

炭化電界紡糸ナノファイバーによる表面増強ラマン分光法

Carbonized electrospun nanofibers for surface-enhanced Raman spectroscopy

東大理¹, LucasLand², 量研機構³, 武漢大⁴, カリフォルニア大⁵○(M1)丸見真智子¹, 北濱 康孝^{1,2}, Ting-Hui Xiao^{1,2,3}, 合田圭介^{1,2,3,4,5}Univ. of Tokyo¹, LucasLand², QST³, Wuhan University⁴, University of California⁵Machiko Marumi¹, Yasutaka Kitahama^{1,2}, Ting-Hui Xiao^{1,2,3}, Keisuke Goda^{1,2,3,4,5}

E-mail: kitahama@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

ラマン分光法は、非破壊的かつラベルフリーに物質の同定が可能な、携帯医療センサーにも利用できる強力な分析手法である¹⁾。しかし課題となっているのが、散乱断面積の小ささ故に信号強度が弱いということである。そのため、物質の出す余計な蛍光を抑え、ラマン信号を増強する必要がある。その技術の一つが表面増強ラマン分光法(Surface-enhanced Raman spectroscopy: SERS)である。SERSには従来、貴金属が使われていたが、製造コストが高い上、励起光を当てると熱を発するため、タンパク質などの生体分子といった熱に弱い物質に対して使うことができない。貴金属以外の SERS 基板の一つとして、グラフェンを挙げることができる¹⁾。炭素系 SERS 基板は、レーザーを当てても熱を発生しにくいいため、生体分子にも用いることができ、SERS 基板の有望な代替素材として浮上している²⁾。既存の炭素系 SERS 基板は、その複雑な作製工程により作製効率が低く、実用化の妨げになっていた。今回、この作製プロセスの問題を解決するために、エレクトロスピニング(電界紡糸)による炭素系 SERS 基板の作製を行い、バイオセンサー素材の開発を目指した。

ポリアクリロニトリル(PAN)のジメチルスルホキシド(DMSO)溶液をエレクトロスピニングで得られた繊維を、シリコンウエハ上に貼り付けて 240 °C で耐炎化後、600, 800, 1000, 1200 °C の温度で真空中で炭化させることで SERS 基板を作製した。SERS 基板の上に試料溶液としてローダミン 6G (R6G) 水溶液を滴下し、inVia Raman system (Renishaw)を用いて波長 532 nm のレーザーで励起して SERS スペクトルを測定した。

異なる炭化温度で作製した基板からの増強度を Fig. 1 に示す。耐炎化しただけの基板や 600 °C で炭化した基板では SERS 活性は見られず、800 °C 以上の温度で炭化することによって SERS 活性が見られた。800 °C 以上で炭化した SERS 基板については、検出限界 100 nM、増強度 3×10^4 倍ほどの性能を得ることができた。

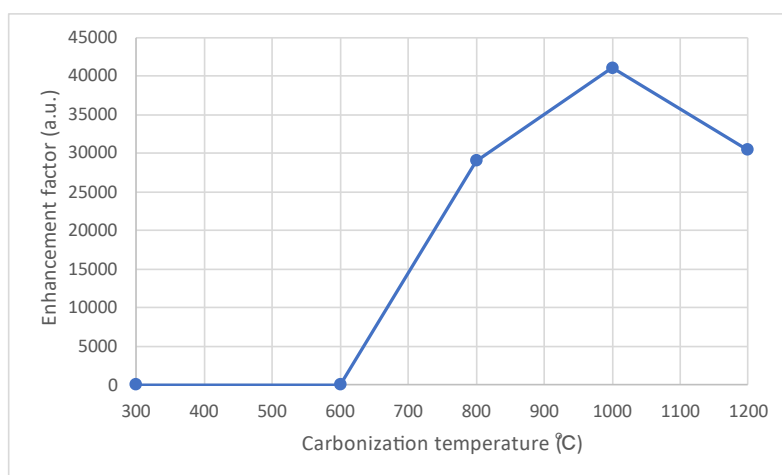


Fig. 1 Enhancement factors of the SERS substrates carbonized at different temperatures

- 1) Tan, Xianjun; Melkersson, Jenny; Wu, Shiqun; Wang, Lingzhi; Zhang, Jinlong; “Noble-Metal-Free Materials for Surface-Enhanced Raman Spectroscopy Detection”, Chem. Phys. Chem., Vol. 17, pp. 2630–2639, 2016.
- 2) Chen, Nan; Xiao, Ting-Hui; Luo, Zhenyi; Kitahama, Yasutaka; Hiramatsu, Kotaro; Kishimoto, Naoki; Itoh, Tamitake; Cheng, Zhenzhou; Goda, Keisuke; “Porous carbon nanowire array for surface-enhanced Raman spectroscopy” Nat. Commun., Vol. 11, pp. 4772-1–4772-8, 2020.