

シンクロトロン放射光を用いた 3 次元形状加工の開発 その 3 Development of 3-dimensional Fine Processing Technology using X-ray Lithography of Synchrotron Radiation (Part 3)

藤橋 政人、黒川 正也
Masato FUJIHASHI and Masaya KUROKAWA

スターライト工業株式会社 システム・デバイス事業本部 MD Project
Micro Device Development Project, System Products B.U., Starlite Co.,Ltd.

数十 μm から数百 mm の正確な微細構造を有するプラスチック製のマイクロデバイスを LIGA プロセスで製作する技術を開発している。多段階露光プロセスにて、PMMA 基板の上に微細な三次元形状を製作する検討を行っている。本検討では 2 枚のマスクを介してアクリル樹脂 (PMMA) 基板の上にシンクロトロン放射光 (SR) を照射することで、異なる 2 段の深さをもつマイクロウェル形状について検討した。この研究で、多段階露光プロセスがマイクロウェル形状にサイドエッチングの影響を与えることが判った。

Plastic microdevices having precise fine structures of range from several ten micrometers to several hundred micrometers have been developed by LIGA (Lithographie Galvanoformung Abformung) process technology. Patterning technology for fine three-dimensional structures on the polymethylmethacrylate (PMMA) plate have been studied using multi-steps exposure processes. A fabrication method of patterns having different depths on a micro-well structure is developed using synchrotron radiation with the use of double masking process. In this study, it was found that multi-steps exposure processes caused a side-etching effect on the micro-well structures.

背景と研究目的： 射出成形で製作したマイクロデバイスの市場の 1 つとして、バイオ関連市場が挙げられる。射出成形で数十 μm から数百 μm の微細な形状を有するマイクロデバイスを射出成形金型からスムーズに離型させるには、この微細形状の側壁に、微細形状に依存した側壁傾斜 (射出成形では抜き勾配に相当) を設ける必要がある。我々は現在までに SR 露光において移動マスク法を使用することで側壁傾斜を形成できることを確認している。

バイオ関連市場におけるマイクロデバイスの 1 つとして、DNA チップに代表されるようなアレー系のデバイスが挙げられる。「シンクロトロン放射光を用いた 3 次元形状加工の開発 (その 2)」¹⁾では、2 枚の X 線マスクの位置あわせを行い PMMA 基板に対して高精度に移動させながら PMMA 基板に照射される X 線量を 2 段階露光と移動マスク法でコントロールすることで、2 段階のマイクロウェル形状が形成できることが判っている。

しかし、2 段階のウェルエッジ部のコーナーにサイドエッチングによって R が付く形状になっていた。ウェルエッジ部にコーナー R が形成されると所望する形状精度が得られないことになる。

そこで本報では、2 段階露光におけるマイクロウェル形成において、2 段階目のウェルエッジ部のコーナー R (サイドエッチング幅) 形成について検討を行った。

実験： X-ray LIGA (Lithographie Galvanoformung Abformung) プロセスを図 1 に示す。本報では Ni 電鍍用の PMMA マスターの製作について検討を行った。

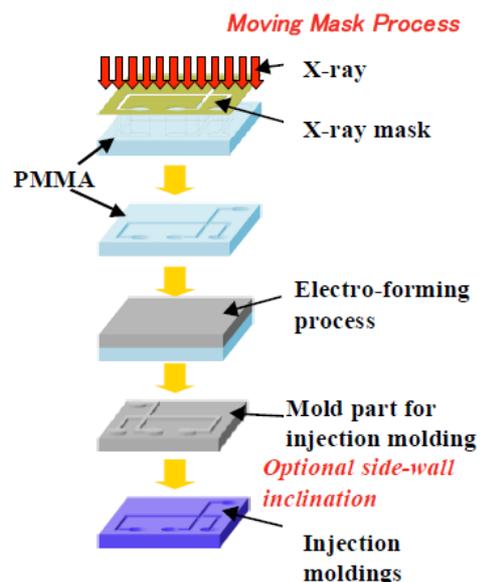


Fig. 1. X-ray LIGA process

本検討でPMMA基板に露光するマイクロウエルの形状を図2に示す。1段目は全体的に深さ5から50 μm 掘り込み、2段目は100 μm 、深さ40 μm のウエルを形成した。形状はレーザ顕微鏡で観察を行った。1段目の加工深さ(DOSE)とサイドエッチングとの関係について検討した。サイドエッチング幅は式1のようにして求めた。サイドエッチング幅 = (2段露光にて形成した径 - 1段露光にて形成した径) / 2 ... 式1

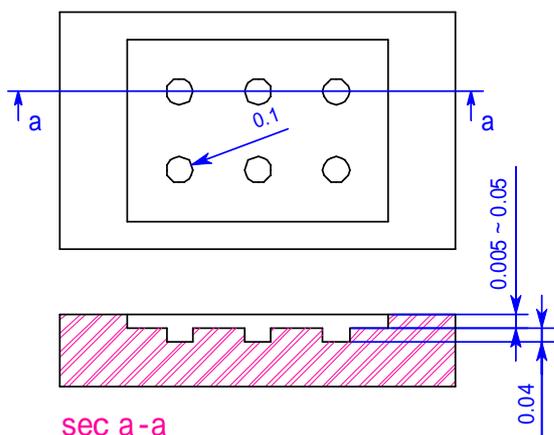


Fig. 2. Structure of micro-wells exposed on PMMA plate.

図2に示したマイクロウエル形状で深さを変えるために、SR露光は以下のようにマスク移動することなく2段階でPMMA基板にX線を照射した。

- 1st-step: X線マスク1(100 μm ウエル形状)とX線マスク2(全体)を重ねた状態でSR露光(2段目のウエル形状形成)
- 2nd-step: X線マスク1を取除き、X線マスク2でSR露光(1段目の掘り込み形成)

各サンプルのSR露光条件を表1に示す。

Table. 1. SR radiation conditions.

| Sample No. | A | B | C | D |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 1 st -step DOSE (A·h) | 0.022 | 0.022 | 0.022 | 0.022 |
| 2 nd -step DOSE (A·h) | - | 0.012 | 0.017 | 0.025 |

結果、および、考察: 表1の露光条件でSR露光を行い、PMMA基板に形成させたマイクロウエル形状とサイドエッチング幅を表2に、2nd-stepの露光量とサイドエッチング幅の関係を図3にそれぞれ示す

Table. 2. Photographs of micro-wells on PMMA plate.

| Sample No. | A (control) | B |
|---|-------------|-----|
| Photograph | | |
| [μm] | 100 | 120 |
| Width of side-etching [μm] | - | 10 |
| Sample No. | C | D |
| Photograph | | |
| [μm] | 130 | 140 |
| Width of side-etching [μm] | 15 | 20 |

$$\text{Width of side-etching} = (\text{sample No.} - \text{A}) / 2$$

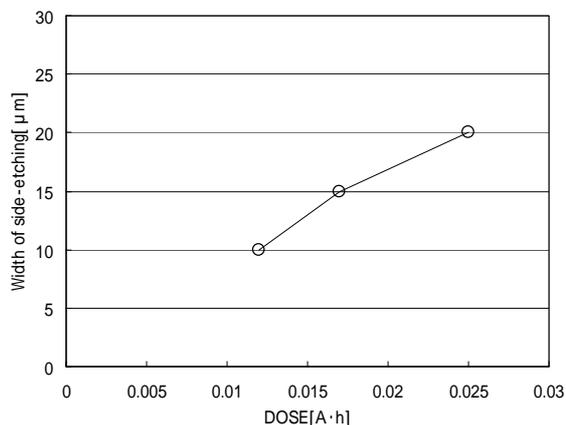


Fig. 3. Width of side-etching effect of 2nd-step DOSE.

図3より2nd-stepの露光量が多くなるとサイドエッチングの幅が広がることが判った。

まとめと今後の課題: 今回の2段階露光におけるマイクロウエル形成において、2段目のウエルエッジ部のコーナーR形成について検討を行った結果、2nd-stepの露光量の影響が大きいことが判った。

今後はサイドエッチングに及ぼすその他の影響について詳細な検討を行うとともに、その対策についても検討する予定である。

参考文献:

- 1) M. Fujihashi, and M. Kurokawa, Nanotechnology Researchers Network Project, Technical Reports 2009 in the SR CENTER of Ritsumeikan University (2009) in press.