

研究種目：特定領域研究

研究期間：2007～2010

課題番号：19049016

研究課題名（和文） 光—分子強結合反応場のための微細光学素子の創成と集積化

研究課題名（英文） Fabrication and integration of nano-structured optical devices for strong photons-molecules coupling fields

研究代表者

西井 準治 (NISHII JUNJI)

北海道大学・電子科学研究所・教授

研究者番号：60357697

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学、無機材料・物性

キーワード：表面プラズモン共鳴、蛍光顕微鏡、増強蛍光、ナノインプリント

1. 研究計画の概要

表面プラズモン共鳴場やエキシトンのエネルギーによって化学反応に関わる微弱な信号光を高感度に検出したり、界面での化学反応そのものを制御できる可能性がある。そのようなエネルギーの局在化には、回折格子、フォトニック結晶、極微導波路等の利用が有望である。我々はこれまでに、金薄膜の表面プラズモン共鳴場を利用した人工生体膜（脂質膜）の高感度蛍光検出や、シリコンナノ粒子の局在エキシトンを使った希土類イオンの高効率発光等の研究に取り組んできた。

本研究では、金属薄膜表面に形成されるプラズモンエネルギーと波長レベル以下の周期構造とを組み合わせ、化学反応に関わる微弱信号の高感度検出あるいは信号増幅のための素子化技術について検討することを目的とする。特に、回折格子上で表面プラズモン共鳴 (SPR) を励起場として発生させ、その界面の蛍光分子を励起させる表面プラズモン励起増強蛍光分光 (SPFS) の開発と応用に関する研究を実施している。

2. 研究の進捗状況

400-480nm のピッチをもつ二次元あるいは二次元の周期構造を基板表面に作製した。ガラス基板に対しては、現有の紫外線レーザーを用いた干渉露光や電子ビーム描画、プラスチック基板に対しては、光ナノインプリントによる転写を行った。光ナノインプリントで作製された二次元周期構造基板においても、目標とした 3mm^2 の面積で均一な周期構造を作

製することができ、これに金属薄膜をコーティングした基板は、増強蛍光検出をすることができた。

一方、蛍光顕微鏡観察においてより高感度なイメージングを行うため、対物レンズからの光を有効に利用できる二次元周期構造基板を用い、蛍光標識蛋白質を基板表面にパターン化して結合させたときの蛍光像は、ガラス基板上と比べて100倍以上明るい像であった。また、励起場の増強効果とあわせて蛍光のプラズモンへの再結合を利用して蛍光を検出することで、励起場の増強度のさらに4倍以上の蛍光強度を検出することができ、高感度計測が行えることが実証できた。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。格子形状を2次元化することで、期待以上の蛍光増強が達成でき、インパクトファクターの高い雑誌に複数本の論文が採択された。また、米国光学会 (OSA) の年会で Post Deadline Paper に選ばれた。

4. 今後の研究の推進方策

回折格子を利用した表面プラズモン増強基板の化学反応場への応用について検討を開始した。特に、リゾチウムの高効率光誘起結晶化の研究に注力する予定である。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3 2件)

(1) X.Q. Cui, K. Tawa, H. Hori, J. Nishii, Tailored plasmonic gratings for enhanced fluorescence detection and microscopic imaging, Adv. Funct. Mater., 20, 546-553, 2010, 査読あり

(2) X.Q. Cui, K. Tawa, K. Kintaka, J. Nishii, Enhanced fluorescence microscopic imaging by plasmonic nanostructures: from 1D grating to 2D nanohole array, Adv. Funct. Mater., 20, 945-950, 2010, 査読あり

(3) X.Q. Cui, K. Tawa, H. Hori, J. Nishii, Duty ratio-dependent fluorescence enhancement in Ag-coated grating-coupled surface plasmon polaritons, Appl. Phys. Lett., 95, 133117-1-3, 2009, 査読あり

(4) Keiko Tawa, Hironobu Hori, Kenji Kintaka, Kazuyuki Kiyosue, Yoshiro Tatsu, and Junji Nishii, Opt. Exp., 16(13), 9781-9790, 2008, 査読あり

[学会発表] (計4 2件)

(1) X.Q. Cui, K. Tawa, J. Nishii, Grating coupled surface plasmon resonance enhanced fluorescence and its application for cell observation, 2009 MRS Fall Meeting Symposium, Proceedings, Vol.1208, 018-12, 2009年12月3日, Boston, 査読あり

(2) Kenji Kintaka, Xiaoqiang Cui, Keiko Tawa, Junji Nishii, 100-Fold Enhancement of Fluorescence Imaging by Two-Dimensional-Grating-Coupled Surface Plasmon Resonance, Post Deadline Paper, Advances in Optical Materials (AIOM) part of the Fall OSA Optics & Photonics Congress, 2009年10月15日, San Jose.

(3) Keiko Tawa, Hironobu Hori, Kenji Kintaka, Kazuyuki Kiyosue, Yoshiro Tatsu, Junji Nishii, 6th International Conference on Optics-photonics Design & Fabrication Taipei, 2008年6月11日, Taiwan

[図書] (計4 件)

(1) 田和圭子、西井準治、プラズモンナノ材料の新技術、シーエムシー出版、2009年、総ページ数6

(2) 西井準治、ナノインプリントの最新技術と装置・材料・応用、第8章2節、ガラス成型の応用、フロンティア出版、2008年、総ページ数9

[産業財産権]

○出願状況 (計1 件)

名称：周期構造を有するマイクロプレート、並びに、それを用いた表面プラズモン励起増強蛍光顕微鏡、蛍光マイクロプレートリーダーおよび特異的な抗原抗体反応の検出方法
発明者：田和圭子、西井準治、金高健二、堀博伸、達吉郎

権利者：産業技術総合研究所

種類：特許

番号：特願 2008-268112

出願年月日：2008年10月17日

国内外の別：国内

○取得状況 (計1 件)

名称：プラズモン共鳴蛍光を用いた生体分子相互作用検出装置及び検出方法

発明者：田和圭子、田口隆久

権利者：産業技術総合研究所

種類：特許

番号：4370383

出願年月日：2009年9月11日

国内外の別：国内

[その他]

ホームページ：

<http://www.es.hokudai.ac.jp/labo/photocontrol/>