

# 次世代半導体デバイス洗浄における 高周波石英振動体型超音波洗浄装置の開発とその評価技術に関する研究

[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㈱)

## 研究成果の概要

近年、半導体デバイスの微細化進み最小線幅が 10nm という分子レベルの微細化が進み、最近台湾 TSMC 社はゲート長 5nm の FinFET という半導体デバイスの量産を実現した。この半導体デバイスの製造工程において、ウェハ基板上的ナノメートルオーダーの異物（パーティクル）の除去や不要なレジストの除去等の必要性から、製造工程の 1/3 は洗浄工程と言われている。半導体デバイスは 1 バッチ 25 枚のフープ（カセット）の単位で、アンモニア水、過酸化水素水、塩酸等に温度をかけた薬品に、順次浸漬させる RCA 洗浄が一般的であった。しかし最近では、環境負荷の低減や半導体のデバイスの多品種化によって枚葉式の洗浄が求められ、純水をスプレーして洗浄する工程が増えてきている。石英振動体型超音波洗浄装置による洗浄は石英振動子から純水にメガヘルツ帯の水分子に重畳させて洗浄する方法であり、枚葉式洗浄に有効であり、現在、多くの工程で使用されている。超音波洗浄の特性は、洗浄対象のパーティクルが小さくなると、より高い周波数の超音波振動が必要となる。しかし近年のような分子レベルの配線幅になると水の表面張力で配線間に水が入らない問題や超音波振動で配線にダメージを起こしてしまうという課題がある。本研究では次世代の半導体洗浄に向けて、周波数 2 MHz から 3 MHz の石英振動体型超音波洗浄を開発し、次世代の半導体デバイス洗浄技術の確立を目指す。

本報告においては、試作した周波数 2 MHz から 3 MHz の石英振動体型超音波洗浄を用いて、100 mm の酸化膜付きシリコンウェハ上に付着させたサイズ 1  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$ 、0.2  $\mu\text{m}$ 、0.1  $\mu\text{m}$  のポリスチレンラテックス (PSL) 粒子の除去率を確認した。

**研究分野：**電気電子材料学、品質工学

**キーワード：**石英振動体型超音波洗浄装置、超音波、半導体、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進み最小線幅が 10nm という分子レベルの微細化が進み、最近台湾 TSMC 社はゲート長 5nm の FinFET という半導体デバイスの量産を実現した。この半導体デバイスの製造工程において、ウェハ基板上的ナノメートルオーダーの異物（パーティクル）の除去や不要なレジストの除去等の必要性から、製造工程の 1/3 は洗浄工程と言われている。石英振動体型超音波洗浄装置による洗浄は石英振動子から純水にメガヘルツ帯の水分子に重畳させて洗浄する方法であり、枚葉式洗浄に有

効であり、大変有効な洗浄方法である。超音波洗浄の特性は、洗浄対象のパーティクルが小さくなると、より高い周波数の超音波振動が必要となる。しかし近年のような分子レベルの配線幅になると水の表面張力で配線間に水が入らない問題や超音波振動で配線にダメージを起こしてしまうという課題がある。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、次世代の半導体洗浄に向けて、周波数 2MHz から 3MHz の石英振動体型超音波洗浄装置を開発

し、次世代の半導体デバイス洗浄技術の確立を目指す。

### 3. 研究の方法

図1に示すように周波数1 MHzと2 MHzの石英振動体超音波洗浄装置を用いて洗浄評価を行った。疑似汚れ基板には、100 mmの酸化膜付きシリコンウェハ上にサイズ1  $\mu\text{m}$ 、0.5  $\mu\text{m}$ 、0.2  $\mu\text{m}$ 、0.1  $\mu\text{m}$ のPSL粒子を散布して作製した。石英振動体超音波洗浄装置の発振器出力は、1 MHzの場合0 Wから12 W、2 MHzの場合0 Wから5 Wとした。このPSL粒子をシリコンウェハ上に付着後、洗浄を行って、洗浄前後のPSL粒子の数をカウントする。パーティクルカウンタにはクロスチェックのためウェハ表面検査装置（山梨技術工房/YPI-200）を用いた。



図1 洗浄実験の様子

### 4. 研究成果

図2にウェハ表面検査装置で測定したパーティクルカウンタの一例を示す。このようにウェハ全面をマッピングすることができ、これを用いてパーティクルをカウントした。

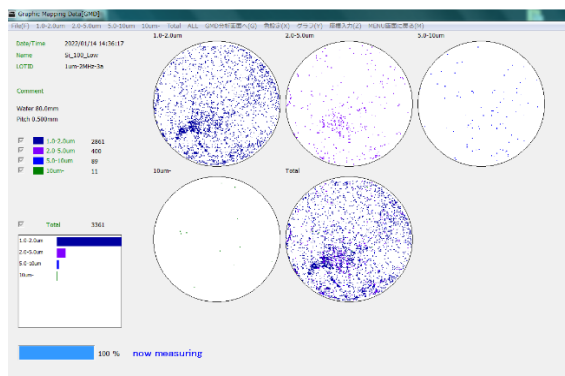
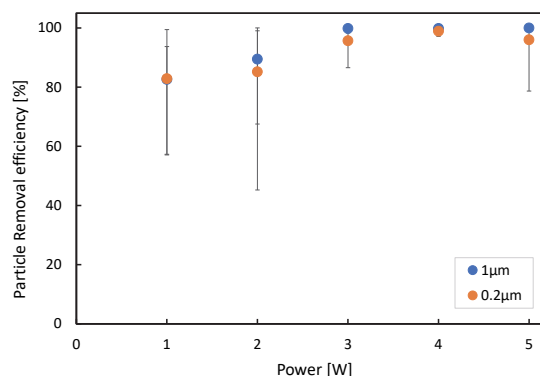
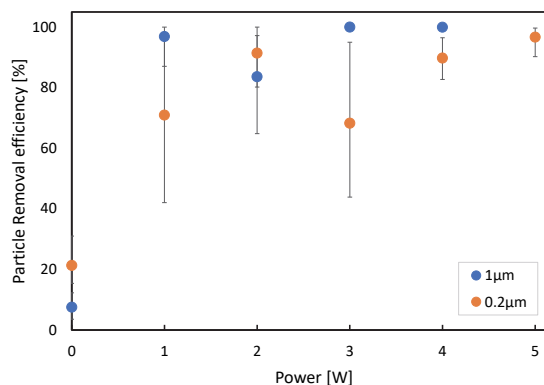


図2 ウェハ表面検査装置で測定したパーティクルカウンタの一例

図3はサイズ1  $\mu\text{m}$ のPSL粒子を散布した疑似汚染基板を用いて、洗浄実験を行いその除去率を示している。図3(a)が石英振動体超音波洗浄装置の周波数1 MHzの時の、図3(b)が周波数2 MHzの時の除去率を示している。2 MHzの石英振動体超音波洗浄装置の出力が最大5 Wなので、5 Wまでしか評価することはできないが、PSL粒子サイズ1  $\mu\text{m}$ 時はほぼ同じ除去率であったが、PSL粒子サイズ0.2  $\mu\text{m}$ 時は、周波数1 MHzの時の除去率の方が、2 MHzよりも高い傾向にあった。ただしばらつきが大きいので確からしさを確認する必要がある。



(a) 周波数 1MHz



(b) 周波数 2MHz

図3 洗浄実験結果

### 5. 本研究に関する発表

- (1) 高木羅以, 森竜雄, 一野祐亮, 清家善之, 足田智美, 本多祐二: 半導体洗浄用汚染基板の作製および評価方法, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, F3-2. 2021/9/7
- (2) 高木羅以, 森竜雄, 一野祐亮, 足田智美, 本多祐二, 清家善之: 振動体超音波洗浄におけるポリスチレンラテックス粒子の除去率の周波数依存性, 応用物理学会界面ナノ電子化学研究会 第6回ポスター発表会, 12. 2021/10/14