

研磨レート安定化によるCMP加工精度向上に関する研究

大 川 哲 男*

Study on improvement of machining accuracy by stabilizing polishing removal rate on CMP

by Tetsuo OOKAWA

近年、高度情報化社会の進展に伴い、電子デバイスの高記録密度化要求が一層強くなっている。この要求に伴う電子デバイスの微細加工を実現するため、半導体ウェハや電子デバイスの製造工程では、より一層の高精度加工が求められている。

従来から、Siウェハの鏡面研磨工程では、化学的作用と機械的作用を複合した研磨法であるCMP (Chemical Mechanical Polishing) 技術が用いられてきた。現在このCMP技術は、GaAsウェハの鏡面研磨工程やLSIの素子分離工程、層間絶縁膜の平坦化工程、メタル配線形成工程等に適用されているキー技術となっている。しかしこのCMP工程では、いまだに製造技能者の熟練と勤に依存するところが大きく、研磨時の研磨レートやウェハ面内の研磨量分布が変動しており、電子デバイスの高性能化や生産性向上の障害となっている。

これに対し本研究では、CMPの研磨レートの変動要因を解明し、GaAsウェハやLSIウェハのCMP加工精度を向上することを目的としている。

研磨レートの変動要因については、これまでに研磨パッドとウェハ間のヘルツの接触モデルを用いた研究、あるいは流体潤滑モデルを用いた解析などが行われている。しかし、現状の研磨レートの低下を説明できるまでには至っていない。

そこで本研究では、研磨の継続に伴う研磨パッドの経時変化に着目し、この特性の変化と研磨レートとを関係づける新しい研磨モデルを提案している。

すなわち、研磨パッドの弾性回復量を定量化し、この弾性回復量とスラリーのしみ出し量との相関が強いこと、このスラリーのしみ出し量の低下が研磨レートを劣化させていることを解明している。さらに、この解析の結果をGaAsウェハおよびLSIウェハのCMPに適用し、提案した研磨モデルが妥当なことを確認するとともに、大幅な加工精度向上を達成している。

本論文は第1章から第5章で構成されており、要旨は次の通りである。

第1章「緒論」では、研磨加工の背景、研磨レートの低下要因の解明への取り組みの背景を述べるとともに、現状の技術課題、本研究の目的を明らかにしている。すなわち、研磨の継続に伴う研磨パッドの物性の変化が、研磨レート低下の原因究明を困難にしており、これに対して本研究では、

- ①研磨パッドからのスラリーのしみ出し、
- ②ウェハと研磨パッドの接触点におけるスラリーの潤滑、
- ③研磨パッド表面に堆積する加工残渣(さ)

の3要因の研磨レートへの影響を定量化する方法を提案している。

第2章「ウェハCMPにおける研磨レート変動のメカニズム」では、研磨パッド表面のマイクロ形状の変化、研磨パッドからのスラリーのしみ出し量、研磨パッドの弾性回復量などと、研磨レートとの相関関係を明らかにし、弾性回復量の低下が研磨レート

*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 (株)日立製作所生産技術研究所

〔新潟大学博士(工学) 平成17年3月授与〕

低下の支配的要因であることを明らかにしている。また、研磨パッド面内で弾性回復量の経時変化が均一でないために、ウェハ面内の研磨量が不均一になることを明らかにしている。

第3章「GaAsウェハにおけるCMP加工精度向上」では、第2章で明らかになった研磨レートの低下メカニズムを応用し、GaAsウェハの加工精度の向上を図っている。すなわち、研磨パッドを継続して使用すると、研磨レートの低下を招来するだけでなく、ウェハ表面を所要精度に鏡面仕上げすることが困難になり、結果的には研磨パッドの寿命低下を来す。これに対し、研磨パッド表面のマイクロ形状や研磨中の研磨抵抗の経時変化を定量評価し、これらの研磨レートへの影響を明らかにしている。またこの結果を基に、研磨抵抗をインプロセスモニタリングし、研磨パッドの弾性回復を促すことにより、研磨パッド寿命を対従来比3倍に伸長できることを確認している。

第4章「CMP研磨量分布の均一化制御」では、第2章で明らかにした研磨量均一性の劣化メカニズムを応用し、LSIウェハ面内の研磨量の均一性を向上させた。すなわち、LSIウェハの層間絶縁膜のCMPにおいて、研磨パッドの不均一な研磨レートが、ウェハ面内の研磨量分布を変動させている。この課題に対して、新たにウェハ裏面にバックプレッシャを付加し、この圧力分布を最適化することによって、研磨量分布の均一性を向上できることを明らかにしている。併せて、このバックプレッシャ分布の制御可能なウェハチャックを試作開発し、こ

れにより研磨量の均一性を大幅に向上できることを、実機評価により明らかにしている。

第5章「結論」では、本研究で得られた結果を総括している。

すなわち、ウェハCMPにおける研磨レートの低下に対して、本研究では、研磨パッドとウェハの接触点における研磨パッドからのスラリーのしみ出し量、およびこのしみ出し量と相関の強い研磨パッドの弾性回復量の経時変化を定量化することにより、CMPの研磨レートの低下要因を解明している。

さらに、研磨パッドの弾性回復を促し、研磨レートの低下を抑制することにより、研磨パッドの寿命を対従来比3倍に向上できることを明らかにしている。またLSIウェハの層間絶縁膜のCMPに対しては、ウェハ裏面に付加するバックプレッシャ分布の制御により、研磨量均一性を格段に向上させることができ、半導体LSIのCMPの加工精度を向上できることを明らかにしている。

本研究で得られた成果は、半導体LSIチップ、GaAsウェハを用いた光通信デバイス、高速移動体通信デバイス、半導体レーザ用などのウェハ製造ラインのCMP工程に適用されており、これら電子デバイスの動作安定性や信頼性向上に貢献している。また当該開発技術は、電子デバイス製品の今後の開発に大きく寄与するものと考えている。

謝辞：本研究の遂行および学位論文の執筆を行うにあたり、主旨導教員の榊田正美教授にご指導を賜りました。