

## 近接配列凹曲面レジストパターンを用いた エポキシ樹脂製マイクロレンズアレイの製作

東京電機大学 ○小林野歩, 堀内敏行

### 要 旨

膜厚 10 $\mu\text{m}$  のポジ型レジストを用い、焦点距離を意図的にずらしたレンズ投影露光によりマイクロレンズアレイの型とする凹曲面の正方形状と六角形状に近接させたパターンを形成した。形成した凹曲面型にエポキシ樹脂を流し込んで固めればマイクロレンズアレイを成形できることが分かった。

### 1. 研究の背景・目的

光リソグラフィ技術は、平面加工用の二次元加工技術として用いられてきたが、近年では MEMS 用の三次元加工技術としても応用されている。本研究では、新たな三次元加工方法を提案し、液晶パネルや光ファイバーなどに用いられるマイクロレンズアレイの製作を目指している。過去にマイクロレンズの型とする凹曲面の正方形状と六角形状パターンを近接させたレジスト型の形成に成功していた<sup>1)</sup>。本稿では、形成したレジスト型からエポキシ樹脂のマイクロレンズアレイを成形する方法を検討した。

### 2. マイクロレンズアレイ型の形成

図 1 に示すような、対辺間隔が 500 $\mu\text{m}$  の六角形透過部と 400 $\mu\text{m}$  幅の遮光部を格子状に配置したレチクルに、光バンドパスフィルタにより取り出した波長 405nm の光を投射した。そして、直径 4mm の開口を設けた 1/19 縮小投影レンズ(カメラレンズ、NFD28/2.8、キャノン)を介して、Si ウエハ上に塗布した膜厚 10 nm のポジ型レジスト PMER P-LA900PM(東京応化工業)にレチクルパターンの縮小像を投影して転写した。レンズ投影露光を行う際に、側壁が最も垂直に近づくベストフォーカスの位置から焦点距離を意図的にずらすことにより、パターンのぼやけた像を投影し、図 2 に示すようにレジスト表面に凹曲面形状が並んだマイクロレンズアレイ型を形成した。

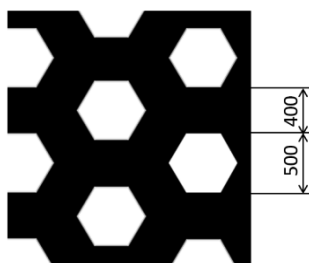


図 1 レチクル



図 2 焦点ずれによる凹曲面の形成

### 3. 樹脂製マイクロレンズアレイの製作工程

レンズの製作の手順を図 3 に示す。光リソグラフィにより形成したマイクロレンズアレイパターンをもつ Si ウエハを、パターン部を中心として約 5mm 角に裁断した。裁断したウエハを紙容器の底面に両面テープで固定した。次に、エポキシ樹脂(クリスタルレジン NEO、日新レジン)の主剤 7g と硬化剤 3.5g を 2:1 で配合し、流し込んだ。その後、混合脱泡器(あわとり練太郎、THINKY)にて容器の中の樹脂を混合脱泡した。装置から取り出した容器を常温で 48 時間放置し、硬化した樹脂を容器から取り出した。そして Si ウエハを剥離後、残存したレジストを除去し、エポキシ樹脂製マイクロレンズアレイを得た。硬化した樹脂を容器から取り出す際に、樹脂が容器に強く付着していたため、容器を破壊して取り出す必要があった。容器から取り出した樹脂とレジスト型付きウエハとを剥離する際にも、ウエハを破壊して樹脂から剥離する必要があった。剥離後の樹脂を図 4 に示す。ウエハが樹脂に埋もれていたため、刃物で試料周辺を切除してウエハを剥離した。

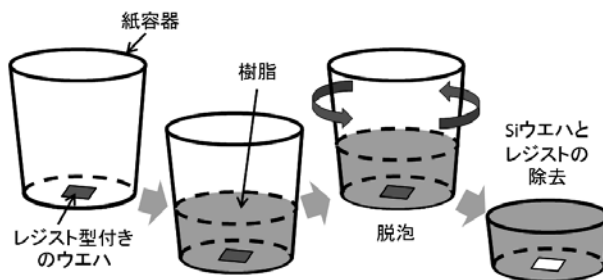


図 3 マイクロレンズアレイの製作手順

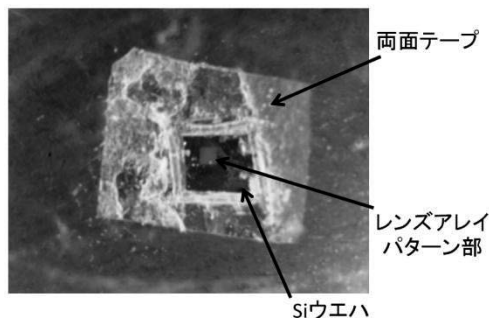


図 4 剥離後の樹脂表面

樹脂表面に残留していたレジストは、アセトンを用いて溶解した。これによりウエハとレジストの除去に成功した。しかし、得られた樹脂の表面にはレンズアレイ部を含めて部分的に気泡が発生していた。

次に、レーザ顕微鏡で表面形状の測定を行った。図5に3D形状の測定結果を示す。表面に六角形状のパターンが観察でき、レジストパターンを樹脂へ転写できることが分かった。しかし、顕微鏡で観察した際に凸パターン上に傷や付着物が見られた。付着物は試料を剥離した際にウエハの破片が残留した物と考えられる。

取り出した樹脂製レンズは厚さが約10mmとマイクロレンズ部の高さ約5 $\mu\text{m}$ に対して大きい。したがって、パターンを傷つけずにレンズ全体の厚さを減少させることが必要である。そのため、樹脂の両面を研磨して厚さを薄くすることを試みた。しかし、研磨した試料は全体が傾斜していた。傾斜は樹脂の表面か裏面または両面が平坦に研磨できなかったため発生したと考えられる。

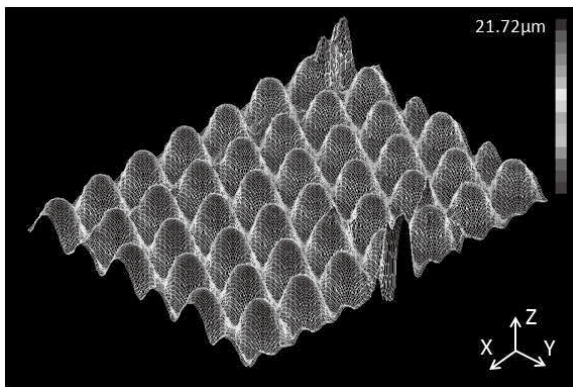


図5 3D表面測定結果

#### 4. 剥離方法の改善とレンズアレイ形状の評価

樹脂からレジストを剥離してから研磨を行うとパターンに傷がついたりごみが付着したりする。そこで、ウエハを剥離せずに樹脂を研磨することにより、パターンを傷つけずにレンズ厚さを減少させることができ、ウエハの剥離も容易になると考えた。

容器から取り出したままの樹脂の両面にバフ研磨機により研磨を行った。レンズ厚さは2mmを目標とした。また、バフ研磨を行う際に樹脂全体を回転させながら研磨することにより、研磨量が均一になるようにした。樹脂表面のウエハ周辺に切り込みを入れた後、アセトンを流し込み、レジストを溶解してウエハを剥離して表面を観察した。パターン上に傷や付着物は見られなかった。断面形状の測定結果を図6と表1に示す。断面の形状はレジストの型とほぼ一致していた。しかし、曲率半径とパターン幅がわずかに減少する傾向が見られた。これは、樹脂が硬化する際に元の形状よりもわずかに縮小する性質があるためと考えられる。また、図7に示すようにレンズ全体の厚さが一定でなく測定箇所によって最大500 $\mu\text{m}$ の値のばらつきが見られた。

これは、バフ研磨機で研磨する際に、研磨盤の回転の内周と外周で研磨速度が異なるために、研磨量が場所によってばらついたためと考えられる。また、研磨盤に押し付ける力が均一ではないため、樹脂表面に傾斜が出来てしまうと考えられる。さらに、厚さを薄くするために裏面を研磨したがその際、裏面全体に小さい傷が無数に発生し、レンズの透過性が研磨前と比較して低減していた。これは、研磨剤の砥粒により微小な傷がついてしまうためだと考えられる。

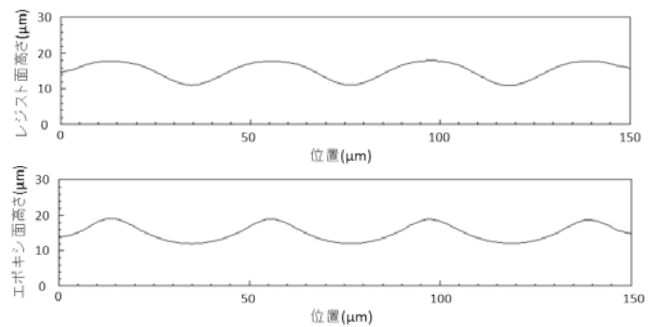


図6 断面測定結果

表1 断面測定結果 単位: $\mu\text{m}$

	誤差	曲率半径	パターン幅	パターン間隔	高さ
レジスト	0.1	28.3	32.3	9.5	5.1
樹脂	0.1	26.7	30.1	10.1	4.9



図7 研磨後の樹脂

#### 5. 結言

凹曲面アレイを形成したレジスト型にエポキシ樹脂を流し込み、硬化させて研磨し、マイクロレンズアレイの製作を試みた。パターン形状の転写が可能であることを示せたが、研磨痕により光透過性が不十分であった。今後はパターン面と裏面をより平滑に得る方法を検討していく。

本研究の一部は東京電機大学総合研究所一般研究課題Q15T-03として行なった。

#### 参考文献

- 1) 笹木 他：レジスト側壁制御リソグラフィを利用したマイクロ部品製作技術の研究, 精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, # pp.75-76, #2014