

Title	高出力レーザーによる電子加速とその応用 : 強電磁場プローブ
Author(s)	中新, 信彦
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58334
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	中 新 信 彦
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24585 号
学位授与年月日	平成23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	高出力レーザーによる電子加速とその応用：強電磁場プローブ
論文審査委員	(主査) 教授 田中 和夫 (副査) 教授 村上 匡且 教授 兒玉 了祐 教授 上田 良夫 教授 飯田 敏行 教授 中井 光男

論文内容の要旨

レーザーとプラズマの相互作用を利用した電子加速器の基本的な原理は、まず超高強度レーザーを臨界密度以下のプラズマ中に照射し、レーザーの光圧を使って電子プラズマ波を励起、電子の粗密によって生じるレーザー進行方向への強電場で加速するというものである。レーザーがプラズマ中に電子プラズマ波を励起する様子が、進行中の船が水上に残す波のように見えるため、この強電場のことをレーザー航跡場と呼び、それによる加速法をレーザー航跡場加速と呼ぶ。レーザー航跡場加速は加速媒体にプラズマを用いるため、構造体の絶縁破壊の心配がなく、従来の加速器に比べ3桁以上高い加速電場が得られ、加速器の高エネルギー化・小型化が見込まれる。

本論文はレーザー電子加速に関する研究であり、(1)レーザー電子加速によって発生する電子ビームの特性評価に必要な電子スペクトロメーターの開発、(2)高出力レーザーを用いた長尺なレーザー航跡場による高エネルギー電子発生とそのメカニズムの理解、そして(3)レーザー航跡場加速で発生可能な単色電子ビームを用いた応用として強電磁場のプローブを目的とした研究を行った。

まず、高エネルギー電子の特性を評価するための電子スペクトロメーターの開発を行った。イメージングプレートを用いた電子スペクトロメーターは計測する電子の絶対数を評価することが可能であり、絶対電子数の評価に必要なイメージングプレートの1GeVの電子に対する絶対感度の校正実験を行い、1GeVまでの電子数を正確に評価できるようになった。

次に、高出力高強度のレーザーを用いて高エネルギー電子を発生させ、長いレーザー航跡場中での加速のメカニズムを調べた。ナノ秒のレーザーを用いてレーザーをガイドするプラズマ導波路を作成し、その中に高強度レーザーを入射させ長いレーザー航跡場を励起し、高エネルギー電子を発生させた。レーザー航跡場の数値計算モデルを用いて実験で得られた電子スペクトルを再現し、そのメカニズムを考察した。さらに得られたGeVクラスの電子の発生機構についても考察を行った。

さらに、レーザー航跡場加速で発生可能な単色電子を用いた応用として強電磁場の超高速プローブを行った。レーザー航跡場加速によって時間幅の短い単色電子ビームを発生させ、高強度レーザーと固体の相互作用で発生する電磁場をプローブした。得られた電子プローブ像から高強度レーザーと固体の相互作用で起こるピコ秒スケールでの物理を考察した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、高エネルギー密度科学のうち、レーザーによる電子加速とその応用に関して強電磁場プローブに関する知見をまとめたものである。本研究で得られた研究結果をまとめると以下のようになる。

- (1) 高エネルギー電子の特性を評価するための電子スペクトロメーターの設計開発を行った。電子検出器としてイメージングプレートを用いた電子スペクトロメーターは計測する電子の絶対数を評価することが出来る。このためイメージングプレートの1GeVの電子に対する絶対感度の校正実験を行い、1GeVまでの電子数を正確に評価できるデータを確立した。
- (2) 高出力高強度のレーザーを用いて高エネルギー電子を発生させ、長いレーザー航跡場中での加速のメカニズムを調べた。ナノ秒のレーザーを用いてレーザーをガイドするプラズマ導波路を作成し、その中に高強度レーザーを入射させ長いレーザー航跡場を励起し、高エネルギー電子を発生させた。レーザー航跡場の数値計算モデルを用いて実験で得られた電子スペクトルを再現し、そのメカニズムに関する知見を得た。さらに得られたGeVクラスの電子の発生機構についても知見を得た。
- (3) レーザー航跡場加速で発生可能な単色電子を用いた応用として強電磁場の超高速プローブを行った。レーザー航跡場加速によって時間幅の短い単色電子ビームを発生させ、高強度レーザーと固体の相互作用で発生する電磁場をプローブした。得られた電子プローブデータから高強度レーザーと固体の相互作用で起こるピコ秒スケールでの静電ポテンシャルの動的過程の観測に成功した。

以上のように、本論文は超高強度レーザーを用いて発生させる高エネルギー電子の発生機構の理解に知見を与え、その応用として固体表面に発生する静電ポテンシャルの動的過程の観測に成功し高エネルギー密度科学の発展に多大な寄与を行った。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。