プラズマ重合多層レジストのドライエッチング*

玉野順次**・市川正見**・森田慎三***・服部秀三**

(昭和58年12月6日 受理)

Dry Etching of Plasma Polymerized Multi-layer Resist*

Junji TAMANO**, Masami ICHIKAWA**,
Shinzo MORITA*** and Shuzo HATTORI**

(**Department of Electrical Engineering, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 464)

(***)Department of Electrical Engineering, Meijo University, Tenpaku-ku, Nagoya 468)

(Received December 6, 1983)

1. はじめに

著者らは、レジストの成膜と現像を、それぞれプラズマ重合とプラズマエッチングで行う真空リソグラフィを提案している¹⁾。

一般に、多層レジストは高感度、高解像度を有する^{2,3)}。現在までに著者らは、メタアクリル酸メチル(MMA)とテトラメチルスズ(TMT)の共重合膜(MMA+5%TMT)と、MMAとスチレンの共重合膜(MMA+50%S)との2層3周期構造のレジストで、約20 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の感度を得た²⁾。多重流入アフターグロー反応槽で成膜されたレジストは、各層の境界にエッチング速度の遅い堅い層(境界層)を形成する。この境界層が多層レジストの高感度化に有効な効果を示すことが判った⁴⁾。今回は、多層レジストの設計条件と、境界層の膜厚を厚くしたレジストのドライエッチングの結果を報告する。

2. 多層レジストの設計条件

プラズマエッチングを施すと、露光部レジストと同時に未露光部レジストがエッチングされる。残膜率を大きくするには、未露光部に対する露光部のエッチングレート比(相対エッチングレート)を大きくする必要があ

る。ここでFig. 1に示す2層レジストを考える。2層レジストの繰り返しを応用した多層レジストに関しても全く同じ考察ができる。

A層, B層, およびレジスト全体のエッチングレートをそれぞれ E_A, E_B, E とする。更に、描画後のエッチングレートをそれぞれ E_{DA}, E_{DB}, E_D とする。A層, B層の膜厚をそれぞれ d_A, d_B とすると、次の関係式が成り立つ。

$$E = \frac{d_A + d_B}{d_A/E_A + d_B/E_B} \quad (1)$$

$$E_D = \frac{d_A + d_B}{d_A/E_{DA} + d_B/E_{DB}} \quad (2)$$

従って、相対エッチングレートを評価する E_D/E は

$$\frac{E_D}{E} = \frac{E_{DA}E_{DB}(d_A E_B + d_B E_A)}{E_A E_B (d_A E_{DB} + d_B E_{DA})} \quad (3)$$

で表わされる。しかし、エッチング特性が折れ線であるため、露出部をエッチングする時間により相対エッチングレートがかなり異なることに注意する。(3)式に $E_{DB}/E_B=1.5, E_{DA}/E_A=5$ を代入して図示したのがFig. 2である。破線は E_{DA}/E_A の値を示しており、漸近線となっている。また E_D/E の最大値は E_{DB}/E_B であり、B層のみで成膜したレジストに相当する。

従来のレジストは、低照射量で描画された場合、相対エッチングレートは大きくない²⁾。それに比べて、境界

* 昭和58年11月2日 第24回真空に関する連合講演会で講演(2Ap-4)

** 名古屋大学工学部(名古屋市千種区不老町)

*** 名城大学理工学部(名古屋市天白区天白町八事裏山)

Fig. 1 Removed thickness versus etching time

層の相対エッチングレートの方が大きい⁴⁾。この境界層をB層と見なすことができる。しかし、境界層と同じ特性の膜のみを成膜するのは、プラズマ重合の制御が難しく、レジストとして必要な膜厚を得るのが困難である。また、プラズマエッチングは電子線照射と同じ作用(ポリマーの架橋又は切断)を及ぼす。従って、プラズマから保護し、膜厚を稼ぐ層が必要である。これをA層と見なすことができる。 E_D/E を大きくするには、(1) E_A/E_B を大きくする。(2) d_A/d_B を小さくする。すなわち、B層のエッチングレートを低く、膜厚を厚くすれば良いことがわかる。

ここで、(1)未露光部のA層のエッチングレートはB層に比べて大きい。 $(E_A \gg E_B)$ 、(2)露光部のA層のエッチングレートはB層とほぼ等しい。 $(E_{DA} \approx E_{DB})$ を仮定すると、(3)式は、

$$\frac{E_D}{E} = \left(1 + \frac{t_B}{t_A}\right) \frac{E_{DA}}{E_A} \quad (4)$$

となる。ここで t_A , t_B は、Fig. 1 に示されたA層、B層の未露光部のエッチングに要する時間である。(4)式を図示したのが Fig. 3 である。

たとえば、残膜率を70~80%得るに必要に E_D/E の値は4~5程度である。一方、縦軸の E_{DA}/E_A は、低照射量の領域においてさほど大きくなく、2より小さい値となる。従って、 t_B/t_A 値が2程度必要なことがわかる。

3. 有機シランを境界層に成膜した多層レジスト

境界層に、耐プラズマエッチング性の高いジメチルビニルクロシラン (DMVCS) を成膜し、 t_B/t_A の値を大きくした。このレジストの成膜は以下の条件で、多重流入アフターグロー反応槽で行った。キャリアガス、ガス流量、放電周波数及び放電電力は、それぞれ、アルゴンガス、500 SCCM、13.56 MHz、20 W である。最初に、

Fig. 2 Etching rate ratio versus film thickness ratio for each layer

Fig. 3 A-layer etching rate ratio versus etching time ratio for each layer

A層として (MMA + 5%TMT) の流量を 100 cc/min に設定し10分間成膜した後、DMVCS を 100 cc/min に設定し10秒間成膜し、最後に再び (MMA + 5% TMT) を上記の条件で成膜した。成膜したレジストは 500 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の電子線で描画された。その後アルゴンと酸素の混合ガス (混合比 3 : 2) でプラズマエッチングを行った。エッチング条件は、放電周波数13.56 MHz、放電電力50 W、ガス圧力 13.3 Pa である。この結果を Fig. 4 に示す。

DMVCS のみ成膜した時の膜厚測定の結果より、この多層レジストの DMVCS 層の厚さは、ほぼ 3 nm と推

Fig. 4 Removed thickness versus etching time

測される。Fig. 4 より、境界層を別のモノマーで形成しても、前報告⁴⁾の境界層と同じ効果の得られることがわかる。この場合の E_D/E は 1.3 である。しかし、エッチング時間が 5 分の場合、相対エッチングレートは 1.5 になる。

4. ま と め

多層レジストを成膜する場合、露光部と未露光部のエッチングレート比の大きい方を B 層と仮定すると、(1)未露光部のエッチングレート比 (E_A/E_B) は大きく、(2)膜厚の比 (d_A/d_B) は小さい方がよい。多重流入アフターグロー反応槽で多層レジストを成膜する場合、成膜時に形成される境界層を B 層として利用すると、(1)は満たされる。境界層に DMVCS 膜を形成したが、レジストとしての感度は低かった。今後、上記の(2)を満たすモノマーを調べ、より高感度なレジストを見いだしていく予定である。

〔文 献〕

- 1) J. Tamano, S. Hattori, S. Morita, and K. Yoneda: Plasma Chemistry and Plasma Processing **1**, (1981) 261.
- 2) 玉野順次, 山田雅雄, 市川正見, 米田勝実, 森田慎三, 服部秀三: 真空 **26** (1983) 520.
- 3) M. Hatzakis: Solid State Technology (1981) 74.
- 4) 玉野順次, 市川正見, 森田慎三, 服部秀三: 真空 **26** (1983) 31.