

プログラム名： ユビキタス・パワーレーザーによる安心・安全・長寿社会の実現

PM名： 佐野雄二

プロジェクト名： 1A レーザー加速要素技術開発

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成29年度

研究開発課題名：

レーザー加速要素技術開発

研究開発機関名：

大阪大学

研究開発責任者

細貝知直

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

これまでに開発した技術を集約し、入射器、パルス駆動集光レンズ、ブースターから成るステージ加速プロトタイプマシンを構築する。ビームエネルギー  $> 1\text{GeV}$ , 電荷量 $\sim 10\text{pC}$ , ビームエネルギー広がり  $\Delta E/E > 10^{-2}$   $\epsilon < 1\text{mrad}$  をもつ電子ビームをプラットフォームにて発生する為に必要なステージング加速技術の開発と同時に、要求される電子ビームの安定性を追求する。パルス放電駆動プラズマ光導波路では、伝搬長  $5\text{cm}$  を越える長尺プラズマ光導波路の形成する技術開発を実施する。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

GeV 級のステージングレーザー加速に必要なコンポーネント開発を阪大光科学センターの  $40\text{TW}$  レーザー実験室にて実施した。本年度は平成 28 年度までに原理実証に成功したパルス電流駆動のソレノイドレンズに改良を加え、GeV 級ステージング加速の為に電子入射器として、電子ビームの精密なエネルギー選別（スライス）と長距離輸送と集束を達成する技術開発を実施し、これを用いて輸送された単色ビームを入射するステージング加速の原理実証を実施した。さらに、長尺プラズマ光導波路として放電型プラズマチャネルの開発を実施した。

### 2-2 成果

ソレノイドレンズの改良では、入射電子ビームがエネルギー領域  $50\text{MeV}$  程度で大電荷量を発生するように短焦点パラボラミラーでのレーザー照射条件を最適化し、その条件下での電子ビームの発散角に合わせてソレノイド電子レンズを再設計し製作した。新たなソレノイド電子レンズに対応するように駆動電流パルス波形とパルス電源回路を再検討した。ソレノイドによる電子ビームの集束点付近には筒状スリットを設置しよりエネルギーのスライスの狭帯化を実施した。電子ビームのエネルギースペクトルの典型的なスクリーンイメージを図 1 左に、典型的なエネルギースペクトルプロファイルを図 1 右に示す。

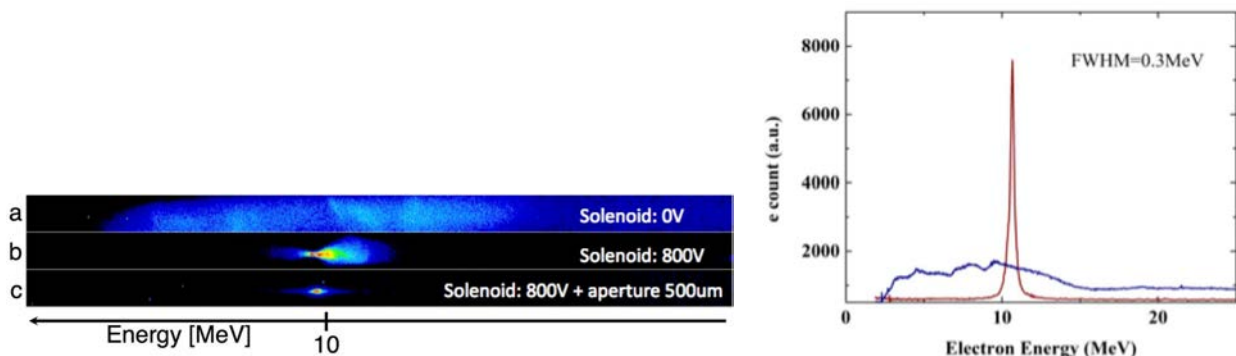


図 1 典型的な電子ビームのエネルギースペクトル：左 a: エネルギースライス無し、左 b: ソレノイドによるスライス、左 c: ソレノイド+筒状スリットによるスライス、右: エネルギースライス有り無しの場合のエネルギースペクトルの比較

エネルギースライス実験は、電子ビームエネルギー  $< 50\text{MeV}$  の領域で実施し、電子入射の

目標値の 50MeV 程度のエネルギー領域での正確なエネルギーチューニング、位置安定性を確立し、2 m の下流への輸送にも成功した。エネルギースペクトルのチューニングの様子を図 2 に示す。エネルギー広がり は 40MeV 以下の領域で  $\Delta E/E < 3\%$  以下 (計測分解能の限界)、電荷量  $> 10$  ピコクーロン/ショットを目標値と掲げたが空間電荷によるビームの広がり効果が大きく、電荷量  $> 10$  ピコクーロン/ショットを維持したままでは  $\sim \Delta E/E < 10\%$  にとどまった。電子エネルギースペクトルの計測時にソレノイドレンズの集束点においては電子ビーム径として  $\sim 100\mu\text{m}$  を達成した。

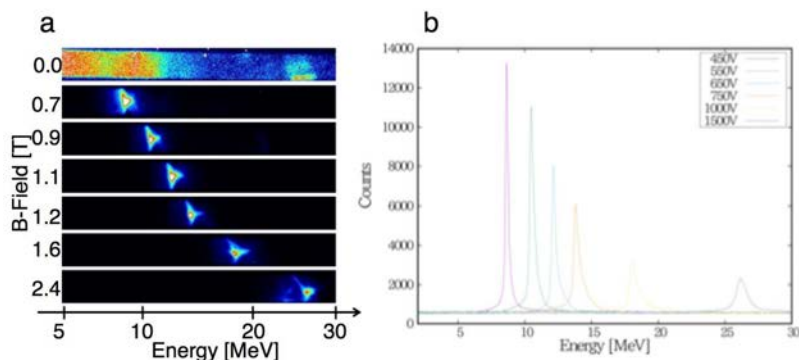


図 2 エネルギースペクトルのチューニング、a: スペクトロメータのスクリーンイメージ、b: スペクトルのプロファイル

このエネルギー広がり  $\Delta E/E < 3\%$  以下の準単色電子ビームを入射ビームとして使用しステージング加速の原理実証実験を実施するため、電子入射器、ソレノイド電子レンズの下流にガスジェットを設置し、電子入射駆動レーザーパルスと同期したもう一つのレーザーパルスでレーザー航跡場を励起し追加速場とした。追加速航跡場に入射した純単色電子ビームは単色性を保持したままの加速と減速が確認された。追加速 (減速) のスクリーンイメージを図 3 に示す。加速勾配は駆動レーザーのエネルギーが小さいため、 $< 10\text{GV/m}$  程度であった。この技術をレーザー加速プラットフォームにて更に展開する。

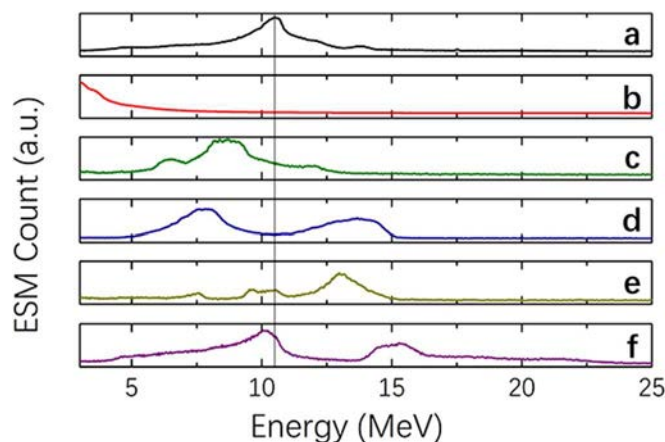


図 3 単色ビーム電子を入射した追加速のエネルギースペクトル、 a: 入射電子、b, c: 減速、d: 加速と減速、e, f: 加速

### 2・3 新たな課題など

レーザー加速プラットホームに数サイクルレーザーを阪大から移設して、フェムトようプローブのバックアップレーザーとして準備を開始した。

### 3. アウトリーチ活動報告

国際会議 High Energy Density Science 2017 (HEDS2017)をパシフィコ横浜にて主催した。世界各国のトップの研究機関からレーザー加速研究者が参加した。会議にてインパクトプログラムの宣伝活動を行うことができた。