

열광학 효과를 이용한 광섬유 - 평면도파로 결합형

파장 가변 빗살필터

Fiber to planar waveguide type tunable comb filter
using thermo-optic effect

김정훈*, 권광희, 김광택, 송재원
경북대학교 전자공학과
dulosk@hanmail.net

지금까지 측면이 코어 가까이 연마된 단일모드 광섬유와 평면 도파로 사이의 광결합을 이용한 소자들이 많이 연구되고 있다. 이를 이용한 소자들로는 광필터, 광변조기, 광스위치, 굴절계, 편광기 등이 있으며 최근에는 파장분할다중화(WDM)에서 인접채널간의 채널분리를 위한 소자로서 빗살필터의 연구 또한 활발히 이루어지고 있다. 이에 본 논문에서는 측면이 코어 가까이 연마된 단일모드 광섬유와 평면도파로 사이의 광결합을 이용한 빗살필터를 제작하였으며 열광학 효과를 이용하여 파장 가변 빗살 필터를 구현해 보았다.

본 논문에서 제안한 파장가변 빗살무늬 필터는 그림1에서 V 홈에 단일모드 광섬유를 접착제로 고정시키고 클래드를 연마한 다음 현미경용 덮개 유리를 접착하여 필터를 제작하여 측면이 코어 가까이 연마된 단일모드 광섬유와 다중모드를 가지는 평면 도파로의 소산장 결합(evanescent field coupling)을 형성하여 두 광경로 사이에 광에너지 교환이 발생할 수 있게 하였다. 그리고 그림2에서 광 결합 효율을 개선하기 위하여 interaction region을 짧게 하고 중간 결합층(buffer layer)으로 Norland사의 NOA61을 사용하였으며 파장가변을 위하여 평면도파로 상부에 니켈크롬과 알루미늄을 열증착하여 전극의 폭이 100um 이내, 전체 저항은 150옴의 ㄷ자형 전극을 설계하였다. 그리고 상부클래딩 물질로서는 평면도파로보다 굴절률이 낮은 범위에서 그림3의 liquid drop method의해 열광학계수가 2.17×10^{-4} 인 Epo-tek사의 OG125를 2500rpm으로 스펀코딩하고 UV경화하여 사용하였다. 그림1,2에서 평면도파로는 여러 모드를 가질 수 있으며 그 중에 광섬유모드와 위상정합 조건을 만족하는 모드만이 광 결합을 일으킨다. 이때 위상정합 조건을 만족하는 공진파장은 식(1), (2)에 나타내었다.

$$\lambda_m = \frac{2\pi d_o (n_o^2 - n_{eo}^2)^{1/2}}{m\pi + \phi_1 + \phi_2} \quad (1) \quad \phi_i (i=1 \text{ or } 2) = \tan^{-1} \zeta \frac{(n_{eo}^2 - n_i^2)^{1/2}}{(n_o^2 - n_{eo}^2)^{1/2}} \quad (2)$$

여기서 m 은 모드의 차수를 나타내는 정수, λ 는 광의 파장, d_o 는 평면 도파로의 두께, n_o 는 평면도파로의 코어 굴절률 그리고 n_{eo} 는 m 번째 모드의 유효 굴절률을 나타낸다. 식(2)의 ϕ_1, ϕ_2 는 평면 도파로의 코어층과 클래딩층의 경계에서 발생하는 모드의 위상천이이다. 여기서 ζ 는 편광상태에 의존하는 상수로서 TE편광 대해선 $\zeta=1$, TM편광에 대해선 $\zeta = n_o^2/n_i^2$ 이다. 이때 평면도파로의 상부 클래딩 물질에 따라 평면도파로내의 유효굴절률에 변화를 주게 되고 광섬유와 평면 도파로의 고유치의 변화로 인하여 공진 파장은 변하게 된다. 본 논문에서는 파장 가변을 위해 상부클래딩 물질로 열광학계수가 높은

물질을 이용하였고 열전극을 통해 상부 클래딩의 유효 굴절률을 변화시켜 공진파장을 가변 하였다. 이때 제작된 열광학 효과를 이용한 광섬유-평면도파로 결합형 파장가변 빗살필터는 인접 채널간의 소멸비는 6~8 dB, FSR 20 nm, 삽입손실은 1.8 dB로 측정되었다. 그림4는 열전극의 전압인가에 따른 투과 스펙트럼이다. 전압인가시 평면도파로의 상부 클래딩의 유효 굴절률이 낮게 변함으로써 공진 파장이 단파장으로 이동하였으며 10 nm의 파장가변을 위해 0.059 nm/mW 가 필요하였다. 또한 상부 클래딩 물질로서는 평면도파로보다 굴절률이 낮은범위에서 열광학 계수가 우수한 물질을 사용하여 평면도파로의 전파모드가 전파되게 하였고 열광학 효과를 이용하여 다양한 파장천이 빗살필터를 구현하였다.

본 논문에서 제안한 필터는 기존의 빗살 필터 구조를 변경시키지 않고 평면 도파로의 상부 클래딩에 열전극을 이용해 유효 굴절률을 변화시킬 수 있는 물질을 사용함으로써 소자 제작이 쉽고 외부에서 제어 용이하였다. 또한 열광학계수가 높은 물질을 사용한다면 열효율도 개선시킬 수 있음을 확인하였다.

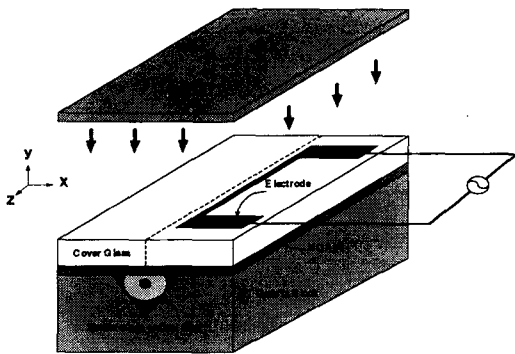


그림1 소자 전체 구조

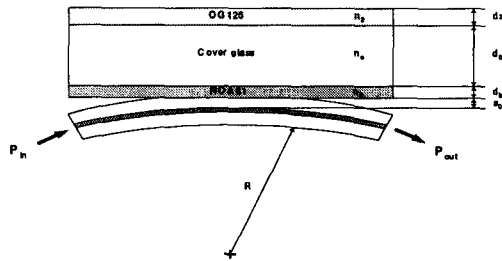


그림2 소자 단면도

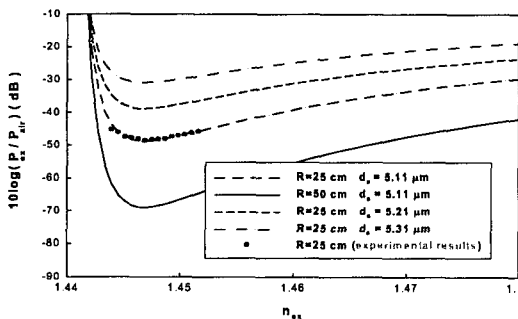


그림3 정합액의 굴절률에 따른 광 감쇠량

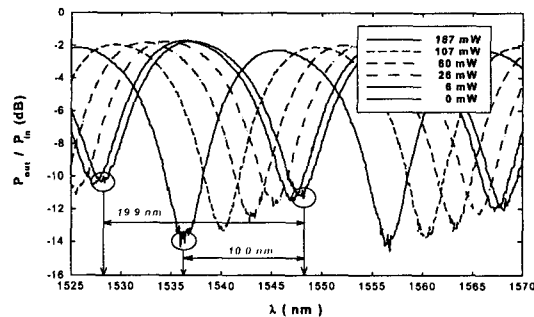


그림4 전압인가에 따른 투과 스펙트럼

참고문헌

[1]K.R.Sohn and J.W.Song, "Tunable fiber optic comb filter using a side polished single mode fiber coupler with LiNbO₃ overlay and intermediate coupling layer," Opt.Comm., vol.203, pp. 71-276, 2002

[2]Forgli F, Gaetano B, Palolo B, Iain M and Johnstone W, "Highly efficient full vectorial 3-D BPM modeling of fiber to planar waveguide couplers," IEEE J. of lightwave tech., vol.17, no 1 pp.136-147 (1999)

[3]김광택, 이소영, 손경락, 이종훈, 송재원. "광섬유-평면도파로 광 결합기를 이용한 광필터 제작과 특성 측정" 한국광학회지 제10권 5호 pp 419-423.

TD