



Title	金属 - 微小空隙 - シリコン構造による生体溶液の電気センシングデバイスの研究
Author(s)	廣兼, 孝亮
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49524
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【29】

氏名	ひろ廣 かね たか あき 亮
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 22920 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
工学研究科精密科学・応用物理学専攻	
学位論文名	金属 - 微小空隙 - シリコン構造による生体溶液の電気センシングデバイスの研究
論文審査委員	(主査) 教授 森田 瑞穂 (副査) 教授 安武 潔 教授 片岡 俊彦 教授 桑原 裕司 教授 山内 和人 教授 渡部 平司 教授 遠藤 勝義

論文内容の要旨

本論文は、半導体微細加工技術を用いることによって $1 \mu\text{m}$ 程度の厚さの微小空隙をもつセンシングデバイスを開発し、微小空隙内部に導入した液体や生体溶液を電気的に検出することを目的としており、生体溶液の電気センシングデバイスに関する研究をまとめたものである。

第 1 章では、半導体を用いたセンシングデバイスについて説明し、本論文の目的を述べた。

第 2 章では、極めて薄い厚さのシリコン酸化膜のエネルギー障壁高さと酸化膜中の電子の有効質量を求める手法として、異なる種類の金属電極を形成した metal-oxide-semiconductor (MOS) ダイオードを流れるトンネル電流を用いた異種金属ゲート法を提案した。また、 $1.4 \sim 3.5 \text{ nm}$ の厚さのシリコン酸化膜をもつ MOS ダイオードに対して異種金属ゲート法を用いて、シリコン酸化膜のエネルギー障壁高さと酸化膜中の電子の有効質量をそれぞれ独立に初めて求めた。

第 3 章では、金属 - 微小空隙 - シリコン構造およびこの構造を基本とした構造をもつセンシングデバイスを提案した。シリコン酸化膜を微小空隙のスペーサとして用いて、MOS 構造の絶縁層を一部あるいは全部除去することで微小空隙を作製し、金属 - 微小空隙 - 絶縁体 - シリコン構造および金属 - 絶縁体 - 微小空隙 - 絶縁体 - シリコン構造において $1 \mu\text{m}$ 程度の厚さをもつ微小空隙を形成できることを実証した。

第 4 章では、作製したセンシングデバイスの微小空隙中に超純水を導入して電気特性を評価した。金属 - 微小空隙 - シリコン構造において、容量 - 電圧特性のフラットバンド電圧のシフト量よりシリコン表面近傍に存在する電荷量を検出できることを示した。また、金属 - 絶縁体 - 微小空隙 - 絶縁体 - シリコン構造において、絶縁体

表面上のシラノール基の解離、吸着状態をフラットバンド電圧のシフト量により明らかにした。

第 5 章では、センシングデバイスを用いて pH の異なる酢酸溶液、および超純水を溶媒とした deoxyribonucleic acid (DNA) 溶液の電気特性を評価した。酢酸溶液の濃度をフラットバンド電圧のシフト量より 1.67 V/pH という従来の感度より非常に高い感度での検出に成功し、また超純水中の DNA 分子の電荷量をフラットバンド電圧のシフト量により検出することに成功し、センシングデバイスの有用性を示した。

第 6 章では、本論文の内容を総括した。

論文審査の結果の要旨

個人に最適な医療や創薬技術の実現のために、小型で安価な電気的生体センシングデバイスの開発が盛んに行われている。しかし、従来の電気的センシングデバイスの検出原理では感度が不十分であり、生体を電気的に高感度で検出するセンシングデバイスが強く要求されている。本論文は、金属 - 微小空隙 - シリコン構造を基本としたセンシングデバイスによる液体や生体溶液の高感度電気的検出技術の研究成果をとりまとめたものであり、その主な成果は次の通りである。

(1) 異なる種類の金属電極を形成した metal-oxide-semiconductor (MOS) ダイオードを用いて極めて薄いシリコン酸化膜のエネルギー障壁高さと酸化膜中の電子の有効質量を求める異種金属ゲート法を提案し、 $1.4 \sim 3.5 \text{ nm}$ の厚さのシリコン酸化膜のエネルギー障壁高さと電子の有効質量を決定している。

(2) シリコン酸化膜を微小空隙のスペーサとした金属 - 微小空隙 - 絶縁体 - シリコン構造および金属 - 絶縁体 - 微小空隙 - 絶縁体 - シリコン構造を作製し、 $1 \mu\text{m}$ 程度の厚さの微小空隙を形成できることを実証している。

(3) 金属 - 微小空隙 - シリコン構造センシングデバイスの微小空隙中に超純水を導入し、容量 - 電圧特性のフラットバンド電圧のシフト量よりシリコン表面近傍に存在する電荷量を検出できることを実証している。また、金属 - 絶縁体 - 微小空隙 - 絶縁体 - シリコン構造に超純水を導入し、フラットバンド電圧のシフト量よりシリコン酸化膜絶縁体表面上のシラノール基の解離、吸着状態を検出できることを明らかにしている。

(4) 金属 - 絶縁体 - 微小空隙 - 絶縁体 - シリコン構造に酢酸溶液を導入し、フラットバンド電圧のシフト量より 1.67 V/pH という従来の感度より非常に高い感度での検出に成功し、シラノール基の解離、吸着による電荷量の変化を検出していることを明らかにしている。さらに、フラットバンド電圧のシフト量より超純水中での deoxyribonucleic acid (DNA) 分子の電荷量の検出に成功し、シリコン上の絶縁体表面近傍における電荷量の変化を検出していることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、金属 - 微小空隙 - シリコン構造を基本としたセンシングデバイスを開発し、液体や生体溶液を電気的に高感度で検出するデバイス技術に関する多くの見知りを与えており、半導体工学、生物工学、精密科学に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。