

軟 X 線自由電子レーザーによるレジスト材料照射に関する研究

Study on Irradiation of Resist Materials by Soft X-ray Free-Electron Laser

*岡本 一将¹, 河合 俊平², 堀 成生², 井狩 優太¹, 前田 尚輝¹, 菅田 明宏¹, 古澤 孝弘¹,
錦野 将元³, 石野 雅彦³, ゴン タンフン³, 木下 博雄⁴

¹大阪大学, ²北海道大学, ³量研, ⁴兵庫県立大学

最新の半導体量産用リソグラフィ光源である極端紫外線(EUV)の高出力化のため、加速器ベースの自由電子レーザー (FEL) の開発が検討されている。期待される高フラックス光源の照射がレジスト材料の感度や耐性に与える影響を明らかにするため、理研 SACLA の軟 X 線 FEL を用いてレジスト材料の感度と耐性について調べた。

キーワード: EUV 自由電子レーザー (EUVFEL), レジスト材料, EUV リソグラフィ

1. 緒言

半導体量産用の製造技術の主要な 1 つであるリソグラフィは、長年にわたり半導体の集積化に向けて発展を遂げてきた。最新のリソグラフィ用露光装置として波長 13.5 nm の極端紫外線(EUV)技術の導入が開始され、今後もその発展が期待されている。スループットや解像性能向上のために、今後キロワット(kW)レベルの EUV 光源が必要となると予測され、X 線自由電子レーザー (XFEL) を現在のプラズマ光源に代わるものとしての検討も行われている。しかしながら波長 13.5 nm の EUVFEL を高フラックス、コヒーレンス光源をレジスト材料に露光した際の感度やアブレーションに対する影響は殆ど明らかにされていない。そこで、種々のレジストフィルムに対して EUVFEL 照射を行い、感度またはアブレーションに対する評価を行った。

2. 実験

SACLA (BL1) からの波長 13.5 nm の EUVFEL 光をシリコンウエハ上に成膜したレジストフィルム(化学増幅型(ポジ型)および非化学増幅型(ポジ型・ネガ型))に照射し、照射後あるいは現像後のパターン形状を測定した。現像前の初期レジスト膜厚は 100 nm 以上である。EUVFEL 光のエネルギーは 1 パルス当たり 10~40 μ J で、 $\phi = 150 \mu\text{m}$ 程度まで拡大し、強度は金属薄膜フィルター (Zr, Si) により調整した。

3. 結論

金属薄膜フィルターが無い場合には、レジストフィルムのアブレーションが起こるため、1%以下の強度まで減衰させて、感度評価を行った。PMMA や ZEP520A などのポジ型非化学増幅型レジストの場合には、EUVFEL 照射により高分子主鎖が分解して低分子量化し現像液に可溶となるが、EUVFEL 強度が高い方がトータルの照射量に対して現像パターン形状が小さくなる傾向が得られた。以前の XFEL 試験加速器の波長 61 nm の照射実験の結果を考慮すると[1]、高密度イオン化が誘起されるほど、高分子の架橋収量が増加し低分子化反応を阻害することが考えられる。一方ネガ型非化学増幅型レジストでは、EUVFEL 強度が強いほど現状パターン形状が大きくなり、矛盾しない結果であった。すなわち、ビームエネルギー密度変化によるレジスト高分子の架橋反応の効率の変化がレジスト感度に影響することが明らかとなった。

参考文献

[1] K. Okamoto et al, Appl. Phys. Express, 5 (2012) 096701.

*Kazumasa Okamoto¹, Shunpei Kawai², Shigeo Hori², Yuta Ikari¹, Naoki Maeda¹, Akihiro Maeda¹, Takahiro Kozawa¹, Masaharu Nishikino³, Masahiko Ishino³, Thanh-Hung Dinh³, Hiroo Kinoshita⁴

¹Osaka Univ., ²Hokkaido Univ., ³QST, ⁴Hyogo Pref. Univ.