

準間接照射探針増強ラマン分光用プローブにおける 電界増強特性の三次元計算

3D Calculation of Field-Enhancement Characteristics of Semi-Indirect Illumination TERS Probes

京大院工¹, 日立研開² ◯伊藤 正尚¹, 張 開鋒², 小林 圭¹

Dept. of Electronic Sci. & Eng., Kyoto Univ.¹, Research & Development Group, Hitachi Ltd.²,

◯Masanao Ito¹, Kaifeng Zhang², Kei Kobayashi¹

E-mail: m.ito@piezo.kuee.kyoto-u.ac.jp

原子間力顕微鏡(atomic force microscopy: AFM)とラマン分光法とを組み合わせた探針増強ラマン分光法(tip-enhanced Raman spectroscopy: TERS)は、試料の表面形状等の物理特性と同時にラマンスペクトルの局所的な分布を多環境で計測できる技術である。われわれはこれまでに薄膜導波路を有する間接照射 TERS 用のプローブを開発し、TERS 計測における背景散乱光の低減に成功した[1]。この導波路プローブは、大気中においてカンチレバー背面の方向に対してほぼ垂直な特定の角度から励起光を照射した場合に最も高い電界増強効果を得ることができる。ところが、入射角にずれが生じた場合、この電界増強効果は急激に減衰してしまう。このため、導波路プローブを用いた間接照射では導波路部に高い加工精度が求められ、また、液中計測時などレーザー光路媒質の屈折率が異なる場合は、大気中測定時とは別の角度から励起光を入射する必要がある。このような課題に対して、われわれは励起光を試料面に対して仰角 40 度の向きといったプローブ前方から探針先端付近へ入射する手法(準間接照射)を提案し、TERS スペクトルの取得に成功した[2]。

しかしながら、準間接照射における電界増強特性は未検討だった。そこで、図 1 のような三次元モデルを用いて有限要素法により電界増強度の計算を行った。励起光の電界増強度と試料からの散乱光の電界増強度を別々に計算し、複数の条件でラマン散乱光強度分布(図 2)を評価した。その結果、準間接照射においては、直接照射の場合と同様のメカニズムで電界増強が生じることが分かった。また、検出されるラマン散乱光強度が最大となる励起光照射位置において、背景散乱光による影響を最も抑えられると結論付けた。

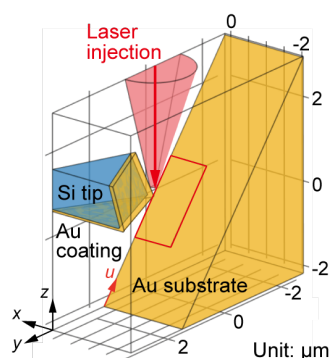


Fig. 1: Electromagnetic simulation model for field enhancement characteristics.

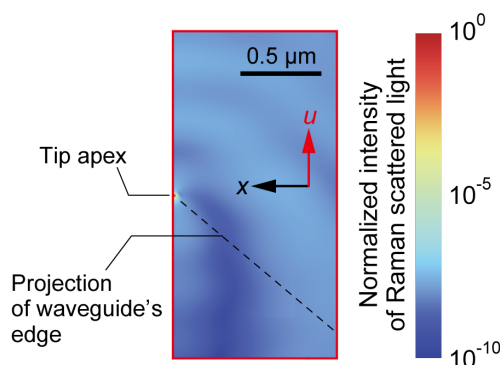


Fig. 2: Normalized Raman scattered light intensity map of the surface between the probe end and the sample surface.

[1] K. Zhang et al., *Anal. Chem.* **93**, 7699 (2021).

[2] 郎 他, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 22p-A307-8 (2023).