

同期スキャンリソグラフィ技術を用いた円形断面針状試料表面への露光技術の基礎研究

東京電機大学大学院 ○嶋山健史、高村恭輔、曾子維、野田裕太、堀内敏行、小林宏史

要旨

円柱試料を軸回りに回転させながらマスクを軸直角方向に同期移動させることで、表面 360° にパターンを転写する投影露光リソグラフィ技術を検討中である。本報告では直径 160 μm の試料に膜厚 10 μm のネガ型レジストを塗布し、25 μm ラインアンドスペースの静止マスクを用い、試料だけを回転して露光を行った。軸方向にはパターンの出来にむらがあったが、約 1mm の範囲の全周にレジストパターンを形成できた。

1. はじめに

MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) やマイクロ部品製作用のリソグラフィは、平面形状以外の試料上へのパターン形成が要求されており、とくに円筒試料上へのニーズは多い。円筒試料への加工技術として、レーザを用いて一筆書きでパターンを描くレーザスキャンリソグラフィ技術¹⁾、円筒試料とパターンの原画となるマスクを同期させながら動かしパターンを投影する同期リソグラフィ技術²⁾がある。このうち同期スキャンリソグラフィ技術は複雑なパターンを転写できるが、従来直径 2mm 以上を対象としていた。そのため直径 100 μm 前後まで、加工対象を微細化すべく、本報告ではまず直径 160 μm の針状試料へのパターン形成に挑戦した。

2. 露光原理と実験装置

今回試みた同期スキャンリソグラフィ技術による針状試料表面へのパターン形成原理を図 1 に示す。光源から出た光を集光光学系で整形した後、さらに幅 30 μm のスリットにより照明領域を狭く制限してマスクに照射する。マスクを通過した光は、等倍の投影レンズを通して試料に投影される。試料の回転速度に同期してマスクを水平方向に移動させることで、試料表面の広い範囲にマスクパターンを転写できると考えている。今回は初期検討のため、マスクを停止させた状態で、試料だけを回転して露光を行った。

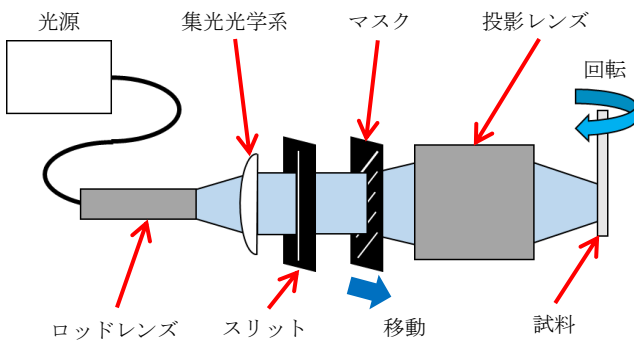


図 1 露光原理

本露光原理を検証するために製作した露光装置の外観を図 2 に示す。光源には主波長 365nm の紫外線ランプ (LS-165UV 住田光学ガラス) を用いた。試料には、直径 160 μm 長さ 50mm の針状のステンレス製円柱試料を用いた。試料が細く目視では観察しにくいいため観察装置を試料の斜め 45° 方向に設置し、リアルタイムに観察できる構成とした。

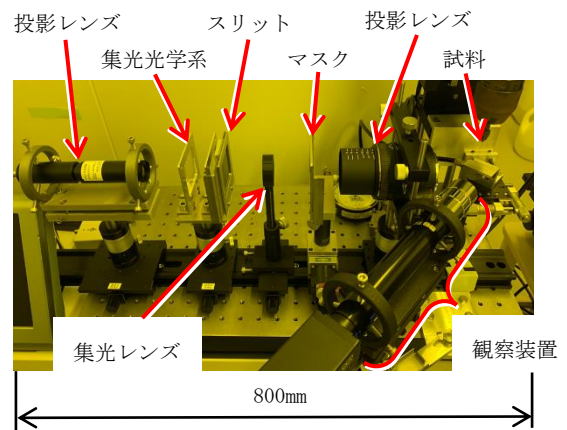


図 2 実験装置の外観

円柱試料を設置し、25 μm のラインアンドスペースマスクを投影して観察装置にて撮影した画像を図 3 に示す。ラインパターン光が縦につながって見えるのは、観察装置のピントズレにより、光の強い箇所が大きめにぼけて写ったのが原因と考えている。

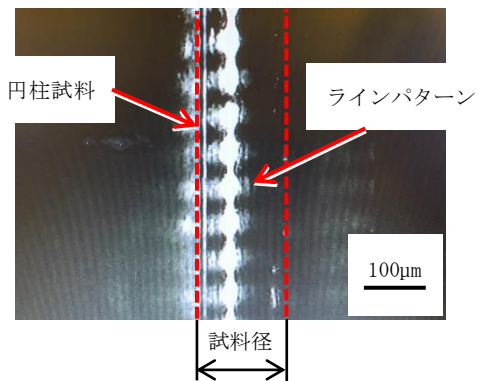


図 3 観察装置による試料画像

3. 露光実験

円柱試料にパターン形成を行うため、まずネガ型レジスト (PMER N-CA3000 PM) をディップコート法で $10\mu\text{m}$ の膜厚で塗布する必要がある。ディップコート法とは、レジスト液中に試料を漬け、引き上げ速度を変えることで試料表面に塗布された膜厚を制御するという塗布方法である。そこで、今回利用する直径 $160\mu\text{m}$ の試料を用い、ディップコートの引き上げ速度とレジスト膜厚の関係を調べた。図 4 に結果を示す。

$10\mu\text{m}$ 以上の膜厚のパターンを試料上に残したいと考え、現像後の膜べりを考慮して引き上げ速度を 0.4mm/s に設定した。

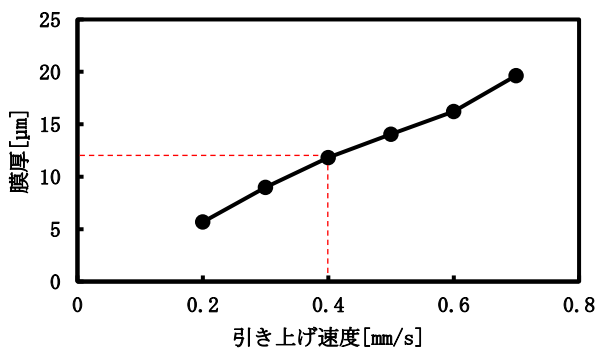


図 4 引き上げ速度とレジスト膜厚の関係

この条件でレジストを塗布した試料を用い、 $25\mu\text{m}$ のラインアンドスペースパターンのマスクで露光を実施した。目視でパターンの存在を確認できた露光時間 25s で試料を丁度 1 回転させた条件の光学顕微鏡観察画像とパターン形成位置の部分拡大図を図 5 に示す。

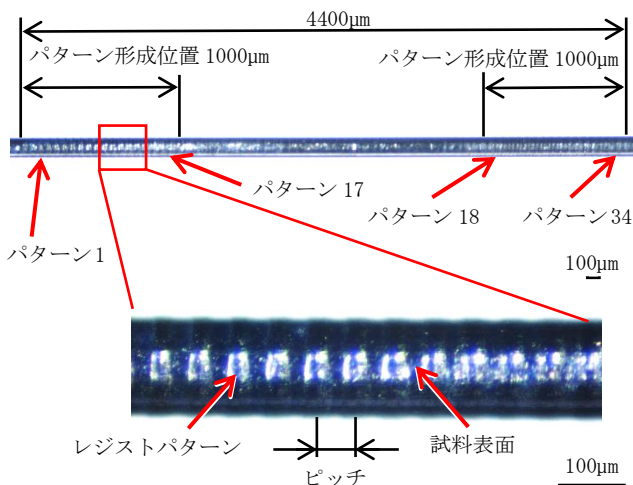


図 5 露光結果と部分拡大図

ネガ型レジストは現像すると光が当たった箇所にレジストが残る。観察した結果、露光領域の両端約 1mm の範囲に

平均約 $55\mu\text{m}$ のピッチで縦にライン状のレジストパターンが形成できていた。ピッチ $50\mu\text{m}$ のマスクパターンが約 1.1 倍で転写されたことが分かった。

パターン形成領域内で全周にレジストパターンが形成できているかどうかを調べるため、試料を回転させて 90° 周期の各位置で試料の観察を行った。転写されたラインパターンの左側 17 個と右側 17 個にそれぞれ番号をつけて線幅を測定した。ラインパターンの線幅測定結果を図 6 に示す。

図 6 より、ラインパターンの平均線幅は $33\mu\text{m}$ であり、マスクパターンと比べると約 1.3 倍に線幅が広がっていることが分かった。

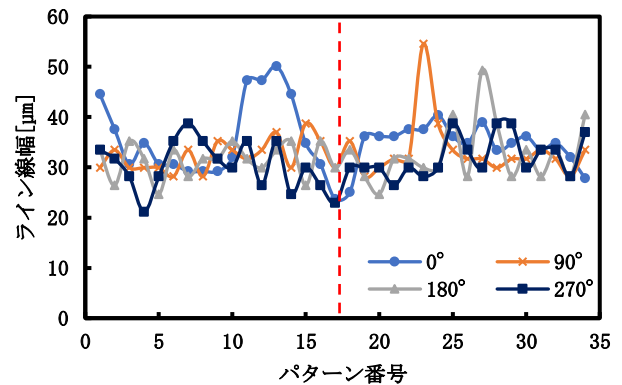


図 6 ラインパターンの線幅測定結果

4. 結言

マスクを静止させた状態で直径 $160\mu\text{m}$ の針状円柱試料を回転させながら露光し、マスク上で $25\mu\text{m}$ のラインアンドスペースパターンを転写することができた。しかし、露光時のピント調整や、光強度の不均一性の問題から転写範囲の中心 2mm の範囲にはパターンを転写することができなかった。今後は、照射範囲全面にパターンの転写をできるように露光条件のさらなる追い込みを行い、マスクも移動する本来の同期スキャンにつなげていきたい。

参考文献

- 1) T. Horiuchi, H. Takahashi, H. Kobayashi: "Fabrication of Meshed Pipes with a Diameter of $100\mu\text{m}$ and a Structure Composed of Fine Slit Arrays", 電気学会論文誌 A, **140**, 383-388 (2020)
- 2) T. Horiuchi, K. Ito, Y. Suzuki, A. Yanagida, and H. Kobayashi: "Fabrication of Stent-Like Mesh Structures Using Synchronized Scan Rotation Lithography and Wet Etching", J. Photopolym. Sci. Technol. **33**, 362-366 (2020)