

# UVレーザーによる プリント回路基板の加工

シェーン・スタフォード

## プロトタイプ開発から製造までの応用分野を紹介

目に見えない技術を却下するのはたやすいことだが、回路基板の作成に関わる人が紫外線 (UV) レーザを見過ごすとしたら、それは間違った行為だといえるだろう。UV レーザは、現在利用可能なプリント回路基板 (PCB : printed circuit board) 加工技術の中で最も

多用途で効率的なもの1つである。レーザー光線は一般的に、フライスやルーティングといった機械的なPCB加工に代わる低ストレスの手法だが、UV レーザにはそれに加えて、熱ストレスを軽減するという他のレーザー源にはないメリットがある。このようなメリットが実

現できるのは、多くのUVレーザーシステムが低い出力レベルで動作するためである。「コールドアブレーション」としても知られるプロセスを利用することにより、UVレーザーの光線には、熱影響部 (HAZ : heat-affected zone) を小さくする効果があり、バーリング (穴の周囲の立ち上がり) やチャーリング (炭化) といった高出力レーザーに通常は伴う熱ストレスの悪影響を最小限に抑える。

UVレーザーは可視光よりも短い波長で構成されているため、その光を肉眼で見ることにはできない。光線を目で確認することはできないかもしれないが、UVレーザーはその短い波長によって精密に焦点を合わせ、優れた位置精度を維持しつつ、非常に細かい回路特徴 (circuit feature) の作成を可能にする。

波長が短く、加工対象物の温度が低いことに加え、紫外線光の光子エネルギーが高いことから、UVレーザーは、FR4や高周波セラミック複合材料といった標準的な材料から、ポリイミドのようなフレキシブル基板材料にいたるまでの広範囲にわたるPCB材料の加工に適している。

図1のグラフは、3つの一般的なPCB材料について、6種類のレーザーの吸収率を示したものである。6種類のレーザーには、エキシマレーザー (波長248nm)、赤外レーザー (1064nm)、2種類のCO<sub>2</sub>レーザー (9.4μmと10.6μm) などが含まれる。UVレーザー (Nd:YAG, 355nm) は、3種類すべての材料で高い吸収率を示

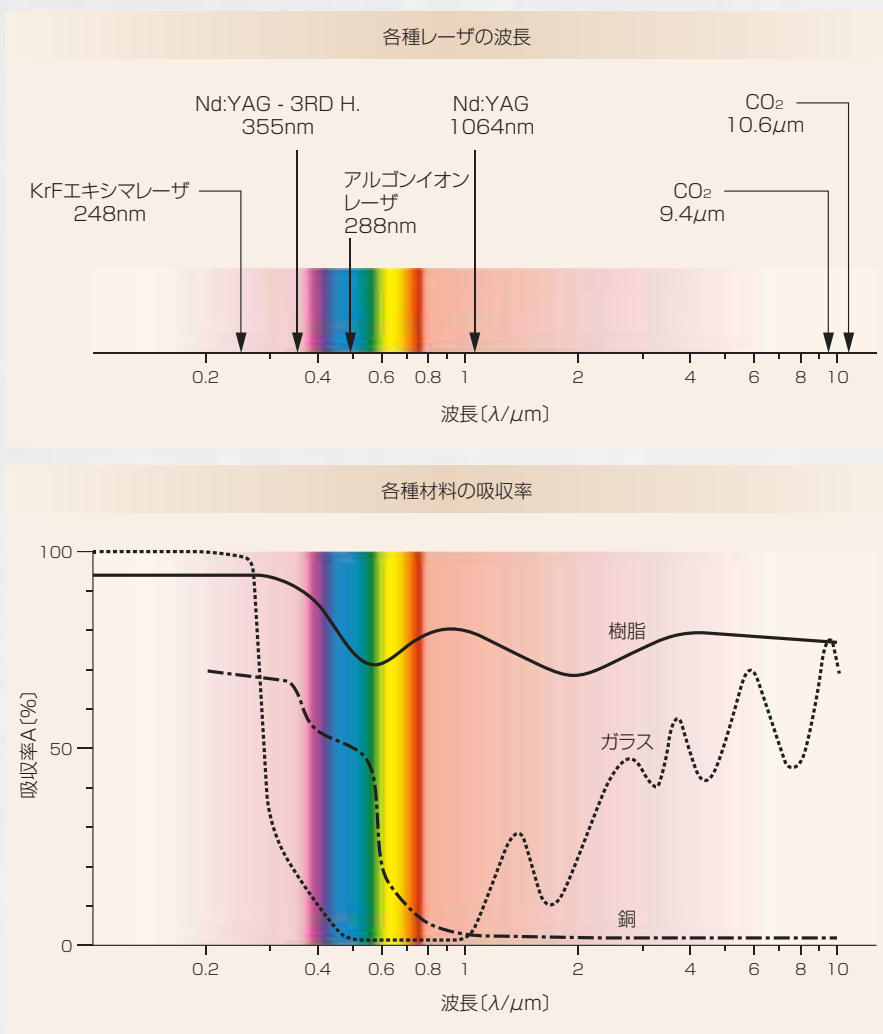


図1 3つの一般的なPCB材料の、6種類のレーザーの吸収率。

す、まれなレーザーの1つである。

UVレーザーは樹脂や銅に対して非常に高い吸収率を示し、ガラスを加工する場合の吸収率も低くない。これらの主要材料のすべてに対してそれよりも高い吸収率を示すのは、高価なエキシマレーザー(248nm)だけである。このようにUVレーザーは多様な材料に対応することから、あらゆる基板特徴や回路配線の最も基本的な部分の作成から、チップを埋め込むためのポケットの作成といった高度な加工にいたるまで、多数の業界にわたるさまざまなPCB応用分野に最適な手法となっている。

UVシステムは、CADデータから直接基板を加工する。つまり、中間の基板作成プロセスは不要である。これと、紫外線光の精密なフォーカス性能により、UVシステムは高いフューチャー分解能と位置決め再現性を実現する。

#### 応用分野1:

##### 表面エッチング/回路作成

UVレーザーは短時間での回路作成が可能で、基板に対する表面パターンのレーザーエッチングをわずか数分で行う。そのためUVは、PCBをプロトタイプ開発するための最速手段となっている。R&D部門はこれに気付き始めており、ますます多くのプロトタイプ開発研究施設に社内用UVレーザーシステムが装備されつつある。

光学的キャリブレーションによっては、UVレーザーの光線サイズを10~20 $\mu$ mの範囲にすることができ、微細な回路配線の作成が可能である。図2は、この点に関するUVの卓越性を示す応用分野の例である。この回路配線は非常に細かく、確認するには顕微鏡が必要

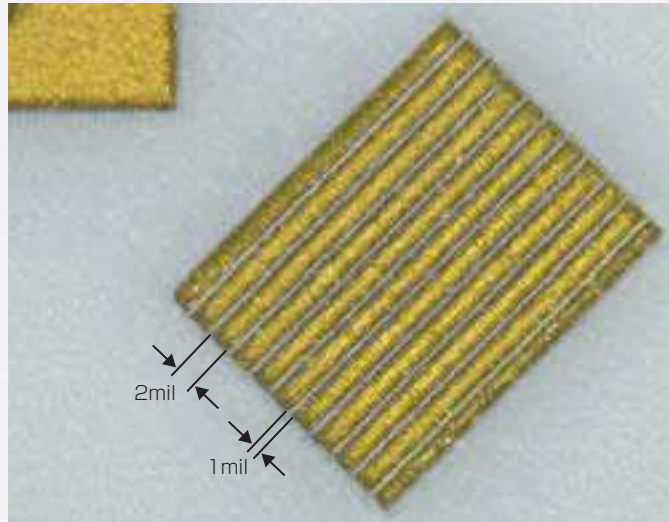


図2 UVレーザーによって作成される回路配線は非常に細かく、確認するには顕微鏡が必要である。

である。この図に示したボードは、サイズが0.75×0.5インチ(約1.9×1.3cm)で、W/Ni/Cu/Ni/Auの表面を持つ焼成セラミック基板( $Al_2O_3$ )で構成されている。レーザーによって、2milの回路配線が1milの間隔で作成されており、合計ピッチはわずか3milとなっている。

レーザー光線による回路作成は、PCBのプロトタイプ開発には最も高速な手法だが、大量生産における表面エッチングには通常、化学的なプロセスを採用する方がよい。とはいうものの、多品種製造に携わる多くの企業が、少から中量のエッチングにUVシステムを利用している。

#### 応用分野2:

##### プリント回路基板のデパネリング

UVレーザー切断は、大量生産と少量生産のどちらにも最適で、特に、フレキシブル基板やリジッドフレックス基板の場合は、PCBのデパネリングに適している。パネルから個々の基板をくり抜く作業であるデパネリングは、フレキシブルPC材料の増加に伴い、さま

ざまな課題に直面している。V-スコアリングやルーティングといった機械的なデパネリング手法では、薄く傷つきやすい基板を損傷する可能性が高く、フレキシブル基板やリジッドフレックス基板のデパネリングを行うEMS(Electronics Manufacturing Services:電子機器受託製造サービス)提供企業にとって問題となっている。UVレーザー切断は、回路部品のバーリング、変形、損傷といったデパネリング時に生じる機械的ストレスの影響をなくすだけでなく、CO<sub>2</sub>切断といった他のレーザーによるデパネリングに伴う熱ストレスの影響も抑えることができる。

図3は、同じフレキシブル基板(ポリイミド)をCO<sub>2</sub>レーザー(左)とUVレーザー(右)で切断した様子を示している。高温のCO<sub>2</sub>レーザーでは、UVレーザーよりも顕著にチャーリングとバーリングが生じているのが見てとれる。前述のとおり、UVレーザーではコールドアブレーションプロセスが採用されている。

上述のストレスの緩和は、ますます小型化が進む現代において大きな意味

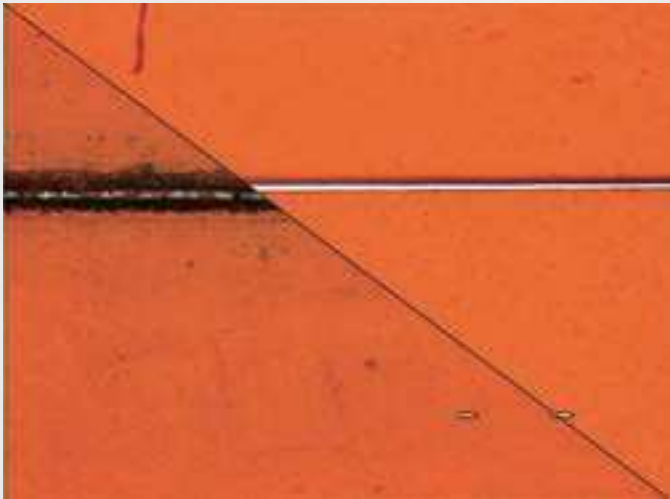


図3 フレキシブル基板(ポリイミド)をCO<sub>2</sub>レーザー(左)とUVレーザー(右)で切削した様子。

を持つ。「カットクッション」(切断緩衝間隔)の縮小による省スペース化によって、より回路端部に近い箇所に部品を配置し、より多くの回路を各パネルに配置することが可能になる。これによって、効率を最大限に高め、フレキシブル回路加工の限界を押し広げることができる。

### 応用分野 3: 穴あけ

UVレーザーの小さな光線サイズと低ストレス特性を活用する別の応用分野として、ビアの穴あけがある。ビアには、スルーホール(貫通孔)、マイクロビア(microvia)、ブラインドビア(blind via)、ベリドビア(buried via)などがある。UVレーザーシステムは、垂直光線を照射して基板を垂直に切削することで穴あけを行う。加工対象の材料によっては、最小で10 $\mu$ mの穴あけが可能である。

UVが特に有効な分野の1つは、多層基板に対する穴あけである。多層PCBは、熱圧処理によって互いに接着されたラミネート材によって貼り合わされている。特に高温のレーザー源を使用する場合は、このいわゆる「プリプレグ」材料の層間剥離が生じることが知られている。しかし、比較的低ストレスの低いUVレーザーならば、図4に示すようにこの問題を回避することができる。この図は、4milの穴をあけた14milの多層基板の断面図を示している。フレキシブルポリイミドの上に銅層が重ねられたこの基板には、層間剥離が全く生じていないのを見てとれる。このことは、UVレーザーの低ストレス性に起因するさらに大きな利点にもつながる。つまり、歩留まりが高くな

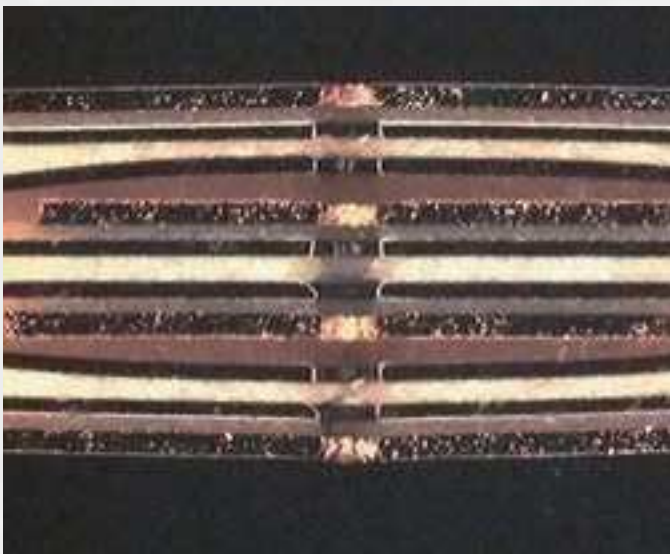


図4 4milの穴をあけた14milの多層基板の断面図。

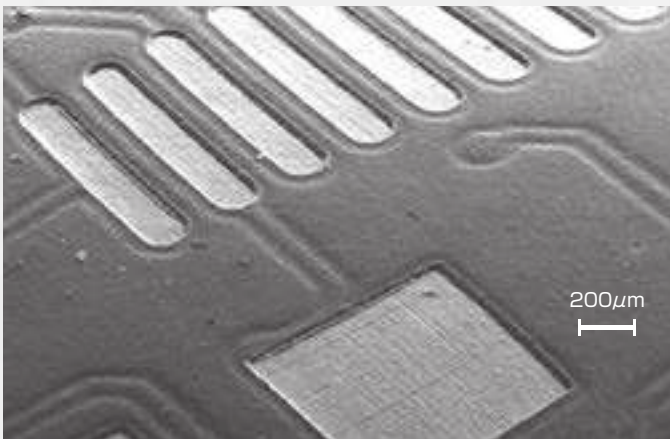


図5 UVレーザーによって施されたスカイピング加工の様子。

るという利点だ。歩留まりとは、1つのパネルからくり抜かれる使用可能な基板の割合のことである。

はんだ接合部の破損、部品の損傷、層間剥離など、基板が損傷する可能性は、製造工程全体にわたって多数存在する。そのどの要因によっても、基板の行き先は出荷用クレートではなく製造ラインの廃棄箱になってしまう可能性がある。UVレーザーは、このような有害な影響を完全に排除することはないとしても、大きく低減し、歩留まり率の改善という形で迅速な投資回収を実現する。

#### 応用分野4:

#### デプスエングレービング

UVレーザーの多用途性を示す応用分野として、デプスエングレービングがある。デプスエングレービングには多様な形態がある。レーザーシステムのソフトウェアによる制御を活用することによって、制御されたアブレーションを行うようにレーザー光線を設定することができる。つまり、材料を所望の深さまで切削したところで停止して移動し、必要な機械加工を完了してから次の深さや処理に移ることができる。複数の深さが必要な処理としては、チップの埋め込みに有用なポケットの作成や、金属から有機材料を除去するスカイビングなどがある。図5は、UVレーザーでスカイビングを行った様子を示している。レーザー光線によってクリーンな切削が行われ、除去された有機材料の下の金属表面が傷ついていないのがわかる。

UVレーザーは、基板に複数の段差を作成する場合にも利用できる。例えば

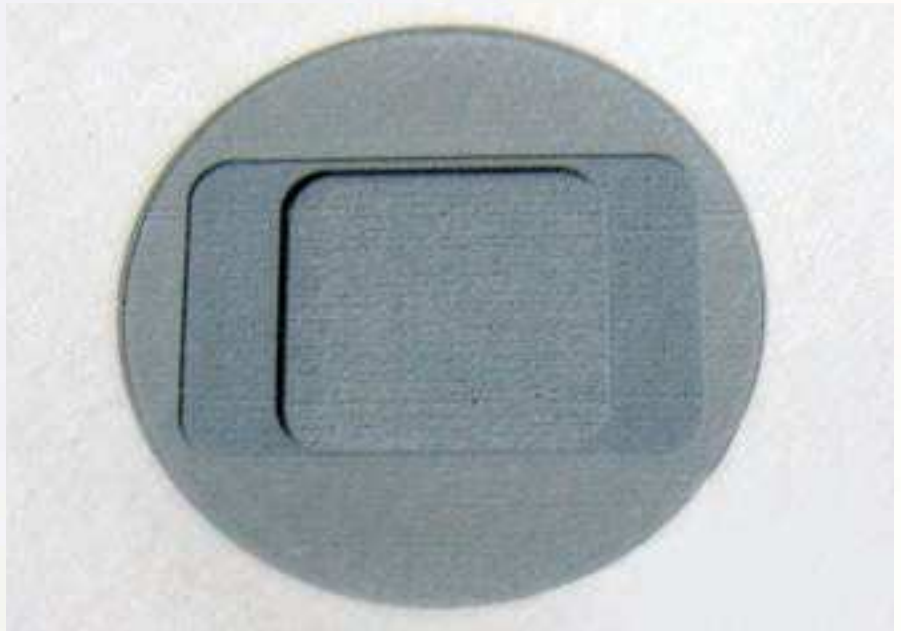


図6 ポリエチレン材料に対し、レーザーによって2milの深さの段を作成し、続いてその中に8mil、さらにその中に10milの段を作成した様子。

図6は、ポリエチレン材料に対し、レーザーによって2milの深さの段を作成し、続いてその中に8mil、さらにその中に10milの段を作成した様子を示している。これは、UVレーザーシステムを利用する場合に得られるユーザー制御のすべてを物語っている。デプスエングレービングは穴あけと同様に、少量、中量、大量生産のすべての場合においてUVレーザーで効率的に処理できる加工分野である。

#### まとめ:

#### すべてに対応する単一の手法

UVレーザーの最も素晴らしい利点は、上述の処理のすべてが単一のステップで完了できることである。これは基板作製において、競合するプロセスや手

法を採用する複数の装置によって各処理を行う代わりに、部品全体を一回の処理で加工できることを意味する。

効率的なこの製造スキームによって、あるプロセスから次のプロセスへと基板を移行する際に生じる品質管理の問題を回避することができる。UVによるアブレーションは飛散物が生じないため、クリーニングのための後処理も不要になる。

効率的である上に、紫外線光は低ストレスで多様な材料に適用可能であることから、回路基板の加工手段としてUVレーザーの利用が増加しているのは当然といえる。UVは近い将来、単に見過ごしてはいけない技術というだけでなく、見過ごせない技術になっていることだろう。

#### 著者紹介

シェーン・スタフォード (Shane Stafford) は、独LPKFレーザー&エレクトロニクス社 (LPKF Laser & Electronics) のクリエイティブ・マーケティング・スペシャリスト。e-mail: sstafford@lpkfusa.com