

課題番号 : F-18-TU-0053
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 次世代電子線レジスト開発のための ELS-G125 描画条件の影響調査
 Program Title (English) : A study of ELS-G125 exposure conditions for a new EB resist development
 利用者名(日本語) : 小林英雄, 井山博雅
 Username (English) : H. Kobayashi, H. Iyama
 所属名(日本語) : HOYA 株式会社ブランク事業部
 Affiliation (English) : HOYA Group, Blanks Division
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、EB 描画装置、ブランキング周波数、ビームステップサイズ、電流値

1. 概要(Summary)

次世代電子線描画用レジストの開発にあたり、描画条件のレジストパターンの仕上がりへの影響を予め把握しておくことは不可欠である。今回、EB 描画装置 ELS-G125S における高速化のための改造工事に伴い、その前後での「改造の効果」を検証する機会を得た。改造では、ブランキング周波数の高速化(16.6 MHz→100 MHz)により、より大電流値を用いた(=高速な)描画が可能となった。また、より小さなフィールドサイズ(FS)と、より多くのドット数(Dot)の選択が可能となり、即ち、より小さな BSS(Beam Step Size)を用いた描画が可能となった。

新たに利用可能になった描画条件を用い、描画速度の高速化、パターン品質につき、その効果を観た。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

EB 描画装置 エリオニクス ELS-G125S

【実験方法】

α -クロロアクリル酸メチルと α -メチルスチレンの共重合体のアニソール溶液からなるレジストを回転塗布し、190℃で10分間バーク処理し、膜厚40nmのブランクを作製した。合成石英からなる ϕ 6インチウェハの主表面にCrN膜を略2.5nmに成膜し、試料基板に用いた。

上記ウェハに、20nm Ls(Line & space)パターンを25 μ m角領域に描画した。ELS-G125S(加速電圧130kV)にて、FSとDotの組み合わせを選び、使用するBSSを決定した。その後、露光量を200~400 μ C/cm²(10 μ C/cm²間隔、計21チップ)に設定できるように、電流値を計算して調整し、Dose Timeを設定した。

ここで、マスク描画装置(加速電圧50kV)との比較を容易にするため、上記露光量200~400 μ C/cm²は、加速電圧50kVでの換算値である。また、描画領域25 μ m

角は、加速電圧130kVにて、その中央部分で後方散乱の影響が飽和する描画面積である。即ち、当該中央部分のレジストパターンの仕上がり寸法を測定することで、より大面積を描画して、描画領域全域において、後方散乱が飽和した場合に相当する結果(寸法値=CD値)を得ることが可能となる。これは、レジストの感度(必要露光量)を決定する評価実験をより効率よく実現する手段である。

現像液には、2種類の酢酸エステルを混合液を用いた。より詳しくは、分子内の炭素原子数が比較的多い酢酸エステルと少ない酢酸エステルとの混合液である。前者は、高いパターン品質を、後者は高い感度を提供する。前者に対し後者の添加量を増して行き、パターン品質が維持される限りにおいて、高感度化を図り、最適混合比を予め求めた。

現像は、前記パターンの描画を行った ϕ 6インチウェハを、上記現像液を用いて、60秒間、Spin-Spray処理した。その後、FE-SEMにてパターン観察し、画像処理ソフトを用いて、SEM画像からLERを計測した。

		周波数 MHz	FS μ m	Dot数 個	Bss nm	電流値 pA
改造前	①	16.6	150.0	60,000	2.5	81.25
改造後	②	100.0	100.0	50,000	2.0	2,080.00
	③	100.0	100.0	50,000	2.0	1,040.00
	④	100.0	100.0	200,000	0.5	130.00

Table 1: ELS-G125S exposure conditions before and after construction for a high speed writing

Table 1に、改造工事前後における「改造の効果」を検証するために用いた描画条件を示す。

改造前の、従来標準の描画条件では、設定可能な

BSS 最小値は 2.5 nm であった。ブランキング周波数は 16.6 MHz で、露光量を 200 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ から 10 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ 間隔として描画するには、電流値は最大で 81.25 pA にまでしか上げることはできなかった(条件①)。改造後、BSS 値を改造前(2.5 nm)と同程度にするために、FSは 100 μm 、Dot は 50,000 個を選択し、BSS 値は 2 nm とした。この際、使える最大電流値は 2.08 nA であった(条件②)。ここで、電流値を 2.08 nA まで上げると、改造前の 81.3 pA に対比し、ビーム径は明らかに大きくなってしまふ。(エリオニクス社提供のビーム径と電流設定値と関係より)そこで、電流値を半分の 1.04 nA とした描画も加えた(条件③)。最後に、設定可能な最小の BSS 値 0.5 nm を選択し、その効果を観た。この条件での電流値は 130 pA であり、改造前の電流値(81.25 pA)に比較的近い(条件④)。

なお、Dot 数は、20 万の他、50 万、100 万が設定可能であるが、この場合、電流値が 30 pA を下回り、描画を実行できなかった。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

前記描画条件①から④それぞれにつき、描画・現像した 20 nm Ls パターンにおいて、pinching 欠陥、bridge 欠陥、パターン倒れの発生がなく、実寸法がほぼ 1:1(ラインとスペースの寸法比)に仕上がっている露光量条件において、LER(Line Edge Roughness(3 σ 値))を求めた。その結果を Table 2 に示す。いずれの描画条件(①から④)においても、LER 値は 2.1 nm 台が得られた。

ここで、条件④では、BSS 値を 0.5 nm にまで微小化した。LER に対するその効果は観られなかった。これは、描画パターン寸法(20 nm ライン)に対比して、いずれの BSS 値も既に十分に小さいためと考えられる。

		周波数 MHz	Bss nm	電流値 pA	LER @ 20nmLs nm (3 σ)
改造前	①	16.6	2.5	81.3	2.19
	②	100.0	2.0	2,080.0	2.15
改造後	③	100.0	2.0	1,040.0	2.13
	④	100.0	0.5	130.0	2.18

Table 2: LER vs. exposure conditions

Table 3 に、LER と各種描画条件との関係を示す。前記描画条件①から④について、露光量 210 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ から 400 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ までの 20 チップを描画するに要した積算

描画時間である。

露光量範囲から 200 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ (1 チップ目)を除いて、描画ログから積算描画時間を求めた。1 チップ目の描画時間には、Xy ステージの描画位置への移動、フォーカス合わせに要した時間が含まれるためである。

改造前の条件①に対し、同じパターン(チップ構成)を描画する改造後の条件②、これに要した時間は 0.11 倍であった。即ち、描画速度は約 9.1 倍高速化した。また、電流値を半減しても(条件③)、描画時間は 0.15 倍で、約 6.7 倍高速化した。さらには、BSS 値を従来の 1/5 の 0.5 nm にまで微小化しても、0.75 倍の描画時間、約 1.3 倍の描画速度が実現されている。

		周波数 MHz	Bss nm	電流値 pA	積算描画時間 秒	
改造前	①	16.6	2.5	81.3	639.0	x1
	②	100.0	2.0	2,080.0	69.9	x0.11
改造後	③	100.0	2.0	1,040.0	93.3	x0.15
	④	100.0	0.5	130.0	476.9	x0.75

Table 3: Exposure time required per various exposure conditions

最後 Figure 1 に、描画条件①、②及び④の 20 nm Ls パターンの観察結果を載せる。

描画条件	①	②	④
20nmLs 290 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$	CD: 19.8nm LER: 2.19nm	CD: 19.6 LER: 2.15nm	CD: 19.6nm LER: 2.18nm

Figure 1: 20 nm Ls resist pattern per various exposure conditions

以上、高速化改造工事は、より大電流値(25.6 倍)での描画を可能とし、20 nm Ls において、パターン品質(解像性、LER)の劣化無く、約 9.1 倍の高速描画を実現した。

4. その他・特記事項(Others)

関連文献:2017 年度利用報告書:F-17-TU-0051

5. 論文・学会発表

なし

6. 関連特許

なし