

전기광학 폴리머를 이용한 Y 분기형 위상 변조기의 제작

Fabrication of a Y-branch Phase Modulator

Using an Electro-Optic Polymer

오영훈, 신상영

한국과학기술원 전자전산학과

yhoh@eeinfo.kaist.ac.kr

Abstract

A Y-branch phase modulator made of an electro-optic(EO) polymer has been designed and fabricated. An EO polymer, PMMA-DR1, is used for the core layer, and UV-curable polymers, UV-15 and UV-15 LV, for the cladding layers. The rib type polymeric waveguides are fabricated by the reactive ion etching method and their EO effects are obtained by the poling process. The optical properties of the fabricated phase modulator are as follows: the halfwave voltage, V_{π} , is 25 V, the insertion loss of TM mode is 13.8 dB, and the intensity modulation is 0.17 % (V).

작고 안정성 있는 소자를 제작할 수 집적 광학 소자 기술로 여러 가지 형태의 광 센서를 제작한다. 여러 가지 형태의 광 센서 중에서 회전량을 측정하는 광섬유 자이로스코프는 자동차, 항공 산업, 국방 산업 등 첨단 산업에 쓰이는 고가 상품이다. 자이로스코프에 쓰이는 집적 광학 소자는 센서의 신호 처리를 담당하며 현재 LiNbO_3 를 이용한 자이로 칩이 상용화되고 있다. 최근에 들어서는 다른 광소자와 동일 기판 위에 집적할 수 있는 폴리머를 이용하여 자이로 칩을 제작하고 있으며 이러한 집적으로 인해 광섬유 피그테일과 광섬유 융착 접속의 횟수를 줄일 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 전기 광학 폴리머 PMMA-DR1을 이용하여 자이로 칩의 편광기 역할을 제외한 광 분할기와 위상 변조기를 Y 분기형 광도파로를 이용하여 제작하고 측정한 결과를 보고한다.

전기 광학 폴리머가 전기 광학 효과를 갖기 위해서는 전장 폴링 공정을 거쳐야 한다. 폴리머의 초기 상태는 균일하고 중앙 대칭인데 폴링 과정을 통하여 비중앙대칭인 양 단축 매질로 변하게 된다. 폴링 방법에는 DC 전극 폴링과 코로나 폴링방법이 있으며 DC 전극 폴링은 높은 전도도를 갖는 전극을 사용하여 전기광학 폴리머에 강한 전장을 걸어주는 방법이며 코로나 폴링은 침상 전극이나 선(wire) 전극을 이용하여 대기압 중에 일어나는 코로나 방전으로 폴리머 박막에 전장을 인가하는 방법이다. 전극 폴링의 경우 박막에 약간의 결점이 있으면 절연 파괴가 발생하여 폴링이 안되는 경우도 있으나 코로나 폴링을 이용하면 박막 상태에 민감하지 않으므로 높은 전압으로도 폴링을 할 수 있다⁽¹⁾. 본 연구에서는 113 °C 부근에서 20분간 전극 폴링과 코로나 폴링을 하였고, 마하젠더 간섭계를 이용하여 전기 광학 계수 r_{33} 를 측정하였다. 위에서 나열한 여러 가지 폴링 방법으로 얻어진 결과들을 표 1에 정리하였다. 텅스텐 와이어 전극으로 폴링하였을 때 표면 손상이 가장 적음을 알 수 있었고 침상 전극으로 폴링할 경우 6.1 pm/V의 전기 광학 계수를 얻을 수 있었으나 이 경우 표면 손상이 심하여 전파 손실이 큼을 확인할 수 있었다.

위상 변조기를 제작하기 위하여 립 구조의 광도파로가 사용되었다. SiO₂가 1 μm 이상 성장된 실리콘 기판 위에 상하부 클래딩 층으로는 자외선 경화 물질인 UV-15, 코어층에는 전기 광학 폴리머 PMMA-DR1이 사용되었다. 단일 모드 도파로는 산소 반응 이온 식각(Oxygen Reactive Ion Etching) 공정으로 0.6 μm 정도 식각하여 제작하였다. Y 분기형 위상 변조기의 구조는 그림 1에서 보여졌다. 도파로의 폭은 5 μm, 상부 전극은 푸쉬풀(push-pull) 형태로 설계하였고 소자 완성후 광섬유와의 패키징을 고려하여 두 암 사이의 간격을 200 μm로 하였다. 또한 분기각이 크면 손실을 발생시키므로 1°로 설계하였다.

1.3 μm의 광원으로 제작된 위상 변조기를 측정하였는데 TM 모드만을 측정하기 위하여 편광기를 사용하였다. 전기 광학 효과를 얻기 위해서 표면 손상이 적고 r₃₃를 5.8 pm/V 정도 얻을 수 있는 텅스텐 와이어 전극의 코로나 폴링 방법을 선택하였다. TM 모드는 그림 2와 같이 관측되었고 출력 광 분할비는 50.5/49.5로 측정되었다. TM 모드의 삽입 손실은 -13.8 dB로 다른 광소자 재료보다 큼을 알 수 있었다. 광 강도 변조도는 V_π보다 5배 큰 전압을 인가할 때 0.17 %로 측정되었다.

1. Phat T. Dao and David J. Williams, "Constant current corona charging as a technique for poling organic nonlinear optical thin films and the effect of ambient gas," J. Appl. Phys., vol. 73, 1993.

Poling Method	Poling voltage (V)	V _π (V)	r ₃₃ (pm/V)	Surface rms roughness (Å)
No poling				2
Electrode poling	1000	26	5.6	20
Tungsten wire Corona poling	6500	25	5.8	2
Needle Corona poling	7500	24	6.1	72

표 1. 여러 가지 폴링 방법으로 얻어진 전기 광학 계수와 표면 손상

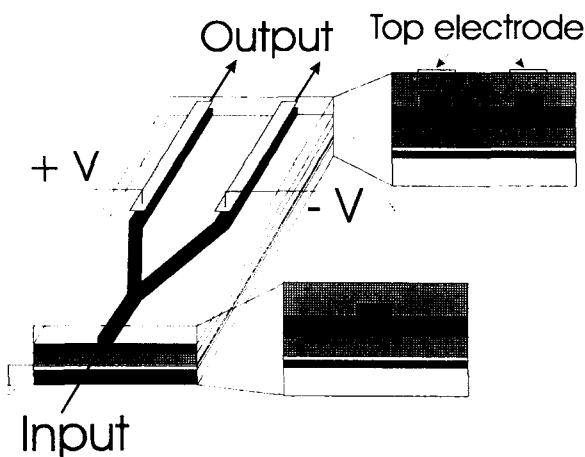


그림 1. 위상 변조기의 구조

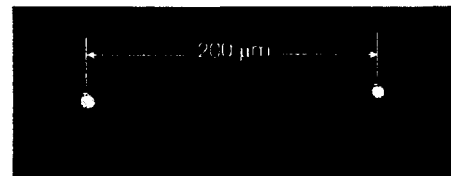


그림 2. 위상 변조기 출력단의 모드