

宮永憲明

阪大レーザー研

MIYANAGA Noriaki (ILE, Osaka Univ.)

レーザーシステムの概要

炉用レーザードライバは、図1に示すように発振器、増幅器、ビーム伝送光学系、波長変換器、及び集光光学系からなり、高速点火レーザー核融合では爆縮レーザーと加熱レーザーの2系統に分類される。爆縮レーザーは数 ns 動作、加熱レーザーは数 10ps 動作である点が異なるが、両者の基本的なシステム構成は似通っている。想定されるドライバの全エネルギーは、数 100kJ ~ 1MJ であり、加熱レーザーはその 10 分の 1 ~ 数分の 1 に抑えることができる。システム設計では、エキシマーレーザー (KrF レーザー) 等の可能性も考慮しつつ、半導体レーザー (LD) 励起固体レーザー (DPSSL: Diode-Pumped Solid State Laser) に主眼を置いている。

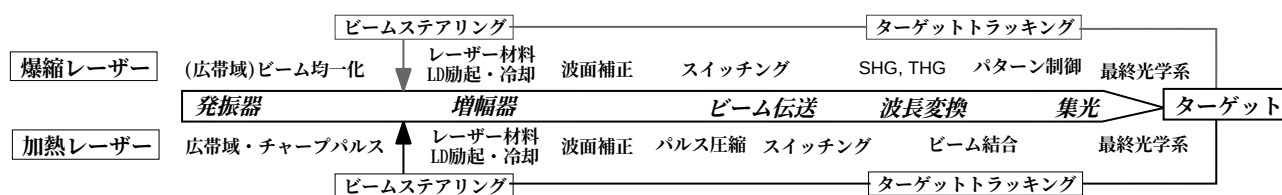


図1 炉用レーザードライバの構成と要素技術。

モジュール化技術

所要のレーザー要素技術は個別に開発可能であり、それらをアセンブルすることによってモジュール (約 10kJ/ビーム) を構成する。モジュール性能を確認した後に、炉の出力設計に合わせてビーム数と配置を決定し、さらに全システムの制御系 (ビーム間パワーバランス、同期等) を構築する。このモジュール化技術は、低コスト化、稼働の信頼性向上及び装置保守のために重要である。また、爆縮及び加熱レーザー双方になるべく多くの共通技術を用いることも重要である。

共通要素技術

最も重要な共通要素技術は、レーザー材料 (高繰り返し・高出力動作が可能な材料) とそれを励起するための LD の高出力化と冷却技術及び大量生産技術である。また、多重パスの高効率増幅器モジュールには大口径光シャッター開発が必要である。光学素子の研磨精度や冷却性能の仕様を抑えてコスト低減を図るには、システムの熱特性解析に基づくビームの波面補正が不可欠であり、位相共役鏡や可変形鏡の方式や配置場所を含めたビームラインの設計が重要である。

数基の炉を順次駆動するためのビーム切り替えについては、電気光学的及び機械的のスイッチを併せて開発し、コストと安定性の観点から何れかを選択する。また、中性子負荷を受ける最終光学系としては、アニール石英のプリズムや透過型回折格子、あるいは金属反射鏡が候補であり、集光方式 (レンズ、回折光学素子、凹面鏡) や放射線遮蔽体の構造と併せて最終設計する。さらに、ビームステアリングではターゲットの動きに高速で追従する必要がある、プローブレーザーによるターゲットトラッキングと、そのトラッキング光を位相共役・増幅してターゲットに戻す自動化ステアリングの可能性がある。

爆縮レーザー特有の要素技術

爆縮レーザー照射は 32 本配置を基本とする。パルス波形整形と高調波変換 (可視又は紫外域) には、ビーム間バランスが可能な調整機構を付加する。また、空間的位相分布制御により低次の照射不均一性 (ビームの幾何学的配置に起因する) を抑制でき、スポットサイズの時間的制御により高コントラストパルス整形における増幅器の負担が軽減可能となる。高次照射不均一の低減 (広帯域化) はオプションとし、基本波で 1nm 幅程度の増幅が可能なレーザー材料開発を進める。

加熱レーザー特有の要素技術

加熱レーザーは 10 本程度のチャープパルス増幅・パルス圧縮のビームラインで構成され、想定されるエネルギーは約 100kJ/数 10ps である。点火領域のサイズを小さくするために個々のビームの波面補正がより重要であり、ビーム間の高精度同期も不可欠である。

共同研究者: IFE フォーラム/IFE ロードマップワーキング・レーザーサブグループ

植田憲一 (電通大), 大和田野芳郎 (産総研), 菅 博文 (浜松ホトニクス), 久保村浩之 (日本電気), 実野孝久 (阪大), 椿本孝治 (阪大), 中塚正大 (阪大), 中野人志 (近畿大), 山中正宣 (阪大)