

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：82108

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2020～2021

課題番号：20K21138

研究課題名（和文）宇宙初期天体探索に向けた表面プラズモン/熱電材料赤外検出器の開発

研究課題名（英文）Development of infrared detectors based on plasmonics and thermoelectrics

研究代表者

原田 尚之（Harada, Takayuki）

国立研究開発法人物質・材料研究機構・国際ナノアーキテクトニクス研究拠点・独立研究者

研究者番号：90609942

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：高解像度の赤外線検出器は、赤外線天文学用途に加え、赤外線画像診断などの医療機器、自動車や航空機の視界補助用暗視装置、建物・構造の非破壊検査、海洋・地質探査、電子部品の評価試験など幅広い用途に利用可能である。本研究では、赤外線のエネルギーを効率的に集めることができる金属の微細構造と、熱エネルギーを電気エネルギーに変換する熱電材料を組み合わせ、新しい原理の赤外検出器開発を目的として研究を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、光エネルギーを効率的に吸収する金属ナノ構造と熱電材料を組み合わせ、新しい光検出器を開発することを目標とした。研究期間内に検出器の開発には至らなかったが、高画素数の検出器を開発するために必要な、大面積で赤外線の透過性が高い下部電極の作製に成功した。この下部電極の上に熱電材料と金属ナノ構造を作製し、新しい光検出器の開発につなげたい。

研究成果の概要（英文）：High-resolution infrared detectors have wide range of applications such as medical apparatus, night-vision sensors in automobiles and aircraft, non-destructive inspection of buildings and structures, ocean and geological exploration, evaluation of electronic components, and infrared astronomy. In this project, we aimed to develop an infrared detector based on a new principle by combining metal nanostructures that can efficiently collect infrared energy and thermoelectric materials that converts temperature gradient into electrical signals.

研究分野：薄膜ヘテロ構造

キーワード：酸化物 デバイス 薄膜 検出器

### 1. 研究開始当初の背景

高解像度の赤外線検出器は、赤外線天文学や赤外線画像診断などの医療機器、自動車や航空機の視界補助用暗視装置、建物・構造の非破壊検査、海洋・地質探査、電子部品の評価試験など幅広い用途に利用できる可能性がある。本研究では、熱を電圧に変換する熱電変換材料と、金属のナノ構造が光のエネルギーを集める局在プラズモンを利用して、新しい原理の高集積化可能な赤外線検出器を開発する。

### 2. 研究の目的

本申請では金属ナノ構造 / 熱電材料の積層構造を利用して、金属ナノ構造の局在プラズモンにより吸収した光のエネルギーを電圧信号に変換し赤外線を検出し、分解能の高い赤外線検出器を開発することを目的とした。

### 3. 研究の方法

パルスレーザー堆積法によりサファイヤ基板に下部電極の PdCoO<sub>2</sub> と熱電材料の薄膜を作製し、その上に電子線リソグラフィーで金属ナノ構造を微細加工して金属ナノ構造/熱電材料/下部電極の積層構造を形成する。この構造に赤外線を照射しながら、電圧出力を計測する。デバイスをサファイヤウエハー上に多数配列して、高解像度で画像を検出する。

### 4. 研究成果

研究代表者の異動に伴い、薄膜作製装置を新たに立ち上げる必要が生じたため、研究が遅れが生じてしまった。これまでに、新しく立ち上げた薄膜作製装置を用いて、下部電極である PdCoO<sub>2</sub> を大面積化に適した方法で薄膜作製することに成功した。図 1 に、PdCoO<sub>2</sub> 電極の近赤外領域の光透過性をグラフェンや Ag ナノワイヤー (Ag NW)、ITO などの様々な透明電極と比較する。

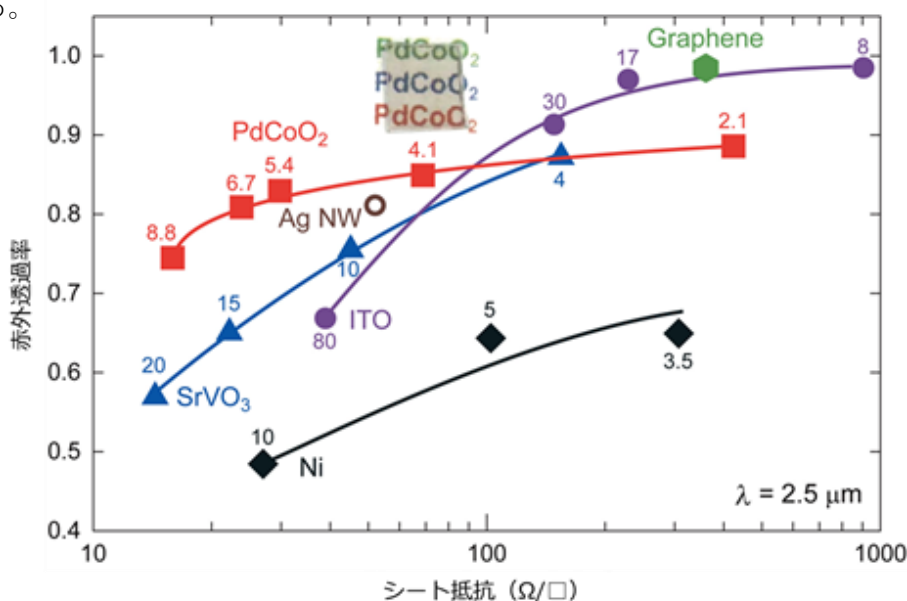


図 1 様々な透明電極材料の波長 2.5 μm における赤外透過率の比較。横軸はシート抵抗。各プロット横の数字は膜厚 (nm)。

[Ref. T. Harada, Mater. Today Adv. 11, 100146 (2021)]

本研究で開発した PdCoO<sub>2</sub> 下部電極は、シート抵抗 50 Ω/□以下の実用的な領域で他の透明電極よりも高い赤外光透過率を持つことがわかる。

赤外光透過性の高い PdCoO<sub>2</sub> 下部電極を利用すると、金属ナノ構造で吸収されなかった光が、下部電極を透過するため、熱電材料内の温度勾配を最大化でき、高い検出感度を実現できると考えられる。研究期間内には検出器の開発には至らなかったが、今後、サファイヤウエハー上に PdCoO<sub>2</sub> と熱電材料を大面積で堆積し、その上に金属ナノ構造を電子線リソグラフィで作製してデバイス化を試みたい。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Takayuki Harada	4. 巻 11
2. 論文標題 Thin-film growth and application prospects of metallic delafossites	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials Today Advances	6. 最初と最後の頁 100146
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.mtadv.2021.100146	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------