

半導体デバイス製造のウェットプロセスにおける 帯電・放電現象の解明とその対策

[研究代表者] 清家善之 (工学部電気学科)

[共同研究者] 森 竜雄, 五島敬史郎 (工学部電気学科)

門村新吾, 日永康博, 窪 慎二, 川畑隆広

(ソニーセミコンダクタマニュファクチャリング(株))

岩元勇人, 萩本賢哉, 齋藤 卓

(ソニーセミコンダクタソリューションズ(株))

研究成果の概要

最近、自動運転、IoT、AI 技術が注目され、まさに技術の革新時代に突入している。このキーテクノロジーの一つに CMOS イメージセンサ、CCD イメージセンサ等の半導体デバイスがある。半導体デバイス製造プロセスは、フォトリソグラフィ工程、イオン打込み工程等多くの工程を繰り返す行いが、洗浄工程はいずれの前後に存在し、半導体製造プロセスの 1/3 は洗浄工程と言われている。この洗浄工程は、ウェハと呼ばれるシリコン基材上のナノメートルオーダーの異物（パーティクル）を除去するもので、1 バッチ 25 枚のフープの単位で、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いる。しかし純水をスプレーして洗浄を行う場合、純水が絶縁体であるため、静電気障害（ESD: Electrostatic discharge）が生じ、生産の歩留まりを低くしている。本研究は、半導体デバイス製造のウェットプロセスにおける帯電・放電現象を解明し、その対策を行うものである。現在まで、生産工程において、このような帯電、放電現象による静電気障害の対策は経験的に行われ、要因を解明し、体系化することが難しかった。本研究は、問題となる生産工程を絞り込み、その工程における ESD の現象の解明を行う。この研究を実施することで、静電気障害現象の解明ができ、日本の半導体デバイス産業にイノベーションを起こすことができる。具体的なサブテーマとして、「ウェットプロセスにおける磁場の純水帯電の影響評価」「二流体スプレー洗浄時における純水の帯電メカニズムの解析とその対策」「ウェハ表面の帯電分布計測のためのフィジビリティスタディ」について実施する。

研究分野：半導体洗浄プロセス

キーワード：半導体洗浄，磁場，二流体スプレー，静電気障害

1. 研究開始当初の背景

半導体製造プロセスの 1/3 は洗浄工程と言われている。洗浄の目的の一つは、シリコンウェハ上のナノメートルオーダーの異物（パーティクル）を除去することである。従来、1 バッチ 25 枚のフープの単位で、加温したアンモニア水、過酸化水素水、塩酸等に、順次浸漬させる化学的な 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ウェハを 1 枚ずつ処理する枚葉式の洗浄が求められ、物理的な洗浄を行う工程が増えてきている。しかし純水を用いて洗浄する場合、純水が絶縁体であるため、静電気障害（ESD: Electrostatic discharge）が生じ、生産の歩留まりを低くする課題がある。

2. 研究の目的

本研究は、半導体デバイス製造のウエットプロセスにおける帯電・放電現象を解明し、その対策を行うものである。サブテーマとしては以下の3項目を設定している。

(1)ウエットプロセスにおける磁場の純水帯電の影響評価

半導体デバイス洗浄工程において、ウェハを回転させながら、純水をウェハ滴下するスピン洗浄がある。この時、モータの回転時に生じる磁場によって、モータの中央部の純水が帯電し、静電気障害を起こしていると思われる事象が起きている。この対策は現場の経験的なもので行われ、真の原因解決には至っていない。本研究では、生産現場で起きている現象を再現し、純水が磁場の影響によって帯電するかを解明する。このような事象はあまり学術的に報告されていないことから、本研究の成果は、半導体デバイス業界において非常に価値のあるものであると考えている。

(2)二流体スプレー洗浄時における純水の帯電メカニズムの解析とその対策

半導体製造プロセスにおいて、窒素ガス等で純水を霧化する二流体スプレーによる洗浄が行われている。半導体デバイスを純水でスプレー洗浄する場合、純水が帯電し、ウェハ上の半導体デバイスに静電気障害が生じる可能性がある。本研究は二流体スプレー洗浄時に発生する静電気の解析と静電気障害の対策を実施するものである。

(3)ウェハ表面の帯電分布計測のためのフィジビリティスタディー

本研究テーマはウェハ表面の帯電分布計測するフィジビリティスタディーを実施する。従来、ウェハ表面の帯電分布を測定する方法は、静電容量式のセンサが用いられている。本研究テーマでは新たな測定方法を考案し、ウェハ上の面内分布の電荷量を測定する。

3. 研究の方法

(1)ウエットプロセスにおける磁場の純水帯電の影響評価

実際の製造現場での現象を再現させるために、図1のような実験システムを構築し、純水が帯電するか確認実験を行った。市販の電磁石（ギガデコ TMS302）の磁界発生部の間に純水を通して、その純水をファラデーケージで受け、電荷を測定した。実験条件は噴射圧力 0.2 MPa、純水の比抵抗値を 17.0 MΩ・cm、磁場：0, 55, 110 mT の3水準とした。残念ながら今回の実験からは磁場の変化による帯電量

の差異はみられなかった。

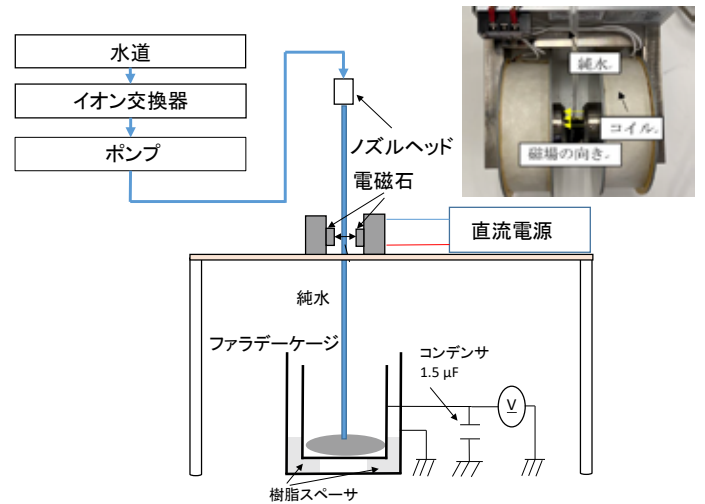


図1 磁場の純水帯電の影響評価システムの概略

(2)二流体スプレー洗浄時における純水の帯電メカニズムの解析とその対策

二流体スプレー洗浄時に発生する静電気現象を解明するために、図2に示すような実験システムを構築中である。

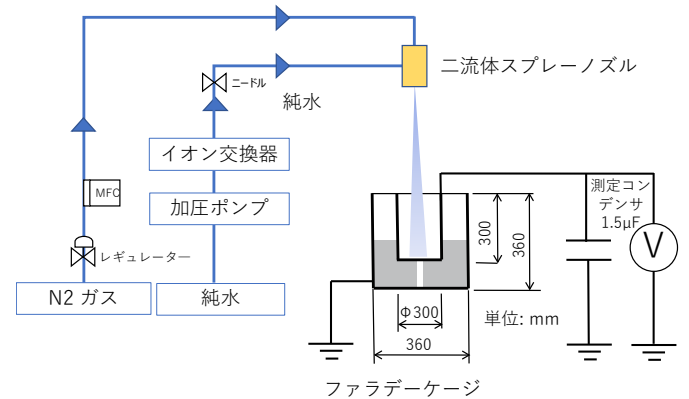


図2 二流体スプレー時発生電荷量測定装置の概略

4. 研究成果

(1)ウエットプロセスにおける磁場の純水の帯電を測定したが、0 から 110 mT の範囲において、純水の帯電は確認できなかった。

(2)二流体スプレー時生じる帯電測定に関しては、現在実験システムを構築中である。