413 Si ウェハ研削表面の物性評価

Physical-property evaluation of ground Si wafer surfaces

○ 小林美穂 (茨城大院) 本田将之 (茨城大院)

百瀬義広 (茨城大工) 正 周 立波 (茨城大工) 正 江田 弘 (茨城大工)

Miho KOBAYASHI, Masayuki HONDA,

Yoshihiro MOMOSE, Zhou LIBO, Hiroshi EDA

The characteristics of ground Si surfaces have been investigated by TPPE (Temperature Programmed Photoelectron Emission) in order to analyze the mechanism of machining single crystalline silicon. Si-wafers of ϕ 300 mm were ground and processed using a super-machining machine. Four types of Si surfaces were prepared as follows: polished (as-received), ground, and processed by CMG (Chemical Mechanical Grinding) method at two pH values. The TPPE characteristics were found to depend strongly on the surface processing methods.

Key Words : Silicon wafer, Grinding, Temperature-programed photoelectron emission

1. 緒 言

切削・研削・ポリシングなどの機械加工は、単結晶 Si の光学・電子・機械部品の高精度・高能率表面加工技術として広く受け入れられている。一般に、機械加工技術は高品位な表面と低コストという二つの要求を満たすことが期待されている。しかしながら、材料の変形・破壊を伴う機械加工によって加工変質層のない良好な仕上げ面を得ることが難しいとされ、真に高い表面品位を実現するには、単結晶 Si の機械加工機構及び仕上げ面の特性を十分に理解する必要がある。

そこで本研究では、NEDO の地域コンソーシアムで開発した超加工機械を用いて研削された ϕ 300mm Si ウェハの仕上げ面の特性と加工機構を解明することを目的としている。表面特性は本研究室で開発した昇温光電子放出法 (Temperature Programmed Photoelectron Emission: 以後 TPPE と呼ぶ) によって評価した。

2. 実 験

2.1 超加工機械

従来の Si ウェハ加工は、ラッピング・エッチング・ポリシングの3工程で行われていた。この超加工機械は、それら3つの工程を研削加工の1工程で粗加工から仕上げ加工までワンテーブル上で行うことが最大の特徴である。これにより、加工工程と加工時間が短縮でき、生産性の向上・コスト削減・省エネ等のメリットが生まれる。また、局所クリーンルーム化することで、全体として年間で原油約32万klの省エネにつながり、低環境負荷にも貢献できる。

現在、超加工機械での通常の研削における実験結果は、当初の目標である表面粗さ 1nm Ra 以下、平面度 $0.2 \mu\text{m}$ 以下を達成している。

2.2 CMG

超加工機械において研削にはダイヤモンド砥石を用いる。通常の研削では加工後の表面に研削痕が残る、表面に損傷を与える。また、研削条件によっては研削焼けが生じ、極めて硬質である酸化膜が表面に形成され、その後の加工が大変困難になる。本研究室では、そういった欠点を補うためにCMP (Chemical Mechanical Polishing) の原理を用いてCMG (Chemical Mechanical Grinding) と呼ばれる新しい加工法を開発中である。

CMP は遊離砥粒加工であるのに対し、CMG は固定砥粒加工である点が大きな違いである。ダイヤモンド砥石のボンド面に特殊な物質を用い、化学反応を起こして加工する。固定砥粒加工におけるメリットは、遊離砥粒加工に比べて制御し

やすいため安定した精度での加工が可能であることと、廃液処理のコストが削減でき、また低環境負荷にもつながる点である。

2.3 供試材

4種類のSiウェハ表面を作製した。各試料はTPPE測定用に $20 \times 30\text{mm}$ の大きさに切断して使用した。

(1) ポリシング面

購入先の信越化学工業(株)でポリシングされたままの表面。

(2) 研削面

研削液に純水を用いて通常のダイヤモンド砥石により研削した表面。標準的な研削結果が得られた表面状態。

(3) CMG 面 (pH7)

研削液に純水を用いてCMG用の特殊な砥石によって研削した表面。純水を研削液に用いると砥石の結合材(ボンド材)から成分が溶け出し、微弱なアルカリ性(pH7~8)を示す。

(4) CMG 面 (pH11)

CMPにおいて最もポリシングレートが上がるのがpH11~12であることから、研削液にpH11程度のNaOH水溶液を用いて、(3)と同じ砥石を使用して研削した表面。将来CMGを目指すにあたり、化学的要素を確かめるために行った実験。

2.4 TPPE

TPPE 特性をとおして研削表面の状態を知ることができる。この装置の特徴は、試料に光を照射する場合、波長(光子エネルギー)を変化させることができる点と、また試料温度を常温~350℃まで変化させてPE測定を行うことが可能な点である。装置は光源・モノクロメーター・ガスフロー型カウンター・ヒーター内蔵の試料台から構成されている。光源として重水素ランプ(出力30W)を使用し、照射光をモノクロメーターで分光して、300nm~170nmまで波長を20nm/minで走査し、試料表面に照射した。試料面の照射スポットは $0.5 \times 5\text{mm}^2$ である。カウンターガスとしてQガス($\text{He} + \text{iso-C}_4\text{H}_{10}$; 約1%)を流速、100bubble/min(大気圧下)で流しながら測定した。カウンターのアノード電圧は1400Vとした。300nm~170nmの波長と光電子放出強度との関係をPEスペクトル、また、このスペクトルで得られた総光電子数をPE総計数値と呼ぶ。¹⁾

3. 結 果 と 考 察

3.1 PE 総計数値

Fig.1 にPE総計数値の温度依存性を示す。全ての試料で言える事は、まず昇温のときよりも降温の方が総計数値に変化

が見られないことが分かる。これは温度を上げることによって表面がアニールされたのと似たような状態になり、表面が安定化された結果と考えられる。また、どの試料においても昇温過程の250℃のときに総計数値が極大を示すことが分かる。さらに、各試料の総計数値を比較するとCMG面(pH11)が最も光電子放出量が多いことが分かる。これは、4つの試料の中で最も不安定な表面状態になっていることを示していると考えられる。また、本来ならばポリシング面は最も安定しているため、光電子放出量も低くなると予測されたが、今回の測定では研削面やCMG面(pH7)より高い値となった。これはポリシング面を空气中に放置しているときに水蒸気などが付着したためと考えられ、Siウェハの表面は実に繊細な表面を持っていることがうかがえる。

3.2 PE スペクトル

Fig.2に研削面と今回測定において最も安定したTPPE挙動を示したCMG(pH7)面のPEスペクトルを示す。研削面の挙動はだいたいポリシング面と類似し、昇温と降温における光電子放出強度のピークを示す波長が異なった。昇温では波長が約210nm、降温では約190nmのときに最大値を示した。次にCMG面では昇温、降温ともに約190nmのとき放出強度が最大値を示した。これから表面が安定しているときはピークの波長が一定していることが考えられる。

また、Siは常温の空气中にさらしておくだけでも簡単に1nm程度の酸化膜が形成されてしまうため、その表面評価は大変困難ではあるが、ライフタイム等の解析をTPPE特性をとおして検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 鴨沢勲郎, 本間正和, 百瀬義広; 表面技術, 51, (8), 836 (2000)

Fig.1 Plots of PE total count vs. measurement temperatures: (A) temperature-increase process, (B) temperature-decrease process.

Fig.2 PE spectra for grinding surface (A,B) and CMG(pH 7) surface (C,D): (A,C) temperature-increase process, (B,D) temperature-decrease process.