

課題番号 :F-15-OS-0005
 利用形態 :機器利用
 利用課題名 (日本語) :ナノカーボン薄膜トランジスタによるセンサー開発
 Program Title (English) :Development of sensor using nanocarbon thin film transistors
 利用者名(日本語) :加瀬 寛人, 松井 祐司, 根岸 良太, 小林 慶裕
 Username (English) :H. Kase, Y. Matsui, R. Negishi, Y. Kobayashi
 所属名(日本語) :大阪大学, 工学研究科, 精密科学・応用物理学専攻
 Affiliation (English) :Dep. Applied physics, Grad. School of Engineering, Osaka University

1. 概要 (Summary)

グラフェンやカーボンナノチューブ (CNT) など優れた電気伝導特性を有するナノカーボン材料は、次世代の電子デバイス材料として注目されている。本研究では、ナノカーボンをチャンネルとした薄膜トランジスタ (TFT) によるバイオセンサーの開発を進めている。このようなセンサーでは、溶液中で正あるいは負に帯電した標的タンパク質が薄膜表面に吸着し、デバイ長内に侵入した際のポテンシャル変調をシグナルとして検出する。従ってセンサーの高感度化へは、チャンネル材料となるナノカーボンの電気特性向上とセンシングの場となるデバイ長制御が重要となる。本課題では、デバイ長の変調によりヒト免疫グロブリン (IgE) の定量センシングを検討したので報告する。

2. 実験 (Experimental)

【利用した主な装置】

リアクティブイオンエッチング装置 (サムコ RIE-10NR-NP: ナノプラットフォーム支援装置) およびナノ薄膜形成システム (アルバック UEP-2000 OT-H/C: ナノプラットフォーム支援装置)。

【実験方法】

熱酸化 Si 基板上に高純度ナノダイヤモンド (日本化薬製) を分散したものを用意し、アセチレンやエタノールを炭素源とした化学気相成長 (CVD) 法を用いて CNT を合成した。得られた試料からフォトリソグラフィ行程により薄膜トランジスタを作製した。ナノカーボンのチャンネル形成にはリアクティブイオンエッチング装置、金属電極の蒸着はナノ薄膜形成システムを用いた。

3. 結果と考察 (Results and Discussion)

IgE の濃度変化に対する CNT-TFT のソース・ドレイン電流値 (I_{sd}) 変化を Fig. 1 に示す。緩衝液としてリン酸緩衝液 (PBS, pH 7.1) を使い、標準濃度 (1xPBS) と 1000

倍に希釈したもの (0.001xPBS) それぞれにおいてセンサー応答を検証した。1xPBS と 0.001xPBS のデバイ長はそれぞれ 3 nm、90 nm ほどに対応している。1xPBS では濃度上昇と共に I_{sd} 変化量が減少し、250 nM では信号方向が負に反転した。これは IgE 高濃度領域では、既に吸着している IgE 層に割り込むように IgE が吸着するため、信号方向の反転はこの立体障害により正に帯電した IgE 部位のみがデバイ長内に入り込むことにより応答するモデルで説明できる。IgE の一部がデバイ長内に入ることによる信号の反転は他の系でも報告されている [1]。一方 0.001xPBS では、IgE 高濃度領域でも負に帯電した IgE 全体がデバイ長内に入るため、 I_{sd} は一貫して正の変化を示す。Fig.2 に IgE 濃度と I_{sd} 変化量の関係を示す。1xPBS では 5 nM で信号変化が飽和し、250 nM で反転するのに対し、0.001xPBS では、高濃度領域でも IgE 濃度に対応して一様に I_{sd} が上昇する。以上の結果より、IgE のような帯電に偏りのある分子のセンシングでは、デバイ長の拡張により高濃度でも濃度に対応した定量的な応答を示すことを明らかにした。

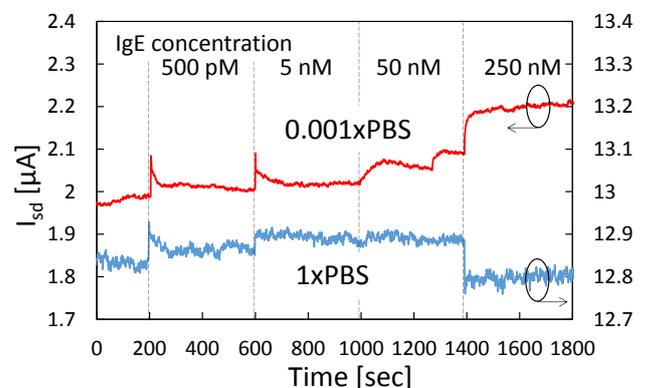


Fig.1 Dependence of response to IgE using CNT-TFT sensor on buffer concentration.

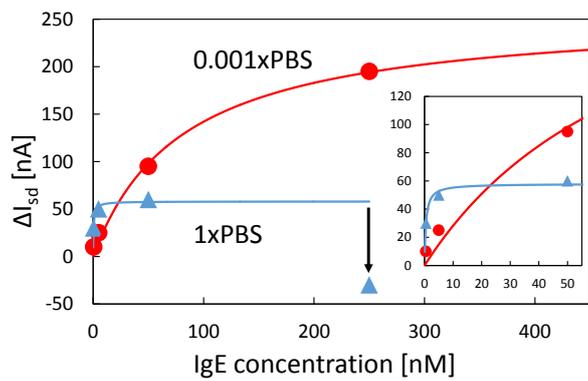


Fig.2 Correlation between sensor response ΔI_{sd} and IgE concentration.

4. その他・特記事項

参考文献

[1] K. Maehashi et al., Anal. Chem. 79(2007)782.

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) 加瀬 寛人、根岸 良太、有福 達治、清柳 典子、小林 慶裕“デバイ長拡張によるカーボンナノチューブ薄膜バイオセンサの定量動作”第 76 回応用物理学会秋季学術講演会(名古屋国際会議場、2015 年 9 月 14 日)。

6. 関連特許 (Patent)

なし