

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4887202号  
(P4887202)

(45) 発行日 平成24年2月29日(2012.2.29)

(24) 登録日 平成23年12月16日(2011.12.16)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 1 B

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2007-108421 (P2007-108421)	(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(22) 出願日	平成19年4月17日(2007.4.17)	(74) 代理人	100125254 弁理士 別役 重尚
(65) 公開番号	特開2007-180596 (P2007-180596A)	(74) 代理人	100118278 弁理士 村松 聡
(43) 公開日	平成19年7月12日(2007.7.12)	(72) 発明者	佐々木 和男 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日	平成22年1月29日(2010.1.29)	(72) 発明者	中村 充一 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
		審査官	長谷部 智寿

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及び高周波電流の短絡回路

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を收容する收容容器と、該收容容器内に配置されて前記基板を載置する載置台としての下部電極と、該下部電極に対向して配置され且つ前記收容容器内に処理ガスを供給する上部電極と、前記下部電極又は前記上部電極の少なくとも一方に接続された高周波電源と、前記下部電極又は前記上部電極の少なくとも一方を絶縁部を介して支持すると共に前記收容容器の内壁から離間して配置される接地基板と、該接地基板及び前記收容容器の内壁を短絡する短絡板とを備えるプラズマ処理装置において、

前記短絡板及び前記收容容器の内壁の間にコンデンサが介在し、該コンデンサは前記收容容器の内壁に設けられ、

前記短絡板は断面が矩形の直線導体からなり、途中で少なくとも2つに分岐していることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】

前記コンデンサの容量性リアクタンスを  $X_c$  とし、前記短絡板の誘導性リアクタンスを  $X_L$  とした場合、

$$X_c = -X_L / 2$$

が成立することを特徴とする請求項1記載のプラズマ処理装置。

【請求項3】

前記コンデンサは絶縁層と、該絶縁層を挟持する2つの導電体とからなり、前記絶縁層はセラミックシート、溶射セラミック層及びフッ素樹脂層からなる群から選択された1つ

であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記短絡板及び前記接地基板の間に他のコンデンサが介在し、該他のコンデンサは前記接地基板に設けられ、

前記コンデンサの静電容量を  $C_1$  とし、前記短絡板の自己インダクタンスを  $L$  とし、前記他のコンデンサの静電容量を  $C_2$  とし、前記高周波電源が供給する高周波電力の周波数を  $f$  とし、角周波数を  $2\pi f$  とした場合、

$$C_1 = C_2 = 2 / (\pi^2 \times L)$$

が成立することを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

基板を収容する収容容器と、該収容容器内に配置されて前記基板を載置する載置台としての下部電極と、該下部電極に対向して配置され且つ前記収容容器内に処理ガスを供給する上部電極と、前記下部電極又は前記上部電極の少なくとも一方に接続された高周波電源と、前記下部電極又は前記上部電極の少なくとも一方を絶縁部を介して支持すると共に前記収容容器の内壁から離間して配置される接地基板とを備えるプラズマ処理装置における前記接地基板及び前記収容容器の内壁を短絡する高周波電流の短絡回路であって、

前記接地基板及び前記収容容器の内壁を短絡する短絡板と、該短絡板及び前記収容容器の内壁の間に介在するコンデンサとを有し、

該コンデンサは前記収容容器の内壁に設けられ、

前記短絡板は断面が矩形の直線導体からなり、途中で少なくとも 2 つに分岐していることを特徴とする短絡回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ処理装置及び高周波電流の短絡回路に関し、特に、基板にプラズマ処理を施すプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

第 7 世代や第 8 世代の液晶パネル用のガラス基板にエッチング処理を施すプラズマ処理装置 50 は、図 6 に示すように、ガラス基板（以下、単に「基板」という。）G を収容するチャンバ 51 と、該基板 G を載置する下部電極 52 と、該下部電極 52 と対向するシャワーヘッド 53 の上部電極 54 とを備える。このプラズマ処理装置 50 では、上部電極 54 及び下部電極 52 の間の空間（以下、「処理空間」という。）に供給された処理ガスを高周波電界によって励起してプラズマを発生させ、該プラズマによって基板 G にエッチング処理を施す。

【0003】

プラズマ処理装置 50 では、下部電極 52 が接地基板 55 によって支持され、該接地基板 55 は上下方向に移動可能なピラー 56 及びベローズ 57 を介してチャンバ 51 に接続されている。チャンバ 51 は接地されているため、エッチング処理の際、上部電極 54 処理空間のプラズマ 下部電極 52 接地基板 55 ピラー 56 ベローズ 57 チャンバ 51 の経路で高周波電流が流れる。ここで、ピラー 56 やベローズ 57 は導電体からなるため、接地基板 55 はチャンバ 51 と直流的に同電位であるが、ピラー 56 やベローズ 57 によってリアクタンスが発生するため交流的には同電位とならない。

【0004】

また、第 7 世代や第 8 世代の液晶パネルは非常に大きいため、下部電極 52 や接地基板 55 も非常に大きく、その結果、接地基板 55 及びチャンバ 51 の壁面の間における空間（以下、「下部空間」という。）も非常に大きくなる。そして、交流的に同電位とならない接地基板 55 及びチャンバ 51 の壁面の間には電位差が生じるため、下部空間にも高周波電流が流れて容量結合プラズマや異常放電が発生することがある。このプラズマによって処理空間におけるプラズマの密度が低下し、均一性が悪化する。また、異常放電によっ

10

20

30

40

50

てパワー効率が低下し、さらには接地基板 55 が削れてパーティクルが発生する。

【0005】

そこで、プラズマ処理装置 50 では、接地基板 55 及びチャンバ 51 の壁面を交流的に短絡する導電性材料からなる薄板状の短絡板 58 が設けられている（例えば、特許文献 1 参照。）。

【特許文献 1】特許 3710081 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、第 7 世代や第 8 世代の液晶パネル用の基板 G にエッチング処理を施すには高パワー、例えば、10 kW 以上の高周波電力を処理空間に供給する必要がある。このとき、処理空間や接地基板 55 を流れる高周波電流は 100 A 以上になる。また、短絡板 58 は自己インダクタンスを有し、高周波電流に対応して誘導性リアクタンス（インピーダンス）が発生する。その結果、接地基板 55 の電位は数 100 V の高周波電圧を呈する。

10

【0007】

接地基板 55 の電位を低下させるためには、短絡板 58 の数を増やすのが最も効果的であるが、下部空間にはリフターピンホルダ（図示しない）等の構成部品が配置されているため、空間的な余裕が無く、短絡板 58 の数を増やすのは困難である。

【0008】

20

したがって、依然として接地基板 55 及びチャンバ 51 の壁面の間における電位差は解消せず、該電位差によって下部空間には容量結合プラズマや異常放電が発生する虞がある。

【0009】

本発明の目的は、下部電極又は上部電極の少なくとも一方を支持する接地基板及び収容容器の内壁の間における電位差を低減することができるプラズマ処理装置及び高周波電流の短絡回路を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、請求項 1 記載のプラズマ処理装置は、基板を収容する収容容器と、該収容容器内に配置されて前記基板を載置する載置台としての下部電極と、該下部電極に対向して配置され且つ前記収容容器内に処理ガスを供給する上部電極と、前記下部電極又は前記上部電極の少なくとも一方に接続された高周波電源と、前記下部電極又は前記上部電極の少なくとも一方を絶縁部を介して支持すると共に前記収容容器の内壁から離間して配置される接地基板と、該接地基板及び前記収容容器の内壁を短絡する短絡板とを備えるプラズマ処理装置において、前記短絡板及び前記収容容器の内壁の間にコンデンサが介在し、該コンデンサは前記収容容器の内壁に設けられ、前記短絡板は断面が矩形の直線導体からなり、途中で少なくとも 2 つに分岐していることを特徴とする。

30

【0011】

請求項 2 記載のプラズマ処理装置は、請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記コンデンサの容量性リアクタンスを  $X_C$  とし、前記短絡板の誘導性リアクタンスを  $X_L$  とした場合、 $X_C = -X_L / 2$  が成立することを特徴とする。

40

【0012】

請求項 3 記載のプラズマ処理装置は、請求項 1 又は 2 記載のプラズマ処理装置において、前記コンデンサは絶縁層と、該絶縁層を挟持する 2 つの導電体とからなり、前記絶縁層はセラミックシート、溶射セラミック層及びフッ素樹脂層からなる群から選択された 1 つであることを特徴とする。

【0013】

請求項 4 記載のプラズマ処理装置は、請求項 1 記載のプラズマ処理装置において、前記短絡板及び前記接地基板の間に他のコンデンサが介在し、該他のコンデンサは前記接地基

50

板に設けられ、前記コンデンサの静電容量を $C_1$ とし、前記短絡板の自己インダクタンスを $L$ とし、前記他のコンデンサの静電容量を $C_2$ とし、前記高周波電源が供給する高周波電力の周波数を $f$ とし、角周波数を $2\pi f$ とした場合、 $C_1 = C_2 = 2 / (\pi^2 \times L)$ が成立することを特徴とする。

【0016】

上記目的を達成するために、請求項5記載の高周波電流の短絡回路は、基板を收容する收容容器と、該收容容器内に配置されて前記基板を載置する載置台としての下部電極と、該下部電極に対向して配置され且つ前記收容容器内に処理ガスを供給する上部電極と、前記下部電極又は前記上部電極の少なくとも一方に接続された高周波電源と、前記下部電極又は前記上部電極の少なくとも一方を絶縁部を介して支持すると共に前記收容容器の内壁から離間して配置される接地基板とを備えるプラズマ処理装置における前記接地基板及び前記收容容器の内壁を短絡する高周波電流の短絡回路であって、前記接地基板及び前記收容容器の内壁を短絡する短絡板と、該短絡板及び前記收容容器の内壁の間に介在するコンデンサとを有し、該コンデンサは前記收容容器の内壁に設けられ、前記短絡板は断面が矩形の直線導体からなり、途中で少なくとも2つに分岐していることを特徴とする。

【発明の効果】

【0018】

請求項1記載のプラズマ処理装置及び請求項5記載の高周波電流の短絡回路によれば、接地基板及び收容容器の内壁を短絡する短絡板及び該收容容器の内壁の間にコンデンサが介在するので、接地基板及び收容容器の内壁の間における電位差を短絡板及びコンデンサで分担することができる。また、コンデンサは收容容器の内壁に設けられるので、接地基板及び收容容器の内壁の間における電位差は、実質的に接地基板及びコンデンサの間における電位差であり、該電位差は短絡板が分担する電位差に他ならない。また、短絡板は断面が矩形の直線導体からなり、途中で少なくとも2つに分岐している。短絡板を分岐すると各分岐路の断面積は減少するが、高周波電流の経路を増やすことができ、結果として短絡板全体のインダクタンスを低下させることができる。これにより、接地基板の電位を低下させることができる。その結果、下部電極又は上部電極の少なくとも一方を支持する接地基板及び收容容器の内壁の間における電位差を低減することができる。

【0019】

請求項2記載のプラズマ処理装置によれば、コンデンサの容量性リアクタンス $X_C$ 及び短絡板の誘導性リアクタンス $X_L$ が $X_C = -X_L / 2$ を満たす。高周波電流を $I$ とすると、短絡板及び該收容容器の内壁の間にコンデンサが介在しない場合の接地基板の電位 $V_1$ は、 $V_1 = X_L \times I$ で示され、短絡板及び該收容容器の内壁の間にコンデンサが介在する場合の接地基板の電位 $V_2$ は、 $V_2 = (X_L + X_C) \times I$ で示される。ここで、 $X_C = -X_L / 2$ が成立するので、 $V_2 = 1 / 2 \times X_L \times I$ となる。すなわち、 $V_2$ を $V_1$ の $1 / 2$ にすることができ、短絡板が分担する電位差を確実に低減することができる。また、このとき、コンデンサが分担する電位差も $V_1$ の $1 / 2$ となるため、接地基板及びコンデンサの間、並びにコンデンサ及び收容容器の内壁の間における電位差をいずれも適切に低減することができ、もって、接地基板及びコンデンサの間やコンデンサ及び收容容器の内壁の間において容量結合プラズマや異常放電が発生するのを抑制することができる。

【0020】

請求項4記載のプラズマ処理装置によれば、短絡板及び接地基板の間に他のコンデンサが介在し、該他のコンデンサは接地基板に設けられ、コンデンサの静電容量 $C_1$ 、短絡板の自己インダクタンス $L$ 、他のコンデンサの静電容量 $C_2$ 、及び高周波電力の周波数を $f$ としたときの角周波数 $(= 2\pi f)$ が、 $C_1 = C_2 = 2 / (\pi^2 \times L)$ を満たす。高周波電流を $I$ とすると、短絡板及び該收容容器の内壁の間にコンデンサが介在し、且つ短絡板及び接地基板の間に他のコンデンサが介在する場合の接地基板の電位 $V_3$ は、コンデンサの容量性リアクタンスを $X_{C1}$ とし、他のコンデンサの容量性リアクタンスを $X_{C2}$ とし、短絡板の誘導性リアクタンスを $X_L$ とすると、 $V_3 = (X_{C1} + X_L + X_{C2}) \times I$ で示され、さらに展開すると、電位 $V_3$ は、 $V_3 = (-1 / (\pi^2 \times C_1) + \pi^2 \times L - 1 /$

10

20

30

40

50

( $\times C 2$ ) )で示される。ここで $C 1 = C 2 = 2 / ( \quad^2 \times L )$ が成立するので、 $V_3 = 0$ となる。すなわち、接地基板の電位を0にすることができるため、接地基板の近傍において容量結合プラズマや異常放電が発生するのを防止することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

【0024】

まず、本発明の第1の実施の形態に係るプラズマ処理装置について説明する。

【0025】

図1は、本実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。このプラズマ処理装置は液晶ディスプレイ(LCD)用のガラス基板にエッチング処理を施すように構成されている。

10

【0026】

図1において、プラズマ処理装置10は、例えば、一辺が約1mである矩形のガラス基板(以下、単に「基板」という。)Gを収容する角筒形状のチャンバ11(収容容器)を有する。該チャンバ11はアルミニウムからなり、チャンバ11の内壁の殆どはアルマイトによって被覆されている。

【0027】

チャンバ11の天井部にはシャワーヘッド12(上部電極)が配置され、該シャワーヘッド12は、矩形の導電性平板である上部電極板13と、該上部電極板13を着脱可能に釣支する導電体からなる上部電極基部14とを有する。上部電極基部14の内部にはバッファ室15が設けられ、このバッファ室15には処理ガス導入管16が接続されている。また、上部電極板13はバッファ室15内及びチャンバ11内を連通する多数のガス穴17を有する。処理ガス導入管16は処理ガス供給装置(図示しない)に接続され、該処理ガス供給装置は処理ガス導入管16を介してバッファ室15へ処理ガスを導入する。シャワーヘッド12は、バッファ室15へ導入された処理ガスをガス穴17を介して上部電極板13及び後述の下部電極板23の間の空間(以下、「処理空間S」という。)へ供給する。ここで、シャワーヘッド12は上部絶縁部22を介してチャンバ11の天井部から釣支されているので、シャワーヘッド12はチャンバ11から十分電氣的にフローティングしている。

20

30

【0028】

上部電極板13は上部電極基部14、整合回路18及び導電路19を介して高周波電源20に接続されている。また、チャンバ11の天井部上には、整合回路18を包有するようにマッチングボックス21が設けられている。該マッチングボックス21は接地されているため、整合回路18の接地筐体として機能する。高周波電源20は所定の高周波電力、例えば、13.56MHzの高周波電力を上部電極板13に供給する。そして、上部電極板13は処理空間Sに高周波電圧を印加して、高周波電界を発生させる。該高周波電界は処理空間Sに供給された処理ガスを励起してプラズマを発生させる。なお、処理ガスとしては、例えばハロゲンを含むガス、具体的には、ハロゲン化合物からなるガス、酸素ガス及びアルゴンガス等が用いられる。

40

【0029】

チャンバ11の底部には基板Gを載置する載置台を兼ねる矩形の下部電極板23が配置されている。該下部電極板23は、上部電極板13と対向するとともに、下部絶縁部25を介してアルミニウムからなる接地基板26によって支持されている。また、接地基板26はチャンバ11の底部から離間して配置されており、円筒状のピラー27によって支持されている。該ピラー27は図示しない駆動機構によって上下方向(図中矢印方向)に移動する支持板28上に配置される。したがって、支持板28の上下動に伴い接地基板26や下部電極板23も上下動する。支持板28はベローズ29を介してチャンバ11の底部と接続され、該ベローズ29はチャンバ11内及びチャンバ11外を気密に区画する。なお、ピラー27、支持板28及びベローズ29は全て導電体からなる。

50

## 【0030】

下部電極板23内にはチラー流路(図示しない)が設けられ、該チラー流路を流れる冷媒によって下部電極板23上に載置された基板Gが冷却される。下部絶縁部25は誘電体や大気層からなり、下部電極板23を接地基板26、引いてはチャンバ11から十分に電気的にフローティングさせる。

## 【0031】

下部電極板23にはピラー27内に設けられた導電路30の一端が接続され、この導電路30にはインピーダンス調整部31が介設されている。導電路30の他端は、支持板28及びベローズ29を介してチャンバ11の底部に接続されている。本実施の形態では、上部電極板13及び下部電極板23が夫々カソード電極及びアノード電極に相当する。

10

## 【0032】

チャンバ11の底部には排気路32が接続され、該排気路32には図示しない排気装置、例えば、ターボ分子ポンプやドライポンプが接続されている。排気装置は排気路32を介してチャンバ11内を排気する。さらに、チャンバ11の側壁には、基板Gの搬送口33を開閉するゲートバルブ34が設けられている。

## 【0033】

プラズマ処理装置10では、高周波電源20 整合回路18 シャワーヘッド12 処理空間Sのプラズマ 下部電極板23 インピーダンス調整部31 チャンバ11 マッチングボックス21 接地の経路で高周波電流が流れるが、シャワーヘッド12からプラズマを介してチャンバ11の壁部に短絡的に高周波電流が流れるおそれがあるため、下部電極板23からマッチングボックス21に至るまでの経路(リターン経路)のインピーダンスをインピーダンス調整部31により調整してチャンバ11の壁部に短絡的に高周波電流が流れるのを防止する。

20

## 【0034】

また、プラズマ処理装置10では、処理空間Sに高周波電力を供給して高周波電界を発生させることにより、該処理空間Sにおいてシャワーヘッド12から供給された処理ガスを励起して高密度のプラズマを発生させ、該プラズマによって基板Gにエッチング処理を施す。

## 【0035】

なお、プラズマ処理装置10の各構成部品の動作は、プラズマ処理装置10が備える制御部(図示しない)のCPUがエッチング処理に対応するプログラムに応じて制御する。

30

## 【0036】

さらに、プラズマ処理装置10は、接地基板26及びチャンバ11の内壁を短絡する短絡板36と、該短絡板36及びチャンバ11の内壁の間に介在するコンデンサ37とを備える。短絡板36は、金属等の導電性材料、例えば、ステンレスやハステロイ(登録商標)からなる、断面矩形の薄板状導体である。

## 【0037】

短絡板36の一端は接地基板26の下面に接続部38を介して接続され、短絡板36の他端はチャンバ11の内壁、具体的にはチャンバ11の底部に設けられたコンデンサ37に接続されている。

40

## 【0038】

コンデンサ37は、絶縁層37aと、該絶縁層37aを挟持する、アルミニウム板等の2つの金属板37b, 37cとからなり、プラズマと接触する可能性のある部分がアルマイト等の絶縁膜によって被覆されている。また、絶縁層37aは、例えば、セラミックシート、溶射セラミック層やフッ素樹脂層(テフロン(登録商標)層)からなる。このコンデンサ37として、上述した仕様のものの他、耐プラズマ性を有する市販の真空コンデンサや可変容量コンデンサを用いることもできる。

## 【0039】

このプラズマ処理装置10では、短絡板36及びコンデンサ37が、接地基板26及びチャンバ11の内壁の間を短絡する短絡回路を構成する。

50

## 【 0 0 4 0 】

また、プラズマ処理装置 10 では、接地基板 26 及びチャンバ 11 の内壁の間に高周波電流が流れると、短絡板 36 は自己インダクタンスを有するため、短絡板 36 には誘導性リアクタンスが発生し、また、コンデンサ 37 は静電容量を有するため、コンデンサ 37 には容量性リアクタンスが発生する。また、プラズマ処理装置 10 では、コンデンサ 37 が短絡板 36 及びチャンバ 11 の内壁の間に介在するので、短絡板 36 及びコンデンサ 37 は、接地基板 26 及びチャンバ 11 の内壁の間において直列回路を構成する。したがって、短絡板 36 及びコンデンサ 37 は、接地基板 26 及びチャンバ 11 の内壁の間を高周波電流が流れる際に生じる電位差を分担することができる。

## 【 0 0 4 1 】

ここで、接地基板 26 の電位  $V_2$  は、チャンバ 11 の内壁を接地電位とし、短絡板 36 のインピーダンスを  $Z_L$  とし、コンデンサ 37 のインピーダンスを  $Z_C$  とし、接地基板 26 及びチャンバ 11 の内壁の間を流れる高周波電流を  $I$  とすると、下記式 (1) で示される。

$$V_2 = (Z_L + Z_C) \times I \quad \dots \quad (1)$$

通常、 $Z_L$  や  $Z_C$  は  $R + jX$  ( $X$  はリアクタンス) で示されるが、プラズマ処理装置 10 では、 $R$  は  $X$  に比べて非常に小さく、無視できる。したがって、本実施の形態では、短絡板 36 の誘導性リアクタンスを  $X_L$  とし、コンデンサ 37 の容量性リアクタンスを  $X_C$  とすると、接地基板 26 の電位  $V_2$  は下記式 (2) で示される。

$$V_2 = (X_L + X_C) \times I \quad \dots \quad (2)$$

本実施の形態では、コンデンサ 37 の静電容量を調整することによって電位  $V_2$  を低減する。具体的には、下記式 (3) が成立するようにコンデンサ 37 の静電容量を調整する。

$$X_C = -X_L / 2 \quad \dots \quad (3)$$

その結果、接地基板 26 の電位  $V_2$  は下記式 (4) で示される。

$$V_2 = 1 / 2 \times X_L \times I \quad \dots \quad (4)$$

一方、従来のプラズマ処理装置のように、接地基板及びチャンバの内壁が短絡板のみで短絡されている場合、接地基板の電位  $V_1$  は下記式 (5) で示される。

$$V_1 = X_L \times I \quad \dots \quad (5)$$

上記式 (4) 及び (5) を比較すると、接地基板 26 の電位  $V_2$  は従来のプラズマ処理装置における接地基板の電位  $V_1$  の  $1 / 2$  である。したがって、コンデンサ 37 を短絡板 36 及びチャンバ 11 の内壁の間に介在させ、上記式 (3) が成立するようにコンデンサ 37 の静電容量を調整することにより、接地基板 26 の電位  $V_2$  を従来のプラズマ処理装置における接地基板の電位  $V_1$  の  $1 / 2$  にすることができる。

## 【 0 0 4 2 】

また、このとき、コンデンサ 37 の電位  $V_C$  は下記式 (6) で示される。

$$V_C = X_C \times I \quad \dots \quad (6)$$

ここで、上記式 (3) より、コンデンサ 37 の電位  $V_C$  は下記式 (7) で示される。

$$V_C = -1 / 2 \times X_L \times I \quad \dots \quad (7)$$

したがって、コンデンサ 37 の電位  $V_C$  も従来のプラズマ処理装置における接地基板の電位  $V_1$  の  $1 / 2$  にすることができる。すなわち、コンデンサ 37 が分担する電位差も  $V_1$  の  $1 / 2$  となる。

## 【 0 0 4 3 】

本実施の形態に係るプラズマ処理装置 10 によれば、短絡板 36 及びコンデンサ 37 は、接地基板 26 及びチャンバ 11 の内壁の間を高周波電流が流れる際に生じる電位差を分担することができる。また、コンデンサ 37 はチャンバ 11 の内壁に設けられるので、接地基板 26 及びチャンバ 11 の内壁の間における電位差は、実質的に接地基板 26 及びコンデンサ 37 の間における電位差であり、該電位差は短絡板 36 が分担する電位差に他ならない。したがって、下部電極板 23 を支持する接地基板 26 及びチャンバ 11 の内壁の間における電位差を低減することができる。

10

20

30

40

50

## 【0044】

上述したプラズマ処理装置10では、コンデンサ37の静電容量を調整することによって $X_c = -X_L / 2$ （上記式(3)）を成立させるので、接地基板26の電位 $V_2$ は $V_2 = 1/2 \times X_L \times I$ （上記式(4)）で示される。一方、従来のプラズマ処理装置の接地基板の電位 $V_1$ は $V_1 = X_L \times I$ （上記式(5)）で示される。すなわち、 $V_2$ を $V_1$ の1/2にすることができ、短絡板36が分担する電位差を確実に低減することができる。

## 【0045】

また、コンデンサ37が分担する電位差も $V_1$ の1/2となるため、接地基板26及びコンデンサ37の間、並びにコンデンサ37及びチャンパ11の内壁の間における電位差をいずれも適切に低減することができ、もって、接地基板26及びコンデンサ37の間やコンデンサ37及びチャンパ11の内壁の間において容量結合プラズマや異常放電が発生するのを抑制することができる。

10

## 【0046】

上述したプラズマ処理装置10では、コンデンサ37の静電容量を調整することによって接地基板26の電位 $V_2$ を従来のプラズマ処理装置における接地基板の電位 $V_1$ の1/2にしたが、コンデンサ37の静電容量を調整することによって短絡板36が分担する電位差を変更し、接地基板26の電位 $V_2$ をほぼ0にしてもよい。

## 【0047】

次に、本発明の第2の実施の形態に係るプラズマ処理装置について説明する。

## 【0048】

本実施の形態は、その構成、作用が上述した第1の実施の形態と基本的に同じであり、接地基板26及びチャンパ11の壁面を短絡する短絡回路の構成が異なるのみであるので、重複した構成、作用については説明を省略し、以下に異なる構成、作用についての説明を行う。

20

## 【0049】

図2は、本実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

## 【0050】

図2において、プラズマ処理装置40は、接地基板26及びチャンパ11の内壁を短絡する短絡板41を備える。短絡板41も、金属等の導電性材料、例えば、ステンレスやハステロイ（登録商標）からなる、断面矩形の薄板状導体である。

30

## 【0051】

短絡板41の一端は接続部38を介して接地基板26に接続され、短絡板41の他端はチャンパ11の内壁に接続部42を介して接続されている。このプラズマ処理装置40では、短絡板41が接地基板26及びチャンパ11の内壁の間を短絡する短絡回路を構成する。

## 【0052】

図3は、図2における短絡板を示す正面図であり、図3(A)は短絡板を2つに分岐した場合を示し、図3(B)は短絡板を3つに分岐した場合を示す。

## 【0053】

一般に、金属からなる断面矩形の直線導体のインダクタンス $L$ は、該直線導体の長さを $a$  (cm)、幅を $b$  (cm)、厚さを $c$  (cm)とすると、下記式(8)で示される。

40

$$L = 0.002 a \times \{ 2.303 \times \log \{ 2a / (b + c) \} + 0.5 + 0.2235 \times (b + c) / a \} \dots (8)$$

ここで、 $b = c$ とすると、上記式(8)は下記式(8)'で示される。

$$L = 0.002 a \times \{ 2.303 \times \log (2a / b) + 0.5 + 0.2235 \times b / a \} \dots (8)'$$

このとき、上記式(8)'における $L$ の値を $A$ とし、直線導体における幅 - 長さ比を $b / a$ とすると、該 $A$ 及び $b / a$ の関係は図4に示す通りとなる。なお、図4において、横軸は幅 - 長さ比 $b / a$ を示し、縦軸は、幅 - 長さ比 $b / a$ が0.5のときの $A$ を1として各幅 - 長さ比 $b / a$ に対応する $A$ を規格化した場合における規格化された $A$ を示す。

50



## 【 0 0 5 4 】

図 4 に示す関係から、幅 - 長さ比  $b/a$  を 0.5 から 0.25 へ半減（すなわち、直線導体の幅を半減）しても、インダクタンス  $L$  の値である  $A$  は約 1.3 倍となるのみであり、 $b/a$  を 0.5 から 0.1 へ  $1/5$  減（すなわち、幅を  $1/5$  減）しても、 $A$  は約 1.8 倍となるのみである。

## 【 0 0 5 5 】

一方、図 3 (A) に示す 2 つに分岐した短絡板 4 1 において、接続部 3 8, 4 2 と接続される部分を除いた長さ（有効長さ）を  $l$  とし、各分岐路 4 1 a の幅を  $w$  とすると、該短絡板 4 1 では、幅  $w$  及び長さ  $l$  の 2 つの分岐路 4 1 a が並列に配置されていることになる。このとき、短絡板 4 1 全体のインダクタンスを  $L_{a11}$  とし、分岐路 4 1 a におけるインダクタンスを  $L_{div}$  とすると、下記式 (9) が成立する。

$$1/L_{a11} = 1/L_{div} + 1/L_{div} \dots (9)$$

したがって、上記式 (9) より、短絡板 4 1 全体のインダクタンスは分岐路 4 1 a のインダクタンスの半分となる。

## 【 0 0 5 6 】

すなわち、短絡板 4 1 を分岐すると、1 つの分岐路 4 1 a におけるインダクタンスは増加するが、短絡板 4 1 では 2 つの分岐路 4 1 a が並列に配置されているため、高周波電流の経路を増やすことができ、結果として短絡板 4 1 全体のインダクタンスを低下させることができる。

## 【 0 0 5 7 】

なお、短絡板 4 1 は、図 3 (B) に示すように、3 つに分岐してもよい。すなわち、短絡板 4 1 における分岐路の数は限られていない。

## 【 0 0 5 8 】

本実施の形態に係るプラズマ処理装置 4 0 によれば、断面が矩形の直線導体からなる短絡板 4 1 は途中で少なくとも 2 つに分岐している。短絡板 4 1 を分岐すると、結果として短絡板 4 1 全体のインダクタンスを低下させることができる。これにより、接地基板 2 6 の電位を低下させることができ、下部電極板 2 3 を支持する接地基板 2 6 及びチャンバ 1 1 の内壁の間における電位差を低減することができる。

## 【 0 0 5 9 】

次に、本発明の第 3 の実施の形態に係るプラズマ処理装置について説明する。

## 【 0 0 6 0 】

本実施の形態は、その構成、作用が上述した第 1 の実施の形態と基本的に同じであり、接地基板 2 6 及びチャンバ 1 1 の壁面を短絡する短絡回路の構成が異なるのみであるので、重複した構成、作用については説明を省略し、以下に異なる構成、作用についての説明を行う。

## 【 0 0 6 1 】

図 5 は、本実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

## 【 0 0 6 2 】

図 5 において、プラズマ処理装置 4 3 は、接地基板 2 6 及びチャンバ 1 1 の内壁を短絡する短絡板 4 4 を備える。短絡板 4 4 も、金属等の導電性材料、例えば、ステンレスやハステロイ（登録商標）からなる、断面矩形の薄板状導体である。

## 【 0 0 6 3 】

短絡板 4 4 の一端は接地基板 2 6 の下面に設けられたコンデンサ 4 5（他のコンデンサ）に接続され、短絡板 4 4 の他端はチャンバ 1 1 の底部に設けられたコンデンサ 3 7 に接続されている。コンデンサ 4 5 の構造はコンデンサ 3 7 の構造と同じである。

## 【 0 0 6 4 】

このプラズマ処理装置 4 3 では、コンデンサ 4 5、短絡板 4 4 及びコンデンサ 3 7 が、接地基板 2 6 及びチャンバ 1 1 の内壁の間を短絡する短絡回路を構成する。また、プラズマ処理装置 4 3 では、コンデンサ 3 7 が短絡板 4 4 及びチャンバ 1 1 の内壁の間に介在し、コンデンサ 4 5 が短絡板 4 4 及び接地基板 2 6 の間に介在するので、コンデンサ 4 5、

10

20

30

40

50

短絡板 4 4 及びコンデンサ 3 7 は、接地基板 2 6 及びチャンバ 1 1 の内壁の間において直列回路を構成する。

【 0 0 6 5 】

本実施の形態では、コンデンサ 3 7 , 4 5 の静電容量を調整することによって接地基板 2 6 の電位  $V_3$  を 0 にする。具体的には、コンデンサ 3 7 の静電容量を  $C_1$  とし、短絡板 4 4 の自己インダクタンスを  $L$  とし、コンデンサ 4 5 の静電容量を  $C_2$  とし、高周波電源 2 0 が供給する高周波電力の周波数を  $f$  とし、高周波電力の角周波数を  $2\pi f$  とした場合、下記式 ( 1 0 ) が成立するようにコンデンサ 3 7 , 4 5 の静電容量  $C_1$  ,  $C_2$  を調整する。

$$C_1 = C_2 = 2 / ( (2\pi f)^2 \times L ) \quad \dots \quad ( 1 0 )$$

10

ここで、コンデンサ 3 7 の容量性リアクタンスを  $X_{C_1}$  とし、コンデンサ 4 5 の容量性リアクタンスを  $X_{C_2}$  とし、短絡板 4 4 の誘導性リアクタンスを  $X_L$  とすると、接地基板 2 6 の電位  $V_3$  は下記式 ( 1 1 ) で示される。

$$V_3 = ( X_{C_1} + X_L + X_{C_2} ) \times I = ( - 1 / ( (2\pi f) \times C_1 ) + (2\pi f) \times L - 1 / ( (2\pi f) \times C_2 ) ) \times I \quad \dots \quad ( 1 1 )$$

ここで、上記式 ( 1 0 ) より、接地基板 2 6 の電位  $V_3$  は下記式 ( 1 2 ) で示される。

$$V_3 = ( - (2\pi f) \times L / 2 + (2\pi f) \times L - (2\pi f) \times L / 2 ) \times I \quad \dots \quad ( 1 2 )$$

すなわち、接地基板 2 6 の電位  $V_3$  は 0 となる。

【 0 0 6 6 】

また、このとき、コンデンサ 4 5 の電位  $V_{C_2}$  は下記式 ( 1 3 ) で示される。

20

$$V_{C_2} = ( X_{C_1} + X_L ) \times I = ( - 1 / ( (2\pi f) \times C_1 ) + (2\pi f) \times L ) \times I \quad \dots \quad ( 1 3 )$$

ここで、上記式 ( 1 0 ) より、コンデンサ 4 5 の電位  $V_{C_2}$  は下記式 ( 1 4 ) で示される。

$$V_{C_2} = 1 / 2 \times (2\pi f) \times L \times I \quad \dots \quad ( 1 4 )$$

一方、上記式 ( 5 ) で示される従来のプラズマ処理装置の接地基板の電位  $V_1$  は、上記式 ( 1 0 ) より、下記式 ( 1 5 ) で示される。

$$V_1 = X_L \times I = (2\pi f) \times L \times I \quad \dots \quad ( 1 5 )$$

したがって、本実施の形態では、コンデンサ 4 5 の電位  $V_{C_2}$  を従来のプラズマ処理装置における接地基板の電位  $V_1$  の 1 / 2 にすることができる。

30

【 0 0 6 7 】

また、コンデンサ 3 7 の電位  $V_{C_1}$  は下記式 ( 1 6 ) で示される。

$$V_{C_1} = X_{C_1} \times I = - 1 / ( (2\pi f) \times C_1 ) \times I \quad \dots \quad ( 1 6 )$$

ここで、上記式 ( 1 0 ) より、コンデンサ 4 5 の電位  $V_{C_1}$  は下記式 ( 1 7 ) で示される。

$$V_{C_1} = - 1 / 2 \times (2\pi f) \times L \times I \quad \dots \quad ( 1 7 )$$

したがって、本実施の形態では、コンデンサ 3 7 の電位  $V_{C_1}$  も従来のプラズマ処理装置における接地基板の電位  $V_1$  の 1 / 2 にすることができる。

【 0 0 6 8 】

本実施の形態に係るプラズマ処理装置 4 3 によれば、コンデンサ 3 7 に加え、短絡板 4 4 及び接地基板 2 6 の間にコンデンサ 4 5 が介在し、該コンデンサ 4 5 は接地基板 2 6 に設けられる。また、コンデンサ 3 7 , 4 5 の静電容量  $C_1$  ,  $C_2$  を調整することによって  $C_1 = C_2 = 2 / ( (2\pi f)^2 \times L )$  ( 上記式 ( 1 0 ) ) を成立させるので、 $V_3 = ( - 1 / ( (2\pi f) \times C_1 ) + (2\pi f) \times L - 1 / ( (2\pi f) \times C_2 ) ) \times I$  ( 上記式 ( 1 1 ) ) で示される接地基板 2 6 の電位  $V_3$  を 0 にすることができる。したがって、接地基板 2 6 の近傍において容量結合プラズマや異常放電が発生するのを防止することができる。

40

【 0 0 6 9 】

また、コンデンサ 4 5 の電位  $V_{C_2}$  及びコンデンサ 3 7 の電位  $V_{C_1}$  を従来のプラズマ処理装置における接地基板の電位  $V_1$  の 1 / 2 にすることができるため、接地基板 2 6 及びコンデンサ 4 5 の間、並びにコンデンサ 3 7 及びチャンバ 1 1 の内壁の間における電位

50

差をいずれも適切に低減することができ、もって、接地基板 26 及びコンデンサ 45 の間やコンデンサ 37 及びチャンバ 11 の内壁の間において容量結合プラズマや異常放電が発生するのを抑制することができる。

【0070】

上述した各実施の形態は組み合わせてプラズマ処理装置に適用してもよい。例えば、プラズマ処理装置 10 において短絡板 36 の代わりに 2 つに分岐した短絡板 41 を用いてもよく、また、プラズマ処理装置 43 において短絡板 44 の代わりに短絡板 41 を用いてもよい。

【0071】

上述した各実施の形態に係るプラズマ処理装置はインピーダンス調整部 31 を備えているが、本発明を適用できるプラズマ処理装置はこれに限られず、例えば、インピーダンス調整部を必要としないプラズマ処理装置であってもよい。

10

【0072】

上述した各実施の形態に係るプラズマ処理装置では、シャワーヘッド 12 の上部電極板 13 に高周波電源 20 が接続されているが、本発明を適用できるプラズマ処理装置はこれに限られない。例えば、下部電極板 23 にのみ高周波電源が接続されるプラズマ処理装置であってもよく、若しくは、上部電極板 13 及び下部電極板 23 のいずれにも別々の高周波電源が接続されるプラズマ処理装置であってもよい。

【0073】

また、上述した各実施の形態に係るプラズマ処理装置では、下部絶縁部 25 を介して下部電極板 23 を支持する接地基板 26 と、該接地基板 26 及びチャンバ 11 の内壁を短絡する短絡板とを備えたが、本発明を適用できるプラズマ処理装置はこれに限られない。例えば、上部絶縁部を介して上部電極板を支持し且つチャンバ 11 の内壁から離間して配置された接地基板と、該接地基板及びチャンバの内壁を短絡する短絡板とを備えるプラズマ処理装置であってもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

【図 2】本発明の第 2 の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

30

【図 3】図 2 における短絡板を示す正面図であり、図 3 (A) は短絡板を 2 つに分岐した場合を示し、図 3 (B) は短絡板を 3 つに分岐した場合を示す。

【図 4】金属からなる断面矩形の直線導体のインダクタンスの値と、該直線導体における幅 - 長さ比との関係を示すグラフである。

【図 5】本発明の第 3 の実施の形態に係るプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

【図 6】従来のプラズマ処理装置の構成を概略的に示す断面図である。

【符号の説明】

【0075】

40

G ガラス基板

S 処理空間

10, 40, 43 プラズマ処理装置

11 チャンバ

13 上部電極板

20 高周波電源

22 上部絶縁部

23 下部電極板

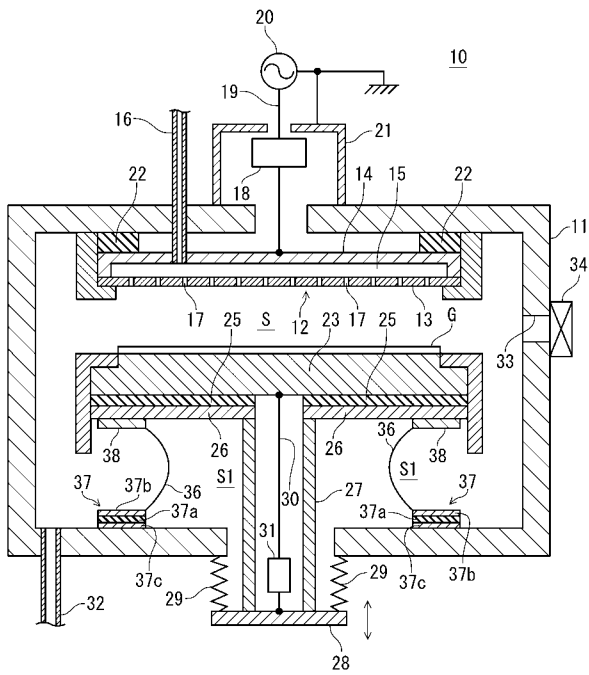
25 下部絶縁部

26 接地基板

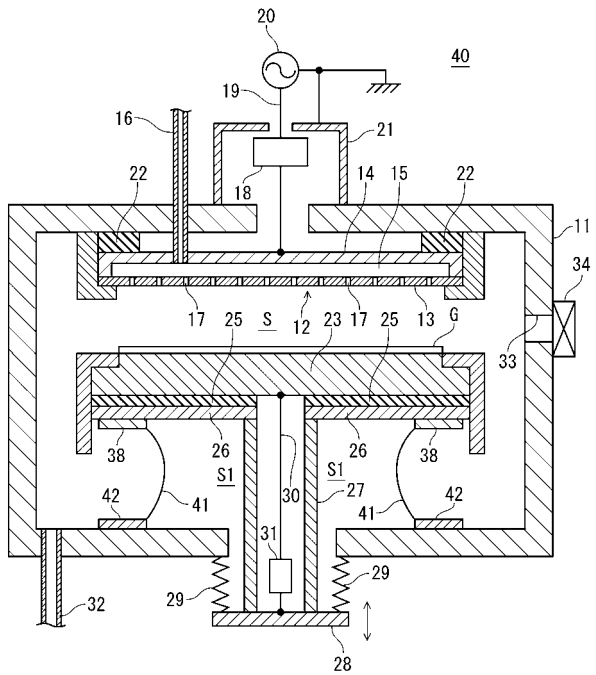
50

- 36, 41, 44 短絡板
- 37, 45 コンデンサ
- 37a, 45a 絶縁層
- 41a 分岐路

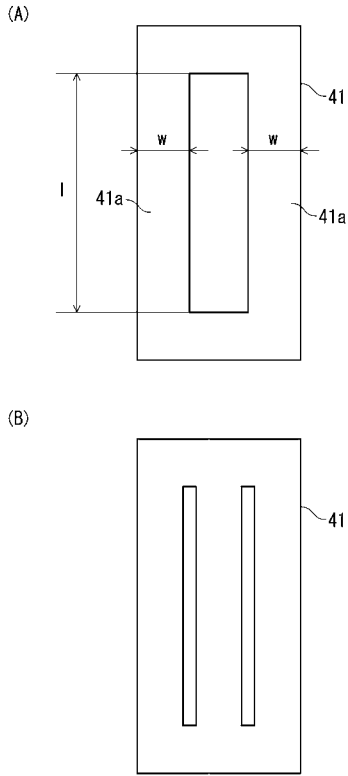
【図1】



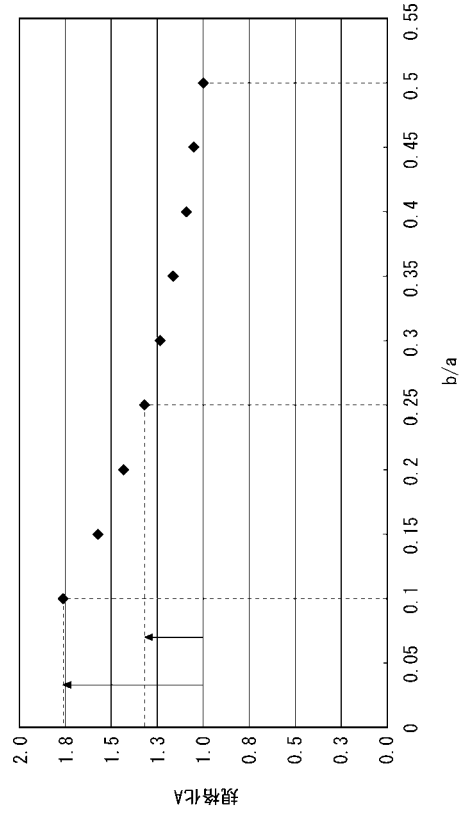
【図2】



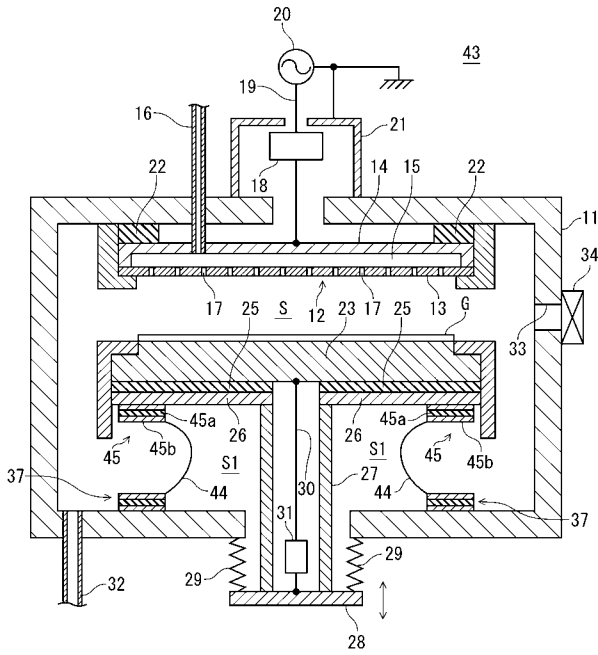
【図3】



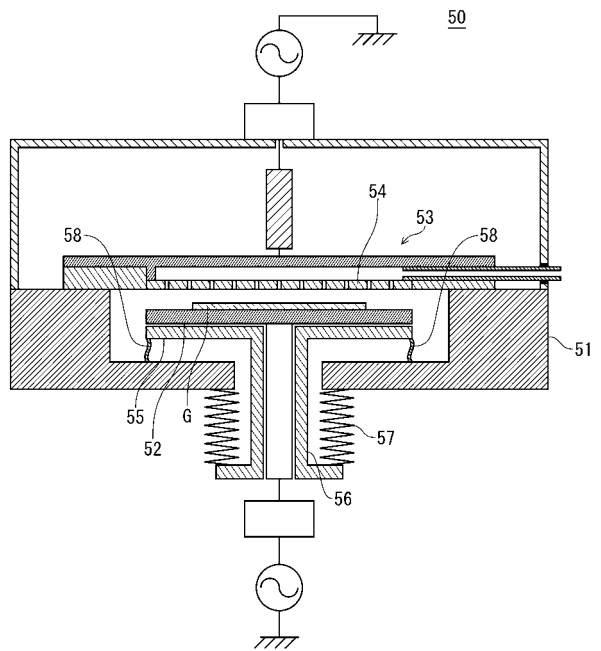
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-302772(JP,A)  
特開2002-151496(JP,A)  
特開平11-185998(JP,A)  
特開平11-251094(JP,A)  
特開平10-079350(JP,A)  
特開2006-104575(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065  
H01L 21/205  
C23F 4/00  
H05H 1/46