

L-2

パルスレーザーアブレーション法による SERS 基板の開発

Development of substrates for surface-enhanced Raman scattering by pulsed laser ablation

○竹田 直希¹, 志村 祐輔², 鈴木 薫³, 松田 健一³, 胡桃 聡³*Naoki Takeda¹, Yusuke Shimura², Kaoru Suzuki³, Ken-ichi Matsuda³, Satoshi Kurumi³

Abstract : Localized surface plasmon resonances (LSPR) has demonstrated many attractive devices due to its remarkable enhancement in the optical electric-field. With respect to applications utilizing the optical electric-field enhancement, surface-enhanced Raman scattering (SERS) chip has attention as high sensitivity detection of organic- and bio-molecules. In order to produce the SERS chips, we attempted to fabricate metal nanostructures having LSPR on substrates by pulsed laser ablation. In this study, we discuss the optical electric-field enhancement of the produced SERS chips by calculating the so-called enhancement factor.

光と金属ナノ構造の相互作用が引き起こす局在表面プラズモン共鳴 (Localized Surface Plasmon Resonance : LSPR) は著しい光電場増強をもたらすことが知られている^[1]。LSPR 由来の光電場増強を利用した現象として、表面増強ラマン散乱 (Surface-Enhanced Raman Scattering : SERS) が挙げられる^[2]。これは、通常の顕微ラマン散乱と比べて、LSPR 由来の光電場増強によって非常に高いラマン散乱強度が得られる方法であり、新しいバイオセンシング等の応用が期待される。この光電場増強を発生させるためにはナノレベルで接近した金属構造が必要である。従来では化学的手法によって SERS 基板が商用化されているが、現状では、金属ナノ構造が複雑な形状をしているため、機械的・化学的安定性に優れないこと、作製までの工程が複雑であることなどの問題がある。それに対して、我々の研究チームにおいては、加工工程が簡単なパルスレーザーアブレーション (Pulsed Laser Ablation: PLA) 法により、光電場増強に優れた金属ナノ構造の開発に成功した^[3]。本研究では、先行研究に対し、レーザー波長 355 nm の Nd: YAG レーザビームによって金属ナノ構造の生成を行い、SERS 基板の応用を試みた。Figure 1 に PLA 法の概略図を示す。チャンバー内に金属ターゲットと基板 (サイズ: 10×10 mm, 厚さ 0.5 mm) を設置し、真空状態 (10^{-5} Pa) にしたのち、Si ヒータでアウトガスとアニールによる基板クリーニングを行った。その後、目的の成膜温度で一定にした。次に雰囲気ガス (Ar または O₂) を流入し、チャンバー内の雰囲気圧を (10^0 Pa) にした。設置された金ターゲットへレーザー挿入窓からパルスレーザー光 (Nd : YAG レーザ : 波長 355 nm, パルス幅 10 ns, レーザエネルギー 8 mJ) を照射し、アブレーションプラズマを発生させた。これを基板の上に堆積させることで、Figure 2 のような金属ナノ構造を成膜した。本稿では、PLA 法によって成膜した金属ナノ構造を SERS 基板として応用した結果について報告する。

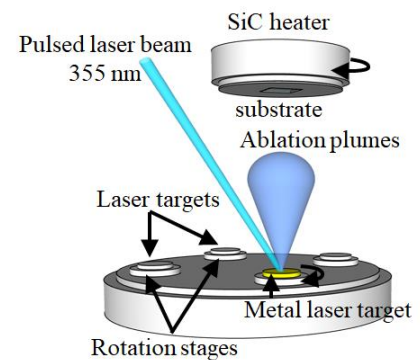


Figure 1. Experiment apparatus of PLA method

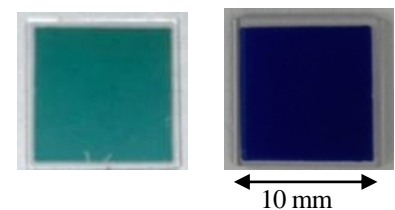


Figure 2. Optical images of SERS chips with nanostructured gold (left) and silver (right).

参考文献

[1] 日本化学会 : プラズモンの化学, pp. 3-21 (2019).

[2] B. Sharma, et al., Mater. Today, Vol. 15, pp. 16-25 (2012).

[3] B. L. Ong, et al., Nano Lett., Vol. 21, pp. 7448-7456 (2021).

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・院 (前)・電気 3 : 日大理工・教員・電気