

## マイクロレンズを利用した YAG 高調波による微細加工

金沢大学 ○桑畑 俊也, 武田 怜子, 上田 隆司, 細川 晃, 古本 達明, 田中隆太郎

Micro fabrication of second harmonics YAG laser using microlens  
Kanazawa University Toshiya KUWAHATA, Reiko TAKEDA, Takashi UEDA, Akira HOSOKAWA,  
Tatsuaki FURUMOTO and Ryutaro TANAKA

In this study, a new processing method to fabricate a micro lens on the acrylics plate with Er:YAG laser beam, whose wavelength is 2940 nm, is proposed. The micro lens is obtained by the heat energy induced by the laser irradiation. Various shapes of micro lens are fabricated by scanning the laser beam. In order to investigate the effect of the microgrooves to the frictional property, the herringbone grooves are processed on the chrome steel with the fabricated herringbone pattern, and the frictional force is measured with various conditions. As a result, frictional force is reduced through the influence of herringbone grooves.

### 1. 緒言

レーザーによる種々形状の微細除去加工を行う場合、被加工物表面にレーザー光を走査させて加工する方法が一般的であり、より微細な加工を高精度で行うためには、レーザー光のスポット径を小さくすることが必要となる。

そこで本研究では、アクリル樹脂に対する吸収特性に優れた Er:YAG レーザ光を用いて、アクリル樹脂板表面に任意形状のマイクロレンズを製作し、それを用いて Nd:YAG レーザの第 2 高調波を集光させて試料表面に照射させることにより、鋼板に任意の微細構造を製作した。そして、鋼板上の微細構造が摩擦特性に与える影響を調べるため、同手法でヘリンボーン構造を製作して評価したので、以下に報告する。

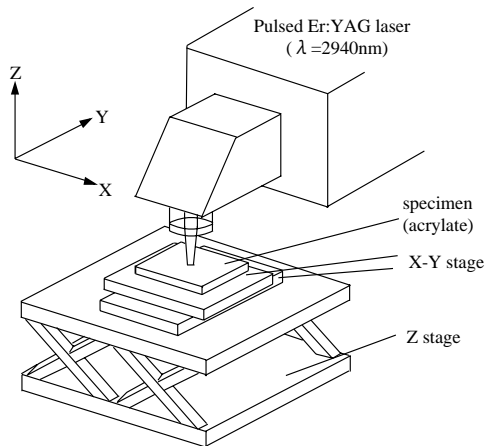
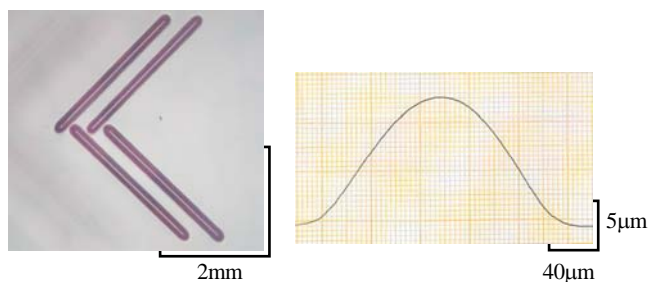


Fig.1 Experimental setup for fabrication of microlens



(a) Surface image of herringbone lens (b) Lens profile

Fig.2 Microlens fabricated by Er: YAG laser

### 2. Er:YAG レーザを用いたマイクロレンズの製作

図 1 にレンズ製作装置の概略図を示す。レンズ基板となるアクリル樹脂を XY ステージ上に固定し、鉛直方向にレーザー照射してマイクロレンズの製作を行う。用いるレーザー光は、波長が 2940[nm] の Er:YAG レーザである。アクリル樹脂板表面にレーザー照射すると、レーザー照射で生じた熱によってアクリル樹脂が膨張し、表面に半球状のマイクロレンズが形成される。また、レーザー照射中に XY ステージを走査することで任意形状のレンズを製作することができる。

図 2 はこのようにして製作したヘリンボーン型マイクロレンズの外観画像と断面プロファイルを測定した結果である。レンズ断面は半球面形状となっており、観察画像からレンズ中央に集光している様子がわかる。したがって、本手法によるマイクロレンズの製作が十分可能であると考えられる。

### 3. Nd:YAG レーザによる微細加工

#### 3.1 実験方法

製作したマイクロレンズを用いて、鋼板表面に微細加工を行う。図 3 に加工装置の概略図を示す。加工に用いるのは波長が 532nm の Nd:YAG レーザの第 2 高調波であり、被加工材としてクロム鋼 (SCr420) を用いる。前節で製作したマイクロレンズを用いて試料表面が焦点位置となるようにレーザー照射し、クロム鋼表面に微細溝を加工する。このとき、レーザー照射条件の違いによる溝形状の加工特性を調べるため、パルスレーザーの照射パルス数をパラメータとして変化させた。なお、微細構造の加工中に生じるデブリの付着を抑制するため、加工は水中で行った。

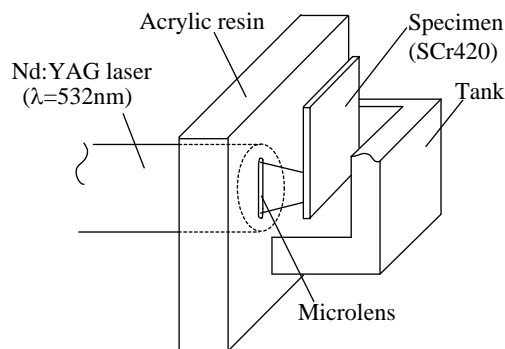


Fig.3 Experimental setup for micro processing

3.2 実験結果

まず、今回用いた試料 SCr420 におけるレーザー照射条件と加工形状（溝幅、溝深さ）との関係について、得られた結果を図4、図5に示す。溝深さはレーザーエネルギー、照射パルス数の増加に伴い増加し、照射パルス数の影響はレーザーエネルギーが高いほど顕著になる。溝幅において、照射パルス数の影響は少なく、レーザーエネルギーの増加にしたがって増加する。

また、得られた加工特性より溝幅、溝深さが共に 10[μm]となる照射条件で、溝間隔が 5, 30, 80[μm]のヘリンボーン溝を加工した。図6にヘリンボーン加工を施した試料の表面観察画像を示す。

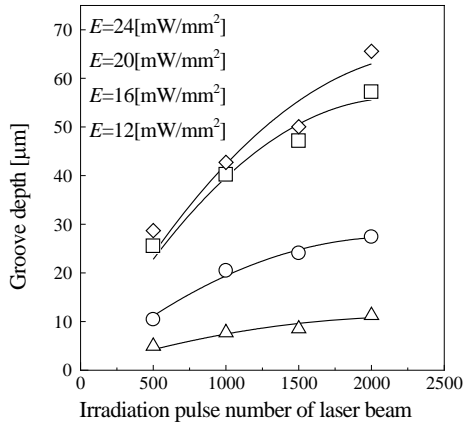


Fig.4 Relation between irradiation pulse number of laser beam and groove depth

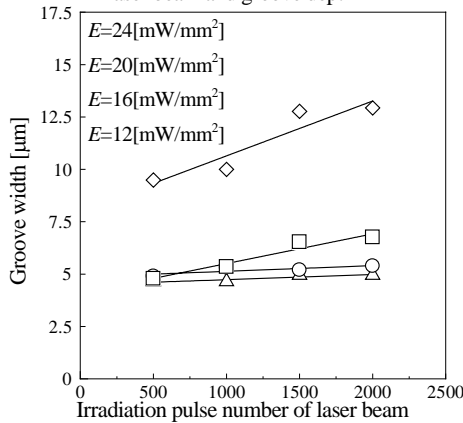


Fig.5 Relation between irradiation pulse number of laser beam and groove width

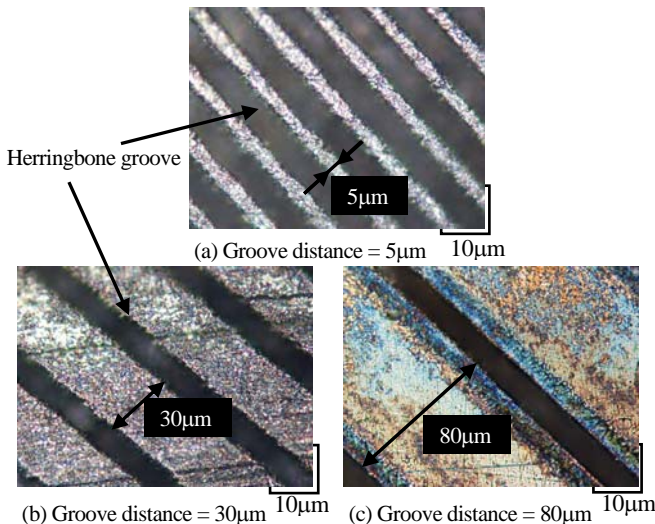


Fig.6 Surface image of herringbone grooves

4. 摩擦力測定

4.1 摩擦力測定方法

クロム鋼表面に加工したヘリンボーン溝の摩擦特性を評価するため、図7に示す測定装置を製作して摩擦力を測定した。本装置は、ピンオンディスク型の摩擦試験機であり、板ばね表面に貼付した歪ゲージから得られるたわみ量を測定し、あらかじめ測定した校正曲線を用いることで、ピン-ディスク間の摩擦力に換算することができる。試料は、図6に示すように同一の溝幅で溝間隔の異なる3種類のヘリンボーン溝加工を施したクロム鋼を用いる。

4.2 摩擦力測定結果

図8に摩擦力測定結果を示す。試料をディスクに押し付ける荷重が等しいとき、未加工試料よりもヘリンボーン溝を加工した試料の方が発生する摩擦力が低下している。しかしながら、各荷重において溝間隔を変化させても摩擦力に大きな違いは見られなかった。同一の垂直荷重の場合、発生する摩擦力は潤滑面の摩擦係数や潤滑形態に因る。つまり、試料にヘリンボーン加工を施すことによって摩擦係数の低下、潤滑形態の変化などが起こった結果、発生する摩擦力が低下したと考えられる。

5. 結 言

本研究ではアクリル樹脂板表面にマイクロレンズを製作し、それを用いて試料表面に微細構造を加工する手法を提案した。同手法で製作したレンズを用いてクロム鋼表面にヘリンボーン加工を行なって、その摩擦特性を評価した。以下に得られた結果を要約する。

- (1) Er:YAG レーザをアクリル樹脂板表面に走査させることにより種々形状のマイクロレンズの製作が可能である。
- (2) 製作したマイクロレンズを用いて、レンズ形状に従った微細構造の加工が可能である。
- (3) 試料の潤滑表面にヘリンボーン溝を加工することにより、潤滑面の摩擦特性を向上させることができる。

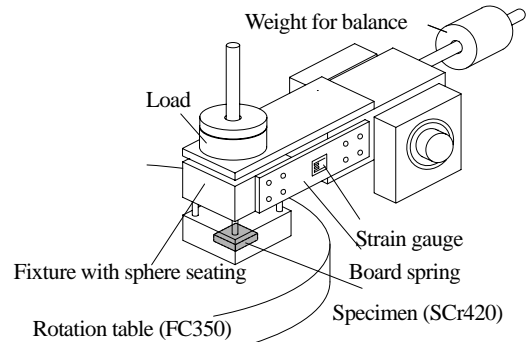


Fig.7 Schematic illustration for measuring friction force

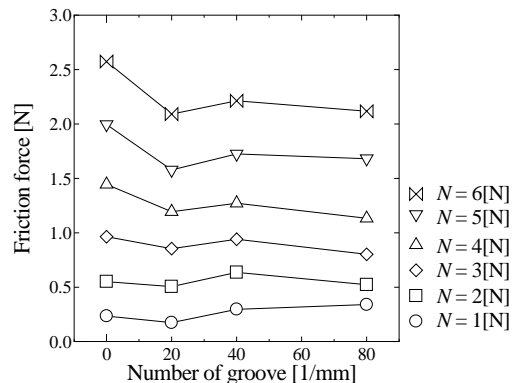


Fig.8 Relation between number of groove and friction force