

新たな水素水生成装置の開発と半導体デバイス洗浄における評価

[研究代表者] 清家善之（工学部電気学科）

[共同研究者] 高瀬公男、向畠眞一郎、岩間善則（日本カーリット(株)）

研究成果の概要

近年、半導体デバイスの洗浄プロセスにおいて、パーティクル除去やレジスト剥離にシリコンウェハ 1 枚ずつ処理する枚葉式洗浄が使われている。この工程において、洗浄液は洗浄性に大きく起因する。枚葉式洗浄における洗浄液は、水酸化アンモニウムと過酸化水素を混合した SC1 液、水素水、炭酸ガス水などが洗浄対象物に応じて使用されている。本研究の目的は日本カーリット株式会社が考案した PEM (Polymer Electrolyte Membrane) 電解セルを用いた水素水生成装置を開発し、実際に半導体洗浄工程での洗浄効果を見出すことである。水素水を用いた洗浄は、「①環境にやさしい」「②水素ラジカルの電気的反発を利用しているため洗浄力が高い」「③水素ラジカルは洗浄で引き剥がしたパーティクルにも電位を持たせるため、基板への再付着を防止できる。」「④基板表面のウォータマークを抑制できる」「⑤純水をイオン化させるので、デバイスの静電気障害の抑制ができる」といった特徴がある。一方、この洗浄方法は「①純水を電気分解するためには、純水にアンモニアを添加する必要があるため、純水の純度が下がる」「②装置が大型化する」「③コストが高くなる」「④薬液よりも洗浄性が劣る」などのデメリットがある。今回、考案している水素水生成装置は PEM 電解セルを用いるので、アンモニアの添加が不要で純水を汚染することなく、環境にやさしく、小型化でき、さらに、従来の方法よりも純水の水素濃度をあげることができるので、洗浄性が高まることが期待できる。

本研究ではフジビリティースタディーとして、水素水生成装置を開発し、その装置を用いて濃度 1.6 ppm の水素を二流体スプレーした時の発生する静電気を測定した。

研究分野：電気電子材料、半導体プロセス、生産技術

キーワード：半導体、洗浄、スプレー、水素水、高分子電界質膜

1. 研究開始当初の背景

近年、半導体デバイスの洗浄プロセスにおいて、パーティクル除去やレジスト剥離にシリコンウェハ 1 枚ずつ処理する枚葉式洗浄が使われている。この工程において、洗浄液は洗浄性に大きく起因する。枚葉式洗浄における洗浄液は、水酸化アンモニウムと過酸化水素を混合した SC1 洗浄液、水素水、炭酸ガス水などが洗浄対象物に応じて使用されている。SC1 は基材に付着した有機物や微小ゴミ（パーティクル）などを基材表面からエッチングすることによって剥離する洗浄する手法であるが、薬液を使用するために、地球環境負荷の問題やコストの課題があり、新たにいろいろな洗浄方法が研究されている。

2. 研究の目的

本研究の目的は図 1 に示すような日本カーリット株式会社が考案した高分子電界質膜 PEM (Polymer Electrolyte Membrane) 電解セルを用いた水素水生成装置を開発し、実際に半導体洗浄工程での洗浄効果を見出すことである。

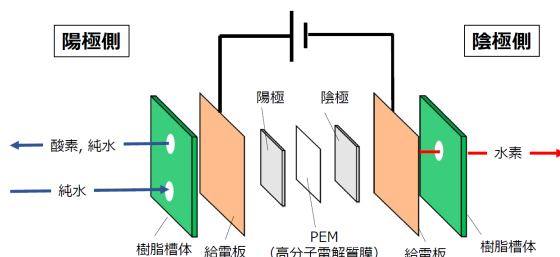


図 1 考案した水素水生成装置の電解セルの構造

3. 研究の方法

(1) 水素水生成装置の開発

図 1 に示した電界セルを用いて水素水の水素濃度を任意に変え、純水を水素で過飽和状態にできる水素水生成装置を開発する。

(2) 水素水のスプレー時の静電気発生量の把握

開発した水素水生成装置を用いて二流体スプレーで発生する静電気を測定する。静電気の測定には試作したファラデーケージからグラウンド間の電流をエレクトロメータで測定する。今回は純水(17 M Ω ·cm)を一旦ポリ容器に受け、その純水に水素水生成装置で水素を 1.6 ppm 注入した水素水と純水をスプレーしたときの電流値を比較する。

4. 研究成果

(1) 水素水生成装置の開発

図 2 は試作した水素水生成装置を示す。この水素水生成装置は図 1 に示す考案した電解セルを搭載しており、PEM を挟み込んでいる電極への印加電圧を可変させる等の調整で水素濃度を可変させることができる。また水素水を過飽和状態にできることを確認した。



図 2 試作した水素水発生装置

(2) 水素水のスプレー時の静電気発生量の把握

図 3 は純水と水素水を二流体スプレーしたときに、ファラデーケージとグラウンド間に流れる電流を示している。横軸は二流体スプレーノズルに供給するコンプレッサーのエア流量を示し、縦軸は電流を示している。今回の実験で

はほぼ同じ電流値であり、統計的な処理を行っても純水と水素水の電流の差異はなかった。またいずれの場合もエア流量を上げると発生する電流は上昇した。まだ詳細なことは分かっていないが、純水に注入された水素はイオン化されず H₂ の状態で純水に溶け込んでいるため、発生する電流が減少しなかったと考えている。静電気を抑制するためには微量のアンモニア等を添加した後、PEM 電界セルでアンモニア水素水をスプレーするなどの対応が必要となる。

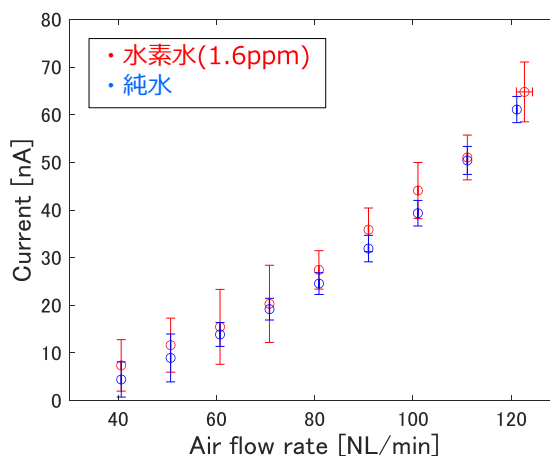


図 3 純水と水素水を二流体スプレーしたときの発生電流

5. 本研究に関する発表

- (1) 鈴木洋陽, 福岡靖晃, 森竜雄, 一野祐亮, 清家善之: 純水の二流体スプレー時に発生する静電気と液滴特性の関係性, 静電気学会誌, 第 46 巻, 1 号, pp.38- 43, (2022).
- (2) 鈴木洋陽, 福岡靖晃, 森竜雄, 一野祐亮, 清家善之: 二流体スプレー時に発生する静電気の測定, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, F3-1. 2021/9/7
- (3) 鈴木洋陽, 福岡靖晃, 森 竜雄, 一野祐亮, 清家善之: 二流体スプレー洗浄時に発生する静電気発生量の要因分析, 第 31 回 RCJ 信頼性シンポジウム発表論文集, pp.29-32. 2021/10/21