

ノート

電鍍法によるナノインプリント対応微細金型の 形成工程の確立とその実用化

水元 和成*¹⁾ 石東 真典*²⁾ 梶山 哲人*¹⁾ 浦崎 香織里*¹⁾
 小林 道雄*³⁾ 井坂 悟志*³⁾ 吉野 智江*³⁾

Establishment and practical use of a formation process for a microfabricated mold for nanoimprinting by electroforming

Kazunari Mizumoto*¹⁾, Masanori Ishiduka*²⁾, Tetsuto Kajiyama*¹⁾, Kaori Urasaki*¹⁾
 Mitio Kobayashi*³⁾, Satoshi Isaka*³⁾, Tomoe Yoshino*³⁾

キーワード：電鍍, ナノインプリント, 微細金型

Keywords: Electroforming, Nanoimprint, Microfabricated mold

1. はじめに

モールドを用いた転写によりナノメートルスケールの構造を形成する技術としてナノインプリント法⁽¹⁾があり,さまざまな応用を目指して技術開発が行われている。この技術ではモールドを転写することから,モールド形成の精度が重要な要素となる。また,モールドには材料としてシリコンやガラス,金属,炭素等が用いられるためこれらの部分的除去に,リソグラフィの後に高価な装置によるドライエッチングを組み合わせを行っているのが現状である。本研究では,ドライエッチング工程を省略し,リソグラフィのみによるパターン形状を元に電鍍を行う方法により,簡便な型の製作技術開発を目指し,ナノインプリント用の金型を形成する工程について検討した。

2. 実験内容

2.1 電子線描画 ガラス板にクロム層をコートした基板にポリメチルメタアクリレート系の電子線レジストを塗布した。1 μm 幅のラインアンドスペース(L/S)を電子線描画装置(EB)により描画した後,現像及びリンス工程を経てレジストパターンを作製した。さらに最小線幅100nmのL/Sや最小径40nmでアスペクト比1:10のドットパターンを作製し転写電鍍することを試みた。

2.2 電鍍 レジスト表面ははっ水性のため,ウェットプロセスでの電鍍は困難である。そのため,大気圧酸素ブ

ラズマ処理とUVオゾン処理による親水化を行った後,コバルト-ニッケル合金の無電解めっきにより導電性を付与した。無電解めっき膜をシード層として,ニッケル電鍍を行って金型を形成した。金型はメカニカルリフトオフを用いてレジスト基板から剥離し,レジスト残渣はアセトンやメチルアルコール等の有機溶媒により除去した。

2.3 インプリント 形成した金型を使用してアクリル樹脂に対してインプリントを試みた。

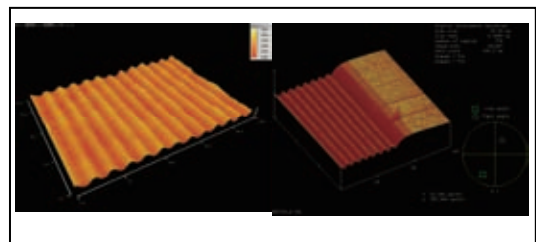


図1. EBによるパターン AFM 像

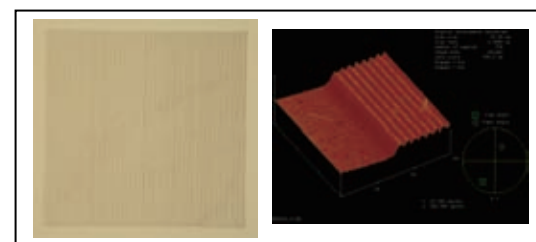


図2. 電鍍により形成した金型
光学像(左)とパターン部分 AFM 像(右)

*¹⁾ 資源環境グループ

*²⁾ 東京大学生産技術研究所

*³⁾ 株式会社ヒキフネ

3. 結果

クロムコートガラス基板上的レジスト(膜厚 ~500nm)に描画し $1\mu\text{m}\sim 300\text{nm}$ のL/Sや $500\text{nm}\sim 100\text{nm}$ のドットパターンを形成した(図1, 図2)。また, 文字等の描画も試みた。形成したパターンの最大範囲は $18\text{mm}\times 27\text{mm}$ である。パターンの形状評価は走査型電子顕微鏡(SEM)、原子間力顕微鏡(AFM)にて行った。レジストパターン表面の親水化処理として大気圧酸素プラズマ処理及びUV オゾン処理を検討した。両処理それぞれで親水化できる条件を得た(図3)。特にUV オゾン処理はレジストに対するエッチング量も少なく, めっきが直接できるためナノパターンへの適合性は高い。このことからレジストによるナノパターンからめっき工程により直接金型を形成しうることを示した。

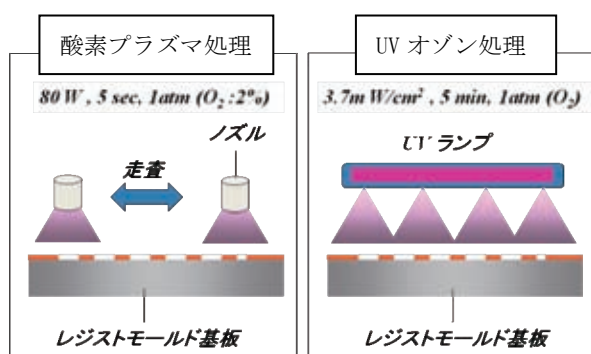


図3. 親水化処理の種類と最適条件

さらに最小線幅 100nm のL/Sや最小径 40nm でアスペクト比 $1:10$ のドットパターンを作製し電鍍を行った(図4)。その結果, L/Sで先端部のみ, 倍ぐらいの線幅での異常析出を起こしたり, ドットパターンが倒壊したり, パターンどうしが引き合っ傾斜してしまう現象が観察された。

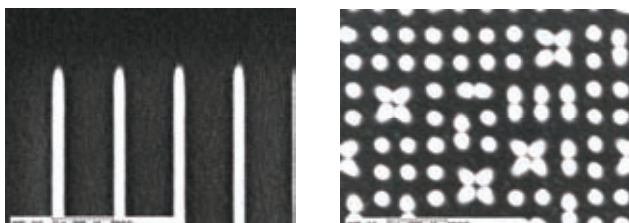


図4. 極微細化EB描画パターンSEM像

4. 考察

電鍍の転写精度において従来の結果では, 転写寸法で 500nm , アスペクト比 0.3 , 鏡面部表面粗さで数十 nm が限界であった⁽¹⁾。これらは従来の方法が電子線描画後にレジストをエッチングしパターンを形成し転写させ, さらにこ

れをもう一度転写させるという工程をとるために精度の限界があったと考えられる。

今回の研究ではUV オゾンエッチング法の適用により, 従来に比べ工程の短縮を図るとともに(図5), より微細化に対応することが可能となり, 鏡面部での平均表面粗さが転写前の母型の平均表面粗さと同じ数 nm の精度を得ることが出来た。

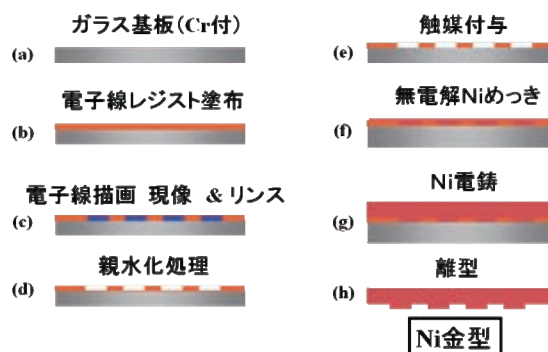


図5. 金型作製工程

また転写精度でも高低差約 65nm の凹凸についての転写が行えていることを確認した。これらの結果からエッチング工程でレジスト表面のダメージを極力少なくし, めっき可能な条件を探っていくことが重要であることが確認された。

最小線幅 100nm のL/Sの先端部の異常析出や, 最小径 40nm でアスペクト比 $1:10$ のドットパターンにおいて, パターンが傾斜している箇所が観察された。これは合金めっき皮膜が磁性皮膜であるため, 磁性によりパターン間に引力が作用し, 中心に向かって傾斜した結果であると考えられた。従って無電解めっき浴の種類を検討することで傾斜が改善される可能性が示唆された。

5. まとめ

電子線描画によるレジストパターンを鋳型とし, 導電性処理および電鍍によりナノインプリント用の金型を製作する工程を検討した。さらに, 作製した金型を使用し樹脂への極微細形状の転写を行い, パターン転写が可能であることを確認した。また複数のレジスト材料について検証を行った結果, 形状転写の対応可能な領域を広げることが可能となった。今後は, 高アスペクトパターン, 超微細パターン, 大面積パターン等への応用において電鍍の強度(信頼性)を高める必要がある。

(平成22年6月30日受付, 平成22年10月15日再受付)

文 献

- (1) 平井義彦:「ナノインプリントの発展と今後の展望」表面技術, Vol.59, No.10, pp.642-647(2008)