

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-209155

(P2007-209155A)

(43) 公開日 平成19年8月16日(2007.8.16)

(51) Int. Cl.		F I			テーマコード (参考)	
H02M	9/04	(2006.01)	H02M	9/04	C	5H790
H03K	17/80	(2006.01)	H03K	17/80	G	5J050
H01F	38/08	(2006.01)	H01F	31/06	5O1K	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2006-26852 (P2006-26852)
 (22) 出願日 平成18年2月3日(2006.2.3)

(71) 出願人 000004064
 日本碍子株式会社
 愛知県名古屋瑞穂区須田町2番56号
 (74) 代理人 100077665
 弁理士 千葉 剛宏
 (74) 代理人 100116676
 弁理士 宮寺 利幸
 (72) 発明者 堀田 宗三郎
 愛知県名古屋瑞穂区須田町2番56号
 日本碍子株式会社内
 (72) 発明者 佐久間 健
 愛知県名古屋瑞穂区須田町2番56号
 日本碍子株式会社内

最終頁に続く

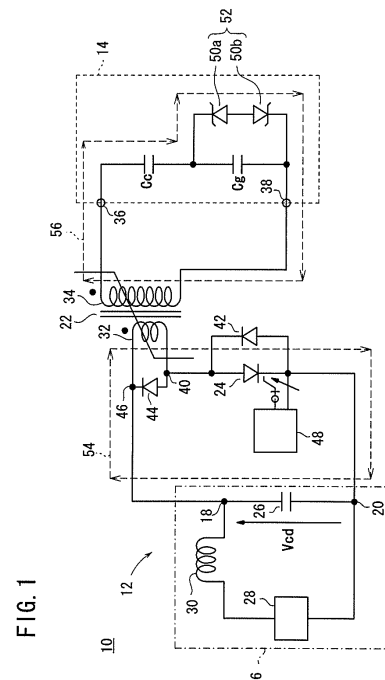
(54) 【発明の名称】 放電装置

(57) 【要約】

【課題】簡単な回路構成で、リアクタの例えば誘電体に蓄積されたエネルギーを効果的に放電エネルギーに利用できるようにして、電源効率の改善を図る。

【解決手段】放電装置10は、高電圧パルス発生回路12とリアクタ14とを有する。高電圧パルス発生回路12は、直流電源部16(電源電圧Vcd)と、該直流電源部16の+端子18及び-端子20間に直列接続された過飽和型のトランス22及び半導体スイッチ24とを有する。電源電圧Vcdは、トランス22を飽和させるのに十分な電圧に設定されている。リアクタ14は、誘電体によるキャパシタンスCcと、空間306によるキャパシタンスCgとが直列に接続され、さらに、2つのツェナーダイオード50a及び50bをアノード端子同士を接続した直列回路52を、キャパシタンスCgに並列に接続した構成を有する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電源部の両端に直列接続された過飽和型のトランス及び少なくとも 1 つの半導体スイッチと、

前記トランスの二次側に接続されたリアクタとを有し、

前記半導体スイッチのターンオンに伴って前記トランスの二次側に流れる一方向の電流による前記リアクタでの第 1 の放電と、

前記トランスの飽和に伴って前記トランスの二次側に流れる逆方向の電流による前記リアクタでの第 2 の放電とを発生させることを特徴とする放電装置。

【請求項 2】

10

請求項 1 記載の放電装置において、

前記リアクタは、一対の電極と、該一対の電極間に介在された誘電体と空間とを有することを特徴とする放電装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の放電装置において、

前記電源部は、電源電圧が供給されるコンデンサを有し、

前記半導体スイッチのターンオンに伴う前記コンデンサの放電と、

前記トランスの飽和後における前記トランスの一次側の共振に伴う回生エネルギーの伝達によって前記コンデンサへの再充電とが行われることを特徴とする放電装置。

【請求項 4】

20

請求項 3 記載の放電装置において、

前記半導体スイッチと並列に、且つ、前記回生エネルギーの前記コンデンサへの伝達による逆方向の電流に対して順方向にダイオードが接続されていることを特徴とする放電装置。

【請求項 5】

請求項 4 記載の放電装置において、

前記トランスの一次巻線と並列に、且つ、前記回生エネルギーの前記コンデンサへの伝達による逆方向の電流に対して順方向に第 2 ダイオードが接続されていることを特徴とする放電装置。

【請求項 6】

30

請求項 4 又は 5 記載の放電装置において、

前記半導体スイッチと直列に、且つ、前記トランスの飽和後に、前記トランスの一次側に流れる一方向の電流に対して順方向に第 3 ダイオードが接続されていることを特徴とする放電装置。

【請求項 7】

請求項 3 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の放電装置において、

前記コンデンサに並列に、且つ、前記一方向の電流に対して順方向に第 4 ダイオードが接続されていることを特徴とする放電装置。

【請求項 8】

40

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の放電装置において、

前記トランスの二次側に、飽和した前記トランスの前記飽和をリセットするためのリセット回路を有することを特徴とする放電装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、トランスに対して、該トランスが飽和するレベルの高い電圧を印加し、トランスが飽和に達するまでの期間に 1 つの放電を行わせ、トランスが飽和に至った後に別の放電を行わせる放電装置に関する。

【背景技術】

50

【0002】

最近、高電圧パルスの放電によるプラズマにより、脱臭、殺菌、有害ガスの分解等を行う技術が適応されるようになってきたが、このプラズマを発生させるために高電圧の極めて幅の狭いパルスを供給できる高電圧パルス発生回路が必要となる。

【0003】

そこで、従来においては、例えば特許文献1に示すような高電圧パルス発生回路が提案されている。この高電圧パルス発生回路200は、図9に示すように、直流電源部202の両端にトランス204、第1半導体スイッチ206及び第2半導体スイッチ208を直列に接続し、第1半導体スイッチ206のアノード端子に一端が接続されたトランス204の一次巻線の他端にカソード、第1半導体スイッチ206のゲート端子にアノードとなるようにダイオード210を接続した極めて簡単な回路である。 10

【0004】

そして、第2半導体スイッチ208をオンすることにより、第1半導体スイッチ206も導通し、トランス204の一次巻線に直流電源部202の電圧が印加され、該トランス204に誘導エネルギーが蓄積される。その後、第2半導体スイッチ208をオフさせると、第1半導体スイッチ206も急速にターンオフするため、トランス204の二次巻線に非常に急峻に立ち上がる極めて幅の狭い高電圧パルスが発生し、出力端子212及び214より高電圧 V_o を取り出すことができる。

【0005】

この高電圧パルス発生回路200によれば、高電圧が印加される半導体スイッチを複数 20
個使用することなく、簡単な回路構成で、急峻な立ち上がり時間と極めて狭いパルス幅を有する高電圧 V_o を供給することができる。

【0006】

【特許文献1】特開2004-72994号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、上述した高電圧パルス発生回路200の出力端子212及び214間にリアクタを接続し、該リアクタにて放電を発生させることが考えられる。特に、無声放電は、アーク放電にならず安定した非平衡プラズマ状態を作り出せることや印加電圧波形に対する制約が少ない等の利点がある。無声放電のリアクタとしては、一对の電極を有し、該一 30
対の電極間に誘電体と空間とを介在させたリアクタを用いることが考えられる。誘電体としては、例えばアルミナが用いられる。

【0008】

ここで、図10～図13を参照しながら一对の電極間に誘電体305と空間が介在されたりアクタ300での放電作用について説明する。

【0009】

まず、リアクタ300は、図10及び図11に示すように、誘電体305を構成する上下に配された2つのアルミナ板（上アルミナ板302及び下アルミナ板304）を有する誘電体305と、上アルミナ板302と下アルミナ板304との間に形成される空間30 40
6の間隔を一定に保つための支持板308と、上アルミナ板302の上面に配された上部電極310と、下アルミナ板304の下面に設けられた下部電極312（図11参照）とを有する。

【0010】

このリアクタ300を等価回路で示すと、図12に示すように、上アルミナ板302及び下アルミナ板304による誘電体305のキャパシタンス C_c と、空間306によるキャパシタンス C_g とが直列に接続された構成となる。

【0011】

空間306に加わる電圧（空間放電電圧 V_g ）は未知であるが、リアクタ300全体に印加される電圧（出力電圧 V_o ）とキャパシタンス C_c に加わる電圧（誘電体305の充 50

電圧 V_c がわかれば、以下の関係式から求めることができる。

$$V_g = V_o - V_c$$

【0012】

誘電体 305 の充電電圧 V_c は、電荷を Q 、リアクタ 300 に流れる電流を I_o とすると、

$$V_c = Q / C_c = (1 / C_c) \times \int I_o dt$$

となる。

【0013】

そして、図 12 に示すように、高電圧パルス発生回路 200 の出力端子 212 及び 214 間にリアクタ 300 を接続して、上述した通常の回路動作を行い、第 1 半導体スイッチ 206 をオフにした後にリアクタ 300 に印加される電圧（出力電圧 V_o ）の波形は、図 13 に示すように、まず、リアクタ 300 間に順方向のピーク電圧 V_{p1} が現れ、続いて逆方向のピーク電圧 V_{p2} が現れる波形となる。誘電体 305 に印加される電圧（誘電体 305 の充電電圧 V_c ）の波形は、出力電圧 V_o の順方向のピーク電圧 V_{p1} が現れる時点において順方向のピーク電圧 V_p となる波形を示す。

【0014】

一方、空間放電電圧 V_g は、上述した計算式に基づいてプロットしてもわかるように、順方向の出力電圧 V_o の期間において、ある一定の正電圧 V_{g1} にクランプされ、逆方向の出力電圧 V_o の期間において、ある一定の負電圧 V_{g2} にクランプされる。

【0015】

従って、リアクタ 300 の空間 306 は、等価回路的にみると、図 12 に示すように、2 つのツェナーダイオード 314a 及び 314b をアノード端子同士を接続した直列回路 316 と、キャパシタンス C_g とを並列接続した構成となる。

【0016】

次に、リアクタ 300 に印加される電圧（出力電圧 V_o ）等の動きについて図 13 も参照しながら説明する。

【0017】

まず、第 2 の半導体スイッチ 208 をオンにすることによって、第 1 半導体スイッチ 206 が導通し、トランス 204 の励磁インダクタンスに電流が流れ、該トランス 204 に誘導エネルギーが蓄積される。その後、時点 t_{10} において、第 2 半導体スイッチ 208 をオフさせると、トランス 204 の励磁インダクタンスに流れていた電流は、リアクタ 300 に転流する。

【0018】

この初期段階では、リアクタ 300 の空間 306 のキャパシタンス C_g に電流 I_g が流れて該キャパシタンス C_g を充電し（図 12 の破線 P 参照）、放電電圧になった時点で空間 306 の電圧がクランプされ（順方向の放電電圧 V_{g1} にてクランプ）、電流 I_o は直列回路 316 を流れる（図 12 の破線 Q 参照）。このとき、誘電体 305 も同時に急速に充電が始まり、誘電体 305 にエネルギーが蓄積される。

【0019】

リアクタ 300 に流れる電流 I_o が零になった時点 t_{11} で誘電体 305 の充電が終了すると同時に、誘電体 305 に蓄積されたエネルギーの一部が放電によって消費される。

【0020】

その後、電流 I_o が逆方向に流れ、これにより、リアクタ 300 の空間 306 の静電容量 C_g に電流 I_g が流れて該静電容量が充電され（図 12 の破線 R 参照）、放電電圧になった時点で空間 306 の電圧がクランプされ（逆方向の放電電圧 V_{g2} にてクランプ）、電流 I_o は直列回路 316 を流れる（図 12 の破線 S 参照）。このとき、誘電体 305 に残っていたエネルギーの一部が放電によって消費される。リアクタ 300 にて消費されなかったエネルギーは、直流電源部 202（図 9 参照）に戻ることになる。その結果、誘電体 305 の充電電圧 V_c は 0 V となる。

【0021】

10

20

30

40

50

従って、図 9 に示す高電圧パルス発生回路 200 において、第 1 半導体スイッチ 206 と並列で、且つ、第 1 半導体スイッチ 206 のカソード側をアノードとするようにダイオード 318 を接続することによって、誘電体 305 を有するリアクタ 300 で放電（誘電体バリア放電）を行わせた場合、放電に使用されなかった余分なエネルギーを直流電源部 202 に回生することができる。

【0022】

しかしながら、誘電体バリア放電を行う図 10 のようなリアクタ 300 を高電圧パルス発生回路 200 で駆動する場合、誘電体 305 に蓄積したエネルギーの処理に困るという問題がある。上述のように、誘電体 305 に蓄積したエネルギーを直流電源部 202 にエネルギー回生する方法もあるが、回生効率が低く、電源の効率にあまり寄与しないという問題がある。 10

【0023】

本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、簡単な回路構成で、リアクタの例えば誘電体に蓄積されたエネルギーを効果的に放電エネルギーに利用でき、電源効率の改善を図ることができる放電装置を提供することを目的とする。

【0024】

また、本発明の他の目的は、上述の事項に加えて、急峻な放電を実現させることができ、大気圧でのパルスプラズマ技術の応用（ガス処理等）や高密度のプラズマの生成が可能となる放電装置を提供することにある。

【0025】

また、本発明の他の目的は、上述の事項に加えて、前記急峻な放電の前段階に発生する放電を予備放電として利用することができ、広範囲、高密度のプラズマ生成が可能となる放電装置を提供することにある。 20

【課題を解決するための手段】

【0026】

本発明に係る放電装置は、電源部の両端に直列接続された過飽和型のトランス及び少なくとも 1 つの半導体スイッチと、前記トランスの二次側に接続されたリアクタとを有し、前記半導体スイッチのターンオンに伴って前記トランスの二次側に流れる一方向の電流による前記リアクタでの第 1 の放電と、前記トランスの飽和に伴って前記トランスの二次側に流れる逆方向の電流による前記リアクタでの第 2 の放電とを発生させることを特徴とする。 30

【0027】

これにより、リアクタに蓄積されたエネルギーを効果的に放電エネルギーに利用でき、電源効率の改善を図ることができる。また、第 2 の放電として、急峻な放電を実現させることができ、大気圧でのパルスプラズマ技術の応用（ガス処理等）や高密度のプラズマの生成が可能となる。さらに、急峻な第 2 の放電の前段階に発生する第 1 の放電を予備放電として利用することができる。通常、ストリーマを拡散させた均一なグロー状の放電を発生させる手段として、放電励起エキシマレーザ装置に使用されている予備電離パルス放電を用いる方法があるが、この予備電離パルス放電として前記第 1 の放電を利用することで広範囲で、高密度のプラズマ生成が可能となる。 40

【0028】

そして、本発明において、前記リアクタは、一対の電極と、該一対の電極間に介在された誘電体と空間とを有するようにしてもよい。この場合、第 1 の放電によってリアクタの誘電体に蓄積されたエネルギーが、効果的に放電エネルギーに変換されて第 2 の放電として発生することになる。

【0029】

また、本発明において、前記電源部は、電源電圧が供給されるコンデンサを有し、前記半導体スイッチのターンオンに伴う前記コンデンサの放電と、前記トランスの飽和後における前記トランスの一次側の共振に伴う回生エネルギーの伝達によって前記コンデンサへの再充電とが行われるようにしてもよい。 50

【0030】

これは、コンデンサに蓄積されたエネルギーの対処方法であり、コンデンサに電荷が残った状態（コンデンサが例えば正電圧となっている状態）でトランスが飽和すると、コンデンサにおいてそのまま放電が続き、コンデンサは逆方向に充電され、コンデンサは負電圧となる。さらに、トランスの一次側において共振が行われると、コンデンサに残っていたエネルギーが回生によってコンデンサに伝達され、コンデンサは再度一方向に充電されて、再び正電圧となる。つまり、コンデンサに残ったエネルギーがトランスの一次側の共振現象によって回生されることから、コンデンサに回生されたエネルギーを次の放電に利用させることができる。

【0031】

そして、この場合、前記半導体スイッチと並列に、且つ、前記回生エネルギーの前記コンデンサへの伝達による逆方向の電流に対して順方向にダイオードが接続されていてもよい。これにより、コンデンサに残っていたエネルギーが共振現象を利用して回生される際に、その回生に伴う電流が半導体スイッチをバイパスしてダイオードを流れるため、コンデンサへの再充電を効率よく行わせることができる。

【0032】

また、前記本発明において、前記トランスの一次巻線と並列に、且つ、前記回生エネルギーの前記コンデンサへの伝達による逆方向の電流に対して順方向に第2ダイオードが接続されていてもよい。

【0033】

この場合、前記共振現象を利用して回生される逆方向の電流が、トランスの一次巻線をバイパスして流れるため、コンデンサへの再充電をスムーズに行わせることができ、コンデンサへの充電効率をさらに向上させることができる。

【0034】

また、本発明において、前記半導体スイッチと直列に、且つ、前記トランスの飽和後に、前記トランスの一次側に流れる一方向の電流に対して順方向に第3ダイオードが接続されていてもよい。

【0035】

この場合、半導体スイッチをターンオフしなくても、半導体スイッチと並列に接続されたダイオードを介して回生に伴う逆方向の電流が流れることから、半導体スイッチを駆動制御する回路（制御回路）の構成を簡単にすることができ、コストの低廉化に有利になる。

【0036】

また、本発明において、前記コンデンサに並列に、且つ、前記一方向の電流に対して順方向に第4ダイオードが接続されていてもよい。この場合、コンデンサの残留電荷を第4ダイオードにて消費させることができる。なお、残留電荷の熱的消費を効率よく行うために、第4ダイオードに直列に抵抗を接続してもよい。

【0037】

また、本発明において、前記トランスの二次側に、飽和した前記トランスの前記飽和をリセットするためのリセット回路を有するようにしてもよい。これにより、第1の放電→第2の放電というサイクルを繰り返し行うことができ、脱臭、殺菌、有害ガスの分解、浄化等を効率よく行わせることができる。

【発明の効果】

【0038】

以上説明したように、本発明に係る放電装置によれば、以下の効果を奏することができる。

【0039】

（1）簡単な回路構成で、リアクタの例えば誘電体に蓄積されたエネルギーを効果的に放電エネルギーに利用でき、電源効率の改善を図ることができる。

【0040】

(2) 急峻な放電を実現させることができ、大気圧でのパルスプラズマ技術の応用(ガス処理等)や高密度のプラズマの生成が可能となる。

【0041】

(3) 前記急峻な放電の前段階に発生する放電を予備放電として利用することができ、広範囲、高密度のプラズマ生成が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0042】

以下、本発明に係る放電装置の実施の形態例を図1～図8を参照しながら説明する。

【0043】

本実施の形態に係る放電装置10は、図1に示すように、高電圧パルス発生回路12とリアクタ14とを有する。 10

【0044】

高電圧パルス発生回路12は、直流電源部16(電源電圧 V_{cd})と、該直流電源部16の+端子18及び-端子20間に直列接続されたトランス22及び半導体スイッチ24とを有する。

【0045】

直流電源部16は、+端子18及び-端子20間に接続されたコンデンサ26と、該コンデンサ26に対して充電を行うコンデンサ充電器28と、該コンデンサ充電器28と+端子18間に接続されたインダクタ30とを有する。コンデンサ26の両端電圧である所定の電源電圧 V_{cd} は、トランス22を飽和させるのに十分な電圧に設定されている。 20

【0046】

トランス22は、一次巻線32と二次巻線34を有し、該トランス22の二次巻線34の第1出力端子36及び第2出力端子38から高電圧が取り出されるようになっている。すなわち、二次巻線34の第1出力端子36及び第2出力端子38間には、リアクタ14が接続される。また、トランス22の一次側と二次側とが加極性となるように一次巻線32と二次巻線34の巻き始めが決定されている。

【0047】

また、このトランス22における一次巻線32の一端40には、半導体スイッチ24のアノード端子が接続され、この半導体スイッチ24に対して並列に第1ダイオード42が接続されている。この第1ダイオード42は、そのアノード端子が半導体スイッチ24のカソード端子に接続され、カソード端子が半導体スイッチ24のアノード端子に接続されている。 30

【0048】

また、トランス22の一次巻線32に対して並列に第2ダイオード44が接続されている。この第2ダイオード44は、アノード端子が一次巻線32の一端40(半導体スイッチ24のアノード端子)に接続され、カソード端子が一次巻線32の他端46に接続されている。なお、第2ダイオードは省略してもよい。第2ダイオードを省略した例を参考として図7に示す。

【0049】

半導体スイッチ24は、電流制御形のデバイス又は自己消弧形あるいは転流消弧形のデバイスをを用いることができるが、この実施の形態では、ターンオフ時の電圧上昇率(dv/dt)に対する耐量が極めて大きく、且つ、電圧定格の高いSISイリスタを用いている。半導体スイッチ24のゲート端子とカソード端子間には、SISイリスタのオン/オフを制御する制御回路48が接続されている。 40

【0050】

一方、リアクタ14は、高電圧パルス発生回路12におけるトランス22の第1出力端子36及び第2出力端子38間に接続され、図10及び図11と同様の構成を有する。すなわち、上下に配された2つのアルミナ板(上アルミナ板302及び下アルミナ板304)を有する誘電体305と、上アルミナ板302と下アルミナ板304との間に形成される空間306の間隔を一定に保つための支持板308と、上アルミナ板302の上面に配 50

された上部電極 310 と、下アルミナ板 304 の下面に設けられた下部電極 312 とを有する。

【0051】

このリアクタ 14 を等価回路で示すと、誘電体 305 (上アルミナ板 302 及び下アルミナ板 304) によるキャパシタンス C_c と、空間 306 によるキャパシタンス C_g とが直列に接続され、さらに、2つのツェナーダイオード 50a 及び 50b をアノード端子同士を接続した直列回路 52 を、キャパシタンス C_g に並列に接続した構成となる。

【0052】

そして、この実施の形態に係る放電装置 10 は、トランス 22 として、過飽和型トランスを用い、さらに、半導体スイッチ 24 のターンオンに伴ってトランス 22 の二次側に流れる一方向の電流により、リアクタ 14 において第 1 の放電 (順放電) を発生させ (第 1 モード M1)、その後、トランス 22 の飽和に伴ってトランス 22 の二次側に流れる逆方向の電流により、リアクタ 14 において第 2 の放電 (逆放電) を発生させるようにしている (第 2 モード M2)。

10

【0053】

ここで、本実施の形態に係る放電装置 10 の回路動作について図 1 ~ 図 5 を参照しながら説明する。

【0054】

なお、図 2 は、トランス 22 の二次側、特に、リアクタ 14 に印加される出力電圧 V_o 、リアクタ 14 の空間 306 に印加される電圧 V_g 、リアクタ 14 の誘電体 305 に印加される電圧 V_c 、リアクタ 14 に流れる出力電流 I_o の波形を示す図であり、トランス 22 の一次側の電圧及び電流の波形は省略する。

20

【0055】

また、図 3 は、トランス 22 の一次側、特に、コンデンサ 26 の両端電圧 V_{cd} 、コンデンサ 26 に流れる電流 I_{cd} 、半導体スイッチ 24 に流れる電流 I_s 、第 1 ダイオード 42 に流れる電流 I_{d1} の波形を示す図であり、トランス 22 の二次側の電圧及び電流の波形は省略する。

【0056】

まず、直流電源部 16 のコンデンサ 26 に所定の電源電圧 V_{cd} が充電されている段階から説明すると、図 2 及び図 3 の時点 t_0 において、半導体スイッチ 24 がターンオンすると、第 1 モード M1 が開始され、トランス 22 にコンデンサ 26 の両端電圧、すなわち、トランス 22 を飽和させるのに十分な所定の電源電圧 V_{cd} が印加され、トランス 22 の一次側において、コンデンサ 26 の + 端子 18 → トランス 22 の一次巻線 32 → 半導体スイッチ 24 → コンデンサ 26 の - 端子 20 の第 1 経路 54 (図 1 参照) で電流 I_{cd} が流れる。

30

【0057】

また、トランス 22 の二次側において、トランス 22 の二次巻線 34 → 第 1 出力端子 36 → 誘電体 305 (キャパシタンス C_c) → 空間 306 (キャパシタンス C_g) → 第 2 出力端子 38 → 二次巻線 34 の第 2 経路 56 (図 1 参照) で出力電流 I_o (図 2 参照) が流れる。この第 2 経路 56 に出力電流 I_o が流れることで、リアクタ 14 の第 1 出力端子 36 及び第 2 出力端子 38 間の出力電圧 V_o (図 2 参照) が上昇する。なお、トランス 22 の漏れインダクタンスの影響によって、出力電圧 V_o がピーク値に達するまでにある程度時間がかかる。

40

【0058】

この第 1 モード M1 では、リアクタ 14 の空間 306 のキャパシタンス C_g に電流 I_o が流れて該キャパシタンス C_g を充電し、放電電圧になった時点で空間 306 の電圧がクランプされ (順方向の放電電圧にてクランプ: 順放電)、電流 I_o は直列回路 52 を流れる。このとき、誘電体 305 (上アルミナ板 302 及び下アルミナ板 304) も同時に急速に充電が始まり、誘電体 305 にエネルギーが蓄積される。

【0059】

50

そして、出力電圧 V_o がピーク値に達した時点 t_1 で、トランス22が飽和状態となり、トランス22の二次側のインダクタンスが急激に小さくなる。これにより、図4に示すように、今度は、高電圧に充電されていたリアクタ14の誘電体305から磁気飽和したトランス22に向かって出力電流 I_o が流れる(第2モードM2:図2参照)。すなわち、この第2モードM2では、リアクタ14の誘電体305に蓄積されていた電荷による起電力によって、誘電体305(キャパシタンス C_c)→第1出力端子36→トランス22の二次巻線34→第2出力端子38→空間306(キャパシタンス C_g)→誘電体305(キャパシタンス C_c)で示す第3経路58で、つまり、第2経路56(図1参照)とは逆方向の経路で出力電流 I_o が急激に流れる。

【0060】

10

これにより、リアクタ14の空間306のキャパシタンス C_g が充電され、放電電圧になった時点で空間306の電圧がクランプされる(逆方向の放電電圧にてクランプ:逆放電)。この逆方向の出力電流 $-I_o$ による放電(逆放電)によって、誘電体305に残存するエネルギーによる電圧 V_c が空間306に印加され、出力電圧 V_o は急峻に低下することとなる。この逆放電によって、誘電体305に残っていたエネルギーはすべて消費されることになる。

【0061】

一方、トランス22の一次側では、図5に示すように、半導体スイッチ24がターンオンした時点 t_0 から、コンデンサ26の+端子18→トランス22の一次巻線32→半導体スイッチ24→コンデンサ26の-端子20で示す第4経路60で電流 I_{cd} (図3参照)が流れ、コンデンサ26の両端電圧 V_{cd} (図3参照)は徐々に下降する。つまり、コンデンサ26での一方向の放電が行われる。

20

【0062】

その後、コンデンサ26に電荷が残った状態(コンデンサ26が例えば正電圧となっている状態)でトランス22が飽和すると(時点 t_1 以降)、コンデンサ26においてそのまま放電が続き、コンデンサ26は逆方向に充電され、電流 I_{cd} がピーク値になった時点で、コンデンサ26の両端電圧 V_{cd} がほぼ零になる。

【0063】

その後、トランス22の一次側において共振(コンデンサ26の容量と配線及び一次巻線32のインダクタンスによるLC共振)が行われると、コンデンサ26に残っていたエネルギーが回生によってコンデンサ26に伝達される。この回生によって、コンデンサ26の-端子20→第1ダイオード42→第2ダイオード44→コンデンサ26の+端子18で示す第5経路で電流 I_{cd} が流れ、コンデンサ26は再度一方向に充電されて、再び正電圧となる。

30

【0064】

なお、制御回路48による半導体スイッチ24のターンオフは、電流 I_{cd} が零となった時点 t_2 以降で行われる。

【0065】

このように、本実施の形態に係る放電装置10においては、トランス22として、過飽和型トランスを用い、さらに、半導体スイッチ24のターンオンに伴ってトランス22の二次側に流れる一方向の電流により、リアクタ14において第1の放電(順放電)を発生させ、その後、トランス22の飽和に伴ってトランス22の二次側に流れる逆方向の電流により、リアクタ14において第2の放電(逆放電)を発生させるようにしたので、第1の放電によってリアクタ14に蓄積されたエネルギーを効率的に放電エネルギーに変換して第2の放電として利用でき、電源効率の改善を図ることができる。

40

【0066】

また、第2の放電として、急峻な放電を実現させることができ、大気圧でのパルスプラズマ技術の応用(ガス処理等)や高密度のプラズマの生成が可能となる。

【0067】

さらに、急峻な第2の放電の前段階に発生する第1の放電を予備放電として利用するこ

50

とができる。通常、ストリーマを拡散させた均一なグロー状の放電を発生させる手段として、放電励起エキシマレーザ装置に使われている予備電離パルス放電を用いる方法があるが、この予備電離パルス放電として前記第 1 の放電を利用することで広範囲で、高密度のプラズマ生成が可能となる。

【0068】

特に、この実施の形態に係る放電装置 10 においては、図 3 に示すように、トランス 22 の飽和後において、トランス 22 の一次側にて共振が行われると、コンデンサ 26 に残っていたエネルギーが回生によってコンデンサ 26 に伝達され、コンデンサは再度一方向に充電されて、再び正電圧となる。つまり、コンデンサ 26 に残ったエネルギーがトランス 22 の一次側の共振現象によって回生されることから、コンデンサ 26 に回生されたエ

10

【0069】

また、半導体スイッチ 24 と並列に、且つ、回生エネルギーのコンデンサ 26 への伝達による逆方向の電流に対して順方向に第 1 ダイオード 42 を接続するようにしたので、コンデンサ 26 に残っていたエネルギーが共振現象を利用して回生される際に、その回生に伴う逆方向の電流が半導体スイッチ 24 をバイパスして第 1 ダイオード 42 を流れるため、コンデンサ 26 への再充電を効率よく行わせることができる。

【0070】

また、トランス 22 の一次巻線と並列に、且つ、回生エネルギーのコンデンサ 26 への伝達による逆方向の電流に対して順方向に第 2 ダイオード 44 を接続するようにしたので、前記共振現象を利用して回生される逆方向の電流が、トランス 22 の一次巻線 32 をバイパスして流れるため、コンデンサ 26 への再充電をスムーズに行わせることができ、コンデンサ 26 への充電効率をさらに向上させることができる。

20

【0071】

次に、上述した実施の形態に係る放電装置 10 のいくつかの変形例について図 6 ~ 図 8 を参照しながら説明する。

【0072】

まず、第 1 の変形例に係る放電装置 10 a は、図 6 に示すように、上述した本実施の形態に係る放電装置 10 とほぼ同様の構成を有するが、半導体スイッチ 24 に対して直列に第 3 ダイオード 64 を接続した点で異なる。具体的には、第 3 ダイオード 64 のカソード端子を半導体スイッチ 24 のアノード端子に接続し、第 3 ダイオード 64 のアノード端子を一次巻線 32 の一端 40 (第 1 ダイオード 42 のカソード端子) に接続するようにしている。

30

【0073】

これにより、半導体スイッチ 24 をターンオフする必要がなくなるため、半導体スイッチ 24 を駆動制御する制御回路 48 の構成を簡単にすることができる。半導体スイッチ 24 として S I サイリスタを用いた場合、通常、S I サイリスタでターンオフを実現するためには、アノード・カソード間を流れる電流とほぼ同じ電流をゲートから引き抜く必要がある。これは、ゲート付近に空乏層を形成するために不可欠な条件であり、そのため大電流を制御することが可能なゲート回路を必要とする。さらに、電流遮断時の高 di/dt を実現するためには、大電流をスナバ回路を接続することなく遮断する必要がある、信頼性の点で不利になるおそれがある。この第 1 の変形例では、半導体スイッチ 24 として S I サイリスタを用いても、該 S I サイリスタをターンオフさせる必要がないため、上述のような懸念を考慮する必要がなく、設計の自由度を向上させることができ、しかも、コストの低廉化に有利になる。

40

【0074】

次に、第 2 の変形例に係る放電装置 10 b は、図 7 に示すように、上述した本実施の形態に係る放電装置 10 とほぼ同様の構成を有するが、コンデンサ 26 に対して並列に第 4 ダイオード 66 を接続した点で異なる。具体的には、第 4 ダイオード 66 のカソード端子をコンデンサ 26 の + 端子に接続し、第 4 ダイオード 66 のアノード端子をコンデンサ 2

50

6の-端子に接続するようにしている。

【0075】

これにより、コンデンサ26の残留電荷を第4ダイオード66にて消費させることができる。なお、残留電荷の熱的消費を効率よく行うために、図示しないが、第4ダイオード66に直列に抵抗を接続してもよい。

【0076】

次に、第3の変形例に係る放電装置10cは、図8に示すように、上述した本実施の形態に係る放電装置10とほぼ同様の構成を有するが、トランス22の二次側に、トランス22の飽和状態をリセットするためのリセット回路68を有する点で異なる。具体的には、このリセット回路68は、二次巻線34とは別に、トランス22の一次側に対して加極性となるように巻かれたリセット用巻線70と、このリセット用巻線70に直列に接続された直流電源72、抵抗74及びリアクトル76とを有する。

10

【0077】

そして、第1モードM1にて一次巻線32に電流Icdが流れると、二次巻線34に出力電流Ioが流れると共に、リセット回路68にも電流が流れ、リアクトル76に誘導エネルギーが蓄積される。

【0078】

トランス22が飽和した段階(第2モードM2)で、二次巻線34に急峻に出力電流Ioが流れて、パルス電圧がリセット回路68に加わっても、リアクトル76に蓄積されたエネルギーによってブロックすることができる。

20

【0079】

その後、第2モードM2が終了して、出力電流Ioがほぼ零となった段階で、リアクトル76に蓄積されていたエネルギーが解放されて、リセット用巻線70に電流が流れることで、トランス22の飽和状態がリセットされることになる。

【0080】

従って、第1の放電(第1モードでの順放電)→第2の放電(第2モードでの逆放電)というサイクルを繰り返し行うことができ、脱臭、殺菌、有害ガスの分解、浄化等を効率よく行わせることができる。

【0081】

なお、本発明に係る放電装置は、上述の実施の形態に限らず、本発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

30

【図面の簡単な説明】

【0082】

【図1】本実施の形態に係る放電装置の構成を、第1モードでの電流の流通経路と共に示す回路図である。

【図2】本実施の形態に係る放電装置において、リアクタに印加される電圧Vo、リアクタの空間に印加される電圧Vg、リアクタの誘電体に印加される電圧Vc、リアクタに流れる電流Ioの波形を示す図である。

【図3】本実施の形態に係る放電装置において、コンデンサの両端電圧Vcd、コンデンサに流れる電流Icd、半導体スイッチに流れる電流Is、第1ダイオードに流れる電流Id1の波形を示す図である。

40

【図4】本実施の形態に係る放電装置における第2モードでの電流の流通経路を示す説明図である。

【図5】本実施の形態に係る放電装置におけるトランスの一次側での電流の動きを示す説明図である。

【図6】第1の変形例に係る放電装置の要部の構成を示す回路図である。

【図7】第2の変形例に係る放電装置の要部の構成を示す回路図である。

【図8】第3の変形例に係る放電装置の構成を示す回路図である。

【図9】従来例に係る高電圧パルス発生回路の構成を示す回路図である。

【図10】無声放電で使用される一般的なリアクタの構成を示す斜視図である。

50

【図 1 1】無声放電で使用する一般的なリアクタの構成を示す縦断面図である。

【図 1 2】高電圧パルス発生回路の出力端子間に接続されるリアクタの等価回路を示す図である。

【図 1 3】従来例に係る高電圧パルス発生回路において、リアクタに印加される電圧 V_o 、リアクタの空間に印加される電圧 V_g 、リアクタの誘電体に印加される電圧 V_c 、リアクタに流れる電流 I_o 、リアクタの空間に流れる電流 I_g の波形を示す図である。

【符号の説明】

【 0 0 8 3 】

1 0、1 0 a ~ 1 0 c ... 放電装置

1 4 ... リアクタ

2 2 ... トランス

2 6 ... コンデンサ

3 4 ... 二次巻線

4 4 ... 第 2 ダイオード

6 4 ... 第 3 ダイオード

6 8 ... リセット回路

1 2 ... 高電圧パルス発生回路

1 6 ... 直流電源部

2 4 ... 半導体スイッチ

3 2 ... 一次巻線

4 2 ... 第 1 ダイオード

4 8 ... 制御回路

6 6 ... 第 4 ダイオード

10

【 図 1 】

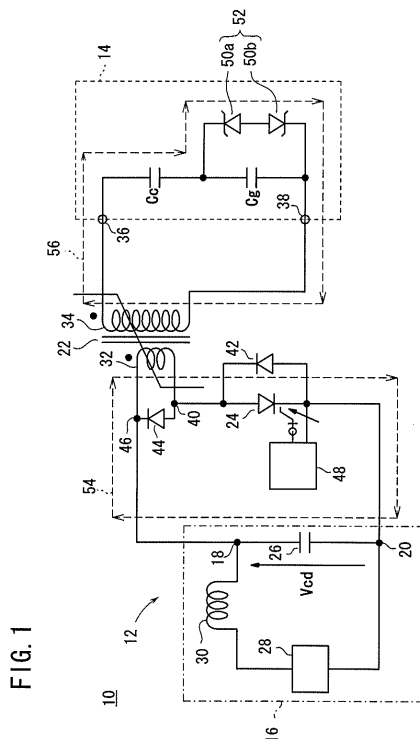
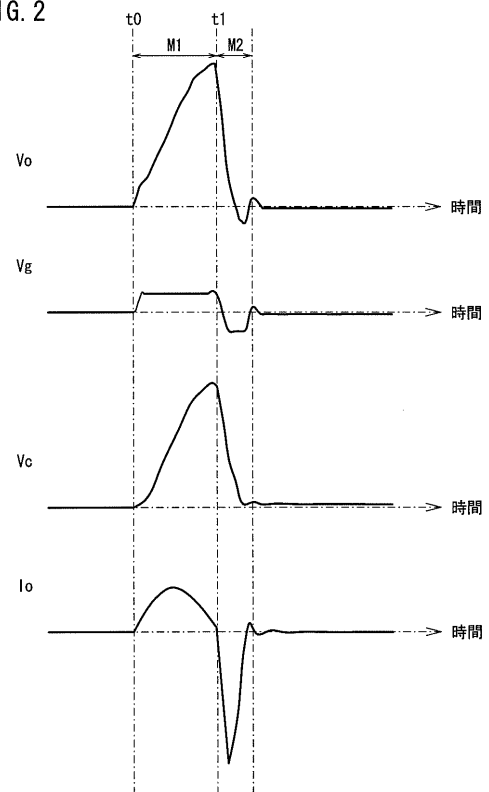


FIG. 1

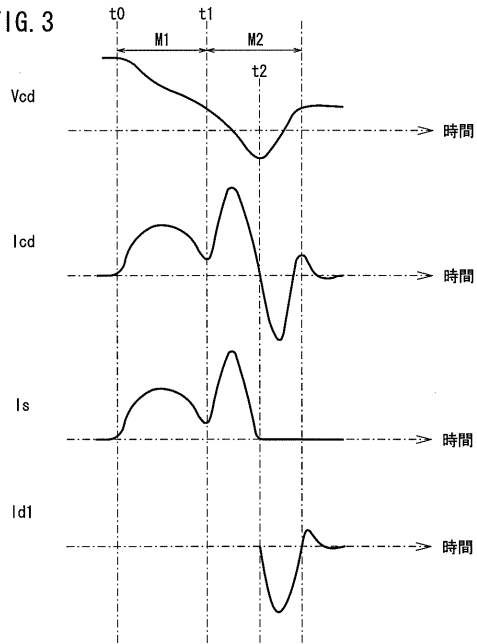
【 図 2 】

FIG. 2



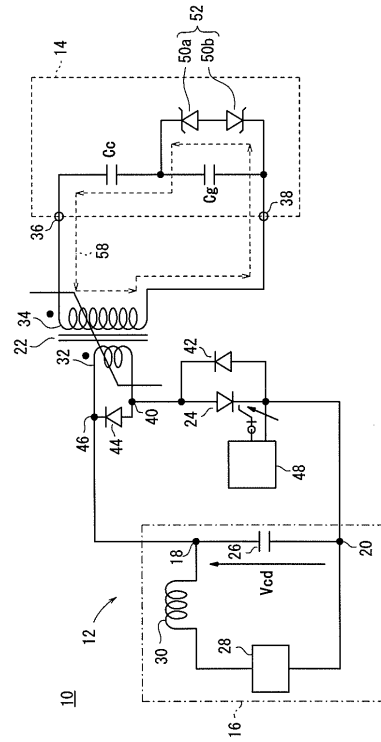
【図 3】

FIG. 3



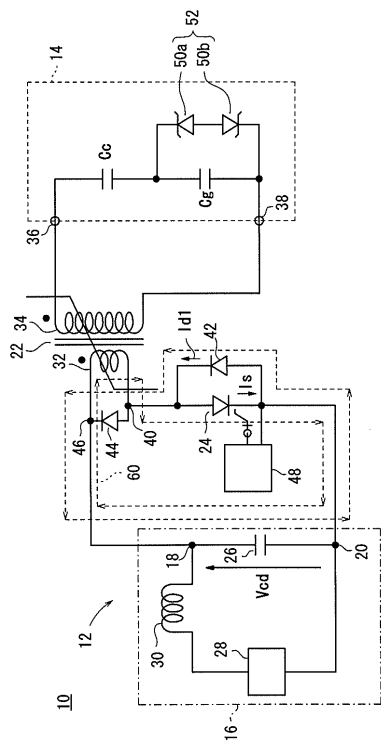
【図 4】

FIG. 4



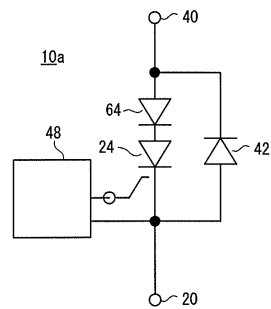
【図 5】

FIG. 5

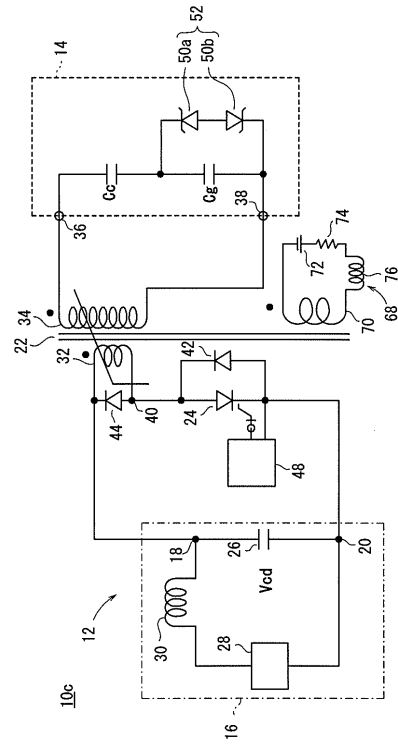
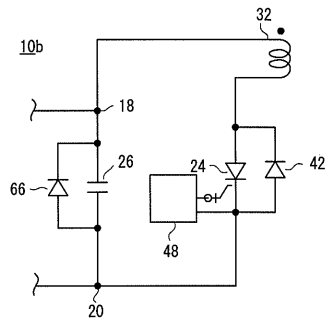


【図 6】

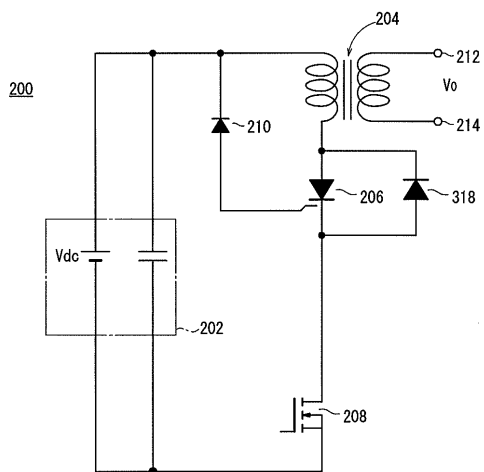
FIG. 6



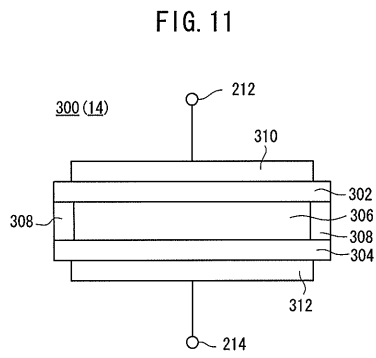
【 図 8 】



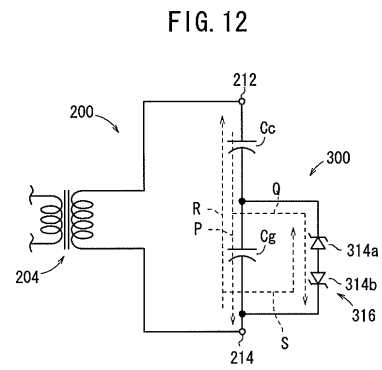
【 図 1 0 】



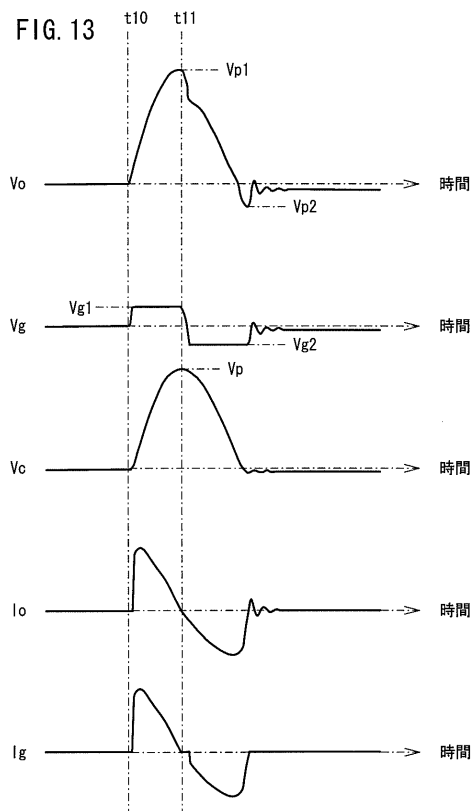
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(72)発明者 関谷 高幸

愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 日本碍子株式会社内

F ターム(参考) 5H790 BA07 BB03 CC01 CC06 DD06 EA01 EA02 EA06 EA13 EA26
5J050 AA49 BB24 DD01 DD14 EE31 FF22