

補助事業番号 2020M-134

補助事業名 2020年度 音・光・電気化学センサの集積化による複合量同時計測センサ
開発補助事業

補助事業者名 静岡大学 近藤淳

1 研究の概要

本事業では、一つのプラットフォームに集積化した音(弾性表面波, SAW), 光(局在表面プラズモン共鳴, LSPR)ならびに電気化学センサを用いて、測定試料を同時に評価することを目的として研究を行った。3つの異なるセンサを一度に集積化することは困難なため、SAWとLSPR, 電気化学センサとLSPRの集積化を行い、それぞれについて実験と解析により検討した。SAWとLSPRの集積化では、SAWの振動により金微粒子(AuNPs)の位置が変化することによるLSPRスペクトルのブルーシフトが観測された。解析により検討した結果、AuNPsの間隔が変化したことがブルーシフトの原因であることを明らかになった。また、SAWはLSPRの影響を受けないことも実験的に明らかにした。その上で、SAWとLSPRの同時測定を行い、LSPR波長変化はSAWの影響を受けないことから、SAWとLSPRの同時計測が可能であることを明らかにした。一方、微小電極を用いた電気化学センサとLSPRセンサの集積化では、AuNPs作製のための金薄膜により電極が導通しないこと、同時測定可能であることを明らかにした。しかし、電気化学センサの低周波数帯における電気二重層容量の測定結果がばらつくこと、およびこの原因が電極表面のAuNPsによる不均一性にあることが分かった。バイオセンサ実現に向けた牛アルブミン固定化実験より電気二重層容量変化が重要であることが明らかになっている。このため、電気二重層容量を再現性よく測定するため、作製プロセスの変更が必要であることを明らかにした。この電気化学センサとLSPRセンサを集積化したセンサの改善が終了すれば、3つのセンサの集積化と複合量同時計測が行えるようになる。

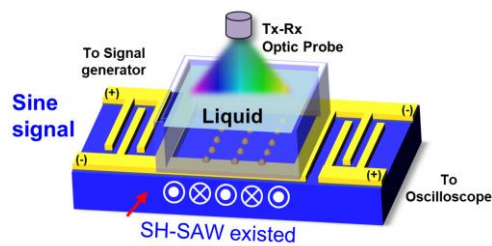
2 研究の目的と背景

複数の物性値を僅かな試料量で測定可能な小型計測システムの実現は、我々の安全・安心な生活に欠かすことができない。特に、ビッグデータと機械学習による評価が一般的になれば、複合量の評価も可能となる。また、SDGsの6番目の目標に含まれる「安全な水」を確保するためにも、様々な角度から水进行评估できる計測システムが必要である。そこで、本研究では、音・光・電気化学センサを集積化した複合量同時計測可能なセンサの開発を目的とする。具体的には、年度、密度、誘電率、導電率を同時可能な弾性表面波センサ、屈折率を計測可能な局在表面プラズモン共鳴センサ、および電気インピーダンスを計測可能な電気化学センサを集積化し、センサ応答と機械学習等を組み合わせたシステムを構築する。

3 研究内容

(1) SAWセンサへのLSPRセンサの集積化と同時計測による液体評価

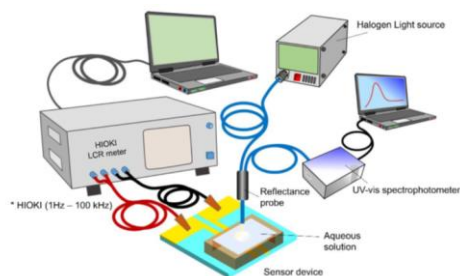
[\(https://www.shizuoka.ac.jp/kondoh-lab/researchtheme/\)](https://www.shizuoka.ac.jp/kondoh-lab/researchtheme/)



SAW・LSPR集積化センサを用いた試料の測定

(2) 微小電極へのLSPRの集積化に関する研究と同時測定による試料の評価

[\(https://www.shizuoka.ac.jp/kondoh-lab/researchtheme/\)](https://www.shizuoka.ac.jp/kondoh-lab/researchtheme/)



微小電極に金微粒子を集積化したLSPR-EISセンサ

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

第3世代の人工知能として、機械学習が様々な分野で利用されている。センサについてもその応答を機械学習により評価することや予測することが行われている。また、機械学習とビックデータが結びつけられるように、精度の高い予測をするには、多くの入力が必要となる。本研究では、数100 μ lという僅かな試料量の測定対象を、異なる検出原理のセンサで同時計測することにより、機械的、音響的、光学的、電気化学的な情報を一度に得ることができる。この応答を機械学習で評価することにより、例えば水の安全性や、その場での病理診断などを行える。また、センサ応答を評価するための機械学習に関しては別の研究で導入している。その成果と本研究を合わせることで、我々の生活の安全・安心に役立つことができる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究で取り組んだ研究内容は、申請者が個別要素として取り組んできた研究を一つのプラットフォームに集積化することである。構想はこれまでもあったが、実現できたのは本補助金によるところが大きい。また、集積化して計測するというだけでなく、個々のセンサの相互作用についても検討することにより、新しい現象も見いだすことができた。高周波電子デバイスによる動的なLSPRスペクトル制御や金微粒子によるSAW伝搬速度の増加現象は、今後の新たな研究テーマと

である。このように、本補助金で実施した研究により、今後の研究における新たな扉を開くことができた。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 1) T. Firmansyah, G. Wibisono, E. Rahardjo, J. Kondoh, “Towards integrated liquid sensor based on LSPR and SH-SAW devices using 36YXLiTaO₃ substrate,” 2020年第81回応用物理学会秋期学術講演会講演予稿集, 9a-Z22-2 (2020)
- 2) T. Firmansyah, G. Wibisono, E. Rahardjo, J. Kondoh, “Electrically tunable of LSPR using shear horizontal surface acoustic wave device,” Proc. The 41st Symp. on Ultrasonic Electronics, 2E5-3 (2020).
- 3) T. Firmansyah, G. Wibisono, E. Rahardjo, J. Kondoh, “Ultrasonically assisted tunable localized surface plasmon resonance and its multisensor application,” 6th International Conference on Nanoscience and Nanotechnology, IL52 (2021).
- 4) T. Firmansyah, G. Wibisono, E. Rahardjo, J. Kondoh, “SH-SAWによるチューナブル局在表面プラズモン現象と多機能センサへの応用,” 第2回弾性波素子技術コンソーシアム資料, pp. 13-18 (2021).
- 5) T. Firmansyah, G. Wibisono, E. Rahardjo, J. Kondoh, “Ultrasound velocity enhancement using gold nanoparticles and its multifunctional sensor application,” 2021年第68回応用物理学会春期講演会講演予稿集, 17a-Z13-8 (2021).
- 6) T. Firmansyah, G. Wibisono, E. Rahardjo, J. Kondoh, “Multifunctional and sensitivity enhancement of hybrid acousto-plasmonic sensors fabricated on 36XY-LiTaO₃ with gold nanoparticles for the detection of permittivity, conductivity, and the refractive index,” ACS Applied Materials & Interfaces, Vol. 13, pp. 13822-13837 (2021).
- 7) T. Firmansyah, G. Wibisono, E. Rahardjo, J. Kondoh, “Asymmetric plasmon hybridization induced by shear horizontal vibrations for reconfigurable localized surface plasmon resonance spectra,” Applied Surface Science (投稿中).

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

該当なし

(2) (1)以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 静岡大学工学部 (シズオカダイガクコウガクブ)

住 所: 〒432-8561

浜松市中区城北3丁目5番1号

担 当 者: 教授 近藤淳 (コンドウジュン)

担 当 部 署: 機械工学科 (キカイコウガクカ)

E - m a i l: kondoh.jun@shizuoka.ac.jp

U R L: <https://www.shizuoka.ac.jp/kondoh-lab/>