表面プラズモン共鳴を用いた近接場走査顕微鏡用高効率光導波路

High-Efficiency Optical Waveguide with Surface Plasmon Resonance for Near-Field Scanning Optical Microscope

(株)日立製作所 横浜研究所 ○中田 俊彦, 馬塲 修一

Yokohama Research Laboratory, Hitachi, Ltd. °Toshihiko Nakata and Shuichi Baba E-mail: toshihiko.nakata.ac@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図るため、先端径が数 nm で耐摩耗性に優れる CNT (Carbon Nanotube) から成る光プローブを開発し、3nm 以下の空間分解能を実証してきた 1)-3)。今回、表面プラズモン共鳴を用いることで微細な CNT 光プローブに効率良く伝搬光を導く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. プラズモン共鳴光導波路の原理

Fig. 1(a)に示すように、Si カンチレバーの自由端に形成した三角錐状の金コート Si チップの先端に、nm オーダに先鋭化した CNT 光プローブを固定する。近赤外励起光をカンチレバー背面から照射しチップ稜線に入射すると、稜線に沿ってウェッジプラズモンモード $^{4)}$ 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_p が生成される (Fig. 1(c))。

励起光波長 850nm で、金膜厚を変化させて 得た金/Si 界面反射率の入射角依存性を Fig. 2 に示す。入射角 16.12°、金膜厚 46.5nm で強い 表面プラズモン共鳴が得られることが判る。即 ち、この条件で非常に強いウェッジプラズモン

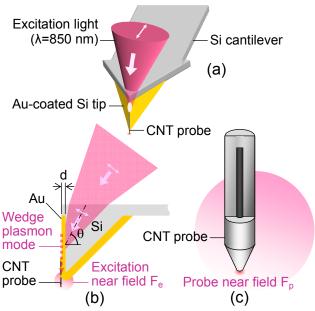


Fig. 1 CNT probe coupled with plasmon waveguide. (a) Plasmon waveguide. (b) Excitation of wedge plasmon mode. (c) Generation of probe near field.

モードが励起され、その結果チップ先端に生成される励起用近接場 Feの増強が期待できる。

3. 実験結果と考察

三角錐状 Si チップの稜線及び側面に 45nm, 後面に 150nm の金薄膜を蒸着して, 光導波路 を試作した。チップ先端に生成される励起用近 接場 Fe のチップ・試料間距離依存性を求めた 結果を Fig. 3 に示す。共鳴角から外れた入射角 13.3°に対し, 理論共鳴角に近い入射角 16.1°で 非常に強い近接場が得られることが判った。

4. おわりに

励起光の入射角を微調整して表面プラズモン共鳴条件とし、更に金膜厚を最適化することで、金コートSiチップ光導波路の先端に強い励起用の近接場が生成できることを確認した。

本研究の一部は、(独)新エネルギー・産業技術総合 開発機構(NEDO)の委託業務「低損失オプティカル新 機能部材技術開発」の結果得られたものである。

文献

- 1) T. Nakata, et.al., J. Appl. Phys., 109, 013110 (2011).
- 2) 中田他, 第73回応物学会講演会予稿集, 3, p.157 (2012).
- 3) 中田他, 第74回応物学会講演会予稿集, **3**, p.113 (2013).
- 4) D. F. P. Pile, et.al., Appl. Phys. Lett. 87, 061106 (2005).

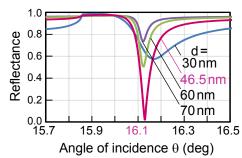


Fig. 2 Dependence of reflectance on angle of incidence θ for different thicknesses d of gold films in the Kretschmam configuration.

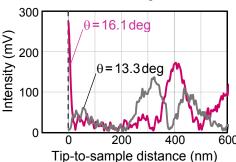


Fig. 3 Dependence of near-field intensity on tip-to-sample distance.