

ARF用フォトレジスト

Photoresist for ArF Lithography

電子材料部

Electronic Materials Dept.

1 はじめに

最新のPC等に使用されている半導体は、130～90nm寸法の微細回路から形成されている。この微細回路を形成するために、半導体メーカーはArFレーザー(波長193nm)を露光光源とするArFリソグラフィーを使って半導体デバイスを生産している。

JSRのリソグラフィー用レジストは、DRAM等のメモリからPentium等のMPUに至るあらゆる半導体製造用に使われている。特に半導体の集積度が増加するにつれ、回路パターン形成に必要な新しいリソグラフィー技術開発が要求されてきた。これに対し、半導体メーカーはg線(436nm)からi線(365nm)、KrF(248nm)、ArF(193nm)と短波長化を進めることにより、微細化を達成してきた。JSRもこの微細化トレンドに合わせ、世代毎に最適なレジスト材料を開発している。

今回、最新ArFレジストの製品紹介を行い、併せて最新ArFレジストの開発状況を報告する。

2 ARFフォトレジスト

2.1 ArF Single Layer Resist

JSRは、1994年からArFレジスト開発を開始し、以後独自のポリマー合成技術並びにレジスト配合技術を適用し、

かつデバイスメーカーと同じレベルでの微細加工技術を駆使し最先端ArFレジストを開発してきた。まず、年代毎に開発したArFレジストの形状を比較する(図1)。この期間、JSRはArF(193nm)露光で矩形性の高いパターン形状の実現に注力した。このためには、ArF露光で透明な樹脂が必要となる。また、ArF露光後にアルカリ可溶となる保護基の選択が非常に重要となる。JSRは1999年までにArFレジストの要素技術の開発を完了し、第一世代のArFレジストの開発に成功した。このArFレジストは現在でもMPUの生産に使われている。

その後、ArFレジストに要求される寸法が90～100nmとなり、さらに解像性能を向上させた第二世代ArFレジストを開発した。90nm Lines and Spacesパターンの形成例を示す(図2)。

2.2 ArF Spin-on Hard Mask

微細化がさらに進行することに伴い、ArF Lithographyプロセス後のレジストパターンが倒壊しやすくなる問題が顕在化してきた。その結果十分なプロセスマージンを得る事は極めて困難な状態となってきた。レジストを薄膜化しレジストパターンのアスペクト比を小さくすればレジストパターンの倒壊は防止できるが、薄膜化によるエッチング耐性低下が問題となってくる。

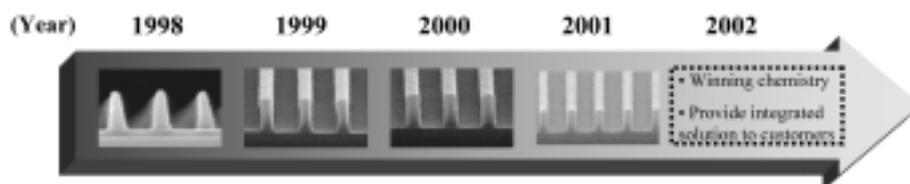


Fig. 1 JSR ArF Photoresist: Technology Evolution

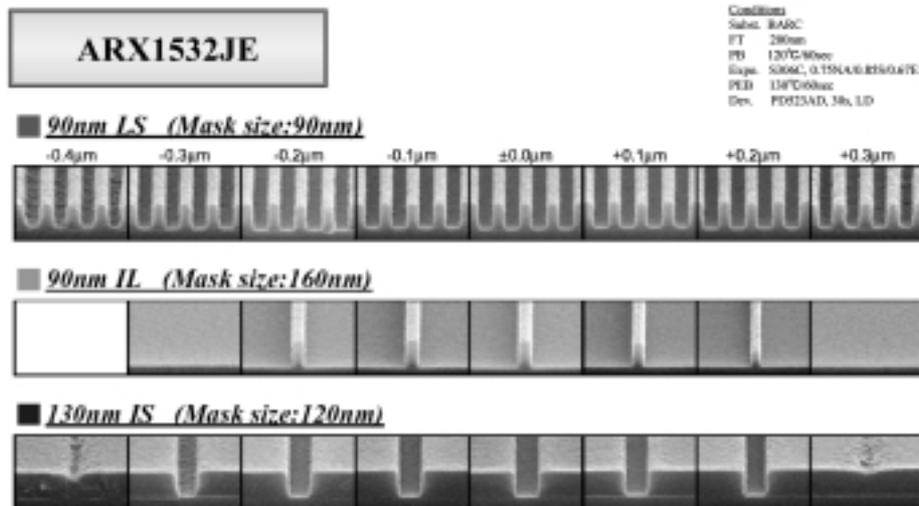


Fig. 2 JSR ArF Resist Performance: 90nm Lines and Spaces

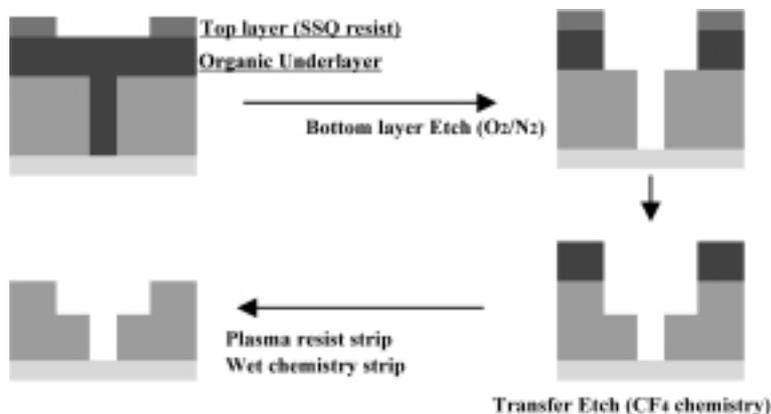


Fig. 3 JSR ArF Spin-on SHM Process



Fig. 4 JSR ArF Spin-on SHM Process: 63nm Patterning Result

Spin-on HM (Hard Mask) プロセスは、この問題を解決できる手段の一つである。Spin-on HMのプロセスを簡単に示す(図3)。Spin-on HMプロセスの内、Spin-on Single HM (Spin-on SHM) について説明する。

被加工基板上に比較的厚い有機系下層を塗布後、シリコン含有ArFレジストを用いArF Lithographyによりレジストパターンを形成する。次に乾式エッチング法を用いてこのレジストパターンを有機系下層に転写していく。次に、

実際にパターン形成した写真を示す(図4)。これより、65nm Lines and Spacesパターンが倒壊せずに基板上に形成していることがわかる。

3 ARF液浸用フォトレジスト

次に、次々世代ArFリソグラフィーの本命である液浸ArF (ArF Immersion) Lithography技術について説明する。前述したように半導体業界は、その実用化に向け

て、急速にリソースの集中を計っている。これまで半導体デバイスはムーアの法則に従い急速に高集積化が進められ、当然リソグラフィーにも微細化が要求され続けられている。だが、いずれの段階もインフラの整備や材料開発に大きな労力を払ってきた。それに対し、ArF液浸技術はArFの延命を可能にし、露光機、マスク、レジスト材料の開発において現行技術の多くを利用できるメリットがある。

ここでは、現状のArFレジスト技術をベースにどこまで液浸プロセスへと適応することが可能か、さらに新たに必要とされる材料の開発について説明する。

3.1 液浸露光の特徴

液浸露光とは、レジスト/レンズ間に高屈折率媒体を充填し露光する技術である。現在のところ、透明性、安全性、化学的な安定性、コストなどを考えると高屈折率媒体は水になる(図5)。レジスト/レンズ間の媒体が空気から水に変わると、屈折率が1.44倍となるので、NAが1.0以上の高NA露光機的设计が可能になりArF波長でもさらなる高解像化の可能性が見えてきた。

だがレジストおよびレンズが水に接触することで以下の懸念が生じる。まず、レジストに水が接触し浸透することで、(1)レジスト中の反応機構の変化や、(2)レジストの熱容量の変化が生じる可能性がある。次いで(3)レジストから水へ成分が溶出する恐れがあることが挙げられる。さらに、レジストより溶出した成分により、(4)水の屈折率、透過率が変化すること、(5)レンズ表面を汚染することなどが懸念されている。

3.2 液浸用レジストシステムの開発状況

液浸用レジストの開発は、水/レジスト間の相互作用を最小限に抑えるために、水への溶出及び接触角を視野に入れて進めていく必要がある。さらに微細化に向けた解像性能の向上、LWRの改良、欠陥低減など従来のArFレジストの課題についても克服しなければならない。またドライArF露光から液浸ArF露光への移行を視野に入れると、その過渡期において溶出の防止、表面状態の均一化のため液浸用上層膜が使用される可能性が高いと考え、その開発も行なっている。プロセスの増加を防ぐために、特別な剥離工程を必要としないアルカリ可溶性上層膜のブ

Two-beam interferometer has been used for resist evaluation.

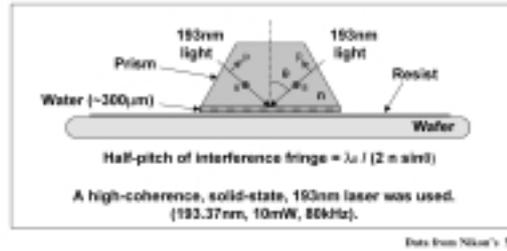


Fig. 5 ArF Immersion Lithography Ultra High Resolution Experiment

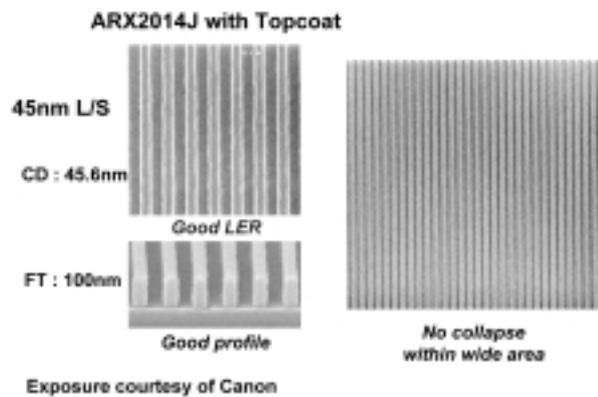


Fig. 6 45nm Imaging Performance on ArF Immersion Exposure

ロタイプを開発した。

この上層膜と通常の高解像度ArFレジストであるARX2014Jの組み合わせで45nmLSの微細パターンを良好に解像することに成功した(図6。キャノン株式会社との共同研究結果)。このArF液浸技術により、ArF Lithographyでのさらなる微細化が可能となり、ArF Lithographyの大幅な延命が期待できる。

4 終わりに

高性能半導体生産用のArFレジストは、今後ますます市場での重要度が高くなっていく。高性能ArFレジストシステムの開発及び新規リソグラフィー材料の開発による新たな市場拡大を目指していく。

(文責：平 一夫)