

論文審査の結果の要旨

氏名 渡 辺 健 太 郎

遠赤外線波長域、特に100ミクロンから300ミクロンの波長域においては、検出器の開発が遅れ、高感度で0.1Kのような極低温を必要とせずさらに2次元化が可能な検出器、すなわち実用的な検出器がいまだに存在しない。そのため、銀河、星、惑星などの進化研究のために重要な低温ダストなど多くの有用な観測対象天体があるにもかかわらず、過去における観測の実績はきわめて乏しい。本論文はn型GaAs（ヒ素化ガリウム結晶）を用いて、この波長域で実用的な検出器を製作するための開発研究について述べたもので、n型GaAsがこの波長域の検出器として実用的な能力を備えることを実証したものである。論文は六章から構成され、第一章では、この波長域の天文学的な特質と検出器の現状が記述されている。第二章では、n型のGaAs検出器の設計の方法がまとめられ、必要な物性とそれに関連する検出器性能について述べられている。第三章ではGaAsを結晶成長させるための実際的手法である液相エピタキシーについて述べられ、製作された結晶の物性の評価を行っている。第四章では、GaAs検出器の製作の方法と製作された検出器の性能について述べられている。第五章では、開発されたGaAs検出器を用いた気球搭載のための観測装置について述べられており、最終章は結論に充てられている。

新しい半導体検出器の開発は半導体材料の開発であり、そのために必要な半導体材料の生成パラメータは測定されていないことが一般的である。新しい材料を開発するためには多くの試行錯誤を避けることができない。本論文では、このような状況で、GaAs半導体を結晶形成から自力で行い、作成した材料の性能評価を行った。結果を形成手法にフィードバックすることにより、実用的な性能を備えた検出素子を実現した。この間、文献では得られない多くのノウハウ、例えば水素ガスの還元作用で不純物量を制御できることなど、を蓄積し、最終的に、GaAs検出器において性能を得るために最も重要なパラメータである結晶純度が不純物濃度にして 10^{-10} に達するGaAs結晶の生成に成功した。また将来の発展を考慮して、Te（テルル）やSe（セレン）をドープした結晶も製作した。SeをドープしたGaAsは世界的にも初めての試みである。

生成に成功した高純度のGaAsを用いてフォトコンダクター型検出器を試作し、その基本的な性能を評価した。評価は絶対温度1.5Kにおいて、J-FETを用

いた TIA (Trans -Impedance Amplifier) 読み出し回路を用いて行なった。暗電流特性や I-V 特性、雑音特性を評価した。特に波長感度の評価により 150 から 320 ミクロンに感度があること、複雑な波長感度特性を持ち、複数の遷移が関与していることなどが明らかとなった。また絶対感度評価を行い、検出器の効率で 0.4 を達成した。これは実用化のための条件として当初目標とした値に近いものである。

気球搭載のためのアレイ検出器システムを設計し、検出効率を向上させるための検出器部分の試作を行い、実機での観測性能を評価した。これらの結果は実際の気球望遠鏡に搭載した場合に十分な検出性能となっており、本論文で開発を行ってきた GaAs 検出器がまさに実用レベルに達していることを示すものである。

このように本研究は、実用的な検出器の獲得が困難な遠赤外線波長域において、高純度の半導体材料を、材料レベルから生成し、これを用いて実用的な検出器が得られることを示したものである。解明されていない物性も多く残されているが、実用に用いるという目的においては、今後アレイ化などの開発を行えば、将来、気球や衛星などに搭載され、100 - 300 ミクロン帯での有力な検出器となることが期待される。また、今後、結晶の不純物濃度、アクセプター不純物濃度を下げるなどの改善が進めば、さらなる性能向上が実現できる可能性もある。なお、本論文の第二章から第三章は村上浩、若木守明、阿部治、上野真樹との共同研究であるが、材料の生成、検出器の作成などや多くの評価実験は申請者本人が行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。