

Tキューブレーザーを用いたレーザーイオン源の開発

背景

当所ではレーザーウラン濃縮技術の研究を通して得られたレーザー光技術を基に、高精度のレーザーレーザー装置などの光計測技術の開発や、レーザー粒子源の研究開発を行っている。特にTキューブ (T³: テーブルトップテラワット) レーザーと呼ばれる特殊なレーザーは設備診断や材料評価へ適用できる可能性がある。また、このレーザーを用いたイオン源は陽電子放出核種の生成を行うことができるため、癌の早期発見に有望と考えられるポジトロン・エミッション・トモグラフィー (PET) 用のポジトロン放出核種の生成への応用も期待できる。

これら新しい粒子源の実用化を進めるためには、より効率的な加速条件を把握する必要がある。

目的

レーザーイオン源の特性や最適なイオン加速条件を把握し、新しいイオン源としての設備診断や医療への応用の可能性を明らかにする。

主な成果

1. フッ素18の生成が可能なレベルを達成

当所の横須賀地区に設置されているTキューブレーザー装置を用い、レーザー照射ターゲットとして、できるだけ薄く、また水素を多く含む軽い素材のテープを使用することで最大エネルギーが3メガ電子ボルトの水素イオン (プロトン) を発生させることができた (図-2)。これは加速電圧として300万ボルトに相当する。このエネルギーのプロトンを用いると癌の早期発見法として有望な診断技術であるPETに最も使用される陽電子放出核種であるフッ素18 (¹⁸F) の生成が可能である (図-3)。PET用の陽電子放出核種の生成には通常10メガ電子ボルトのプロトンを使用するが、今後、レーザー光の集光特性を改良することで必要なエネルギーのプロトン発生の見通しを得ている。

2. プロトン加速メカニズムの解明

高速イオン発生におけるレーザーパルス幅の依存性を調べた結果、レーザーパルス幅が1ピコ秒程度まではパルス幅の影響があまりないことが分かった。また、プロトン最大エネルギーは高温プラズマの自由膨張モデルを用いて算出できることを明らかにした。これにより高効率、小型化の期待されるYb-YAG (イットリビウム-ヤグ) レーザー装置で効率的なイオン加速が可能であることを示し、今後の技術開発の方向性を明らかにした。

今後の展開

今回得られた知見より、PETなどに使用する陽電子放出核種の生成が可能な見通しを得た。今後はレーザー集光径の影響などを調べ、イオン源の効率化を図る。また、材料劣化の評価に有力な手段となるX線による陽電子発生などを試みる。

主担当者 電力技術研究所 高エネルギー領域 上席研究員 根本 孝七

関連報告書 “Thin tape target driver for laser ion accelerator”, Rev. Sci. Instrum. 74, 3293 (2003) .

図-1 Tキューブレーザー装置

出力は1ジュールと小さいが、パルス幅が短いため
に瞬時的に200億キロワットの光出力を発生できる。
これにより高速粒子を発生し、それを用いた新しい
設備診断技術などの開発を行う。

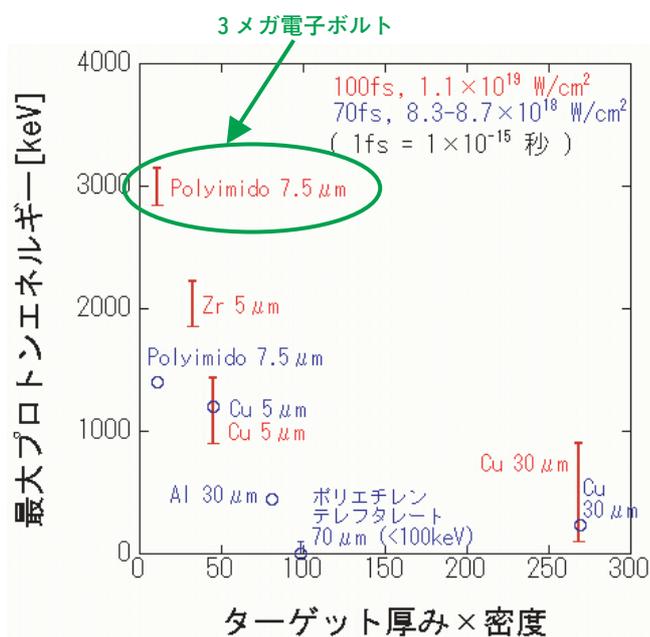


図-2 プロトンエネルギーに対するターゲット厚み
および密度の影響

できるだけ薄く、また軽い素材のテープをレーザ
ー照射ターゲットとして用いることで、非常に高い
エネルギーのプロトンの発生が可能である。これ
まで当所では300万ボルト相当の加速電圧を得て
いる。

図-3 陽電子放出核種生成の反応断面積
今回得られた3メガ電子ボルトのプロトン
を用いれば医療診断において最も用い
られるフッ素18の生成が可能となる。

注) $^{18}\text{O}(p,n)^{18}\text{F}$ は酸素18のターゲットに
プロトンを照射し、フッ素18と中性
子が生成される反応を表す。

