

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of semiconductor quantum dot transistors and ELGP nanopore for DNA sequencer
著者(和文)	大勝賢樹
Author(English)	Genki Ohkatsu
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12864号, 授与年月日:2024年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:真島 豊,舟窪 浩,神谷 利夫,片瀬 貴義,伊澤 誠一郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12864号, Conferred date:2024/9/20, 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

論文の要約

本論文は、“Study of semiconductor quantum dot transistors and ELGP nanopore for DNA sequencer”（半導体量子ドットと無電解金メッキナノポア DNA シーケンサに関する研究）と題し、英文5章から構成されている。

Chapter 1 “Introduction”（序論）では、量子ドットトランジスタ、無電解金めっき（ELGP）ナノポアの作製に向けて、10 nm 以下のナノ材料造形手法としての電子線リソグラフィ（EBL）及び ELGP、単電子トランジスタ、1次元材料としての Te、ナノポア DNA シーケンサに関連する研究報告を総説し、本研究の意義と目的を述べている。

Chapter 2 “CdS quantum dot transistor based on HS-Au/Pt nanogap electrodes”（ヘテロエピタキシャル球状金/白金ナノギャップ電極を用いた単一 CdS 量子ドットトランジスタ）では、単一 QD の電気的特性を評価するために、ギャップ長がコロイド状 CdS QD（コア径 3.8 nm）と等しいヘテロエピタキシャル球状（HS）金/白金ナノギャップ電極を作製し、化学吸着によって CdS QD トランジスタを作製した。このデバイスは、量子ドット単電子トランジスタ（QD-SET）として機能し、クーロンブロックード現象による理論的な単電子トンネル電流に加えて、急峻な電流上昇を観測した。この急峻な電流上昇は、QD の離散的なエネルギー準位を介した共鳴トンネル電流の理論解析結果と一致することを明らかにした。これは、単一 QD デバイスの実現において HS-金/白金ナノギャップ電極の有用性を示すと共に、QD 固有の特性である共鳴トンネル現象を利用できることを明らかにした。

Chapter 3 “Te nanowire transistor”（Te ナノワイヤトランジスタ）では、p 型半導体で1次元材料である Te において、電子線リソグラフィにより線幅 20 nm のナノワイヤを作製し、0001 方位がナノワイヤ軸方向と平行に配向することをラマン分光により明らかにし、Te ナノワイヤトランジスタが p 型半導体トランジスタとして動作し、Te の量子化準位に起因した電流ピークがゲート変調特性において観察されることを明らかにした。

Chapter 4 “ELGP nanopore for DNA sequencing”（DNA シーケンスに向けた ELGP ナノポア）では、固体ナノポア DNA シーケンスの新しいプラットフォームとして ELGP ナノポアを提案し、ELGP ナノポアの作製プロセスを確立した。ELGP ナノポアは、EBL、リフトオフ、ドライおよびウェットエッチング技術、ELGP によって作製した。ELGP ナノポアにおいて、一本鎖（ss）DNA の時系列イオン電流遮断シグナルを観測し、ss-DNA 配列に起因したイオン電流シグナルを観察したことを明らかにした。

Chapter 5 “Conclusion”（結論）では、本研究で得られた結果を総括し、本論文の結論と今後の展望を述べている。

以上を要するに本研究では、電子線リソグラフィと無電解金めっきに基づき、3種類

のナノデバイスの作製技術の確立、デバイス動作を実現している。単一 CdS 量子ドット単電子トランジスタでは、クーロンブロック現象に起因した電流に、共鳴トンネル電流が重畳して観察されることを明らかにし、EBL のリフトオフで作製した Te ナノワイヤがワイヤ軸方向に 0001 方位が配向して結晶化し、ナノワイヤトランジスタで動作することを明らかにし、EBL と ELGP 手法を駆使して孔径 3 nm の ELGP ナノポアを作製する手法を確立し、ss-DNA の配列に起因するイオン電流変化を観察することが可能であることを明らかにした。