

# 半固定砥粒研磨パッド“LHAパッド”とSiC単結晶の研磨

[展開性・目指す方向性]

電子・半導体、MEMS※、光学部品向け研磨工程での“遊離砥粒研磨の置き換え”を図り、“加工の高能率化、加工面の高品位化”を目指しています。

ノリタケが開発した半固定砥粒研磨パッド“LHAパッド”は、網目状樹脂に砥粒を挟み込んだ構造であり、砥粒がその場から大きく動かずに転がります。この構造が遊離砥粒研磨の高い研磨能率と固定砥粒研磨の高平坦性というメリットを両立させます。また、LHAパッドを用いて強酸化剤を援用しながらSiC単結晶を研磨したところ、従来方法では研磨中にどうしても発生してしまう傷がほとんど発生しませんでした。さらに、LHAパッドで研磨したSiC単結晶ウェーハの表面付近の断面をTEMで観察したところ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を成形可能な状態であることが判明しました。

## 01 | 研磨の常識を変えるLHAパッド ～ノリタケからの提案～

### 従来の研磨方法とメカニズム

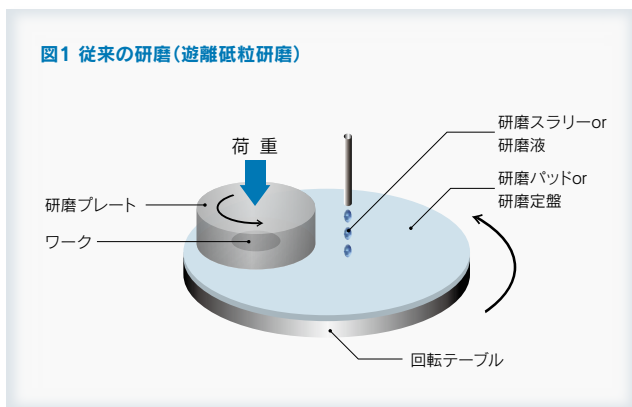
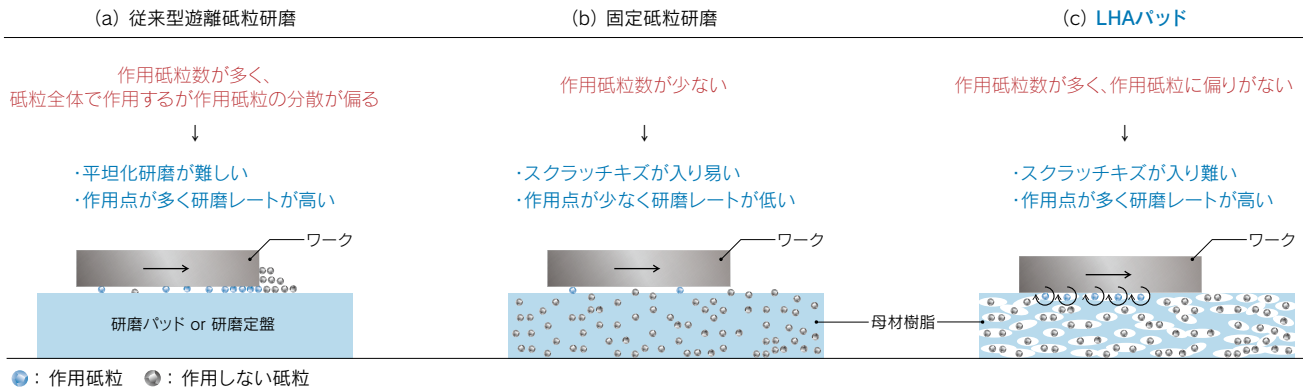


図1 従来の研磨(遊離砥粒研磨)

“研磨”という加工方法についてご存知でしょうか？スマートフォンやパソコンの中のCPUやメモリの製造過程、カメラや顕微鏡の中にある光学レンズの製造過程など様々な分野で使われています。これら従来の研磨は、図1のように回転する円形テーブルの上に樹脂・織布・不織布等のできたシート(以降研磨パッド)もしくは金属・樹脂金属複合材料・セラミックス等のできた円板(以降研磨定盤)を載せ、さらにその上に砥粒を液体(水や油等)に分散させた研磨スラリーを撒きながら研磨したい物(以降ワーク)を研磨パッドもしくは研磨定盤に押し当てることによって行われ

図2 砥粒の作用のしかた



ます。

ここで、砥粒は実際に研磨を行うものであり、研磨パッドもしくは研磨定盤は砥粒をワークに作用させ、動かせる役割をします。

また、研磨スラリー中の液は砥粒を分散させたり、研磨パッドもしくは研磨定盤とワークとの間で起きる摩擦を低減したり、摩擦熱を逃がしたり、場合によってはワークとの間で化学反応を起こし柔らかくすることにより砥粒の働きを手助けもします。

## 研磨加工の悩み

従来の研磨方法(以降遊離砥粒研磨)は図2(a)のように砥粒の分散の偏りがあるため、平坦に磨くことが非常に難しくなります。

これに対し砥粒の分散の偏りがないように砥粒を研磨パッドや研磨定盤に固定し、砥粒の入っていない液体(以降研磨液)を掛けながら研磨する方法(以降固定砥粒研磨)がありますが、この方法は図2(b)のように面方向の砥粒の分散の偏りは少なくなりますが、母材中の上下方向の砥粒の分散の偏りも少なくなるためワークに当たる(動く)砥粒数が少なくなり、結果として研磨能率が低くなります。さらに砥粒1粒あたりに掛かる荷重が高くなり傷が入りやすくなります。

## 悩みを解決する LHAパッドによる研磨

遊離砥粒研磨と固定砥粒研磨の両者の良いところを生かすために考案されたのがLoosely Held Abrasive(以降LHA)構造の研磨パッドであるLHAパッド<sup>1)2)</sup>です。構造自体は図3や図4のように、非常に細かな網目状の樹脂に砥粒が挟まった構造であり、固定砥粒研磨と同様にこのLHAパッド

図3 LHAパッドの断面写真

網目状樹脂に砥粒が挟まっている。

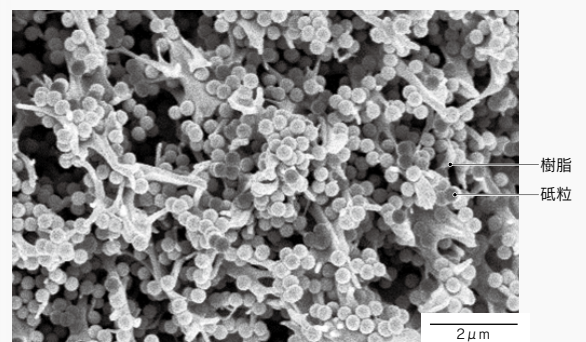


図4 LHAパッドの構造

LHAとはLoosely Held Abrasiveの略で繊維状の母材中に砥粒が挟まり、砥粒が完全には固定されていない構造を有する研磨工具である。

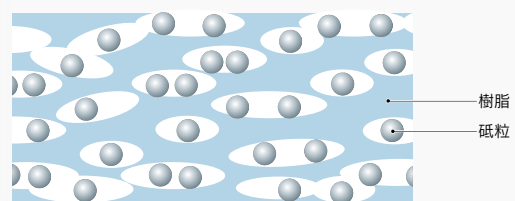
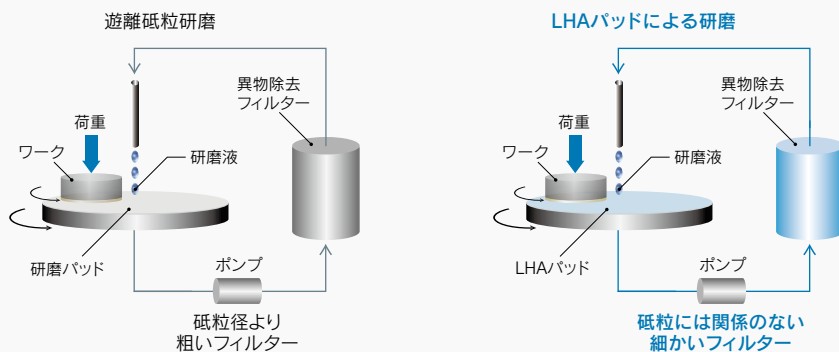


図5 研磨スラリー・研磨液を循環する場合



に研磨液を掛けながら研磨を行います。このとき、砥粒は図2(c)のように作用し、砥粒がワークに数多く均質に当たるため、高い研磨能率と平坦化研磨の両立という従来の常識を変える研磨を行うことができます。

また、研磨スラリーの循環を行いながら研磨する場合(図5)、遊離砥粒研磨は砥粒径より細かなフィルターを使用

することが出来ないため、砥粒径に近いサイズの異物が研磨スラリーに混入した場合、傷が入る確率が高くなります。これに対しLHAパッドを用いた研磨では砥粒が入っていない研磨液を掛けながら研磨を行うため、砥粒径に関係なく、細かなフィルターを通しての研磨液の循環が可能であり、異物が研磨液に混入しても傷が入り難くなります。

## 02 | LHAパッドをSiCの研磨に適用したら…

ここでは、LHAパッドによるSiC単結晶の研磨の試みを紹介します。

### 期待の半導体材料SiC

スマートフォンやパソコン等に使用されている半導体の多くがシリコン(Si)という素材で出来ています。このシリコン半導体はCPUやメモリの他にもパワーデバイスと呼ばれる電力や電気信号を制御する素子としても使われています。しかし、シリコンのパワーデバイスは大きな電力を扱う時には、電力の一部が熱になってしまうため電力のロスが生じるという問題があります。そこで電力のロスが少なく効率的に扱うことができ、省エネを実現できる次世代半導体材料が新たに登場しています。次世代半導体の代表例と

してSiC単結晶が挙げられており、電気自動車(図6)、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車の大きな電力を必要とする駆動モーターの制御用途で大量に使用されることが期待されているものの、従来型のシリコンパワーデバイスに比べ高価であることが課題です。

図6 パワーデバイスの使われ方の一例(電気自動車)

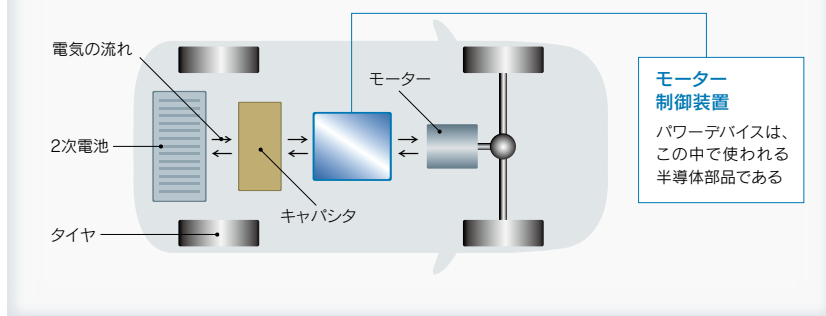
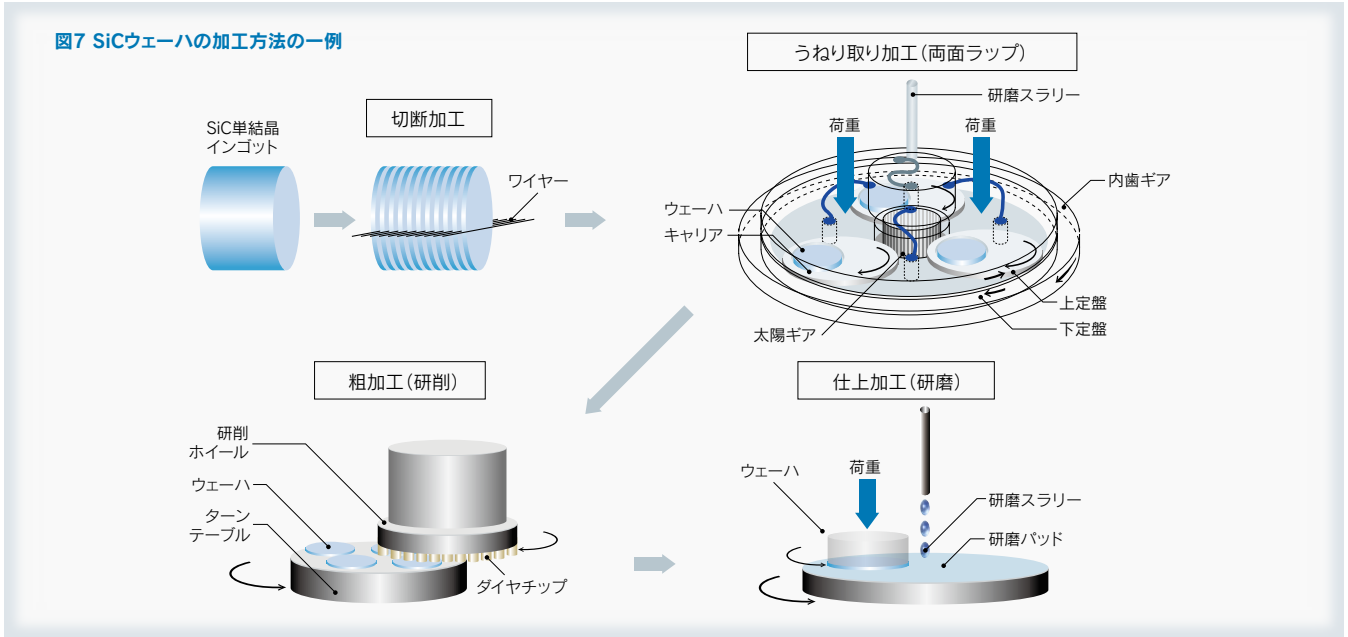


図7 SiCウェーハの加工方法の一例



## SiCの加工プロセス

SiC単結晶をパワーデバイスとして使うためには薄いウェーハ形状にしなければなりません(代表的なSiC単結晶ウェーハ加工プロセスを図7に示します)。しかしながら、SiC単結晶は砥粒に使用されるほど硬い材料であり、通常の研磨では研磨能率が低く、研磨の工程が長時間となります。このことが製造原価を押し上げる大きな要因の一つとなっています。

## SiCの新しい研磨プロセス

研磨能率向上に対応するため、ノリタケではさまざまな研磨実験や研究を行い、SiC単結晶に対し強酸化剤が研磨能率

向上に大きく寄与することを発見<sup>③④⑤</sup>しました。そして、現在はLHAパッドに強酸化剤を援用しながら研磨する新しい研磨プロセスを開発しています。

表1の試験条件でこの新しい研磨プロセスをもちいてSiC単結晶ウェーハを研磨した結果を示します(図8~10)。今回はφ6インチのSiC単結晶ウェーハを3枚、研磨プレートに貼付けて研磨しました。ウェーハは通常パワーデバイスで用いら

表1 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]基板 Si(シリコン)面[0001]	切り出し角4° φ6インチ×3枚
研磨圧力	30 kPa	
テーブル回転数	35 rpm	
研磨液	・ノリタケプリカントLSC-1 (LHAパッド用強酸化剤研磨液) ・強酸化剤研磨スラリー (遊離砥粒研磨用・従来法)	
加工時間	2時間	

図8 研磨性能の比較(研磨能率)

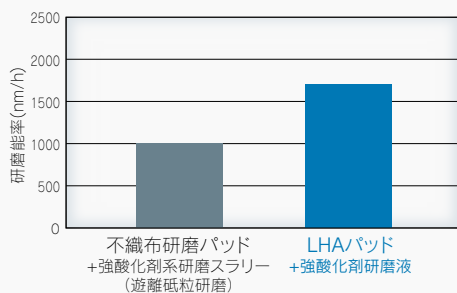
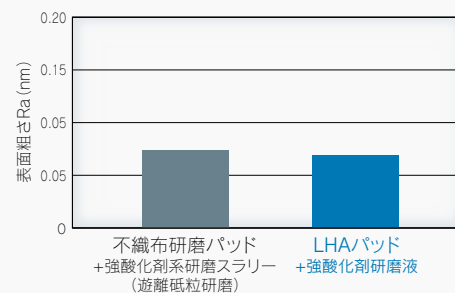


図9 研磨性能の比較(表面粗さ)





れている面(切り出し角4°のSiC面<sup>\*</sup>)を用いました。図8のようにLHAパッドによる研磨の研磨能率は遊離砥粒研磨の1.7倍と非常に高くなりました。またこの時の表面粗さは図9のようにほぼ同等となりました。

一般に研磨を行う場合、研磨能率が高くなると表面粗さが粗くなる傾向となりますが、LHAパッドは遊離砥粒研磨に対し表面粗さが同等のまま研磨能率が高くなっているため非常に研磨性能が高いと言えます。さらに図10のように研磨後のSiC単結晶ウェーハの表面の微細な凹凸を比較すると、LHAパッドの研磨面は遊離砥粒研磨に対し、細かくなっているため、より均質な研磨が出来ていると言えます。また、図11のように遊離砥粒研磨は傷が入りますがLHAパッドによる研磨は傷が全く入っていません。これらの結果から研磨面品位が非

常に高い事が判明したので、図12のようにLHAパッドで研磨後のSiC単結晶ウェーハの断面をTEM(透過型電子顕微鏡)で観察しました。

一般にSiC単結晶ウェーハ上にパワーデバイスを作る際に、結晶の乱れがあるとパワーデバイスを作ることが出来ません。図12では表層まで原子配列が鮮明に見え、結晶の乱れが無いことが分かりました。これはウェーハに対するダメージが皆無、もしくはダメージを除去できた状態で研磨が終了し、パワーデバイスを作ることが出来る状態であることを意味します。このようにLHAパッドを用いた新しい研磨プロセスはSiC単結晶ウェーハを高品質かつ短時間で研磨できる可能性を秘めています。

図10 研磨性能の比較(表面高さ分布)

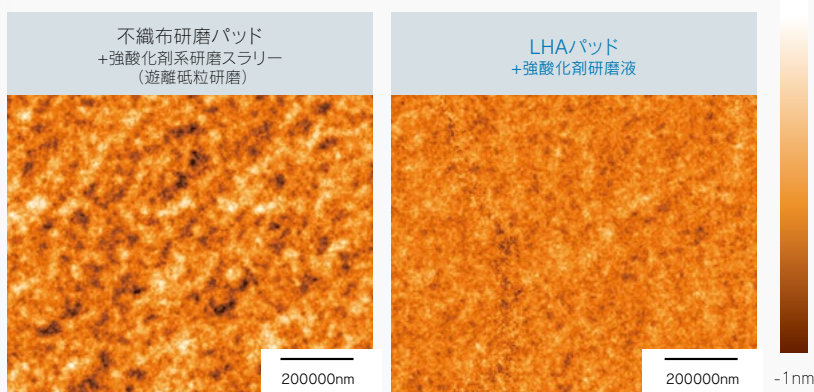


図11 研磨性能の比較(傷の比較)

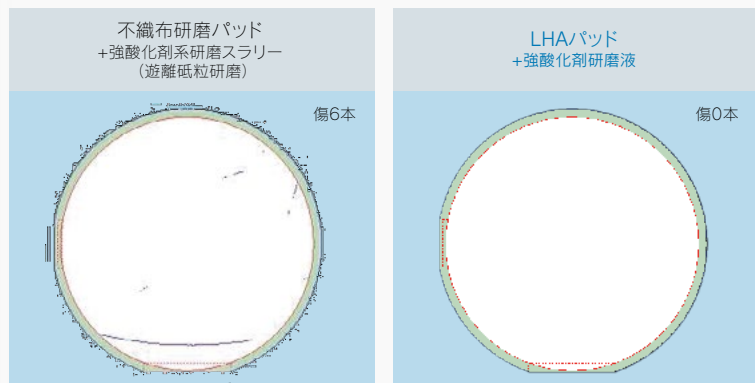
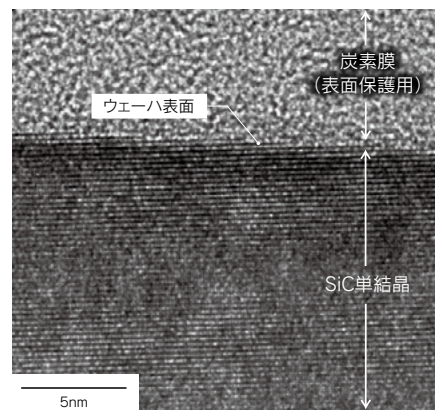


図12 LHAパッドで研磨したSiC単結晶のTEM断面像

SiC単結晶ウェーハ表面近くまで原子の配列を鮮明に見ることが出来る。



### 03 | 普及が期待される技術の芽———LHAパッド

以上のようにLHAパッドの構造解説とSiC単結晶の研磨事例を紹介しましたが、遊離砥粒研磨と固定砥粒研磨との良いとこ取りを実現したLHAパッドは、まだまだ用途開発の途中であり、様々な加工への適用をトライしている最中です。

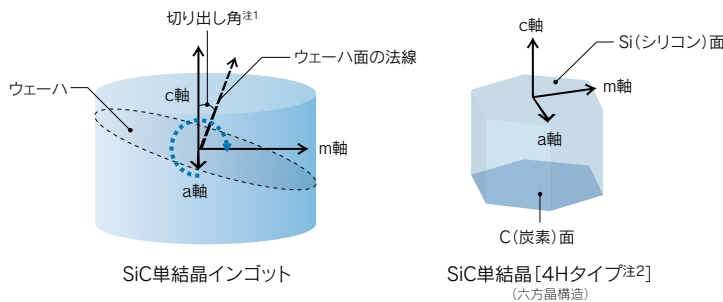
例えばシリコンウェーハの研磨や先端材料であるGaNの研磨に適用できることは確認していますが、今後はさらに適用事例を積み上げていく予定です。

[注釈]

※MEMS: Micro Electro Mechanical Systems の略で微細加工技術を用いて作られた機械要素部分や電子回路を集積化したデバイスを意味します。実用化されている(比較的大きな)ものの例としてはスマートフォン等のオートフォーカス機構、ハードディスクのヘッドの制御機構、インクジェットプリンターのヘッド等があります。

※図13のようにSiC単結晶の結晶c軸面(c軸を法線とする面)はシリコン(SiC)面[0001]とC(炭素)面[000-1]があり、ほとんどの場合Si面側にデバイスを作ります。一般的にはSi面側が研磨しにくくなります。<sup>7)</sup>

図13 SiC単結晶の構造とウェーハの切り出し角



注1: パワーデバイス用ウェーハの場合、a軸周りに2~4°傾けて切り出したものが多い  
注2: パワーデバイス用にはポリタイプ<sup>8)</sup>が4Hタイプのものを使う場合が多い

[参考文献]

- ① M.Sato, T.Nonami, J.Ishizaki, : "Polishing Pad with Loose Held Abrasive Structure", Journal of the Ceramic Society of Japan Supplement 112-1, 112[5]2004.
- ② 佐藤誠: "研磨体およびその製造方法", 特許第4266579号
- ③ M.Sato, K.Okuda : "Polishing of Single Crystal SiC with the LHA Pad", The 11th International Conference on Precision Engineering (August 16-18, 2006, Tokyo, Japan) proceedings, "Towards Synthesis of Micro-/Nano-system", p271-275.
- ④ 佐藤誠・奥田和弘: "砥粒内包パッドの開発(3)", 2006年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集、p555-556.
- ⑤ 佐藤誠・奥田和弘: "結晶材料の研磨加工方法", 特許第5336699号
- ⑥ 松浪弘之(編著): "半導体SiC技術と応用", 日刊工業新聞社(2003), p15-31
- ⑦ 佐藤誠: "SiC単結晶の酸化剤援用研磨とそのメカニズム", 日本機械学会2010年度年次大会講演論文集, p241-242

■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
●		●		