

様式 C - 7 - 1

令和元年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

機関番号	14603
所属研究機関名称	奈良先端科学技術大学院大学
研究代表者	部局 先端科学技術研究科 職 助教 氏名 野々口 斐之

1. 研究種目名 基盤研究(B)(一般) 2. 課題番号 19H02536

3. 研究課題名 一次元プラズモニクスの理解に基づくテラヘルツ電磁波イメージング

4. 研究期間 令和元年度～令和3年度 5. 領域番号・区分 -

## 6. 研究実績の概要

本研究は単層カーボンナノチューブを基盤とするテラヘルツ波帯の高感度イメージングデバイスを開発することを目的としている。研究期間の前半では、申請者が有する高信頼性ドーピング手法を用い、テラヘルツ帯のイメージング感度に見られると予測される構造物性相関を明らかにすることを計画した。令和元年度には、半導体性カーボンナノチューブの精製技術と製膜技術を整備するとともに、熱電変換特性と遠赤外プラズモン共鳴を同一試料で計測する方法論を確立した。光熱電変換に基づく検出機構ではこの両者の積で感度が決定するため、一貫した評価システムを構築できたといえる。この結果、幅広いドーピング範囲で比較的優れたドーピング感度が与えられることをはじめて明らかにした。統いて、オンチップのイメージング素子の性能を0.26THzで計測し、300ナノメートル程度の薄膜においても従来の検出デバイスと同程度の雑音等価電力が得られることを明らかにした。現時点では厚いPETフィルムを基板として用いているが、PETの薄膜化や放熱機構の付与など熱設計も加味することでさらなる性能向上も期待できる。また薄膜状態でも十分な感度が得られていることから、軽量・半透明デバイスなどの利用価値が期待できる。平行して今後の課題となるドーピング安定性やドーピング精度の問題を抽出した。安定性については種々のドーピング手法を比較し、化学ドーピング法を最適化するとともに現実的な封止技術についても検討を開始した。

## 7. キーワード

プラズモニクス カーボンナノチューブ センサー 電磁波 ドーピング

## 8. 現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。  
理由  
初年度は半導体性カーボンナノチューブ膜における光熱電変換特性の構造物性相関を明らかにしており、提示した課題を全て達成していると言える。また先行してオンチップデバイスでの課題調査も始めており、プロジェクトが極めて順調に進展していると考えている。

## 9. 今後の研究の推進方策

令和2年度では、ドープ半導体性カーボンナノチューブ薄膜を搭載した電磁波センサーを構築し、その応答性を調べる。単極、および両極性のデバイス構造について、定量的なセンサー特性の評価法を検討する。とくにn型素子の安定性が課題となることが予想される。そこでp型のみの特性を強く反映するデバイス構造を考える。これと同時に、n型ドーピングに対して安定な半導体性カーボンナノチューブの構造を調べるとともに、物理的な封止技術も検討する。続けて、電磁波エネルギーとの依存性を調査する。遠赤外領域のカーボンナノチューブのプラズモン共鳴を利用したブロードバンドセンサーのコンセプトを実証する。雑音等価電力をもとに、種々の既報デバイスと比較検討する。

## 10. 研究発表（令和元年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著論文 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yu Iihara, Tsuyoshi Kawai, Yoshiyuki Nonoguchi	4. 卷 15
2. 論文標題 Ionic Dopant Encapsulating Single Walled Carbon Nanotube Films with Metal Like Electrical Conductivity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chemistry-An Asian Journal	6. 最初と最後の頁 590-593
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/asia.201901750	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 大井かなえ, 李恒, 鈴木大地, 河合壯, 河野行雄, 野々口斐之
2. 発表標題 A semitransparent terahertz imager made from chemically doped semiconducting carbon nanotube thin films
3. 学会等名 第58回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八木智子, 河合壯, 野々口斐之
2. 発表標題 Extraction of semiconducting carbon nanotubes by using side chain-engineered cellulosic polymers in organic solvents
3. 学会等名 第58回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名

K. Oi, T. Kawai, Y. Nonoguchi

2. 発表標題

Mechanistic understanding transport in semiconducting carbon nanotube networks

3. 学会等名

3rd Workshop on Functional Materials Science (国際学会)

4. 発表年

2019年

1. 発表者名

野々口斐之

2. 発表標題

ねじれる熱電発電シート

3. 学会等名

第9回CSJ化学フェスタ2019 (招待講演)

4. 発表年

2019年

1. 発表者名

K. Oi, T. Kawai, Y. Nonoguchi

2. 発表標題

Investigating tunneling transport in semiconducting carbon nanotube films

3. 学会等名

10th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE10) (国際学会)

4. 発表年

2019年

1. 発表者名

Yoshiyuki Nonoguchi, Ami Takata, Chigusa Goto, Junichi Komoto, Tsuyoshi Kawai

2. 発表標題

Thermoelectric transport in polymer-functionalized semiconducting carbon nanotube films

3. 学会等名

International Conference on the Science and Application of Nanotubes and Low-Dimensional Materials (NT19) (国際学会)

4. 発表年

2019年

〔図書〕 計0件

1 1 . 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件／うち取得0件）

1 2 . 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 3 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

-

1 4 . 備考

-