

高周波超音波振動体の周波数における洗浄能力解析

[研究代表者] 清家善之（工学部電気学科）
[共同研究者] 森竜雄、田岡紀之、一野祐亮（工学部電気学科）
本多祐二、疋田智美（本多電子株式会社）

研究成果の概要

近年、半導体デバイスは微細化とともに、配線の多層化による三次元化が進んでいる。これらの配線構造の実現のため、半導体デバイスの化学的機械研磨 Chemical Mechanical Planarization(CMP)が用いられている。この三次元半導体では、銅(Cu)を用いた多層配線が行われる。この Cu の多層配線を形成するには、Cu メッキを行い、その後に CMP を行う。また Cu の CMP 以外にもタングステン(Ta)、窒化タンタル(TaN)、窒化チタン(TiN)のような金属膜研磨するのメタル CMP も行われている。これらのメタル膜の CMP は酸性のスラリーで金属膜を溶解させて、溶解した金属を研磨パッドで取り除くものであり、ケミカルな要素が強い。そこで、研磨パッドの代替えに超音波振動体を用いて非接触で CMP を行えば低ダメージの CMP が可能となると考えた。

また半導体デバイスの CMP を行くと研磨屑や残スラリーのような異物が残り、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 クリーニングには PVA ブラシをウェハに押し付け、洗浄液を滴下しながら行う。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新たな Post-CMP クリーニング方法を見出すことにある。

本研究ではこれらの課題を解決するために①10MHz 帯超音波振動体洗浄を利用した新たな Post-CMP クリーニングプロセスの確立と②超音波振動を利用したメタル CMP へのフィジビリティスタディの 2 テーマについて研究を行った。

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、半導体デバイスは微細化とともに、配線の多層化による三次元化が進んでいる。これらの配線構造の実現のため、半導体デバイスの化学的機械研磨 Chemical Mechanical Planarization (CMP)が用いられている。この三次元半導体では、銅(Cu)を用いた多層配線が行われる。この Cu の多層配線を形成するには、Cu メッキを行い、その後に CMP を行う。また Cu の CMP 以外にもタングステン(Ta)、窒化タンタル(TaN)、窒化チタン(TiN)のような金属膜を研磨するメタル CMP も行われている。これらのメタル膜の CMP は酸性のスラリーで金属膜を溶解させて、溶解した金属を

研磨パッドで取り除くものであり、ケミカルな要素が強い。そこで、研磨パッドの代替えに超音波振動体を用いて非接触で CMP を行えば低ダメージ CMP が可能となると考えた。

また半導体デバイスの CMP を行くと研磨屑や残スラリーのような異物が残り、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 クリーニングには PVA ブラシをウェハに押し付け、洗浄液を滴下しながら行う。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新たな Post-CMP クリーニング方法を見出すことにある。

2. 研究の目的

本研究の目的は①10MHz 帯超音波振動体洗浄を利用した新たな Post-CMP クリーニングプロセスの確立と②超音波振動を利用したメタル CMP への可能性を探る。

3. 研究の方法

①10MHz 帯超音波振動体洗浄を利用した新たな Post-CMP クリーニングプロセスの確立

我々は最大 10MHz の出力で発信できる超音波振動体を試作する。そして、その超音波振体の周波数特性と出力の関係を音圧で測定する。さらに周波数に対する洗浄力の評価を直径 100 nm PSL 粒子を酸化膜付きシリコンウェハ上に散布し、その除去率を測定する。

②超音波振動を利用したメタル CMP への可能性

フィジビリティースタディーとして、超音波振動体を用いた Cu CMP を模擬した実験を行う。Cu 基板を市販のエッチング液（サンハヤト H-200A）に 1MHz の超音波を重畳して、Cu CMP を行う。使用するエッチング液は塩化第二鉄を主成分とし、濃度が 38vol% のものであるが、その濃度を調整して Cu CMP を行う。評価は顕微鏡による銅板の表面観察と Cu CMP 研磨量とする。

4. 研究成果

①10MHz 帯超音波振動体洗浄を利用した新たな Post-CMP クリーニングプロセスの確立

試作した超音波振動体洗浄装置は周波数を 1 MHz から 10 MHz で可変することを確認した。またその周波数帯

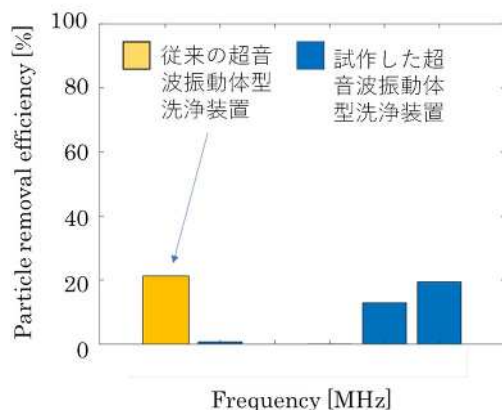
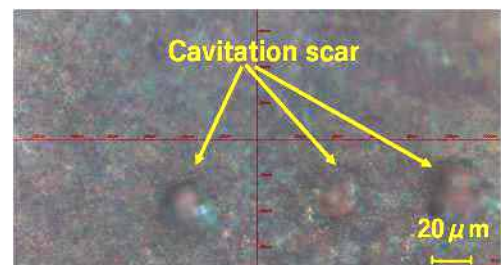


図1 周波数ごとの除去率

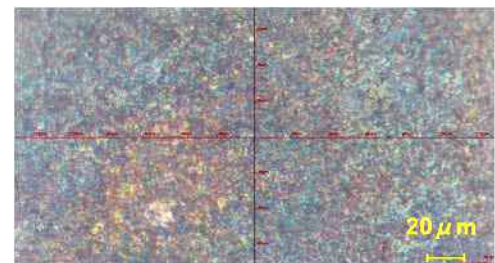
の数か所で共振点があることも確認した。図1は従来我々が評価していた超音波振動体洗浄装置と今回試作した超音波振動体洗浄装置で、PSL 粒子を除去した結果である。除去率は従来我々が評価していた振動体洗浄装置よりも低い結果となった。これは試作した超音波振動体の出力が、従来のものより低いためである。今後、10MHz 帯超音波振動体洗浄装置の試作を行い改善する。

②超音波振動を利用したメタル CMP への可能性

エッチング液の濃度を 19.0 vol%、15.2 vol%、12.7vol% の3水準、振動体表面と銅板の距離を 3 mm、CMP 時間を 5 分間一定として、1MHz の超音波振動体で、Cu CMP を行った。Cu CMP 後の銅板表面写真を図2に示す。エッチング液が 19 vol% の場合、銅板表面に直径 20 μ m から 30 μ m のキャビテーション痕が残った。12.7 vol% 時ではキャビテーション痕は確認されなかった。また Cu CMP の研磨レートは超音波振動体ないとき比べ、19.0 vol% 時で 2.25 倍、15.2 vol% 時で 1.41 倍、12.7vol 時で 1.38 倍であった。これらの実験結果は超音波振動体素子で超音波を重畳することによりリムーバルレートは促進するが、キャビテーション等のダメージもうける可能性があること示している。



(a) エッチング液濃度 19.0 vol% 時



(b) エッチング液濃度 12.7 vol% 時

図2 Cu CMP 後の銅板表面

5. 本研究に関する発表

1. 松浦京平、山下駿、振動体超音波装置を用いた半導体製作プロセスにおける応用技術、令和5年度愛知工業大学卒業論文