

論文審査の結果の要旨

氏名 高山 正行

本論文は7章からなる。第1章は序論であり、光励起半導体中の電子正孔系の性質、特に励起子 BEC に関する理論背景と励起子 BEC や励起子間相互作用に関係する過去の実験についてまとめられている。過去の研究において困難であったバルクの半導体での励起子間相互作用の定量的な評価が、近年の試料の質の向上、および、テラヘルツ分光計測の発展などにより可能となったことを踏まえ、本研究の目的を、低温でのバルクの半導体中の励起子系の性質を、特にスピンドイナミクスや励起子間相互作用の振る舞いについて詳しく調べることとしている。

第2章は試料である GaAs の基礎物性と励起子系の理論背景について記述されている。GaAs の基礎物性と1体の励起子に関する基礎的性質についてまとめられており、また、多体励起子系における相互作用の効果、さらには、励起子を構成する電子・正孔スピン緩和とそのメカニズムに関する理論背景が記述されている。

第3章は実験手法について記述されている。測定試料であるバルク GaAs の試料構造とその物性評価について、また、実験で用いた近赤外光ポンプー近赤外光プローブ分光、近赤外光ポンプーテラヘルツ波プローブ分光の実験系及びその解析法の詳細について記述されている。

第4章は過渡吸収分光による同種・混合励起子分子の誘導吸収の信号観測と励起子スピン緩和時間の定量評価について記述されている。励起子及び励起子分子の偏光選択則を詳しく議論した上で、近赤外光ポンプー近赤外光プローブの分光計測の偏光依存性の実験結果を考察し、HH-LH 混合励起子分子の誘導吸収を、バルクの閃亜鉛鉱型半導体で初めて観測したことを報告している。また、励起子ポピュレーションダイナミクスのシミュレーションを用いて、励起子分子の誘導吸収ダイナミクスの実験結果の解析を行い、バルクの半導体における LH 励起子中での電子正孔間交換相互作用による同時スピントリフが初めて観測され、その緩和時間を評価したことが報告されている。

第5章は励起子吸収線シフトと励起子間相互作用エネルギーについて記述されている。LH 励起子の中に働く相互作用による励起子吸収線のピークシフトの励起子密度依存性を、初めて実験により定量評価したこと、また、この結果が平均場近似に基づく理論計算と比較して定量的によく一致することが報告されている。また、s 波散乱のモデルで記述されるシミュレーションと実験結果の比較から、電子スピン・正孔スピンの両者がともに逆向きである2励起子の間にも斥力散乱が働くことを実験的に明らかにしたことが報告されている。

第6章は励起子ピークシフトのダイナミクスの起源について記述されている。実験により得られた共鳴励起後の励起子間相互作用強度の減少が励起子系の温度上昇によるものである可能性が高いことが指摘されている。

第7章は総括であり、本研究のまとめと新奇性について、また、今後の展望について記

述されている。

本論文は、バルク GaAs の励起子系を対象に、スピン緩和ダイナミクス、励起子間相互作用の定量評価、極低温励起子状態の熱化ダイナミクスを明らかにしたものであり、これらの知見は励起子物性における普遍的・基礎的な物理に対して新たな実験的知見を与えるものであると評価できる。

なお、本論文は、金昌秀氏、秋山英文氏、島野亮氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究を行ったもので、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。