

目次

インテグリス ニュース 1

- [インテグリス、SAESグループからSAES Pure Gasを買収](#)
- [JASIS 2018の新技术説明会に参加](#)

歩留まりの向上

– Yield Improvement 2

- [クリーンな薬液供給における製造からユースポイントまでの一貫した汚染原因の削減](#)
- [汚染物質の根絶: ガス精製の新技术](#)
- [3D NANDの性能、信頼性、歩留まりの向上に関する考察](#)

イノベーション – Innovation 6

- [インテグリス製FOUPのアンモニア収着/放出に対する性能評価および揮発性酸との比較](#)

製品情報 – Product Highlight 9

- [アキュサイザー ミニ: あらゆるCMPスラリーの粒子サイズのオンライン分析に対応](#)

日本インテグリス株式会社

製品・サービスに関するお問い合わせ先

東京本社

T 03-5442-9718

F 03-5442-9738

白山営業所

T 03-3868-0490

F 03-3868-0491

大阪営業所

T 06-6390-0594

F 06-6390-3110

九州営業所

T 092-471-8133

F 092-471-8134

(以下にメールか FAX でお送りください)

Jp-info@entegris.com

Zero Defects 日本版

発行元: 日本インテグリス株式会社

編集: グローバル マーケティング

Zero Defects の複製等に関するお問い合わせは、JP-PR@entegris.com までご連絡ください。

インテグリス、SAES グループから SAES Pure Gas を買収

インテグリスは、6月25日に、イタリアのミラノに本社を置く先端機能材料を取り扱うSAES Getters S.p.A. (SAESグループ)のSAES Pure Gas 事業の買収を完了しました。SAES Pure Gas は、米国カリフォルニア州サンルイスオビスポに拠点を置き、半導体製造とその隣接市場で使用される高流量のガス精製システムにおける世界有数のサプライヤーで、今後は、インテグリスのマイクロコンタミネーション コントロール部門に属することになります。

2018年6月6日に発表された契約に基づき、インテグリスはSAES Pure Gasの株式と資産を約3億5,500万米ドルで買収し、本契約には慣習的な価格調整が実施されます。

汚染が及ぼす影響がppq (parts per quadrillion: 千兆分の1) レベルに近づきつつあり、最先端の半導体の性能と信頼性において材料の純度はますます重要な役割を果たすようになってきました。最先端のメモリーデバイスは、微細化と多層構造をサポートするために、処理済みウェーハ1枚あたり相当量のガスを必要とします。分子状汚染物質か

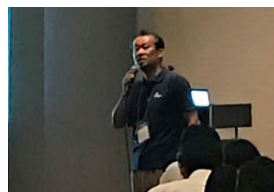
ら影響をいっそう受けやすくなり、ガス消費量が増大した結果、半導体メーカーはこの新たな純度要件を満たすプロセスガスを供給するために材料ガスサプライヤーに頼らざるを得ません。

SAES Getters S.p.A. 社長の Massimo della Porta 氏は、「SAES グループにとって革新的な戦略を実行し、SAES Pure Gas の事業の売却先を検討した結果、インテグリスは半導体業界でリーダーシップを発揮している理想的なパートナーであり、ろ過/精製関連製品のみならず、財務、経営面の強みにおいても補完的な資質が備わっています」と述べています。

インテグリスの社長兼 CEO の Bertrand Loy は、「インテグリスは、SAES Pure Gas の買収によって、半導体業界においてますます厳しくなるコンタミネーションコントロールの要件を満たし、さらに高い地位を占めることが可能になります。SAES Pure Gas の技術プラットフォームと人材は、インテグリスのお客様や株主の皆様に優れた価値をもたらす原動力になるでしょう」と述べています。

JASIS 2018 の新技术説明会に参加

日本インテグリスは、9月5～7日に幕張メッセ (千葉県) で開催された JASIS (Japan Analytical Scientific Instruments Show) 2018 に出展し、アキュサイザー (AccuSizer)、ナイコンプ (Nicom) をはじめとする粒度分布やゼータ電位の測定器、インビュー (InVue) 製品などを展示しました。また、JASIS 内で開催された新技术説明会において、以下の2つのプレゼンテーションを行いました。



- ナノ・微粒子の粒度分布測定および分散、凝集・粗大粒子測定の基礎～定量測定の基本～: 粒度分布測定をこれから始める方のために「粒子数定量」の原理と「この分析でわかること」
- ナノ粒子のサイズコントロールと最適な分析手法の選択: ナノ粒子を効率よく調整する手法と実際の粒子がどのような特徴を持つのかを分析する手法

このプレゼンテーション資料をご希望の方は、担当営業またはインテグリスまでご依頼ください。

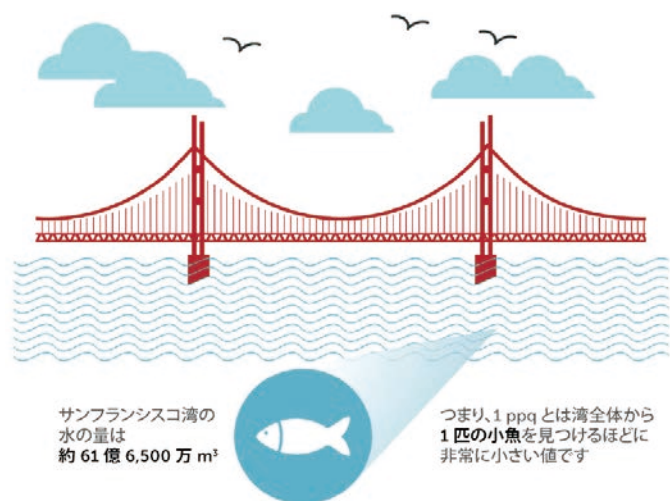
粒度分布やゼータ電位測定器の詳細については [PSS 製品のウェブサイト](#) をご覧ください。

クリーンな薬液供給における製造からユースポイントまでの一貫した汚染原因の削減

White Paper Entegris Inc.

人工知能、ロボット工学、スマートホーム、スマートカー、IoTなどのメガトレンドが、スピード、規模、信頼性などの高まるニーズに応じて進化するにつれ、集積回路 (IC) メーカーはプロセッサの電力効率向上やメモリー容量の拡張を迫られています。同時にデバイスメーカーは、世界中の消費者やビジネスデータの新たな要求に低コストで応えるために努力を重ねており、プロセスコントロール、歩留まり、経済性の面で数々の課題に直面しています。

論理デバイスの線幅の微細化、3D NAND 構造による多層化、DRAMメモリーの高密度化に伴い、コンタミネーションとディフェクトに対する感度はデバイス性能に大きく影響します。最適なウェーハの歩留まりと信頼性を達成するために、マイクロエレクトロニクス業界は、薬品の製造からユースポイントに至るまで、増加する消耗材料の要件と材料の清浄度についての課題を克服する必要に迫られています。



次世代の半導体製造の清浄性レベルは 1000 兆分の 1 (ppq) になろうとしています

課題

コンタミネーションコントロールは、全てのウェーハに直接接触する薬液から始まります。薬品の清浄度を高めることはプロセスの清浄度とデバイスの歩留まりを向上させるための最初のステップです。これが、1,000 兆分の 1 (ppq) に近づきつつある高レベルな純度を満たし、薬品のパッケージング、搬送、供給において汚染物質が混入しないようデバイスメーカーが薬品メーカーに要求し続ける理由です。

同様に重要なのは、材料の純度と薬液供給システムの構成材料です。薬品のパッケージング、フィルター、ポンプ、コンポーネントで汚染の管理を行わないと、薬品は、粒子、金属、不純物による再汚染を受けやすくなります。

汚染の発生源を特定するためのコンタミネーションマッピングは、ディフェクトを管理するために重要ですが、メーカーの原材料製品の清浄性レベルにばらつきがあったり、異なる複数のサプライヤーのバッチを混合して使用したりする場合、コンタミネーションマッピングは特に難しくなります。

プロセスの完全性を維持する、材料におけるソリューションを開発するためのオペレーションと汚染源の理解に基づくコンタミネーションコントロールは、全てのウェーハに直接接触する薬品から始まります。薬品の清浄度を高めることは、プロセスの清浄度とデバイスの歩留まりを向上させるための最初のステップです。インテグリス製品は、原材料から内部工程、流体制御システムに至るまで高いレベルの清浄性を提供し、薬品のパッケージング、搬送、供給においても汚染物質の混入を防ぎます。

製造からユースポイントまで一貫したクリーンな薬液供給を実現するインテグリスのソリューション

インテグリスは、製品の歩留まり向上、プロセス用薬液の汚染物質の低減に役立つ汚染管理された薬液容器、フィルター、ポンプ、流体制御製品によって、お客様のクリーンな薬液供給環境の維持をサポートできる立場にあります。

理想的なパートナーシップのために、クリーンな薬液供給における課題を理解し、お客様と協力して潜在的な汚染源を特定し、粒子や金属不純物を除去するソリューションを追求することでオペレーションの開発や最適化が実現します。安全で効率的な薬液の保管/供給システムから幅広い流体制御製品、ろ過/精製技術の専門知識に至るまで、清浄性を追求する熱意が、プロセスの完全性、歩留まりの向上の実現につながっています。

➤ 本ホワイトペーパーの完全版「Reducing Contamination Points in Clean Chemical Delivery from Manufacture through Point of Use」(英語版)は www.entegris.com/ccd からご覧いただけます。

汚染物質の根絶: ガス精製の新技术

White Paper Entegris Inc.

ガスや薬液の清浄性は、最先端の半導体とメモリーデバイスの性能の信頼性において非常に重要な役割を果たします。過去 2、3 年の間に、主要プロセス分野で製造施設のクリーンルームの清浄性要件が飛躍的に変化し、まもなく ppq (parts per quadrillion: 千兆分の 1) レベルになろうとしています。

競争上の優位性を維持するために、多くの半導体メーカーは生産量を増やしているため、必然的にガスの消費量全体が上がっています。生産量だけでなく、FinFET や 3D NAND など微細化、多層化したデバイス構造をサポートするために、ロジックデバイス、先進メモリーデバイスのいずれも処理ウェーハ 1 枚あたり相当量のガスを消費しています。例えば、20 nm ロジックから 7 nm ロジックへの移行では工程数が 2 倍になっています。結果として、プロセスガスの消費量も今後 5 年間に増大すると見られています。

同時に、半導体業界は高密度を低電力で実現することを目指しており、この狙いが工程の複雑化に拍車をかけています。¹

この追加になった工程部分のために、ウェーハがエクスカージョン(変動)にさらされる回数が増え、歩留まりに影響を及ぼします。供給ガス中の微量の不純物ですら、プロセスとの相互作用によってチップの性能に測定可能な変化を及ぼし、メーカーに数千、数百万ドルレベルの損害を与えるおそれがあります。²

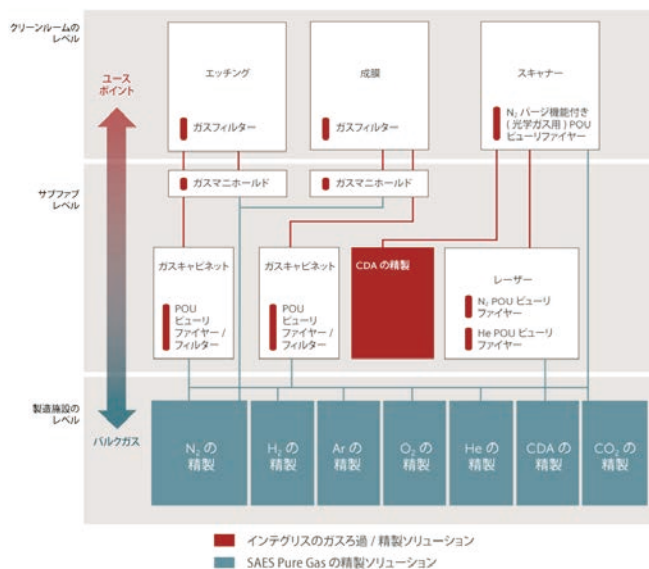
汚染物質とは

汚染物質はバルクガス、特殊ガスのいずれの供給ガスにおいても、いくつもの種類に分かれています。パーティクルや分子状汚染物質に類するもの、従来、害はないとされてきた汚染物質でさえ、現在の 7 nm ノードデバイスや 3D NAND 構造においては問題となり、ディフェクトを引き起こすことがあります。

汚染物質の種類	標準的な代替物質	一般的な不純物のレベル(出口の清浄度)
酸類 NO _x 、SO _x 、有機酸類	SO ₂	0.1-1 ppmV (<1 pptV)
雰囲気 CO ₂ 、CO、O ₂ 、N ₂	CO ₂ 、CO、O ₂ 、N ₂	0.1-1.0 ppmV (<100 pptV)
塩基類 アミン、有機アミン、シラザン	アンモニア (NH ₃)	1-100 ppbV (<1 ppbV)
金属類 Fe、Mn、Mo、Ni、Cr、その他	E34 リスト、Fe、Cr	1-100 ppbV (<1 ppbV)
水分	H ₂ O	0.1-25 ppmV (<1 ppbV)
有機物 凝縮性 (45-100 amu: ブタン、IPA、トルエン) 非凝縮性 (>100 amu: デカン)	トルエン、デカン	0.1-2 ppmV (<1 pptV)
難燃性化合物 ハロゲン含有ハイドロカーボン類、ケイ素化合物	HMDSO	<100 ppbV (<1 pptV)

エンドツーエンドのソリューション

分子状汚染物質から影響を受けやすくなったこととガス消費量の増大の結果、半導体メーカーはバルクガス、特殊ガスのいずれのサプライヤーに対しても、求められる清浄度を満たすカスタマイズされたプロセスガスを供給するよう、新しい要件を設定しています。本項では、デバイスの歩留まりを最大化するためには、ガス供給において、供給源からウェーハ処理工程全体を通じて、清浄性管理に精製技術を応用することが重要であることについて説明します。



Integrisのエンドツーエンドのガスソリューションの詳細(英語版)については、<https://www.entegris.com/content/en/pure/gas-purification-solutions.html> をご覧ください。

参考文献

1. A Tolla, PhD, "Larger Fabs + Smaller Devices = More Gases," August 6, 2015 <http://semimdm.com/materials-matters/2015/08/06/larger-fabs-smaller-devices-more-gases/>
2. A Tolla, PhD, "Fabs Seeking Higher Quality Electronic Materials to Meet Technology Demands" August 27, 2015 SemiMD, <http://semimdm.com/materials-matters/2015/08/27/fabs-seeking-higher-quality-electronic-materials-to-meet-technology-demands/>

3D NAND の性能、信頼性、歩留まりの向上に関する考察

White Paper Entegris Inc.

NAND フラッシュ技術は長年にわたって、世界に不揮発性メモリーに備わった能力を提示してきました。その用途はフラッシュドライブからノートブック PC、スマートフォン、タブレット、ソリッドステート装置のアプリケーションのみならず、今やクラウドストレージに至るまでに拡大しています。長い時間をかけて、その構造は、高まるストレージ容量や微細化のニーズ、信頼性への要求に応えるべく変化し続けていますが、NAND フラッシュ技術は、向上した性能を低電力消費かつ前世代のソリッドステートメモリー技術よりも低減されたビットあたりコストを保証して提供することで、その価値を証明してきました。

しかし、2D/プレーナ型 NAND フラッシュメモリーは 15 nm のテクノロジーノードでスケールアップ（デバイスの微細化）の限界に達してしまいました。これを機に、メーカーは、新しい性能目標を達成しうる画期的な積層ゲートオールアラウンド (Gate-All-Around) 構造の NAND セルの採用を強いられることになりました。現在の 3D NAND 構造はこのようにして生まれ、それ自体がスケールアップ方法の抜本的な転換を示すものとなっています。この技術は、二次元の平面上で水平方向に微細化を図るのではなく、垂直方向（三次元）への積層化を導入しました（図 1 を参照）。3D NAND は、高密度化とビットあたりコストの削減に大きな期待が持たれています。

3D NAND 配線層の断面図

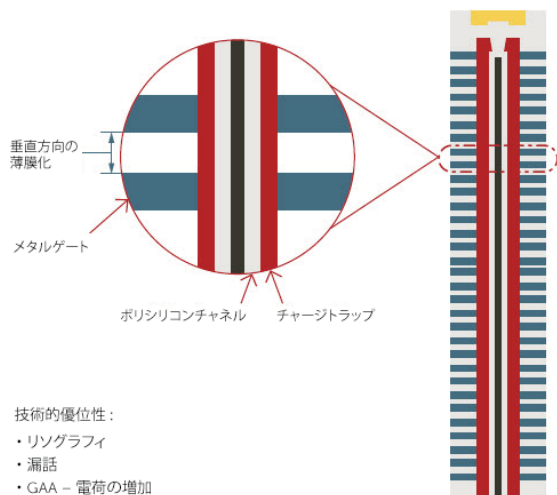


図 1: 3D NAND 設計はメモリーセルを垂直に多数積層し、2D NAND が直面したスケールアップ上の課題に対応し、ビットあたりコストを削減しつつ高密度を実現しています

あらゆる有望な利点を備える 3D NAND ですが、プロセスの複雑さ、投資額の破格さに加えて、その製造において特にファブではプロセスコントロール、歩留まり、経済性の面で数々の課題に直面しています。¹ 多大な資本投下により、24、32、48 層の 3D NAND の製造プロセスは競争力の高いビットあたりコストを実現すべく開発されました。多くの関係者の話によれば、64 層以上の 3D NAND 構造はコスト削減において最大の可能性を秘めているとみられます。

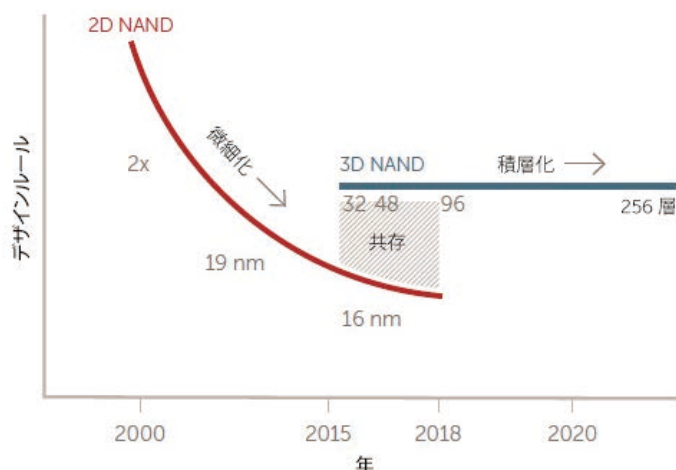


図 2: メモリーセルを積層することで、3D NAND アーキテクチャはメモリー密度の向上を水平方向のスケールアップに依存しません

3D NAND の開発競争が成熟期に向かい、主流技術になりつつある状況でも、チップメーカーは、世界中の消費者とビジネスデータの要求を低コストで、かつ極めて複雑な条件を克服しつつ満たすために可能なことがまだあるとみています。現在取り組まれている有望な主要分野を取り上げ、エッチングと成膜分野の課題と汚染に関連する問題について見ていきます。

材料開発による高アスペクト比エッチングの最適化

平面型 NAND 技術では、微細化はほとんどの場合リソグラフィによって進化しています。これに対し、3D NAND の積層化では、非常に高いアスペクト比 (HAR: High-Aspect-Ratio) の特徴を備えた複雑な 3D 構造を生み出すために極めて高い精度とプロセスの繰り返し性能が要求されます。そのため、3D NAND における成否のカギは、ばらつきを最小化する革新的なパターンニングソリューションが要求される点にあります。¹

セルスタックはセル部分の窒化ケイ素 (Si_3N_4) とセルを分離するセパレータ部分の酸化ケイ素 (SiO_2) の積層ペアからなっているため、アモルファスカーボンハードマスクの十分に高い選択性を維持しつつ、構造の最下層に達する連続した直線的なホールの精度を維持することは、ドライエッチングエンジニアにとって極めて困難です。また、マルチレイヤーのスタックの高さが上がるにつれて、メモリーレイの最上層と最下層で一貫性のあるエッチングや成膜の精度を達成することも難しくなっていきます。たとえば約 60:1 のアスペクト比が与えられ、メモリースタックで Si_3N_4 の選択的除去を行う場合、ウェットエッチングが困難になります。難しいのは、 Si_3N_4 の除去をスタックの最上層と最下層、およびウェーハ全体で、いずれの SiO_2 も除去することなく均一に行うという部分です。96 層未満の構造であれば、高温のリン酸 (最高 160°C 程度) を使用することでウェットエッチングは実現できますが、96 層以上になると特殊配合のエッチング液がプロセスマージン向上のために必要になります。

ドライエッチング装置やプロセスの進化が求められ、3D NAND によって高アスペクト比の構造も必要とされる一方で、ハードマスクやそれに伴う材料主導の工程が重要なエッチングプロセス用の安定性、繰り返し性、最適性を備えた方法の開発を求めています。

減速の解消

3D NAND においては、スタックが高くなるにつれて、シリコンチャンネルも長くなり、デバイスの動作速度がチャンネル内の電子の移動度や電子の移動距離の延長によって制限されるようになります。メーカーは、導電性のシリコンチャンネル内にドーパント種を注入することでチャンネル内の電子の移動度を高め、この減速を補正することができます。ゲルマニウムのドーピングは、電子の移動度を高める既知の方法のひとつで、3D NAND プロセスにおいても現在、この方法の研究が進められています。求められているのは、直径約 50 nm、深さ数 μm の HAR シリコンチャンネルに沿った均一なドーピングの達成です。サプライヤーはゲルマニウムのドーパントをこの用途に、より効率的に提供する方法を探っています。水素で希釈されたゲルマニウムを注入する現在の方法に代わる有望な方法としては、高純度なゲルマニウムの使用が考えられます。この目的はチャンネルの導電率を最大化し、かつデバイスの動作速度も維持する最善のオプションを探ることです。

サプライチェーン段階でディフェクト制御を確立

プロセスの清浄性とディフェクトの制御が 3D NAND プロセスにおいては極めて重要です。3D スタックではトランジスタの数が増えるため、1つのディフェクトが複数のセルをブロックし、デバイス全体の性能に影響を及ぼす可能性があります。その結果、あらゆる汚染の恐れのある領域が把握される必要があり、エッチングチャンバー、材料内の不純物、不適切な薬液ろ過、ウェーハキャリア、フォトレジストの気泡形成などの汚染源から原因を取り除くための対策が適切に講じられる必要があります。

超高アスペクト比のプラズマエッチングの工程では、エッチングチャンバーの内部部品は、長時間にわたり、強力な高温処理にさらされ、腐食や粒子シェディングが発生しやすくなります。反応性プラズマからの保護のため、エッチングチャンバーの部品は、物理気相成長 (PVD: Physical Vapor Deposition) や化学気相成長 (CVD: Chemical Vapor Deposition) のような技術で成膜される上質な Y_2O_3 層が求められます。高密度で滑らかな表面をもつこの層では、ウェーハのディフェクトの発生は少なくなります。

まったく同じことが ALD プロセスにも当てはまり、ALD プロセスは、電荷を管理する役割を担うセル層の成膜であるため、あらゆる汚染源から極めて影響を受けやすいといえます。プリカーサーに接触するいずれの表面も汚染源となる可能性があります。供給システム、配管、バルブ、ゲージはいずれも内部部品があり、コーティング技術によって汚染から保護する必要があります。

部品のコーティングは個別の要件に細かく合わせる必要があります。一部の部品では、たとえ PVD コーティングで十分な場合でも、いっそう高い保護力を求めて ALD コーティングが採用される場合があります。チャンバーの部品のエッチングや成膜の質に対する細心の配慮は、当初は 3D NAND の仕様によって促進されていましたが、ハイエンドロジックの半導体メーカー (IDM: Integrated Device Manufacturer) からの要求も高まっています。

最先端のチップ開発における積層数の増加と寸法の微細化の実現に求められるプロセス清浄度レベルの達成において、現在および継続中のコンタミネーションコントロールの進歩は非常に重要といえます。半導体エコシステムの全関係者が、実現可能な最高レベルの清浄性を探り、汚染源となりうる箇所の把握や適切なソリューションの策定のために協働する必要があります。

総括

2D/プラナー型 NAND フラッシュメモリーではプロセスの微細化が限界に達したため、3D に NAND セルを積層する技術が進展し、微細化よりむしろ積層に関連する新たな一連のプロセスの課題が出てきています。こういった課題への対応が、下記などの面で技術革新につながっています。

- 超高アスペクト比のエッチング (ハードマスク周辺の技術や副生成物管理を含む)
- ディフェクトを低減する先進的なコンタミネーションコントロール
- デバイスの動作減速の課題に対する電子移動度と導電率の向上
- メモリーセルを非常に高く、精密に構築するソリューション

半導体メーカーと装置メーカー (OEM: Original Equipment Manufacturer) の間の密接な協働、さらにはサプライチェーン各所の材料メーカーや汚染に関する専門チームによってプロセスの進化は実現され、3D NAND の予測可能な未来は継続していくと考えられます。垂直方向へのセルを積層するアーキテクチャは 128 層、256 層、またそれ以上の高さへと明らかに進化を続けており、業界はいっそう高性能で信頼性に優れた大容量デバイスを、ビットあたりコストを削減しつつ提供していくことになります。

➤ 本ホワイトペーパーの全文は、インテグリスのウェブサイト [3D NAND ソリューション](#) でご覧いただけます。

参考文献

1. 「Overcoming Challenges in 3D NAND Volume Manufacturing」、ソリッドステート技術に関するウェブサイト: <http://www.businesskorea.co.kr/english/news/ict/20216-signaling-end-flat-nand-flash-era-percentage-3d-nand-flash-production-exceeds-80>

インテグリス製 FOUF のアンモニア収着/放出に対する性能評価および揮発性酸との比較

By Paola Gonzalez-Aguirre Ph.D., Engineer II, CEA/LETI assignee – Entegris, Inc.

微細化の進む半導体製造では、ケミカルコンタミネーションコントロールの重要性が高まっています。空気中の分子状汚染物質 (AMC: Airborne Molecular Contamination) の監視と制御は、パーティクル汚染同様に重要ですが、その検出はさらに困難な課題です。空気中の塩基性不純物のレベルは非常に重要で、アンモニアなどの化学物質はフォトリソグラフィの工程に悪影響を及ぼす可能性があります。コア技術のひとつである DUV (Deep UltraViolet) リソグラフィは飛躍的に向上しており、より短い波長光が求められています。この技術は塩基性の汚染物質による影響をより受けやすくなっていることが示され、分子状汚染物質のなかでもアンモニアが、その主要物質であることが急速に究明されました。ウェーハはアンモニアに曝露されると、T- トッピング (化学増幅型フォトリソレジストによる)、不正確でキズのある線幅、短絡、金属表面の腐食、ヘイズ、HEPA/ULPA フィルターメディアの劣化、光学装置におけるレンズの曇りなど構造上のディフェクトのリスクを生じます。

アンモニア汚染はクリーンルーム内にいくつもの発生源があります。例えば、作業員、さらにプライマー、洗浄剤、研磨剤、シリコンウェーハの間で生じる化学反応を含む製造プロセスからも大量のアンモニアが生成される可能性があります。塩基の影響についてよく知られているにもかかわらず、FOUF (Front-Opening Unified Pod) とウェーハ間のクロスコンタミネーションについてのこのようなレポートはありません。十分なコンタミネーションコントロールが行われている製造環境では、クリーンルーム内、処理装置内、なかでも FOUF 内のアンモニアの量は一般的には非常に低いレベルに留まります。それでもなお、製造施設はなぜか FOUF からアンモニア汚染を取り除くという困難な課題に迫られています。アンモニアのクロスコンタミネーションに対処するには、FOUF におけるアンモニアの収着/放出の仕組みを十分に理解する必要があります。本書では、最適なハンドリングソリューション (FOUF のポリマー材質) について言及するため、ウェーハに対するクロスコンタミネーションリスクの可能性 (空の FOUF)、実効性 (ウェーハを曝露) を 2 種類の FOUF モデルで評価しました。

実験

2 種類のインテグリス製 FOUF を使用しました。

PC: 超高純度ポリカーボネート (Spectra™ (スペクトラ) FOUF)

EBM/CNT: カーボンナノチューブ添加インテグリスバリアマテリアル (A300 FOUF)

まず、FOUF をクリーンルーム環境 (21 ±2°C、45 ±5% RH) でコンディショニングしました。次に FOUF を強制的に汚染するため、NH₃ の 2.9% 溶液 10 µL の液滴を使用しました。また、HF (2% 溶液)、HCl (3.7% 溶液) についても同様に行いました。蒸散により (ドアは閉状態)、FOUF 内に 2 桁 ppmv レベル (NH₃: 14.74 ppmv、HF: 11.23 ppmv

HCl: 11.6 ppmv) の汚染が生じ、汚染された環境が再現されました。意図的な汚染から 4 時間後に、気体試料をインピンジャーで 1 L/min で 2 分間捕集し、イオンクロマトグラフィー (IC) で分析しました。意図的な汚染から 24 時間後には、初期のほとんどの汚染物質は FOUF の内部表面に収着されました。次に、FOUF を開け、N₂ スプレーガンを使用して、内部の空気を全面的にパージしました。FOUF を閉め、放出のフェーズを開始しました。1 L/min で 5 分間サンプリングを行い、溶解させた試料を IC 分析により濃度測定し、1 週間モニタリングしました。

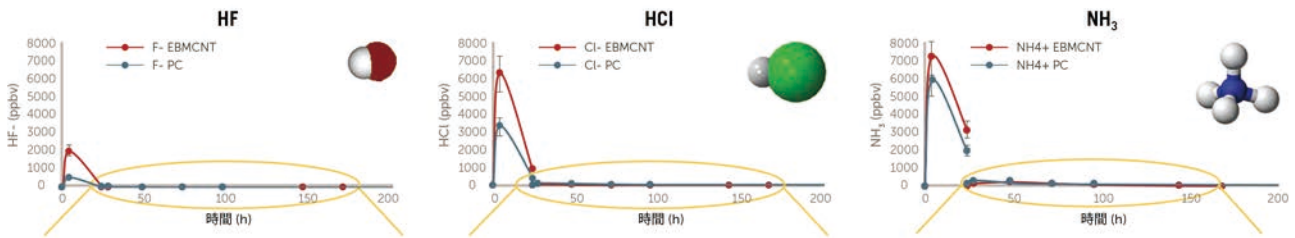
結果

汚染フェーズでは、アンモニア、HF、HCl について、FOUF 材料による汚染の収着力の順位は同じで、EBM/CNT < PC でした。収着力には、汚染物質のポリマー製 FOUF への拡散が関与しており、3 種類の汚染物質について EBM/CNT ポリマーのバリア特性が明確に実証されました。いずれの FOUF ポリマー材も、アンモニアの気中濃度は、HF および HCl よりも著しく高いレベルで残留しているため、汚染物質の収着順位 (NH₃ < HCl < HF) における大きな違いは、相対的な分子透過速度に関係していると考えられます。

放出フェーズは、2 段階あります。第一段階はパージ直後で、FOUF ポリマー材からの放出を示す FOUF 内の汚染レベルの上昇が観察されました (EBM/CNT における HF を除く。HF は 0.62 ppbv が検出限界)。この挙動は分子の逆拡散によるものです。パージによってポリマー表面で分子が脱落し、これによってポリマーに拡散する汚染物質の濃度こう配が大きく逆に傾き、ポリマーの中心部から表面への分子拡散が促進され、結果として汚染物質の放出が生じたと考えられます。特にアンモニアの場合は、パージの 4 時間後から EBM/CNT ポリマーで高い放出が検知されています。これは、EBM/CNT ポリマーは PC ポリマーよりも汚染拡散性が低いという仮説を実証しています。

[次ページに続く](#)

汚染 / 放出



放出フェーズの拡大図

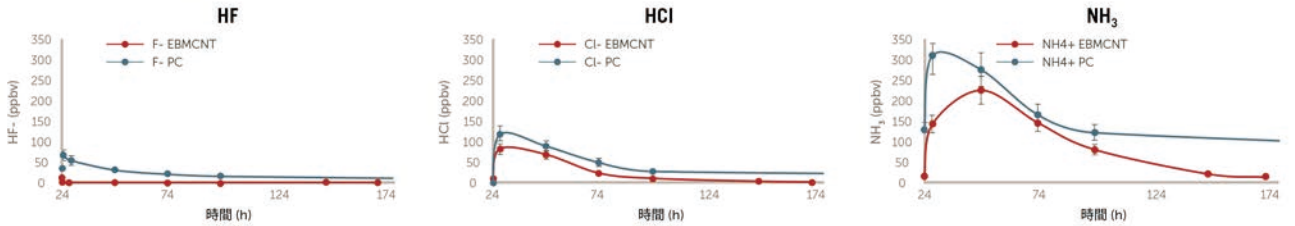


図 1: 汚染フェーズ中の FOUP 内大気濃度のモニタリングレベル (ppbv)、および放出フェーズ中の PC 製 FOUP、EBM/CNT 製 FOUP 内大気濃度のモニタリングレベルにおける拡大図

放出フェーズの第二段階は、緩やかな放出の減少です。これに続いて、ポリマーと気中濃度間も緩やかに平衡になります。実際には、この緩やかな拡散のプロセスは、濃度こう配が表面付近でゼロに近づくまでポリマー壁厚の全体にわたって継続します。結果として、ポリマー表面と FOUP 内大気汚染物質レベルは安定量になるまで減少します。NH₃ の放出は、HCl、HF よりも高くなっています。放出現象の原動力は物質の溶解性です。結果から、HF (ファン・デル・ワールス力 15.77A³) のような小さい分子は、HCl (同 22.45 A³)、NH₃ (同 22.86 A³) と比較して溶解性が高いことが示唆されています。さらに、HCl の線形構造は、アンモニアの四面体構造と比べて溶解性が高くなります。ウェーハ表面が汚染に対して同様の親和性を提示するとすれば、FOUP からウェーハへの汚染物質の移動には、次の仮説が成り立ちます。

NH₃ < HCl < HF、PC > EBM/CNT

アンモニアの PC における反応性はよく知られています。PC 製 FOUP におけるアンモニアの潜在的な影響を調査する目的で、PC と EBM/CNT ポリマーの各薄膜 (100 μm 未満) 試片を NH₃ 10% 溶液 20 mL に一晩浸漬し、熱重量分析 (TGA) を行いました。結果、EBM/CNT ポリマーは物理的変化も熱変化も示さなかったのに対し、PC ポリマーはむしろ、TGA データは明らかな劣化を示していました。PC 薄膜の NH₃ 10% 溶液への浸漬は、いわば極端な条件で、FOUP ではこれほど過酷な条件はありえません。別の PC 試片をリアクターに入れ、800 ppbv のアンモニアガス (RH 40%) を流して 200 時間曝露しました。その結果、上記のような低レベルのアンモニア汚染条件でも PC の劣化を十分促進することが示されました。

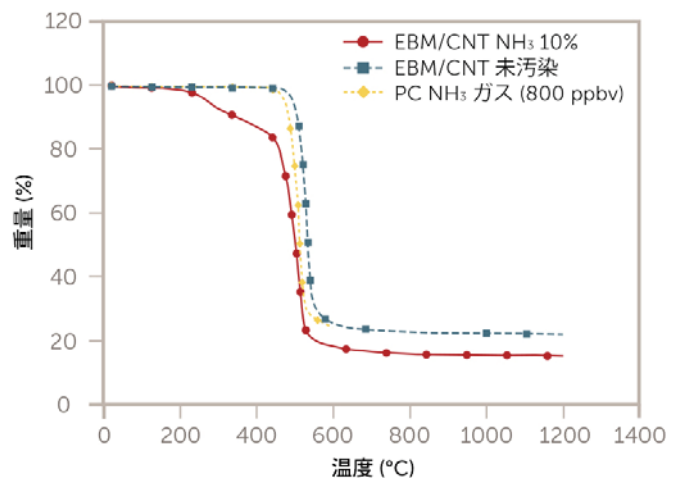
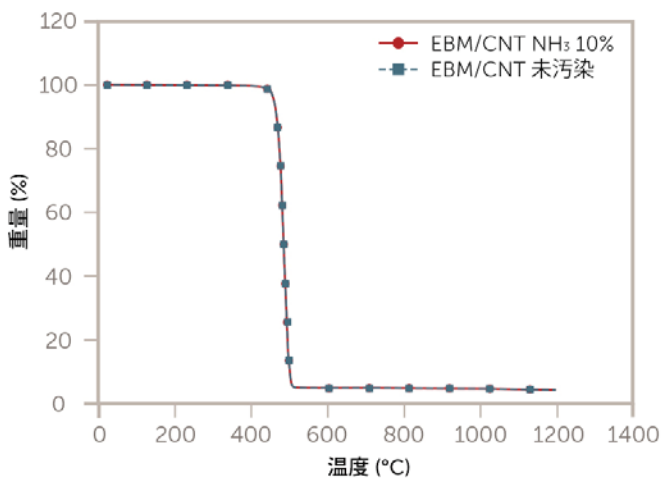


図 2: EBM/CNT と PC の薄膜における TGA データ (NH₃ 10% 溶液への浸漬、NH₃ ガス 800 ppbv への曝露の前)

次ページに続く

結論

比較研究の結果、NH₃、HF、HCl のクロスコンタミネーションに対する最善の FOUP プラットフォームが明らかになりました。いずれのポリマーにおいても、汚染フェーズ (拡散/溶解の作用) は同様の汚染物質に対する親和性順位 (NH₃ < HCl < HF) を示します。また、いずれのポリマーにおいても、放出フェーズ (主に溶解作用に依存) は汚染物質の放出は NH₃ > HCl > HF の順になります。この結果から、アンモニアの溶解性は HCl より低く、HF よりもはるかに低いといえます。

汚染物質の気中濃度測定 (空の FOUP を使用) から得られた FOUP の順位は、EBM/CNT 製の FOUP がこのような AMC を制御する最善のミニエンパイロメントであることを示すものです。FOUP からウェーハ基板に移動する実際の汚染物質はポリマーによって放出される量 (PC >> EBM/CNT) に大きく関係しており、EBM/CNT などのバリア材からなる FOUP の使用は非常に低レベルの水分、揮発性酸、アンモニアのクロスコンタミネーションに対して優れた制御を実現すると結論づけられます。反対に、PC 製の FOUP は、その反応性のためにアンモニアを含む環境には適さないといえます。

アキュサイザー ミニ: あらゆる CMP スラリーの粒子サイズのオンライン分析に対応

化学的機械的平坦化 (CMP: Chemical Mechanical Planarization) は、半導体業界では滑らかな表面を実現するために広く使われている手法です。スラリー研磨の粒子サイズ分布は、平坦化処理の成否を左右する非常に重要な部分です。ウェーハのスクラッチ、その他のエクスカーションにつながる恐れがあるのは、粗大粒子数 (LPC: Large Particle Counts) です。歩留まり維持の観点から、スラリー中の LPC のモニタリングは重要です。オンラインモニタリングによってエクスカーションが早期に検知できるため、いっそう高い ROI が得られます。インテグリスは、このソリューションとして AccuSizer (アキュサイザー) ミニ オンライン スラリーモニターを提供します。アキュサイザーミニは、0.15 ~ 400 μm のパーティクル数およびサイズを計測します。ほぼ全ての種類のスラリーのモニタリングに対応し、複数のセンサーに対応した自動希釈機能を搭載したモジュール方式を採用しています。

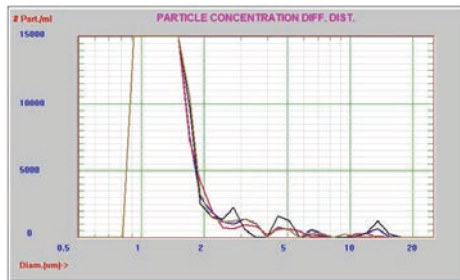


図 1: セリア CMP のデータ

アキュサイザーミニは、極めて高い精度と分解能で短時間にデータを生成し、他の技術よりも高いカウントレートで計測を行います。これによって、LPC と「すそ」に存在する粒子のデータは統計的に非常に高い精度を備え、歩留まり率に悪影響を及ぼすごく少ない LPC も検知します。一例として、図 2 に、ポンプの不良により 100 万個/mL 近くまで上昇した LPC 濃度の変化を示します。

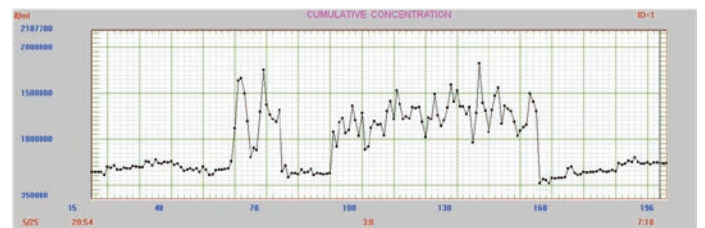


図 2: LPC と時間 (アキュサイザーによる経時的なオンラインモニタリングデータ)

アキュサイザーの詳細については、[PSS 製品のウェブサイト](#)から動画をご覧ください。



返信フォーム

Zero Defects についてのご質問・ご要望がございましたら、JP-PR@entegris.com までメールをお寄せください。また、インテグリスの製品やサービスについてのお問い合わせは、巻頭にある問い合わせ先にご連絡いただくか、www.entegris.com/nihon の問い合わせフォームからお問い合わせください。

配信変更フォーム

(以下にメールか FAX でお送りください)
メールアドレス: JP-PR@entegris.com
FAX: (03) 5442-9738

ZERO DEFECTS 日本版

お名前*: _____ 役職*: _____

企業・団体名/事業所名*: _____ 部署名*: _____

ご所在地: _____ 郵便番号: _____

Tel: _____

E-mail*: _____

* 記入必須項目

PDF で配信してほしい (最大で 3M 程度)

配信停止を希望します

Entegris®、Entegris Rings Design®、およびその他の製品名は Entegris, Inc. の商標です。詳細については www.entegris.com/trademarks に記載しています。全てのサードパーティの製品名、ロゴ、企業名、商標、登録商標は、それぞれその所有者に帰属します。それらの使用は、商標権

所有者との提携、同者による支援、推奨を示すものではありません。
©2018 Entegris, Inc. | All rights reserved. | 9000-10080ENT-0718JPN