

半導体熱処理用高純度 SiC セラミックス部材

(1977 年～現在)

Key-words : 反応焼結
SiC, CVD-SiC, 高純度,
パーティクル低減

注1 基材表面に高純度の SiC 皮膜を化学蒸着法 (Chemical Vapor Deposition) にて生成させたものであり、基材からの金属不純物の拡散を抑制する効果等をもたらしている。

注2 LSI 製造でウェーハに SiN や Poly-Si 膜^{注3)}を CVD 法にて付ける工程。一般的には、10～1000Pa (0.1～10Torr) 程度の減圧下 (Low Pressure) で CVD を行うので、略称として呼ばれている。

注3 多結晶 Si 膜 (ちなみに、ウェーハは単結晶 Si)。LSI 製造のゲート電極用の膜として使用される。SiH₄ (モノシラン) ガスを使用し 500～600℃ で成膜させる。

注4 LSI 製造において、パーティクルは歩留り低下の大きな原因である。SiC 部材は、ウェーハに SiN や Poly-Si 膜を付ける LP-CVD 工程では、熱膨張係数が近似 (石英部材より) している為、膜剥がれによるパーティクル低減が期待される。

SiC セラミックスが半導体熱処理用に使用され始めて 30 年以上経つ。当初は石英ガラス製プロセスチューブの均熱管程度にしか使われていなかったが、その後、基材の高純度化、高純度 SiC-CVD 膜の技術開発等で、大きく用途の幅が広がりを見せた。その背景としては、1200℃に高温での形状安定性や石英製品と同等の高純度、また、熱膨張係数が半導体 LP-CVD 工程でのプロセスとマッチしていた事などが影響している。

今後、ウェーハが大口径化 (φ450mm) される中で SiC 部材が更なる発展を遂げるには、材料特性以外の付加価値 (高精密加工など) が必要になるであろう。

1. 製品使用分野

半導体熱処理用ポート、反応炉芯管、均熱管等

2. 適用分野の背景

1970 年代半導体熱処理部材は、石英部材が主流であった。先ず SiC 部材が使用されたのは、石英反応管の均熱管として使用された。これは、耐熱性、熱伝導率が高い事等が期待されたものであった。基材の高純度化が達成できた 1980 年頃からは、ウェーハを積載するポートにも使用されるようになった (図 1 参照)。

シリコンウェーハの口径が 6, 8 インチと大きくなると、それまで主流であった横型熱処理炉から縦型熱処理炉が主流となって行った。この背景としては、拡散炉内の均熱性が優れる事、シリコンウェーハに対するスリップ (結晶欠陥) 低減が期待されるものであった。縦型熱処理炉では、SiC 部材が使用される割合が

更に高くなった。これは、1200℃の高温下でも石英部材と比較して熱変形が無い事が影響している。変形が無いと、シリコンウェーハの自動移載化が可能となり、生産性向上が期待された。

その後、基材に対して純度の高い CVD-SiC 膜^{注1)}を被覆する技術が開発されてからは、石英部材からの置換えが進んだ。その頃までは、高温熱処理での使用が主流であったが、SiC 部材の特徴である、弗酸に対する耐食性及び、熱膨張係数等から、低温での LP-CVD 工程^{注2)}にも使用されるようになっていった。これは、石英部材よりパーティクルの低減^{注4)}が期待されるものであった。

SiC 部材が半導体熱処理部材にここまで使用されるようになった背景には、①高純度化、②石英部材と比較して、各種熱処理工程で期待される特性がマッチしていた事が大きく影響していたと考える。

(図 2, 表 1 参照)



図1 半導体熱処理用 SiC 製品
写真手前は横型ウェーハ処理用ポート、後ろは縦型製品群。
右から均熱管、中央は縦型ポート、左は設置例

表1 SiC 部材の機械的、熱的特性
(石英ガラスとの比較)

項目 ¹⁾	単位	反応焼結SiC	石英
曲げ強さ	g/cm ³	260	105
比熱	J/gK	0.69	0.7
熱膨張係数 ²⁾	10 ⁻⁶ /K	4.3	0.5
熱伝導率	W/mK	175	<2
耐熱衝撃温度	ΔT, °C	400	900

注 1) 熱膨張係数を除く数値は、いずれも室温での値
注 2) 室温から 1000℃までの平均値

3. 製品の特徴

半導体熱処理用に使用される SiC 材料は、反応焼結 SiC と呼ばれる金属 Si との複合材である (図 3 参照)。他にも自焼結 SiC があるが、焼結助剤として不純物を添加する事が必要な為、高純度化が難しい。反応焼結 SiC では、基材を純化処理した後、高純度金属 Si を含浸させる方法で製造する為、高純度化が容易である。また、Si を含浸させる工程で接着部の強度を基材並みに高める事ができるので、ある程度の複雑形状は製造する事が可能で有る。①高純度化が可能、②形状付与難易度が低い事が、半導体熱処理用に反応焼結 SiC 材料が選ばれた要因である。

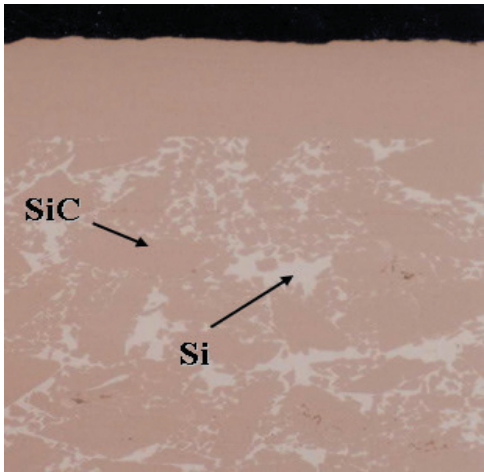
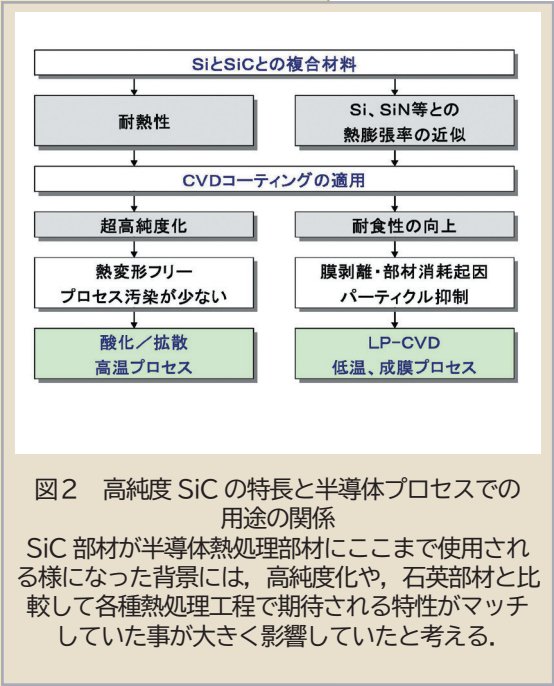


図3 反応焼結 SiC 組織 (CVD 膜付)

反応焼結 SiC 基材は、Si が約 5 ~ 20% 含有している複合材である。色の付いている部分が SiC、白色部分が Si である。



4. 製法

図 4 に一般的な反応焼結 SiC 材料の製造方法を示す。原料には、比較的純度の高い α-SiC 粉末を使用し、バインダーと混合する。バインダーとの混合方法については、成形方法に合わせたものを選択する。成形方法には、静水圧成形 (CIP 成形)、鑄込み成形、押出成形等がある。成型体は、不活性雰囲気中で焼成を行う。その後、焼成体から部品を加工し、ボート形状などに接着組立を行う。組み立て後に高温にて純化処理を行い、その後、高純度 Si を純化体中含浸 (反応焼結) させる。

この際、バインダー中のカーボン (C) と Si とを反応させる事が、反応焼結 SiC と呼ばれている由縁である。

Si が含浸された基材は、反応生成した二次的 SiC と空隙に Si が留まる事で、緻密で高強度な基材となる。

次に、ダイヤモンドツールを使用してシリコンウェーハを積載する為の溝加工等を行う。その後、洗浄等を経て出

次に、ダイヤモンドツールを使用してシリコンウェーハを積載する為の溝加工等を行う。その後、洗浄等を経て出荷となるが、用途によって高純度のSiC膜を

CVD法にて被覆させる事もある。

最後には、寸法などの検査を行い、梱包出荷される。

5. 現在・将来展望

現在では、シリコンウェーハの大きさ12インチ($\phi 300\text{mm}$)が主流となっている。その為、熱処理に使用される部材も大型化されると共に、集積回路の微細化に伴い部材の高純度化、高精度化がより一層求められている。

図5にシリコンウェーハ積載用の溝先端部に対して、機械加工によるエッジ加工(面取り)が施されている例を示す。ここ最近では、この様に付加価値を施した製品に対する要望が高くなっている。これは、シリコンウェーハ大口径化で自重が重くなり、擦れに因るパーティクルを低減させる事を期待しているものである。将来は18インチ($\phi 450\text{mm}$)化の話もあり、そうなれば、更なる精密加工が要求されるであろう。

今までの半導体熱処理用SiC部材は、材料自体のアドバンテージ(材料特性)で利用が拡大されて来た。将来はそれだけでは更なる発展は見込めない、付加価値をどれだけ付けられるかがポイントとなる。特に前述した精密加工部分は外せない。今後の発展は、精密加工に掛かっていると言っても過言ではないと考える。

文献

堀内雄史, セラミックス, 42, 421-425 (2007)

〔連絡先〕 田部井 貴浩
コバレントマテリアル(株) プロセス材料事業部
〒999-1351 山形県西置賜郡小国町大字小国町 378



図4 高純度反応焼結SiCの製造プロセス

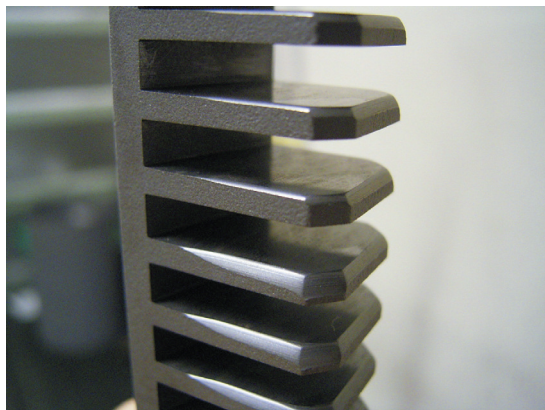


図5 溝先端機械加工面取り状況

シリコンウェーハが積載される溝先端に面取り加工を行う事で、擦れなどによるパーティクル発生の低減が期待できる。