

Title	タンタル酸リチウム単結晶を用いた焦電型赤外線センサの高性能化に関する研究
Author(s)	柴田, 賢一
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38387
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名 柴 田 賢 一

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 0 4 7 8 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 4 年 12 月 15 日

学 位 授 与 の 要 件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当

学 位 論 文 名 タンタル酸リチウム単結晶を用いた焦電型赤外線センサの
高性能化に関する研究論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 浜 川 圭 弘

教 授 蒲 生 健 次 教 授 小 林 哲 郎 教 授 奥 山 雅 則

論 文 内 容 の 要 旨

本研究の目的には、感度の波長依存性がない、室温動作可能という特徴を持つ焦電型赤外線センサの高性能化を実現し、広く民生用として使用できる焦電型赤外線センサを開発することにある。本論文は、優れた焦電材料であるタンタル酸リチウム単結晶の育成技術の確立、3種類の高性能焦電型赤外線センサの開発、および新規応用であるCO₂ガス検出器の高精度化、高安定性技術の開発より構成されている。

焦電型赤外線センサは、赤外線を熱として捉えるため、焦電体に発生した熱を如何に有効に利用するか、即ち焦電体の支持構造に、その高性能化は係っている。そのため、焦電体を導電性支持台上に導電性接着剤を用いて貼り付けるという新支持構造(PEC構造)を開発し、接着層の厚み、接着層中の混合物量の制御を行うことで、焦電体から支持台への熱の散逸を低減できることを実証し、高性能化を実現するとともに、量産性の向上を達成した。併せて、本支持構造を持つ焦電型赤外線センサの特性の理論的考察を行い、実験値と一致することで、本考察の有効性を実証し、さらに、焦電体の厚み、負荷抵抗(ゲート抵抗)の最適値を求めるとともに、熱回路を含めた最適設計技術を確立した。

これまで、焦電型赤外線センサは、その検出部を持つ焦電特性、圧電性のため、外部温度変化とか振動などの環境変化により、誤信号を発生し易いという問題があった。本研究では、これらの問題点の改善を目指して、互いに分極方向が異なる偶数個の焦電体を持つ外部雑音補償構造を持たせた焦電型赤外線センサ(デュアルタイプセンサ)を開発し、信号検出システムを含めた計測システムの検討により、高感度で耐環境性に優れたデバイス技術を開発した。

次に、従来の焦電型赤外線センサでは、連続出力を得るため、大型の赤外線断続機構(チョッパ)が必要であり、非接触温度計測などへの応用の際の問題になっていた。そのため、小型チョッパの開発を進め、金属スリット板とバイモルフ振動子を用いることで、その実現に成功した。そして、本小型チョッパを赤外線検出部と同一のパッケージに納めることのできる新構造の検討を進め、2枚のスリット板と2枚のバイモルフ振動子でチョッパ部を構成(ツイン構造)することで、超小型、低消費電力のチョッパ内蔵焦電型赤外線センサ(モジュレーションタイプ焦電型赤外線センサ:M型センサ)を実現した。併せて、センサの最適構造の考察を進め、駆動電圧、内部構成部品(特に、シー

ルドボックスのアーチャー径)を適正化することにより、高特性を実現できることを明らかにした。

さらに、上記チョッパ内蔵焦電型赤外線センサを用いたCO₂ガス検出器の高性能化を、その内部構造の考察により進め、1個の赤外線センサと温度調節機構を持つシングルビーム構造CO₂ガス検出器を開発し、高精度(CO₂濃度5%域で精度±0.05%、CO₂濃度20%域で精度±0.2%)、高安定性(1500Hの連続動作で出力変化±0.5%以内)を実証した。

以上述べてきた通り、本研究では、PEC構造センサ、デュアルタイプセンサ、M型センサの3種類の高性能焦電型赤外線センサを開発し、併せてこれらの新規応用センサシングシステム(CO₂ガス検出器)を確立し、それぞれを実用化技術とすることに成功した。

論文審査の結果の要旨

近年、赤外線センサはその波長感度帯域拡大と信号処理技術の進歩によるインテリジェント化によって従来の非接触温度計測からリモートセンシング、医用、資源探査、環境管理など、益々その応用範囲が広がりつつある。本研究は広い赤外線波長領域にわたって平坦な感度を持ち、しかも室温動作可能な焦電型赤外線センサについて、新素材の開発からデバイス、計測システムにわたる一連の研究をまとめたものである。

本論文では、まず焦電型赤外線センサ開発の沿革について概説し、赤外線センサとしての良さの指数を定義し、これまで開発された焦電材料について各特性定数と良さの指数について評価して、デバイスの製造コスト、耐環境性、信頼性について考察している。その結果、レーザ用材料として最近その結晶成長技術が確立されているLiNbO₃(ニオブ酸リチウム)結晶に注目し、これと類似の結晶系であるLiNbO₃(タンタル酸リチウム)を選び出した。そして、LiNbO₃の低コスト大型結晶の成長について組織的研究を行い、融点が1650°Cと高いことによる種々の問題点を解決し、ルツボ、アフターヒータ、シード棒にいたるまで、独特の比率を持つPt-Rh合金を使うなど製造炉にも工夫をこらし、この結晶の基礎物性と結晶成長条件との関連を明らかにするとともに、直径4インチ、長さ6インチ級の世界最大といえる、高性能焦電効果用LiNbO₃結晶の最適化技術を確立した。

次いで、この結晶を用いた電圧モード型焦電センサの構造と性能定数について理論ならびに実験的研究を実施し、焦電材料の厚さ、信号検出部のゲート抵抗、熱定数と感度ならびに応答速度についての設計理論を確立し、最適化設計条件を明らかにした。また、センサの出力が微分型であることから、安定な連続信号を得るために、従来行われていたモータ駆動方式とは異なり2枚のバイモルフ振動子を用いたチョッパ機構を考察することにより、検出システム全体の超小型化に成功し、同時に耐環境性ならびに信頼度の優れたインテリジェントセンサシステムを開発している。

最後に、このデバイスの応用分野の一例として、各種公害ガスの赤外域での吸収特性を利用したガスセンシングシステムについて述べている。このガスセンサについては、赤外線源をもった能動型ガスセンシングシステムを開発し、各種ガス検出用光学フィルタに求められる特性を明らかにし、小型で簡単なCO₂ガスセンサへの応用例について一連の基礎データを揃え、公害監視用システムへの基礎技術を確立した。

以上のように本研究は赤外線センサとその応用分野に、その広波長感度帯域化と室温動作という新機軸を開いたもので、光センサ光学の基礎技術と応用分野の拡大に貢献する所大きく博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。