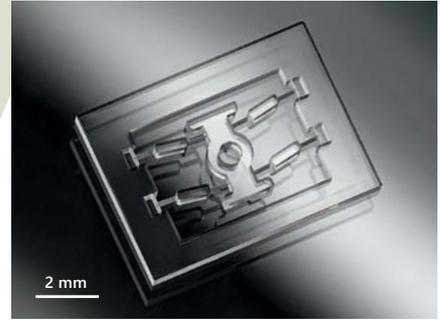




レーザー微細加工例

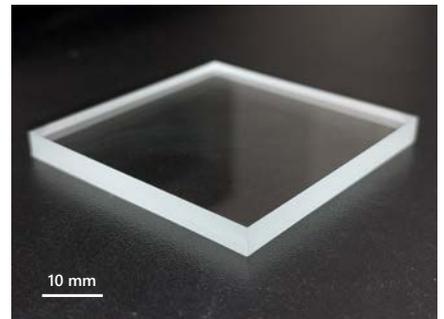
FemtoLux 30 レーザーを用いた



溶融シリカのSLE Femtika提供。



UVFSフライス FTMC提供。

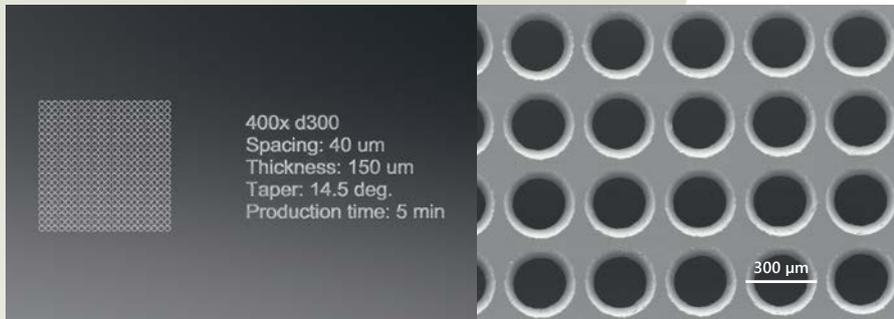


レーザーベッセルビームによるソーダ石灰ガラスのスクライビング FTMC提供。

透明材料

ガラス/サファイアなどの透明な材料は、堅牢性、耐薬品性、透明性、および手頃な価格により、マイクロ流体デバイスや光学部品から電子デバイスに至るまで、多様な用途に用いられています。

フェムト秒レーザーによる微細加工技術は、透明材料の加工を次のレベルに引き上げました。穴あけ、切断、フライス加工、エッチング、スクライビングによって材料を選択的に除去することにより、複雑な構造を正確に加工できます。

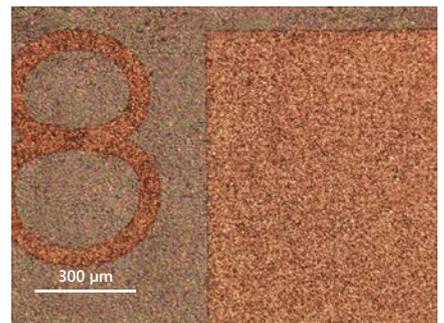


ホウケイ酸ガラスの穴あけ FTMC提供。

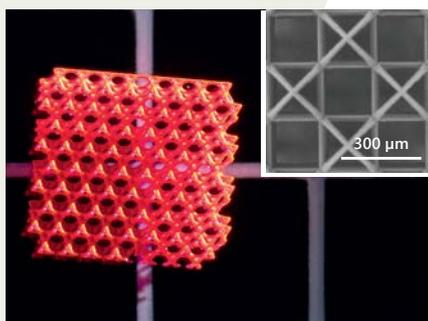
ポリマー

ポリマーは、柔軟性、耐久性、加工のしやすさなど、その優れた特性でさまざまな産業に革命をもたらしています。この優れた材料は、航空宇宙や生物医学からエレクトロニクスに至るまで、幅広い分野で応用されています。

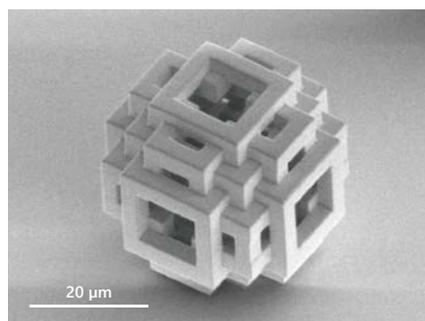
フェムト秒レーザーを用いたポリマー加工は、ポリマーを高精度で選択的に除去し、熱影響を最小限に抑えることで、複雑な構造を精密に加工する新たな道を開きました。フェムト秒レーザー加工は、モノマーやプレポリマーを選択的に重合させ、サブミクロンの解像度、高精度、再現性で複雑な3次元構造を作り出すプロセスである光重合にも使用できます。



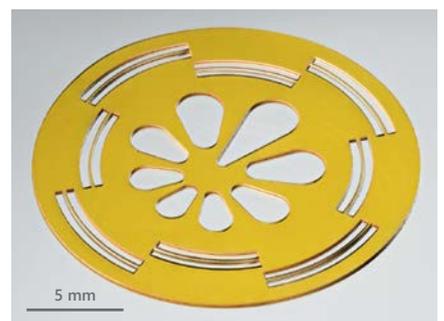
PCBからの絶縁層の除去 FTMC提供。



光重合 Femtika提供。



光重合 提供WOP。



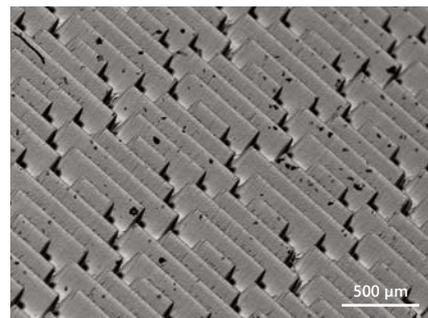
ポリイミド切断 FTMC提供。

材料加工例

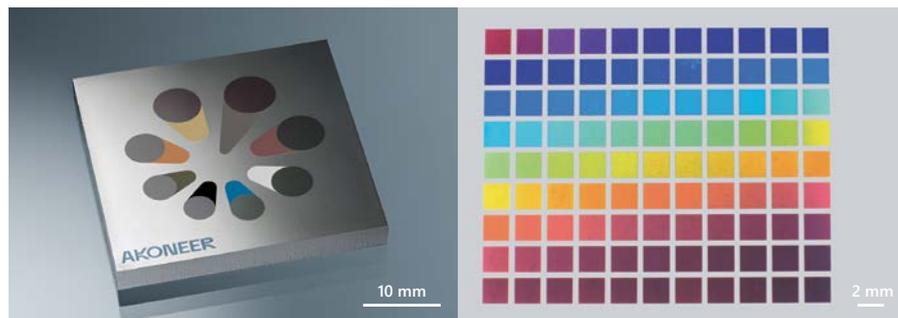
金属

金属、特にステンレス鋼は、その機械的、化学的、美的特性により、現代のエンジニアリングや製造業に不可欠な要素となっている。その汎用性により、航空宇宙、自動車、建築、医療機器など多様な分野で使用されています。

フェムト秒レーザー技術は、金属微細加工に革命をもたらし、熱影響部を最小限に抑えながら、視覚的に美しく、複雑で精密な構造を作成することが出来ます。フェムト秒レーザーは、複雑な形状や特徴の製造を可能にすると同時に、化学添加物を使用せずに黒色/白色のマーキングやカラーマーキングが可能です。



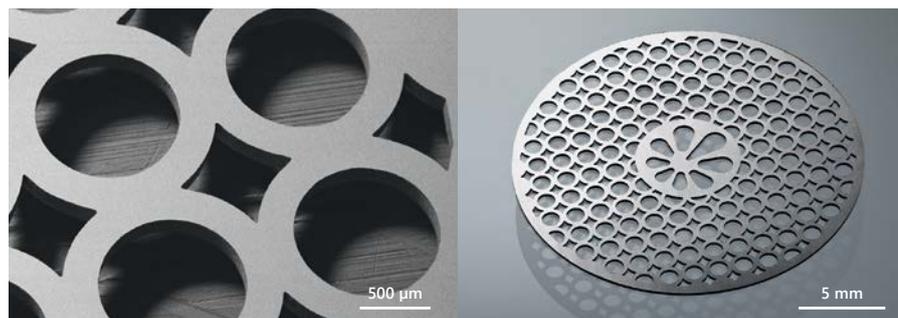
“シャークスキン” 表面構造加工 FTMC提供。



GHzパーストによるステンレススチール(左)とチタンフィルム(右)のカラーリング Akoneer提供。



耐性の高いブラックマーキング FTMC提供。

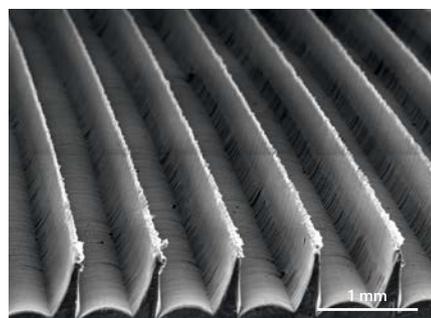


ステンレスの切断 FTMC提供。

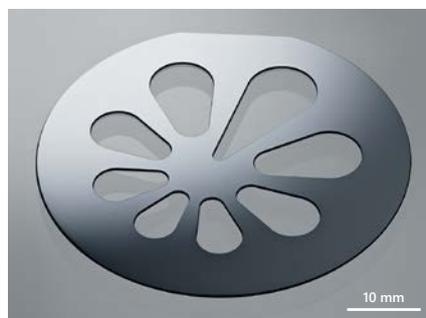


ステンレスの切断 FTMC提供。

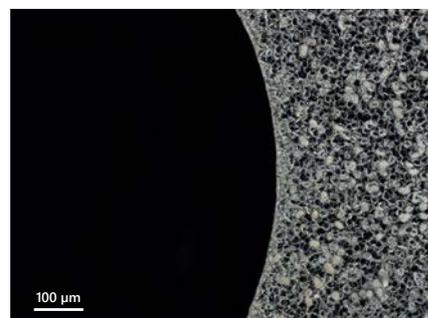
その他の材料



テフロン(PTFE)のフライス加工 FTMC提供。



結晶シリコン切断 FTMC提供。



結晶シリコン切断 FTMC提供。

fs

産業用
フェムト秒
レーザー

FemtoLux 30

信頼性を再定義

高い信頼性と
多用途な
微細加工用
レーザー

- / ガラス, サファイア, セラミックス
の微細加工
- / マイクロエレクトロニクス製造
- / ガラス内部体積構造化
- / ポリマー、金属など様々な材料
への微細加工
- / LCD, LED, OLED 穴あけ
切断および修理



ゼロメンテナンス

ドライクリーニング

30 W フェムト秒 産業用レーザー

FemtoLux 30

革新的な”ドライ”冷却により、最大限の信頼性、シームレスな統合、24時間365日の連続動作およびメンテナンスフリーを実現するように設計されています。

様々なアプリケーションに対応出来る様に、FemtoLux 30は、<350 fsから1 psまでパルス幅が可変でき、シングルショットから4 MHzまでパルス繰り返し周波数を非常に広い範囲で動作します。

シングルパルスの最大パルスエネルギーは100 μ J 以上、バーストモードでは450 μ J 以上と高いエネルギーにより、さまざまな材料に対してより高いアブレーション率を実現します。

FemtoLux 30 の優れたビーム パラメータは、最も要求の厳しい材料および微細加工アプリケーションの要件を満たします。

革新的なレーザー制御エレクトロニクスにより、REST APIコマンドを使用して、Windows、Linuxなど、さまざまなプラットフォームでの制御が行えます。これにより、あらゆるレーザー微細加工装置への組み込みが容易になり、必要な時間と人的資源を削減できます。

シームレスなユーザーエクスペリエンス

容易な組み込み – r RS232およびLAN経由でのREST APIを使用した制御

組み込み時間の短縮 – レーザー制御プログラムのためのデモ制御機器を事前にご利用いただけます。

簡単に迅速な設置 – 水は不要です。完全に取外し可能なレーザーヘッド。エンドユーザーによる設置が可能です。

簡単なトラブルシューティング – 内蔵の出力モニターにより、常時システムの状態をロギング。

定期的なメンテナンス不要。

特長

最大出力 (Typical)
30 W @ 1030 nm,
11 W @ 515 nm,
6 W @ 343 nm

最大パルスエネルギー (Typical)
> 100 μ J @ 1030 nm,
> 55 μ J @ 515 nm,
> 30 μ J @ 343 nm

高エネルギー オプション可
(1 mJ @ 10 kHz)

MHz, GHz, MHz+GHzバーストモード

> 450 μ J バーストモード時

< 350 fs – 1 ps

シングルショットから4 MHz
(AOM 制御)

パルスオンデマンド (PoD),
低ジッター 20 ns
(ピーク-ピーク)

<0.5% RMS 長期平均出力安定度
100時間以上

$M^2 < 1.2$

ビーム真円度 > 0.85

ゼロメンテナンス

ドライクーリング
(冷却水不使用)

1030 nm	515 nm	343 nm
30 W	11 W	6 W
> 100 μ J	> 55 μ J	> 30 μ J



Learn more
about FemtoLux 30
www.ekspla.com

“ドライ”クーリング

直接冷媒冷却システム

FemtoLux 30レーザーは革新的な冷却システムを採用し、産業用フェムト秒レーザーの中で新たな信頼性基準を実現しています。かさばる重い水冷チラーを追加する必要はありません。

従来のチラーは定期的なメンテナンスが必要で、冷却水の交換や洗浄、パーティクルフィルターの交換が必要です。さらに、水漏れはレーザーヘッドや他の機器に損傷を与える可能性があります。FemtoLux 30レーザーは、レーザーヘッドからの熱伝達に水を使用する代わりに、革新的な直接冷媒冷却方式を採用しています。

冷媒は、PSUに統合されたコンプレッサーとコンデンサーから、補強されたフレキシブル配管を通り冷却プレートへと循環します。

冷却経路全体は恒久的に密閉されており、メンテナンスは不要です。



See FemtoLux 30 introduction video showing "dry cooling" advantages

メリット

ミリタリーグレードの信頼性

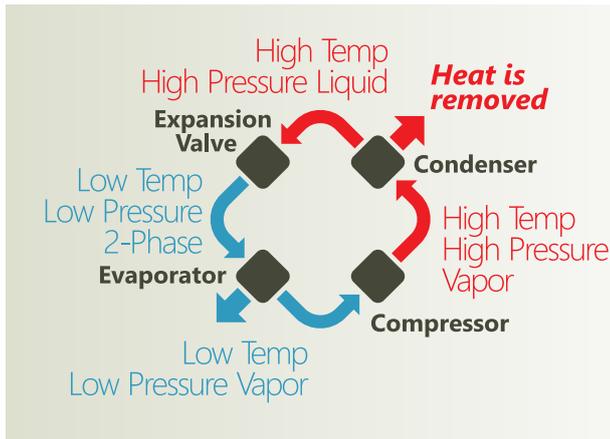
永久密閉システム >90,000 時間 MTBF (平均故障間隔)

メンテナンスフリー

高い冷却効率

>45% 低電力消費 水冷装置と比較して

コンパクトで軽量



Compressor picture. Courtesy of Aspen Systems Inc.

シンプル & 高信頼性 冷却プレート脱着

冷却プレートはレーザーヘッドから取り外し出来ることにより、レーザーの設置がより容易になりました。冷却装置は、レーザー電源装置と一体化されており、サイズは4Uラックマウントで総重量は15 kgです。

取外し可能な冷却プレート

レーザー電源に
一体化された冷却装置



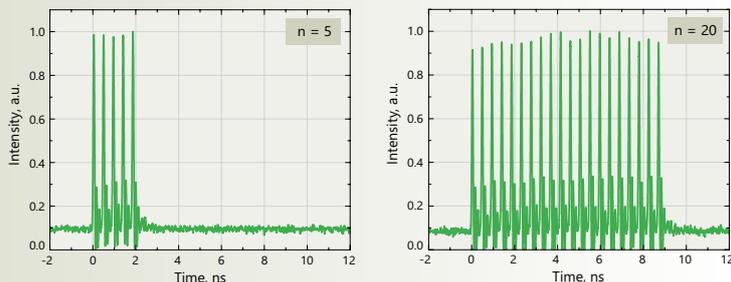
シンプルかつ高信頼性の冷却プレート脱着

GHz バースト オプション

特許出願中の独自技術による
超高速バースト率

ショート GHz バースト

Fig 1. 2.2 GHz バース繰り返し周波数、平均出力31.5 W、バーストパルス数は5と20に設定



ロング GHz バースト

Fig 2. 2.2 GHz バース繰り返し周波数バーストパルス数1100でスクエア波形に制御。繰り返し周波数233 kHz

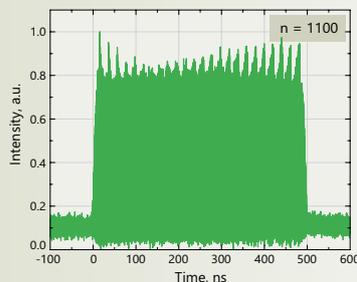
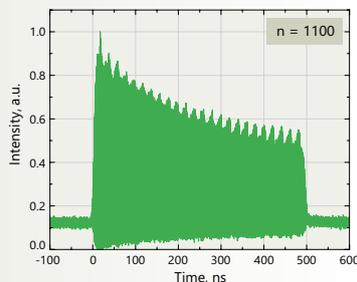


Fig 3. 2.2 GHz バース繰り返し周波数バーストパルス数1100、立下り波形。繰り返し周波数233 kHz



MHz + GHz バーストモード

Fig 4. パルス数4の50 MHzバースト、パルス数4の of 2.5 GHzバース

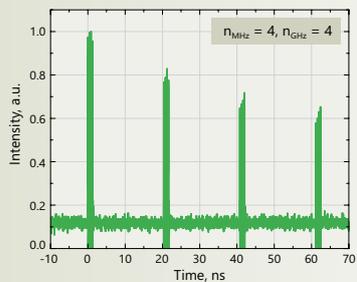
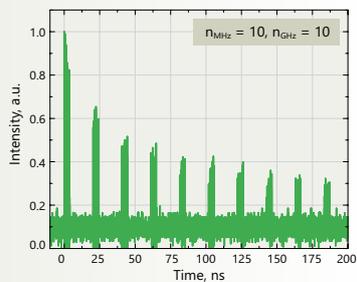


Fig 5. パルス数10の50 MHzバースト、パルス数10の of 2.5 GHzバース



メリット

Femtolux 30レーザーは、**シングルパルスモード、MHzバーストモード、GHzバーストモード、MHz+GHzバーストモード**で動作可能です。

独自のAFLバースト成形テクノロジーには他ファイバーレーザーや個体レーザーで直面する多くの制限を克服できるため、非常に汎用性に優れています。

主発振器の繰り返し周波数に依存なしに **任意のバースト間隔を実現**

GHzバースト内の **同一のパルス間隔が維持**

ショート・バースト、ロング・バーストの両方対応

- / ショート・バーストの、バースト幅は約10 nsまで (パルス数2から数十まで)
- / ロング・バーストのバースト幅は ~20 ns から数百 nsまで。(パルス数数十から数千)

MHz+GHz バースト モード

GHzバーストモードの **振幅エンベロップが調整可能**

プリパルス、ポストパルスフリー 純粋なGHzバースト

バースト内で **超短パルスを維持**

FemtoLux 30

特許出願中の多用途に対応した、超短パルスレーザーの超高繰り返しバースト成形テクノロジー

新たに開発されたオール・イン・ファイバー・アクティブ・ファイバー・ループ (AFL) の利用に用に基づいています。

詳細に関しては以下の文献をご覧ください。:

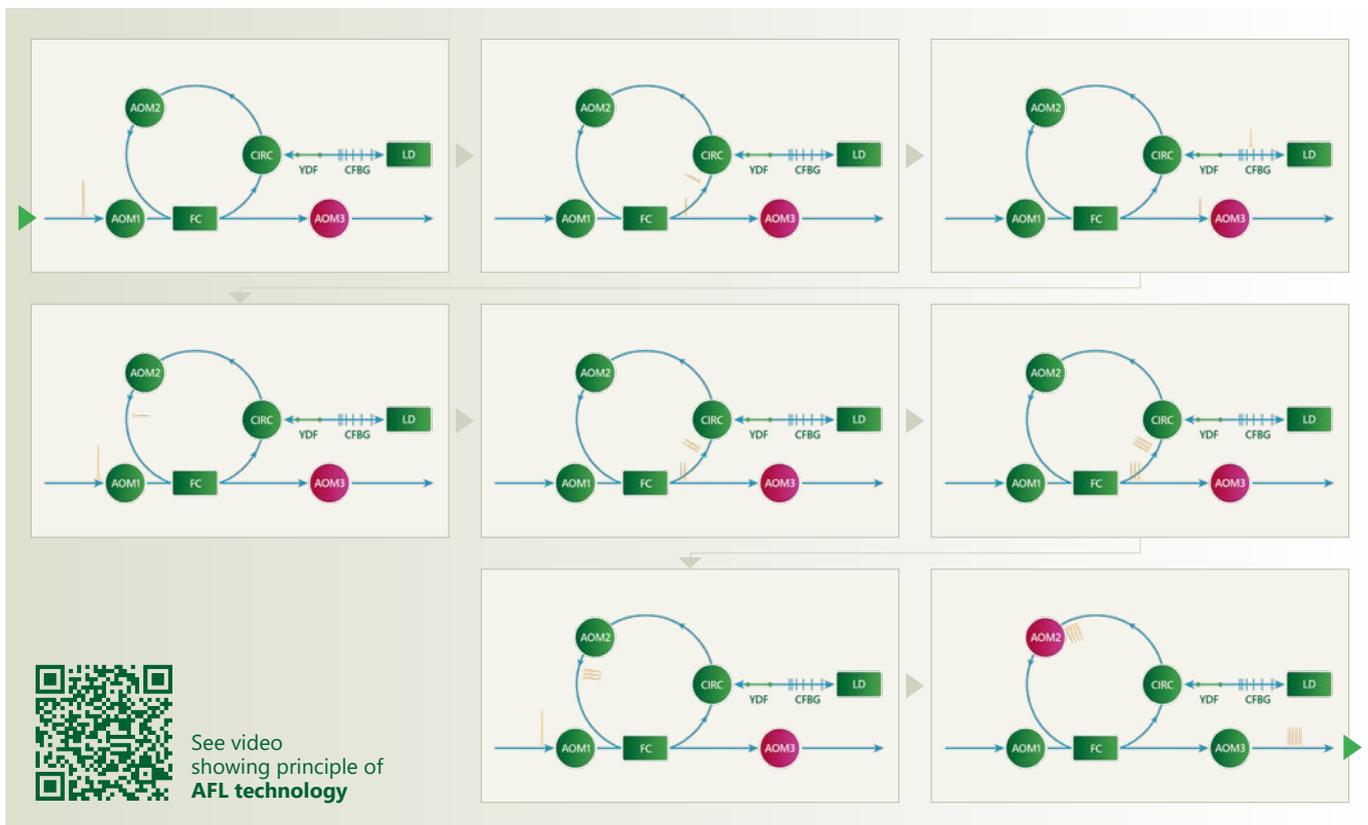
[1] Andrejus Michailovas, and Tadas Bartulevičius. 2021 Int. patent application published under the Patent Cooperation Treaty (PCT) WO2021059003A1.

[2] Tadas Bartulevičius, Mykolas Lipnickas, Virginija Petrauskienė, Karolis Madeikis, and Andrejus Michailovas, (2022), "30 W-average-power femtosecond NIR laser operating in a flexible GHz-burst-regime," Opt. Express 30, 36849-36862.

仕様

主な仕様		
バースト繰り返し周波数	200 – 650 kHz	
バースト内パルス繰り返し周波数 ¹⁾	2 GHz	
GHz バーストモード	ショート	ロング
パルス数 ²⁾	2 – 22	44 – 1100
形状	スクエア、立上り、立下り	立下り、任意波形 ³⁾
MHz + GHz バーストモード		
バースト繰り返し周波数	100 – 650 kHz	
MHzバーストのパルス数	2 – 10	
GHzバーストのパルス数	2 – 22	
¹⁾ ご要望によりカスタム可能です。 ²⁾ バースト繰り返し周波数によります。 ³⁾ 詳細についてはお問合せください。		

AFL テクノロジーの原理

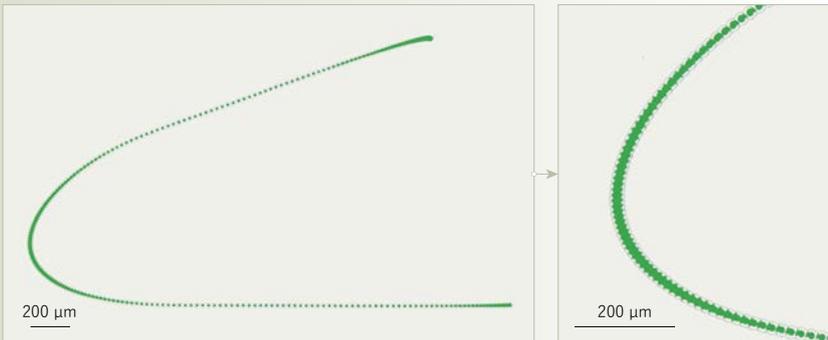


パルスオンデマンド (PoD)

従来のレーザートリガー技術では、高速に加工を行う場合、パルスを等間隔に維持することが困難でした (Fig.1, 2). パルスオンデマンド機能はこの課題に対処し、高速微細加工を可能にします。 (Fig. 3).

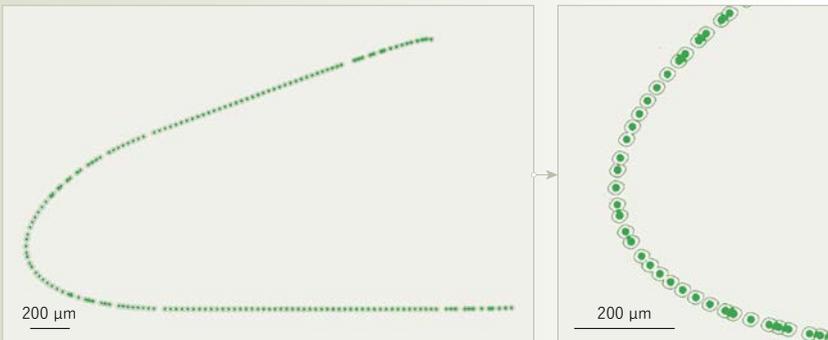
タイムベースレーザートリガー

Fig 1. パルス繰り返し周波数200 kHz、走査速度6 m/sで、タイムベース・レーザートリガーで複雑な形状をスキャンした場合。スキャンは右上から右下に向かって行われた。パルスが重なってしまい熱影響部 (HAZ) が発生しています。



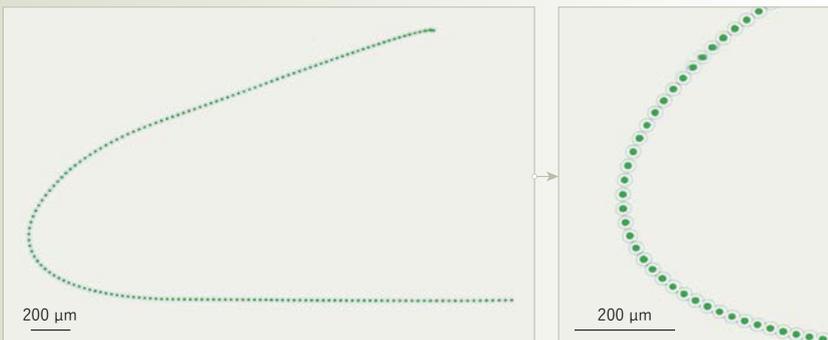
ポジションベースレーザートリガー

Fig 2. ピッチ30 μm、スキャン速度6 m/sで、ポジションベース・レーザートリガーで複雑な形状をスキャンした場合。スキャンは右上から右下に向かって行われた。数十μsのジッターにより、パルスの間隔がランダムになります。



パルスオンデマンド (PoD)

Fig 3. ピッチ30 μm、スキャン速度6 m/sで、パルス・オン・デマンド (PoD) とポジションベース・レーザートリガーで複雑な形状をスキャンした場合。スキャンは右上から右下に向かって行われた。PoDにより、高速でもパルス間隔が等間隔に保たれています。



メリット

低ジッター 20 ns以下

高速微細加工のための一貫した等距離のパルス間隔を保証

調整可能な繰り返し周波数

により複雑な形状を加工可能

より速い加工速度

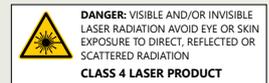
生産性を向上

PoDにより、レーザーは一定速度ではなく、必要なときだけパルスを出射することができます。レーザーの出力タイミングを正確に制御ことができ、その結果、効率、精度、品質が向上します。

この機能は、高い加工速度、一定のエネルギー、精度が不可欠な様々な微細加工アプリケーションにおいて特に有用です。複雑な曲率に高速で追従し、パルスを等間隔に維持するためには、パルス繰り返し速度を確実に調整する必要があります。ポジションベースのレーザートリガーを使用することもできますが、レーザーシステムの制限により、ジッターは数μsから数十μsとなり、パルスの間隔がランダムになります。一方、タイムベースのレーザートリガーでは、パルスが過剰に重なるため、熱影響部 (HAZ) が発生します。FemtoLux 30レーザーは、ジッターが20 ns (ピークピーク) と低いパルスオンデマンド機能を備えているため、あらゆる課題に取り組み、高速でプロセス効率、精度、品質を最大化することができます。

仕様¹⁾

モデル		FemtoLux 30
主な仕様		
中心波長	基本波	1030 nm
	第2高調波(オプション)	515 nm
	第3高調波(オプション)	343 nm
繰り返し周波数(PRR) ²⁾		200 kHz – 4 MHz
分周後の繰り返し周波数(PRF)		PRF = PRR / N, N=1, 2, 3, …, 65000; シングルショット
平均出力	1030 nm	> 27 W (typical 30 W)
	515 nm	> 11 W ³⁾
	343 nm	> 6 W ³⁾
パルスエネルギー	1030 nm	> 100 μJ or 1 mJ ⁴⁾
	515 nm	> 55 μJ ³⁾
	343 nm	> 30 μJ ³⁾
パルス数 MHzバースト時 ⁵⁾		2 – 10
全パルスエネルギー(バースト時)		> 450 μJ ⁶⁾
長時間平均出力安定度 (Std. dev.) ⁷⁾		< 0.5 %
パルスエネルギー安定度 (Std. dev.) ⁸⁾		< 1 %
パルス幅 (FWHM)		可変, < 350 fs ⁹⁾ – 1 ps ¹⁰⁾
ビーム質		M ² < 1.2 (typical < 1.1)
ビーム真円度(ファーフールド)		> 0.85
ビーム拡がり角(全角)		< 1 mrad
ビーム位置安定度		< 20 μrad/° C
ビーム径 (1/e ² , 出射口から距離 20 cm, 1030 nm)		2.5 ± 0.4 mm
偏光		縦
トリガーマード		内部 / 外部
出力パルス制御		分周, パルスピッカー, バーストモード, パケットトリガー, アッテネーター, パルスオンデマンド ¹¹⁾
インターフェイス		RS232 / LAN
ケーブル長さ(レーザーヘッドと電源間の接続ケーブル)		3 m, 取外し可能. カスタム長対応可能
冷却方式		ドライ(直接冷媒冷却方式)
外観寸法		
レーザーヘッド (W × L × H)		434 × 569 × 150 mm
電源ユニット (W × L × H)		449 × 496 × 177 mm
その他要件		
電圧		100 – 240 V AC, single phase, 50/60 Hz
最大消費電力		800 W
動作環境温度		18 – 27 °C
相対湿度		10–80 % (結露しないこと)
空気清浄度		ISO 9 (室内環境) 以上
<p>¹⁾ 継続的な開発のため、すべての仕様は予告なく変更されることがあります。典型的(Typical)と記されたパラメータは仕様ではありません。典型的な性能を示すものであり、製造する個体ごとに異なります。すべてのパラメータは、最短のパルス幅での値です。特に記載のない限り、すべての仕様は1030 nm、オプションなしの基本システムでの値です。</p> <p>²⁾ 周波数分周器がすべてのパルスを送信するように設定されている場合。内蔵AOMで制御可能。</p> <p>³⁾ 200 kHz時</p> <p>⁴⁾ エネルギーと繰り返し率の他の組み合わせも利用可能です。</p> <p>⁵⁾ 発振器周波数は約 50 MHz、パルス間の間隔は約 20 ns。</p> <p>⁶⁾ 50 kHz PRR での MHz バーストモードまたは MHz+GHz バーストモードで > 450 μJ。GHz バーストモードで > 90 μJ のエネルギー。</p> <p>⁷⁾ 一定の環境条件下でウォームアップ後 100 時間以上。</p> <p>⁸⁾ 一定の環境条件下で。</p> <p>⁹⁾ PRR > 500 kHz の場合。PRR < 500 kHz の場合、最短パルス持続時間は < 400 fs です。</p> <p>¹⁰⁾ ご要望によりパルス幅はカスタマイズできます。たとえば、固定 50 fs が可能です。</p> <p>¹¹⁾ ジッタ < 20 ns、トリガーからパルスまでの遅延 < 1 μs。</p>		



パフォーマンス

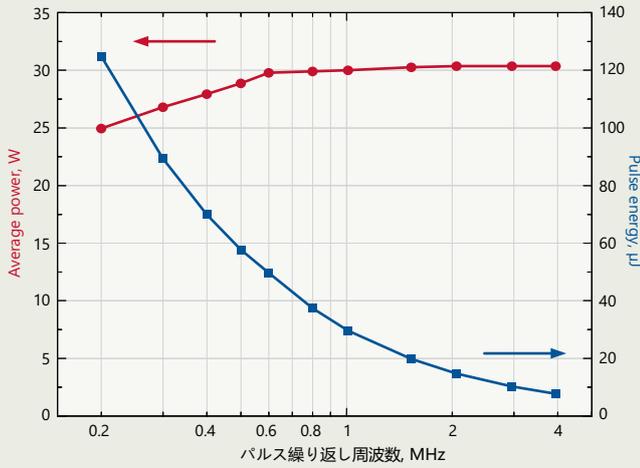


Fig 1. 出力とパルスエネルギーの典型的なカーブ 波長 1030 nm

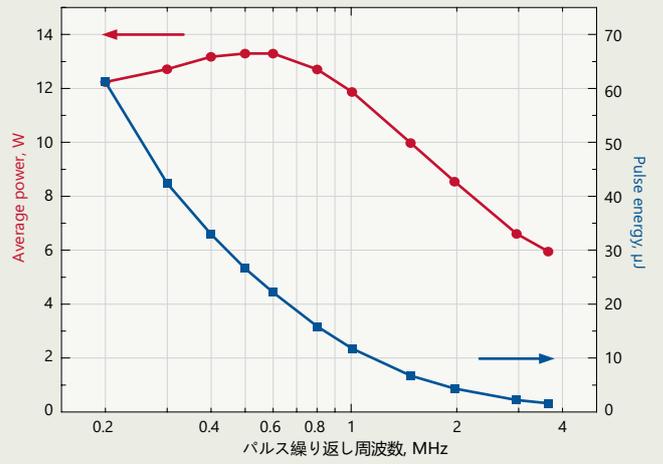


Fig 2. 出力とパルスエネルギーの典型的なカーブ 波長 515 nm

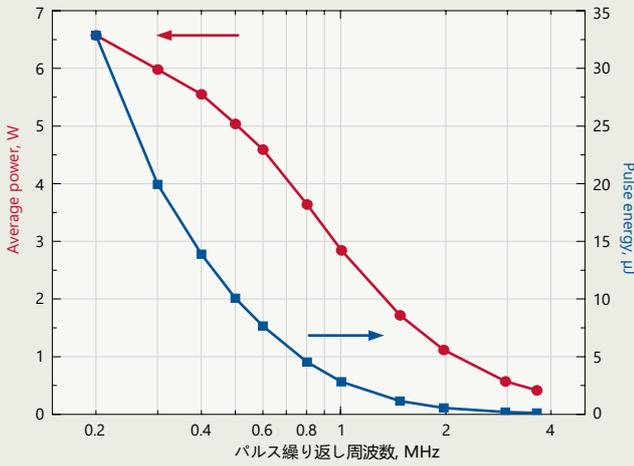


Fig 3. 出力とパルスエネルギーの典型的なカーブ 波長 343 nm

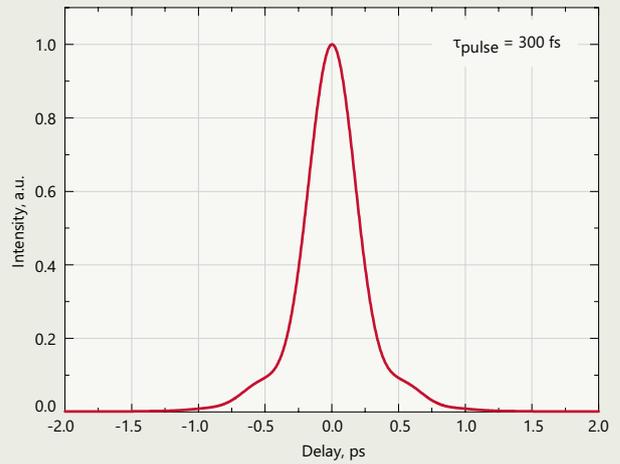


Fig 4. 典型的な 1030 nm でのパルスの自己相関関数

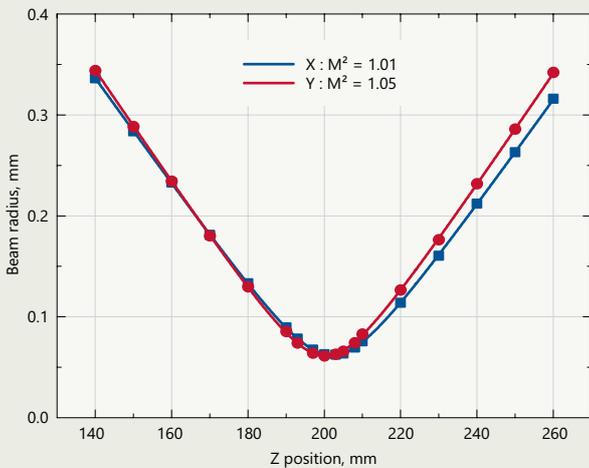


Fig 5. M^2 値の典型値 波長 1030 nm

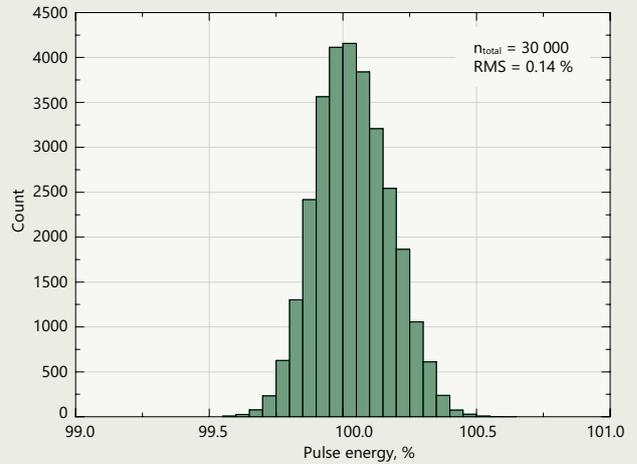


Fig 6. 200 kHz で 30,000 パルス以上での典型的なパルスエネルギー安定性。RMS は、10 回の連続レーザーショットの平均値を元に計算されました。

FemtoLux 30

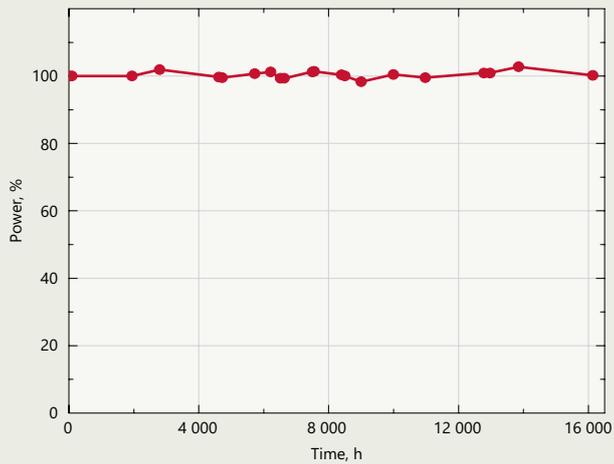


Fig 7. 一定の環境条件下で 16,000 時間にわたって 1030 nm での長時間平均出力安定性

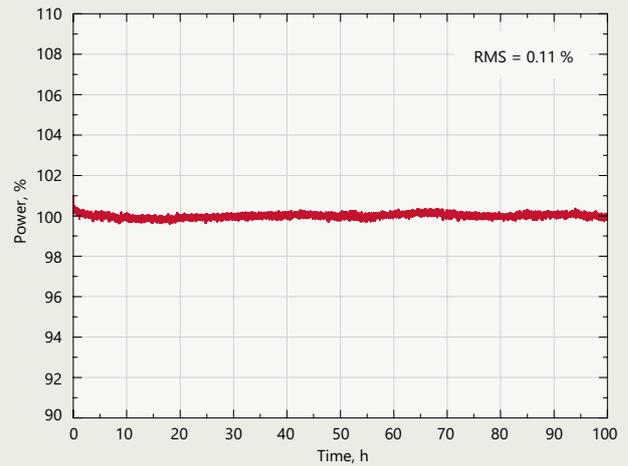


Fig 8. 一定の環境条件下での 1030 nm における典型的な長時間平均出力安定性

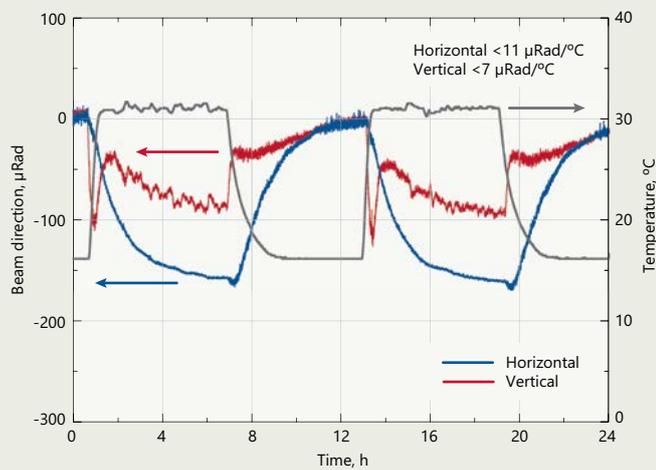


Fig 9. 厳しい環境条件下での典型的なビーム射出方向安定度

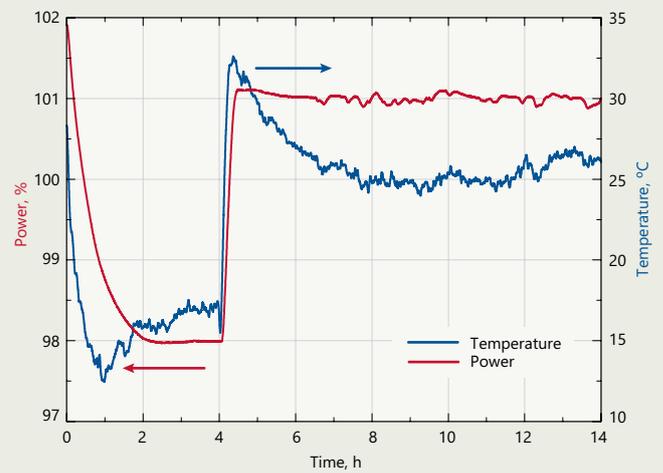


Fig 10. 1030 nm の平均出力と周囲温度の関係



FemtoLux 30、高調波オプション付きレーザーヘッドと電源ユニット

寸法図

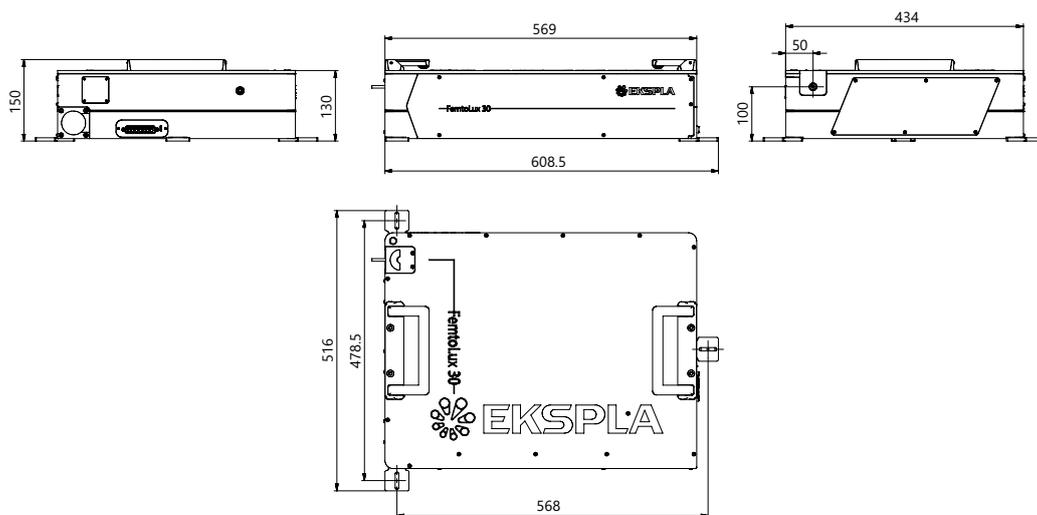


Fig 11. FemtoLux 30 レーザーヘッド外観寸法

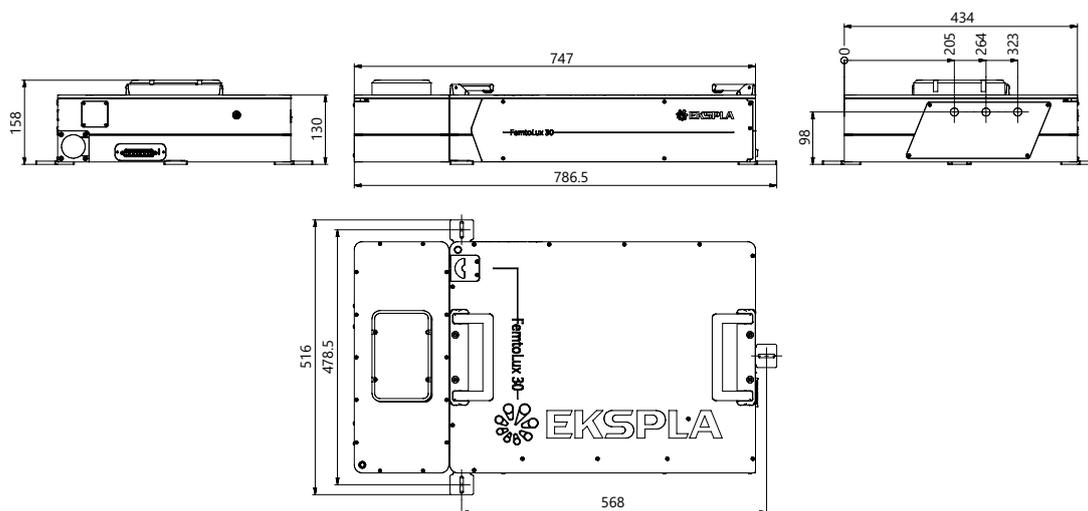


Fig 12. FemtoLux 30 高調波オプション付き、レーザーヘッド外観寸法

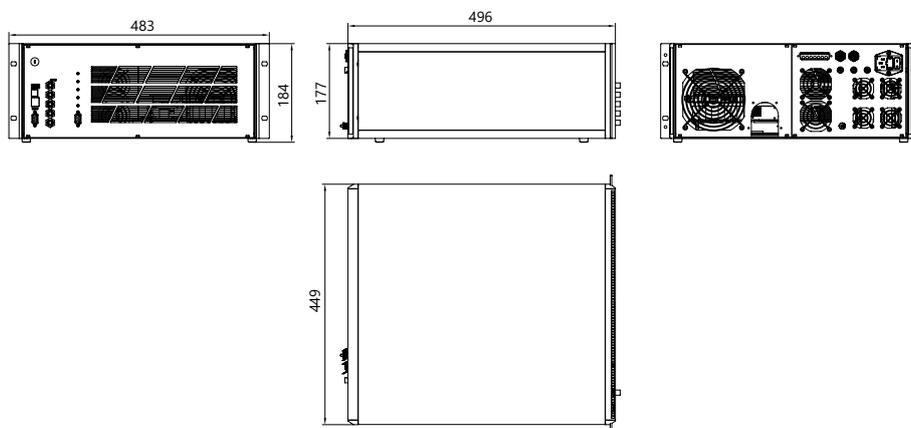


Fig 13. 電源ユニット外観寸法