

電子線描画装置を用いた加速電圧 50kV での 逆テーパ形状レジストパターンの形成

黒内 正仁、安井 学、金子 智(電子技術部 電子材料グループ)

1. はじめに

電子線リソグラフィはフォトリソグラフィの微細限界以下のサイズのパターン形成が可能である。研究開発用途の直接描画によるパターン形成の他、高精細フォトマスクの作製やナノインプリントの原盤作製に利用され、応用面において重要な微細加工技術である。また、リフトオフは化合物半導体の高周波トランジスタなどの極微細パターンを有するデバイスの研究や試作の場面で利用されているパターン形成方法であり、リフトオフ加工を容易にするために 2 層レジスト構造からなるオーバーハング構造を有するレジストパターンが用いられる。同様に逆テーパ形状のレジストパターンもリフトオフ加工に有益であり、高密度パターンの形成に有利であると考えられる。電子線描画では、逆テーパ形状レジストは高ドーズで短い現像時間の条件で形成され²⁾、電子線の前方散乱の到達距離 σ_f が長い 10~20kV 程度の低い加速電圧条件³⁾が有利と考えられる。一方で、50kV の加速電圧で逆テーパ形状レジストができれば、高精細パターン形成や装置の安定した運用の面で利点がある。そこで、高加速電圧(50kV)条件下での逆テーパ形状レジストの形成を試みたので、その結果を報告する。

2. 実験

3 インチシリコン基板上にポジ型の電子線レジスト(日本ゼオン社製、ZEP-520A)を約 500nm の厚さで塗布した試料に電子線描画装置(ELIONIX 社製、ELS-S50)でハーフピッチ 300nm のラインアンドスペースパターンを形成した。電子線描画は 50kV の加速電圧で行い、ドーズ量は 120~320 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ とした。高ドーズによる感光領域の広がりを補償するために描画に用いたパターンの描画領域幅に対するバイアスを図 1 に示すように設定して、バイアス量を 0~60nm とした。電子線描画後、現像液 ZED-N50(日本ゼオン社)に 30 秒浸漬した後、2-プロパノールに 10 秒リンスをして、N2 ブローを行うことで短い現像処理をした。SEM のトップビュー観察を行い、開口部幅を測定して 1:1 パターンとなる描画条件を調べた。得られた 1:1 パターンの描画条件を使用してパターン長さを 1mm とした断面観察用試料を作製した。断面観察用試料を劈開して、Pt コートによるチャージアップ防止の処置をして、SEM 装置(日本電子社製、JSM-7800F Prime)で断面観察を行った。断面 SEM 観察時の加速電圧は 5kV とした。

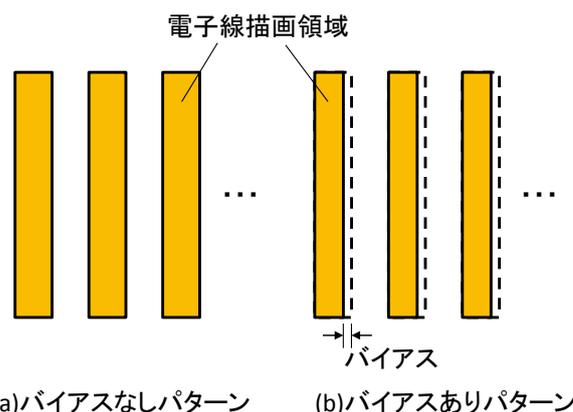


図 1 高ドーズ描画による描画領域を補償するバイアスをいれたラインの描画パターン

表 1 線幅 300nm のラインアンドスペースパターンのバイアス量と 1:1 パターンが得られるドーズ量の関係

バイアス量 (nm)	ドーズ量 ($\mu\text{C}/\text{cm}^2$)
0	150
20	200
40	250
60	300

また、作製した逆テーパレジストを用いて、Pt のラインパターンをリフトオフ法でパターン形成を行った。Pt 膜は電子線ビーム蒸着法で成膜を行い、Pt の密着性を上げるために Ni 層を Pt 層の下地に用いて成膜した。作製したパターンは SEM 観察を行った。

3. 結果と考察

SEM のトップビュー観察を行い、開口部幅を測定して 1:1 パターンとなる描画条件を調べたところ、それぞれのバイアス値において 1:1 パターンが形成されるドーズ量の条件は表 1 に示す結果となった。

図 2 に 1:1 パターンの形成条件で作製したレジストパターンの断面 SEM 像を示す。(a)バイアス値 0nm、低ドーズのときにパターン形状は垂直形状となる一方で、(d)バイアス値 40nm、高ドーズで作製したパターンは逆テーパ形状が形成されていることがわかる。また、その中間条件に

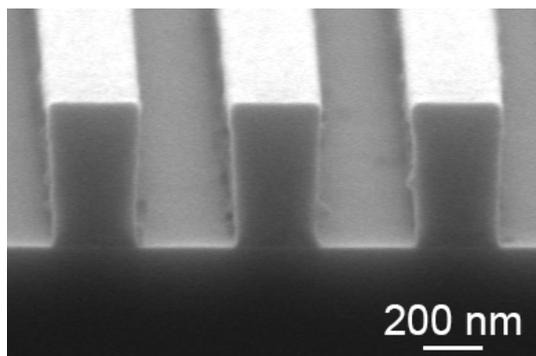
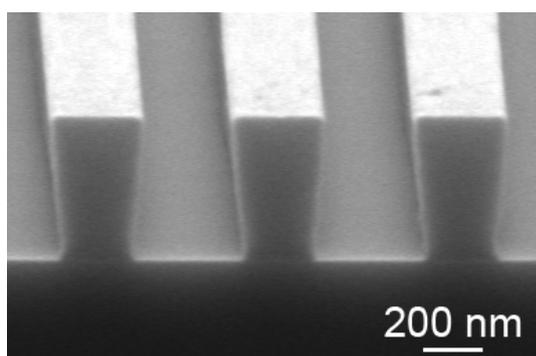
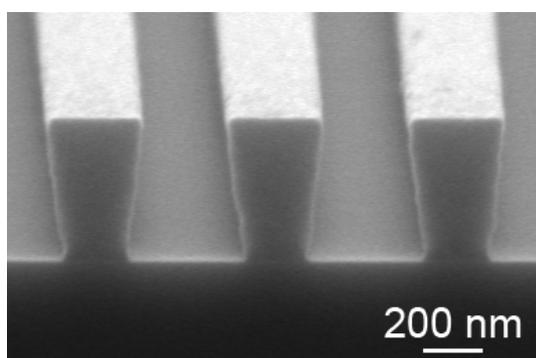
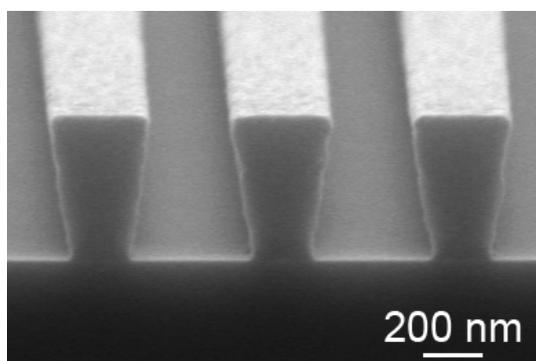
(a) 150 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, バイアス 0nm(b) 200 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, バイアス 20nm(c) 250 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, バイアス 40nm(d) 300 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, バイアス 60nm

図2 電子線レジストパターンの断面 SEM 像

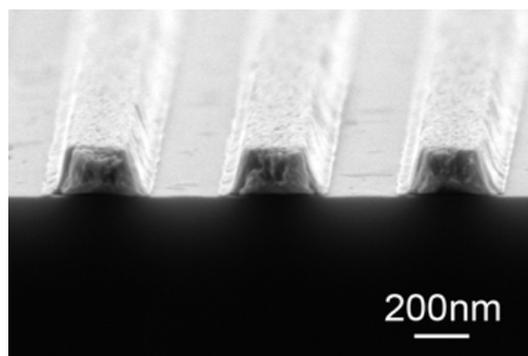


図3 逆テーパ状レジストパターンを利用してリフトオフ加工によって作成した Pt ラインパターン

については徐々に逆テーパの傾斜角が変化していることが確認できた。つまり、レジストの逆テーパ形状は描画領域幅のバイアス量とドーズ量によって制御可能であることが分かる。

図3に逆テーパレジストパターンを用いたリフトオフ法によって Pt/Ni ラインパターンを形成した結果を示す。線幅 300nm のラインアンドスペースパターンが形成されていることが確認できる。

上記の結果から、リフトオフ加工に有益な逆テーパ形状を有するハーフピッチ 300nm のレジストパターンの形成が 50kV の加速電圧についても形成可能であり、逆テーパ形状が描画条件で制御可能であることが確認できた。

4. まとめ

加速電圧 50kV での電子線描画でリフトオフ加工に適した逆テーパ形状をもつレジストパターンの形成条件を調べた。線幅 300nm のラインアンドスペースパターンを高ドーズで描画して、短い現像処理を行った結果、逆テーパ形状を有する電子線レジストパターンが形成されたことを断面 SEM で確認した。また、作製したレジストパターンを用いてリフトオフ加工を行い、線幅 300nm での Pt のラインアンドスペースパターンが形成できることを確認した。

【参考文献】

1. 応用物理学会編, “超微細加工技術”, オーム社, P.77 (1997).
2. <http://nanolithography.gatech.edu/proximity.pdf>
3. T. Takigawa, H. Wada, Y. Ogawa, R. Yoshikawa, I. Mori, and T. Abe., J. Vac. Sci. Technol. B **9**, 2981 (1991).

【外部発表】 口頭発表 1 件