

プラズモニク構造を利用したシリコンMEMS モノリシック赤外SPR分光センサ

Si MEMS monolithic infrared spectroscopic sensor using plasmonic structures

ユーザー氏名： 菅 哲朗, 大下 雅昭, 安永 竣 / Tetsuo Kan, Masaaki Oshita, Shun Yasunaga
(電気通信大学 / The University of Electro-Communications)

実施機関担当者： 澤村 智紀, Eric Lebrasseur, 藤原 誠, 岡本 有貴, 水島 彩子, 宇佐美 尚人, 肥後 昭男, 太田 悦子, 三田 吉郎 / Tomoki Sawamura, Eric Lebrasseur, Makoto Fujiwara, Yuki Okamoto, Ayako Mizushima, Naoto Usami, Akio Higo, Etsuko Ota, Yoshio Mita (東京大学 / The University of Tokyo)

▶ KEY WORDS Surface Plasmon Resonance, Schottky Barrier, Infrared Sensor, Spectroscopy, MEMS

概要 | Overview

ナノテクで注目される金属自由電子の共鳴現象である表面プラズモン共鳴 (SPR) を生かしたSi製赤外センサを実現した。共鳴条件が金属構造 (プラズモニク構造) に依存することを利用し、マスクパターンのCADデザインにより、応答波長や偏光などの検出特性を自在にデザインできることに着目した。東京大学微細加工プラットフォームの技術でプラズモニク構造を半導体上にモノリシック構成し、シリコン製の赤外センサ、及びそれを応用した小型赤外分光センサを実現した。表面プラズモン共鳴の利点をLSI/MEMSに統合する技術である。

Infrared sensors based on Silicon was realized using surface plasmon resonance (SPR), an attracting phenomenon in nanotechnology. With structure-dependent nature of SPR condition, the photodetection characteristics of the sensor such as working wavelength range and polarization can be engineered by CAD design of photomask patterns. The microfabrication platform at the University of Tokyo enabled the monolithic construction of the plasmonic structure on a semiconductor substrate, leading to the realization of a silicon-based infrared sensor and a compact infrared spectroscopic sensor. This technology presents a strategy of integrating the advantages of SPR into LSI/MEMS.

シリコン上で赤外光電気検出

Electrical detection of infrared light on Silicon

● プラズモニク構造とショットキー障壁

ナノリソグラフィと深掘り微細RIEでプラズモニク構造を形成した。構造のデザインでプラズモニク構造が共鳴する波長・偏光をチューニングできるので、用途に応じた調整が可能。さらに、プラズモニク構造をSi上へモノリシック形成することで、構造/Si界面にショットキー障壁が形成される。SPRで励起された電子が障壁を超えてSiに流入すると電流が生じるという原理によって、化合物半導体によらず赤外検出可能な電子デバイスを創生した。

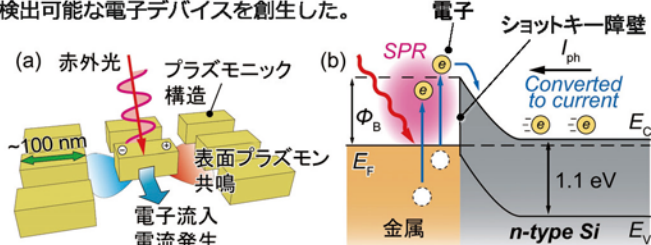


図1 (a) プラズモニク構造への赤外光照射によるSPR発生
(b) SPRによる励起電子、ショットキー障壁による電流発生

支援機関の果たした役割

Roles played by supportive institutions

● 精緻で大面積の微細構造を実現する超高速電子線描画と深掘りエッチング装置・技術・ノウハウのオープン提供

菅哲朗准教授らが原理考案した独自のシリコン製MEMS赤外センサ構造を、東京大学微細加工プラットフォームの三田吉郎准教授と技術スタッフによる長年の技術蓄積に基づいた支援でデバイスの試作・機能実証に成功。

特色は「微細加工による物性機能の発現と制御」：材料固有の性質を超え、ナノ構造(プラズモニク構造)のみに基づいて共鳴波長などの特性をパターン設計によりトップダウン的に定義できる。

大規模微細構造を、東大拠点の超高速電子線描画によるナノリソグラフィ (直径100 nm) とナノ深掘りエッチング (深さ500 nm) を用い作製した。スタッフの助言をもとにナノ開口の加工向けに特別に調整したプラズマプロセスによって初めて実現できた。

東大微細加工拠点は、装置とスタッフ・知恵が集う大規模オープンプラットフォーム。年間160件を超す報告書から毎年自信を持って成果に推薦、2019年度から3年連続で秀でた利用成果受賞、内、2年連続で秀でた利用成果最優秀賞受賞の荣誉に浴した。

表面プラズモン検出技術のMEMSへの統合：シリコン製赤外センサと小型分光器

SPR detection technology integrated into MEMS: Silicon-based infrared sensor and miniaturized MEMS spectroscopic sensor

● ナノホール赤外センサと小型分光器

広帯域光吸収と高効率光電流生成を実現する赤外線ディテクタの考案・試作・検証 (図2(a))。電子線描画 (F7000S) と深掘り微細RIE (MUC-21) で幅100 nm、深さ500 nmのSiナノホールアレイを形成し、金属成膜を行って高性能プラズモニク構造を形成した (図2(b))。近赤外領域で化合物半導体の感度の1/100程度の数10mA/Wの実用的な感度を実証した (図2(c))。NEDOプロジェクトにおいて血中健康モニタ用のセンサに向けた実用化研究を実施中。

一次元格子プラズモニク構造に光を照射しつつ入射角θを走査すると、SPRが生じる角度で電流が生じる (図3(a))。角度電流のピーク角度と波長が一対一対応を示す特性を使えば、任意の波長を照射したときの角度電流波形から、入射光のスペクトルを逆算できる。深掘り微細RIE (MUC-21) で形成したMEMS角度走査アクチュエータとプラズモニク構造をモノリシックに統合した (図3(b))。市販小型分光器と同等の20 nmの波長分解能を確認した (図3(c))。MEMS構造で分光計測が完結する利点を生かし、イムラ・ジャパン (株) との共同研究でガスセンサとしての機能検証を進めている。

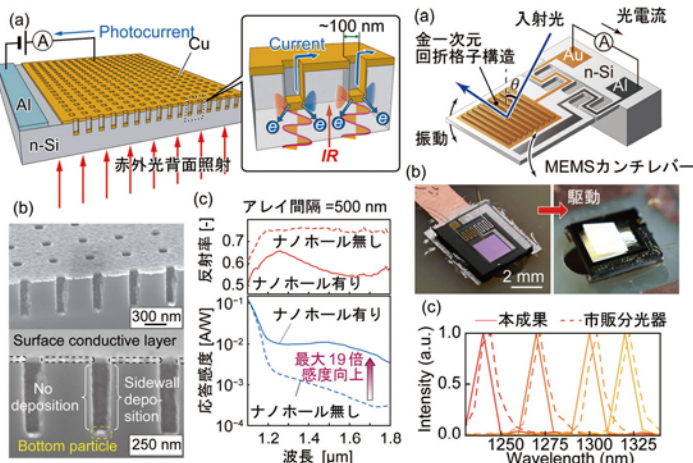


図2 ナノホール赤外センサ

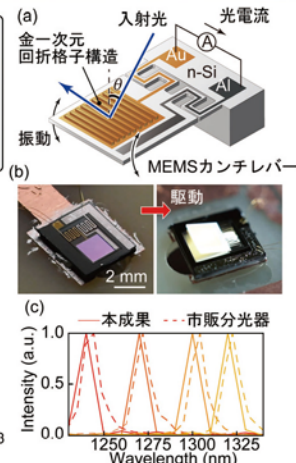


図3 小型MEMS分光器

CONTACT

菅 哲朗 電気通信大学 / Tetsuo Kan
三田 吉郎 東京大学 / Yoshio Mita

NanotechJapan
Nanotechnology Platform