

크기가 다른 전극폭을 갖는 4 분기 열광학스위치

Four Branch Thermo-Optic Switch with Heaters of the Unequal Width

송현채*, 신상영

한국과학기술원 전기 및 전자공학과

chae@eeinfo,kaist.ac.kr

공간 광스위치는 광통신시스템이나 광회선분배기 등에서 광경로를 제어하는 핵심적인 소자 중의 하나이다. 늘어나는 정보량의 수요를 만족시키기 위해서는 대용량의 $M \times N$ 매트릭스 공간 광스위치가 필요한데 기존의 1×2 광스위치를 단위소자로 하는 공간 광스위치는 입, 출력 용량을 늘릴수록 광경로가 급격히 증가하여 전체소자의 크기와 손실이 크게 증가하는 단점이 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 단위소자로서 출구수가 많은 $1 \times N$ ($N > 2$) 다분기 광스위치를 사용하고자 하는 연구들이 진행되어 왔다.⁽¹⁾ 최근에는 폴리머의 큰 열광학계수를 이용한 3 분기, 4 분기 열광학 스위치가 발표되었다.^(2,3) 그런데 기존의 3분기 열광학 스위치의 경우 -20 dB 정도의 누화를 얻기 위해 외측(바깥쪽) 출구로의 스위칭에서 75 mW, 내측(중심쪽) 출구로의 스위칭에서 350 mW의 전력이 소비되어 스위칭 상태에 따른 소비전력의 차이가 크다.⁽²⁾ 그리고 저자에 의해 발표된 4 분기 열광학 스위치에서도 내측출구로의 스위칭이 비교적 좋지 않아 -14 dB 정도의 누화에서 1000 mW의 전력이 소모되었다.⁽³⁾ 이것은 내측 출구로의 스위칭을 위하여 사용되는 바깥쪽 전극에서 발생하는 열이 내측 전극에 의한 열에 비해 광도파로에 미치는 영향이 작아서 스위칭에 필요한 충분한 굴절률 변화를 유지 시키기 어렵기 때문이다. 그리고 상부 클래드의 두께가 두꺼울 경우 상당한 량의 열이 광도파로의 바깥쪽으로 퍼지기 때문에 효과적으로 광도파로에 영향을 미치기 힘들다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 개선하기 위하여 두가지 방법의 접근을 시도하였다. 먼저 외측 전극의 폭을 내측 전극의 폭에 비해 넓게 설계하였다. 이렇게 함으로서 동일한 전압을 인가하더라도 외측 전극에 더 많은 전력을 공급할 수 있어 내측 출구로의 스위칭이 개선된다. 둘째, 굴절률차가 큰 물질을 코아와 클래드로 사용하여 상부 클래드의 두께를 줄였다. 일반적으로 능동소자의 경우 상부 금속 전극으로 인한 도파광의 손실을 막기 위하여 상부 클래드의 두께를 충분히 두껍게 한다. 그러나 코아와 클래드의 굴절률차가 크면 이러한 상부클래드의 두께를 줄일 수 있어 전극에서 발생하는 열을 좀 더 효과적으로 광도파로에 미치게 할 수 있다. 즉 전극에 동일한 전기전력을 공급하더라도 전극과 광도파로사이의 간격이 좁으면 열을 가하고자 하는 광도파로와 그렇지 않은 광도파로간의 온도차를 더 크게 얻을 수 있다.

제안된 1×4 열광학 스위치의 구조는 그림 1 과 같다. 4 분기 광도파로위에 전극 (A), (B), (C), (D)가 순서대로 놓여 있다. 이들중 스위칭 되기를 원하는 출구를 제외한 나머지 출구위에 있는 전극에 전압을 인가하여 원하는 출구로 입력광을 스위칭할 수 있다. 열광학 스위치의 광도파로의 폭은 $6 \mu\text{m}$, 분기 각 0.06° 이고 내측 전극의 폭은 광도파로의 폭과 동일한 $6 \mu\text{m}$ 이고 외측은 이보다 큰 $8 \mu\text{m}$ 이다. 광도파로는 빔전파방법을 이용하여 설계하였고 전극의 최적 위치를 결정하기 위하여 유한요소법을 이용한 열해석을 하였다. 광도파로는 코아와 클래드의 굴절률차가 큼에도 불구하고 단면적이 큰 단일모드 광도

파로를 만들 수 있는 링구조를 사용하였다.⁽⁴⁾ 그림 2 는 제작된 광도파로의 단면 구조이다. 코아와 클래드의 물질로는 열적 안정성이 높은 Benzocyclobutane(BCB, $T_g > 350\text{ }^\circ\text{C}$)과 Perfluorocyclobutane(PFCB, $T_g > 450\text{ }^\circ\text{C}$)을 각각 사용하였고 전극으로는 Cr/Au 를 사용하였다.

제작된 소자는 1550 nm와 1300 nm 에서 각각 측정되었다. 그림 3 은 1550 nm에서 내측 및 외측 출구로의 스위칭시 각 출구에서의 누화 특성을 나타내고 있다. 1300 nm 와 1550 nm 파장대에서 각각 소비전력이 125 ~ 140 mW (구동전압 9 V), 190 ~ 210 mW (구동전압 11 V) 일때 내, 외측 출구 모두에서 -15 dB 이하의 누화를 얻을 수 있었다.

참고문헌

1. M. A. Sekerka-Bajbus and G. L. Yip, "Design optimization and implementation of an optical Ti:LiNbO₃ 3-branch switch by the beam propagation method", SPIE 1177 Integrated optics and optoelectronics, 216-227 (1989).
2. K. Propstra, T. Hoekstra, A. Borreman, and M. Diemeer, "First thermo-optic 1x3 digital optical switch", ECIO 97 Stockholm Sweden, (1997).
3. 송현채, 신상영, 장우혁, 이태형, "4 분기 광도파로를 이용한 새로운 1x4 열광학스위치," 제7회 광자기술 학술회의, 부경대학교, 287-288 (1998).
4. R. A. Soref, J. Schmidtchen, and K. Petermann, "Large single mode rib waveguides in GeSi-Si and Si-on-SiO₂", IEEE J. Quantum Electronics, 27, 1971-1974 (1991)

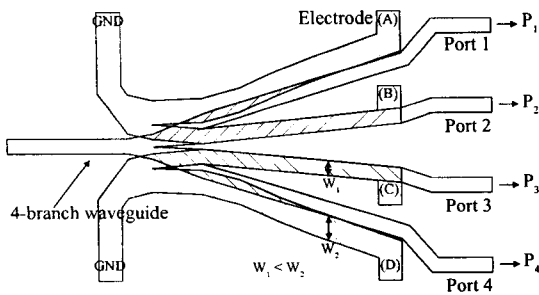


그림 1. 1x4 열광학 스위치의 구조

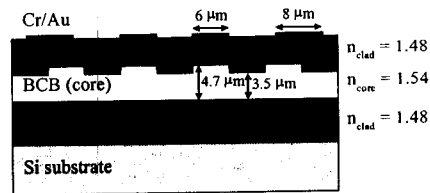
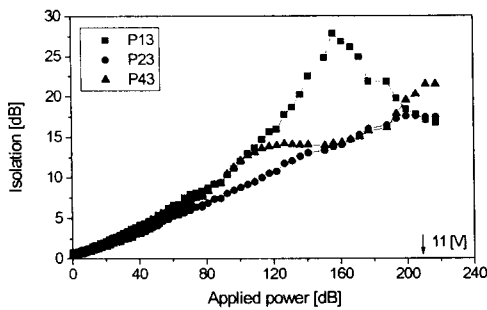
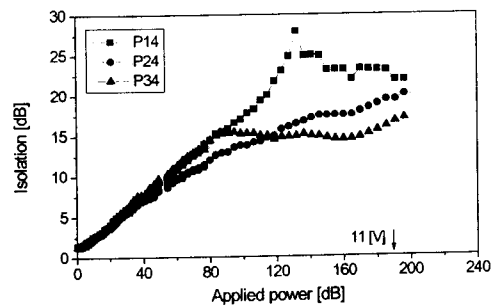


그림 2. 링광도파로의 단면구조



(a)



(b)

그림 3. 인가전력에 따른 누화특성 (a) 내측 출구 (b) 외측 출구