

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	森 一晃
論文題目	Terahertz-wave generation from atomic clusters under the irradiation of intense femtosecond laser pulses		
(論文内容の要旨)			
テラヘルツ (THz) 波は0.1-10 テラヘルツ程度の周波数を持つ電磁波であり、防犯、医療、通信等の産業応用から基礎科学研究まで非常に多くの分野で応用が提案されてきた。レーザー技術の発達に伴いテラヘルツ波発生技術は急速に発展しており、プローブ光としてだけでなくポンプ光としてテラヘルツ波を用いることが可能になってきている。高強度テラヘルツ波が誘起する物質の非線形現象の観測やテラヘルツ波を用いた電子加速などの実験が報告されているが、近年、アブレーションや絶縁破壊など高強度テラヘルツ波で物質に損傷を与えることが可能となってきた。 これらの実用性を高めるために高パルスエネルギーテラヘルツ波源が必要であり、近年盛んに研究されている。非線形結晶を用いて光整流を利用する方法では、高パルスエネルギーテラヘルツ波の発生が報告されているが、発生するテラヘルツ波のエネルギーは結晶の損傷閾値に制限される。レーザー照射された原子クラスターをテラヘルツ波源とする手法では、そのような損傷制限が無い場合、将来性のあるテラヘルツ波発生法の一つである。そのような中、森一晃氏の本論文では、原子クラスターへの高強度レーザー照射で発生するテラヘルツ波の放射特性を調べ、放射特性を改善する照射方式を提案するとともにその放射機構を考察している。 本論文は、6章より構成され、第1章では、テラヘルツ波の応用とテラヘルツ波発生の研究動向及び原子クラスターからの高強度テラヘルツ波発生における本研究の意義を概説し、第2章では、レーザーによる高強度テラヘルツ波発生に関する放射メカニズムを解説している。第3章では原子クラスターからのテラヘルツ波発生実験に用いた高強度レーザー装置の性能、原子クラスター生成法、相互作用チャンバーの光学特性、テラヘルツ波検出器の構造と分光感度について記述している。第4章においては、テラヘルツ波エネルギーの照射レーザーパルス幅依存性を測定し、高エネルギー（高強度）テラヘルツ波発生には最適なパルス幅があることを見出した。高エネルギー化された機構を詳しく調べるためダブルパルス照射実験を実施し、先のパルス照射により生成するクラスタープラズマの挙動が重要であることをまとめている。第5章では、2つの非同軸パルスからなるダブルパルスビームをクラスターに照射することで、発生するテラヘルツ波のエネルギーが1桁程度増強し指向性が改善した結果を示し、テラヘルツ波の発生機構について考察している。第6章により本論文を総括している。 本研究で得られた新たな知見は第4、5章で述べており、その概要は以下の通りである。①原子クラスターをターゲットにした高エネルギー（高強度）テラヘルツ波発生には最適な照射レーザーパルス幅があった。②入射レーザーをシングルパルスからダブルパルスにすることで、テラヘルツ波の放射エネルギーが増大した。③テラヘルツ波発生に最適なパルス間の時間遅延は100ps程度であり、2パルスの集光位置間の距離に依存して、その遅延時間が変化した。④2パルスの集光位置を同軸にするよりも、数十μm程度ずらした非同軸照射により発生するテラヘルツ波はエネルギーが約1桁増大し、直線偏光で前方に指向性をもつ放射特性を示した。⑤非同軸照射における2パルスの集光位置間の距離とパルス間遅延時間の関係からプラズマの膨張と関連させた新しいテラヘルツ波放射機構を提案した。			

(論文審査の結果の要旨)

高強度レーザー生成プラズマからの高強度テラヘルツ波発生に関する研究が国家プロジェクトとして欧州を中心に実施されようとしている。特に原子クラスターをターゲットとしたクラスタープラズマから発生するテラヘルツ波は高強度化に加え繰り返し利用に最適であることから注目されている。クラスタープラズマからのテラヘルツ波の発生では、高強度レーザーとクラスターの相互作用物理解明、テラヘルツ波の高エネルギー化と放射特性の改善が課題とされてきた。本論文は、高強度レーザーのクラスターへの照射条件（パルス幅、シングルパルスやダブルパルスなどの照射方式、遅延時間、集光位置のずれ）、放射されるテラヘルツ波の放射特性（スペクトル測定、偏光の直線性と向き、放射エネルギーの空間分布）の詳細を実験的に調べ、高強度レーザーとクラスターとの相互作用を考察したものである。実験及びデータ解析は精確に行われており、物理的な考察も妥当であり、高強度テラヘルツ波発生とその応用の分野の発展に大きく貢献するものがある。特に、クラスターへ照射するダブルパルスの遅延時間や照射位置を最適化することでテラヘルツ波エネルギーが約1桁増大し放射特性の改善に成功している点が学術的に新しい。放射されるテラヘルツ波の偏光方向とダブルパルスの照射位置の関係からDC電場によるテラヘルツ波放射機構を提案している。

本論文を構成する第4章に関しては、2016年の電気学会研究会において講演し優秀論文発表賞を、第5章は世界的権威のある一流学術雑誌Applied Physics Lettersに掲載され、その内容に関する講演はレーザー学会より優秀論文発表賞を受賞するなど、当該分野において高い評価を得ている。

本論文について論文調査委員により記述内容審査を行い、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認めた。そして平成31年1月15日に論文内容とそれに関連した口頭試問を公開で行い、その後の審査委員会により、全員一致で合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降