

高次ナノ構造体を用いた微量分子検出

Metallic higher order three-dimensional stack nanostructure for surface-enhanced Raman spectroscopy

○山口 明啓、福岡 隆夫、内海 裕一（兵庫県大）

○Akinobu Yamaguchi, Takao Fukuoka, Yuichi Utsumi (Univ. of Hyogo)

E-mail: yamaguti@lasti.u-hyogo.ac.jp

微量分子検出は、環境分析やポイント・オブ・ケア・テスト(POCT)等の分野において、非常に重要な事項である。金属ナノ粒子を用いた局在プラズモンを利用した分析手法は、究極的には単分子の検出・同定が可能であることから、注目されている。

本研究では、表面増強ラマン分光を実現するための高次ナノ構造体を所望の位置に創製し、微量分子の検出を行った。金属ナノ粒子で構成する高次ナノ構造を創製するために、ナノ粒子間の相互作用を検討した。貴金属ナノ粒子として、粒径 $R_1 = 20 \text{ nm}$ の金ナノ粒子(Au nanoparticle: AuNP)を想定し、ハニカム構造を担持する構造体としてポリスチレン粒子 (PS, 粒径 $R_2 = 600 \text{ nm}$) を想定した。粒径も材質も異なる粒子間に働く DLVO 相互作用は、以下の式で与えられる。

$$U = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 R_1 R_2}{4(R_1 + R_2)} \cdot \left[2\psi_1 \psi_2 \left\{ \frac{1 + \exp(-\kappa d)}{1 - \exp(-\kappa d)} \right\} + (\psi_1^2 + \psi_2^2) \ln\{1 - \exp(-2\kappa d)\} \right] - \frac{A_{132} R_1 R_2}{6(R_1 + R_2)d}, \quad (1)$$

ここで、 ε_r ならびに ε_0 は、それぞれ媒体である水の比誘電率と真空の誘電率である。さらに誘電泳動力の評価も行った。すべての見積もりの結果を適用して、実際の構造体創製を試みた。

予め作製しておいた金電極をマイクロ井戸に配置して、金コロイド及びポリスチレン微粒子の混合液から成る溶液をマイクロ井戸に滴下する。そこに外部から金電極に電場を印加して誘電泳動を励起し、移流集積効果と協奏させることで、金電極の側及び直上に高次ナノ構造体を創製することに成功した。図1に示すのは、作製した高次ナノ構造体を実装した金電極を用いた表面増強ラマン分光測定の様式図である。図1左上の写真の金電極内側に形成された高次ナノ構造体 Au3D の SEM 観察像を図1左下に示す。作製した高次ナノ構造体の典型的な例(図1左上 Au3D 地点)について、フォトルミネセンスを測定したところ、図2に示すように平坦な金電極に対し大きな光応答が得られることが分かった。この高次ナノ構造体を実装した電極を用いることで、簡易ラマン分光装置を用いても、表面増強ラマン分光測定が液中で行えることを示した。

POCT 機器の検体測定部位として活用が期待できる他、2次電池や太陽光発電等の高効率化構造としても活用が期待できる。

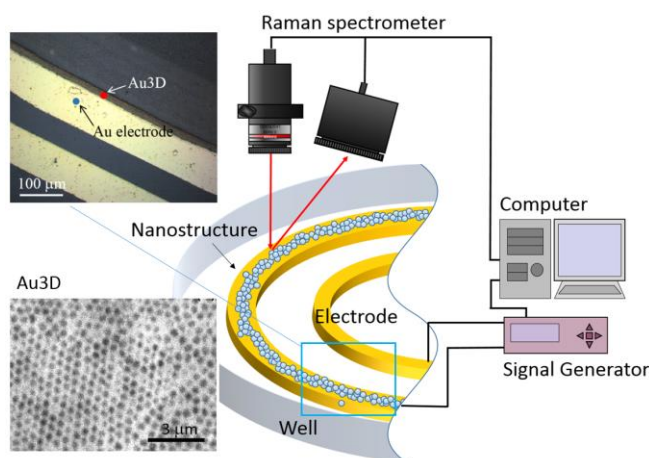


図1 微量分子検出のための高次ナノ構造体の創製と電極への実装。高次ナノ構造体を実装された電極を用いたラマン分光測定の概念図。

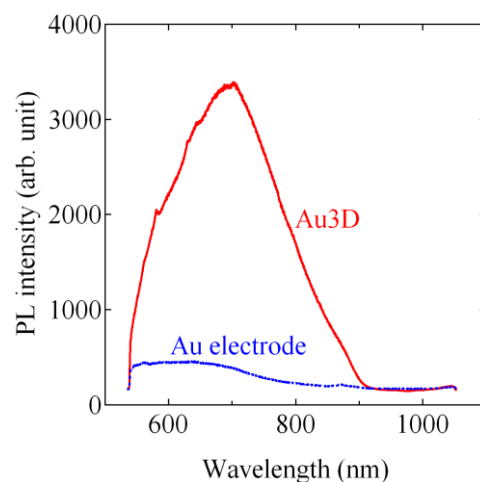


図2 高次ナノ構造体(Au3D)が実装された電極と平坦金電極(Au electrode)のフォトルミネセンス。