

様式2

平成29年度 生体医歯工学共同研究実施報告書

受理年月日	
受理番号	2006

平成30年 3月 20日

生体医歯工学共同研究拠点 研究所長会議 議長 殿

共同研究代表者
 所属機関 北海道大学
 職 名 教授
 氏 名 高橋 庸夫 印
 勤務先所在地 〒060-0814
 札幌市北区北14条西9丁目
 電話番号 011-706-6794
 FAX番号 011-706-6457
 E-mailアドレス : y-taka@nano.ist.hokudai.ac.jp

下記により、共同研究の実施報告を致します。

記

研究題目	(和)生体物質の分光評価を目指した単電子デバイスの高周波特性に関する研究 (英)Study on high-frequency characteristics of single-electron devices for spectroscopy of biomaterials		
研究領域	1. 生体材料に関する基礎・応用研究 2. 生体工学に関する基礎・応用研究 3. 生体機能分子に関する基礎・応用研究 ④ 化学・電気・機械・材料工学の生体応用研究		
研究期間	平成29年6月1日～平成30年3月31日		
研究組織			
氏名	所属機関・部局等	職名	役割分担
高橋 庸夫 有田 正志 福地 厚 藤原 聡 豊田 一彦 廣本 宣久 佐藤 弘明	北海道大学大学院・情報科学研究科 北海道大学大学院・情報科学研究科 北海道大学大学院・情報科学研究科 NTT 物性科学基礎研・量子物性研究部 佐賀大学大学院 工学系研究科 静岡大学・創造科学技術大学院 静岡大学・電子工学研究所	教授 准教授 助教 部長 教授 教授 助教	研究統括 構造観察、材料 材料、評価 転送デバイス マイクロ波計測 テラヘルツ計測 整流デバイス
生体医歯工学共同研究拠点内対応教員	(共同研究をした教員名を記載) 静岡大学電子工学研究所・教授・猪川 洋		

研究成果

シリコンの連結型単電子デバイスの特性解析を行うと共に、寄生抵抗低減が可能な金属系単電子デバイスの開拓に向けて、Feナノドットを用いたFe-MgF₂系単層グラニューラ膜による単電子デバイスの検討を進め、その電気特性のオフセットチャージに対する安定性について評価し、他の金属系単電子デバイスと比べて極めて安定であることを示した¹⁻³⁾。

シリコン中の単一電荷トラップを利用した高速単電子転送の実証と単電子転送電流の精度評価を行った。局在電子閉じ込め構造の利用により、従来の量子ドットを凌駕する7.4GHzでの良好な電流プラトーを観測するとともに、20ppmの高精度を確認した⁴⁻⁶⁾。

2種類の平面型Magic-Tを用いた3つの放射パターンを持つアンテナを使って2軸方向に広角受電特性を有するレクテナを実現し、試作によりその特性を確認した⁷⁾。

2軸方向に広角指向性をもつレクテナについて、アンテナと整流回路の間に整合回路を設けることにより特性の改善を図った⁸⁾。

単電子デバイスの高周波テラヘルツ特性の評価、較正を行う技術の確立を目的とし、常温高検出能テラヘルツアンテナ結合マイクロボロメータの性能向上、テラヘルツ光学特性の評価のための研究を行った⁹⁻¹²⁾。

単電子トランジスタ整流特性の周波数依存性を時間依存のマスター方程式を解くシミュレーションにより解析したところ、低周波では単電子島中の電子数に対応する状態確率とトンネルレートの両方がドレイン電圧の正負に対して非対称性を持つのに対し、高周波では前者の対称性は消滅するものの後者の対称性は不変なため整流作用は動作周波数の上限無しに持続することが分かった。

使用した設備・資料・試料等

静岡大学電子工学研究所クリーンルーム設備、低温微小電流高周波測定系、研究所内外で作製された単電子デバイス

本研究成果に関連する論文発表状況

1. Y. Takahashi, T. Uchida, A. Tsurumaki-Fukuchi, M. Arita, and A. Fujiwara: Evaluation of Coupled Triple Quantum Dots with Compact Device Structure, Eds, ECS Transactions Vol. 80, No. 4, 173-180 (2017).
2. Y. Asai, S. Honjo, A. Tsurumaki-Fukuchi, M. Arita, and Y. Takahashi: Single Electron Transistor Characteristics of Fe-MgF₂ Single-Layer Granular Films, 30th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2017) 7A-2-3, (2017.11.6-9, Ramada Plaza Jeju Hotel, Jeju, Korea).
3. 浅井佑基、本庄周作、瘡師貴幸、福地 厚、有田正志、高橋庸夫：単層Fe-MgF₂グラニューラ薄膜を用いた単電子トランジスタの電気特性、電子情報通信学会技術報告 電子デバイス研究会、信学技報Vol. 117、No. 453、pp. 1-6 (2018.2.28、北海道大学)
4. G. Yamahata, S. P. Giblin, M. Kataoka, and T. Karasawa, and A. Fujiwara, High-accuracy current generation in the nanoampere regime from a silicon single-trap electron pump, Scientific Reports 7, 45137 (2017).
5. A. Fujiwara, K. Nishiguchi, G. Yamahata, and K. Chida, Ultimate Single Electronics with Silicon Nanowire MOSFETs, 2017 Silicon Nanoelectronics Workshop (June 4-5, 2017, Kyoto, Japan).
6. A. Fujiwara, K. Nishiguchi, G. Yamahata, and K. Chida, Ultimate electronics with control of single electrons, The 6th International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials and Related Nanotechnologies (EM-NANO2017) (June 18-21, 2017, Fukui, Japan).
7. T. P. Phyoe, H. Satow, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "A Dual-Axis Wide-Angle Rectenna Using a Triple-Feed Array Antenna," Proc. 2017 Int'l Symp. Antennas and Propag. (ISAP2017), 2B4-2, Phuket, Thailand, Oct. 2017.
8. T. P. Phyoe, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "Design of a Dual-Axis Wide-Angle Rectenna With Matching Networks," Proc. 8th Int'l Conf. Science and Eng. 2017 (ICSE2017), pp. 395-398, Yangon, Myanmar, Dec. 2017.
9. 廣本 宣久, A. Banerjee, 佐藤 弘明, 猪川 洋, 青木 誠, E. Bruendermann, "微細メアンダ線サーミスタを用いるテラヘルツアンテナ結合マイクロボロメータの研究開発", 日本赤外線学会第 27 回研究発表会(大阪市立大学杉本キャンパス),2017-IR-09(2017年10月27日)

10. 廣本 宣久, A. Banerjee, 青木 誠, 佐藤 弘明, 猪川 洋, “微細メアンダ構造テラヘルツアンテナ結合マイクロボロメータの研究”, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 (福岡国際会議場・国際センター・サンパレス, 福岡市), 8a-A405-10 (2017 年 9 月 8 日)
11. A. Banerjee, H. Satoh, Y. Sharma, N. Hiromoto, and H. Inokawa, "Characterization of platinum and titanium thermistors for terahertz antenna-coupled bolometer applications," Sensors and Actuators: A Physical, Vol. 273, pp. 49-57, 2018.
12. A. Banerjee, H. Satoh, D. Elamaram, Y. Sharma, N. Hiromoto, and H. Inokawa, "Optimization of narrow width effect on titanium thermistor in uncooled antenna-coupled terahertz microbolometer," Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 57, No. 4S, pp. 04FC09_1-7, 2018.

次年度の共同研究継続の有無	① 有 ・ 無	拠点内対応教員とご相談の上ご記入ください。
		継続の場合には次年度の研究計画をご記入願います。

次年度の研究計画(継続の場合)

①低寄生抵抗単電子トランジスタの作製と高周波特性の解明、②ゲート変調にもとづく単電子デバイス高速動作の解明、③レクテナやボロメータを基礎にした超高周波測定技術の検討 を継続する。特に①項に関しては、低寄生抵抗のデバイスを用いて理論的に予想される高周波特性の実証を目指す。各項の検討から得られた知見を集約し、単電子デバイスを利用した高性能な生体物質分光評価系の可能性について検討する。