

レーザー核融合高速点火の加熱効率向上にむけたLFEXレーザーの波長変換 Second harmonics generation of LFEX to improve the heating efficiency of fast ignition laser fusion

有川安信¹, Zhanggui Hu², 畑昌育¹, 坂田匠平¹, 安部勇輝¹, 高橋将太¹, Lee Seungho¹, 小島完興³, 疇地宏¹, 千徳靖彦¹, 坂上仁志⁴, 城崎知至⁵, 時田茂樹¹, 河仲準二¹, 宮永憲明¹,
吉村政志¹, 白神宏之¹, 藤岡慎介¹, 兒玉了祐¹

Yasunobu Arikawa, Zhanggui Hu, Masayasu Hata, Shohei Sakata, Yuki Abe, et al.,

(1) 阪大レーザー研, (2) 中国科学院, (3) 京大化研, (4) 核融合研, (5) 広島大)

(1) Institute of Laser Engineering, Osaka University, (2) Chinese Academy of Science, (3) Kyoto University, (4) NIFS, (5) Hiroshima University

高速点火レーザー核融合では、燃料を圧縮した後に加熱を行い、核融合点火条件に到達させる。加熱プロセスにおいて、加熱レーザーエネルギーのうち燃料に付与されるエネルギーの割合（加熱効率）を向上させることが重要な課題となっている。2016年に行われた高速点火加熱実験では、最大で7-8%の加熱が達成されたが[1]、レーザー核融合炉を設計するためには20%以上の加熱効率が必要である[2]。加熱プロセスでは、レーザーによって加速された電子が燃料に衝突して加熱を行うが、電子のエネルギーのうち3MeV以上の成分はコアを貫通してしまうため加熱の寄与は少なく、1~3MeVの電子が主に加熱に寄与する[2]。そのため1-3MeVの電子の数を3倍に増やす必要がある。

加熱レーザーの波長を短くすると、電子の平均エネルギーが下がり、その分低エネルギー電子の数が上昇することが予測されている。そこで阪大レーザー研の加熱レーザーLFEXの波長変換技術の開発が求められている。我々は、LFEXの最終光学系（オフアクシスパラボラミラー）よりも後段で波長変換を実施し、変換された2倍高調波と残留基本波を混合して照射するためのシステムを開発している。この手法によって、基本波と2倍高調波の偏光交差レーザ

ーの重ね合わせによって、8の字偏光を作り出すことができる。従来のKDP結晶を用いた設計に対して、我々の新設計であるLBO結晶を用いた集光途中変換によって、圧倒的にコンパクトな装置での波長変換が可能となった(図1)。3次元粒子シミュレーションによって8の字偏光のレーザー電子加速を計算し、加熱効率の向上を評価した。図2に示すように、波長変換されたレーザーによる電子のエネルギースペクトルを比較する。基本波のみの時よりも2波長混合にした時の方が1~3MeVの電子の数が3倍まで増加している。これにより加熱効率は3倍まで増大することが予測される。発表では加熱効率向上の物理機構の詳細とともに、設備の準備状況についても述べる。

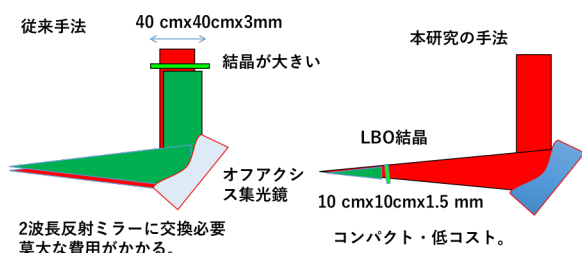


図1 加熱レーザー用波長変換光学設計の概念

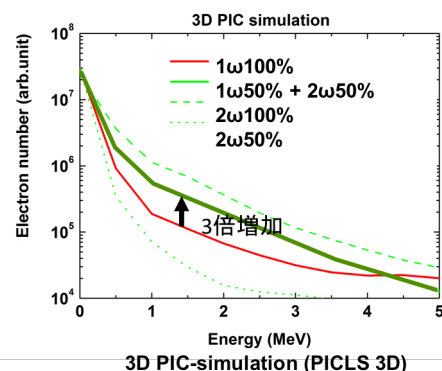


図2 3次元粒子シミュレーションによる、2波長混合レーザーで発生した電子のエネルギースペクトル。混合波(1ω50% + 2ω50%)は従来の基本波(1ω100%)に比べて1~3MeVの電子が3倍に増加している。

[1] S. Sakata, et al., Nature Comm. 9, 3937, (2018)

[2] T. Norimatsu, et al., Nucl. Fusion 57, 11, (2017)