

場合によりレーザ利得ファイバの研磨より、クリーブのほうが秘訣になる

連続波 (CW) ハイパワーおよびパルス高エネルギーファイバレーザは、継続的に記録を更新している。例えば、シングルファイバを利用したパルスファイバレーザによって達成された現在のピークパワーは、すでにメガワットレベルに達している⁽¹⁾。特殊光ファイバは、レーザ増幅や光伝送、時には、モードフィールドや偏光状態判定にさえ用いられる。しかし、特殊ファイバ端面のキズや点欠陥が原因となり、端面から光を散乱させ、ポンプ光源の結合効率が下がる。そのような欠陥は、ハイパワー動作では、損傷にも行き着く。高品質のファイバ端面だけが、この種の損傷を防ぐことができる^{(2)、(3)}。中国の北京交通大 (Beijing Jiaotong University) のPh.D学生シンヤン・スー氏 (Xinyang Su) とイ・チェン教授 (Yi Zheng) は、先進的な研磨技術ではなく、市販のファイバクリーバを利用して品質のよいファイバ利得媒体端面を達成しようとしてきた。

一般に利用されているダイヤモンドファイバクリーバは、スー氏によると、特殊ファイバのクリービングには最適ツールではない。それよりもむしろ、他のタイプの機械的クリーバのほうが結果がよい。これら機械的クリーバは、2種類に分かれる。第1は水平に置かれたファイバをクリーブする、それに対して第2は垂直に設置したファイバをクリーブする (一例としては、North Lab 製 3SAE LCC-II ファイバクリーバがある)。後者のほうが、加わるねじれ角が小さい、実際、クリーブされた端面の角度はゼロ度に近づけられる

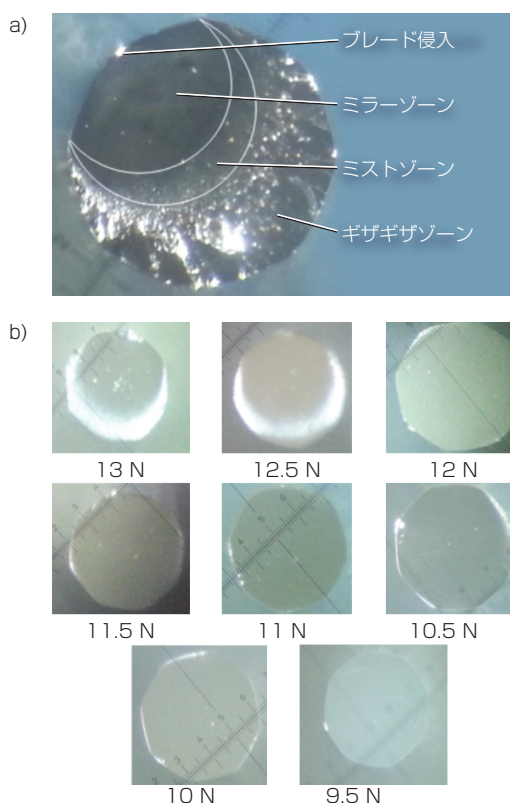


図1 クリーブしたファイバ (a) の顕微画像 (400×) は、クリーブによって生じたミラー、ミスト、ギザギザゾーンを示している。クリーブしたファイバの顕微画像をさまざまなファイバ張力で示した (b)。 (提供: シンヤン・スー氏)

(平均クリーブ角は、 0.16°)。こうした理由で、スー氏とチェン教授は、実験で 3SAE LCC-II ファイバクリーバを使った。

ミラーゾーンを最大化

一般的な脆弱材料などで、クリーブされたファイバ端面は、亀裂からインナーゾーンまで、3つの領域、ミラー、ミスト、ギザギザに分けられる (図1a)。その粗さも順に増加する⁽⁴⁾。スー氏によると、ミラーゾーンがレーザ実験には理想的なゾーンである。

脆弱材料の理論から得られる関連式は、以下の通りである⁽⁵⁾。

$$\sigma_a^2 D_{\text{mist}} = K_{\text{fract}}^2$$

ここでは、 σ_a^2 がファイバに加わった張力の平方、 D_{mist} はブレード侵入とミストゾーン間の距離、また K_{fract} は、材料に依存する定数。ミラーゾーン以外に別の領域が現れる (か否か) のは、ファイバに加わる張力とファイバ材料そのものに依存する。 D_{mist} がファイバ径よりも大きいとき、ファイバ端面は完全にミラーゾーンになる。その結果、クリービングの最適パラメータは、 D_{mist} がファイバ径よりも大きくなるまで、ファイバに加えられた張力を徐々に減らしていくことで見出せる。

クリービング実験は、中国電子科技集团公司第四十六研究所 (46th Research Institute of China Electronics

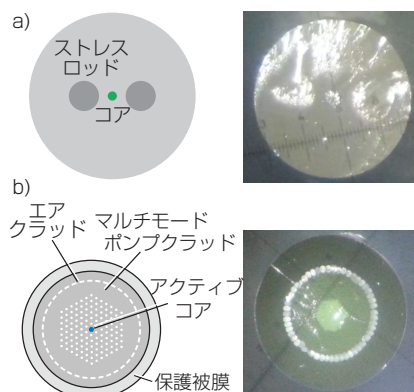


図2 偏波保持ファイバ(a)とフォトニック結晶ファイバ(b)の略図および実験クレープを示した。(提供:シンヤン・スー氏)

Technology Group Corporation)が製造したファイバ両端に張力付加した、エルビウム添加特殊ファイバ(クラッド径400 μ m、コア径25 μ m)を利用して

実施された。図1bに見られるように、張力が13Nから9.5Nに減少すると、ファイバ端面のミラー領域が徐々に増加し、ギザギザゾーンとミストゾーン領域が減少して、最終的に9.5N張力が達成された。ここでは、完全ミラーゾーンが全面的に現れた。

微細内部構造の特殊光ファイバでは、不均一な内部応力のためにファイバのクリーピングが原因で亀裂が生ずる。図2は、それぞれ米ニューファン

社(Nufern)製ツリウム添加偏波保持光ファイバと中国の華南師範大(South China Normal University)が作製したフォトニック結晶ファイバ。ここでは、ファイバに加えた張力を何度も変えても、ファイバの構造による不均一応力を原因とする亀裂は現れなかった。研究者たちによると、現在のところ、構造化特殊ファイバ端面をきれいにするには、少なくともある程度の研磨が必要である。(John Wallace)

参考文献

- (1) W. Fu et al., Opt. Express, 26, 8, 9432-9463 (2018); <https://doi.org/10.1364/oe.26.009432>.
- (2) J. C. Schlesinger, Optical Fibers Research Advances, Nova Publishers (2007).
- (3) V. Termikirtychev, Fundamentals of Fiber Lasers and Fiber Amplifiers, Springer (2014)
- (4) O. G. Okhotnikov, Fiber Lasers, John Wiley & Sons (2012).
- (5) J. Johnson and D. Holloway, "On the shape and size of the fracture zones on glass fracture surfaces," Philosophical Magazine, 14, 731-743 (1966).

LEWJ

Laser Diodes

DPSS Lasers UV - Visible - IR

Laser Diode Modules

Superluminescent Diodes

and more ...

frlaserco.com
sales@frlaserco.com