

2022 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

| | |
|--------|--------------------------------|
| 研究担当者 | 土井 謙太郎 |
| 研究機関名 | 豊橋技術科学大学 |
| 所属部署名 | 大学院工学研究科 |
| 役職名 | 教授 |
| 研究課題名 | 極希薄濃度場におけるイオン種の識別 |
| 研究実施期間 | 2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日 |

研究成果の概要

近年、マイクロ・ナノスケールの熱流体計測技術が注目されるなか、極微量のサンプルから組成や物性を調べるため、マイクロ・ナノ空間における輸送現象を解明し、新奇な計測手法の開発が必要とされている。本研究では、ナノ流路の特徴である大きな比表面積（体積に対する表面積の割合）を利用してイオンを整流し、新しい濃度測定手法を提案する。任意イオンについて、極希薄イオン濃度の測定と、イオン種の識別を目的として研究を展開する。

ガラス管をプラーで伸長して先端の内径が $1\ \mu\text{m}$ 以下となる針状にした後、先端に寒天と KCl 水溶液を充填して銀塩化銀線を挿入したものを微小ガラス電極とした。アクリル板に、切削加工により成形した検査体積とその両端のリザーバに試料液である電解質溶液を満たし、両端に銀塩化銀線電極を挿入して $10\ \mu\text{A}$ の定常電流を印加する。微小ガラス電極を $200\ \mu\text{m}$ ステップで走査しながら参照極と作用極の電位差を測定することにより、液中の電位分布を得た。検査体積の寸法と電流電圧特性より試料液の導電率を求めることができ、KCl 溶液の $10\ \text{mM}\sim 100\ \text{mM}$ の範囲は誤差 1%未満で一致することが確認できた。 $1\ \text{mM}$ を下回ると誤差が増大する傾向が見られたが $0.56\ \text{mM}$ でも 3.7%程度の誤差に抑えられたことから、さらに低濃度の測定が期待される。

微小ガラス電極の結果をもとに、シリコンウェーハ上に成膜した酸化膜上のナノ流路を用いてイオン濃度測定を試みた。電解質を含む試料液の濃度を測定するため、線幅 $500\ \text{nm}$ 、深さ $500\ \text{nm}$ の流路を設計して微細加工を施した。単流路構造について電解質溶液を満たして電流電圧特性を測定し、流路形状をもとに導電率を導出したところ、KCl 溶液の塩濃度が精度よく導出されることを確認した。さらに低濃度の測定を目指し、10 並列流路および 50 並列流路を作製することで安定した希薄濃度の測定が可能となった。