



Title	電子材料における光－高周波電磁波変換機能とその応用に関する研究
Author(s)	紀和, 利彦
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44269
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 紀 和 利 彦

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 7 8 4 7 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

工学研究科電気工学専攻

学 位 論 文 名 電子材料における光－高周波電磁波変換機能とその応用に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 斗内 政吉

(副査)

教 授 佐々木孝友 教 授 伊藤 利道 教 授 熊谷 貞俊

教 授 辻 毅一郎 教 授 伊瀬 敏史 教 授 山中 龍彦

教 授 中塚 正大

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、様々な電子材料における光－高周波電磁波変換機能に着目し、電子材料の作製及び、フェムト秒レーザーパルス光による電磁波放射特性を評価した。また、その応用として、時間領域テラヘルツ分光システム及び、後方散乱型テラヘルツ電磁波イメージングシステムの構築を行った。さらに、光混合による単一周波数電磁波発生技術を用いた新しい光－マイクロ波変換システムの構築を行い、そのシステム特性を評価した。以下に学位論文の要旨を述べる。

第1章では、本研究の行われた背景について述べ、その中での本研究の位置付け及び、重要性について述べた後、研究論文の構成を示した。

第2章では、光－電磁波変換機能を持った電子材料素子である光伝導スイッチ及び、高温超伝導薄膜素子の作製及び、極短パルスレーザーを用いたテラヘルツ電磁波発生の特性について述べた。特に、レーザーアブレーション法によって作製した非晶質半導体光伝導スイッチがサブテラヘルツで動作することを示し、また、高温超伝導薄膜への積層が可能であることを示した。

第3章では、極短パルスレーザーを用いた光－電磁波変換機能の応用として、時間領域テラヘルツ分光システムの構築を行い、本研究で初めて高温超伝導体基板材料である LSAT のテラヘルツ帯域での光学スペクトルを測定した。また、後方散乱型テラヘルツ電磁波イメージングシステムの構築を行い、従来のシステムでは測定が困難であった膜厚の大きな高温超伝導帯試料の評価が可能となった。

第4章では、フォトミキシングを用いた光－電磁波変換機能と評価システムについて述べる。フォトミキシングによる光－電磁波変換の原理について述べ、その評価システムの構築、結果について示した。

第5章では、フォトミキシング技術と優れた電磁波波長検出器である高温超伝導体ジョセフソン接合を組み合わせた新しい光－電磁波変換システムについて述べた。また、このシステムが光通信の分野で望まれている高精度波長検出器として優れた性能を発揮することを示した。

第6章では、本研究を総括した。

論文審査の結果の要旨

本研究は、光－高周波電磁波変換機能素子を、光情報を固体素子へ電気情報として高速で伝達する機能を持った素子という視点に着目し、素子に用いる電子材料の探索及び、評価法の開拓を行うことを課題としている。まず、光－高周波電磁波変換素子の電子材料の探索では、非晶質半導体光伝導スイッチを作製し、これらの素子が、高周波数で動作する高温超伝導体回路の光インターフェースとしての必要条件を満たすことを明らかにしている。また、高温超伝導体ジョセフソン接合自体が、光－高周波電磁波変換機能を持つことを明らかにしている。評価法の開拓の点では、時間領域テラヘルツ分光システム及び、後方散乱型テラヘルツ電磁波イメージングシステムの構築を行っている。特に、本研究によって初めて提案、構築された後方散乱型テラヘルツ電磁波イメージングシステムによって従来のシステムでは評価が困難であった電子材料の評価が可能となることを明らかにしている。更に、フォトミキシング技術と高温超伝導体ジョセフソン接合素子を組み合わせた新しい光－高周波電磁波変換システムの提案、構築を行い、このシステムが、高精度で高速な測定が可能な光通信帯域用の波長計として用いることが可能であることを明らかにしている。得られた研究成果を以下に要約する。

- (1) レーザーアブレーション法を用いて非晶質半導体光伝導スイッチを作製し、時間分解反射率変化特性及び、テラヘルツ電磁波放射特性を評価することで、作製した素子が、高温超伝導体回路へ積層することが可能なサブテラヘルツで動作する光－高周波電磁波変換素子として優れていることを明らかにしている。更に、本研究で初めて、高温超伝導体ジョセフソン接合素子からのテラヘルツ電磁波放射を確認している。
- (2) 高温超伝導体用基板材料である $(\text{LaAlO}_3)_{0.3}(\text{Sr}_2\text{AlTaO}_6)_{0.7}(100)$ (LSAT) に本研究で初めて時間領域テラヘルツ分光法を適用することで、高周波デバイスの設計において重要となるLSATの複素光学定数を求めている。更に、この手法を用いて高温超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ 薄膜 (YBCO) を評価することで、YBCOのテラヘルツ周波数領域での光学応答を明らかにしている。
- (3) 本研究において初めて後方散乱型テラヘルツ電磁波イメージングシステムを構築することにより、従来のシステムでは評価が困難であった膜厚500 nmのYBCOの超伝導電流分布の評価等が可能となることを明らかにしている。更に、このシステムを半導体ICの非破壊評価に用いることが可能であることを明らかにしている。
- (4) フォトミキシング技術を用いて半導体素子から発生する単一周波数マイクロ波を高温超伝導体ジョセフソン接合素子で周波数検出する新しいシステムの提案、構築を行い、電磁波検出特性及び、動作周波数特性を評価することで、このシステムが、光通信帯域に用いる高精度の波長検出器として用いることが可能であることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、光－高周波変換機能を有する電子材料の作製から、評価システムの構築、具体的な応用システムの提案、構築まで幅広い視点に立って研究を行った結果について述べたものである。これらの成果は半導体、高温超伝導体を用いた高周波デバイスの基板技術として、この領域の発展に寄与する可能性が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。