

Si ウェハ再生方法の開発

原 宣宏*・鈴木哲雄(理博)**・井上秀敏***・高田 悟***

*技術開発本部・生産技術研究所 **技術開発本部・化学環境研究所 ***Kobe Precision Inc.

Development of a Si Wafer Reclaiming Process

Yoshihiro Hara・Dr. Tetsuo Suzuki・Hidetoshi Inoue・Satoru Takada

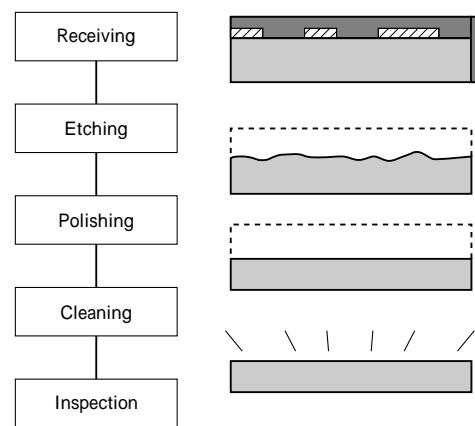
Removal thickness reduction and excellent flatness characteristics after the silicon reclaiming process are required. A new reclaiming process was developed that included pad lapping, in which poly-urethane pads are used instead of iron lap plates to mechanically remove the surface layer of used test wafers with little sub-surface damage depth, and potassium-hydroxide etching. Decreased removal thickness and better quality, compared with conventional chemical etching reclaiming processes, was achieved.

まえがき = 半導体デバイスは、単結晶 Si ウェハ上に数十から数百の工程を経て製造される。半導体デバイスメーカーでは、これら多数の工程の状態をモニタするためや、各プロセスの条件検討などのため、多数のテストウェハを使用している。これらのテストウェハは製品にはならないので、表面についた膜や汚れを除去し、再研磨により新品同様の平滑な表面をえることができれば再使用が可能である。

従来より、使用済み Si テストウェハの再生方法としては、化学エッチング法がもちいられてきた¹⁾。第 1 図に化学エッチング法による再生工程を示す。まず、硝酸とふっ酸の混合物またはこれらに酢酸を混合した薬品中に使用済みテストウェハを浸漬し、表面層をエッチングしてこれを除去する。その後、プライムウェハと同様に片面をポリッシングにより仕上げ、再生ウェハとして出荷をおこなう。

ところが、化学エッチング法で表面層を除去した場合、エッチング速度が材質により異なるため、複数の材質からなることの多い表面層が均一に除去されず、基板の Si が露出した部分から Si がエッチングされていくため、ウェハ表面が平滑にならない問題が生じる。したがって、ウェハ表面を平滑にするために次工程のポリッシングでの取り代が大きくなり、典型的な再生時の取り代としては 40~60 μm 程度必要であった¹⁾。再生ウェハは一定の厚さ以下になるまで繰り返し使用され、再生時の取り代が小さいと一枚のテストウェハを繰り返し使用できる回数が増加する。このため、省資源、テストウェハ費用低減が可能となるので、再生時の取り代削減が求められていた。さらに、プラナリゼーションの試験にもちいるような高精度なテストウェハに対する要求も強まっており、ラッピングなどの機械加工による平坦度の高い再生方法が求められていた。

われわれは、多種類の膜の付いた使用済みテストウェハを少ない取り代で、かつ TTV (Total Thickness Variation) を悪化させずに再生できるプロセスを考案した²⁾。新プロセスの特徴は、膜除去方法として、ウェハ端面部についてはテープ研磨を、表および裏面についてはパ



第 1 図 従来の再生プロセス
Fig. 1 Conventional reclaim process

ドをもちいたラッピングを採用したこと、加工変質層除去に水酸化カリウム水溶液によるエッチングをもちいたところにある。これらの特徴について、われわれの実験結果を紹介する。

1. ウェハ外周部の膜の除去

使用済みテストウェハの外周部には膜が付着していることがあり、これを除去する必要がある。ウェハ外周部の機械加工による膜除去方法としては、砥石をもちいる研削法と、テープ研磨法がある。ウェハ用の外周研削装置は、被加工物の外周を所定の寸法に仕上げをすることを目的としているため、外周部を表面から所定量除去しようとした場合、被加工物の中心を精度良く (20 μm 以内) 固定できるかどうか大きなポイントである。市販されている加工機について位置決め精度を実際に調べたところ、このような目的に適したものは見当たらなかった。

これに対して、テープ研磨法は、研磨テープを回転するウェハ外周部に所定の力で押しつけて除去する方法であり、表面から所定量を除去するという目的に適している。実際に 150mm ウェハに対して平均粒径 20 μm のテープをもちいて 1 分間加工した場合、研磨による除去量は外周部各点で均一であり、約 25 μm であった。

以上のような検討結果から、ウェハ外周部の膜除去方法としてテープ研磨法を採用することにした。

2. ラッピングおよびエッチング実験

2.1 ラッピングおよびエッチングによる表面層除去

ラッピングは、一般的にはプライムシリコンウェハの製造工程で、単結晶インゴットから切り出されたウェハを所定の厚さまで除去する工程に使用されている。ラッピングでは、試料と鑄鉄定盤間で砥粒が転動し、荷重を受けた砥粒が試料に押しつけられることにより、試料表面に貝殻状破面を有するラテラルクラックが生じ、表面層が除去される³⁾⁴⁾。同時に発生するメディアンクラックは内部に進展するため、表面下に欠陥（サブサーフェスダメージ）が残留することになる。第2図は、鑄鉄定盤をもちい、平均粒径 $7\mu\text{m}$ のアルミナ砥粒、研磨圧 10kPa の条件でラッピングした単結晶Siウェハに対し、ななめ研磨法により断面を露出させた試料の光学顕微鏡写真を示す。

表面はラッピングにより生成された脆性破壊面よりできており、表面下にはラッピングの際導入された欠陥に起因する凹部が観察される。ポリシング後に完全な鏡面をえるためには、もっとも深い欠陥が存在する深さまで材料を除去する必要がある、再生取り代削減のためにはラッピングによる欠陥深さを小さくする必要がある。

また、ラッピングにより生じた微小亀裂や欠陥、表面直下の残留応力層を除去するために、エッチングをおこなう必要がある。エッチングプロセスでは硝酸、ふっ酸、酢酸の混合物が使用される場合もあるが、水酸化カリウムをもちいるほうが均質性や寸法制御性が優れている。

そこで、従来のラッピングおよびパッドをもちいたラッピングについて、各種条件でのダメージ深さを比較するとともに、ラッピング後の欠陥を除去するエッチングについて検討をおこなった。

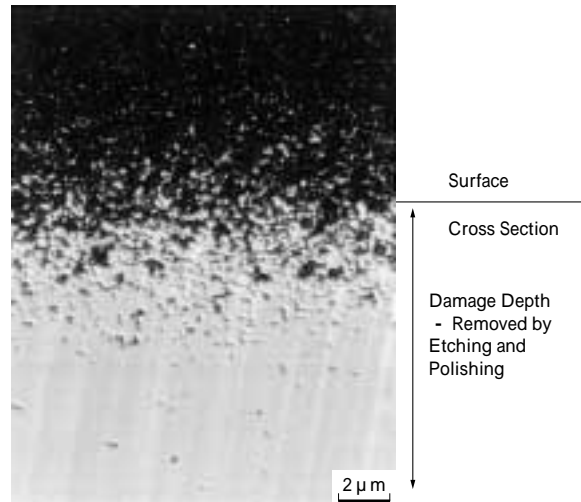
2.2 実験方法

150mm 単結晶Siウェハ(100)に対し第1表に示す実験条件で、鑄鉄定盤をもちいた従来のラッピングおよびパッドをもちいたラッピングをおこなった。パッド材質としては、通常鏡面ポリシングにもちいるポリウレタン製パッドを使用した。ラッピング面の観察はノマルスキー微分干渉顕微鏡をもちいた。ラッピングにより、表面下に導入されたダメージ深さの評価にあたっては、コロイダルシリカ砥粒をもちいたポリシングにより試料の片面を $1\mu\text{m}$ ずつ除去した後、ノマルスキー微分干渉顕微鏡をもちいてポリシング面を観察し、ラッピングによる欠陥が観察されなくなった除去量をダメージ深さとした。

また、エッチング実験に関しては、ラッピングした試料を、 50°C に加熱した35重量%の水酸化カリウムエッチング液に浸漬し、試料表面性状の変化を観察した。

2.3 実験結果

従来のラッピングおよびパッドをもちいた新しいラッピングについて、砥粒径とダメージ深さの関係を第3図に示す。両者とも、砥粒径の増加とともにダメージ深

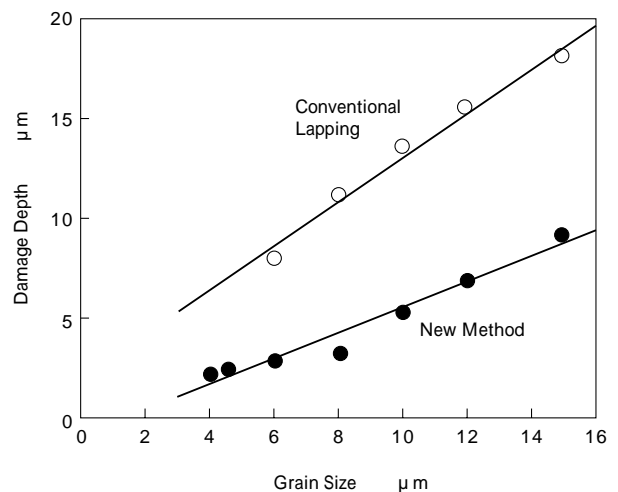


第2図 ラッピングしたウェハの断面
Fig. 2 Cross section of lapped wafer

第1表 実験条件

Table 1 Experimental Conditions

Machine	Double Side Lapping Machine
Abrasive	SiC
Lap Material	Conventional...Steel New Method...Poly Urethane
Lap Plate Diameter	610mm
Rotation Speed	50rpm
Workpiece	6 Single Crystal Silicon Wafers (100)

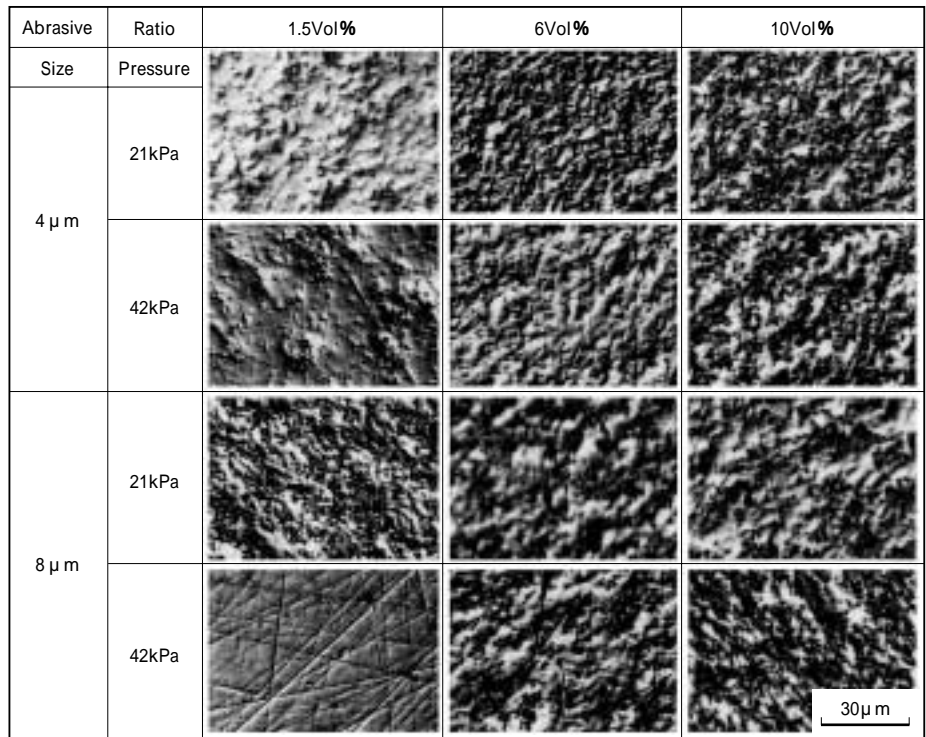


第3図 砥粒径とダメージ深さの関係

Fig. 3 Relationship between grain size and damage depth

さはほぼ直線的に増加する傾向がある。これは、砥粒径の増加とともに、表面下に導入される欠陥深さが大きくなるためである。また、パッドをもちいたラッピングでは、従来のラッピングと比較して同一粒径の砥粒に対してダメージ深さは $1/2$ 以下になることがわかる。これは、鑄鉄定盤と比較してパッドが緩衝作用を有し、砥粒に印加される衝撃荷重が緩和されるため、クラック進展深さが小さくなることによると考えられる。

さらに、従来のラッピングでは、平均砥粒径が $6\mu\text{m}$ 以下では鑄鉄定盤と試料が接触して試料表面にスクラッチが発生する傾向にある。これに対し、本ラッピング法



第4図 各種加工条件での研磨面
Fig. 4 Lapped surface under various conditions

では平均粒径が 6 μm 以下の砥粒をもちいてもスクラッチは発生しない。したがって、本ラッピング法ではより小さなダメージ深さを工業的にえられることがわかる。

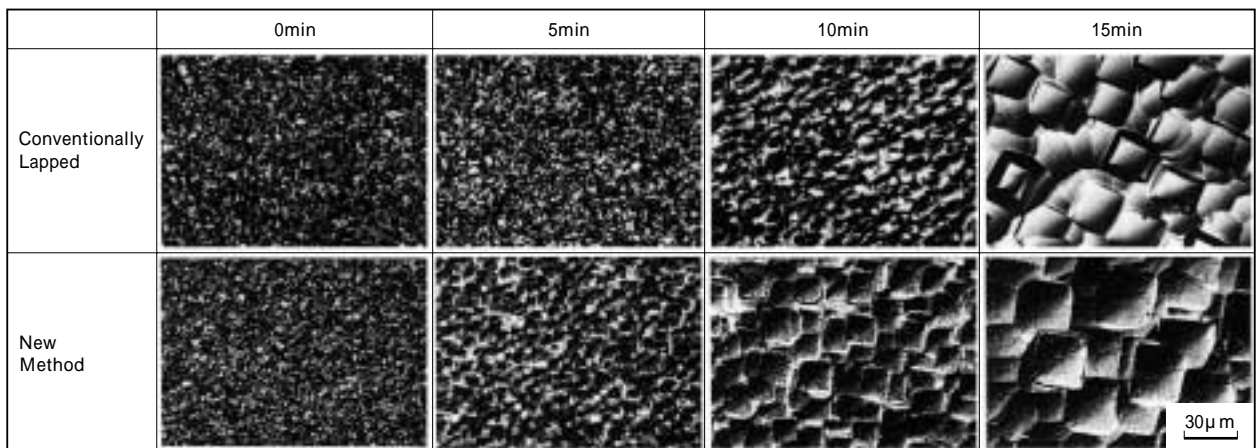
第4図は、砥粒径、砥粒濃度、研磨圧の変化にともなう本ラッピング加工面の変化を示す。1.5Vol%という低い砥粒濃度でラッピングした場合には、加工が脆性破壊モードより延性モードでの加工に移行し、いわゆるポリシング面に近い平滑な表面がえられる割合が増加する。さらに、平滑な面になるにしたがい、8 μm、42kPaの条件の写真のように深い加工痕であるスクラッチが明瞭に現れる。

ウェハの場合、表面はポリシングにより鏡面となるが、裏面はラッピング後にエッチングをおこなうことにより、均一に凹凸のある表面に仕上げる必要がある。脆性破壊と平滑な加工面が混在する場合は、エッチングをおこなっても均一な表面がえられない。さらに、スクラッチのある部分をエッチングした場合には、エッチング速度が他の平均的な部分より高くなる傾向があるためスク

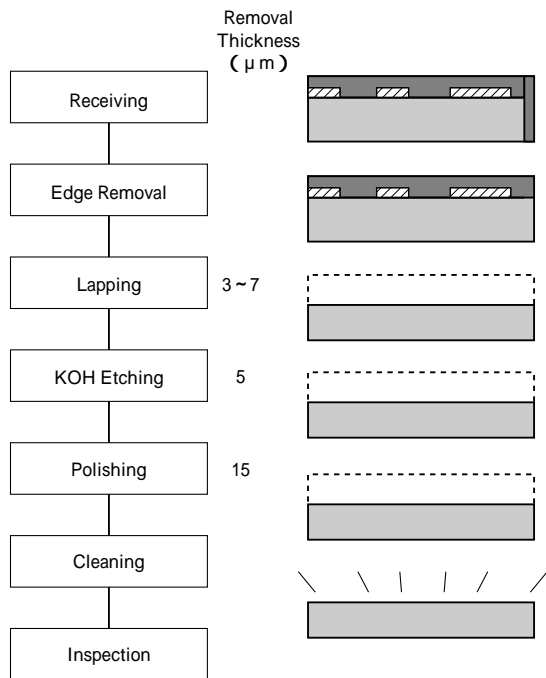
ラッチがより強調される。したがって、ラッピング後の表面は、スクラッチの無い均一な脆性破壊面である必要がある。以上のことにより、砥粒濃度としては、6Vol%以上が望ましく、研磨圧としては21kPa以下に設定することが望ましい。

第5図に従来のラッピングおよび本ラッピング法で加工した試料をエッチングした場合の、エッチング時間に対する表面性状の変化を示す。水酸化カリウムは異方性エッチング液であり、(111)面より早い速度で(100)面をエッチングするため、(111)面が後に残ることになり、(100)面に“逆ピラミッド”状のエッチピットが残留する。

水酸化カリウムがサブサーフェスダメージのある層(微小亀裂のある層)をエッチングしている間は、結晶方位が崩れているためにエッチピットは生じない。エッチピットは、エッチングによりダメージ層がすべて除去され、ダメージを受けていないSi単結晶が除去されてはじめて生じる。第5図に示したように、本ラッピング法によ



第5図 エッチング面の変化
Fig. 5 Etched surface



第6図 新再生プロセス
Fig. 6 Developed Reclaim Process

るウェハでは、5分以内にエッチピットが生じたのに対し、従来のラッピングしたウェハでは10分までエッチピットの発生が見られず、エッチング時間15分後にエッチピットが発生しはじめ、その後その大きさは急激に大きくなることがわかった。

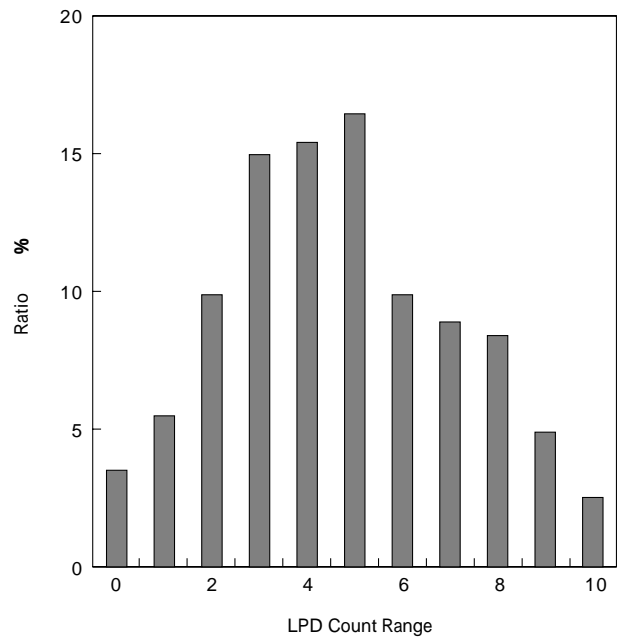
3. ウェハ再生実験

開発した再生工程を第6図に示す。まず、使用済みテストウェハに対してテープ研磨により外周部の膜を除去した。次に、本ラッピング法によりウェハ表および裏面の膜と表面変質層を除去した。その後、水酸化カリウム水溶液によるエッチングで、機械加工によって生じた変質層を除去した。このようにしてえられた完全に膜が除去されたウェハに対して、新品ウェハと同様な鏡面研磨および洗浄を施し、ウェハ再生は完了する。

本再生法により、第2表に示す使用済み 150mmSi ウェハの再生処理をおこなった。合計250枚の処理をおこなったところ、取り代の平均値は26μmであり、従来法の2分の1程度の少い取り代が実現できることを確認した。また、再生後のウェハ表面の金属汚染はプライムウェハと同等であり、レーザ光による散乱をもちい、表面の微小な凹凸形状および汚れを測定するLPD(Light Point Defect)カウントも第7図に示すようにプライムウェハ並みであることを確認した。

第2表 使用済みウェハの膜種
Table 2 Film type of used wafers

Film Material	Film Thickness ()
Silicon Oxide	6 500
Silicon Nitride	8 500
Aluminum + Silicon Oxide	6 000 + 3 500
Poly-Silicon	12 000
Tungsten	2 500



第7図 LPD カウントの分布
Fig. 7 LPD count distribution

むすび = 膜除去方法として、パッドをもちいたラッピングを採用したウェハ再生方法を考案した。この方法を150mmの使用済みテストウェハに適用し、当初の狙い通りに取り代を従来より半減して再生できることを確認した。Kobe Precision Inc. では、本方法をもちいて 150, 200mmのウェハ再生ビジネスを1996年より開始し、順調に操業している。

参考文献

- 1) 公開特許, 昭51-19966
- 2) 公開特許, 平9-171981
- 3) B. R. Lawn et al. : J. Mater. Sci. ,10 (1975), p.113 .
- 4) 杉田忠彰 : セラミックスの機械加工, (1985), p.146, 養賢堂 .