



Title	中赤外自由電子レーザーを用いたゲルマニウムの光物性に関する研究
Author(s)	古瀬, 裕章
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48617
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 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	古瀬裕章
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21578 号
学位授与年月日	平成 19 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科電子工学専攻
学位論文名	中赤外自由電子レーザーを用いたゲルマニウムの光物性に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 近藤 正彦 (副査) 教授 栗津 邦男 教授 伊藤 利道 教授 森 勇介 教授 片山 光浩 教授 杉野 隆 教授 尾崎 雅則 教授 栖原 敏明 教授 谷口 研二 教授 森田 清三 教授 八木 哲也 准教授 森 伸也

論文内容の要旨

本論文は、中赤外自由電子レーザーを用いたゲルマニウムの光物性に関する研究をまとめたものであり、以下の 6 章より構成されている。

第 1 章では、本研究の背景および目的について述べている。

第 2 章では、自由電子レーザーの歴史的背景や特徴、原理、そして応用などについて述べた後、本研究で利用した大阪大学自由電子レーザー研究施設に関する説明を行っている。

第 3 章では、交流強電界下における半導体の電子物性に関する理論研究について述べている。はじめに、交流強電界下における電子の遷移確率を導いた Keldysh の理論について説明を行っている。次に Keldysh の手法を用いて、交流強電界下におけるフォノンによる電子の散乱確率の導出を行っている。そして、交流強電界下において電子とフォノンの相互作用が強くなることを指摘している。

第 4 章では、室温でゲルマニウムに自由電子レーザーを照射した際の、非線形光学効果の観測について述べている。まず、実験方法についての具体的な説明を行った後、実験結果を示している。実験では、まず中赤外領域におけるゲルマニウムの透過率を、照射光強度と波長を変えて行っている。そして、照射光強度に依存して透過率が減少すること、透過率の減少には弱い波長依存性が現れることを明らかにしている。次に、透過率と反射率の照射光強度依存性を測定し、その結果透過率と反射率が同時に減少したことから、ゲルマニウムにおいて光吸収が生じていることを確認している。

第 5 章では、自由電子レーザーによって誘起された光吸収機構について述べている。はじめに、透過率の温度依存性を測定し、低温になるほど光吸収が起りにくいことを示している。次に、光吸収機構にバンド間遷移を提案し、測定結果と Keldysh の理論に基づいた計算結果との比較を行っている。その結果より、実験結果は Keldysh の理論による計算結果と良い一致を示している。

最後に、第 6 章で本研究による成果をまとめ、結論としている。

論文審査の結果の要旨

赤外強電場中に置かれた半導体の光学的性質を調べることは固体物理学における中心課題の一つである。特に粒子の平均運動エネルギーと光子のエネルギーが同程度の領域における粒子の振る舞いは、バンド端以下における光学的性質に重要な影響を与える。このような光学効果は基礎・応用両面において興味を持たれ、化合物半導体や量子閉じ込め半導体構造において研究されている。そして非平衡半導体系における新しい非線形現象の発見や、技術的に未発達である赤外領域で動作する固体素子へつながる期待が持たれている。

本論文ではこのような背景に基づき、IV族の半導体であるゲルマニウムを取り上げ、中赤外高強度レーザー場下における光学特性を調べて新しい非線形現象を観測している。また Keldysh のモデルに基づいて交流強電界下における半導体中の電子物性に関する理論研究を行い、測定結果との比較検討から得られた現象の機構を解明している。本論文で得られた成果を要約すると次の通りである。

- (1) 中赤外領域において線形吸収がないIV族の半導体であるゲルマニウムに中赤外自由電子レーザーを照射して透過測定を行った結果、室温において照射光強度に強く依存し、波長に弱く依存する光吸収が生じることを明らかにしている。
- (2) 透過率の温度依存性測定を室温から 11K の範囲で行った結果、自由電子レーザーで誘起された光吸収量は低温になるほど減ることを示している。
- (3) 自由電子レーザー誘起光吸収機構に、交流強電界で加速されたブロッホ電子の運動を想定した Keldysh のモデルに基づいて電子の遷移確率を計算し、測定結果の解析を行った結果、照射光強度、温度、波長依存性において程よく一致することを確認している。
- (4) Keldysh と同様の手法を用いて交流強電界下における電子-フォノン相互作用の理論的研究を行い、半導体における電子の緩和時間を計算した結果、報告されている種々の測定結果と一致することを示している。
- (5) Keldysh のモデルに交流強電界下の電子-フォノン相互作用を取り入れて自由電子レーザー誘起光吸収機構を解析した結果、実験結果とさらに広範な条件において良い一致を得ている。

以上のように、本論文は赤外領域における半導体量子物性研究についての多くの新しい知見を得ており、電子工学ならびに半導体工学に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。