

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ターリング装置、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スパッターリング装置

[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

研究の概要、新規性及び目標

研究の概要

国立天文台すばる天体望遠鏡の反射鏡は、直径 8.3m の巨大な石英ガラスからなり、その鏡面は能動的な矯正機構により常に力が加わっているため、万が一鏡に傷が入った場合、破壊にまで至る恐れがある。そのため、傷の発生と発生位置の早期特定が非常に重要である。傷の発生時に音波が放射される現象を利用して傷を検出する方式（A E 法）は、検出感度が高く簡素で安価なシステムを構築できる有望な方式であるが、本事業で開発したプラズマ異常放電監視技術も同じ原理に基づいており、本監視システムをすばる望遠鏡向けの傷検出システムとして利用できる可能性がある。そこで、その適用可能性を具体的に明らかにすることを目標として原理検証実験を実施した

研究の独自性・新規性

近年大型化している天体望遠鏡の分野において、主鏡の管理保全を A E 法に基づいて実現するといった案はこれまでになく、本事業独自のアイデアである。特に、すばる望遠鏡特有の構造とユニークな鏡面矯正方式が、A E 法とマッチング可能であるかについては、音波伝播と背景振動 / 機械振動から決定される検出限界、位置特定の精度といった点を明らかにし、センサの取り付け方法を新たに検討する必要がある、言うまでも無く全く新しい取り組みである。

研究の進め方及び進捗状況

微小傷検出システムの実現可能性を探る為、実際の主鏡を使用して超音波伝播特性及び機械振動雑音の基礎データ収集と解析を行った。その結果、望遠鏡駆動時においても振動雑音は極めて小さく、また、傷から発する音波の周波数帯域とも異なっていることから、1mm 以上の大きさの傷であれば、主鏡のあらゆる地点で検出可能であることを確認した。また、音波の伝播速度 3.281 km / s から、主たる伝播モードはレーリー波であり、その到達時間差からの位置特定精度を見積もった結果、主鏡おもて面の傷は ±4 cm、裏面は ±40 cm であることが明らかになった。裏面の場合に精度が悪い原因は、鏡面矯正用アクチュエータを差し込むポケット（くりぬき穴）によって、音波が散乱されるためである。

主な成果

具体的な成果内容：すばる望遠鏡の天体観測中においても、1 mm 以上の傷発生を即時検出し、おもて面の傷を ±4 cm、裏面の傷を ±40 cm の精度で位置特定可能な管理保全システムを実現可能であることを明らかにした。

特許件数：0 論文数：1

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

すばる級大型望遠鏡の主鏡を、A E 法で管理保全すること自体が行われておらず、その実現可能性に関する知見は他にはない。

2 実用化に向けた波及効果

すばる級の大型望遠鏡が、近年世界各国に建造され始めており、異常放電監視システムと同じ原理で管理保全システムを構築できる道が開かれた。また、半導体を始め、様々な分野の製造工程及び装置の異常や欠陥検出に利用できる可能性があり、それにより生産コスト低減と製品品質の向上が期待できる。

残された課題と対応方針について

裏面の傷の位置特定精度が悪いが、信号処理と位置特定アルゴリズム改良することで、±20 cm 以下に改善可能と見込んでいる。

	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	0						0	0	0	0
設備費					0	0	0						0	0	0	0
その他研究費(消耗品費、材料費等)					0	0	0						2317	3235	5552	5552
旅費					0	0	0						637	781	1418	1418
その他					0	0	0						0	1945	1945	1945
小計					0	0	0						2954	5961	8915	8915

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：

地域負担による設備：データロガー、MATLAB