Metal-Insulator-Metal メタマテリアル構造を応用した潤滑膜厚計測法の検討

Study on Lubrication Film Thickness Measurement Method Applying Metal-Insulator-Metal Metamaterial Structure

東北大工 [1]　○岡谷 泰佑 [1]，金森 義明 [1]

Tohoku Univ. [1], °Taiyu Okatani[1], Yoshiaki Kanamori[1]

E-mail: taiyu.okatani.a3@tohoku.ac.jp

近年，エネルギー問題の要請から潤滑油の低粘度化が進み，分子レベルの吸着膜等による超薄膜潤滑への期待が高まっている[1]。潤滑膜厚の計測では，金属とガラスプレートの間に形成される潤滑膜を光学的に観察し，ガラスプレート内に封止されたハーフミラーと金属表面の間の干渉パターンを計測する手法が用いられる[2]。しかし，干渉を用いる計測法では潤滑膜厚変化と共振波長変化の関係は線形となり，その比例係数は通常 2 程度となる。したがって，共振波長変化を膜厚に換算する場合，膜厚計の分解能は分光器の波長分解能の半分程度に制限される。

本研究では，潤滑膜を Metal-Insulator-Metal メタマテリアル構造における誘電体層とみなし，その厚み変化が共振波長変化に大きく影響することを利用した潤滑膜厚の計測法について，厳密結合波解析により検討する。構築したモデルを Fig. 1 に示す。SiO_2 基板に形成された一辺の長さ 250 nm，厚み 30 nm，周期 500 nm の Al ナノドットアレイが厚み 50 nm の SiO_2 膜によって封止されたセンサ素子に対して接触対象となる Al 表面が距離 d だけ離れて置かれている。センサ素子と Al 表面の間は潤滑膜（屈折率 1.435）で満たされている。モデル下側から光を入射したときの反射スペクトルを d = 0, 2, 4, 6, 8, 10 nm について計算した結果を Fig. 2 に示す。Al 表面がセンサ素子に近づくにつれて共振波長が長波長側にシフトしていることが確認できる。したがって，共振波長変化から潤滑膜厚変化を推定することが可能である。当日はシミュレーション結果の詳細と潤滑膜厚計測の応用可能性について報告する。本研究は JSPS 科研費 JP20K22477 の助成を受けた。

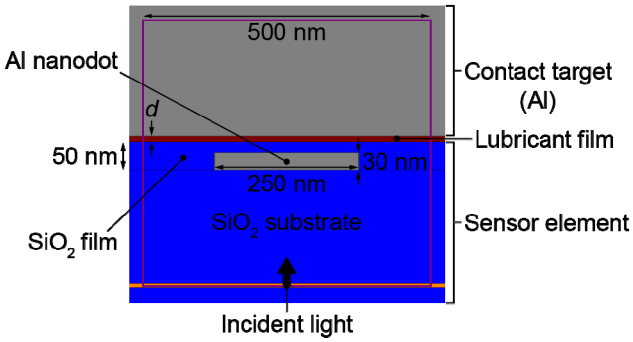

Fig. 1. Simulation model.

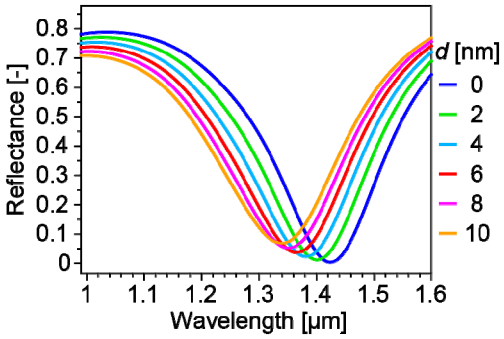

Fig. 2. Calculated reflectance spectra.

[1] 中野健，田所千治，前川覚，*表面科学* **38**(3), pp. 111-116, 2017.

[2] R. P. Glovnea, A. K. Forrest, A. V. Olver, and H. A. Spikes, *Tribology Letters* **15**(3), pp. 217-230, 2003.

© 2021年 応用物理学会