

技術紹介

新アイス・ブラスト技術の開発

Development of New Type Ice Blast Scrubber

田中 健* 広井孝彦** 多田益太*** 山本剛士****
 TANAKA Takeshi HIROI Takahiko TADA Masuo YAMAMOTO Takeshi

1. はじめに

半導体デバイスの洗浄方法には、ケミカル洗浄、物理洗浄、及び両方法を併用したケミカル・物理洗浄があり、それぞれ、洗浄対象物やプロセスによって、様々な洗浄方法が用いられている。

しかし、近年デバイスの微細化・多層化や基板の大口径化に伴い、様々な問題が発生している。

ケミカル洗浄については、薬液がデバイス材料をエッチングする事、膜を劣化させる等の問題が顕在化しており、更に基板の大口径化に伴い、薬液の使用量が増大し、環境に与える負荷が大きくなることへの問題がある。また、物理洗浄では、微細パターンにダメージを与えることや、パーティクル除去率に限界がある等の問題が指摘されている¹⁻²⁾。

2. 従来の洗浄技術

当社は、半導体デバイス洗浄として、アイス・ブラスト洗浄技術³⁻⁴⁾、気液2流体ジェット洗浄技術⁵⁻⁶⁾がある。

図1にアイス・ブラスト洗浄技術の概略フローを示す。

アイス・ブラスト洗浄技術は、液体窒素で-100℃

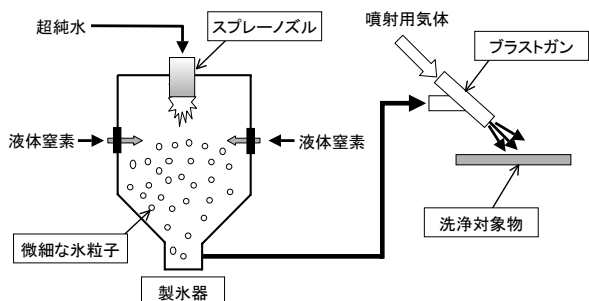


図1 アイス・ブラスト洗浄技術概略フロー

* 電子機材事業本部技術統括部機器製作所機器技術部
 ** 電子機材事業本部技術統括部品質保証部
 *** 電子機材事業本部マーケティング統括部マーケティング部
 **** 電子機材事業本部技術統括部機器製作所機器製作部

以下に冷却された製氷器の中に、スプレーノズルから数十μmの微細な水滴を噴霧し、熱交換させて凍結させ氷粒子を作る。この氷粒子をブラストガンに気相搬送し、噴射用気体により加速してウェハに噴射し洗浄を行う。

この洗浄技術の特徴として、高い洗浄効果があったが、パターンにダメージが生じる問題もある。そのため、用途は化学的機械的研磨(CMP)処理後や裏面等の強固な平坦面の洗浄に限られている。また、この方法は液体窒素を利用し、更に付帯設備として液体窒素の供給設備等が必要であるため、洗浄コストが上がるといった問題がある。

一方、気液2流体ジェット洗浄技術は、アイス・ブラスト洗浄技術開発の延長上に生まれた。

この洗浄技術は、アイス・ブラスト洗浄技術における氷粒子のかわりに、水滴を用いたものである。

図2に気液2流体ジェット洗浄技術の概略フローを示す。構成はいたって簡単であり、超純水とガスを高圧でノズルに導入し、液滴化させ、基板上に噴射し、洗浄を行う。

この洗浄技術は、競合となる洗浄機器メガソニックスクラバーやブラシスクラバー^{1,7)}を上回る洗浄性能を有している。そのため90nm以降の製造プロセスにおいて益々重要性を増している。特にゲートパターン前後の工程に使用され、ダメージレス洗浄方法とし

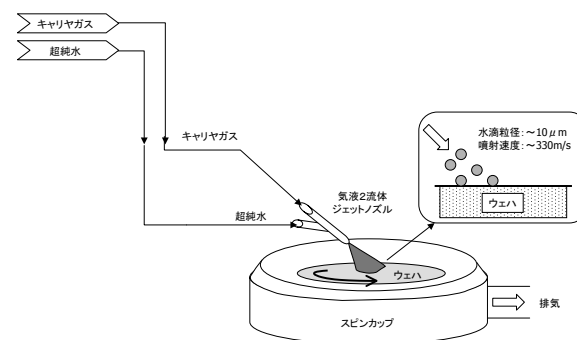


図2 気液2流体ジェット洗浄技術概略フロー

て多数の装置に導入されているが、CMP 処理後ウェハの洗浄などのハードな洗浄には適さないという問題がある。

3. 新アイス・ブラストの技術概要

これらの課題を解決する新たな技術として、アイス・ブラストの特徴と気液2流体ジェット洗浄技術の特徴を生かし、シャーベット状氷粒子をジェット噴流に乗せて洗浄する技術を開発した。本技術開発の目的は、従来洗浄技術の課題に対し、エッチングレス、ダメージレス洗浄と高い除去率を有する洗浄の実現を図り、更に環境負荷に配慮した洗浄技術を開発することである。

図3に新アイス・ブラスト洗浄技術の概略フローを示す。

本技術は、超純水またはイソプロピルアルコール (IPA) 水溶液 (10~20 wt%) を供給し、冷却モジュール内で -5~-20℃まで冷却させて過冷却状態にした上で、製氷器部分で凍結させ、シャーベット状氷粒子を作る。この氷粒子を洗浄ノズルに導入し、キャリアガスで加速して噴射し、固気液3相流で洗浄を行う。

本技術で IPA 水溶液を用いる理由は、氷粒子をシャーベット状にするためである。IPA 水溶液を冷却すると、純水部分は凍結するが、IPA 部分は凍結せずにシャーベット状を保つことができる。また、IPA は、半導体製造工程で一般的に用いられている薬液であり、デバイスに悪影響を及ぼす心配はない。

図4に製氷したシャーベット状氷粒子の拡大写真を示す。これは氷粒子の発生直後にサンプリングした氷粒子の写真であり、針状の氷が得られることがわかる。図5にその粒径分布を示す。氷粒子の粒径は、長径方向の平均粒径が約400μmである。洗浄中は写真のような氷粒子がキャリアガスによって洗浄ノズル内で粉碎され、微細粒子となってウェハに到達する。

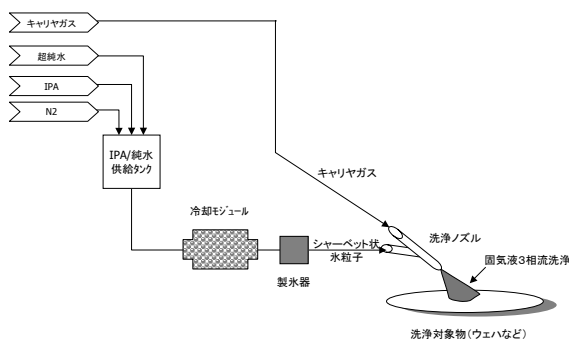


図3 新アイス・ブラスト洗浄技術概略フロー

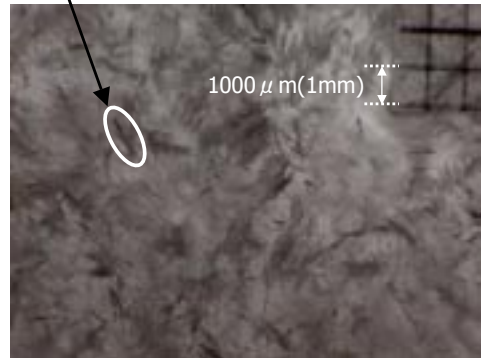
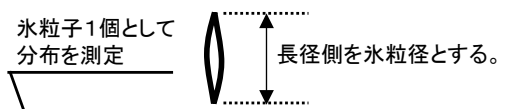


図4 シャーベット状氷粒子の拡大写真

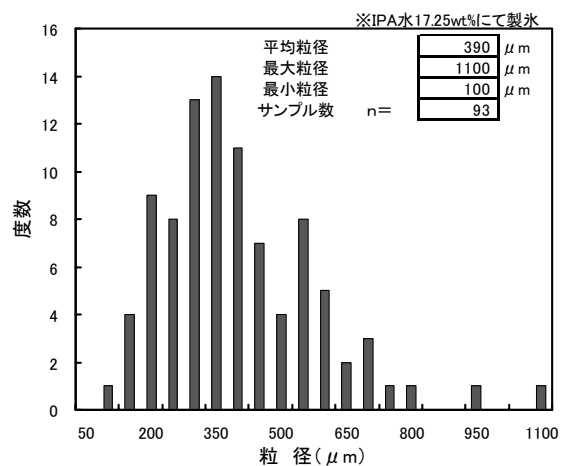


図5 シャーベット状氷粒子の粒径分布

4. 洗浄性能の評価

洗浄性能は、低速噴射と、高速噴射について評価した。低速噴射はゲートパターンウェハ洗浄を目的としており、噴射速度は100m/s以下である。高速噴射はCMP処理後のウェハ洗浄を目的としており、噴射速度は100m/s~音速である。表1に各噴射領域の洗浄条件を示す。

噴射領域	低速噴射	高速噴射
ターゲット	ゲートパターンウェハ洗浄	CMP 処理後ウェハ洗浄
噴射速度 (m/s)	< 100	> 100
噴射角度 (°)	90	45
噴射距離 (mm)	20	50
使用サンプル	90nm パターニングウェハ (8") SiO ₂ サンプル (8")	0.208μmPSL 粒子サンプルウェハ (6") CMP 研磨用スラリー (200倍希釈) 添布後スピン乾燥させたサンプル (6")

洗浄方法は共に、スピナによって一定速度で回転するウェハの中心から、外周方向に洗浄ノズルをスキャンさせた。また、この際スキャン速度を工夫し、ウェハ単位面積当たりに衝突する氷粒子量が一定となるようにした。

4.1 低速噴射による洗浄評価

低速噴射による洗浄は、2種類の評価を行った。ダメージ評価とパーティクル除去率評価である。これらの評価結果から、ダメージレス領域における最大のパーティクル除去率を求めることを目的とした。

ダメージ評価のサンプルは、図6に示す通りシリコンウェハ上に線幅90nmで高さ180nm(アスペクト比2)のゲートパターンをパターンニングしたウェハを用いた。

また、パーティクル除去率評価をするために、評価サンプルはシリコンウェハ上にシリコン酸化物(SiO₂)粒子を付着させたウェハを用いた。

図7の上段に、低速噴射によるゲートに対するダメージとSiO₂粒子の除去率の相関を示し、下段は、比較のため気液2流体ジェット洗浄にて同様のウェハを洗浄した結果を示した。

図に示すように、新アイス・ブラスト洗浄は、ダメージレス領域で気液2流体ジェット洗浄と同等の除去率が得られることを確認した。

また、新アイス・ブラスト洗浄の除去率は気液2流体ジェット洗浄に比べて噴射速度に依存していない事が分かった。これは、放射流による作用であると考えられる。シャベット状氷粒子はウェハ上で流体と同様の挙動を示しており、衝突時に放射流となってウェハ上を移動すると考えられる。このため水粒子はこの放射流に乗って、SiO₂粒子に衝突し、効果的にSiO₂粒子を除去していると推測する。

4.2 高速噴射による洗浄評価

高速噴射による洗浄はパーティクル除去率で評価した。また、より実用に近い条件で評価をするためにCMP処理に用いるスラリー液の洗浄性能も評価した。

まず、パーティクル除去率の評価法を述べる。評

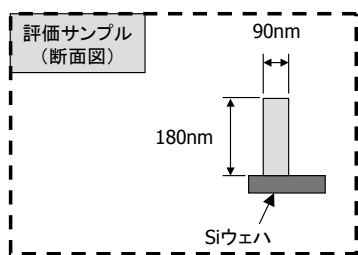


図6 ダメージ評価サンプル構造図

価サンプルは、0.208μmのポリスチレンラテックス(PSL)粒子をシリコンウェハ上に散布した後、120℃で60秒ベーキングしたものを用いた。図8に高速噴射のPSL粒子の除去率を示す。また、比較の為に従来のアイス・ブラスト洗浄及び気液2流体ジェット洗

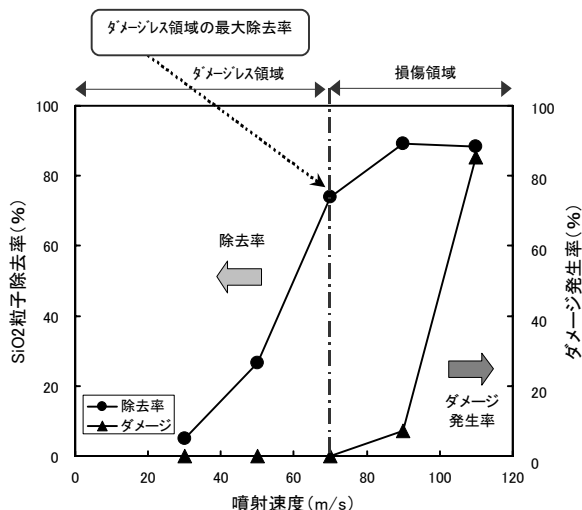
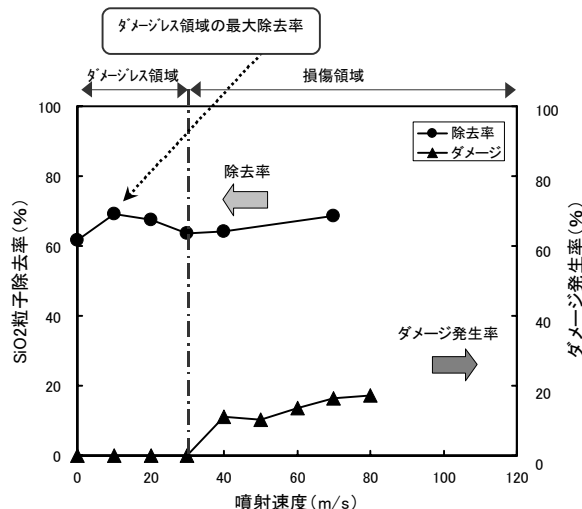


図7 洗浄性能(低速噴射)
新アイス・ブラスト洗浄(上)、気液2流体ジェット洗浄(下)

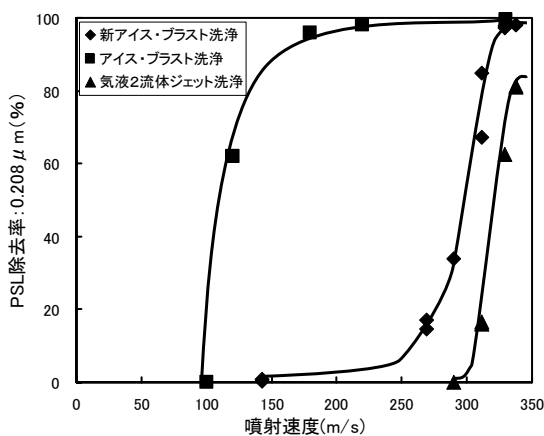


図8 洗浄性能(高速噴射)

浄の除去率も併せて示した。洗浄条件は表1に示す。

なお、このサンプルをメガソニックスクラバーや高圧ジェット^{1,7)}で洗浄した場合、除去率は数%程度である。

図8に示す通り、高速噴射では、新アイス・ブラスト洗浄は、従来のアイス・ブラスト洗浄と同等の除去率を得て、気液2流体ジェット洗浄よりも高性能な洗浄が可能であることを確認した。

更に、実際の工程に近い条件での評価として、CMP処理に用いるスラリー液の洗浄性能を評価した。CMP研磨時、スラリー液に含まれる砥粒子はウェハ上に固着する可能性があるため、非常に取れにくくなることが考えられる。そのためサンプルは、シリコンウェハをスピナに固定した後、CMP研磨用スラリー(200倍希釈)を数滴ウェハ上に滴らし、スピナを回転させ、スラリー液をウェハ全面に付着・乾燥させたものを用いた。

図9に上記のサンプルを新アイス・ブラスト洗浄にて洗浄評価した結果を示す。比較の為に気液2流体ジェット洗浄にて同サンプルを洗浄した結果を併せて示す。縦軸には洗浄後のパーティクル残留個数を示す。洗浄条件は表1の通りである。

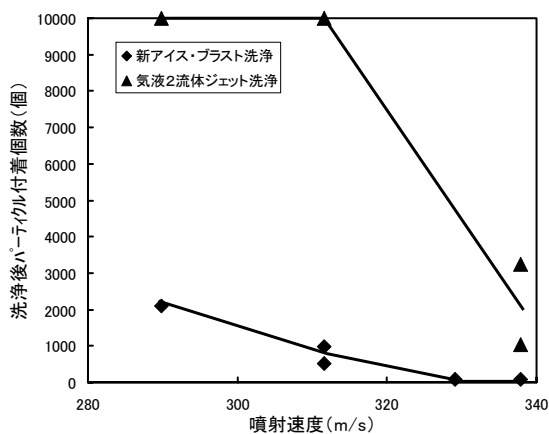


図9 洗浄性能 (CMP処理後ウェハ洗浄の予備評価)

パーティクル残留個数は、評価装置(ウェハ表面検査装置 LS-6000:日立製)で測定可能な10000個以下で評価した。

図から、新アイス・ブラスト洗浄は噴射速度を音速まで上げれば、数十個レベルまで除去できる。これに比べ気液2流体ジェット洗浄では、数千個レベルまでしか除去できない。このことから、新アイス・ブラスト洗浄は、乾燥すると非常に取れにくくなるCMPスラリーに対しても、高い洗浄効果があるといえる。

以上2つの評価結果より、新アイス・ブラスト洗浄技術はCMP処理後ウェハ洗浄に非常に有効な手段であることがわかる。

5. まとめ

固気液3相流洗浄技術を実現させるために、シャープレット状氷粒子を連続的に供給する技術を開発した。

また、本技術を用いて洗浄評価を行った結果、

(1) 次世代ゲートパターンウェハの洗浄

(2) CMP処理後ウェハの洗浄

について良好な性能を有することを確認した。

これらのことから、この新しい洗浄技術は幅広い洗浄プロセスへの適用の可能性があると考えられる。

なお、本技術を当社から某装置メーカーへ技術移転した。今後、装置メーカーにて、洗浄装置として製造・販売を実施する予定である。

参考文献

- 1) 小川洋輝, 堀池靖浩. はじめての半導体洗浄技術. 東京, 工業調査会, 2002-03. 276p.
- 2) NIKKEI MICRODEVICES. 東京, 日経 BP 社, 2003-06.
- 3) 大陽酸素株式会社. 半導体関連機器・ガス・ケミカルハンドブック. 1993. 151-152.
- 4) 菅野至. セミコン関西技術セミナー予稿集, 1994. 19-27.
- 5) 菅野至. 応用物理学会分科会, 1999. 60-65.
- 6) 菅野至, 多田益太. 三菱電機, 大陽東洋酸素. 特許第3315611号. 1996-12-02.
- 7) 土肥俊郎, 中川威雄, 半導体平坦化CMP技術. 東京, 工業調査会, 1999-09. 132-135.