

平成27年3月31日

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

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成26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

開発機関名：

パナソニック株式会社 A I S 社

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

【課題1：物質捕捉・濃縮】

ナノワイヤを用いた新規濃縮原理に基づいて九州大学（柳田教授）と共同でナノワイヤの形成プロセス条件を確立する。特に濃縮効率に大きく寄与すると予想されるナノワイヤの長さおよび直径を制御できるプロセスを中心に開発する。次にナノワイヤによる濃縮効果の原理検証を行う。濃縮効率の評価はガスクロマトグラフィ質量分析計を用いて定量的に行う。

【課題3：有害低分子認識】

人の状態検知、危険ドラッグ、爆弾・毒ガスを検知する上でのモデルとなる検出対象分子（ターゲット分子）を選定する。有害低分子の検出素子の候補である電界効果トランジスタ(FET)の開発を東京医科歯科大学（宮原教授）と共同で行う。

【課題4：パターン認識による分子同定】

濃縮デバイスに関してナノワイヤによる濃縮効率の向上のため、大阪大学（鷲尾教授）のご協力の下で機械学習などによる統計的な評価技術の研究開発に着手する。具体的には、ナノワイヤの特性と濃縮効果との関係を明らかにするために、極性を付与したナノワイヤに対してターゲット分子の捕捉量のデータを収集する。

【課題5：集積化・モジュール化・量産用試作・製品化】

集積化・モジュール化においては、濃縮部、測定部、送風部(ポンプ)等の個別機能を制御する制御系回路と、各部から得られるアナログ信号をデジタル処理する信号処理部が必要である。さらに、検出器の最終形状がハンディ型を目指していることから、制御系回路・処理系回路には、同期性、高速性、高精度性、および小型・低消費電力が求められる。今年度は回路の同期性、高速性、高精度性に重点を絞り、検出器回路の基本構成を構築した動作デモ機用の試作回路を目標とする。

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

【課題1：物質捕捉・濃縮】

ZnO ナノワイヤの形成プロセス条件を最初に決定付けるシード結晶の形成方法として、スパッタ法、スピコート法について検討した結果、ナノワイヤの密度および成長方向を制御できることが明らかになった。また成長溶液組成、成長温度などのパラメータ条件から任意の直径、長さを有するナノワイヤを得られた。

ナノワイヤによる濃縮効果の原理検証をするため、加熱脱着装置とガスクロマトグラフィ質量分析計からなる評価システムを構築した。これにより、ナノワイヤへ捕捉されたターゲット分子の同定および定量が可能となった。

【課題3：有害低分子認識】

ストレス検知、疲労検知、危険ドラッグの検知を可能とする有害低分子を選定するため、関連分野の研究論文、代謝物データベース等の中からターゲット分子を選定し、アルデヒド系化合物、インドール系化合物、アルカロイド類に絞り込んだ。ケミカルセンサとして機能を持つFETのうち、サスペンディッドFET(SG-FET)およびバックゲートFETを検討するとした設計指針を決めた。またFET以外の検出素子の候補として近赤外分光モジュールを試作し、評価した。

【課題4：パターン認識による分子同定】

ナノワイヤの表面に異なる極性を付与することでターゲット分子の捕捉・濃縮特性を制御し、結果としてパターン認識の精度を向上できるとの仮説を立て、ナノワイヤ表面に極性を付与するための表面処理材料としてガスクロマトグラフィに用いられるキャピラリーカラムの液相を選定した。これらの液相を塗布したナノワイヤについて統計的な評価に必要な濃縮データを取得した。

【課題5：集積化・モジュール化・量産用試作・製品化】

検出器に必要な回路要件を抽出し、アナログ入出 ($\pm 10V$, 2ch, 100kHz) および I2C デジタル線の機能を実装した FPGA (プログラム可能な集積回路) マイコンボードを試作した。

2-2 成果

【課題1：物質捕捉・濃縮】

シリコンウェハ上に形成した直径 200 nm、長さ 20 μm のナノワイヤを用いて評価を行ったところ、6 種類のターゲット分子について濃縮効果があることを確認した。特にターゲット分子の一つである Nonanal についてはナノワイヤを用いない場合と比較して捕捉量が 25 倍に増加した (図 1)。

【課題3：有害低分子認識】

有害低分子の検出に適する SG-FET およびバックゲート FET の基本設計を完了し、試作スケジュールを策定した。ハンディ型の近赤外分光モジュールを試作し、近赤外領域に吸収を持つ物質の検出に成功した。これにより近赤外分光モジュールが有害低分子の検出素子候補となることを示した。

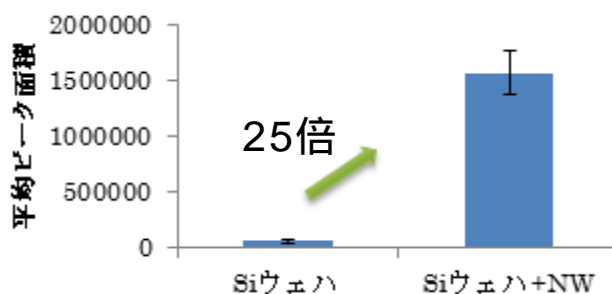


図1 ナノワイヤによる濃縮原理の検証結果

【課題4：パターン認識による分子同定】

ターゲット分子からなる混合ガスについて、ガスクロ液相を塗布したナノワイヤにより捕捉されたターゲット分子の量を分析した。その結果、低極性の液相を塗布したナノワイヤにおいて、低極性のターゲット分子の捕集量がより大きくなった。この結果からナノワイヤの表面処理により捕捉特性を制御できることが示唆された。

【課題5：集積化・モジュール化・量産用試作・製品化】

FPGA に I/O 制御用ドライバコードを作成し、アナログ出力 - アナログ入力のループ回路の試作を行ったところ、1-2ms/ループ (1kHz) での高速計測を可能にした。これは入力 (= 刺激) に対する出力応答を 1 秒間に 1000 回計測できることを意味している。高速化の上限はループ回路に挿入されるアンプの帯域によるので (現在は 1kHz 帯域を使用)、ImPACT 検出器に必要な帯域を検討していく予定である。

2-3 新たな課題など

濃縮実証に向け、ナノワイヤ上へ電極構造を形成することが早期に必要である。垂直対向型の電極を形成する場合には、ナノワイヤ密度不足による上部電極の不連続化、ナノワイヤとのコンタク

ト不十分等の問題が懸念される。垂直対向型の電極を形成することが困難な場合には新たな電極構造を検討し、ナノワイヤの自己加熱効果の確認を行っていく。

3．アウトリーチ活動報告

無し