

# 電子線レジストパターンの断面 SEM 観察条件の検討

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パターン形成が可能であり、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。

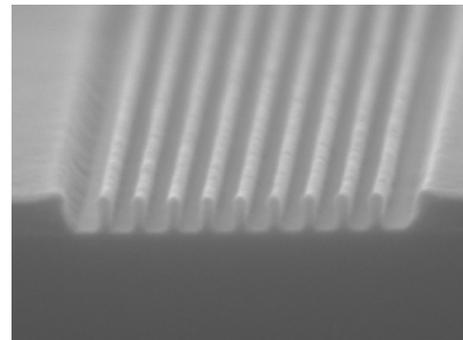
このような微細加工ではレジストパターンが用いられるが、レジストの断面形状は後工程のエッチング等で転写特性に影響を与えるために矩形性<sup>2)</sup>やアスペクト比などの項目が評価されている。また、極微細パターンでは正常に形成できる条件の窓が狭くなっていくため、レジストパターンが正常に形成されているかを断面形状から確認することが好ましい。ところが、電子線リソグラフィで形成した電子線レジストパターンは数十ナノメートルと非常に小さいサイズである上に絶縁性材料であることから、SEM(Scanning Electron Microscope)観察の難易度は高い。そこで、電子線レジストの断面の観察に適した条件を検討したので、その事例を紹介する。

## 2. 実験

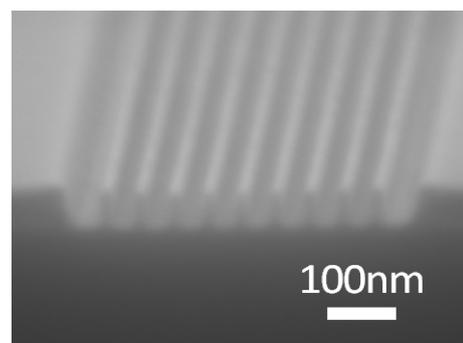
3 インチシリコン基板上にポジ型の電子線レジスト(日本ゼオン社製、ZEP-520A)を約 80nm の厚さで塗布した試料に電子線描画装置(ELIONIX 社製、ELS-S50)でハーフピッチ 25nm のラインアンドスペースパターンを形成した。その後、作製した試料を劈開して断面観察用試料を作製した。試料を観察前に Pt コートを行い、SEM 装置(日本電子社製、JSM-7800F Prime)で断面観察を行った。観察条件は標準的な加速電圧である 15kV と、これより低い加速電圧である 5kV とした。また、5kV において、照射電流の依存性を検討した。照射電流は SEM 装置にある照射電流を段階的に調整する機能を利用して変えた。

## 3. 結果と考察

標準的な観察条件において加速電圧を 15kV としたときの SEM 像を図 1(a)に示す。レジスト線のエッジに注目すると、エッジ荒れによる微細な構造が観察できるが、レジスト線部およびレジスト膜部の断面において、端面が白くなるコントラスト異常がみられた。次に、加速電圧を 5kV としたときの SEM 像を図 1(b)に示す。前述のコントラスト異常は、この観察条件では抑制できていることが確認できるが、その一方で SEM 像は全体的にぼやける結果となり、奥手方向に伸びるレジスト側面にみられるエッジ荒れに関連した細かい構造は明瞭に観察することはできなかった。



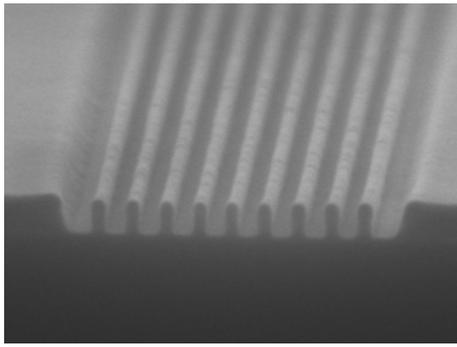
(a) 加速電圧 15kV



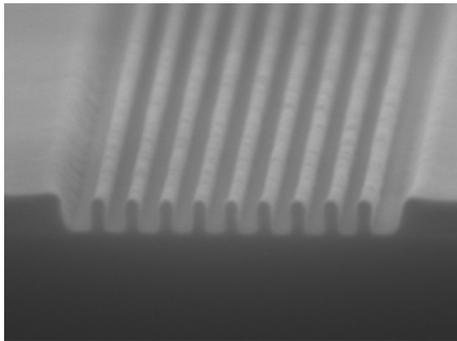
(b) 加速電圧 5kV

図 1 電子線レジストのハーフピッチ 25nm ラインアンドスペースパターン観察の加速電圧依存性

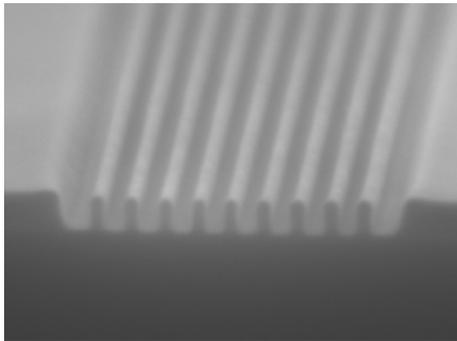
さらに、加速電圧 5kV において、照射電流の依存性を調べた。図 1(b)に示す標準条件での照射電流(300pA 相当)から、照射電流を小さくした SEM 像を図 2 に示す。照射電流を下げるにつれて、SEM 像全体は明瞭になる傾向がみられた。SEM 像の明瞭さは図 2(a-b)に示すように照射電流が 40pA 相当であるときと 13pA 相当であるときで変化しなくなり、加速電圧 15kV で観察したとき(図 1(a))と同等の微細構造がみられるようになった。良好な観察ができた理由は照射電流を小さくしたことによって、チャージアップが低減したことやプローブ径が小さくなった<sup>3)</sup>ことが考えられる。照射電流が 9pA 相当以下のときについては、照射電流が低くバックグラウンドのノイズが多くなり、フォーカス合わせが困難となった。以上の結果から観察に適した照射電流の条件は 13pA 相当と 40pA 相当であることが分かった。



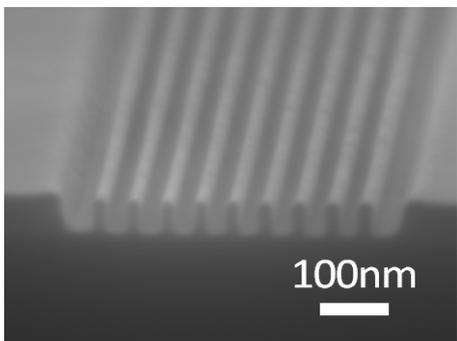
(a)照射電流 13pA 相当



(b)照射電流 39pA 相当



(c)照射電流 81pA 相当



(d)照射電流 130pA 相当

図 2 電子線レジストのハーフピッチ 25nm ラインアンドスペースパターン観察の照射電流依存性

#### 4. まとめ

電子線レジストの極微細パターンの断面 SEM 観察条件を検討した。高加速電圧時に見られるコントラスト異常を抑制する低い加速電圧の条件では照射電流が装置の標準条件のときは像のぼけが見られた。照射電流を低くしていくと、像の鮮明さが改善していく様子が確認でき、観察に適した照射電流は 13pA 相当もしくは 40pA 相当であることが分かった。

#### 【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. 扇子 義久, 関口 淳, 電子情報通信学会論文誌. C, エレクトロニクス, **86** (12), 1350-1359 (2003).
3. 日本電子顕微鏡学会編, “走査電子顕微鏡 -基礎と応用-”, 共立出版, P.46 (1976).