

垂直側壁レジスト深溝を流路とするマイクロミキサの製作

東京電機大学 ○吉野真平、宮西尉、堀内敏行

要 旨

近年、注目されているマイクロミキサは、薬品や生体液を扱うデバイスであるため使い捨てにせざるを得ない反面、精度よく作ることが必要である。そのため、レジストパターンをそのまま流路として利用する製作技術を検討した。露光波長を最適化してパターン側壁を垂直化し、最小溝幅 $60\mu\text{m}$ 、溝深さ $100\mu\text{m}$ の微細流路を形成した。流路を形成したウエハをプラスチック基板と蓋ではさみ、ねじ止めしただけの簡便な組立てで漏れずに流せる、マイクロミキサを製作できた。

1. 目的

高精度なマイクロミキサを簡便に製作する可能性を探るため、厚膜レジストを構造体とするマイクロミキサの製作技術を検討した¹⁾。

2. マイクロミキサ製作方法

検討したマイクロミキサの製作方法を図 1 に示す。まず Si ウエハ上にレジストを塗布し、ベーク(熱処理)を行って固める。②露光 次に所定の形状にレジストを露光する。露光後再びベークを行い、現像して非感光部を溶解させ、レジストパターンを形成する。そして、ABS 樹脂の板を切削加工して製作した容器とアクリル板の蓋でウエハを挟みこみ、周囲をねじ止めしてマイクロミキサを組み立てる。

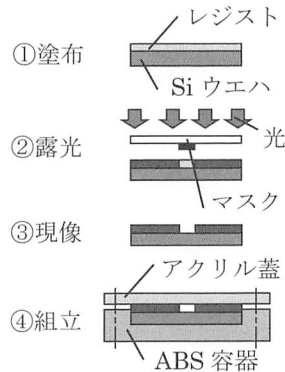


図 1 マイクロミキサの製作方法

3. 光リソグラフィによるマイクロ流路形成

3.1 レジスト塗布

レジストパターンをそのまま流路として使用するため、透明度が高く厚膜垂直側壁パターンを形成しやすいネガ型レジスト SU-8 (Micro Chem Corp.) を採用し、約 $100\mu\text{m}$ 厚に塗布した。露光前のベークは 65°C で 20min、 95°C で 50min 行った。

3.2 露光・現像

レジストパターン形成には最も簡便なコンタクト露光を用いた(図 2)。波長 $290\sim 450\text{nm}$ の光源を用い、流路形状を持つマスクを通して照明し、非感光部を現像時に除去して流路パターンとした。露光後のベークを 65°C で 10min、 95°C で 30min 行った後、現像は SU-8 Developer 中で 10min 行い、2-プロパノールで 2min リンスした。

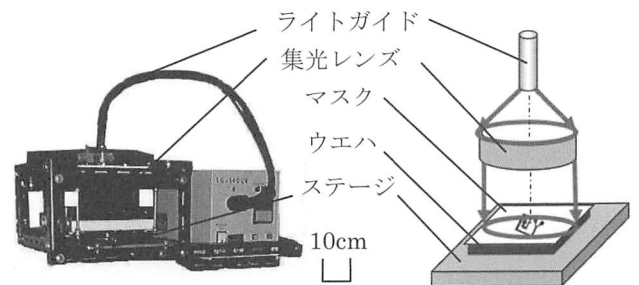


図 2 露光装置とコンタクト露光の原理

4. 波長制御を用いたレジストパターン形成

図 3 に示す Y 字蛇行型流路パターンを形成した。Y 字蛇行部の線幅を $60\sim 120\mu\text{m}$ 、 $100\sim 200\mu\text{m}$ に変化させたマスクを用いた。光源の光をそのまま当ててパターンを形成すると、図 4(a) に示すように表面が余分に感光して底状になっていることが分かった。そこで青色フィルターを使用し、光源中心波長を変更してパターンを形成した。その結果、図 4(b) に示すような垂直な側壁形状の流路を形成できた。青色フィルターを用い SU-8 の推奨感光波長である波長 365nm 付近の光ではなく、より長い波長 $370\sim 470\text{nm}$ の光によりレジストを感光させることができる。図 5 に青色フィルター使用時の露光光線の分光強度分布を示す。長波長光はレジストに吸収されにくいので、より深部まで光が届き、側壁が垂直になると考える。図 6 に線幅 $60\mu\text{m}$ の部分の流路断面写真を示す。

流路の溝幅の均一性を調べるため、マスクの線幅が $120\mu\text{m}$ の部分の流路の幅を 100 箇所測定し平均線幅と 3σ を算出した。平均線幅は $123\mu\text{m}$ 、 3σ は $7\mu\text{m}$ となった。(図 7)

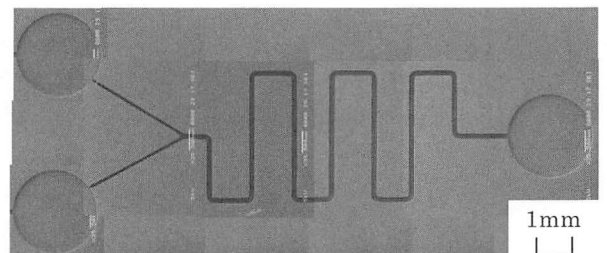
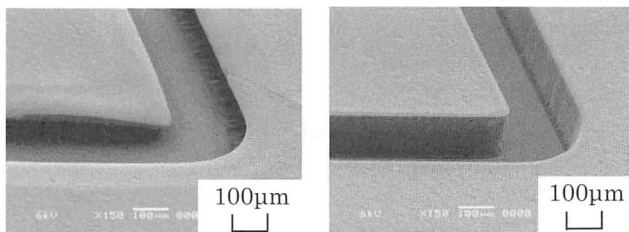


図 3 Y 字蛇行型流路パターン



(a)底状の流路

(b)垂直側壁の流路

図4 流路(幅200 μm 部)の角部の電子顕微鏡写真

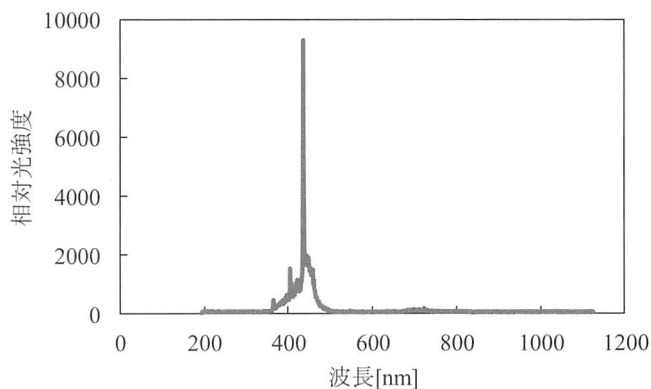


図5 青色フィルター使用時の分光強度分布

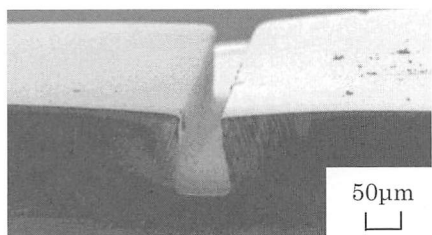


図6 線幅60 μm の流路の電子顕微鏡写真

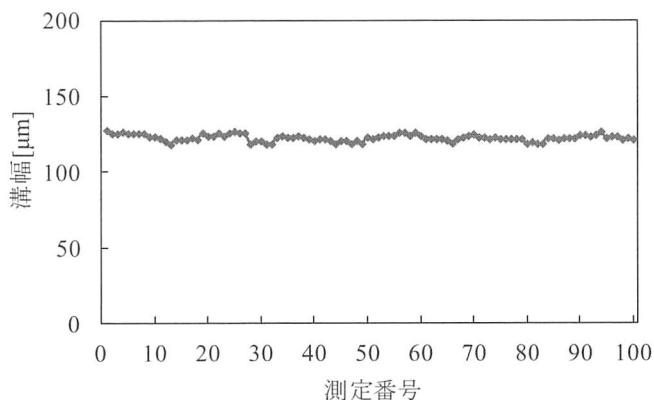


図7 溝幅の均一性

5. 露光波長とパターン側壁形状の関係

青色フィルターを用いて370~470nm付近の光のみで露光を行うことで垂直側壁パターンを形成できた。そこで次に垂直側壁パターンの形成に寄与している波長成分を調べた。光源の輝線が405nm、436nmにあるため、青色フィルター、405nmフィルター、436nmフィルターを使用してL&S

パターンを形成し、パターン上部の線幅と基底部分のパターン線幅を測定した。図8に露光波長とパターン線幅との関係を示す。図8より436nmフィルターの場合は上下の曲線が大きく離れていて、大きな庇ができていることがわかる。また青色フィルターと405nmフィルターの場合は庇がほぼ発生していないことがわかる。436nmの光では露光時間も非常に長く感光への寄与も小さい。波長405nmの光が、垂直側壁パターンの形成に寄与していることが分かった。

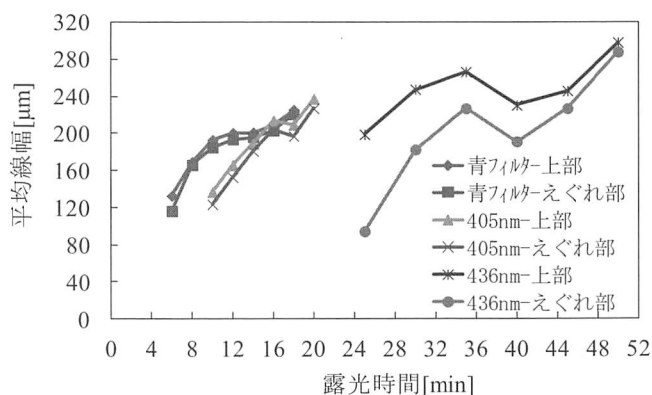


図8 露光波長とパターン線幅の関係

6. 組立プロセス

容器材料にはABS板材を使用し、3次元切削機によりウエハ形成に合わせたへこみを作製した。また、蓋の材料には観察し易いように透明なアクリル板を使用し、流路パターンのチューブ接続部の位置に合わせて穴をあけ、接着剤でチューブを接続した。そして容器と蓋に穴をあけ、小ねじとナットで締め付けて組み立てた。図9に組み立てたマイクロミキサを示す。接続したチューブに注射器を接続し、液体を注入した結果、マイクロミキサに液体を漏れずに流すことができた。

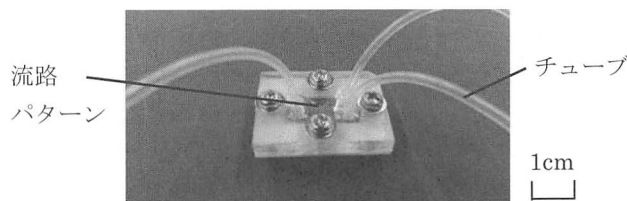


図9 製作したマイクロミキサ

6. 結言

光リソグラフィを用いて最小溝幅60 μm 、深さ100 μm の流路パターンを形成し、レジストを構造体としたマイクロミキサを製作した。波長の選択により側壁を垂直化でき、液体をもれずに流すことができた。

本研究の一部は東京電機大学総合研究所一般研究課題Q11T-01として行った。

1) 林, 堀内: 2006年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, p149-150.