

高効率爆縮、RT 不安定性の制御、高速点火方式の実証実験など、慣性核融合 (IFE) 実験の進展と共に、現実の IFE 発電のための炉設計に着手する段階に来了。慣性核融合発電のためのキーテクノロジーはいうまでもなく、レーザー技術であり、実用炉用の高出力、高効率、高繰り返しレーザーが実現できるかどうかは、最も重要な技術課題である。NIF 用のレーザーは、出力は巨大であっても、あくまでも単一ショットレーザーであり、従来の技術で建設可能である。一方、5 - 10 Hz 以上の高繰り返しで、MJ 出力を発生する実用炉用レーザーは、これまでの技術の延長ではなく、全く新しいレーザー材料、技術の開発が必要となる。ここでは、ガラスと結晶の利点を併せ持つセラミックレーザーと、さらに誘導放出断面積の温度同調技術、低温駆動による新しい LD 固体レーザーの可能性について検討し、本当の実用炉用レーザーへの道を探る。

我々は、ガラスと同等の大型材料ができる結晶材料として、セラミックレーザー材料の開発に成功した。これまでに、LD 励起で 2 kW 級のレーザーが実現された。レーザーの出力特性が単結晶材料と同等以上の性能を発揮することを証明し、同時に、メートル級の大口径材料まで作成可能なことを確かめた。セラミックレーザーはまさに、ガラスの拡大則を実現する結晶である。さらに多結晶であるセラミック YAG は、単結晶 YAG に比べて、3 倍から 5 倍も大きな熱衝撃パラメータを持つことも判明した。同じ材料でも、異なった破壊強度を持つならば、誘導放出断面積のような物理定数も同調可能にできないか、と考えて、それが可能であることがわかった。均一幅を持つ結晶では、誘導放出断面積は温度の関数となるので、大きな小信号利得を必要とする前置増幅器と、大口径増幅器で問題となる ASE 限界を最適化することができる。2004 年 3 月に開催された APLS2004 において、低温駆動レーザーシステムを提案した。室温から 77K まで温度を変化させれば、その間に、誘導放出断面積は 1 桁弱大きくすることができて、Yb:YAG を核融合に最適なレーザー材料に変えてくれる。同時に、熱伝導係数や熱膨張はさらによい条件となるので、レーザー材料としての FOM は大幅に改善される。

我々の提案は、単に固体レーザー材料に止まっていない。励起源としての LD の低コスト化は、レーザー核融合の研究の中で達成されねばならない。なぜなら、IFE 発電は LD の最大マーケットを形成する。そして、最大マーケットだからこそ許される技術開発が必要である。LD の寿命、さらに駆動電流を制限している最大の要因は欠陥形成である。欠陥形成は避けられない現象だが、同時に、その蓄積速度は基本的にアレニウス則に従う。すなわち、駆動時の温度を低温化すれば、LD の諸特性はすべて改善される。元来、液体窒素温度で発振した LD を室温駆動にするために幾多の努力を蓄積してきたが、その到達した技術を持って改めて低温駆動 LD を開発すれば、飛躍的に高出力、長寿命の LD が実現されるはずである。このような飛躍的な条件改善によって、コストダウンを図ることで、実用炉用のレーザーに必要な低コスト、高出力 LD が開発される道筋を実現できると信じる。

低温駆動 LD 励起固体レーザーは、一見、奇想天外に見えるかも知れないが、要求されている巨大な進歩をまじめに取り扱くと、もっとも現実的なアイデアであると、世界が認めるようになって考えている。