



ワイドギャップ半導体基板の高エネルギー・高精度加工を実現する 革新的高機能研磨パッドの開発

概要

九州大学産学連携センター オプト・エレクトロニクス機能材料領域の土肥俊郎特任教授らの研究開発グループは、難加工性材料基板における高エネルギー・高精度研磨を実現させる新しい研磨パッドを開発しました。

これは、ダイラタント流体材料（ダイラタンシー現象（※1）が起こる材料）をパッド（支持材料）に適用し、疑似固定/遊離砥粒加工形態を念頭に、加工条件感応型パッドを実現したものです。このパッドにより、各種材料基板の研磨効率を通常研磨の7倍～22倍に向上させ、同時に加工面の品位を格段に向上させることに成功しました。この驚異的な高性能パッド開発により、難加工性材料基板の加工プロセス時間を大幅に短縮させることが可能となりました。

また、同時に高圧高速研磨（加工圧力 1MPa（※2）、回転速度 1000min⁻¹（※3））を可能とする高剛性研磨装置の開発を進めており、高負荷領域での加工を施すことで、ダイラタントパッドの特性を十二分に発揮し、より高エネルギー・高精度な加工を実現することが可能となります。これらを併用した高エネルギー・高精度研磨手法（これをスマートポリシング法と称します）は、今後のワイドギャップ半導体デバイスの開発、普及に大きく貢献する可能性を持ち、大いに期待されています。

背景

現在、GaN（窒化ガリウム、単結晶）や SiC（炭化ケイ素、単結晶）をはじめとする難加工性材料基板（ワイドギャップ半導体基板）の基板適用によるグリーンデバイスの開発によって、消費電力量および CO₂ 排出量の膨大な削減効果が見込まれています。これらの結晶材料の有する特異な特性を十二分に発揮し、高品位の薄膜を形成する下地基板として適用するために、所定の形状・寸法精度に高エネルギーかつ高品位（超精密の無擾乱鏡面）に仕上げることが要求されています。しかしながら、ワイドギャップ半導体基板の表面を高精度に仕上げる研磨は、その基板材料の機械的、化学的に極めて安定な材料特性から、一般的に数十時間の長時間加工が行なわれています。加工が極めて難しいことから加工コストが高くなってしまったため、デバイスの低コスト化が困難であり、大きな問題になっております。更なるグリーンデバイスの開発・普及のためには、高効率加工プロセスの確立が切望されているところでした。

この大きな問題点を解決するため、土肥特任教授が 20 数年前から提唱してきた新しいスラリー（液体と固体粒子との懸濁液）やパッドに対するダイラタンシー現象を導入しようとする考え方を、今回は研磨パッドへの応用を試みた成果です。

内容

加工条件により、工具素材自体の硬さを変化させるというユニークな考え方を導入するため、ダイラタント流体に特殊フィラー（鉍物質微粉末）を含有させた材料を研磨パッド上に敷設した新素材研磨パッド（含浸方式とピラー方式を考案）を開発しました。当該研磨パッドを適用し、固定砥粒方式と遊離砥粒方式を合わせた、所謂「疑似固定/遊離砥粒（※4）」方式を可能とした研磨手法を採用することで、ガラス基板の研磨において従来加工手法の7倍の加工エネルギー、SiC 単結晶基板の研磨においては従来加工手法の22倍もの加工エネルギーが得られることを新たに発見しました。

また、加工条件による高エネルギー・高精度研磨を追究するため、従来の加工装置に比べて10倍以上もの高負荷出力（加工圧力 1MPa、回転速度 1000min⁻¹）を可能とする、これまでにない高剛性加工装置の開発を行なっています。今回開発に成功したダイラタントパッドは、新しい高速圧加工装置に搭載すれば、例えば SiC 基板の場合、目標とする 100～1000 μm/H（※5）の加工速度が視野に入った段階です。

今回得られたダイラタントパッドによる加工面は、従来研磨パッドによる加工面の品質に比べて加工欠陥数が極めて少なく（マイクロクラッチ（※6）数で比較すると従来加工品の 1/100）、格段に優れた加工面品位に仕上げられることも大きな特徴です。

したがって、本開発により、コロイダルシリカ（※7）などによる最終仕上げは、Si ウェハ（※8）加工時間並みの 30 分前後で仕上げられるものと期待されております。本プロジェクトでは、高速高圧研磨（これを高速圧研磨と称します）の加工条件領域を目標としており、それに見合う研磨パッド、スラリーそして高速圧研磨装置（システム）をそれぞれ開発して、真の意味での最適化を図るべく技術の融合化を追究しております。

本研究開発を展開している中で、今回の研磨パッド開発は、その一環として進めてきた成果の一つであり、ダイラタントパッドの特性を十二分に活かした加工の実現に向け研究開発し得た成果を紹介するものです。あわせて、開発中の高性能の高速圧研磨装置（ α 機）の装置についても紹介するものです。

■効果

開発したダイラタントパッドを用いた疑似固定遊離砥粒加工方式を採用した加工により、従来加工方式に比べて大幅なプロセス時間の短縮が可能となり、製造装置運用時間の削減、生産量の大幅向上が可能となり、デバイス製造コストの削減に貢献することができます。

また、加工条件により特性を変化させる特徴から、高負荷領域での加工において高能率研磨、低負荷領域での加工においては高品位加工が可能であるため、複数の工程を兼ねることが可能であり、使用装置の少数化、製造工数の削減、製造コストの低減に大きく貢献することが期待できます。

■今後の展開

今回開発したダイラタントパッドによる加工プロセスの更なる高能率・高品位化を目指し、本プロジェクトで着手しているオリジナルダイヤモンドスラリー、およびコロイダルシリカスラリーとの融合化技術の開発を推進し、さらには新規開発を行なっている加工援用効果の発現システムを取り入れた総合的なハイパフォーマンス加工システム（スマートポリッシングシステム）の確立を目指します。

本プロジェクトで推進している、加工プロセス全体を同時並行させた総合的な研究開発を行なうことにより、各分野（加工装置/システム、パッド、スラリーなど）相互の重畳効果を引き出し、更なる研磨の高能率化・高品位化が期待されます。

【用語解説】

（※1）ダイラタンシー現象

液体の状態から固体化する現象。（例：水溶き片栗粉に圧力を加えると固体化する）

（※2）MPa

圧力の単位。1MPa は約 10kgf/cm² に相当。

（※3）min⁻¹

回転速度の単位。旧式表記の rpm に相当。（1 分間当たりの回転数）

（※4）砥粒

研削、研磨に使用する高硬度の粒状あるいは粉末状の物質。

（※5） $\mu\text{m}/\text{H}$

加工速度の単位。1 時間当たりの加工量。

（※6）マイクロスクラッチ

加工時などに発生するマイクロメートルオーダーの微小なひっかき傷。

（※7）コロイダルシリカ

粒径がナノメートルオーダーの微小な SiO₂（二酸化珪素）砥粒をコロイド状に懸濁した研磨剤。

（※8）Si ウェハ

IC、LSI などの半導体デバイスなどに用いられる厚さ数 100 μm 前後の板状の基板。

※本研究は、九州大学産学連携センター連携部門 オプト・エレクトロニクス機能材料領域「オプト・エレクトロニクスに関わる機能性材料の超精密加工プロセス技術とデバイス化技術への応用」プロジェクト（平成 24～26 年度）の参画企業 4 社（不二越機械工業(株)、フジボウ愛媛(株)、日本ゼオン(株)、日揮触媒化成(株)）との共同研究により行なわれているものです。

<http://www.astec.kyushu-u.ac.jp/doi/content/project1.html>

【お問い合わせ】

九州大学 産学連携センター オプト・エレクトロニクス機能材料領域

特任教授 土肥 俊郎 (どい としろう)

電 話 : 0 9 2 - 5 0 1 - 8 5 7 0

F A X : 0 9 2 - 5 0 1 - 8 5 7 2

E-mail : doi@astec.kyushu-u.ac.jp