

令和 5 年 4 月 25 日現在

機関番号：32686

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(A））

研究期間：2019～2022

課題番号：18KK0396

研究課題名（和文）遠紫外表面プラズモン共鳴を利用したバイオイメージングセンサー研究

研究課題名（英文）Surface Plasmon Resonance Imaging Bio-sensor using Far-ultraviolet light

研究代表者

田邊 一郎（Tanabe, Ichiro）

立教大学・理学部・准教授

研究者番号：80709288

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,000,000円

渡航期間： 2ヶ月

研究成果の概要（和文）：研究代表者が開発してきた紫外域で動作する表面プラズモン共鳴センサー（SPRセンサー）技術と、共同研究者のカリフォルニア大学リバーサイド校のCheng教授が開発してきたバイオイメージングセンサー技術を組み合わせることで、新しい紫外SPRバイオイメージングセンサーを開発することを目指した。

結果として、アルミニウムによる可視域でのバイオイメージング技術を確立し、当初の期待以上の長所（非特異的吸着の抑制と幅広い濃度域での動作）を明らかにした。これらの成果を論文にするとともに、米国特許に申請した。さらに、これらの技術を紫外域に展開している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

紫外域で動作するSPRセンサーは、従来の可視SPRセンサーと比較して、高いセンサー感度と表面選択性が期待できる。特に、バイオセンサーで検出対象となる生体分子の多くは、紫外域で強い吸収をもつことから、物質選択的なセンシングも可能になると期待されている。今回、従来利用されてきた金よりも安価なアルミニウムを利用した、バイオイメージングセンシングが達成され、さらに金よりも優れた「非特異的吸着の抑制」と「幅広い濃度域での動作」が明らかとなった。この技術を発展させてすることで、より少ない検体で好感度に検出可能なセンシング技術が確立されることが期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have aimed the combination of "the original UV-SPR sensor (ultraviolet surface plasmon resonance sensor) in Japan" and "the original bio-imaging sensor in US", leading the development of the novel UV bio-imaging SPR sensor.

As a result, we achieved the bio-imaging sensing in the visible region using aluminum film. This system has two advantages; (1) suppression of non-characteristic adsorption and (2) wide working range of detective concentration. These results were published and patented.

研究分野：分光分析

キーワード：バイオセンサー SPRセンサー 紫外センサー

1. 研究開始当初の背景

研究代表者はこれまでに、紫外域で動作する新しい表面プラズモン共鳴センサー（SPR センサー）の開発をすすめてきた。紫外 SPR センサーは、従来の可視 SPR センサーと比較して、高いセンサー感度と表面選択性が期待できる。研究代表者は、モデル分子系においてこれらの長所を実験と計算から実証してきた。

一方、共同研究者のカリフォルニア大学リバーサイド校の Cheng 教授は、可視域で動作する SPR センサーにおいて、独自のイメージング技術を組み合わせた新しい技術を開発してきた。タンパク質をはじめとした生体分子の多くは、可視域では吸収をもたずエネルギーの高い紫外域や遠紫外域ではじめて電子励起に伴う吸収を示す。また、SPR センサーで検出する分子の吸着や脱離は、金属の表面で進行する。したがって、バイオイメージングにおいても上記のアドバンテージ（高いセンサー感度と表面選択性）が大きな意味をもち、研究代表者がこれまで進めてきた遠紫外 SPR 研究の意義をより強く証明するものになる。

2. 研究の目的

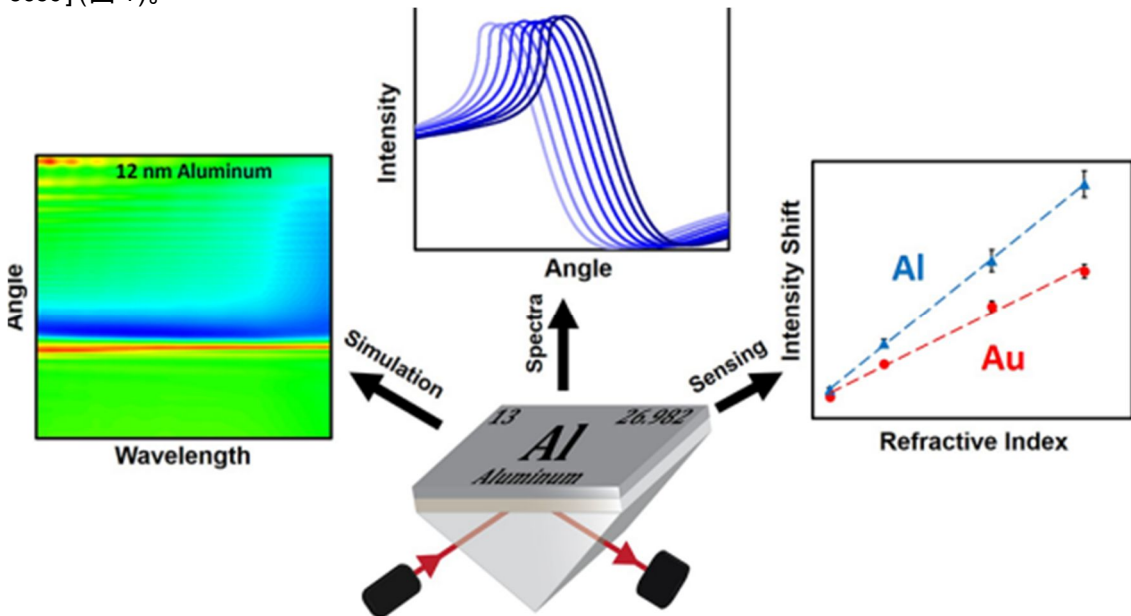
海外共同研究者の装置の大きな強みはイメージング技術にあり、研究代表者の装置の強みは幅広い測定波長域にある。本研究では、両者の強みを生かした、新しい紫外 SPR バイオイメージングセンサーを開発することを目的とした。

3. 研究の方法

まず、研究代表者が海外共同研究者の研究室（カリフォルニア大学リバーサイド校）を訪問し、お互いの技術の交換と、その後の共同研究の進め方を決めた。具体的には、研究代表者はカリフォルニア大学において、可視域で確立されてきたバイオイメージングセンサー技術を習得した。また、研究代表者がこれまでに確立してきた、紫外域でも SPR センサーとして動作するアルミニウム基板の成膜技術を海外共同研究者の学生に伝えた。その結果、アメリカにおいてはアルミニウムの可視 SPR バイオイメージングセンサー開発の研究を進め、日本では研究代表者が紫外域でのバイオイメージングセンサー開発を推進する体制が整った。

4. 研究成果

2019年7月に代表者がカリフォルニア大学を訪問し、共同研究を開始した。まずは1カ月程度の間、お互いの技術の交換をし合い（3. 研究の方法に記載）その後の共同研究の進め方を決定した。その決定に従い、2020年4月から数か月間研究代表者が渡米するべく準備を進めていたが、COVID-19の流行による海外渡航が制限される状況が続いた。その間も、オンライン会議などで密接に連携を取り合い、共同研究を推進した。その成果の一つが、可視域でのアルミニウム薄膜のバイオイメージングセンサー応用の実証である [Anal. Chem., 2020, 92, 8654-8659] (図1)。



(図1) 可視域でのアルミニウム薄膜のバイオイメージングセンサー応用研究のグラフィカルアブストラクト

図1に示すように、従来のAuの代わりにAlをもちいたSPRセンサーは、膜厚を最適化することで可視域においてもAuよりも高いセンサー感度を示した。さらに、(1)センサーとしての弱点となるたんぱく質の非特異的な表面吸着の抑制と(2)幅広い濃度領域での安定したセンサー動作という、従来の期待以上の長所が明らかとなった。

2020 年以降も共同研究を進め、カリフォルニア大学においてはプリズム上のアルミニウム薄膜のみならず、光ファイバーへのアルミコーティングによる高感度センシングが可能であることも、計算と実験の両面から実証しつつある。また、日本においても、研究代表者が紫外域でのバイオセンシングを達成した。COVID-19 による渡航制限が長引き、研究代表者のカリフォルニア大学訪問が実現したのは 2022 年秋であった。ここでは、短期間ではあったものの、上記のこれまでの共同研究成果を確認するとともに、今後も共同研究を推進していくことを確認した。具体的には、(a) 紫外域でのイメージングを進めていくこと、(b) 測定対象物質を拡張していくこと、(c) 3D プリンターを活用した SPR センサーチップの開発、などを推進したいと結論した。また、ここまでに進めてきた研究成果は、アルミニウムをもちいたバイオイメージングセンサーチップの作製技術として、米国特許にも提出した (ALUMINUM THIN FILM MICROARRAY CHIP SUBSTRATES FOR BIOSENSING VIA SURFACE PLASMON RESONANCE SPECTROSCOPY AND IMAGING、US20220397533A1)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Lambert Alexander S., Valiulis Santino N., Malinick Alexander S., Tanabe Ichiro, Cheng Quan	4. 巻 92
2. 論文標題 Plasmonic Biosensing with Aluminum Thin Films under the Kretschmann Configuration	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Analytical Chemistry	6. 最初と最後の頁 8654 ~ 8659
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.analchem.0c01631	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 TANABE Ichiro
2. 発表標題 Surface plasmon resonance sensing in far- and deep-ultraviolet regions
3. 学会等名 Pacifichem 2021（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ichiro Tanabe
2. 発表標題 Surface plasmon resonance sensors utilizing far- and deep-ultraviolet lights
3. 学会等名 FACSS Scix 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ichiro Tanabe
2. 発表標題 Far- and deep-ultraviolet surface plasmon resonance sensors
3. 学会等名 ACS Fall 2019 National Meeting & Exposition（国際学会）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 米国特許	発明者 Cheng, Quan; Tanabe, Ichiro 他	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、US20220397533A1	取得年 2022年	国内・外国の別 外国

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる 渡航先の 主たる 海外共同 研究者	チェン カン (Cheng Quan)	カリフォルニア大学リバーサイド校・Department of Chemistry・Professor	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
米国	University of California, Riverside		