

Ar イオンレーザによる光学ガラスの微細加工

○学 川崎 真(北見工大院)
正 久保 明彦(北見工大)

正 田牧 純一(北見工大)
正 杉野 豪(北見工大)

要 旨

ガラスなどの透明薄膜材料に溝パターンを形成する方法として、熱吸収材の上にガラス板を重ね、上部から Ar イオンレーザを照射する方法を検討している。本報告では、加工溝の形状性に及ぼす熱吸収材の色、レーザ出力の影響を実験的に検討している。

1. はじめに

ガラス等の透明材料は広く光学素子等に利用されており、微細加工による光デバイスの微細化、高集積化は必須のキーテクノロジーの一つである。これまで光学ガラスの微細加工は光リソグラフィ技術と強酸水溶液あるいはプラズマを用いたエッチングで行われてきたが、保護膜層であるフォトレジストの塗布、感光、エッチング、フォトレジスト除去等、多段階にわたる工程が煩雑であるなど大きな問題点を抱えている。このため、簡便な微細表面加工法が求められてきた。近年では、光学ガラスの新しい加工法として、エキシマレーザなどの低波長レーザによる加工例が数多く報告されている。そこで我々は、応用例として医療分野、プリンタ・高速度カメラ等の光源に使用されている低波長・低出力の Ar イオンレーザを用いて光学ガラスの表面加工を試みた。

本報告では Ar イオンレーザを用いた光学ガラスへの溝パターンを形成する方法として熱吸収材を用い、加工溝の形状性に及ぼす影響について実験的検討を行った。

2. 実験装置

実験装置の概略図を図1に示す。レーザ発振装置には波長 514.5 nm の Ar イオンレーザ(昭和オプトロニクス製 GLG3280)を用いた。レーザの発振モードは横単一方向(TEM00)でビーム直径は 1.2 mm である。発振装置から出力されたレーザビームをレーザ反射ミラーにより進行方向を変え、ビームエクステンダーでビーム径を 2.5 倍に拡大した。その後、焦点距離 5.5 mm の対物レンズを用いて集光し、3 軸テーブルに固定した工作物表面に照射し加工を行った。

使用した 3 軸テーブルは X 軸に AC サーボモーターとボールねじを使用し、1パルスあたりの移動量は 1.7 μm、可動領域は 100 mm である。Y・Z 軸にはリニアアクチュエータを使用し、1パルスあたりの移動量は 0.015 μm、可動領域は 10mm である。

3. 実験条件および照射方法

熱吸収材の上にガラス板を密着させて重ね 3 軸テーブル上に固定し、上部から熱吸収材表面が焦点位置と一致するように Ar イオンレーザを照射する。ステージは X 軸方向に一定速度で一本ライン上に動かし、レーザはガラスを透過し熱吸収材と反応させ、ガラスと熱吸収材に溝パターンを形成する。本報告では、熱吸収材の色によって変化するレーザ吸収エネルギーが及ぼす加工溝の形状性への影響を調査するために、レーザ出力を 1.0 W に固定し熱吸収材に黒色、黄色、緑色、橙色アクリル樹脂を用い実験を行った。

また、熱吸収材に黒色アクリル樹脂を使用し、レーザ出力を 0.2 W～1.0 W まで 0.2 W 間隔でレーザ照射し、加工溝の形

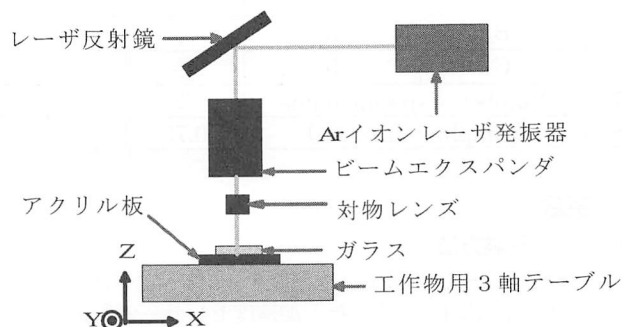


図 1 実験装置の概略図

表 1 実験条件

熱吸収材	アクリル樹脂 (黒色, 黄色, 緑色, 橙色) 縦 10×横 30×厚 2 mm
光学ガラス	硼珪酸ガラス 縦 30×横 40×厚 0.12～0.17 mm
レーザ波長	514.5 nm
レーザ出力	0.2～1.0 W
ステージ走査速度	1.8 mm/min
加工距離	10 mm

状性へ及ぼすレーザ出力の影響を検討した。その後、触針式粗さ計(東京精密, サーフコム 200B)を用いて加工したガラス表面形状とアクリル樹脂の表面形状を測定した。実験条件を表1に示す。

4. 実験結果

4.1 熱吸収材の色が及ぼす影響

4 種類のアクリル樹脂表面とそれぞれのガラス表面の加工溝を図2に示す。黒色、黄色、橙色アクリル樹脂を用いた場合、ガラス表面の加工溝周辺の一部に脆性破壊によるクラックの発生が見られた。また、黄色アクリル樹脂の場合にはガラス表面に一定の幅で溝が形成されず、溝の深さも一定でなかった。ガラス表面の加工溝周辺には、どの色のアクリル樹脂を用いても溶解したアクリル樹脂が付着した。加工溝の測定例として図3にガラスの加工部の拡大写真図3(a)と断面図(b)を示す。図3に示されているように、ガラス表面加工部には盛り上がりが生じ、その中央部に断続的に溝が形成された。ここで、加工溝幅を A 、加工溝深さを H と定義し、図4、5にアクリル樹脂の各色に対するガラス表

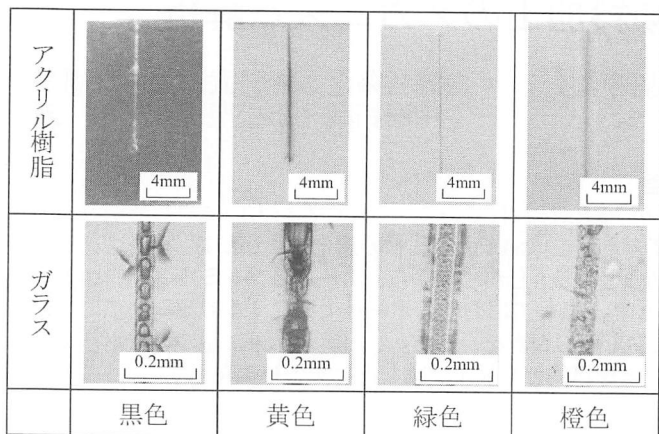
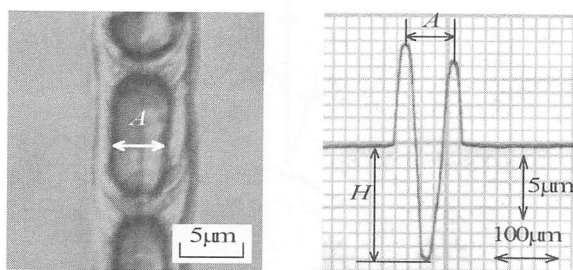


図2 加工溝の観察例(レーザー出力 1.0 W)



(a) 加工溝

(b) 断面図

図3 加工溝の測定例(レーザー出力 1.0 W)

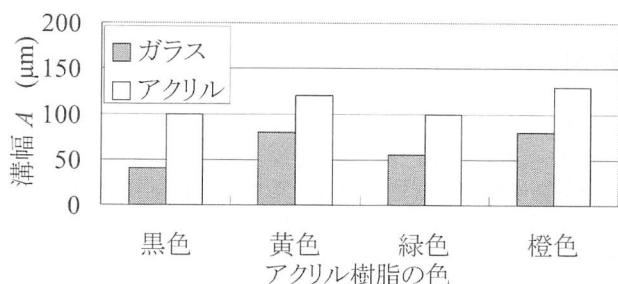


図4 アクリル樹脂の色と加工溝幅(レーザー出力 1.0 W)

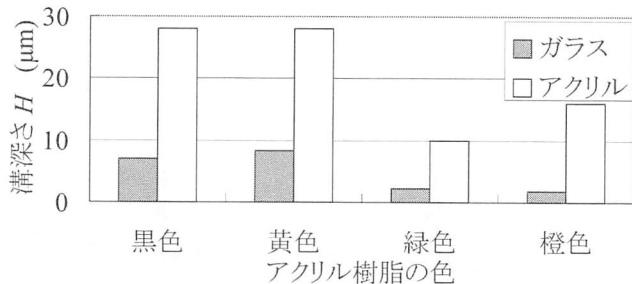


図5 アクリル樹脂の色と加工深さ(レーザー出力 1.0 W)

面とアクリル樹脂表面の加工溝との関係を示す。ガラス表面とアクリル樹脂表面の加工溝を比較すると、アクリル樹脂表面の方が加工溝幅は $50 \mu\text{m}$ 前後大きく、加工溝深さは3倍以上の値であった。一方、ガラス表面の加工溝深さは緑色、橙色アクリル樹脂を熱吸収材に使用した場合は $2 \mu\text{m}$ 前後と他のアクリル樹脂よりも低い値を示した。

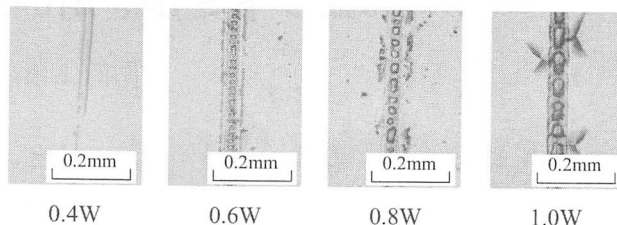


図6 ガラス表面加工溝の観察例(黒色アクリル)

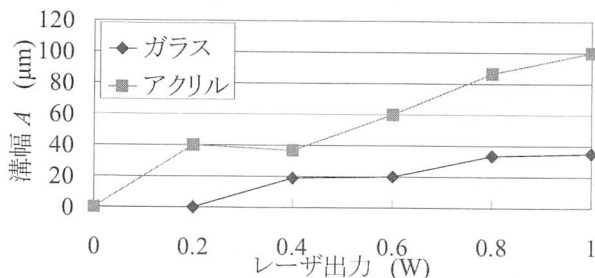


図7 レーザ出力と加工溝幅の関係(黒色アクリル)

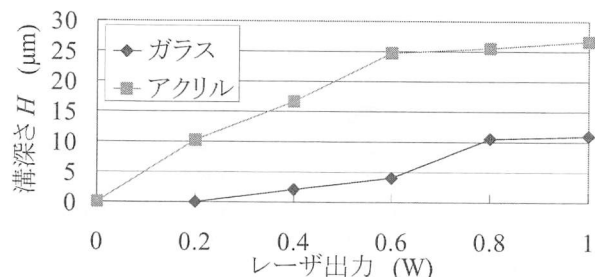


図8 レーザ出力と加工深さの関係(黒色アクリル)

4.2 レーザ出力が及ぼす影響

図6にレーザー出力を0.2 Wから1.0 Wまで変化させた時のガラス表面加工溝の観察例を示す。レーザー出力0.2 Wの場合、アクリル樹脂表面には加工溝が形成されたが、ガラス表面には加工溝は現れなかった。一方、ガラス表面に加工溝が形成されたレーザー出力0.4~1.0 Wの場合では、レーザー出力に比例して加工溝幅は変化し、低出力の場合でも加工溝内や周辺部では一部クラックが発生していた。レーザー出力が及ぼす加工溝幅、加工溝深さへの影響について図7, 8に示す。アクリル樹脂表面の加工溝深さに対してガラス表面の加工溝深さは、1/4以下であった。ガラス表面に加工溝が形成した最小レーザー出力である0.4 W時の加工溝幅は $22 \mu\text{m}$ 、加工溝深さは $1 \mu\text{m}$ 前後であった。以上の結果が示すようにレーザー出力を下げれば、溝幅と溝深さは減少していることが明らかである。

5. まとめ

Ar イオンレーザーを用いた光学ガラスへの溝パターンを形成する方法として熱吸収材にアクリル樹脂を用いた場合、色に関係なくガラス表面に加工溝が形成された。アクリル樹脂の色によりガラス表面の加工溝形状に影響を及ぼし、緑色の場合ではクラックが発生しない溝が得られた。また、ガラス表面に形成された加工溝は、レーザー出力1.0 W時の幅、深さそれぞれ $40 \mu\text{m}$ 、 $7 \mu\text{m}$ から0.4 W時 $22 \mu\text{m}$ 、 $1 \mu\text{m}$ までと減少した。