

이온교환 광 도파로에서의 표면 플라즈몬 공명

Surface Plasmon Resonance based on a Ion-exchange Glass Waveguide

김경민, 원형식, 송석호, 김필수
한양대학교 마이크로 광학 연구실
kimkm@ihanyang.ac.kr

Abstract. A surface plasmon resonance based on a Ion-exchange glass waveguide investigated. we analyzed resonant coupling between TM-plarized waveguide mode and surface plasmon wave.

표면 플라즈몬(SP : Surface Plasmon)은 금속과 유전체의 경계면에 여기 되는 자유 전자 밀도 파동으로 경계면을 따라 진행해 간다. 따라서 경계면 근처에서의 물질의 특성 변화에 매우 민감하게 반응하는 성질을 가진다. 이러한 SP의 특성을 이용하여 금속 박막과 유전체의 특성 연구 및 센서로의 응용을 위한 연구가 많이 이루어지고 있으며 광 변조기, 광 필터, 광 스위치 등으로의 응용이 기대되고 있다. SP가 여기되기 위해서는 금속과 유전체의 경계 면에 TM-모드의 빛이 입사되어야 하며 경계면에 나란한 성분의 파 벡터가 SP의 파 벡터와 일치할 때 여기 된다. 공기층을 통과한 빛은 충분한 파 벡터를 가지지 못하므로 SP를 여기 시킬 수 없다. 그러므로 SP를 여기 시키기 위해서 프리즘 결합기, 격자 결합기, 그리고 광 도파로를 이용하는 방법이 사용되고 있다. 본 논문에서는 이온 교환된 광 도파로를 이용하여 SP를 여기 시키고 응용 가능성에 대하여 살펴보았다.

SP결합 광도파로는 그림 1과 같은 구조로 설계 제작하였다. 광도파로는 BK7 유리 기판에 Ag⁺ / Na⁺ 이온 교환법을 이용하여 만들었다. 이온 교환된 광도파로의 유효굴절률은 프리즘 결합기를 이용하여 측정하였다. 제작된 광도파로의 모드 굴절률은 1.538이었으며, 도파로의 유효두께는 0.85 μ m이었다. 이때 도파로에서의 모드각은 76도이다. 금속박막은 thermal evaporator로 은을 45nm 두께로 증착 하였고, 금속박막위의 유전물질은 index-matching oil을 사용하였다. 금속위의 유전체는 도파로 모드의 파 벡터와 SP 파 벡터를 맞추어 주기 위하여 사용하였다.

SP와 광 도파로 모드간의 결합은 Fresnel 공식을 이용하여 분석하였다. 그림 1과 같은 4층구조에서의 Fresnel 공식은 다음과 같다.

$$R = |r_{1234}|^2 = \left| \frac{r_{12} + r_{234} \exp(2i k_{z1} d_2)}{1 + r_{12} r_{234} \exp(2i k_{z1} d_2)} \right|^2 \quad (1-1)$$

$$r_{234} = \frac{r_{23} + r_{34} \exp(2i k_{z3} d_3)}{1 + r_{23} r_{34} \exp(2i k_{z3} d_3)}, \quad r_{ij} = \frac{\epsilon_j k_i - \epsilon_i k_j}{\epsilon_j k_i + \epsilon_i k_j} \quad (1-2)$$

$$k_{zi} = \frac{\omega}{c} (\epsilon_i - \epsilon_1 \sin^2 \theta)^{1/2}, \quad ij = 1, 2, 3, 4 \text{ 이다.}$$

계산에 사용된 파장은 633nm이며 이때, Ag의 유전율은 $\epsilon_{Ag} = -16.12 + 1.09i$ 이다. 그림2 는 광 도파로 위에 은을 45nm 일때, 유전물질의 굴절률에 따른 반사율을 계산한 것이다. 유전물질의 굴절률이

1.38일 때 광 도파로 모드와 SP 모드가 coupling됨을 알 수 있다. 이러한 도파로위의 굴절률변화에 따른 SP 결합특성을 이용하여 도파로위의 물질에 대한 농도 및 굴절률 센서로 사용될 수 있다. 그림 3은 파장에 따른 SP 결합특성을 보여주는 것으로 SP여기가 파장에 따라 다르게 나타남을 알 수 있다. 이를 이용하여 어븀 광 증폭기의 광 펌핑기에 사용되는 980nm/1550nm 파장에서 TM 편광된 빛에 대해 980nm파장은 소멸시키고 1550nm 파장만 통과하게 하는 필터로도 응용될 수 있을 것으로 기대된다.

이온교환 광 도파로와 SP 결합기를 설계하여 제작하였으며, 그것에서 도파로 모드와 SP간의 결합 특성을 유전물질의 굴절률과 사용되는 파장에 대하여 계산하여 보았으며, 그것의 응용성을 알아보았다.

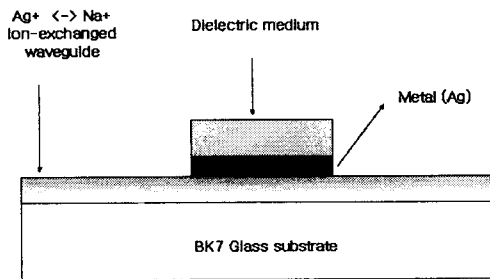


그림 1. Schematic diagram of waveguide SPR

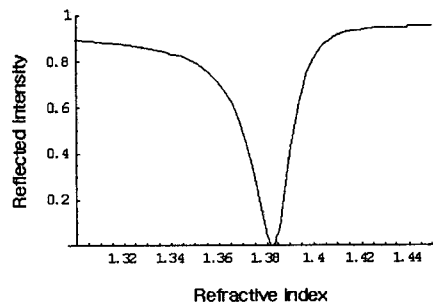


그림 2. Theoretical modulation for the structure shown in 그림1.

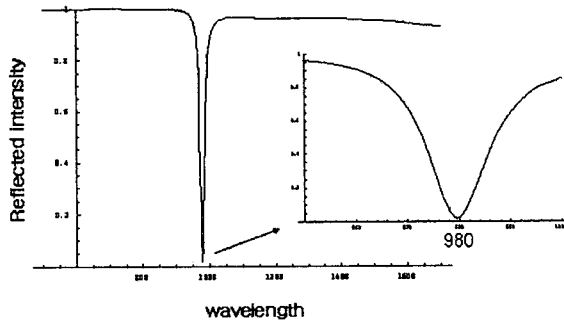


그림 3. Calculated spectral dependence of TM mode power transfer Through waveguide SPR with as bk7/ion exchange waveguide/Au(25nm)/dielectric 1(Index1.495 348nm)/dielectric 2(Index 1.45 bulk).

-본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2001-00324)자원으로 수행되었음.

참고문헌

1. LAVER, C.R., and WILKINSON, J.S. : ' A waveguide-coupled surface plasmon sensor for an aqueous enironment', *Sens. Actuators B*, 1994, 22, pp. 75-81
2. Tamir, T. : '*Integrated Optics*', Springer-Verlag, New York, 1982
3. CTYROKY, J., HOMOLA, J., and SKALSKY, M. : 'Tuning of spectral operation range of a waveguide surface plasmon resonance sensor'. *Electronics letters* 3rd July 1997 Vol.33 NO.14