

## ロングパルスレーザによる、シリコン及び金属への高品質・高速加工

<はじめに>

ドイツのイエナオプティック社が開発したロングパルスレーザにより、これまでのレーザ加工の常識を覆す結果が得られています。

今日のレーザ加工のトレンドは、より短波長で短パルスのビームが高品質加工のキーテクノロジーのように持て囃されていますが、近赤外の波長でマイクロ秒に近いロングパルスレーザの方が高品位で高速加工が達成できる事が判明しました。

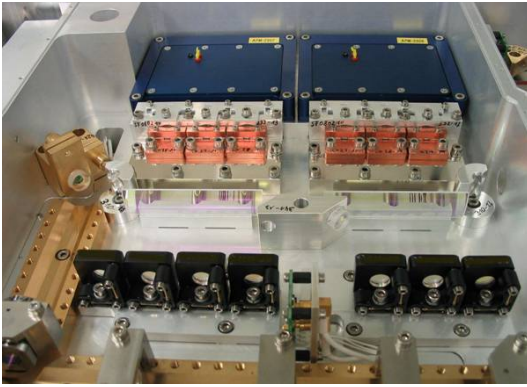
シリコンウエハの切断スピードは、厚さ90ミクロンの場合、実に1000mm/秒以上の高速完全切断が可能になります。また、デブリスの発生も通常のナノ秒レーザに比べて格段に少なく、熔融物の周辺部への付着が激減するという結果が得られました。



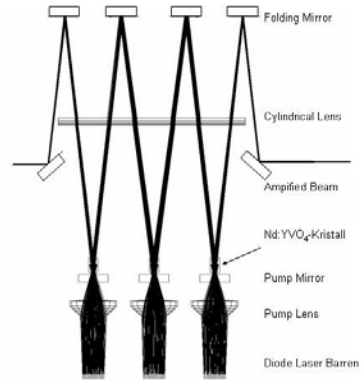
<マイクロスラブ MOPA レーザ>

ロングパルスを実現するキーテクノロジーとして、マイクロスラブ MOPA 方式が上げられます。Master Oscillator にてロングパルスの種光が作られ、これを Power Amplifier に導き、マイクロスラブ方式の多段増幅器によって Master Oscillator によって設定されたパルス幅を維持したまま約40Wまで増幅して出力します。通常の固体レーザと違い、繰返し周波数と出力に依存されずにパルス幅を固定または任意に設定でき、500ns から 1200ns の間で可変となり、繰返し周波数は最大100kHzです。パルス幅だけでなく、ビーム品質も Master Oscillator で発生した種光の品質を保持したまま増幅でき、M2値は1.2以下となっています。

多段増幅部の写真と光路を下記に示します。

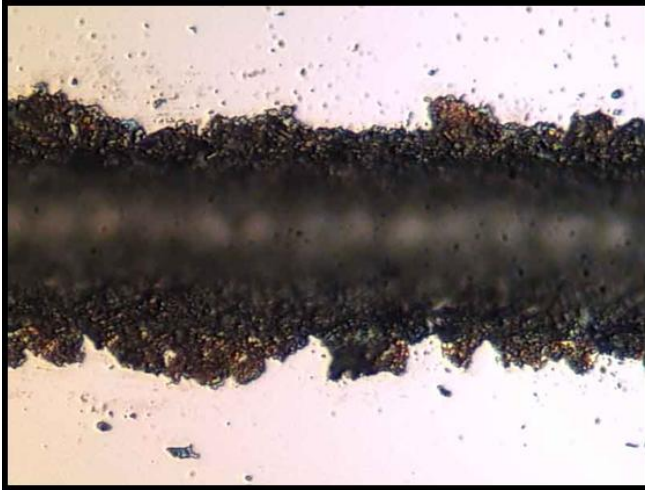


Seed Laser Beam



### <シリコンへの高品質加工>

通常のナノ秒パルスレーザに比べて、ロングパルスレーザでシリコンの切断加工を行った場合の比較写真を下記に示します。明らかにロングパルスの方がチッピング・デブリス共少ない高品質な加工が出来ている事が判ります。また、加工深さについてもロングパルスの方にメリットがあるようです。



ナノ秒パルスによる加工

加工条件

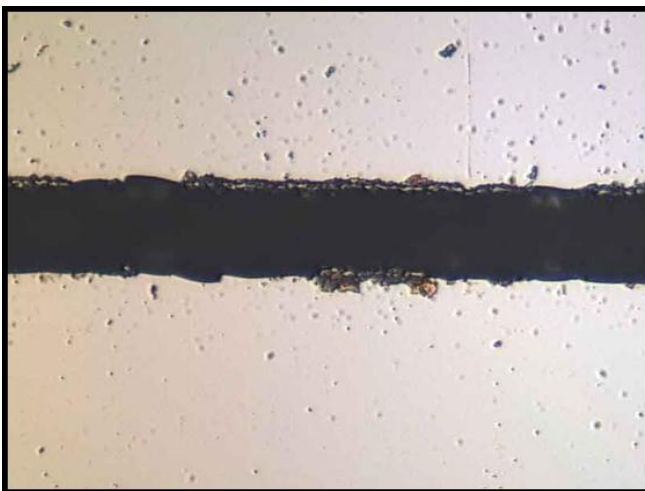
波長：1064nm

出力：34W

パルス幅：50ns

加工幅：約 60um

加工深さ：20um



ロングパルスによる加工

加工条件

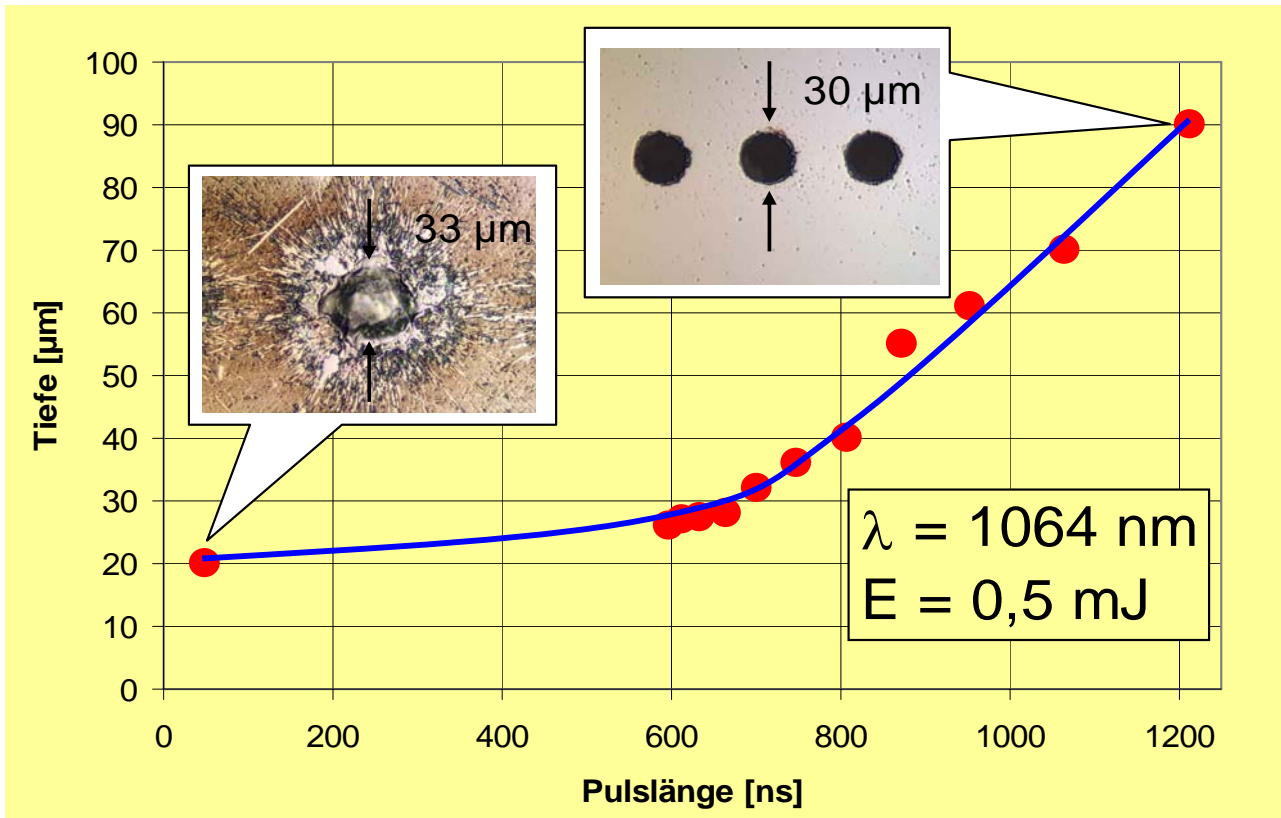
波長：1064nm

出力：34W

パルス幅：1200ns

加工幅：約 30um

加工深さ：80um



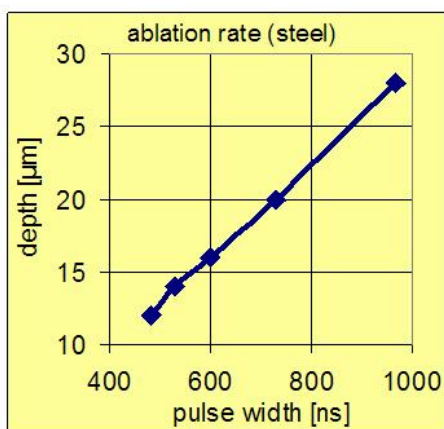
このグラフはパルス幅と加工深さの関係を示しており、パルス幅が長くなるほど1ショットで加工できる深さが大きくなり、1200nsの時に90µmにまで達しています。

また、ナノ秒パルスとロングパルスに於ける加工穴の比較写真も掲載されていますが、前述の通り、加工品質に歴然とした差が見られます。

#### <シリコン及び金属への高効率加工>

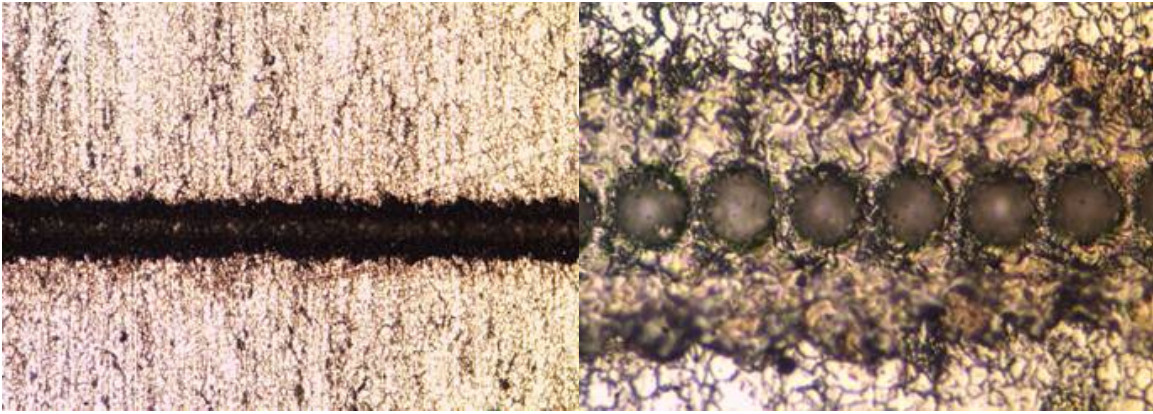
ロングパルスによるシリコン及び金属への加工は、品質のみではなく効率的にも大きなメリットが確認されています。

下記に鉄の切断及び穴あけ加工に於ける、パルス幅と加工深さの関係を示した表を示します。

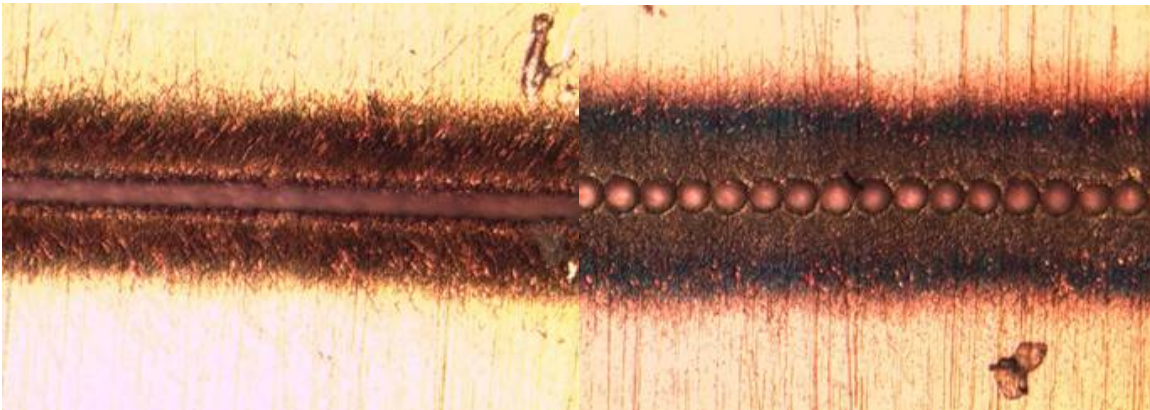


1ショット当りの加工深さは、パルス幅に比例して増大していくのが判ります。

鉄だけではなく、銅などの黄色系金属にも有効に作用し、ほぼ同じ加工レートが達成されています。

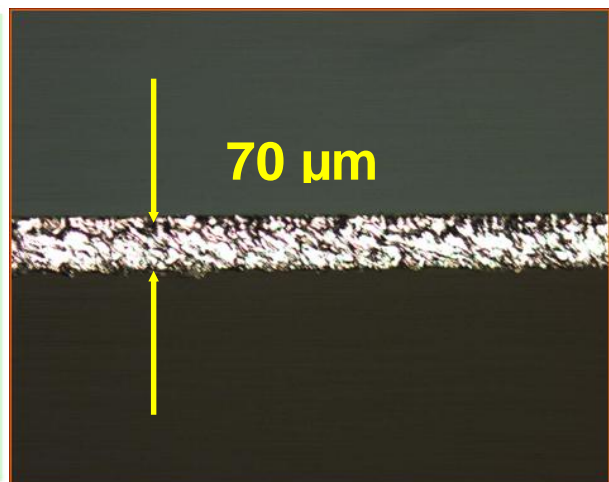
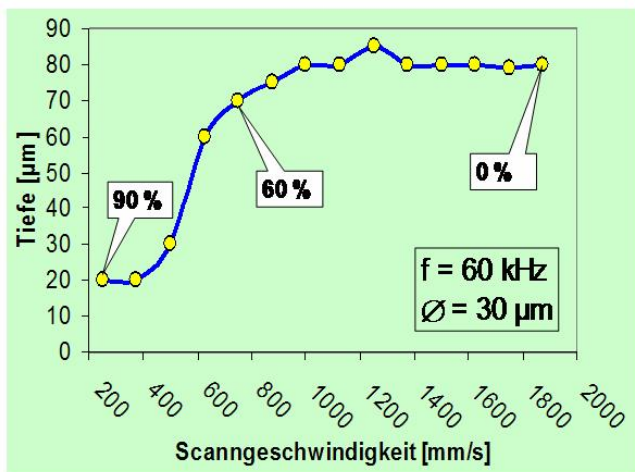


鉄の切断・穴あけ加工 (T=30um)

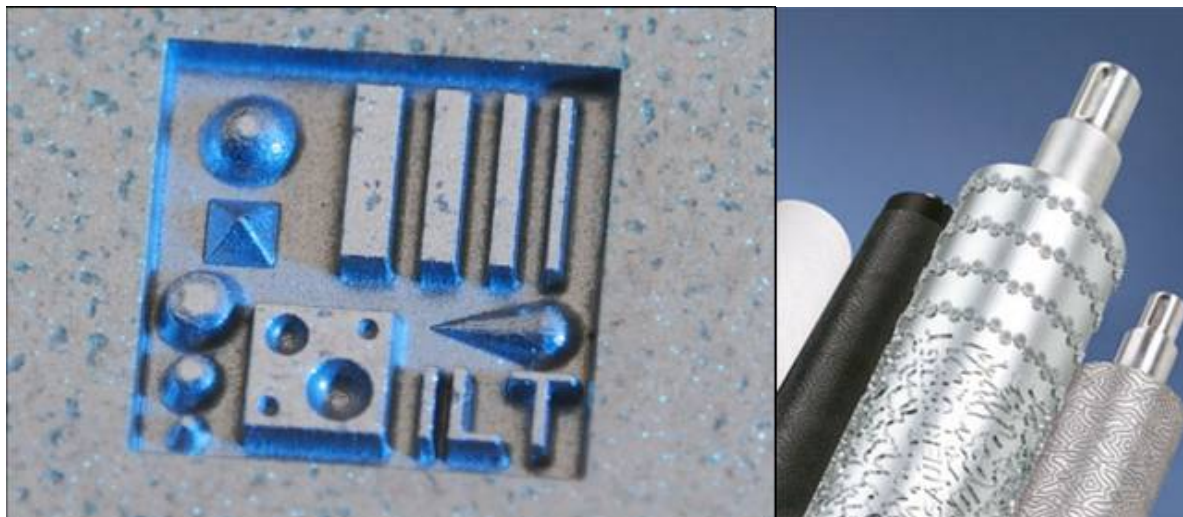


銅の切断・穴あけ加工 (T=30um)

下記にロングパルスレーザによるシリコンウエハ切断加工時のビームスキャン速度と加工深さの関係グラフを示します。非常に面白い事に、200mm/秒から 600mm/秒に於ける低速スキャンでは加工深さが 20um~30um 程度にも関わらず、スキャンスピード上げていくにつれて加工深さが寧ろ大きくなり、1000mm/秒に於いては 70um を超えるまでに達します。この現象についての技術的根拠は良く判っていませんが、低速スキャンに於いては一旦熔融したシリコンが再凝固して、掘った溝を埋めてしまうため、結果的に加工深さが浅くなるものと思われます。



下記に効率的な金属への加工特性を応用した加工例を示します。



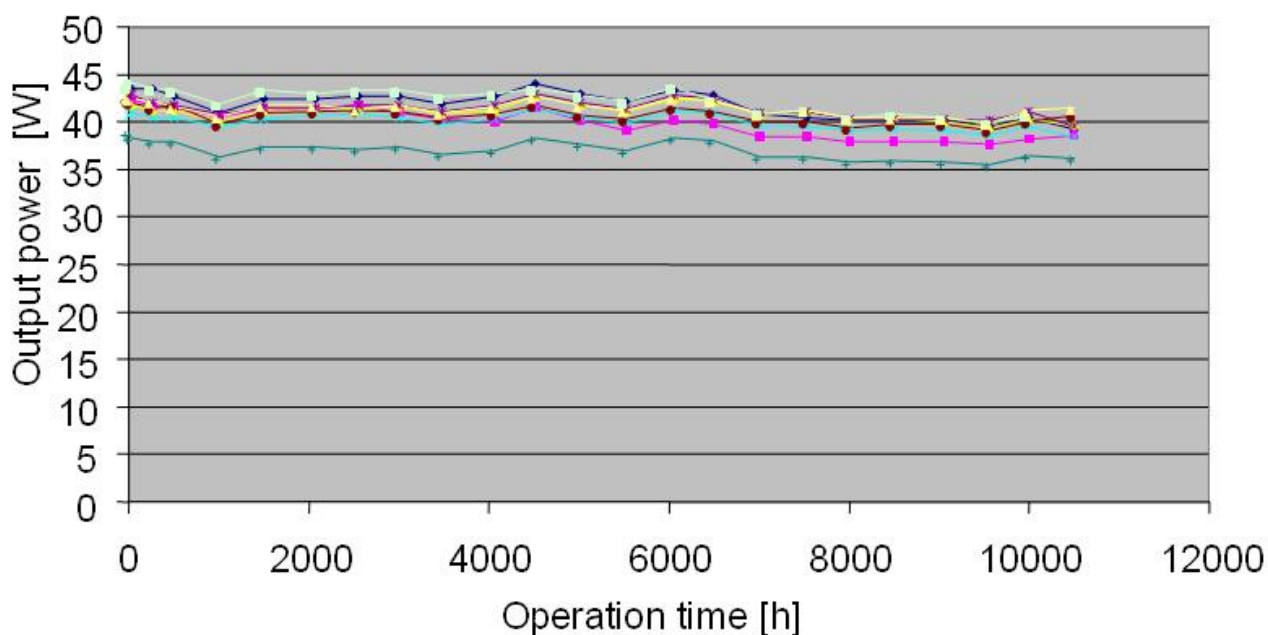
金型の加工

金属ロールへのエンボス加工

### <MOPA レーザの安定性と信頼性>

下記に MOPA レーザの信頼性を示す、励起用レーザダイオード (LD) の寿命データを示します。イエナオプティック社では、高出力 LD を自社で生産しており、徹底された品質管理の下、信頼性の高い製品作りがなされています。LD の冷却方式はマイクロチャンネルを使用しないセラミック板を介した水冷方式を採用しており、金属部分が水に直接触れない構造のため電蝕が無く、非常に長寿命です。下記に LD の信頼性を実証するデータを示します。約 10 台の LD を 1 万時間以上に渡って実際に発振させ、出力低下を測定したデータです。全ての LD が大きな出力低下をすることなく、一万時間以上安定して発振することが実証されました。

JOLD-40-CPNN-1L 808 nm, conduction cooling



また、参考までに MOPA レーザの長時間出力安定性データを下記に示します。

約 100 時間に渡り、極めて安定した出力を維持しています。真の生産ツールとして光学マウント、筐体、密閉構造などに工夫を凝らした結果、設置環境に左右されない、生産に適したレーザである事がお判りいただけると幸いです。

