

最先端半導体デバイスの生産を実現するベストソリューション

オゾンプロセス技術によるスリミング装置

-SP-1200-

Slimming System Using Ozone Process Technology

Hiromichi Kawasaki 川崎裕通 恒川助芳 Sukeyoshi Tsunekawa

川上博士 長谷川昇雄

Hiroshi Kawakami Norio Hasegawa



注:略語説明 SEM(Scanning Electron Microscopy)

オゾンプロセス技術によ るスリミング装置と測長 SEM像

リソグラフィーで形成した レジストパターンを精度よく 細線化することで,露光装置 の解像限界以下の微細パター ンを実現するスリミング装置 "SP-1200"を開発し、製品化 した。このスリミング装置と 既存の露光装置の組み合わせ により,次世代露光装置を先 取りした微細パターンを実現 することができる。

23

光リソグラフィーは、その限界が叫ばれている中で、リソグラフィー技術の革新によって光源波長以下のパターンが形成さ れている。また、露光装置の価格の高額化が進んでいることから、リソグラフィー関係の装置は、半導体製造分野の設備投資 の主要な部分を占めるようになってきている。

一方, MPUやシステムLSIなどのロジック系デバイスでは、ゲート長の細線化へのニーズはとどまるところを知らない。こ のため、リソグラフィーなどの技術革新は後追いになっているのが現状である。現在までに開発されている90 nmノードでの ゲート長は70 nm以下が必要とされている。しかし、これは、ArFエキシマレーザを用いた露光装置と超解像化技術とを併用し ても形成が困難である。

日立グループは、このような状況を打開するために、リソグラフィーで形成したレジストパターンを精度よく細線化するこ とで、露光装置の解像限界以下の微細パターンを実現するスリミング装置"SP-1200"を開発し、製品化した。このスリミング 装置と既存の露光装置の組み合わせにより、次世代露光装置を先取りした微細パターンを実現することができる。



シマレーザ(248 nm)へ、さらにArFエキシマレーザ(193



半導体デバイスの高性能化・高集積化は、リソグラ フィー技術、特に露光装置の技術革新によってけん引さ れている。 露光装置の光源波長は,加速する微細化のロ ードマップ¹に対応するため, *i*線(365 nm)からKrFエキ

nm)へと短波長化されている。また、変形照明や位相シ フトマスクなどを用いた超解像化技術の併用により、光 源波長以下の微細パターンが形成されている。 日立グループは、オゾンアッシング装置に用いているオ ゾンプロセス技術を応用したスリミング装置"SP-1200"

を開発し,製品化した。「スリミング」とは,露光装置な どで形成したレジストパターンを細線化する技術である。 このスリミング装置と既存の露光装置を組み合わせるこ とにより,次世代露光装置を先取りした微細パターンを 実現することができる。

ここでは、オゾンプロセス技術を応用したこのスリミング装置について述べる。

2 スリミング技術の効果と方法

スリミング技術の効果を図1に示す。同図では、ArF エキシマレーザを用いた露光装置でも形成できないライ ン幅が、KrFエキシマレーザを用いた露光装置とスリミ ング技術の組み合わせによって形成できる様子を示し た。また、ArFに適用すれば、さらに微細な寸法を実現 することが可能になる。なお、同図に示したKrFとArF エキシマレーザ露光のほか、g線やi線など他の光源、お よびEB(Electron Beam)描画装置と組み合わせても同様 な効果が得られる。



図2 スリミングの方法

リソグラフィーで形成したパターンを細線化(スリミング)する。 スリミング後、反射防止膜とポリSiのエッチングを行うことにより、微細パターンが形成できる。

どがある^{2)~4)}。このうち、レジストスリミングでは、レジ

微細ゲート電極の実現を想定したスリミング技術の方 法を図2に示す。スリミングの方法には、レジストパタ ーンをアッシングによってスリミングする方法(以下、レ ジストスリミングと言う。)や、BARC(Bottom Anti-Reflection Coating:反射防止膜)をエッチングによって スリミングする方法(以下、BARCスリミングと言う。)な



ストパターンを等方的にスリミングした後,下地膜 (BARC,ポリSiなど)をエッチングすることで,既存の 露光装置では解像できない微細パターンを形成すること ができる。

一方,BARCスリミングは,レジストスリミングと BARCエッチングを兼ねることができる。しかし,スリ ミング量が増えるほど均一性が悪くなり,レジストの膜 減りが多くなる。このため,スリミング量が制限された り(実用上は40 nm),再現性が悪いなどの課題も残され ている。

3 SP-1200の処理室の概要

オゾンプロセスによるレジストスリミングでは、オゾ ンの熱分解によって生じた酸素ラジカルによってレジス トパターンを構成する有機物を二酸化炭素と水にし、揮 発除去しながら細線化する⁵⁾。細線化される量は処理温 度とオゾン供給量によって変化するので、局所的なオゾ ン供給とウェーハ冷却によってスリミング分布が損なわ れる。そのため、SP-1200では、細線化される量がオゾ ン供給量に依存しない反応律速状態でプロセスを構築す るとともに、ウェーハ温度分布を均熱化することでスリ ミング精度を保つ構成とした。

注2:略語説明 NA(Numerical Aperture)

24

図1 スリミングの効果 超解像露光を用いて形成したパターンとスリミングを加えたパ ターンのレンズの開口数依存性を示す。KrF露光にスリミングを 加えることにより、ArF露光を用いた場合と同等なパターン寸法 の形成が可能となる。

スリミング装置"SP-1200"の処理室の概略構造を図3に 示す。原料ガスの酸素から無声放電によって生成したオ ゾンガスを,新たに開発したガスサプライヤに導入する。 ガスサプライヤは多段式の整流から成り,ウェーハ温度 分布を損なうことなく均一にオゾンガスを供給すること



図3 処理室の概略構造

スリミング装置の処理室の概略構造を示す。オゾンの均一供給 とウェーハの均一加熱により、均一なスリミングを実現している。

ができる。ウェーハはホットプレート上で真空吸着され, 均一に加熱される。ウェーハとホットプレートとの接触 率を極力小さくすることで, 裏面パーティクルを低減で きる構造とした。なお、処理後の排ガスは、オゾン分解 装置で無害化した後、排出される。



レジストスリミングの評価

4.1 高精度スリミング処理

この装置を用いてレジストスリミングしたときと、代 表的なエッチング装置を用いてBARCスリミングしたと きのスリミング分布を比較した。200 mmウェーハ内で のスリミング分布を図4に示す。同図から、BARCスリ ミングした場合には、ウェーハ外周部分でスリミング量





図5 パターン形状

リソグラフィーで形成したレジストパターンとスリミング後の 断面形状の変化を示す。逆テーパ形状を持つパターンでも、その 形状を維持したままスリミングされる。オゾンプロセスによるス リミングでは、等方的なスリミングが実現できる。

が大きくなり、ばらつき(3o, 9.6 nm)が増大する傾向に あることがわかる。これは、オーバエッチング時に、ウェ ーハ外周部はエッチャントが多くなり, エッチング速度 が高くなるためと考えられる。これに対して、オゾンプ ロセスでレジストスリミングした場合には、ウェーハ面 内で均一なスリミング処理が行われていることがわかる $(3\sigma, 3.9 \text{ nm})$ 。なお,評価に用いた測長SEM(Scanning) Electron Microscopy)の測定再現性が3nm程度であるこ とから、良好な均一性が得られているものと考える。

4.2 微細パターンの形成

BARC上に形成した190 nmのライン幅をレジストスリ ミングしたときの断面SEM像を図5に示す。同図から、 1,2分のスリミング処理をしても、リソグラフィー後の 逆テーパ形状が保たれていることがわかる。また、オゾ ンプロセスによるスリミング処理が等方的であることも わかる。

図4 スリミング分布

BARCスリミングした場合には、ウェーハ外周部分でスリミン グ量が大きくなり、ばらつきが増大する傾向にある(b)。これに 対して、オゾンプロセスによってレジストスリミングした場合に は、ウェーハ面内で均一なスリミング処理が実現できていること がわかる(a)。

レジストスリミングを用いて形成した微細ゲート電極 の断面SEM像を図6に示す。これは、130 nmのライン幅 を70 nmにスリミングした後, BARCとポリSiのエッチン グを施すことにより、ライン幅50 nmのゲート電極を形 成したものである。スリミング装置を用いることにより、

25



図6 50 nmゲートの形成例

50 nmゲート電極の形成例を示す。スリミング装置"SP-1200" を用いて、130 nmのライン幅を70 nmにスリミングした後、 BARC、ポリSiのエッチングを施すことにより、ライン幅50 nmの ポリSiゲート電極を形成したものである。

現状の量産リソグラフィー技術だけでは形成できない微 細ゲート電極を,面内に均一に実現できることを示して いる。 り,次世代露光装置を先取りした微細パターンを実現で きるメリットは非常に大きい。ここでは半導体業界での ニーズに着目したが,半導体をしのぐスピードで微細化 が進んでいる磁気ヘッド分野でも,スリミング装置への 期待は大きい。今後も,この装置の性能向上を図るとと もに,さまざまな分野でのニーズに対応していく考えで ある。

参考文献

- International Technology Roadmap for Semiconductors (http://public. intrs. net)
- 2) Wei W. Lee, et al. : Fabrication of 0.06 mm Poly-Si Gate Using DUV Lithography with a Designed SixOyNz Film as an ARC and Hardmask, 1997 Symposium on VLSI Technology Digest of Technical Papers, pp.131-132(1997)

5 おわりに

ここでは,日立グループが開発した,オゾンプロセス 技術を応用したスリミング装置"SP-1200"について述 べた。

スリミング装置と既存の露光装置の組み合わせによ

- J. Chung, et al.: Deep-Submicrometer MOS Device Fabrication Using a Photoresist-Ashing Technique, IEEE Electron Device Letters, Vol. 9, No. 4, pp.186-188 (1988)
- 4) 川上,外:オゾンアッシャを用いたサブ100 nmパターンの形成方法,半導体・集積回路技術第54回シンポジウム 講演論文集,pp.60~65(1998)
- 5) 恒川,外:ダメージレスを実現するオゾンアッシング装置,日立評論,79,10,799~802(1997.10)

執筆者紹介



川崎裕通
1995年日立製作所入社,日立ライティング機器株式会社
設計部所属
現在,半導体製造装置の開発に従事
E-mail: kawasaki @ gm. ome. hitachi. co. jp



川上博士
1981年日立製作所入社,デバイス開発センタ 半導体技術
開発本部プロセス開発部所属
現在,半導体プロセスの開発に従事
応用物理学会会員
E-mail: kawakamh @ ddc. hitachi. co. jp



恒 川 助 芳 1975年日立製作所入社,日立ライティング機器株式会社 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@gm.ome.hitachi.co.jp



長谷川昇雄
1969年日立製作所入社,デバイス開発センタ 半導体技術
開発本部 プロセス開発部 所属
現在,半導体プロセスの開発に従事
応用物理学会会員
E-mail: hasegano @ ddc. hitachi. co. jp

