

ICEFYRE® FS IR200 フェムト秒レーザーによるバーストモードでのPCDアブレーション効率化

フェムト秒レーザーによる多結晶ダイヤモンド (PCD) の微細加工に関する当社の以前の研究 (アプリケーションノート50: フェムト秒バーストモード運転による多結晶ダイヤモンド加工) では、Spectra-Physics® Spirit® 1030-100レーザーシステムを使用して、バーストモード動作のメリットを実証しました。その結果は、高エネルギーパルスを、それよりも低エネルギーの複数のサブパルスに分割してバースト出力することで、優れた加工品質を維持しつつ、材料除去レートを大幅に向上させることが可能であることを示すものでした。具体的には、単一パルス動作と比較して、9パルスのバーストを用いた場合にアブレーション速度が2倍に増加することを報告し、超硬材料に対するバーストモード加工の効率性を強調しました。



図 1. Spectra-Physicsの高エネルギー産業用フェムト秒レーザー「IceFyre FS IR200」

この結果を踏まえて、今回は研究対象を拡大し、新しいSpectra-Physics IceFyre FS IR200レーザー (図1) の性能を評価しました。次世代のフェムト秒システムであるIceFyre FS IR200は、さらに高い平均出力を備えるため、産業アプリケーションに対してさらに高いスループットを実現します。このレーザーは、波長1030 nm、パルス幅は500fs未満で、200μJを超えるパルスエネルギーと200Wを超

える平均出力を実現し、TimeShift™プログラマブルバーストモード動作が可能であるため、高スループットの精密材料加工アプリケーションに最適です。

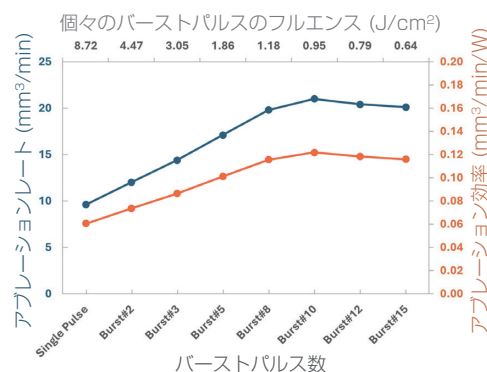


図 2. IceFyre FS IR200レーザーシステムによって達成された材料除去レート。シングルパルス動作と比較した場合のバーストモードの性能の高さが示されています。

上述のアプリケーションノートと同様の実験条件で、IceFyre FS IR200レーザーで達成される体積アブレーションレートの特性評価を行いました。新しい結果の概要は、図2のとおりです。ピーク材料除去レートは21 mm³/min以上となり、前世代のレーザーシステムと比べてスループットが大幅に向上していることがわかります。このデータは、出力レベルが高くてもバーストモード動作が依然としてアブレーション効率の面で非常に高い効果を発揮することを明確に示しています。以前の研究と同様に、10個のバーストパルスを使用すると、アブレーションレートがシングルパルスの場合と比べて約2倍になることが、再び観察されました。

入射する単一のパルスエネルギーを低減させるのではなく、バーストのサブパルス数を増やすことによって、プロセスに対する最適フルエンスを特定するバーストフルエンス最適化の手法が、今回も有効であることが確認されました。

各バースト内のエネルギー分布を効果的に制御することで、加工対象物において最適フルエンスが維持されて、表面の完全性を損なったり熱影響を引き起こしたりすることなく、除去レートを高めることが可能となります。その結果として、優れた品質と大きな体積でのアブレーションが得られることが、デジタルカメラでマクロ撮影した加工済みサンプルの写真に明瞭に示されています（図3）。

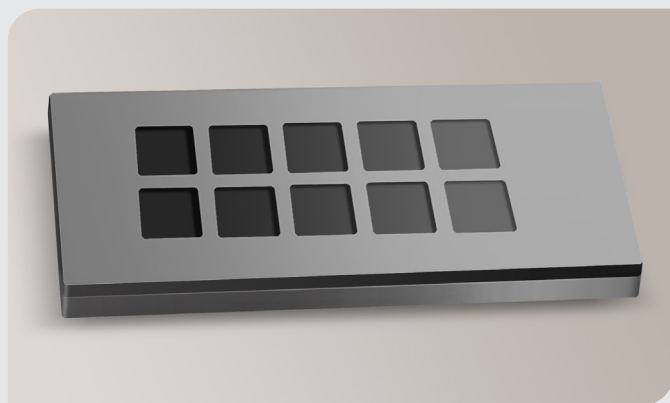


図 3. IceFyre FS IR200レーザーによるミリング加工で得られた多結晶ダイヤモンド（PCD）上のポケット

また、理想的な加工フルエンスをピンポイントに特定して、レーザーの平均出力をそのまま印加するというシンプルな操作は、焦点スポット径やパルス繰返し周波数の追加の調整を要しないことを踏まえると、プロセス開発時間が短縮されるとともに、最終結果の信頼性が向上するという両面において、大きな価値があります。

以上をまとめると、IceFyre FS IR200のより高い平均出力と最適化されたバーストモード動作の組み合わせにより、 $21 \text{ mm}^3/\text{min}$ 以上という卓越した材料除去レートが得られ、超硬材料に対する次世代の超高速微細加工を対象とした重要な戦略としてのバーストモードの有効性がさらに裏付けられました。

したがって、バーストモードを適用することで、パルスあたりのエネルギーを大幅に抑えつつ、2倍以上のアブレーション効率が得られました。このことは、超短パルスのバーストプロセスによって、高エネルギーパルスをより小さく制御しやすいサブパルスに分割することで、より制御された効率的なエネルギーの利用が可能になるという考えを支持するものです。

製品

製品：IceFyre FS UV50およびIR200レーザー

IceFyre FS UV50は、市場で最も高性能なUVフェムト秒レーザーで、最大3MHzの高い繰返し周波数で、50Wを超えるUV出力、50μJを超えるパルスエネルギー、500 fs未満のパルス幅を提供します。IceFyre FS IR200は、IR領域において、シングルショットから50MHzの広い繰返し周波数範囲で、高い平均出力（200W以上）と高いパルスエネルギー（200μJ以上）を提供します。高い平均出力（200W以上）と高いパルスエネルギー（200μJ以上）に、最大50MHzの高い繰返し周波数を組み合わせることで、フェムト秒マイクロ加工用途において、スループットを最高水準に引き上げ、所有コストを最小化することが可能になります。

IceFyre FSプラットフォームは、最適なプロセスパフォーマンスを実

現するための卓越した汎用性を備えます。繰返し周波数が調整可能な柔軟なバーストモード動作や、パルスオンデマンド (POD) および位置同期出力 (PSO) のトリガリングが可能で、柔軟なバーストモード動作を実現するTimeShiftプログラマブルパルス機能を備えます。

MKSの豊富な経験と技術を基盤とする、特許出願中のIceFyre FSレーザーは、厳格な環境適合性試験に合格しており、高い信頼性と低い所有コストが保証されています。完全に自動化されたコンピュータ制御のこのレーザーは、24時間年中無休運転においても出力、ビームパラメーター、ビームポインティングにおいて卓越した安定性を示し、要求の厳しいアプリケーションに対して高い精度と再現性を実現します。

	IceFyre FS UV50	IceFyre FS IR200
波長	343 ±2 nm	1030 ±6 nm
出力	>50 W @ 1 MHz, 1.25 MHz	>200 W @ 1-50 MHz
最大パルスエネルギー	>50 μJ @ 1 MHz	>200 μJ @ 1 MHz
繰返し周波数	シングルショット - 3MHz	シングルショット - 50MHz
パルス幅 (FWHM)	<500 fs	
パルスエネルギー安定性	<2% rms	
出力安定性(ウォームアップ後)	<1% rms, 8時間以上	
空間モード	TEM ₀₀ (M ² <1.3)	
偏光	>100:1 (垂直)	
ビーム径 (出射口にて)	5.0 mm ±0.5 mm	4.0 mm ±0.5 mm
ビーム拡がり角 (全角)	<0.20 mrad	<1.0 mrad