

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A label free high sensitive electrical detection method of biomolecule using very high electric field created in nanogap electrodes
著者(和文)	PUNGETMONGKOLP
Author(English)	Porpin Pungetmongkol
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10013号, 授与年月日:2015年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山本 貴富喜,吉野 雅彦,平井 秀一郎,塚原 剛彦,八木 透
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10013号, Conferred date:2015/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Porpin Pungetmongkol		
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	山本 貴富喜	准教授	審査員	八木 透	准教授
	審査員	吉野 雅彦	教授			
		平井 秀一郎	教授			
		塚原 剛彦	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「A label free high sensitive electrical detection method of biomolecule using very high electric field created in nanogap electrodes」と題し、全6章より構成される。

第一章では、従来のバイオセンシング法を俯瞰的に捉えた上で、特に医学的なセンサー活用の重要性と従来法の解決すべき技術課題を明らかにしている。さらに、それら課題を解決する新たなバイオセンシング法として、ナノ流路とナノギャップ電極とを組み合わせたセンシングデバイスによる電気インピーダンス計測を基盤とした、生体分子の1分子センシング法の実証を本研究の目的としている。

第二章では、第一章で検討した1分子センシング法を実現するための電気インピーダンス計測法、ナノ空間が作る高電界を利用した静電力によるインピーダンス計測の高感度化などの理論的背景について述べている。

第三章では、1分子計測を実現するための数10～数100nm程度の幅や高さを有するナノ流路と、そのナノ流路を挟み込むように配置したナノギャップ電極からなるセンシングデバイスの概要を述べている。次いで、集束イオンビーム加工を利用した半導体微細加工技術による上記デバイスの作製プロセスと、最小で37nm程度の幅や高さを有するナノ流路およびナノギャップ電極の作製法について述べている。

第四章では、ナノ流路内部の固液界面に形成される電気二重層が電気インピーダンス測定に与える影響を詳細に評価している。キャリアイオンの濃度や価数、電極間隔などをパラメーターとして電気二重層の厚さを実験的に求めると共に、それが理論値であるデバイ長と良く一致することを実証している。さらに、流路幅に対して電気二重層の厚さが無視出来る場合、すなわちマクロスケールの領域における溶液の電気抵抗はOnsager式で拡張したDebye Hückel式と良く一致すること、および電気二重層厚さが流路幅以下となるナノ流路内の場合には、イオン濃度に対して表面電荷制限を加えることで実験値と良く一致することを見出し、ナノ流路内における電気抵抗特性を実験と解析の両面から明らかにしている。

第五章では、生体分子の代表例としてDNAを取り上げ、本デバイスを用いた電気インピーダンス測定による1分子センシングの可能性を検討している。その結果、ナノギャップ電極の特徴であるファラデー電流が生じない電圧下でMV/m以上の高電界を発生できる特徴を活用し、誘電泳動力や電気泳動力などの静電力をDNAに加えながら測定することによって得られる超高感度化によって、電気インピーダンスによるDNAの1分子計測を世界で始めて実証することに成功している。さらに、測定中のDNAの動きを顕微鏡下で可視化することにより、静電力による信号増幅のメカニズムにも踏み込み、電界強度と周波数に依存してDNAのコンフォメーションや動きが変わる諸特性を解明した。さらに、詳細な実験と解析から、分子量に関わらずDNAが保有する電荷量の約半分を電極と授受していることを明らかにした。

第六章では、各章で得られた成果を総括している。

以上を要するに、本論文は、ナノ流路とナノギャップ電極を用いた、電気力学的効果を利用した電気インピーダンス測定による1分子センシング法を考案し、DNAの1分子計測の実証に成功した。電気インピーダンスによる1分子計測は世界初であり、学術上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(学術)の学位論文として十分な価値を有するものである。