

## 研究成果

<p>サブテーマ名：デバイス形成技術開発 小テーマ名：プラズマ異常放電監視法開発</p>
<p>サブテーマリーダー：九州日本電気(株) 第一生産技術部 部長 児玉昭和 研究従事者：(株)東京カソード研究所 装置事業部 九州研究開発部 部長 八坂三夫、(株)東京カソード研究所 装置事業部 九州研究開発部 チーフ 北村智行、(株)東京カソード研究所 装置事業部 九州研究開発部 リーダ 田間政義、(株)東京カソード研究所 装置事業部 九州研究開発部 副主任 竹下正吉、九州日本電気(株) 第一生産技術部 拡散技術 主任 岡村浩治、NECエレクトロニクス(株) 評価技術開発事業部 グループマネージャー 上杉文彦、NECエレクトロニクス(株) 評価技術開発事業部 シニアプロセスエンジニア 伊藤奈津子、NECエレクトロニクス(株) 評価技術開発事業部 主任 板垣洋輔(財)くまもとテクノ産業財団 電子応用機械技術研究所 研究開発グループ 次長 萩原宗明、熊本県工業技術センター 電子部 主任技師 宮川隆二</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p><b>研究の概要</b> 半導体製造の前工程プロセスにおいては、プラズマを応用した製造装置が基幹部分を担っているが、これら装置のプロセスチャンバ内では、その構成部品の局所部分に、マイクロアークと呼ばれる異常放電が発生している。異常放電は装置内でランダムに発生し、数10<math>\mu</math>s程度と短寿命で、電源に比べてエネルギーは小さいもののダスト発生、被処理ウエハ表面の損傷、デバイスの絶縁破壊、汚染等を引き起こす。ひとたび異常放電が発生すれば、異常放電発生部位を特定し復帰させるのにウエハに付着した物質の分析、チャンバ構成部品の調査等を行う必要があるため、半導体生産現場においては深刻な問題となっている。研究においては、異常放電が発生したら即座に検出し発生場所まで特定できる、異常放電モニタ技術の確立とプラズマ保全システムへの応用を行う。</p> <p><b>研究の独自性・新規性</b> 異常放電検出手段としては、現状、光、プラズマのインピーダンス変動、電極の電圧や電流変化、電磁波等を検出する方法が利用されている。異常放電監視の目的から、異常放電モニタには、発生頻度、規模、位置等を即座に判定できることが求められる。さらに生産現場においては、様々な種類のプラズマ装置に適用したいという要請と、プラズマ自体には極力影響を与えたくないという要請がある。そのため、異常放電監視では、1)異常放電を確実に検出、2)常時監視が可能(実時間観測)、3)チャンバ構造が変更不要、4)発生場所が特定可能、といった条件を満たすことが必要である。現状で使われている異常放電監視方法では、どの方法も4項目を満たしていない。しかし、音波を検出する方法を使えば、4項目を全て満たした異常放電監視を実現することができ、これまでに例がない。更に、プラズマ装置の覗き窓より、電気的にプラズマ変動を検出する方法を独自に開発し、超音波方式と併用することで、従来方式をはるかに超えた検出性能を実現している。</p> <p><b>研究の目標</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>フェーズ：極薄レジストエッチング工程のためのRFエッチャー異常放電の検出と位置確定技術確立</li> <li>フェーズ：プラズマ保全システムの確立</li> <li>フェーズ：プラズマ保全システムの事業化、天文・地球科学分野への発展も検討。</li> </ul>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>超音波による異常放電検出技術(AE法)と、プラズマ変動を電気的に検出する方法の検討を行い、異常放電位置特定システム(プラズマ保全システム)の試作及び評価を実施する。</p> <p>NEC九州、NECエレクトロニクス、東北大学でAEデータを収集し、FFT、ウェーブレット解析することにより、異常放電AE信号と機械音の識別が可能になった。また、専用の検出基板によりリアルタイム検出が実現し、位置特定アルゴリズムにより発生部位の特定が可能になった。</p> <p>異常放電によるプラズマ変動をプラズマ装置ののぞき窓から検出する方法も開発し、様々なタイプのプラズマ装置にて検証した結果、検出感度の高さと利便性を確認した。超音波とのぞき窓の検出方法を組み合わせることで検出能力と信頼性が高く、異常放電と機械振動のリアルタイム判別、位置特定、発生トレンド解析、波形解析機能を有する異常放電保全システムを試作した。</p> <p>本プラズマ保全システムとパーティクルモニタシステム及び水分センサを組み合わせることで、異常放電とパーティクル発生、異常放電とチャンバ内水分量の間に、強い相関があることを明らかにした。</p> <p>事業化推進については、その第一歩として地域新生コンソーシアム(経済産業省)に応募した。H15年度に採択頂きH16年度現在も実施中で、異常放電発生原因の追及とプラズマ保全システムを更に推し進めた異常放電抑止システムの実現に取り組んでいる。同時に、複数の半導体工場の生産ラインにて現状の保全システムの評価試験を続けており、実証データを蓄積すると共に、今後の検出システムのあり方と価格について調査を行っている。さらに、半導体以外の分野への展開を模索するために、国立天文台すばる天体望遠鏡向け傷検出システムの実現性について共同で検討し、AE法による傷検出の実現可能性を確認している。</p>

**主な成果**

具体的な成果内容：A E 法及びのぞき窓による異常放電検出原理を使用して、生産現場の要望に対応した高感度で信頼性の高い異常放電保全システムを試作した。また、様々なタイプのプラズマ装置及び実際の生産ラインにて評価試験を行い、異常放電検出の実用性を実証した。更に、本システムを使うことで、異常放電とプラズマ装置内の状態に強い相関があることを明らかにした。

特許件数：0                      論文数：16                      口頭発表件数：4

**研究成果に関する評価**

**1 国内外における水準との対比**

DCプラズマ装置用としては、電極の電圧と電流変化を直接検出する方式で、マイクロアークと称される小さな異常放電が検出可能なものが市販されている。しかし、異常放電発生位置の特定は原理的にできない。半導体プラズマプロセスの大部分を占めるRFプラズマ装置用の異常放電検出方法としては、反射波やインピーダンス変動を検知するものが利用されている。しかし、小さな異常放電の検出が困難で、RF電源と電極との間にモニタ用のプローブを挿入するため、マッチング条件を変えてしまうなどの問題がある。異常放電に伴う発光を検出する方法では、原理的には光の波長程度の位置精度を期待できるが、実時間観測が難しく、チャンバに大きな改造も必要なため、実施上の問題が多い。音波を利用する異常放電検出方式では、DCのみならずRFプラズマ装置の異常放電も確実に検出することができ、装置の外部から検出可能であるため装置への取り付けの際の改造が不要であり、さらに、センサ間の音波到達時間差を検出することで、異常放電発生位置の特定も可能という特徴があり、全ての点において他の検出方法より優れた特性を有している。

**2 実用化に向けた波及効果**

異常放電監視を行わない状況下では、歩留まり低下やダスト増加などを検査することによって、チャンバ洗浄や部品交換等のメンテナンスを行う必要がある。しかし、異常放電が発生した瞬間に、異常放電発生頻度、規模、位置等を知ることができれば、最小限の被害のうちにメンテナンスの判断をすることができ、結果として、品質・歩留まりの向上、設備停止期間の短縮、設備部品の延命を実現できる。

**残された課題と対応方針について**

半導体生産工場の要求に絞った最小限のシステム開発が必要である。評価試験を続けながら仕様と価格を再検討することで、本事業にて開発した技術が、世の中に役立つよう努力する。

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合 計
	H 11	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	小計	H 11	H 12	H 13	H 14	H 15	H 16	小計	
人件費	0	0	2100	900	700	200	3900	3700	4400	4000	3500	3900	2900	22400	26300
設備費	0	0	0	600	0	0	600	0	0	0	0	15600	17000	32600	33200
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	0	6240	7280	4400	800	1040	19760	2240	3360	1600	8160	32400	8000	55760	75520
旅費	0	1560	1820	1100	200	260	4940	560	840	400	2040	8100	2000	13940	18880
その他	0	1100	2200	600	200	200	4300	0	0	0	0	0	0	0	4300
小 計	0	8900	13400	7600	1900	1700	33500	6500	8600	6000	13700	60000	29900	124700	158200

**代表的な設備名と仕様 [ 既存 ( 事業開始前 ) の設備含む ]**

J S T 負担による設備：デジタルオシロスコープ DL708E

地域負担による設備：ヘリカルプラズマハットリング装置、FPGA開発ツール、任意波形発生装置、デジタルオシロスコープ、RIEエッチング装置、量産用エッチング装置(2機種)、パーティクルモニタシステム、MATLAB、デジタルレコーダ、DCスパッタリング装置

[ 様式 6 ]

**研究成果**

サブテーマ名：デバイス形成技術開発

小テーマ名：プラズマ異常放電監視法開発 ( その 2 : すばる主鏡傷検出システム )

サブテーマリーダー： 熊本大学 衝撃・極限環境研究センター 教授 久保田弘

研究従事者： 熊本県工業技術センター 電子部 電子部長 園田増雄、熊本県工業技術センター 電子部 研究参事 重森清史、熊本県工業技術センター 電子部 研究参事 石松賢治、熊本県工業技術センター 電子部 主任技師 宮川隆二、熊本大学 工学部 電気システム工学科 助教授 中田明良、国立天文台 光学赤外線天文学・観測システム研究系 教授 家正則、国立天文台 光学赤外線天文学・観測システム研究系 助教授 沖田喜一、国立天文台 ハワイ観測所 助教授 佐々木敏由紀、国立天文台 光学赤外線天文学・観測システム研究系 助教授 宮下暁彦、国立天文台 ハワイ観測所 助手 高遠徳尚