

## 高出力フェムト秒 UV レーザーを用いた ポリマー薄膜の高品質切断

OLED ディスプレイやフレキシブル回路基板、マイクロエレクトロニクス、医療機器、バッテリーなど様々な技術分野で、ポリマーが活用される例が増えてきています。ポリマーは、断熱性、絶縁性、強度および耐腐食性に優れた素材です。特に多くのアプリケーションで使用されているポリマーは、ポリイミド (PI)、ポリエチレンテレフタレート (PET) ならびに、Teflon® の商標名で一般的に知られるポリテトラフルオロエチレン (PTFE) の3つです。PI は、耐薬品性、耐熱性、機械強度が高いため、電流の流れを制御するための堅牢な誘電材料として、フレキシブルプリント回路基板 (FPCB) 市場で現在でも主力商品となっています。一方、PET は汎用ポリマーとして、医療機器から食品包装まで多様な用途で使用されています。その高い重量比強度と総合的な耐破断性により、PET はバルク素材として優れています。ファイバー状の PET を使用することで、高耐久性・高耐水性のリンクルフリーの織物になります。

PI と PET に共通のアプリケーションは OLED ディスプレイ製造で、この分野では両方とも幅広く活用されています。ディスプレイ範囲全体に現在適用されている厚さは、数ミクロンの薄膜から数十ミクロン以上の厚型シートまでさまざまです。装置やディスプレイの軽量化が進むとともに、単に「カーブ形」や「フレキシブル」だけでなく、「折りたたみ式」や「巻き取り式」が今後普及することで、全体の薄型化も進んでいきます。

PTFE も汎用ポリマーとして、ほぼすべての工業用化学薬品・溶剤に耐性があり、耐熱性と絶縁性に優れています。特に、表面が平滑で摩擦が少なく、元々吸水

性が低い素材として知られています。比較的高価なため、防水布地、特殊医療用デバイスや装置のコーティングなど、付加価値のある用途で使用されています。また、PTFE は、上記の耐熱性と化学的な安定性のほかにも、誘電率が低く安定していることから、RF / マイクロ波および超高速回路に最適な誘電材料です。シート状やフォイル状の PTFE は特にフレキシブル回路に最適で、プロファイル切断やビアホール加工などレーザーが使用される用途に適しています。

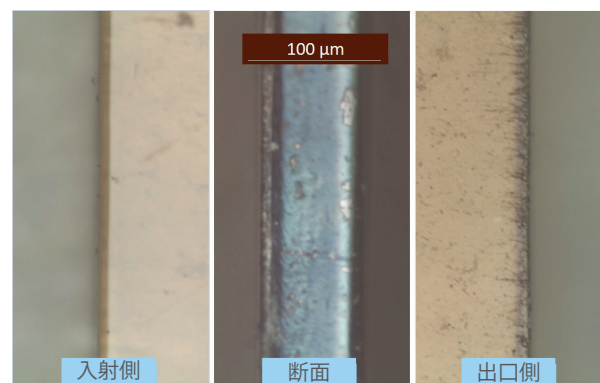


図 1. IceFyre® FS UV50 フェムト秒 UV レーザーを用いて切断された、厚さ 75  $\mu\text{m}$  の PI フィルムの入射側、断面および出口側の顕微鏡画像。

こうした材料を加工するため、従来の機械的なレーザー技術からの切り替えが進み、最小限の熱影響で高強度を実現するフェムト秒パルスレーザーがより一般的になりつつあります。アプリケーションや要件にもよりますが、フェムト秒赤外・グリーン波長レーザーは、既に多くのアプリケーションで広く使用されています。フェムト秒 UV レーザーは、さらに高度な精度や品質が要求されるアプリケーションに対応しています。

パルス継続時間が短いため熱影響部（HAZ）が小さいという利点に加えて、短波長の UV レーザーは高い光吸収が可能となり、特にバンドギャップが高い材料において、高スループットが実現可能となります。また、パルス焦点スポットサイズをさらに小さくすることも可能なため、より小型で高精密な構造の加工が可能です。

ポリマー材にフェムト秒 UV レーザーを使用するメリットを検証するため、MKS の産業用アプリケーションラボのエンジニアが、最近導入された Spectra-Physics® IceFyre® FS UV50 高出力フェムト秒 UV レーザーを使用して、PI、PET および PTFE ポリマーの切断実験を実施しました。

厚さ 75  $\mu\text{m}$  の PI フィルムをマルチパスモードで繰返し周波数 1 MHz で切断しました。図 1 に、加工後の「そのままの」（加工後クリーニング無し）の切断領域の顕微鏡写真を示します。サンプルに 40W の UV を入射させて、有効速度 >300 mm/s でフィルムの切断を行いました。入射側切断画像は、優れた切断品質を示しており、デブリや HAZ は全くありません。出口側の画像では、端の部分がわずかに黒くなっていますが、裏面反射に

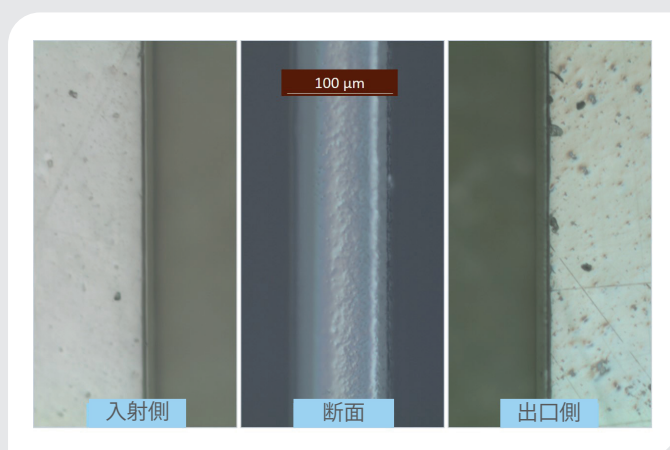


図 2. IceFyre FS UV50 フェムト秒 UV レーザーを用いて切断された、厚さ 75  $\mu\text{m}$  の PET フィルムの入射側、断面および出口側の顕微鏡画像。

よるものと考えられます。図 2 は同様に、マルチパスモードで繰返し周波数 1 MHz で切断された厚さ 75  $\mu\text{m}$  の PET フィルムの顕微鏡写真を示しています。サンプルに平均出力 40W の UV を照射して、有効速度 >500 mm/s で PET フィルムの切断を行いました。画像は、優れた切断品質を示しており、デブリや HAZ も全くありません。

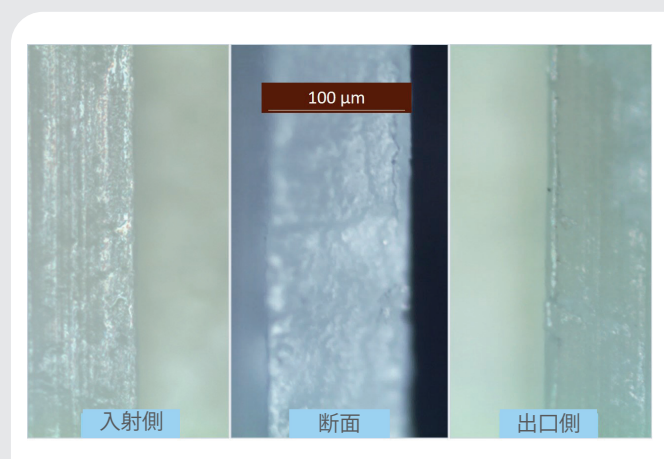


図 3. IceFyre FS UV50 フェムト秒 UV レーザーを用いて切断された、厚さ 110  $\mu\text{m}$  の PTFE フィルムの入射側、断面および出口側の顕微鏡画像。

図 3 は、マルチパスモードで繰返し周波数 1 MHz で切断された厚さ 110  $\mu\text{m}$  の PTFE フィルムの顕微鏡写真を示しています。サンプルに 40W の UV を照射して、有効速度 >570 mm/s で切断が可能でした。画像は、優れた切断品質を示しており、デブリは全くありません。ごくわずかな溶融領域（<20  $\mu\text{m}$ ）が出口側の端の部分に見られます。

以上の結果から、フェムト秒 UV レーザーは、ポリマーの切断において優れた品質と高いスループットを兼ね備えていることを示し、特に先端的なディスプレイやマイクロエレクトロニクス装置向けのポリマーの加工に理想的な製品です。

## Product

### Product : IceFyre FS UV50 Laser

新製品 IceFyre® FS UV50 レーザーは、市場で最も高性能な UV フェムト秒レーザーで、1 MHz で 50 W 超の UV 出力を提供、パルス幅は 500 fs 未満です。豊富な用途と優れた性能が業界で認められた IceFyre シリーズに追加された新製品で、高精度なフェムト秒マイクロマシニングの様々な用途を最低レベルの所有コストで実現可能です。ユーザー設定可能な TimeShift™バーストモードを使用すれば、アブレーション効率を上げた状態でマイクロマシニングを実施できるため、特定の材料に対するスループットおよび品質が向上します。最大 50μJ までのパルスエネルギー、さらに、シングルショットから 10 MHz まで設定可能な繰返し周波数により、IceFyre FS UV50 はアブレーションや切断の各種アプリケーションに理想的な加工を実現する光源です。このレーザーのデザインは、このクラス

のレーザー装置の中で最も低いタイミングジッターで、真のパルスオンデマンド (POD) および位置同期出力 (PSO) が可能、高速走査速度での高品質プロセスを実現可能とします。UV 波長で産業界において最短のパルス幅と優れたビーム品質により、最高レベルのスループットかつ無視できる程度に熱影響領域 (HAZ) 抑え、複雑で難しい部材の加工も最高レベルの精度と品質で実現可能となり、お客様に恩恵をもたらします。IceFyre FS レーザーは、産業用に設計されており、業界トップクラスのコストパフォーマンスで信頼性が高く確実に 24 時間 365 日運転を実現します。IceFyre FS は、Spectra-Physics による「It's in the Box」の設計に基づき、レーザーおよびコントローラーを業界最小パッケージで構成しています。

	IceFyre FS UV50
波長	343 ± 2 nm
最適化された PRF での出力	>50 W @ 1 MHz および 1.25 MHz
最大パルスエネルギー	>50 μJ @ 1MHz
繰返し周波数	シングルショット ~ 10 MHz
パルス幅	<500 fs
出力安定性 (ウォームアップ後)	<1% rms、8 時間以上
パルス - パルスエネルギー安定性	<2% rms
スペクトルバンド幅 (FWHM)	<1 nm
空間モード	TEM <sub>00</sub> (M <sup>2</sup> <1.3)
出口におけるビーム径	5.0 mm ± 0.5 mm
ビーム拡がり角 (全角)	<0.20 mrad
偏光	>100:1、垂直