

電子線リソグラフィによるハーフピッチ 40nm の ラインアンドスペースパターンの作製

電子技術部 電子材料チーム 黒 内 正 仁
安 井 学
金 子 智

電子線リソグラフィによってポジ型電子線レジストである gL2000 (Gluon Lab 社製)を約 160 nm の膜厚で塗布した試料に対して、ラインアンドスペースパターンの描画条件を調べた。この膜厚において、ハーフピッチ 40 nm が今回の実験で形成できる大きさの限界であった。ハーフピッチ 40 nm のパターンに関して、開口部幅がハーフピッチの値と同等になるドーズ量条件を電子線描画領域と間隔の比率を揃えたときと電子線描画領域を 30 nm、間隔を 50 nm としたときについて確認した。

キーワード：電子線リソグラフィ，ラインアンドスペースパターン，近接効果補正

1 はじめに

電子線リソグラフィは半導体素子を作製する上で重要な微細パターン形成方法であり、フォトマスクやナノインプリントの原盤の作製に活用されている他、数十、数百 nm レベルのサイズを必要とする素子の試作などに用いられている¹⁾。電子線リソグラフィでは微細なパターンを形成するときに、近接効果²⁾の影響によって、描画した図形と実際に形成される構造体の間でサイズの差が生じやすく、描画条件の予想が難しいという課題があり、その効果はパターンサイズを数十 nm レベルまで小さくすると顕著に現れる。

前回の報告³⁾ではハーフピッチ 100 nm のラインアンドスペースパターンの試作例について調べたが、今回は微細化に向けてハーフピッチ 100 nm 以下のパターンについて調べたので報告する。

2 実験方法

3 インチシリコン基板上にポジ型の電子線レジスト (GluonLab 社, gL2000)を当研究所で一般的に用いている膜厚である約 160 nm で塗布した試料に電子線描画装置(エリオニクス社製, ELS-S50)でハーフピッチ 30 nm と 40 nm のラインアンドスペースパターンを描画した。ポジ型の電子線レジストでは電子線を描画して感光した領域が現像処理の際に溶解して開口部が形成されるため、開口部が電子線の散乱などにより広がる可能性がある。そこで、描画パターンには描画領域に対応する線の幅 L とその間隔 S についてその比が 1:1 とした他に、形成されるパターンの開

口部の幅が過大にならないように L を減らす調整をした。電子線リソグラフィの描画時の加速電圧は 50 kV であり、ビーム電流は 20 pA とした。ドーズ量は約 116 ~ 198 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の範囲で設定した。描画後に試料を α -キシレンに 2 分間、次にイソプロピルアルコールに 1 分間浸漬した後に窒素ブローで薬液を除去することで現像処理を行った。作製した試料は電子線描画装置に搭載されている走査型電子顕微鏡 (SEM: Scanning Electron Microscope) 観察機能を用いて、パターンを観察した。

3 結果

ハーフピッチ 30 nm のパターンについては L を調整したパターンを含めて様々なドーズ量においてパターンを観察したが、正常なパターンを得ることができなかった。そのため、今回の膜厚の電子線レジストで形成できる大きさの限界はハーフピッチ 40 nm 近傍と考えられる。

ハーフピッチ 40 nm のラインアンドスペースパターンについて、L:S の比率を 1:1 としたパターンに対しての様々なドーズ量における SEM 像を図 1 に示す。露光不足と露光過多(パターン倒れ等)がみられる領域の間で図 1(c)と(d)においてパターンが良好に形成されていることが確認された。図 1(e)と(f)で見られるパターン倒れは露光過多でレジストパターンが細くなり、現像処理時の表面張力⁴⁾に耐えられなくなったために生じたと思われる。

同様の検討を L:S の比率を変えたパターンについて行った結果の概略は図 2 に示す結果となった。L を小さくするにつれて、パターンを良好に形成できる範囲の幅は広がった。露光不足によって残渣が発生した領域とパターンが

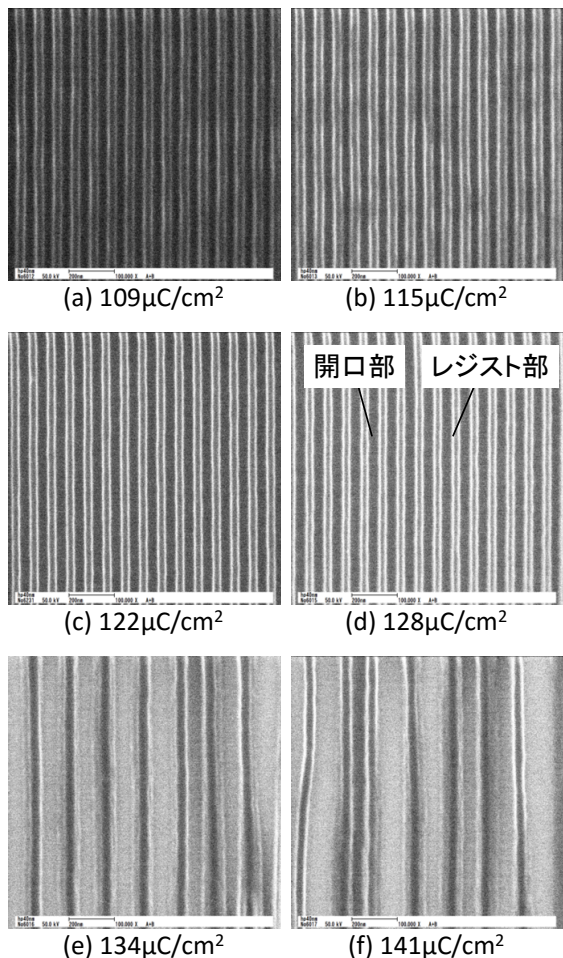


図1 ハーフピッチ 40 nm のラインアンドスペースパターンの様々なドーズ量における SEM 像

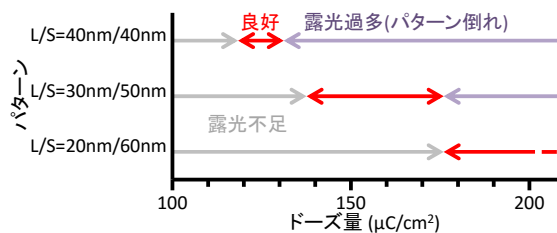


図2 作製したハーフピッチ 40 nm ラインアンドスペースパターンの形成結果の概略

良好に形成された領域との境界は L を小さくするにつれて高ドーズ側にシフトしている様子がみられ、これは近接効果の影響と思われる。

次に、パターンが良好に形成された条件について、パターンの開口部の幅とドーズ量との関係を調べた結果を図3に示す。開口部幅がハーフピッチの値と同等になるドーズ量条件は L/S = 40 nm / 40 nm のときは 122 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ となり、L/S = 30 nm / 50 nm のときは 173 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ となることが分かった。

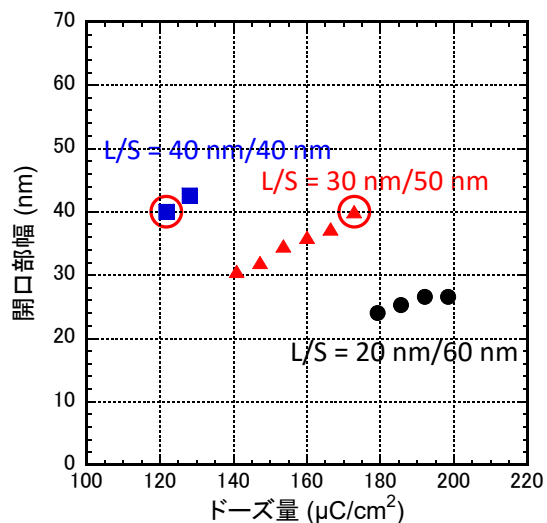


図3 ハーフピッチ 40 nm のラインアンドスペースパターンのドーズ量と開口部幅の関係

今回は膜厚 160 nm の電子線レジストにおける限界解像度に近いハーフピッチ 40 nm のラインアンドスペースパターンを検討したが、これよりもサイズが小さいパターンを形成するためには、現像処理時の表面張力によるパターン倒れを抑制するためにレジスト膜厚を減らすなどの工夫が必要と思われる。

4 まとめ

電子線描画装置を用いて膜厚 160 nm の電子線レジストに対して限界解像度に近いハーフピッチ 40 nm のラインアンドスペースパターンの試作を行った。その結果、L:S の比率を 1:1 としたパターンと L を小さくしたパターンにおいて、開口部幅がハーフピッチと同等となる描画条件が得られた。

文献

- 1) 応用物理学会編/徳山巍編著, “超微細加工技術”, オーム社, P. 79.
- 2) 応用物理学会編/徳山巍編著, “超微細加工技術”, オーム社, P. 120.
- 3) 黒内他, 神奈川県産業技術センター研究報告, 22, 55 (2016).
- 4) 応用物理学会編/徳山巍編著, “超微細加工技術”, オーム社, P. 68.