

氏名	清水 義也
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第5154号
学位授与の日付	平成27年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	半導体洗浄機モデル内流れに関する研究
論文審査委員	教授 柳瀬 眞一郎 教授 富田 栄二 教授 堀部 明彦

### 学位論文内容の要旨

半導体デバイスを作る前工程は 400 程度あり、各工程間で半導体のゲートや配線間をショートさせる恐れのある微小パーティクルを取り除くために洗浄が行われる。そのため洗浄性能は最終的に作られる半導体の性能を左右する。これまで半導体の洗浄は 25 枚のウェハを一度に洗浄するバッチ式洗浄が一般的に用いられてきたが、近年の半導体の微細化、集積化、そしてウェハの大口径化に伴い、枚葉式洗浄と呼ばれるウェハを 1 枚毎に洗浄する方法も使用されている。枚葉式洗浄ではウェハを回転させ、各種薬液を塗布し洗浄を行う。そして超純水でウェハをリンスしたあと、ウェハを高速回転させ超純水を振り切り乾燥させる。この方法は、ウェハを 1 枚毎に処理を行うため、処理室の清浄度を保ちやすくクロスコンタミネーションの心配が少ない。その一方で、振り切り乾燥時に超純水の水霧や機械部からの微小パーティクルがウェハに再付着し、半導体素子の欠陥を引き起こすことが問題となる。そのため枚葉式洗浄では、ウェハの回転やチャンバ形状による気流の乱れを最適化する必要がある。半導体の製造装置内の流れに関する研究は少なく、特に枚葉式洗浄機内の気流に関する研究論文は著者らの知る限り見当たらない。また企業において、枚葉式洗浄機内の気流に関して研究は進められていると考えられるがその詳細は公になることはない。企業では、通常重要な処理チャンバの形状や処理条件は経験的に決められていることが大半であり、洗浄性能を左右する気流や渦構造の調査、これらを基にした装置の最適化は行われていない。

本研究では実際に半導体の製造に使用されている洗浄機の大きさを変えずに簡素化した実験装置を作り、振り切り乾燥時にウェハ上部から流入するダウンフロー流量とウェハの回転数がウェハ周りの気流に及ぼす影響を実験的手法として PIV により確認した。また、OpenFOAM を使用した数値計算による渦構造の 3 次元構造の確認を行った。回転する円盤の外周部に水霧等の再付着を引き起こしうる循環流が存在することは他研究でも示されているが、本研究ではそれら渦構造をより明確に捉え、ダウンフロー流量やウェハ回転数がそれら渦の発生や構造にどのような影響を与えるかを調べて、洗浄性能を向上させる方法を見出した。

## 論文審査結果の要旨

半導体デバイスを作る前工程は 400 程度あり、各工程間で半導体のゲートや配線間をショートさせる恐れのある微小パーティクルを取り除くために洗浄が行われる。そのため洗浄性能は最終的に作られる半導体の性能を左右する。しかし、半導体の製造装置内の流れに関する研究は少なく、特に枚葉式洗浄機内の気流に関する研究論文はほとんど見当たらない。

本論文では実際に半導体の製造に使用されている洗浄機の大きさを変えずに簡素化した実験装置を作り、振り切り乾燥時にウェハ上部から流入するダウンフロー流量とウェハの回転数がウェハ周りの気流に及ぼす影響を実験的手法としてPIVにより確認している。また、OpenFOAMを使用した数値計算による渦構造の3次元構造の確認を行っている。回転する円盤の外周部にミスト等の再付着を引き起こしうる循環流が存在することは他研究でも示されているが、本研究ではそれら渦構造をより明確に捉え、ダウンフロー流量やウェハ回転数がそれら渦の発生や構造にどのような影響を与えるかを調べていて、その結果、洗浄性能を向上させる方法を見出した。

以上のように、本論文は、半導体洗浄装置の製造に対して大きな寄与をするばかりでなく、閉領域内の流れの渦構造に関して新しい知見を与えるものであり、流体力学への寄与も少なくない。したがって、本学位論文は、博士（工学）に値する内容と考える。