

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	二次元ナノ材料上における自己組織化ペプチドによるバイオエレクトリック界面の動的形成の理解
Title(English)	DYNAMIC FORMATION OF BIOELECTRONIC INTERFACES BY SELF-ORGANIZED PEPTIDES AND 2D MATERIALS
著者(和文)	関貴一
Author(English)	Seki Takakazu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11087号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:早水 裕平,森 健彦,大内 幸雄,石川 謙,松本 英俊
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11087号, Conferred date:2019/3/26, 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	関 貴一	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		
	主査	早水 裕平	准教授	松本 英俊	准教授
	審査員	森 健彦	教授		
		大内 幸雄	教授		
	石川 謙	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は Dynamic formation of bioelectronic interfaces by self-organized peptides and 2D materials (二次元ナノ材料上における自己組織化ペプチドによるバイオエレクトロニック界面の動的形成の理解)と題し、英文で書かれており、5章より構成されている。

第1章“General Introduction (緒言)”では、ナノ材料を使用したバイオセンサのこれまでの一般的な研究を紹介している。次いで、バイオセンサ等の応用に向け近年注目を集めているグラフェンや二硫化モリブデンなどの二次元ナノ材料について紹介し、それらの表面における自己組織化ペプチドの電気的相互作用の機構を理解しようとする本研究の目的と意義について述べている。

第2章“An electrochemical approach to control the peptide self-organization behavior on a graphite surface (グラファイト表面におけるペプチドの電気化学的自己組織化制御)”では、グラファイトに電気化学的電位を印加することによって変化するグラファイト吸着ペプチド各種誘導体の自己組織化の挙動を、高分解原子間力顕微鏡測定によって評価している。印加電位に対して、正もしくは負電荷を有するペプチドは、自己組織化のパターンに変化が見られる一方で、中性のペプチドは変化を見せないことを見出している。電気化学二重層内でのペプチド間の短距離相互作用およびペプチドと基板表面間の長距離相互作用を考慮した機構の考察を記述している。これより、電気化学電位と自己組織化の関係について新たなモデルを提示し、ペプチドをバイオセンサの分子足場として使用する際の自己組織化構造の制御について考察している。

第3章“Photoluminescence of MoS₂ modified by pH and ions in aqueous solutions for potential biological sensing (バイオセンシングに向けた pH およびイオンに対する二硫化モリブデンの発光特性変調)”では、水溶液の pH やイオン種を変化させることにより、二硫化モリブデンの発光強度が変調されることを実証している。ラマン分光や X 線光電子分光を使用して、熱化学気相合成法によって合成される MoS₂ の原子欠陥や電荷密度を評価し、その発光特性との相関を見出している。さらに、高品質の MoS₂ に UV オゾン処理を施し、人為的に欠陥を導入した際に、上記と同様の発光挙動を示すことを実証している。これらの結果から、MoS₂ 発光の pH 応答は、基本的に MoS₂ 内の電子密度の増減によってその大まかな特性が示されることを考察している。

第4章“Anomalous slow optical response of MoS₂ to various electrolyte solutions at the bioelectronic interfaces revealed by electrochemical pulse modulation of photoluminescence (電気化学パルス変調を用いたバイオエレクトロニック界面における各種電解質に対する二硫化モリブデンの光学応答)”では、電気化学トランジスタ構造を有する MoS₂ デバイスを作製し、その電気化学電位と発光特性の相関について実験的に評価をしている。さらに、この発光特性は MoS₂ 表面に自己組織化した各種ペプチドによって変調されることを示している。また、MoS₂ に矩形波形の電位を印加することにより、その発光の過渡応答を実験的に観測している。この過渡応答は、使用するペプチドや電解質の種類によって、その緩和の時定数が異なることが実験的に示され、長いものでは数十秒の時定数を有することが示されている。これらは、バイオエレクトロニック界面における分子やイオンなどの経時変化に伴い、MoS₂ 中の電荷密度が経時的に変化することによって発生する現象であると考察している。一方で、この現象の分子レベルでの理解のためには、さらなる実験的手法の改良および多様な分光的手法が必要であることが言及されている。

第5章“Summary and Outlook (結言と今後の展望)”では、本研究で得られた成果を総括するとともに、バイオエレクトロニック界面の今後の研究の方向性について示している。

これを要するに、本論文は二次元ナノ材料の固液界面における自己組織化ペプチドに関して、電気化学的手法を用いたバイオエレクトロニック界面のダイナミックな物性の理解に成功し、電気化学的固液界面におけるペプチドやイオンが二次元ナノ材料の電子物性に与える影響を明らかにしたものであり、将来のバイオセンサの開発の基礎となる知見が得られ、工学上貢献するところが大きい。よって本論文は博士(工学)論文として十分に価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。