

レジスト用ナイロンフィルターの進化

更なる欠陥低減と歩留まり向上

1 微小欠陥検出技術の向上

スマートフォンを始めとする電子機器の進化とともに、最先端半導体デバイス製造に対する要求は益々厳しくなっています。半導体デバイス製造各社は、性能面だけではなくコストについても優位性を確保する必要があります。ウェハー製造工程における欠陥を低減させ、製品歩留まりを向上させることがその要求に応ずるための重要な手段と言えます。

先端半導体製造において、リソグラフィ工程はパターン形成の核となる工程です。近年の各種ウェハー欠陥検査装置の技術進歩も著しく、これまで検出することのできなかった微小な欠陥が検出されるようになりました。このため、ディフェクト(欠陥)低減に対するフィルターの役割がさらに重要になっています。

2 レジスト中の難溶性成分の除去

1 親水性基を持つナイロン6,6の表面物性効果

リソグラフィ工程で使用されるフォトレジストろ過用フィルターとして、当社では、ナイロン6,6膜を使用したフィルター(製品名:ウルチプリーツ・P-ナイロン)を推奨しています。ナイロン6,6は、ユニークな表面物性を持ち、フォトレジストを始めとするリソグラフィ樹脂溶液中の難溶性成分を効果的に吸着除去します。その結果、パターニング後の「ブリッジ」と呼ばれるディフェクト低減に効果を発揮します。特にArF以降のDUV^{*1}フォトレジストにおいてその効果が顕著であり、多くのお客様に採用されました。^{*1} DUV: Deep UV(遠紫外線)

図1は、リソグラフィ用途で主に使用される3種類のフィルターメディア材質の分子構造式です。ナイロン6,6は、ポリエチレンやPTFEと異なり、「親水性基」を持っていることが特徴です。

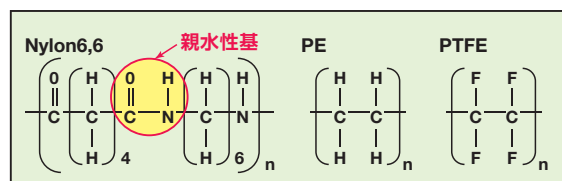


図1: メディア材質の分子構造式

2 レジスト中の難溶性成分形成の原理と除去のメカニズム

製造工程における欠陥原因となっているのは、ArFレジスト中の難溶性成分といわれています。この難溶性成分は、レジスト中のポリマーの、疎水性基あるいは親水性基の微妙な偏りによって形成されるものと考えられています。

溶媒が疎水性の場合、親水性基が偏って集まった部分は不安定な状態にあり、これらの部分がディフェクト予備軍になると考えられています。この部分が不安定な状態にあると、表面積を減少させようとして凝集する傾向があります。【図2参照】

レジスト中の不安定な難溶性成分は、親水性基を持つNylon6,6膜フィルターでろ過した際に、溶媒中に存在するよりも安定した状態となります。ナイロン6,6の親水性基と親水性ゲルが会合して安定化し、フィルターメディアの親水性基に吸着除去されるものと考えられます。【図3参照】

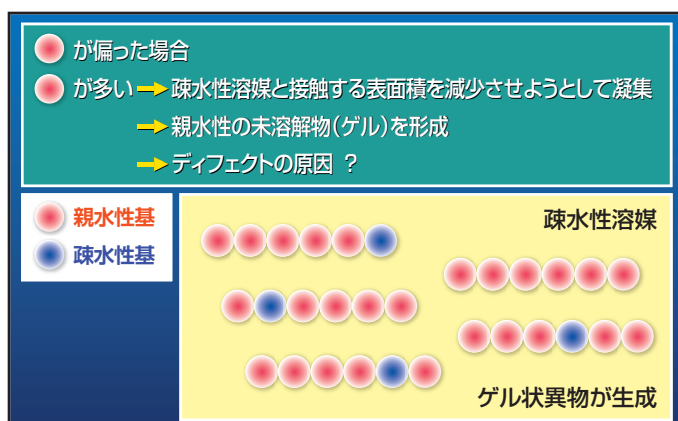


図2: 樹脂溶液中の難溶性成分形成の原理

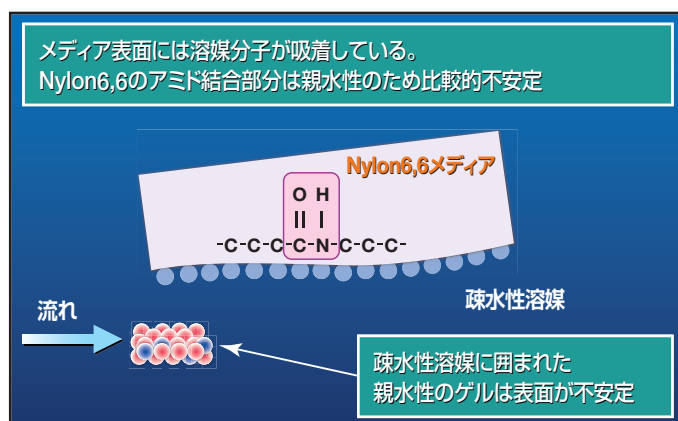


図3: ナイロン6,6による難溶性成分除去のメカニズム

3 ナイロン効果の検証

実際にArレジストを用いて、各種フィルターによるウェハー上のブリッジディフェクトを検証しました。【図4参照】

材質、ろ過精度が異なる4種類のフィルターにおいて、フィルター装着前と装着後のマイクロブリッジディフェクトの欠陥密度を測定し、その差(除去能力)を計算によって算出しました。

HDPE(高密度ポリエチレン)、ナイロン6,6ともに、細かなろ過精度の方が高い除去能力を示すことが確認できます。着目したいのは、HDPE/10nmとナイロン6,6/20nmとの比較です。

ろ過精度としてはナイロン6,6の方が粗い表記となっていますが、実際のマイクロブリッジディフェクト密度ではその結果が逆転しています。この結果、ナイロン6,6による難溶性成分の効果的な除去性能(ナイロン効果)が検証され、その優位性を確認することができました。

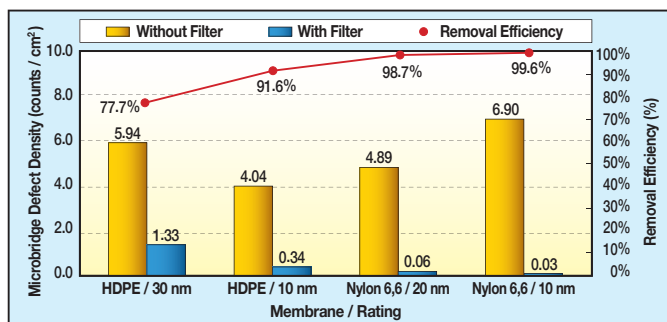


図4：Arレジストでのマイクロブリッジディフェクト

出典：T.Umeda, S.Tsuzuki, T.Numaguchi, "Defect Reduction by using Point-of-use Filtration in a New Coater/Developer", Fig.2, SPIE 2009

4 ナイロン効果最適化の条件

次に、このナイロン効果を最適化させるための条件を検証しました。【図5参照】

重要となるパラメータは、①**コンタクトタイム(接液時間)**と②**ろ過圧力**です。樹脂溶液にメタルを添加させた試験溶液において、添加したメタルの除去能力をこの2つのパラメータによって検証したところ、以下の傾向が確認されました。

- ①**コンタクトタイム** → 長いほど効果的 → フィルターメディア体積の増大
- ②**ろ過圧力** → 低いほど効果的 → フィルター圧力損失の低減

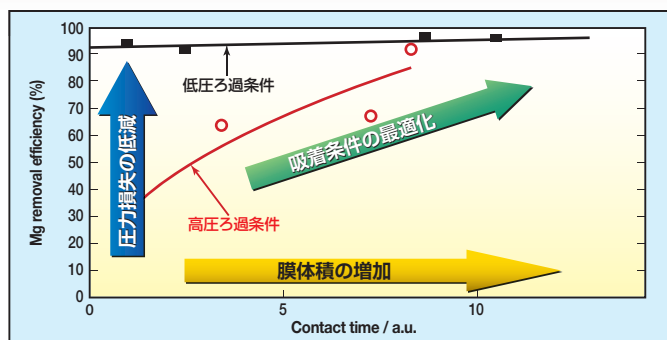


図5：ナイロン6,6の難溶性成分の吸着

5 大流量低圧損 5 nm ナイロンフィルターで歩留まり向上 **NEW**

フィルターメディアの一般特性として、ろ過精度が細かくなると、圧力損失が上がります。次世代半導体デバイス製造向けフォトリソのろ過では、細かいろ過精度でも圧力損失が低く、さらに効果的に除去を行うことが要求されています。これに対応して、新製品「ハイドロー・P-ナイロン」を開発しました。従来のナイロンフィルターよりも、さらに緻密かつ体積の大きな膜構造を持ちながら、従来製品比で半分以下の圧力損失値を達成しています。*【図6、7参照】*当社10nm/P-ナイロンとの比較

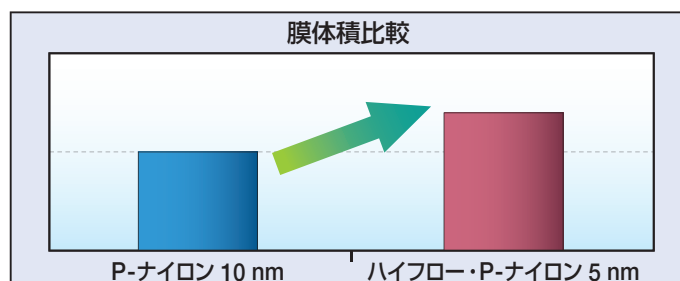


図6：10nm/ウルチプリーツ・P-ナイロンと5nm/ハイドロー・P-ナイロンの膜体積比較

ナイロン効果を最大限に発揮させるために開発された5nm“ハイドロー・P-ナイロン”は、すでに一部のお客様での先行評価でその優位性が確認されており、自信を持ってお奨めできる製品に仕上がっています。当社では、高まるご要望にお応えして、今後も、お客様とともに更なる製品開発を続けてまいります。

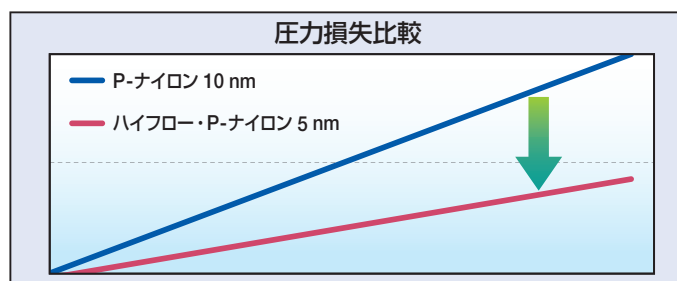


図7：10nm/ウルチプリーツ・P-ナイロンと5nm/ハイドロー・P-ナイロンの圧力損失比較

お問い合わせ

詳しい内容につきましてご質問がありましたら、下記までお問い合わせください。

【マイクロエレクトロニクス事業部】TEL.03-6901-5700