

干渉フェムト秒レーザー加工による金属ナノ周期構造の作製及び 表面増強ラマン散乱測定への応用

Fabrication of nano-sized metal periodic structure by interfering femtosecond laser processing and application to surface-enhanced Raman scattering

阪大¹, 市大² ◯中田 芳樹¹, 島田 直人¹, 松葉 良生¹, 宮永 憲明¹,
東海林 竜也², 坪井 泰之²

Osaka Univ.¹, Osaka City Univ.², ◯Yoshiki Nakata¹, Naoto Shimada, Yoshiki Matsuba, Noriaki
Miyanaga, Tatsuya Shoji, Yasuyuki Tsuboi²

E-mail: nakata-y@ile.osaka-u.ac.jp

1. 研究の背景と目的

我々はこれまでに、金属薄膜に超短パルスレーザーを照射して微細な熱プロセス=ナノサイズ溶解金属の流体的挙動を誘起し、ナノウィスカーやナノドロップなどの特異な金属ナノ構造が形成されることを発見した[1,2]。このプロセスを Solid-Liquid-Solid (SLS)と命名し、Vapor-Liquid-Solid (VLS)やリソグラフィーなどスタンダードなゼロ・次元ナノ構造作製法より簡便かつ高性能な手法として開発を進めている。さらに超短パルスレーザーの干渉パターンで SLS プロセスを誘起する事で、金属ナノ周期構造がシングルショットで形成できる。

金属ナノ構造はプラズモニクスを中心に多彩な応用がある。例えば、表面増強ラマン散乱(SERS)測定に用いる場合、顕著な SERS 活性能を有する事が知られている。一方、メタマテリアルはデザインされた金属ナノ周期構造で形成されている。これらの構造の多くはリソグラフィーや化学反応を用いる手法で作製されており、高度な装置群や技術が必要でありコストや作製時間などの問題が有る。本手法はこれらを克服する新しい手法であり、応用の一例として金属ナノ周期構造を SERS に応用した結果について報告する。

2. 研究結果

厚さ 50nm の金薄膜をシリカガラス基板上に堆積し、3.4 μm 周期の金ナノドロップを作製した。これに pyridine 溶液(12mol/l)を滴下し、He-Ne レーザー光源を用いた測定を行った。図 1 右は金ナノドロップが存在する場合の SERS 信号であり、左の Raman 信号の 60 倍の強度が得られた。さらに、987, 1027 cm^{-1} の Raman バンドは、SERS 測定では 1007, 1029 cm^{-1} にそれぞれシフトした。これらは SERS 特有の結果であり、使用した金ナノドロップに SERS 活性能が有ると結論づけられた。図 2 は FDTD(Finite-difference time-domain method)を用いた電磁界解析結果の一例であり、金ナノドロップ構造の中央部分の電界強度が 5.2 倍ほどに増強されている様子が観察された。

1. Y. Nakata et al., Appl. Surf. Sci. 274, 27 (2013).
2. Y. Nakata et al., Jpn. J. Appl. Phys. 42, L1452 (2003).

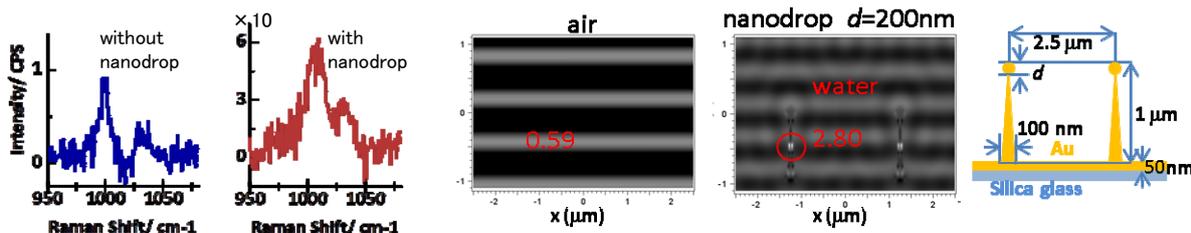


図 1 Raman 信号及び SERS 信号 図 2 大気及び水中金ナノドロップアレイに He-Ne レーザーを照射した場合の電界分布の FDTD による解析結果の一例