プラズモン励起CNT光プローブによるシングルナノ空間分解能の実現

Single-Nanometer Spatial Resolution by Plasmon-Excitation CNT Optical Probe (株)日立製作所 横浜研究所¹, 慶應大理工² ^O中田 俊彦¹, 立崎 武弘², 馬塲 修一¹ Yokohama Res. Lab., Hitachi, Ltd.¹, Keio Univ.², ^oToshihiko Nakata¹, Takehiro Tachizaki², and Shuichi Baba¹

E-mail: toshihiko.nakata.ac@hitachi.com

1. はじめに

近接場走査顕微鏡は光の回折限界を超える 顕微鏡として期待されるが,空間分解能と測定 再現性の向上が課題である。我々は耐摩耗性に 優れた CNT (Carbon Nanotube)内に金ナノ構造 を充填した光プローブを提案し,2nm の空間分 解能を理論検証してきた¹⁾²⁾。今回,金ナノ構 造を充填せず,先端をカーボンで閉じたより単 純な構造の CNT 光プローブ試作し、同等の空 間分解能が得られることを実験的に検証した。

2. 原理

Fig. 1(a)に示すように,Si カンチレバー先端 に形成した三角錐状の金コートSi チップを導 光部として,その先端にnmオーダに先鋭化し た CNT 光プローブを固定する。カンチレバー 背面から近赤外励起光を照射しチップ稜線に 集光すると,稜線に沿ってウェッジプラズモン モード³⁾が励起される(Fig. 1(b))。プラズモン を介してSi チップ先端に生じた電場がCNTの 先端に電界集中し,先端径と同程度の近接場光 スポットが励起される(Fig. 1(c))。

3.実験結果と考察

Fig. 2 に試作したプラズモン導光部と CNT 光プローブの SEM 写真を示す。金コート厚さ は 50nm, プローブ先端径は φ 4nm とし, 励起 光源には波長 850nm の半導体レーザを用いた。



Fig. 1 CNT probe coupled with plasmon waveguide. (a) Plasmon waveguide. (b) Excitation of wedge plasmon mode. (c) Generation of near-field spot. 試料は Si 基板上に金と SiO₂の薄膜を交互に 積層して超格子構造を形成し数 mm 角に切り 出した後,積層面を CMP (Chemical Mechanical Polishing)で段差 2nm 以下に研磨したものを用 いた。表面段差からの散乱によるアーチファク トを抑え,金/SiO₂の材質の違いのみをイメー ジングでき,純粋に空間分解能を評価できる。

Fig. 3(a)に試料構造を, Fig. 3(b)に得られた近 接場光画像を示す。幅 5nm の金パターンが明 瞭にイメージングでき,また Fig. 3(c)に示すラ インプロファイルより, 3nm (1/280 波長)以下 の空間分解能が得られていることが判る。

4. おわりに

プラズモン導光部と組み合わせたCNT光プ ローブを試作し,金/SiO₂超格子試料にて,波 長850nmで3nm以下の空間分解能を確認した。

本研究は,(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構の資金を基に,平成18年度に(財)光産業技術振興協 会が受託したプロジェクト「低損失オプティカル新機 能部材技術開発」に関する。

文献

中田他, 第72回応物学会講演会予稿集, 3, p.111 (2011).
T. Nakata, et.al., J. Appl. Phys., 109, 013110 (2011).
D. F. P. Pile, et.al., Appl. Phys. Lett. 87, 061106 (2005).



Fig. 2 SEM images of CNT probe coupled with plasmon waveguide. (a) Si cantilever. (b) CNT probe fixed on Au-coated Si tip.



