

近頃、電車の中でもスマートフォンを操作している人が増えてきました。ポケットに入るような小さな端末で、パソコンと同様にインターネットもできる、動画も見られる、さらには写真もビデオも撮れるなど、以前には考えられないほど高性能化・小型化が進んでいます。こうした電子機器の進化の影には、電子機器に使われている電子回路の高密度化があります。

高密度化実装の要請に応えるため、スマートフォン等の電子基板には図1に示すような多層配線基板が使われています。多層配線基板には、層間の電気的な接続のための層間接続穴が多数形成されています。そして、基板の層数、基板1枚あたりの穴の数はますます増加しています。

近年の高密度多層配線基板の層間接続穴は、おもにレーザー加工機によって形成されています。図2にレーザー加工による層間接続穴の例を示します。当初はドリルによる工法も実施されていたのですが、高密度化に伴い加工穴が小さくなり $\phi 100 \mu\text{m}$ を切るようになると、ドリルが折れやすくなり、十

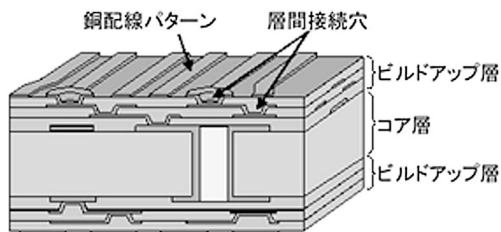


図1 多層配線基板。

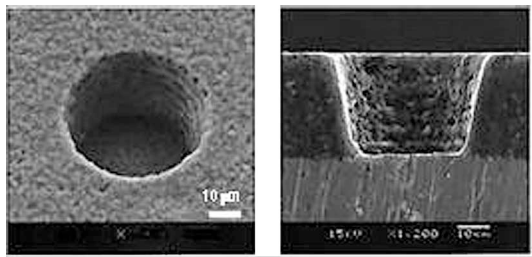


図2 レーザーによる層間接続穴の例。

分な加工速度を得ることが難しく、ランニングコストが高くなったため、現在ではレーザー加工が主流になっています。逆に、レーザー加工を適用した工法が確立したからこそ、小型で高性能な電子機器を安価に提供することが可能になったといっても過言ではありません。本稿では、近年の電子機器の高性能化を支える基板穴開けレーザー加工機を紹介します。

## 1. レーザー加工による多層配線基板の製造方法

レーザー加工を用いた多層配線基板製造方法では、絶縁体層形成→レーザーによる層間接続穴の形成→めっき→絶縁体層形成→…を繰り返して、多層配線基板を形成します。加工の穴の位置がばらつくと、絶縁体層を積層した際に接続穴がずれて、電気的な導通がとれずに不良が発生します。したがって、多層配線基板において高密度の実装を実現するためには、短時間で多数の穴を加工できることのみならず、加工した穴の位置精度が高いことが求められます。高速加工と高精度加工という、相反する2つの要求を高いレベルで両立することが必要とされます。

## 2. 基板穴開けレーザー加工機の構成

基板穴開けレーザー加工機の構成を図3に示します。レーザー発振器で発生したパルスレーザーを、高速で回転可能なガルバノスキャナーで反射し、レ

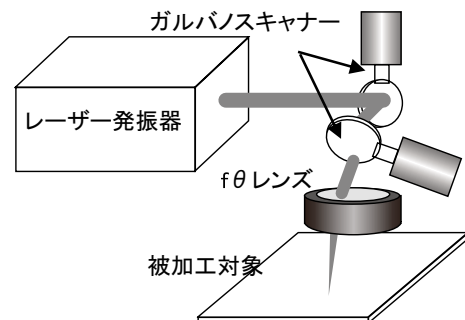


図3 基板穴開けレーザー加工機の構成。

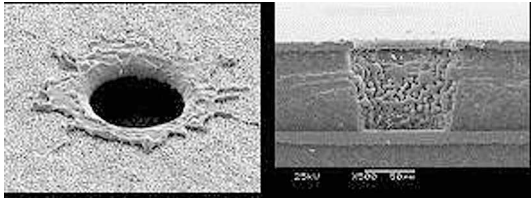


図4 銅ダイレクト加工による層間接続穴の例.

レンズで被加工対象上に集光します。被加工対象上のレーザービームの場所は、ガルバノスキャナーの角度によって決定されます。レンズには、 $f\theta$  特性を有するいわゆる  $f\theta$  レンズを用います。

レーザー発振器として現在おもに使用されているのは、炭酸ガスレーザーです。炭酸ガスを含んだレーザーガスに高電圧を印加して放電させることで、励起状態を形成します。炭酸ガスレーザーは、鉄やステンレスなどの金属板の切断や溶接にも広く用いられており、いわば産業用レーザーの代表格です。基板穴開けのような微細な加工には、加工時の周辺への熱影響を低減するため、パルス幅が短く、パルスピーク出力の高いパルスレーザーを使います。炭酸ガスレーザーは波長が約  $10\ \mu\text{m}$  で、高透過率の材料がなく高信頼性の光スイッチング素子の形成が難しいことから、一般に固体レーザーと異なり高周波でピーク出力の高いパルスを発生することは困難ですが、高性能電源を使用することで、高周波でピーク出力の高いレーザー発振が可能です<sup>1)</sup>。高周波でピーク出力の高い発振器の実現により、加工品質向上と高速加工の両立が可能になりました。また、高ピークのパルスレーザーを用いることで、炭酸ガスレーザーの波長では反射率の高い銅箔を貫通して、基板に穴を形成する銅ダイレクト加工も可能で<sup>2)</sup>、多層配線基板の工数削減に貢献しています。図4に銅ダイレクト加工による層間接続穴の例を示します。

続いてガルバノスキャナーを紹介します。基板穴開けレーザー加工機では、1秒あたりの加工穴数は

数千穴/秒にも及びます。ガルバノスキャナーはレーザービームを1秒間に数千回位置決めしているのです。レーザービーム位置の精度は数  $\mu\text{m}$  程度。ガルバノスキャナーの仕事ぶりをわれわれにもわかりやすい次元におきなおすと、100 m 離れた場所に1 m 間隔で置かれた大きさ数 mm のターゲットを、1秒間に数千個打ち抜くことに相当します。

$f\theta$  レンズも加工位置精度や加工穴の形状を左右する重要な素子です。 $f\theta$  レンズは非球面レンズや組レンズで構成されます。レンズの収差が大きいと、加工穴形状の崩れや、加工位置精度の悪化を生じます。良好な加工穴を得るため、 $\mu\text{m}$  オーダのレンズ組み立て精度が必要とされます。近年では、 $f\theta$  レンズの性能の向上により、従来実現が困難とされていた  $\phi 50\ \mu\text{m}$  をきる層間接続穴の形成も可能になりつつあります。

以上紹介したように、基板穴開けレーザー加工機においては、レーザー発振器からガルバノスキャナー、 $f\theta$  レンズなど加工機を構成する各素子の性能を追求することで、近年の電子機器の高性能化を影から支えています。レーザー加工機のさらなる高速化・高精度化と並行して、レーザーによる多層配線基板の形成手法確立が電子機器の高性能化の道を切り開いたように、レーザー加工の適用により電子機器や部品などの性能を飛躍的に向上させるような新たな工法の開発が期待されています。

(三菱電機(株) 桂 智毅)

## 文 献

- 1) 佐藤東洋司：“基板穴あけ用レーザー加工機「ML605GTW3-5200U」”，電子材料，10月号（2009）83-85。
- 2) 金田充弘，銚館俊之，内山研吾：“プリント基板用新型レーザー加工機 ML605GTW II-5150U”，三菱電機技報，82（2008）233-236。