

4-14 高強度レーザーを用いた準単色エネルギー電子ビームの生成 —レーザー加速による高品質電子ビーム源の開発—

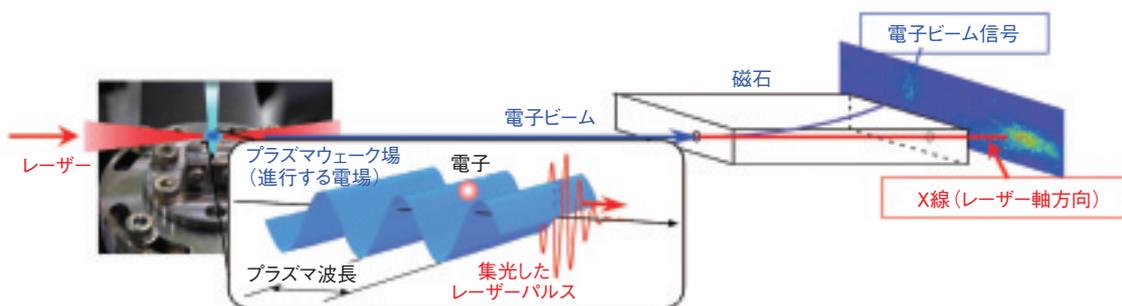


図 4-30 レーザー加速の概念図

高強度レーザーをガス中に集光するとガスがプラズマ化し、ウェーク場という進行波の電場が生成されます。このウェーク場は、極めて高い電場を持ち、更に波長が非常に短いため、ウェーク場により小型超短パルスの高品質電子ビーム源をつくることが可能となります。

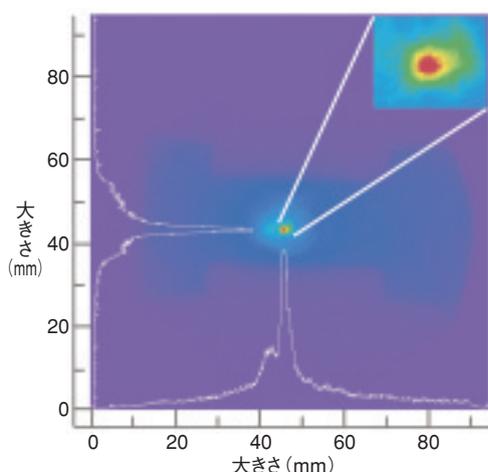


図 4-31 発生電子ビームのプロファイル
スクリーンとCCDカメラにより測定し、広がり角が7.5mradという非常に指向性の良い電子ビームの発生に成功しました。

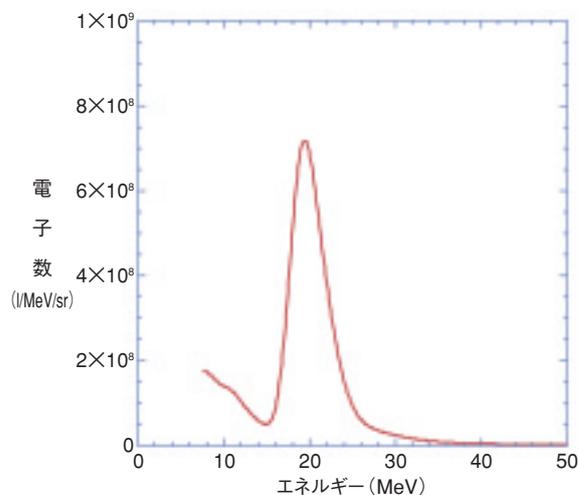


図 4-32 発生電子ビームのエネルギースペクトル
ピークエネルギー 20MeVの準単色エネルギー電子ビームの発生に成功しました。ピーク部分の電荷量は0.8pC/shotになります。

高強度レーザーにより生成されるプラズマ中の高電場(ウェーク場)を用いて小型超短パルスの高品質電子ビーム源をつくることが可能となります(レーザー加速:図4-30)。本電子ビームは、高品質でパルス幅が短いため、次世代の加速器のための高品質電子ビーム源や構造変化の測定などへの実用化が考えられています。

パルス幅が70fs(フェムト秒:フェムトは 10^{-15})で3TW(テラワット:テラは 10^{12})の出力を持つレーザーを用いて、電子ビーム発生実験を行いました。図4-31に電子ビームのプロファイル、図4-32にエネルギースペクトルを示します。本実験により、広がり角7.5mradと非常に指向性が良い、ピークエネルギー20MeVの準単色エネルギーの電子ビームの発生に成功しました。電子ビームのエミッタンスは 0.4π mm mradであり、1ショットあたりの電荷量は0.8pC(ピコクーロン:ピコは 10^{-12})になります。本電子ビーム源は、現在の加速器に比べて小型・高品質であり、レーザー集光強度 10^{18} W/cm²未満と

いう低強度での準単色エネルギー電子ビーム生成は世界初となります。使用するプラズマの周期が数十フェムト秒と非常に短いため、10fs程度のパルス幅の電子ビーム生成がされ、高速現象計測に応用できます。

応用のためには電子ビーム生成の安定化が今後の課題です。これを解決するために、理論解析とシミュレーションによる研究を行いました。1つのレーザーパルスでは、初期のパラメータ変動に対して、生成される電子ビームが敏感であり、安定な電子ビーム生成が難しく発生が不安定となります。そこで、2つのパルスをプラズマ中で正面衝突させる方式の高品質電子ビーム生成を提案しました。2パルス衝突により、生成の安定領域をつくるのが可能となり、再現性の良い高品質電子ビーム生成が可能であることを明らかにしました。

これらの研究は、レーザープラズマ相互作用による小型・高品質電子ビーム源を現実のものとし、電子ビーム応用研究へと進展をもたらす結果であります。

●参考文献

Mori, M. et al., Transverse Dynamics and Energy Tuning of Fast Electrons Generated in Sub-Relativistic Intensity Laser Pulse Interaction with Plasmas, Physics Letters A, vol.356, 2006, p.146.