

# 光渦同軸干渉光を利用したレーザー描画露光法における 位相差制御を用いた曲線レジストパターンの形成

## Curved resist pattern formation using phase difference control in laser photolithography using coaxial interference pattern of optical vortices

◦(M2) 膝附拓也<sup>1</sup>, 坂本盛嗣<sup>1</sup>, 野田浩平<sup>1</sup>, 佐々木友之<sup>1</sup>, 川月喜弘<sup>2</sup>, 筒井皇晶<sup>3</sup>, 小野浩司<sup>1</sup>

1. 長岡技科大, 2. 兵庫県立大, 3. 日産化学(株)

◦(M2) T. Hizatsuki<sup>1</sup>, M. Sakamoto<sup>1</sup>, K. Noda<sup>1</sup>, T. Sasaki<sup>1</sup>, N. Kawatsuki<sup>2</sup>, K. Tsutsui<sup>3</sup> and H. Ono<sup>1</sup>

1. Nagaoka University of Technology, 2. University of Hyogo, 3. Nissan Chemical CORPORATION

E-mail: onoh@nagaokaut.ac.jp

フォトリソグラフィは、金属構造の微細加工を要する電子・光デバイス開発において必要不可欠な技術である。フォトリソグラフィにおけるレーザー描画露光法では、描画プロセスを計算機上で設定することで任意の感光パターンをレジストに加工できるが、感光パターンの空間分解能が光の回折限界に制約されてしまうため微細化に制限がある。このレーザー描画露光法での光の回折限界の問題を克服できれば、解像度と柔軟性の両面で優れたフォトリソグラフィが実現できる。そこで我々は先の研究で、光渦の同軸干渉光を利用した新しいレーザー描画露光法を提案した<sup>[1]</sup>。この手法は、光渦の同軸干渉光の中心暗線部分を用いることで、回折限界よりも微細な構造の形成が可能である。さらに、露光エネルギーを増大させることで、原理上は無限小の細線加工ができるという特徴を有する。先の報告では本手法を用いて、回折限界以下の線幅の直線パターンの金属構造を形成することに成功した。今回我々は、干渉させる2つの光渦成分間の位相差制御を用いて回折限界以下の線幅の曲線レジストパターンの形成に成功したので報告する。

実験で用いた光学系を Fig.1 に示す。本光学系では、He-Cd レーザーから照射された直線偏光の gaussian 光を半波長板(HWP)に入射したのちに、軸対称半波長板(AHP)に入射させる。AHP は直線偏光を構成する右回りと左回りの円偏光成分をそれぞれ逆周りの円偏光へと変換するとともに、各々のトポロジカルチャージ  $\ell$  を1増減させて光渦に変換する機能がある。これらの光渦を偏光子で干渉させることで光渦同軸干渉光を生成し、レンズで集光して X-Y ステージ上のサンプルへと照射した。このとき照射する光渦干渉パターンは、Fig.2 に示すように干渉するそれぞれの光渦成分間の位相差  $\delta$  によって連続的に回転し、その位相差  $\delta$  は半波長板の主軸の回転方位によって連続的に制御できる。この半波長板の回転制御と X-Y ステージの曲線動作を同期させることで、曲線パターンの描画を行った。

短軸半径 2mm、長軸半径 4mm の楕円パターンを描画し、現像を行ったレジストの顕微鏡画像を Fig. 3 に示す。光渦同軸干渉光の中心暗線部分によって形成される未露光領域の線幅を干渉顕微鏡で測定したところ、約  $4.9\mu\text{m}$  であった。本実験条件であるレーザー波長  $\lambda = 325\text{nm}$ 、集光レンズ  $\text{NA} = 0.017$  から今回用いた光学系における gaussian 光の回折限界のビーム径を算出すると、約  $12.4\mu\text{m}$  となる。従って、光渦同軸干渉光を用いた描画露光法において、光渦成分間の位相差制御を用いて回折限界以下の線幅の曲線レジストパターンの形成に成功した。

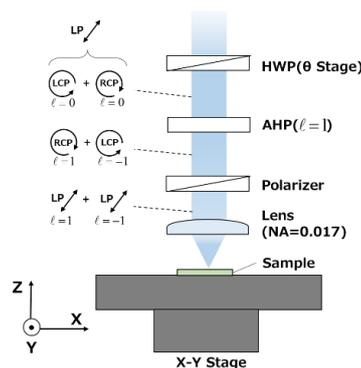


Fig.1 Schematic illustration of drawing system.

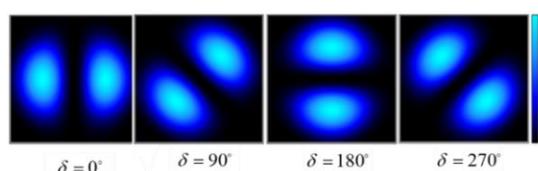


Fig.2 Rotation of optical vortices interference pattern by phase difference control.

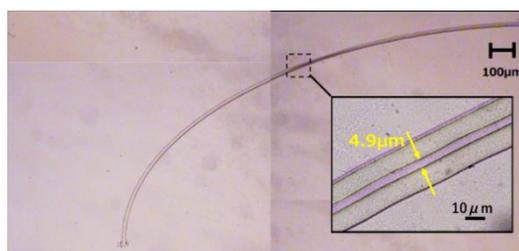


Fig.3 Microscope image of fabricated photoresist structure.

[1] M.Sakamoto et al., Appl. Phys. Lett. **112**, 021106 (2018).