

# 은 필름에서의 C형 나노 개구 설계

박신증<sup>†</sup>, 한재원<sup>\*</sup>

## Design of a C-shaped nano-aperture in the Ag film

Sinjeung Park, Jae Won Hahn

**Key Words :** Near-field, C-aperture, Drude-Lorentz model, FDTD

### ABSTRACT

A new C-aperture is needed in the Ag film because general metal films don't alternate with the PEC film. In this paper, using FDTD method and the Drude-Lorentz metal model, a new C-aperture is designed in the Ag film and the 40nm-beam size and the 7% near-field transmission efficiency are obtained at 28nm distance from the aperture. Its near-field transmission is about 1000 times larger than that of a 54 nm X 54 nm square aperture.

#### 기호설명

PI: peak intensity (V/m)<sup>2</sup>

Tn: power transmission of near-field (%)

Tf: power transmission of far-field (%)

delta x: output beam size of x-dir. at near-field (nm)

delta y: output beam size of y-dir. at near-field (nm)

을 거쳐 실제 실험을 구상함에 있어 사용하는 금속 필름은 전도율이 무한대인 PEC 필름으로 가정할 수 없기 때문에, PEC 필름에서 시뮬레이션을 통해 결정된 개구를 그대로 사용할 수 없다. 이에 금속 필름의 유전율을 Drude-Lorentz 모델을 이용하여 정하고, 시뮬레이션을 통하여 새로운 C형 개구를 설계하였다.

### 1. 서론

웨이브가이드 형태의 나노 개구를 이용하여 출력 효율이 높은 나노 사이즈의 빔을 획득하는 FDTD 시뮬레이션을 이용한 결과가 많이 발표되고 있다. 그리고 현재까지의 연구는 PEC (Perfect Electric Conductor) 필름에서의 개구에 관한 시뮬레이션을 행하여, 개구의 기하학적 구조가 출력 빔의 세기와 크기 변화에 어떤 영향을 미치는지를 확인하는 것에 목적을 두었다. 그러나 시뮬레이션

### 2. C형 개구 설계

#### 2.1 시뮬레이션 초기 조건

입사 파장은 532 nm 이고 200 nm 두께의 Ag 필름을 가정하였다. 근접장에서의 데이터는 개구로부터 28 nm 떨어진 지점에서의 값을 이용하였고, 원거리장의 데이터는 개구로부터 400 nm 떨어진 지점에서 NA 0.9 인 렌즈를 이용하여 측정한다고 가정하였다. Ag 필름의 유전율을 정하기 위해 여러 가지 금속 모델 중에서 Drude-Lorentz 모델을 사용하였다. 이는 532nm 의 입사 파장에 대해서 Drude 모델과 Lorentz 모델이 모두 적용되기 때문이다. 그리고 이와 관련된 데이터는 ref. 1 을 참고하였다.

<sup>†</sup> 연세대학교 기계공학부

E-mail : miniaxe@yonsei.ac.kr

TEL : (02)2123-7790 FAX : (02)312-2159

<sup>\*</sup> 연세대학교 기계공학부

## 2.2 Ridge 크기 변화

먼저 C형 개구에서의 ridge 크기를 변화시켜 출력 빔의 성질을 살펴보았다. Ridge 크기는 출력 빔의 크기에 직접적으로 연관이 된다. 따라서 ridge의 크기가 줄어들수록 출력 빔의 크기가 작아진다. 반면, 물리적인 개구의 크기가 증가하여 투과율이 증가한다. 이 경향은 Fig. 1에서 잘 나타나며, 그래프를 통해 ridge의 크기가 24nm일 때, 최소 크기의 빔이 나타난다는 것을 알 수 있다. 이에 ridge의 크기를 24 nm X 24nm로 정하고, Fig. 2에서의 변수 a, b에 의한 출력의 변화를 살펴보았다.

## 2.3 최종 C형 개구

앞서 언급한 바처럼, 출력 빔의 크기는 ridge의 크기에 의해 영향을 받기 때문에 변수 a와 변수 b의 변화에 의한 출력 빔 크기의 변화는 나타나지 않았다. 대신 변수 a와 변수 b는 출력 빔의 세기에 영향을 주어, 전체적인 투과율을 결정짓는 요인으로 작용하고 있다. 변수 a에 의한 Tn과 Tf는 a가 258 nm일 때 최대값을 가진다. Fig. 3에서는 a값이 각각 162 nm, 258 nm일 때, 변수 b의 변화에 의한 Tn과 Tf의 변화를 나타내는 그래프로, b가

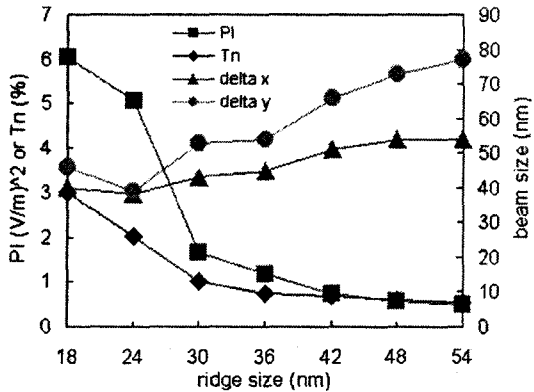


Fig. 1 Output beam parameters by ridge size changing

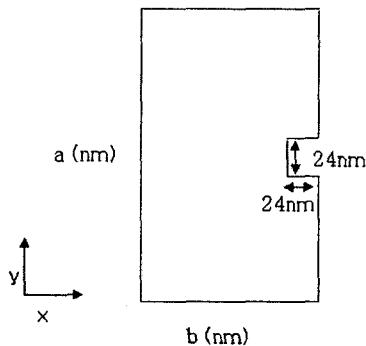


Fig. 2 geometric parameters of C-aperture

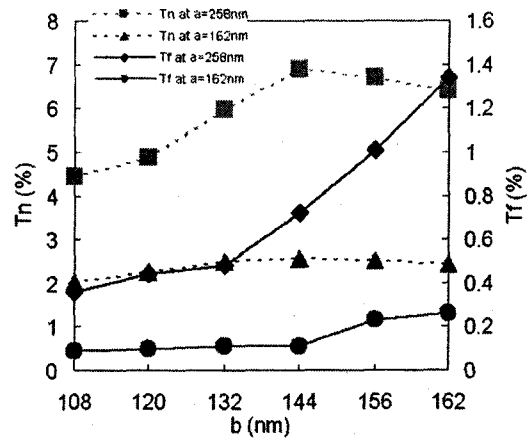


Fig. 3 transmission efficiency by the change of b

144 nm이면 a 값에 상관없이 최대 Tn과 Tf가 나타난다. 그러므로 최대 Tn을 가지는 C형 개구는 a가 258 nm, b가 144 nm인 사각형에 24 nm의 ridge가 있는 형태로 결정되었다.

## 3. 결론

Ag 필름에서의 C형 개구의 크기를 결정하기 위하여 ridge 변화에 따른 출력 빔의 특성을 확인하고, C형 개구의 최종 변수를 결정하여 약 7%의 근접장 투과율을 획득하였다. 이것은 258 nm X 144 nm 크기의 사각형 개구의 근접장 투과율 35%에 비하여 작은 값이지만, 출력 빔의 크기가 약  $(190 \text{ nm})^2$ 이고 PI값이 C형 개구보다 작아서 고 해상도를 요구하는 목적에 맞지 않다. 그리고 수십 nm 크기의 출력 빔을 만들 수 있을 것으로 예상되는 54 nm X 54 nm 사각형 개구에 대해서 약 0.001% 출력이 나타나므로 C형 개구를 사용하여 출력과 PT를 약 1000 배, 약 580 배 증가시켰다.

## 참고문헌

- (1) A. D. Rakic, A. B. Djuricic, J. M. Elazer, and M. L. Majewski, 1998, "Optical properties of metallic films for vertical-cavity optoelectronic devices", Applied Optics, Vol.37 No.22, pp.5271-5283