The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	レーザーとマイクロパルスパワー技術による高輝度テラヘルツ電磁波発生・制御に関する研究
Author(s)	西田, 明憲
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27545
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【154】

氏　　名	西（にし）　田（だ）　明（あき）　憲（のり）
博士の専攻分野の名称	博　士（工学）
学　位　記　番　号	第　26220　号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科電気電子情報工学専攻
学　位　論　文　名	**レーザーとマイクロパルスパワー技術による高輝度テラヘルツ電磁波発生・制御に関する研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　兒玉　了祐 （副査） 教　授　田中　和夫　　教　授　上田　良夫　　教　授　飯田　敏行 教　授　村上　匡且　　教　授　中井　光男

論　文　内　容　の　要　旨

近年の高強度レーザー技術の進歩は著しく、フェムト秒で数十テラワット級の出力を持ち、集光強度が10^{21}W/cm^{2}を越えるような高強度のレーザー装置が開発されている。このようなレーザーの出現により小型の実験装置でも高エネルギー荷電粒子ビームや高密度プラズマが容易に得られるようになってきている。また、高エネルギー電子ビームは学術のみならず産業への応用を視野に入れ研究が行われている。なかでも高エネルギー電子ビームを用いた高輝度の電磁波発生は精力的に行われている研究のひとつであり、光波と電波の中間体に位置するテラヘルツ電磁波は近年研究が始まったばかりである。この周波数帯域はさまざまな物質・材料の重要なエネルギー領域に属するため、とても興味深い領域である。そのため、より高出力・広帯域な光源や、高感度・高速動作の検出技術に関する研究が行われている。

このような背景の下、著者はテラヘルツ電磁波と物質との相互作用を目的に高輝度テラヘルツ電磁波の発生及び制御に関する要素技術の開発について研究を行った。

本論文は以下の6章で構成される。

第1章は序論であり、レーザーの高強度化により小型装置でも高エネルギー密度の電子ビームが発生できることについて述べた。そして、テラヘルツ電磁波発生の現状について述べた後、高輝度テラヘルツ電磁波に関する課題と本研究との関連について説明した。

第2章では、超高強度レーザー生成高速電子を用いたコヒーレントシンクロトロン放射による高輝度テラヘルツ電磁波発生について説明し、評価を行った。

第3章では、コヒーレントシンクロトロン放射に必要な要素技術として高速電子を曲げるためのマイクロパルスパワー装置の開発行い、強磁場生成実験を行った結果について述べた。

第4章では、テラヘルツ電磁波のエネルギー密度を高める方法としてテーパー付きスラブ導波路を製作し、テラヘルツ電磁波の伝搬特性及びエネルギー密度の上昇について実験的に示した。

第5章では、フラッシュ電離を用いてテラヘルツ電磁波の周波数制御を行った。まず、フラッシュ電離の原理について説明した。そしてフラッシュ電離の原理実証実験を行い、種電磁波の10倍の周波数上昇に成功した。

第6章では、以上の結果についてまとめた。

本研究の成果は、今後期待されている高輝度テラヘルツ電磁波による非線形現象やイオン加速のための要素技術として、その進展に寄与するものだと考えられる。

論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

本論文はテラヘルツ電磁波と物質との相互作用を目標に高輝度テラヘルツ電磁波発生及び制御に関する要素技術の開発について研究を行っている。

第 1 章は序論であり、高強度レーザーにより小型装置でも高エネルギー密度の電子ビームを比較的容易に発生できるようになったことと、その電子ビームよる高輝度電磁波発生の可能性について述べている。なかでもテラヘルツ電磁波の周波数帯には物質・材料の重要なエネルギー帯に属していることについて述べている。現在までの研究報告によると、レーザーからテラヘルツ電磁波へのエネルギー変換効率は 0.1%程度であり、物質診断、非線形現象の観測、粒子の相対論運動にはさらに高輝度のテラヘルツ電磁波が必要となることについて述べている。

第 2 章では、パルス強磁場を用いたコヒーレントシンクロトロン放射について説明している。さらに、これによる高輝度テラヘルツ電磁波を用いたイオン粒子加速の可能性について評価を行っている。

第 3 章では、レーザー電子ビームを用いたコヒーレントシンクロトロン放射の要素技術となるマイクロパルスパワー装置の開発及び強磁場生成実験を行っている。レーザーをトリガとするスイッチにより、装置の低インダクタンス化を実現すると共にレーザーとの同期が取り易い装置となっている。強磁場生成実験ではパルス強磁場 16.7 テスラの強磁場を微小空間に生成している。この強磁場生成を用いたコヒーレントシンクロトロン放射から発生するテラヘルツ電磁波により電子加速の可能が示されている。さらにまたイオン加速に関しても磁場の設計とその電子源について評価が行われている。

第 4 章では、テラヘルツ電磁波の集光強度を高める方法としてテーパー付きスラブ導波路を製作し、伝搬モードと集光強度について評価を行っている。テラヘルツ電磁波は波長が長く回折限界まで集光したとしも 300μm であり集光強度高めるのは困難となっている。著者は p 偏光のテラヘルツ電磁波をギャップ間隔 50 μm のテーパー付きスラブ導波路中を伝搬させることでエネルギー密度が約 107 倍上昇することを実験的に示している。

第 5 章では、フラッシュ電離を用いたテラヘルツ電磁波の周波数制御に関する初めての原理実証実験に関する成果が示されている。フラッシュ電離を用いてテラヘルツ電磁波の周波数上昇を世界で初めて観測している。周波数上昇量として種電磁波 0.35THz から 3.5THz への 10 倍の周波数上昇を実験的に示している。

第 6 章では、まとめであり本論文を統括している。

以上のように、本論文は、高輝度テラヘルツ電磁波発生と制御のための要素技術に関する実験的成果をまとめたものであり、今後期待されている高輝度テラヘルツ電磁波による非線形現象やイオン加速の進展に大きく寄与する内容である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。