

洗浄技術

Cleaning Engineering for Semiconductor Fabrication

半導体素子の量産はサブミクロンの時代に入り、開発の中心はハーフミクロン以降に移行している。こうした微細な素子の形成では、除去対象物もより微小になり、汚れの種類に対応した新しい洗浄技術の開発が必要である。その場合異物汚染に対しては、除去物質に対する選択性の少ないウェット洗浄の高度化が中心になる。またレジスト、自然酸化膜など除去対象物が限定される場合にはドライ洗浄へ移っていくものと思われる。こうしたドライ処理装置の一つとして、日立製作所では低ダメージなUVオゾンアッシャを開発した。プラズマアッシャに比べてライフタイム、CV特性のいずれも汚染による劣化がない。またアッシング反応を向上させる構造およびウェーハ2枚処理により、60枚/時のスループットを得た。

渡辺 正博* Masahiro Watanabe
大坂谷隆義** Takayoshi Ôsakaya
原園正昭** Masaaki Harazono
高梨明紘*** Akihiro Takanashi
斉木 篤**** Atsushi Saiki

1 緒 言

半導体素子の高集積化、加工寸法の微細化に伴って、リソグラフィ、配線など、多くの工程が新しい技術を大幅に取り入れてきている。これに比べると洗浄工程の変化は少なく、旧来の浸せき処理が中心になっている。しかしサブミクロンの時代に入りつつある現在、プロセス中でウェーハに付着する極微小な異物やわずかな汚れも不良につながるようになり、洗浄技術の重要性が再認識され、その性能向上が望まれている。

半導体素子の不良につながる異物の大きさは、最小線幅の $\frac{1}{10}$ 程度とされており、量産の始まった4 MDRAMでは $0.08 \mu\text{m}$ 、次世代の16 MDRAMでは $0.05 \mu\text{m}$ 以上の異物を除く必要がある。同時にプロセスで付着する金属イオン、ゲート酸化膜の薄膜化に伴う自然酸化膜の除去、インプラなどで変質したホトレジストの除去なども重要な課題になっている。

ここでは上記のような問題の中から、2章で湿式処理を、3章で乾燥工程での問題点を汚染のメカニズムという観点からそれぞれ述べる。さらに4章では、レジスト除去の新開発技術について述べる。

2 湿式洗浄技術

湿式洗浄工程の役割は、次工程に必要な清浄なウェーハ面を造ることである。除去対象物はウェーハに付着している異物、膜状汚染物、金属イオン、自然酸化膜などである。また

一部ではレジスト除去にも用いられている。湿式洗浄の清浄化能力向上を阻害する大きな要因は、以下に述べるウェーハの再汚染、特に異物と金属イオンの再付着である。

2.1 異物の汚染メカニズム

従来の湿式処理でも異物を除く力はかなり大きい。例えば、アンモニア-過酸化水素系の洗浄液では、ウェーハ面の95%以上の異物が除去できる。しかし、洗浄液が汚れていると液中異物数に比例してウェーハ面に異物が付着する。このため薬品、純水などの清浄化が進められ、現在では液1 ml当たり径 $0.5 \mu\text{m}$ 以上の異物数が、数個から1個以下のレベルにまで達している。こうした清浄な液を使っても、なお異物再汚染が起こる原因はウェーハが槽内に持ち込む異物による。搬送ベルトを通して裏面を汚染させたウェーハを、希フッ酸に浸せきした場合の液中異物数の変化を図1に示す。浸せきによってSi面の自然酸化膜が除去され、液中異物が急激に増加する。このとき裏面汚染させたウェーハの隣にあるウェーハ表面には、図2に示すように、ベルト形状を残した状態で異物が付着した。このことから、この異物は隣接するウェーハ裏面の異物が洗浄槽内で移動し再付着したことがわかる。こうした異物の再付着防止には洗浄槽の構造や液の流れの最適化が有効なことが確認されている。

液中での異物付着には電気化学的な効果も大きく影響している。多くの物質は液中で負に帯電し、互いに反発して離れ

* 日立製作所生産技術研究所 ** 日立製作所武蔵工場 *** 日立製作所青梅工場 工学博士
**** 日立製作所中央研究所 工学博士

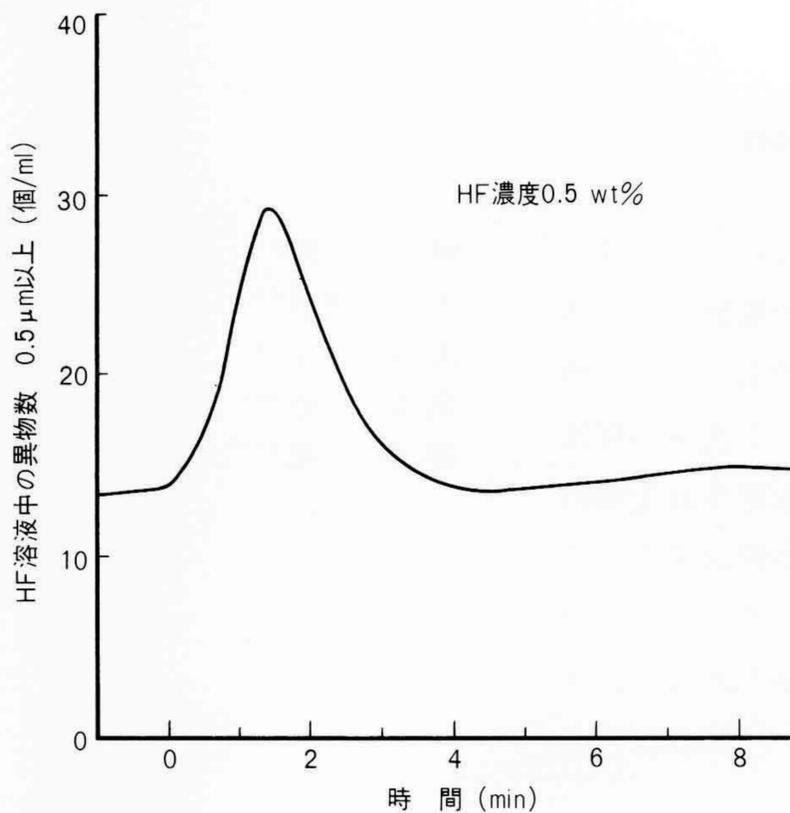


図1 ウェーハ浸せきによるHF中の異物増加 浸せきウェーハはベルト搬送で裏面汚染させたものである。HF浸せきによって液中異物が急増する。槽は循環浴過中である。

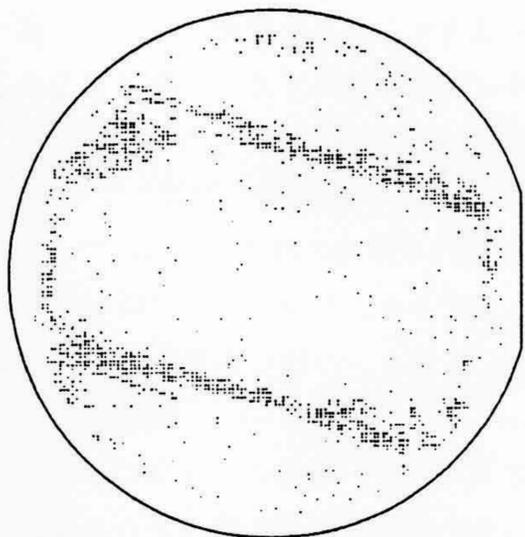


図2 HF中でウェーハ面に付着した異物 隣接ウェーハのベルト跡がHF中で転写されている。異物径は0.3μm以上である。

ようとする力と分子間力による引力のバランス下にある。しかし、フッ酸浸せきによってSi面が露出するとこの反発効果が弱まり、異物が付着しやすくなる¹⁾。この帯電の大きさの目安をゼータ電位と呼び、この大きさが制御できれば洗浄効果を上げられると考えられる。今後の極微小異物の洗浄技術にとって重要な要素である。

2.2 イオン汚染のメカニズム

金属イオンによる汚染は、ゲート耐圧、リーク電流などの特性不良につながる。このためW.Kernによる研究をはじめ、古くから洗浄法が検討されていた²⁾。洗浄工程でのイオン汚染原因としては薬品、純水などの材料や洗浄槽、治具などが挙げられるが、ウェーハによる持ち込み汚染も多い。

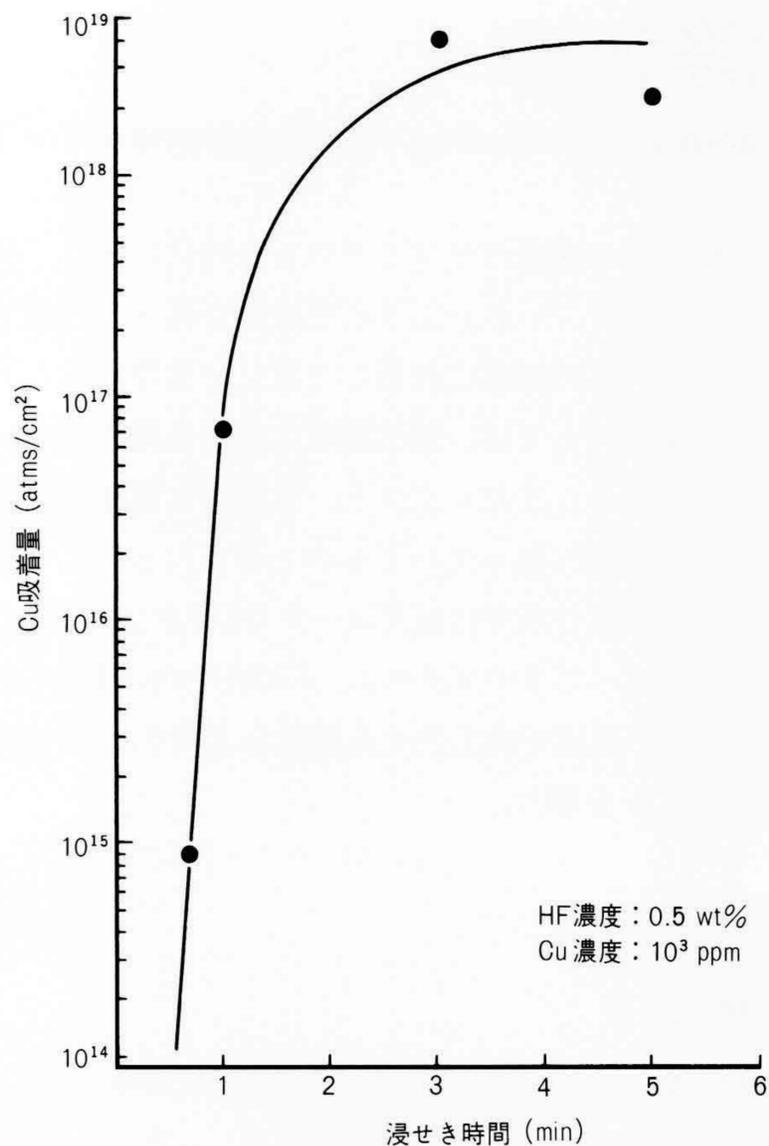


図3 HFに浸せきしたウェーハ面へのCuイオン吸着 エッチングに伴いCuイオンが急激に吸着することがわかる。

表面への付着メカニズムは、洗浄によって生成する酸化膜中への取り込みをはじめいろいろな場合がある。特にフッ酸工程では、自然酸化膜のエッチングに伴ってSi面が露出すると、Siより標準電位の大きい金属イオンが急速にSi上に析出する³⁾。Cuイオンを含んだフッ酸中にウェーハを浸せきした場合の一例を図3に示す。こうした汚染を防止するため、自然酸化膜の蒸気エッチングなど再汚染のおそれが少ないドライ処理技術の開発が進められている⁴⁾。

2.3 今後の動向

異物のように除去対象物質が多様な汚れは、選択性の大きいドライ反応は不向きであり、今後もウェット処理が中心となる。その場合、(1)自動化、液の流れの最適化など現状工程での汚染防止、洗浄効率向上とともに、(2)微小異物の除去に適した高周波超音波の応用やゼータ電位を考慮した新洗浄液、プロセスの開発などが重要となる。さらに、(3)スルーホール、トレンチなど、複雑な構造に適した洗浄技術開発も進められている。

自然酸化膜、金属イオンなどに対しては、フッ酸の蒸気エッチ⁴⁾、光反応による金属イオン除去⁵⁾など、ドライ化への移行を目指す報告が多い。こうした新技術は効果が確認された段階であり、今後量産適用のための技術開発が必要である。

3 乾燥技術

3.1 乾燥工程での問題点

湿式処理の最終段には必ず乾燥工程が入る。乾燥工程ではウェーハをカセットごと回転するリンサドライヤと、アルコール蒸気中にウェーハを置き、凝集するアルコールを水と置換して乾燥する蒸気乾燥が一般的である。乾燥工程では異物を付けず染みを作らない乾燥が主眼となるが、回転乾燥は摺(しゅう)動に伴う発塵(じん)が異物付着のポテンシャルになっている。清浄度という観点からは蒸気乾燥が優れているが、アルコールを使うため安全面での対策が必要である。これらの問題を解決するには、ウオータマークと呼ばれる染みの発生機構⁶⁾を基に、染みを発生せず、摺動部の少ない乾燥工程を開発する必要がある。そこでまず染みの発生機構を明らかにした。

3.2 ウオータマーク生成メカニズムと今後の動向

水が汚れていれば液中残渣(さ)のため染みは残る。しかし、溶解固形分がほとんどない場合でもフッ酸処理で露出したSi面上の水滴が乾燥すると染みが残る。図4に示すように、同じ大きさの水滴でも乾燥雰囲気中の酸素濃度が高いほど大きい染みが残る。乾燥中の水滴を観察すると、図5に示すように空気中では水滴の径は変わらず、高さが低くなっていくが、窒素中では接触角を保って水滴が縮んでいくことがわかる。空気中で乾燥中の水滴を採取して赤外分析すると、中にケイ酸が溶け出していた。以上から、ウオータマークは水滴に溶け込んだ酸素がSi面と反応してケイ酸を生成し、これが水滴乾燥後に残渣として残った反応性の染みであることがわかる⁶⁾。

ウオータマークを残さない新しい乾燥法としては、上記の反応が進まないうちに乾燥させるような方法がよい。例えば、マイクロ波を使った瞬間乾燥などもその一方法である。

4 レジスト除去技術

4.1 レジスト除去工程での問題点

エッチングやイオン打ち込み後の不要となったホトレジストパターンを除去する方法としては、現在でも酸素プラズマによるアッシングが主流である。しかし、半導体素子の微細化に伴い、下記のような問題が明らかになってきた。すなわち、

- (1) プラズマ中の荷電粒子による半導体素子の照射損傷
- (2) レジスト中の可動イオンや重金属不純物による汚染
- (3) レジスト材料の耐ドライエッチ性、耐熱性の向上などに伴う除去性の低下
- (4) 高ドーズ量イオン打ち込みレジスト除去後の残渣の発生などがそれである。これらのうち(1)と(2)は主にプラズマ中の電子やイオンのウェーハへの衝突と反応熱が要因となっており、プラズマダメージと呼ばれている。このため低ダメージ

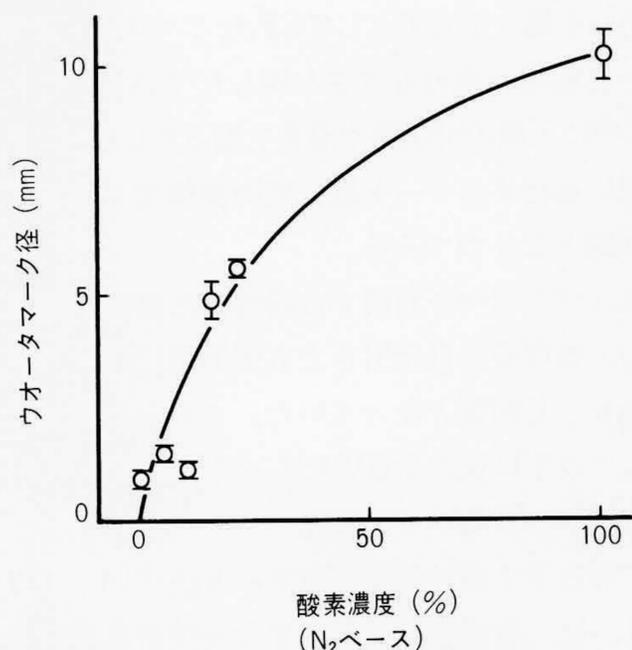


図4 ウオータマーク生成に対する酸素濃度の影響 ベアSi面に同じ径12mmの水滴を落としたとき、酸素濃度が高いほど大きいウオータマークが得られた。

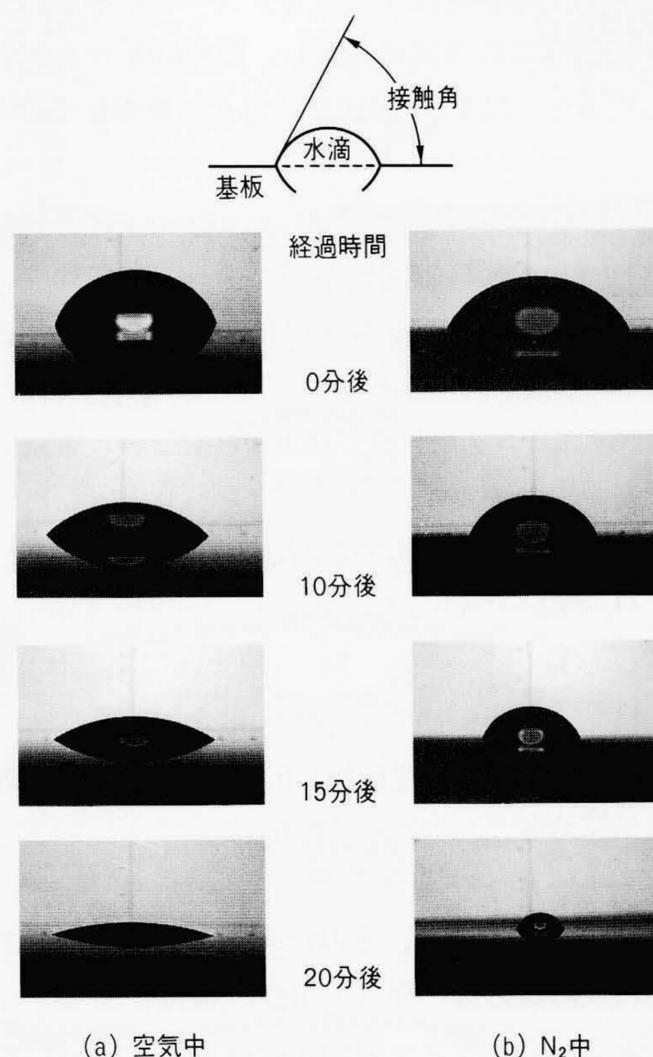


図5 乾燥雰囲気と水滴形状の経時変化 N₂中では水滴は形状を変えずに縮む。Siウェーハ面が変化を受けていないことを示している。

化の手段として、ウェーハをプラズマ領域から隔離し、活性種だけでアッシングを行うダウンフロー方式が採用され、国内外で盛んに開発が進められてきた。

しかし、この方式ではプラズマによるエネルギーのアシストがない分だけアッシング速度が低下することになるため、

一般にそれを補う手立てとして CF_4 などハロゲンを含むガスを添加し、反応性を高める方法が採られている。このため、アッシング中に下地の SiO_2 膜や Si 膜を削ってしまい、素子の微細化と同時に進行するゲート酸化膜の薄膜化を考慮した場合、適用上問題となりつつある。

さらに、プラズマを利用する場合には真空内処理が前提となるため、処理室の真空引きと大気開放に伴う処理能力の低下や発塵なども問題となっていた。これらの問題を解決する方法として以下に述べるUVオゾンアッシャを開発した。

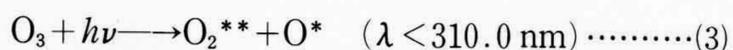
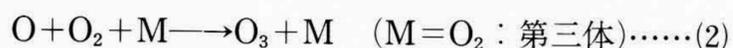
4.2 UVオゾンアッシャの開発

O_3 ガス存在下で紫外線を照射する方法(以下、UVオゾン方式と言う。)は、有機物汚染に対する超精密洗浄技術として古くから知られており、1972年にD. A. Balonらによってレジストのアッシングへの適用が検討された⁷⁾。しかし、このときの除去速度は1時間数百ナノメートルと遅く、実用化には至らなかった。

日立製作所では荷電粒子によるダメージがなく、かつ大気圧処理が可能なこの方式に注目し、昭和60年から装置化の検討を行ってきた。以下にUVオゾン方式の原理について概要を述べる。

4.2.1 UVオゾン方式の原理

本方式は一般に酸素雰囲気中のウェーハに紫外線を照射して、有機物分子であるレジストの化学結合を切断するとともに、酸素から生成される O_3 や活性な励起酸素原子(以下、 O^* と略す。)によってそれを酸化し、 CO_2 や H_2O などの揮発性物質に変えて除去する方法である⁸⁾。ここで O_3 と O^* の生成反応過程を表すと次式のようになる⁹⁾。式中 $h\nu$ は光のエネルギーを表す。



この反応には、一般に波長184.9 nmと253.7 nmの紫外線を発生する低圧水銀ランプが用いられる。アッシング速度は(3)式の反応で生成されるエネルギー準位の高い励起酸素原子 O^* の濃度が鍵(かぎ)となる。そのため、ランプから発するこれら二つの波長の紫外線の照度と生成 O_3 濃度が重要となる。

4.2.2 UVオゾンアッシャの開発のポイント

上記の原理に基づく方法を量産に用いるには、アッシング速度の大幅な向上が必要である。

そこで日立製作所では、まずランプの紫外線照度を上げる検討を行い、図6に示す高出力低圧水銀ランプUVW-2を開発した¹⁰⁾。このランプには、発光効率が最大となるようにランプの最冷点温度を制御する機構が設けられており、また長寿命化のために、管内のゲッタやアノード形状に工夫がなされている。その結果254 nmの照度は従来品の4倍以上である130 mW/cm^2 (距離10 mmの場合)を達成し、保証寿命も1,500時間以上となっている。一方、高濃度の O^* を生成する手段として

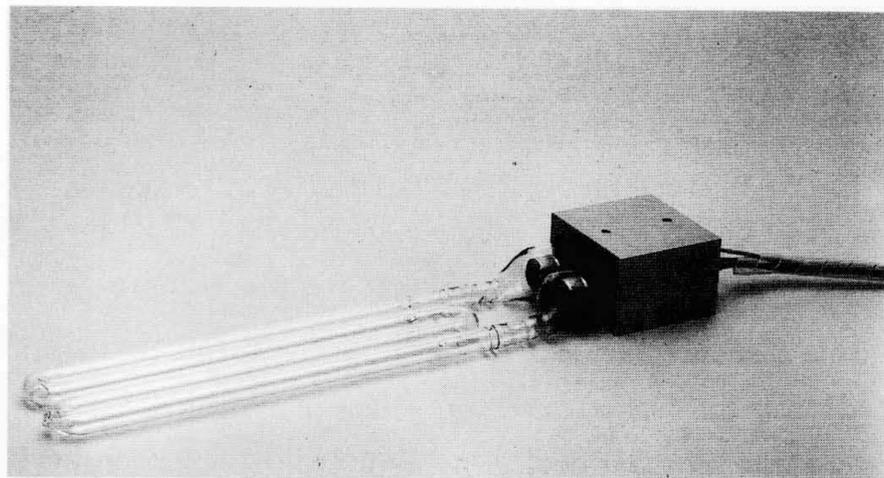


図6 高出力低圧水銀ランプUVW-2 W字形をしており、有効発光エリアは50 mm×190 mm(全長290 mm)である。電極部に最冷点温度を制御するための機構が埋め込まれている。

は、酸素を原料とする方法によらないで、オゾン発生器で生成する高濃度 O_3 ガスに高照度の紫外線を照射する方法を採った。

ところで O^* はそのままでは150秒のライフタイムを持つ準安定状態の原子であるが⁹⁾、実際の反応では O_2 との再結合反応により、そのライフタイムは1ナノ秒程度ときわめて短くなる。したがって、 O^* とレジストとの反応効率を上げるためには、レジスト表面のごく近傍で O_3 から O^* を生成し、速やかに反応に寄与させなければならない。

そこで O_3 ガスの供給方法として、図7に示す構造を考案した。すなわち、ウェーハ真上に合成石英板を配置し、 O_3 ガスを石英板中央付近に開口したガスノズルからウェーハ上に供給する。ウェーハと石英板の間隙(げき)を狭くすることによって、ガスはウェーハ中心部から層流となって周辺部まで均一に供給される。一方、低圧水銀ランプは合成石英板の上に設置し、ウェーハおよび O_3 ガス層に紫外線を照射する。

このようなガス供給法が効果的であることを検証するため、図7の処理室構造でのウェーハ表面の O^* 濃度を求めた。これには(3)式の O_3 の光分解と O^* の O_2 による失活だけを考慮した気相反応モデルを造り、計算機シミュレーションを行った。図8に示す結果から明らかなように、 O^* 濃度はウェーハと石英板の距離 l が小さいほど高くなり、かつ l が1 mm以下の領域では O_3 濃度に比例して上昇する。

4.2.3 開発結果

以上の検討結果に基づいて装置化を行い、アッシング特性とダメージの評価を行った。以下、詳細を報告する。

(1) アッシング特性

まずウェーハと石英板の距離 l を変化させたときのアッシング速度の変化を図9に示す。サンプルは4インチウェーハにOFPR-5000を塗布し、UVハードニングを行ったものである。データはウェーハ内平均値で表した。同図の結果から距離 l を小さくするに従いアッシング速度は向上するが、0.5 mm

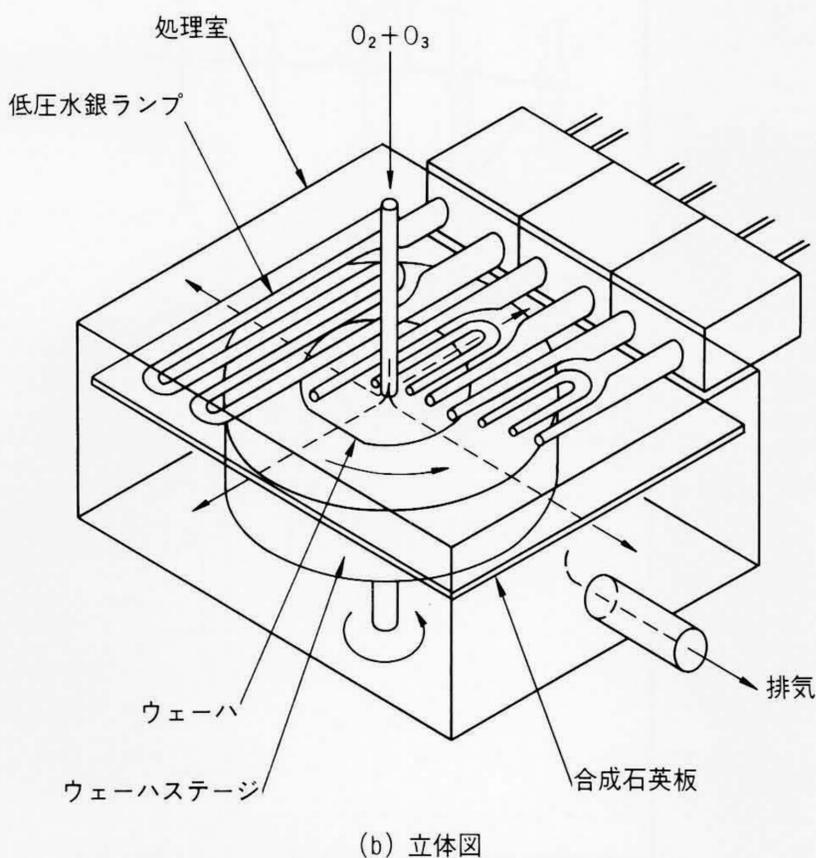
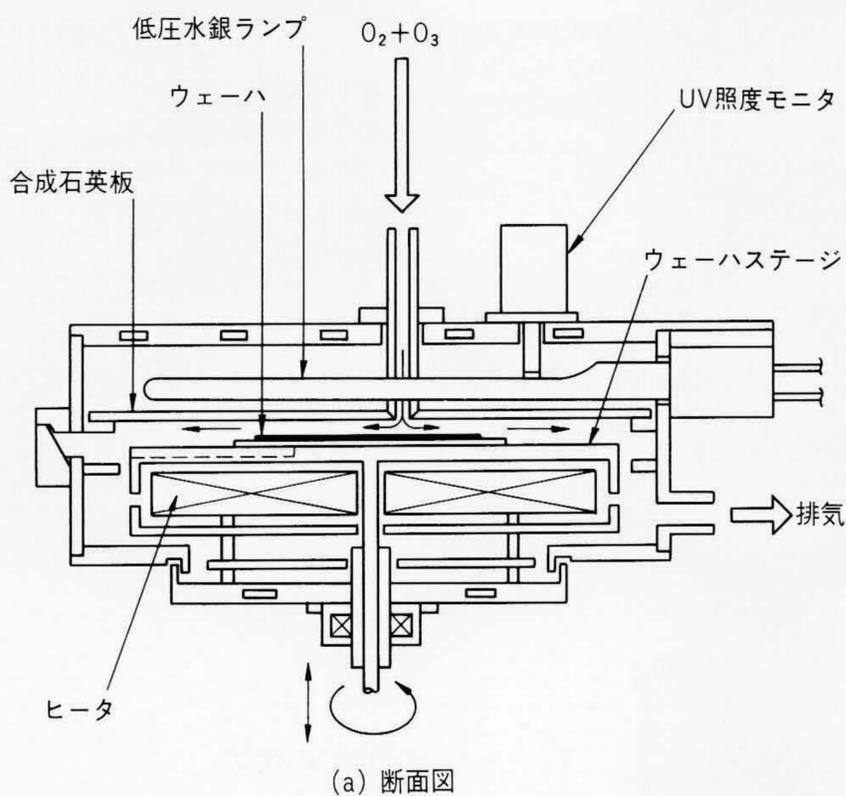


図7 処理室構造とガス供給方法 合成石英板とウェーハの間隙(げき)(1mm以下)に高濃度オゾンガスを流し、アッシング反応の効率を上げている。紫外線は石英板を通して照射する。

をピークにそれ以下では低下する。これは前述のモデル計算による O^* 濃度の変化の仕方とは異なっており、実際の反応では0.7mm以下で推定ラインを下回り始め、最適値のあることを示している。

次に、距離 l を0.5 mmに固定して温度依存性を評価した結果を図10のアレニウスプロットで示す。同図からUVアッシング速度は50℃下がるごとにほぼ半減することがわかる。一方、紫外線を照射しない場合(いわゆるオゾンアッシャ)には、温度依存性が大きく50℃で約 $\frac{1}{5}$ に低下し、200℃ではほとんど除去が進まない。このことから、本方式ではアッシング反応

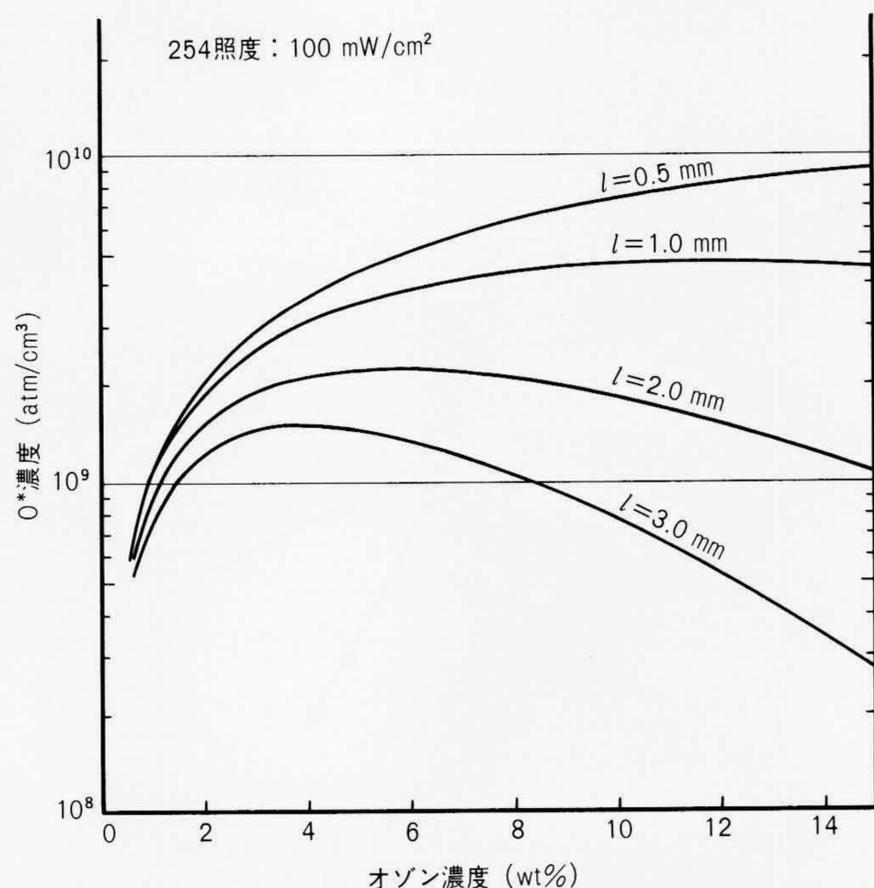


図8 気相反応計算モデルによるウェーハ表面 O^* 濃度のシミュレーション ウェーハ表面での励起酸素原子 O^* 濃度の、ウェーハ、石英板間距離 l 、供給オゾン濃度に対する依存性を示す。

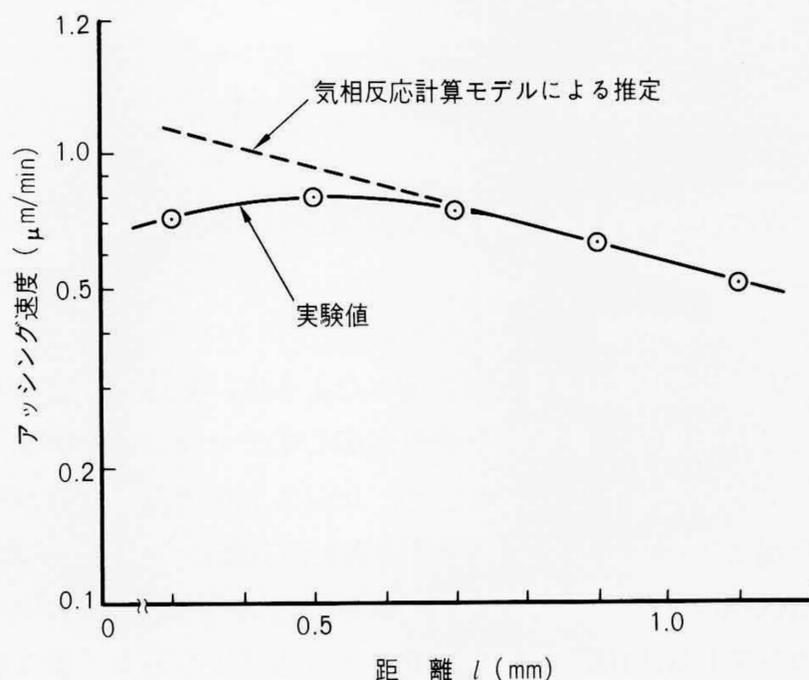


図9 アッシング速度の石英板、ウェーハ間距離依存性 ポジレジストOFPR-5000でのアッシング特性を示す。石英板、ウェーハ間距離 l に対する依存性を示す(処理温度250℃、オゾン濃度6.5 wt%)。

に対する紫外線アシストの寄与が大きく、低温処理の場合紫外線が不可欠であることがわかる。また同図中に示した条件で、レジストにイオン打ち込みを行った場合、アッシング速度はイオン打ち込みをしない場合の $\frac{1}{4}$ に減少した。

このほかSi基板に形成した深さ6.4 μm、幅0.4~0.6 μmのトレンチに埋め込まれたレジスト(トータル膜厚7.8 μm)もウェ

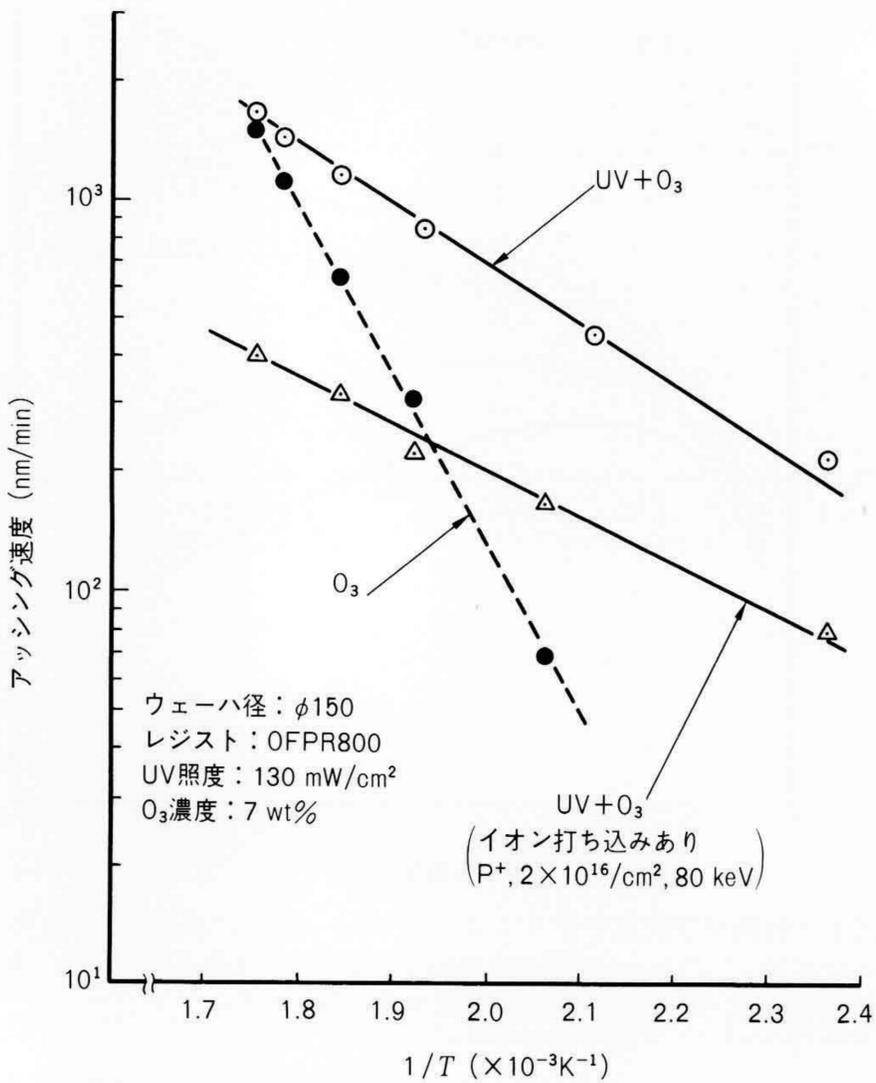


図10 アッシング速度のウェーハ温度依存性 紫外線照射の有無およびレジストへのイオン打ち込みの有無によるアッシング特性の違いを、アレニウスプロットで示す。

一ハ温度300℃のとき、約2分間で完全に除去されることを確認した。

(2) ダメージ評価

UVオゾン方式は4.2.1項で述べたように、光化学反応を利用しているため、荷電粒子が引き起こすチャージアップなどのダメージは生じない。そこで、レジスト中の可動イオンや重金属によるアッシング後の汚染発生の有無について調べた。

MOSキャパシタを用いてアッシング後のフラットバンド電圧のシフト量 ΔV_{FB} を、他のアッシング方式と比較して表1に示す。試料はアッシング後にRCA洗浄²⁾を行い表面の残渣を完全に除去してから測定を行った。表1の結果からUVオゾン方式は処理温度が高いにもかかわらず、ダウンフロー方式とともに通常のプラズマ方式に比べて ΔV_{FB} が二けた低く、可動イオンによる素子の汚染がほとんど起こっていないことがわかる。また熱による影響を調べるために、 ΔV_{FB} の温度依存性を評価した結果でも300℃までの範囲でシフト量に差のないことを確認した。

基板中の少数キャリアのライフタイムの変化を調べた結果を図11に示す。p形のベアSiウェーハに対し、レジスト塗布～アッシング～RCA洗浄を所定の回数繰り返した後、表面酸化(25nm)を行いライフタイム測定を行った。同図から、プラズ

表1 アッシング方式別可動イオン汚染評価 MOSキャパシタを用い、アッシング後のフラットバンド電圧シフト量によって、レジスト中の可動イオンによる汚染の度合いを比較した。

方式	プラズマ方式 (20 min)	ダウンフロー方式 (3 min 20℃)	UVオゾン方式 (15 min 150℃)
評価項目			
ΔV_{FB} (V)	3.4	0.055	0.055
可動イオン数 ($\times 10^{10}/\text{cm}^2$)	74.0	1.2	1.2

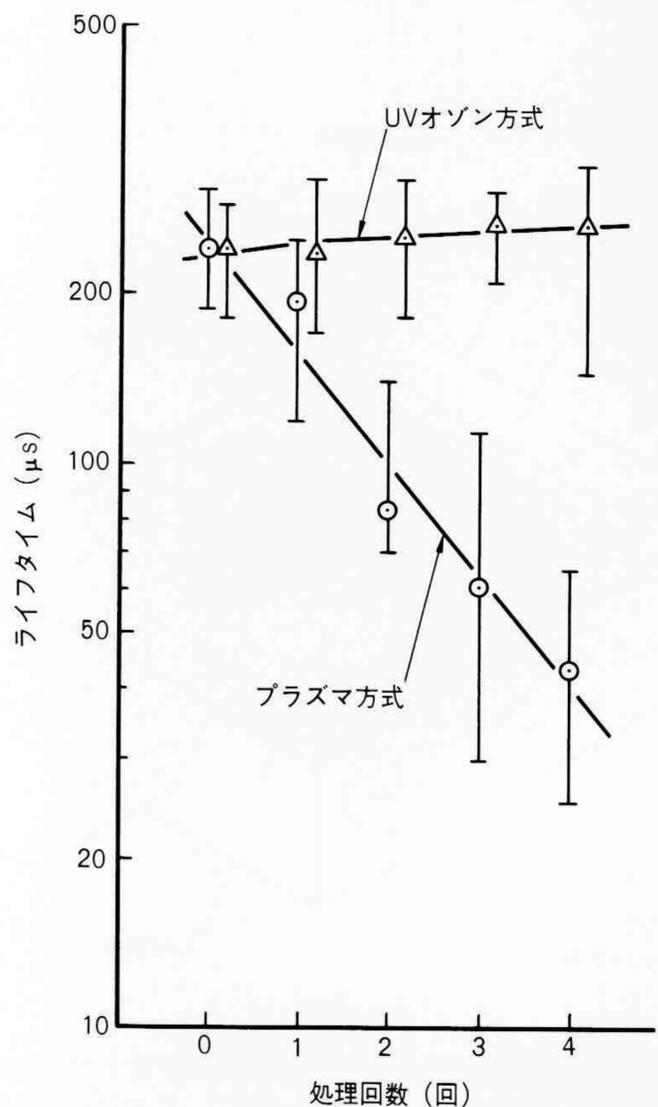


図11 ライフタイムのアッシング処理回数依存性 レジスト塗布～アッシング～RCA洗浄の処理を繰り返したときの少数キャリアのライフタイム変化を示す。

マ方式では処理回数を増すに従ってライフタイムが短縮し、汚染が進行していることがわかる。一方、UVオゾン方式ではまったく短縮せず、ウェーハが清浄なことを示す。さらに、ライフタイムについても温度依存性を調べたが、 ΔV_{FB} の評価の場合と同様に300℃までの範囲で汚染が生じないことを確認した。

以上述べてきたように、UVオゾン方式ではダメージや汚染のないクリーンなアッシングが可能である。日立製作所では、現在図12に示す「光アッシャ：UA-3150」として本機構に基



注：寸法〔幅900×奥行1,100×高さ950(mm)〕

図12 光アッシャUA-3150 ピックアンドプレースのロボット搬送機構と2処理室構成によって、処理能力60枚/時間(ポジレジスト1 μ m厚, 250 $^{\circ}$ C)を達成している。

づくアッシング装置を製品化している。本装置は処理室を二つ設け、ウェーハ2枚を並行処理することによって高スループット化を図っており、処理能力60枚/時間(ポジレジスト膜厚1 μ m, 処理温度250 $^{\circ}$ C)を可能としている。

5 結 言

半導体素子の高集積化、微細化に伴う洗淨、乾燥、レジスト除去技術の動向について述べた。サブミクロンからハーフミクロンへと速いテンポで微細化が進む中で、ウェット工程での異物再付着防止、ウオータマーク発生を抑える乾燥技術の開発などが行われてきた。

将来の0.3~0.1 μ mプロセスまで考えれば、除去対象物の微小化に伴う新たな洗淨技術の開発が必要となる。その場合、異物、汚れの種類が多種混在する場合は、除去対象物に対する選択性が少ないウェット処理の新洗淨技術を、物理力、電気化学効果の利用も考慮して開発する必要がある。

またホトレジスト、自然酸化膜など物質が限定される汚れ

に対しては、選択性のあるドライ洗淨に移行していくと考えられる。その場合、プロセスによるダメージが伴わないことが必要条件となる。

日立製作所の開発したUVオゾンアッシャは光反応を利用することでダメージを抑えた。また枚葉化によって低下するスループットを、高濃度オゾンを利用できる反応チャンバ、強力な紫外線ランプの開発および2枚並行処理によって解決した。

今後はこうしたウェット、ドライプロセスの新たな開発と使い分けにより、微細化に対応できるものとする。

参考文献

- 1) 齊木, 外: 液中での異物付着とゼータ電位: 電子情報通信学会技術報告, SDM87-190, p.45(1988)
- 2) W. Kern: Cleaning Solutions Based on Hydrogen Peroxide for use in Silicon Semiconductor Technology: RCA Review, p.187, June(1970)
- 3) 吉見, 外: Siウェーハ上の汚染金属の吸着除去挙動(II), 第35回応用物理学関係連合講演会予稿集, p.679, 31a-M-4(1988)
- 4) D.J. Syverson, et al.: Contamination Aspects of Anhydrous HF Gas Processing: Solid State Technology, p.101, October(1988)
- 5) 杉野, 外: 汚染ウェーハの光励起クリーニング, 第49回応用物理学学会学術講演会予稿集, p.589, 4p-B-4(1988)
- 6) 浜野, 外: 酸化反応によるウオータマーク生成メカニズムの解明, 電子通信情報学会技術報告 SDM-188, p.33(1988)
- 7) D.A. Bolon, et al.: Ultraviolet Depolymerization of Photoresist Polymers: Polym. Eng. Sci., 12, 109(1972)
- 8) J.R. Vig: UV/Ozone Cleaning of Surfaces: A Review, in "Surface Contamination: Genesis, Detection, and Control" by K.L. Mittal, Plenum Press(1978)
- 9) H. Okabe: Photochemistry of Small Molecules: p.220, Wiley Interscience, New York(1978)
- 10) 高梨, 外: 光アッシング技術, 月刊Semicon News, 12月号, p.47(1988)

論文抄録

Precise Visual Inspection Algorithm for LSI Wafer Patterns Using Grayscale Image Comparison

日立製作所 松山幸雄・岩田尚史・他2名

IAPR Workshop on Computer Vision-Special Hardware and Industrial Applications
401~404(昭63-10)

LSIウェーハパターンを対象に開発した自動外観検査アルゴリズムに関する報告である。光学的解像限界である $0.3\mu\text{m}$ の欠陥を確実に検出することを目的とし、実物パターンの濃淡画像どうしを直接比較検査する。

正常パターン部分の微小な不一致に影響されることなく欠陥だけを検出するため、「局所摂動パターンマッチング法」を開発した。本アルゴリズムは、比較する一方の画像を他方の画像に対して局所領域ごとに、XY平面内および明るさ方向にわずかずつ移動しながら合わせ込み、合わせきれない部分を欠陥として出力するものである。

開発したアルゴリズムをSiウェーハ上のレジストパターンの外観検査に適用し、その有効性を確認した。

応力特異場パラメータを用いた接着界面強度評価

日立製作所 服部敏雄・坂田荘司

日本機械学会論文集A
54, 499, 597~603(昭63-3)

接着界面の強度評価でもっとも困難な点は、はく離発生の起点となる接着端が、材料および形状の不連続点であるため、応力の特異場となることである。このような領域では最大応力を定義できず、この最大応力では普遍的な強度評価ができないことである。

本論文ではこの特異場近傍の応力分布が近似的に次式 $\tau(r) = K/r^\lambda$ ($\tau(r)$: 応力, r : 特異点からの距離, K : 特異場の強さ, λ : 指数)で示すことに着目し、この K と λ によって接着界面の強度を評価する方法を提案した。本評価法をモールド成形モデルに適用し、その成形、冷却過程中的にはく離の発生、進展を予測した。この予測結果は実際の成形品の超音波によるはく離観察結果とも良い一致が見られ、本評価法の妥当性が確認された。

ICプラスチックパッケージ内応力測定素子の開発とその応用

日立製作所 三浦英生・西村朝雄・他2名

日本機械学会論文集A
53, 493, 1826~1832(昭62)

近年、半導体製品の集積度向上が図られる一方で半導体素子寸法が大形化してきたため、ICプラスチックパッケージ製品では構成材料間の線膨脹係数差に起因して発生する熱応力が急増し、さまざまな不良を発生させるようになった。そこでパッケージの内部応力を正確に把握して、低応力化による高信頼性設計技術を確立するため、応力測定素子を開発した。

本素子はSiのピエゾ抵抗効果を応用したもので、Siチップに発生する応力を3次元成分に分離検出することが可能であり、 0.1MPa の分解能を持つ。本素子には温度測定部が内蔵されており、 $-55\sim 200^\circ\text{C}$ の温度範囲で応力測定が可能で、製品の製造工程および使用環境下での応力測定に活用できる。

応力特異場パラメータを用いた接着界面強度評価

日立製作所 服部敏雄・坂田荘司・他2名

日本機械学会論文集A
54, 499, 597~603(昭63-3)

近年、電気、光機器の組み立て、電子部品の封止などの分野での接着剤利用の拡大は目覚ましいが、それにつれて、これらの接着界面の高精度な強度評価の必要性が高まってきた。接着界面の強度評価でもっとも困難な点は、はく離発生の起点となる接着端では材料および形状の不連続のため、応力の特異場となっており、有限要素法などで応力解析を行うと、要素分割の粗密の程度によって最大応力が異なり、したがって、この最大応力だけでは普遍的な強度評価ができないことである。

ここでは、この応力特異場を近似的に表現する二つの応力特異場パラメータを用いて、強度評価をする方法を提案する。最後にモールドイングモデルに適用し、その妥当性を確認した。

Compositional Variation Related to the Growth Process in GaAlAs Layers

日立製作所 轟 悟・大部 功・他2名

J. Electrochem. Soc.
135, 4, 989~993(昭63)

半導体レーザの結晶成長によく使用される液相エピタキシャル成長炉の温度変動を、過渡的に $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 以下に制御しながら結晶成長させたGaAlAs層の組成分布と成長条件との関係をレーザラマン分光法を用いて調べた。

結晶成長がAs原子の拡散に律速する場合(成長時間 $t > 10\text{ s}$)、膜厚だけでなく均一な組成分布(成長面積: $40\text{ mm} \times 40\text{ mm}$, 0.457 ± 0.007)を持つGaAlAs層が容易に得られる。一方、成長時間がきわめて短く($t < 1\text{ s}$)、結晶成長の初期によく見られる基板面内の大きな組成ばらつき($> \pm 10\%$)は、Ga-Al-As溶液中に存在するAs原子の過飽和濃度を下げることによって、著しく改善される(面内組成分布: 0.152 ± 0.007)。

クリーンルーム内気中じんあい挙動解析

日立製作所 都築浩一

日本機械学会論文集B
53, 493, 2771~2776(昭62-9)

気流中に浮遊するじんあい挙動をLagrange的に追跡し、Brown運動や乱流拡散を確率的に計算する解析法を確立した。

じんあいの運動方程式を積分する際の時間刻みについて検討を行い、時間刻みの見積方式を示した。また、解析プログラムをクリーンルーム内じんあい挙動解析に適用し、クリーンルーム内気流分布の設計ツールとしての有効性を示した。