

# 論文審査の結果の要旨

氏名 二瓶 亮太

本論文は、4章からなる。第1章は序論であり、本研究の背景および動機と電荷敏感型赤外検出器（CSIP）の動作原理が簡潔に述べられている。テラヘルツ（遠赤外）の領域は、星形成銀河や原始惑星系円盤などの研究において非常に重要な波長領域であるが、30-60  $\mu\text{m}$  に対しては将来の観測に要求される感度を持つ検出器が開発されていない。一方で、12-20  $\mu\text{m}$  の波長領域に対しては、半導体量子井戸のサブバンド間遷移に伴う電荷変化を、平行に配置した別の量子井戸の電気伝導を通じて測定する優れた検出器 CSIP が小宮山らによって最近開発されている。ターゲット波長は、量子井戸の幅を変えることなどにより制御することができる。論文提出者らは、CSIP の長波長化をめざし研究を行った。

第2章では、ターゲット波長が 32, 36, 48  $\mu\text{m}$  の3個の試料の構造と測定系について述べられた後、光応答の実験結果が示されている。基板として化合物族半導体を用いた場合、光子と光学フォノンの結合により電磁波が結晶中を伝播できない Reststrahlen 帯と呼ばれる波長領域が存在する。本研究で用いられた GaAs では 33.8-36.8  $\mu\text{m}$  となり、研究対象とする波長領域に含まれることになる。多重量子井戸を用いた検出器では Reststrahlen 帯で光応答が消失することが報告されているが、CSIP の場合には上側（受光側）の量子井戸が表面からわずか 100 nm の深さにあるために、Reststrahlen 帯でも光応答が観測された。一方で、すべての試料において、光応答が見られる波長領域が二つに分かれることが明らかになった。

第3章では、実験結果に対する解釈とその検証のために行った電子濃度依存性の測定について述べられている。光子の吸収は、サブバンド間遷移だけでなく光学フォノンの生成も引き起こす。論文提出者らは、電子と縦光学（LO）フォノンとの間の相互作用によって「基底状態の電子+1個のLOフォノン」と「励起状態の電子+0個のLOフォノン」の二つの状態が結合することにより作られた intersubband ポーラロンと呼ばれる状態を考え、準位反発の結果として光応答が見られる波長領域が二つに分かれることを説明した。さらに量子井戸中の二次元電子の集団運動によるシフトも斟酌すると、実験結果を概ね再現できることを示した。電子濃度依存性の実験結果からも、モデルと矛盾しない傾向が得られている。

第4章では、以上のまとめが述べられている。

将来的には GaAs 以外の半導体を用いる選択肢もありうるが、現状では量子井戸の作製技術が最も確立している GaAs を用いることが得策であると考えられる。GaAs を用いた 30-60  $\mu\text{m}$  領域の CSIP を開発する上で、LO フォノンが及ぼす影響を明らかにす

ることは不可欠であったが、本論文により理解が大きく進んだと言える。本論文の成果は物性物理学および観測天体物理学にとって意義のあるものであり、今後の発展に大きく寄与することが期待できる。

なお、本論文は小宮山進氏、川田光伸氏、松浦周二氏、土井靖生氏、佐藤崇氏、中川貴雄氏との共同研究であるが、実験の遂行、データ解析は全て論文提出者が主体となっていたものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上の理由により、博士（理学）の学位を授与できると認める。