

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	張 慧
研究機関名	群馬大学
所属部署名	大学院理工学府電子情報部門
役職名	助教
研究課題名	計算科学とナノ微細加工技術を駆使した超高感度 Si ナノワイヤバイオセンサシステムの創製
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究では、感染初期段階での微量なウイルスを高感度かつ迅速に検出するため、計算科学とナノ微細加工技術を用いて超高感度 Si ナノワイヤ (NW) バイオセンサシステムの創製を目指す。2023 年度では、東京大学の共同利用設備を利用し研究を推進して、以下の成果を得た。

(1) SiNW 極性が感度に及ぼす影響の調査

n 型及び p 型の SiNW バイオセンサを作製し、センサの電気特性と pH 応答における検出感度を評価した。その結果、n 型 SiNW は負電荷を帯びる生体分子の高感度な検出に優れており、一方、p 型 SiNW は正電荷を持つ生体分子の検出に有利であることが明らかになった。

(2) 電子線描画法と自己組織化法の融合技術による幅 10 nm の NW の作製

ブロックコポリマー PS-PDMS 試薬の濃度、膜厚、エッチング条件を変更して NW 形成に対する依存性を調査した。その結果、幅 10 nm の PS-PDMS NW の形成条件を確立した。PS-PDMS NW を整列させるため、電子線描画法を用いて基板の電極間にガイドラインを作製した。その後、ガイドライン表面に PS ブラッシング処理を行い、PS-PDMS を成膜して相分離を行った後、反応性イオンエッチングによって PDMS NW を形成した。このプロセスにおいて、ガイドラインの間隔と高さを制御することで、元々ランダムであった PDMS NW をガイドラインに沿って整列させることができた。しかし、PDMS NW のエッチング耐性が不足していたため、PDMS NW を SOI 基板の Si 層に転写する条件はまだ確立されていない。

(3) センサ検出感度の評価

インフルエンザウイルスの検出評価において、抗原 HA と抗体 IgG の結合反応を利用して抗原 HA の検出実験を行った。最初にホスホン酸処理により SiNW 表面にアミノ基を生成した後、高濃度の抗 HA 抗体 IgG をセンサ表面に修飾し、結合しないアミノ基をウシ血清アルブミン (BSA) でブロックした。その後、抗原 HA を 1 aM から 100 nM の順番でセンサ表面へ導入し、HA 濃度の増加に伴う電流の連続的な減少が確認できた。