

## 금속 코팅된 장주기 광섬유격자

### Metal-Coated Long-Period Fiber Gratings

이 병 하

광주과학기술원, 정보통신공학과

leebh@kjist.ac.kr

장주기 광섬유격자는 센서나 DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) 시스템에 사용되는 이득평탄화 필터 및 다중 채널 필터 등으로 활발히 연구되고 있다<sup>(1,2)</sup>. 장주기격자는 코아모드의 진행 방향만을 바꾸어 주는 단주기격자와는 달리 코아모드를 같은 방향으로 진행하는 클래딩모드로 결합시켜 주는 소자로서 클래딩과 그 외곽의 코팅 물질에 영향을 받는다. 일반적인 코팅 물질로는 폴리머가 주로 사용되는데 폴리머의 굴절률이 클래딩모드의 유효 굴절률을 증가시켜 격자의 공진파장을 단파장 쪽으로 이동시키는 알려져 있다<sup>(3)</sup>. 그러나 최근 연구되고 있는 금속 코팅의 경우 공진파장이 장파장 쪽으로 이동하는 현상이 목격되는데<sup>(4)</sup>, 본 논문에서는 이에 대한 실험 결과를 제시하며 이의 해석으로 적층도파로에서의 도파모드가 금속에 의하여 어떻게 변하는지를 분석하고자 한다.

실험을 위하여 세 개의 장주기 광섬유격자를 제작하였다. 각각의 격자는 길이 20 mm, 격자간격 550  $\mu\text{m}$ 로 삼성의 단일모드 광섬유에 KrF 레이저를 세기 마스크를 통하여 조사하는 방법으로 만들었다. 제작된 격자 2개의 투과 스펙트럼을 측정 후 스퍼터를 이용하여 금과 알루미늄으로 각각 코팅을 한 다음 스펙트럼을 측정하여 코팅전과 비교하였다. 다른 하나의 격자는 200 mm 간격의 격자쌍을 만들어 은거울 반응이라는 화학반응을 이용하여 은을 코팅을 하였다. 그림 1-a에 금으로 코팅된 격자의 코팅전 후의 투과 스펙트럼을 비교하여 나타내었고 은 코팅한 격자 쌍의 경우는 그림 1-b에 나타내었다. 그림에서 보듯이 격자의 공진파장이 장파장 쪽으로 이동하였으며 큰 모드 차수에서 더 큰 이동이 측정되었다. 더불어 무시할 수 없는 광손실이 보인다. 각 금속에 대한 모드별 공진파장 이동 정도를 표1에 정리하였다. 이 실험 결과는 일반적으로 사용되는 폴리머 등 유전체 코팅의 경우 발생하는 단파장 쪽으로의 공진파장 이동과 반대된다. 이의 이해를 위하여 계산이 간단한 적층 도파로에서의 현상을 분석하였다.

분석을 단순화시키기 위하여 그림 2에서와 같이 클래딩을 두께 8  $\mu\text{m}$ 에 굴절률 1.445를 갖는 유전체로 가정하였고 그 양쪽이  $0.36 + i11.5$ 의 복소 굴절률을 갖는 은으로 코팅된 경우를 고려하였다. 즉, 코아가 클래딩모드에 미치는 영향을 두 층간의 면적평균을 취하는 방법으로 근사적으로 제거한 경우에 해당한다. 비교를 위하여 코팅이 없이 공기에 노출된 경우와 굴절률 1.42의 폴리머 코팅의 경우를 고려하였다. 각 경우 클래딩모드의 횡방향 필드 성분을 TE 모드의 경우는  $E_y$  성분을 그림 3에, TM 모드의 경우는  $H_y$  성분을 그림 4에 나타내었다. 폴리머 클래딩은 각 경우 모두 필드를 클래딩 영역으로 끌고 나간다. 반면 금속은 코아 영역으로 밀어주는데 이러한 현상은 TM 모드에서 더 현격히 나타난다.

결론적으로 장주기 광섬유격자에서 클래딩 외곽의 코팅은 클래딩 모드 필드의 횡방향 도파상수를 변화시키고 이는 모드 결합에 직접 관계하는 축 방향 도파 상수에 반대의 영향을 준다. 즉 금속 코팅된 TM 모드 경우 횡방향 도파 상수가 가장 크게 증가하여 축 방향 도파상수를 가장 적게 만들므로 공진파장이 장파장으로 가장 많이 움직인다. 유전체 코팅의 경우 그 반대의 현상이 일어난다. 이러한 현상들은 클래딩과 코팅과의 경계 조건으로 이해할 수 있는데, 광섬유의 경우는 그 계산상의 어려움은 있으나

같은 원리로 해석된다.

본 연구는 광주과학기술원 UFON의 ERC, BK-21사업의 일부 지원에 의한 것입니다.

1. A.M. Vengsarkar, J.R. Pedrazzani, J.B. Judkins, and P.J. Lemaire, Opt. Lett., 21(5), pp. 336-338 (1996).
2. B.H. Lee and J. Nishii, Applied Optics, 30(25), pp. 3450-3459 (1999).
3. B.H. Lee, Y. Liu, S.B. Lee, S.S. Choi, and J.N. Jang, Opt. Lett., 22(23), pp. 1769-1771 (1997).
4. K.T Kim, H.W. Kwon, J.W. Song, S.J. Lee, W.G. Jung, and S.W. Kang, Opt. Commun. 180, pp.37-42, (2000).

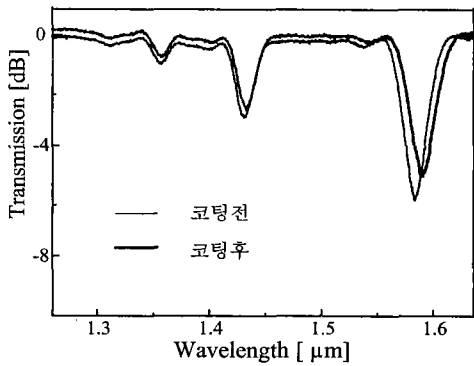


그림 1-a: 금으로 코팅된 경우의 투과스펙트럼 변화

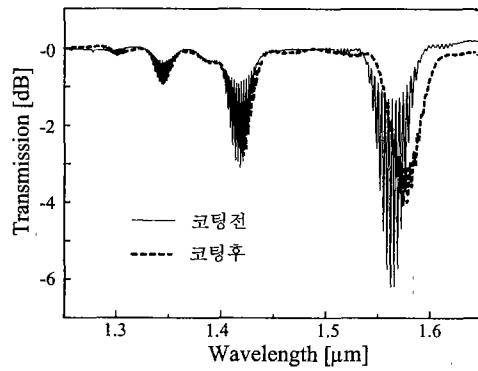


그림 1-b: 은으로 코팅된 장주기격자쌍의 투과스펙트럼

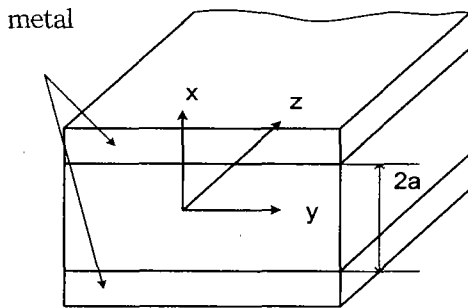


그림 2: 은으로 클래딩을 형성해준 적층도파로

Metal	Mode			
	HE <sub>11</sub>	HE <sub>12</sub>	HE <sub>13</sub>	HE <sub>14</sub>
Gold	0.32	1.38	2.16	5.0
Silver	0.25	1.05	3.62	11.32
Aluminum	1.33	2.16	3.56	5.39

표 1 : 금과 은을 각각 코팅하였을 경우의 클래딩 모드수에 따른 공진파장의 이동

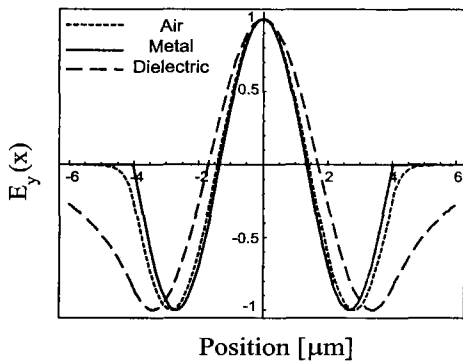


그림 3: 클래딩 형성 물질에 따른 적층도파로에서의 TE 모드의 Ey 성분

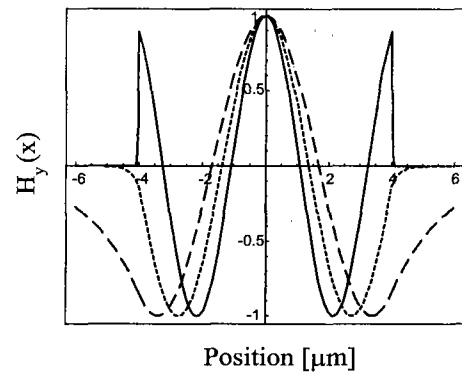


그림 4: 클래딩 형성 물질에 따른 적층도파로에서의 TM 모드의 Hy 성분