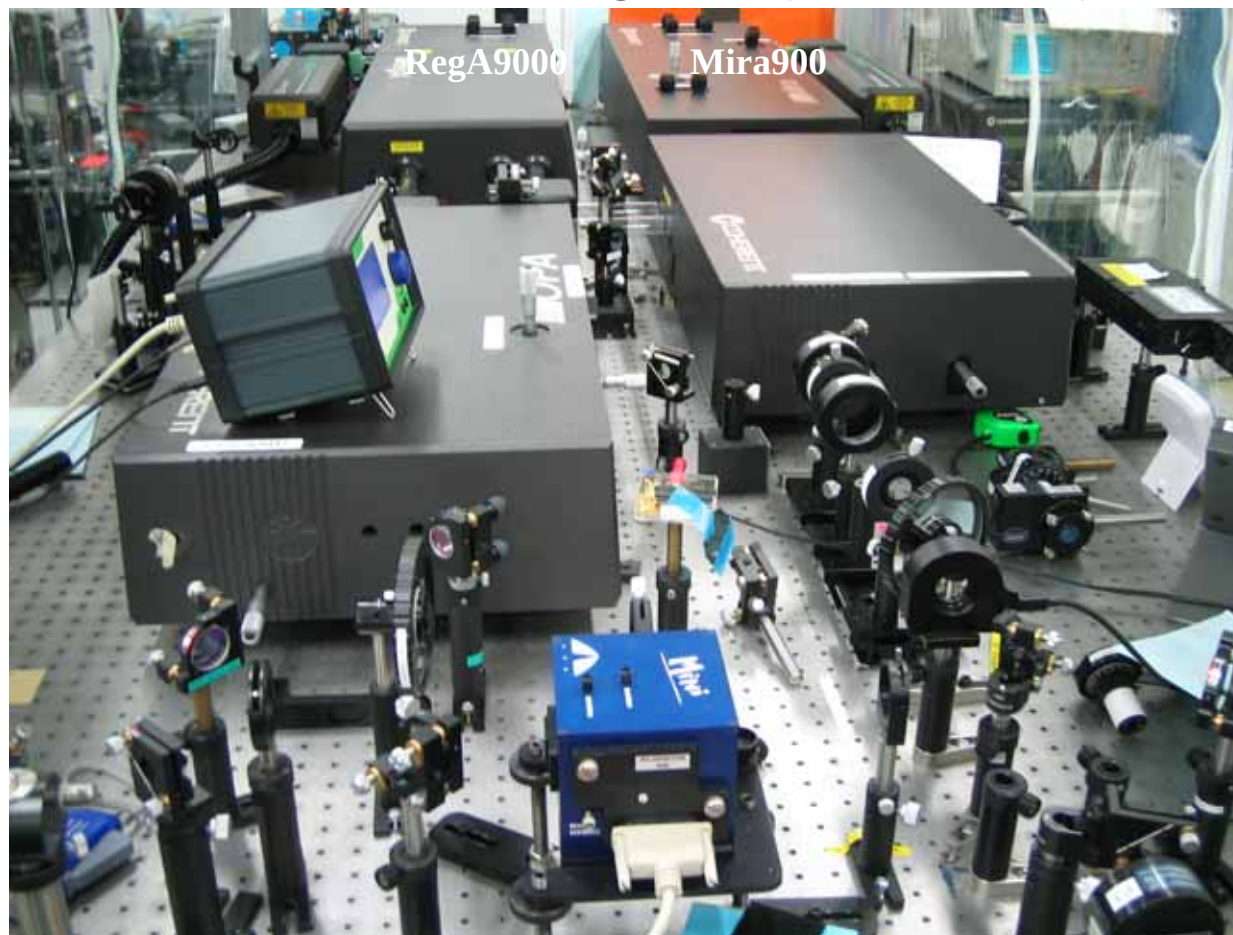


フェムト秒レーザを用いた微細加工技術

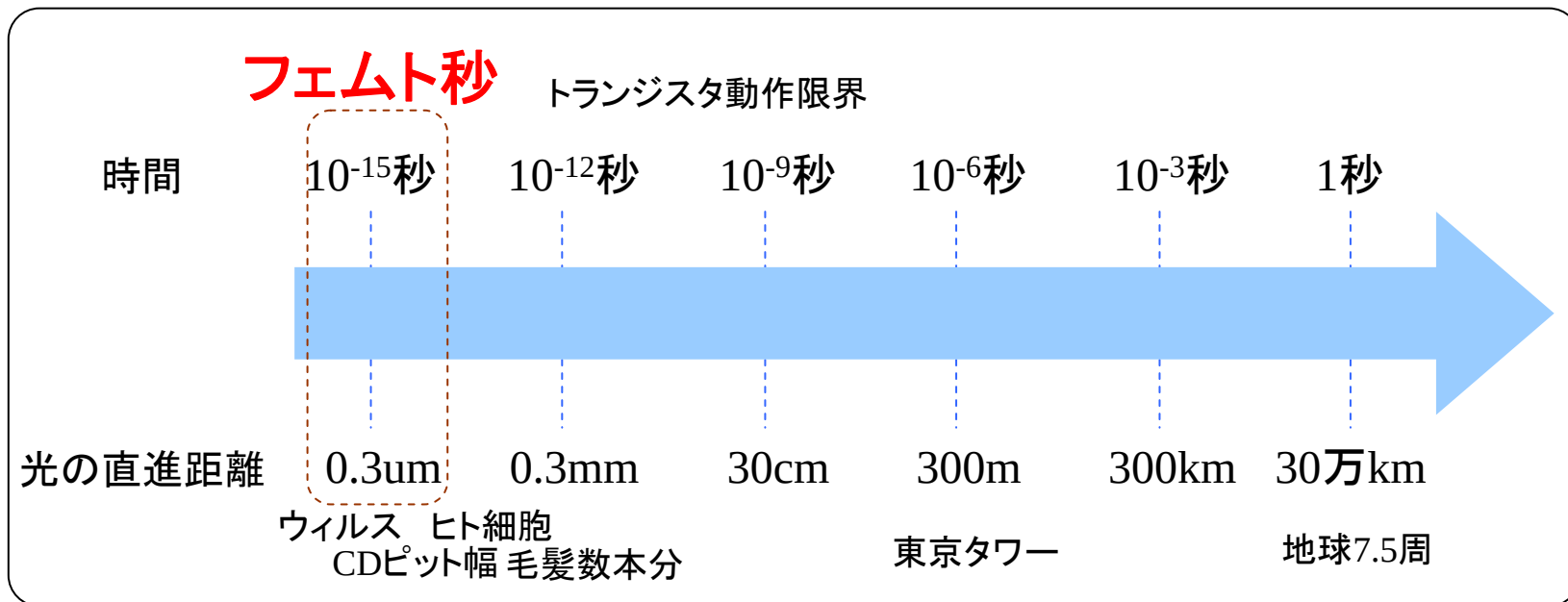
フェムト秒レーザ加工機

FSレーザ Mira900/RegA9000 (Coherent社製)



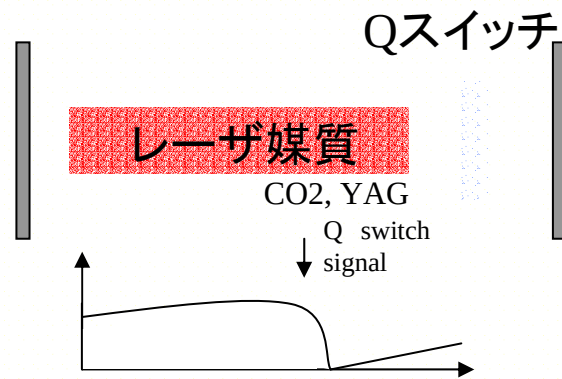
京都大学大学院工学研究科材料化学専攻 平尾研究室様と共同研究

フェムト秒とは

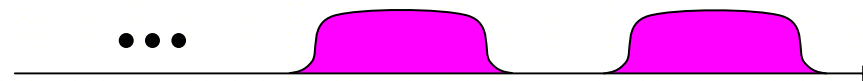


フェムト秒とは

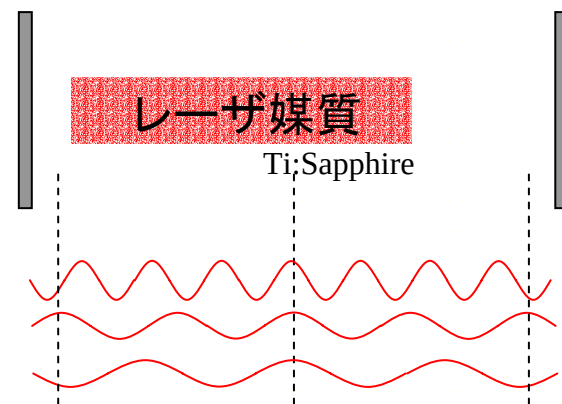
■Qスイッチレーザ



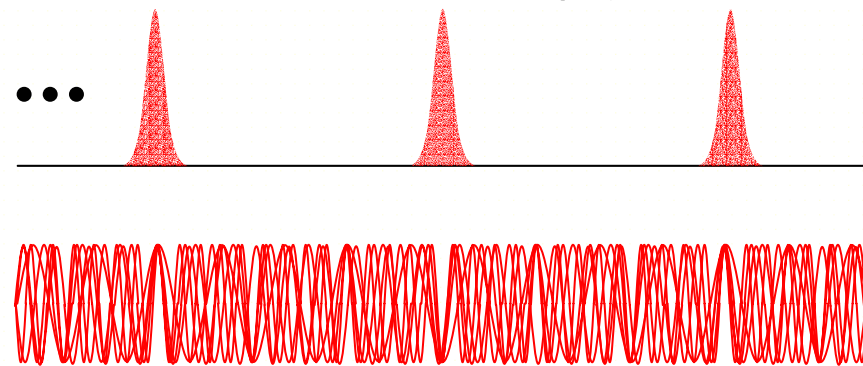
パルス出力



■モードロックレーザ

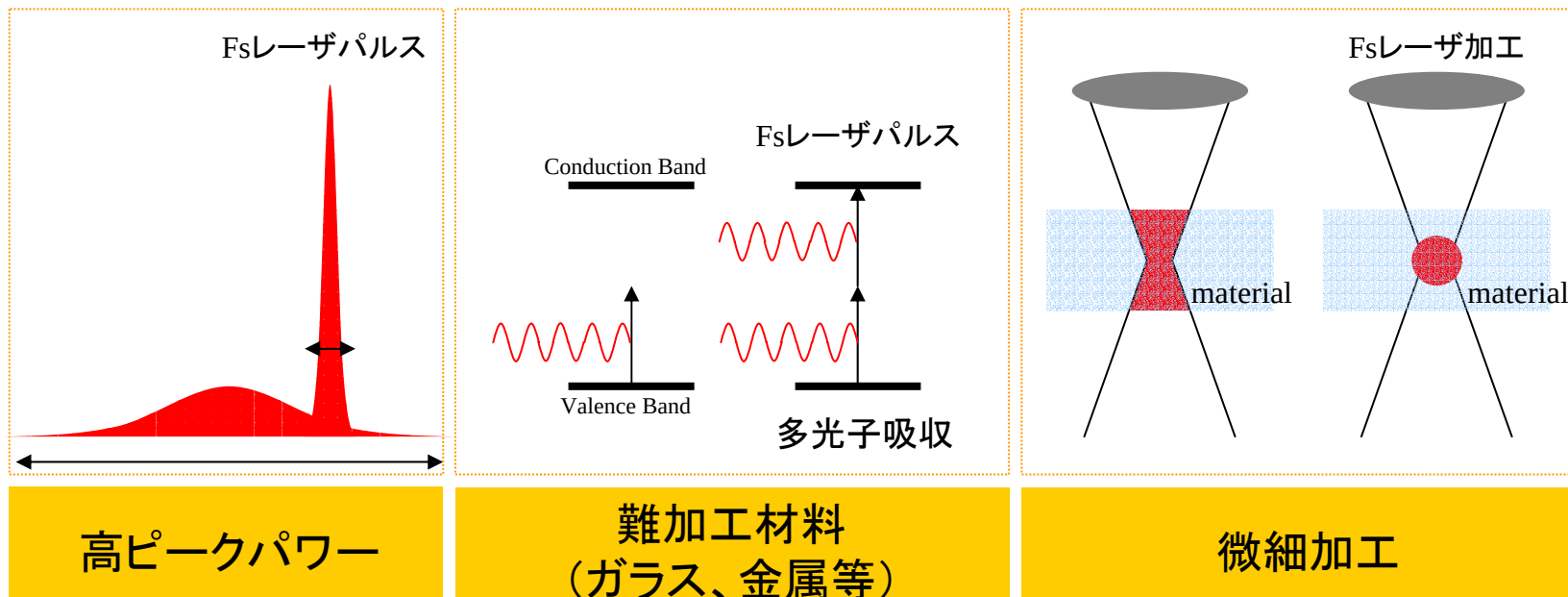


パルス出力



フェムト秒パルスの特徴

1. 熱伝導の影響が抑制出来るため、加工部位周辺の熱変性領域が小さい
2. 多光子プロセスによりワイドバンドギャップ材料の加工が出来る
3. 波長以下の解像度で加工が出来る



プリント配線板ロードマップ

JPCA NEWS October 2009

変化の指標	1996年 -2000年	2001年 -2005年	2005年 -2010年	2010年 -2015年
技術の特徴： 回路微細化	100 μ m - 50 μ m	30 μ m - 15 μ m	15 μ m - 10 μ m	10 μ m - 5 μ m
技術の特徴： 穴径微細化	100 μ m - 75 μ m	75 μ m - 50 μ m	50 μ m - 30 μ m	30 μ m - 10 μ m

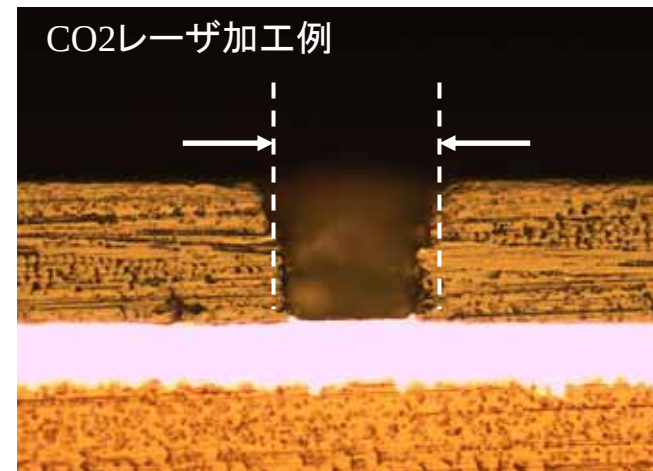
プリント配線盤技術ロードマップと最新技術動向(1)
インターコネクションテクノロジーズ株式会社 宇都宮久修氏

■プリント配線版に対するVIA、貫通孔はCO₂レーザ、YAGにより形成

■孔径およそ50um(CO₂レーザ)

孔径10~30umの微細化へ向けて

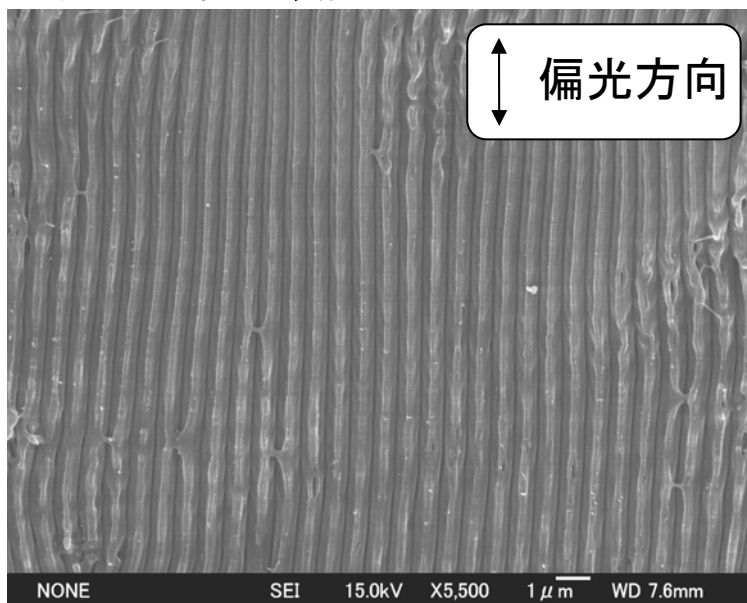
フェムト秒レーザを用いた微細加工可能性の検討



レーザ照射部表面構造

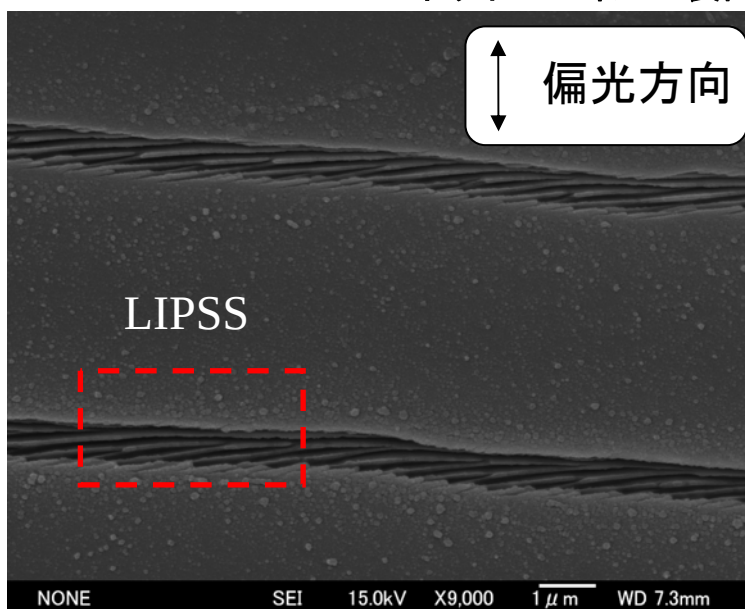
周期微細構造 (LIPSS)

ポリイミドフィルム表面



レーザ波長(800nm)に近い周期構造形成

ポリイミドフィルム表面



周期構造/200nm

レーザを表面にビーム照射

LIPSSは金属・半導体・絶縁体(セラミック・樹脂)表面に形成可能

レーザー加工装置

モードロックTi:Shapphireレーザー Mira900

Ti:Shappre再生増幅器 RegA9000

Polyimide Film (KaptonH : Toray-DuPont)



パルスエネルギー 1 uJ/pulse

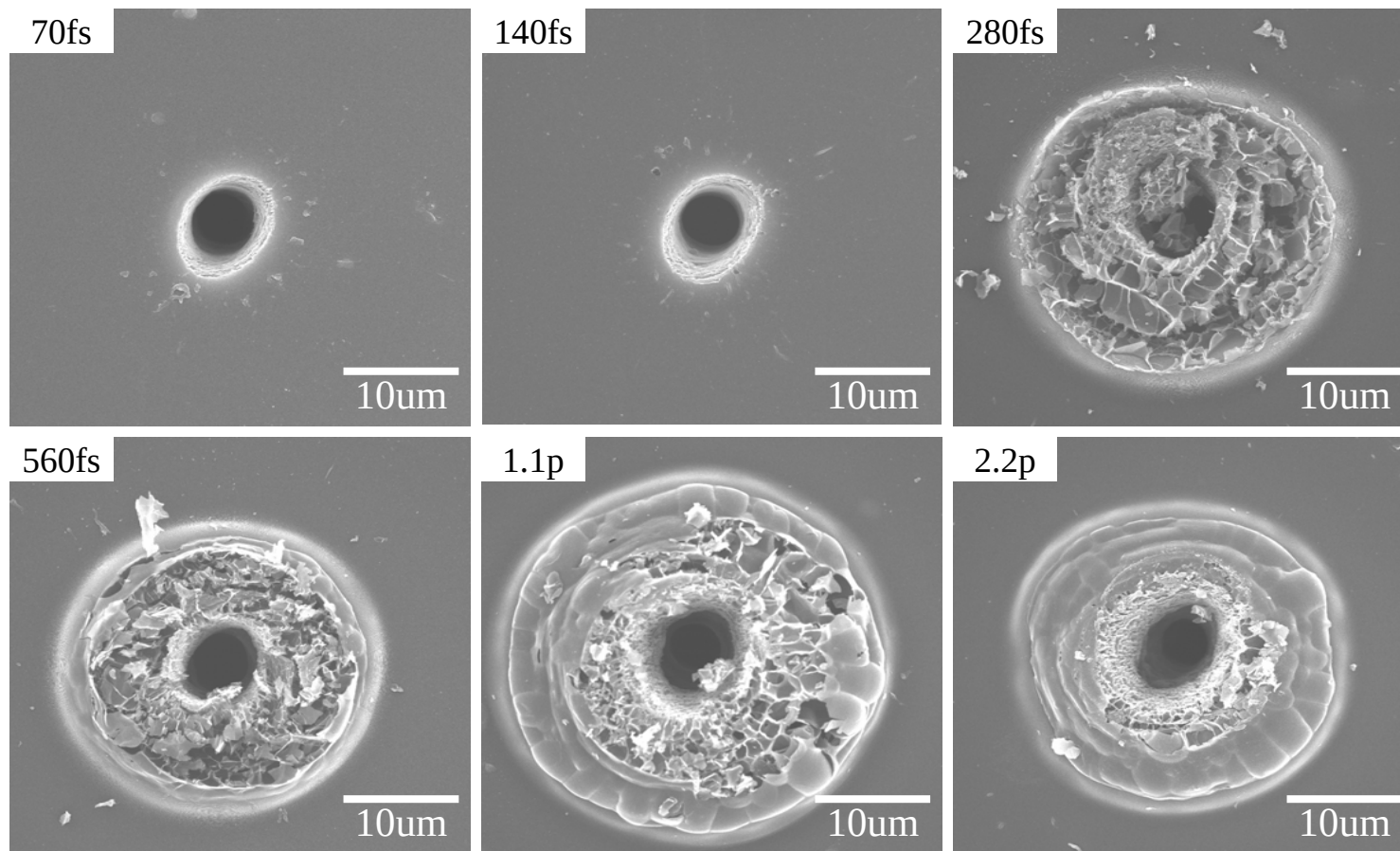
繰り返し周波数 50～250 kHz

パルス幅 70 fs ～2.2 ps

パルス数 1～1500 pulses

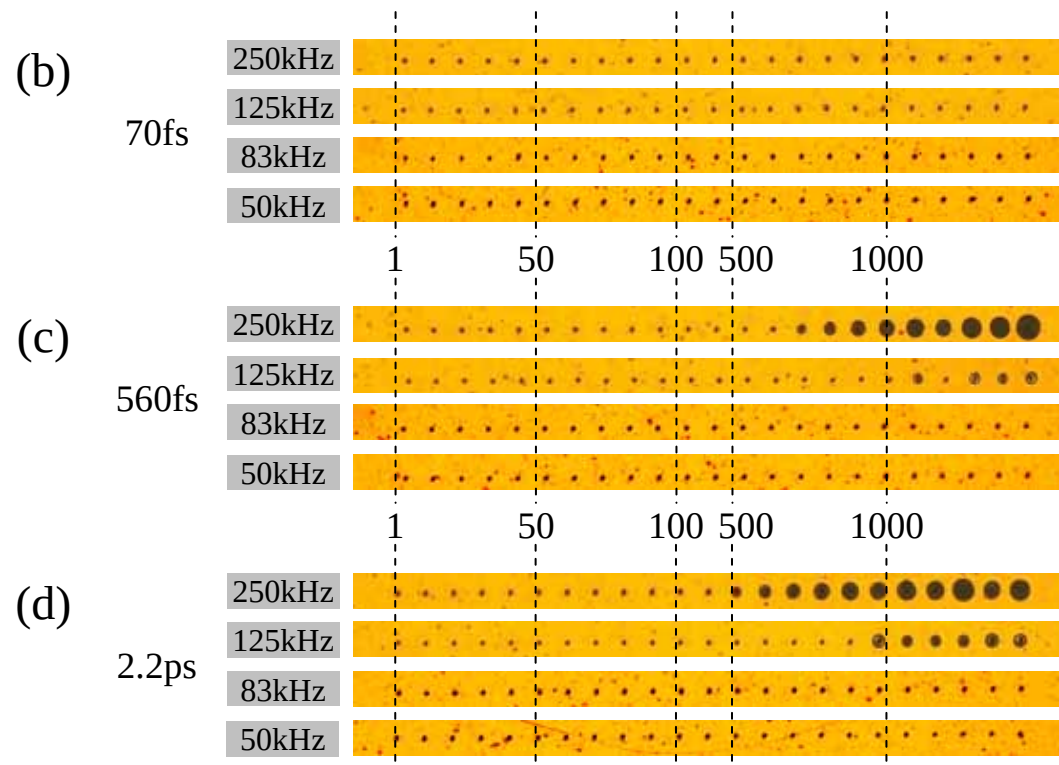
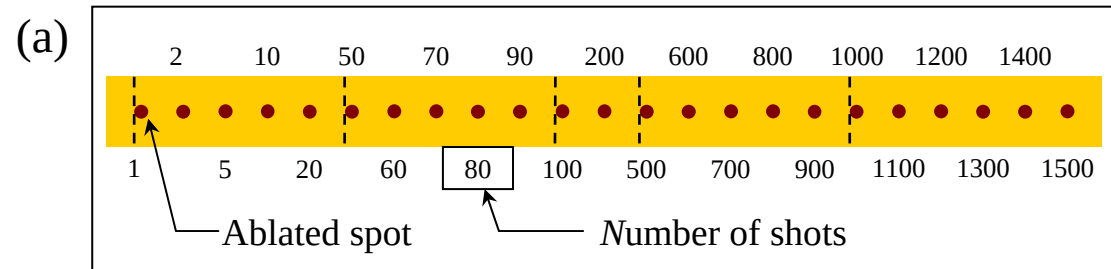
フィルム厚 50 um thickness

加工径のパルス幅依存性

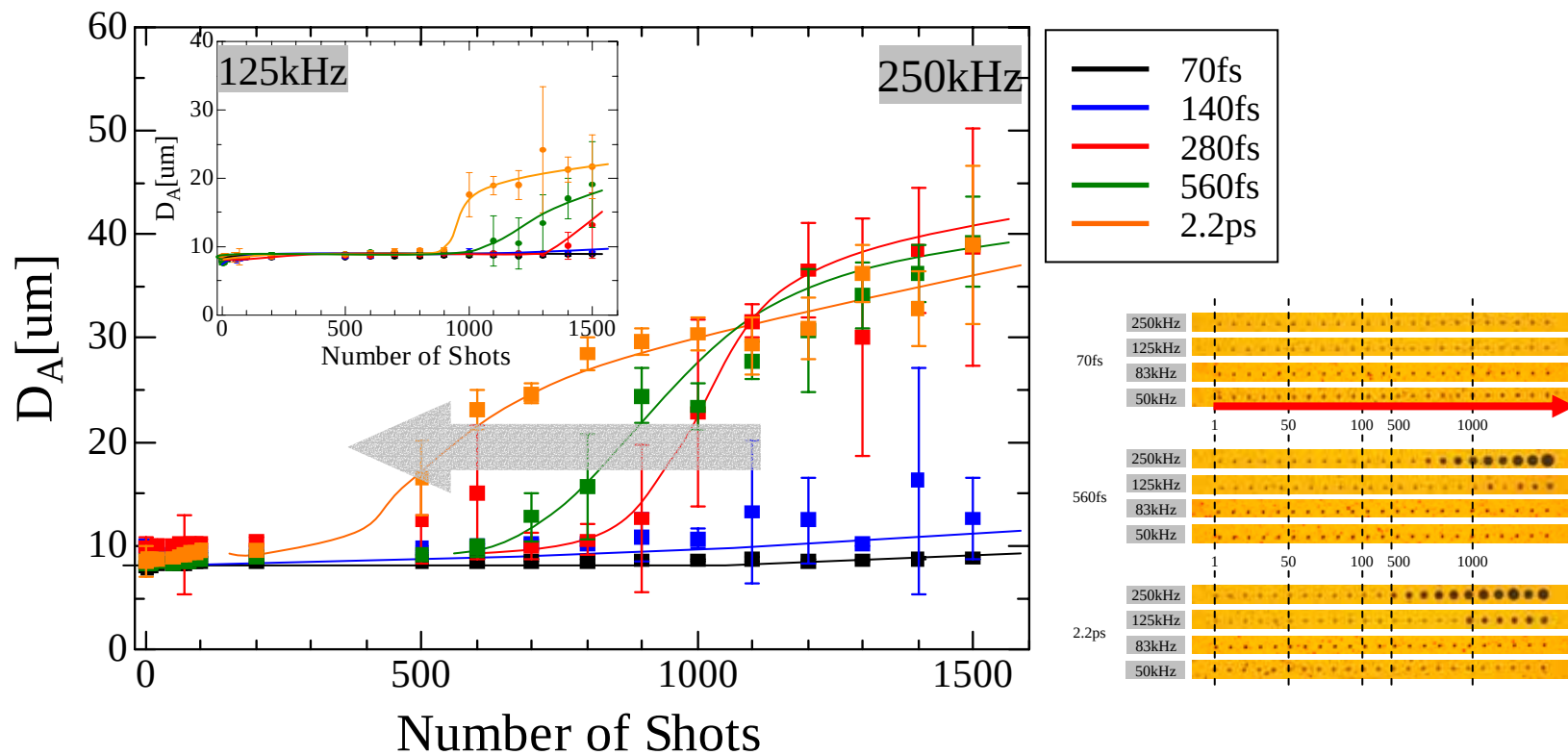


一定数以上のパルス照射により熱影響が現れる

加工スポットーパルス数依存性

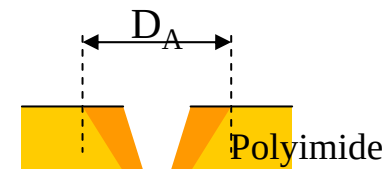


加工径パルス数依存性

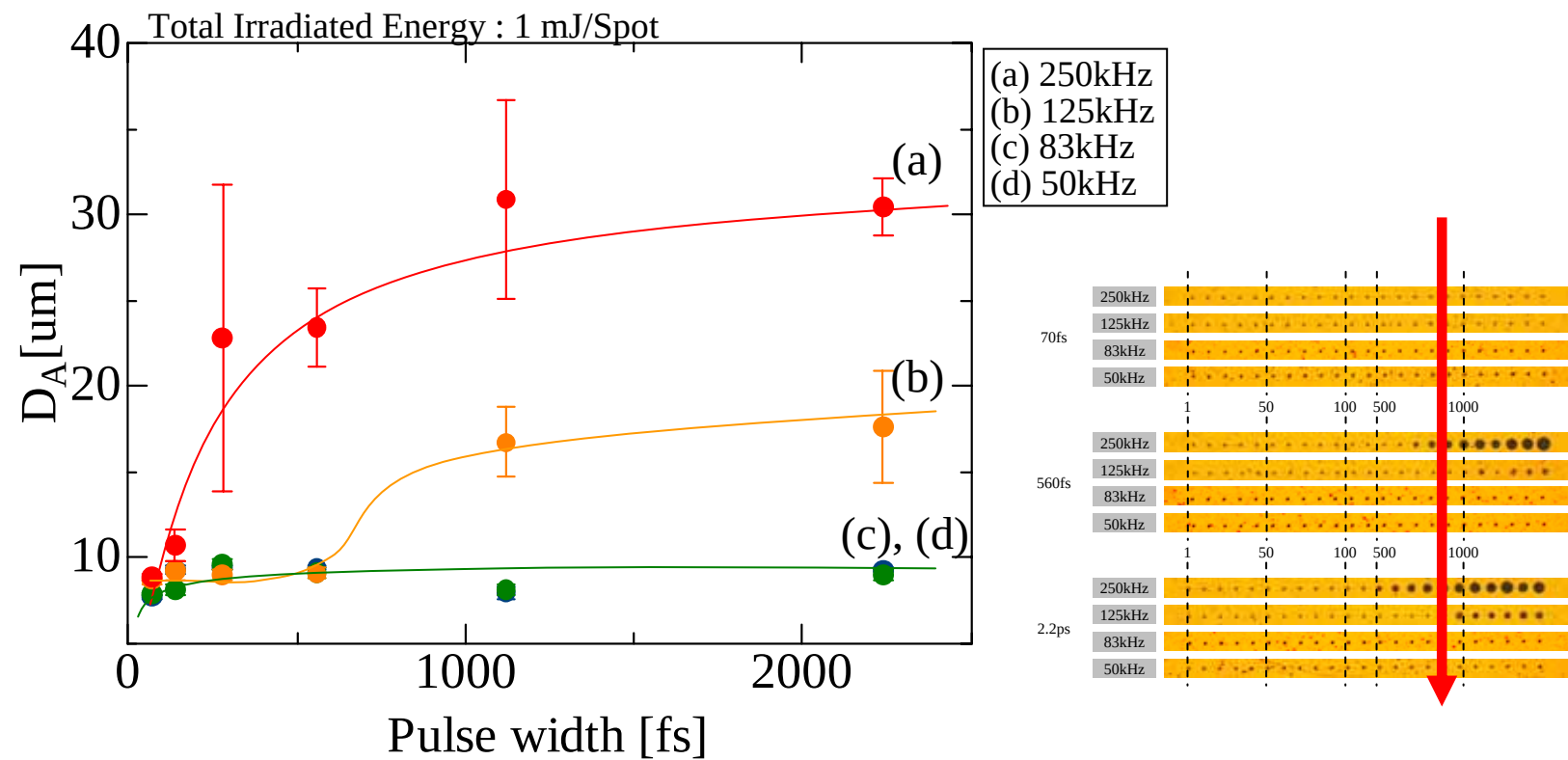


狭パルス幅では熱の発生を抑えることが出来、
高速加工可能

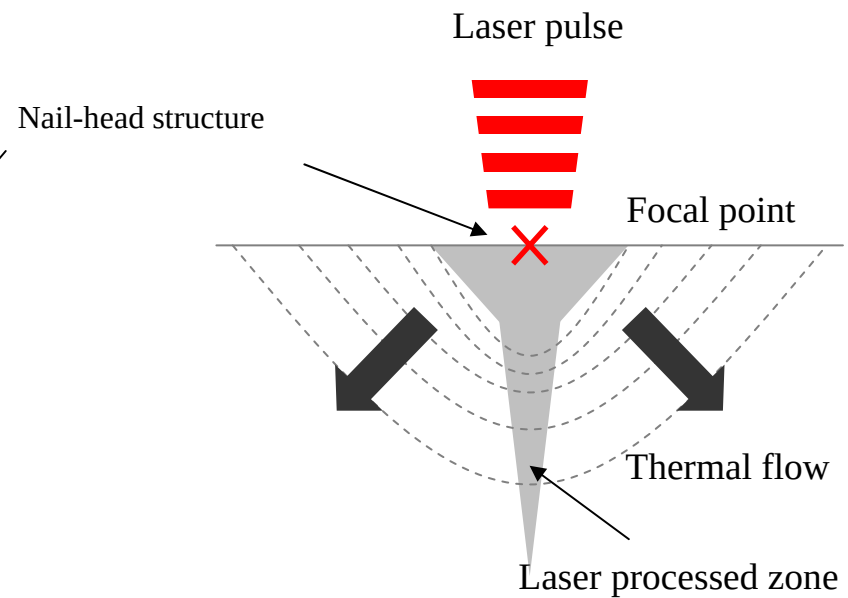
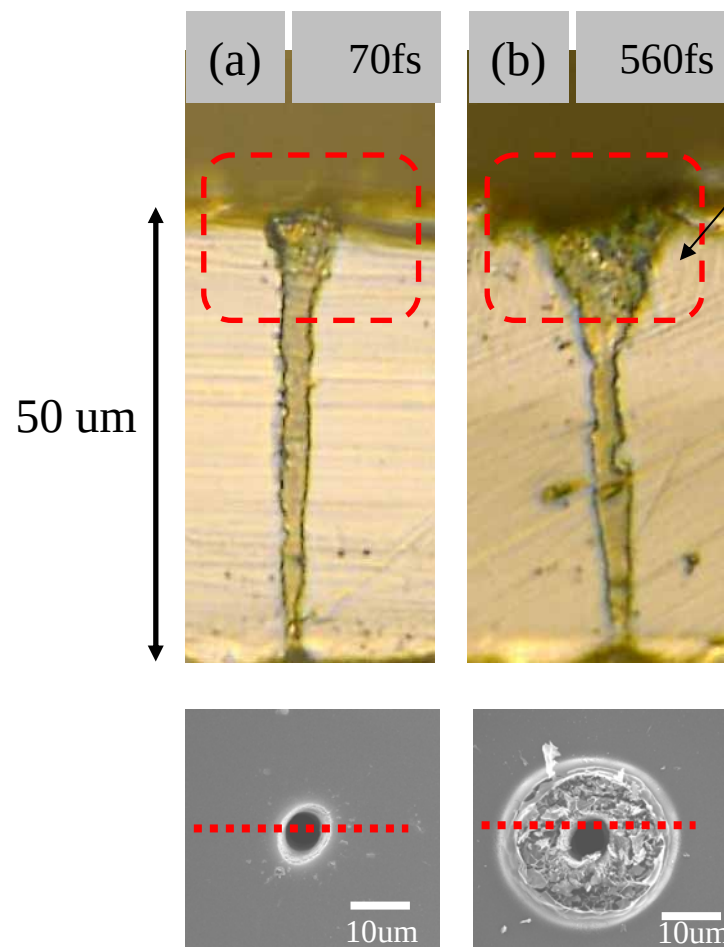
径 : $8.9 \pm 0.2 \mu m$



加工径ーパルス幅依存性



加工部断面



焦点付近に生じた熱の伝播とともに
加工径が増加する

Table 1 Minimum number of shots to make through-hole in a PI film with 50 μm thickness

Pulse duration	Shots (@ 125 kHz)	Shots (@ 250 kHz)
70 fs	500	100
140 fs	500	90
280 fs	700	90
560 fs	800	100
1.1 ps	1300	100
2.2 ps	N/A	200

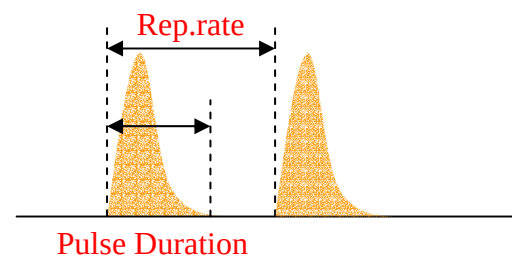
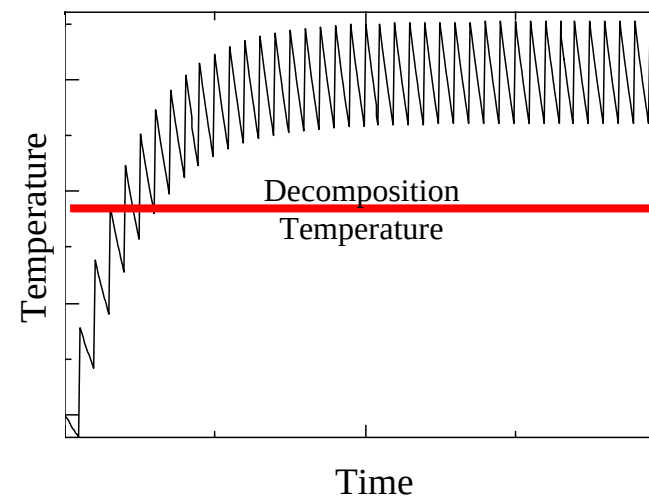
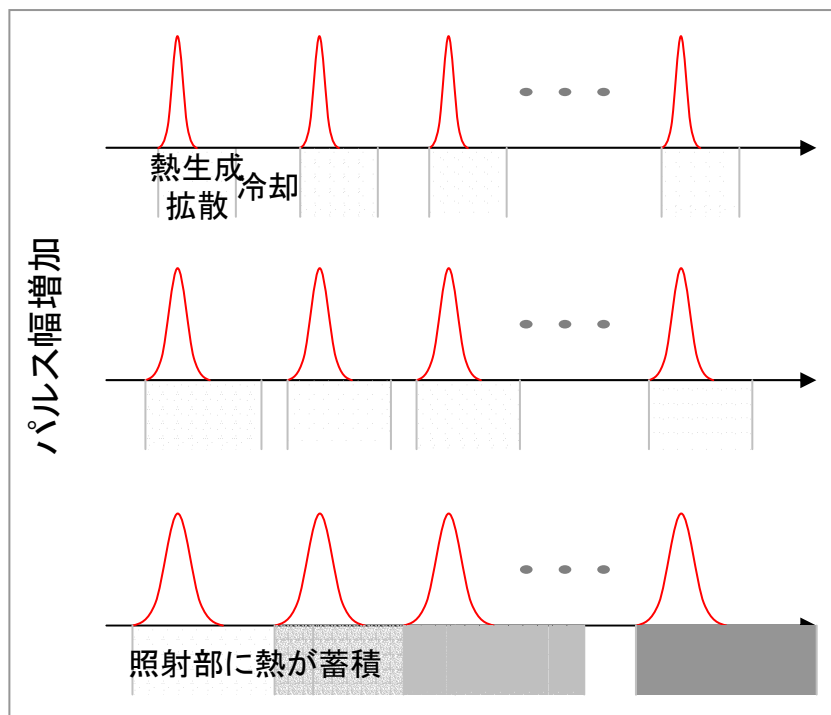
メカニズム

フェムト秒パルス-物質相互作用 タイムスケール

1パルス 照射 e-p scattering 熱拡散

熱的現象

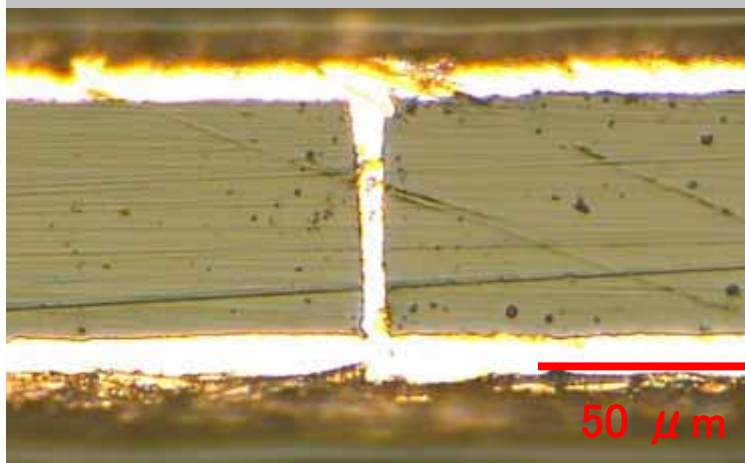
fs ps ns us ms



応 用

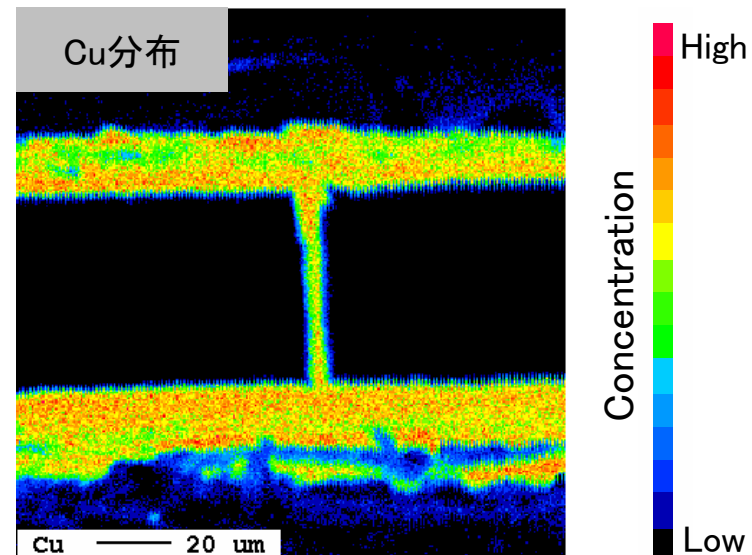
Cu充填めっき

光学顕微鏡写真



Through-hole径 上径:約9μm下径:約5μm

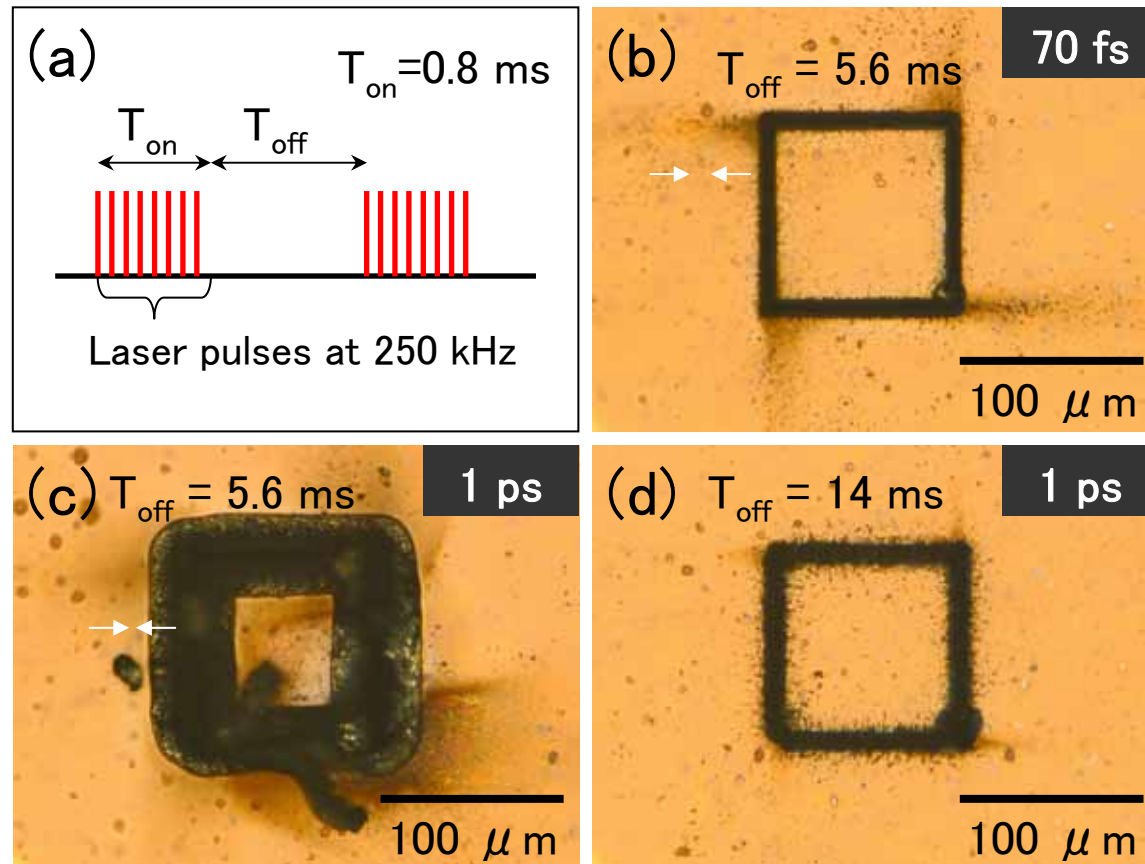
Cu分布



レーザ加工孔(径~10μm)に対しCu充填めっき

レーザ切断

レーザカット

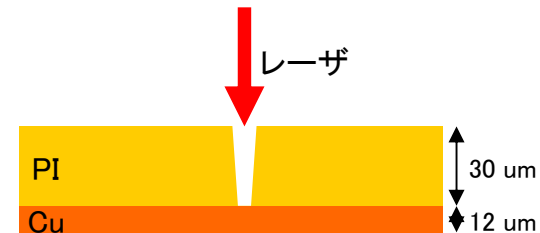
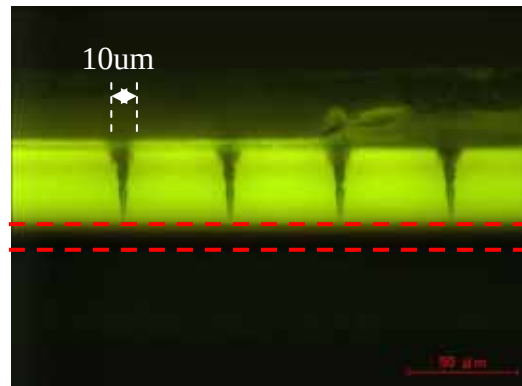
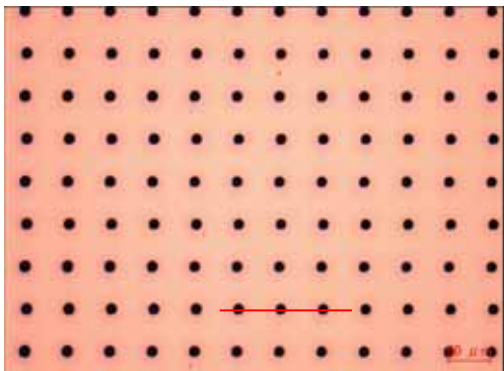


熱生成を制御することにより切りしろを削減

VIA

片面銅箔付ポリイミド基板加工

●VIA径 : $10\ \mu\text{m}$



◆加工限界エネルギー

$$E_{\text{Cu}} \geq 1\ \mu\text{J}/\text{shot}$$

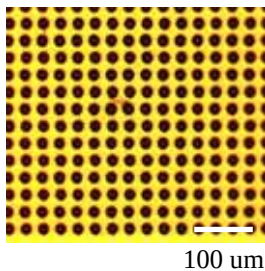
$$E_{\text{PI}} \geq 0.5\ \mu\text{J}/\text{shot}$$

◆Drilling Rate

$$R(\text{PI}) \sim 0.5\ \mu\text{m}/\text{shot}$$

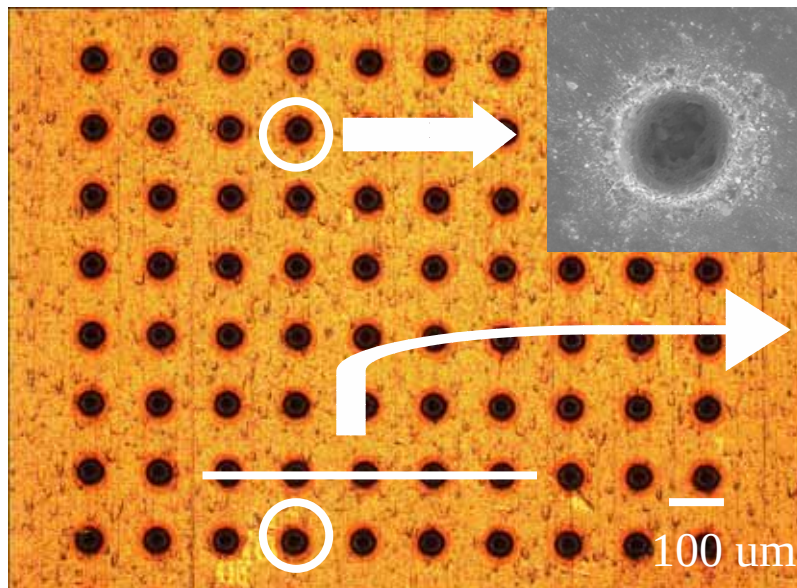
$$R(\text{Cu}) < 0.06\ \mu\text{m}/\text{shot}$$

●VIA間最小距離 : $25\ \mu\text{m}$



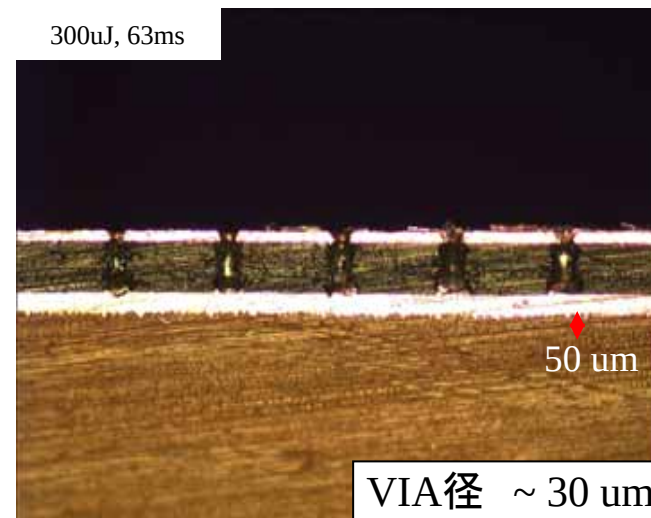
ビルドアップ基板

銅箔付ビルドアップ基板加工



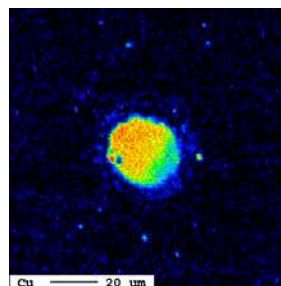
UVレーザー光を用いなくとも銅箔貫通加工可能

300uJ, 63ms



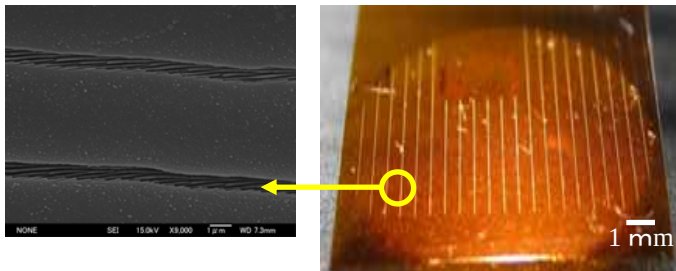
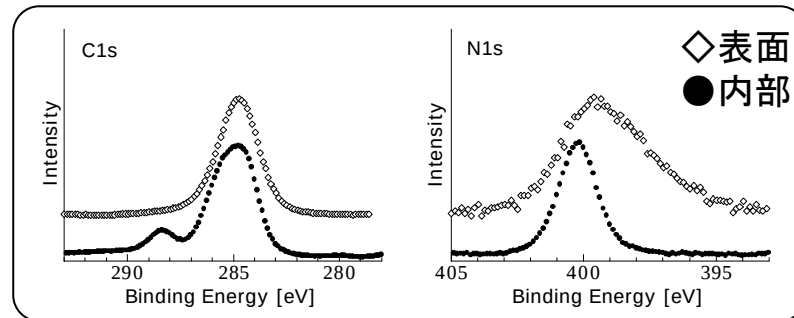
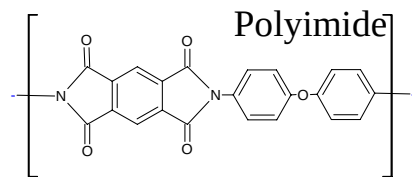
プリプレグ材 GEA-67BE (日立化成)

VIA底からCu検出
EPMA像(表面銅箔除去)



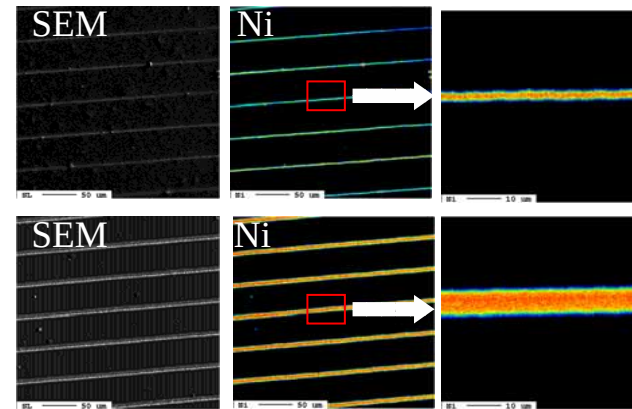
選択的Ni析出

レーザ加工PIフィルムに対し無電解Niめっき



- 最小線幅 2~7 μm
- 最小線間距離 20 μm

レーザ照射部のみNi析出



まとめ

フェムト秒レーザ加工

- パルス幅が短パルスであれば照射部への熱影響は少なく高速加工可能
- ポリイミドフィルムに対し径10um程度の微細孔加工可能(Through-hole : 100shots)
- 片面銅箔付ポリイミドフィルムも同様に加工可能(Via-hole)
- 銅箔への穴あけも可能
- ビルドアップ基板へ径30um程度のVIAホール形成

- レーザ照射部に周期微細構造(LIPSS)を形成する(200nm間隔)
- ポリイミド表面・内部の組成の差異を利用し、レーザ照射部にNiのみ析出させる