T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

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)	要約
Type(English)	Outline

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

Development of the Fabrication Technique for the Molecular Junctions Based on the Atomic Structure Control via Applied Bias

相場　諒（指導教員：西野　智昭）

[論文の要約]

本論文においては、“Development of the Fabrication Technique for the Molecular Junctions Based on the Atomic Structure Control via Applied Bias”と題して、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関する研究を報告した。本論文は以下の 7 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を紹介し、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ことを指摘した。以上の背景を踏まえて、応力の影響を受けにくくかつ集積構造が作りやすいため、固体酸化物中において電圧制御により単分子接合を作製することの意義を述べた。

Chapter 2. “Theoretical Background”では先行研究に基づいて単分子接合における電子輸送特性の理論的背景を説明した。特にトンネル電流を用いたナノ構造体における振動検出法やトンネル接合における電子輸送モデルについて重点的に説明した。

Chapter 3. “*In situ* Observation of the Electro Migration Based Formation Process for Free-standing Au Nanowires with a Scanning Electron Microscope”ではエレクトロン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た。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金のナノ接合の作製に成功した。同時に行った電子顕微鏡像から構造変化を評価し、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を作製することに成功した。

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による、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た。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、硫化銀中に金属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銀イオンにより形成されることを明らかにした。更には硫化銀クロスワイヤー構造を用いた AND 及び OR 回路の作製を行い、ナノデバイスの集積化に向け、電圧制御に基づくフィラメントの作製手法の有用性について述べた。

Chapter 5. “Effects of Water Absorption on Conductive Filaments of a Ta_2O_5-Based Atomic Switch Revealed by Nondestructive Electrical Measurements”では単分子接合を作製させるためにより分子吸蔵性が優れている Ta_2O_5 薄膜を用いたフィラメントの作製を試みた。高周波スパッタリングプロセスにより作製した Ta_2O_5 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た。

Chapter 6. “Forming of C_2H_2 Molecular Junction in Ta_2O_5-based Atomic Switch and Detection by Inelastic Electron Tunneling Spectroscopy”では 5 章で議論された Ta_2O_5 薄膜中に形成されるフィラメント構造を電極に見立て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た。

Chapter 7. “General Conclusion”では本研究で得られた研究成果の総括を述べた。

以上要約すると、本論文では印加電圧制御による固体酸化中での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をまとめた。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、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。

[講演目録]

[1]. 相場 諒、金子 哲、西野 智明 “タンタル酸化物薄膜中における分子接合の形成”2020 年表面真空学

会学術講演会 オンライン開催 2020/11/21

[2]. 相場 諒、小泉 凌太、金子 哲、木口 学 “Point Contact Spectroscopy による硫化物原子スイッチの動作機構の解明”第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 北海道大学(札幌キャンパス) 2019/9/19

他 10 件

[報文目録]

[1]. **A. Aiba**, S. Kaneko, T. Tsuruoka, K. Terabe,, T. Nishino, *Appl. Phys. Lett.*, **117**, 233104 (2020). (Featured article)

[2]. **A. Aiba**, R. Koizumi, T. Tsuruoka, K. Terabe, K. Tsukagoshi, S. Kaneko, S. Fujii, T. Nishino, M. Kiguchi, *ACS Applied Materials & Interfaces* **11** (2019) 27178.

他 7 報