特集
クォータミクロン時代対応の電子デバイス製造システム

# 200 mmウェーハ対応の高密度マイクロ波 プラズマエッチング装置

High Density Microwave Plasma Etching Equipment for 200 mm Diameter Wafers

田村直行*	Naoyuki Tamura	辻本和典***	Kazunori Tsujimoto
野尻一男**	Kazuo Nojiri	高橋主人****	Kazue Takahashi



**新形マイクロ波プラズマエッチング装置** 高密度プラズマ領域で,均一性を向上して広範囲にわたって安定 なプラズマ生成ができる新リアクタを搭載した,クォータミクロン対応のエッチング装置である。

半導体デバイスの製造ラインは,デザインルール 0.5µmデバイスの本格量産を展開し,0.35µmデバ イスの量産を迎えようとしている。開発段階では, さらに微細化が進み,いよいよクォータミクロンの 時代に突入する。

これらデバイスのエッチングプロセスには,従来 に増して大口径化するウェーハに対し,低ダメージ で超微細加工を行う技術が要求される。あわせて, 増大する設備投資を抑制するために,トータルスル に優れた特長を持ち,メタル配線材料,ゲート電極 材料の加工に数多く適用されている。今回,クォー タミクロン時代の要求にこたえるために,高密度で 均一な大口径プラズマを実現した新型マイクロ波プ ラズマ源を搭載した装置を開発した。

この装置は上記の新型マイクロ波プラズマ源とと もに高速排気プロセス,静電チャック・クランプレ ス電極の採用などにより,優れたエッチング性能を 持っている。特に均一性,高選択性に優れ,クォー

### ープットの高い装置が要求されている。 マイクロ波プラズマエッチング装置は微細加工性

#### タミクロンの時代に適合した装置である。

#### \* 日立製作所 笠戸工場 \*\* 日立製作所 半導体事業部 \*\*\* 日立製作所 中央研究所 \*\*\*\* 日立製作所 機械研究所

#### 1 はじめに

半導体デバイスの高集積化の移行は着実に進んできている。日立製作所のマイクロ波プラズマエッチング装置<sup>1</sup>は、サブミクロンデバイスに対し優れた装置として、 さまざまな分野に適用されている。

クォータミクロンデバイス時代を迎えるにあたって, エッチングプロセス性能面では,いずれもより高いレベ ルで以下の条件を同時に満足することが要求されている。 (1) 形状制御性が良いこと。

(2) ダメージがないこと。

- (3) 選択比が高いこと。
- (4) 均一性が良いこと。
- (5) エッチングレートが高いこと。
- (6) 経時変化が少ないこと。
  - 一方, デバイス製造ラインでは, 生産性の向上, 投資

表| 新形シリーズの仕様

本シリーズでは、被加工材料の性質から決まるガスの種類、電極の温度を除いて、メタル配線用、ゲート電極用とも装置構成を同一として、部品の共通化を図っている。

	項	目		諸元
カ	セッ	ト方	式	ユニカセット×2+ダミーカセット
	ーディ	ング方	式	枚葉式ロードロック方式
搬			送	ローダ+真空内センタロボット
プ	ラ	ズ	7	[エッチャ] ECR方式 [アッシャ] マイクロ波ダウンストリーム方式
ガ	:	ス	系	[エッチャ] 標準4系統 [アッシャ] 標準2系統
È	排	気	系	ターボ分子ポンプ+ドライポンプ
電	極	温	調	冷媒循環方式
ウ	I —	ハ保	持	クランプレス静電吸着
適用ウェーハサイズ		゙ズ	8, 6, 5(インチ)	
操	1	乍	部	コンソールボックスタイプ

注:略語説明 ECR(Electron Cyclotron Resonance;電子サイクロト ロン共鳴)

効率の改善も重要事項となっている。

ここでは,上述した双方の要求を合わせて実現するた めに開発した新形マイクロ波プラズマエッチング装置に ついて述べる。

#### 2 新形シリーズの概要

本シリーズは,エッチング処理室,後処理室,搬送室 およびロック室で構成している。必要に応じて,リンス 装置もインライン接続が可能である。

エッチングプロセス性能からの要求を達成するため に、以下に示す三つの要素の開発を行った。

(1) プラズマの高密度,大口径均一化

(2) 静電吸着によるクランプレス電極

(3) 高速・大容量排気システム

生産性向上面では, 主に以下に示す項目の改善を図った。

(1) 使い勝手の向上

(2) 省スペース化(従来比:65%)

(3) 多量生産・多品種少量生産対応本シリーズの主な仕様を表1に示す。

3 新型マイクロ波プラズマ源

3.1 放電系

半導体に用いるウェーハのサイズは,現在150 mm(6)

で、ECRを応用した有磁場マイクロ波方式を採用するこ とにした。この方式は、エッチングプロセスに対して、 プラズマの密度・分布・形状を制御することにより、幅 広いプロセスウインドウを提供できる最も優れた方式で ある。新型マイクロ波プラズマ源の開発は、大口径化す るウェーハに対応するため、ECR方式で生成するプラズ マを均一に大口径化することを目的にした。

この装置には、200 mm対応の新型マイクロ波プラズ マ源を採用しているが、300 mm対応のプラズマ源も実 用化できるレベルまで完成している。

新型マイクロ波プラズマ源の構造を図1に示す。マイ クロ波のプラズマ変換効率を高めるために、ウェーハの



インチ)から200 mm(8インチ)へ移行しているが, さら に大口径の300 mm(12インチ)ウェーハの検討がすでに 始まっている。

新装置のプラズマ源は種々の方式を比較検討したうえ

制御用電磁石

図 | リアクタの構造 電磁石による磁場の制御,空洞共振部の各部寸法および電極位置 によって生成されるプラズマが制御できる。



図2 空洞共振器の寸法依存性

上部空洞寸法の最適化によって、マイクロ波のプラズマ変換効率 を向上した。

直径よりも大口径のマイクロ波導入窓を設けて、その直 上にマイクロ波の空胴共振器を配置している。磁場は、 ンプとして使用している。排気経路を大型化し,これに 合った可変コンダクタンスバルブを開発して,主ポンプ のサイズアップなしに従来よりも約3倍の高速排気シス テムを実現した。

ちなみに, 排気速度2,000 l/sのターボ分子ポンプを使ったとき, 電極部での実効排気速度は約900 l/s(N<sub>2</sub>換算) である。

#### 4 エッチングプロセス

#### 4.1 メタルプロセスの一例

メタル配線は、Al合金とバリヤメタルを組み合わせた 積層膜が主流である。バリヤメタルとしてTiW, TiN, WSi, MoSi, W, TiN/Tiなどがあり、プロセスもそれ ぞれ特性にあったアプローチで行っている。この装置の 基本特性を確認するために、塩素系ガスで、高密度プラ ズマを使用し、ガス流量100 cc/m、処理圧力2.0 PaでAl

主磁束用の電磁石一組と、制御用電磁石二組で形成し、 ECR面の高さ、形状、磁束密度のこう配など広い範囲で 制御できるようにした。あわせて電極の高さをレシピ設 定して、ウェーハへの入射イオン電流密度を電極の高さ によっても制御できるようにしたため、材料ごとに電流 密度を変えることができる。マイクロ波の空洞共振器の 最適化の過程で測定した空間寸法依存性のデータを図2 に示す。新型マイクロ波プラズマ源によって得られるプ ラズマの一例として、イオン電流密度の面内分布の実測 データを図3に示す。

電極位置での飽和イオン電流密度は約10 mA/cm<sup>2</sup>(従 来比約25%向上),均一性は直径200 mmの範囲で約±7 %(従来比約<sup>1</sup>/<sub>3</sub>)を達成している。

#### 3.2 高速排気システム

この装置のエッチング室は、ターボ分子ポンプを主ポ



合金単層のエッチングを行った(図4参照)。Alのエッチ ングレートは1,100 nm/minを維持したうえで,対レジス ト選択比が3.4,均一性が±4%以下の結果を得ている。 さらに,ウェーハの中央部と周辺部でのエッチング形状 差が少ない。これは,新リアクタでプラズマが均一化さ れていることと,ウェーハ内の温度均一化を図った効果 と考えられる。



イオン電流密度 9.6 mA/cm<sup>2</sup>±7.2%

図3 イオン電流密度の電極上での分布 イオン電流測定用のプローブ電極を製作して,電極に直接入射す るイオン電流の分布を測定した。



図 4 AI合金単層のエッチング形状
 エッチング速度1,100 nm/minを維持して、均一性±4%、選択比
 (対レジスト)3.4を実現した。

57



図5 ポリシリコンのエッチング形状 下地酸化膜との選択比は48が得られた。

#### 4.2 ゲートプロセスの一例

ゲート電極の構造は、微細化とともに複雑化している。下地酸化膜はますます薄膜化し、段差も大きくなっていく傾向にある。段差構造部のエッチングのために、 オーバーエッチングが必須(す)であり、下地酸化膜との 選択比が高いことが要求される。Poly Siゲートパターン



## 図 6 1,000枚連続処理時のエッチングタイム,下地酸化膜残量の推移

処理開始時と, 1,000枚処理後で経時的な変化は認められない。

に対して,塩素系ガスで700 nm相当のオーバーエッチン グを行った結果,異方性形状を維持していることを確認 した(図5参照)。このときのエッチングプレートは470 nm/m,対酸化膜比は48で,均一性は±4%である。

ゲートプロセスでも、ウェーハの中央部と周辺部で形 状差が少ないのは、メタルと同じである。

経時変化,異物,リアクタ部の汚れなどに対する耐性 をチェックするために,1,000枚連続エッチングを行った。

ジャストエッチタイム、下地酸化膜残量の推移を図6 に示す。ジャストエッチタイムは、初期50秒に対して± 2秒でほとんど計測誤差範囲であり、変化の傾向がない。 下地酸化膜残膜については、処理700枚のところでウェ ーハの処理ロットの異なるものを使用したため、ばらつ きの範囲が少し変化しているように見えるが中心値の値 に差がない。このことから、経時変化なしに安定して 推移していると言える。0.3 µm以上の異物についても、 10個前後で推移し変化していない。エッチング室につい ても、マイクロ波導入窓、プロセスガス導入口とも異物 堆(たい)積などの変化は認められなかった。高速排気や エッチング室の形状シンプル化などによって反応生成物 の堆積を防止でき、総合的に経時変化の少ない装置にな っていることを確認した。

#### 5 おわりに

クォータミクロンデバイス対応として開発した新形マ イクロ波プラズマエッチング装置の概要について述べ た。高密度プラズマを利用したエッチング方式は,永久 磁石を用いた方式や高周波誘導方式など,多くの方式が 提唱されている<sup>2)</sup>。一部に共通の特長を持っているが, ECRを応用したマイクロ波プラズマエッチング装置だ けが持ち得る最大の特長は,プラズマの最大強度のとこ ろ,すなわちECR面をエネルギー導入窓から離して発生 できることである。このことは,エネルギー導入窓の損 傷が少ないことを示しており,現に前述の1,000枚連続エ ッチングでも,マイクロ波導入窓の変化は見られなかっ た。クォータミクロンデバイスで,従来以上に厳密にな ってくるパーティクルレス,無経時変化への要求に対し, 最も優位な方式であると確信する。

今後いっそうの性能向上を目指した技術開発に取り組 み,エッチング技術の発展に貢献したい。関係各位の協 力をお願いする。

#### 参考文献

58

#### 1) 金井,外:マイクロ波プラズマエッチング装置,日立評 論,73,9,847~852(平3-9)

 野崎: 0.25 µm以降のエッチング技術プラズマと表面 反応の制御に焦点, NIKKI MICRODEVICE, 72~76 (1992・9)