

## 내부에 금속전극을 가진 타원코어 광섬유를 이용한 광섬유형 전기광학 편광조절소자 제조 및 특성평가

김복현\*, 양호영\*, Aoxiang Lin\*, 한원택\*

\*광주과학기술원(GIST) 정보기전공학부

Tel : 062-970-2289,2215 E-mail : bhkim@gist.ac.kr, wthan@gist.re.kr

**Abstract:** 내부에 금속전극을 가진 타원코어 광섬유를 이용하여 전기광학적으로 구동되는 새로운 구조의 광섬유형 편광조절 소자를 제안하였다. 광섬유에 전압을 인가하여 편광방향을  $-90^\circ \sim +90^\circ$  범위에서 자유롭게 조절할 수 있었다.

### 1. 서론

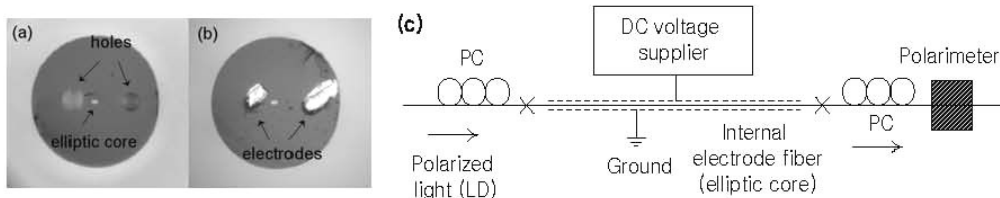
구조적 등방성을 가진 유리광섬유에 이차 비선형 광특성을 유도하여 다양한 형태의 광섬유형 전기광학소자로 개발하는 연구가 이루어져 왔다 [1, 2]. 아직 최종적인 실용화 단계에 이르지 못한 전기 광학효과를 가진 광섬유는 여러 장점으로 광변조/스위칭소자, 파장변환소자, 파장가변필터, 전기 광학센서 등의 기능성 광학소자로 사용될 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 최근에 내부에 금속전극이 설치된 전기광학 광섬유를 이용한 편광조절 소자가 제안되었는데, 이러한 편광조절소자는 전류인가에 따른 금속전극의 열팽창[3]을 이용하거나 다소 복잡한 구조의 Mach-Zehnder 간섭계[4]가 이용되는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 내부에 설치된 타원코어 광섬유를 이용하여 보다 편리한 방식으로 전기적인 편광 제어자가 가능한 편광조절소자를 제작하였으며 그 특성을 분석하였다.

### 2. 광섬유형 전기광학 편광조절소자 제조

MCVD공정을 사용하여 게르마늄(Ge)이 함유된 코어를 가진 광섬유모재를 만들었다. 코어 양단에 지름이 5 mm인 구멍을 축방향으로 뚫은 후 광섬유 인출온도 및 속도를 조절하여 타원코어 및 두 개의 구멍을 가진 광섬유로 인출하였다. 제조된 광섬유의 지름은 125  $\mu\text{m}$ 였으며 코어의 크기는 3.9(단축)  $\times$  6.5(장축)  $\mu\text{m}$ 였다. 광섬유에 형성된 두 개의 구멍 사이의 간격은 약 36.7  $\mu\text{m}$ 이었다.

가압이 가능하게 제작된 용기에 63Sn-37Pb(wt%) 합금을 넣어 용융시킨 후 약 10 bar의 질소압을 가하여 녹은 합금을 광섬유 구멍으로 주입시켜 광섬유 내부에 금속전극을 설치하였다 [5, 6]. 이를 통하여 길이가 142 cm인 내부전극을 가진 타원코어 광섬유를 얻었다. 그림 1의 (a), (b)는 각각 내부전극을 설치하기 전과 후의 타원코어 광섬유의 단면 사진을 보여준다. 그림에서 중심의 밝은 부분은 타원코어를 나타내며, 그림 1(b)에서 보여지듯이 내부전극을 설치한 후에는 코어 양단에 내부전극이 드러나 있음을 확인할 수 있다. 타원코어 광섬유 내부에 설치된 전극에 전압공급기를 연결하고 전압을 인가하므로써 전기적으로 구동되는 편광조절소자를 제작하였다. 내부전극과 전압공급기의 전기접촉을 위하여 측면연마법이 사용되었다.



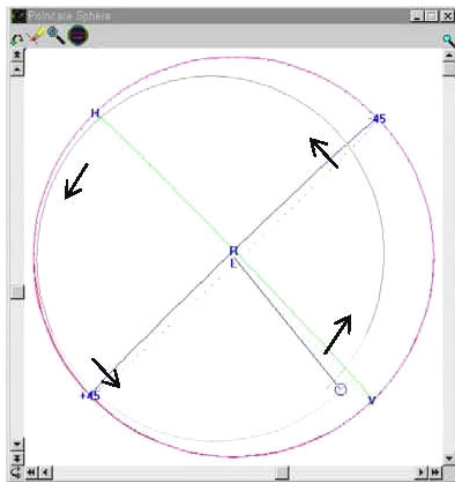
[그림 1] 내부에 금속전극을 설치하기 전(a)과 후(b)의 타원코어 광섬유의 단면사진. (c) 타원코어 광섬유를 이용한 편광 조절소자의 편광조절특성 분석장치 (PC: Mechanical polarization controller).

### 3. 광섬유형 편광조절소자의 특성 측정

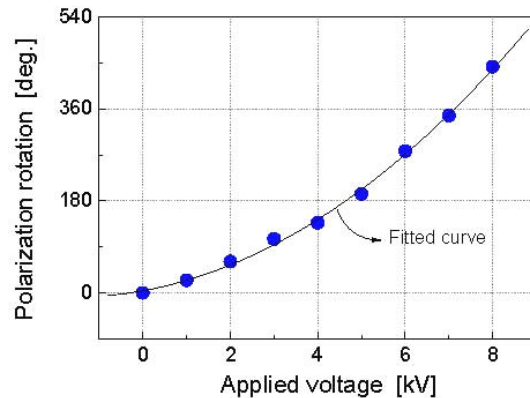
그림 1(c) 에 제조된 편광조절소자의 편광조절특성 분석을 위한 장치도를 나타내었다. 1314 nm 파장의 DFB-LD에서 출력된 약 1 mW의 선평광된 빔을 편광조절기(PC)를 사용하여 편광방향을 조절한 후

타원코어 광섬유에 입사시켰다. 이어서 전압이 인가된 타원코어 광섬유를 통과한 빔은 두 번째 편광조절기를 지나게 된다. 최종적으로 편광조절소자를 통과하여 출력된 빔은 Polarimeter (ThorLabs, Analyzer: PA500, Head: PA530)를 사용하여 전압인가에 따른 편광상태의 변화를 측정하였다. 편광조절소자의 특성분석을 용이하게 하기 위하여 광섬유 편광조절기가 편광회전소자의 특성을 가지게 만들고 편광회전 특성을 분석하였다.

그림 2(a)에 0-5 kV 범위에서 인가전압 증가에 따른 편광상태의 변화를 Poincare 구면 상에 Stokes vector를 사용하여 나타내었다. 그림에서 0-5 kV의 전압을 인가할 경우 원형을 그리며 Stokes vector가 연속적으로 회전하는 것을 볼 수 있었다. 그림 2(b)에 인가전압에 따른 편광회전크기를 나타내었다. 인가전압에 따라 회전크기가 포물선형태로 단조 증가하는 것을 확인할 수 있었다.



(a)



(b)

[그림 2] (a) Poincare 구면에 표현된 전압(0-5 kV) 인가에 의한 Stokes vector의 이동. (그림에서 Stokes vector의 궤적이 구면상에 회색 점으로 표현되었으며 화살표는 인가전압 증가에 따른 Stokes vector의 이동방향을 나타낸다.) (b) 인가전압에 대한 측정된 편광 회전량.

광섬유 코어에 외부 전기장( $E_{dc}$ )이 인가될 경우, Electro-optic Kerr 효과에 의하여  $\Delta n(E_{dc}) = n(E_{dc}) - n_0 = \chi_{eff}^{(2)} E_{dc} / 2n_0$ 에 따라 굴절률변화( $\Delta n$ )가 발생하게 된다.  $n_0$ 는 전기장을 인가 하기 전의 코어 굴절률을 나타내며  $\chi_{eff}^{(2)}$ 는 유효 이차 비선형 광학계수이다. 여기서 타원코어의 경우 주축방향 및 인가전압에 따라  $n_0$  및  $\chi_{eff}^{(2)}$  이 차이가 발생하게 되며 이로 인하여 편광조절특성을 가지게 되는 것으로 분석된다 [6, 7].

4. 결론

내부전극 및 타원코어를 가진 특수광섬유를 사용하여 전기적으로 동작되는 광섬유형 편광조절소자를 제안하였다. 소자의 전기광학적 구동은 Electro-optic Kerr effect에 의한 타원코어의 비대칭적 굴절률변화에 의한 것으로 설명하였다. 향후 특성개선을 통하여 보다 우수한 광섬유형 편광조절소자의 개발이 가능할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 UFON-ERC 프로그램 및 교육인적자원부의 Brain Korea-21 정보기술사업의 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고문헌

1. R. A. Myers et al., Opt. Lett. vol. 6, p. 1732 (1991).
2. T. Fujiwara et al., Electron. Lett. vol. 31, p. 573 (1995).
3. A. Claesson et al., OFC 2003, p. 39.
4. O. Tarasenko et al., OFC 2006, paper OWE3.
5. M. Fokine et al., Opt. Lett. vol. 27, p. 1643 (2002).
6. B. H. Kim et al., Opt. Express, vol. 14, p. 11234 (2006).
7. S. Kielich, IEEE J. Quantum Electron. QE-5, p. 562 (1969).