



Title	半導体表面におけるテラヘルツ波放射とコヒーレントフォノン
Author(s)	中嶋, 誠
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44240
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、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >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	なか じま まこと 中 嶋 誠
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 7 8 2 1 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 15 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科応用物理学専攻
学 位 論 文 名	半導体表面におけるテラヘルツ波放射とコヒーレントフォノン
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 萩行 正憲 (副査) 教 授 川上 則雄 教 授 八木 厚志 助教授 谷 正彦 助教授 齋藤 誠慈

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、フェムト秒レーザーパルスを用いて、半導体表面付近におけるフェムト秒及びピコ秒領域の超高速キャリア及びフォノンダイナミクスに関する研究について述べた。特に、半導体表面からのテラヘルツ波放射及びコヒーレントフォノンに着目し、その基本的特性及び生成機構の解明を目的とした。

以下に章ごとに要旨を示す。

第 1 章では、これまでの研究背景を示し、各章の構成を述べた。

第 2 章では、これまでに提案されているテラヘルツ波放射及びコヒーレントフォノンの生成機構を紹介した。

第 3 章では、本研究に用いた実験装置及び解析手法を紹介した。

第 4 章では、半導体表面からのテラヘルツ波放射について述べ、その放射機構を半導体表面付近における超高速キャリアダイナミクスに基づいて議論した。その結果得られた知識を基に高強度なテラヘルツ波放射が得られる配置を提案した。具体的には、**n** 型、**p** 型、及び半絶縁性 **InP** の 3 つのタイプの試料からのテラヘルツ波放射の比較を行うとともに、励起光強度依存性や温度依存性について議論した。半絶縁性 **InP** 表面からのテラヘルツ波放射では、温度によって放射波形の極性が反転する現象を見出し、これを温度によって主要な放射機構が入れ替わることで説明した。また **SI-GaAs** では、500 K で室温の 30 倍の放射強度が得られることを見出した。更に **InAs** 表面に **MgO** レンズを付けることで放射強度を 2 桁程増大させることに成功した。

第 5 章では、**GaAs** におけるコヒーレントフォノンについて実験を行いその生成機構について議論した。ダブルパルス励起ポンプ・プローブ法を用いて、コヒーレントフォノンの振幅が表面電場強度に依存することを確認し、表面電場の時間進展の観測を行った。その結果、励起後 5 ps 程度で表面電場の遮蔽は飽和し、その後表面再結合過程による光励起キャリアの減少によって遮蔽が回復することが分かった。

第 6 章では、⁷⁰Ge/⁷⁴Ge 同位体超格子におけるコヒーレントフォノンについて実験を行い、各超格子層に閉じこめられたコヒーレント LO フォノンモード及び高次のコヒーレント LO フォノンモードの観測に成功したことを述べた。次に観測されたモードはラマン活性のモードに限られること、及びその偏光特性が誘導ラマン散乱によるものと一致することから、生成過程が誘導ラマン散乱であることを明らかにした。

第 7 章では、本研究を総括した。

論文審査の結果の要旨

フェムト秒レーザーパルスを用いることで、フェムト秒及びピコ秒領域で起きる超高速現象を時間領域で観測することが可能となってきた。半導体における超高速現象を明らかにすることは、基礎物理のみならずデバイス応用の点からも重要であり、活発な研究が行われている。本論文では、半導体表面にフェムト秒レーザーパルスを照射することによって生じるテラヘルツ波放射及びコヒーレントフォノンに着目し、これらの基本的特性及び生成機構について研究を行っている。テラヘルツ波放射に関する研究では、放射機構の解明という基礎的な面だけでなく、高強度テラヘルツ波光源の開発という応用面にも取り組んでいる点が本研究の特色の一つである。また、表面における超高速現象の研究という観点からコヒーレントフォノンの生成ダイナミクスを研究している点も特色である。本研究の主な成果は以下の通りである。

- (1)半絶縁性 InP 表面からのテラヘルツ波放射では、温度によって放射波形の極性が反転することを見出し、この現象が主要な放射機構が温度によって入れ替わることで生ずることを示している。
- (2)半絶縁性 GaAs 表面からのテラヘルツ波放射では、高温 (500 K) にて室温の約 30 倍の放射強度が得られることを見出している。また InAs 表面に MgO レンズカップラーを付けることで、テラヘルツ波の自由空間への放射効率を高め、約 100 倍の放射強度の増大に成功している。
- (3)GaAs におけるコヒーレントフォノンの生成機構が表面電場の超高速遮蔽であることを確認し、コヒーレントフォノンの強度変化により表面電場の遮蔽の時間進展の観測に成功している。
- (4) $^{70}\text{Ge}/^{74}\text{Ge}$ 同位体超格子において、各超格子層に閉じこめられたコヒーレント LO フォノンモードの観測に成功し、その生成機構が誘導ラマン散乱であることを明らかにしている。

以上のように、半導体表面で起きるテラヘルツ波放射及びコヒーレントフォノンの基本的特性及び生成機構に関して有益な知見を得ている。本論文で得られた成果は応用物理学、特に半導体の超高速物性に寄与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。