

照射量制御による加工深度の異なる深堀りエッチング技術に関する研究

Fabrication of micro-chamber with multi-depths

洞出 光洋

Mitsuhiro Horade

大阪大学大学院基礎工学研究科

Graduate School of Engineering Science, Osaka University

微小流路やマイクロチャンバを利用した生化学実験に関する研究が近年頻繁に報告されている。本研究では加工深度の異なるマイクロチャンバを容易に製作する手法を提案し、新規実験系の確立に繋げたい。今回提案した手法は、リソグラフィ技術における露光時の照射量を制御する手法である。この手法を用いることにより、4段階加工深度の異なるマイクロチャンバアレイを製作することに成功した。

In recent years, researches on biochemistry experiment that used micro-channels and micro-channels arrays are reported. This research reports a suggestion of method to fabricate micro-chamber arrays with multi-depths. When this method is used, establishment of newly experimental system experiment will be expected. This method is controlling exposure energy amount during lithography process. In this time, fabrication of micro-chamber arrays with four different multi-depths was succeeded.

Keywords: μ -TAS, micro-channel, micro-chamber, X-ray lithography

背景と研究目的: Micro-TAS (Micro-Total Analysis Systems: μ -TAS)等で代表されるように、微小流路やマイクロチャンバを利用した生化学実験系に関する研究分野の拡大は近年顕著に表れてきている。本研究では要素技術の1つである製作技術に着目し、フレキシブルな流路や、形状自由度の高いマイクロチャンバを製作することで、更なる新規実験系の確立や、高速・高感度・高分解能の実現に繋がると考えた。1つのチップ上に様々な形状の流路やチャンバを搭載させることで、細胞・粒子・分子等の単離やスクリーニング、複数条件下での実験を単一試行で容易に行うこと等に期待できる。微小流路やマイクロチャンバを搭載した μ -TASの製作には、マイクロスケールでの加工が容易に行える半導体プロセスを用いるケースが多い。しかしプロセスの特性上、高さの異なる流路やチャンバを製作することは困難である。

加工深度の異なる微細加工技術として、LIGAプロセスやUV-LIGAプロセスにおけるパターンニングと電鍍を繰り返すプロセスや[1][2]、深堀りRIE (Reactive-ion etching)におけるマスキング材の厚み制御法[3][4]、保護膜形成と裏面エッチングを組み合わせる手法[5]、パ

ターニングとエッチングを繰り返し行う手法[6]など既に多数報告されている。これらのプロセスに共通する課題として、段差が増えるごとにプロセスも比例して増えるため、製作プロセスが複雑になるという問題がある。このような背景から、多段を有する構造体を容易なプロセスで製作する手法の確立を目的とした。厚膜レジストを露光する際に照射量分布を与えて側壁傾斜や自由曲面を製作する研究が数多く行われている[7][8]。本研究では、厚膜レジストを露光する際、照射量分布を与えることで、加工深度の異なる構造体を容易に製作できると考えた。照射量分布を与える手法について多くの研究がなされているが、今回は露光時のスキャン速度の制御を行い、照射量を制御した。

実験: 本研究では立命館大学SRセンターに設置された、超電導小型SR光源AURORAのBL-6を利用して、日東樹脂工業株式会社製の0.5mm厚のバルクPMMA (Polymethyl methacrylate)への照射を行った。Fig.1に示すように、株式会社オプトニクス精密製X線マスク (polyimide 50 μ mメンブレンとAu3 μ m吸収体から構成されている) を介してPMMA

表面に照射を行う際に、照射エネルギー分布を与えて照射を行う。今回は直径 $25\mu\text{m}$ ピッチ $75\mu\text{m}$ の円形アレイパターンをステージのスキャン速度を制御しながら4段階の任意の照射量分布を与えた。照射後GG現像液を用いて、 37°C で1時間現像を行い、深度計測を行った。深度計測には、キーエンス社製のレーザー顕微鏡を用いて測定した。

結果、および、考察： Fig.2 に今回製作したマイクロチャンバアレイの1例を示す。赤破線を境に4つの領域それぞれにおいて、 $1.5\text{-}9.8\mu\text{m}$ までの加工深さが全て異なる深度を形成するマイクロチャンバアレイの製作に成功した。またそれぞれの領域内での加工深さのばらつきは、通常のリソグラフィと同等の誤差であった。照射量-加工深さ特性の関係を利用することで、任意の加工深さを設定したうえで、加工深さの異なる構造体を容易に製作することも可能である。

今回提案した手法の特徴として、通常の露光・現像工程を1回のみ行うだけで加工深度の異なる構造体が製作できる。これまでの他の手法では段差が増えるごとにプロセスフローが比例して増えるケースがほとんどであった。今回は4段階の照射量分布を与え実験を行ったが、さらに多くの加工深度のステップを有する段差形状を製作した場合でも、プロセスが複雑になる（段差の数に比例して、プロセスフローが増加する）という現象が生じない。そのため、本プロセスでは今回製作したマイクロチャンバのように、加工深度のステップが増えれば増えるほど、その利点が生かされると考えられる。

文献

- [1] H. Guckel, *Microsystem Technologies* **5** (1998) 59
- [2] Wenmin Qu et al., *Sensors and Actuators* **77** (1999) 14
- [3] Brian Morgan et al., *JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS* **13** (2004) 113
- [4] Mingching Wu and Weileun Fang, *J. Micromech. Microeng.* **15** (2005) 535
- [5] Takahiro Arakawa et al., *Proceeding of MEMS2007* 287
- [6] Toshiyuki Tsuchiya et al., *IEEJ Trans.* **4** (2009) 345
- [7] Naoki Matsuzuka et al., *J. Micromech. Microeng.* **15** (2005) 2056
- [8] Yoshikazu Hirai et al., *J. Micromech. Microeng.* **17** (2007) 196

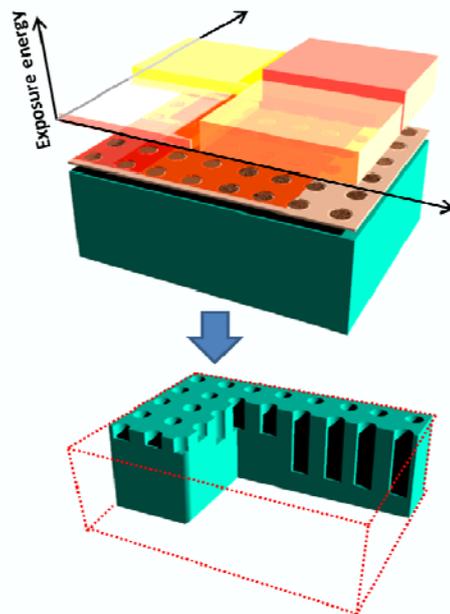


Fig. 1 Outline of lithography process; PMMA surface is given by energy distribution. After development, structure with multi-depths is fabricated

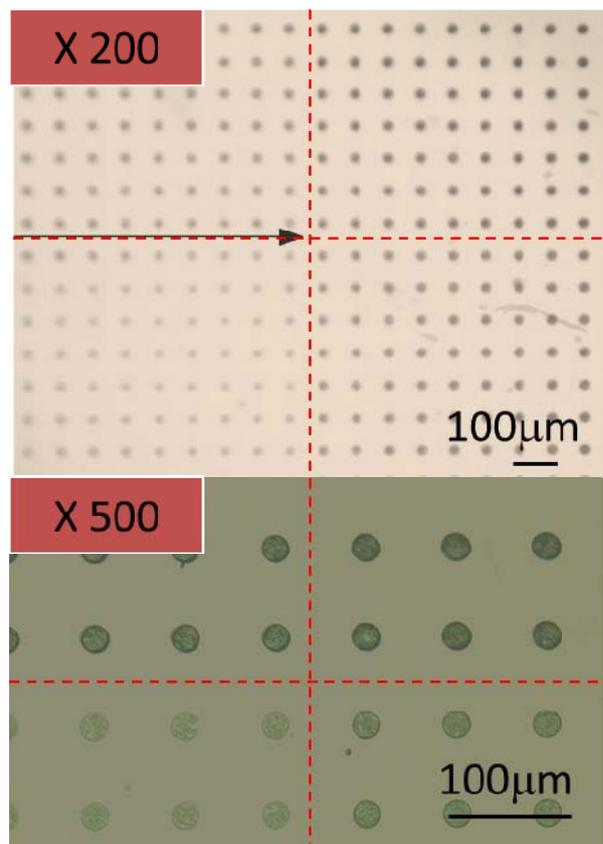


Fig. 2 Photo of micro-chamber array with multi-depths