

은 나노 슬릿에 의한 간섭에 관한 연구

Interference of Silver nano double slit

김재혁, 김대근, 김경환, 안홍규, 목진명, 박승한
 연세대학교 물리학과
 keilight@yonsei.ac.kr

최근들어 주기적으로 배치된 개구에 의해서 빛의 투과도가 비정상적으로 증가할 수 있다는 실험결과가 발표된 이후 나노 슬릿이나 나노 aperture에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.⁽¹⁾⁻⁽⁴⁾ 본 연구에서는 실제 은으로 만들어진 나노 더블 슬릿에서 일어나는 효과에 대한 연구를 진행하였다. 2차원 Finite Difference Time Domain(FDTD) 시뮬레이션을 이용하여 나노 슬릿 구조에서 발생하는 다양한 현상을 연구하였으며, 슬릿의 두께가 얇지 않은 경우, 경계조건에 의하여 z 방향 편광(TMz mode)은 슬릿을 거의 통과하지 못하기 때문에 y 방향 편광(TEz mode)의 빛에 대한 시뮬레이션을 진행하였다.

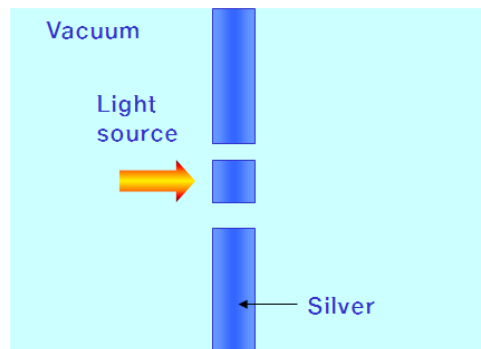
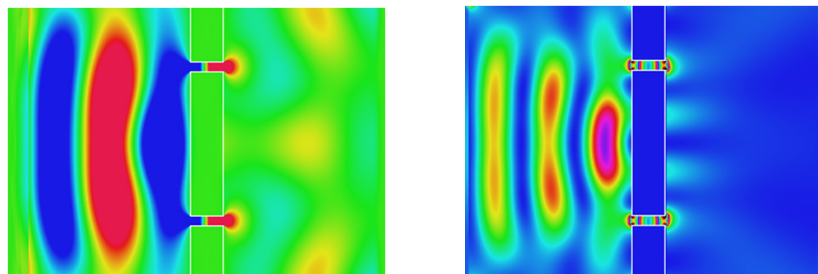


그림 1. 시뮬레이션 공간 구성



(a) 전기장 분포

(b) 광량 분포

그림 2. 슬릿에서의 전기장과 광량 분포

은으로 이루어진 나노 슬릿의 효과를 연구하기 위해 Drude 모델을 사용하였다⁽⁵⁾. 은 내부에서의 전자기파는 다음과 같은 Ampere의 법칙과 momentum equation을 사용하여 기술할 수 있다.⁽⁶⁾

$$\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} = \nabla \times \vec{H} - \vec{J}_p$$

$$\frac{\partial \vec{J}_p}{\partial t} = -\nu \vec{J}_p + \epsilon_0 \omega_p^2 \vec{E}$$

\vec{J}_p 는 polarization current이며 ν 는 collision frequency, ω_p 는 plasma frequency를 의미한다. ω 의 파장으로 입사하는 빛이 입사하였을때, 은 내부의 permittivity는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\epsilon = \epsilon_0 \left[1 + \frac{\omega_p^2}{\omega(i\nu - \omega)} \right]$$

시뮬레이션을 위한 plasma frequency와 collision frequency는 각각 13,673THz와 27.35THz로 설정하였다. He-Ne 레이저를 사용하여 실제 실험을 진행한다고 가정하여 632.8nm의 파장을 가지는 가우시안 빔을 입사시켜서 은 표면에서 발생하는 surface plasmon의 세기가 슬릿간의 거리, 은의 두께와 같은 슬릿의 형태에 따라 변화함을 확인할 수 있었다.

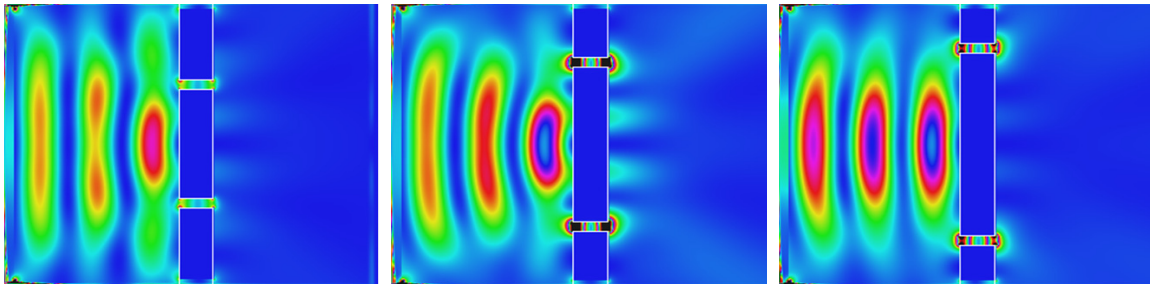


그림 3. 슬릿간 간격에 따른 세기 분포 변화

1. T. W. Ebessen, H. J. Lezec, H. F. Ghaemi, T. Thio, Nature 391, 667-669 (1998)
2. H. J. Lezec, A. Degiron, E. Devaux, R. A. Linke, L. Martin-Moreno, F. J. Garcia-Vidal, T. W. Ebessen, Science 297, 820-822 (2002).
3. J. O. Tegenfeldt, O. Bakajin, C. F. Chou, S. S. Chan, R. Austin, W. Fann, L. Liou, E. Chan, T. Duke, and E. C. Cox, Phys. Rev. Lett. 86, 1378-1381 (2001).
4. J. A. Porto, F. J. Garcia-Vidal, J. B. Pendry, Phys. Rev. Lett. 83, 2845-2848 (1999).
5. Jeffrey L. Young and Ronald O. Nelson, IEEE Antennas and Propagation Magazine 45, 1 (2001).
6. J. R. Wait, *Electromagnetic Waves in Stratified Media*, Oxford, UK, Pergamon Press, (1970).