

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2006年10月12日 (12.10.2006)

PCT

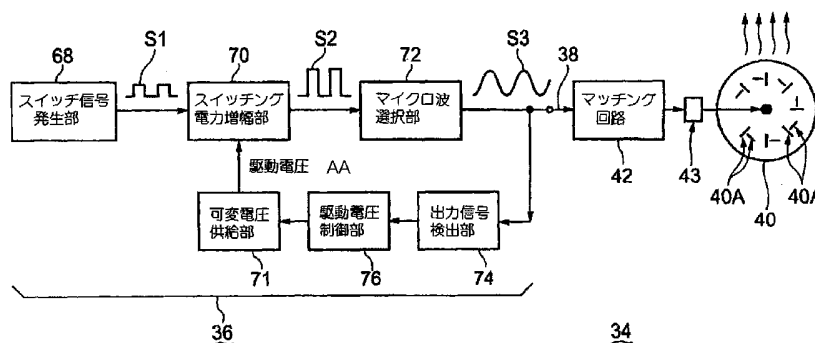
(10) 国際公開番号
WO 2006/106945 A1

- (51) 国際特許分類:
H03B 28/00 (2006.01) H05B 6/66 (2006.01)
H01L 21/205 (2006.01) H05H 1/00 (2006.01)
H01L 21/3065 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/306895
- (22) 国際出願日: 2006年3月31日 (31.03.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-107953 2005年4月4日 (04.04.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)
- [JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 河西 繁 (KASAI, Shigeru) [JP/JP]; 〒4078511 山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1 東京エレクトロンAT株式会社内 Yamanashi (JP).
- (74) 代理人: 吉武 賢次, 外(YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK,

[続葉有]

(54) Title: MICROWAVE GENERATING APPARATUS AND MICROWAVE GENERATING METHOD

(54) 発明の名称: マイクロ波発生装置及びマイクロ波発生方法



68...SWITCH SIGNAL GENERATING SECTION
70...SWITCHING POWER AMPLIFYING SECTION
72...MICROWAVE SELECTING SECTION
42...MATCHING CIRCUIT
AA...DRIVE VOLTAGE
71...VARIABLE VOLTAGE SUPPLYING SECTION
76...DRIVE VOLTAGE CONTROL SECTION
74...OUTPUT SIGNAL DETECTING SECTION

(57) Abstract: A microwave generating apparatus is provided with a switch signal generating section for generating a square wave switch signal having a fundamental frequency of a microwave band; a switching power amplifying section for performing switching power amplification based on the switch signal and outputting an amplification signal; a variable voltage supplying section for variably supplying the switching power amplifying section with a drive voltage for amplification; a microwave selecting section for taking out a sinusoidal signal having the same frequency as the fundamental frequency of the switch signal, from the amplification signal, and outputting the sinusoidal signal as microwave; an output signal detecting section for detecting the microwave; and a drive voltage control section for controlling the variable voltage supplying section based on the detection results of the output signal detecting section.

(57) 要約: 本発明は、マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号を発生するスイッチ信号発生部と、前記スイッチ信号に基づいてスイッチング電力増幅を行って増幅信号を出力するスイッチング電力増幅部と、前記スイッチング電力増幅部に増幅用の駆

[続葉有]



LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

動電圧を可変的に供給することができる可変電圧供給部と、前記増幅信号から前記スイッチ信号の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号を取り出してマイクロ波として出力するためのマイクロ波選択部と、前記マイクロ波を検出する出力信号検出部と、前記出力信号検出部の検出結果に基づいて前記可変電圧供給部を制御する駆動電圧制御部と、を備えたことを特徴とするマイクロ波発生装置である。

明 細 書

マイクロ波発生装置及びマイクロ波発生方法

技術分野

- [0001] 本発明は、半導体ウエハ等の被処理体をマイクロ波により発生させたプラズマで処理するプラズマ処理装置及びこれに用いるマイクロ波発生装置、マイクロ波供給装置及びマイクロ波発生方法に関する。

背景技術

- [0002] 一般に、半導体集積回路を形成するには、半導体ウエハ等の被処理体に対して、成膜処理、改質処理、酸化拡散処理、エッチング処理等の各種の処理が行われる。半導体集積回路の形成時に堆積される薄膜に関して、素子の動作速度の高速化の要求等の理由により、配線部にはより低い比誘電率の薄膜が求められる傾向にあり、トランジスタのゲート部やDRAMのキャパシタ部にはより高い比誘電率の薄膜が求められる傾向にある。これらの薄膜は、耐熱性が比較的劣ることから、当該薄膜の特性劣化を防止するために、比較的低温でも所定のプロセスを行うことができるプラズマ処理装置が多用される傾向にある。
- [0003] このようなプラズマ処理装置には、高周波電力を用いてプラズマを発生させる処理装置や、マイクロ波を用いてプラズマを発生させる処理装置がある。そして、例えばマイクロ波を用いたプラズマ処理装置では、プラズマ処理に必要とされる数100ワット程度の大電力のマイクロ波を発生させるために、従来では真空管を備えたマグネトロンが用いられている。これにより、制御性良くマイクロ波を発生させることができる。真空管が利用されてきた理由は、数GHz程度のマイクロ波帯域において上記したような大出力が可能な半導体素子がほとんど存在しなかったからである。
- [0004] ところが、真空管を備えたマグネトロンは、構造が複雑で装置コストも高騰する。そこで、装置コストの削減を目指して、真空管を用いないで半導体素子を主体として構成されながらも大出力のマイクロ波を発生できるマイクロ波発生装置が提案された(特開2004-128141号公報参照)。
- [0005] ここで、当該マイクロ波発生装置について、図7を参照して説明する。図7は、プラズ

マ処理装置に用いられる前記マイクロ波発生装置を示す概略ブロック構成図である。図7に示すように、正弦波発振器2により、数GHzのマイクロ波帯域の正弦波(サイン波)が発生される。この正弦波が、可変増幅率のアテネータ4に通された後、A級或いはAB級アンプ6にて増幅させられる。このA/AB級アンプ6には、電源8から一定の電圧が駆動電圧として供給されている。上記A/AB級アンプ6にて増幅された信号は、分配器10にて複数の信号に分配され、分配された各信号は、それぞれA/AB級半導体増幅素子12により並列的に更に増幅される。上記各A/AB級半導体増幅素子12にて増幅された各信号は、合成器14によって合成される。そして、この合成によって発生されたマイクロ波が、導波管16内を伝搬され、途中でマッチング回路18を通過して、プラズマ処理容器に設けられたアンテナ部材20に到る。このアンテナ部20より処理容器内へマイクロ波が放射され、処理容器内でプラズマが発生され、当該プラズマにより半導体ウエハがプラズマ処理されることになる。

[0006] 一方、合成器14から出力されるマイクロ波の電力が検出器22によって検出され、この検出結果に基づいて、制御部24がアテネータ4の増幅率を調整する。これにより、所望の電力のマイクロ波が処理容器へ供給されるようになっている。ここで、半導体増幅素子12にてA級またはAB級の増幅動作をさせる理由は、半導体増幅素子12の動作周波数の上限近くまで動作させるためである。また、複数の半導体増幅素子12を用いる理由は、マイクロ波帯域の周波数の電力増幅を行う高パワーで且つ高速動作のパワーデバイスが現状では存在しないからである。

発明の要旨

[0007] ところで、上記した従来のマイクロ波発生装置では、半導体増幅素子12がA級或いはAB級の増幅動作を行っているために、動作効率が25～50%程度になってかなり低く、その分、発熱量も増大していた。

[0008] 更に、複数個の半導体増幅素子12を用いなければならないことから、装置コストも高騰するのみならず、装置自体も大型化する、といった不都合があった。

[0009] また更に、電氣的に並列して接続されている各半導体素子12の動作のバランス調整がかなり困難である、といった問題もあった。

[0010] 本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたもの

である。本発明の目的は、動作効率が高く、装置自体も小型化され、低コストで、バランス調整も不要にできるマイクロ波発生装置及びマイクロ波発生方法を提供することにある。

- [0011] 本発明は、マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号を発生するスイッチ信号発生部と、前記スイッチ信号に基づいてスイッチング電力増幅を行って増幅信号を出力するスイッチング電力増幅部と、前記スイッチング電力増幅部に増幅用の駆動電圧を可変的に供給することができる可変電圧供給部と、前記増幅信号から前記スイッチ信号の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号を取り出してマイクロ波として出力するためのマイクロ波選択部と、前記マイクロ波を検出する出力信号検出部と、前記出力信号検出部の検出結果に基づいて前記可変電圧供給部を制御する駆動電圧制御部と、を備えたことを特徴とするマイクロ波発生装置である。
- [0012] 本発明によれば、マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号に基づいて、スイッチング電力増幅部でスイッチング電力増幅を行うが、この増幅動作の時に駆動電圧を好適に可変的に制御することができる。これにより、得られる増幅信号からマイクロ波選択部において上記スイッチ信号の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号を取り出して所望のマイクロ波として出力することができる。従って、従来用いられていたA級或いはAB級の増幅動作と比較して、動作効率が高い。しかも、装置自体の小型化も可能であり、低コストであり、バランス調整も不要である。
- [0013] また、本発明は、マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号を発生するスイッチ信号発生部と、前記スイッチ信号に基づいてスイッチング電力増幅を行って増幅信号を出力するスイッチング電力増幅部と、前記スイッチング電力増幅部に増幅用の駆動電圧を可変的に供給することができる可変電圧供給部と、前記増幅信号から前記スイッチ信号の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号を取り出してマイクロ波として出力するためのマイクロ波選択部と、前記マイクロ波によって生ぜしめられたプラズマの発光を検出する光検出部と、前記光検出部の検出結果に基づいて前記可変電圧供給部を制御する駆動電圧制御部と、を備えたことを特徴とするマイクロ波発生装置である。
- [0014] 本発明によっても、マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号

に基づいて、スイッチング電力増幅部でスイッチング電力増幅を行うが、この増幅動作の時に駆動電圧を好適に可變的に制御することができる。これにより、得られる増幅信号からマイクロ波選択部において上記スイッチ信号の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号を取り出して所望のマイクロ波として出力することができる。従って、従来用いられていたA級或いはAB級の増幅動作と比較して、動作効率が低い。しかも、装置自体の小型化も可能であり、低コストであり、バランス調整も不要である。

[0015] 以上の各発明において、前記マイクロ波選択部は、高Q値を有するバンドパスフィルタまたは共振器よりなることが好ましい。

[0016] また、前記バンドパスフィルタは、表面弾性波フィルタ、チューブラフィルタ、ウェーブガイドフィルタ、ランブドエレメントフィルタ及びキャビティフィルタよりなる群より選択される1つよりなることが好ましい。

[0017] また、本発明は、マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号を発生するスイッチ信号発生部と、前記スイッチ信号に基づいてスイッチング電力増幅を行って増幅信号を出力するスイッチング電力増幅部と、該スイッチング電力増幅部に増幅用の駆動電圧を可變的に供給することができる可變電圧供給部と、前記増幅信号によって生ぜしめられたプラズマの発光を検出する光検出部と、前記光検出部の検出結果に基づいて前記可變電圧供給部を制御する駆動電圧制御部と、を備えたことを特徴とするマイクロ波発生装置である。

[0018] 本発明によっても、マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号に基づいて、スイッチング電力増幅部でスイッチング電力増幅を行うが、この増幅動作の時に駆動電圧を好適に可變的に制御することができる。これにより、得られる増幅信号を所望のマイクロ波として出力することができる。従って、従来用いられていたA級或いはAB級の増幅動作と比較して、動作効率が低い。しかも、装置自体の小型化も可能であり、低コストであり、バランス調整も不要である。

[0019] 前記スイッチング電力増幅部は、例えば、HEMT及び／又はHBTよりなる。

[0020] また、前記基本周波数は、2.45GHzであることが好ましい。

[0021] また、本発明は、前記のいずれかの特徴を有するマイクロ波発生装置と、前記マイクロ波発生装置に伝送路を介して接続されたマッチング回路と、前記マッチング回路

に伝送路を介して接続されてマイクロ波を放射するアンテナ部と、を備えたことを特徴とするマイクロ波供給装置である。

[0022] この場合、前記アンテナ部は、前記マイクロ波発生装置から供給されるマイクロ波に対して高Q値となるように設定されていることが好ましい。

[0023] また、本発明は、真空引き可能になされた処理容器と、被処理体を載置するために前記処理容器内に設けられた載置台と、前記処理容器内へ所定のガスを供給するためのガス供給手段と、前記処理容器内にマイクロ波を導入してプラズマを立てるための前記の特徴を有するマイクロ波供給装置と、マイクロ波供給装置を制御する装置制御手段と、を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置である。

[0024] また、本発明は、マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号を増幅用の駆動電圧によってスイッチング電力増幅して増幅信号を形成し、当該増幅信号から前記スイッチ信号の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号を取り出してマイクロ波として出力するマイクロ波発生方法において、前記マイクロ波を検出する工程と、前記検出値に基づいて前記スイッチング電力増幅を行う際の増幅用の駆動電圧を可変的に制御する工程と、を備えたことを特徴とするマイクロ波発生方法である。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]図1は、本発明に係るマイクロ波発生装置を用いたプラズマ処理装置の一実施の形態を示す概略構成図である。

[図2]図2は、本発明に係るマイクロ波発生装置(及びマイクロ波供給装置)の第1の実施の形態を示すブロック構成図である。

[図3]図3は、図2のマイクロ波発生装置の主要部を示す回路原理図である。

[図4]図4は、D級増幅器の一例を示す回路構成図である。

[図5]図5は、本発明に係るマイクロ波発生装置の第2の実施の形態を示すブロック構成図である。

[図6]図6は、本発明に係るマイクロ波発生装置の第3の実施の形態を示すブロック構成図である。

[図7]図7は、プラズマ処理装置に用いられる従来のマイクロ波発生装置を示す概略ブロック構成図である。

発明を実施するための最良の形態

[0026] 以下、本発明に係るマイクロ波発生装置、マイクロ波供給装置、プラズマ処理装置及びマイクロ波発生方法の実施の形態を、添付図面に基づいて詳述する。

[0027] <第1の実施の形態>

図1は、本発明に係るマイクロ波発生装置を用いたプラズマ処理装置の一実施の形態を示す概略構成図である。図2は、本発明に係るマイクロ波発生装置(及びマイクロ波供給装置)の第1の実施の形態を示すブロック構成図である。図3は、図2のマイクロ波発生装置の主要部(の一例)を示す回路原理図である。

[0028] 図1に示すように、プラズマ処理装置30は、実際にプラズマ処理が行われる装置本体32と、装置本体32内にマイクロ波を供給するためのマイクロ波供給装置34と、により主に構成されている。

[0029] 図1及び図2に示すように、マイクロ波供給装置34は、マイクロ波発生装置36と、伝送路である同軸導波管38を介してマイクロ波発生装置36に接続されるアンテナ部40と、同軸導波管38の途中に介設されるマッチング回路42と、により主に構成されている。また、マッチング回路42とアンテナ部40との間の同軸導波管38に、マイクロ波の振動モードを変換するためのモード変換器43が介設されている。

[0030] 図1を参照して、装置本体32について説明する。装置本体32は、例えば耐食アルミニウムよりなる筒体状の処理容器44を有している。処理容器44内には、例えば容器底部より起立する載置台46が設けられている。載置台46上に、被処理体である半導体ウエハWが載置されて保持されるようになっている。載置台46には、図示しない静電チャック及び／またはヒータが必要に応じて設けられ得る。

[0031] また、処理容器44の底部には、排気口48が設けられている。当該排気口48には、途中に図示しない圧力制御弁や真空ポンプが介設された真空排気系50が接続されている。これにより、処理容器44内が真空引きされて所定の圧力に維持されるようになっている。

[0032] 処理容器44の側壁には、ウエハWの搬出入時に開閉されるゲートバルブ52が設けられている。また、処理容器44の側壁には、容器内の状況をモニタするための例えば透明な石英ガラスよりなる観察窓54がシール部材56を介して取り付けられてい

る。更に、処理容器44の側壁の上部には、処理容器内に必要な処理ガスを導入するためのガス供給手段58が設けられている。これにより、必要な処理ガスが処理容器44内に導入され得るようになっている。ここでは、ガス供給手段58の一例として、1つのガスノズル58Bが設けられているが、必要に応じて複数ノズルが設けられたり、シャワーヘッド構造を採用することもできる。

[0033] また、処理容器44の天井部には、開口部が設けられており、当該開口部に、マイクロ波に対して透明な(透過性のある)例えば石英ガラスよりなる天井板60がシール部材62を介して気密に取り付けられている。そして、この天井板60の上面側に、例えば銅板よりなる円板状のアンテナ部40が設けられている。このアンテナ部40には、多数の細長い穴状のスロット40Aが設けられている。後述するように、これらのスロット40Aから、マイクロ波が下方に向けて放射されるようになっている。

[0034] アンテナ部40の上面側には、マイクロ波の波長を短くするための例えば AlN 、 Al_2O_3 等よりなる遅波材64が、所定の厚さで設けられている。そして、マイクロ波供給装置34の同軸導波管38の内部ケーブル38Aが、アンテナ部40の中心部に接続され、同軸導波管38の外管38Bが、容器側壁側に接続されて接地されている。

[0035] プラズマ処理装置30の全体動作(各構成要素の動作)は、マイクロ波供給装置34も含めて、例えばマイクロコンピュータ等よりなる装置制御手段66により制御されるようになっている。

[0036] 次に、図2及び図3を参照してマイクロ波発生装置36について説明する。

[0037] このマイクロ波発生装置36は、方形波状のスイッチ信号S1を発生するスイッチ信号発生部68と、このスイッチ信号S1を増幅用の駆動電圧でスイッチング電力増幅して増幅信号S2を出力するスイッチング電力増幅器70と、上記スイッチング電力増幅部70へ可変的に駆動電圧を供給する可変電圧供給部71と、上記スイッチング電力増幅部70より出力される上記増幅信号S2から上記スイッチ信号S1の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号S3を取り出してマイクロ波として出力するためのマイクロ波選択部72と、このマイクロ波選択部72の出力を検出する出力信号検出部74と、この出力信号検出部74の検出結果、すなわちフィードバック信号に基づいて上記可変電圧供給部71を制御する例えばマイクロコンピュータ等よりなる駆動電圧制御部76

と、により主に構成されている。

- [0038] 具体的には、スイッチ信号発生部68は、上述のように方形波状のスイッチ信号S1を出力する。このスイッチ信号S1は、マイクロ波帯域(1~300GHz程度)の基本周波数、例えば2.45GHzの基本周波数を有している。スイッチング電力増幅部70は、スイッチ信号S1をスイッチング電力増幅するものであるが、本発明においては特に、可変電圧供給部71から供給される増幅用の駆動電圧が可変になっているため、出力される方形波状の増幅信号S2のパルス高さが変動可能である。
- [0039] 本実施の形態では、スイッチング電力増幅部70として、例えばE級増幅器が用いられている。図3に示すように、E級増幅器よりなるスイッチング電力増幅部70は、スイッチとして動作する例えばGaAs-HEMT(High Electron Mobility Transistor)73を有しており、そのゲートGにスイッチ信号S1が印加され、ドレインDにチョークコイル78を介して可変電圧供給部71からの駆動電圧が可変的に印加され、ソースSは接地されている。これにより、方形波の高さが増幅された方形波状の増幅信号S2が出力される。尚、スイッチング電力増幅部70に用いられる半導体素子としては、上記GaAs-HEMTの他に、GaN-HEMT、SiGe-HBT(Hetero-junction Bipolar Transistor)、InP-HBT、GaAs-HBT等も好適である。
- [0040] スwitchング電力増幅部70の動作条件は、ドレイン電圧がゼロの時、及び／または、ドレイン電圧の傾きがゼロの時に、GaAs-HEMTをターンオンするというものである。この時、スイッチング損失が最低になって、高効率動作を実現することができる。
- [0041] マイクロ波選択部72の原理構成は、図3に示すように、チョークコイル78とドレインDとの接続点と接地点との間に介在されて上記GaAs-HEMTと並列配置される第1コンデンサC1と、上記接続点から直列に接続される第2コンデンサC2及び第1コイルL1と、よりなる直列共振回路によって構成される。
- [0042] マイクロ波選択部72としては、高Qを持った共振器や高Qを持ったバンドパスフィルタを用いることができる。このバンドパスフィルタとしては、チューブラフィルタ(Tubular Filters)、ウェーブガイドフィルタ(Waveguide Filters)、ランブドエレメントフィルタ(Lumped Element Filters)、キャビティフィルタ(Cavity Filters)、(以上、「SPECTRUM FSY MICROWAVE INC.」の商品名)や、表面弾性フィルタ等

を用いることができる。

[0043] 上記のように構成されたマイクロ波選択部72の共振作用或いはフィルタ作用によって、上述のように、スイッチ信号S1の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号S3がマイクロ波として出力されるようになっている。すなわち、ここでは、基本波以外の高次の高周波正弦信号がカットされるようになっている。そして、ここで得られたマイクロ波が、同軸導波管38を介してアンテナ部40側へ伝搬されるようになっている。

[0044] なお、本実施の形態のマイクロ波選択部72はコイル及びコンデンサで構成されているが、立体回路によって構成されてもよい。

[0045] マイクロ波の出力の大きさは、出力信号検出部74にて検出される。この検出値に基づいて、駆動電圧制御部76が可変電圧供給部71を制御し、必要に応じて、スイッチング電力増幅部70へ供給する駆動電圧の大きさを制御するようになっている。

[0046] 次に、以上のように構成されたプラズマ処理装置30の動作について説明する。

[0047] まず、プラズマ処理装置30の全体の動作について、簡単に説明する。図1に示すように、マイクロ波発生装置36によって発生されたマイクロ波が、同軸導波管38を介して、処理容器44の天井部に設けられた平板状のアンテナ部40へ供給される。マイクロ波は、アンテナ部40から処理容器44内へ導入される。処理容器44内は所定の処理ガスが供給されると共に所定の真空状態に維持されており、上記マイクロ波によって、前記処理ガスがプラズマ化される。これにより、載置台46上のウエハWに所定のプラズマ処理が施される。ここで、マッチング回路42の動作によって、アンテナ部40からの反射波がゼロになるように、インピーダンス整合が行われる。プラズマ処理としては、プラズマ成膜処理、プラズマエッチング処理、プラズマアッシング処理、プラズマクリーニング処理等のプラズマを用いるあらゆる処理が適用できる。

[0048] 次に、図2及び図3を参照して、プラズマ処理時におけるマイクロ波の供給動作について説明する。まず、スイッチ信号発生部68から、例えば2.45GHzのマイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号S1が出力される。このスイッチ信号S1は、例えばE級増幅器よりなるスイッチング電力増幅部70によって、スイッチング電力増幅されて方形波状の増幅信号S2となる。この時の増幅用の駆動電圧は、可変電圧供給部71より可変的に供給される。上記増幅信号S2から、マイクロ波選択

部72の共振作用或いはフィルタ作用によって、スイッチ信号S1の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号S3がマイクロ波として出力される。

- [0049] 周知のように、方形波状の増幅信号S2は、フーリエ級数によって展開できる基本波を含む高調波によって表すことができる。そこで、マイクロ波選択部72によって基本波以外の高調波をカットすることにより、上記したように正弦波信号S3を取り出すことができる。この正弦波信号S3よりなるマイクロ波が、前述したように同軸導波管38を介してアンテナ部40側へ伝搬されて行くことになる。そして、この正弦波信号S3の出力の大きさが、フィードバック制御を行うべく、出力信号検出部74によって検出される。この検出結果に応じて、駆動電圧制御部76は可変電圧供給部71を制御し、スイッチング電力増幅部70へ供給される駆動電圧の大きさをコントロールするのである。
- [0050] これによって、アンテナ部40側へ供給されるマイクロ波の電力を常に一定に維持することができる。ここで、上記フィードバック制御を行うには、例えば1秒程度の時間を要する。しかし、半導体ウエハWをプラズマ処理するためには1枚当たり少なくとも例えば数秒程度を要するので、上記フィードバック制御は十分有効である。
- [0051] このように、半導体集積回路よりなるスイッチング電力増幅部70として例えばE級増幅器を用いながら、しかも、この駆動電圧を可變的に制御するようにしたために、大電力のマイクロ波出力が可能なマイクロ波発生装置36の構造を簡単化でき、装置コストがかからず、しかも、動作効率を大幅に向上させることができる。
- [0052] また、図7を参照して説明したような複数の半導体増幅素子12を用いる必要がなく、出力信号を合成する際の煩雑な調整作業も不要である。これにより、装置の取り扱いが容易化される。尚、1台のマイクロ波発生装置36の出力がプラズマ処理装置で必要とされる総電力に不足している場合には、マイクロ波発生装置36を複数台並列に設けてもよい。この場合でも、従来の半導体増幅素子12と比較して、その個数を大幅に削減することができる。
- [0053] 尚、本実施の形態では、スイッチング電力増幅部70としては、図3に示すように、E級増幅器を用いたが、これに限定されず、例えば図4に示すようにD級増幅器を用いてもよい。このD級増幅器では、図3に示すチョークコイル78に替えて、スイッチ素子として第2のGaAs-HEMT80が用いられ、先のGaAs-HEMT73とこの第2のGa

As-HEMT80とが交互にオン・オフされる。この場合、マイクロ波選択部72の第1コンデンサC1(図3参照)を設けなくてもよい。また、上記2つのHEMT73、80に代えて、HEMTとHBTとの組み合わせ、或いは、HBT同士の組み合わせを採用してもよい。

[0054] <第2の実施の形態>

第1の実施の形態では、駆動電圧制御部76に供給されるフィードバック信号を求めするために、マイクロ波選択部72の出力を検出する出力信号検出部74が設けられている。これに替えて、処理容器44内で発生されるプラズマの発光を検知する光検出器を用いる構成も採用され得る。図5は、そのような構成を採用するマイクロ波発生装置の第2の実施の形態を示すブロック構成図である。尚、図2に示す装置構成と同一の構成部分については、同一の参照符号を付して、その説明を省略する。

[0055] 図5に示すように、本実施の形態では、図2に示す出力信号検出部74に替えて、処理容器44内で発生されるプラズマの発光を検知する光検出器82が設けられている。光検出器82がフィードバック信号を生成するのである。光検出器82としては、例えば発光分光器が用いられて、プラズマの強度によって発光強度が変化する特定波長の光が検出され得る。これにより、供給されるマイクロ波の電力を間接的に検出することができる。このような光検出器82は、例えば観察窓54(図1参照)の外側に設けることが好ましい。

[0056] <第3の実施の形態>

前記第1の実施の形態及び前記第2の実施の形態では、マイクロ波選択部72にて出力される正弦波信号S3がアンテナ部40側へ供給されているが、マイクロ波選択部72の設置を省略して、スイッチング電力増幅部70の出力をそのままアンテナ部40側へ供給する構成も採用され得る。図6は、そのような構成を採用するマイクロ波発生装置の第3の実施の形態を示すブロック構成図である。尚、図2及び図5に示す装置構成と同一構成部分については、同一の参照符号を付して、その説明を省略する。

[0057] 図6に示すように、本実施の形態では、マイクロ波選択部72(図5参照)の設置が省略され、この前段のスイッチング電力増幅部70からの出力である方形波状の増幅信号S2が、マッチング回路42及びモード変換器43を介して、アンテナ部40へ伝搬さ

れるようになっている。この場合、アンテナ部40は、高Q値となるように予め設計され、当該アンテナ部40から前記スイッチ信号S1の基本周波数と同じ周波数のマイクロ波が処理容器44内へ供給される。すなわち、アンテナ部40を、スイッチ信号S1の基本周波数に対して高Q値となるように設計することにより、当該アンテナ部40自体がマイクロ波選択部72の機能を併せ持つのである。この場合、設計指針として、アンテナ部のマイクロ波に対するインピーダンスを下げるのが好ましい。本実施の形態によれば、マイクロ波選択部72の設置を省略することができるので、その分装置コストを削減することができる。

- [0058] 上記の各実施の形態においては、被処理体として半導体ウエハが用いられている。しかしながら、被処理体は半導体ウエハに限定されず、ガラス基板、LCD基板、セラミック基板等に対しても本発明を適用することができる。
- [0059] また、本発明に係るマイクロ波発生装置及びマイクロ波供給装置は、プラズマ処理装置(半導体製造装置)のみならず、他の装置、例えば電子レンジ等、にも適用することができる。

請求の範囲

- [1] マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号を発生するスイッチ信号発生部と、
前記スイッチ信号に基づいてスイッチング電力増幅を行って増幅信号を出力するスイッチング電力増幅部と、
前記スイッチング電力増幅部に増幅用の駆動電圧を可變的に供給することができる可變電圧供給部と、
前記増幅信号から前記スイッチ信号の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号を取り出してマイクロ波として出力するためのマイクロ波選択部と、
前記マイクロ波を検出する出力信号検出部と、
前記出力信号検出部の検出結果に基づいて前記可變電圧供給部を制御する駆動電圧制御部と、
を備えたことを特徴とするマイクロ波発生装置。
- [2] マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号を発生するスイッチ信号発生部と、
前記スイッチ信号に基づいてスイッチング電力増幅を行って増幅信号を出力するスイッチング電力増幅部と、
前記スイッチング電力増幅部に増幅用の駆動電圧を可變的に供給することができる可變電圧供給部と、
前記増幅信号から前記スイッチ信号の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号を取り出してマイクロ波として出力するためのマイクロ波選択部と、
前記マイクロ波によって生ぜしめられたプラズマの発光を検出する光検出部と、
前記光検出部の検出結果に基づいて前記可變電圧供給部を制御する駆動電圧制御部と、
を備えたことを特徴とするマイクロ波発生装置。
- [3] 前記マイクロ波選択部は、高Q値を有するバンドパスフィルタまたは共振器よりなることを特徴とする請求項1または2に記載のマイクロ波発生装置。
- [4] 前記バンドパスフィルタは、表面弾性波フィルタ、チューブラフィルタ、ウェーブガイ

ドフィルタ、ランプドエレメントフィルタ及びキャビティフィルタよりなる群より選択される1つよりなる

ことを特徴とする請求項3に記載のマイクロ波発生装置。

- [5] マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号を発生するスイッチ信号発生部と、

前記スイッチ信号に基づいてスイッチング電力増幅を行って増幅信号を出力するスイッチング電力増幅部と、

該スイッチング電力増幅部に増幅用の駆動電圧を可変的に供給することができる可変電圧供給部と、

前記増幅信号によって生ぜしめられたプラズマの発光を検出する光検出部と、

前記光検出部の検出結果に基づいて前記可変電圧供給部を制御する駆動電圧制御部と、

を備えたことを特徴とするマイクロ波発生装置。

- [6] 前記スイッチング電力増幅部は、HEMT及び／又はHBTよりなることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載のマイクロ波発生装置。

- [7] 前記基本周波数は、2.45GHzであることを特徴とする請求項1乃至6のいずれかに記載のマイクロ波発生装置。

- [8] 請求項1乃至7のいずれかに記載のマイクロ波発生装置と、
前記マイクロ波発生装置に伝送路を介して接続されたマッチング回路と、
前記マッチング回路に伝送路を介して接続されてマイクロ波を放射するアンテナ部と、
を備えたことを特徴とするマイクロ波供給装置。

- [9] 前記アンテナ部は、前記マイクロ波発生装置から供給されるマイクロ波に対して高Q値となるように設定されていることを特徴とする請求項8に記載のマイクロ波供給装置。

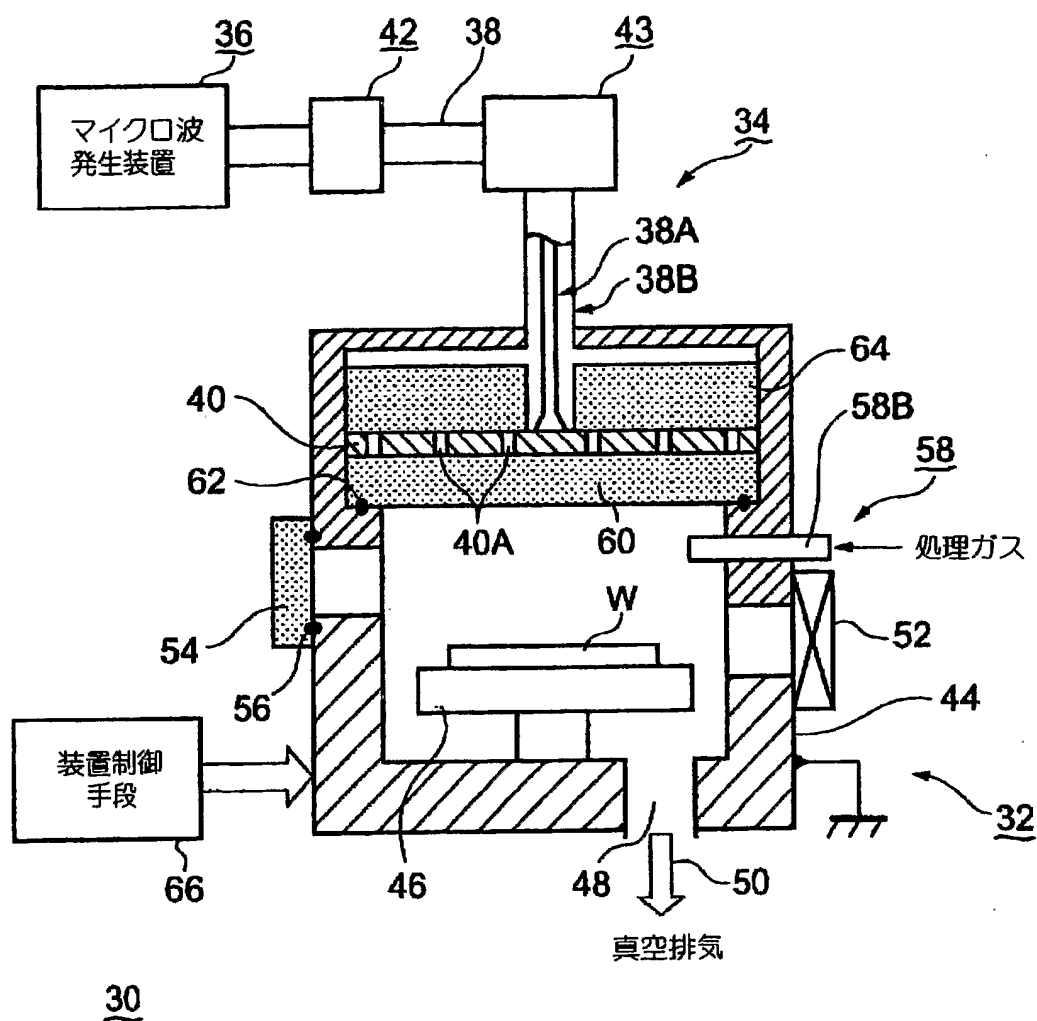
- [10] 真空引き可能になされた処理容器と、
被処理体を載置するために前記処理容器内に設けられた載置台と、
前記処理容器内へ所定のガスを供給するためのガス供給手段と、

前記処理容器内にマイクロ波を導入してプラズマを立てるための請求項8または9に記載されたマイクロ波供給装置と、

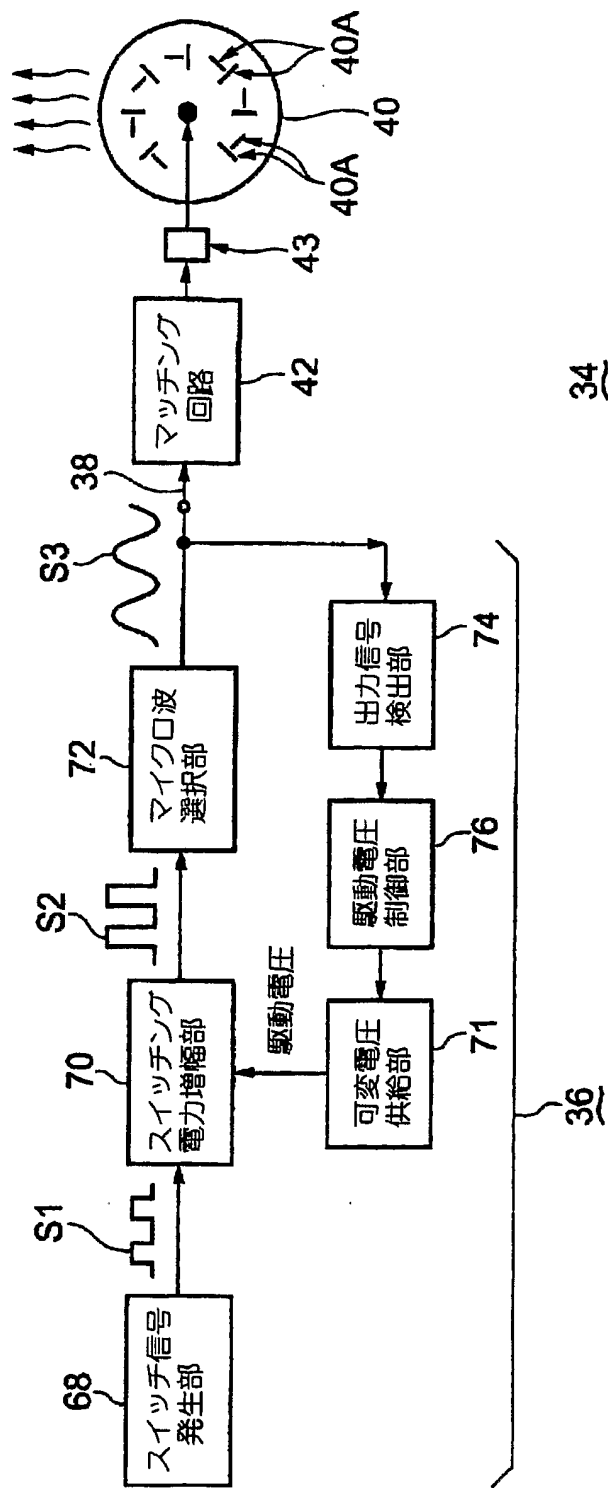
マイクロ波供給装置を制御する装置制御手段と、
を備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。

- [11] マイクロ波帯域の基本周波数を有する方形波状のスイッチ信号を増幅用の駆動電圧によってスイッチング電力増幅して増幅信号を形成し、当該増幅信号から前記スイッチ信号の基本周波数と同じ周波数の正弦波信号を取り出してマイクロ波として出力するマイクロ波発生方法において、
前記マイクロ波を検出する工程と、
前記検出値に基づいて前記スイッチング電力増幅を行う際の増幅用の駆動電圧を可變的に制御する工程と、
を備えたことを特徴とするマイクロ波発生方法。

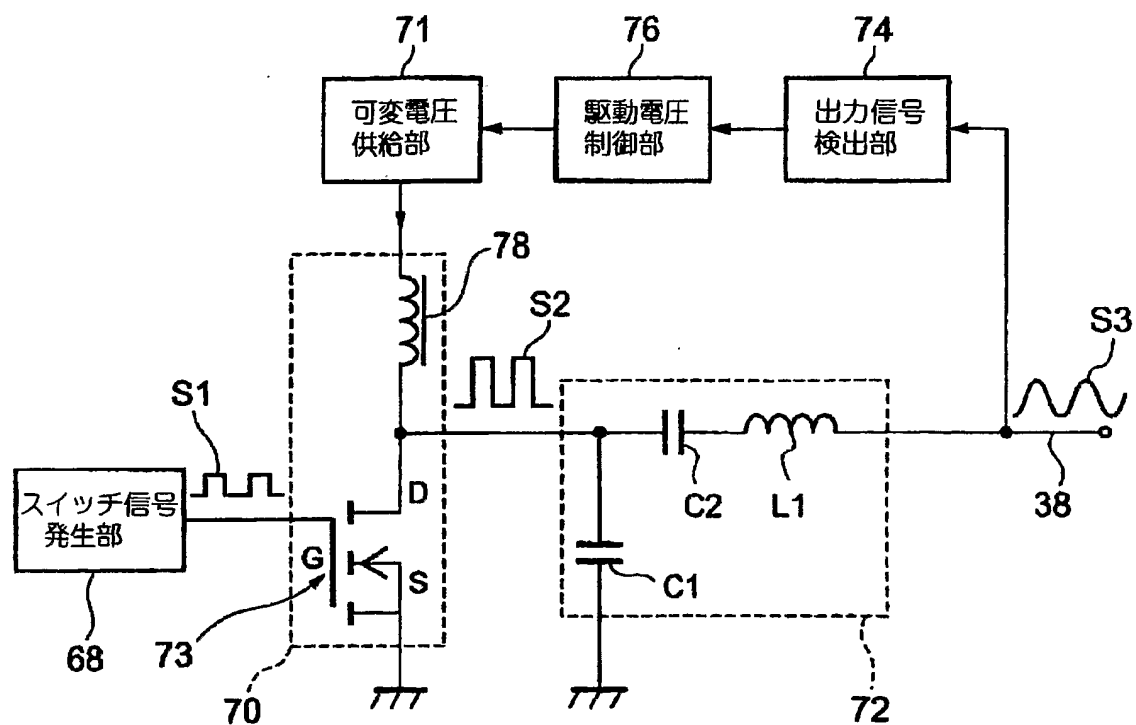
[図1]



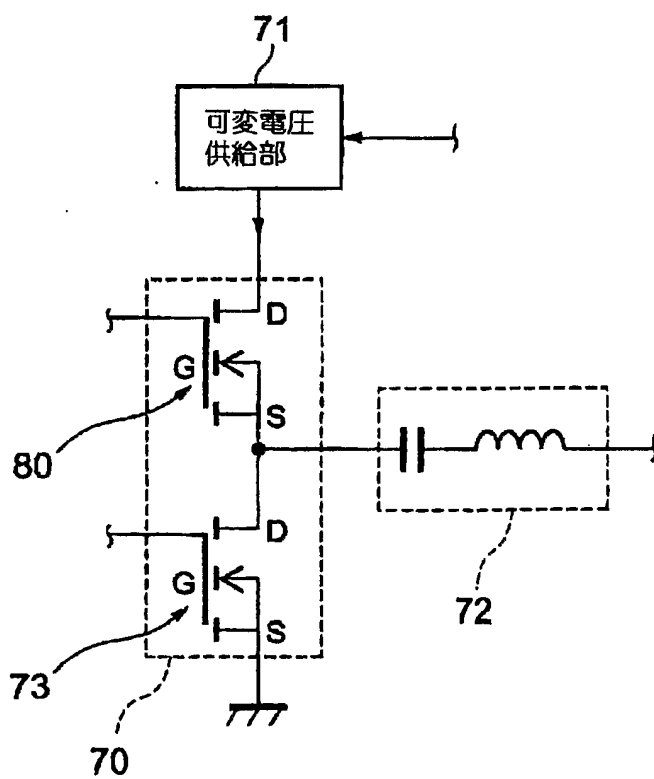
[図2]



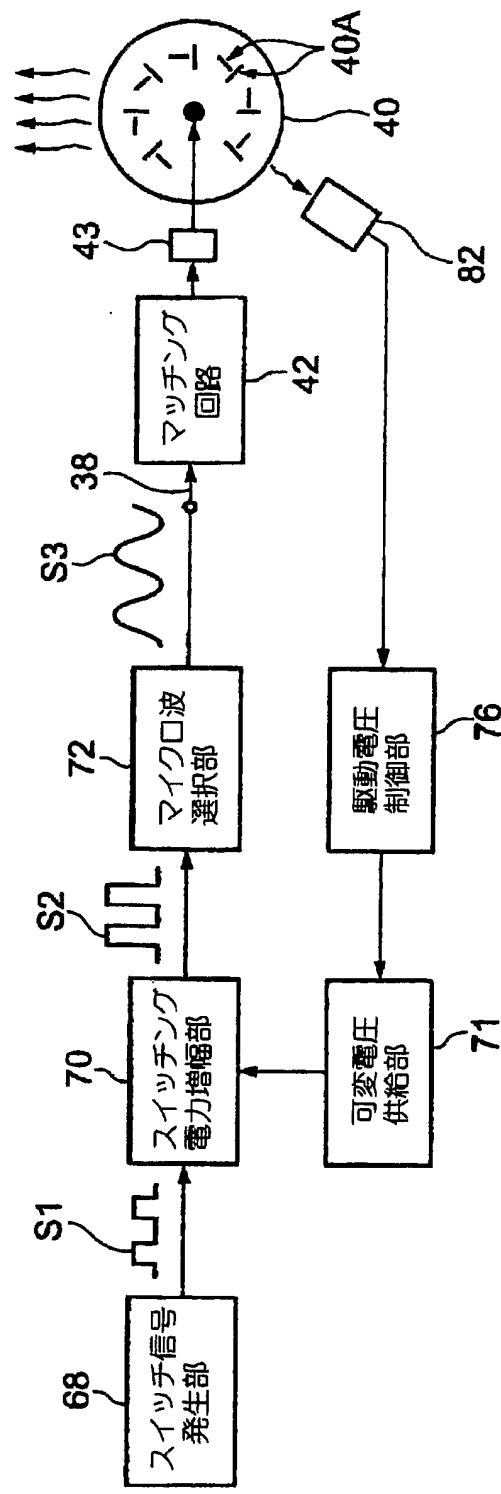
[図3]



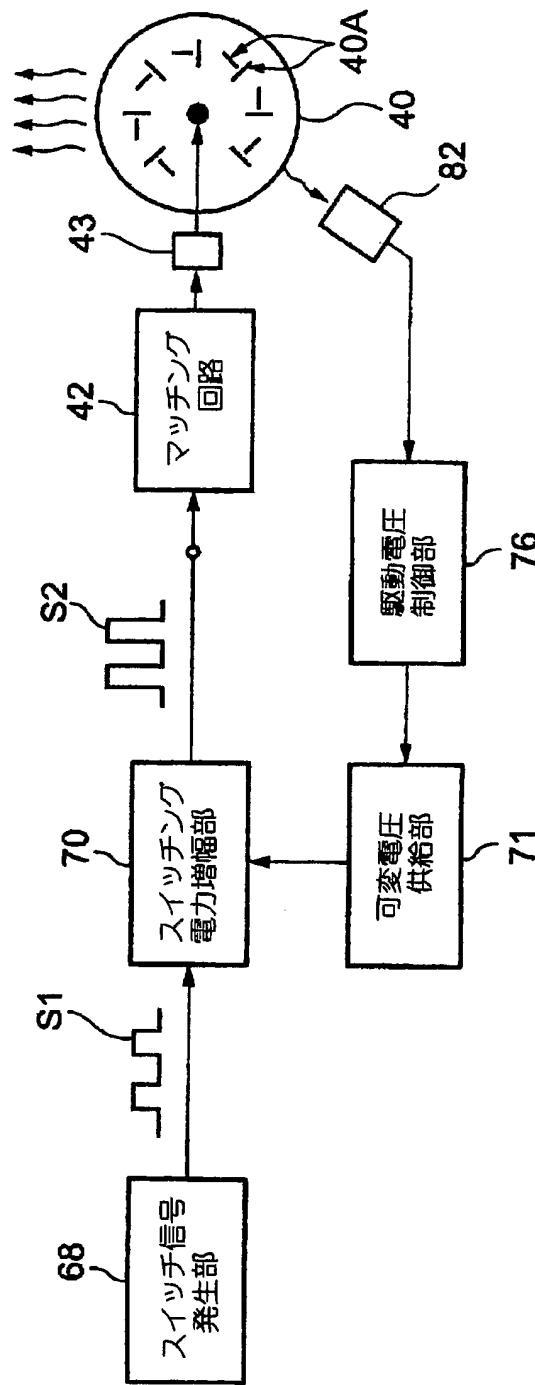
[図4]



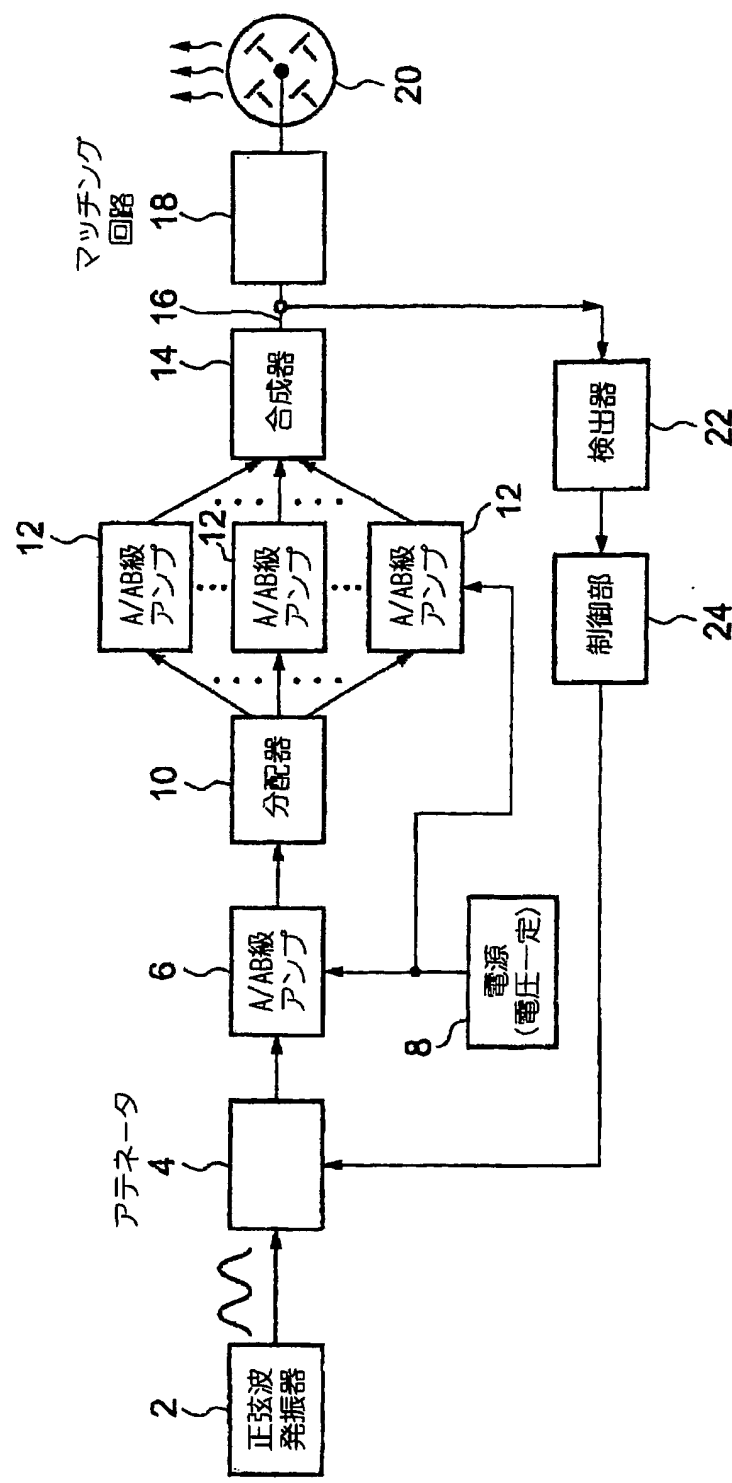
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/306895

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03B28/00(2006.01), H01L21/205(2006.01), H01L21/3065(2006.01),
H05B6/66(2006.01), H05H1/00(2006.01), H05H1/46(2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03B28/00(2006.01), H01L21/205(2006.01), H01L21/3065(2006.01),
H05B6/66(2006.01), H05H1/00(2006.01), H05H1/46(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2003-218655 A (Daihen Corp.), 31 July, 2003 (31.07.03), Par. Nos. [0001], [0008], [0019] to [0023]; Figs. 2, 4 (Family: none)	1, 3-4, 6-11 2, 5
Y A	JP 2001-512619 A (Advanced Energy Industries, Inc.), 21 August, 2001 (21.08.01), Pages 33, 39, 45 to 46; Fig. 3 & US 006384540 B1 & EP 000962048 A & WO 98/037627 A1 & DE 069815506 D & DE 069815506 T	1, 3-4, 6-11 2, 5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
13 June, 2006 (13.06.06)

Date of mailing of the international search report
20 June, 2006 (20.06.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/306895

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-200363 A (Toshiba Corp.), 31 July, 1998 (31.07.98), Par. No. [0002]; Fig. 4 (Family: none)	4
Y	JP 2002-280846 A (Toshiba Corp.), 27 September, 2002 (27.09.02), Par. Nos. [0024] to [0025] (Family: none)	6
Y	JP 2004-128141 A (Tokyo Electron Ltd.), 22 April, 2004 (22.04.04), Par. Nos. [0017] to [0021], [0029]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	8-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))			
Int.Cl. H03B28/00 (2006. 01), H01L21/205 (2006. 01), H01L21/3065 (2006. 01), H05B6/66 (2006. 01), H05H1/00 (2006. 01), H05H1/46 (2006. 01)			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))			
Int.Cl. H03B28/00 (2006. 01), H01L21/205 (2006. 01), H01L21/3065 (2006. 01), H05B6/66 (2006. 01), H05H1/00 (2006. 01), H05H1/46 (2006. 01)			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 0 6 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 6 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 6 年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y A	JP 2003-218655 A (株式会社ダイヘン) 2003. 07. 31, [0001], [0008], [0019]-[0023]、図 2, 図 4 (ファミリーなし)	1, 3-4, 6-11 2, 5	
☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献			
国際調査を完了した日 1 3 . 0 6 . 2 0 0 6		国際調査報告の発送日 2 0 . 0 6 . 2 0 0 6	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (I S A / J P) 郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5 東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号		特許庁審査官 (権限のある職員) 崎間 伸洋 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 7 6	5 W 3 5 7 0

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 2001-512619 A (アドバンスト エナジー インダストリーズ, イ ンコーポレイテッド) 2001. 08. 21, 第 33 頁, 第 39 頁, 第 45 頁-第 46 頁、図 3 & US 006384540 B1 & EP 000962048 A & WO 98/037627 A1 & DE 069815506 D & DE 069815506 T	1, 3-4, 6-11 2, 5
Y	JP 10-200363 A (株式会社東芝) 1998. 07. 31, [0002] , 図 4 (ファミリーなし)	4
Y	JP 2002-280846 A (株式会社東芝) 2002. 09. 27, [0024]-[0025] (ファミリーなし)	6
Y	JP 2004-128141 A (東京エレクトロン株式会社) 2004. 04. 22, [0017]-[0021], [0029], 図 1-図 2 (ファミリーなし)	8-10