ノート

簡易なグレースケールマスクを使用したリフロー法によるマイクロレンズアレイの作製

佐藤　健*　宮口　孝司*

Fabrication of Micro-lens Array by Reflow Method Using Simple Gray-scale Mask

SATO Takeshi* and MIYAGUCHI Takashi*

1. 緒　　言

マイクロレンズアレイ（以下，MLA）は直径数 10μm のマイクロレンズを多数配列したもので，CCD 撮像素子や液晶プロジェクターなどの光学部品として利用されている。

石英やガラスなどに直接レンズ形状を加工する方法の一つにリフロー法がある。

フォトリソグラフィーで円柱状のレジストパターンを形成し，加熱でフォトレジストを溶融・流動させて表面張力で球面を形成する。これをドライエッチングすることで基板にレンズ形状を形成する方法である（図 1 参照）。レジストと基板の選択比が 1 となる条件でエッチングを行うとレジスト形状がほぼそのまま基板に転写される。

比較的容易な方法であるが，アスペクト比の小さいレンズ（径に対して高さの低い形状）については，レジストが十分に流動せず球面が形成されないという課題がある。図 2 は当研究室の試作例で，レジストが中央部まで流動せず頂点が凹形状となっている。球面が形成される前にレジストが硬化したことが原因と考えられる。

本研究ではスパッタリング装置で簡易なグレースケールマスクを作製し，リフロー法への適用を検討した。図 3 のようにグレースケールマスクでレジストを階段状にパターニングすることで，レジストの流動を容易にし，上記課題の改善を試みたので報告する。

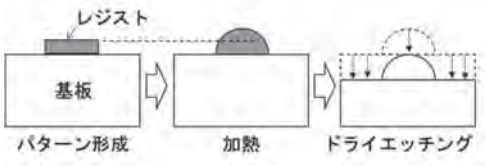
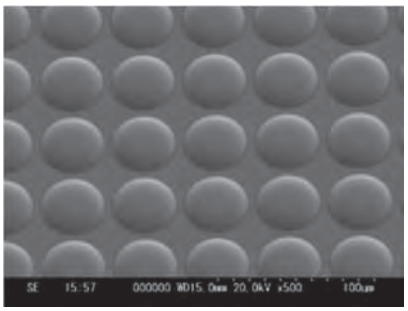
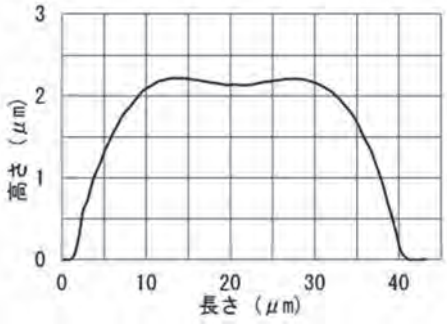


図 1　リフロー法



(a) 外観



(b) 断面形状

図 2　試作した石英製 MLA

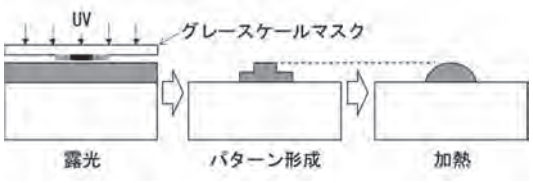


図 3　グレースケールのパターン形成

* 研究開発センター
レーザー・ナノテク研究室

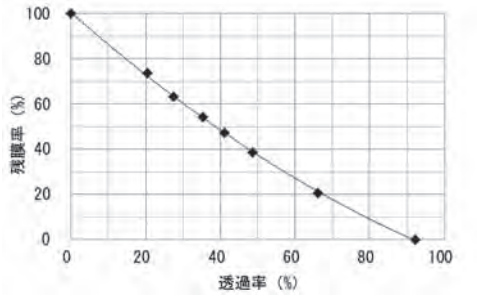


図 4　UV 透過率とレジストの残膜率

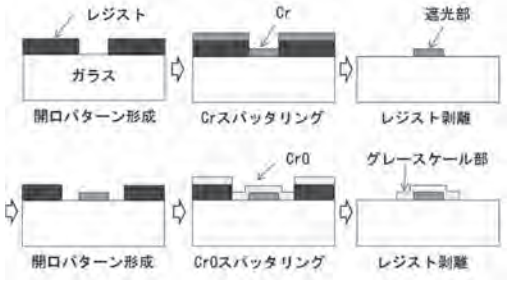


図 5　グレースケールマスクの作製フロー

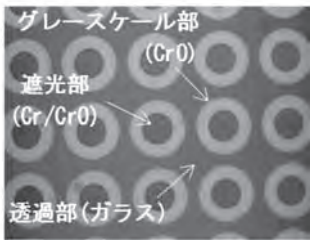


図 6　グレースケールマスクの外観

2.　実験

2.1　レジストの階調性評価

レジスト OFPR800LB（東京応化工業（株））を用いて UV 透過率に対するレジストの残膜率を測定した。

ソーダガラスに CrO を時間を変えてスパッタリングし，20～70%の範囲で 6 階調の透過率の領域を形成し，遮光領域とソーダガラスのみの領域（透過率 92%）も加えて 8 階調の評価用マスクを作製した。マスクアライナーPEM-800（ユニオン光学（株））で露光し，UV センサーUVD-405PD（ウシオ電機（株））で各領域の透過率を測定した。UV センサーの受光部はφ1mm であるため，各領域は幅 2mm 以上で形成し，直接透過率を測定した。

レジストを Si 基板にスピンコートし，ホットプレートで 110℃2min のベークをして 3.1μm の厚さに成膜した。上記の評価用マスクを使用し，照射エネルギー97mJ/cm^2 でコンタクト露光を行い現像した。レジスト表面に薄い反射膜を形成した後，非接触三次元測定機 NH-3SP（三鷹光器（株））で膜厚を測定し残膜率を算出した。その結果，図 4 に示すとおりレジストの階調性が確認された。

2.2　フォトマスクの作製

φ38μm の MLA 用にグレースケールマスクとバイナリーマスク（光の透過の有無のみでパターン形成する 2 値のマスク）を作製した。

グレースケールマスクは図 5 のようにリフトオフプロセスを 2 回繰り返すことで作製した。

先ずソーダガラスにレジストでレンズの直径よりも小径の開口パターンを形成し，100nm 厚の Cr をスパッタリングした後，レジストを剥離して遮光部を形成する。遮光部は，φ18，24，30μm の 3 種類とし，リフロー後のレジスト高さのパラメータとした。

次にレンズの直径と同じ φ38μm の開口パターンを形成し，CrO をスパッタリングした後レジストを剥離し，遮光部の周囲にグレースケール部を形成する。CrO は図 4 におけるレジスト残膜率 60%を目安に，透過率 30%となるスパッタリング条件で成膜した。作製したマスクの外観を図 6 に示す。

バイナリーマスクは，120nm 厚の Cr をφ38μm にパターニングして作製した。

2.3　実験方法

レジスト OFPR800LB を Si 基板にスピンコートし，ホットプレートで 100℃2min のベークをして成膜する。グレースケールマスクでパターニングする試料はレジスト厚を 3.1μm とし，バイナリーマスクの場合は，レジスト厚を 1.7，1.9，2.2μm の 3 種類とした。露光エネル

ギー97mJ/cm^2 でコンタクト露光を行い，現像後，ホットプレートで 210℃5min の加熱をしてレジストをリフローさせた。

2.1 項と同様にレジスト表面に反射膜を形成した後形状を測定した。機器に内臓されたプログラムで円に近似し，フィッティングの可否で流動性を判断した。

2.4 結果

2.4.1 リフロー後のレジスト形状

図 7 にグレースケールマスクで形成したレジストの断面形状を示す。遮光部 φ18μm の試料で高さ 2.4μm となった。

図 8 は同じ試料の断面を円に近似した図であり，端部でわずかにずれがあるもののフィッティングは良好である。図示はしていないが φ24，30μm の試料の近似も良好で，表 1 のように近似した円の半径を求めることができた。

バイナリーマスクのレジスト形状を図 9 に示す。レジスト厚 2.2μm の試料のみ高さ 3.2μm の球面が形成されたが，その他の試料ではレジストの流動が不十分で凹形状となった。

したがって，低アスペクト比の球面形状を作製する場合にはグレースケールマスクの方が有利であるといえる。

2.4.2 グレースケール部のレジスト形状

グレースケールマスクを使用した場合のリフロー前の断面形状を図 10 に示す。縦軸の高さは規格化して表示した。グレースケール部の高さは図 4 の階調性評価の結果から 0.6 程度と想定されたが，実際にはこの値からずれており，凹凸のある面となった。これは，光の回折や反射などの影響で透過光に強度分布が生じたことが原因と考えられ，2.1 項で使用したマスクと異なり，グレースケール部の領域が微小なパターンでは影響が大きい。

3. 結　　言

(1) リフロー法による MLA 作製において，3 階調の簡易なグレースケールマスクを使用することで，従来法に比べレジストの流動性が向上し，よりアスペクト比の小さいレンズ形状を形成できることがわかった。

(2) 微小なグレースケール部では光の回折などの影響により，レジストの残膜率において想定値からのずれが生じた。

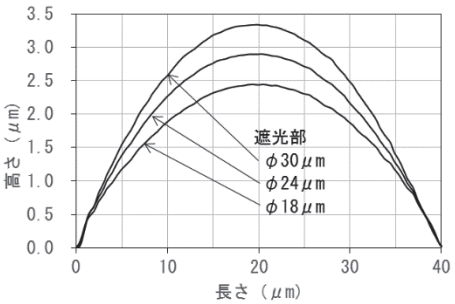


図 7　断面形状（グレースケールマスク）

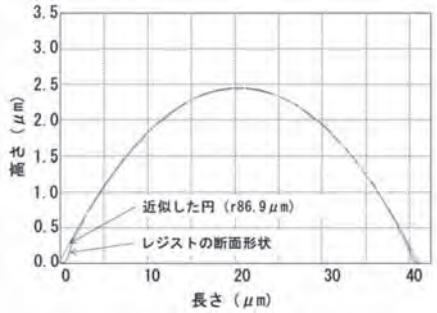


図 8　円への近似（遮光部φ18μm）

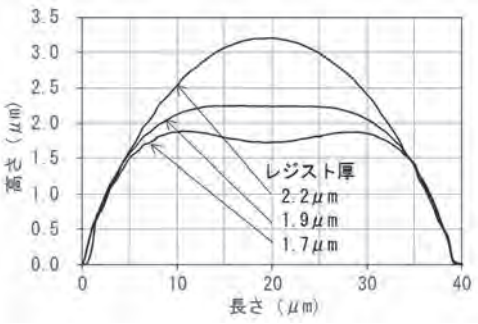
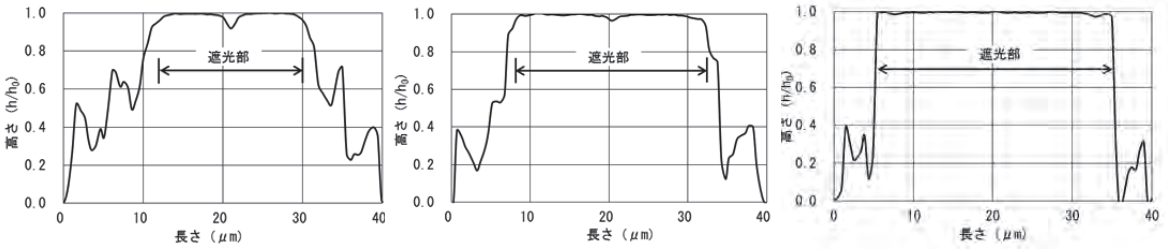


図 9　断面形状（バイナリ―マスク）

表 1　レジスト高さと近似した円の半径

グレースケールマスク	遮光部の直径 (μm)	φ18	φ24	φ30
	レジスト高さ（μm)	2.4	2.9	3.3
	近似した円の半径 (μm)	86.9	71.5	60.8
バイナリーマスク	レジスト厚 (μm)	1.7	1.9	2.2
	レジスト高さ (μm)	-	-	3.2
	近似した円の半径 (μm)	-	-	66.6



(a)　遮光部φ18μm　　(b)　遮光部φ24μm　　(c)　遮光部φ30μm

図 10　リフロー前のレジストの断面形状