

Title	Raman Spectroscopy Study on Laser Structured Surface
Author(s)	Yan, Zhao-Xu
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/55925
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

Abstract of Thesis

Name (YAN ZHAO-XU)

Title

Raman Spectroscopy Study on Laser-Structured Surface
(レーザー加工した構造化表面のラマン分光)

Abstract of Thesis

Structured surface plays an important role in various scientific area, such as physics, tribology, biology. Till now it is still under developing and many challenges need to be fixed. To promote the structured surface development, many characterization methods were applied (such as SPM, XPS, SEM). Among these methods, Raman spectroscopy is an effective method to provide valuable information by evaluating its character and functional performance.

In this dissertation, aimed to solve two typical challenges in structured surface: effective plasmonic surface structures and nanoscale surface doping, laser patterning methods and focused ion beam technique were utilized as manipulate tools for surface structuring. Followed by Raman characterization, the features, properties and prospects of these structured surface were presented and discussed.

In the first part of research, towards designing effective and stable plasmonic structures, laser patterning method was applied on two types of structured surfaces fabrication. Combined with simple silver nanoparticles decoration, plasmonic structures named with Ag-RGO and Ag-black silicon were achieved. Characterized by Raman spectroscopy, they showed high electromagnetic field enhancement and stable performance as chemical sensors. Choosing RhB as a detector, the Ag-RGO structure showed a Raman enhancement factor in the range of 10^7 - 10^8 and a good SERS reproducibility (with a relative standard deviation $\sim 10\%$). Taking R6G as a detector, the Ag-black silicon structure showed a good Raman response with a detection limit better than 10^{-8} M, and it is on-chip designed in micro channels and served as in-situ detector of chemical reactions. The Raman results showed that laser technique hold potential on application on plasmonic structures.

Then, as the the second part of this research, Raman spectroscopy study was carried out to study the structured surface manipulated by nanoscale FIB doping. Nanoscale Ga doped structures on ZnO surface was first designed and prepared by FIB technique. And then the lattice structure changes were studied by observing the different Raman modes from the doped surface area. High resolution (~ 300 nm) Raman images at these different Raman modes was then obtained. These results clearly characterized the distributions of the crystal structure changes during the doping process. They are of great value on improving the surface doping technique in the integrated circuits industry.

In conclusion, studying the structured surfaces is of great importance in applied physics, chemistry and biology. These results indicate that Raman holds potential for the application in micro-fabrication and semiconductor world.

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (Yan Zhao-Xu)			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教授	河田 聡
	副 査	教授	井上 康志
	副 査	教授	高原 淳一
	副 査	教授	Prabhat Verma
	副 査	准教授	庄司 暁 (電気通信大学 先進理工学研究科)

論文審査の結果の要旨

本学位論文は、レーザービームを用いて構造化した表面をラマン分光法により評価及び分析する手法に関する研究をまとめたものである。その成果は以下の通りである。

- ・ 試料表面上で集光レーザー光をビーム走査する方法と広げたレーザー光による干渉パターンを照射する方法、および集束イオンビームを走査する 3 つの手法でもって表面に構造を作製して改質させる技術とその応用について議論をし、それらの特徴を明らかにしている。
- ・ ガラス基板の酸化グラフィン薄膜に紫外レーザーの 2 光束干渉光を照射することにより周期構造を作製した後に還元し、その構造形状と表面疎水特性を精密に測定している。作成した構造をラマン散乱分光法によりスペクトル測定し、さらに銀ナノ微粒子を蒸着して局在プラズモン共鳴効果によって再現性高くラマン散乱能が 10^8 倍増強することを確認している。
- ・ SF_6 雰囲気中でシリコン表面にフェムト秒レーザー光を照射することにより、表面原子をアブレートしナノ剣山形状にすることに成功している。この構造は表面で連続的に屈折率が変化し低い反射率を持つためブラックシリコンとして光触媒に使えることを提案し、実際にマイクロ・フローチャネルの一部をブラックシリコン化し、さらに銀ナノ微粒子を成長させて触媒センサーへの応用を提案し、その効果をラマン散乱分子測定により確認している。
- ・ 酸化亜鉛表面に集束ガリウムイオンビーム FIB を照射することにより、表面改質を行い改質部分のラマン分光分析イメージングの実験を行っている。改質された領域においてのみ酸化亜鉛の結晶構造がガリウムによって変化していることをラマン散乱スペクトルから確認している。

以上のように、本学位論文では、レーザービーム及びイオンビームを用い各種基板の表面改質を行い、ラマン分光法にプラズモニクス技術を加えることによって高い分析能及びイメージングに関して多くに知見を得ており今後、先端増強ラマン散乱顕微鏡や集積回路などの先端ナノデバイス分野において活用されることが期待される。これらの結果は、応用物理学、特にナノ分析科学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。