

半導体 Chemical Mechanical Planarization (CMP) プロセスにおける新たな超音波技術の開発

[研究代表者] 清家善之 (工学部電気学科)

[共同研究者] 森 竜雄、一野祐亮 (工学部電気学科)

本多祐二、疋田智美 (本多電子株)

研究成果の概要

近年、半導体デバイスの微細化とともに、配線の多層化による三次元化が進んでいる。また、トランジスタの素子分離を行うために浅溝素子分離(STI: Shallow Trench Isolation)、メタル配線のメッキによる埋め込み技術が使われている。また多層配線を実現するために配線間の酸化膜の平坦化が必要とされる。これらの配線構造の実現には半導体デバイスを化学的機械研磨する Chemical Mechanical Planarization (CMP) が使われている。この CMP 技術はウェハを研磨パッドに押し付け、研磨液 (スラリー) を滴下しながら行うものである。この CMP プロセスは半導体デバイス製造の主要技術である。半導体デバイスの CMP を行うとウェハ表面に異物が残るため、それらを除去する Post-CMP クリーニングが必要となる。従来、この Post-CMP 除去には接触式のポリビニルアルコール(PVA)ブラシをウェハに押し付け、洗浄液を滴下しながら洗浄を行っている。しかしこの方法であると、PVA ブラシに付着した異物がウェハ表面に再付着し、ウェハ表面にスクラッチを起こすという問題が生じる。本研究ではこれに代わる新しい洗浄方法として、超音波振動体を用いた Post-CMP クリーニングに関するプロセスの研究を行った。そして、真球のポリスチレンラテックス(PSL)粒子をウェハ上の異物と見立てて、超音波振動体型洗浄装置を用いて実験を行った。実験は超音波振動体洗浄の装置の周波数を 1MHz、2MHz、3MHz の三水準、出力を 1 W から 5W の 5 水準、PSL 粒子は直径 100nm、200nm、500nm、1 μ m の 4 水準で行い、異物のサイズが超音波振動体洗浄装置の周波数と出力に依存することを確認した。

研究分野: 電気電子材料、電子デバイス製造プロセス、品質工学

キーワード: 半導体デバイス、Chemical Mechanical Planarization (CMP)、Post-CMP クリーニング、超音波振動体、ポリスチレンラテックス(PSL)粒子

1. 研究開始当初の背景

近年、半導体デバイスの微細化とともに、配線の多層化による三次元化が進んでいる。また、トランジスタの素子分離を行うために浅溝素子分離 STI、メタル配線のメッキによる埋め込み技術が使われている。また多層配線を実現するために配線間の酸化膜の平坦化が必要とされる。これらの配線構造の実現には半導体デバイスを化学的機械研磨する CMP が使われている。この CMP 技術はウェハを研磨パッドに押し付け、研磨液 (スラリー) を滴下しながら行うものである。この CMP プロセスは半導体デバイス

製造の主要技術である。しかし、半導体デバイスの CMP を行うとウェハ表面に異物が残るため、それらを除去する Post-CMP クリーニングが必要となる。従来、この Post-CMP 除去には PVA ブラシをウェハに押し付け、洗浄液を滴下しながら接触式の洗浄を行っている。しかしこの方法であると、PVA ブラシに付着した異物がウェハ表面に再付着し、ウェハ表面にスクラッチを起こすという問題が生じる。そして、スクラッチをなくせるような新しい洗浄方法が望まれている。

2. 研究の目的

本研究の目的は Post-CMP クリーニングプロセスにおける超音波振動体洗浄の可能性を見出すことを目標とする。

3. 研究の方法

半導体デバイスの CMP を行うと異物が残り、除去する必要がある。従来この除去には PVA ブラシをウェハに押し付け、洗浄液を滴下しながら洗浄を行っている。しかしこの方法であると、PVA ブラシに付着した異物がウェハ表面に再付着し、ウェハ表面にスクラッチを起こすという問題が生じる。これに代わる方法として、本研究では超音波振動体を用いた Post-CMP プロセスの開発を行う。開発した超音波振動体洗浄装置で PSL 粒子を除去するために実験系を図 1 に示す。PSL 粒子をシリコン基板上に塗布させ、汚れサンプルを作製する。その後、超音波振動体洗浄装置で図 1 のようにその汚れサンプルを洗浄し、基板上の PSL 粒子の除去率を評価する。今回は、超音波振動体洗浄の装置の周波数を 1MHz、2MHz、3MHz の 3 水準、出力を 1 W から 5W の 5 水準、PSL 粒子は直径 100nm、200nm、500nm、1 μ m の 4 水準に変化させて行う。洗浄評価には光学顕微鏡と AFM を用いた。なお超音波振動体洗浄の周波数を変化させる場合には、装置を変更する必要がある。

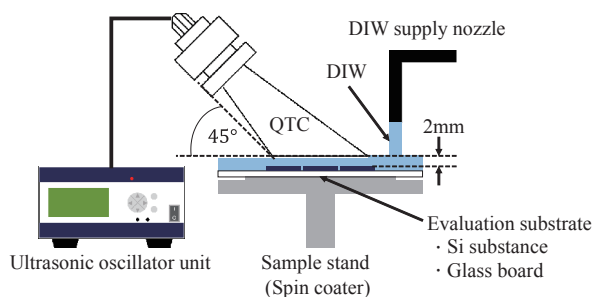


図 1 超音波振動体型洗浄装置での洗浄実験構成

4. 研究成果

実験結果を図 2 に示す。超音波振動体素子の出力を 5W で一定にした場合の、各周波数における PSL 粒子の除去率を示している。パーティクルサイズが小さくなるにつれ PRE が低下する傾向が得られた。ここで各周波数の PRE に注目した場合、PSL 粒子径 1 μ m は 1MHz から 3MHz で同じ PRE が得られている。これは洗浄時の出力変化の傾

向と類似していることから、1 μ m のパーティクルサイズは出力依存性があると考えられる。また、500nm 以下は周波数によって PRE にバラつきがあるため、周波数依存性が存在することを示唆している。ここで PSL 粒子径 200nm と 100nm に注目すると、1、2MHz は PRE が低下しているが、3MHz は 200nm より 100nm の PRE が増加している。この傾向より、パーティクルサイズ 100nm を効率よく除去するためには 3MHz が最も適した周波数であると考えられる。以上の結果から、1MHz、2MHz、3MHz の QTC 洗浄において除去されるパーティクルが 500nm 以下では周波数依存性があると結論付ける。これらの結果は Post-CMP クリーニングに相関があるもと考える。

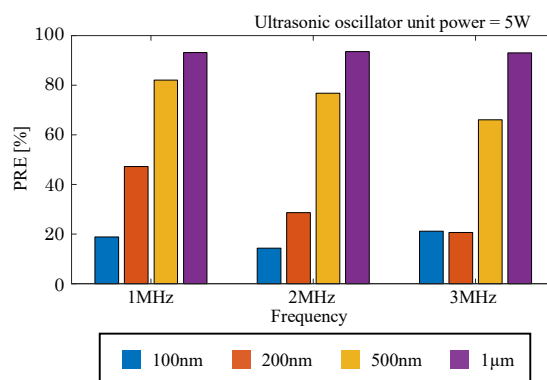


図 2 周波数ごとの PRE とパーティクルサイズの関係

5. 本研究に関する発表

- (1) Yoshiyuki Seike, Possibilities of Various Spray Cleaning Methods in Post-CMP Cleaning, International Conference on Precision Engineering (ICPE), (Nara Japan). 2022 年
- (2) Rai Takagi, Tomomi Hikita, Yuji Honda, Tatsuo Mori, Yusuke Ichino, Yoshiyuki Seike, Evaluation of a Quartz Transducer Ultrasonic Cleaning Method for the Removal and Frequency Dependence of Polystyrene Latex Particles, International Conference on Precision Engineering (ICPE), (Nara Japan). 2022 年
- (3) 高木羅以, 清家善之: 異なるメガヘルツ帯振動体型超音波洗浄法によるパーティクルの除去率評価, 応用物理学会界面ナノ電子化学研究会 第 7 回ポスター発表会, 11. 2022 年