

様式2

2019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	

西暦 2020年 3月 16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

〒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	西暦 2019年 5月 14日 ~ 西暦 2020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	北海道大学大学院・情報科学研究科	教授	研究統括
有田 正志	北海道大学大学院・情報科学研究科	准教授	構造観察、材料
福地 厚	北海道大学大学院・情報科学研究科	助教	材料、評価
豊田 一彦	佐賀大学・理工学部	教授	マイクロ波計測
廣本 宣久	静岡大学・創造科学技術大学院	教授	テラヘルツ計測
佐藤 弘明	静岡大学・電子工学研究所	助教	整流デバイス
Alka Singh	静岡大学・創造科学技術大学院	博士1年生	Si単電子測定
西村 智紀	静岡大学・大学院総合科学技術研究科	修士2年生	単電子シミュレーション
杉山 皓慎	静岡大学・大学院総合科学技術研究科	修士1年生	金属単電子作製
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

生体物質の分光評価に適用可能なテラヘルツ波の受信デバイスの開拓に向けて、半導体 Si ナノドットと金属 Fe ナノドットを用いた単電子デバイスの検討を進めた。Si 単電子デバイスでは、光照射により励起される正孔とソース・ドレインから注入される電子の共存系を実現した[1]。Fe 単電子デバイスでは、自己組織化 Fe ナノドットを用いているが、Feを形成する表面状態を熱参加 SiO₂からスパッタ SiO₂に変えることによって、ドット密度を増やしドットサイズを小さくすることが可能なことを示した[2]。これは、高温動作化に有利であることを意味する。

分光評価のためには、波長選択性のあるアンテナを利用した受信デバイスが有用である。電気抵抗の高いメアンダ細線サーミスタを用いたテラヘルツアンテナ結合ボロメータによって、常温テラヘルツ検出器として世界最高レベルのNEP(雑音等価電力)を実現した[3]。

4つの放射素子に90度の位相差をつけるとともにマジック Tを組み込んだ2重給電回路を用いることで異なる放射特性を持つ2つのビームを実現した円偏波アンテナを提案し、実験により動作を確認した[4]。

アンテナ素子とガン発振器、位相変調器を一体化した偏波切替え機能を持つアクティブアレーアンテナを考案した。本アンテナは、簡易な構成で、発振・変調・偏波切り替え機能を一体化している[5]。

テラヘルツ波の受信に適用可能な単電子トランジスタの整流作用に関しては、シミュレーションによる検討を進めた。動作点をクーロンダイヤモンドの辺上に設定することにより、ゼロバイアス動作に比べて感度を最大3桁向上し、低周波・高周波領域の境界で生じる整流電流の低下を10%以下に抑えられることが分かった[6]。Siデバイスの測定によるシミュレーション結果の検証を進めた[7]。

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] Yasuo Takahashi, Michito Sinohara, Masashi Arita, Atsushi Tsurumaki-Fukuchi, Akira Fujiwara, Yukinori Ono, Katsuhiko Nishiguchi, and Hiroshi Inokawa, "Si Single-Electron Transistor Characteristics under Photo-Excitation," ECS Transactions Vol. 92, No. 4, 47-56 (2019).

[2] 天野 郁馬, 瘡師 貴幸, 福地 厚, 有田 正志, 高橋 庸夫, 「SiO₂上の Fe ナノドットアレイの電気伝導特性の表面依存」第55回応用物理学会北海道支部/第15回日本光学会北海道支部合同学術講演会、B-5、講演予稿集 p. 27 (北海道大学「学術交流会館」、2019.1.11-12).

[3] N. Hiromoto, A. Banerjee, D. Elamaram, M. Aoki, C. Apriono, H. Satoh, E. Bruendermann, E. Rahardjo and H. Inokawa, "High Responsivity and Low NEP of Room-Temperature Terahertz Antenna-Coupled Microbolometers with Meander Titanium Thermistor," 44th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves (IRMMW-THz 2019), (Paris, France), Tu-Po2-77 (Sept. 2019).

[4] T. P. Phye, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "A Circularly Polarized Dual-Axis Dual-Beam Array Antenna Employing a Dual-Feed Network with Diagonal 90° Phase Shift," IEICE Comm. Express, Vol. X8-B, No. 12, pp. 462-467, Dec 2019.

[5] M. Hasan, E. Nishiyama, and I. Toyoda, "A Polarization Switchable Active Integrated Array Antenna with a Single-Lambda Slot-Ring Gunn Oscillator and PSK Modulator," IEICE Comm. Express, Vol. X8-B, No. 12, pp. 560-565, Dec. 2019.

[6] 西村 智紀, Alka Singh, 杉山 皓慎, 佐藤 弘明, 猪川 洋, 「単電子トランジスタ整流器の感度と周波数特性の改善」第80回応用物理学会秋季学術講演会 20p-E317-6(北海道大学 札幌キャンパス, 2019.9.18-21).

[7] Alka Singh, Tomoki Nishimura, Hiroaki Satoh, Hiroshi Inokawa, "High-Frequency Characterization of Silicon Single-Electron Transistor as a Rectifier," The 4th International Symposium on Biomedical Engineering (ISBE 2019) P2-21, pp. 242-243 (Hamamatsu, Japan, Nov. 14-15, 2019).

次年度の共同研究継続の有無

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)