

Title	フェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ電磁波放射とイメージング応用
Author(s)	山下, 将嗣
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43412
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"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	山 下 将 嗣
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 7 0 0 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 1 4 年 3 月 2 5 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	フェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ電磁波放射とイメージング 応用
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 萩 行 正 憲 (副査) 教 授 増 原 宏 教 授 笠 井 秀 明 助 教 授 大 中 幸 三 郎 助 教 授 吉 信 達 夫

論 文 内 容 の 要 旨

本研究では、フェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ電磁波放射を利用したイメージングシステムの構築を行い、超伝導電流分布や半導体内部の電場及び光生成キャリア分布の測定に応用した。具体的には試料からの電磁波放射現象を利用した能動型と試料に対する電磁波の透過率を利用した受動型の二種類のイメージングシステムの構築を行った。能動型イメージングシステムでは、フェムト秒レーザーにより試料であるテラヘルツ電磁波放射物質を走査し、その放射電場振幅の検出を行った。即ち、テラヘルツ電磁波の振幅の場所依存性を測定することにより、対象である電磁波放射物質の物理量（超伝導電流密度、電場等）分布を求めた。一方、受動型イメージングシステムでは50 GHz から 2 THz に及ぶ広帯域の周波数領域における試料の分光イメージングを一度の測定で行った。また、レーザー照射による光キャリア生成に伴いシリコンウェハのテラヘルツ電磁波の振幅透過率に変調が生じることを利用して、光キャリア分布のイメージングを行うとともに、この現象を利用してテラヘルツ電磁波の空間分布測定法を提案しその有効性を実証した。以下に、本論文の要旨をまとめる。

第 1 章では、本研究の背景及び位置付けを述べるとともに、本論文の目的と構成を述べた。

第 2 章では、これまでに行われてきたテラヘルツ電磁波発生及び検出法を説明するとともに、本研究で用いたフェムト秒レーザーを利用した手法の基本原理及び特性について述べた。

第 3 章では、フェムト秒レーザー励起による半導体や超伝導体からのテラヘルツ電磁波放射現象を材料評価法へ応用することを目的とした能動型イメージングシステムについて述べた。構築したシステムによって、高温超伝導体 YBCO 薄膜中を流れる超伝導電流分布及び、金属-半導体ショットキー接合デバイス内の電界分布の測定を行った。超伝導電流分布の測定ではビーンモデルと半定量的に一致する結果が得られ、その有効性が示された。

第 4 章では、集光したテラヘルツ電磁波を照射し対象となる試料を 2 次元的に走査することで、その透過像測定を行う受動型イメージングシステムについて述べた。構築したシステムを用いて種々の試料についてテラヘルツ電磁波透過像の測定を行った。また、イメージングシステムの基本性能を調べるために、金属ワイヤーの検出限界の評価を行った。

第 5 章では、第 4 章で述べた受動型イメージングシステムの高速化を目的として、電気光学サンプリング法と電荷結合素子 (CCD) を組み合わせた検出システムの構築を行った。

第 6 章では、レーザー照射によって半導体シリコン中に光キャリアを生成し、受動型イメージングシステムを用い

てその分布のイメージングを行い、さらにシリコンの光生成キャリアの再結合寿命の評価を試みた。また、シリコンの透過率が光キャリア生成により減少することを利用してテラヘルツ電磁波の空間分布の測定を行うシステムを構築し、その空間分解能を評価した。

第7章では、本研究を総括し今後の展望について述べた。

論文審査の結果の要旨

近年のフェムト秒レーザー技術の進展により、広帯域の周波数成分を有するテラヘルツ電磁波パルスの放射・検出が可能になり、この技術を用いた応用研究が盛んに行われている。本論文は、フェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ電磁波放射・検出法を用いて2種類のイメージングシステムを構築し、材料物性評価への応用を試みている。研究成果を要約すると以下の通りである。

- (1)フェムト秒レーザー照射に伴う電流変調によってテラヘルツ電磁波が放射されることを利用して、高温超伝導体 YBCO 薄膜中を流れる超伝導電流分布、及び、半導体ショットキー接合デバイス中の電界分布の測定を行っている。超伝導電流分布についてはビーンモデルによる計算と半定量的に一致する結果が得られており、その有用性を示している。
- (2)集光したテラヘルツ電磁波ビームを用いて、50GHz から 2 THz における周波数領域で一度に試料のイメージングを行うことが出来るシステムを構築し、システムの評価として空間分解能及び金属ワイヤーに対する検出限界を見積もっている。
- (3)レーザー照射によってシリコン基板中に光キャリアを生成し、テラヘルツ電磁波の透過率が変化することを利用して、光生成キャリアのイメージングを試みている。また、光生成キャリアによる透過率変調を利用したテラヘルツ電磁波の空間分布測定法を新たに提案し、その有効性を実証している。

以上のように、本論文では、フェムト秒レーザー励起によるテラヘルツ電磁波放射・検出法を用いてイメージングシステムを構築し、材料物性評価へ応用している。特に、他の手法では困難な超伝導電流のベクトル分布やショットキー接合における空乏層内部の電場分布の測定に成功しており、テラヘルツ電磁波放射を用いた新たなイメージング応用を開拓している。これらの成果は、応用物理学、特にテラヘルツ波工学の発展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。