

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：プロジェクト3（有害低分子）

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書（成果）

平成28年度

研究開発課題名：

超高感度有害低分子センシングシステムの開発

研究開発機関名：

パナソニック株式会社 A I S 社

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

今年度の担当する研究開発課題の目標と計画は以下の通りである。

【課題1：サンプリングデバイス開発】

流路内で気流を制御することにより有害低分子の高効率な捕捉・脱離を実現する。これに適したマイクロ流路を、マイクロ流体力学に基づいた解析シミュレーション手法を用いて設計する。

【課題2：捕捉・濃縮デバイス開発】

金属酸化物を用いたナノワイヤ表面処理プロセスを確立する。ナノワイヤを用いて評価用ターゲット低分子に対して選択的濃縮効果を確認する。また濃縮デバイスは、実デバイスに近い構成を持つ流路構造へナノワイヤチップを実装し、GCMSとの連動により濃縮効果を実証する。具体的には、ナノワイヤが有する濃縮効率（サンプリングした低分子の物質質量に対する、吸着・脱離されるターゲット低分子の物質質量の比であり最大1）を評価する。さらに、前述の濃縮効率およびプロトタイプの流路構造を基に算出される濃縮倍率について評価用ターゲット低分子7種類に対して最終的には目標値1万倍を目指す。

【課題3：分子認識材料開発】

分子認識材料候補の開発として、GCカラム材料の最適化を完了する。またZnO結合ペプチドの分子認識材料候補としての見極めを行う。ターゲット化合物（アルデヒド類、インドール類、アルカロイド類）に対する評価および最適化を行う。FETに関しては、最適なFET構造の設計と試作を行い、センサ単独での性能評価により可能性を実証する。

【課題4：検出デバイス開発】

ケモレジスタンス、FETのアレイ化と評価用ターゲット分子に対する動作確認を完了する。プロトタイプに搭載可能なケモレジスタンス、FETの1次仕様を決定する。センサ単独では代替センサとして用いてきた酸化物半導体センサと同等以上の性能を得る。

【課題6：集積化・モジュール化・量産用試作・製品化】

多チャンネル対応の濃縮デバイス、センサデバイス一体型ディスクリットボードを試作する。外付けアンプ、AD変換回路の削減によりデモユニットのサイズを昨年度比で1/2以下にする。平成28年度以降での周辺回路のASIC化に向けて、社内において別用途で開発されたASICを有害低分子検知へも適用できるか、感度およびアンプ特性の観点から評価する。平成28年前半までにケモレジスタンス、FETへの適用可否を見極める。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

濃縮部の主要材は、スパッタ法により形成したシード結晶を用いてシリコン基板上にZnOナノワイヤを液相中で形成することで得ている。今年度はZnOナノワイヤの表面を金属酸化物で修飾する技術を確認した。さらにZnOナノワイヤによりターゲット低分子を選択的に吸着・脱離できることを見出した。また分子認識材料の開発では、導電性を付与した複合高分子材料の探索を行い、ターゲット低分子の検出に最適な材料を選定した。またモデル低分子のひとつであるノナナールに選択的に結合するペプチド配列を得て、性能を実証した。検出デバイスのケモレジスタセンサは16chにマルチ化するとともに、濃縮チップと一体化したデバイスを試作し、動作を確認した。FETはポーラスゲート型FETを用いてモデ

ル分子の検出に成功した。16ch マルチケモレジスタセンサ、サンプリングポンプ、制御回路を集積化したプロトタイプ (Ver2) の試作を完了した。

2-2 成果

【課題1：サンプリングデバイス開発】

シミュレーション手法を用いてデバイス内部のマイクロ流路内での気流解析を行い、低分子の捕捉・濃縮効率を向上させた。

【課題2：捕捉・濃縮デバイス開発】

NiO、WO 等の7種類の無機酸化物で表面修飾した ZnO ナノワイヤによりモデル分子を識別した。サンプリングデバイスを用いたアクティブサンプリング法により 10ppb ノナナールを ZnO ナノワイヤ上に高効率捕捉・濃縮できた。ケモレジスタセンサとナノワイヤチップを回路基板上へ一体化し 100倍弱の濃縮により 10ppb ノナナールの検出に成功した (図1)。

【課題3：分子認識材料開発】

16ch ケモレジスタセンサアレイを用いて3種類(ノナナール、ベンズアルデヒド、ピロール) のモデル分子に対するそれぞれ特有の応答パターンを取得し、動作実証を完了した。

【課題4：検出デバイス開発】

検出デバイス候補であるケモレジスタセンサは 16ch のマルチ化に成功し、濃縮デバイスとの一体化を完了した。FETセンサについてはノナナールに対してセンサ応答を示すことを確認した。

【課題6：集積化・モジュール化・量産用試作・製品化】

16ch マルチケモレジスタセンサ、サンプリングポンプ、制御回路を集積化したプロトタイプ (Ver. 2) の試作を完了した (図2)。16ch センサ制御回路を従来比サイズ 1/2 の小型化に成功した (Ver3-3.5)。基本ライブラリの動作確認を完了した。

2-3 新たな課題など

実環境での使用を想定すると多成分の混合系におけるターゲット低分子の検出は必須である。混合系において目標性能である ppt オーダーの検出感度を達成するためには、さらに 10 倍以上の濃縮性能の向上と、検出デバイスの特性改善を図らなければならないことが明らかとなった。濃縮性能の向上には、ナノワイヤの表面構造の制御と有機材料の導入を、検出デバイスの特性改善には量産を見据えた分子認識材料の安定形成により対策する。また、制御回路および信号処理回路の小型化については、ASIC (特定用途向け集積回路) における要求仕様を決定するプロセスを導入することで開発を効率化させる。

3. アウトリーチ活動報告

無し

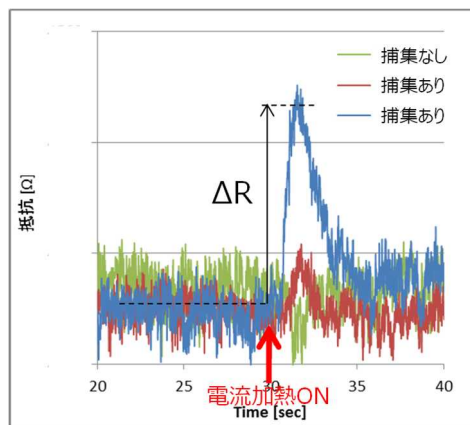


図1 10ppb ノナナールの検出



図2 プロトタイプ Ver. 2