

自己評価報告書

平成23年4月14日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20360115

研究課題名(和文) 透明固体基板内部で回転する光駆動マイクロモーターの開発と応用

研究課題名(英文) Development and application of optically-driven micro rotator that rotates inside transparent solid substrate

研究代表者

松尾 繁樹 (MATSUO SHIGEKI)

徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス研究部・准教授

研究者番号：20294720

研究分野： 応用光学

科研費の分科・細目： 機械工学 ・ 知能機械学・機械システム

キーワード： マイクロ・ナノデバイス, 光ピンセット, マイクロマシン, フェムト秒レーザー加工, エッチング

1. 研究計画の概要

(1) 各種の透明固体材料に対し、マイクロメートルスケールで、任意の三次元形状の除去加工を行う技術を開発する

(2) 上記加工技術を基に、透明固体基板内部に、外部から持ち込むことはできないような可動構造物を内包する空洞を作製し、その構造物を外部から非接触で駆動(とくに回転駆動)させる。およびそれをマイクロ流体デバイスに応用する。

以上のことを目指し、これらに関わる一連の技術の開発を行っている。

2. 研究の進捗状況

(1) フェムト秒レーザー照射とエッチングとの組み合わせによる内部加工技術に関して、エッチングのその場観察装置を用いることにより、エッチング速度の測定が容易になり、エッチング時間の最適化が可能となった。

(2) シリカガラスにおいては、従来用いていたフッ酸水溶液の代わりに水酸化カリウム水溶液を用いることにより、選択性が高く飽和が起こりにくいエッチングができることが明らかになった。これにより、10mm角の基板を貫通し最大直径は0.1mm以下(アスペクト比100以上)のマイクロチャンネルの作製に成功した。

(3) 難加工材料であるサファイアの加工において、表面ピットおよび内部クラックの発生を避けながら大体積のエッチングを行う方法論として、最初にエッチング領域の最外壁のみを除去し、次にその内側を除去する、2サイクルプロセスを提案した。双方のサイクルともに、通常ならばクラックが発生するよ

うな条件でレーザー照射を行い、比較的穏やかな条件でエッチングすることで、ピットとクラックを同時抑制しつつ各辺の長さが約10マイクロメートルの立方体状の空洞をサファイア基板の表面から約10マイクロメートル下部に作製することに成功した。

(4) フッ化カルシウム結晶に対して、ある程度の選択性を持つフェムト秒レーザー支援エッチングが可能であることを明らかにした。

(5) 回転の高トルク化に関して、従来の羽根型に加えて、上面傾斜型(Top-sloped)光圧回転体の作製を行った。完全に同じ条件で比較することはできなかったが、上面傾斜型光圧回転体は羽根型に比べ類似条件で5倍以上の回転数が得られた。

(6) 羽根型の光圧回転体において、形状の異なる回転体における回転速度の比較から、羽根の厚さが回転速度に影響する重要なパラメータだということを示唆する結果が得られた。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

おおむね当初の研究目標に沿った結果がえら得ている。とくに、水酸化カリウム水溶液を用いる高アスペクト比エッチングは、実用的な加工に向けての大きな成果だと考えている。また、上面傾斜型の光圧回転体の作製と高速回転の実証も重要である。一連の研究成果により、国際会議において招待講演を2回行った。これらに加え、一連の研究の過程で、レーザー光束の制御に関して、当初の研究計画にはなかった有用な結果が得られ、

特許を出願した。

4. 今後の研究の推進方策

(1) この加工技術の応用範囲が広まることを目指して、より多様な材料の加工に取り組む。本年度はイットリア安定化ジルコニア (YSZ) など数種の難加工材料の加工を試みる。

(2) この加工技術において、従来想定されていなかったパラメータである「フェムト秒レーザー照射による改質の方向」が加工に影響することがわかってきたので、それを定量的に評価する。

(3) 光圧回転体を高トルクで回転させる技術として、特異な偏光特性を持つレーザービームを利用する方法などに取り組む。また、この研究の過程で考案した、特異な偏光特性を持つレーザービームの表記方法についても研究を進める。

(4) これまでの一連の研究成果で、まだ論文として発表していないものがあるので、これらの成果をとりまとめ、投稿する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

- ① K. Tokumi, S. Matsuo, S. Kiyama, T. Tomita and S. Hashimoto, Micro Three-dimensional Removal Processing inside Sapphire Substrate, Journal of Laser Micro/Nanoengineering, Vol. 5, pp. 179-182, 2010, 査読有.
- ② S. Matsuo, H. Sumi, S. Kiyama, T. Tomita and S. Hashimoto, Femtosecond laser-assisted etching of Pyrex glass with aqueous solution of KOH, Applied Surface Science, Vol. 255, pp. 9758-9760, 2009, 査読有.
- ③ S. Kiyama, T. Tomita, S. Matsuo and S. Hashimoto, Laser Fabrication and Manipulation of an Optical Rotator Embedded inside a Transparent Solid Material, Journal of Laser Micro/Nanoengineering, Vol. 4, pp. 18-21, 2009, 査読有.
- ④ S. Matsuo, K. Tokumi, T. Tomita and S. Hashimoto, Three-Dimensional Residue-Free Volume Removal inside Sapphire by High-Temperature Etching after Irradiation of Femtosecond Laser Pulses, Laser Chemistry, Vol. 2008, pp. 892721-1-892721-4, 2008, 査読有.
- ⑤ S. Matsuo, S. Kiyama, Y. Shichijo, T. Tomita, S. Hashimoto, Y. Hosokawa and H. Masuhara, Laser microfabrication

and rotation of ship-in-a-bottle optical rotators, Applied Physics Letters, Vol. 93, pp. 051107-1-051107-3, 2008, 査読有.
<http://www.eco.tokushima-u.ac.jp/a1/matsuos/articles/2008APL.html>

[学会発表] (計17件)

- ① S. Matsuo, Femtosecond laser-assisted micro removal processing inside transparent solids, The 7th Asia-Pacific Laser Symposium, 2010.5.12, Seogwipo, Korea.
- ② S. Matsuo, Laser Internal Modification Plus Wet Etching for Micro-structuring Crystalline and Glassy Materials, The 28th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics, 2009.11.3, Orlando, U.S.A. (招待講演)
- ③ S. Matsuo et al., Micro three-dimensional removal processing inside sapphire substrate, The 5th International Congress on Laser Advanced Materials Processing, 2009.6.30, Kobe, Japan.

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: レーザー光束制御装置及びレーザー光束エネルギー安定化装置
発明者: 松尾繁樹
権利者: 徳島大学
種類: 特許
番号: 特願 2010-203367
出願年月日: 2010.9.10
国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ

<http://www.eco.tokushima-u.ac.jp/a1/matsuos/>