

薄膜光導波路付カンチレバーチップ先端で発生する近接場のシミュレーション

Simulation of Near Field Generated on the Tip of a Cantilever with Thin-film Optical Waveguide

(株)日立製作所 研究開発グループ¹, 徳島大学 大学院²

○張 開鋒¹, 松本 涼太², 山川 市朗¹, 岡本 敏弘², 原口 雅宣², 谷口 伸一¹

Hitachi, Ltd., R&D Group¹, Graduate school of Tokushima University²

○Kaifeng Zhang¹, Ryota Matsumoto², Ichiro Yamakawa¹, Toshihiro Okamoto², Masanobu Haraguchi² and Shin-ichi Taniguchi¹

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めざし, CNT (Carbon Nanotube) 光プローブと CNT 光プローブに光を導くプラズモン光導波路を試作し報告してきた¹⁾⁻²⁾。加えて, 光利用効率を向上させ, かつ可視光で計測するために, FIB により Au コート Si カンチレバーチップの先端部を削除して, 厚さ 250 nm の Si と Au 薄膜から形成された薄膜光導波を有するカンチレバー (図 1(a)) を開発した³⁻⁴⁾。今回は (1) 上記の光導波路構造のシミュレーションモデルを構築し, カンチレバーチップ先端で発生する近接場の発生および近接場強度の励起光入射角依存性の確認および (2) チップ先端形状を制御するための重要パラメータであるチップ正面 Au 膜厚の最適化を実施した。

2. モデル

(1) 時間領域差分法と有限要素法の 2 種類のシミュレータを用いて, 励起光の薄膜導波路への入射過程を含め, 薄膜光導波路付カンチレバー先端の 2 次元構造モデルを構築した。薄膜導波路への励起光の入射角 θ を変化させた。

(2) Au 成膜したチップ先端の形状の詳細を TEM 像により観察した (図 1(b))。得られた形状情報を参考にして, 時間領域差分法のシミュレータ計算用の 3 次元構造モデルを構築した

(図 1(c))。ここで, Si 先端-Au 先端の距離はチップ正面 Au 膜厚の厚さに相当することを仮定し, チップ背面の Au 膜厚は 45 nm で固定した。波長 660 nm と 850 nm の励起光をそれぞれ所定の入射角で入射させ, チップ先端正面 Au 膜厚を変化させた。

3. 計算結果

(1) 2 種類のシミュレーションモデルを用いて, チップ先端の電界強度分布を計算したところ, カンチレバーチップ先端で近接場が発生することを確認した。薄膜導波路への励起光入射角度 θ 依存性の計算により, $\theta = 15.8^\circ$ (660 nm) と 16.2° (850 nm) の時, チップ先端電界が最大であることを確認した。これらの値は Si/Au/Air 多層構造の反射率の理論計算で得られたプラズモン共鳴角とほぼ一致する。(2) 図 2 にチップ先端電界強度のチップ正面 Au 膜厚の依存性を示す。チップ正面の Au 膜厚が 150~160 nm の場合, 2 種の励起光波長ともに, チップ先端の局在電界強度が高くなることから, 最適膜厚であることがわかった。

文献:

- 1) 中田他, 第74回応物秋季講演会予稿集, **3**, p.113 (2013).
- 2) 中田他, 第75回応物秋季講演会予稿集, **3**, p.486 (2014).
- 3) 張 他, 第63回応物春季講演会予稿集, **3**, p.112 (2016).
- 4) 張 他, 第77回応物秋季講演会予稿集, **3**, p.304 (2016).

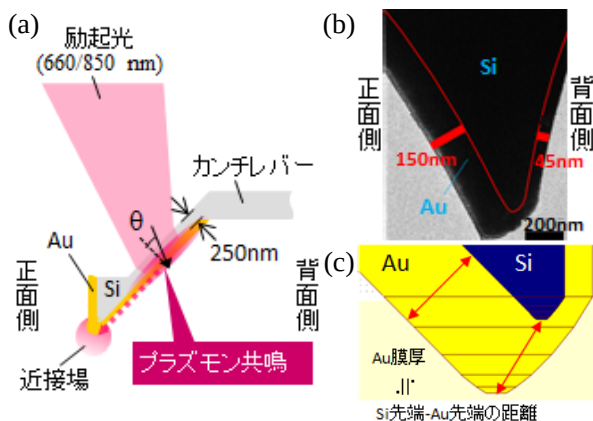


図 1 (a) 薄膜光導波路付カンチレバーの構成
(b) Au コート Si チップ先端の TEM 像
(c) チップ先端のモデルイメージ図

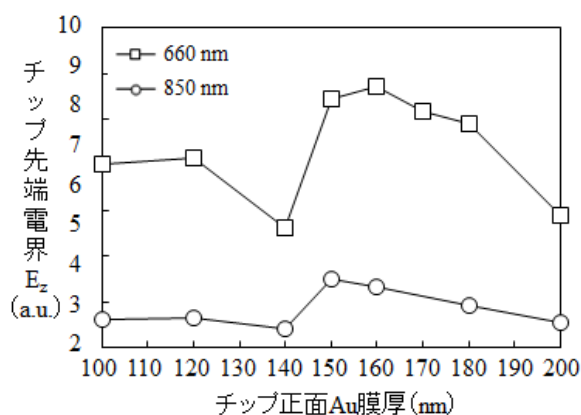


図 2 チップ先端電界 E_z とチップ正面 Au 薄膜の依存性計算結果