

高出力レーザーを求め、 次世代ファイバーレーザーの研究

白川 研究室



白川 晃
Akira SHIRAKAWA

研究概要

フォトニックバンドギャップ
技術を使った新しいファイ
バーレーザー

当研究室では、ファイバーレ
ザー、位相同期レーザー、セラミッ
クレーザーなど、レーザー技術を
中心に研究・開発を行っている。
特にファイバーレーザーは高出力
レーザーとして、現在最も注目し
ているレーザーだ。

シリカファイバーの中央コア部
にイッテルビウム(Yb)という

ミクロンの波長でよく光る特性を

持つ希土類イオン(レアアース)

を添加する。その周りを囲むク
ラッドにゲルマニウム等を添加さ
せて屈折率を上げた微細周期構造
を作る。通常のファイバーとは逆

にコア部の屈折率が低く、周りの
クラッドの屈折率が高いため、全
反射伝搬できない。しかしクラッ
ドの周期構造中では、光子を結晶

中の電子と同様に扱うことができ、
フォトニックバンドギャップ(光
の禁止帯・特定の帯域の光が内部
を伝搬できない性質)が形成され

る。その波長帯の光は一度コアに
入ると外に出られずコアを伝搬す
ることになり、高効率にレーザー

発振する。われわれはこれをフォ
トニックバンドギャップファイ

バーレーザーと呼んでいる。

フォトニックバンドギャップ
ファイバーレーザー

通常のYb添加ファイバーレ
ザーは、波長が1050nmのあた
りでよく光る特性を持っている。
1200nmくらいではほとんど光

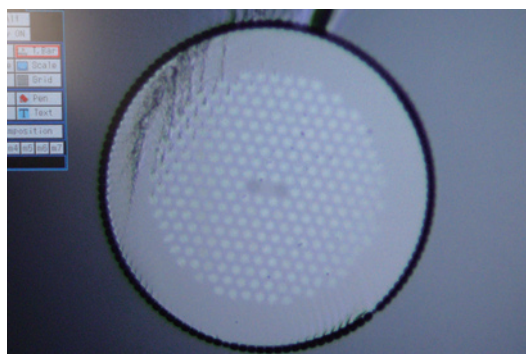
らない。
そこで、フォトニックバンド
ギャップを使い透過する波長帯を
制限すると、利得スペクトルの形

が変わり1200nm帯で高出力が
得られるようになった。効率も普
通のファイバーレーザーと変わら

ないレベルを実現している。これ
は世界に先駆けた研究である。

この新しいファイバーレーザー
はさまざまなものに利用し得る。
例えば、第二高調波発生を使い

589nmに変換することで、ナト
リウムのD線に相当するレーザー
光に変え、レーザーガイド星と呼



フォトニックバンドギャップファイバーの顕微鏡像

ある。

フォトニックバンドギャップ技
術はファイバーレーザーの波長だ
けでなく非線形特性も変えること
ができる。ファイバーレーザーの
高出力化の限界はラマン散乱(分子
が振動して光のエネルギーが失わ
れる)までだ。そこで、バンドギャッ
プによりラマン散乱の波長帯で透
過できないようにしてラマン散乱
を抑制することで、より高出力な
レーザーができる。

当研究室では、ファイバーのコ
ア径を大きくしてこれに対処する
かわりに、フォトニックバンド
ギャップ効果によって非線形特性
をコントロールすることで、高出
力レーザーの実現を目指している。

589nmに変換することで、ナト
リウムのD線に相当するレーザー
光に変え、レーザーガイド星と呼

キーワード

ファイバーレーザー、セラミックレ
ザー、固体レーザー、フォトニックバ
ンドギャップ技術、フォトニックバンドギャッ
プファイバーレーザー、位相同期レ
ザー、マルチコアファイバーレーザー、
高出力超短パルスセラミック光源、超短
パルスフォトニック結晶ファイバー光源

所属	レーザー新世代研究センター
メンバー	白川 晃 准教授
所属学会	応用物理学会、レーザー学会、 Optical Society of America、 International Society for Optics and Photonics
E-mail	akira@ils.uec.ac.jp
研究設備	各種ファイバー融着接続機・ク リーバ、ヒーター型ファイバ カップラー製造装置、各種光ス ペクトラムアナライザ、紫外・可 視・近赤外分光光度計、高出力 レーザーダイオード多数、Qスイ チYAGレーザー



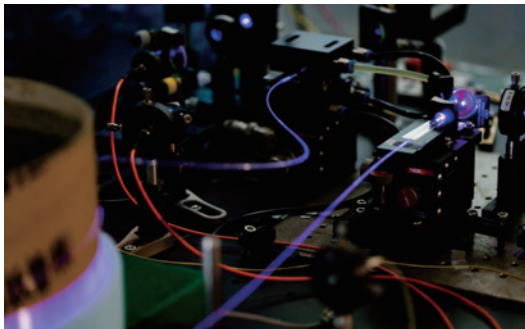
位相同期レーザー

破壊限界を超えてファイバーレーザーの出力を上げるためには並列化するしか方法が無い。ただ、複数のレーザーを集めても出力は上がるが輝度を上げることはできない。そのため、それぞれの位相を合わせてビームを重ね合わせる必要がある。位相同期レーザーとして当研究室では、マルチコアファイバーレーザーを研究している。これは、フォトリック結晶技術を使って複数のコアを作り、それぞれの位相が合わさったモードを形成させるものだ。当研究室ではまた、ファイバーの端面を溶かして特定の長さに制御して、位相

の合わさったモードのみを選択するエンドシール法と呼ぶ新しい位相同期法を生み出した。検証結果では、非常に効率が高く、普通のファイバーレーザーと比べて差のない効率を実現している。

新素材を使った固体レーザー

セラミックレーザーの研究では、新しい材料の探索や物質場制御に取り組んでいる。共同研究で開発しているセラミック製法を使えば、融点が高すぎて結晶化するのが難しく今まで使えなかった希土類酸化物などの材料が使えるようになった。これが便利なのは、高い熱伝導率と広い利得スペクトルを持っているので、高出力の超



淡く光るファイバー。高出力レーザーは主に近赤外線のため、明るくない

短パルスレーザーに利用ができることだ。新素材に関しては、共同研究でピエゾセラミックスに類似した酸化物や、フッ化物材料を作っている。これらは無秩序結晶セラミックと呼ばれ、レアアースがランダムに入っている。これにより広い発光スペクトルを実現している。今までの単結晶レーザーではできなかったことが今後可能となる。

アドバンテージ

独創的なアイデアで次世代のレーザーを生み出す

1980年から、電気通信大学レーザー研究所(現レーザー新世



大口径ファイバー融着接続機

代研究センター)は既存の理論に捕らわれない柔軟な発想を持ち続け、ファイバーレーザーやセラミックレーザーなど、従来のレーザーの概念を覆す斬新なレーザーを生み出してきた。

この思想は現在でも息づいており、当研究室では、フォトリックバンドギャップファイバーレーザー、位相同期レーザー、高出力超短パルスセラミックレーザー、超短パルスフォトリック結晶ファイバー光源などの独創的なアイデアで、次世代のファイバーレーザー、高出力レーザーの研究に取り組んでいる。



希土類酸化物 thin-diskレーザー

今後の展開
レーザーを「自在技術」に昇華させたい

わが国では光科学研究は盛んに行われている。しかし、レーザーを用いたものの研究が主流で、レーザーそのものの研究はほとんど行われていない。レーザー技術は成熟しつつあるが、多くの課題が置き去りにされたまま限られた応用分野でのみ利用されているのが実情だ。

白川は、ファイバーレーザーと固体レーザーに軸足を置きながら、さまざまな視点からレーザーを研究し、誰もが使える「自在技術」に昇華させたいと考えている。

また、これまで国内外のさまざまな企業と縛りのない自由なスタイルで共同研究を進め、数多くの学術的な成果を得てきた。今後はこれらを継承・推進しつつも、一方でしっかりとした枠組みを構築し、産業的にも価値の高い成果を創出していきたいと考えている。