

# 磁場配列性複合砥石によるウェハ損傷の極小化と 研磨装置の開発 (第2報)

— シリコンウェハ損傷評価の確立 —

小松 利安・藤原 和徳・山田 博之・大柴 勝彦

## Minimum Damage on Silicone Wafer by MAGIC Wheel and Development of Polishing Machine (2nd report)

— The Establishment of Estimation Method for Damage on Silicone Wafer —

Toshiyasu KOMATSU, Kazunori FUJIHARA, Hiroyuki YAMADA and Katsuhiko OSHIBA

### 要 約

本研究は昨年度に引き続き、地域新生コンソーシアム研究開発事業の分担課題として、シリコンウェハ損傷評価方法の確立について研究を行ったものである。

今年度は、シリコンウェハの裏面研削時に発生する加工変質層の測定方法の検討と、磁場配列性複合砥石を用いた裏面研削時の加工変質層の評価を行うことを目的とした。

加工変質層の評価方法として、透過型電子顕微鏡を用いた測定や斜め研磨法、球抗折強度試験法等で測定・検討した結果、特に、今回新たに試みたX線回折法は、非接触・非破壊で検査する方式としては非常に有用であることが分かった。

また、磁場配列性複合砥石と従来ダイヤモンド砥石を比較すると、加工変質層の状態は同程度であることが分かった。

### 1. 緒 言

情報通信機器などIT産業では、携帯電話以外でも、カードやチケットなどに埋め込み、偽造防止を目的とした小型集積回路素子(ICチップ類)の需要が飛躍的に増大し、集積回路が形成されているシリコンウェハ(以下ウェハと称す)も、より一層の薄型加工が望まれている。

しかし、ウェハを薄型加工する場合、回路を形成した後裏面に研削加工するが、その際に研削加工表面には微細なクラックやひずみ等、図1に示すような加工変質層が発生する。そのため、次工程へのウェハ搬送や加工機への固定等で破損が生じ、従来の薄型加工方法では限界である。

そこで本研究は、平成15・16年度地域新生コンソーシア

ム研究開発事業の中で、磁場配列性複合砥石(以下MAGIC砥石(MAGnetic Intelligent Compounds)<sup>1)</sup>と称す)を用いたウェハ裏面研削加工実験を行った。

当センターの分担課題は、シリコンウェハ損傷評価方法の確立であり、加工変質層を測定・評価する手法について検討し、従来ダイヤモンド砥石とMAGIC砥石の加工性能を比較することを目的とした。

### 2. 実験方法

#### 2-1 加工変質層の評価方法

本研究における加工変質層の評価方法として、次の4種類について行った。以下、個々の評価方法について示す。

##### 2-1-1 TEMを用いた測定

透過型電子顕微鏡(以下TEMと称す)を用いて加工変質層を測定する方法<sup>2)</sup>は、測定データに最も信頼性があり幅広く利用されている。本研究で使用した装置は、日本電子(株)製TEM(JEM-2100F)である。電子線が試料を透過するためには、試料を薄片化する必要があり、試料作製に長時間を要する。最終的にイオンミリング加工で、図2に示すような凹面形状(最小厚さ4~5 $\mu$ m程度)に加工した

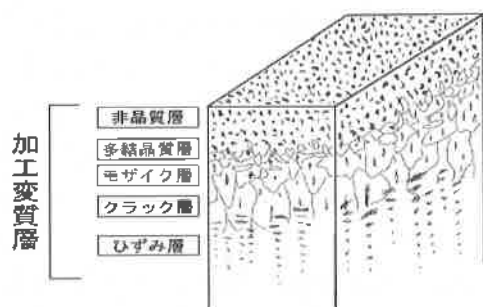


図1 加工変質層の概略図

試料で測定した。

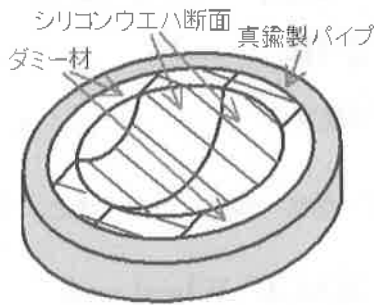


図2 TEM測定用試料の概略図

### 2-1-2 斜め研磨法を用いた測定

大量のサンプルを評価する等の場合には、TEMを用いた測定より斜め研磨法を用いた測定が有利である。観察方法は図3に示すように、裏面研削後のウエハを5°の角度を付けて斜め研磨を行い、水酸化ナトリウム溶液(0.2mol/l)で2時間アルカリエッチングを実施後、日本電子(株)製走査型電子顕微鏡(JEM-5310LV, 以下SEMと称す)により表面観察し、クラック長さを顕微鏡のスケールから読みとり評価を行った。

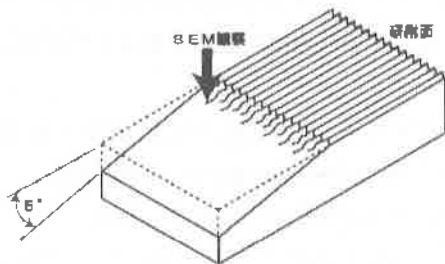


図3 斜め研磨法試料の概略図

### 2-1-3 球抗折強度試験法

本研究では、試料作製時の切断面などに発生するカケやマイクロクラックなどの影響が少ない球抗折強度試験法で行った。図4に示すように、内径7mmの固定治具中心にウエハを置き、試験片の上部から直径6mmの入エルビー球で垂直荷重を加える方法とした。クロスヘッドスピードは6mm/minとし、裏面研削加工面を下にして荷重を加えた。また、試料の厚さによって荷重値は変化するため、半径応力値を算出して比較を行った。使用した計算式<sup>4)</sup>は次のとおりである。

$$\sigma_r = \frac{P}{h^2} \left\{ \frac{3}{2\pi} + (1+\nu) \left( 0.485 \cdot \ln \frac{a}{h} + 0.52 \right) \right\}$$

P:破壊荷重 h:試料の厚さ a:治具穴半径

ν:ポアソン比

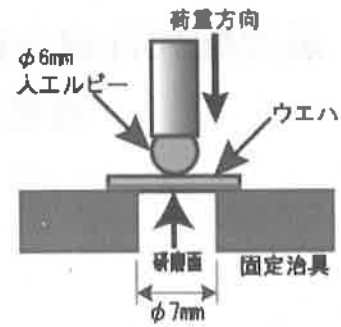


図4 球抗折強度試験法の概略図

### 2-1-4 X線回折法を用いた測定

材料表面に存在する加工変質層を、非破壊・広範囲に測定する評価方法として、X線回折法は多く用いられている。結晶ひずみの状態によって、特定の角度で回折X線に変化が生じるため、評価技術として使用できる。特に、本研究での加工変質層は最表面部に存在するため、リガク製X線回折装置(RINT2400V)に、薄膜測定用アタッチメントを取り付け、図5に示すように、浅い角度からX線を入射させて測定を行った。表1に測定条件を示す。本条件では、計算上表面から約2.8μmの深さまでX線が影響する。

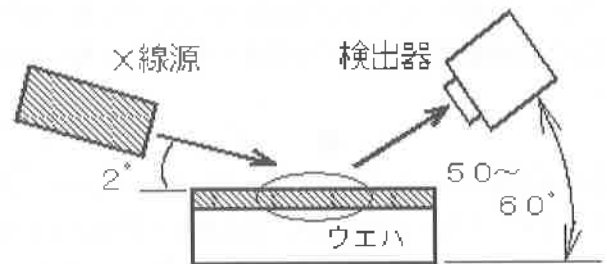


図5 X線回折法の概略図

表1 X線回折法での測定条件

X線源	Cu
加速電圧・電流	40kV・40mA
走査範囲	50~60°
スキヤンスピード	2°/min
X線入射角度	2°

### 2-2 加工変質層評価用ウエハの加工条件

本実験では、裏面研削加工を行った試料を、20×20mmの寸法に切断し実験用試料片とした。試料の厚さは0.6mm(球抗折強度試験の場合は0.2mm)とした。実験で使用した砥石粒度と加工条件を表2に示す。研削除去量は20μmとした。

最初に各評価方法の特性を再検討するため、従来のダイヤモンド砥石#360と#1500で加工実験を行い、さらに従

来砥石とMAGIC砥石で加工した場合の、加工変質層について比較・検討を行った。

表2 使用砥石粒度と加工条件

使用砥石	砥石回転数 (rpm)	切込速度 ( $\mu\text{m}/\text{sec}$ )
従来ダイヤモンド砥石 #360・#1500	5500	0.3
従来ダイヤモンド砥石 MAGIC砥石 #325/400・#2000	1000	0.3

### 3. 結果および考察

#### 3-1 各評価方法による加工変質層の測定結果

最初にTEMを用いた測定の結果について示す。図6は#2000の従来ダイヤモンド砥石で加工した場合の、加工変質層写真である。最上部の白色層は接着剤で、その下の層との境界がウエハ表面である。その表面から $0.10\mu\text{m}$ 程度までが非晶質層、さらにその下 $0.35\mu\text{m}$ 程度までがクラック層であることが分かった。このように、TEMによる測定データの精度と信頼性は高く、加工変質層の評価方法として有効なことを再確認した。

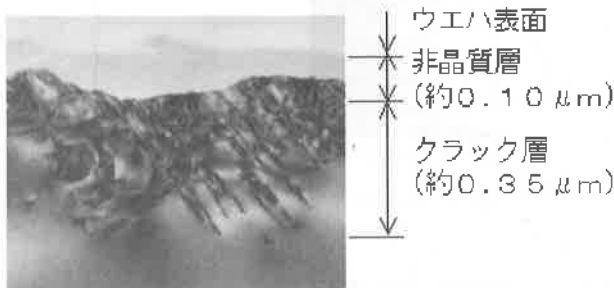


図6 TEMによる観察結果

次に、斜め研磨法による測定結果を示す。図7は砥石粒度がクラック長さに及ぼす影響について実験した結果である。比較のため、裏面研削加工を行っていない、ポリシング面についても、クラック長さを測定した。

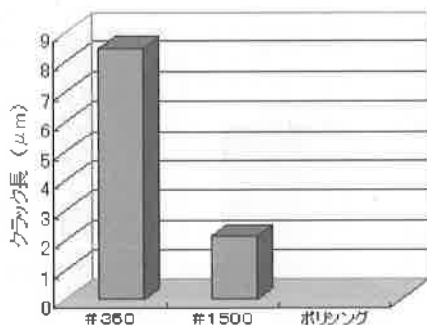


図7 斜め研磨法による測定結果

#360の場合は $8\mu\text{m}$ 程度、#1500の場合は $1\sim 2\mu\text{m}$ 程度のクラックが観察できた。また、ポリシング面の場合、本測定方法で加工変質層の確認はできなかった。

図8に、砥石粒度が球抗折強度に及ぼす影響についての測定結果を示す。#360の場合は半径応力値で $300\text{MPa}$ 程度、#1500の場合は $760\text{MPa}$ 程度、ポリシングの場合は $5200\text{MPa}$ 程度であった。

斜め研磨法による測定での結果から、クラック長さが短くなるほど半径応力値が増加しており、斜め研磨法による測定結果とは、傾向が逆になる結果となった。

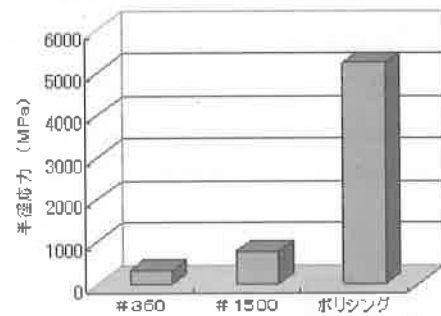
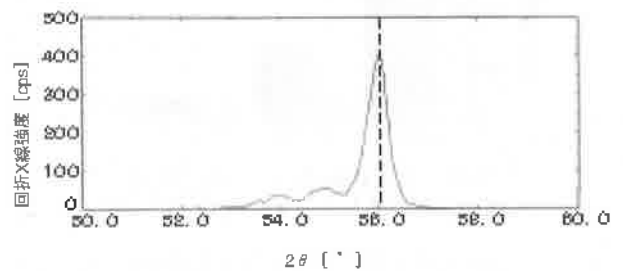
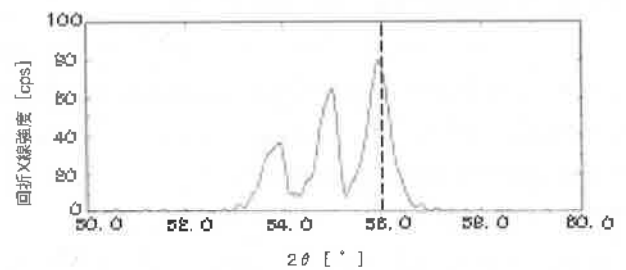


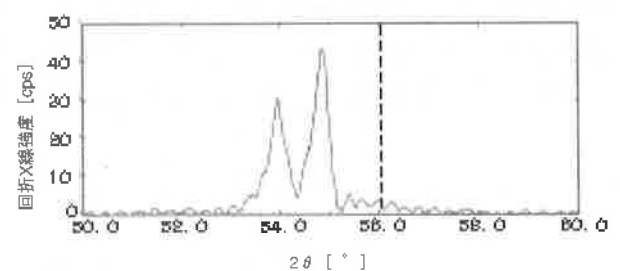
図8 球抗折強度試験法による測定結果



(a) #360の場合



(b) #1500の場合



(c) ポリシング面の場合

図9 回折X線波形例

最後に、X線回折法による測定結果を示す。図9は各加工面を測定した際検出した、回折X線波形例を示す。斜め研磨法による測定で、クラック長さが増加する条件ほど、 $2\theta$ で $56.0^\circ$ 付近に顕著なピークを検出することができた。このピークはシリコンの格子面3.1.1の回折X線で、裏面研削加工によって単結晶構造がひずみ、多結晶化している状態を検出していると推察される。また、ポリシングの場合、 $56.0^\circ$ でのピークは検出されなかったが、複数の微小ピークが検出された。これは、単結晶材料に元々含まれていた、結晶ひずみの影響と思われる。

図10に砥石粒度が回折X線強度に及ぼす影響について測定結果を示す。#360の場合で400 cps以上、#1500の場合は50 cps程度、ポリシングの場合はほとんど検出できなかった。#360と#1500の場合で比較すると、ピーク値で約5倍程度の差があり、斜め研磨法による測定結果とほぼ一致した。

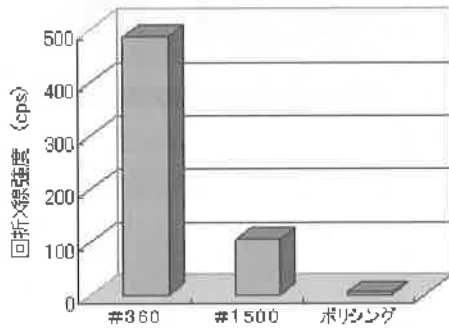


図10 X線回折法による測定結果

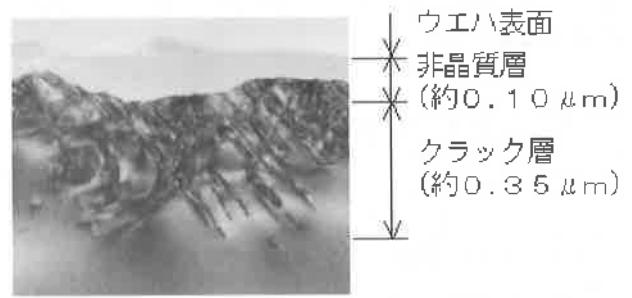
### 3-2 MAGIC砥石による加工変質層について

最初に砥石粒度#2000で裏面研削加工した場合の、TEMを用いた測定の結果について図11に示す。

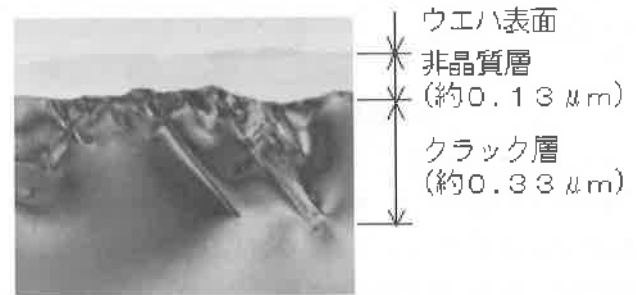
従来ダイヤモンド砥石の場合、ウエハ表面から非晶質層とクラック層を合わせて $0.45\mu\text{m}$ 程度、MAGIC砥石の場合は $0.46\mu\text{m}$ 程度の深さであることが分かった。両砥石とも加工商品位は同程度の状態であった。

次に、斜め研磨法による測定結果を図12に示す。

#325/400の従来ダイヤモンド砥石の場合、クラック長さは $11.6\mu\text{m}$ 程度に対し、MAGIC砥石は $7.6\mu\text{m}$ で多少小さい値を示した。また#2000の場合は、両方ともクラック長さは $0.5\mu\text{m}$ と同程度であった。前述したTEMを用いた測定結果ともほぼ一致し、相関関係のある結果となった。



(a) 従来ダイヤモンド砥石の場合



(b) MAGIC砥石の場合

図11 TEMによる観察結果

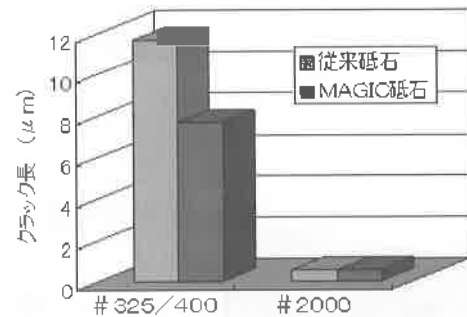


図12 斜め研磨法による測定結果

図13に、球抗折強度試験法による測定結果を示す。

#325/400の従来ダイヤモンド砥石の場合、半径応力値は $284.9\text{MPa}$ に対し、MAGIC砥石の場合は $264.9\text{MPa}$ 、また#2000の場合は、従来ダイヤモンド砥石で $446.0\text{MPa}$ 、MAGIC砥石で $433.8\text{MPa}$ となった。両方とも同じ砥石粒度ではほぼ同程度の値となった。

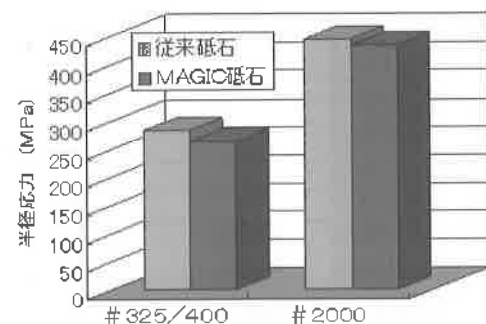


図13 球抗折強度試験法による測定結果

最後に、X線回折法による測定結果を図14に示す。

#325/400の従来ダイヤモンド砥石の場合、回折X線強度は379cpsに対し、MAGIC砥石の場合は211cps、また#2000の場合、従来ダイヤモンド砥石で90cps、MAGIC砥石で125cpsとなった。斜め研磨法による測定結果と、回折X線強度変化の傾向はほぼ一致しており、相関関係のある結果となった。

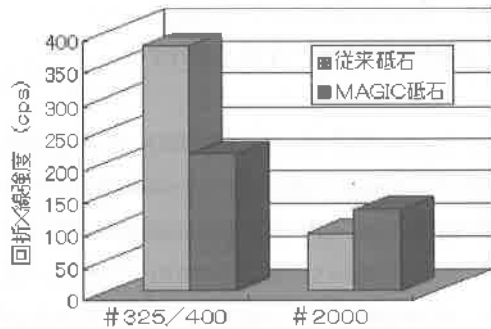


図14 X線回折法による測定結果

#### 4. 結 言

平成15・16年度地域新生コンソーシアム研究開発事業の中で、MAGIC砥石を用いたウェハ裏面研削加工実験を行い、加工変質層を測定・評価する手法について検討し、シリコンウェハ損傷評価技術を確立した上で、従来ダイヤモンド砥石とMAGIC砥石の加工性能を比較した結果、次のことが明らかとなった。

- (1) TEMを用いた測定方法は、測定用試料の作製が困難という欠点があるものの、最も高精度に加工変質層が測定できることを再確認した。
- (2) 大量のサンプルを測定する場合は、斜め研磨法による測定が有効である。
- (3) 球抗折強度試験法は、簡易的に測定でき、加工現場での品質管理用測定技術として有用である。
- (4) X線回折法は、非破壊測定が可能で、加工変質層の評価方法として有望である。
- (5) 砥石粒度#325/400の場合、従来ダイヤモンド砥石より、MAGIC砥石で研削加工した方が、加工変質層が小さくなる傾向が見られた。
- (6) 砥石粒度#2000の場合、従来ダイヤモンド砥石とMAGIC砥石の加工変質層は、両方とも約 $0.5\mu\text{m}$ 程度で、加工性能は同程度であることが分かった。
- (7) 4種類のシリコンウェハ損傷評価技術を比較すると、それぞれの測定データの傾向はほぼ一致しており、相関関係のある結果となった。

最後に、本研究を行うにあたりご指導いただいた、山梨

大学工学部の萩原親作先生とアポロ電子株式会社の岩坂聡様、また、TEMを用いた測定を行うにあたりご協力いただいた、日本電子株式会社の村田直哉様に深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 梅原徳次, 萩原親作, 芝田薫, 枝村一弥; MAGIC砥石の開発とその応用 (第1報: 磁場配列を利用した新しい砥石による研磨の原理と基本特性), 砥粒加工学会誌, 45, 9 (2001) 23-28
- 2) 周立波, 河合真二, 本田将之, 清水淳, 江田弘, 焼田和明; SiウェハのChemo-Mechanical-Grinding (CMG) に関する研究 (第1報: CMG砥石の開発), 精密工学会誌, 68, 12 (2002) 1559-1563
- 3) 有田潔, 岩井哲博, 上師宏, 新田永留夢, 粕豊, 荒井一尚; 8th Symposium on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics" (2002) 87
- 4) 機械工学便覧, (社)日本機械学会編 (1982) 4-71
- 5) X線回折の手引き, 理学電機(株)編 (1981) 126