구조로 소자를 만들어 빔을 런칭시킨 결과 1336um거리를 진행하는 동안 beam diameter가 유지되는 베셀빔을 보였다. 이 결과는 기존 벌크광학계에서 보통 진행하는 거리인 ~십mm보다는 짧지만 베셀빔 발생소자의 크기와 진행거리를 비교해 보았을 때 기존 광학계보다 획기적으로 더 긴 유효길이를 얻은 것이다.

5. Conclusion

광섬유로만 이루어진 베셀빔 제너레이터 시스템을 이론적으로 시뮬레이션하고 또한 실험적으로 그 가능성을 확인하였다. 단일모드 광섬유, 중공광섬유, 코어 없는 광섬유, 그리고 폴리머 렌즈의 복합구조로 형성된 소자를 통해 약 1,336um의 거리에서 베셀빔과 유사한 diffraction free non-diverging 빔을 실험적으로 발생시켰다. 이를 이용하여 광포획 및 광트위저 실험에서 다차원광포획 실험의 가능성을 확보하였다.

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 21사업의 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