



Title	ピコ秒・ナノ秒レーザー分光によるGaAsの高密度電子・正孔プラズマの研究
Author(s)	田中, 省作
Citation	大阪大学, 1980, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/32888
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名・(本籍)	田 中 省 作
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	第 5 1 1 9 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 12 月 19 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学 位 論 文 題 目	ピコ秒・ナノ秒レーザー分光による GaAs の高密度電子・正孔プラズマの研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 櫛田 孝司 (副査) 教 授 伊達 宗行 教 授 金森順次郎 教 授 邑瀬 和生 教 授 大塚 穎三

論 文 内 容 の 要 旨

ピコ秒・ナノ秒レーザー分光法を用いて直接遷移型半導体GaAsにおける高密度電子・正孔プラズマ(EHP)の研究を行った。ピコ秒モード同期Nd:YAGレーザーと、テレビカメラとマイクロコンピュータを利用した測定装置を開発し、GaAsのEHPのピコ秒時間分解発光スペクトルの観測に初めて成功した。

まず、ピコ秒レーザー励起によりGaAsの高密度EHPによる自然発光の時間積分と時間分解発光スペクトルを測定した。次にナノ秒定常励起のもとでEHPの自然発光と光学利得スペクトルを測定した。そして発光スペクトルの解析を行いEHPの有効温度・キャリア濃度を決定した。

ピコ秒パルス光で励起した場合、その直後においては発光スペクトルは励起子エネルギー位置よりも高エネルギー側に長いすそを示す。そして時間が経過するに従ってスペクトルのすそは徐々に消滅する。この結果から、励起直後に作られた熱いキャリアは急速に冷却すると考えられる。励起直後においては、有効キャリア温度は90Kであり励起後150psまでの間に約50Kまで低下する。それと同時にキャリア濃度は 4.5×10^{17} から $1.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ まで減少する。このとき、化学ポテンシャル μ は1.508から1.504eVまで減少し、一方遷元バンドギャップ・エネルギー $\tilde{E}_g$ は1.484から1.494eVまで増大する。励起後150ps以上の時間が経過するとスペクトル形状の変化は顕著でなくなる。この結果からキャリア温度は50K程度で一定となり400psまでの時間内では格子とキャリアの熱平衡は達成されないことが判った。

μ あるいは $\tilde{E}_g$ のキャリア温度と濃度依存性はEHPの基底状態エネルギーの理論的な計算結果により定性的に説明できることが判った。また定常励起による実験から得た μ と $\tilde{E}_g$ の値も計算結果により

定性的に説明できる。

ピコ秒分光で得られたEHPの冷却過程はフェルミ分布のすそに位置するキャリアによるLOフォノン放出によると考えるとよく説明できる。定常励起における、キャリア温度の格子温度依存性はEHPの平均エネルギー緩和速度の計算値により説明できる。

観測したキャリア温度は電子・正孔液体生成に対する遷移温度より約10倍高く、濃度も遷移濃度より約20倍高い。したがって液体状態は実現されておらずガス状のEHPが過渡的にのみ存在すると考えられる。このように直接遷移型半導体GaAsにおいては、その短いキャリア寿命、低い遷移温度、そして寿命と比較して遅い冷却過程のため、液体状態の実現は困難であると結論できる。

論文の審査結果の要旨

本研究は直接型半導体の代表的な物質であるGaAsにナノ秒ないしピコ秒レーザー光を照射して、高密度の電子正孔プラズマを生成させ、その再結合による発光を詳細に研究したものである。特に田中君はピコ秒モード同期YAG: Nd³⁺ レーザーと、テレビカメラならびにマイクロコンピュータを組み合わせることにより、微弱な蛍光のピコ秒領域での時間分解スペクトルを正確に測定する装置を開発しGaAsの電子正孔プラズマによる発光のピコ秒時間分解スペクトルの観測に初めて成功した。このようなスペクトルの解析から電子正孔プラズマの有効温度やキャリア濃度、化学ポテンシャル、還元バンドギャップエネルギーなどのパラメーターが $10^{-10} \sim 10^{-11}$ 秒といった時間スケールでどのように変化するか明らかにされた。さらにそのような結果より高密度励起状態の研究における一つの問題となっている電子正孔プラズマは液体状態を形成しているか否かという事柄についても確かな情報がもたらされた。すなわち観測されたキャリア濃度が電子正孔液体生成に対する遷移温度よりも十倍も高いことが明らかにされ、従って液体状態は実現されておらず気体状態の電子正孔プラズマが過渡的に存在するだけであることが結論された。

以上の如く本研究は独自の研究手法を開発することにより半導体の電子正孔プラズマに関する種々の重要な知見をもたらしたものであり理学博士の学位論文として十分に価値あるものと認める。