

ネガ型フォトリソ SU-8 の電子線レジストへの応用

○藤本 美穂

東京科学大学リサーチインフラ・マネジメント機構コアファシリティセンターマイクロプロセス部門

1. はじめに

エポキシ樹脂ベースのネガ型フォトリソ SU-8 は電子線レジストとしても利用可能であるが、近接効果^[1]や現像前バーク (PEB) による架橋反応^[2]により、近接するパターン同士が結合しやすく、高密度のパターン形成が難しい。先行研究^[2]では、レジストの薄膜化と PEB 温度の調整により直径約 0.1 μm の周期的なピラーの作製に成功したと報告されている。

我々は近接効果および架橋反応に着目し、SU-8 の薄膜化と PEB 温度の調整により、電子線リソグラフィで SU-8 の 0.5 μm のラインアンドスペースパターンを作製したので報告する。

2. 実験方法

図 1 に、本実験の電子線リソグラフィの概略図を示す。また表 1 に電子線リソグラフィの条件を示す。厚さ 0.3 mm の Si(100)基板を 10×10 mm² に劈開して試料とした。レジストは SU-8 2002 を用いた。薄膜化する際は、SU-8 2002 と PGMEA を体積比で 4:1 になるよう希釈した。500 rpm で 10 秒間、2000 rpm で 30 秒間スピコートし、ホットプレート上でプリバークした。SU-8 2002 の膜厚は約 2.0 μm 、PGMEA で希釈した SU-8 2002 の膜厚は約 1.0 μm だった。

電子線リソグラフィを加速電圧 30 kV、ビーム電流 10 pA、ドーズ量 1 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ で行った。描画エリアは 500×500 μm^2 、解像度は 10000×10000 とした。WD は 8.1 mm に設定した。描画後の基板をホットプレート上で PEB^[2]を 60 秒間行い、SU-8 developer で 60 秒間現像後、電子線未照射の SU-8 が完全に溶解されるまで IPA でリンスした。0.5 μm のラインアンドスペースパターンを SEM 観察し、近接するラインパターンの結合や倒れの有無を確認し、パターンの結合や倒れがない条件を作製条件とした。

表 1 本実験で行った電子線リソグラフィの条件

| | SU-8 2002 | 4:1 (v/v) SU-8/PGMEA |
|--------|-----------------------------|----------------------|
| プリバーク | 65°C, 60 s → 95°C, 120 s | 110°C, 60 s |
| 加速電圧 | 30 kV | |
| ドーズ量 | 1 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ | |
| ビーム電流値 | 10 pA | |
| PEB | 57, 63, 69, 80°C | |
| 現像 | SU-8 developer, 60 s | |
| リンス | IPA | |

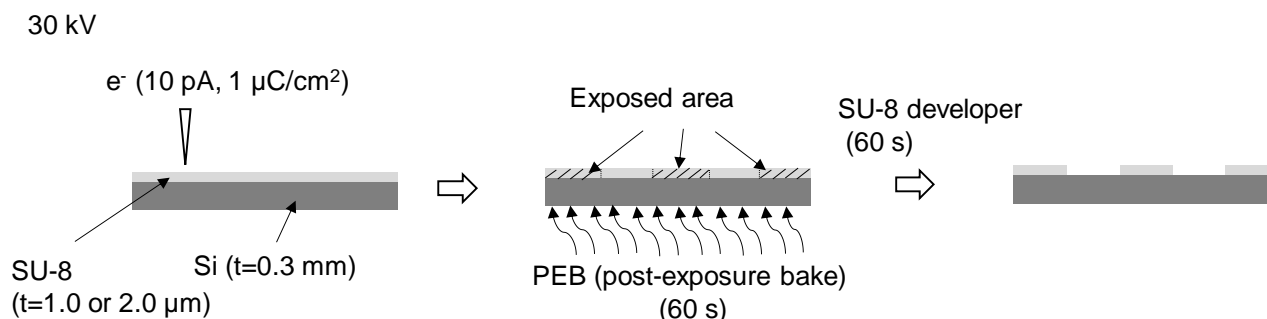


図 1 本実験の電子線リソグラフィの概略図

3. 結果と考察

図 2 に、膜厚 2.0 μm および 1.0 μm の SU-8 の 0.5 μm ラインアンドスペースパターンの SEM 像を示す。図 2 に示すように、膜厚 2.0 μm の SU-8 ではいずれの PEB 温度でも近接するラインパターンが結合していた。厚膜のレジスト中では多くの電子が散乱する^[2]ため、近接効果が原因と考えられる。したがって、膜厚 2.0 μm の SU-8 では 0.5 μm ラインアンドスペースパターンを作製できないことがわかった。

一方で図 2 に示すように、膜厚 1.0 μm の SU-8 では、いずれの PEB 温度でも近接するラインパターンは結合していなかったため、薄膜化により近接効果を抑制できたと考えられる。また、PEB 温度 80°C のみパターンが倒れていなかった。電子線が照射されたレジスト中で発生した酸は PEB により拡散されることで架橋反応を促進させる^[3]ため、膜厚 1.0 μm の SU-8 では、PEB 温度 80°C で 0.5 μm ラインアンドスペースパターンの作製に十分な架橋結合が形成されたと考えられる。

したがって図 2 の結果より、膜厚 1.0 μm 、PEB 温度 80°C のとき、電子線リソグラフィで SU-8 の 0.5 μm ラインアンドスペースパターンを作製できることがわかった。

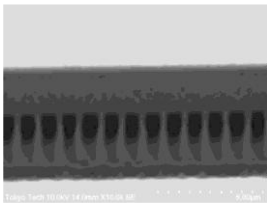
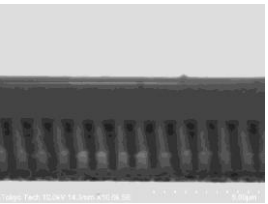
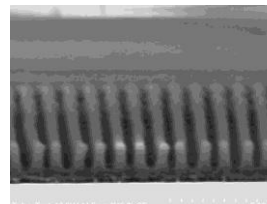
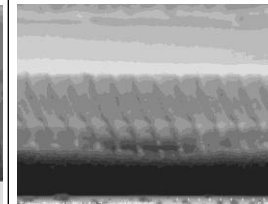
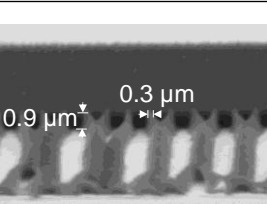
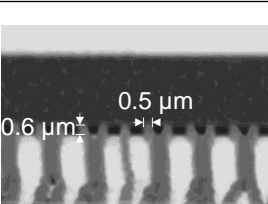
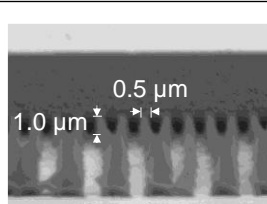
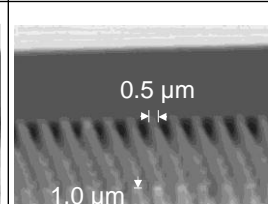
| PEB thickness | 57°C_1 min | 63°C_1 min | 69°C_1 min | 80°C_1 min |
|-------------------|---|---|--|---|
| 2.0 μm |  |  |  |  |
| 1.0 μm |  |  |  |  |

図 2 SU-8 のレジスト厚さと PEB 温度の関係

4. まとめと今後の展望

膜厚 1.0 μm 、PEB 温度 80°C で、電子線リソグラフィで SU-8 の 0.5 μm ラインアンドスペースパターンを作製することができた。今後は 0.5 μm よりも小さい寸法のパターンを作製できる膜厚や PEB 温度等の条件を最適化する予定である。

参考文献

- [1] J. Vinje *et al.*, *J. Microelectromech. S.*, Vol. 29, No. 2, 160-169 (2020)
- [2] M. Yasui *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **53**, 11RF03 (2014)
- [3] 佐々木実、電学論 E、131 巻, 1 号, pp. 2-7 (1996)

謝辞

本研究は、文科省先端基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム JPMXS0440200021）で共用した機器を利用した成果である。