



[著者] 岸本 正俊
工業機材事業本部 技術本部
商品開発部 先端材料グループ

SiCウェーハの製造プロセスと 固定砥粒加工化

[展開性・目指す方向性]

電気自動車等のモーター制御装置に用いられるパワー半導体素子であるシリコンカーバイト(SiC)単結晶ウェーハの固定砥粒加工化を図り、高能率化、高品位化を目指しています。

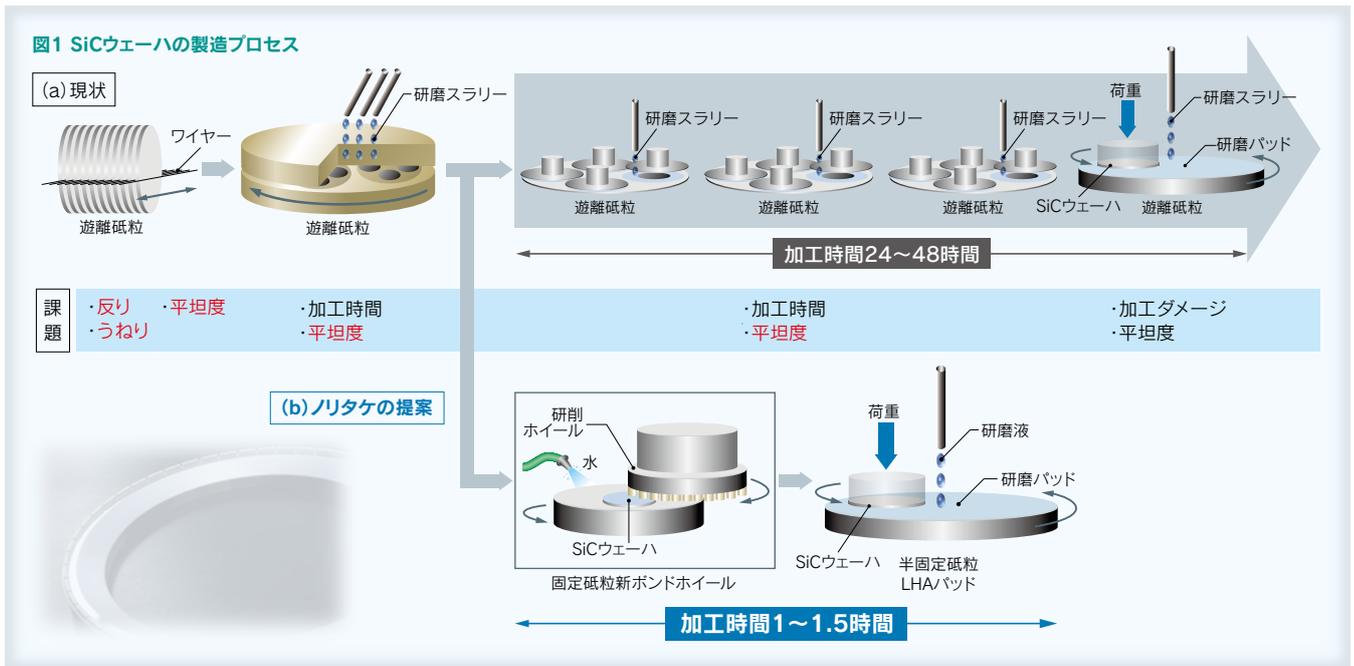
半導体特性に優れるシリコンカーバイト(SiC)や窒化ガリウム(GaN)は、従来のシリコン(Si)半導体と比較し電力損失が少なく熱にも強いことから、電力変換器の高能率化や小型化による省エネ化に欠かせない次世代半導体材料として期待されています。SiCについて、一般的なウェーハ製造のプロセスと加工事例を基に高能率化・高品位化に向けた工具を紹介します。

01 | 次世代パワー半導体として期待されるSiC

中央演算装置(CPU)やフラッシュメモリ等に用いられ演算や記憶などの働きを担う半導体、この市場は近年SSDの普及等により成熟産業でありながら市場規模は年々伸長しています。また、電力の供給を制御する半導体もあり、こちらはパワー半導体と呼ばれています。パワー半導体には主にSiが使われてきましたが、大電力時の発熱や電力を制御する際のオン・オフ時の電力損失が大きく、Siを用いた半導体では省電力や小型化に限界が見られ、半導体特性に優れる新材料に注目が集まっています。その中でSiCが次世代材料として期待されています。SiCの特長として熱に強く電力損失も少ないため省エネを実現できる材料として開発が進められており、近年では新幹線や山手線の新型車両に使われ、小型化等により30%程度の省電力化が可能になりました。今後、電気自動車や燃料電池自動車への採用が期待されていますが、従来のSiを用いたパワー半導体に比べてコストが高いことが課題です。コストアップの主要因であるウェーハの加工コスト低減を実現する工具について紹介します。

02 | SiCウェーハの製造プロセス

SiCは従来のSiに比べて硬くて脆い材料のため、被削性が悪く加工コストが高くなる要因の1つとなっています。硬くて脆い



ウェーハを平坦かつ薄型に加工するには主に遊離砥粒を用いたラッピング研磨が用いられていますが、加工時間の短縮化は難しく、今後の需要拡大により生産性が求められると、固定砥粒加工による高能率・高精度化が必要になると予想されます(図1(a))。ノリタケは研削・研磨の総合メーカーとして、この難削材であるSiCウェーハを固定砥粒加工により、低コスト・高能率(高い生産性)で製造できる工具とプロセスを紹介します(図1(b))。

03 | 工具紹介

SiCウェーハの製造プロセスにおいて、ノリタケが提案する工具として(図1(b))、ウェーハの表面を研削する固定砥粒新ボンドホイールと研削後の仕上げとしてダメージを除去する半固定砥粒LHAパッドを紹介します。

| 固定砥粒新ボンドホイール

ビトリファイドボンドの中でも高強度かつ高弾性率(たわみの少ない)の新結合剤(ボンド)を開発しました。これにより、粗研削では従来ボンドよりも安定した切れ味が得られ、仕上げ研削では微細なダイヤモンド砥粒でも先端の突出しを維持することで工具の切れ味が向上し、硬いSiCウェーハの研削を可能にしました。

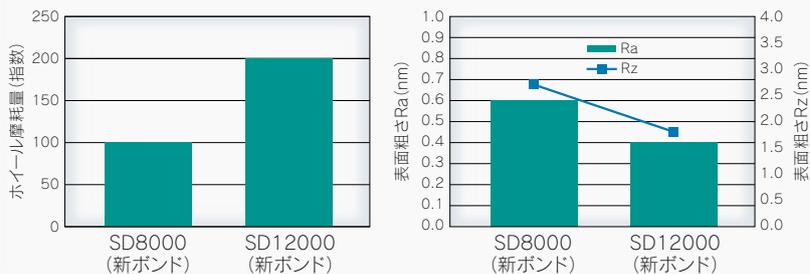
表1 試験条件

ホイール寸法	φ300mm	工程	粗研削	仕上げ研削
研削方式	縦軸平面研削(インフィード)	ホイールスペック	SD2000V(従来ボンド) SD2000V(新ボンド)	SD 8000 V(新ボンド, 寿命重視) SD 12000 V(新ボンド, 面品位重視)
ワーク	SiCウェーハ φ4インチ	ホイール回転数	2400min ⁻¹	2000min ⁻¹
研削液	水	テーブル回転数	400min ⁻¹	400min ⁻¹
		切込み速度	30μm/min	6μm/min
		取り代	30μm	5μm

図3 試験結果(粗研削)



図4 試験結果(仕上げ研削)



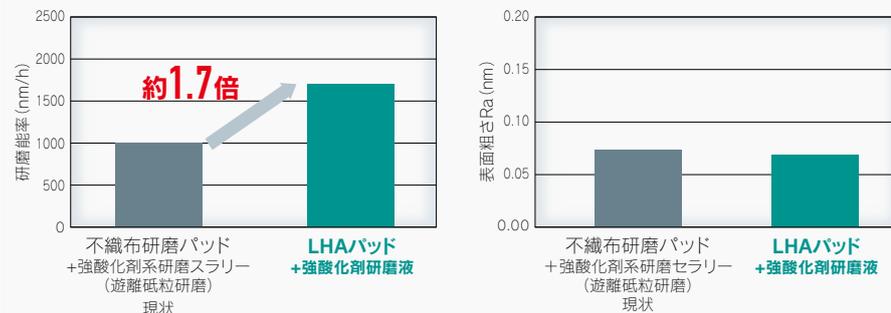
粗研削の試験では、ホイール摩耗量は従来ボンドと比較して約1/4に削減することが可能となり、約4倍の工具寿命を有しています(表1、図3)。

仕上げ研削の試験では、ダイヤモンド砥粒が細くなるほど、ホイール摩耗量は増加するが、その分表面粗さは細くなります(表1、図4)。後工程の研磨取り代はお客様の要求する表面品位によって異なるため、ウェーハ製造の前後工程を見据えた仕様を提供します。

LHAパッド

LHAパッドは網目状樹脂に砥粒を編み込んだ構造により^①、砥粒が適切な転動をして、遊離砥粒研磨よりも高い研磨能率と固定砥粒研磨のような高平坦性というメリットを両立させました(図5)。現状の研磨では発生してしまう傷がほとんど発生しておらず、TEM観察においても表面は非常にきれいな原子配列が観察され、ウェーハ上にパワーデバイス成形可能な状態に研磨できることがわかりました。

図5 研磨性能(研磨能率、表面粗さ)



04 | 研削面のダメージ評価

前工程である研削時に発生するダメージ深さの評価を研磨パッドを用いたステップポリッシュ法(段階研磨法)で行いました(表2)。ステップポリッシュ法とは、ある一定の加工量毎に研磨面を確認してダメージの有無を確認する方法です。粗研削後のダメージ深さ(ステップポリッシュによる総取り代)は約2.6 μm 程度です(図6)。また、仕上げ研削後のダメージ深さは寿命重視タイプで1.2 μm 程度、面品位重視タイプで0.6 μm 程度となります。

評価結果をまとめるとSiCウェーハのダメージ深さは表面粗さと相関がみられます(図7)。一般的に言われている表面粗さが研削後のダメージの深さを示す一つの指標と考えますが、ウェーハの形状や反りにより研磨取り代は変化すると考えられます。今後はウェーハ形状を考慮に入れたダメージ深さ評価に取り組み、研磨加工時間短縮に向けた工具開発に取り組みます。

表2 試験条件

研磨装置	φ36インチ片面研磨機
研磨ワーク	SiC単結晶[4Hタイプ]ウェーハ 切り出し角4° Si(シリコン)面[0001] φ4インチ×3枚
研磨圧力	30kPa
テーブル回転数	35min ⁻¹
研磨液	ノリタケルブリカントLSC-1 (LHA/パッド用強酸化剤研磨液)
研磨時間	20分/回(傷がなくなるまで繰り返し)

図7 ダメージ深さと表面粗さの関係

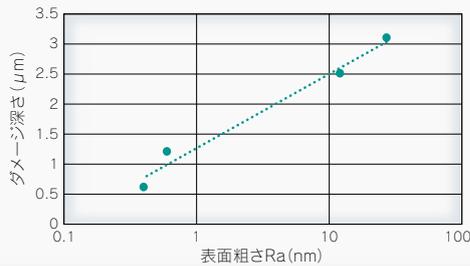


図6 研磨によるステップポリッシュ評価

	粗研削	仕上げ研削	ステップポリッシュ (ダメージ深さの評価)
仕上げ研削なし	SD2000V (新ボンド) 表面粗さ Ra 27nm Rz299nm		取り代2.6μm 研磨時間80分/面
仕上げ研削あり方法①	SD2000V (新ボンド) 表面粗さ Ra 27nm Rz299nm	SD8000V (新ボンド) 表面粗さ Ra0.6nm Rz2.7nm	取り代1.2μm 研磨時間40分/面
仕上げ研削あり方法②	SD2000V (新ボンド) 表面粗さ Ra 27nm Rz299nm	SD12000V (新ボンド) 表面粗さ Ra0.4nm Rz1.8nm	取り代0.6μm 研磨時間20分/面

05 | 今後の取組み

SiCウェーハの製造プロセスに対して、今回の工具の組み合わせによる加工時間と各工具の寿命を推定しました(表3)。現状の遊離砥粒加工と比較して加工時間を大幅に短縮することが可能と考えます。今後はさらに工具開発を進め、お客様のニーズに合わせて最適な工具を提供し、加工コスト低減と高生産性に寄与に取り組んでいきます。

表3 工具の組み合わせによる加工時間の比較

工具組合せ	現状	ノリタケからの提案(寿命重視)			ノリタケからの提案(面品位重視)		
		粗研削 SD2000V (新ボンド)	仕上げ研削 SD8000V (新ボンド)	研磨 LHA/パッド	粗研削 SD2000V (新ボンド)	仕上げ研削 SD12000V (新ボンド)	研磨 LHA/パッド
取り代(片面)		100μm	5μm	1.2μm	100μm	5μm	0.6μm
工具寿命		240枚*1	600枚*1	概算500枚	240枚*1	200枚*1	概算800枚
ワーク1枚当たりの加工時間		約8分	約2分	約80分	約8分	約4分	約40分
ワーク1枚当たりの合計加工時間	24~48時間	約90分			約52分		

*1 工具の砥粒層が6mmの場合の工具寿命を示します。

[文献]

① 佐藤誠：NORITAKE TECHNICAL JOURNAL 2018, (2017)62-67

■適用範囲と期待効果

金属材料		非金属材料		その他
鉄系材料	非鉄系材料 (Al・Cuなど)	無機材料 (ガラス・セラミックス)	有機材料 (ゴム・プラスチック)	先端材料
		●		●
サイクルタイム短縮	工具寿命向上	加工品質向上	作業性改善	環境配慮
●	●	●		●

Q 試してみたいと思うのですが、使用する機械に制限はありますか？

A 特にありませんが、機械に合わせてカスタマイズが必要な場合があります。

Q サンプルワークをノリタケで試加工してもらえますか？

A 可能です。

Q SiC以外のウェーハも加工可能ですか？

A 各材料に適した仕様にカスタマイズできます。

Q & A