

표면 플라즈몬 광섬유 편광기 설계 및 제작

Design and fabrication of surface plasmon fiber polarizer

이준옥, 황중호, 김광택, 허상휴*
 호남대학교 전자공학과, *(주)신한네트웍

6233106@hanmail.net

광섬유 편광기는 간접계 구조의 광센서나 광통신 시스템에서 신호의 페이딩에 의한 오류를 줄이기 위해 꼭 필요한 소자이다. 지금까지 많은 주목을 받아온 표면 플라즈몬 편광기는 그림 1과 같이 단일모드 광섬유의 한쪽 클래딩이 코어 가까이 연마된 광섬유 표면 위에 금속막과 상부 유전체 층이 올려진 구조를 지닌다. 표면 플라즈몬 모드를 이용한 편광기에서는 높은 편광 소멸비를 얻는 방법이 두 가지 있다. 금속막이 표피깊이 정도로 충분히 두껍고 상부 유전체의 굴절률이 광섬유의 유효굴절률보다 작을 때는 광섬유모드와 금속과 유전체 경계에서 간혀서 진행되는 표면플라즈몬 모드(bounded surface plasmon mode) 결합에 의해서 TM 편광이 광섬유에서 제거된다⁽¹⁾. 광섬유 기본모드의 TM 편광성분만 금속에 의해서 큰 흡수손실을 가지는 표면 플라즈몬 모드와 결합이 가능하기 때문에 편광기로 작용한다. 광섬유 모드와 표면플라즈몬 모드 사이에 위상정합조건을 만족할 때 높은 편광소멸비를 가진다. 즉 편광소멸비는 금속의 두께와 유전체의 굴절률에 의존한다. 또 다른 높은 편광소멸비를 얻는 조건으로 금속막이 표피깊이에 비해 아주 얇고 금속 위에 올려지는 유전체의 굴절률이 광섬유의 유효굴절률보다 큰 구조가 있다. 이 경우 TE 편광성분은 비록 금속막이 아주 얇더라도 금속을 투과하지 못하는 반면에 TM 편광성분은 금속막을 투과하여 광섬유의 유효굴절률 보다 더 큰 굴절률을 가지는 상부 유전체 층으로 빠져나간다. 이러한 금속막과 유전체 경계에서 TE 편광 TM 편광의 경계조건이 다른데서 기인한다.

본 논문은 측면 연마된 광섬유 위에 올려지는 금속막의 두께, 최상부층의 굴절률이 소자의 성능에 미치는 영향을 직교 모드이론⁽²⁾으로 해석하고 실험으로 분석하였다. 소자해석을 위해서 광섬유는 등가적인 평면도파를 대치하는 기법⁽³⁾을 이용하였다. 최상부층의 굴절률이 광섬유의 유효굴절률 보다 클 때는 광섬유모드와 방사모드(radiation mode)사이에서 광결합이 발생하기 때문에 소자해석이 매우 까다롭다. 이 경우에는 최상부층의 두께를 유한하게 그러나 아주 두껍게 설정하여 방사모드를 무수히 많은 도파모드(guided mode)의 조합으로 해석하였다. 이러한 해석 방법으로 높은 편광소멸비를 가지는 소자구조를 예측하였다. 금속의 굴절률은 $1.2-i12$, 광섬유의 코어 및 클래딩의 굴절률은 1.451과 1.447로 가정하고, 파장은 $1.3\mu\text{m}$ 에서 결합길이는 1.5cm, 남은 클래딩의 두께는 $1\mu\text{m}$ 로하여 편광소자구조에 따른 편광소멸비를 계산한 결과가 그림 2에 제시되어 있다. 길이 2.5cm, 폭 1cm 폭을 가진 쿼츠블록 위에 곡률반경 25cm, 폭 $150\mu\text{m}$ 의 홈을 형성하고 광섬유를 홈 속에 에폭시로 고정시킨 후 알루미늄 연마가루 #3000과 #8000를 이용하여 남은 클래딩의 두께가 $1\mu\text{m}$ 이내가 될때까지 연마하였다. 소자를 세척 후 알루미늄막을 연마된 광섬유 클래딩 표면 위에 열증착기로 형성하였다. 그림 3에 제작된 소자의 특성을 보이고 있다. 금속두께와 상부 유전체의 굴절률에 따른 편광소멸비는 이론적 예측과 잘 일치함을 알 수 있다. 그림 3에서 nD는 파장 630nm에서아베 굴절계로 측정된 물과 글리세린 희석액의 굴절률이다.

제작된 소자는 파장 $1.55\mu\text{m}$ 에서 30dB 이상의 편광소멸비와 0.5dB의 삽입손실을 보였다. 본 논문에서 편광기의 설계 및 제작 기법을 확보하였다.

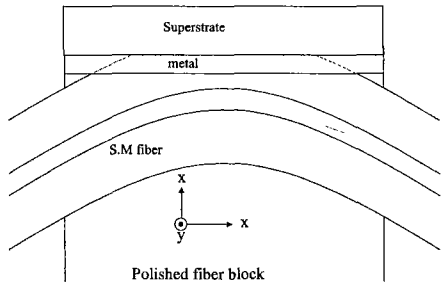


그림 1. 표면 플라즈몬 광섬유 편광기 구조.

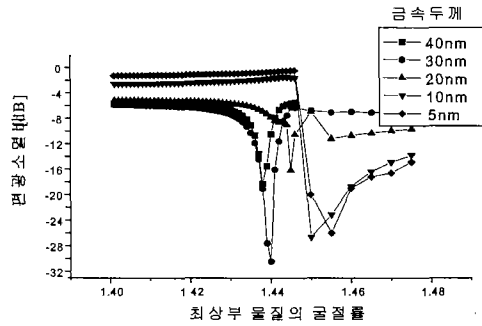


그림 2 상부 물질의 굴절률에 따른 편광소멸비(계산결과).

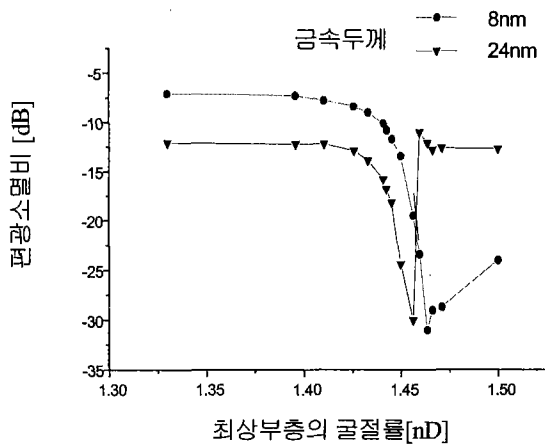


그림 3 상부 물질의 굴절률에 따른 편광소멸비 (측정 결과).

참고문헌

1. W. Jhohnstone, and et. al " Surface Polasmon polaritons in thib metal films and ther role in fiber optic polarizing devices", IEEE J. of Lightwave Tech. 8, 538-543 (1990).
2. C. H. Chen and Likarn Wang, " Maximization of extinction ratios of thin-metal optical waveguide polarizer with proper dielectric cover-layer thickness," Jpn. , Appl. Phys. 39, 4130-4137, (2000).
3. A. Sharma, J. Kompella, and P. K. Mishra, " Analysis of fiber directional couplers and coupler half blocks using a new simple model for single mode fiber," J. of Lightwave Tech. 8, 143-151, (1990)

