

最新プリント基板用レーザー穴あけ加工機 “ML605GTWⅢ-5200U”とその加工応用

本木 裕*
片瀬和伸*

The Newest Laser Drilling Systems "M605GTW III -5200U" and Processing Application

Yutaka Motoki, Kazunobu Katase

要 旨

昨今の電子機器業界の話題としては、各携帯電話メーカーが発売競争を繰り広げるスマートフォンが欠かせない。小型軽量にもかかわらず、非常に高機能なスマートフォンを支えるキーテクノロジーの一つに多層化したビルドアップ基板が挙げられる。ビルドアップ基板のキー工法としてレーザー穴あけが知られており、穴あけ加工機として“ML605GTWⅢ-5200U”は高シェアを堅持している。現在、世界中で年間12億台生産されているスマートフォンを始めとした携帯電話に三菱電機のレーザー穴あけ加工機が使用されているものと推定される。

しかしながら電子機器業界の進歩は留(とど)まるところを知らず、プリント基板には更なる高密度実装、レーザーに

対しては加工穴の小径化要求が続いている。この小径化の流れは、基板全般に及び、従来の貫通穴はメカドリル、ビルドアップ用の止まり穴はレーザーといった加工方法の棲(す)み分けにも変化を及ぼしてきている。ドリル加工は接触加工のため、磨耗が避けられず、小径化すると折れやすいといった欠点を内在している。これに対しレーザー加工は非接触で、小径化も比較的容易のため、メカドリル代替用途としても注目され始めている。

本稿ではプリント基板製作工程の穴あけにおいて、ビルドアップ用の止まり穴だけでなく、最近採用され始めた小径貫通穴加工へのレーザー加工の適用について述べる。



プリント基板用レーザー穴あけ加工機“ML605GTWⅢ-5200U”

新開発の超高速ガルバノと200W高出力レーザー発振器によって加工速度を大幅に向上させ、業界をリードする高い生産性を実現した。高ピークレーザー発振器と最適なビーム制御によって、加工内容に応じて幅広い加工条件も設定可能である。また、新型レーザー発振器“5200U”ではレーザーガス消費量を最大50%削減することにも成功した。

1. ま え が き

プリント基板業界にCO₂レーザ穴あけ加工機が進出してから、15年以上が経過した。高性能だが、小型薄型化が可能なビルドアップ基板を作成するための、必要不可欠なツール(工作機械)として業界に浸透している。ビルドアップ基板を用いる高性能携帯電話やパソコン等の電子情報端末の進歩とともに歩み、その普及とともにレーザ穴あけ加工機市場も拡大を続けてきた。昨今話題のスマートフォンにも、レーザ穴あけはなくてはならない技術の一つとなっている。

2. 業界動向とメカドリル機の問題

プリント基板の高密度配線、小型化は留まるところを知らず、レーザ加工に要求されるVIA(加工穴)径もますます小径化してきている。この流れはレーザ加工が得意とするBVH(止まり穴)のみならず、コア層のスルーホール加工にも及んできている。

コア層はビルドアップのベースとなる基板で、銅、樹脂、銅のサンドイッチ構造(両面板)をしており、その加工で、従来はメカドリル機の独壇場であった。しかし、近年は、その小径化の流れから、メカドリルでは様々な問題が発生するようになってきている。メカドリルでは、文字どおりドリルビットを用い、これを高速で回転させて貫通穴を作成するが、接触加工のため、必ず寿命がある。特に小径の場合はビット自体も細いため、より磨耗しやすく、かつ折れやすい。メカドリル機で貫通穴を開ける場合、基板を複数枚重ねて、その上から加工する。こうすることで、重ねた枚数分一度に加工穴が開けられることになる。この重ねた枚数をスタック数と呼んでいるが、小径ドリルの場合、ドリルビットが細く折れやすいため、スタック数を減らさざるを得ない。このスタック数は、メカドリル機の生産性そのものに直結するため、小径化が進むにつれて生産性が低下していくことになる。図1は、ドリルビット径とスタック数、生産性の関係を示すグラフであるが、VIA径がφ0.1mm, 0.075mm, 0.050mmと小径化が進んだ場合の、スタック数、及び生産性の低下が明白である。

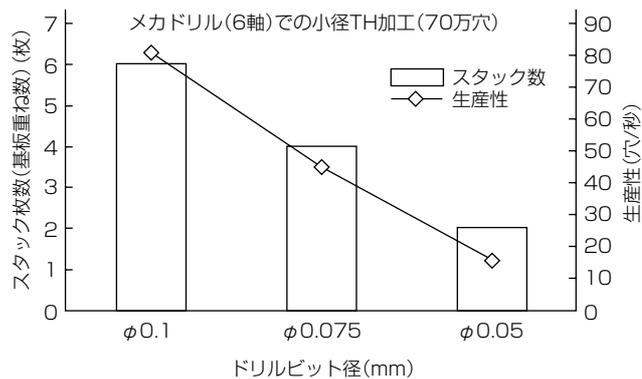


図1. メカ式ドリルでの小径加工時の生産性低下の様子

3. ML605GTWⅢ-5200U

当社のレーザ穴あけ加工機は、レーザ発振器や集光用fθレンズ、レーザ光走査用のガルバノスキャナー等のキーパーツをすべて内作しており、システムとしての総合開発に特徴がある。また、レーザ発振器メーカーとしての30年以上に及ぶ長い歴史があり、特に、この基板穴あけ加工機用に開発された発振器は、ほかに例を見ない高ピーク短パルス発振が高繰り返しで可能という大きな特長をもっている。この高ピーク性は加工現象で様々な利点を発揮するが、今回は特に、コア層基板、つまり両面板の加工でどのように有利かを述べる。両面板は先に述べたように銅、樹脂、銅のサンドイッチ構造をしているが、レーザで加工穴を開ける場合、この銅層に貫通穴を開ける必要がある。これを銅箔(どうはく)貫通加工と呼んでいるが、高ピーク短パルス発振器はこの銅箔貫通加工に適している。その理由は次のとおりである。

一般に銅はCO₂レーザにとっては、高反射材料であり、90%以上を反射してしまう。このため、銅の表面に処理を施して、光沢面をなくし、吸収率を向上させている。すなわち吸収率向上が銅箔貫通加工で重要である。図2は同一エネルギー条件下で高ピーク短パルスと、他社の低ピーク長パルスを銅表面に照射した場合の、その板厚方向の温度分布を示したグラフである。高ピーク短パルス照射時に銅の表面温度が、2倍以上高くなっていることがわかる。

図3は金属材料のレーザ光吸収率の温度依存性を示している。一般に、温度が上昇すれば、吸収率も向上する傾向がわかる。当社の加工機の特長である高ピーク短パルス照射は、銅の表面温度を高くし、レーザ吸収率を向上させる効果がある。これが、当社レーザ加工機が銅箔貫通加工能力に優れる理由の一つである。

図4は実際の銅箔貫通加工穴の比較例である。銅のスパッタが均一に薄く放射状に飛び散り、加工穴形状もばらつきが少なく安定していることがわかる。

また、高ピーク短パルス照射は、その吸収率向上効果によって、銅箔の表面処理に対する加工自由度も向上する。

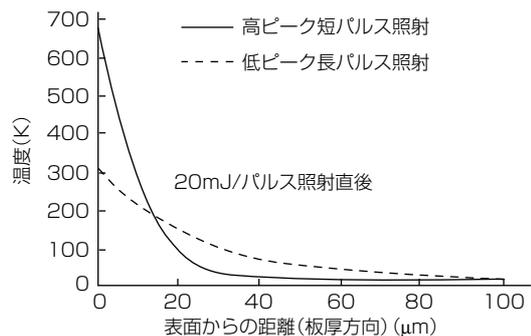


図2. レーザ光照射時の銅箔の温度プロファイル

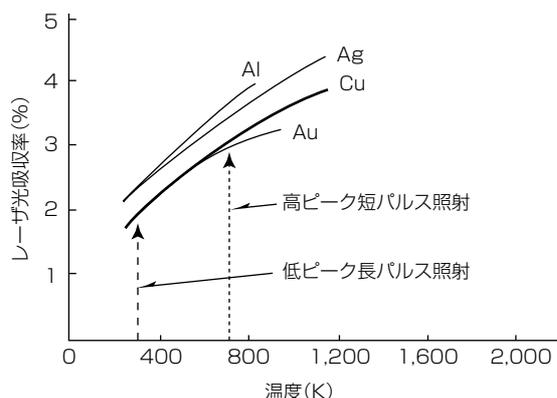
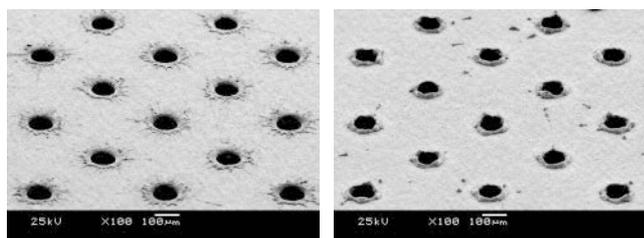


図3. 金属材料のレーザー光吸収率の温度依存性



(a) 高ピーク短パルス照射 (b) 低ピーク長パルス照射

図4. 銅箔貫通加工時の加工穴の様子

2種類の異なる表面処理への銅箔貫通加工事例を図5に示す。このため、生産性及び環境面で優れるエッチング系の表面処理の適用でも安定した加工品質が得られる。さらに、薄さが3 μm程度の極薄銅箔であれば、無処理でも良好に銅箔貫通可能であることも確認されている。

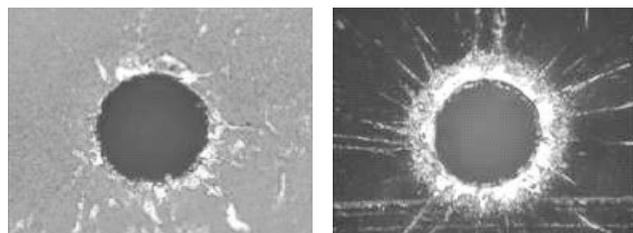
4. 銅箔貫通スルーホール加工へのレーザーの適用

この銅箔貫通加工を利用して、両面板へのスルーホール加工を行うと、①非接触加工で磨耗がない②小径化が比較的容易③加工穴壁面へのめっき染み込み現象(ウィッキング)がない等、高精細化、狭ピッチ化の進む両面板へのスルーホール加工において、様々な利点が挙げられる。

しかし、レーザーで両面板のスルーホール加工を実施する上で、課題がないわけではない。一方向からレーザーを照射し、銅、樹脂、銅と加工を進めていくと、下層の銅箔の貫通穴は、表層に比較して小径化しやすい。また、貫通の安定性自体も低下傾向がある。この点は最近のコア層両面板の材料構成が変化してきたことによって、かなり改善してきているが、表面銅層と下層銅層の穴径の差を縮めることはまだ難しいのが現状である。

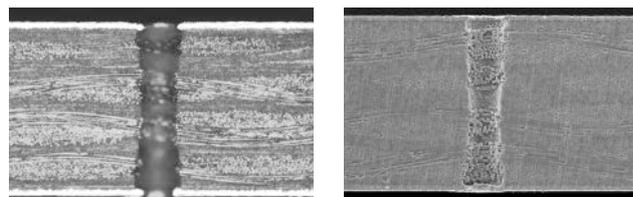
そこで、表面から途中まで加工した後、基板を反転させて、裏面側から加工して穴と穴をつなげる両面加工の発想が生まれた。この方法であれば、表裏の穴径差は解消可能である。

図6には、レーザー両面及び片面加工によってt 0.4mm厚



(a) 表面処理A (b) 表面処理B

図5. 様々な表面処理への銅箔貫通加工事例



(a) 両面加工 (b) 片面加工

図6. レーザ両面加工, 片面加工の事例 (φ0.1mm t0.4mm両面板)

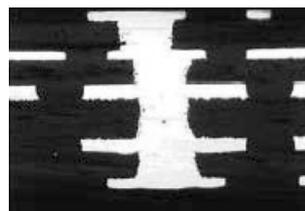


図7. フィールドメッキの事例

基板にφ0.1mm穴を加工した例を示す。穴径と穴深さの比をアスペクト比と称するが、t 0.4mm厚基板の例では実にアスペクト比4を達成している。

両面加工の課題点としては、両面からの穴同士をつなぐため、上下穴のオフセットの問題が考えられる。当社レーザー加工機で確認されているオフセットの測定例としては最大でも12μm程度である。

最近、このスルーホールの表裏の電氣的接続に、スルーホール内もめっきで充填するフィールドメッキが採用されつつある。図7にその一例を示す。フィールドメッキは、スルーホール内が全て銅のため、その特徴として、その放熱性に優れるとともに、界面レスのため電気信号の反射がない等、信号伝達性にも利点があり、高速、高周波化対応が進む基板への適用が益々増加するものと予想されている。このフィールドメッキに対して、オフセットは大きな障害ではなく、民生品にもすでにレーザー両面加工が適用されていることが確認されている。

また、両面加工を行うためには、基板を裏返す作業が必要となるが、レーザー加工機に付属するローディング装置に表裏反転機構を設けることで自動化も十分可能である。

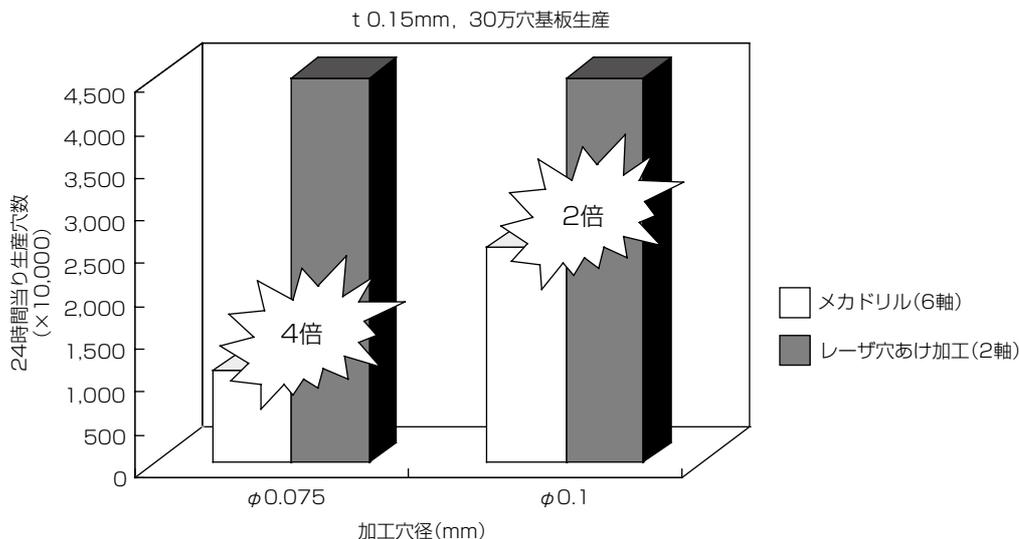


図8. メカドリルとレーザ穴あけ加工での生産性比較

5. メカドリル機とレーザ加工機の実力比較

5.1 生産性

両面加工の場合、片側からの加工とショット数では、ほぼ同じか、むしろ少ない傾向にあり、基板反転分に要する時間を考慮しても、基板1枚あたりでは、大きな時間的ロスが発生しない。実力値としてφ0.075mmスルーホール、t 0.15mm厚で30万穴の両面板加工例では、表裏合わせて3ショットで加工でき1,500穴/秒以上の生産性であった。

先に述べたメカドリル機(6軸機)の生産性と比較すると図8のようになる。φ0.1mmでは2倍、φ0.075mmでは実に4倍、レーザ両面加工の方が速い(生産性が高い)という結果である。

5.2 消耗品コスト

さらに、メカドリル機の小径加工時のコストについて調査した。メカドリル機を使用して、φ0.1mmの量産を行う場合、小径ドリルビットは研磨による延命も2回が限界のため、頻繁に交換を行っているとのことである。小径ドリルビット自体も比較的高価なため、研磨代や諸費用もあわせると、多数のメカドリルを運用しているユーザーでは、概略で毎月数千万円単位の消耗品コストとの情報を入手している。一方レーザ加工は非接触加工のため、磨耗はない。

当社のレーザ加工機の実績では、主な消耗品費用は年間で数十万円程度と低い費用で運用してもらっている。加工機自体のインシヤルコストの差はあるものの、そのコスト差は、生産性と消耗品コストの大幅な差異を加味すると、償却できる計算になる。

6. むすび

これまで述べてきたように、レーザによる小径スルーホール加工は、生産性、コスト面で優れている。また、小径化対応性や、加工穴のフィールドメッキ容易性等も有利であり、更にプリント基板業界の動向なども加味すると、すでにコア層両面板への小径スルーホールはメカドリルからレーザ加工への移行期に達したものと考えられる。

レーザ両面加工が、小径スルーホール加工の標準的工法となり、基板業界の基板生産コスト削減と高機能化に貢献し、基板業界の更なる発展に寄与すべく、今後も加工技術開発に取り組んでいく。

参考文献

- (1) 特集：最近のFA機器，産業加工機，三菱電機技報，**83**，No.4，(2009)
- (2) 特集：レーザ応用の現場から，レーザ協会誌，**35**，No.1，(2010)