

論文審査の結果の要旨

氏名 中前 秀一

本論文は5章からなる。第1章は、序論であり、半導体からの超放射と位相緩和時間の関係、四光波混合による位相緩和時間の測定原理、半導体における位相緩和時間の励起密度依存性の先行研究、研究の目的について述べられている。半導体電子正孔系からの超放射の研究において、超放射のパルス幅と位相緩和時間の関係が十分に調べられていないことを指摘している。

第2章は実験方法について述べられている。測定試料、測定試料の光学評価、励起光源、測定系、励起密度の評価、光源のタイミングジッター評価、ロックイン検出法について述べられている。試料として GaAs 多重量子井戸を用い、フォトルミネッセンス測定と透過率測定による光学特性評価を行っている。励起光源として用いたチタンサファイアレーザーと半導体利得スイッチレーザーの同期とそのタイミングジッターの評価を行い、また、四光波混合測定についてその手法について述べている。さらに、励起密度の見積もり方、実験に用いたロックイン検出法について述べている。

第3章は実験結果について述べられている。位相緩和時間の励起密度依存性をいくつかの条件に場合分けして実験を行っている。最初に、非平衡、低密度から中密度領域を、次に、準熱平衡、中密度領域を、最後に、準熱平衡、中密度から反転分布領域での実験結果を示している。それぞれの条件において、2パルス四光波混合、バンド端プレパルス+2パルス四光波混合、バンド間プレパルス+2パルス四光波混合の実験手法で測定を行っている。高密度の反転分布領域における実験において、位相緩和時間が励起密度に対して増加するという、知見のなかった実験結果を得たことが示されている。

第4章はモデル計算について述べられている。自由電子近似下での反転分布の計算、第二 Born 近似下での位相緩和時間の計算について、計算方法と計算結果が示されている。この計算により、第3章で得られた実験結果の物理的解釈を与えることを試みている。自由電子近似計算により、励起キャリア密度に対するフェルミ分布の化学ポテンシャルを見積り、また、半導体 Bloch 方程式を2次摂動レベルへ発展させた第二 Born 近似下での自由キャリア散乱の計算によって、バンド端での位相緩和時間の励起密度依存性の計算を行っている。位相空間充填効果、あるいは、ポテンシャルの遮蔽長の減少によってバンド端での散乱が抑制されることが、反転分布領域における位相緩和時間の励起密度に対する増加の理由であることを示唆している。

第5章は結論と展望について述べられている。

本論文では、半導体多重量子井戸の系において、高密度の反転分布領域では励起密度に対して位相緩和時間が増加するという、これまでに知られていなかった現象を実験により明らかにした点において、半導体光物性物理学における新しい知見をもたらすものであると評価できる。

なお、本論文は、伊藤隆氏、中村考宏氏、金昌秀氏、狭間優治氏、黒田隆之助氏、小林

洋平氏、横山弘之氏、秋山英文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。