

Title	Development of biosensor using carbon nanotube field-effect transistor
Author(s)	阿部, 益宏
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/49643
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	阿部 益宏
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22560 号
学位授与年月日	平成20年11月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	Development of biosensor using carbon nanotube field-effect transistor (カーボンナノチューブ電界効果トランジスタを用いたバイオセンサーの開発)
論文審査委員	(主査) 教授 松本 和彦 (副査) 教授 冨田 博一 教授 田中 秀和

論文内容の要旨

本論文では、カーボンナノチューブ電界効果トランジスタ(CNT-FET)を用いたバイオセンサーを開発し、タンパク質のセンシングを実施し、その定量性、再現性、有用性の実証に成功した。以下に各章の概要を示す。

第1章では、カーボンナノチューブおよびバイオセンサーに関する研究の背景、および目的について述べた。

第2章では、バイオセンシングに適した新たな構造を有するCNT-FETを提案、作製し、さらにそれを用いたバイオセンシングの実証を行った。CNT-FETのトップゲート構造への改良、およびCNT-FETの作製プロセスの改良により、CNT-FET動作の大幅な安定性の向上に成功した。作製したトップゲート型CNT-FETを用いて、抗原抗体反応からタンパク質を検

出するバイオセンサーを作製した。作製したバイオセンサーを用いてタンパク質が電気的に検出可能であることを確認した。

第3章では、作製したCNT-FETバイオセンサーを用いてタンパク質の定量測定を実証した。測定結果からCNT-FETバイオセンサーの定量測定が可能であることを初めて明らかにした。これはタンパク質を電気的に定量測定をした初めての結果である。さらに得られた定量特性から、CNT-FETのキャリブレーション手法を開発した。これは電気的なバイオセンシングの初めてのキャリブレーション法であり、これが容易に可能であることを初めて証明した。

第4章では、センサーの感度向上を目指して、CNT-FETの金属ゲートがバイオセンサーの感度にいかに影響を及ぼすかを検証した。その結果、金属ゲートがない場合のほうが、ある場合よりも感度が向上することを実験で実証し、その理由を有限要素法の計算から明らかにした。この結果、CNT-FETバイオセンサーの高感度化に成功し、バイオセンサーデバイス作製の指針を初めて明らかにした。

第5章では、センサーのさらなる感度向上を目指して、CNT-FETの絶縁膜厚が感度に及ぼす影響を調べた。その結果、CNT-FETの絶縁膜厚を薄くすることで感度向上が可能であることを予備的な実験で明らかにし、さらにその理由を有限要素法の計算からも明らかにした。

第6章では、CNT-FETを用いたタンパク質の選択的検出を実証した。異なるタンパク質をターゲットとした2種類のバイオセンサーを作製し、これを用いて測定した結果、それぞれのバイオセンサーがターゲット分子を正確に選択的に検出できることを確認した。これは、CNT-FETバイオセンサーを用いてタンパク質が電気的に、選択的に検出可能であることを初めて明らかにしたものである。

第7章では、本研究全体のまとめを行った。

以上、本研究により、CNT-FETバイオセンサーの高い有用性および感度向上の可能性を証明することに成功した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、カーボンナノチューブ電界効果トランジスタ(CNT-FET)を用いたバイオセンサーを開発し、タンパク質のセンシングを実施して、電気的に定量測定、選択測定が可能であることを初めて実証し、その有用性を示したものである。

本研究の基本となる、バイオセンシングに適した新たな構造を有するCNT-FETを提案、作製し、それを用いたバイオセンシングの実証を行った。トップゲート構造CNT-FETを形成する際、CNTから完全な不純物除去を実施し、CNT-FET動作の大幅な安定性の向上に成功した。このトップゲート型CNT-FETのトップゲートに抗体を修飾し、溶液中で抗原を導入することにより、抗原抗体反応をゲート上で起こさせ、抗原の電荷をカーボンナノチューブ内を流れる電流の変化で検出するバイオセンサーを作製した。作製したバイオセンサーを用いて抗原(タンパク質)が電気的に検出可能であることを初めて確認した。また測定結果をラングミュアの式でフィッティングすることにより、抗原/抗体反応の結合エネルギーを導出することに成功し、タンパク質の定量測定を実証した。これはタンパク質を電気的に定量測定した初めての結果である。これによりCNT-FETバイオセンサーの定量測定が可能であることを初めて明らかにした。次いで得られた定量特性から、CNT-FETのキャリブレーション手法を開発した。これは電気的なバイオセンシングの初めてのキャリブレーション法であり、これが容易に可能であることを初めて証明した。

センサーの感度向上を目指して、CNT-FETの金属ゲートがバイオセンサーの感度にいかに影響を及ぼすかを検証した。その結果、金属ゲートがない場合のほうが、ある場合よりも感度が向上することを実験で実証し、その理由を有限要素法の計算から明らかにした。この結果、CNT-FETバイオセンサーの高感度化に成功し、バイオセンサーデバイス作製の指針を初めて明らかにした。センサーのさらなる感度向上を目指して、CNT-FETの絶縁膜厚が感度に及ぼす影響を調べた。その結果、CNT-FETの絶縁膜厚を薄くすることで感度向上が可能であることを予備的な実験で明らかにし、その理由を有限要素法の計算からも明らかにした。

最後にバイオセンサーとして一番重要なタンパク質の選択的検出をCNT-FETを用いて実証した。異なるタンパク質をターゲットとした2種類のバイオセンサーを作製し、それぞれのバイオセンサーがターゲット分子を正確に選択的に検

出できることを確認した。これは、CNT-FETバイオセンサーを用いてタンパク質が電氣的に、選択的に検出可能であることを初めて明らかにしたものである。

これらの研究成果により、CNT-FETバイオセンサーの高い有用性および感度向上の可能性を証明したものが本論文の内容である。

本論文についての審査を行い、内容に充分な新規性と独創性、信頼性があるものと判断し、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。