

微量生体サンプルを高感度に計測するペーパーゲートトランジスタの創製 Development of paper-based transistor for highly sensitive detection of micro biological fluids

○加治佐 平, 坂田 利弥

School of Engineering, Univ. of Tokyo,

○T. Kajisa, T. Sakata

sakata@biofet.t.u-tokyo.ac.jp

1. 緒言

Quality of Life (QOL)に向けた診断医療および医療費削減に向けた予防医療を目指して、糖尿病予備軍および患者を対象としたより簡便かつ非侵襲な採血フリーのグルコース測定技術が求められている。非侵襲に体内グルコース濃度を測定するサンプルとして、血液以外の体液(涙, 汗, 唾液, 間質液)が挙げられるが、これらの体液は微量であることと血液中のグルコース濃度と比較して $\sim 1/100$ と低濃度であるため、既存の酵素法による自己血糖測定器では測定できなかった。これらの背景から、我々の研究グループではこれまで糖の一種であるグルコースを電界効果トランジスタ(Field Effect Transistor, FET)にフェニルボロン酸(Phenylboronic Acid; PBA)を化学修飾することにより、より高感度にセンシングする研究を行ってきた[1]。本研究においては、これまでの研究によるPBAを用いたFETの原理を応用して、微量生体サンプルを容易に吸水する紙を用いたトランジスタを作製することによって高感度グルコースセンサを作製しその基本特性を評価した。

2. 実験方法

紙を用いたトランジスタにおける検出素子として、ゲート電極を伸長した Extended-gate 型 FET を、そしてゲート電極に金を用いた。また、金電極表面にグルコースを検出する素子を配置することで電荷の変化として電気信号に変換した。具体的には、メルカプト 4-フェニルボロン酸(4-Mercaptophenylboronic acid; MPBA)を表面に結合させた金ナノ粒子を含浸させた紙をゲート金電極表面上におくことで糖認識素子とし、PBA とグルコースの特異的なジオール結合によって生じる電荷の変化を FET により電位変化として検出した。このトランジスタによるグルコースの計測は、リアルタイム計測器によりゲート電極表面の電位変化を測定することによって行った。

3. 結果および考察

金ナノ粒子表面に MPBA を結合させて SAM 膜(PBA-SAM)を作製したところ、反応溶液は赤色から灰色に変化した。また、反応後の金ナノ粒子のゼータ電位を測定したところ、金ナノ粒子単体と比較してゼータ電位が上昇しており、また凝集塊が存在していることが SEM により観察されたことから、金ナノ粒子表面に PBA-SAM が形成され凝集していることが推察された。次にこの PBA-SAM を付与した金ナノ粒子を紙に含浸させ、ゲート金電極上に組み合わせることでトランジスタによるグルコースの検出を行った。その結果、対照サンプルとして金ナノ粒子のみを含浸させた紙を用いた FET と比較して、グルコース濃度が $10\ \mu\text{M}$ 程度よりゲート表面電位の変化が観察された。このことから、紙を用いたトランジスタによって体液のような微量で希薄なグルコース溶液を定量できる可能性が見出された。本発表ではグルコース、紙(セルロース), PBA-SAM/金ナノ粒子といった各構成要素による電気化学的な現象とゲート表面電位変化との関係について議論したい。

[1] T. Kajisa and T. Sakata, *ChemElectroChem* **1**, 1647-1655 (2014).