

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Development of new efficient fabrication methods for 3D plasmonic nanostructure arrays and their application for functional optical devices
著者(和文)	李 振星
Author(English)	Zhenxing Li
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9769号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉野 雅彦,井上 裕嗣,野崎 智洋,山本 貴富喜,平田 敦
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9769号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	李 振星 (Li Zhenxing)		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	吉野 雅彦	教授	審査員	平田 敦	准教授
	審査員	井上 裕嗣	教授			
		野崎 智洋	教授			
		山本 貴富喜	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Development of new efficient fabrication methods for 3D plasmonic nanostructure arrays and their application for functional optical devices」と題し、英文6章からなっている。

第1章「Introduction」では本論文の背景、動機および目的について述べている。ナノテクノロジーの近年の動向を俯瞰した上で、ナノドットアレイがその特異な光学的特性により注目を集めており、そのバイオセンサーへの応用が期待されていると述べている。さらに近年の微細加工技術について概観し、それらを Top-down 型加工技術と Bottom-up 型加工技術に分類した上で、ナノドットアレイ製作上の課題を解決するためには、Top-down 型と Bottom-up 型とを組み合わせた効率の高い加工技術の開発が必要であることを述べている。これらの議論に基づき、本論文の目的は二次元および三次元のナノ構造アレイの効率的製造技術を開発し、それらのナノ構造アレイの LSPR(Localized Surface Plasmon Resonance)および SERS(Surface Enhanced Raman Spectroscopy)特性を評価することであると述べている。

第2章「Development of 2D metallic nanodot/rod array」では、二次元の Au ナノドットアレイの製造プロセスとして石英ガラス基板への Au 薄膜のコーティング、超微細塑性加工による微細格子溝加工、焼鈍による自己組織化を組み合わせたプロセスを取り上げ、そのプロセス条件が可視光の LSPR 吸収スペクトルに及ぼす影響を検討している。さらにその技術を発展させピークが 2 つある特異な吸収スペクトルを示すナノロッドアレイの開発に成功している。

第3章「Development of 3D metallic nanodot arrays」では、二次元の Au ナノドットアレイに SiO₂ のスペーサ層さらに Au 層をコーティングし、焼鈍により自己組織化する方法を繰り返すことにより、4 層の三次元ナノ構造アレイを開発している。本方法において二層目以降は微細格子溝の加工が無いにも関わらず下層のナノドットの上に Au ナノドットが自己組織化する現象を発見し、その原理についても理論的に明らかにしている。さらに多層化により LSPR 吸収スペクトルが増強されることを見出している。

第4章「Development of “Dot-on-Plate” (DoP) arrays」では、多層化の技術と RIE (Reactive Ion Etching) を併用することにより “Dot-on-Plate (DoP)” アレイ構造を開発している。さらにこの DoP 構造に可視光が入射すると Au プレートと Au ドットの間で光の電場が増強されることを数値解析で明らかにし、これを利用することにより高い SERS 効果が得られることを実験的に示している。また Au と Ag の組み合わせによる DoP アレイを製作し、Au-Au の組み合わせの DoP 構造に比べ二倍の SERS 効果を達成している。

第5章「Development of 3D nanopillar arrays」では、二次元の Au ナノドットアレイに RIE によるエッチングを施すことによりナノピラーアレイを開発している。この LSPR 吸収スペクトルのピーク波長に及ぼす周りの媒体の屈折率の影響、すなわち LSPR センサーの感度、を測定し、ナノピラーアレイは二次元のナノドットアレイに比べ感度が高いことを示している。さらにナノピラーアレイに銀をコーティングし SERS 効果を評価したところ、最高 10⁵ の増強係数を達成している。

第6章「Conclusions」では、本論文で得られた知見をまとめ、提案するナノ構造アレイの製造技術およびその有効性についてまとめている。

以上を要するに、本論文は二次元および三次元の金属ナノ構造アレイおよびそれらの簡便な製造技術を開発し、それらが LSPR 効果および SERS 効果に優れていることを示し、バイオセンサー、ラマン分光分析などの高性能化、高感度化に寄与するものであることを示したものであり、工業上・工学上貢献がするところが大きい。よって博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。