

走査型近接場光顕微鏡を用いた赤外帯ログスパイラルアンテナ上の 光電場ベクトル分布のナノスケール直接観測とその応用

Directly nanoscale observation of optical-field vector in logarithm spiral antenna for the
infrared band using scanning near-field optical microscopy and its application

東工大 電気電子系¹, 東工大 未来研²

○(DC)岡本 拓也^{1,2}, 藤村 直紀^{1,2}, 石川 昂^{1,2}, Luca Crespi^{1,2}, 小寺 哲夫¹, 河野 行雄^{1,2}

Dept. E.E., Tokyo Tech¹, FIRST, Tokyo Tech², ○Takuya Okamoto^{1,2}, Naoki Fujimura^{1,2},

Kou Ishikawa^{1,2}, Luca Crespi^{1,2}, Tetsuo Kodera¹, Yukio Kawano^{1,2}



E-mail: okamoto.t.ap@m.titech.ac.jp

【序論】赤外光は分子の振動・回転運動や低エネルギー素励起といった多くの重要なエネルギースペクトルに対応するため、強力な分析ツールである。さらにこれをナノ材料に適用することで、ナノスケールな分子配向や半導体量子構造の赤外光応答[1]といった興味深い領域にアクセスが可能となる。その際、回折限界以下の空間スケールに光を閉じ込めるためにアンテナとの結合が広く用いられているが[1], アンテナ上の光電場自体も回折限界以下の空間に局在しているため実験的に評価を行うことが難しく、その詳細な理解は極めて重要な課題である。

走査型プローブ顕微鏡(SPM)の一つである走査型近接場顕微鏡(SNOM)は, SPM 短針先端に回折限界以下で局在した光(近接場光)を用いることでアンテナ表面の電場分布が可視化できる。さらにヘテロダイン干渉法を採用することで電気力線に対応する位相分布も得られ, 光電場ベクトルの実空間分布がナノスケールで可視化できる。本研究では自己補対アンテナの一つである logarithm spiral antenna(LSA)上の光電場ベクトルを測定し, 光閉じ込めを実験的に実証した[2]。

【実験】実験では波長 $7.73\mu\text{m}$ の赤外光を用いた。図1に近接場光強度像を示す。照射角度に応じ特徴的な電場分布(図1点線丸内)が回転する LSA 特有の偏光無依存性を示した。これらの結果はシミュレーション(図1下)と良い一致を示す。図2に LSA 中心のボウタイ部における近接場位相像

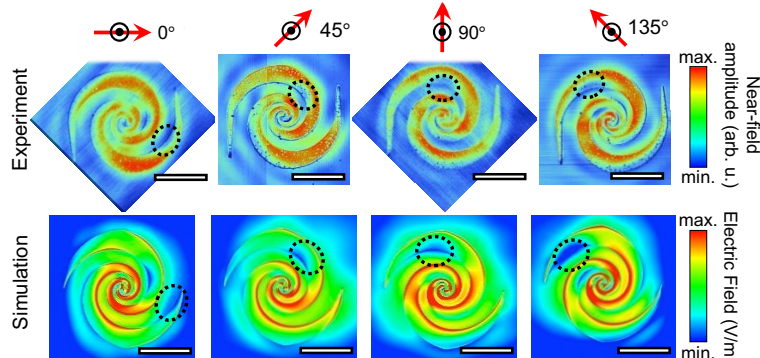


Fig.1 Orientation dependence of electric field on the spiral structure. The upper and lower panels show experimental (SNOM) and simulation results, respectively. The scale bars indicate $10\mu\text{m}$.

を示す。およそ π の位相反転が確認でき, 電気力線がボウタイ部にまたがっていることが実証された。これは LSA 中心部にナノ材料を配置することで, 効率良く光電場と結合することが可能であることを示している。本発表では実際に半導体量子構造と結合し, その量子輸送現象と赤外光の関係性の理解といった応用も報告する。

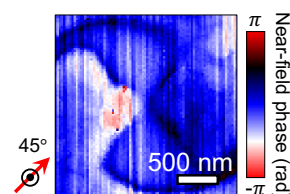


Fig.2 (a) Near-field phase distribution at the center.

[1] K. Shibata, *et.al.* PRL **109**, 7077401 (2012). [2] T. Okamoto, *et. al.* J. Phys. Comm. **2**(10) 105004 (2018).