

平成27年 3月 31日

プログラム名：ユビキタス・パワーレーザーによる安全・安心・長寿社会の実現

PM名：佐野 雄二

プロジェクト名：レーザー加速・XFEL 実証

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 ( 成 果 )

平成26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

## 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

コンパクト XFEL に必要となる安定性 / 再現性の高いステージングレーザー航跡場加速の技術を確立するには、超短パルス超低エミッタンスの電子ビームの安定入射とフェムト秒オーダーの精密な入射位相の制御という困難な課題を克服する必要がある。既存の 40TW レーザーシステムと加速ビームラインの改造を進め、安定なステージングレーザー航跡場加速のためのレーザーシステムを構築する。本年度は、レーザーパルス圧縮器の構築と最終段アンプの増設( )、レーザー集光位置安定性の改善( )を行いつつ並行して 2 ビーム駆動 2 段レーザー航跡場加速実験を実施する。

### 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

##### レーザーパルス圧縮器の構築と最終段アンプの増設

2 ビーム駆動のステージング加速実験のために図 1 に示す実験体系を整備する。そのためには既存の Amplitude 社製パルス圧縮器に加えて、2 台目のパルス圧縮器と最終増幅器のセットが必要である。2 台目のパルス圧縮器は既設のパルス圧縮器と同様にチャープされたエネルギー 1J の入射パルスを 25fs まで圧縮できる

ように設計した。パルス圧縮器を構成する 2 枚の回折格子対、ルーフミラー、計測光の取り出し鏡等を固定し駆動するためのステージ / ホルダ類を製作し、各部品はそれぞれ設計通りに動作することを確認後、パルス圧縮チャンバ内に設置しパルス圧縮試験を実施中である。

さらに、本年度は追加速航跡場形成に使用する 2 台目の最終段アンプとそれを駆動するレーザーシステムを整備する。2 台目

の最終段アンプは既存の最終段アンプの仕様をベースとして整備中である。駆動用レーザーは仕様検討及びレイアウト設計を行い、作成した仕様及びレイアウトをもとに大阪大学の手続きに沿った入札を進めている。当初の計画では平成 26 年度中に発注予定であったが、平成 27 年度の発注に変更となった。納入完了予定は平成 28 年度夏を見込んでいる為、装置整備に当初計画からの変更はない。

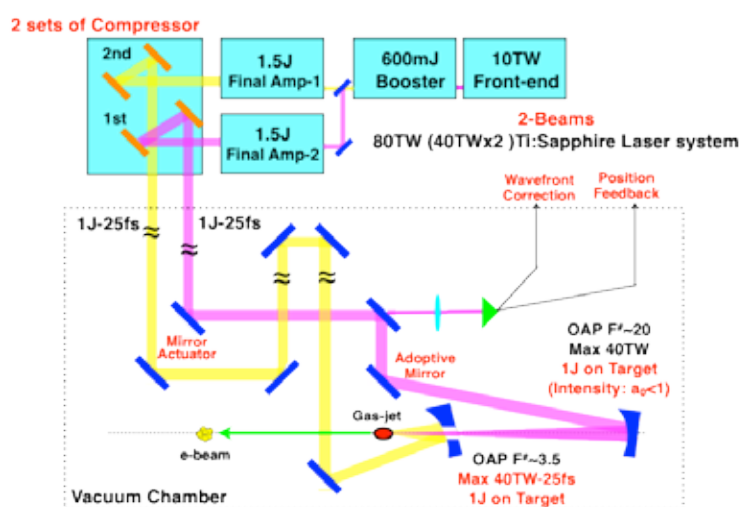


図 1 2 ビーム駆動のステージング加速実験の実験セットアップ

## レーザー集光位置安定性の改善

ステージングレーザー航跡場加速によって安定で高品質な電子ビームを得るためには、追加速レーザー航跡場と入射電子を生成するレーザー航跡場を再現性良くオーバーラップさせることが必要不可欠である。すなわち、それらのレーザー航跡場を駆動する2つのレーザーパルスの高精度な集光位置の制御が高品質電子ビーム発生の鍵となる。レーザービームのポインティングスタビリティが不安定になる理由としては、レーザー装置や光学素子の温度変化、実験室の空気の揺らぎ、振動を発生する実験装置（真空ポンプ等）による影響が考えられる。

本年度は、振動等によるビームのポインティング不安定を改善するため、フィードバック機構による自動アライメント装置の導入を開始した。これまでに一対のモータ付きミラーマウントによる自動アライメントによってポインティングスタビリティの向上を確認した。しかしながら、圧縮器の回折格子や真空窓によるアライメントレーザーの出力減衰等の影響でレーザーパルスの検出精度が低くなるなど、実際のステージング加速システムに使用する際には検出感度の改善が必要であることが明らかとなりさらなる検討を進めている。

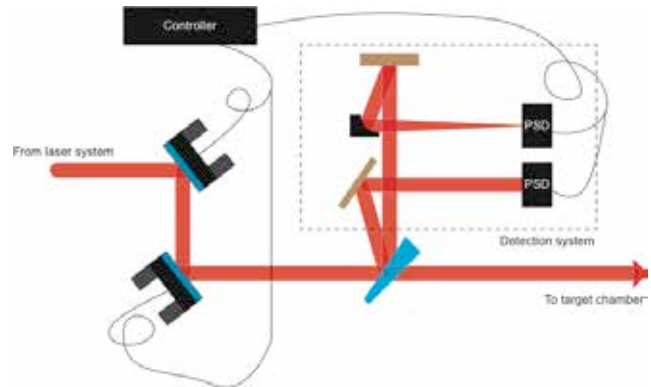


図 2. 自動アライメント装置の概念図

## 2-2 成果

本年度は、上記とを行いつつ並行して2ビーム駆動2段レーザー航跡場加速の基礎実験を実施した。これまでのプラズママイクロ光学の制御技術を成熟させステージング加速を実施し、より高い位置安定性で(300 $\mu$ rad以下)、大電荷(10pC/Shot)、指向性の高い(2mrad(FWHM)以下)高エネルギー電子パルスビーム(最大300MeV)の発生に成功した。

## 2-3 新たな課題など

上記で述べた通り、ステージング加速成否の鍵の一つは高精度のレーザービームのポインティング技術の確立である。ポインティングを不安定にする要因の中でも特に真空ポンプ等からの振動の影響が極めて大きいことが明らかになり、上記の光学素子のフィードバック制御と合わせて真空容器の振動対策を開始した。真空配管の工夫、鉛ブロック、特殊ゴムによる振動除去に加え、振動の少ない真空排気系の検討を進めている。

## 3. アウトリーチ活動報告

特に無し