

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4769014号
(P4769014)

(45) 発行日 平成23年9月7日(2011.9.7)

(24) 登録日 平成23年6月24日(2011.6.24)

(51) Int.Cl.	F 1	
H05H 1/24 (2006.01)	H05H 1/24	
C23C 14/32 (2006.01)	C23C 14/32	B
H02M 9/04 (2006.01)	H02M 9/04	Z
H05H 1/26 (2006.01)	H05H 1/26	
H05H 1/36 (2006.01)	H05H 1/36	

請求項の数 5 (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2005-131611 (P2005-131611)	(73) 特許権者	899000057
(22) 出願日	平成17年4月28日 (2005. 4. 28)		学校法人日本大学
(65) 公開番号	特開2006-310101 (P2006-310101A)		東京都千代田区九段南四丁目8番24号
(43) 公開日	平成18年11月9日 (2006. 11. 9)	(74) 代理人	100102233
審査請求日	平成20年4月11日 (2008. 4. 11)		弁理士 有賀 正光
		(72) 発明者	浅井 朋彦
			東京都千代田区九段南4丁目8番24号
			学校法人日本大学内
		(72) 発明者	高橋 努
			東京都千代田区九段南4丁目8番24号
			学校法人日本大学内
		審査官	山口 敦司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 同軸磁化プラズマ生成装置と同軸磁化プラズマ生成装置を用いた膜形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

同軸状に配置した外部導体と内部導体、外部導体と内部導体の間の空間にプラズマ生成ガスを供給するプラズマ生成ガス供給部を備え、外部導体と内部導体のいずれか一方の対向面、又は双方の対向面にリング状凸部を形成してあり、外部導体と内部導体の間にパワークローバ回路を接続してあることを特徴とする同軸磁化プラズマ生成装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置において、前記外部導体の外周に前記リング状凸部を囲むようにバイアス磁界を発生する電磁コイルを配置してあることを特徴とする同軸磁化プラズマ生成装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置において、前記パワークローバ回路は、充電用の容量の小さいコンデンサと充電用の容量の大きいコンデンサを備え、放電の開始時は容量の小さいコンデンサが放電し、容量の小さいコンデンサの電圧が所定値よりも低くなると容量の大きいコンデンサが放電を開始するように構成してあることを特徴とする同軸磁化プラズマ生成装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置において、前記容量の大きいコンデンサにクローバスイッチ用のダイオードを直列に接続してあることを特徴とする同軸磁化プラズマ生成装置。

【請求項 5】

請求項 1、請求項 2、請求項 3 又は請求項 4 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置の放出するプラズマ塊を膜形成材料を塗布した基板に照射することを特徴とする膜形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願発明は、外部導体と内部導体を同軸状に配置してプラズマ塊（スフェロマックプラズマ）を生成する同軸磁化プラズマ生成装置とその同軸磁化プラズマ生成装置が放出するプラズマ塊を用いて基板に膜を形成する膜形成装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

図 5 を用いて従来と同軸磁化プラズマ生成装置を説明する（例えば非特許文献 1 参照）。

図 5 (a) は、同軸磁化プラズマ生成装置の軸方向の断面図を示し、図 5 (b) は、図 5 (a) の X 1 部分の矢印方向の断面図を示す。

外部導体 23 と内部導体 24 を同軸状に配置し、内部導体 24 は、ガス供給管 22 と一体的に形成或いはガス供給管 22 に固着してある。ガス供給管 22 は、絶縁部材 26 によって外部導体 23 内に固定されている。ガス供給管 22 は、中空部 221、ガス噴出孔 222 を介してプラズマ生成ガス G（例えばヘリウムガス、アルゴンガス等）を、外部導体 23 と内部導体 24 の間の空間に供給する。外部導体 23 と内部導体 24（ガス供給管 22）には、充電したコンデンサ C とスイッチ S を接続してある。

20

【0003】

スイッチ S を閉じると、外部導体 23 と内部導体 24（ガス供給管 22）にコンデンサ C の電圧が印加され、外部導体 23 と内部導体 24 の間（例えば孔 222 の付近）に放電が発生して放電電流が流れ、プラズマ P が生成する。その際プラズマ P は、放電電流とその放電電流により発生する磁界とのローレンツ力により加速されて外部導体 23 の開放端へ向かって移動し、開放端からプラズマ塊 P M となって放出される。

図 5 の場合、コンデンサ C が放電するとき負荷（外部導体 23 と内部導体 24）にインダクタンスがあると、負荷を流れる電流は、減衰振動となり、所定の周期で極性が反転する。そこで極性を反転させずに非振動の単極電流を発生して放電を継続するクローバ回路が提案されている。

30

【0004】

図 6 により従来クローバ回路について説明する（例えば特許文献 1 参照）。

図 6 (a) は、回路構成を示し、図 6 (b) は、負荷電流の時間的変化を示す。

コンデンサ 41 の充電電圧 V_c を半導体スイッチ 42 を介して負荷 43（インダクタンス 431、抵抗 432）に印加する例で、負荷 43 と並列にクローバ回路 44 を接続してある。クローバ回路 44 は、逆流防止用ダイオード 441、クローバスイッチ 442、抵抗 433 からなる。

制御部 46 の制御によって半導体スイッチ 42 が導通すると、コンデンサ 41 は放電し、負荷電流 I_L が流れる。制御部 46 は、検流検出部 16 の検出する負荷電流 I_L が所定値（例えば図 6 (b) の時間 t_1 の最大値）になると、半導体スイッチ 42 を非導通にし、クローバスイッチ 442 を導通する。その結果負荷電流 I_L はクローバ回路 44 を介して流れ、図 6 (b) の時間 t_1 以降のように減衰する。

40

次に図 7 により従来膜形成装置の一つであるイオンプレーティング装置について説明する（例えば特許文献 2 参照）。

【0005】

真空室 51 内には、プラズマ発生部 61、対向電極 62、膜形成材料 531 を入れたルツボ 52、基板 551 を装着する基板保持部 54 を配置してある。プラズマ生成部 61 と対向電極 62 には、直流電源 E を接続し、基板保持部 54 には、高周波電源 56 を接続してある。

50

プラズマ生成部 6 1 に発生したプラズマ 6 3 は、対向電極 6 2 へ引き寄せられる。一方ルツボ 5 2 の膜形成材料 5 3 1 は、電子銃 5 6 1 の放出する電子 5 6 2 により加熱されて蒸発し、蒸発した粒子（蒸気）5 3 2 は、加速されて基板 5 5 1 に付着し堆積して膜 5 5 2 を形成する。その際蒸発した粒子 5 3 2 は、プラズマ 6 3 によりイオン化或いは活性化されて基板 5 5 1 を照射する。

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 3 - 1 5 3 5 5 5 号公報

【特許文献 2】特開平 7 - 2 6 8 6 1 4 号公報

【非特許文献 1】2 0 0 2 年 3 月 2 0 日産業図書株式会社発行の「プラズマ工学の基礎（改訂版）」、赤崎正則、村岡克紀、渡辺征夫、蛭原健治著、第 2 0 8 ~ 2 0 9 頁

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

図 5 の同軸磁化プラズマ生成装置の負荷電流は、短時間で所定値に立ち上げなければならないが、図 5 の同軸磁化プラズマ生成装置に図 6 のクローバ回路を用いた場合、負荷電流 I_L は、図 6 (b) のように変化する。負荷電流 I_L を短時間で所定値に立ち上げるには、負荷電流 I_L の立ち上り特性 ($t_0 \sim t_1$ の負荷電流 I_L の変化) を急峻にしなければならない。負荷電流 I_L の立ち上りを急峻にするためには、図 6 (a) のコンデンサ 4 1 の容量を小さくしなければならないが、コンデンサ 4 1 の容量が小さいと、負荷電流 I_L は、短時間で減衰してしまう。一方負荷電流 I_L の減衰を緩やかにするためコンデンサ 4 1 の容量を大きくすると、負荷電流 I_L の立ち上りが緩やかになってしまう。そのため図 5 の同軸磁化プラズマ生成装置に図 6 (a) のクローバ回路を用いた場合、コンデンサ 4 1 の容量を大きくすることができないから、同軸磁化プラズマ生成装置の放電は、単発放電になり、一回のコンデンサの充電で 1 個のプラズマ塊しか発生できない。即ち一回のコンデンサの充電によりプラズマ塊を連続的に生成することは困難である。

20

【 0 0 0 8 】

また図 5 の同軸磁化プラズマ生成装置は、外部導体 2 3 と内部導体 2 4 に発生する放電の位置（場所）が定まらないため、プラズマ塊を連続的に生成する場合、各プラズマ塊毎に放電の位置が変わってしまい、所定の間隔で連続的に安定してプラズマ塊を生成することが困難である。

30

従来のイオンプレーティング装置は、プラズマ生成手段に加えて膜形成材料の加熱手段や蒸発した粒子の加速手段が必要になる。そのため、従来のイオンプレーティング装置は、装置が複雑になり、操作も複雑になる。また従来のイオンプレーティング装置は、生成するプラズマの電離度が低いため、膜形成材料の蒸発粒子のイオン化率が低く、膜形成率も低い。

【 0 0 0 9 】

本願発明は、前記の従来の同軸磁化プラズマ生成装置、クローバ回路及びイオンプレーティング装置等の膜形成装置の問題点に鑑み、プラズマ塊を連続的に安定して生成できる同軸磁化プラズマ生成装置を提供すること、及びその同軸磁化プラズマ生成装置の放出するプラズマ塊を用いて膜形成装置を簡単に構成することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本願発明は、その目的を達成するため、請求項 1 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置は、同軸状に配置した外部導体と内部導体、外部導体と内部導体の間の空間にプラズマ生成ガスを供給するプラズマ生成ガス供給部を備え、外部導体と内部導体のいずれか一方の対向面、又は双方の対向面にリング状凸部を形成してあり、外部導体と内部導体の間にパワークローバ回路を接続してあることを特徴とする。

請求項 2 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置は、請求項 1 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置において、前記外部導体の外周に前記リング状凸部を囲むようにバイアス磁界を発生する電磁コイルを配置してあることを特徴とする。

50

請求項 3 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置は、請求項 1 又は請求項 2 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置において、前記パワークローバ回路は、充電用の容量の小さいコンデンサと充電用の容量の大きいコンデンサを備え、放電の開始時は容量の小さいコンデンサが放電し、容量の小さいコンデンサの電圧が所定値よりも低くなると容量の大きいコンデンサが放電を開始するように構成してあることを特徴とする。

請求項 4 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置は、請求項 3 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置において、前記容量の大きいコンデンサにクローバスイッチ用のダイオードを直列に接続してあることを特徴とする。

請求項 5 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置は、請求項 1、請求項 2、請求項 3 又は請求項 4 に記載の同軸磁化プラズマ生成装置の放出するプラズマ塊を膜形成材料を塗布した基板に照射することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0011】

本願発明の同軸磁化プラズマ生成装置は、同軸状の導体にリング状凸部を形成してあるから、プラズマは、常にそのリング状凸部に生成し、そのリング状凸部の位置を変えることにより、所望の位置にプラズマを生成することができる。したがってプラズマ塊は、所定の間隔で安定して生成する。またリング状凸部を囲むようにバイアス磁界を発生する電磁コイルを配置してあるから、生成したプラズマは磁界に閉じ込められた状態でプラズマ塊となって放出される。したがってプラズマ塊は、放出後も高電離度、高密度を保った状態で高速で放出される。

20

【0012】

本願発明の同軸磁化プラズマ生成装置に用いるパワークローバ回路は、容量の小さいコンデンサと容量の大きいパワークローバ用コンデンサを用い、放電の立ち上り時は容量の小さいコンデンサの放電が寄与し、その後は容量の大きいコンデンサの放電が主として寄与するように構成してあるから、立ち上りが急峻で、長時間所定の電圧を維持した状態で放電を持続できる。したがって本願発明の同軸磁化プラズマ生成装置は、一回の充電で連続的にプラズマ塊を生成することができる。またパワークローバ回路は、容量の大きいコンデンサと直列にクローバスイッチ用ダイオードを接続するのみで、放電開始後、容量の小さいコンデンサの電圧が容量の大きいコンデンサの電圧よりも低くなると自動的に容量の大きいコンデンサが放電を開始するから、特別の制御回路やクローバスイッチが必要でない。したがってパワークローバ回路は、回路構成が簡単になる。

30

本願発明の同軸磁化プラズマ生成装置は、高電離度、高密度のプラズマ塊を連続的に安定して生成でき、高速で放出できるから、膜形成材料を塗布した基板にプラズマ塊を照射することにより、基板に強力な膜を簡単に形成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

図 1 ~ 図 4 により本願発明の実施例を説明する。なお各図に共通の部分は、同じ符号を使用している。

【実施例 1】

【0014】

図 1 は、実施例 1 の同軸磁化プラズマ生成装置を示す。

図 1 (a) は、同軸磁化プラズマ生成装置の軸方向の断面図を示し、図 1 (b) は、図 1 (a) の X 1 部分の矢印方向の断面図を示し、図 1 (c) は、図 1 (a) の同軸磁化プラズマ生成装置のプラズマの発生を説明する図である。

図 1 において、21 は同軸磁化プラズマ生成装置、22 はプラズマ生成ガスの供給管 (供給部)、221 は中空部、222 はガス噴出孔、23 は外部導体、231 はリング状凸部、24 は内部導体、25 はパワークローバ回路、26 は絶縁部材、27 はバイアス磁界を発生する円筒状の電磁コイル、P はプラズマ、PM はプラズマ塊である。

【0015】

外部導体 23 と内部導体 24 は、同軸状に配置し、外部導体 23 は、内部導体 24 との

40

50

対向面にリング状凸部 231 を形成してあり、内部導体 24 は、ガス供給管 22 と一体的に形成或いはガス供給管 22 に固着してある。ガス供給管 22 は、絶縁部材 26 によって外部導体 23 内に固定されている。プラズマ生成ガス G (例えばヘリウムガス、アルゴンガス等) は、ガス供給管 22 の中空部 221、ガス噴出孔 222 を介して外部導体 23 と内部導体 24 の間の空間に供給する。外部導体 23 と内部導体 24 (ガス供給管 22) には、パワークローバ回路 25 (詳細は後述する) を接続してある。電磁コイル 27 は、外部導体 23 の外周に、外部導体 23 のリング状凸部 231 を囲むように配置してある。

【0016】

外部導体 23 と内部導体 24 にパワークローバ回路 25 のコンデンサの充電電圧を印加すると、外部導体 23 のリング状凸部 231 と内部導体 24 の間に放電が発生して放電電流が流れ、プラズマ P が生成する。生成したプラズマ P は、放電電流とその放電電流により発生する磁界とのローレンツ力により加速されて外部導体 23 の開放端へ向かって移動し、その開放端からプラズマ塊 P M となって放出される。その際パワークローバ回路 25 は、長時間放電を維持することができるから、プラズマ塊 P M は連続して放出される。またプラズマ P には、電磁コイル 27 のバイアス磁界が作用して、内部導体 24 の周方向 (トロイダル方向) の電流が誘導される。したがってプラズマ P は、外部導体 23 と内部導体 24 の間の放電電流によって発生する磁界とトロイダル方向の電流によって発生する磁界に閉じ込められた状態になるため、プラズマ塊 P M は、開放端から放出された後も直ぐには拡散することがなく塊の状態を維持している。即ちプラズマ塊 P M は、高電離度、高密度の状態を保ったまま高速で放出される。

【0017】

外部導体 23 には、リング状凸部 231 を形成してあるから、プラズマ P は、常にリング状凸部 231 の位置に安定して生成し、プラズマ塊 P M は、連続的に安定して生成する。その際リング状凸部 231 と外部導体 23 の開放端までの距離は一定であるから、プラズマ塊 P M は、所定の間隔で連続的に生成する。

プラズマ P は、外部導体 23 のリング状凸部 231 の位置に生成するから、プラズマ P の生成位置は、リング状凸部 231 の位置によって決まる。したがってリング状凸部 231 の位置を変えることにより、プラズマ P を所望の位置に生成することができる。図 1 の場合、電磁コイル 27 のバイアス磁界をプラズマ P に適切に作用させるためには、プラズマ P と電磁コイル 27 の位置の調整が必要になるが、プラズマ P は、リング状凸部 231 の位置に生成するから、その調整を容易に行うことができる。

図 1 の同軸磁化プラズマ生成装置 21 は、リング状凸部 231 を外部導体 23 に形成する例について説明したが、リング状凸部 231 は、内部導体 24 に形成してもよいし、或いは外部導体 23 及び内部導体 24 の双方に形成してもよい。

【実施例 2】

【0018】

図 2 は、図 1 のパワークローバ回路 25 の実施例を示す。

図 2 (a) は、パワークローバ回路 25 の構成を示し、図 2 (b) は、負荷電流の時間的变化を示す。

コンデンサ C1、インダクタンス L1、抵抗 R1 の回路と、バイパス用ダイオード D2 を並列に接続したコンデンサ C2、インダクタンス L2、抵抗 R2、ダイオード D1 の回路とを並列に接続し、それらの回路は、イグナイトロン I T (スイッチ素子) を介して負荷 F に接続してある。前記ダイオード D1、コンデンサ C2 等の回路は、パワークローバ回路であり、ダイオード D1 は、クローバスイッチ、コンデンサ C2 は、パワークローバ用コンデンサである。コンデンサ C1、C2 は、充電用コンデンサである。

【0019】

コンデンサ C1、C2 は、それらの容量が $C1 < C2$ となるように、即ちコンデンサ C2 は、コンデンサ C1 よりも容量の大きいものを用い、コンデンサ C1、C2 の電圧 V_{c1} 、 V_{c2} は、同じ極性で、 $V_{c1} > V_{c2}$ となるように、即ちコンデンサ C1 の電圧 V_{c1} がコンデンサ C2 の電圧 V_{c2} よりも高くなるように充電する。

この状態で制御部（図示せず）の制御によりイグナイトロンITを導通すると、コンデンサC1は、放電を開始して放電電流 I_{c1} が流れ、負荷Fに負荷電流 $I_L (= I_{c1})$ が流れる。この際ダイオードD1は、コンデンサC1の電圧 V_{c1} に対して非導通になるから、コンデンサC2は放電しない。コンデンサC1の放電が進み、コンデンサC1の電圧 V_{c1} がコンデンサC2の電圧 V_{c2} よりも低くなると、ダイオードD1が導通してコンデンサC2が放電を開始し、コンデンサC2の放電電流 I_{c2} が負荷Fに流れる。以後負荷Fには、放電電流 I_{c1} 、 I_{c2} ($I_L = I_{c1} + I_{c2}$)が流れる。負荷電流 I_L は、ダイオードD2を流れて還流する。したがって負荷電流 I_L は、非振動の単極減衰電流となる。

【0020】

コンデンサC1のみの場合には、負荷電流は、図2(b)の破線の放電電流 I_{c1} のように短時間で減衰してしまうが、容量の大きいコンデンサC2の放電が加わることにより負荷電流 I_L は、図2(b)の実線のように緩やかに減衰する。そして負荷電流 I_L の立ち上がりは、コンデンサC1によって決まるから、図2(b)の実線のように急峻になる。即ち図2(a)のパワーローバ回路は、立ち上がりが急峻で減衰の緩やかな負荷電流を供給することができる。したがって図2(a)のパワーローバ回路を図1の同軸磁化プラズマ生成装置に用いると、1回の充電で連続的にプラズマ塊を生成することができる。

【0021】

以上のように図2のパワーローバ回路は、容量が小さいコンデンサC1と容量の大きいパワーローバ用のコンデンサC2を用い、コンデンサC1の充電電圧をコンデンサC2の充電電圧よりも高くすることにより、負荷電流の立ち上がり時は、コンデンサC1の放電電流が寄与し、その後は主としてコンデンサC2の放電電流が寄与するから、負荷電流は、立ち上がりが急峻になり、減衰は緩やかになる。またクローバスイッチには、ダイオードD1を用い、コンデンサC1の放電電圧がコンデンサC2の充電電圧よりも低くなると、ダイオードD1が自動的に導通してコンデンサC2の放電を開始するから、従来のクローバスイッチに比べて構成や制御が簡単になる。

【0022】

なお図2において、イグナイトロンITは、イグナイトロンに代えて制御部の制御により導通、非導通の切換えが可能な他の半導体スイッチを用いることもできる。またイグナイトロンITは、抵抗R1と直列に、ダイオードD1の接続点よりも抵抗R1側に接続してもよい。また抵抗R1、R2は、小さいほどロスが小さくなり、インダクタンスL1、L2は、小さいほど負荷電流 I_L の脈動が小さくなる。そしてインダクタンスL1をインダクタンスL2よりも大きくすると、負荷電流 I_L のコンデンサC1への戻りが小さくなり、負荷電流 I_L の大部分は、前記パワーローバ回路を経由して流れる。

【0023】

図3は、図2のパワーローバ回路の負荷電流 I_L のシミュレーションの結果を示す。シミュレーションは、 $R1 = 11 \times 10^{-3} (\Omega)$ 、 $R2 = 1 \times 10^{-3} (\Omega)$ 、 $R3 = 10 \times 10^{-3} (\Omega)$ 、 $L1 = 5 \times 10^{-9} (H)$ 、 $L2 = 5 \times 10^{-9} (H)$ 、 $L3 = 200 \times 10^{-9} (H)$ 、 $C1 = 90 \times 10^{-6} (F)$ 、 $C2 = 367 \times 10^{-3} (F)$ 、に設定して行った。

図3から、図2のパワーローバ回路の負荷電流 I_L は、立ち上がりが急峻で、長時間略一定値を保持していることが分かる。

【実施例3】

【0024】

図4は、図1の同軸磁化プラズマ生成装置が放出するプラズマ塊を用いて基板上に膜を形成する膜形成装置を示す。

図4において、31は真空室、32は基板支持部、33は基板、34は塗布膜、21は同軸磁化プラズマ生成装置、22はガス供給管、PMはプラズマ塊である。基板33には、膜形成材料の粉末を分散させた溶媒を塗布し、乾燥して塗布膜34を形成する。膜形成材料は、アルミニウム、チタン等の金属、ITO (Indium Tin Oxide)

10

20

30

40

50

、シリコン等を用い、基板 3 3 は、金属、セラミックス、プラスチック等からなるものを用いる。

膜の形成には、まず塗布膜 3 4 を形成した基板 3 3 を基板支持部 3 2 に装着する。その状態でプラズマ生成用のガス、例えばアルゴンガス、ヘリウムガス等の不活性ガスを、ガス供給管 2 2 から同軸磁化プラズマ生成装置 2 1 内へ供給し、プラズマ塊 P M を生成して真空室 3 1 内へ放出する。放出されたプラズマ塊 P M は、基板 3 3 の塗布膜 3 4 を照射して塗布膜 3 4 の膜形成材料をイオン化或いは活性化し、膜形成材料を基板 3 3 に密着させて強固な膜を形成する。

ここで基板とは、フィルムを含めて膜を形成する対象部材（被膜形成部材）をいう。

【 0 0 2 5 】

図 4 の膜形成装置は、同軸磁化プラズマ生成装置 2 1 の生成するプラズマ塊 P M を用いるが、同軸磁化プラズマ生成装置 2 1 は、高電離度、高密度のプラズマ塊 P M を連続的に安定して生成し、高速で基板 3 3 の塗布膜 3 4 を照射するから、強固な膜を能率よく形成できる。また前述のように同軸磁化プラズマ生成装置 2 1 は、高電離度、高密度のプラズマを磁界に閉じ込めた状態でプラズマ塊 P M を放出するから、プラズマ塊 P M は、放出後もほとんど拡散することなく大きなエネルギーを保った状態で基板 3 3 の塗布膜 3 4 を照射する。したがって塗布膜 3 4 の膜形成材料は、高電離度、高密度の高エネルギーのプラズマによりイオン化或いは活性化されるため、基板 3 3 に密着し強固な膜を形成する。

また図 4 の膜形成装置は、予め基板 3 3 に膜材料を塗布したのものを用いるから、膜材料を蒸発させたり、その蒸発した粒子を加速させたりする手段を設ける必要がない。したがって膜形成装置は、構成や操作が簡単になり、かつ膜の形成時間が短くなる。

【 0 0 2 6 】

本発明の同軸磁化プラズマ生成装置は、膜形成、不純物のドーブ等のプラズマプロセス用装置、核融合炉の燃料補給装置、人工衛星の姿勢制御用駆動源等に利用することができる。また本願発明のパワーローバ回路は、前記の同軸磁化プラズマ生成装置に限らず、他のプラズマ生成用装置等にも利用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 7 】

【 図 1 】 本願発明の実施例に係る同軸磁化プラズマ生成装置を示す。

【 図 2 】 図 1 の同軸磁化プラズマ生成装置に用いるパワーローバ回路を示す。

【 図 3 】 図 2 のパワーローバ回路の負荷電流のシミュレーションの結果を示す。

【 図 4 】 図 1 の同軸磁化プラズマ生成装置を用いた膜形成装置を示す。

【 図 5 】 従来の同軸磁化プラズマ生成装置を示す。

【 図 6 】 従来のローバ回路を示す。

【 図 7 】 従来のイオンプレーティング装置を示す。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 8 】

- 2 1 同軸磁化プラズマ生成装置
- 2 2 ガス供給管
- 2 2 1 中空部
- 2 2 2 ガス噴出孔
- 2 3 外部導体
- 2 3 1 リング状凸部
- 2 4 内部導体
- 2 5 パワーローバ回路
- 2 6 絶縁部材
- 2 7 バイアス磁界発生用の電磁コイル
- 3 1 真空室
- 3 2 基板支持部
- 3 3 基板

10

20

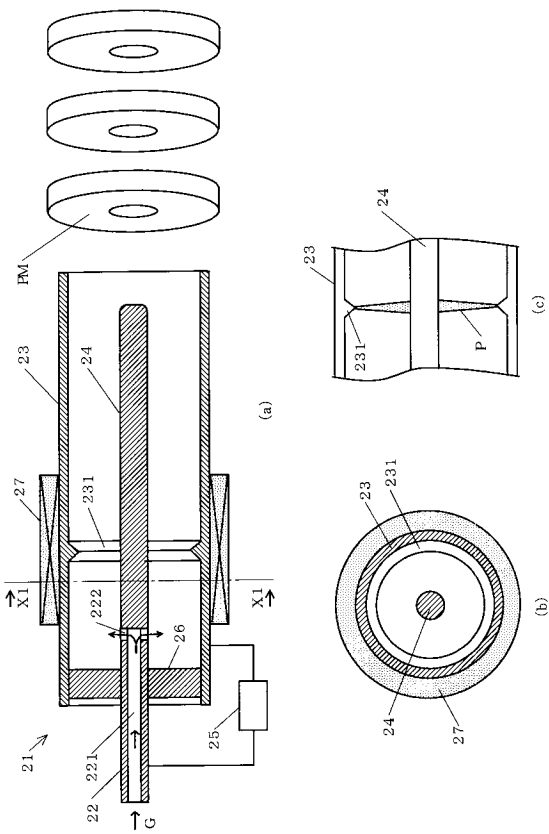
30

40

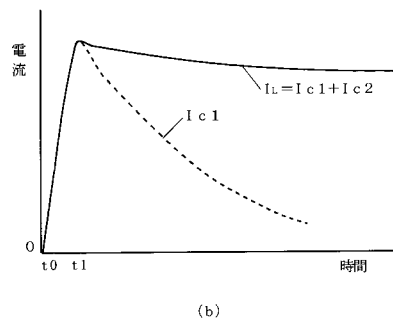
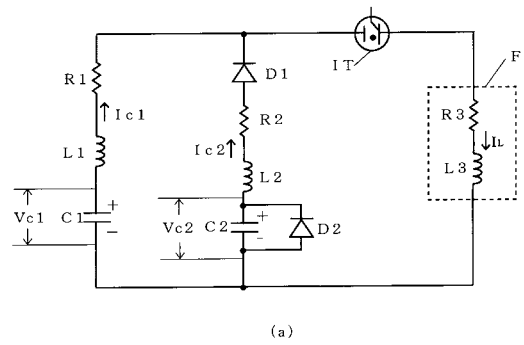
50

- 3 4 塗布膜
- F 負荷
- I T イグナイトロン
- P プラズマ
- P M プラズマ塊

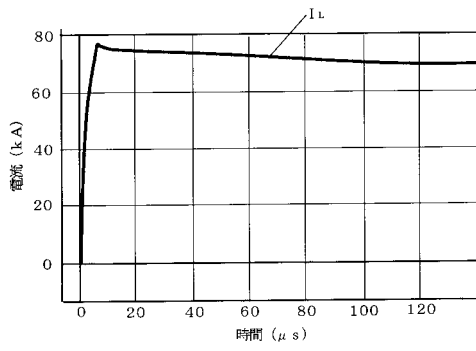
【図1】



【図2】

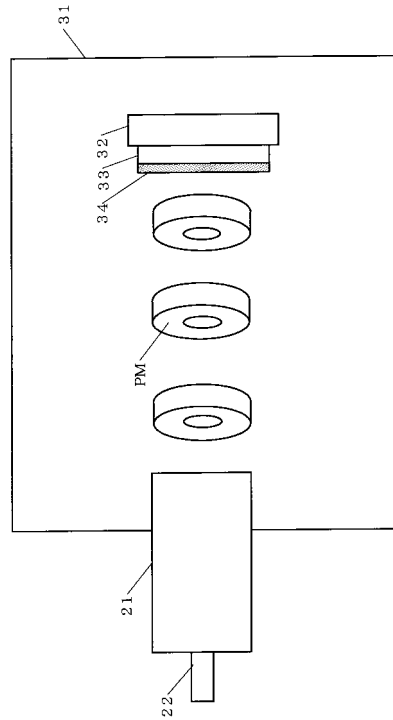


【図3】

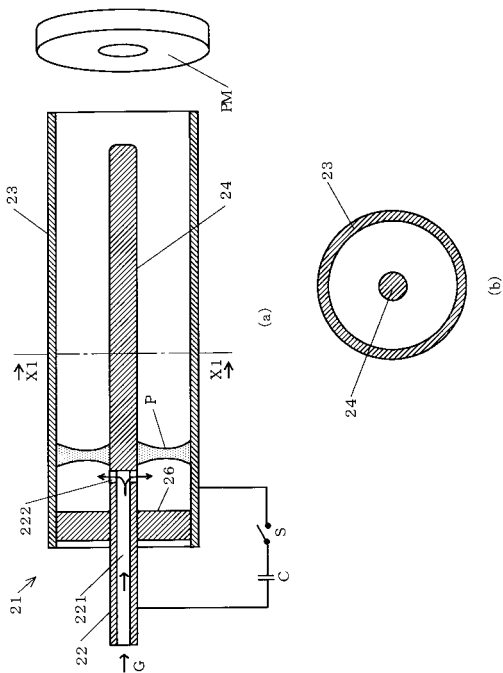


R1: 11×10^{-3} (Ω)	L1: 5×10^{-9} (H)
R2: 1×10^{-3} (Ω)	L2: 5×10^{-9} (H)
R3: 10×10^{-3} (Ω)	L3: 200×10^{-9} (H)
C1: 90×10^{-6} (F)	
C2: 367×10^{-3} (F)	

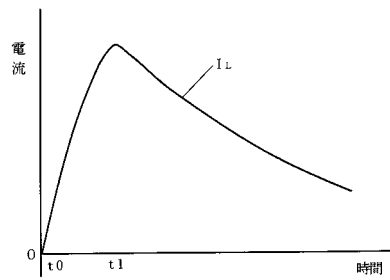
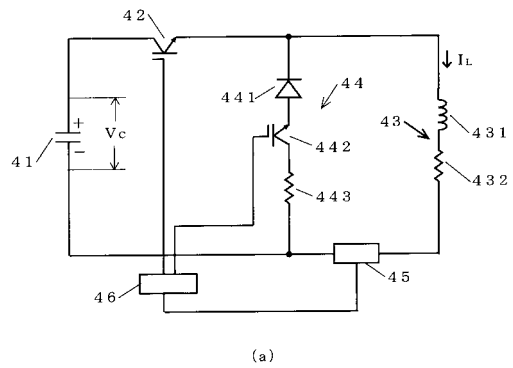
【図4】



【図5】

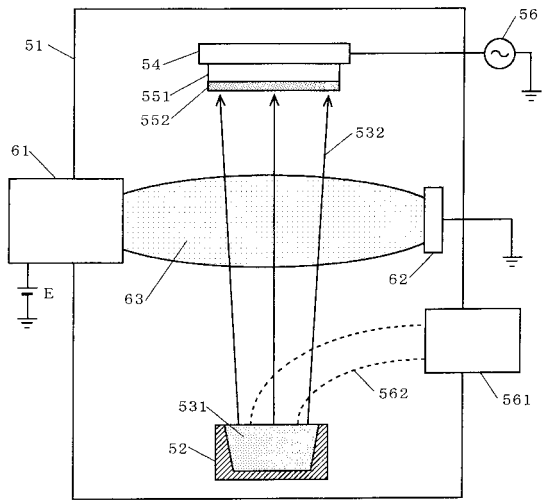


【図6】



(b)

【図7】



 フロントページの続き

(51) Int.Cl. F I
 H 0 5 H 1/40 (2006.01) H 0 5 H 1/40

(56) 参考文献 特開平 1 1 - 1 4 4 8 9 0 (J P , A)
 特開平 0 6 - 1 5 1 0 9 3 (J P , A)
 特開平 0 6 - 1 5 1 0 9 4 (J P , A)
 特開平 0 7 - 2 0 1 4 9 7 (J P , A)
 特開平 0 8 - 1 7 9 0 6 6 (J P , A)
 特開昭 6 3 - 2 1 6 2 9 9 (J P , A)
 Y. Mizuno, T. Sometani, Pulse Vertical Field Circuit for A Small Tokamak, KEK Proc. ,
 日本, 1 9 9 9 年 1 1 月, 99-16, 355-356
 浅井朋彦ら, 日大における高ベータ S T / F R C 研究の現状, 電気学会プラズマ研究会資料, 日
 本, 2 0 0 5 年, PST-05-64, 53-58

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 5 H 1 / 2 4
 C 2 3 C 1 4 / 3 2
 H 0 2 M 9 / 0 4
 H 0 5 H 1 / 2 6
 H 0 5 H 1 / 3 6
 H 0 5 H 1 / 4 0