

研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) 戦略テーマ重点タイプ

平成 29 年度中間評価結果

1. 研究課題名：

標準 CMOS 集積回路とメムスプロセスによるスマート・イオンセンサ技術の開発

2. プロジェクトリーダー：中里 和郎（名古屋大学 教授）

3. 研究概要

イオン信号に適した新しい集積回路技術を開発します。標準 CMOS 集積回路上にセンサ特有の構造をメムスプロセスで形成する際、両プロセスの間に存在するリソグラフィのギャップを自己整合プロセスにより解決する。分子認識部としてプローブを固定したビーズの 3 次元空間位置制御技術を開発する。スマート・イオンセンサに特化した汎用集積回路およびウイルスをフィールドで 10 分以内に検出する小型可搬型装置を開発する。

4. 中間評価結果

4-1 研究の進捗状況及び研究成果の現状

最終的な検出ターゲットをウイルスとしつつ、高密度アレイデバイスの製作コストを抑えるため、第一の検出目標を大腸菌として定め、ウイルス検出に拡張可能で整合性のあるデバイス、検出プロセス、システムを開発することとした。

ナノレベルの空間分解能を有するスマートセンサの開発を目指し、CMOS 集積回路の低雑音・低消費電力化技術を開発した。電位、電流、インピーダンス、光の各センサの出力信号を電流に統一し、AD 変換器において信号を平均化することにより、0.1pA 以下の低雑音化、1pA-1 μ A の 6 桁のダイナミックレンジを確認した。また、600nm 標準 CMOS プロセスと MEMS プロセスにより、チップサイズ 7.5mm 角、アレイサイズ 64 \times 64 のチップを製作し、5V 単一電源動作で 6mA の消費電力を実証した。さらに、512 \times 512 サイズの高密度型アレイを設計・試作し、その動作を確認した。また、MEMS プロセスにより、Au 電極膜の成膜方法の最適化、Fe 膜を用いた微粒子の磁場配列制御の検討を行った。

一方、集積回路については上記の結果が得られているが、デバイス上でウイルス・大腸菌検出を行うための反応プロトコル、それを実現するためのデバイス構造、材料などが不明確・未検討であり、各要素機能の実験的検証が未実施の工程がある。現状ではデバイス上での大腸菌検出の実現性を判断できない状態である。参画している研究機関の成果と本課題の目標との間の整合性にも問題があり、プロジェクトリーダーのリーダーシップが機能していない懸念がある。プロジェクトリーダーにおいては早急に研究体制の見直し、課題の優先順位付け、研究費の重点化などを図り、研究計画、デバイスコンセプトの明確化

をお願いしたい。

4-2 今後の研究に向けて

ウイルスのデジタルカウンティングによる高感度定量検出は、感染症などの分野に有効であり実現すれば社会的インパクトは大きいと考えられる。当面大腸菌を対象としてデジタルカウンティング技術の開発、機能の検証を進めていくこととなり、今までの研究テーマを精査して技術課題の優先順位つけ、重点化を行い、各要素技術の機能を検証し、一貫プロセスによる大腸菌検出の早期実証をお願いする。

本プロジェクトで開発した CMOS 集積回路技術は生体分子(グルコース、ATP など)の検出に応用可能であり、今までの研究期間の中でそれらの応用を目指した製品コンセプトもご報告いただいたが、本制度の主旨であるナノレベルの空間分解能を有するセンサの研究開発に焦点を絞り、リソースを重点化してウイルス・大腸菌のデジタルカウンティング技術の研究開発を進めていただきたい。

4-3 総合評価および研究継続の可否

総合評価 B、研究継続 可

中間評価時点において、センサデバイス上でウイルス・大腸菌検出の見通しが得られておらず、各要素技術の機能検証が未実施の工程がある。このため、約半年後にチェックポイントを設け、下記の項目についてその進捗を報告していただき、その進展を評価して再度継続を判断することを条件に研究を継続していただくこととする。

- (1) ウイルス・大腸菌検出プロトコルの決定
- (2) ウイルス・大腸菌検出デバイスの構造の提示とその機能動作の説明
- (3) 上記デバイスに用いる誘電泳動チップによる大腸菌の捕捉の検証
- (4) 上記デバイスに用いる誘電泳動チップによる大腸菌破壊の検証
- (5) センサデバイス上での核酸増幅による大腸菌核酸の増幅確認

以上