

レーザージョブショップの加工現場から

難加工材の微細複雑形状加工を実現

レーザーで拓いた新しい加工領域



レーザージョブ株式会社

〒 335-0031

埼玉県戸田市美女木 1224-4

TEL : 048-422-4170 FAX : 048-422-4175

k-kikaku@laserjob.co.jp

www.laserjob.co.jp

難加工材の微細複雑形状加工を実現

レーザで拓いた新しい加工領域

レーザジョブ

梅田 行雄

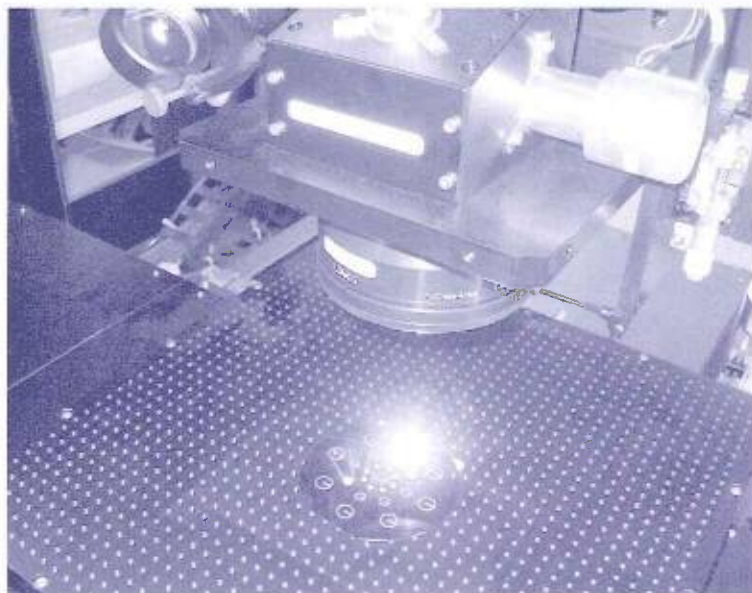
当社は創業以来20年以上にわたり、レーザによる超精密微細加工に特化して、試作から量産まで幅広く顧客の要望に応えてきた。対象は、主にセラミックス(切断・スクライブ・穴加工)、プリント配線板(主に携帯電話、デジタルカメラ)の加工用途である。保有するレーザ加工装置は50台以上で、業界で用いられるレーザ波長のほとんどを網羅している。

当社の開発テーマは、①超微細加工への挑戦、②極低熱加工への挑戦、③超難加工材料への挑戦、④超高速スルーカット加工への挑戦である。また、当社の使命は、『レーザとお客様のアプリケーションを結ぶ架け橋』としている。

●レーザ加工への取り組み

各種工業製品の小型化、実装の高密度化は、年ごとに着実に進展してきている。それに伴い、部品や部材の加工サイズも微細化の一途を辿っており、やがて従来型の切削工具を用いた機械加工の限界に達する恐れがある。これら従来型機械加工の限界は、主に接触加工であることが原因と考えられており、非接触加工であるレーザ加工に、実用的な超精密微細加工技術の実現が期待されている。

レーザ加工の歴史は古く、鋼板の切断や溶接などには、すでに1970年代から工業利用されてきている。レーザは、ビームを集光照射することによって、そのエネルギーをきわめて狭い領域に投入することが可能であり、所望の場所のみを溶かすことができる。熱源としての連続波レーザは、マクロサイズの



ピコ秒レーザによるシリコンウエハに対する非熱加工

加工において、現在でも重要な役割を果たしている。

加工サイズがmmを割る程度になってくると、連続波レーザによる加工では熱的な影響が大きくなり、加工精度を維持できなくなってくる。そこで、レーザをパルスとして照射し、エネルギーの投入量やワークに現われる熱的影響を制御することが必要になってくる。加工サイズが100 μ mよりも小さくなると、加工時のわずかな熱影響も加工精度低下の原因となるために、非熱的な加工が求められるようになる。

非熱的な加工の実現のために、大別すると2つのアプローチがとられてきている。ひとつはレーザ発振波長の短波長化である。赤外領域の光は、ワークの分子の振動と同程度のフォトンエネルギーを持ち、ワークに吸収されると、そのエネルギー形態を熱に変え、ワークの温度上昇を招く。

一方で紫外領域の光は、ワークの分子の結合エネルギーと同程度のフォトンエネルギーを持ち、ワーク表面の分子を原子やクラスターに分解して除去することが可能になる。エキシマレーザや、固体レーザの高調波(たとえば、Nd:YAGレーザの第三高調

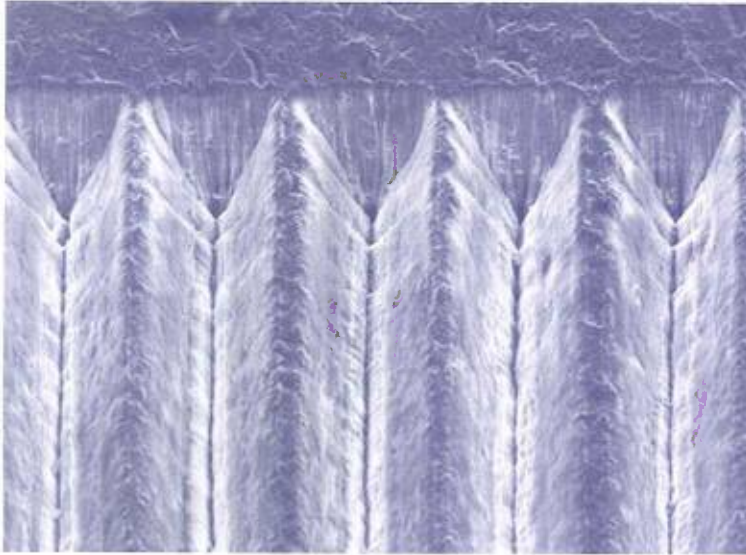


写真1 サファイアガラスへの溝幅86 μm のV溝形成

波や第四高調波)がそれに当たる。短波長レーザーのもうひとつの特徴は、長波長レーザーよりも集光スポットを小さくできることにあり、これも微細加工用光源として適している。

非熱的加工の実現のためのもうひとつのアプローチは、レーザーパルスの超短パルス化である。一般に、ワークに照射されたレーザー光のエネルギーは、ワークを構成する原子・分子の電子に移る。照射開始から数〜十数ピコ秒程度の時間が過ぎると、電子に移ったエネルギーは、次にワークを構成する分子の格子振動へと移っていく(電子-格子相互作用)。

すなわち、レーザーが照射されてからワークに熱が現われるまでには、数〜十数ピコ秒の時間がかかる。したがって、ワークに熱が生じるよりも短い時間のパルス幅のレーザーを照射するならば、熱影響が生じる前に加工が終わると考えることができる。

超短パルスレーザーの代表はフェムト秒レーザーやピ

コ秒レーザーで、その他に多光子吸収を利用した透明材料の加工など、他の光源では実現困難な加工も可能にできる特徴がある。

当社は、工業利用が可能なレーザー微細加工技術の開発を、ナノ秒パルスNd:YAGレーザーの第四高調波やピコ秒レーザーを用いて取り組んでいる。

ここでは、とくに難削材や硬脆材のレーザー微細加工について、事例を交えて紹介する。

●ナノ秒パルス Nd:YAGレーザーの 第四高調波を用いた加工

サファイアやルビー、アルミナ

セラミックスを構成する分子は、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ である。絶縁性に優れ、融点は2050℃ときわめて高温であり、化学的に安定で、また研磨剤に用いられるほどに硬い。これまでに機械時計の軸受用の穴あけやスクライプ加工に、レーザーが用いられてきている。

当社では、ナノ秒パルスNd:YAGレーザーの第四高調波(266nm)を用いて、サファイアガラスにV溝形成を試みた。写真1に、その加工の走査型電子顕微鏡写真を示す。V溝幅は86 μm 、深さは50 μm 、V溝間ピッチは100 μm である。V溝の底、斜面のみならず、溝の端部までも良好な形状に加工されている。

●ピコ秒パルスレーザーを用いた加工

当社が検討に用いたのは、波長が532nm、パルス幅が約十数ピコ秒で、繰返し周波数が〜数百kHzの範囲で可変のピコ秒パルスレーザーである。

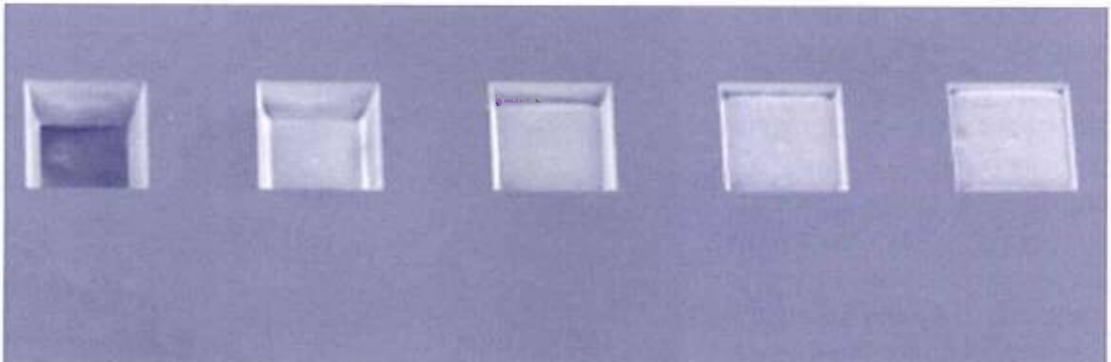


写真2 無アルカリガラスへの \square 500 μm の四角座ぐり穴、四角貫通穴の形成

加工サイズ制御を、無アルカリガラスをワークに用いて検討した結果を写真2に示す(走査型電子顕微鏡写真)。無アルカリガラスは、一般にNd:YAGレーザの第三高調波(355nm)においても吸収を持たず、第四高調波(266nm)でやっと吸収を持つようになる。したがって、ナノ秒パルスNd:YAGレーザの第四高調波で直接加工が可能であるが、一方で吸収が生じると熱影響も生じるため、条件制御が少々面倒である。

われわれが用いたピコ秒パルスレーザは波長が532nmで、無アルカリガラスはこの波長において透明であるが、ピコ秒レーザは閃頭値が非常に高いために多光子吸収が利用でき、非熱的な加工が期待できる。

写真2は、ビームを細く集光したスポットをラスタースキャンして、無アルカリガラスに $\square 500 \mu\text{m}$ の四角座ぐり穴を形成した例である。四角座ぐり穴の底はきわめて滑らかで平坦であり、また稜も明瞭に形成されている。一方で、ガラスの通常のレーザ加工で頻発する熱によるクラックの発生は認められない。ラスタースキャンの回数は、右端の四角座ぐり穴の回数を基準として、右から左へ $\times 2, \times 4, \times 8, \times 16$ である。無アルカリガラスの厚みは0.3mmであり、形成した四角座ぐり穴の深さは、同じく右から左へ25, 53, 110, 220 μm および貫通である。特筆すべきはその深さのラスタースキャン回数依存で、ラスタースキャン回数と深さはきわめてよい比例関係にあり、加工深さをサブミクロン(0.1 μm)精度で制御できることを示している。

写真3は、厚み0.26mmのシリコンウエハに貫通穴加工した結果である(レーザ照射表面の走査型電子顕微鏡写真)。穴直径 $\phi 100 \mu\text{m}$ の貫通穴で、間隔130 μm の正方配置である。加工穴の真円度は高く、穴の入口のエッジは明瞭に立っている。また、ナノ秒パルスレーザによる加工で顕著な、ドロスの飛び散りや付着はない。

写真4は、マシナブルセラミックスへの微細複雑形状の加工例である(走査型電子顕微鏡写真)。マシナブルセラミック

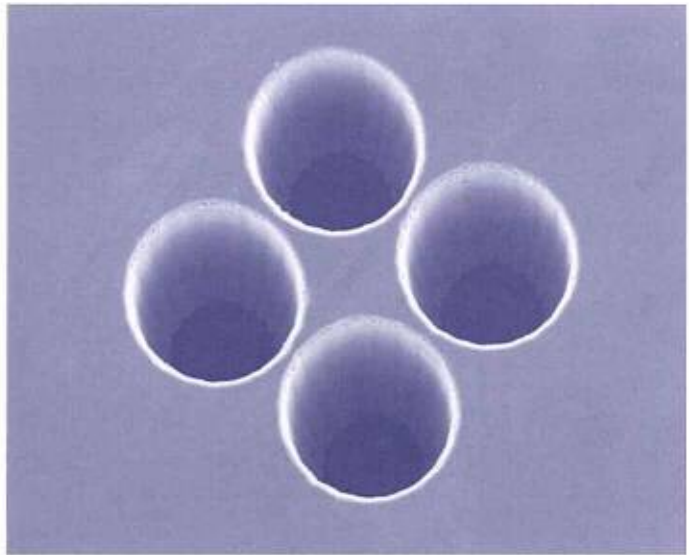


写真3 シリコンウエハへの直径 $\phi 100 \mu\text{m}$ の貫通穴加工

スの厚みは0.36mmで、これに $\square 500 \mu\text{m}$ の座ぐり穴加工を施した後、その中央に直径 $\phi 100 \mu\text{m}$ の貫通穴を形成した。形状加工精度が高く、微細複雑形状の加工も容易にできる。

●今後の展望

当社はピコ秒レーザ加工装置を独自に開発し、難加工材料に対しての高品質な加工性を実現した。

今後は、高生産性システム化に向けた特殊光学系を開発し、工業利用可能なレーザ微細加工技術を確立していきたい。

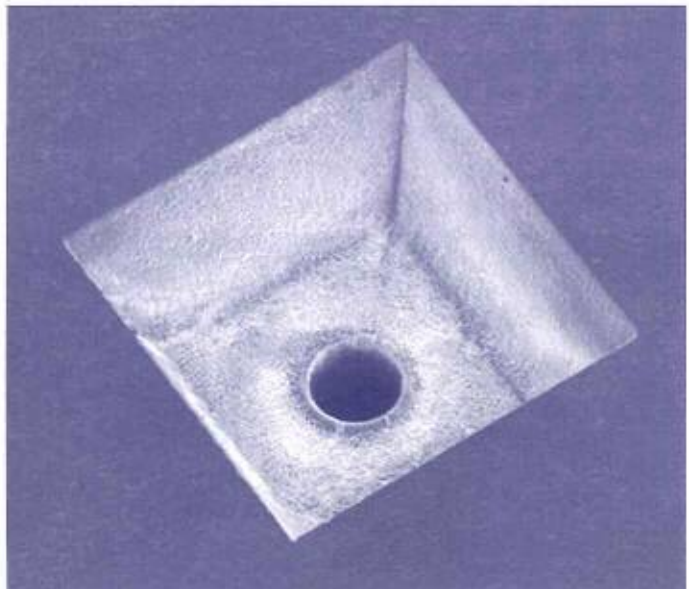


写真4 マシナブルセラミックスへの微細複雑形状加工