

ダメージレスを実現するオゾンアッシング装置

Ozone Asher Realizing Damageless Ashing Process

恒川助芳 Sukeyoshi Tsunekawa 内田陽子 Yoko Uchida
笹島勝博 Katsuhiro Sasajima 平岩 篤 Atsushi Hiraiwa



ダメージレスを実現するオゾンアッシング装置“UA-7200”

微細化の進展とともに、ドライエッチングやイオン打込みなどのさまざまな工程の影響を受けて、レジストの除去が困難になってきている。アッシング装置“UA-7200”は、レジストの除去能力を高め、基板への損傷を低減することを目的に開発したものである。荷電粒子によるチャージアップやイオン衝撃によるスパッタリングなどのダメージがなく、また、真空ポンプが不要なため、メンテナンスが容易であるなどの特徴を持つ。

アッシング工程は、従来、リソグラフィ工程の一部またはエッチング工程の後処理として扱われ、あまり注目されることはなかった。しかし、DRAM(Dynamic Random Access Memory)の高集積化による新しいキャパシタ絶縁膜材料の導入、ASIC(Application Specific IC)、MPU(Microprocessing Unit)などのロジックLSIに使われるゲート絶縁膜の薄膜化に伴い、ダメージの観点から見直されている。

日立製作所は、1988年にオゾンと紫外線を用いたアッシング装置を製品化し、その技術を基にこのたび、低ダメージのアッシング装置“UA-7200”を開発した。この装置は、オゾンから生成した酸素ラジカルだけでアッシングを行うため、イオン衝撃によるスパッタリング、荷電粒子によるチャージアップなどのダメージがない。また、真空を用いなくて大気圧下でアッシングを行うため、メンテナンスが容易であるという特徴を持つ。

1. はじめに

リソグラフィでレジストを用いるかぎりでは、加工後に不要になったレジストを除去するアッシング工程が必要である。しかし、アッシングにはエッチングのような加工寸法や選択性などの明確な基準はなく、半導体の製造工程全体から見て、脚光を浴びるような工程ではなかった。ところが、近年、ダメージの観点からアッシング工程が見直され、その重要性は着実に高まってきており、素子製作上のキー技術となる可能性も出てきた。

一方、除去しなければならないレジストは、微細化の進展とともにドライエッチングやイオン打込みなどさまざまな工程の影響を受けて変化しており、ますます除去しづらいものになってきている。このため、除去する側では、添加ガスによる化学反応やイオン衝撃によるスパッタリングなどを利用している。しかし、これらの方法では基板が削れたり、素子特性が変化するなどの損傷を受けやすいなどの問題がある。すなわち、レジストの除去能力を高めることと、基板への損傷を低減することは、アッシング装置を製作するうえで相いれない要求になりつつある。

このような背景の下に日立製作所は、基板への損傷を大幅に低減したアッシング装置“UA-7200”を開発した。

ここでは、リソグラフィ工程で、ダメージレスを実現するために開発したオゾンアッシング装置の概要と特徴について述べる。

2. アッシングの原理

オゾンアッシングの原理をプラズマアッシングと比較して図1に示す。いずれのアッシング方法も、酸素ラジ

カルでレジストを二酸化炭素と水に換えて揮発除去する。しかし、オゾンアッシングの場合には酸素ラジカルだけが生成されるが、プラズマアッシングの場合には酸素ラジカルに加え、イオンや電子などの荷電粒子も同時に生成され、また、プラズマからは真空紫外光も照射される。このため、プラズマでは、ダメージに対していっそうの注意が必要である。

アッシングでのダメージの重要性をドライエッチングと比較して図2に示す²⁾。ドライエッチングではその期間中、下地の金属配線がレジストで覆われてプラズマからシールドされているが、アッシングでは金属配線を覆っているレジストそのものを除去するため、金属配線がプラズマに直接さらされる。すなわち、素子の構造上、アッシングのほうが、エッチングに比べて、荷電粒子の入射による金属配線のチャージアップを起こしやすい。このため、アッシングでも、エッチングと同様、ダメージに対して十分な注意が必要である。

また近年、素子の微細化や高機能化に伴って、ゲート絶縁膜直上でレジストのアッシングを行う巧妙なプロセスも考案され、いっそうの低ダメージアッシング装置が求められている。

3. アッシング装置“UA-7200”の構成と仕様

UA-7200の処理室構成を図3に示す。250℃から300℃に加熱したステージ上にレジストの付着したウェーハを載せ、ノズルからオゾンガスを放出する。すなわち、加熱した基板上でオゾンを熱分解し、そこで生成される酸素ラジカルで、プラズマと同様にレジストを二酸化炭素と水に換えて揮発除去する。なお、これらはすべて大気圧下で行う。

この装置の特徴は以下のとおりである。

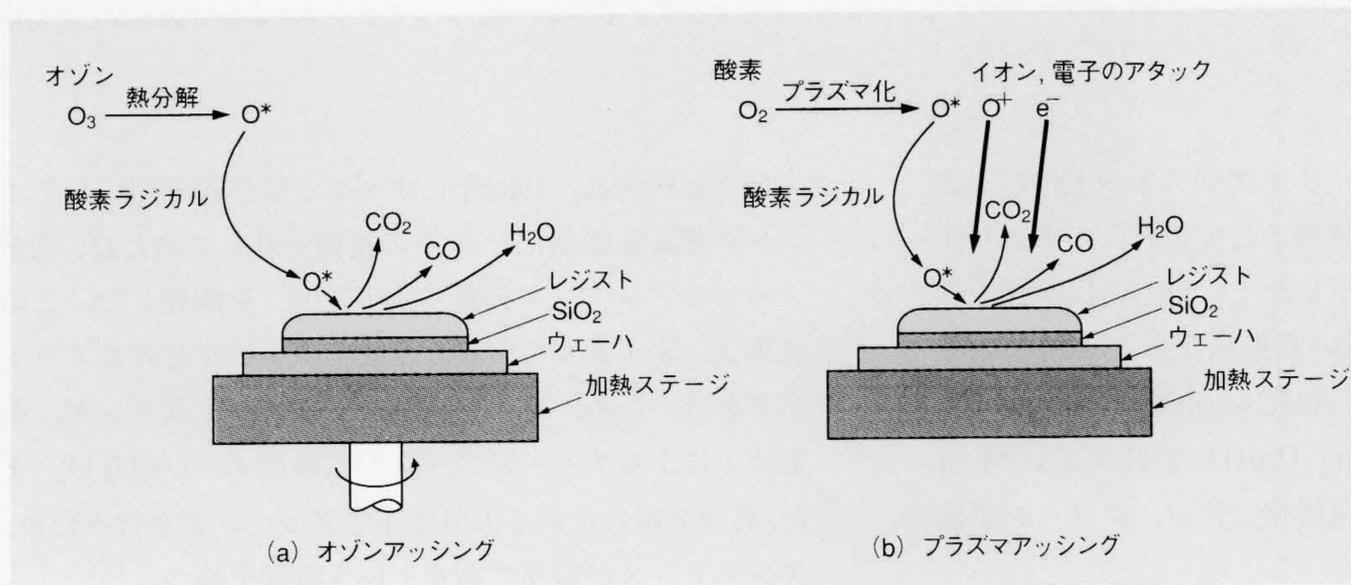


図1 アッシング方法の比較

プラズマアッシングの場合には酸素ラジカルに加え、荷電粒子や真空紫外光などが存在する中でアッシングが行われるが、オゾンアッシングの場合には酸素ラジカルだけでアッシングが行われる。

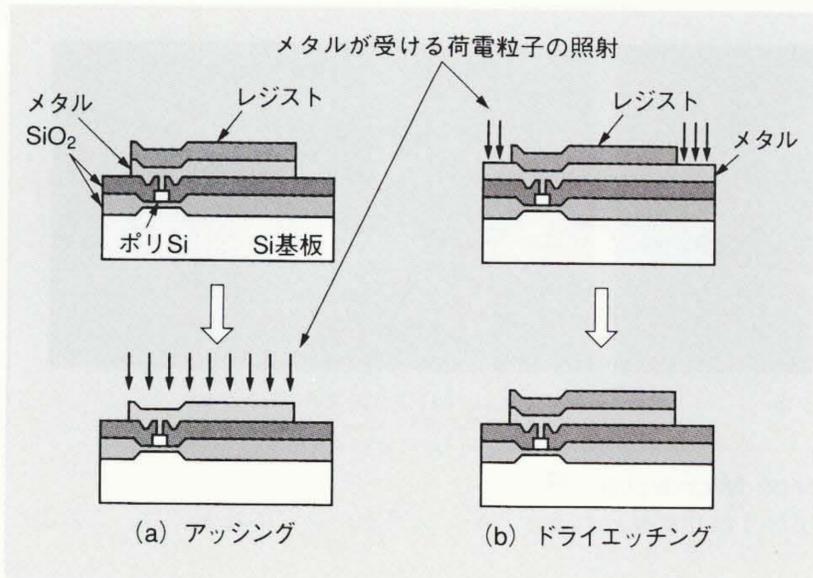


図2 アッシングとドライエッチングとの比較

ポリSiにつながっているメタルは、ドライエッチングでは荷電粒子の照射を直接受けないが、アッシングではメタルが荷電粒子の照射を直接受ける。

- (1) 荷電粒子を用いないため、チャージアップによる酸化膜の特性劣化の心配がない。
- (2) チャージアップがないため、可動イオン汚染や重金属汚染が少なく、低汚染である。
- (3) オゾンガスから生成した酸素ラジカルだけを用い、下地が削れないため、薄膜上のアッシングにも適用できる。
- (4) 搬送やアッシングはすべて大気圧下で行うため、メンテナンスが容易である。

UA-7200の主な仕様を表1に示す。アッシング処理室を2個搭載し、おのこの処理室に対して専用のオゾン発生機を用意して、アッシング速度と均一性を向上させるとともに、設置スペースの効率的利用を図った。

4. ダメージの評価

アッシング装置“UA-7200”のダメージを評価するために、薄い酸化膜直上でアッシングを行った場合の少数

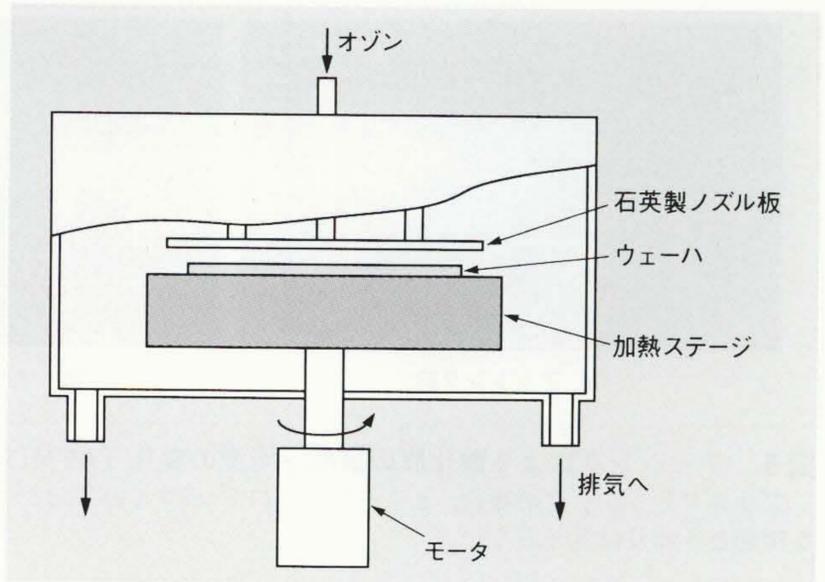


図3 オゾンを用いたアッシング装置の処理室構成

加熱したステージ上にレジストの着いたウェーハを載せ、ノズルからオゾンガスを放出し、アッシングを行う。

表1 UA-7200の仕様

アッシング処理室を2個搭載し、スループットの向上と設置スペースの効率的利用を図った。

| 項目 | 仕様 |
|----------------------|--|
| 処理方式 | オゾン方式(UV*・オゾン方式) |
| 処理室数 | 2個 |
| 加熱方式 | ホットプレート加熱方式 |
| 除去速度 | 2 μm/min |
| 均一性 | ±7% |
| スループット | 100ウェーハ/h |
| 設置スペース (幅×奥行き×高さ) | 本体部 1,100×1,300×1,800(mm) オゾン発生部 600×600×1,750(mm)×2台 |

注：*UV(紫外)線ランプはオプションとした。

キャリアのライフタイムと、酸化膜表面の平坦(たん)度を調べた。その結果について以下に述べる。

(1) ライフタイム

“UA-7200”と代表的なプラズマアッシング装置を用

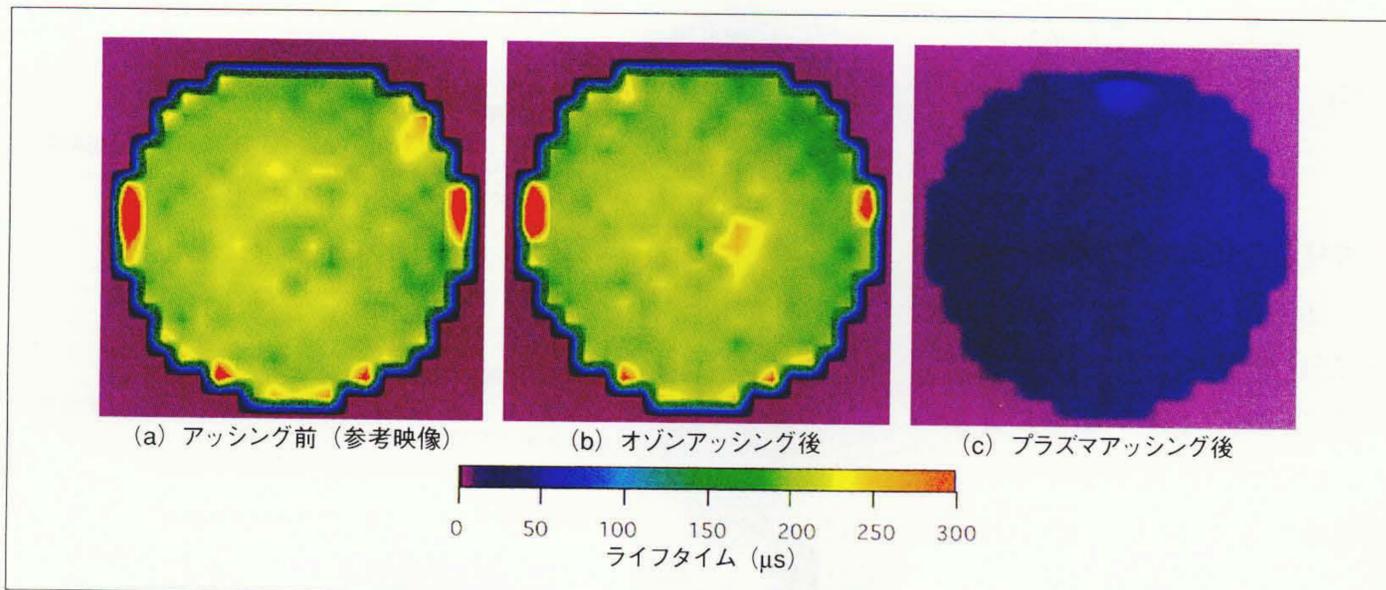


図4 アッシングによるライフタイムの変化

プラズマアッシングの場合、ライフタイムの低下が見られるが、オゾンアッシングの場合には、ライフタイムの低下は見られない。

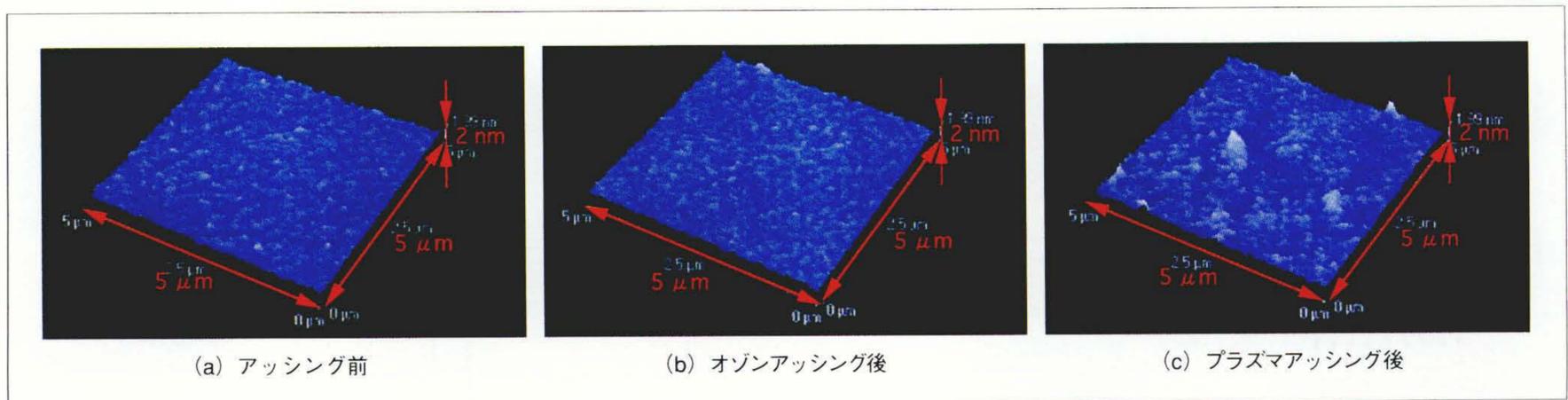


図5 アッシングによる酸化膜の表面平坦度の変化〔AFM(Atomic Force Microscopy)像〕

プラズマアッシングの場合、ところどころに2 nmほどの突起と下地に緩やかなうねりが見られるが、オゾンアッシングの場合では、このような突起とうねりは見られない。

いて、ゲート酸化膜(13 nm)直上でアッシング処理を行い、少数キャリアのライフタイムを測定した。8インチウェーハのライフタイム面内分布を図4に示す。同図から、プラズマアッシングで処理した場合には、ライフタイムがアッシング前の200~250 μ sに対して30 μ s前後に低下するが、オゾンアッシングで処理した場合には、ライフタイムがアッシング前の200~250 μ sと同等で、低下しないことがわかる。

(2) 下地酸化膜表面の平坦度

ライフタイムと同様に、アッシング後の下地ゲート酸化膜(13 nm)表面の凹凸を調べた。その結果を図5に示す。同図には、オゾンアッシングとプラズマアッシングで処理したときのAFM (Atomic Force Microscopy) 像を比較して示した。プラズマアッシングの場合にはところどころに2 nmほどの突起と、下地に緩やかなうねりが見られるが、オゾンアッシングの場合には、このような突起やうねりは見られない。このことから、オゾンアッシングのほうが、プラズマアッシングに比べて、表面の凹凸が少ないと言える。

以上から、オゾンアッシング方式では、プラズマアッシング方式に比べて、きわめて低ダメージでアッシング処理ができることがわかった。

5. おわりに

ここでは、日立製作所が開発した低ダメージアッシング装置“UA-7200”について述べた。

この装置は、(1)ラジカルだけでアッシングを行うため、荷電粒子によるチャージアップやイオン衝撃によるスパッタリング等のダメージがない、(2)真空ポンプが不要なため、メンテナンスが容易であるなどの特徴を持っている。

今後、半導体素子の高集積化や高性能化に伴って、新しい材料やそれを使いこなすための新しいプロセスが導入され、低ダメージアッシング技術はますます重要になると思われる。

今後も、ユーザーのニーズにこたえる半導体製造装置の開発に努力していく考えである。

参考文献

- 1) 高梨, 外: 光アッシング技術, Semicon News, p.47(1988)
- 2) 野尻: エッチングプロセスにおけるチャージアップダメージ, 月刊Semiconductor World, p.86(1992)

執筆者紹介



恒川助芳

1975年日立製作所入社, 熱器ライティング事業部
青梅本部 設計部 所属
現在, 半導体製造装置の開発に従事
応用物理学会会員
E-mail: tsunekawa@cm.ome.hitachi.co.jp



笹島勝博

1993年日立製作所入社, デバイス開発センタ 試作部 所属
現在, 半導体製造プロセスの開発に従事



内田陽子

1977年日立製作所入社, 半導体事業部 半導体技術開発
センタ ULSIプロセス開発室 所属
現在, DRAMプロセスの開発に従事
工学博士
応用物理学会会員, 日本結晶成長学会会員
E-mail: yuchida@crl.hitachi.co.jp



平岩 篤

1975年日立製作所入社, 半導体事業部 半導体技術開発
センタ ULSIプロセス開発室 所属
現在, MOS LSI高信頼化の技術開発に従事
工学博士
応用物理学会会員, 電子情報通信学会会員
E-mail: hiraiwa@cm.musashi.hitachi.co.jp