

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	電圧制御による原子構造制御を用いた分子接合作製法の開発
Title(English)	Development of the Fabrication Technique for the Molecular Junctions Based on the Atomic Structure Control via Applied Bias
著者(和文)	相場諒
Author(English)	Akira Aiba
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11881号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:西野 智昭,腰原 伸也,大島 康裕,石内 俊一,北島 昌史
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11881号, Conferred date:2021/3/26, 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

(博士課程)

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	相場 諒	
		氏名	職名	氏名	職名
論文審査 審査員	主査	西野 智昭	准教授	北島 昌史	准教授
	審査員	腰原 伸也	教授		
		大島 康裕	教授		
		石内 俊一	教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Development of the Fabrication Technique for the Molecular Junctions Based on the Atomic Structure Control via Applied Bias”と題し、電圧制御技術を用いた固体酸化物中における単分子接合の作製法の開拓について述べている。本論文は以下の8章から成る。

Chapter 1. “General Introduction”ではこれまでの研究により報告された単原子・単分子接合の作製方法とその電子物性が紹介されており、従来の単分子接合研究ではデバイス応用に向けて、集積化と安定性の向上に課題があると指摘している。以上の背景を踏まえて、固体電解質中、電圧制御下にて単分子接合を作製することにより、応力の影響が著しく低減され、集積構造の作成が可能になるとして本研究の意義を述べている。

Chapter 2. “Theoretical Background”では先行研究に基づき単分子接合における電子輸送特性の理論的背景が説明されている。特にトンネル電流を用いたナノ構造体における振動分光法やトンネル接合における電子輸送モデルについて説明されている。

Chapter 3. “In situ Observation of the Electro Migration Based Formation Process for Free-standing Au Nanowires with a Scanning Electron Microscope”ではエレクトロマイグレーション法により作製した金ナノ接合構造を走査型電子顕微鏡でその場観察した結果を述べている。実験試料として電子線描画とリフトオフプロセスにより作製した金ナノ構造体を用いた。高真空中で印加電圧を制御することにより、数十から数百原子程度の太さを持つ微小な金フィラメントの作製に成功した。同時に行った電子顕微鏡像から構造変化を評価しており、適切に印加電圧を制御することにより安定な金フィラメント構造が作製できることを示している。

Chapter 4. “Investigation of Ag Filament Formation Inside the Metal Sulfide Layer of an Atomic Switch Based on Point-Contact Spectroscopy”では表面を硫化させた銀と白金のクロスワイヤー構造をもつ原子スイッチについて、硫化銀層中における銀フィラメントの形成について述べている。クロスワイヤー構造に電圧印加することにより酸化還元反応を誘起させ、硫化銀中に銀のフィラメント構造を作製した。極低温超高真空条件下で Point contact spectroscopy を行うことによりフィラメントが硫化銀層の銀イオンにより形成されることを見出した。更には硫化銀クロスワイヤー構造を用いた AND 及び OR 回路の作製を行っており、ナノデバイス集積化に向け、電圧制御によりフィラメントを作製する事の有用性について述べている。

Chapter 5. “Effects of Water Absorption on Conductive Filaments of a Ta₂O₅-Based Atomic Switch Revealed by Nondestructive Electrical Measurements”では単分子接合を作製させるため、分子吸蔵性に優れた Ta₂O₅ 薄膜を用いたフィラメントの作製について記述している。高周波スパッタリングプロセスにより作製した Ta₂O₅ 薄膜を白金と銀電極で挟んだ構造体に電圧印加を行うことで銀フィラメントを作製した。大気中では無視することができない水分子の吸着によるフィラメント構造への影響について、Simmons のモデルによりトンネル電流の印加電圧依存性を解析する事で議論している。

Chapter 6. “Forming of C₂H₂ Molecular Junction in Ta₂O₅-based Atomic Switch and Detection by Inelastic Electron Tunneling Spectroscopy”では5章で議論された Ta₂O₅ 薄膜中に形成されるフィラメント構造を利用した単分子接合の作製と非弾性トンネル分光法による接合構造の評価について述べている。アセチレン分子を Ta₂O₅ 薄膜に吸蔵させた状態で印加電圧の制御を行い、銀フィラメントの形成と破断を行った。フィラメントの破断過程における電流信号の時間変化を計測することにより、フィラメント破断後に単分子接合に帰属され得る安定な状態の検出に成功している。対応する電気伝導度領域で接合構造を保持し、極低温超高真空中で非弾性トンネル分光計測を行った結果、アセチレン分子の振動に対応する振動モードを観測したことから、Ta₂O₅ 薄膜中でアセチレン単分子接合を作製することに成功したと述べている。

Chapter 7. “General Conclusion”では本研究で得られた研究成果の総括が述べられている。以上要約すると、本論文では印加電圧制御による固体電解質中における単分子接合の作製方法及びその構造評価方法に関する研究成果がまとめられている。本研究で見出された固体酸化物中における単分子接合の作製方法は、単分子接合の集積化、および機能化を推進するうえで重要な発見であり、また、本研究で開発されたフィラメント形状及び接合構造の評価手法は非破壊的にナノ構造体の特性を評価する手法として有意義である。従って、本論文は、博士(理学)の学位論文として十分な価値を有するものと認める。

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。