

課題番号 : F-20-WS-0147  
利用形態 : 機器利用  
利用課題名(日本語) : シリコンフォトニックバイオセンサの構築  
Program Title (English) : Construction of Silicon Photonic Biosensor  
利用者名(日本語) : 田中寿樹, 和賀巖  
Username (English) : T. Tanaka, I. Waga  
所属名(日本語) : 早稲田大学大学院先進理工学研究科生命医科学専攻  
Affiliation (English) : Department of Life Science and Medical Bioscience, Waseda University  
キーワード/Keyword : 表面処理、分析

## 1. 概要(Summary)

バイオセンサは、対象となる生体物質の物理・化学量を検出し、電気信号や光信号に変換して出力する画期的なデバイスである。生物学の研究領域で使用されていることはもちろんのこと、医療や社会的ニーズに応えた有用なツールとして期待されている。その一つとして、FET（電界効果トランジスタ）バイオセンサが挙げられる。FETは、p型半導体での反転状態を活かした、金属、酸化皮膜、半導体で形成されたデバイスであり、印加電圧を高くする事により多くの電子が誘起され、金属表面でできた通路（n+型領域の一方が電流の流入口で、他方を電流の流出口としたときに、流入口をソース、流出口をドレインという）の断面積が変化し、この部分を通る電流を制御できることが可能となる[国岡照夫・上村喜一、新版基礎半導体工学、朝倉書店、188-189、1996]。また、生体物質を検出する場合には、そのターゲット分子の固有の電荷における、FETのゲート表面の電位変化を検出し、その電位変化は、ゲート表面に固定化されたプローブ分子と特異的に反応したことを示す。ゲート表面にプローブ分子を固定化するには、ベースとなる自己組織化単分子膜（SAM）を修飾する必要がある。SAMは、共有結合より弱い親和的な側方相互作用（ファンデルワールス力など）、または分子の疎水性部分がコンパクトに集合して水を排除する事により、エントロピー的に安定な状態になろうとする傾向で分子配向が揃った膜を指す[国岡照夫・上村喜一、新版基礎半導体工学、朝倉書店、188-189、1996]。特に、SAMの一種である3-aminopropyltriethoxysilane (APTES)などが、金属酸化物の表面水酸基との間や隣接分子に安定なシロキサン膜を形成[J. Gonzalo et al., Subwavelength structures for silicon photonics

biosensing, *Optics and Laser Technology*, 2019; 109: 437–448]し、このSAMに修飾した架橋剤を介して、受容体の固定化を促す。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

プラズマ処理装置、高性能半導体デバイス・アナライザ

### 【実験方法】

電界効果トランジスタ及びシリコンフォトニックデバイスのバイオセンサへの機能化のために、酸素プラズマアッシングによる二酸化ケイ素表面の親水化処理及び自己組織化単分子膜による修飾を試みた。また、ストレス状態に応じて体内分泌量が変化する生体分子の検出のために、高性能半導体デバイスアナライザにより半導体特性を測定した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

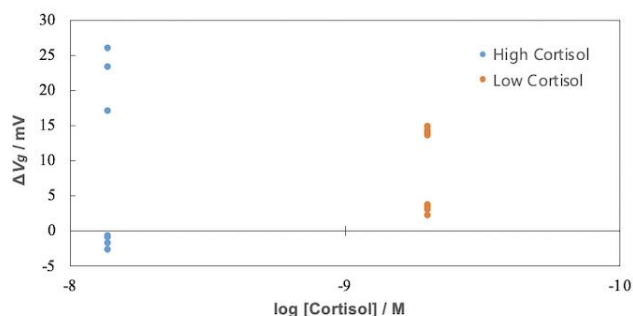


Fig. 1 Measurement of cortisol in saliva by FET biosensor.

その結果、High cortisol サンプルでは、 $\Delta V_g = -2.69 \sim 25.96$  V までの値を得た。続けて、Low cortisol サンプルでは、 $\Delta V_g = 2.23 \sim 14.94$  V までの値を得た。従って、High Cortisol サンプルでは、 $\Delta V_g$ の正の方向に大きく変化し、また、Low cortisol サンプルでは、High cortisol サンプルと比較すると、 $\Delta V_g$ の正の方向

へのシフトが小さいことがわかった。これは、コルチゾールは正の固有の電荷を有しており、唾液中に含まれるコルチゾールの濃度に応じて、その $\Delta V_g$ のシフトが正の方向に大きく変化すると示唆される。

#### 4. その他・特記事項 (Others)

- ・大橋啓志 (COI-STREAM)、EC SENSING
  - ・山田博仁 東北大学 通信工学専攻 山田研究室
  - ・Truong Hoang Anh 東北大学 通信工学専攻 山田研究室
- の各氏に議論して頂いた。

#### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

なし

#### 6. 関連特許 (Patent)

なし