

半導体製造装置用セラミックヒータ

(1997年～現在)

半導体製造装置では、半導体の成膜やエッチングを繰り返し、デバイスを製造している。デバイスの製造では腐食性の激しいハロゲンプラズマガスを使用するため、部品の耐久性が問題となる。また直接ウェハを載せる部品であるヒータは、成膜の均一性を高める上で高均熱であることが望まれる。このような腐食性の激しいガスに対する耐食性が高く、熱伝導率の高い窒化アルミは、CVD^{注1)}環境でSiウェハを直接保持し加熱するヒータとして好適な材料となる。

1. 製品適用分野

Siウェハ加熱用ヒータ

2. 適用分野の背景

半導体デバイスの用途はPC、携帯電話のみならず最近ではフラッシュメモリといったように拡大が続いている。その一方でこのような新しい製品に対応するため、半導体の高集積化、高速化の技術も進歩の一途を辿っており、現在はLSIの微細化の指標である配線ルール45nmのCu配線を用いたデバイスが量産されるに至っている。

ただ半導体の高集積化、微細配線化が進んでも、半導体デバイスの基本的な製造方法としては、Siウェハにリングラフィ^{注2)}、ドライエッチング^{注3)}、CVD等を利用した薄膜形成等の微細加工プロセスを繰り返し施すことにより行われている¹⁾。その中でSiウェハの温度制御技術はそれら微細加工の成否を決めるキーテクノロジーとされ、特に薄膜形成工程では従来にない高温や微妙な温度制御を伴った加熱能力が必要となってきた。加えてメンテナンス頻度やCOC (Cost of Consumable Parts) の低減の観点から強腐食性ガス環境下でも経時変化が生じない耐久性が要請されている。このような状況に基づき、半導体製造装置(特にチャンパー内部品)では材料変更まで立ち上がった改良が行われてきた。

3. 製品の特徴

弊社が開発したセラミックヒータはセラミックスの材質として窒化アルミニウム(AIN)を用いた。表1に弊社が開発した代表的なAINの材料特性

表を示す²⁾。AINは半導体製造プロセスで多く用いられるハロゲン系のガスに対し、優れた耐食性を持つ。CVDプロセスでは成膜時に発生する副生成物を除去するクリーニングガスとして、一般に高腐食性のNF₃、CF₄やCF₃等が用いられている。図1に弊社で行ったNF₃プラズマによる耐食試験結果を示す²⁾。AINはNF₃等のハロゲン系ガスに対して、シリコン、アルミ、

表1 窒化アルミニウムの材料特性

特性	材料	窒化アルミニウム	
		高熱伝導タイプ	高純度タイプ
純度	(%)	95	99.9
嵩密度	(g/cm ³)	3.33	3.26
開気孔率	(%)	0	0
熱伝導率	(W/m.K)	170	90
比熱	(J/kg.K)	750	750
線膨張係数 (40°Cー)	(×10 ⁻⁶ /°C)	5.7 (1000°C)	5.7 (1000°C)
曲げ強度	@RT	400	360
	@1000°C	—	—
ヤング率	(GPa)	300	300
破壊靱性値, K _{IC}	(MN/m ^{3/2})	3.4	2.3
熱衝撃温度, ΔT	(°C)	500	350
融点	(°C)	>2,000 (decomp.)	>2,000 (decomp.)

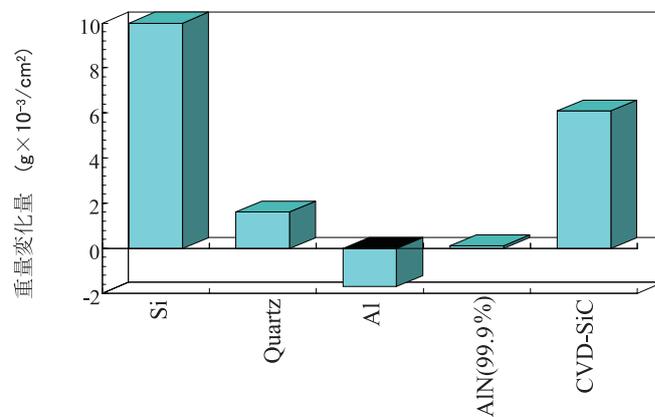


図1 フッ素プラズマガスによる耐食性

(ガス：NF₃ プラズマ出力：ICP800W 試験温度：200°C)
窒化アルミニウムはフッ素系のプラズマガスに対して優れた耐食性を示す。

Key-words：窒化アルミニウム、ヒータ、半導体製造装置

注1 化学的にガスを反応させ、反応性生物を堆積させる方法。ガスの反応には熱エネルギーのみの場合とプラズマにより反応を高めるものがある。

注2 感光性の物質を部分的に露光することで、パターンを生成する技術。半導体、集積回路、印刷用の版を作成するのに用いられる。

注3 反応性の気体やイオン、ラジカルによって材料をエッチングする方法である。主に化学的な反応によるエッチングを指す。



図2 セラミックヒータ外観

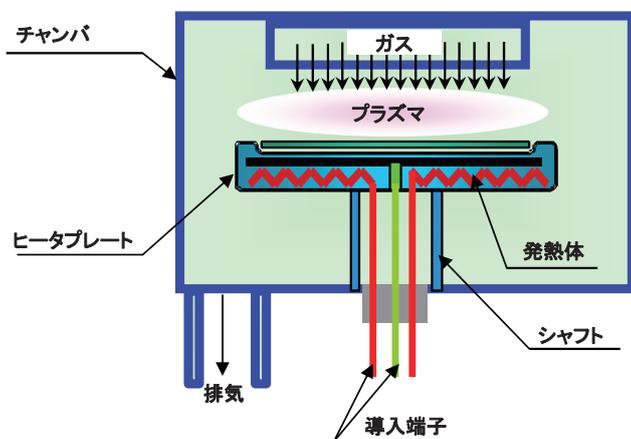


図3 プラズマ CVD 装置の概略構造

Si ウェハはヒータ上に置かれ、その直上でプラズマを立てウェハー上に反応性生物を堆積させる。

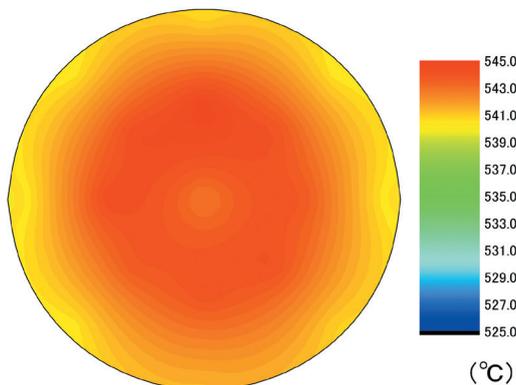


図4 セラミックヒータの温度分布

540°Cにて温度レンジが約2°Cとなっている。

石英、SiC といった材料に比べて優れた耐食性を有することが判る。また AlN は熱伝導性に優れるといった特徴があるため、ヒータ材料として好適である³⁾。

もうひとつの弊社ヒータの特徴として、AlN ヒータプレートを支えるための AlN 製の円筒部材(シャフト)をガスタイトに接合する構造をとっていることが挙げられる。図2にシャフト付きセラミックヒータの外観写真および図3にプラズマ CVD 装置の概略構造を示す模式図を示す^{3), 4)}。本構造では発熱体や高周波電極へ電流、電圧を導入する金属端子をセラミックのシャフト内に設置することができる。このセラミックヒータプレートとセラミックシャフトの一体接合構造により、チャンバ内への金属部品の露出が全くなく、金属部品を腐食性雰囲気から完全に防御できるようになった。図4にヒータ上の温度分布を示すが、最新の CVD 成膜プロセスに対し十分な均一性を示しており、最高 800°C までの成膜に対応できる。

4. 製法

弊社ヒータの最も大きな特徴は、AlN プレート内部に金属部材である抵抗発熱体を直接成形時に埋設、一体焼結していることである。セラミックプレートの焼成方法としてホットプレスを用いることで、セラミックプレート内に発熱体を精度良くかつ欠陥のない状態で埋設することができる。また弊社が開発した成形、焼成技術により、発熱体以外にも板状の高周波電極や静電チャック用電極を埋設でき、さらに複数の発熱体や電極を埋設することもできる。これにより加熱機能に加え、プラズマを発生させるための高周波電極機能、静電チャック機能、あるいは複数領域で温度分布を調整できるヒータといった、様々な機能を1枚のセラミックプレートに持たせることができ、従来に比べ非常にコンパクトで高機能なヒータを提供できるようになった。

5. 現状および将来展望

このようにセラミックヒータの使用により、CVD装置に搭載するヒータの耐久性、信頼性および操作性を大幅に向上できるようになった。現在多くの半導体製造プロセスにおいてウェハの加熱用ヒータとして用いられている。今後も半導体の製造量は増加することが予想され、その製造を下支えする部品として利用され続けることが期待される。

文献

- 1) 前田和夫著, 「はじめての半導体プロセス」, 工業調査会 (2000)
- 2) S. Shimura, T. Ohashi, K. Watanabe, "Fluorination of AlN ceramics, Silicon and Silica in an Inductively Coupled NF₃ Plasma", Finishing of Advanced Ceramics and Glasses, Ceramic Transactions, Vol.102, pp341-349 (1999)
- 3) 水谷尚美, 水野文行, 牛越隆介, 他, 「半導体製造装置用セラミック部品の開発と事業化」, FCレポート, Vol.18, No.7 (2000)
- 4) 川崎啓治, 「AlNの半導体製造装置用部材への適用」, セラミックス 39, No.9, pp688-691 (2004)

[連絡先] 日本ガイシ (株)
<http://www.ngk.co.jp/>