CMP 用フュームドシリカスラリー調整条件とスクラッチ欠陥発生との相関関係

Relationship between dispersion condition of fumed silica CMP slurry and scratch defect generation

○学 伊藤吉彦・九大院

Yoshihiko ITOU, Kyushu University

正 土肥俊郎・九大

Toshiro DOI, Kyushu University

河野博之・九大

Hiroyuki KOUNO, Kyushu University

正 黒河周平・九大

Syuhei KUROKAWA, Kyushu University

正 梅崎洋二・九大

Yoji UMEZAKI, Kyushu University

松川洋二・九大

Yoji MATSUKAWA, Kyushu University

Keywords: CMP(Chemical Mechanical Polishing), micro scratch, fumed silica, large particle

1. 緒言

LSI デバイス製造工程内のウエハ平坦化には、CMP (Chemical Mechanical Polishing) プロセスが適用されている。しかし、CMP プロセスでは微細な加工欠陥の発生(マイクロスクラッチやピットなど)が問題視されており、これら加工欠陥低減の要求は、LSI 微細化に伴い厳しくなることは必至である。

そこで本研究では、まずフュームドシリカスラリーによる層間絶縁膜(SiO₂ 膜)平坦化 CMP プロセスでの、マイクロスクラッチに着目して研究をすすめている。スクラッチ発生要因としてはスラリー中の粗大粒子が考えられており¹⁾、その大きさや個数はスラリー原料物性・調整条件でも変化する。本研究ではフュームドシリカスラリーを試作し、スラリー原料・調整条件が粗大粒子数と CMP 加工特性(スクラッチ欠陥発生密度)に及ぼす影響を、定量的に評価することを目標としている。

前報告までは SiO₂ 膜ウエハを試作スラリーで研磨し、レーザ顕微鏡観察でスクラッチ欠陥発生密度を計測してきた²⁾。しかし、観測されるスクラッチが少なく(検鏡領域 4×8mm で数個)、スクラッチ欠陥発生に対するスラリー調整条件の影響を正しく評価できなかった。

そこで本報告では、SiO₂ 膜より軟質でスクラッチを発生しやすいとされている Cu ウエハを研磨することで、フュームドシリカスラリー調整条件(特に分散機の組み合わせ/水酸化カリウム添加時期)が、粗大粒子数やスクラッチ欠陥の発生に及ぼす影響を調査したので以下報告する。

2. 実験方法

2-1 スラリー試作と粗大粒子数の計測

本実験ではフュームドシリカ粒子を超純水に分散させ、水酸化カリウム(KOH)を添加した 6 種のフュームドシリカスラリー A,B,C,D,B',B''(砥粒濃度 12.5wt%, pH10.6)を試作した。その調整工程を図 1、各工程で使用した機器・資材を表 1 に示す。予備分散には、インペラーミキサーやホモミキサーと呼ばれる、回転翼を利用した分散機を使用した。その後、高圧ホモジナイザー(キャビテーションを発生させて粒子の分散を行う装置)を用いての高圧分散処理や、デプスフィルターによるろ過を行った。

試作スラリー中の粗大粒子数(粒径 D≥1.0μm)は、個数カウント方式粒度分布計 AccuSizer780A(PSS 社製)で計測した。

2-2 研磨実験とスクラッチ欠陥発生密度の計測

研磨実験には卓上型ポリッシング装置 LM15 を用い、ウエハには 3 インチの Cu ウエハを用いた。その他詳しい加工条件については表 2 に示す。

ウエハにできたスクラッチ欠陥(図 2 参照)の発生密度は、図 3 に示した領域をレーザ顕微鏡(微分干渉観察、倍率 100 倍)で検鏡観察することにより計測した。なお本顕微鏡では長さ L≥0.5μm、幅 W≥0.5μm のスクラッチを観察できる。

Fig.1 Dispersion process of fumed silica slurry

Table 1 Dispersion condition

Slurry	Pre-dispersion		High-pressure dispersion	Filtering
A	Impeller mixer (400min ⁻¹)	Homomixer (10000min ⁻¹)	High-pressure homogenizer(50MPa)	1μm pore
B			No	No
C				
D				
B'				
B''		No	High-pressure homogenizer(50MPa)	

Table 2 Polishing condition

Polishing pad	IC1000/SUBA400(XY-groove)
Wafer	Cu wafer (φ3 inches)
Polishing pressure	10.8, 16.2kPa
Platen and wafer rotation speed	60min ⁻¹
Slurry	Fumed silica slurry (6 types) (12.5wt%, pH10.6)
Slurry flow rate	50mL/min
Polishing duration time	2min

Fig.2 AFM image of scratch

Fig.3 Inspection area

3. 実験結果および考察

3-1 SiO₂ 膜と Cu ウエハでのスクラッチ欠陥密度の違い

試作スラリーBでCuウエハを研磨し、スクラッチ欠陥数を前報告²⁾でのSiO₂膜の場合と比較した。図4に実験結果を示す。Cuウエハでは、SiO₂膜ウエハ加工時よりもスクラッチ欠陥密度が顕著に高いことが分かる。これはCuがSiO₂膜より軟質であるため、スクラッチを引き起こす粒子の影響を受けやすくなったためと考えられる。またスクラッチ欠陥を適量観察できたため、Cuウエハを用いた実験手法の可能性が確かめられた。

Fig.4 Scratch defect density on SiO₂ and Cu wafer

3-2 分散/ろ過操作の影響

粗大粒子数やスクラッチ欠陥数に対する、スラリー分散/ろ過の影響を調査した。スラリーA,B,B',C,Dの粗大粒子数を図5(a)に、スクラッチ欠陥密度を図5(b)に示す。スラリーA,B,C,Dの比較からホモキサー/高圧ホモジナイザー/ろ過処理で、予想どおり粗大粒子数は減少した。しかし、スクラッチ欠陥数はホモキサー処理で逆に増加し、高圧ホモジナイザー処理では増減していない。このことはホモキサー処理工程で何らかのスクラッチの原因が増加したためと考えられる。

Fig.5 Effect of dispersion machine and filter

そこでスラリーBの調整工程からホモキサー処理を省略して作成したスラリーB'を評価した。その結果、粗大粒子数はスラリーBと同等だが、スクラッチ欠陥数は大きく減少することが確認された。スクラッチの原因として、①ホモキサーの金属摩耗粉や、②ホモキサーからの高せん断力による凝集粒子の発生が考えられ、今後これらへの対策が必要である。

3-3 KOH 添加時期の影響

高せん断力による凝集粒子は高圧ホモジナイザーでも同様に発生することが考えられる。そこでシリカのゼータ電位を低下させ凝集の抑制効果があるKOHを、高圧ホモジナイザー処理の前に添加し(スラリーB''),スクラッチ欠陥数を低減できないか調査した。スラリーB',B''での粗大粒子数を図6(a)にスクラッチ欠陥密度を図6(b)に示す。粗大粒子数はほぼ同等であり、スクラッチ欠陥数は高圧分散前にKOHを添加したスラリーB''の方が若干減少した。

Fig.6 Effect of KOH adding timing

4. 結言

粗大粒子数やスクラッチ欠陥数に対する、スラリー調整条件の影響を調査し以下のことがわかった。

- (1)粗大粒子数はホモキサー/高圧ホモジナイザー/ろ過処理で減少する。しかしスクラッチ欠陥数はホモキサー処理で増加してしまう。コンタミの発生などが考えられるため、装置改良が必要である。
  - (2)水酸化カリウムの添加を高圧分散前に行うことでスクラッチ欠陥数を減少させることができた。
- 以上の結果を踏まえ、今後はホモキサーの改良を行い、スラリー調整条件(高圧ホモジナイザー圧力/パス回数など)が粗大粒子数とスクラッチ欠陥数に及ぼす影響を調査する予定である。

参考文献

- 1)プラナリゼーションCMPとその応用技術専門委員会,CMP技術大系(2006),420-421
- 2)伊藤ら,精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集(2009),303-304