

電子線リソグラフィによる SiO₂ 基板上的の 回折光学素子構造の試作

黒内 正仁, 安井 学, 塩尻 大士, 金子 智 (電子技術部電子材料グループ)

1. はじめに

回折光学素子(DOE: Diffractive Optical Element)は光の回折現象を利用した光学素子であり, 光計測や情報通信分野への応用が期待されている¹⁾。電子線描画はレーザービーム直接描画や光リソグラフィよりパターンサイズの小さい DOE を作成するのに適した方法であるが, 電子線レジストの感度特性や近接効果によりパターン形成の影響を受けると考えられる。前回の報告では Si 基板上に簡易的な方法でドーズ量を補正する方法について検討し, 溝の断面形状が鋸歯状である回折格子(ブレード回折格子)パターンの試作を行った²⁾。今回は同様の手法を用いて透明で絶縁性の基板である SiO₂ ガラス基板上にブレード回折格子パターンの試作を行ったので報告する。

2. 実験及び結果

補正に用いる電子線レジストの感度特性を調べるため, PMMA 系ポジ型電子線レジスト gL1000 を約 500nm の膜厚で SiO₂ ガラス基板上に塗布した試料を用意し, 帯電防止膜 Elecra92 を塗布した上で, 電子線描画装置 (ELIONIX 社製, ELS-S50) を用いて加速電圧 50kV にてコントラストカーブ評価用のパターン(矩形 100 μ m \square)を描画した。描画後は現像液(MIBK:IPA = 1:3)に 1 分間浸漬して, 現像を行った後, 描画パターン位置での膜厚を触針式段差計(小坂研究所社製, ET4000AKR)で測定を行い,

電子線レジスト gL1000 の感度特性を調べた。得られたレジストの感度特性は図 1 に示す結果となった。Si 基板と比べて, SiO₂ ガラス基板上的の描画ではしきい値 E_{th} が低ドーズ側にシフトしており, 基板材料の影響が見られた。しかし, SiO₂ ガラス基板上的のコントラストカーブは Si 基板の場合と同様に指数関数を用いた近似曲線でフィッティングが良好に行われることが確認できた。

次にステップ幅 2 μ m とした 8 段階のステップパターンを 20 μ m 周期で作成して, 微細形状における感度特性を確認した。前回の報告で使用した評価項目を図 2 に示す。ステップ深さは未描画部分の膜厚と描画後の膜厚の差に対応するが, 図 2 の深さプロファイルに示すような等間隔な段差をもつ段差形状が得られるように i 番目のステップのドーズ量は図 1 のコントラストカーブからステップ深さに対応するドーズ量 D_i を選択して, $D_1 \sim D_7$ までの組み合わせの基準パターンを設定した。また, この基準パターンのドーズ量を 0.95 \sim 1.1 倍としたパターンも形成し, 得られたパターンのステップ深さ h_i について, AFM(セイコー電子工業社製, SPA-300/SPI-3800)で測定した。この深さ h_i から図 1 により対応するドーズ量(堆積ドーズ量) D_e を換算して, 描画条件 D_i と平均ドーズ量 D_a と比較を行った。

その結果, 図 3 に示すように D_i , D_a , D_e は 1 次平面で

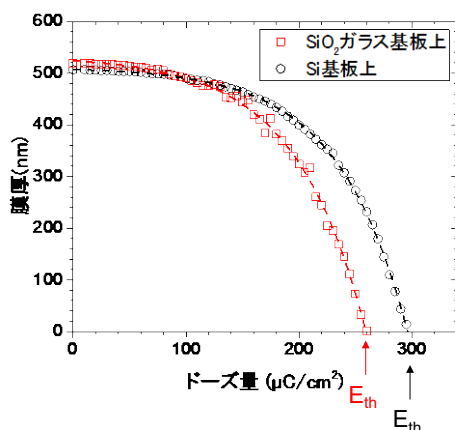


図 1 PMMA 系電子線レジスト gL1000 のコントラストカーブとフィッティング曲線

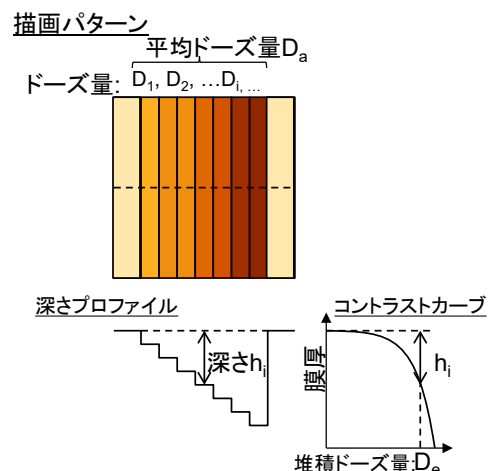


図 2 電子線描画のドーズ量補正の評価項目

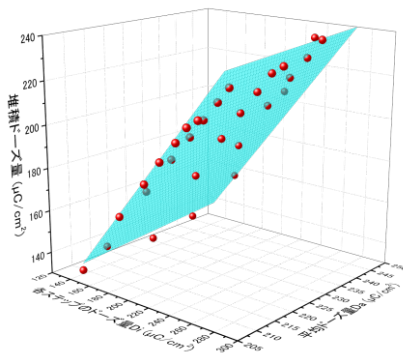


図3 SiO₂基板上におけるステップパターンの各ステップのドーズ量 D_i , パターンの平均ドーズ量 D_a と堆積ドーズ量 D_e の関係

近似できることが確認でき、Si基板の場合と同様にSiO₂基板上の描画においてもドーズ量の補正が各ステップのドーズ量 D_i , パターンの平均ドーズ量 D_a で簡便に行えることが分かった。

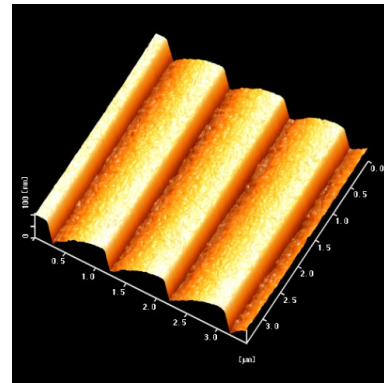
上記の簡易的な補正方法を利用し、SiO₂ガラス基板上に900nmピッチのブレード回折格子パターンの試作を行った。比較のため、ドーズ量の感度補正なしのパターンと、図1に示す感度補正を適用したパターンも作製した。AFMで測定した作製したパターンの表面形状を図4, その断面プロファイルを図5に示す。レジストの感度補正なしのパターンでは図4(a)に示すように斜面部分に歪が生じ、図1に示すレジストの感度補正を適用したパターンは図4(b)のようになり、傾斜部分の歪は改善されていたが、深い部分で若干の歪が残った。図3に示すステップパターン全体のドーズ量を利用する簡便な補正を適用したパターンは図4(c)のようになり、斜面全体にわたって歪が改善されていることが確認でき、この簡便な補正方法を用いることで、SiO₂基板上に歪が小さいブレード回折格子構造を作製できることが確認できた。

3. まとめ

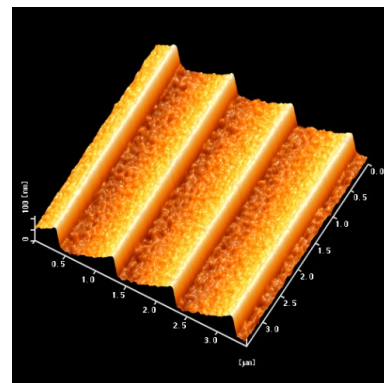
電子線描画によるDOEの試作のため、Si基板上で報告したドーズ量の簡易的な補正方法をSiO₂基板上の電子線描画において試みた。その結果、Si基板の場合と同様に傾斜部の歪が小さいブレードパターンを形成することができることが確認できた。

【参考文献】

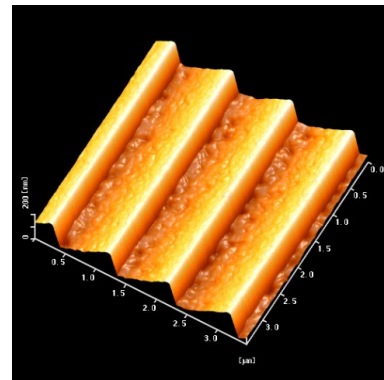
1. 小舘 香椎子, 神谷 武志, 折光学素子の数値解析とその応用, 179-208 (2011).
2. 黒内 正仁, 安井 学, 金子 智, KISTEC 研究報告 2023 (2023) p13.



(a)レジスト感度の補正なし



(b)レジスト感度の補正のみ



(c)レジスト感度の補正とドーズ量補正適用

図4 SiO₂基板上に試作したブレード回折格子構造

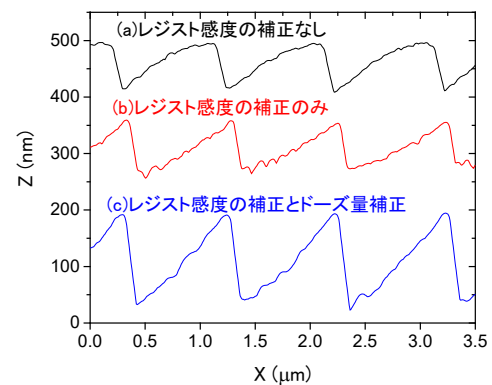


図5 AFMで測定した断面プロファイル