

이중 금속-선 광도파로의 분산관계

Dispersion relation of double metal-strip waveguides

송석호, 주양현, 원형식*

한양대학교 물리학과, *삼성전기 중앙연구소

shsong@hanyang.ac.kr

Abstract

An idea for extension of propagation range of surface plasmon-polaritons(SPP), which are guided on metal-strip waveguides, is suggested. Slight modification in refractive indices and/or separation gaps can increase two orders of magnitude in propagation distance of SPPs. Dispersion relations of extended long-range SPP modes excited on vertically coupled SPP waveguides are discussed in detail.

SPP(surface plasmon polariton) 광도파로는 금속이 가지는 광 흡수의 특징으로 인하여 전파거리가 유전체 도파로에 속박된 모드에 비하여 상대적으로 짧다.[1] SPP 광도파로를 광소자로 응용하기 위해서는 SPP 전파거리를 증가시키는 것이 매우 중요하다. [Nature 최근호]

본 논문에서는 그림 1과 같은 2가지 type의 금속 광 도파로 구조에 관한 분산특성을 분석하였다. 도파로 모드의 크기를 단일모드 광섬유와 비슷한 크기를 유지하여 광신호 삽입손실을 최소화 하는 동시에, 전파거리를 기존의 단일 금속 광도파로에 비해 10배 이상 높일 수 있는 금속 도파로 구조를 찾는데 목적을 둔다.

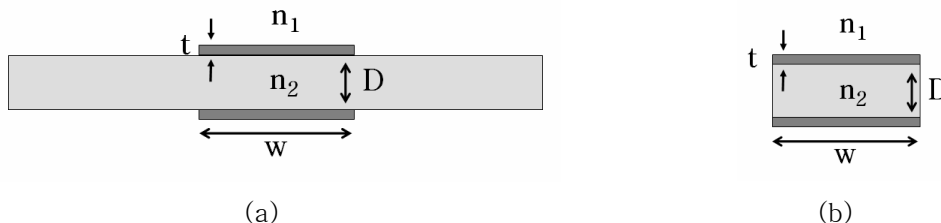


그림 1. 두 개의 서로다른 유전체 물질로 둘러싸인 금속 도파로 구조. 단, 금속 도파로의 두께 및 폭: t , w 로 고정되어 있음. (a) type-I: n_2 굴절률을 갖는 유전체 위-아래에 나란한 두 금속 도파로가 n_1 유전체에 묻혀있는 경우, (b) type-II: 금속선 내부만이 n_2 유전체가 있고 전체적으로 n_1 유전체에 묻혀있는 경우.

그림 2는 위의 2가지 type에 대해, 금속 도파로 간의 간격 D 의 변화에 따른 전파거리 및 유효 굴절률 분산곡선이다. 계산에 사용된 굴절률은 $n_1 = 1.47$, $t = 20$ nm, $w = 5$ mm 이며, type-I 인 그림 2(a)-(b)에서는 $n_2 = 1.46$ 로 고정된 결과를 보여주며, type-II 인 그림 2(c)-(d)에서는 $n_2 = 1.40 \sim 1.50$ 범위에서 여섯 가지 값 대하여 계산하여 두 금속 도파로 사이의 굴절률에 따른 변화를 알아보았다.

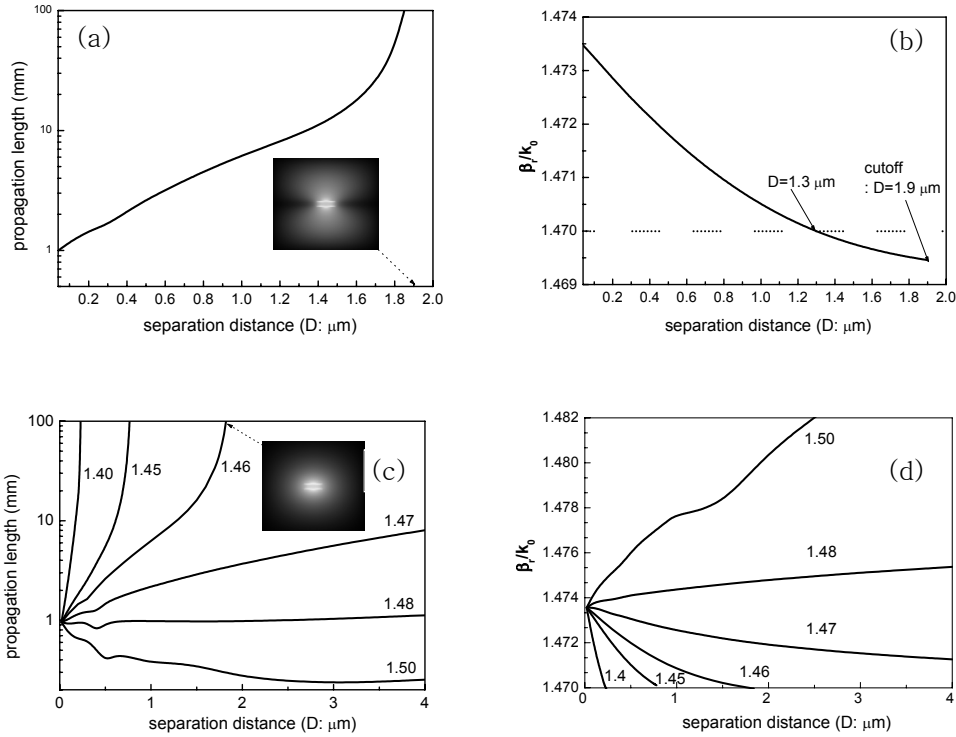


그림 2. Type-I의 D 에 따른 (a) 전파거리 및 (b) 분산곡선. Type-II의 D 에 따른 (a) 전파거리 및 (d) 분산곡선. 삽입된 모드분포 그림은 FDM으로 계산된 기본 SPP even 모드인 SS_0^e 전기장 분포이다.

결론적으로, 단일 MSW에서 금속의 두께를 줄이면 이론적으로 진행거리를 무한대까지 할 수 있다. 하지만, 실험적으로 금속선의 두께를 줄이는 것은 증착공정의 물리적인 한계로 인하여 10nm 이하로 줄이는 것이 불가능하고 박막이 얇아지면 전기전도도가 작아지기 때문에 SPP의 특성이 나빠지게 된다. 따라서, 그림 1과 같은 구조에서 n_2 가 n_1 보다 작은 경우 진행거리가 단일 MSW보다 크기 때문에 금속의 두께를 줄이지 않고도 진행거리가 길고 광섬유와의 접속손실이 작은 광소자의 제작이 가능할 것으로 예상된다.[3] 또한, n_2 과 n_1 의 조합에 따라서 진행거리가 급격히 변하기 때문에 센서로의 응용도 가능할 것으로 예상되며, 두 금속선을 전극으로 사용하면 능동소자의 제작이 가능하고 그 효율도 단일 금속선구조에 비하여 좋을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. Heinz Raether, *Surface Plasmon: on smooth and rough surfaces and on gratings* (Springer-Verlag, London, UK, 1998).
2. Ekmel Ozbay, "Plasmonics: Merging Photonics and Electronics at Nanoscale Dimensions," *Science*, **311**, 189 (2006).
3. Hyong Sik Won, et. al, "Vertical coupling of long-range surface plasmon polaritons," *APL*, **88**, 011110 (2006).