

フォトプロセス用レジストの レーザーリソグラフィ装置への転用の検討

齋藤清範

工学系技術支援室 装置開発技術系

はじめに

名古屋大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー(VBL)は、大学院を中心とした独創的研究の推進と最先端技術開発の促進を目指し、「高次機能ナノプロセス技術に関する研究」を中心課題に掲げて平成七年に設立され、学内施設として学部を問わず利用されている。このVBLの1階にはクリーンルームがあり、分子線ビームエピタキシー装置、電子線描画装置、ドライエッチング装置、走査トンネル顕微鏡や走査電子顕微鏡といった半導体や量子デバイスなど、将来の産業を支える基盤技術の研究開発のための装置が設置されている。これらの装置群に、サブミクロンレベルのパターンの描画を行うために2010年12月からハイデルベルグ・インストルメンツ社のレーザーリソグラフィ装置DWL66FSが設置、初期調整・性能評価の後、2011年2月に共用が開始された。現在までに15研究グループが講習会を受講し、装置を利用している。

装置の性能評価は、AZエレクトロニックマテリアルズ社製フォトレジストAZP1350を塗布したブランクマスクに対して行われ、仕様を十分に満たす結果を得ていた。AZP1350は、市販品のレジスト塗布済みブランクマスクからフォトマスクを作製する過程においては、非常に有効であるが、一点のみの試料にパターンを描画する直接描画においては、①アセトンへの不溶性（レジスト除去に手間がかかる）、②膜厚が540nmと薄膜の為、ドライエッチングに不向き、などの点から、若干扱いにくいフォトレジストである。レーザーリソグラフィ装置の光源は405nmの波長を持つ半導体レーザーであり、この領域に吸収のあるフォトレジストであれば対応可能とハイデルベルグ・インストルメンツ社の技術者から助言を得たので、VBLで多くのグループに利用されているシプレイ社製フォトレジストS1813（アセトンに可溶、1.4μmの膜厚があり、ドライエッチングに十分耐えられる、レジスト・現像液共に在庫がある。）を使用出来れば利便性が向上する為、レーザーリソグラフィ装置への転用の検討を行ったので、これを報告する。

1 レーザーリソグラフィ装置DWL66FSの紹介

VBLに設置されたレーザーリソグラフィ装置DWL66FSを紹介する。

- 基板サイズ200mm x 200mmまで対応
- 0.6μmまでの微細描画が可能
- 光源として波長405nmの半導体レーザーを使用
- CCDイメージによる基板のアラインメント調整
- 温度調整チェンバーによる装置全体の温度制御
- 2種類のオートフォーカス機能（光学および空気圧）
- 複数の入力ファイルに対応（gdsii、dxf、gerber、cif）



図1. レーザーリソグラフィ装置DWL66FS

2 実験

レーザーリソグラフィ装置 DWL66FS でフォトレジスト S1813 を利用するにあたって、調整すべきパラメータは、ND フィルタの透過率、フォーカス、レーザー強度、DefDPos（スキヤンの傾きのパラメータ）、dfT（スキヤンの幅のパラメータ）の 5 つある。DefDPos と dfT は描画の最終調整項目なので、先に ND フィルタ、フォーカス、レーザー強度の条件出しを行い、続いて、DeDPos と dfT の微調整を行うことにした。

2.1 試料の作製

試料は表. 1 の手順で作製した。

表 1. 試料の作製手順

1. カット	35mm x 35mm に劈開
2. 洗浄	超音波洗浄器で 10 分間
3. 窒素ブロー	30 秒間窒素ブロー
4. ドライベイク	115°C のホットプレートで 1 分間
5. 界面活性剤塗布	OAP を 5000rpm で 60 秒間スピンコート
6. レジスト塗布	S1813 を 5000rpm で 60 秒間スピンコート
7. プリベイク	115°C のホットプレートで 1 分間
8. レーザー描画	詳細は後述
9. 現像	MF-319 で 1 分間
10. リンス	超純水中で 30 秒間
11. ポストベイク	115°C のホットプレートで 1 分間

2.2 レーザーリソグラフィ装置による描画

AZP1350 を塗布した試料を描画する場合は、50%と 10%の ND フィルタをレーザーの光路に設置することで透過率を 5%とし、光学的にレーザー強度を落とした状態で、最適な描画結果を得ることが出来る。また、AZP1350 の膜厚 540nm に対して、S1813 膜厚は 1.4 μ m と 3 倍弱あることから、露光に必要な ND フィルタ透過率が 3 倍前後と考え、加えてより広範囲にテストを行う必要性も考慮し、5%、10%、15%、30%、50%の ND フィルタ透過率となる ND フィルタの組合せを用いて描画を行った。

描画テストは、表. 2 の描画条件（レーザー強度、DeFoc 値）を設定し、図. 2 に示したテストパターン（縦: 1.2mm、横: 5.6mm）を図. 3 の描画マップの各フィールドに配置し描画を行った。またまた、※の領域には位置確認の為にレーザー強度 100%、DeFoc 値 2050 でテストパターンの描画を行った。

表 2. 描画マップの各領域の描画条件

領域	レーザー強度	DeFoc
A	100%	850, 1250, 1650, 2050, 2450, 2850, 3250, 3650
B	90%	850, 1250, 1650, 2050, 2450, 2850, 3250, 3650
C	80%	850, 1250, 1650, 2050, 2450, 2850, 3250, 3650
D	70%	850, 1250, 1650, 2050, 2450, 2850, 3250, 3650
E	60%	850, 1250, 1650, 2050, 2450, 2850, 3250, 3650
F	50%	850, 1250, 1650, 2050, 2450, 2850, 3250, 3650

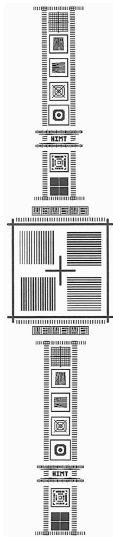


図 2. テストパターン

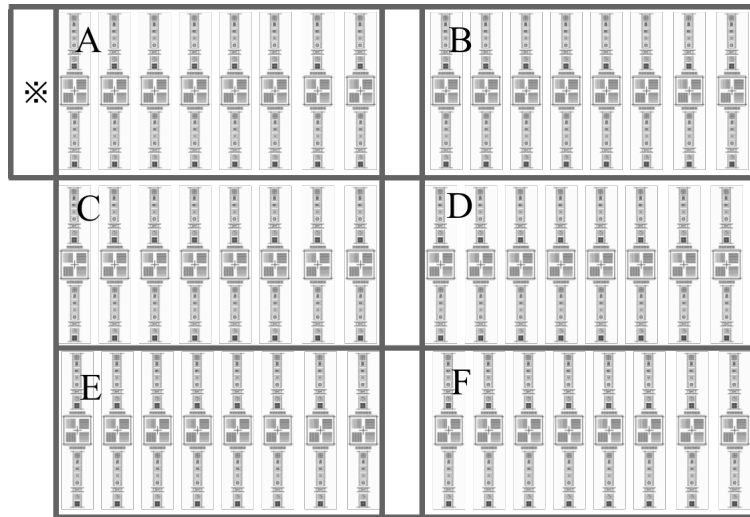


図 3. テストパターンを配置した描画マップ

3 結果

描画した試料の光学顕微鏡像を図. 4 に示す。レーザー強度と DeFoc 値はそれぞれ 100%と 2050。ND フィルタの透過率は(a) 5%、(b) 10%、(c) 15%、(d) 30%、(e) 50%である。ND フィルタの透過率が上がるのに伴ない、パターンの輪郭がはっきりしており、より、深くまで露光できていることがわかる。しかし、通常の光学顕微鏡像では、パターン部分のレジストの有無が分かりにくいので、偏光板を通した光学顕微鏡像を撮り、確認を行った。偏光板を通した光学顕微鏡像を図. 5 に示す。

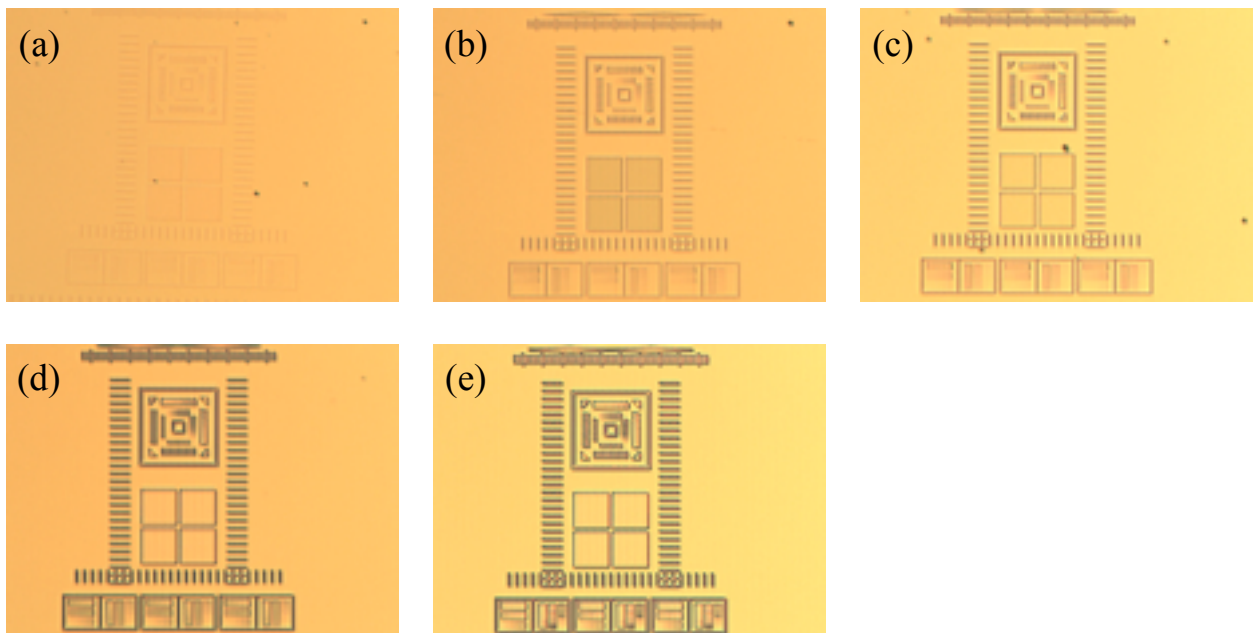


図. 4 レーザリソグラフィ装置で描画した試料の光学顕微鏡像。レーザー強度及び DeFoc 値はそれぞれ 100%、と 2050。(a)ND フィルタ透過率 5%、(b)ND フィルタ透過率 10%、(c)ND フィルタ透過率 15%、(d)ND フィルタ透過率 30%、(e)ND フィルタ透過率 50%

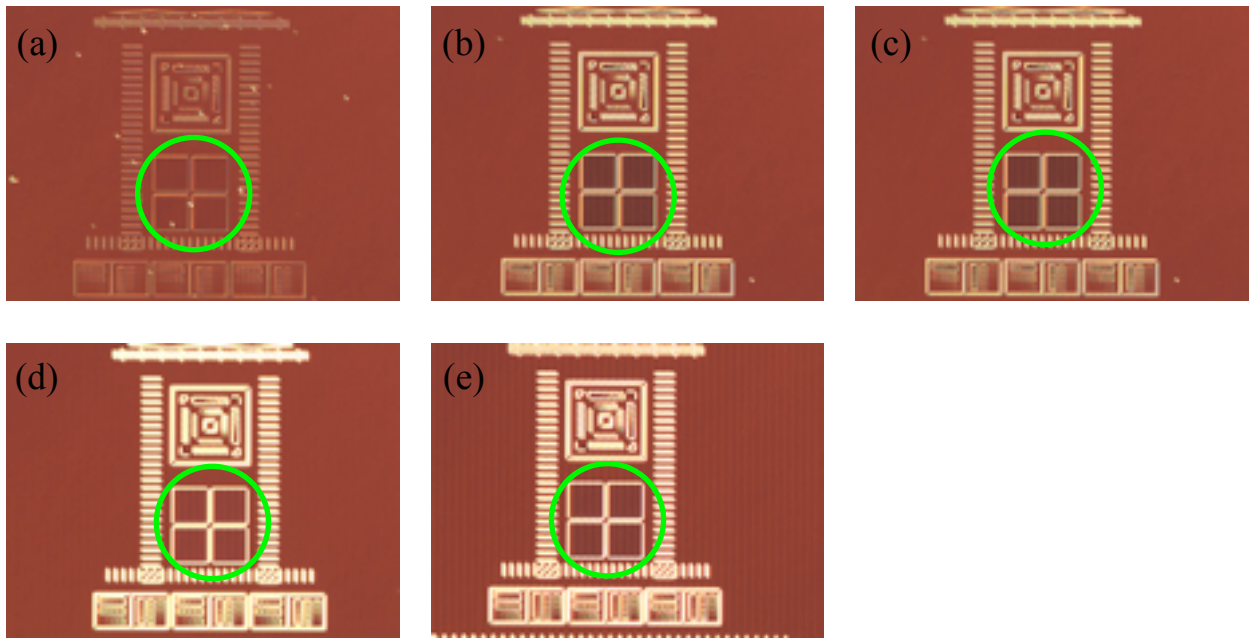


図. 5 レーザリソグラフィ装置で描画した試料の偏光板を通した光学顕微鏡像。レーザー強度及び DeFoc 値はそれぞれ 100%、と 2050。(a)ND フィルタ透過率 5%、(b)ND フィルタ透過率 10%、(c)ND フィルタ透過率 15%、(d)ND フィルタ透過率 30%、(e)ND フィルタ透過率 50%

パターンが完全に露光完了した場合、パターン内部は基板のシリコンが現れ、他の部分はレジストが存在することになる。また、偏光板を通すと、同じ物質が存在する領域同士は同じ色に見え、異なる物質が存在する領域同士では違う色を示す。これらを踏まえて図. 5 を見ると、パターンは白く、外側は赤褐色になっていることから、パターンの露光が十分に完了しているように思える。しかし、緑色の丸で囲んだ 4 つの四角形の内部は、本来露光されるべき領域であるのに、外部と同じ赤褐色であることから、露光は完了していないと分かる。

透過率 50%の ND フィルタでも十分な露光を行うことが出来なかったため、ND フィルタを取り外し、減光を行わない状態でテストパターンの描画を行った。光学顕微鏡像を図. 6 に示す。

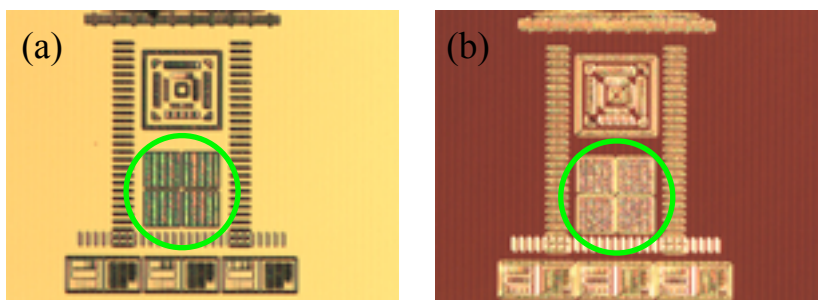


図. 6 ND フィルタ無しでテストパターン描画を行った試料の光学顕微鏡像。レーザー強度及び DeFoc 値はそれぞれ 100%、と 2050。(a) 通常の光学顕微鏡像、(b)偏光板を通した光学顕微鏡像

ND フィルタを取り付けてパターン描画を行った試料の光学顕微鏡像と比べ、緑色の丸で囲んだ領域に白い部分が多く見られ、露光が進んでいることが分かる。しかし、露光しきれていない残渣も多く残っている。装置の最大出力で描画を行ってもパターン形成ができないことから、S1813 はレーザリソグラフィ装置には転用できないといえる。

4 まとめ

VBLに設置されたハイデルベルグ・インストルメンツ社製レーザーリソグラフィ装置 DWL66FS で、フォトプロセス用レジスト S1813 の転用性の検討するために描画テストを行ったが、十分なパターン形成を行うことが出来ないことがわかった。より、膜厚の薄いフォトレジストを用いれば、パターン形成を行うことは可能であると思われるが、現状で使用していないフォトレジストを購入してテストを行うことは、本来の目的である、「使用中のレジストの転用による利便性の向上」を損ない、本末転倒となってしまうので、今回の実験は行わなかった。

レーザーリソグラフィ装置 DWL66FS のレジスト AZP1350 を使用した場合のメーカーの保証性能は $0.6\mu\text{m}$ であるが、より薄い膜厚のレジストを利用し、描画条件を探索することで、より微細な加工も可能であると聞いているので、今回の経験を基に微細加工の技術を向上できればと考えている。