

## ガラス、セラミックおよびポリイミドフィルムへの超高アスペクト比

## 長穴加工法とその形状計測

High aspect ratio laser drilling and the profile measurement  
of  
Glass, ceramics, and polyimide film

出来 恭一<sup>1)</sup>西村 昭彦<sup>2)</sup>島田 幸洋<sup>2)</sup>

Kyoichi DEKI

Akihiko NISHIMURA

Yukihiko SHIMADA,

<sup>1)</sup>有明工業高等専門学校<sup>2)</sup>日本原子力機構

## (要約)

Nd:YAG 高調波レーザー、チタンサファイヤレーザーを用いてアスペクト比の高い微細穴加工の実験を行った。その結果ベッセルビーム光学系および通常の集光光学系と波長変換による短波長化の両者でアスペクト比が高まることを実験的に確認した[1]。ポリイミド板(厚さ 800 μm)の加工実験では、直径約 40 μm の真円に近い加工穴が形成できた(アスペクト比 21)。

**キーワード:** Nd:YAG 高調波レーザー, チタンサファイヤレーザー, 微細穴加工, アスペクト比

## 1. 目的

ポリイミドフィルム、青板ガラス、石英ガラス、セラミックへの高アスペクト比の微細穴あけ(直径数十ミクロン以下、厚み 200 ミクロン以上)に関し、高アスペクト比加工を各種レーザーとアキシコンレンズ光学系および通常の集光光学系とを用いて行い、両者の光学系による加工の特徴に関し知見を得る。

## 2. 方法

光源として低繰り返し高エネルギーNd:YAG レーザの波長変換光(355nm, 266nm, 213nm)、および surelite-10(Nd:YAG)SHG レーザ(10Hz)を励起源としたチタンサファイヤフェムト秒レーザー、フラッシュランプ励起チタンサファイヤレーザー光を用い、サンプル加工光学系としてはアキシコンレンズを用いたベッセルビームおよびビームの拡大-コリメート-短焦点レンズによる通常の集光光学系を用いた。また加工穴形状の真円度合いを向上させるためダブルウエッジを集光系に付加しビームを周動させた。

## 3. 研究成果

加工光学系の比較実験では、ベッセルビームは重ね打ちをすると干渉パターンである中心部がいびつな形状でかつ直径が 20 μm 程度以上となり(Fig. 1)、その特徴である波長オーダーの直径よりも大きくなりまたウエッジを回転させても真円に近い形状のものは得られなかった。一方、surelite-10を励起源としたチタンサファイヤフェムト秒レーザーでは直径 20 μm の貫通穴が厚さ 125 μm のポリイミドフィルムで得られた(Fig. 2)。また、波長変換結晶として CLB0 を用いた surelite-10 の第 4 高調波、第 5 高調波でのポリイミド板(厚さ 800 μm)の加工実験では、直径約 40 μm の真円に近い加工穴が形成でき、裏面直径/照射面直径の比率も 0.91 でありアスペク

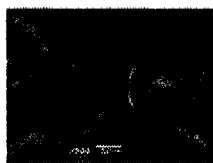


Fig.1

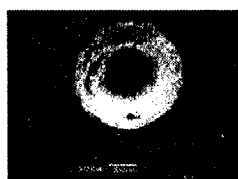


Fig.2

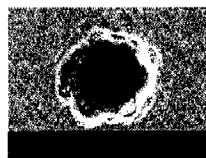


Fig.3(a)照射面

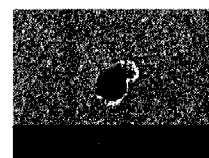


Fig.3(b)裏面

ト比21と良好な結果が得られた(Fig.3(a), (b)). また, 青板ガラス(厚さ $1700\mu\text{m}$ )の加工ではsurelite-10の基本波, 第2高調波, 第3高調波の合計96mJとベッセルビームの組み合わせでは, 貫通穴が得られたものの裏面直径/照射面直径の比率は0.26にとどまり, 形状も真円から程遠いものであった(Fig4(a), (b)).



Fig.4(a) 照射面 Fig.4(b) 裏面

#### 4. 結論・考察

ビーム周動半径の可変手段としてダブルウエッジ法を用いたが, 2個のウエッジの装着を注意深く行ったにもかかわらずウエッジへの入射光と出射光とがわずかに平行になっていないことが判明した. 即ち, 単一ウエッジと同じ影響があり, サンプルとウエッジ間の距離が大きくなるほどビーム周動径が大きくなることがわかった. サンプルとウエッジ間の距離を極力小さくすること, ウエッジ角が一層小さいものを選ぶことによって, 更に小さな真円が簡単な光学系で実現できると思われる. また, ビーム自体をより小さな径に絞込み, かつ高いアスペクト比を高めるためには, ガウシアンビームに関するレーリーレンジの式より, より一層の短波長化が効果的であると考えられる.

#### 謝辞

実験および実験準備にご協力頂いた田間政義氏(株東京カソード研究所), 赤池和哉氏(有明高専専攻科), 角田淳氏(有明高専専攻科)に深謝します.

なお, この研究の一部は財団法人天田金属加工機械技術振興財団の研究助成金の支援によるものであることを付記する.

#### 5. 引用(参照)文献等

[1] 赤池和哉, 出来恭一, 田間政義, 島田幸洋, 西村昭彦; Nd:YAG 高調波レーザーによる微細長穴加工, レーザー学会学術講演会第28回年次大会講演予稿集 D7-1aVI2, (2008) p. 110.