

ホトリソグラフィ用化学増幅レジストのシミュレーションパラメータの推算

関口 淳[†] 門井 幹夫[†] 松澤 敏晴[†] 南 洋一[†]

Measuring System for Simulation Parameters of Chemical Amplification Resist Systems

Atsushi SEKIGUCHI[†], Mikio KADOI[†], Toshiharu MATSUZAWA[†],
and Youichi MINAMI[†]

あらまし 化学増幅レジストの Post Exposure Delay (P. E. D.) による解像性劣化が問題となっている。そこで、その特性を明らかにするために、リソグラフィシミュレーションの検討を試みた。その際、従来レジストでは Dill の ABC パラメータを用いてレジスト膜中の感光剤濃度分布を求めてシミュレーションパラメータ (感光材の拡散長, 表面難溶化パラメータ) を推算するが、多くの化学増幅レジストではブリーチングが起これないため (パラメータ C=0) A, B, C パラメータを求めるのが難しい。そこで、レジスト膜中の感光剤濃度分布を用いる代わりに蓄積露光エネルギーを用いたシミュレーションパラメータの推定計算方法について検討した。KrF エキシマレーザ対応の t-BOC 系化学増幅レジストのシミュレーションパラメータを推定した。得られた値をホトレジスト形状シミュレータ PROLITH に入力し、形状計算を行った。波長 248 nm, NA=0.5, コヒーレンスファクタ 0.6 の条件で 0.25 μm および 0.30 μm ラインスペースのパターン形状を計算し、更に SEM 観察結果と比較して本推定計算方法の妥当性を検討した。その結果シミュレーション結果と実測結果はほぼ一致しており、本推定計算の方法が妥当であることが確かめられた。また、P. E. D. が経過して解像性が劣化する原因は表面難溶化層がレジスト膜中の深い位置にまで形成されるためであることがシミュレーションからも確かめられた。

キーワード ホトレジスト, 形状シミュレーション, シミュレーションパラメータ, 現像速度, 拡散長, 表面難溶化パラメータ

1. ま え が き

半導体集積回路の設計寸法は、サブハーフミクロンのレベルまで微細化が進んでいる。ジアゾナフトキノン (DNQ) を感光剤として用い、ノボラック樹脂をベースとして用いたホトレジストが従来広く用いられてきている。しかしこのタイプのホトレジストは水銀ランプの g 線 (波長 436 nm) や i 線 (波長 365 nm) に対して最適化されたものであり、KrF エキシマレーザ (波長 248 nm) 等の短波長の光源に対しては DNQ がもつ強い吸収のために使用が困難である。そのため、光を吸収する感光剤 (酸発生剤) が極微量で済み、またベース樹脂の透過率を損なうことなく反応系を組める可能性のある

化学増幅レジストが開発されるに至った[1]。

DNQ とノボラック樹脂からなるホトレジストは、露光により DNQ がケトカルベンを經由してインデンケテンに変化する。更にインデンケテンはレジスト膜中および空気中の水分と反応してインデンカルボン酸に変化する。DNQ は強い疎水性を示し、ノボラック樹脂のアルカリ水溶液への溶解を抑制している。これに対して露光部に生成されるインデンカルボン酸はノボラック樹脂のアルカリ水溶液への溶解を促進する。この溶解性の差を利用してポジ型パターンを形成することが可能である[2]。DNQ は露光によりインデンカルボン酸に変化する際ブリーチング (露光波長における DNQ の光吸収の減少) を起こす。この透過率の変化から Dill のモデルにより光学パラメータ A, B, C を求めることができる[3]。

[†] リソテックジャパン株式会社, 川口市
LITHOTECH JAPAN CORP., Kawaguchi-shi, 332-0034 Japan

$$A = \frac{1}{D} \ln \left(\frac{T(\infty)}{T_0} \right) \quad (1)$$

$$B = -\frac{1}{D} \ln(T_0) \quad (2)$$

$$C = \frac{A+B}{A I_0 T_0 (1-T_0)} \cdot \frac{dT_0}{dt} \quad (3)$$

ここで、 D はレジストの膜厚、 t は照射時間、 I_0 はホトレジスト表面での光強度である。また基板としては無反射基板(レジストと同じ屈折率に調整された基板の裏面に基板と空気の界面からの反射を防止する反射防止膜をコートした基板)を用いるものとする。

露光されたレジストの感光剤濃度分布は、上記光化学パラメータ A , B , C を用いて Dill の感光モデル式(4), (5)により算出することができる[4].

$$n = n_i \frac{\lambda [A \cdot M(z, t) + B]}{4\pi} \quad (4)$$

$$\frac{\partial M(z, t)}{\partial t} = -I(z, t) M(z, t) C \quad (5)$$

ここで n はレジストの複素屈折率、 M は初期濃度で規格化された感光剤濃度、 t は照射開始後の時間、 z はレジスト中の深さ、 I は光強度である。この深さ方向の感光剤濃度分布を用いて、ホトレジストのシミュレーション・パラメータ(酸の拡散長、表面難溶化パラメータ)を決定できることは既に報告した[5].

一方、化学増幅レジストは、ジアゾナフトキノン-ノボラック系ホトレジストと異なり、光化学反応により酸を生成する。露光に引き続き行われる加熱(Post-Exposure Bake, 以降 P. E. B.) 工程中でこの酸が触媒として働き、樹脂中の官能基を反応させる。この反応によって発生する潜像を利用して現像が行われる[1].

代表的な化学増幅系レジストの反応例を図1に示す。光酸発生剤(PAG: Photo-Acid Generator, 以降 PAG)から露光により発生した酸は触媒として働き、ベース樹脂の水酸基を保護しているターシャリーブトキシカルボニル(t-Butoxycarbonyl, 以降 t-BOC)基を一つ脱離させる反応を起こす。この酸はその後も酸として存在し、別の t-BOC と反応し、連鎖的に多くの反応を引き起こす。生成したポリヒドロキシステレン(PHS)はアルカリ現像液に溶解し、ポジ型パターンが得られる[1].

しかし、今回検討した KrF エキシマレーザ用 t-BOC 系化学増幅レジスト(TDUR-P00X)では、図2に示すように光エネルギーを与えてもレジストのブリーチン

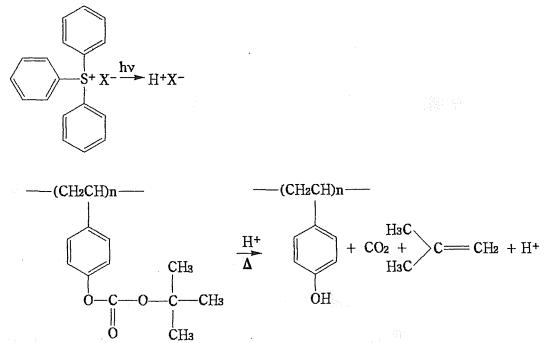


図1 ポジ型化学増幅レジストの光反応
Fig. 1 Basic photochemical reactions for a chemically amplified positive photoresist.

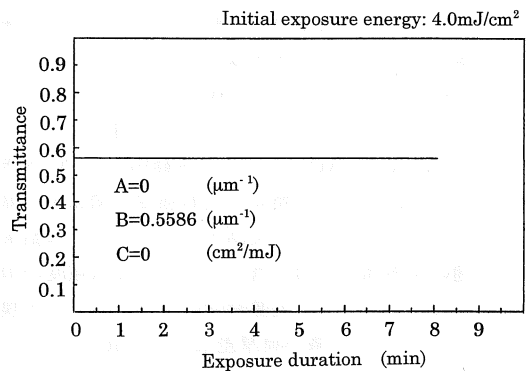


図2 化学増幅レジストの透過率と露光時間の関係
Fig. 2 Relationship between transmittance and exposure duration of a chemically amplified photoresist.

グは実質的に全く起こらず透過率の変化は観測されない。従ってこのようなレジストについて A , B , C パラメータを求めると $C=0$ となり、式(5)から、従来の Dill の感光モデルの計算では露光量にかかわらず $M=1$ となってしまう。つまり、いくら露光エネルギーを与えても感光反応が起こったことにならない。

そこで、本研究ではこのようなレジストに対しては、潜像の表現として深さ方向の感光剤濃度分布 $M(z)$ を用いる代わりに、深さ方向の蓄積エネルギーを用いる方法を考案し、t-BOC 系化学増幅レジストのシミュレーションパラメータの算出を試みた。次いで求めたシミュレーションパラメータをホトレジスト形状シミュレータ PROLITH/2[7]に入力して形状計算を行い、シミュレーション結果と SEM 観察結果と比較し、本推定計算方法の妥当性を検討した。また、P. E. D. (Post Exposure Delay, 以降 P. E. D.) の変化に対するシミュ

レーションパラメータの変化を調べ、P. E. D.の増加が解像性に及ぼす影響についても考察したので報告する。

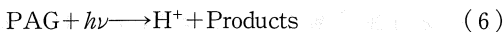
2. 現像データテーブルの算出

まずホトレジストの深さ方向の現像速度分布を測定する。この測定には我々が先に開発したレジスト現像速度測定システム[8]を用い、あらかじめ何種類かの露光量を与えたサンプルにP. E. B.を施した後、ホトレジストの深さ方向の現像速度分布を測定する。

現像速度の測定方法を以下に示す。レジストの現像速度は、現像中のレジスト薄膜に単色光を当てることにより測定する。単色光が現像中のレジストに当たるとレジスト表面からの反射光と基板からの反射光が干渉する。現像によってレジストの厚みが変化することにより、その反射強度が現像時間に対して正弦波状の曲線として観測される。モニタ光はレジストが感光されないように670 nmのレーザ光を用いる。サンプルからの反射光は、受光レンズから光ファイバを通してホトトランジスタに入り、ADコンバータを経由してPCへ送られる。一方、レジスト膜厚と反射強度の関係を計算により求める。この二つの実測データおよび計算結果は、共通の反射強度の項を有するので、反射強度の項を消去することにより、現像時間におけるレジスト膜厚が得られる。これを微小膜厚差(ΔT)で微分することによりレジスト深さ位置における現像速度が得られる。

一方、これとは別にレジスト中の深さの関数として蓄積エネルギー分布を計算で求める。多層膜に単色光が垂直に一樣に入射する系を仮定して、Dillらのモデル[4]に従って、時刻 $t=0$ から始めて露光エネルギーの微小増分 ΔE ごとの深さ方向のエネルギー分布を計算する。これを露光終了時刻まで ΔE ずつ繰り返して計算し、各位置でのエネルギーの積分量を求めて露光エネルギーに対する蓄積エネルギーの深さ方向の分布 $E(z)$ を算出する。ここでは、 $C=0$ でブリーチングはないものとし、エネルギーの吸収・蓄積のみを考える。

次いで、P. E. B.の効果を以下に示す方法により考慮する。露光によってPAGから発生した酸は、レジスト膜中での定在波の影響により深さ方向に濃度分布を有している。そのような分布をもつ酸がP. E. B.により深さ方向において1次元的に拡散し、拡散と同時に t -BOC基を脱離させる反応を連鎖的に引き起こす。酸の発生は一般に以下の式で表すことができる[9]。



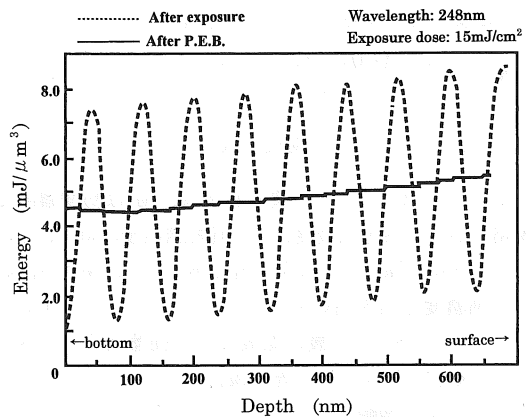
$$\frac{\partial[\text{PAG}]}{\partial t} = -\alpha \cdot I \cdot [\text{PAG}] \quad (7)$$

$$[\text{H}^+] = 1 - [\text{PAG}] \quad (8)$$

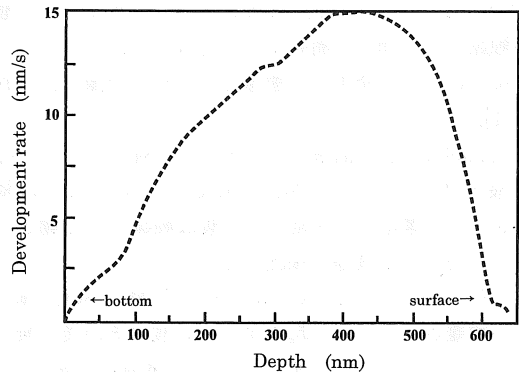
ここで、 $[\text{PAG}]$ は初期濃度で規格化したPAGの濃度、 $[\text{H}^+]$ は生成された酸の濃度、 t は露光時間、 I は照射エネルギー、 α はPAGの光反応にかかわる定数である。更に酸の濃度 $[\text{H}^+]$ は式(9)のように露光量 E の関数として表すことができると考えられる[9]。

$$[\text{H}^+] = 1 - \exp(-\alpha \cdot E) \quad (9)$$

現在のところ、実測によって式(9)の係数を定める方法はない。そこで、本論文では、通常の露光条件下では式(9)が簡略化できて、 $[\text{H}^+]$ が E に比例するものと仮



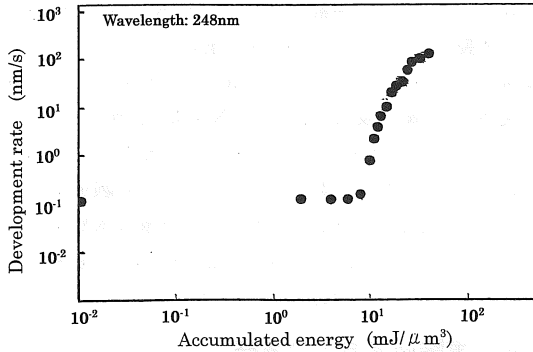
(a) Accumulated energy (E) distribution in the depth direction (calculated).



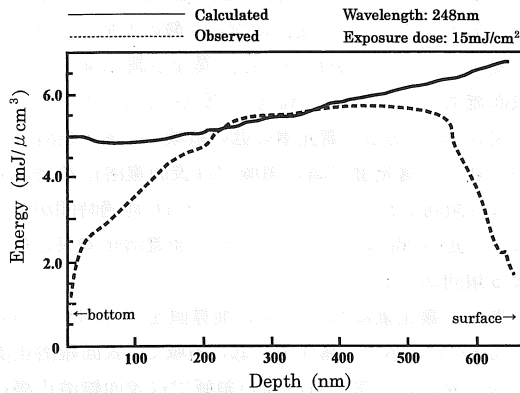
(b) Development rate (R) distribution in the depth direction (measured).

図3 レジスト深さ方向における蓄積エネルギー分布(計算)と現像速度分布(実測)
(a) レジスト深さ方向蓄積エネルギー分布(計算)
(b) レジスト深さ方向現像速度分布(実測)

Fig. 3 Accumulated energy (E) distribution and development rate (R) distribution in the depth direction.



(a) Relationship between development rate and accumulated energy for a chemically amplified positive photoresist.



(b) Accumulated energy distribution in the depth direction (calculated and observed).

図4 ポジ型化学増幅レジストの現像速度と蓄積エネルギーの関係およびこの関係を用いて求めた深さ方向実測蓄積エネルギー分布

Fig. 4 Relationship between development rate and accumulated energy for a chemically amplified positive photoresist, and accumulated energy distribution in the depth direction (calculated and observed).

定する。すると、 $[H^+]$ の拡散を追跡する代わりに計算で求めた E の分布を追跡すればP. E. B. 終了時の $[H^+]$ の分布が容易に推定できる。具体的には、P. E. B. により酸が深さ方向に拡散するとし、P. E. B. による膜減りを考慮した上で、最終的な深さ方向の蓄積エネルギー分布 $E'(z)$ を求める。

図3に、露光量が 15 mJ/cm^2 の場合の計算で求めた深さ方向蓄積エネルギー分布 $E'(z)$ および実測した深さ方向現像速度分布 $R(z)$ を示す。この二つのデータから z を消去すれば、蓄積エネルギー E' に対する現像速度 R の関係を表す $R(E')$ データテーブルを作成すること

ができる(図4(a))。

3. P. E. B. による酸の拡散長の推算方法

P. E. B. による拡散における酸の拡散長(σ)を以下の手順で推定する。P. E. B. を施したサンプルのレジスト深さ位置に対する実測現像速度データは実測が可能である(例えば図3(b))。これに対して、ある露光量におけるP. E. B. を施したレジスト膜中の任意の深さ z における酸の濃度 $[H^+](z)$ は現在のところ実測手段がない。そこで計算によって、P. E. B. 後の膜中の任意の深さ z における蓄積エネルギー分布 $E'(z)$ を求める。ここで、蓄積エネルギー E' は酸の濃度 $[H^+]$ と等価に扱えるものと仮定する。そこで、図4(a)に示した $R(E')$ データテーブルを用いてレジスト深さ位置における実測現像速度データを蓄積エネルギー分布に変換する(図4(b)のobservedデータ)。これとは別に、図3(a)のような形でレジスト深さ位置に対して蓄積エネルギー分布を計算で求めておく。酸はP. E. B. によりレジスト深さ方向に対して、1次元に拡散すると考え、1次元拡散モデルを導入して蓄積エネルギーの分布を追跡する。

$$\frac{\partial E}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \quad (10)$$

ここで、 E は蓄積エネルギー量、 D は拡散係数、 z は深さ座標、 t は拡散時間である。後者の計算において拡散長 σ を変化させながらこれら二つの方法で求めた(図4(b)のcalculatedとobserved)蓄積エネルギー量の差(残差)を計算し、残差の総和を最小にする値をもって酸の拡散長 σ の推算値とする。

4. 表面難溶化パラメータの推算方法

表面難溶化層における現像速度式を式(11)で表現することにする[10]。

$$\frac{R(z)}{R_B} = 1 - (1 - R_0)e^{(z/\delta)} \quad (11)$$

ここで、 z はレジスト中の深さ位置、 R_B はバルクの現像速度を表し、 R_0 はレジスト表面領域における理論的現像速度(蓄積エネルギーから計算で求めた現像速度)との現像速度比の最小値で、表面難溶化の程度を表す。すなわち、 R_0 が小さければ表面難溶化効果が強いことを、また、 $R_0=1.0$ であれば表面難溶化効果が存在しないことを意味する。 δ は表面難溶化層の深さを表す。つまり δ が大きいかほどレジスト表面から基板に向かって深く表面難溶化層が形成されていることになる。

これらの表面難溶化パラメータを以下のようにして

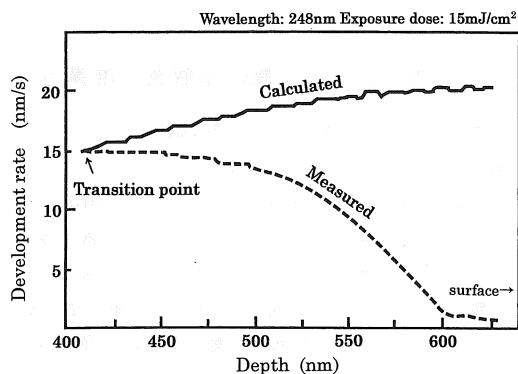


図5 レジスト表面領域における実測現像速度の理論的現像速度からのかい離

Fig. 5 Deviation of calculated development rate from measured development rate in the surface region.

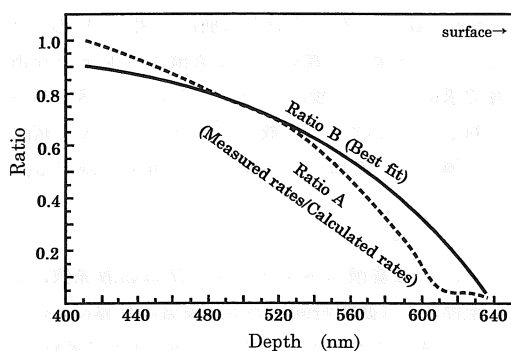


図6 実測現像速度と理論的現像速度の比

Fig. 6 Ratios of observed rates to modeled rates.

A: Observed rates/modeled rates.

B: Best fit for observed rates/modeled rates.

推定する。まず、計算により深さ方向蓄積エネルギー分布を求め(図3(a)),先に求めた現像速度データテーブル(図4(a))を用いて深さ方向蓄積エネルギー分布を現像速度分布に変換する。これと、実測した深さ方向現像速度分布とを比較する。比較した結果を図5に示す。図5左端における二つの曲線がかい離し始める点は、表面難溶化層からバルク領域に遷移した点(Transition Point)と考えることができる。かい離が生じている領域において現像速度の比をとり(図6-Ratio A),表面難溶化を表す式(11)をフィッティングすれば(図6-Ratio B)[10],表面難溶化パラメータ R_0 および δ を決定できる。

5. 実験方法

実験条件を示す。ベア Si 基板上に KrF エキシマレー

ザ用 t-BOC 系化学増幅レジスト TDUR-P00X (東京応化工業製) を $0.681 \mu\text{m}$ の厚さに塗布した。プリベークは 90°C で 90 秒, P. E. B. は 100°C で 90 秒とした。露光装置は、露光波長 248 nm, NA 0.50, 照明系のコヒーレンスファクタは 0.70 である。P. E. D. 時間は 0, 1.5, 3, 6, 9 分と変化させた。また、実験環境における NH_3 濃度は 50 ppb であった。現像は水酸化テトラメチルアンモニウム 2.38 % 水溶液 (23°C) を用いてディップ方式で行った。

6. 実験結果および考察

6.1 シミュレーションパラメータの推算

P. E. D. を変化させた場合の酸の拡散長の推算値を図7に示す。P. E. D. の変化に対して酸の拡散長はほとんど変化しないことがわかった。異なる露光量に対する表面難溶化パラメータ R_0 を P. E. D. に対して示したのが図8(a)である。露光量の低い領域では表面難溶化効果は強く、露光量の高い領域では表面難溶化効果は弱くなる傾向がわかる。そして、P. E. D. 経過時間が長くなるに従い R_0 は小さく、つまり表面難溶化効果が強くなる傾向が示されている。

異なる露光量に対する δ の推算値を P. E. D. に対して図8(b)に示す。露光量の低い領域では表面難溶化層は深く成長し、露光量の高い領域では表面難溶化層は浅くなる傾向にあることがわかる。そして、P. E. D. が長くなるに従い δ は大きく、つまり表面難溶化層が厚くなる傾向が示されている。

以上のことから表面難溶化パラメータは露光量に依存することがわかった。これは、表面難溶化反応と露光による溶解反応が競争的な関係にあり、露光量の低い領域では表面難溶化効果が強く、露光量の高い領域では溶解が支配的であることを示唆している。本論文では、露光量が E_{th} (本実験では現像時間 60 秒においてレジストが消失する露光量とした) であるときの表面難溶化パラメータをこの系に関する代表値として用いて、レジストパターン形状のシミュレーションを行った。

図9に、異なる P. E. D. 時間に対する表面難溶化パラメータの推算値を示した。また、これらの値と拡散長を表1に示した。

6.2 推算したパラメータを用いた形状シミュレーション結果と SEM 観察結果との比較

先に推算したシミュレーションパラメータを用いて、ホトリソグラフィシミュレータ PROLITH/2 により $0.25 \mu\text{m}$ および $0.30 \mu\text{m}$ ラインスペースパターンでのベスト

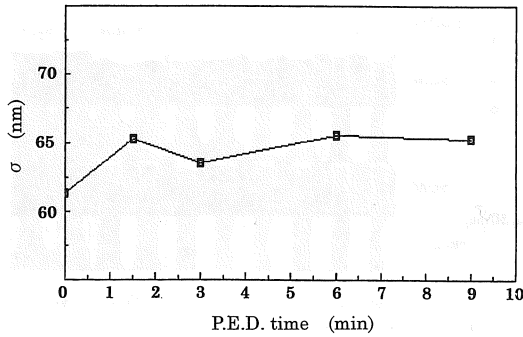


図7 P.E.D.時間と酸の拡散長 σ の関係
Fig. 7 Dependence of the diffusion length σ on the P.E.D. time.

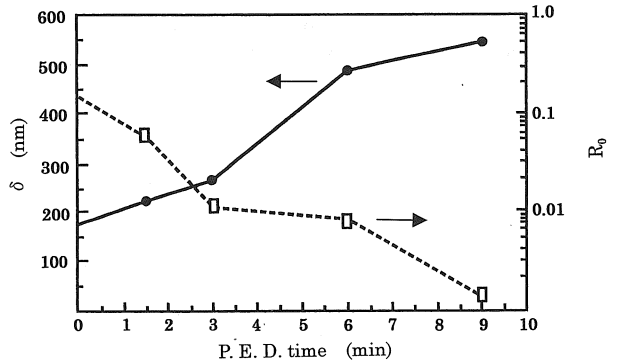
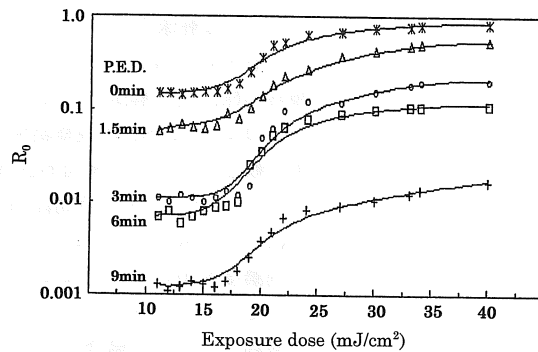
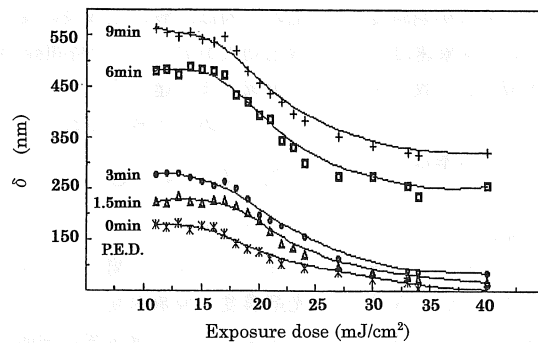


図9 P.E.D.時間と表面難溶化パラメータ δ および R_0 の関係
Fig. 9 Dependence of δ and R_0 on P.E.D. time.



(a) 異なるP.E.D.時間における露光量と R_0 の関係
(a) Relationship between R_0 and exposure dose for different P.E.D. times.



(b) 異なるP.E.D.時間における露光量と δ の関係
(b) Relationship between δ and exposure dose for different P.E.D. times.

図8 異なるP.E.D.時間における表面難溶化パラメータと露光量との関係
Fig. 8 Relationship between surface inhibition parameters and exposure dose with the P.E.D. time varied.

表1 P. E. D. 時間が変化した場合の化学増幅レジスト TDUR-P00X に関する酸拡散長および表面難溶化パラメータ (推定値)

Table 1 The estimated values of the acid diffusion length and surface inhibition parameters for various P. E. D. times.

P. E. D. times / min	σ / nm	R_0	δ / nm
0	61.3	0.150	176
1.5	65.2	0.062	220
3	63.5	0.011	264
6	65.5	0.008	485
9	65.2	0.0013	543

フォーカスにおける現像後のパターンをシミュレートした。露光波長は、248 nm, NA は 0.50, 照明系のコヒーレンスファクタは 0.7 とした。その他のシミュレーションパラメータは以下に示す実測値を用いた。

<A, B, C パラメータ>

$$A=0 \quad (\mu\text{m}^{-1})$$

$$B=0.5586 \quad (\mu\text{m}^{-1})$$

$$C=0 \quad (\text{cm}^2/\text{mJ})$$

<現像パラメータ>

$$r = r_{\max} \frac{(a+1)(1-M)^n}{a+(1-M)^n} + r_{\min} \quad (12)$$

$$a = \frac{(n+1)}{(n-1)}(1-M_{\text{th}})^n \quad (13)$$

$$r_{\max}=218 \quad (\text{nm/s})$$

$$r_{\min}=0.126 \quad (\text{nm/s})$$

$$n=6.38$$

$$M_{\text{th}}=0.98$$

ここで、式(12)、(13)は初期濃度で規格化された感光剤濃度と現像速度の関係を示す式である。 M は初期濃度で規格化された感光剤濃度、 r_{\max} は最大現像速度、 r_{\min} は最小現像速度を示す。 n および M_{th} は定数である。

なお、248 nm におけるホトレジストの屈折率は、エリプソメータによる実測値 1.56 を用いた。シミュレーション結果と SEM 観察結果の比較を図 10 に示す。

0.25 μm ラインスペースパターンでは P. E. D.=0 分ではパターンは解像している。しかし、P. E. D.=1.5 分以降では解像しなくなり、P. E. D.=9 分ではレジストの減膜すら観察されない。これに対応して、シミュレーションでも、同様に P. E. D.=0 分ではパターンは解像しているが、P. E. D.=1.5 分以降では解像しなくなる。P. E. D.=9 分では SEM 写真同様、ほとんど現像が進んでいない。

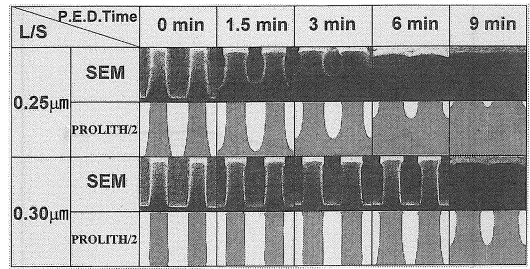


図 10 SEM 観察結果とシミュレーション結果の比較
Fig. 10 Comparison between simulated profiles and SEM observations.

一方、0.30 μm ラインスペースパターンでは、SEM 観察結果を見ると、P. E. D.=0~6 分ではパターンは解像しているものの、P. E. D.の時間経過に伴い T-top 形状が現れる。また、P. E. D.=9 分では 0.25 μm ラインパターン同様、全く解像されない。これに対応して、シミュレーション結果でも、P. E. D.=0~6 分においてパターンは解像するものの、P. E. D.の時間経過と共に T-top 形状が現れる。また、P. E. D.=9 分では SEM 観察同様、全く解像されない。

このように、SEM 観察結果とシミュレーション結果を比較したところ、断面形状は完全には一致していないものの、P. E. D.の時間経過に伴う解像性の劣化の傾向はよく一致した。このことから、従来法のように感光剤濃度を用いるのではなく、蓄積エネルギーを用いてシミュレーションパラメータを推算する本方法が化学増幅レジストの場合に妥当であることが確かめられた。

以上の結果から P. E. D.の経過時間に伴う解像性の劣化の主因は、酸の拡散長の変化よりも、むしろ表面難溶化効果が P. E. D.の時間経過に伴ってレジスト膜の深い領域にまで達することにより、現像の進行を阻害することであると考えられる。

7. むすび

ジアゾナフトキノン-ノボラック系レジストの形状シミュレーションに関して従来用いられていた規格化感光剤濃度と現像速度の関係の代わりに、照射量の蓄積エネルギーと現像速度の関係を用いるシミュレーション方法を提案し、これを KrF エキシマレーザ用化学増幅レジスト TDUR-P00X に適用した。P. E. D.の条件を変えて求めたシミュレーションパラメータを用いてホトリソグラフィシミュレータ PROLITH/2 により形状計算を行い、SEM 観察結果と比較した。その結果、

SEM 観察結果とシミュレーション結果は傾向がよく一致した。このことから、蓄積エネルギーを用いてシミュレーションパラメータを推算する本方法が化学増幅レジストに対して妥当であることが確かめられた。

また、P. E. D. の時間経過に対する解像性の劣化は、表面難溶化効果が P. E. D. の時間経過に伴って強まり、現像の進行を阻害することにより起こることがシミュレーションパラメータおよびシミュレーション結果を検討することにより確かめられた。

謝辞 本研究を進めるにあたり、レジスト材料および SEM 観察結果を御提供下さった東京応化工業(株)の佐藤充氏に感謝致します。

文 献

- [1] H. Ito and C. G. Willson, "Applications of photoinitiators to the design of resist for semiconductor manufacturing," ACS Symp. Ser., vol. 2, pp. 11-23, Sept., 1984.
- [2] 野々垣三郎, "微細加工とレジスト," 高分子新素材, vol. 3, pp. 19-21, Oct., 1988.
- [3] F. H. Dill, W. P. Hornberger, P. S. Hauge, and J. M. Shaw, "Characterization of positive photoresist," IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-22, no. 7, pp. 445-452, July, 1975.
- [4] F. H. Dill, A. R. Neureuther, J. A. Tuttle, and E. J. Walker, "Modeling projection printing of positive photoresists," IEEE Trans. Electron Devices, vol. ED-22, no. 7, pp. 456-464, July, 1975.
- [5] A. Sekiguchi, C. A. Mack, Y. Minami, and T. Matsuzawa, "Resist metrology for lithography simulation, Part 2: Development parameter measurements," SPIE Optical Microlithography, vol. 538, pp. 207-220, Feb., 1995.
- [6] 中村二郎, "化学増幅レジスト," 半導体集積回路用レジスト材料ハンドブック, 第9章, pp. 149-169, リアライズ社, July, 1996.
- [7] C. A. Mack 著, 松澤敏晴訳, "Inside PROLITH: フォトリソグラフィ-シミュレーションへの総合的ガイド," リソテックジャパン, July 1997.
- [8] Y. Minami and A. Sekiguchi, "Defocus simulation using observed dissolution rate in photolithography," Electronics and Communications in Japan, Part 2, vol. 76, pp. 106-115, no. 11, Nov. 1993.
- [9] H. Fukuda and S. Okazaki, "Analysis of chemical amplification resist systems using a kinetic model and numerical simulation," Japanese Journal of Applied Physics, vol. 28, no. 11, pp. 2104-2109, Oct. 1989.
- [10] C. A. Mack, "Development of Photoresist," J. Electrochem. Soc., vol. 134, no. 1, pp. 148-152, 1987.

(平成9年10月30日受付, 10年1月5日再受付)



関口 淳 (正員)

昭57芝浦工大・工・工業化学卒。昭58日本ケミテック(株)入社。無電解 Au メッキ試薬の開発に従事。昭60住友ジーシーエー(株)入社。レジスト塗布現像装置のプロセス開発に従事。その後レジスト解析装置および形状シミュレータのシステム開発に従事。現在、リソテックジャパン(株)に勤務。応用物理学会会員。



門井 幹夫

平1東北大・工学研究科応用物理学修士課程了。同年三菱金属(現三菱マテリアル)に入社。同社中央研究所で主にシリコン単結晶育成技術および欠陥解析技術の開発に従事。平3三菱マテリアルシリコンに出向。平7リソテックジャパンに入社。現在に至る。応用物理学会会員。



松澤 敏晴 (正員)

昭50東北大・工学研究科化学工学修士課程了。同年日立製作所に入社。同社中央研究所で主にホトリソグラフィのプロセス技術およびシミュレーション技術の開発を行う。昭60工博。昭63日立製作所退職。同年テクノフロント設立。平5リソテックジャパン設立に参加。両社を兼務し現在に至る。応用物理学会, IEEE 各会員。



南 洋一 (正員)

昭54東京電機大・工・電子卒。同年プロセスシステム(株)入社。米国 GCA 社のフィールドサービスに従事。昭58住友ジーシーエー(株)入社。塗布・現像装置の国産化に従事。その後、現像終点検出コントロール装置の開発に従事。以来、それらを応用したレジストプロセス解析装置の開発に従事。現在リソテックジャパン(株)代表取締役。