

理工系

省エネルギー技術と極限高出力 レーザー技術

大学院融合科学研究科情報学専攻・教授

尾松 孝茂



【研究の背景】

1960年にレーザーが誕生してから、早50年の歳月が流れようとしています。より強くより速くといった人間の能力の極限を競うのがオリンピックの歴史であれば、レーザーの歴史は、極限的に強い光パワーや極限的に短い光パルス人間がどこまで作り出せるか、その技術を競い合ってきた歴史です。壮大なビルド&スクラップの繰り返しと言っても過言ではないかもしれません。

このようにエネルギー消費が大きく、人間にやさしくない代表選手のように思われてきたレーザーが、いま、地球温暖化を防ぐ省エネルギーや人間にやさしい光の切り札として注目を集めています。例えば、太陽電池を支えるシリコンや蛍光灯に代わる省電力照明白色LEDを支えるサファイアなど、これらの材料の加工は省エネルギーには欠かせない技術ですが、レーザー加工以外の有効な手段は今のところありません。また、高出力レーザーを波長変換して発生させるテラヘルツ波は、長く非破壊検査光源として用いられてきたX線に代わる人間にやさしい光として脚光を浴びています。

われわれは、これら省エネルギー技術を切り拓くための新しいレーザー極限技術として、高強度・高出力・高品位・低消費電力なレーザーを開発してきました。

【研究の成果】

われわれが開発しているレーザーは、高出力ピコ秒(10^{-12} 秒)レーザーです。高出力(92W)、高強度(>10MW)、高繰り返しレート(1MHz)、高ビーム品質をすべて兼ね備えているこのレーザーは、現在市販されているピコ秒レーザーの性能を圧倒する世界初の革新的なレーザーです。ピコ秒レーザーのキーワードはチタンサファイアレーザーに代表されるフェムト秒(10^{-15} 秒)レーザーに比べ、低コスト、低電力消費、高パルス繰り返しレート、すなわち、二桁近くフォトンコスト(光のエネルギー単価)が安いことです。

【支援を受けた科研費等】

- 平成 17-20 年度 科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業さきがけ 「トポロジカル光波シンセシス」
- 平成 18-20 年度 基盤研究 B 「無秩序結晶バナデート混晶の利得飽和効果を用いた超短パルス領域位相共役光学」
- 平成 20 年度 科学技術振興機構 産学共同シーズイノベーション化事業 顕在化ステージ
「超高速アブレーション微細加工用の超小型高強度ピコ秒パルスレーザーの開発」

【掲載された学術誌】

- 1) “Picosecond master-oscillator, power-amplifier system based on a mixed vanadate phase conjugate bounce amplifier”, N. Shiba, Y. Morimoto, K. Nawata, K. Furuki, Y. Tanaka, M. Okida, T. Omatsu, Optics Express, **16** (2008) 16382-16389.
- 2) “MW ps pulse generation at sub-MHz repetition rates from a phase conjugate Nd:YVO₄ bounce amplifier”, K. Nawata, M. Okida, K. Furuki, T. Omatsu, Optics Express, **15** (2007) 9123-9128.

まさに、省エネルギー時代のニーズに合致します。開発を始めた2000年頃、「なぜ、ピコ秒レーザーなの?」という質問をよく受けました。

その当時国内では、フェムト秒テクノロジーが華々しく、ピコ秒レーザーを開発するというと驚かれたものです。今では、時代が逆にわれわれに追いついてきたのだと言えます。すでにシリコンやサファイアの溝切り加工は実証済です。われわれのレーザーを用いることで数メートル/秒の超高速加工が可能になります。

われわれを支えるキーテクノロジーは、位相共役鏡と呼ばれる特殊な鏡と側面励起バナデート増幅器と呼ばれる極限的に高い利得を示すレーザー増幅器です。位相共役波というのは、入射した光の空間反転性を示す光のことで、この光を用いると、レーザー装置で発生する色々な位相歪みを自動的に補償してくれます。そのおかげで、位相歪みが大きかった側面励起バナデート増幅器の最大の長所である高い利得を最大限に有効活用でき、画期的なレーザーが開発できました。これまでに、さきがけ研究や科学研究費補助金やシーズ顕在化をはじめとする競争的資金、日刊工業新聞をはじめとするメディアにも取り上げて頂きました。また、国内外の招待講演もこの2年間で10件以上務めさせて頂きました。

【今後の展開】

今後は、可視から紫外への波長変換が重要になるでしょう。この波長域ではシリコンやサファイアの吸収が近赤外に比べ1桁高いので、作業効率が格段に向上する可能性があります。また、深紫外レーザーやテラヘルツ光源の励起光源として応用することも考えています。さらには、急速に進展しつつあるファイバー光学系を大胆に取り入れて、レーザー自身の信頼性向上と省スペース・省電力化を進めることが重要な方向性だと考えています。