

SiC パワー半導体ウエハ研削用長寿命ホイール (nanoVi[®]) の開発 —ホイール構成要素の最適化—

Development of Grinding Wheel with Extended Service Life (nanoVi) for SiC Power-semiconductor Wafers — Optimization of Wheel Components —

峰島 啓 K. MINESHIMA 島田悟史 S. SHIMADA 小嶋孝志 T. KOJIMA 加藤智久 T. KATO

There is currently demand for more stable quality and lower costs in the manufacturing processes of SiC power semiconductors. In this development activity, we focused on the compounding ratios and dispersibility of the constituent elements of grinding wheels (abrasive grains, bonding agents, and pores) and investigated their relationships with grinding performance. Based on these results, we developed the grinding wheel nanoVi, which has a service life that is 2.3 times longer than conventional grinding wheels.

Key Words: SiC power semiconductor, grinding wheel

1. はじめに

現在、SiC パワー半導体は世界的に6インチサイズの製造が主流となり、量産が本格化している。それに伴い、ウエハの製造工程において「品質安定化」と「低コスト化」の要求が高まり、使用される工具である研削ホイール（砥石）にも切れ味の安定化や長寿命化が求められている。

当社では2019年より産業技術総合研究所が主導する、つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション (TPEC: Tsukuba Power Electronics Constellations) に参画し、図1に示すSiC パワー半導体製造プロセスにおける、スライス後の研削工程および裏面研削工程(バックグラインディング)に適用される研削ホイールを開発してきた。

本報では、図2に示す砥石の構成要素である「砥粒」、 「結合剤」、 「気孔」の割合や分散性に着目して研削性能との関係性を調査し、市場ニーズに対応するホイールを開発したので、それについて紹介する。

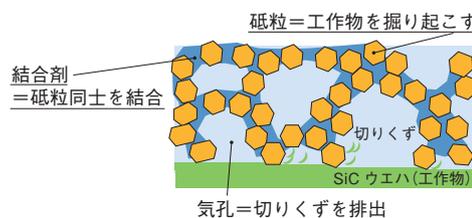


図2 SiC ウエハ研削における砥石構成要素の役割
Role of each element in SiC wafer grinding

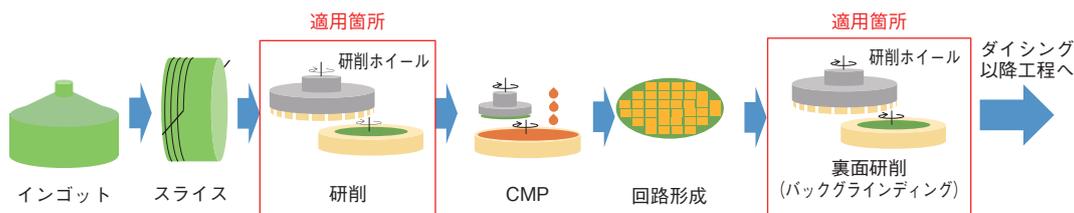


図1 半導体ウエハ製造プロセスおよび当社研削ホイールの適用箇所
Semiconductor wafer manufacturing process and grinding wheel applications

2. 構成要素の割合と研削性能の関係

砥石の構成要素（砥粒，結合剤，気孔）の割合を調整した研削ホイールを作製し，表1の条件にて研削性能（本報では砥石軸電流値，摩耗率とする）を評価した。また，得られた結果を多変量解析することで研削性能と相関性の強い要素を抽出した。

表1 研削評価条件
Grinding test conditions

研削評価設備	縦軸平面研削盤 (5.5kW)
工作物	6 インチ SiC ウエハ
研削ホイール	#2000 ビトリファイド ダイヤモンドホイール
研削条件	送り速度：0.5μm/s 砥石周速度：19.6m/s 工作物周速度：2.4m/s
評価項目	砥石軸電流値（切れ味に関する指標） 摩耗率（砥石寿命に関する指標）

図3に結果を示す。これは，因子同士の相関関係を示した散布図と各因子のヒストグラム（赤線は平均値）をマトリックスで示した連関図であり，特にベージュ色の散布図で示した行列の組み合わせが相関関係の強い要素同士の組み合わせとなる。これによると，研削ホイールの切れ味の指標となる砥石軸電流値と相関関係の強い砥石構成要素は結合剤と気孔量であり，それぞれ砥石軸電流値と相関関係の強さを示す相関係数は，砥粒量が0.48に対して結合剤量は0.90，気孔量は-0.91となった（相関係数が1または-1に近づくほど相関関係が強いことを示す）。

また，砥石軸電流値と摩耗率の間にも相関係数-0.85と高い負の相関があることが分かった。

これらの結果より，砥石構成要素のうち砥石軸電流値と強い相関を示す結合剤量と気孔量に着目し，原料の配合比を再調整することで，高い切れ味と長い砥石寿命を両立する配合比を導いた。

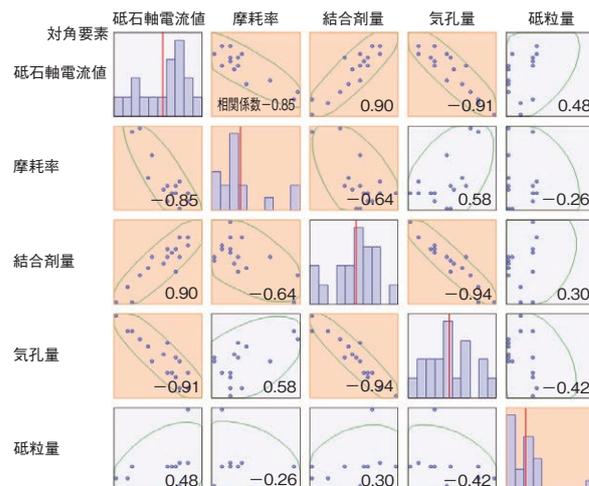


図3 性能—構成要素多変量連関図

Multivariate relation diagram between grinding performance and component

3. 構成要素の分散性と研削性能の関係

前述の切れ味と寿命を両立する原料の配合比にて，組織内の構成要素（砥粒，結合剤，気孔）が研削ホイールの組織内に偏って存在しているホイール①②および組織内に満遍なく存在しているホイール③を作製した。これら3種のホイールを表1に示す研削評価条件にて研削評価を実施し，構成要素の分散性が研削ホイールの研削性能に及ぼす影響を調査した。

なお，構成要素が組織内に偏って存在している状態を分散性が低い状態，満遍なく均一に混合されている状態を分散性が高い状態とし，最も低い①を0，最も高い③を1とした0～1の指数で示した（数値が大きいほど高い分散性を示す）。

図4に構成要素の分散性と砥石摩耗率の関係を示す。これによると，分散性の高い組織③は分散性の低い組織①②に比べて摩耗率が低減していることが分かる。

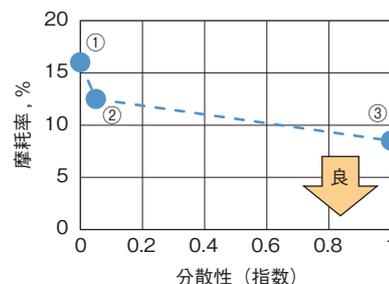


図4 構成要素の組織内分散性と摩耗率の関係
Relation between dispersibility and wear ratio

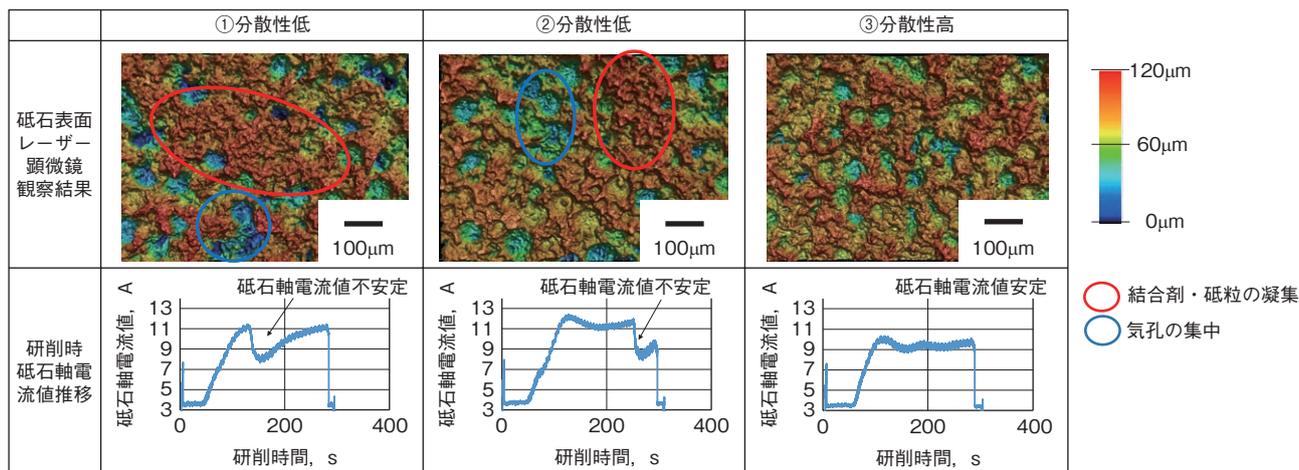


図5 砥石組織の分散状態と研削時の砥石軸電流値の関係

Relation between dispersibility and current of grinding wheel spindle motor

また、図5に各分散条件の砥石表面をレーザー顕微鏡にて観察した結果と研削時の砥石軸電流値の推移を示す。分散性の低い組織①②は研削層組織内に砥粒・結合剤の凝集があり、研削中の砥石軸電流値が不安定である。一方、分散性の高い組織③は砥石の構成要素が均一に砥石表面に配置されており、研削中の砥石軸電流値も安定していることが分かる。

図4、図5の結果より、砥石表面に砥粒・結合剤の凝集部分が偏在した部分には研削中に局所的な負荷がかかり、そこが起点となり負荷に耐えられなくなった周辺組織が広範囲に脱落する。それにより研削中の砥石軸電流値が不安定になり、砥石摩耗が増加するなどの不具合が発生する。一方で分散性の高い組織は砥石表面全体に均一に負荷がかかるため、広範囲の脱落が発生せず安定した電流値や低摩耗を実現したと考えられる。

4. 新規長寿命研削ホイールの開発

構成要素の割合および分散性と研削性能の関係を定量化するとともに、本開発ではさらに砥石層組織が研削中も長時間適正な表面状態を維持できるよう、高強度結合剤を開発した。

これら技術を用いて開発された新規ホイール nanoVi® は安定した切れ味を実現するとともに、図6に示すとおり研削ホイール寿命を従来の2.3倍に伸ばすことに成功した。

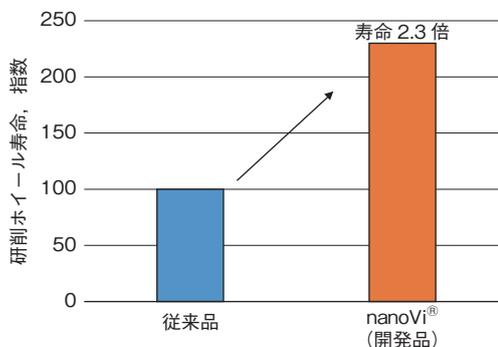


図6 従来品と開発ホイールの寿命比較

Comparison between service lives of existing wheels and nanoVi

5. まとめ

本開発では、SiC パワー半導体ウエハ研削用ホイールにおける、砥石層構成要素の割合と研削性能の相関関係を調査するとともに、高い切れ味と長寿命を両立する原料配合比を導いた。また、構成要素の分散性が切れ味の指標となる研削中の砥石軸電流値や、砥石寿命の指標となる摩耗率に影響を与え、分散性が高いほど研削中の砥石軸電流値が安定し、摩耗率も低減する傾向にあることを導いた。

上記の技術を基に新たに開発した高強度結合剤を適用し、研削ホイール nanoVi® を開発した。

6. 謝辞

本開発品 nanoVi[®] は産業技術総合研究所が主導する、つくばパワーエレクトロニクスコンステレーション (TPEC: Tsukuba Power Electronics Constellations) の協力のもと行われました。

多大なご助言、ご協力いただきました産業技術研究所の加藤先生およびウエハプロセスチームの皆様へ深く感謝申し上げます。

筆者



峰島 啓*
K. MINESHIMA



島田悟史*
S. SHIMADA



小嶋孝志*
T. KOJIMA



加藤智久**
T. KATO

* ジェイテクトグラインディングツール 開発部

** 国立研究開発法人 産業技術総合研究所