

プログラム名：進化を超える極微量物質の超迅速多項目センシングシステム

PM名：宮田 令子

プロジェクト名：

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 9 年 度

研究開発課題名：

半導体技術を用いた高感度・高精度化学物質検出デバイス・システムの開発

研究開発機関名：

株式会社 東芝

I 当該年度における計画と成果

1. 担当研究開発課題の目標と計画

本期間における主な開発項目は、粒子（PM_{2.5}／O₃）測定機器向け集積モジュール作製とウイルス認識デバイスのモジュール化であった。前者の測定機器向け集積モジュール作製においては、マルチポア流路デバイスの開発を行うと共に、大阪大学と連携しナノポアユニットデバイスの評価を通じたポア形状やマルチポア構造の最適化や、名古屋大学と共同で測定モジュールの試作を行うものとしていた。また、後者のウイルス認識デバイスのモジュール化においては、前年に進めていた前処理デバイスとポアデバイスとのモジュール化を進めていく中で、モデル系でのターゲット粒子の捕捉、脱離工程の効率化や東京医科歯科大学等と共同でインフルエンザウイルスを用いた評価行っていくことを計画していた。

2. 担当研究開発課題の達成状況と成果

2-1 達成状況

今期の開発課題と進捗状況を表2-1に示す。本年度、各課題に対しておのおの記載の達成目標を予定していた。進捗に関しては、表に記載の通り大凡目標通りのものが達成できたと考えている。

表2-1 本年度の目標と達成状況

課題	目標（本年度末）	進捗状況
①WG1： マルチポア流路デバイスの検証	マルチポアデバイス設計と試作着手	・マルチポアメンブレンTEG評価 1μmΦ100ポア(10×10)で頻度2ケタ向上確認 ・イオン電流信号強度の実験値とのずれに関する考察と検量線指針取得（阪大共同） ・2ポアでの解析解と阪大および東芝のベース電流実験値との一致を確認（阪大共同） ・滴下型流路デバイス試作および粒子通過確認。定量評価データ取得
②WG2： 粒子計測器開発	粒子計測器集積モジュール試作	・小型化（ファン型）捕集デバイスとの接続実証実験完了（名大共同）
③WG3： ウイルス認識デバイスの開発	ポアデバイスと前処理デバイスのモジュール化	・前処理デバイスとポアの統合カセット試作完了、モデル粒子を用いた要素機能検証完了 ・試作デモ機を用いた実インフルエンザウイルスでの試験完了（東京医科歯科大学、東京工業大学共同）
④判定・検出回路開発	回路仕様策定と試作着手	・大電流化（100ポア対応）回路試作機により動作確認。

2-2 成果

本年度、マルチポアデバイスの評価において、100個ポア（1μm径）における粒子通過頻度向上を確認した。実際には、粒子濃度 5×10^6 （個/m³）の検体を100個ポアに通過させた際の信号数と、粒子濃度 5×10^8 （個/m³）の検体を1個ポアに通過させた際の信号数が同等となることが確認できた。これにより低濃度検体の検出に向けた確認ができたものと考えている。また、マルチポア及び流路を集積化した滴下型流路デバイスの1次試作も完了した。試作デバイスの模式図と試作後の

光学顕微鏡像を図3-1に示す。本試作においては、マルチポア化によるメンブレン・流路部の大面積化により、犠牲層除去プロセスにおける選択性不足や、流路上面のクラック不良等が懸念されていた。これについては、犠牲層除去プロセスの最適化による選択比の向上を図ると共に、シミュレーションによる事前検討からピラー配置を行うことにより不良なく作製を完了することができた。本デバイスに対して粒子通過確認を行った結果、想定される粒子通過信号を確認することもできた。

さらに、名大との共同で粒子計測モジュールの小型化も実施した。作製したモジュールを図3-2に示す。本モジュールにおいては、粒子捕捉デバイスの小型化を図り、モジュールサイズとして、幅13.5cm×奥行15.5cm×高さ11cmを実現した。本小型捕捉デバイスを用いた捕捉粒子に対して、ポアデバイスによる検出の確認も完了した。

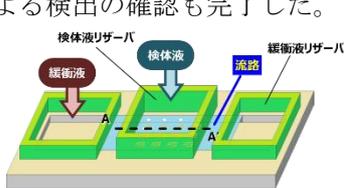


図3-1 試作した滴下型流路デバイス

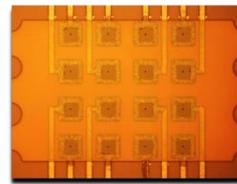


図3-2 粒子計測器集積モジュール

次に、ウイルス検査モジュールの成果について示す。図3-3に本年度検討を行ったモジュールの機構を示す。本モジュールは、検体中のウイルスをプローブで特異的に捕捉した後、還元脱離によりプローブからウイルスを脱離させ、近傍に設置されたポアにより検出を行う機構となっている。プローブで特異的に捕捉することにより、夾雑物の影響を低減することを可能としている。今年度、モデル粒子を用いて捕捉や脱離条件の検討を行い捕捉粒子のポア検出を行うと共に、東京医科歯科大学等と共同でウイルスのポア検出の検討も行った。図3-4にA型インフルエンザウイルス（粒子径：約100nm径）を用いたポア検出結果を示している。(a)は還元脱離前後のイオン電流を示しており、脱離後のみ粒子通過信号が検出されており、今回提案している機構の検証ができていることが確認できる。また、図3-4(b)から粒子通過信号の強度分布として 50 ± 20 pAが得られており、今回のポア径、粒子径から想定される信号であることが確認できた。

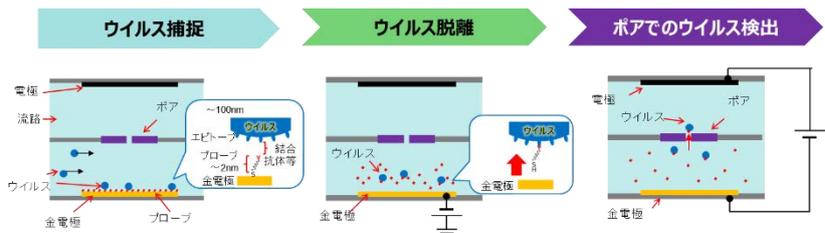
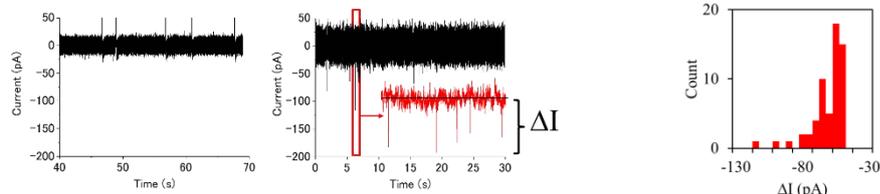


図3-3 前処理デバイスを用いたウイルス検出機構



(a) 脱離前のイオン電流 脱離後のイオン電流 (b) ポア通過信号の強度分布

図3-4 インフルエンザウイルスを用いたポア検出

3. アウトリーチ活動報告

該当無し