

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4674177号
(P4674177)

(45) 発行日 平成23年4月20日 (2011.4.20)

(24) 登録日 平成23年1月28日 (2011.1.28)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 3
HO 1 L 21/205 (2006.01)	HO 1 L 21/205
C 2 3 C 16/505 (2006.01)	C 2 3 C 16/505
HO 5 H 1/00 (2006.01)	HO 5 H 1/00 A

請求項の数 17 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2006-71027 (P2006-71027)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成18年3月15日 (2006.3.15)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2007-250755 (P2007-250755A)		東京都港区西新橋一丁目24番14号
(43) 公開日	平成19年9月27日 (2007.9.27)	(74) 代理人	100093492
審査請求日	平成21年1月20日 (2009.1.20)		弁理士 鈴木 市郎
		(72) 発明者	板橋 直志
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社 日立製作所 中央研究所内
		(72) 発明者	手束 勉
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社 日立製作所 中央研究所内
		(72) 発明者	菅野 誠一郎
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社 日立製作所 中央研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、
該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、
前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、
静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、
前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、
プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記ガス放出板における異常放電の有無の何れかを判定する制御装置を備え、

前記制御装置は、吸着電流モニタのモニタ値がパルス状に急増し、プラズマ生成側インピーダンスモニタおよびバイアス印加側インピーダンスモニタのモニタ値に変化がないとき、前記インナ部品に施した保護コーティングの絶縁破壊ありを判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、
該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、
前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、
静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、
前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、
プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記ガス放出板における異常放電の有無の何れかを判定する制御装置と、

プラズマ電位をモニタするプラズマ電位モニタを備え、

前記制御装置は、プラズマ電位モニタのモニタ値がパルス状に急減し、プラズマ生成側インピーダンスモニタおよびバイアス印加側インピーダンスモニタのモニタ値に変化がないとき、前記インナ部品に施した保護コーティングの絶縁破壊ありを判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、
該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、
前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、
静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、
前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、
プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記ガス放出板における異常放電の有無の何れかを判定する制御装置を備え、

前記制御装置は、バイアス印加側インピーダンスモニタ、および吸着電流モニタのモニタ値が矩形波状に変化し、プラズマ生成側インピーダンスモニタのモニタ値に変化がないとき、試料台の異常放電ありを判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項4】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、
該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、

前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、

前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記ガス放出板における異常放電の有無の何れかを判定する制御装置と、

バイアス用高周波電源のピークツーピーク電圧モニタするピークツーピーク電圧モニタを備え、前記制御装置は、バイアス印加側インピーダンスモニタ、吸着電流モニタ、およびピークツーピーク電圧モニタのモニタ値が矩形波状に変化し、プラズマ生成側インピーダンスモニタのモニタ値に変化がないとき、試料台の異常放電ありを判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項5】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、
該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、

前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、

前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記ガス放出板における異常放電の有無の何れかを判定する制御装置と、

バイアス用高周波電源のピークツーピーク電圧モニタするピークツーピーク電圧モニタを備え、前記制御装置は、前記プラズマ生成側インピーダンスモニタ、バイアス印加側インピーダンスモニタ、ピークツーピーク電圧モニタ、および吸着電流モニタのモニタ値が矩形波状に変化したとき、前記ガス放出板の異常放電ありを判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、

該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、

前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、

前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記ガス放出板における異常放電の有無の何れかを判定する制御装置を備え、

前記制御装置は、前記インナ部品の交換後毎における吸着電流モニタのモニタ値の履歴をもとに吸着用電極を絶縁する絶縁被膜の絶縁劣化を判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、

該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、

前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、

前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記ガス放出板における異常放電の有無の何れかを判定する制御装置と、

プラズマ電位をモニタするプラズマ電位モニタを備え、前記制御装置は、プラズマ電位のモニタ値が所定値を超えたとき、前記静電吸着用電源の出力電圧を低減して前記インナ部品に発生する異常放電を予防することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、

該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、

前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

10

20

30

40

50

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、
前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記ガス放出板における異常放電の有無の何れかを判定する制御装置を備え、

10

前記制御装置は、吸着電流モニタがパルス状の電流を検出したとき静電吸着用電源の出力電圧を低減してプラズマ電位を低下させ前記インナ部品に発生する異常放電を予防することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、

該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

20

前記試料台に高周波電圧を印加して前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、

前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

30

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化の有無の何れかを判定する制御装置を備え、

前記制御装置は、吸着電流モニタのモニタ値がパルス状に急増し、プラズマ生成側インピーダンスモニタおよびバイアス印加側インピーダンスモニタのモニタ値に変化がないとき、前記インナ部品に施した保護コーティングの絶縁破壊ありを判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 10】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、

該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

40

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

前記試料台に高周波電圧を印加して前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、

前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

50

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化の有無の何れかを判定する制御装置と、

プラズマ電位をモニタするプラズマ電位モニタを備え、前記制御装置は、プラズマ生成側インピーダンスモニタ、バイアス印加側インピーダンスモニタ、吸着電流モニタ、およびプラズマ電位モニタのモニタ値がパルス状に変化したとき、試料台の異常放電ありを判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 1】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、
該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、
前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、
前記試料台に高周波電圧を印加して前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、
前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、
プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、
バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化の有無の何れかを判定する制御装置と、

バイアス用高周波電源のピークツーピーク電圧モニタするピークツーピーク電圧モニタを備え、前記制御装置は、プラズマ生成側インピーダンスモニタ、バイアス印加側インピーダンスモニタ、吸着電流モニタ、およびピークツーピーク電圧モニタのモニタ値が矩形波状に変化したとき、試料台の異常放電ありを判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 2】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、
該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、
前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、
前記試料台に高周波電圧を印加して前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、
前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、
プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、
バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化の有無の何れかを判定する制御装置を備え、

前記制御装置は、前記インナ部品の交換後毎における吸着電流モニタのモニタ値の履歴

10

20

30

40

50

をもとに吸着用電極を絶縁する絶縁被膜の絶縁劣化を判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 3】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、
該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、
前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、
前記試料台に高周波電圧を印加して前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、
前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、
プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化の有無の何れかを判定する制御装置と、

プラズマ電位をモニタするプラズマ電位モニタを備え、前記制御装置は、プラズマ電位のモニタ値が所定値を超えたとき、前記静電吸着用電源の出力電圧を低減して前記インナ部品に発生する異常放電を予防することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 4】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、
該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室の中央部に処理ガスを導入するためのガス放出口を形成した誘電体真空窓を備えたガス導入手段と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、
前記反応室上部の前記誘電体真空窓上にループ状のアンテナを備え、該アンテナを介して処理室内に高周波電磁界を印加して前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、
前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、
プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記誘電体真空窓の摩耗の有無の何れかを判定する制御装置を備え、

前記制御装置は、前記吸着電流モニタのモニタ値がパルス状に急増し、プラズマ生成側インピーダンスモニタおよびバイアス印加側インピーダンスモニタのモニタ値に変化がないとき、前記インナ部品に施した保護コーティングの絶縁破壊ありを判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 5】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、

10

20

30

40

50

該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室の中央部に処理ガスを導入するためのガス放出口を形成した誘電体真空窓を備えたガス導入手段と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

前記反応室上部の前記誘電体真空窓上にループ状のアンテナを備え、該アンテナを介して処理室内に高周波電磁界を印加して前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、

前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記誘電体真空窓の摩耗の有無の何れかを判定する制御装置を備え、

前記制御装置は、前記インナ部品の交換後毎における吸着電流モニタのモニタ値の履歴をもとに吸着用電極を絶縁する絶縁被膜の絶縁劣化を判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 16】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、

該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

前記反応室の中央部に処理ガスを導入するためのガス放出口を形成した誘電体真空窓を備えたガス導入手段と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

前記反応室上部の前記誘電体真空窓上にループ状のアンテナを備え、該アンテナを介して処理室内に高周波電磁界を印加して前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、

前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記誘電体真空窓の摩耗の有無の何れかを判定する制御装置と、

プラズマ電位をモニタするプラズマ電位モニタを備え、前記制御装置は、プラズマ電位のモニタ値が所定値を超えたとき、前記静電吸着用電源の出力電圧を低減して前記インナ部品に発生する異常放電を予防することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 17】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、

該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、

10

20

30

40

50

前記反応室の中央部に処理ガスを導入するためのガス放出口を形成した誘電体真空窓を備えたガス導入手段と、

前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、

前記反応室上部の前記誘電体真空窓上にループ状のアンテナを備え、該アンテナを介して処理室内に高周波電磁界を印加して前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、

静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、

前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、

前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、

プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、

バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および

前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記誘電体真空窓の摩耗の有無の何れかを判定する制御装置を備え、

前記制御装置は、プラズマ生成側インピーダンスモニタのモニタ値の変化に基づいて前記誘電体真空窓の厚みの減少を判定することを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理技術に係り、特に、プラズマ処理装置に取り付けたモニタのモニタ値を監視することにより装置の異常を早期に検知することのできるプラズマ処理技術に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体製品の製造に用いるプラズマ処理装置においては、デバイスの微細化、高集積化および構成材料の多様化に伴い、処理の均一性や精度の向上だけでなく、処理特性の長期安定化や複数装置間の処理特性差の抑制等、量産性が重要視されている。このため、同一の反応室（チャンバ）においては、長期に渡りプラズマ特性を一定に保つことが必要である、また、メンテナンスに際して消耗部品を交換した際においてもプラズマ特性を一定に保つ必要がある。また、複数のチャンバを使用する場合には、チャンバ間での微妙な特性差を検知し、修正して管理しなければならない。

【0003】

プラズマエッチング装置を長期に渡って使用すると、反応室の内壁が磨耗し、あるいは内壁に堆積物が蓄積する。このため、反応室内壁の表面での反応、プラズマの電気特性などのプロセス環境が変化する。このプロセス環境の変化が進行すると、いずれは、微細パターン加工特性が許容範囲を逸脱する。例えば、ゲート寸法が許容範囲を逸脱し、結果として、製造されたLSIデバイスの性能が劣化する。更に、堆積の程度が進んでいくと、堆積物が剥離して異物となってエッチング不良を引き起こす。

【0004】

一方、前記内壁等の部品の磨耗も、いずれは異常放電を引き起こし、汚染物質を急激に増大させることになり、これらは、致命的な不良率増大要因となりかねない。また、場合によっては、反応室内壁は単純に磨耗するだけでなく、プラズマ耐性を高めるために内壁に施されたコーティング膜が剥離したり、あるいはコーティング膜が急激に絶縁破壊したりすることもある。また、メンテナンス時に交換した部品自体や、その組付け状態に欠陥がある場合には処理特性が変化する。

【0005】

このような処理特性の許容範囲からの逸脱を防ぐため、近年のプラズマ処理装置では、

10

20

30

40

50

様々なモニタ値（発光スペクトル、バイアス波形のピークツーピーク電圧値 V_{pp} 、反射波の拳動等）を監視し続けることにより量産続行の可否判断を行い、あるいは堆積物を低減するためのプラズマクリーニング等の処理を行い、あるいは、磨耗を防ぐためにより耐性の高い新規内壁材料を用いる等の様々な施策が検討され、さらには加工不良の発生前に処理を停止し、あるいは加工不良が発生する迄の処理時間を長期化するための技術開発が進められている。

【0006】

しかしながら、様々なモニタ値を用いて装置状態を監視する場合、モニタ値に何らかの変化が見られ、正常状態から変化を確認しても、その変化の原因を判別できない場合がある。例えば、モニタ値を変化させる原因となっている部品およびその症状が何であるのか、判別できないことがある。

10

【0007】

このような場合には、やむを得ず、反応室を分解して全掃するメンテナンスを施したり、本来交換する必要のない部品を念のために新品に交換したりするなど、無用なメンテナンス時間がかかることがある。この場合には、装置の稼働率が低下し、消耗部品コストが増大することになる。また、モニタ値の変化や異常の原因となっている部品を判別できない場合には、メンテナンスに向けて予め交換部品を準備しておくことができない。

【0008】

このため、プラズマを生成している反応室内部のプロセス環境の微妙な変化や装置間の微妙な違いを単にモニタするだけでなく、検知された変化や異常原因がどの部品のどのような症状のために引き起こされたものであるかを、分類し判別することが必要となる。これにより、交換すべき部品をあらかじめ予測することができる。

20

【0009】

プラズマ処理装置の状態を知るために監視すべきモニタ値としては、プラズマ生成用の電磁波の反射波パワー、生成されたプラズマの発光スペクトル、ウエハに印加されるバイアス電圧波形のピークツーピーク値 V_{pp} 、プラズマ生成用あるいはバイアス印加用の電源の整合器の整合点等が知られている。これらのモニタ値を利用してプロセスの進行状況を監視する技術のうち、プラズマを生成している反応室内の状態変化をモニタする技術を以下に示す。

【0010】

特許文献1には、プラズマ生成用の高周波とバイアス印加用の高周波をひとつの周波数で兼ねている方式のプラズマ処理装置において、試料台側より印加される高周波の電流をモニタし、このモニタ値と正常時の高周波電流値とを比較することにより、プラズマ処理の異常の有無を判定することが示されている。

30

【0011】

特許文献2には、プラズマ生成用の高周波とバイアス印加用の高周波をひとつの周波数で兼ねている方式のプラズマ処理装置において、被制御対象であるプラズマ側で起きた変動を、試料台側の整合回路より検出したモニタ電圧で検知できることを利用して、反応室内の異常放電の発生の有無を判定することが示されている。しかし、異常の種類や異常の発生箇所を特定し判別するものではない。

40

【特許文献1】特開2003-282542号公報

【特許文献2】特開2003-282545号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

プラズマ処理に際して、処理特性の変化や反応室内部の異常に気付かず、処理を続けると不良品のデバイスを作り続けてしまうことになる。このような事態を回避するためには、プラズマ処理を行う反応室内部の変化あるいは異常を常時監視し、問題となる変化や異常を検知した場合には、警報を出力して処理を停止するなどの措置を施さなくてはならない。

50

【 0 0 1 3 】

また、このような異常事態に陥った装置を速やかに復旧するためには、異常事態に至る前の状態監視の時点で、変化あるいは異常の発生が予測される箇所（部品）と変化あるいは異常の種類を予め把握して、交換部品等を準備しておくことが必要である。

【 0 0 1 4 】

ところで、反応室内部に配置される部品としては、（１）反応室の上部に配置されたプラズマ生成用高周波を導入するための窓部材、上部電極パーツ、および反応性の処理ガスを導入するための誘電体のガス放出板、（２）反応室の側部の内壁パーツあるいはチャンパブロック、（３）反応室下部に設置された試料台および試料台周辺を覆うサセプタ等、多数存在する。

10

【 0 0 1 5 】

このため、これらの部品のうち、どの部品（あるいは部品のパーツ）が、プラズマ処理を継続した結果、どのような種類の状態変化や異常に至ったのか、あるいは至りつつあるのかを判別し分類することが必要となる。

【 0 0 1 6 】

本発明は、これらの点に鑑みてなされたもので、反応室内で発生した状態変化あるいは異常の発生箇所を判別し分類し、更に、前記状態変化あるいは異常の発生が予測される箇所（部品）と変化あるいは異常の種類を予測することのできるプラズマ処理技術を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

20

【 0 0 1 7 】

本発明は上記課題を解決するため、次のような手段を採用した。

【 0 0 1 8 】

保護コーティングを施した内筒型のインナ部品を内壁に配置した反応室と、該反応室内に配置され、その試料載置面に絶縁被膜により絶縁された静電吸着用電極を備えた試料台と、前記反応室に処理ガスを分散して導入するガス放出板を備えたガス導入手段と、前記反応室内に導入した処理ガスに高周波エネルギーを供給してプラズマを生成するプラズマ生成用高周波電源と、前記試料台に高周波バイアス電圧を印加するバイアス用高周波電源と、静電吸着用の直流電圧を前記静電吸着用電極に印加する静電吸着用電源とを備え、前記生成したプラズマにより試料載置台上に載置した試料にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置において、前記静電吸着用電源から供給される電流をモニタする吸着電流モニタ、プラズマ生成用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするプラズマ生成側インピーダンスモニタ、バイアス用高周波電源からみたプラズマのインピーダンスをモニタするバイアス印加側インピーダンスモニタ、および前記モニタで計測したモニタ値に基づいて、前記インナ部品における異常放電、静電吸着用電極を絶縁する試料台の絶縁劣化、前記ガス放出板における異常放電の有無の何れかを判定する制御装置を備え、前記制御装置は、吸着電流モニタのモニタ値がパルス状に急増し、プラズマ生成側インピーダンスモニタおよびバイアス印加側インピーダンスモニタのモニタ値に変化がないとき、前記インナ部品に施した保護コーティングの絶縁破壊ありを判定する。

30

【発明の効果】

40

【 0 0 1 9 】

本発明は、以上の構成を備えるため、反応室内で発生した状態変化あるいは異常の発生箇所を判別し、更に、前記状態変化あるいは異常の発生が予測される箇所（部品）と変化あるいは異常の種類を予測することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 0 】

以下、最良の実施形態を添付図面を参照しながら説明する。

【 0 0 2 1 】

〔第 1 の実施形態〕

図 1 は、第 1 の実施形態の形態に係るプラズマ処理装置を説明する図である。この図の

50

例では、プラズマ処理装置としてUHF帯の電磁波を用いたプラズマエッチング装置を用いる。

【0022】

プラズマ処理を行う反応室1の上部には、プラズマ生成用のUHF帯の高周波を導入する誘電体真空窓2と反応性の処理ガスを導入する誘電体のガス放出板3が設けられる。エッチング処理による反応生成物等は反応室1下方の排気口6より排気される。反応室1の内部の側壁部には、アルミニウム母材の表面に誘電体材による内壁保護コーティング8が施された円筒型インナ部品17が設置される。エッチング処理されるウエハ(試料)4は、試料台5の上面に誘電体(高抵抗体)製の静電吸着用被膜11を配置して形成された静電チャック上に載置される。なお、載置されたウエハ4は前記静電吸着用被膜11を介して供給される電界に基づく静電気力により吸着される。

10

【0023】

また、ウエハ4と静電吸着用被膜11との間には、ヘリウムガスを充填することにより、ウエハ4と試料台5の上面の静電吸着用被膜11との間の熱伝達を確保する。これによりウエハ4は有効に温度制御される。試料台5の周辺部は誘電体製のサセプタ20により被覆されている。

【0024】

試料台5には、ウエハ4に高周波バイアスを印加するためのバイアス用電源14およびバイアス用整合器15、並びにウエハ4を静電気力により吸着するための吸着用直流電源16が接続される。

20

【0025】

反応室1内には、反応性ガスを典型的には0.5[Pa]から10[Pa]程度の圧力を保持しながらガス放出板3より放出する。この状態で磁場コイル7により反応室1に磁場を印加し、更にプラズマ生成用電源12からのUHF帯の高周波電力を、プラズマ生成用整合器13および誘電体真空窓2よりも外側(大気側)に置かれたアンテナ10を通して反応室1内に放射して、反応室1内にプラズマ9を生成する。ウエハ4は、生成されたプラズマに晒された状態で吸着用直流電圧と高周波バイアスが印加されて、エッチング処理が進行する。

【0026】

このとき、プラズマ生成用の高周波電源(第1の高周波電源)よりみたプラズマのインピーダンス Z_p を、プラズマ用整合器13、あるいはプラズマ用整合器13の近傍に取り付けたプラズマ生成側インピーダンスモニタ18によりモニタする。また、バイアス印加用の高周波電源(第2の高周波電源)よりみたプラズマのインピーダンス Z_b を、バイアス用整合器15、あるいは、バイアス用整合器15の近傍に取り付けたバイアス印加側インピーダンスモニタ19によりモニタする。また、試料台5にバイアス印加用電源14からの高周波を印加したときの高周波電圧のピークツーピーク値 V_{pp} をピークツーピーク電圧モニタによりモニタする。更に、吸着用直流電源16により前記試料台5に印加される直流電圧 V_p と、そのとき流れる直流電流(吸着電流) I_p を、吸着用直流電圧モニタおよび吸着電流モニタによりそれぞれモニタする。このように前記 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 V_p 、 I_p の5つの値を、モニタして、反応室1内部での変化や異常の発生を監視する。

30

40

【0027】

正常な量産が行われているとき、エッチング放電中におけるプラズマ生成用高周波電源よりみたプラズマのインピーダンスは $Z_{p1} = R_{p1} + jX_{p1}$ []、バイアス印加用高周波電源よりみたプラズマのインピーダンスは $Z_{b1} = R_{b1} + jX_{b1}$ []、バイアス印加用高周波電圧を試料台に印加したときの高周波電圧のピークツーピーク値は V_{pp1} [V]、吸着用直流電源16の直流電圧は V_{p1} [V]、直流電流は I_{p1} [A]である。

【0028】

図2は、このような正常動作時におけるモニタ値の状態を示す図である。なお、吸着用直流電源の直流電圧21と直流電流22は同じグラフ内に併記した。プラズマ生成用高周

50

波電源よりみたプラズマインピーダンス Z_p のグラフには、複素数であるインピーダンスを Z_p の実部23、 Z_p の虚部24で示した。また、バイアス印加用高周波電源よりみたプラズマのインピーダンス Z_b のグラフには、複素数であるインピーダンスを Z_b の実部25、 Z_b の虚部26で示した。また、 V_{pp} のグラフには、バイアス印加用の高周波電源のピークツーピーク電圧27を示した。実際のエッチング時間は60[s]であり、正常な量産が行われている場合は、60[s]の間、図に示すように一定値を保つ状態が続いた。

【0029】

量産を行いながら、これら、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 V_p 、 I_p の監視を続行した。量産状態は、ウエハなしの状態では放電して事前に反応室内部や試料台5の上面に設けた誘電体の静電吸着用被膜11の表面をクリーニングする「クリーニング放電」と、ウエハありの状態では放電してエッチング処理を行う「エッチング放電」を交互に繰り返す手順で進行する。反応室1の内部に何らかの変化や異常が発生した場合、当然、クリーニング放電でもエッチング放電でも、同じ反応室1で放電しているから、どちらの放電の場合においてもモニタ値に変化が現れる。条件の違いにより、モニタ信号の強度などが若干異なるが、変化の現れ方も類似しているため、本発明の各実施形態における説明では、代表的なデータとして、エッチング放電時におけるモニタ値のデータを用いて説明を進めることにする。

【0030】

試料台5の上面に設けた誘電体の静電吸着用被膜11には、少量の導電性元素を混入させたセラミックを用いており、基本的に誘電体ではあるが、流れる電流はゼロではなく、高抵抗体と考えて良い。具体的な値として、吸着用直流電源16によりウエハ4に $V_p = V_{p1} = +300[V]$ の吸着電圧を印加したとき、静電吸着用被膜11に流れる電流はゼロではなく、エッチング放電中は、 $I_p = I_{p1} = +100[\mu A]$ であった。

【0031】

量産を10,000枚続けたところ、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} には変化は見られなかったが、吸着用直流電源16の直流電流28の値が $+100[\mu A]$ で一定値を保てなくなってきた。

【0032】

図3は、吸着用直流電源16から出力される直流電流の経時変化の詳細を説明する図である。図3に示すように、しばらくの間、 $+100[\mu A]$ で維持していても、数秒間に1回ほどずつ、数[mA]程度まで電流の値がパルス状に上昇するというモニタ信号が、エッチング放電中に見られるようになってきた。このパルス状変化は、パルス幅が100[μs]以下の時間スケールの現象である。

【0033】

一方、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} には、顕著な変化がみられなかった。図3には、直流電流28、即ち I_p の変化に加えて、直流電圧29、即ち V_p の変化も併せて示した。吸着用直流電源16により試料台5に直流電圧を印加しているから、吸着用直流電源16からパルス状の電流が流れると、電源の容量が小さければ、直流電圧も連動してパルス状に変化するはずである。電流および電圧のパルス状変動の詳細を、直流電流詳細30、直流電圧詳細31に示す。

【0034】

直流電流詳細30にパルス状変化がみられたタイミングで、直流電圧詳細31にもごく小さな変化がみられた。電源の電流容量として、mAレベルの小さな容量の電源を用いて試験したために、直流電圧詳細31にも変化が観測されたと考えられる。そこで、試しに、100mAレベルの大きな電流容量をもつ電源と交換してみたところ、直流電圧詳細31には、ほとんど変動がみられなくなった。以上のことから、本実施形態のパルス状変化は、直流電流28、即ち I_p に現れ、電源の容量が小さい場合は、電圧降下により直流電圧29、即ち V_p にも現れることがわかった。 I_p と V_p に現れたパルス状変動は、同じ変動を検知しているため、電源の容量によらず明確なモニタ信号の観測できる直流電流 I

10

20

30

40

50

pの方を用いて検知すればよい。変動が小さい初期段階でも、 I_p を用いれば、感度良く変動を検知でき、異常の程度がさらに進んで I_p が増大して、電源の電流容量の限界となつてから、はじめて V_p で検知できるのであるから、 I_p を用いて検知すればよいことになる。

【0035】

なお、このとき、プラズマ生成用高周波よりみたインピーダンス Z_p に目立った変化がみられなかったことから、異常の発生した箇所は、反応室の上部のプラズマ生成用パワーを導入するための誘電体真空窓2、あるいは反応性の処理ガスを導入する誘電体のガス放出板3ではないと判断できる。また、バイアス印加用高周波よりみたインピーダンス Z_b 、あるいは試料台5にバイアス印加用電源14からの高周波を印加したときの高周波電圧のピークツーピーク値 V_{pp} に目立った変化がみられなかったことから、反応室下部に設置された試料台および試料台周辺を覆っているサセプタカバーの近傍でもないと判断できる。プラズマ生成部や試料台近傍に、異常な放電が発生していないのにも関わらず、パルス状の電氣的変動を引き起こしているため、これは、反応室内部の側方にある内筒型インナ部品17の表面の内壁保護コーティング8が絶縁破壊し、貫通して、電荷が反応室母材へと急激に流れるときに発生するモニタ信号であると判断できる。この判断に基づいて、この異常を解消するため、内筒型インナ部品17を、新品の内壁保護コーティング8が施された新品部品と交換したところ、 I_p にみられていたパルス状の変動信号は一切みられなくなり、正常な状態に復帰した。これより、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p のうち、 I_p にパルス状の変動がみられ、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} には変化がみられない場合には、異常の分類として、反応室内部の側方にある内筒型インナ部品17上の内壁保護コーティング8が絶縁破壊される状況に至っているとの「異常の分類」で正しいことが確認された。

【0036】

その後も、エッチング条件を一切変更せずに量産を続けていったところ、ほぼ同様に10,000枚の処理で、 I_p に同様なパルス状の変化がみられることがわかり、内筒型インナ部品17を再び交換すると、やはり、正常な状態に復帰することがわかった。

【0037】

内筒型インナ部品17の表面の内壁保護コーティング8の絶縁破壊による異常は、異常アーク放電の一種であり、気付かずに、このまま量産を続行していくと、絶縁破壊時に流れる電流値も大きくなる。更に処理を続けていくと、内壁保護コーティング8の材料がウエハ4にまで飛散し、異物、汚染となってエッチング不良を発生させることになる。

【0038】

しかし、本実施形態では、ほぼ10,000枚で表れた I_p のパルス状の変化を検知して、パルス状変化の初期段階で内筒型インナ部品17を交換できるため、デバイス加工処理における不良を発生させることなく、正常な状態で処理を続行できる。

【0039】

なお、インナ部品交換後に、使用済みの内筒型インナ部品17の表面の内壁保護コーティング8の状態を顕微鏡観察したところ、特に内壁保護コーティング8の端の部分に多くの絶縁破壊の痕跡がみられた。ここで、内壁保護コーティング8の一部分が絶縁破壊された現象を直接的に確認するために、吸着用直流電源16の直流電流28や直流電圧29以外に、図1に示したプラズマ電位プローブ32により、プラズマの電位 P_p 、即ち、内壁保護コーティング8に印加されている電圧を確認した。

【0040】

図4は、プラズマの電位 P_p の変化を示す図である。内壁保護コーティング8のごく近傍でプラズマの電位33を測定したところ、+50[V]の電位を基準として、前記パルス状の変動と同期して、+30[V]程度まで、瞬時に落ち込む様子が観測された。また、図2に示した直流電流28や直流電圧29よりも回復時間が遅く、プラズマ電位の詳細34に示すように、1[s]レベルの時間をかけて+50[V]の電位に復帰する波形である。この波形は、内筒型インナ部品17の表面の内壁保護コーティング8が絶縁破壊を起こし、グラウンド53に電流が流れることにより、プラズマの電位33が急峻に低下し

10

20

30

40

50

、その後、元に戻る様子を示していると判断できる。

【 0 0 4 1 】

以上のように、内筒型インナ部品 17 の表面の内壁保護コーティング 8 の絶縁破壊は、吸着用直流電源 16 の直流電流 28 のパルス状変化によってモニタすることができる。また、同様の変化が直流電圧 29、あるいはプラズマの電位 33 によっても確認できることがわかった。なお、ここでは、同時にモニタしている、プラズマ生成用の高周波電源よりみたプラズマのインピーダンス Z_p 、バイアス印加用の高周波電源よりみたプラズマのインピーダンス Z_p 、およびバイアス印加用高周波電圧のピークツーピーク値 V_{pp} のそれぞれに変化がみられなかったことから、変化や異常の起こっている箇所は内筒型インナ部品 17 であると特定することができる。

10

【 0 0 4 2 】

本実施形態では、反応室 1 の内部の側壁に円筒型インナ部品 17 を配置した例を説明した。しかし、円筒型インナ部品 17 を反応室 1 と一体化した装置においては、誘電体材からなる内壁保護コーティング 8 が絶縁破壊された場合に、反応室ごと交換してしまう措置となることもある。また、本実施形態では、反応室 1 を円筒型と考え、インナ部品 17 も円筒型としたが、必ずしも反応室内面が円筒型でなくとも、内壁保護コーティング 8 が施されており、母材がグラウンドに接地されている部品を内部に配するという点が同様であれば、本発明を適用することができる。即ち、対象となる部品が、反応室内の側壁ではなく、下方を取り囲む底面部品であったり、下方への不要なプラズマ拡散を防いだり下方からの汚染や異物のまき上げを防止するための遮蔽板であったり、試料台のサセプタよりも更に下部を隠すための試料台下部カバーの類であっても、同様に内壁保護コーティング 8 の破壊を検知することができ、メンテナンスが必要である旨の警告を発することができる。

20

【 0 0 4 3 】

[第 2 の実施形態]

本実施形態では、図 1 に示すプラズマ処理装置において、反応室 1 の下部に設置されている試料台 5 あるいは試料台周辺を覆っているサセプタ 20 の近傍に異常が発生した例について説明する。

【 0 0 4 4 】

図 1 に示すプラズマ処理装置において、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p の 4 つの値をモニタしながら、量産を進める。その条件は、第 1 の実施形態における場合と同様の「クリーニング条件」および「エッチング条件」を用いる。4 つのモニタ値を監視していると、第 1 の実施形態において説明したように、ほぼ 10,000 枚毎に、 I_p にパルス状変化がみられ、内筒型インナ部品 17 の表面の内壁保護コーティング 8 の絶縁破壊が発生する。このため、定期的に内筒型インナ部品 17 を新品に交換しながら量産を続行した。100,000 枚目に達して、メンテナンスで内筒型インナ部品 17 を新品に交換し、さらに量産を続行しようとしたところで、第 1 の実施形態で説明したのとは異なるモニタ値の変化がみられた。

30

【 0 0 4 5 】

図 5 は、このとき（試料台 5 あるいは試料台周辺を覆っているサセプタ 20 の近傍に異常が発生したとき）のモニタ値の変化を示す図である。前述の 4 つのモニタ値のうち、 Z_p には変化がみられなかったが、図 5 に示すように、 Z_b と V_{pp} と I_p の 3 つのモニタ値に変動がみられた。変動の時間幅は、第 1 の実施形態で説明したものよりも長く、3 つのモニタ値（ Z_b （ Z_b の実部 35 と Z_b の虚部 36）、 V_{pp} （ピークツーピーク電圧 37）、 I_p （直流電流 38））とも、0.1 ~ 数 [s] 程度であり、それぞれは互いに同期している。

40

【 0 0 4 6 】

第 1 の実施形態とは異なり、 I_p だけでなく、 Z_b や V_{pp} にも変化がみられるという特徴がある。第 1 の実施形態 1 では、内筒型インナ部品 17 の表面の内壁保護コーティング 8 の絶縁破壊に起因する波形であるため、パルス状変化が瞬時に起こり、その後ある時

50

定数で復帰するという特徴があった。しかし、本実施形態では、波形をよくみると、0.1～数[s]程度のある一定時間、異なる値に安定し、そして、再び元の値に戻る（すなわちパルス状の変化が矩形波状になる）という特徴がある。

【0047】

このとき、プラズマ生成用高周波電源よりみたインピーダンス Z_p に目立った変化がみられなかったことから、異常の発生した箇所は、反応室1の上部に設置された、プラズマ生成用の電力をを導入するための誘電体真空窓2、あるいは反応性の処理ガスを導入する誘電体のガス放出板3ではないと判断できる。一方、バイアス印加用高周波よりみたインピーダンス Z_b は変化しており、また、試料台5に印加しているバイアス印加用高周波のピークツーピーク電圧値 V_{pp} も変化している。

10

【0048】

以上のことから、前記波形は、反応室下部に設置された試料台5ならびに試料台周辺を覆っているサセプタ20の内部や近傍の凹凸構造部や隙間部などの空間領域において異常放電を起こしていることを示すモニタ信号であると判断した。この判断に基づいて、この異常を解消するため、試料台5の周辺部をカバーしているサセプタ20を取り外して、調べたところ、メンテナンス時のミスで衝撃が加えられたとみられ、サセプタ20のウエハ4に近い側が1箇所欠けていることがわかった。更に、そのごく近傍で試料台5の上面に設けた誘電体の静電吸着用皮膜11が割れるように剥離していることがわかった。以上のことから、 I_p 、 Z_b 、 V_{pp} の3つのモニタ値に変動がみられたのは、サセプタ20と、試料台5の上面に設けた誘電体の静電吸着用皮膜11の欠落により隙間ができ、その隙間に時々放電が入り込んでいる、または、その隙間で時々放電が発生していることによると判断した。この判断に基づいて、この異常を解消するため、問題の見つかったサセプタ20と、上面に誘電体の静電吸着用皮膜11を設けた試料台5の部品を新品と交換したところ、 I_p 、 Z_b 、 V_{pp} にみられていた変動信号はみられなくなり、正常な状態に復帰した。これより、 I_p 、 Z_b 、 V_{pp} の3つのモニタ値の変化がみられ、 Z_p には変化がみられない場合には、異常の分類として、反応室1の下部に設置されている試料台5あるいは試料台周辺を覆っているサセプタ20の近傍に異常が発生しているとの「異常の分類」が正しいことが確認された。その後も、エッチング条件を一切変更せずに、第1の実施形態で説明したように、10,000枚ごとに内筒型インナ部品17を新品に交換しながら量産を続行した。このとき、メンテナンス時にサセプタ20や試料台5の上面に設けた誘電体の静電吸着用皮膜11を破損しないように注意深く作業を行ったため、200,000枚まで量産を進めても、 I_p 、 Z_b 、 V_{pp} の3つのモニタ値に変化がみられる事態に陥ることはなかった。

20

30

【0049】

本実施形態では、試料台5の上面に設けた誘電体製の静電吸着用皮膜11あるいは周辺部をカバーしている誘電体のサセプタ20の近傍で部品に破壊があった例を説明したが、プラズマ処理装置の電極には、サセプタ20以外にも、ウエハ搬送のために用いるウエハ押し上げピンや、ウエハ裏面にウエハ冷却用のヘリウムガスを供給する配管（穴）、埋め込みヒータ構造など、いくつかの構造物を使用されている。これらの構造物の部品が、高周波バイアスと直流電圧が印加されている試料台5に組み込まれているのであれば、これらの構造物の部品が磨耗、破損し、試料台5の近傍で異常放電を起こした場合にも、同様に本発明を適用することができる。

40

【0050】

なお、高周波バイアスが印加されていない装置の場合には、 Z_b 、 V_{pp} の信号が得られないため、変化が確認できるのは I_p だけとなる。この場合には、波形の特徴（インパルス状パルスあるいは矩形波状のパルス）から、内筒型インナ部品17の表面の内壁保護コーティング8の絶縁破壊であるのか、試料台5あるいは試料台周辺を覆っているサセプタ20の近傍の異常であるのかを判断することができる。

【0051】

[第3の実施形態]

50

本実施形態では、図1に示すプラズマ処理装置において、反応室1の上部に設置されたプラズマ生成用電力を導入するための誘電体真空窓2あるいは反応性の処理ガスを導入する誘電体のガス放出板3の近傍に異常が発生した例について説明する。

【0052】

図1で説明したプラズマ処理装置において、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p の4つの値をモニタしながら量産を進める。その条件は、第1の実施形態と同様の「クリーニング条件」および「エッチング条件」を用いた。第2の実施形態に示される状態に引き続いて、量産を進めた。処理枚数が200,000枚に達した以降も、それまでと同様に4つのモニタ値を監視していると、第1,第2の実施形態で説明したように、ほぼ10,000枚毎に、 I_p にパルス状変化がみられた。このため、定期的に内筒型インナ部品17を新品に交換しながら量産を続行した。その後、トータルで300,000枚目に達して、メンテナンスで内筒型インナ部品17を新品に交換し、さらに量産を305,000枚まで続行したところで、第1,第2の実施形態で説明したものと異なるモニタ値の変化がみられた。

10

【0053】

図6は、このとき(定期的に内筒型インナ部品17を新品に交換しながら量産を305,000枚まで続行したところ)でのモニタ値を示す図である。

【0054】

図に示すように、4つのモニタ値(Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p)の全てに変動がみられる。変動の時間幅は、4つのモニタ値(Z_p (Z_p の実部39と Z_p の虚部40)、 Z_b (Z_b の実部41と Z_b の虚部42)、 V_{pp} (ピークツーピーク電圧43)、 I_p (直流電流44))とともに、約0.1~数[s]程度であり、4つのモニタ値はそれぞれ互いには同期していた。

20

【0055】

このとき、第1,第2の実施形態とは異なり、プラズマ生成用高周波電源よりみたインピーダンス Z_p にも変化がみられたことから、異常の発生した箇所は、反応室1の上部に設置された、プラズマ生成用電力を導入するための誘電体真空窓2あるいは反応性の処理ガスを導入する誘電体のガス放出板3の近傍であると判断できる。なお、誘電体真空窓2とガス放出板3の隙間や、ガス放出板3に設けられているガス放出用の多数のピンホールなどの箇所では、プラズマ処理装置の反応室1内の典型的な圧力である0.5[Pa]から10[Pa]よりも100~1000倍ほど高い圧力となっている。長期に渡る使用により、誘電体真空窓2とガス放出板3の隙間がエッチング用の反応性ガスによって侵食され広がったり、ガス放出板3に設けられているガス放出用の多数のピンホールのひとつひとつが侵食され広がったりすると、これらの箇所では放電が起こることがある。確認のため、誘電体真空窓2とガス放出板3を取り外し、調べたところ、ガス放出板3に設けられているガス放出用の多数のピンホールがエッチングされ広がっていた。特に、いくつかのピンホールは、広がりが大きく、ピンホール内に放電した痕跡があることがわかった。この異常を解消するため、誘電体真空窓2とガス放出板3を新品と交換したところ、 I_p 、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} の4つのモニタ値にみられていた変動はみられなくなり、正常な状態に復帰したことが確認できた。

30

40

【0056】

なお、 Z_p 以外のモニタ値の変化は、誘電体真空窓2とガス放出板3の隙間や、ガス放出板3に設けられたガス放出用のピンホール内部で異常放電が起こった際、その影響でプラズマの密度と分布が変化したことによるものと考えられる。即ち、プラズマの密度と分布が変化し、これにより、 V_{pp} 、およびバイアス印加用高周波よりみたインピーダンス Z_b が変化する。また、プラズマ密度と分布の変化に伴ってプラズマ電位も変化するため、 I_p にも変動がみられたものである。

【0057】

これより、 I_p 、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} の4つの全てに、モニタ値の変化がみられた場合には、異常の分類として、反応室の上部のプラズマ生成用電力を導入するための誘電体真

50

空窓 2 や反応性の処理ガスを導入する誘電体のガス放出板 3 に異常放電が発生しているとの「異常の分類」で正しいことが確認された。その後も、エッチング条件を一切変更せずに、第 1 の実施形態で説明したように、10,000 枚ごとに内筒型インナ部品 17 を新品に交換しながら量産を続行したが、誘電体真空窓 2 やガス放出板 3 が侵食されていく速度は極めて遅いため、その後、400,000 枚まで量産を進めても、 I_p 、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} の 4 つに同時に、モニタ値の変化がみられる事態に陥ることはなかった。

【0058】

本実施形態では、反応室 1 の上部のプラズマ生成用電力を導入するための誘電体真空窓 2 や反応性の処理ガスを導入する誘電体のガス放出板 3 は、例えば、石英やアルミナセラミックス製であり、これらは電磁波を透過する。すなわち、電磁波が透過する箇所では異常放電を起こしたために、その電磁波からみたインピーダンスである Z_p に異常の信号が特に顕著に現れたと考えられる。プラズマ処理装置には、石英やアルミナセラミックスを通してプラズマ生成用の電力を導入する形態だけでなく、直接、導電体（金属や、カーボン、シリコンなど）の上部電極を反応室の上部から挿入した形態のものもある。しかし、上部電極を直接に挿入した、例えば、平行平板型プラズマ装置においても、上部電極近傍の状態変化やその影響による放電状態の変化は、プラズマ生成用電磁波からみたインピーダンス Z_p に現れるため、本発明を同様に適用することができる。

【0059】

[第 4 の実施形態]

本実施形態では、図 1 に示すプラズマ処理装置において、反応室 1 の下部に設置された試料台 5 の近傍に異常が発生した他の例（試料台 5 の上面に設けた誘電体の静電吸着用被膜 11 の膜厚や膜質が変化した場合、あるいは、膜厚や膜質が標準値とは異なっていた場合、例えば、交換した部品が不良品であった場合の例）について説明する。

【0060】

図 1 に示すプラズマ処理装置において、第 3 の実施形態に示す状態に引き続いて、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p の 4 つの値をモニタしながら、量産を進めた。条件は、第 1 の実施形態と同様の「クリーニング条件」および「エッチング条件」を用いた。

【0061】

第 3 の実施形態に示す状態に引き続き、量産を進めた。トータルで、400,000 枚に達した時点においても、これまで通り、ウエハを 10,000 枚処理する毎に内筒型インナ部品 17 を新品に交換し続け、実施形態 1 において説明したパルス状の I_p の変動はみられない状態となっている。

【0062】

図 7 は、このとき（量産開始から処理枚数がトータルで 400,000 枚を超える時点まで）のモニタ値の変化を示す図である。モニタ値 I_p には、直流電流 45 に示すように、パルス状の変動はみられないが、その絶対値が、量産開始直後の $I_p = I_{p1} = +100 [\mu A]$ から、約 20% 上昇している。また、このとき、 V_p についても確認してみたところ、 I_p は約 20% 上昇しているが、吸着用直流電源 16 の容量が十分大きいため、 V_p については電圧降下は認められず、通常通りの $+300 [V]$ となっている。

【0063】

一方、プラズマ生成用高周波電源よりみたインピーダンス Z_p には、変化はなかった。また、バイアス印加用高周波よりみたインピーダンス $Z_b = R_b + j X_b$ の実部 R_b と虚部 X_b は、図中の Z_b の実部 46 と Z_b の虚部 47 に示すように、実部 R_b が数% 減少し、虚部 X_b が数% 増加していた。さらに、試料台 5 に印加されているバイアス印加用高周波のピークツーピーク電圧値 V_{pp} は、図中のピークツーピーク電圧 48 に示すように、数% 減少していることがわかった。

【0064】

このとき、パルス状の放電状態の変動や、それをトリガーとしたプラズマ用整合器 13 やバイアス用整合器 14 のハンチングなどの放電不安定現象を引き起こしているわけではないので、このまま、量産を続行することができた。また、 I_p には約 20% の上昇があ

10

20

30

40

50

るものの、 $Z_b = R_b + j X_b$ の実部 R_b 、虚部 X_b や、バイアス印加用高周波のピークツーピーク電圧値 V_{pp} の変化は小さく、また、このとき、エッチング特性を確認したが、エッチングレートや微細加工形状に許容値を逸脱する大きな変化はみられなかった。

【0065】

このように前記モニタ値には、パルス状の変化が現れていないことから、内壁保護コーティング8の絶縁破壊や、誘電体真空窓2とガス放出板3の近傍で異常放電を起こしているといった状況ではないと考えられる。また、400,000枚の時点で、これまで通り、内筒型インナ部品17を正常な新品部品に交換している状態であるため、ここで検出されている I_p の約20%の上昇は、試料台5の上面に施された静電吸着用被膜11の膜厚や膜質が変化したこと、具体的には、膜厚が薄くなった、あるいは膜質として抵抗率が低下したことによるものと考えられる。

10

【0066】

図6に示す第3の実施形態までは、異常をあらわすモニタ値のパルス状の変化について、その特徴と反応室1の内部の異常との関係を明らかにしてきた。しかし、本実施形態のようにパルス状の変化なしに、 I_p のモニタ値が変化する現象については、十分に認知されていない。このため、量産開始から処理枚数がトータルで400,000枚を超える時点までの履歴データを調べた。

【0067】

図8は、量産開始から処理枚数がトータルで400,000枚を超える時点までのモニタ値 I_p の履歴データを説明する図である。第1の実施形態で説明したように、実際は、10,000枚毎に吸着用直流電源16の直流電流28にパルス状の変動が検出されているが、図8では、このパルス状変動についてのデータ点の記入は省略してある。

20

【0068】

$I_p = +100 [\mu A]$ のモニタ値が、長期にわたって変化していたのかどうか、モニタ値の詳細を調べてみたところ、直流電流49に示すように、量産開始初期の1枚目処理時には、 $I_p = +100 [\mu A]$ であったが、10,000目処理時には、 $I_p = +105 [\mu A]$ まで、わずかながら増加していることがわかった。それ以降も、同様に、10,000枚処理すると、5 $[\mu A]$ 分だけ増加していることが確認された。一方、10,000枚毎に、内筒型インナ部品17を交換したとき、例えば、60,000枚目までの量産を完了し、内筒型インナ部品17を交換して、その後、60,001枚目を処理したとき、交換前と比較して、5 $[\mu A]$ 分だけ I_p が減少していた。

30

【0069】

しかしながら、モニタ値の変化は、10,000枚毎に、 $I_p = +100 [\mu A] + 105 [\mu A]$ の変化を繰り返しているのではなく、長期にわたる変動もみられている。内筒型インナ部品17の交換直後のデータのみを読みとってみると、1枚目では+100 $[\mu A]$ であった I_p が、60,001枚目では+103 $[\mu A]$ まで上昇、さらに相当の量産を進めた400,001枚目では+120 $[\mu A]$ にまで上昇していた。データの全体を把握した結果、 I_p は、長期にわたってわずかずつその値が変化しており、1個の内筒型インナ部品17を10,000枚で使い切るまでの期間毎に5 $[\mu A]$ 増加し、交換すると、ほぼ元に戻る。しかし、長期にわたっては、100,000枚あたり5 $[\mu A]$ の割合で増加を続けていることがわかった。こうして、400,001枚目の処理時には、+120 $[\mu A]$ に至る状況となっていたことが確認された。

40

【0070】

これらの変化は、データの変化の様子から、試料台5の上面に施された静電吸着用被膜11の膜厚や膜質が400,000枚の量産により変化したことにより生じた、吸着用直流電源16の直流電流28の20 $[\mu A]$ 分の増加と、内筒型インナ部品17の表面に施された内壁保護コーティング8の膜厚や膜質が、10,000枚の量産により変化したことにより生じた直流電流28の5 $[\mu A]$ 分の増加が重なったものと判断できる。

【0071】

400,000枚目以降も、402,000枚目まで量産を続けたところ、これまでの

50

傾向通りに、 $I_p = +1.21 [\mu A]$ まで上昇していたため、このまま、410, 000枚目まで量産し、さらに $I_p = +1.25 [\mu A]$ まで上昇していることを確認した後、いつも通り、内筒型インナ部品17を交換した。

【0072】

なお、内筒型インナ部品17交換のタイミングで、試料台5（上面に施された静電吸着用被膜11を含む）を新品に交換したところ、410, 001枚目は、400, 001枚目の $I_p = +1.20 [\mu A]$ と比較して、 $20 [\mu A]$ だけ少ない $I_p = +1.00 [\mu A]$ に戻っていることが確認された。これにより、400, 000枚にわたって長期に上昇してきた $20 [\mu A]$ の変化分は、静電吸着用被膜11の膜厚または膜質の変化を表し、10, 000枚毎にみられる $5 [\mu A]$ の変化分は、内筒型インナ部品17の表面に施された内壁保護コーティング8の膜厚や膜質の変化を表していることが確認された。

10

【0073】

以上のように、 I_p の変化は、10, 000枚毎の内壁保護コーティング8の変化と、それよりも長周期で変化する静電吸着用被膜11の変化を反映しており、長期にわたる変化の傾向を正確に取得しておけば、静電吸着用被膜11の寿命を判断するための情報として用いることができることがわかる。

【0074】

一方、不良部品を模擬するために同機種別の装置を用いて、静電吸着用被膜11の膜厚を故意に30%薄くした試料台Aと、故意に40%薄くした試料台Bを用いてエッチング特性を取得した。

20

【0075】

前述の例のように20%の I_p 増加では、レートと微細パターンの加工寸法の変化は大きくなく、許容範囲に収まっている。一方、30%薄くした試料台Aでは、許容範囲ギリギリにおさまったが、40%薄くした試料台Bでは、許容値を逸脱した。ここで、一例として、30%の膜厚減少（あるいは、膜質変化による30%の抵抗率の減少）を部品特性の管理基準と定めれば、運用法として、内壁保護コーティング8を施した内筒型インナ部品17の交換直後に、 I_p の値をチェックし、 I_p の30%増加を閾値として、それを超えたら、試料台5（上面に施された静電吸着用被膜11を含む）を、新品部品に交換することで、安定してレートや微細パターンの加工寸法が許容値内に保ちながら量産を続けることができる。なお、ここでは、一例として、静電吸着用被膜11の膜厚を故意に薄くした不良品を想定したが、例えば、異なる装置間で、この膜厚が異なる部品が取り付けられているとすれば、装置間差（機差）となることはいうまでもない。このような場合にも、本発明のモニタ値を用いて、どのパーツが機差の原因であるのかを明らかにすることができる。

30

【0076】

本実施形態では、エッチングレシピを固定した量産で、内壁保護コーティング8と静電吸着用被膜11が磨耗していく様子を示したが、試しに、別の装置でこれまでの量産と同一のレシピではなく、堆積性ガスを用いて、内壁保護コーティング8と静電吸着用被膜11上に堆積膜を形成してみた。試料台5にウエハをのせて静電吸着用被膜11を隠して、内壁保護コーティング8上に堆積膜を形成した場合と、試料台5にウエハをのせずに、静電吸着用被膜11と内壁保護コーティング8の両方の上に堆積膜を形成した場合の I_p の変化を調べたところ、本実施形態の磨耗していったときと全く逆の方向にモニタ値が変化していくことが確認された。このように、反応室1内部の誘電体被膜の磨耗だけでなく、誘電体被膜上への堆積に対しても同様の方法で反応室内部の状態を監視できることがわかった。

40

【0077】

なお、本実施形態では、 I_p が20%増加したとき、バイアス印加用高周波よりみたインピーダンス $Z_b = R_b + jX_b$ の実部 R_b と虚部 X_b や、バイアス印加用高周波のピークツーピーク電圧値 V_{pp} の変化は、20%には及ばず、数%程度であったが、 I_p が3

50

0%増加したとき、あるいは、40%増加したときには、 R_b 、 X_b 、 V_{pp} は、少ないながらも、変化していた。

【0078】

以上説明したように、試料台5の上面に施された静電吸着用被膜の変化を検知するには、主たるモニタ値として I_p の変化を監視していく必要があるが、併せて、 R_b 、 X_b 、 V_{pp} の変化を参考にするとよいことがわかる。また、この方法で、短い周期の内筒型インナ部品17の表面の内壁保護コーティング8の膜の変化も監視できることがわかった。このような、長期的な緩やかな変化を量産開始初期からきちんと確認していけば、メンテナンスタイミングや交換すべき部品が予測でき、量産運用に役立てることができる。

【0079】

[第5の実施形態]

ここでは、前述した内筒型インナ部品17表面の内壁保護コーティング8の絶縁破壊を事前に予測し、プラズマ電位を低減しあるいは吸着用直流電源16の電圧を低減することにより回避して、内筒型インナ部品17の交換時期をできるだけ延長させる例について説明する。

【0080】

第1の実施形態で説明したように、内筒型インナ部品17の表面の内壁保護コーティング8はウエハを10,000枚処理する毎に絶縁破壊が起こる状況にある。このような状況において、内筒型インナ部品17の交換時期を少しでも長くするためには、モニタと制御を用いて、できるだけ多い処理枚数まで、絶縁破壊によるパルス状の変動を回避することが望まれる。

【0081】

第1の実施形態で述べたように、内筒型インナ部品17の表面の内壁保護コーティング8の絶縁破壊においては、図3に示したように100[μs]レベルの時間における I_p の変化がみられる。また、同時に、図4に示した1[s]レベルの時間におけるプラズマの電位 P_p の変化がみられる。このとき、 I_p は、100[μs]レベルの瞬時の現象であり、このパルス状の変動が起きたときには、既に内壁保護コーティング8の絶縁破壊が起きてしまっている。また、この I_p のパルス状変動よりも事前には、その予兆とみなせるモニタ値の変動はみられていない。このため、 I_p を参照信号に用いて、パルス状変動を起こさせない制御を実施することは困難である。すなわち、信号が得られたときには、既に変動は起きてしまっている。

【0082】

一方、図4に示したプラズマ電位 P_p を詳しく調べたところ、 P_p がパルス状の変動に至る前の段階で特徴をつかむことができることがわかった。

【0083】

図9は、図4に示す波形を拡大して示す図であり、モニタ値にパルス状変動が現れる時点付近を拡大して示している。図4においてはパルス状変動が起きていないときの P_p の値は、+50[V]で、ほぼ一定に見える。しかし、波形を縦方向に拡大して詳細に確認してみたところ、実際は処理開始時には、 $P_p = +48[V]$ であり、ゆっくりと、+50[V]に向かって上昇していく状況であった。そして、+50[V]に達したところで、内壁保護コーティング8の絶縁破壊が起きていた。

【0084】

その後も、 P_p の波形がアンダーシュートした大きさに応じて時間間隔に多少のパラッキはあるものの、 P_p が+50[V]に達する度に、内壁保護コーティング8の絶縁破壊が起きていることがわかった。以上より、この絶縁破壊は、単純にプラズマの電位50がある閾値以上となったときに、内壁保護コーティング8が耐えきれなくなり破壊する現象と考えることができる。

【0085】

なお、プラズマ電位 P_p が緩やかに上昇していく原因には、いくつか考えられる。例えば、長期の使用に伴って、試料台5の上面の静電吸着用被膜11の抵抗値が下がった場合

10

20

30

40

50

や、何らかの別の原因によりプラズマ9の密度が下がった場合、あるいはプラズマ9の分布が微妙に変化した場合も考えられる。静電吸着用被膜11の抵抗値が多少変化しても、ウエハ4を許容できる吸着力できちんと静電吸着できていれば使用には問題ないし、プラズマ9の密度や分布が微妙に変化しても、その変化が許容範囲内のものであれば、装置を使用し続けることができる。しかしながら、内壁保護コーティング8の破壊が起こり、仮に、その程度がひどい場合には、ウエハ4に汚染や異物の悪影響が出るなど、装置を使用し続けることができなくなることになる。従って、静電吸着用被膜11の多少の抵抗値の変化や、プラズマ9の密度や分布の微妙な変化は許容しても、内壁保護コーティング8の破壊は避けなければならない。

【0086】

10

この考えに基づき、2つの方法で、この絶縁破壊を防止して、内壁保護コーティング8を表面に施した内筒型インナ部品17の新品への交換周期の長期化を試みた。確認の試験は、量産枚数がトータルで420,000枚目に達したタイミングで行った。

【0087】

1つ目の方法としては、プラズマ電位 P_p をモニタし、その値が上昇して+49[V]に達したら、吸着用直流電源16による試料台5への印加電圧値 V_p を10[V]減少させるように制御する。なお、第1の実施形態では、吸着用直流電源16による試料台5への印加電圧値は+300[V]のまま固定している。

【0088】

図10は、プラズマ電位 P_p が上昇したら、吸着用直流電源16による試料台5への印加電圧値 V_p を減少させるような制御を行ったときの、プラズマの電位51、即ち P_p と、吸着用直流電源16により試料台5へ印加している直流電圧52、即ち V_p の変化の様子を示す図である。

20

【0089】

図に示すように1回目にプラズマの電位 P_p が+49[V]に達したとき、吸着用直流電源16による試料台5へ印加している直流電圧52は+300[V]から+290[V]に制御され、このときプラズマの電位51は、+49[V]から+48[V]に低下した。その後、プラズマの電位51は、再びゆるやかに+49[V]まで上昇した。そのとき、直流電圧52は再び制御され、+290[V]から+280[V]に低下させた。

このような制御を行うことにより、図9でみられていたパルス状の変動はみられなくなり、図10に示すようなパルス状変動のない波形となった。すなわち、プラズマの電位51は、設定した上限値(ここでは49[V])を上回らないように制御されている。また、吸着用直流電源16による試料台5への印加電圧は、 V_p としてモニタされ、直流電圧52で示してある。

30

【0090】

この制御を行っている状態でしばらくは量産を続けることができたが、トータル枚数が425,000枚目に至った時点で、プラズマの電位51の最大値を+49[V]に制限するように制御しても、パルス状変動が現れるようになった。この状態は、もはや、内筒型インナ部品17の表面の内壁保護コーティング8の厚みも薄くなってきていると推定される。このため、コーティングの絶縁耐圧低下が進行していると判断し、425,000枚で量産を中断した。結果として、これまで、10,000枚ごとに内筒型インナ部品17を交換していたが、試料台5へ印加している直流電圧を低減するように制御することにより、15,000枚まで部品交換周期を長期化することができた。

40

【0091】

次に、2つ目の方法として、プラズマの電位の最大値の制限を、425,000枚目の処理の時点で、+49[V]から+48[V]に変更した。パルス状の変動が現れるようになったことを検知して、プラズマの電位51の最大値の制限を1[V]低減させるように制御することができるので、自動制御が可能な方法である。

【0092】

パルス的な変動を検知してからプラズマの電位51の最大値の制限を1[V]低下させ

50

る方法は、現象を直接観測して制御する方法であるため、制御としては実施しやすく単純であるが、パルス的な変動の程度によっては、その一枚のウエハを駄目にしてしまう可能性がある。

【0093】

このような制御を前記パルス状の変動を検知する前に行う場合には、[実施例4]に記載したような内筒型インナ部品17の表面に施された内壁保護コーティング8の膜厚や膜質の変化に伴う I_p の変化と併せて R_b 、 X_b 、 V_{pp} の変化を監視する方法が応用できる。この場合には、事前に、 I_p の変化と R_b 、 X_b 、 V_{pp} の変化のトレンドから、内壁保護コーティング8の変化と静電吸着用被膜11の変化を分離するデータベースを作成しておき、このデータベースを用いて前記パルス状の変動を予測するとよい。

10

【0094】

このように、プラズマの電位51の最大値の制限を、+49[V]から、+48[V]、+47[V]、と減少させながら、430,000枚目まで量産を続けたところ、プラズマの電位の最大値の制限が+40[V]まで低下し、プラズマの電位吸着用直流電源16により試料台5へ印加している直流電圧も+210[V]まで低下した状況となった。

【0095】

このとき、ウエハの静電吸着力が、許容値を下回って、ウエハの吸着が不十分な状況となり、装置がウエハ吸着力不足のエラーメッセージを発した。このため、430,000枚目で量産を中断した。プラズマの電位の最大値の制限を低下させていく制御方法で、さらに、+5,000枚分、量産を続行することができ、内筒型インナ部品17の交換周期は20,000枚まで長周期化できた。

20

【0096】

吸着用直流電源16により試料台5へ印加している直流電圧を低くしていくと、最後はウエハの吸着力が不十分となってしまう。内筒型インナ部品17の表面に施された内壁保護コーティング8の絶縁破壊を防ぐためには、試料台5へ印加している直流電圧を低くすることが好ましいが、ウエハの吸着力がその限界を決めていることがわかった。直流電圧を、さらにマイナスの値まで大きく下げ、例えば、-500[V]まで下げると、再びウエハの吸着力を増すこともできる。しかし、たとえマイナスの値を用いても、吸着力を大きくするために印加電圧を大きくしなければならないという点については同様であり、印加電圧の正負によらず、本発明を適用することができる。

30

【0097】

[第6の実施形態]

本実施形態では、プラズマ処理装置として、プラズマ生成用の高周波を上部の誘電体真空窓を通して導入するのではなく、反応室下部に設置された試料台より導入するプラズマ装置を用いた例について説明する。

【0098】

図11は、プラズマ生成用の高周波電力を反応室下部に設置された試料台より導入するプラズマ装置を説明する図である。図11に示すように、プラズマ生成用電源61により発生した高周波を、プラズマ用整合器62を介して反応室53下部の試料台56側より導入してプラズマを発生させている。なお、反応室53に設けられたガス放出板54、排気口57、内壁保護コーティング58が施された円筒型インナ部品66、ウエハ55、試料台56、静電吸着用被膜60、サセプタ69、バイアス用電源14、バイアス用整合器15、吸着用直流電源16については、図1のものと同様の構成である。

40

【0099】

反応室53内に、反応性ガスを典型的には0.5[Pa]から10[Pa]程度の圧力を保持しながらガス放出板54より放出した状況下で、プラズマ生成用電源61からの高周波電力を、プラズマ用整合器62に通して試料台56に印加する。これにより、反応室53内にプラズマ59が生成される。この反応室53の中で、ウエハ55をプラズマ59にさらしつつ、ウエハ55に吸着用直流電圧と高周波バイアスを印加することにより、エ

50

ッチング処理が進行する。

【0100】

このとき、プラズマ生成用の高周波電源（第1の高周波電源）よりみた、プラズマ反応室のインピーダンス Z_p を、プラズマ用整合器62、あるいはプラズマ用整合器62の近傍に取り付けたプラズマ生成側インピーダンスモニタ67によりモニタする。また、バイアス印加用の高周波電源（第2の高周波電源）よりみた、プラズマ反応室のインピーダンス Z_b を、バイアス用整合器64、あるいはバイアス用整合器64の近傍に取り付けたバイアス印加側インピーダンスモニタ68によりモニタする。また、試料台56にバイアス用電源63からの高周波を印加したときの高周波電圧のピークツーピーク値 V_{pp} をモニタする。さらに、同じ試料台5に印加される吸着用直流電源65の直流印加電圧 V_p あるいは直流電流 I_p をモニタする。プラズマ生成用電源61とバイアス用電源63は、同じ試料台56に印加しているが、異なる周波数を用いているので、プラズマ生成用高周波からみたインピーダンス Z_p と、バイアス印加用高周波からみたインピーダンス Z_b はそれぞれ独立にモニタ可能であり、また、試料台56におけるバイアス印加用高周波電圧のピークツーピーク値 V_{pp} も、プラズマ生成用高周波と区別して検知することができる。

10

【0101】

第6の実施形態では、図11のプラズマ処理装置において、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p の4つの値をモニタすることにより、反応室53内での変化や異常を検知することができる。ここで、この際における前記第1ないし第5の実施形態との差異について説明する。

【0102】

まず、第1の実施形態で説明した、内筒型インナ部品66表面に施した内壁保護コーティング58の絶縁破壊については、極めて短時間のパルス状現象であるため、発生初期には、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} には変化はみられず、吸着用直流電源65の直流電流、即ち I_p にパルス状の変化がみられる。プラズマ生成用電源61とプラズマ用整合器62を結合する箇所は、図1とは異なっているが、直流電流 I_p のモニタにより判断する点は同じであり、第1の実施形態と全く同様に異常を検知できる。

20

【0103】

一方、第2の実施形態で説明した、試料台56の近傍あるいは試料台周辺を覆っているサセプタ69の近傍の異常放電については、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p に変化がみられる。第2の実施形態では、プラズマ生成用高周波は反応室上部の誘電体真空窓より導入していたため、試料台やサセプタの近傍の異常放電は、 Z_p には影響を及ぼさなかった。しかし、本実施形態では、プラズマ生成用高周波を、バイアス印加用高周波や静電吸着用の直流電圧と共に、同じ試料台に印加しているため、 Z_p にも変動が観測される。

30

【0104】

また、第3の実施形態で説明した、誘電体真空窓とガス放出板の隙間やガス放出用のピンホール近傍の異常放電については、本実施形態の方式では、誘電体真空窓を通してプラズマ生成用高周波を導入しているわけではないので、起こりにくいし、検出できない。本実施形態の方式では、むしろ異常放電は、プラズマ生成用高周波とバイアス印加用高周波の両者を印加している試料台56側で発生しやすいことに注意しなければならない。第3の実施形態では、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p の全てに変動が検知されたとき、誘電体真空窓とガス放出板近傍の異常と分類したが、本実施形態では、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p の全てに変動が検知されたとき、試料台56の近傍あるいは試料台周辺を覆っているサセプタ69の近傍の異常放電との分類となる。

40

【0105】

第4の実施形態を説明した、試料台56の表面に施された静電吸着用被膜60や、内筒型インナ部品66の表面に施された内壁保護コーティング58の膜厚や膜質の変化については、主な変化は I_p にみられ、 Z_b 、 V_{pp} にもわずかに変化がみられる点については、同様である。第4の実施形態とは異なり、本実施形態では、 Z_p にもわずかに変化がみられるが、主たるモニタ信号である I_p が第4の実施形態と同様な変化をするため、判別できる。

50

【 0 1 0 6 】

また、第 5 の実施形態で説明した、プラズマの電位 P_p を参照した吸着用直流電源電圧 V_p の制御による、内筒型インナ部品 6 6 表面に施した内壁保護コーティング 5 8 の絶縁破壊の防止については、プラズマ生成用高周波やバイアス印加用高周波を印加する箇所によらず、同様に適用できる。

【 0 1 0 7 】

[第 7 の実施形態]

本実施形態では、図 1 2 に示すように、プラズマ生成用の高周波を上部の誘電体真空窓を通して導入し、かつプラズマ生成用高周波による電界強度の強い領域から離れた位置にガス導入口を設けたプラズマ処理装置を用いた例について説明する。

10

【 0 1 0 8 】

図 1 2 は、プラズマ生成用の高周波を上部の誘電体真空窓を通して導入し、かつプラズマ生成用高周波による電界強度の強い領域から離れた位置にガス導入口を設けたプラズマ処理装置を示す図である。なお、この装置では誘電体真空窓の直下に反応性の処理ガスを導入する誘電体のガス放出板を設けるのではなく、処理用のガスは、プラズマ生成用高周波の電界強度の強い領域から離れた位置に設けたガス導入口を介して導入される。

【 0 1 0 9 】

プラズマ処理を行う反応室 7 2 には、上部にプラズマ生成用の R F 帯の高周波を導入する誘電体真空窓 7 3 が設けられている。反応性ガスは、図 1 あるいは図 1 1 で説明したプラズマ処理装置とは異なり、プラズマ生成用高周波を導入するループアンテナ 8 6 の位置から離れた、誘電体真空窓 7 3 の中央部に設けた中央部ガス導入部 8 4、あるいは周辺部に設けた周辺部ガス導入口 8 5、あるいはその両者を介して反応室 7 2 内に導入される。

20

エッチング処理により生成された反応生成物等は反応室 7 2 下方の排気口 7 4 より排気される。反応室 7 2 の内部の側壁部には、アルミニウム母材の表面に誘電体による内壁保護コーティング 7 5 が施された円筒型インナ部品 7 6 が設置されている。エッチング処理されるウエハ 7 7 は、試料台 7 8 の上面に設けた誘電体（高抵抗体）の静電吸着用被膜 7 9 で形成された静電チャック上に載置され、ウエハ 7 7 を静電気力により吸着する。ウエハ 7 7 と静電吸着用被膜 7 9 との間にヘリウムガスを充填することで、ウエハ 7 7 と試料台 7 8 の上面の静電吸着用被膜 7 9 との間の熱伝達を確保して、ウエハ 7 7 を温度制御する。試料台 7 8 の周辺部は誘電体のサセプタ 8 0 によりカバーされている。また、試料台 7 8 にはウエハ 7 7 に高周波バイアスを印加するためのバイアス用整合器 8 1、バイアス用電源 8 2、およびウエハ 7 7 を静電気力により吸着するために必要な吸着用直流電源 8 3 が接続されている。

30

【 0 1 1 0 】

反応室 7 2 内に、反応性ガスを典型的には 0 . 5 [P a] から 1 0 [P a] 程度の圧力を保持しながら中央部ガス導入部 8 4、周辺部ガス導入口 8 5、あるいはその両者より放出した状況下で、プラズマ生成用電源 8 7 からの R F 帯の高周波の電力を、プラズマ用整合器 8 8、誘電体真空窓 7 3 よりも外側（大気側）に置かれたループアンテナ 8 6 を介して反応室 7 2 内に導入することによりプラズマ 8 9 を生成する。このように、反応室 7 2 の中のウエハ 7 7 を吸着用直流電圧と高周波バイアスが印加された状態でプラズマ 8 9

40

【 0 1 1 1 】

本実施形態の装置は、図 1 あるいは図 1 1 に示す装置とは、ループアンテナからの放射される生成用高周波の電界強度が弱くなっている誘電体真空窓の中央部と反応室の周辺部にガス導入口が設けている点で異なっている。なお、反応室 7 2 に設けられた排気口 7 4、内壁保護コーティング 7 5 が施された円筒型インナ部品 7 6、ウエハ 7 7、試料台 5 6、静電吸着用被膜 6 0、サセプタ 6 9、バイアス用電源 1 4、バイアス用整合器 1 5、吸着用直流電源 1 6 については、図 1 あるいは図 1 1 に示すものと同様の構成である。また、プラズマ生成用電源 8 7 からの電力を、プラズマ用整合器 8 8、誘電体真空窓 7 3 よりも外側（大気側）に置かれたアンテナを介して導入する点は、図 1 と同様であるが、ア

50

ンテナの形態が違うために、中央部と周辺部で電界強度が弱く、その中間のミドル部（即ち、ループアンテナの下方の部分）で電界強度が強くなっている。

【0112】

モニタしている箇所については、図1とほぼ同様である。プラズマ生成用の高周波（第1の高周波）よりみた、プラズマ反応室のインピーダンス Z_p を、プラズマ用整合器88、あるいはプラズマ用整合器88の近傍に取り付けた、プラズマ生成側インピーダンスモニタ90によりモニタする。アンテナやケーブル結合部の形態、プラズマ生成用高周波の周波数が異なるが、反応室上部からの導入しているプラズマ生成用高周波からみたプラズマのインピーダンスをモニタしているという点に関しては、原理的には同じである。

【0113】

また、バイアス印加用の高周波（第2の高周波）よりみた、プラズマ反応室のインピーダンス Z_b を、バイアス用整合器81、あるいはバイアス用整合器81の近傍に取り付けたバイアス印加側インピーダンスモニタ91によりモニタする。また、試料台78にバイアス用電源82からの高周波を印加したときの高周波電圧のピークツーピーク値 V_{pp} をモニタする。加えて、同じ試料台78に印加される吸着用直流電源83の直流印加電圧 V_p あるいは直流電流 I_p をモニタする。

【0114】

本実施形態では、図1のプラズマ装置における実施形態とは若干異なる例として、図12に示すプラズマ処理装置において、反応室72の上部のプラズマ生成用パワーを導入するための誘電体真空窓73が磨耗した場合の例を説明する。

【0115】

図12示すプラズマ処理装置において、 Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p の4つの値をモニタしながら、量産を進めた。装置形態が異なるため、プラズマ分布やプラズマ密度が若干異なるが、条件としては、第1の実施形態と同様の「クリーニング条件」ならびに「エッチング条件」を用いた。量産を開始してから10,000枚まで処理を行ったところ、本装置においても、第1の実施形態と同様に、 I_p にパルス状のモニタ信号が検知された。そこで、第1の実施形態と同様に、これを、内筒型インナ部品76上の内壁保護コーティング75の絶縁破壊と判断し、その後、10,000枚毎に、内筒型インナ部品76を交換しながら、300,000枚まで量産を続けた。量産開始から、300,000枚までの Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} 、 I_p のモニタ値を確認したところ、 I_p については、図8と同様の変化を示しており、長期にわたる試料台78上の静電吸着用被膜79の変化と10,000枚毎に繰り返される内筒型インナ部品76上の内壁保護コーティング75の変化を反映したモニタ値の変化を示していた。それ以外の Z_p 、 Z_b 、 V_{pp} の3つのモニタ値を確認したところ、図1の装置を用いた場合とは異なる特徴として、特に Z_p の値に大きな変化（減少）がみられていることが確認された。また、わずかな数%程度ではあるが、 Z_b ならびに V_{pp} にも変化がみられた。

【0116】

このとき、この異常の種類分類として、プラズマ生成用高周波よりみたインピーダンス Z_p に最も大きな変化が現れていることから、異常の発生した箇所は反応室72の上部に設置された誘電体真空窓73であると考えた。但し、図12の装置では、誘電体真空窓の近傍にガス分散板は存在しないため、誘電体真空窓とガス分散板の隙間などで異常放電していたときのモニタ値の変化（図6）のようにパルス状にモニタ値が変化するのではなく、インピーダンス Z_p の値が大きく変化している。また、内筒型インナ部品76を新品に交換した直後の300,001枚目の微細パターンのエッチング特性を確認してみたところ、残念ながら、レートやエッチングの仕上がり寸法などのエッチング特性が、わずかながら、許容範囲を逸脱してしまっていることがわかった。そこで、一旦量産を中断し、誘電体真空窓73を新品に交換した。これまで使ってきた誘電体真空窓は取りはずされたので、まず、部品の状態を良く調べてみたところ、組み込まれているときにちょうどループアンテナ86の真下にあたる位置（中央と周辺の間あたりミドル位置）で、mmレベルで誘電体材料が削れており、その部分で誘電体真空窓の厚みが薄くなっていることが

10

20

30

40

50

判明した。一方、誘電体真空窓 73 を新品と交換したのちの微細パターンのエッチング特性を確認してみたところ、エッチング特性は、許容範囲内におさまっていることがわかった。これより、特に Z_p が大きく変化した場合には、異常の分類として、プラズマ生成用高周波を導入するための誘電体真空窓の厚みの減少との「異常の分類」で正しいことが確認された。

【 0 1 1 7 】

誘電体真空窓の厚みが変われば、たとえプラズマ特性が不変であろうとも、プラズマ生成用高周波側からみたプラズマのインピーダンス Z_p は、誘電体真空窓の電気特性が変化しただけ変化する。実際には、わずかに V_{pp} や Z_b にも変化がみられている状況であり、また、エッチング特性も許容範囲を逸脱するところまで変化してしまっている。これより、本実施形態では、誘電体真空窓の電気特性の変化が Z_p の顕著な変化にみられており、一方、誘電体真空窓の厚みの変化によってプラズマの密度あるいは分布も変化し、この影響を受け、 V_{pp} と Z_b にも数%程度の変化がみられたものと推定される。

10

【 0 1 1 8 】

第 3 の実施形態では、誘電体真空窓の厚みの減少によるモニタの値の変化よりも、誘電体真空窓とガス分散板の近傍の異常放電によるモニタのパルス状変動の方が先に現れたが、本実施形態では、中央部ガス導入口 84 あるいは周辺部ガス導入口 85 の近傍の異常よりも、ループアンテナ 86 の真下の位置で、誘電体真空窓が磨耗することによる異常の方が顕著に現れていることになる。第 3 の実施形態と本実施形態は、どちらも、反応室上部の誘電体真空窓の異常である。結果的に第 3 の実施形態では異常放電に、本実施形態では顕著な磨耗に陥っており、異常の状況は異なる。しかし、本質的には、どちら装置においても、多かれ少なかれ、誘電体真空窓の磨耗も、ガスを導入する導入口近傍の磨耗も、その両者が起こっており、そのどちらが先に問題を起こしたかどうかの差である。誘電体真空窓近傍で電界が比較的均一な図 1 の装置では、誘電体真空窓の厚みの減少は少ないが、ガス放出板のガス導入口部分の磨耗が起こる。一方、ガス導入口付近では電界の弱い本実施形態の図 12 の装置では、ガス導入口が磨耗して広がる速度は遅いが、その分、電界の強い部分では、誘電体真空窓の磨耗が顕著となり、先に問題となったと考えられる。

20

【 0 1 1 9 】

以上説明したように、第 1 ないし第 7 の実施形態で説明したように、試料台に印加する高周波電圧のピークツーピーク値 V_{pp} は、それぞれの変化や異常を分類するために必ずしも必須ではない。従って、ここで説明してきた範囲内であれば、 Z_p 、 Z_b 、 I_p の 3 つ、あるいは、プラズマ生成用高周波を反応室下部の試料台から導入する方式（プラズマ生成用高周波がバイアス印加用高周波も兼ねる場合も含む）の場合は、 Z_p または Z_b のいずれかと、 I_p の 2 つのモニタ値を監視すれば良いことになる。

30

【 0 1 2 0 】

なお、第 1 の実施形態では、インピーダンスを $R_p + jX_p$ や $R_b + jX_b$ [] のように表したが、負荷電圧反射係数表示でスミスチャート上に表してもよいし、整合器の可動素子の位置を指示する値、例えば、真空バリコンやリアスタブの位置などのインピーダンスに依存した値を代わりに用いてもよい。

【 0 1 2 1 】

また、前記各実施例で説明した事例（モニタ値の変化とこれに対応する部品の劣化の過程）をデータベース化して、図示しない制御装置に格納しておき、前記制御装置はこのデータベースと前記モニタ値とを組み合わせることにより、部品の経時変化、異常の有無、前記変化あるいは異常の発生箇所、異常の種類等を判別して表示し、あるいは警報を発することができる。

40

【 0 1 2 2 】

また、前記モニタ値の経時変化をもとに交換部品を事前に準備しておくことが可能となる。このため、プラズマ処理装置のメンテナンスの管理に役立てることができる。

【 0 1 2 3 】

このように、本発明の各実施形態によれば、反応室内部の変化あるいは異常の有無を判

50

定するだけでなく、複数のモニタ値の変化とその特徴を解析して、変化や異常の原因となった箇所とその種類を明らかにし、更にメンテナンスが必要となる時期や、交換すべき部品をあらかじめ予測することができる。このため、不良品デバイスを無駄に生産してしまうことを防止できるだけでなく、プラズマ処理装置を用いて量産処理を行う際に必要とされるメンテナンスを計画的に実行することが可能であり、プラズマ処理装置を長期に渡り安定に管理することができる。

【0124】

なお、以上の説明ではエッチング装置を対象として説明したが、アッシング、CVD、表面改質などのプラズマを用いる試料の処理装置に広く適用することができる

【図面の簡単な説明】

10

【0125】

【図1】第1の実施形態の形態に係るプラズマ処理装置を説明する図である。

【図2】正常動作時におけるモニタ値の状態を示す図である。

【図3】吸着用直流電源16から出力される直流電流の経時変化の詳細を説明する図である。

【図4】プラズマの電位 P_p の変化を示す図である。

【図5】試料台5あるいは試料台周辺を覆っているサセプタ20の近傍に異常が発生したときのモニタ値の変化を示す図である。

【図6】定期的に内筒型インナ部品17を新品に交換しながら量産を305,000枚まで続行したところでのモニタ値を示す図である。

20

【図7】量産開始から処理枚数がトータルで400,000枚を超える時点までのモニタ値の変化を示す図である。

【図8】量産開始から処理枚数がトータルで400,000枚を超える時点までのモニタ値 I_p の履歴データを説明する図である。

【図9】図4に示す波形を拡大して示す図である。

【図10】プラズマ電位 P_p が上昇したら、吸着用直流電源16による試料台5への印加電圧値 V_p を減少させるような制御を行ったときの、プラズマの電位 P_p と、吸着用直流電源電圧 V_p の変化の様子を示す図である。

【図11】プラズマ生成用の高周波電力を反応室下部に設置された試料台より導入するプラズマ装置を説明する図である。

30

【図12】プラズマ生成用の高周波を上部の誘電体真空窓を通して導入し、かつプラズマ生成用高周波による電界強度の強い領域から離れた位置にガス導入口を設けたプラズマ処理装置を示す図である。

【符号の説明】

【0126】

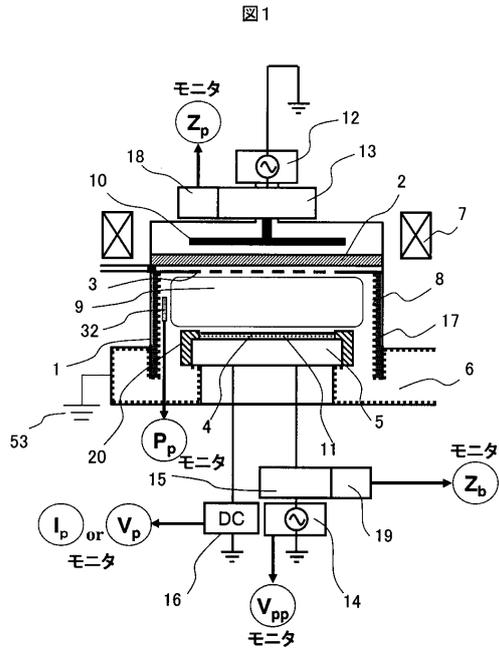
- 1 反応室
- 2 誘電体真空窓
- 3 ガス放出板
- 4 ウエハ
- 5 試料台
- 6 排気口
- 7 磁場コイル
- 8 内壁保護コーティング
- 9 プラズマ
- 10 アンテナ
- 11 静電吸着用被膜
- 12 プラズマ生成用電源
- 13 プラズマ用整合器
- 14 バイアス用電源
- 15 バイアス用整合器

40

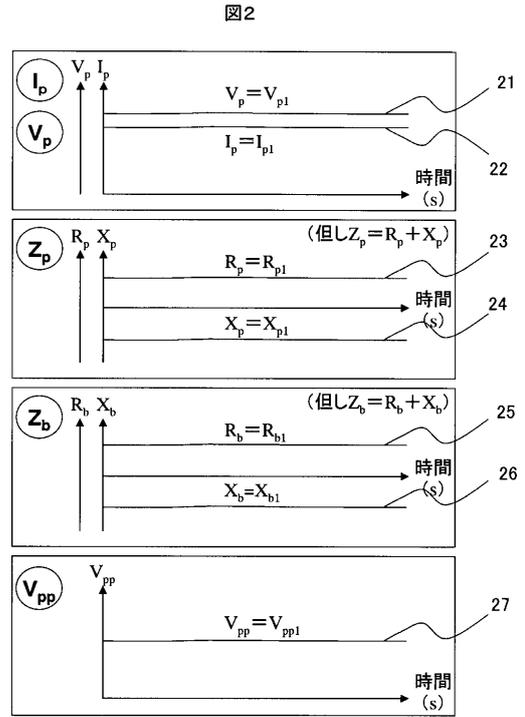
50

1 6	吸着用直流電源	
1 7	内筒型インナ部品	
1 8	プラズマ生成側インピーダンスモニタ	
1 9	バイアス印加側インピーダンスモニタ	
2 0	サセプタ	
3 2	プラズマ電位プローブ	
5 3	反応室	
5 4	ガス放出板	
5 5	ウエハ	
5 6	試料台	10
5 7	排気口	
5 8	内壁保護コーティング	
5 9	プラズマ	
6 0	静電吸着用被膜	
6 1	プラズマ生成用電源	
6 2	プラズマ用整合器	
6 3	バイアス用電源	
6 4	バイアス用整合器	
6 5	吸着用直流電源	
6 6	内筒型インナ部品	20
6 7	プラズマ生成側インピーダンスモニタ	
6 8	バイアス印加側インピーダンスモニタ	
6 9	サセプタ	
7 0	プラズマ電位プローブ	
7 1	グラウンド	
7 2	反応室	
7 3	誘電体真空窓	
7 4	排気口	
7 5	内壁保護コーティング	
7 6	内筒型インナ部品	30
7 7	ウエハ	
7 8	試料台	
7 9	静電吸着用被膜	
8 0	サセプタ	
8 1	バイアス用整合器	
8 2	バイアス用電源	
8 3	吸着用直流電源	
8 4	中央部ガス導入口	
8 5	周辺部ガス導入口	
8 6	ループアンテナ	40
8 7	プラズマ生成用電源	
8 8	プラズマ用整合器	
8 9	プラズマ	
9 0	プラズマ生成側インピーダンスモニタ	
9 1	バイアス印加側インピーダンスモニタ	

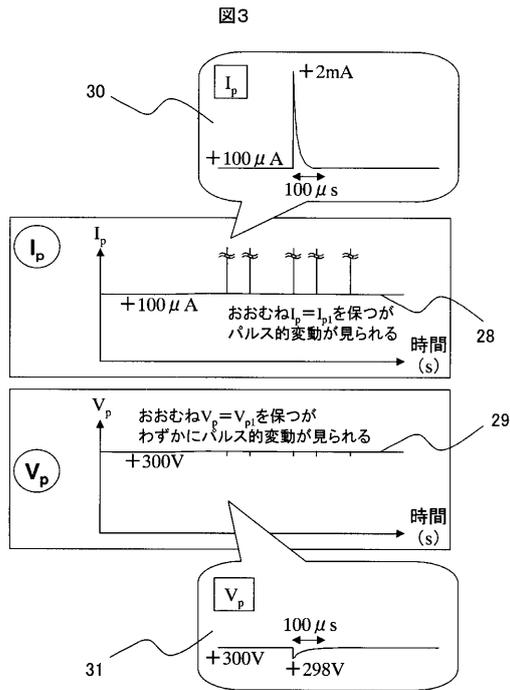
【 図 1 】



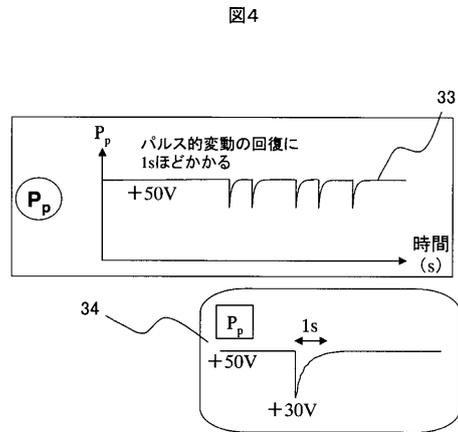
【 図 2 】



【 図 3 】

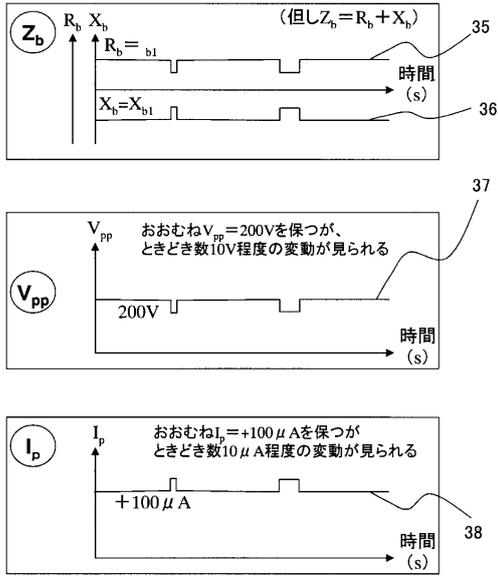


【 図 4 】



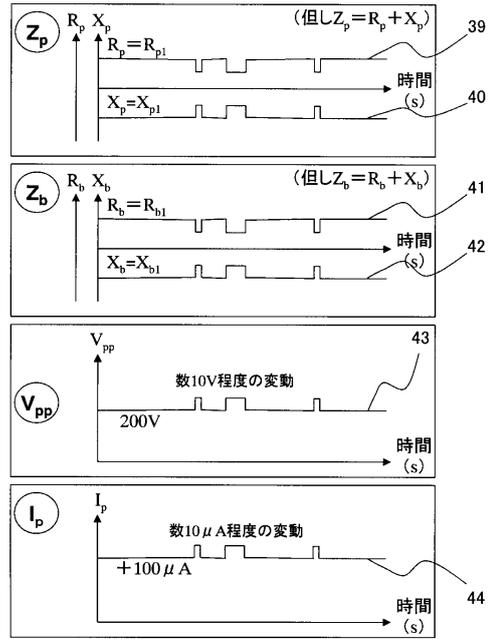
【 図 5 】

図5



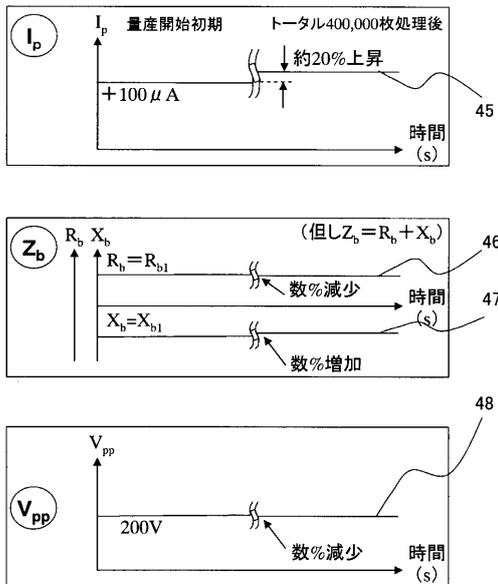
【 図 6 】

図6



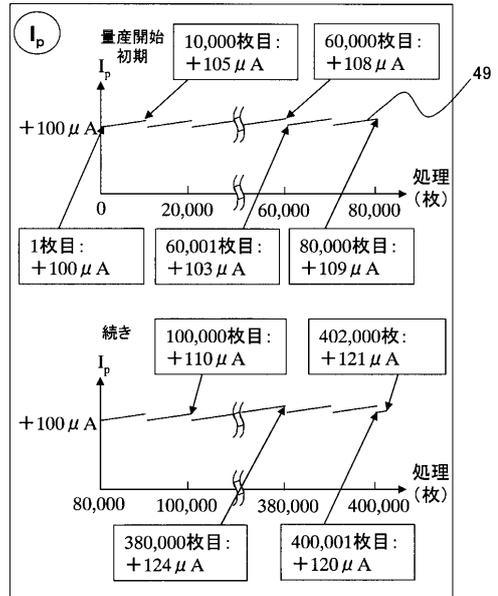
【 図 7 】

図7



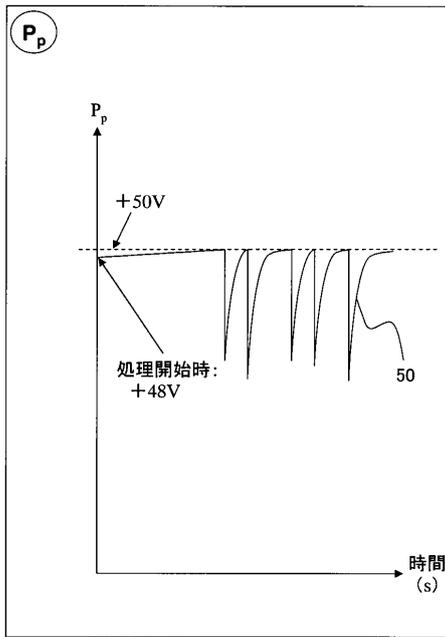
【 図 8 】

図8



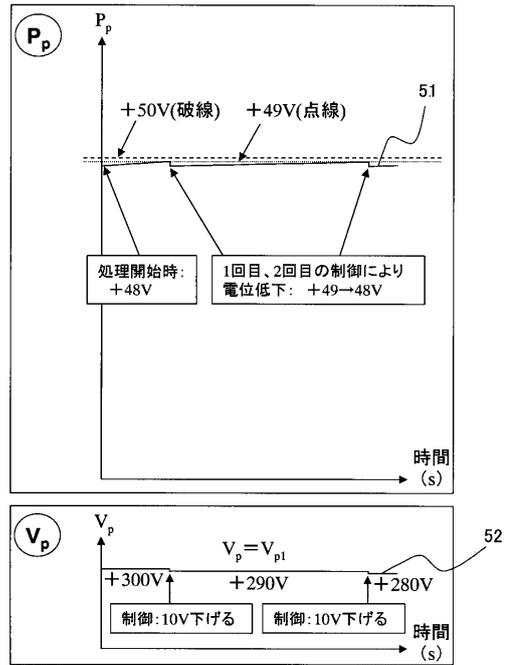
【図9】

図9



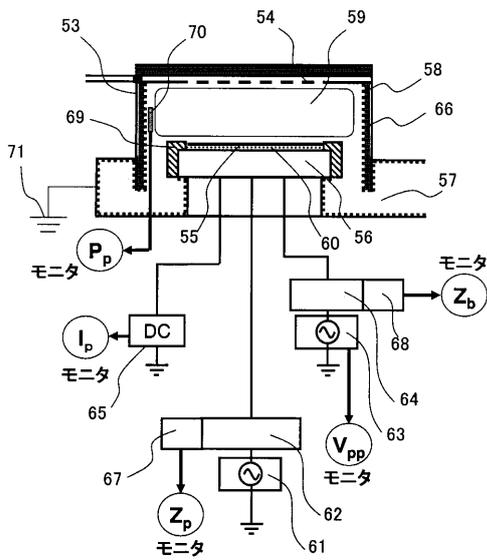
【図10】

図10



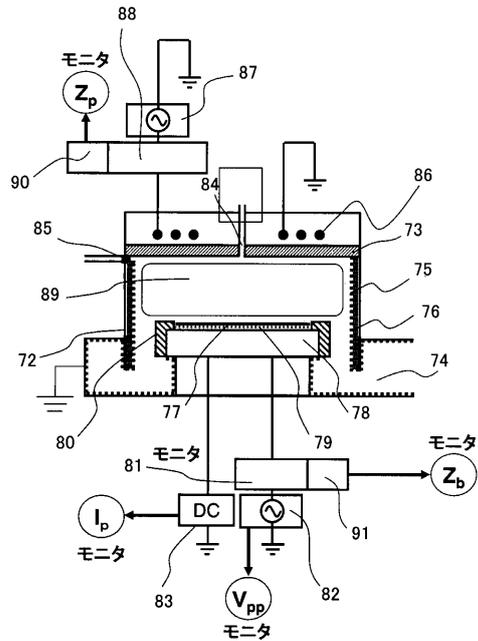
【図11】

図11



【図12】

図12



フロントページの続き

(72)発明者 吉開 元彦

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業所内

審査官 関根 崇

(56)参考文献 特開2006-054148(JP,A)

特開平08-330095(JP,A)

特開平09-054130(JP,A)

特開2004-355330(JP,A)

特開2003-234332(JP,A)

特開平06-232089(JP,A)

特開平10-223744(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

C23C 16/505

H01L 21/205

H05H 1/00