H22

加工環境コントロールによるシリコンの加工に関する研究

Processing of functionality material by processing atmosphere control

○学 木原丈晴 (九大院) 正 土肥俊郎 (九大) 正 黒河周平 (九大)
正 梅崎洋二 (九大) 松川洋二 (九大) 越山勇 ((財) 越山科学技術振興財団)

Takeharu KIHARA, Kyushu University, 744, Motooka, Nishi-ku, Fukuoka, Japan
Toshiro DOI, Syuhei KUROKAWA, Yoji UMEZAKI and Yoji MATSUKAWA, Kyushu University
Isamu KOSHIYAMA, 55, Nakasumiyoshi-cho, Kakamigahara, Gifu, Japan

Key Words : CMP, Atmosphere control, Silicon, Bell-Jar type CMP machine

1. 緒 言

電子デバイスの製造プロセスにおける CMP (Chemical Mechanical Polishing) は、シリコン (Si) やシリコンカーバイド (SiC) などの機能性材料の高品位・高精度平坦化を実現できる加工技術として不可欠である。しかしながら、低コスト化を図るためにより高能率化の加工条件が切望されている。

本研究では、加工部周囲のガス種や圧力などの加工雰囲気に着目して、シリコンウエハの CMP (Si-CMP) の高能率・高品位の加工条件を見出すため、CMP 特性を把握しつつ加工メカニズムを追究する。ここでは、加工環境をコントロールできる耐圧密閉容器 (以下、ベルジャーと呼称す) 内で加工を行うことのできるベルジャー型 CMP 装置¹⁾を適用した。

本報告では従来から CMP の一次研磨工程で用いられているナトリウム (Na) 系コロイダルシリカスラリーと、二次・三次研磨工程で用いられているアミン系コロイダルシリカスラリーを用いたときの Si-CMP について考察する。これら二種類のスラリーを用いた CMP 実験と浸漬式エッチング試験に加工雰囲気制御を適用することで Si-CMP の加工メカニズムを追究した。

さらに、Si-CMP の高能率化に主眼を置き、スラリーに添加された金属元素とウエハ表面の Si との化学反応を促す CMP モデルを設定し、これまでにない独創的な加工レート促進方法の可能性について検討した。具体的には、ベルジャー内に各種雰囲気ガスを封入し、そして Cu-Zn 合金製のウエハプレート保持リング (以下、リングと呼称す) をスラリーが分散されているパッド表面に接触させながら、Si ウエハの CMP を行う実験を試みた。

また、上記の実験での確認として、砥粒と化学的な成分から成る単純な構成のスラリーを試作し、CMP 加工メカニズムについてさらなる検討を行った。

2. 加工装置ならびに加工実験条件

2.1 加工装置

本実験で用いるベルジャー型加工装置は、ステンレス製の耐圧密閉容器で加工部を完全に覆い、加工雰囲気を变化させて加工することが可能である。図 1 に加工装置の模式図と外観写真を、表 1 に加工装置の基本仕様をそれぞれ示す。

2.2 試料と実験条件

試料と CMP 実験の実験条件を表 2 に示す。加工試料には 15mm 角の単結晶 Si ウエハを使用した。各雰囲気条件の下、リングの有無で加工レートを比較した。同じく浸漬式エッチング試験の実験条件を表 2 に示す。シャーレに CMP スラリーを 50ml とり、Si ウエハ、リングを浸漬させ、任意の雰囲気下・室温でエッチングを試みた。Si の研磨レート・エッチング量は電子天秤 (最小分解能 0.01mg) を用いて加工前後の重量変化量で評価した。それぞれの実験の外観写真を図 2 に示す。また、製作したスラリーの仕様を表 3 に示す。製作したスラリーを用いた実験条件は表 2 の条件に準ずる。

Fig.1 Outline installation drawing and exterior appearance of a Bell-Jar type CMP machine

Table 1 Basic specifications of Bell-Jar type CMP machine

Machine size	600 ^W 600 ^D 750 ^H
Platen : material	Stainless steel
: size	250 mm
: rotation speed	5~90 min ⁻¹
Size of workpiece	~φ3 inches
Processing pressure	Method of deadweight
Way of holding workpiece	Two point guide roller type
Way of supplying slurry to polishing pad	Circulation method
Gas pressure inside the Bell-Jar	-100~1000 kPa(Gauge)
Available gas	Air, O ₂ , N ₂ , Ar, NH ₃ ...

Table 2 Experimental condition

	Etching	CMP
Workpiece	Silicon wafer (15-mm-square)	
Slurry	<ul style="list-style-type: none"> Colloidal silica (80nm) Na series slurry Colloidal silica (34nm) amine series slurry 	
Polishing pad	Unwoven fabric pad	
Platen rotation speed	90 min ⁻¹	
Processing time	24 hour	10 min
Polishing pressure	49 kPa	
Condition	<ul style="list-style-type: none"> Air (0 kPa) O₂ (500kPa) N₂ (500kPa) 	<ul style="list-style-type: none"> Air (0 kPa, 500 kPa) O₂ (500 kPa) N₂ (500kPa)
Measurement	Use electronic balance

Fig 2 Appearance when processing (i) CMP (ii) Etching

Table 3 Specifications of experimental production slurry

	Na series slurry	Amine series slurry
Carrier fluid	D. I. Water & NaOH	D. I. Water & Piperazine
Abrasive grain	Fumed silica (140 nm)	
pH	10.5	

3. 実験結果および考察

3.1 Na 系スラリーを用いた実験結果

市販の Na 系スラリーを用いた CMP 実験結果を図 3 に、浸漬式エッチング試験結果を図 4 にそれぞれ示す。CMP 実験から、酸素中での加工レートが最も高く、リングを使用することによりさらに加工レートが上昇することがわかる。エッチング試験では酸素中でエッチング量が減少し、リングと共に浸漬させた際には各雰囲気条件でエッチングが抑制されている。

3.2 アミン系スラリーを用いた実験結果

図 5 にアミン系スラリーを用いた CMP 実験結果 (左)、浸漬式エッチング試験結果 (右) を示す。アミン系スラリーでは酸素中での加工レートが低い。また、酸素中でエッチング量が減少する傾向は Na 系スラリーと同様である。

3.2 考察および試作スラリーでの実験結果

Na 系、アミン系スラリーでのエッチング試験結果から Si ウエハ表面が雰囲気ガスの影響から酸化され、耐エッチング性を持つ層が形成されたと考えられる。Si 酸化物は Si に比べ硬度、耐エッチング性が高い物性を持つことから、Si ウエハ表面での酸化物の形成が CMP 加工レートならびにエッチング量の減少につながるものと推察される。アミン系スラリーでの CMP 実験では Si ウエハ表面の酸化が

CMP 加工を妨げる結果となったが、Na 系スラリーの CMP 実験から Si ウエハ表面の酸化が加工を促進する傾向を示した。ナトリウムはシリコン酸化物と反応してケイ酸ナトリウム (水溶液は粘性を持つ流体) を形成する。今回の実験においてもウエハ表面において酸化したシリコン酸化物とナトリウムが反応を起こし機械的に除去しやすい層を形成したと考察される。

また、リングを用いた実験では双方のスラリーで加工促進効果が見られ、大気中でのリングを用いない一般的な CMP 条件に比べて最大で 1.5 倍の加工レート増加が見られた。Na 系スラリー・酸素中・リング使用の条件下でのエッチング試験後のウエハ表面を X 線光電子分光法で元素分析を行った結果、ウエハ表面にナトリウム、亜鉛、シリコン酸化物の存在を確認した。このことから、ウエハ表面にリングの成分である亜鉛が作用し加工レート増大につながったと考えられる。

ここで、適用したスラリーには砥粒や化学的な成分の他に防腐剤などが添加されており、加工雰囲気から何らかの影響を受け Si に作用する可能性も考えられる。そこで、試作スラリー (NaOH スラリー、ピペラジンスラリー) を用いて、大気中、酸素中、不活性ガス (Ar) 中で CMP 実験を行い、スラリーのアルカリ成分であるナトリウム、アミンと Si 表面の酸化が加工レートに与える影響についての確認・検討を行った。その結果を図 6 に示す。NaOH スラリーを用いた CMP 実験からは酸化により加工促進が、ピペラジンスラリーを用いた CMP 実験からは酸化による加工抑制が確認され、3.2 節ならびに 3.3 節での実験結果と同様の傾向が得られた。

4. 結 言

シリコンの CMP において、新たな高能率化条件を見出すため、加工雰囲気に着目して加工特性を把握しつつ、加工メカニズムを追及した。本研究から、アルカリ性成分が Na 系のスラリーについては Si 表面の酸化が加工促進の効果があり、アミン系のスラリーについては Si の酸化を防ぐことにより加工量の減少を抑えることが可能であることが明らかとなった。また、Cu-Zn 製リングの適用により、Si 表面への亜鉛の付着、また、更なる加工レート促進効果が確認され、新たな高能率化の為の指針を得た。

今後は、金属が付着した汚染の深さの程度について、二次イオン質量分析計を用いて検討を行っていく。

5. 謝 辞

ベルジャー型加工装置を製作していただいた不二越機械工業(株) 市川氏をはじめ関係者の皆様、スラリー試作にご協力いただいた(株)トクヤマの河野氏に厚くお礼申し上げます。本研究は科研費 (A/No.2024633) の助成を受けたものである。

参考文献

(1)土肥俊郎ら：精密工学会誌 70, 5, (2004) p.726