OUKA
Osaka University Knowledge Archive

Title	Generation of High-Density MeV Ions in Ultra-Intense Laser Plasma Interactions
Author(s)	反保, 元伸
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45648
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

氏名	反保元伸（たんぽもとのぶ）
博士の専攻分野の名称	博士（理学）
学位記番号	第 19193 号
学位授与年月日	平成17年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Generation of High-Density MeV Ions in Ultra-Intense Laser Plasma Interactions （超高強度レーザー・プラズマ相互作用における高密度MeVイオン発生）
論文審査委員	（主査） 教授 疇地 宏 （副査） 教授 下田 正　教授 久野 良孝　助教授 白神 宏之 助教授 兒玉 了祐

論文内容の要旨

核反応を大量に起こすためには、大電流のイオン加速器が必要になる。高電流でイオンを加速させる一つの方法として高密度の非中性プラズマがある。非中性プラズマがもつ静電場によってイオンを加速できることができる。メガA/cm2の大電流電子加速器ビームの中性ガスプラズマへの入射は、ビームの運動量分布に起因して指向性をもった加速静電界をもつ非中性プラズマを生成する。極短パルス超高強度レーザーを固体ターゲットに照射して生成する「超高強度レーザー生成プラズマ」は、加速静電界を MeV オーダーにできる極端に非中性なプラズマであり、加速するイオンビーム電流はこれまでにない高電流で発生すると考えられる。そのプラズマの大きな特徴は極短時間でのレーザーエネルギー集中によって固体密度のプラズマ状態で、その中を超高強度レーザー・プラズマ相互作用によって発生した数テラ A/cm^2 の相対論的電子ビームが伝播するというプラズマ状態である。加速静電界がもっとも強いところは、その相対論電子ビームがレーザー照射表面からターゲット裏側まで到達して真空中へ抜けるターゲット裏面と真空の境界であるが、その境界における相対論電子ビームのターゲット裏面における運動量分布、それによってイオンとの間に形成される加速電界の3次元強度分布がわかっていない。これは、ターゲット中での相対論電子のターゲット裏面への輸送プロセスが非常に複雑で解明が困難なためである。本研究の目的は、加速電界の3次元強度分布を加速放出したイオンの3次元放出方向・エネルギー分布の計測から明らかにすることにある。本研究によってさらに精密化された1次元加速モデルを用いて、計測された3次元放出方向エネルギー分布の（3次元を球座標にとった場合の）各動径方向に1次元モデルが適用可能かどうかを確認する。そして1次元加速モデルにおける、イオンのエネルギーから加速静電界強度を評価できる関係式を用いて、各動径方向に対する3次元の加速電界空間分布を実験で得た3次元運動量分布から評価した。その結果、1次元モデルを用いて評価した3次元の加速電界空間分布は、実験で得た、実際の加速電界によって加速されたイオンの最大エネルギーの空間分布と一致しない部分が現れた。これによってイオンの3次元運動量分布は1次元モデルでは説明できない加速電界空間分布をもつことが明らかになった。1次元のモデルの適用限界を示し、新たなモデルの構築が必要になるということが本研究によってはじめて明らかにされた。

論文審査の結果の要旨

超高強度レーザーをターゲットに照射すると、電場による電子の振動と磁場とのローレンツ力により電子はレーザーの進行方向に加速される。この電子がターゲットを抜け出る際に、物質と真空境界において強い静電場ができ、高速のイオンが発生する。反保君は、電子と高速イオンの同時観測を行い、高速イオンのエネルギーが電子温度だけでなく電子密度にも依存し、その依存性は等温膨張モデルとよばれる理論の予測と矛盾しないことを示した。さらに、高速イオンの角度分布についても、各々の方向での等温膨張モデルにより説明できることを示した。この研究は超高強度レーザーによる高エネルギーイオンの発生機構の理解に新しい知見を与えたものであり、博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。