近接場走査顕微鏡のための高効率プラズモン薄膜光導波路

High-Efficiency Plasmon-Resonance Thin-Film Optical Waveguide for Near-Field Scanning Optical Microscope

(株)日立製作所 研究開発グループ テクノロジーイノベーション研究センタ ⁰張 開鋒, 中田 俊彦, 馬塲 修一, 山川 市郎, 谷口 伸一

Hitachi, Ltd., R&D Group, Center for Technology Innovation [°]Kaifeng Zhang, Toshihiko Nakata, Shuichi Baba, Ichiro Yamakawa and Shin-ichi Taniguchi E-mail: kaifeng zhang.xg@hitachi.com

1. はじめに

近接場走査顕微鏡の空間分解能と測定再現 性の向上を目指して,先端径数 nm で耐摩耗性 に優れる CNT (Carbon Nanotube)光プローブと プローブに伝搬光を導くプラズモン光導波路 を提案し,3nm 以下の空間分解能を実証してき た¹⁾⁻³⁾。今回,光導波路に用いる Si カンチレバ ー・チップを薄膜化することで,より高効率で 可視域にも適用可能な光導波路構造を提案し, 実験により良好な結果を得たので報告する。

2. プラズモン薄膜光導波路

Fig. 1(a)に示すように,Si カンチレバー先端 の三角錐状Si チップに膜厚46.5nmの金薄膜を 成膜し,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。FIB 加工により, Si チップの後平坦部を250nmまで薄膜化する (Fig. 1(b))。近赤外励起光を平坦部の金/Si 界面 に共鳴角16.12°で入射すると,エネルギー損失 が最小限に抑えられ、平坦部にプラズモン共鳴 が誘起される(Fig. 1(b))。プラズモンを介して チップ先端に生じた励起用近接場F_eがCNT 先 端に電界集中し,先端径と同程度のnmサイズ の測定用近接場F_nが励起される(Fig. 1(b))。

Si 膜厚 250nm にて例えば波長 488nm で 80% の透過率が得られるため,励起用近接場 Feの 増強と共に可視域への適用が期待できる。

3. 実験結果と考察

試作した薄膜光導波路の SEM 写真を Fig. 2 に示す。FIB 加工の共振特性への影響が最小限 に抑えられ、タッピング走査でのイメージング



Fig. 1 CNT probe coupled with plasmon waveguide; (a) Plasmon waveguide; (b) Generation of excitation and probe near fields F_e , F_p through surface plasmon.

が可能であることを確認した。

チップ先端に生成される励起用近接場 F_eを 検出するため、チップを試料に接近させ、励起 用近接場 F_eが試料に接する際に生じる散乱光 を検出した。カンチレバーの共振周波数 f₀の整 数倍に相当する光成分をロックイン検出する ことで、チップ・試料間の干渉成分を抑圧した。 得られた励起用近接場 F_eのチップ・試料間距 離依存性を Fig. 3 に示す。チップ先端に局在し た非常に強い近接場が得られることが判った。

4. おわりに

金コートSiチップを薄膜化することで、より 高効率で可視域にも適用可能な光導波路を提 案した。実験により、伝搬光が効率よくプラズ モンに変換され、チップ先端に強い励起用近接 場が生成できることを確認した。

文献

1) T. Nakata, et.al., J. Appl. Phys., **109**, 013110 (2011). 2) 中田他, 第74回応物学会講演会予稿集, **3**, p.113 (2013). 3) 中田他, 第75回応物学会講演会予稿集, **3**, p.486 (2014).



Fig. 2 A SEM image of thin-film optical waveguide fabricated by FIB.



Fig. 3 Dependence of near-field intensity on tip-tosample distance.