

# Emission-type THz NSOM 에 대한 수치해석

이경인\*, 윤석호, 박홍규, 김정희, 한해욱

포항공과대학교 전자전기공학과 나노테라 포토닉스연구실

## Numerical Analysis of Emission-type THz NSOM

Kyoungin Lee\*, Seokho Yun, Hongkyu Park, Jeonghoi Kim, Heawook Han

Nano-TeraHz Photonics Lab

Dept. of Electrics and Electrical Engineering

Pohang University of Science and Technology

E-mail : \*kilee@postech.ac.kr

### Abstract

The simulation on the mechanism of terahertz NSOM(near-field scanning optical microscopy) have been investigated. Based on experimental results, we have demonstrated the antenna effects on the coupling between a metal tip and substrate for an emission-type terahertz NSOM. It has been found that the lateral resolution can be estimated by a simplified model using an infinitesimal dipole in the substrate.

본 논문은 emission-type THz NSOM 에서의 중요한 금속 탐침과 sample 간의 상호 메커니즘을 이용해 금속 탐침에 의한 안테나 효과와 금속 탐침의 가로 이동에 따른 lateral resolution 을 상용 수치해석 프로그램인 CST MWS(CST microwave studio)를 이용하여 수치해석을 한 결과에 대한 것이다.

### I. 서론

과거 마이크로파와 광파 사이에 존재하는 테라헤르쯔(0.1 ~ 10 THz)파는 수백 마이크로미터의 파장(1 THz = 300  $\mu\text{m}$ ) 으로 인한 회절 한계 극복하지 못하고 고해상도 이미지를 얻는데 많은 제약을 받아 왔다. 하지만 최근 나노 탐침을 이용한 THz NSOM(Near-field scanning optical microscopy) 기술은 수십 마이크로미터에서 수백 나노미터까지의 해상도를 구현하였다. 또한 테라헤르쯔 전자기파를 이용하면 양자 구조의 carrier dynamics 에 의한 나노 디바이스의 여러 물성을 알 수 있으며, 바이오 기술에서도 단백질과 리간드의 결합 에너지 준위가 테라헤르쯔 주파수 범위를 포함하고 있기 때문에 THz NSOM 기술은 미래에 나노 및 바이오 기술에 유용하게 쓰일 수 있을 것이다.

### II. 본론

Emission-type THz NSOM 은 III-V족 반도체 물질의 표면에 극단파장 레이저 펄스를 입사시켜 반도체 표면에 surface dipole 을 발생시킨다. 표면에 유도된 dipole 은 substrate THz wave 와 tip-dipole coupled THz wave 를 방사시킨다[1].

방사된 dipole coupling field 는 공기와 반도체 표면 사이의 유전율 차이에 따른 전반사로 인해 표면 밖으로 전자기파가 빠져 나오기 힘들기 때문에 안테나의 구조로 설계된 금속 탐침을 이용하여 탐침과 dipole 사이의 coupling field 에 안테나 효과를 더해 주었다. 이러한 효과를 수치해석하기 위해 입사하는 빔에 의해 생기는 dipole 의 분포를 하나의 infinitesimal dipole 로 근사화하였다[2].

### III. 수치해석 모델링

수치해석에 사용되는 구조에서 금속 탐침은 길이가 150  $\mu\text{m}$ 인 PEC 로, substrate 는 GaAs( $n = 3.6$ )로 정의하였다. 또한 dipole 은 파장보다 매우 작은 10 nm 크기의 전류원으로 0 ~ 2 THz 의 가우시안 펄스를 여기 시켰다.

다음으로 dipole 과 금속 탐침 사이의 lateral resolution 을 구하기 위해 그림 1 과 같이 탐침을 한 방향으로 10 nm 씩 이동시켜 각각의 경우에 대하여 수치해석을 하였다.

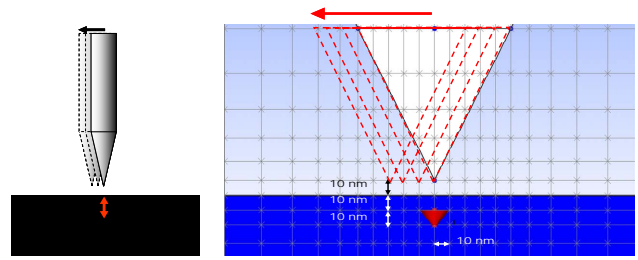


그림 1. 금속 탐침의 이동과 mesh refinement

### IV. 수치해석 결론 및 의의

금속 탐침의 유한한 크기로 인한 안테나 효과는 금속 탐침과 dipole 간의 coupling field 를 증가시켜 far-field 형태에 영향을 준다. 금속 탐침이 이동함에 따라서 각 위치에서의 time domain far-field 형태는 탐침과 infinitesimal dipole 사이의 거리가 작을 수록 증가되었다.

위의 결과를 이용해 그림 2 에서와 같이 탐침의 이동거리( $d$ )에 따른 상대적 크기를 비교하여 FWHM(full width at half maximum)를 정의하면 금속 탐침의 lateral resolution 이 거의 80 nm 가 되는 것을 알 수 있었다.

금속 탐침과 dipole 사이의 coupling field 에 안테나 효과를 더하여 하나의 infinitesimal dipole 에서의 금속 탐침의 lateral resolution 을 확인한 이번 수치해석은 THz NSOM 분야에서 매우 의미 있는 일이라 할 수 있다.

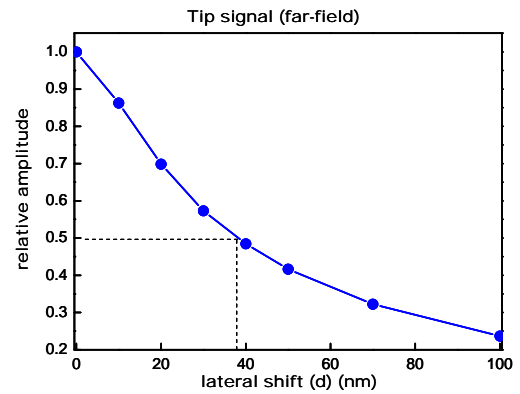


그림 2. FWHM 에서의 lateral resolution

### 참고문헌

- [1] T. Kobayashi et al, "U. H. park et al, "Nanometer-Scale THz Near-Field Microscope" , The 5<sup>th</sup> International Workshop on Semiconductor Quantum Structures 2004, 2004trafast Phenomena XIV" , Springer, pp. 759-761, 2005
- [2] H. park et al, "Nanometer-Scale THz Near-Field Microscope", The 5<sup>th</sup> International Workshop on Semiconductor Quantum Structures 2004, 2004