

CMP 用パッドのコンディショニングに関する基礎的研究

Basic Research on Conditioning of CMP Pad

門村和徳^{1*}、福西利夫¹
Kazunori Kadomura¹, Toshio Fukunishi¹
土肥俊郎²、内田亮太²
Toshiro Doi², Ryouta Uchida²

¹株式会社アライドマテリアル
A.L.M.T. Corp.

²埼玉大学 教育学部

Abstract

As the basic research for the Pad conditioning by the Diamond Conditioner, relationship between the surface condition of pad, which is ground by the diamond pad conditioner, and the Polishing Rate is investigated. Clogging of the pad surface, the surface conditions achieved by specification of the various pad conditioners and various parameters of the conditioning on the Oxide-CMP Process are correlated.

Key Words: CMP(Chemical Mechanical Polishing),diamond abrasives,,conditioner, cut rate,pad,polishing rate

1. 緒言

近年の半導体デバイスにおいて、配線の微細化・多層化が急速に進む中で各層の平坦化が必要となり、CMP (Chemical Mechanical Polishing) は必要不可欠な工程となった¹⁾。CMP工程の主要な部材である工具に対応するパッドにおいて、CMP加工が進むにつれパッド表面に加工屑・反応生成物などが小さな孔(発泡孔)などに埋まり込み、初期状態と異なった様になるため、研磨レートの低下やスクラッチ発生などによるプロセスへの悪影響が生じる。この小さな孔に異物が埋まり込む現象を“目つまり”と称する。この目つまり状態を打破するために、その表面部分を削り取る動作を施

す。これをコンディショニングあるいはドレッシングという。一定のパッド表面を維持し、研磨レートなどのCMPプロセスを安定して維持するために、パッドコンディショニングは不可欠である。

パッドのコンディショニングは、主にダイヤモンド砥石すなわち、ダイヤモンドコンディショナにより、劣化したパッドの表面を除去し新しい加工面を出現させ、効率的かつ安定したCMP特性を確保する。このコンディショニング操作は、表面を一定の粗さにすることにより、スラリーの保持性や加工能力の安定化を確保する効果もあるといわれている²⁾。しかしながら、パッドコンディショニングによって得られたパッド表面状態とCMP特性との相関が明らかでなく、その上コンディショニング要素が多岐にわたっていることもあって、パッドコンディショニングの最適条件が明らかになっていないのが実情である。

* 〒550-0003 大阪市西区京町堀 1-4-16

電話:06-6459-0525 FAX:06-6459-0532

Email:kazunori-kadomura@allied-material.co.jp

本研究では、CMPプロセスにおけるコンディショニングの役割およびパッド表面状態と研磨特性の関係を実験的に確認することを目的とする。

2. 実験方法・条件と実験装置

CMPによる研磨特性の低下がどのように進むのかを実験的に確認するため、コンディショニング・オフの状態で連続研磨を行い、パッドの表面状態と研磨レートの推移を把握する。実験条件を表 1、2、3 に示す。試料としての熱酸化膜付き3インチウェハを一枚加工する毎に、加工後のパッドの状態を電子顕微鏡および三次元表面構造解析顕微鏡にて観察し、パッド表面状態と研磨レートの推移とを関連付けた。

表1 実験①に用いたコンディショナおよび装置

コンディショナ寸法	φ100-8W
ダイヤモンド粒度	#100
CMP装置	ARW-6MDS (MAT 社製)

表2 実験①②のコンディショニング条件

コンディショナ回転数	52min ⁻¹
パッド回転数	50min ⁻¹
コンディショニング圧力	120gf/cm ²
潤滑液	純水
コンディショニング時間	20sec
パッド	IC1000

表3 実験①②のCMP加工条件

ウェハ	3インチ(熱酸化膜付き)
ウェハ回転数	52min ⁻¹
パッド回転数	50min ⁻¹
CMP加工圧力	300gf/cm ²
CMP加工時間	120sec/wfr
スラリー	SS-25 (Cabot 社製)
スラリー流量	100cc/min

一方、コンディショニングとCMP研磨特性の関連を調べるため、仕様の極端に異なるコンディショナを用いてパッドをコンディショニングし、得られたパッド表面状態と研磨レートの関係を考察した。

本実験のコンディショナには、非常に鋭利な形状のダイヤモンドと非常に結晶性の高いダイヤモンドの二

種類を用いた。以下、それぞれレギュラー砥粒およびブロッカー砥粒と称する。実験に用いたコンディショナの仕様を表4に、図1にはそれらの砥面写真を示す。ここでのコンディショニングおよび研磨には、前述の表2、3の条件を適用した。初期コンディショニングの後10枚のウェハをコンディショニング・オフの状態で研磨し、再度コンディショニングを行って研磨レートの推移を計測することとする。

表4 実験に用いたコンディショナの仕様

コンディショナ寸法	φ100-8W	
ダイヤモンドの粒度	#100	
ダイヤモンドの種類	レギュラー	ブロッカー

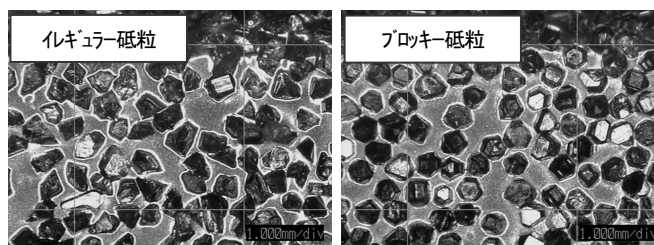


図1 実験に用いたコンディショナの砥面写真

3. 実験結果と考察

3.1 コンディショニング・オフ時のCMP特性

図2にコンディショニング後の連続研磨における研磨レートの推移を示す。最初に20秒のコンディショニングを行った後は、コンディショニングを行わずに連続して研磨を行った。初期の5枚までは一定に研磨レートが低下し、5枚目で初期の約60%の研磨レートに達した。以降20枚まで研磨を行ったが一定の研磨レートを示した。

図3、ならびに図4にコンディショニング直後、1枚研磨後および20枚研磨後のパッド表面の同一箇所における電子顕微鏡写真および三次元表面構造解析顕微鏡像をそれぞれ示す。コンディショニング後のパッド表面には、細かい毛羽立ちが確認できる。1枚研磨した後のパッド表面には、その毛羽立った部分が一部平坦化されていることが確認できる。さらに20枚研磨した後のパッド表面は、大部分に平坦な部分が現れている。このようにパッドの表面が、部分的に平坦化されること

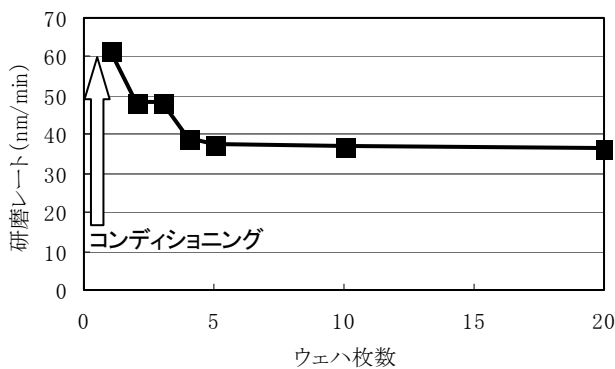


図2 コンディショニング後の連続研磨における研磨レートの推移

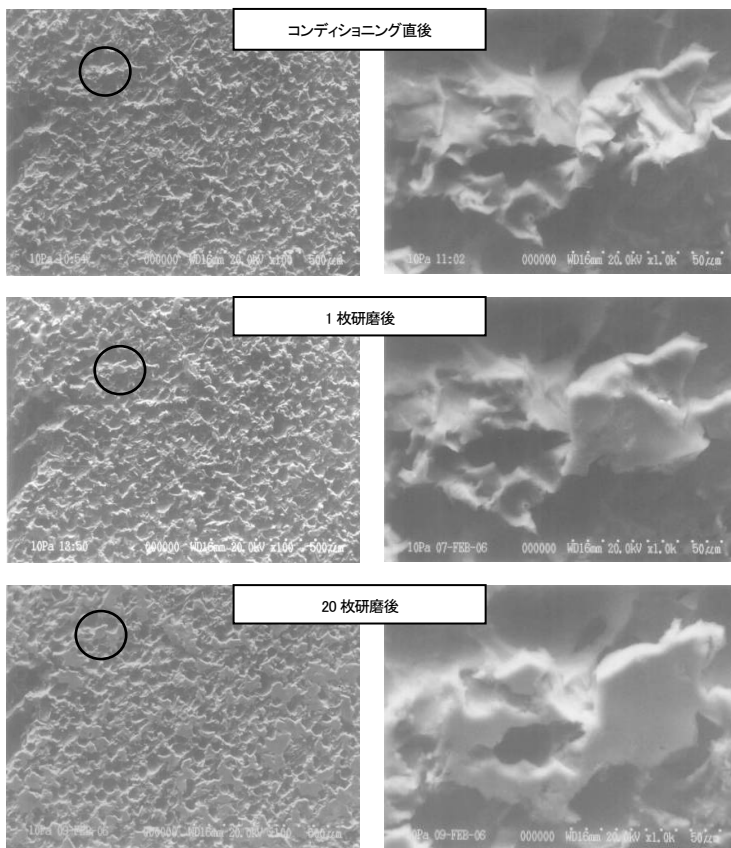


図3 コンディショニング後、1枚研磨後および20枚研磨後のパッド表面の電子顕微鏡像。(×100 および×1000)

で研磨圧力の低下が起こり、その面積が増大することによりさらに研磨レートが低下したと考えられる。

図3中の平坦化された部分について、エネルギー分散型X線検出装置を用いてその構成元素の同定を行った結果を図5に示す。

研磨によって生じた平坦部は主に炭素で構成されており、主にパッドが主成分であると言える。しかし、研磨

枚数が増大すると平坦部の周辺に珪素が増加している。これについては、平坦部の増大はスラリーおよび研磨屑などの堆積によって生じているものと考えられる。

このようにパッド表面の平坦化が、CMPの研磨特性を低下させる要因であることがわかった。この平坦部を取り除き元の毛羽立った状態に戻すのが、コンディショニングの役割の一つであると考えられる。

3.2 コンディショニングの効果

ーコンディショニングとCMP特性ー

図6に、コンディショナ仕様と研磨レートの関連のグラフを示す。コンディショニング直後の研磨レートは、イレギュラー砥粒の方が約40%高い値を示した。またコンディショニング・オフの状態では10枚研磨すると、前3.1節で得られた結果と同様に研磨レートは低下した。その後コンディショニングを行うと、イレギュラー、ブロッキー共に初期と同レベルの値まで研磨レートが回復した。

図7に、イレギュラーおよびブロッキー砥粒でコンディショニングした後の、パッド表面の電子顕微鏡像および三次元像を示す。電子顕微鏡像より、イレギュラー砥粒でコンディショニングしたパッドの方が表面の毛羽立ちが大きく、また数も多く確認できる。三次元像を見ると、大きな凹凸として確認することが出来る。イレギュラー砥粒の方が、その鋭い切れ刃によってより粗くコンディショニングされ、その粗さの違いが酸化膜の研磨レートに影響していると考えられる。

図8に、イレギュラー砥粒およびブロッキー砥粒でのパッドに対するカットレートを示す。イレギュラー砥粒の方の切れ刃がより鋭利なため、ブロッキー砥粒に比べ

2.5倍の高い切削性を示した。前節で確認された研磨後に生じるパッド上の平坦部を、イレギュラー砥粒の方がより効率的に除去できる。よって高い切削性についても、高い研磨レートを得るための一要因と考えられる。

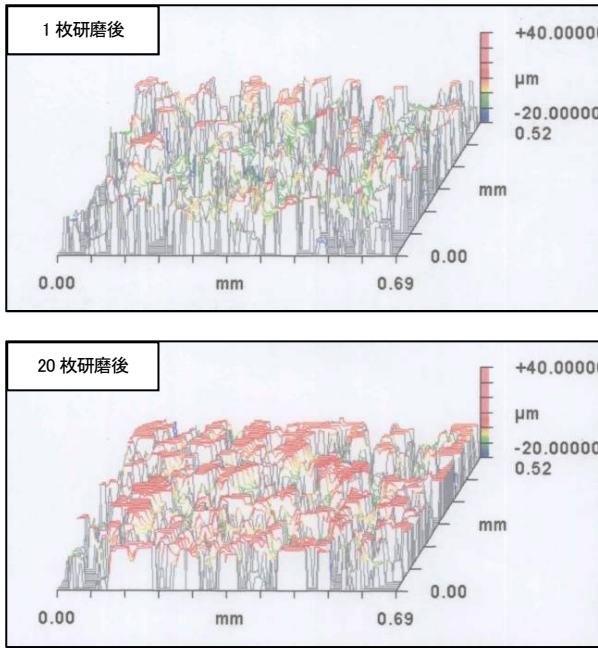


図4 1枚研磨後および20枚研磨後のパッド表面の三次元表面構造解析顕微鏡像(NewView2000:zygo 社製)

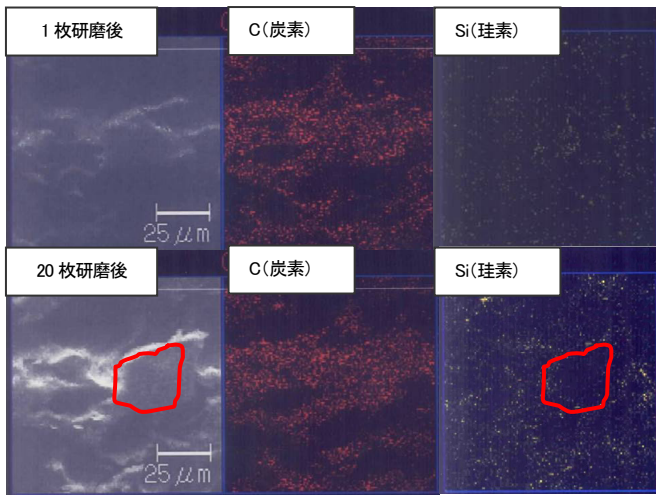


図5 1枚研磨後および20枚研磨後のパッド表面の元素分析結果。赤が炭素、黄色が珪素の存在を示す。

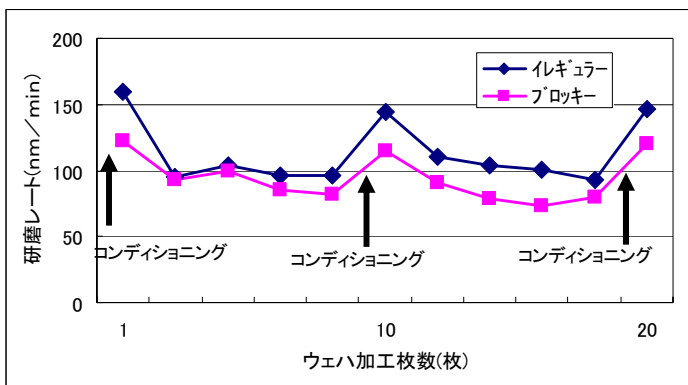


図6 コンディショナの仕様と研磨レートの関係

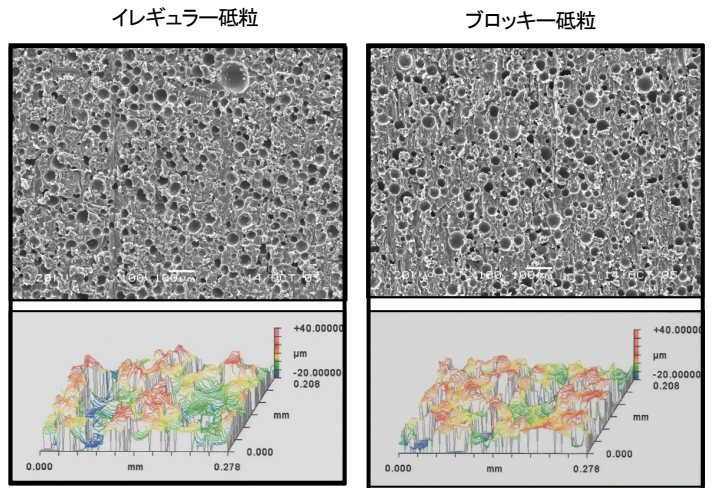


図7 イレギュラーおよびブロックー砥粒でコンディショニングした後のパッド表面の電子顕微鏡および三次元像

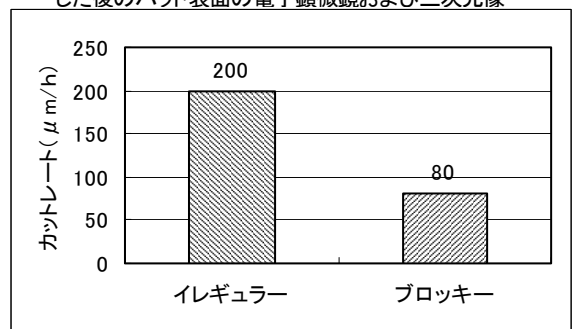


図8 イレギュラーおよびブロックー砥粒を用いたときのパッドに対するカットレート

4. 結言

本研究では、CMPプロセスにおけるコンディショニングの役割と、パッド表面状態と研磨特性の関連を実験的に確認した。コンディショニング・オフ状態での研磨レートの低下は、パッド表面に平坦化された部分が多く現れることによる圧力低下が要因の一つであるとされた。コンディショナの6役割には、このようなパッド上に生じる目つまりを除去して元の状態に戻す作業であると言える。コンディショナの砥粒に、イレギュラー形状とブロックー形状を用いると研磨レートに差が現れた。これは、コンディショニング後のパッド表面状態が影響している。

今後、パッド表面状態の定量化を行い、研磨特性との関連付けを行っていくことが必要である。

[文献]

- 1) 土肥: 詳説 半導体 CMP 技術、工業調査会(2001)
- 2) 藤田: 精密工学会「プラナリゼーション CMP 委員会」第47回研究会資料(2005)