

ND:YAGレーザーによるプリント基板の微小穴あけ加工

北見工業大学 ○韓 希壮、二俣 正美

要 旨

高密度実装用プリント基板の微小穴あけ加工へのCO₂レーザー，エキシマレーザー，Nd:YAGレーザーなどの検討が進んでいる。これらレーザー加工では所定の穴を完成するのに多くの場合，2～4回レーザーを照射するステップ法を採用している。ここでは高能率加工を目的にレーザー照射条件と穴形状との関係について検討し，1回のNd:YAGレーザー照射で所定の穴が得られる条件が存在することを示している。

1. 緒言

モバイル機器を中心とした電子機器の小型化・軽量化に伴い，IVH(Interstitial Via Hole)形成による高密度実装用多層プリント基板の採用が進んでいる。基板の穴あけにはドリル加工が多用されているが，対応可能な穴径は限界に近くレーザーの応用が注目されている。500x600mmの基板では2万から3万個の穴あけを必要とするので加工能率の向上が必須となるが，一部実用されているCO₂レーザー加工では，1穴当たり複数回照射するステップ法を採っているのが現状である。

本研究では，CO₂レーザーに比べて波長が1/10と短く，微細加工に有利なNd:YAGレーザーを用い，1回の照射で銅箔／樹脂層／銅箔から構成の基板に所定の穴をあけるための適正条件について検討している。

2. 実験装置と実験方法

2.1 レーザ装置

実験に用いたNd:YAGレーザー装置(NEC製, SL117C)は，波長1.06μm，公称出力300Wのクリプトンアークランプ励起方式によるマルチモードタイプの共振器を搭載し，連続発振CWとQスイッチによる9.9kHzまでのパルス発振が可能である。出力，パルス周波数，照射時間はコンピュータ制御によって任意に設定できる。集束レンズには焦点距離100mmのものを用いた。

2.2 実験方法

実験では図1に示すように，銅箔／エポキシ樹脂層／銅箔から構成の基板に，1回のレーザー照射によって直径が100～150μmで，3層目の銅箔を露出した穴をあけることを目標としている。理想的にはめっき処理の点から若干のテーパーを有し，樹脂や銅箔の熔融ドロス(デアミス)を付着しない穴を得ることである。

実験ではレーザー出力，照射時間，焦点はずし距離を変化し，各条件で得た穴の直径，深さを観察，測定した。レーザー発振方法は加工周辺部への熱影響が少ないQスイッチ発振とし，周波数を4kHz一定とした。出力は，45W以下では1層目の銅箔に穴があかず，60Wでは3層目の銅箔に貫通穴ができるという予備実験の結果から45～55Wの範囲とし，レーザービームと同軸方向からシールド用アルゴン

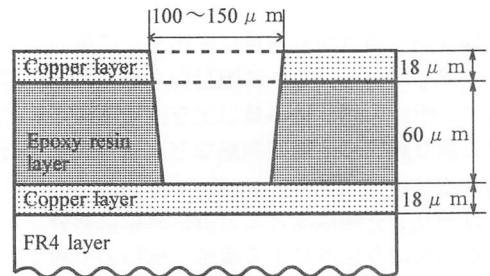


図1 理想穴の模式図

を25ℓ/min供給した。精密加工ではプルームの影響が大きいと考えられるので，その反力を測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 レーザ出力，照射時間の影響

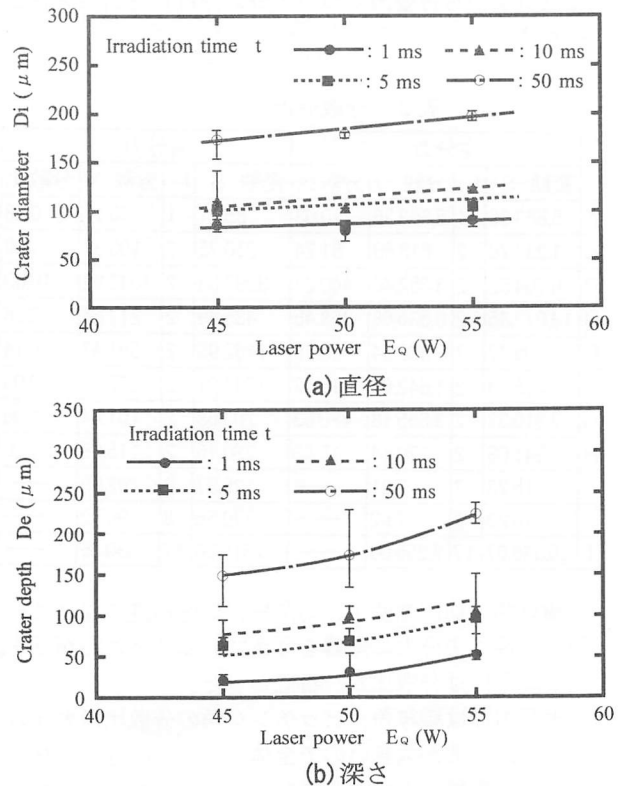


図2 加工穴直径(a)、深さ(b)におよぼす出力の影響

図2に、穴の直径 D_i (a)、深さ D_e (b)に及ぼすレーザ出力 E_q 、照射時間 t の影響を示す。焦点はずし距離 f_d は ± 0 mmである。ばらつきが若干あるものの、直径について

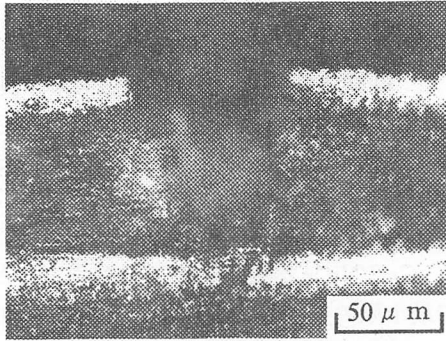
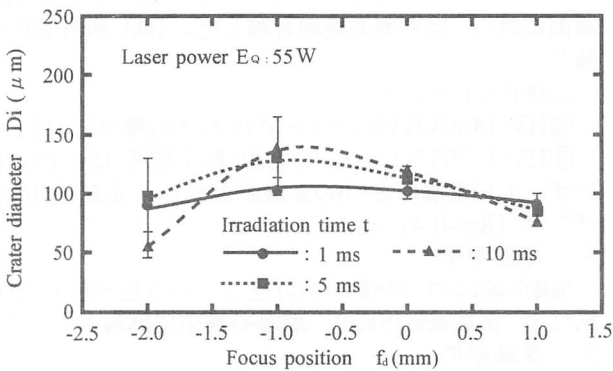


図3 加工穴の断面写真
($E_q=55$ W, $t=5$ ms)

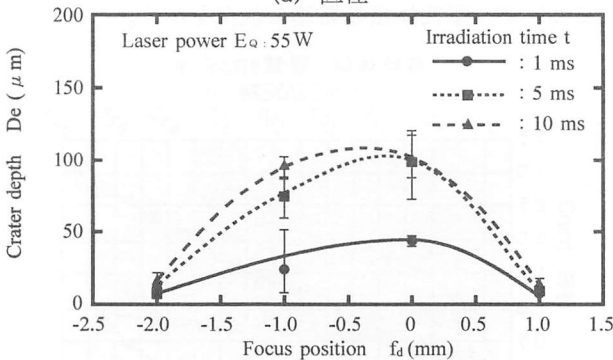
では $t=50$ msを除く全条件、深さについては $E_q=45$ Wでは $t=10$ ms, 50Wでは5ms, 10ms, 55Wでは5msの各条件でほぼ目的を満たしている。ただし、これらの条件範囲では図3に示すように、銅箔の露出面積が少なく、理想の穴にはなっていない。

3.2 焦点はずし距離の影響

レーザ出力と照射時間の調整では理想の穴が得られないことから、次に焦点はずし距離と穴形状との関係を調べた。図4に、焦点はずし距離が穴の直径(a)、深さ(b)に及ぼす影響を示す。直径は $f_d=-1$ mm付近で最大となり、 \pm いずれの方向にずれても減少する傾向がある。また深さは $f_d=\pm 0$ mm付近で最大となっている。



(a) 直径



(b) 深さ

図4 加工穴直径(a)、深さ(b)におよぼす焦点はずし距離の影響

3.3 穴形成に及ぼすプルーム反力の影響

基板の穴あけに際しては、基板の蒸発物質であるプルームの噴出が目視されることから、穴加工に及ぼすプルーム反力の影響を検討した。図5にプルーム反力 F_p と焦点はずし距離の関係を示す。反力は、 $f_d=-1\sim\pm 0$ mm付近で最大値を示し、 \pm いずれの方向にずれても減少する傾向がある。これは焦点位置がずれるとレーザ照射部でのパワー密度が低下する結果、プルームの発生が減少するためと理解できる。反力は熔融部を押し下げる方向に作用するので、反力が小さい条件では穴も浅くなる。このことは反力の変化が図4に示した穴深さの変化傾向に類似していることから明らかである。

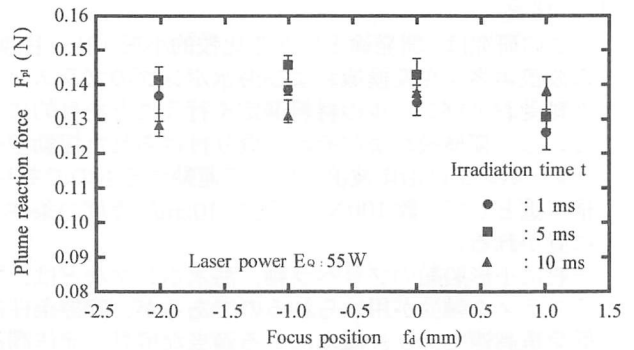


図5 プルーム反力におよぼす焦点はずし距離の影響

3.4 穴加工の適正条件

図4に示した実験結果から、 $E_q=55$ W, $t=5$ ms, $f_d=-1$ mmの条件で目的にほぼ適合する、直径が100~150 μ mで3層目の銅箔が露出した加工ができる。同条件で得られた

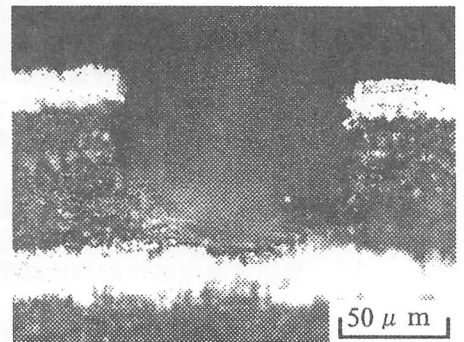


図6 加工穴の断面写真
($E_q=55$ W, $t=5$ ms, $f_d=-1$ mm)

穴の断面写真を図6に示す。穴底部での銅箔の露出部は図3に示したのものよりも大きく、理想形にほぼ近い。また穴の上部、壁面および底部にデスマスはほとんど見られず、ドロスフリーとなっている。これは穴内部の熔融物が外に排出されたためであり、プルーム反力がその駆動力として作用した結果である。なお、反力の小さい照射条件ではドロスフリーは得られない。

4. 結言

多層プリント基板の微小穴あけ加工の高能率化を目的に、レーザ照射条件と穴形状との関係を調べ、1回のNd:YAGレーザ照射でIVH方式に適合する穴あけが可能な条件が存在することが明らかにした。