

文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム
令和3年度「秀でた利用成果」の発表について

配布日時：2021年12月20日14時
文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム
国立研究開発法人物質・材料研究機構
ナノテクノロジープラットフォームセンター

概要

文部科学省ナノテクノロジープラットフォームは、昨年度までの約27,000件の利用課題の中からイノベーションに繋がることが期待できるなど特に秀逸な成果を選定、令和3年度「秀でた利用成果」7件を決定しました。最優秀賞には、シリコンと金属材料という汎用的な材料だけを用いて、表面プラズモン共鳴を検出できるナノ構造と、振動するMEMS構造を合わせ持つようにナノレベルの微細加工を施すことにより、検出波長を自由に選択出来る小型で高性能な赤外線センサを開発した課題が選ばれました。

1. 「秀でた利用成果」の概要

ナノテクノロジープラットフォーム事業は、文部科学省の委託により、最先端のナノテクノロジー施設・装置を有する25研究法人が、全国の産学官の研究者へ利用機会を提供、知識を共有することにより、イノベーションにつながる研究成果の創出を目指しています。

毎年約3,000件、昨年度までの9年間で約27,000件の利用がありますが、今回37の実施機関から優れた利用成果として提出された51件の候補から、佐藤勝昭プログラムディレクターを主査とする9名からなる選定委員会の審査により、7件の「秀でた利用成果」を選定しました。

選定にあたっては、①ナノテクノロジープラットフォームの活用・支援が大きな効果をもたらしたもの、②イノベーションの創出にあたって大きな影響が期待できるもの、③産業界・大学・公的機関の連携により大きな成果が得られたもの、という3つの基準を設けて厳正に審査しました。

令和3年度「秀でた利用成果」の授賞式は、1月26日13時から、nanotech 2022*（会場：東京ビッグサイト）会場のひとつである会議棟7F、703会議室にて行われます。

*nanotech 2022：2022年1月26日～28日東京ビッグサイトにて開催される世界最大規模のナノテクノロジーに関する展示会。

詳しくは公式サイト「<http://www.nanotechexpo.jp/main/>」をご覧ください。

2. 令和3年度「秀でた利用成果」最優秀賞受賞課題

微細加工プラットフォーム：東京大学

「プラズモニック構造⁽¹⁾を利用したシリコンMEMSモノリシック赤外SPR⁽²⁾分光センサ」

ユーザー氏名：菅 哲朗, 大下 雅昭, 安永 竣（電気通信大学）

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（東京大学）

汎用的な材料であるシリコンと金属材料だけを用いて、表面プラズモン共鳴⁽³⁾を検出できるナノ構造と、振動するMEMS構造⁽⁴⁾を合わせ持つようにナノレベルの微細加工を施された、新しい発想の赤外線センサを開発した。両者の構造を組み合わせたデバイスは世界的に例がない。材料表面をプラズモニック構造に加工することにより、本来、シリコンでは検出できない赤外線を電気信号として検出することが可能になった。また、材料をMEMS構造とし振動させることにより、検出波長や偏光を自由に検出することが可能になった。半導体に広く使われているシリコンを使用していること、複雑な製造プロセスではなく

MEMS の加工工程により製造できること、それ故に小型であることなどの特徴がある。これらの特徴により赤外線センサとして既に多種多様な分野へ応用展開が進められている。医療、セキュリティ、効率的な生産など、安全・安心を求める SDGs の目指す社会にふさわしい新しいデバイス開発である。

3. 令和3年度「秀でた利用成果」優秀賞受賞課題

- (1) 微細構造解析プラットフォーム：東京大学
「生体内分子機械シャペロン GroEL によるナノ構造」
ユーザー氏名：柏木 大樹^a, 沈 皓^a, 田口 英樹^b, 丹羽 達也^b, 相田 卓三^{a,c}
(^a東京大学, ^b東京工業大学, ^c理化学研究所)
実施機関担当者：木村 鮎美 (東京大学)
- (2) 微細構造解析プラットフォーム：九州大学
「非平衡合成による多元素ナノ合金の原子分解能構造解析」
ユーザー氏名：北川 宏, 草田 康平, 吳 冬霜
(京都大学大学院理学研究科)
実施機関担当者：鳥山 誉亮, 山本 知一, 松村 晶 (九州大学)
- (3) 微細加工プラットフォーム：物質・材料研究機構
「分光・偏光・RGB 同時撮影のためのフォトニックナノ構造体の開発」
ユーザー氏名：篠田 一馬 (宇都宮大学)
実施機関担当者：大里 啓孝 (物質・材料研究機構)
- (4) 分子・物質合成プラットフォーム：名古屋大学
「ヘテロ原子を含有する光感受性化合物の構造決定と抗がん光線力学療法への応用」
ユーザー氏名：野元 昭宏^a, 矢野 重信^b, 片岡 洋望^c
(^a大阪府立大学工学, ^b奈良女子大学共生科学, ^c名古屋市立大医学)
実施機関担当者：鳥居 実恵, 林 育生, 伊藤 始, 坂口 佳充 (名古屋大学)
- (5) 分子・物質合成プラットフォーム：名古屋工業大学
「金ナノ構造を用いた新型コロナウイルスの超高感度高速検出」
ユーザー氏名：Yong Yang
(Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Science)
実施機関担当者：種村 眞幸 (名古屋工業大学)
- (6) 分子・物質合成プラットフォーム：自然科学研究機構・分子科学研究所
「無機系キラル結晶におけるキラル誘起スピン選択性」
ユーザー氏名：乾 皓人^a, 青木 瑠也^a, 塩田 航平^a, 高阪 勇輔^a, 穴戸 寛明^a,
大江 純一郎^b, 岸根 順一郎^c, 戸川 欣彦^a
(^a大阪府立大学, ^b東邦大学, ^c放送大学)
実施機関担当者：廣部 大地, 山本 浩史 (自然科学研究機構・分子科学研究所)

用語の解説

(1) プラズモニック構造

自由電子の表面プラズモンが共鳴する条件を備えた構造。ナノレベルで周期性を持つ必要がある。

(2) SPR

表面プラズモン共鳴 (Surface Plasmon Resonance) の略称。

(3) 表面プラズモン共鳴

金属の表面の自由電子は外部から入射される光によって振動する。特定の微細構造を持つ材料に光が入射されると、特定の波長で自由電子は大きく振動する。これを表面プラズモン共鳴という。この大きく振動した自由電子はエネルギーが高く、電流として検知できるので、光センサとして利用できる。

(4) MEMS 構造

Micro Electro Mechanical System(微小電気機械システム)の頭文字。シリコンなどの基板上に、振動を発生させる等機械的役割を担うパーツと電子回路とを集積した電子デバイス、およびその構造を指す。本研究では、表面プラズモン効果を発生させる構造とするために、表面をナノレベル寸法に微細加工した(ナノ-NEMS 構造とも呼ばれる)、さらに外部から印加する電圧で振動できるように、中空に薄く切り出した、片持ち梁構造に加工した。

本件に関するお問い合わせ先

(文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム「秀でた利用成果」に関すること)
国立研究開発法人物質・材料研究機構 ナノテクノロジープラットフォームセンター
運営室長 吉原 邦夫 (よしはら くにお)

E-mail: NTJ_info@nanonet.go.jp

TEL: 029-859-2777

URL: <https://www.nanonet.go.jp/>

(報道・広報に関すること)

国立研究開発法人物質・材料研究機構 経営企画部門 広報室
〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

TEL: 029-859-2026, FAX: 029-859-2017

E-mail: pressrelease@ml.nims.go.jp



プラズモニッ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

目的

電気通信大学 菅研究室 菅哲朗, 大下 雅昭, 安永 竣

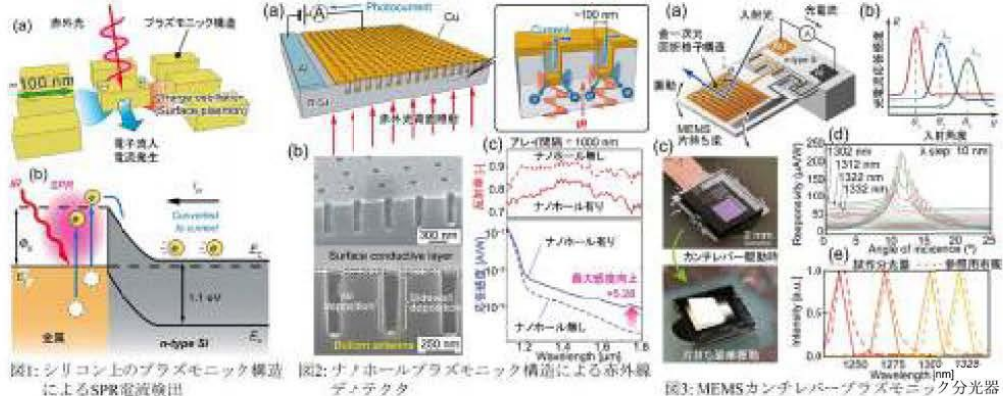
表面プラズモン共鳴 (SPR) は誘電体と接する金属表面の自由電子の集団的な共鳴である。共鳴条件が金属構造 (プラズモニック構造) に依存するという原理によって、「マスクパターンのCADデザインによって」「波長や偏光といった物性値をデザイン」できる、本研究ではさらに、プラズモニック構造を半導体上にモノリシックに構成し、SPRによる金属中の励起電子を電流として取り出した。単なるSPR共振器を超えた電気計測可能な半導体デバイスとなり、プラズモンの利点をLSIやMEMSと統合できる。東京大学微細拠点の機能をフルに利用し、通常可視光以下の波長にしか感度の無いシリコン (Si) をナノ開口深掘りしてプラズモニック構造を作製。特定の赤外光に感度を持つセンサとして動作させ、さらにMEMSプロセス加工を施し、角度を変調することで共鳴波長を動的に調整できる、分光機能が組み込まれた光子子の検証に成功した。

成果

光が金属プラズモニック構造に入射し、共鳴条件を満たすとSPRが発生する (図1(a))。そのとき、金属中の自由電子が励起される。金属とSiの界面にはショットキー障壁が形成されるので、励起電子は障壁を越えて、光電流が生まれる (図1(b))。金の場合、障壁は0.7~0.8 eV (波長上限約1.7 μm) なので、赤外光の電流検出ができる。東大PFにおいてプラズモニック構造の形成を行い、以下の成果を得た。

成果①: Si製赤外線ディテクタの感度向上のため、広帯域光吸収と高効率光電流生成を実現するナノホール構造を試作した (図2(a))。電子線描画 (F7000) と深掘り微細RIE (MUC-21) により試作した幅100 nm深さ500 nmのSiナノホールアレイ上に金属成膜を行い、高性能プラズモニック構造を得た (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10 mA/Wの感度が確認された (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である。

成果②: 一次元格子プラズモニック構造に光を照射しつつ入射角θを変化すると、SPRが生じる角度でシャープな電流ピークが生じる (図3(a)(b))。分散関係により、角度電流波形のピーク角は波長に対してユニークとなる (図3(d))。これを使えば、任意の波長を照射したときの角度電流波形の測定から、入射光のスペクトルを逆算できる。そこで、深掘り微細RIE (MUC-21) でMEMSバルクエッチングを実施し、MEMS振動駆動による角度走査機能とプラズモニック構造を備えたMEMSカンチレバー構造を試作した (図3(c))。市販小型分光器と同等の波長分解能20 nmの近赤分光機能を確認した (図3(e))。MEMS構造での光の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。



実施機関からのコメント

東京大学微細加工プラットフォームで育った大学教員がさらに若い世代を率い、シリコンと金属だけの材料から構成されながら、表面プラズモン共鳴によって赤外線領域に感度を持たせた、独自のMEMSモノリシック分光フォトダイオードセンサの原理を提案・実証。多くの受賞を経て、環境や人体、パンデミック検知用センサなど、一見関連の薄い多種多様な応用分野に対して統一的なデバイス解を提供し、国プロや企業との共同研究を展開している。(支援実施者: 澤村智紀、エリック・ルブラッスール、藤原誠、岡本有貴、水島彩子、太田悦子、三田吉郎)



問い合わせ先: 東京大学 大学院工学系研究科 附属システムデザイン研究センター(d.lab) 基盤デバイス研究部門 ナノテクノロジープラットフォーム東大微細加工拠点支援室 (落合幸徳マネージャ)
E-mail: nano_help@if.t.u-tokyo.ac.jp, Phone: 03-5841-1506 URL: http://nanotechnet.t.u-tokyo.ac.jp