

# フォノン共鳴波長近傍におけるパッシブ近接場計測モデル

## Passive near-field detection model near the phonon-resonance wavelength

東大工<sup>1</sup>, 東大生研<sup>2</sup>, JST さきがけ<sup>3</sup>, <sup>○</sup>佐久間 涼子<sup>1</sup>, 林 冠廷<sup>2</sup>, 梶原 優介<sup>2,3</sup>

Univ. Tokyo Engr.<sup>1</sup>, Univ. Tokyo Ind. Sci.<sup>2</sup>, JST PRESTO<sup>2</sup>, <sup>○</sup>Ryoko Sakuma<sup>1</sup>, Kuan-Ting Lin<sup>2</sup>, and

Yusuke Kajihara<sup>2,3</sup>

E-mail: sakumar@iis.u-tokyo.ac.jp

物質表面上には、電子運動や格子振動等が起因し熱励起エバネッセント波(波長 8 – 20  $\mu\text{m}$ )が発生している[1]. 物質表面のマイクロなダイナミクスを明らかにするため、近年、外部光源を用いないパッシブ走査型近接場顕微鏡(s-SNOM)が開発され、熱励起エバネッセントの検出を可能にした[2]. 本研究では、分光機構を付加したパッシブ分光 s-SNOM [3]を用いて金属および誘電体上の近接場計測を実施し、計測結果を用いてパッシブ散乱モデルを確立することを目的としている. 本報では、AlN と GaN 上の近接場計測結果を用いた、表面フォノン共鳴波長近傍のパッシブ散乱モデルを提案する.

AlN と GaN の表面フォノン共鳴波長は 11.8  $\mu\text{m}$  と 14.1  $\mu\text{m}$  である. フォノン共鳴波長近傍における AlN と GaN 上の熱励起エバネッセント波の検出特性を明らかにするため、波長 10.5–12.2  $\mu\text{m}$  と 14.0–15.0  $\mu\text{m}$  における近接場減衰曲線(試料表面からの距離に伴う信号強度変化)を計測した. 図 1 (a)と(b)の赤プロットに例として波長 14.5  $\mu\text{m}$  と 11.8  $\mu\text{m}$  における AlN 上の近接場減衰曲線を示す. 波長 14.5  $\mu\text{m}$  では指数関数的に減少する減衰曲線が得られるのに対し、フォノン共鳴周波長(11.8  $\mu\text{m}$ )では減衰距離約 150 nm で緩やかに減少する近接場信号が確認された. パッシブ分光 s-SNOM を用いて検出される信号は、物質の電磁局所状態密度 $\rho(z, \omega)$ と有効分極率 $\alpha_{eff}$ により表されると考えられる( $I \approx \rho(z, \omega) \times \alpha_{eff}^2$ ). 有効分極率は、プローブ先端の半径 $a$ と回転楕円体長半径 $h_p$ から決定されるプローブ分極範囲を用いて算出した(図 1 (c)参照). 取得した近接場減衰曲線と近接場信号計算値を比較し、エバネッセント波散乱に寄与するプローブ分極範囲を算出した結果(図 1 (a), (b)黒実線)、フォノン共鳴波長近傍においてプローブ分極範囲は数 100 nm でありポラリトン減衰距離[1]に相関があることが明らかになった.

以上のように、パッシブ分光 s-SNOM を用いて取得した近接場減衰曲線と比較することで、熱励起エバネッセント波の散乱に寄与するプローブ分極範囲を明らかにした. 今後は検出波長帯域を拡張し、また近接場信号の SNR を向上することで、さらに厳密なパッシブ散乱モデルを構築する. 本計測技術をパッシブな物性評価を可能にするナノ化学顕微鏡に発展させる.

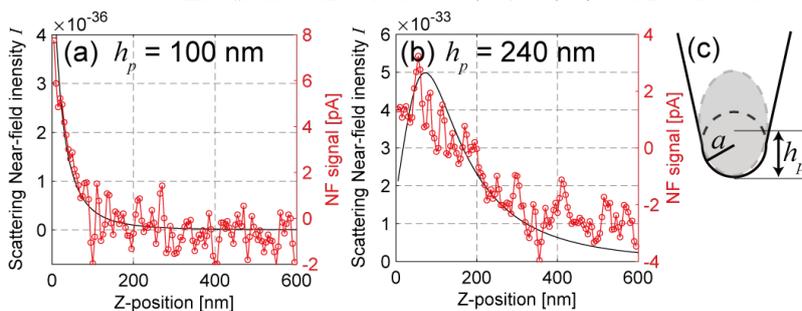


Fig. 1 (a, b) Near-field decay curves of AlN at (a) 14.5  $\mu\text{m}$  and (b) 11.8  $\mu\text{m}$ . (c) Polarized volume of the probe apex.

### 参考文献

- [1] K. Joulain, et. al., *Surf. Sci. Rep.*, **57**, (2005) 59-112.
- [2] Y. Kajihara, et. al., *Rev. Sci. Instrum.*, **81**, (2010) 033706.
- [3] R. Sakuma, et. al., *Rev. Sci. Instrum.*, **93**, 1 (2022) 013704.