

28aC15P

高強度レーザーを用いたイオン加速に関するシミュレーション

Particle-in-cell simulation of ion acceleration by an intense laser pulse

加藤 進, 高橋 栄一, 松本 裕治, 奥田 功

産総研

Susumu Kato, Eiichi Takahashi, Yuji Matsumoto, Isao Okuda

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

近年、医療分野への応用を目指した小型加速器としての高強度レーザーを用いたイオン加速に興味を持たれている。加速するイオンのエネルギーは、用途にもよるが数 MeV から十数 MeV 程度が必要である。実験的には、レーザーピーク出力がメガワットクラスの大型レーザー装置を用いることによって、50MeV を超えるエネルギーを持つ陽子が得られている [1]。しかし、既存の加速器の代替を目標とする場合、コンパクトで高効率なシステムでなければならない。このとき、レーザー光からイオンへの効率的なエネルギー輸送が重要な研究課題の一つとなり、レーザー及びターゲットプラズマ等の諸条件を最適化する必要がある [2]。

現在、高強度短パルスレーザーと薄膜ターゲットを用いたイオンの加速は、レーザーによって加速された高エネルギー電子によってターゲット裏面に生成されたシース電場によって支配的されると考えられている [3]。典型的な模式図を図 1 に示す。このとき、問題となる物理過程は、(1) レーザー吸収領域でのレーザーから電子へのエネルギー変換、(2) レーザー吸収領域からシース形成領域への電子エネルギー輸送、(3) 高エネルギー電子によるシース形成とイオン加速の 3 つに大別できる。必要とするエネルギーを持ったイオンを加速するためには、この 3 つの過程を最適化する必要がある。

本研究では、イオン加速に寄与するシースの形成を最適化するために、物理過程 (1) に着目する。発生する電子のエネルギースペクトルは、レーザー波長、集光強度、密度勾配などによって、大きな違いがあることが知られている [4]。このため、吸収領域、高密度領域プラズマ及び加速イオンに別々のイオン種を扱う 1 次元の粒子シミュレーションコードを使用する。シースの形成では、高速電子の密度、エネルギースペクトル及びその維持時間等が重要なパラメータとなるので、この 3 つのパラメータに対するレーザー及び吸収領域プラズマの諸条件依存性を調べた。

この詳細につき講演する予定である。

謝辞

本研究の一部は、原子力委員会の評価に基づき文部科学省原子力試験研究費によって実施されたものである。

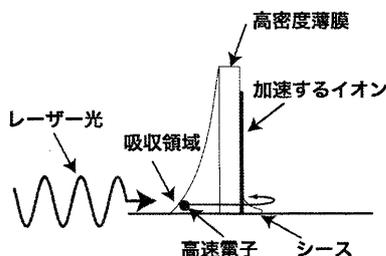


Fig.1 裏面に出来るシース電場を用いるイオン加速のための典型的な模式図。問題となる領域は、高エネルギー電子生成 (レーザー吸収) 領域、電子エネルギー輸送 (高密度薄膜) 領域、膨張・加速 (シース) 領域の 3 つに大別できる。

[1] R. A. Snavely *et al.*, Phys. Rev. Lett. **85**, 2945 (2000).
 [2] Y. Sentoku *et al.*, Appl. Phys. B **74**, 207 (2002).
 [3] S. P. Hatchett *et al.*, Phys. Plasmas **7**, 2076 (2000); Y. Sentoku *et al.*, Phys. Plasmas **10**, 2009 (2003).
 [4] E. Lefebvre and G. Bonnaud, Phys. Rev. E **55**, 1011 (1997); S. C. Wilks and W. L. Kruger, IEEE J. Quantum Electron. **33**, 1954 (1997); S. Kato *et al.*, J. Plasma Fusion Res. **78**, 717 (2002); S. Kato *et al.*, Proceedings of 12th International Congress on Plasma Physics, 25-29 October 2004, Nice (France), <http://hal.ccsd.cnrs.fr/ccsd-00001970>.

28aC16P GAMMA10 用 1 MW 28GHz ジャイロトロンの高効率発振設計

High efficiency design of 1MW 28GHz gyrotron for GAMMA10

鎌田康宏^{*1}, 坂本慶司^{*2}, 今井剛^{*1}, 立松芳典^{*1}, 南龍太郎^{*1}, 渡辺理^{*1}, 斉藤輝雄^{*3}, 貝塚徹也^{*1}, 町田紀人^{*1}, 中村真理亜^{*1}, 張替学^{*1}, 木内茂^{*1}, 坂越祐介^{*1}, 吉澤史^{*1}, 沼倉友晴^{*1}, 長照二^{*1}

^{*1} プラズマ研究センター, ^{*2} JAEA 那珂, ^{*3} 福井大学 遠赤外線領域開発研究センター

Y.Kamata^{*1}, K.Sakamoto^{*2}, T.Imai^{*1}, Y.Tatematsu^{*1}, R.Minami^{*1}, O.Watanabe^{*1}, T.Saitou^{*3}, T.Kaitsuka^{*1}, N.Machida^{*1}, M.Nakamura^{*1}, M.Harigae^{*1}, S.Kiuchi^{*1}, Y.Sakagosi^{*1}, A.Yoshizawa^{*1}, T.Numakura^{*1}, T.Cho^{*1}

^{*1} Plasma Research Center, University of Tsukuba, ^{*2} Japan Atomic Energy Agency-Naka

^{*3} Research Center for Development of Far-infrared Region, University of Fukui,

タンデムミラー装置ガンマ 10 において電子サイクロトロン共鳴加熱(ECRH)はプラグ/バリア部における電位形成による閉じ込め、またセントラル部の電子加熱に不可欠である。これまでに、筑波大学では、500kW ジャイロトロンを導入により、プラグ/バリア部において 3kV の高電位形成に成功した。この閉じこめ電位は ECRH 出力とともに増加しており、今後さらなるプラグ部ミラーでの高電位形成、セントラルミラー部での電子加熱のためには、高周波源のパワーをさらに上げる必要がある。このため筑波大学では 1MW 級、28GHz ジャイロトロンを開発を計画している。その第一段階として、今回 28GHz ジャイロトロンを発振設計を行った。発振モードは TE_{8,3} モードである。電子ビームのピッチファクター、空洞共振器の長さ、共振器の出口及び入口のアップテーパー、ダウンテーパーの角度等をパラメータとして発振の最適化を行った。ビーム電圧=75kV、ビーム電流 40A の速度分散がゼロの理想的な電子ビームを入力条件として、最大発振電力 1.78MW (発振効率 59%) の高効率発振が可能であるとの結果が得られた。最高発振効率は、ビーム電流 30A において、61% (発振出力 1.37MW) である。さらに Depresse collector (エネルギー回収) を組み合わせることで総合効率は 90% となり、極めて高効率のジャイロトロンが期待できることが判った。

