

ナノ秒グリーンパルスレーザーによる 高速FLEX-PCB切断

フレキシブルなプリント回路基板 (Flex-PCB、以下FPCB) の利用の拡大により、多機能な携帯端末の開発が可能になっています。FPCBは、有機ELディスプレイ、スマートフォン、ウェアラブルデバイス、ノートPC、タブレットのほか、医療機器や車載コンポーネントにも使用されています。FPCBは、高い信頼性と長い寿命を維持しながら、コンポーネントの小型化と複雑な相互接続を可能にする魅力的なソリューションです。その結果、FPCBは様々な用途に使用され、加工に対するニーズも様々です。幅広い要件に対応できるその能力は、さまざまな種類の処理装置に対応できる可能性があります。

高品質で高精度な高速切断および穴あけに対しては、UV (紫外線) レーザーが、FPCBや複雑なPCBの加工に最も適したツールとなっています。その一方で、ナノ秒グリーンレーザーは、それほど複雑ではないFPCBや厚みのあるFR4の切断など、一部の分野ではかなり適していることが実証されています。ナノ秒グリーンレーザーはUVレーザーと比べて、全体的なコスト (初期コストと所有コスト) が低く、レーザーとシステム光学系の両方の寿命が長いことから、要求がそこまで厳しくない一部の加工に対して、魅力的な選択肢になっています。また、ナノ秒グリーンレーザーは、高い繰返し周波数で比較的高いパワーを出すことができ、これを活用することで高いスループットを達成することができます。

ナノ秒グリーンレーザーが魅力的な価値提案を提供することは明白ですが、FPCB材料の切断に対して、技術的に実現可能かどうかという問題があります。FPCBは主に、銅 (Cu) とポリイミド (PI) のフィルムを積層したラミネート材で構成されます。グリーン波長の銅に対する吸収率はUVと同等であるため、銅に対しては同等の性能が期待できます。一方、PIについては、緑色光の吸収率が銅と比べるとかなり低いいため、光は材料のより大きな範囲に拡散してしまいます。したがって、その切断プロセスはUVレーザーとは根本的に異なり、UVは光アブレーションであるのに対して、より熱的

な処理になりますが、グリーンレーザーの方が照射量が高いため、加工スループットが高くなる傾向にあります。

FPCB切断におけるナノ秒グリーンレーザーの能力を調べるために、「Spectra-Physics Talon® GR70」高出力ナノ秒グリーンレーザーを使用し、プロセスを最適化してどれだけの品質とスループットが達成できるかを確認する実験を行いました。Talon GR70レーザーは、275kHzの公称パルス繰返し周波数 (PRF) で70Wの平均出力を提供し、高出力 (>62W) で700kHzまで動作することが可能です。ナノ秒という比較的短いパルス幅との組み合わせによって、柔軟な動作が可能で、さまざまな種類と厚さの材料に対して最良の結果を達成します。これを実証するために、このレーザーを使用して、3種類のCu/PI/Cu FPCBフィルムラミネートを切断しました。それぞれの積層板の構成は、厚さ12.5μmの表裏のCuフォイルを含み、内側のPIフィルムは12、25、50μmとそれぞれ異なっています。各ラミネート材は、表面と裏面のCuフィルムは厚さ約12.5μmですべて同じですが、内側のPIフィルムの厚さが、12、25、50μmとそれぞれ異なります。したがって、各ラミネート材の合計厚さは、それぞれ約37、50、75 μmでした。図1は、各ラミネート材のシングルパスの切断速度をプロットしたもので、それぞれの速度を達成するために使用したレーザーの動作パラメータが記載されています。

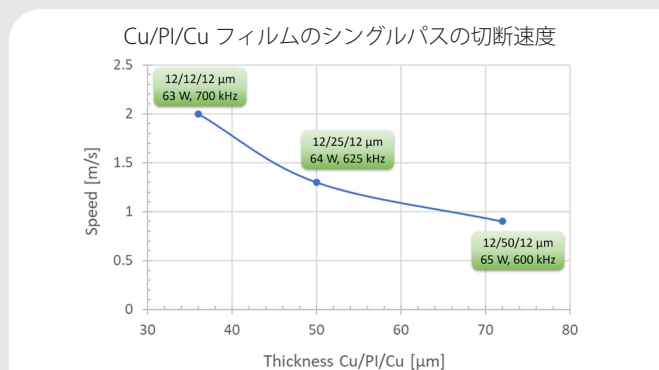


図1. 異なるCu/PI/Cuラミネート材に対する、最適化されたPRFでのシングルパスの切断速度。

上記の結果は、2軸ガルバノスキャナーを使用し、集光スポット径を約 $16\mu\text{m}$ (ビーム径の $1/e^2$)を用いて得られたものです。最も薄いもので 2 m/s 、最も厚いものでも 1 m/s に近い切断速度が得られており、このデータは、高出力のグリーンレーザーによって高い切断速度が達成できることを示しています。最適条件は、約 $37\mu\text{m}$ の(Cu/PI/Cu)ラミネート材では、 700 kHz で 63 W だったのに対し、 $50\mu\text{m}$ と $75\mu\text{m}$ のラミネート材では、それぞれ 625 kHz で約 64.5 W と 600 kHz で約 65 W でした。厚いラミネート材は、より低いPRFでより高いパルスエネルギーを適用する方が有効で、薄いラミネート材は、より高いPRFでより低いパルスエネルギーを適用する方が有効であることが明らかです。一般に、異なる材料厚に対応するために集光条件を変更することが、理想的なプロセス最適化の1つとされています。しかし、PRFの広い範囲で高い出力を提供するレーザーを使用することで、その変更を行う必要性が軽減されて、集光スポット径を固定にしたまま、広い板厚範囲に対して高い切断速度を実現することができます。

また、Talon GR70レーザーの広いPRFレンジは、3つのラミネート素材すべてにおいて良好なカット品質を実現しました。このことは、図2に示されている切断部の入射面と出射面を見れば、明らかです。

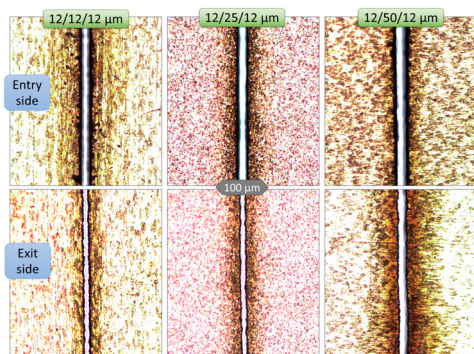


図 2. 3種類の異なる厚みのFPCB用ラミネート材の切断部を示す顕微鏡画像。上は入射面、下は出射面。

図2には、入射面と出射面の両方がクリーンに切断されて、熱影響部(HAZ)が最小限であることが示されています。特に注目すべき点は、デブリや溶融した材料が存在しないことと、広範囲の材料厚($37\mu\text{m}$ と $75\mu\text{m}$ で2倍)に対して、ほぼ同じ外観が達成されていることです。全体的に、UV波長による切断で一般的に得られるのと同等の品質が得られているように見えます。

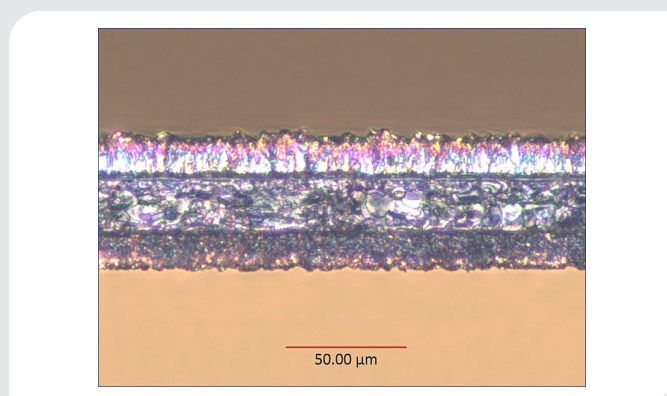


図 3. 厚さ $50\mu\text{m}$ のFPCB用ラミネート材のTalon GR70レーザーによる切断部の断面図。

切断部の側壁断面を顕微鏡で観察すると、さらに詳しく品質を評価することができます。図3($50\mu\text{m}$ のラミネート材の切断部)を見ると、銅のアブレーションが比較的クリーンで、入射側と出射側で外観が一貫していることがわかります。PI層は表面に多少の凹凸が見られますが、軽微なもので、アブレーションに必ず伴うある程度の熱がおそらく原因であると考えられます。最も重要な点は、Cu/PIの接合面においてフィルムの剥離や、必要以上に大きなHAZが生じている形跡が見られないことです。

FPCBのルーティングや最終デバイスの外周に沿ったシグネチャレーションには、必ずしも高い品質が求められないため、ナノ秒グリーンレーザーが、高いスループットを提供する、費用対効果に優れた選択肢になります。切断品質が第一の検討事項ではないこれらの用途に対しては、本質的に柔軟性を備えた加工ツールが非常に望ましいとほとんどの場合において言えるでしょう。本稿では、Talon GR70レーザーが非常に柔軟性に優れたツールで、さまざまな厚さのラミネート材に対して、高いPRFと高いスループットで良好な切断品質を達成できることを示しました。

製品

Talon® UVおよびグリーンレーザー

Talonレーザープラットフォームは、ハイパフォーマンス、信頼性、低コストをこれまでにないレベルで兼ね備えた、UVおよびグリーン
のLD励起固体（DPSS）Qスイッチレーザーファミリーです。
Spectra-PhysicsのIt's in the Box™デザインに基づき、レーザー
とコントローラーが一つのコンパクトなパッケージに一体化されて
います。パルス間の安定性が高く、優れたTEM₀₀モード品質が数万
時間に及ぶ稼働時間にわたって維持されます。Talonレーザーは、シ

ステムのアップタイムが非常に重要となる、24時間年中無休体制の
製造環境における微細加工向けに特別に設計されています。以下の表
に示すように、Talonポートフォリオ全体で、幅広い出力と波長に対
応する製品が取り揃えられているという強みがあります。
Talonは、圧倒的なコストパフォーマンスを誇り、機能、パフォーマ
ンス、信頼性を損なうことなく、業界最低水準の所有コストを実現し
ます。

	Talon UV45	Talon UV30	Talon UV20	Talon UV15	Talon UV12	Talon UV6	Talon GR70	Talon GR40	Talon GR20
波長	355 nm	355 nm	355 nm	355 nm	355 nm	355 nm	532 nm	532 nm	532 nm
平均出力	>30 W @ 100 kHz	>15 W @ 50 kHz	>10 W @ 50 kHz	>15 W @ 50 kHz	>12 W @ 50 kHz	>6 W @ 50 kHz	>70 W @ 275 kHz	>20 W @ 50 kHz	>20 W @ 50 kHz
	>45 W @ 150 kHz >35 W @ 200 kHz	>30 W @ 100 kHz >23 W @ 200 kHz	>20 W @ 100 kHz	>13 W @ 100 kHz	>10 W @ 100 kHz	>4 W @ 100 kHz		>40 W @ 100 kHz >36 W @ 200 kHz	>18 W @ 100 kHz
	>23 W @ 300 kHz	>17 W @ 300 kHz	>11 W @ 300 kHz	>3 W @ 300 kHz	>3 W @ 300 kHz	>1 W @ 300 kHz		>30 W @ 300 kHz	>13 W @ 300 kHz
繰返し周波数	0-500 kHz						0-700 kHz	0-500 kHz	
パルス幅	<35 ns @ 150 kHz	<25 ns @ 100 kHz					<43 ns @ 550 kHz	<25 ns @ 100 kHz	
パルス エネルギー 安定性	<2% rms @ 150 kHz	<2% rms @ 100 kHz (典型値)				<2% rms @ 50 kHz (典型値)	<3% rms up to 550 kHz	<2% rms @ 100 kHz (典型値)	
	<3% rms up to 300 kHz <5% rms above 300 kHz	<3% rms up to 150 kHz <5% rms up to 300 kHz (典型値)						<3% rms up to 300 kHz <5% rms above 300 kHz	

		Talon HE UV500	Talon HE UV275	Talon HE GR1000
波長		355 nm	355 nm	532 nm
平均出力	15 kHz	—	—	15 W (典型値)
	20 kHz	>10 W	5.7 W (典型値)	>15 W
	40 kHz	7.7 W (典型値)	>11 W	13 W (典型値)
	100 kHz	4.2 W (典型値)	5.9 W (典型値)	10 W (典型値)
繰返し周波数		0-150 kHz		
パルス幅		25-40 ns @ 20 kHz	40-60 ns @ 40 kHz	25-40 ns @ 20 kHz
パルスエネルギー安定性		<3% rms		