

(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2010-272902

(P2010-272902A)

(43) 公開日 平成22年12月2日(2010.12.2)

(51) Int.Cl.

H03K 3/57 (2006.01)

F I

H03K 3/57

テーマコード (参考)

G

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2009-120484 (P2009-120484)
 (22) 出願日 平成21年5月19日 (2009. 5. 19)

(71) 出願人 000006105
 株式会社明電舎
 東京都品川区大崎2丁目1番1号
 (74) 代理人 100096459
 弁理士 橋本 剛
 (74) 代理人 100104938
 弁理士 鶴澤 英久
 (72) 発明者 笹本 栄二
 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会
 社明電舎内
 (72) 発明者 齋木 邦彦
 東京都品川区大崎2丁目1番1号 株式会
 社明電舎内

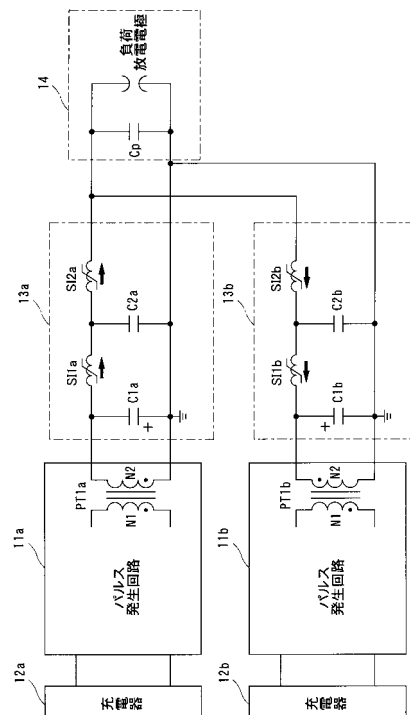
(54) 【発明の名称】 パルス電源

(57) 【要約】

【課題】半導体素子および磁気スイッチをスイッチ手段として負荷放電管に安定した双極性のパルスを印加でき、しかも干渉防止回路や電流阻止回路を不要にすると共にキックバックエネルギーの回生ができる。

【解決手段】予備充電される初段コンデンサから半導体スイッチによる放電でパルス電流を発生するパルス発生回路11a、11bと、パルス電流で充電されるコンデンサを可飽和リアクトルの磁気スイッチ動作により磁気パルス圧縮したパルス電流を得る磁気パルス圧縮回路13a、13bとを組み合わせたパルス電源を2台構成とし、それぞれ出力電圧の極性を逆にした構成とし、各パルス発生回路の時分割運転でそれぞれパルス電流を発生し、負荷14に双極性のパルス電流を出力する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

予備充電される初段コンデンサから半導体スイッチによる放電でパルス電流を発生するパルス発生回路と、前記パルス電流で充電されるコンデンサを可飽和リアクトルの磁気スイッチ動作により磁気パルス圧縮したパルス電流を得る磁気パルス圧縮回路とを組み合わせたパルス電源において、

前記パルス発生回路および前記磁気パルス圧縮回路は 2 台構成で、それぞれ出力電圧の極性を逆にした構成とし、各パルス発生回路の時分割運転でそれぞれパルス電流を発生し、負荷に双極性のパルス電流を出力することを特徴とするパルス電源。

【請求項 2】

予備充電される初段コンデンサから半導体スイッチによる放電でパルス電流を発生するパルス発生回路と、前記パルス電流で充電されるコンデンサを可飽和リアクトルの磁気スイッチ動作により磁気パルス圧縮したパルス電流を得る磁気パルス圧縮回路とを組み合わせたパルス電源において、

前記パルス発生回路および前記磁気パルス圧縮回路は 2 台構成で、片方の出力回路にパルストランスを接続してそれぞれ出力電圧の極性を逆にした構成とし、各パルス発生回路の時分割運転でそれぞれパルス電流を発生し、負荷に双極性のパルス電流を出力することを特徴とするパルス電源。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子をパルス発生スイッチとするパルス発生回路と、パルス電流で充電されるコンデンサを可飽和リアクトルの磁気スイッチ動作により磁気パルス圧縮したパルス電流を得る磁気パルス圧縮回路とを組み合わせたパルス電源に関し、特にプラズマ応用装置などの低インピーダンスとなる負荷放電管に双極性の高電圧パルスを印加するパルス電源に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体素子をパルス発生スイッチとするパルス電源としては、図 5 に例を示すエキシマレーザ用パルス電源がある（特許文献 1 参照）。図中、パルス発生回路 1 は、電力用の初段コンデンサ C_0 を充電器 2 により初期充電しておき、半導体スイッチ $IGBT_1$ のオン制御で初段コンデンサ C_0 から可飽和リアクトル SI_0 を通してパルストランス PT にパルス電流を供給する。可飽和リアクトル SI_0 は、半導体スイッチ $IGBT_1$ のオンに遅れて磁気スイッチ動作することで半導体スイッチ $IGBT_1$ のスイッチング損失を軽減するための磁気アシストである。

【0003】

磁気パルス圧縮回路 3 は、パルストランス PT で昇圧したパルス電流でコンデンサ C_1 を高圧充電し、このコンデンサ C_1 の充電電圧で可飽和リアクトル SI_1 が磁気スイッチ動作することによりコンデンサ C_1 からコンデンサ C_2 への狭幅のパルス電流を発生させてコンデンサ C_2 を高圧充電し、さらにコンデンサ C_2 の充電電圧で可飽和リアクトル SI_2 が磁気スイッチ動作することによりコンデンサ C_2 からエキシマレーザヘッドになる負荷装置 4 に狭幅・高電圧のパルス電流を供給する。

【0004】

可飽和リアクトル $SI_0 \sim SI_2$ は、磁気スイッチ動作に備えて磁気飽和方向を初期化するための磁化リセットがなされる。この磁化リセットには、各可飽和リアクトル $SI_0 \sim SI_2$ にはリセット巻線を設け、直流電流を供給する。

【0005】

ここで、負荷 4 は、エキシマレーザ用とする場合、その等価回路は図 6 の (a) に示すように、ピーキングコンデンサ C_p に配線インダクタンス L_p と負荷放電管の放電抵抗 R_L が直列に接続された回路になっており、図 6 の (b) に示すような振動波形となる低い

10

20

30

40

50

ンピーダンス負荷（数）となっている。そのため、負荷 4 で吸収されなかったエネルギーは反転して磁気パルス圧縮回路 3 を経てパルス発生回路 1 側に戻ってくる（キックバックエネルギーと呼ばれる）。この電源に戻ってきたキックバックエネルギーは、パルストランス P T の巻線 N 1 ' を介して取り込み、ダイオード D₁ を通してコンデンサ C₀ に初期充電と同じ極性で充電し、次のパルス発生時の電気エネルギーとして回生する。また、このとき I G B T₁ はオフしており、P T の巻線 N 1 には電流は流れない。

【 0 0 0 6 】

図 7 は特許文献 2 に記載されるパルス電源の構成例を示す。同図は、パルスエネルギーの増大を図りながら回路部品責務を下げ、さらにパルス発生の繰り返し周波数を高めるために、2 並列のパルス発生回路 1 a , 1 b を設け、これらパルス発生回路を時分割運転し、磁気パルス圧縮回路 3 a , 3 b は各パルス電流出力をそれぞれ入力して各パルス電流を磁気パルス圧縮する。また、磁気パルス圧縮回路 3 a , 3 b は、可飽和リアクトル S I 2 a , S I 2 b に電流回り込み防止用ダイオード D 1 a , D 1 b を直列接続して各出力を並列接続し、最終段の磁気パルス圧縮回路 3 にパルス電流を供給する。

10

【 0 0 0 7 】

上記の図 5 や図 7 のようなパルス電源は、単極性の出力となる。これに対し、プラズマ応用装置としての D L C (D i a m o n d L i k e C a r b o n) 成膜装置や半導体成膜装置では、以下に詳細に説明するように、双極性のパルス電源が必要となる場合がある。

【 0 0 0 8 】

D L C 膜は、ダイヤモンドの S P³ 結合とグラファイトの S P² 結合の両者を炭素原子の骨格構造としたアモルファス炭素膜であり、高硬度、高耐摩耗性、低摩擦係数、高絶縁性などの特徴を持ち、電気・電子機器や切削工具、金型、自動車部品などに幅広く応用されている。

20

【 0 0 0 9 】

D L C の成膜には、例えば、メタンなどの含炭素気体またはグラファイトなどの固体原料に放電などでエネルギーを与えて炭素を含む正イオンを生成させ、このイオンを電界で加速して陰極基板上に供給することにより、基板上に D L C 膜を生成させる。この生成手法として、イオンビーム蒸着法やアークイオンプレーティング法、スパッタリング法がある。同様に、半導体成膜装置ではスパッタリング法や C V D 法、イオン注入法で半導体の成膜を得ている。

30

【 0 0 1 0 】

図 8 はバイポーラ型マグネトロンスパッタ装置の概略図を示す（例えば、非特許文献 1 参照）。このバイポーラ型では、パルス電源から 2 つのターゲットに A C あるいはパルス電圧を印加する方法として、電圧の半周期毎にターゲットをそれぞれカソードとアノードを入れ替える。同図ではマグネトロン電源 M P S の高圧直流出力の極性をパルスユニット P U で交互に切り替えることで、2 つのターゲット M 1 , M 2 に正負のパルス電圧を印加する。このようなパルス電圧印加方法によれば、ターゲット M 1 , M 2 の電位が交互に反転し、スパッタリングにおけるアーキングの発生を防ぐことができる。このアーキングは、直流スパッタリングによってカソード表面絶縁層に電荷が蓄積されることが原因とされ、これを防ぐためにターゲット M 1 , M 2 の電位を交互に反転させ、両ターゲット M 1 , M 2 の表面に形成された絶縁層上の正電荷を中和させ、次の負電圧印加期間に絶縁層を除去する。

40

【 0 0 1 1 】

図 9 は、特許文献 3 に記載される D L C 成膜装置の回路構成である。この装置に使用されるパルス電源は、負の高電圧パルス発生電源 P S (N)、正の高電圧パルス発生電源 P S (P) 及び干渉防止回路 I P C で構成される。

【 0 0 1 2 】

負の高電圧パルス電源 P S (N) は真空管スイッチ S W 1 のスイッチ動作により負の高電圧パルスを出力する。正の高電圧パルス電源 P S (P) は真空管スイッチ S W 2 のスイ

50

ッチ動作により正の高電圧パルスを出力する。これら正負パルス出力は干渉防止回路IPCを通してチャンバCH内の成膜処理物TGに交互に印加される。干渉防止回路IPCは、サージ電流をコアCOREと抵抗R1で限流し、さらにパルスのスイッチング時の過度電流をインダクタンスLで限流し、ダイオードDと抵抗R2を介して回生し、干渉を防止している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特開2001-36173

【特許文献2】特開2007-288466

【特許文献3】特開2001-207259

【非特許文献】

【0014】

【非特許文献1】平成20年電気学会全国大会、第1分冊、S4(27)~S4(30)、
「スパッタプラズマの課題と今後の展望」、菊地直人、草野英二

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0015】

前記のように、プラズマ応用装置(DLC成膜装置や半導体成膜装置)に使用されるパルス電源は、パルス発生スイッチ手段としてサイラトロンや真空管などのギャップスイッチが用いられていたが、他のスイッチ手段として半導体スイッチや磁気スイッチも用いられており、これらの特徴は下記表に示すようになる。

【0016】

【表1】

	利点	欠点
ギャップスイッチ	耐電圧、電流容量が大きい	・安定性が低い
	構造が単純	・寿命が短い
半導体スイッチ	高繰り返しが可能	・耐電圧、電流容量が低い
	半永久的に使用可	
磁気スイッチ	耐電圧、電流容量が大きい	・磁性体のリセット回路を必要とする ・動作条件が固定される
	構造が単純	
	繰り返し動作が可能	
	動作が安定している	
	メンテナンスフリー	

【0017】

これら特徴から、プラズマ応用装置用のパルス電源として、寿命や安定性、制御性などに優れる半導体スイッチおよび磁気スイッチを併用したパルス電源が好適となる。

【0018】

しかし、前記の図5や図7に示す半導体スイッチを用いたパルス電源は、単極性のパルス出力になり、双極性のパルスを発生できるものが要求される。すなわち、プラズマ応用装置では、前記の反応性スパッタリングにおいて、絶縁層表面に蓄積した正電荷により局

所的な絶縁破壊の発生（アーキングの発生）の問題があり、このアーキングにより発生したパーティクルによって膜質の劣化や電源へのダメージといった問題を引き起こす。このアーキング防止のためには双極性のパルスが発生できるパルス電源が要求される。

【0019】

双極性のパルスが発生できるパルス電源として、図9に示すように、それぞれが単極性のパルス発生電源になる2台の高電圧パルス発生電源PS(P)、PS(N)を併設し、これらパルス電源から交互にパルスが発生させることが考えられるが、これには正負パルス出力が互いに干渉するのを防止するための干渉防止回路IPC(図9参照)や電流阻止回路(図7のダイオードD1aやD1b)などが必要となる。これら干渉防止回路や電流阻止回路に使用するダイオードや抵抗、リアクトルとしては、耐電圧・電流容量が大きく、従い大型で高価なものになる。また、真空管スイッチを用いることで、安定性が低い、短寿命の問題もある。

10

【0020】

本発明の目的は、半導体素子および磁気スイッチをスイッチ手段として負荷放電管に安定した双極性のパルスを印加でき、しかも干渉防止回路や電流阻止回路を不要にすると共にキックバックエネルギーの回生ができるパルス電源を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明は、前記の課題を解決するため、パルス発生回路と磁気パルス圧縮回路で構成する2台のパルス電源を使用し、両パルス電源の出力電圧の極性を逆にした構成とし、両パルス発生回路の時分割運転でそれぞれパルス電流を発生し、負荷に双極性のパルス電流を出力するようにしたもので、以下の構成を特徴とする。

20

【0022】

(1) 予備充電される初段コンデンサから半導体スイッチによる放電でパルス電流を発生するパルス発生回路と、前記パルス電流で充電されるコンデンサを可飽和リアクトルの磁気スイッチ動作により磁気パルス圧縮したパルス電流を得る磁気パルス圧縮回路とを組み合わせたパルス電源において、

前記パルス発生回路および前記磁気パルス圧縮回路は2台構成で、それぞれ出力電圧の極性を逆にした構成とし、各パルス発生回路の時分割運転でそれぞれパルス電流を発生し、負荷に双極性のパルス電流を出力することを特徴とするパルス電源。

30

【0023】

(2) 予備充電される初段コンデンサから半導体スイッチによる放電でパルス電流を発生するパルス発生回路と、前記パルス電流で充電されるコンデンサを可飽和リアクトルの磁気スイッチ動作により磁気パルス圧縮したパルス電流を得る磁気パルス圧縮回路とを組み合わせたパルス電源において、

前記パルス発生回路および前記磁気パルス圧縮回路は2台構成で、片方の出力回路にパルストランスを接続してそれぞれ出力電圧の極性を逆にした構成とし、各パルス発生回路の時分割運転でそれぞれパルス電流を発生し、負荷に双極性のパルス電流を出力することを特徴とするパルス電源。

【発明の効果】

40

【0024】

以上のとおり、本発明によれば、パルス発生回路と磁気パルス圧縮回路で構成する2台のパルス電源を使用し、両パルス電源の出力電圧の極性を逆にした構成とし、両パルス発生回路の時分割運転でそれぞれパルス電流を発生し、負荷に双極性のパルス電流を出力するようにしたため、半導体素子および磁気スイッチをスイッチ手段として負荷放電管に安定した双極性のパルスを印加でき、しかも干渉防止回路や電流阻止回路を不要にすると共にキックバックエネルギーの回生ができる

具体的には、

- ・プラズマ応用装置の負荷放電電極に、双極性のパルスを印加できる。

【0025】

50

・プラズマ応用装置の負荷放電電極で、アーキングの発生をなくし、膜質の劣化や電源へのダメージといった問題が解決する。

【0026】

・パルス電源間の干渉防止回路や電流阻止回路が不要になる。

【0027】

・負荷で吸収されない余剰エネルギーが初段コンデンサC0に回生できる。

【0028】

・パルス電源が半導体スイッチと磁気圧縮回路で構成されるため、高電圧・大電流の急峻なパルスを高繰り返しで安定供給できる。

【0029】

・1つのパルス電源とそのパルス電源のパルストランス以降の極性を逆にしたパルス電源の2台で構成できるため、パルス電源の製作が容易である（パルス電源内部の改造のみで対応できる）。

【0030】

・1種類のパルス電源を2台使って構成できるため、パルス電源の製作が容易である（パルス電源外部の改造のみで対応できる）。

【0031】

・片方のパルス電源の出力部にパルストランスを入れることにより、出力電圧を容易に変化させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】実施形態1を示すパルス電源の構成図。

【図2】実施形態1の動作説明図。

【図3】実施形態2を示すパルス電源の構成図。

【図4】実施形態2の動作説明図。

【図5】従来のエキシマレーザ用パルス電源の回路図。

【図6】図5の等価回路図。

【図7】従来のパルス電源の構成例。

【図8】従来のパイポラ型マグネトロンスパッタ装置の概略図。

【図9】従来のDLC成膜装置の回路構成図。

【発明を実施するための形態】

【0033】

（実施形態1）

図1は、本実施形態を示すパルス電源の構成図であり、プラズマ応用装置などの低インピーダンスとなる負荷放電管に双極性の高電圧パルスを印加できるパルス電源としている。

【0034】

同図において、パルス発生回路11a, 11bと充電器12a, 12bおよび磁気パルス圧縮回路13a, 13bは2台構成で、それぞれ出力パルス電圧の極性が逆になる回路構成とし、各パルス発生回路11a, 11bの交互運転でそれぞれパルス電流を発生し、負荷14に双極性のパルス電流を出力する。

【0035】

パルス発生回路11a, 11bおよび磁気パルス圧縮回路13a, 13bの具体的な回路構成は、例えば図5に示すものと同様の構成にされ、キックバックエネルギーの回生機能も備える。ただし、パルス発生回路11a, 11bのパルストランスPT1aとPT1bの出力極性は互いに逆にし、磁気パルス圧縮回路13a, 13bの可飽和リアクトルSI1a, SI2aとSI1b, SI2bの初期磁化方向（で示す）も逆にする。なお、ピーキングコンデンサCpは負荷14の構成によっては不要のものもあり、この場合は直接に負荷放電管を接続する。

【0036】

10

20

30

40

50

図 1 の構成によるパルス電源で、負荷（負荷放電電極）14 に双極性の高電圧パルスを印加するための動作を図 2 で説明する。

【0037】

基本動作は、2 台のパルス電源を交互に運転し、負荷放電電極に正負双極性のパルス電圧を印加し、放電を起こす。交互運転のタイミングは、図示していないが制御回路による充電指令とパルス発生回路の半導体スイッチのゲートトリガで任意のタイミングに出力する。なお、交互運転のタイミングは、等間隔でも良いし、正負パルスが近接していても良い。ただし、正パルス発生後、磁化リセット動作中に負パルス発生など近すぎると問題がある。また、各パルス電源の出力電圧も任意に設定できる。すなわち、正負パルスの波高値が多少違っていても良い。

10

【0038】

(A) 図 2 の上側のパルス電源の動作

(初期条件) 充電器 12 a でパルス発生回路 11 a 内の初段コンデンサ C0 (図 5 参照) を一定電圧まで充電しておく。各可飽和リアクトル S I 1 a, S I 2 a を初期磁化状態 (図中の矢印の方向) に磁化する。同様に、パルス発生回路 11 a 内の可飽和リアクトル S I 0 (図 5 参照) を初期磁化状態に磁化しておく。

【0039】

(電流 i_{11} および電流 i_{11}') パルス発生回路 11 a でパルスを発生し、パルストランス P T 1 a が図示の方向でトランス動作し、コンデンサ C 1 a を負に充電する。

【0040】

(電流 i_{12}) 可飽和リアクトル S I 1 a が飽和し、コンデンサ C 1 a から C 2 a にエネルギー転送される。

20

【0041】

(電流 i_{13}) 可飽和リアクトル S I 2 a が飽和し、コンデンサ C 2 a から C p にエネルギー転送される。このとき、図 2 の下側のパルス電源へはほとんど電流が流れない。すなわち、コンデンサ C p の電圧により可飽和リアクトル S I 2 b も磁化しようとするが、可飽和リアクトル S I 2 b が飽和する時間に達する前にコンデンサ C p から負荷放電電極 14 に放電が起き、可飽和リアクトル S I 2 b が非飽和状態を維持し、可飽和リアクトル S I 2 b 側への電流をブロックする。結果的に、可飽和リアクトル S I 2 b は初期磁化方向と逆の方向に少し磁化される。

30

【0042】

(電流 i_{14}) 負荷放電電極 14 で放電が起こり、コンデンサ C p の負の電圧が極性反転して正に充電される。

【0043】

(電流 i_{15}) コンデンサ C p から C 2 a にエネルギー転送される。このとき、図 2 の下側のパルス電源へは電流が流れない。すなわち、上記電流 i_{13} の一部の微小電流で可飽和リアクトル S I 2 b が非飽和領域に磁化されており、電流をブロックする。

【0044】

(電流 i_{16}) コンデンサ C 2 a から C 1 a にエネルギー転送される。

【0045】

(電流 i_{17} および i_{17}') パルス発生回路 11 a 内の回生回路 (図 5 参照) によりコンデンサ C 0 に初期充電極性で回生される。

40

【0046】

(B) 図 2 の下側のパルス電源の動作

(初期条件) 充電器 12 b でパルス発生回路 11 b の初段コンデンサ C0 (図 5 参照) を一定電圧まで充電しておく。各可飽和リアクトル S I 1 b, S I 2 b を初期磁化状態 (図中の矢印の方向) に磁化する。同様に、パルス発生回路 11 b 内の可飽和リアクトル S I 0 (図 5 参照) を初期磁化状態に磁化しておく。

【0047】

(電流 i_{21} および i_{21}') パルス発生回路 11 b でパルスを発生し、パルストランス P

50

T 1 b が図示の方向でトランス動作し、コンデンサ C 1 b を正に充電する。

【 0 0 4 8 】

(電流 i_{22}) 可飽和リアクトル S I 1 b が飽和し、コンデンサ C 1 b から C 2 b にエネルギー転送される。

【 0 0 4 9 】

(電流 i_{23}) 可飽和リアクトル S I 2 b が飽和し、コンデンサ C 2 b から C p にエネルギー転送される。このとき、図 2 の上側のパルス電源へはほとんど電流が流れない。すなわち、コンデンサ C p の電圧により可飽和リアクトル S I 2 a も磁化しようとするが、可飽和リアクトル S I 2 a が飽和する時間に達する前にコンデンサ C p から負荷放電電極 1 4 に放電が起き、可飽和リアクトル S I 2 a が非飽和状態を維持し、可飽和リアクトル S I 2 a 側への電流をブロックする。結果的に、可飽和リアクトル S I 2 a は初期磁化方向と逆の方向に少し磁化される。

10

【 0 0 5 0 】

(電流 i_{24}) 負荷放電電極 1 4 で放電が起こり、コンデンサ C p の正の電圧が極性反転して負に充電される。

【 0 0 5 1 】

(電流 i_{25}) コンデンサ C p から C 2 b にエネルギー転送される。このとき、図 2 の上側のパルス電源へは電流が流れない。すなわち、上記電流 i_{23} の一部の微小電流で可飽和リアクトル S I 2 a が非飽和領域に磁化されており、電流をブロックする。

【 0 0 5 2 】

20

(電流 i_{26}) コンデンサ C 2 b から C 1 b にエネルギー転送される。

【 0 0 5 3 】

(電流 i_{27} および i_{27}') パルス発生回路 1 1 b 内の回生回路 (図 5 参照) によりコンデンサ C 0 に初期充電極性で回生される。

【 0 0 5 4 】

したがって、本実施形態によれば、

- ・プラズマ応用装置の負荷放電電極に、双極性のパルスを印加できる。

【 0 0 5 5 】

- ・プラズマ応用装置の負荷放電電極で、アーキングの発生をなくし、膜質の劣化や電源へのダメージといった問題が解決する。

30

【 0 0 5 6 】

- ・パルス電源間の干渉防止回路や電流阻止回路が不要になる。

【 0 0 5 7 】

- ・負荷で吸収されない余剰エネルギーが初段コンデンサ C 0 に回生できる。

【 0 0 5 8 】

- ・パルス電源が半導体スイッチと磁気圧縮回路で構成されるため、高電圧・大電流の急峻なパルスを高繰り返しで安定供給できる。

【 0 0 5 9 】

- ・1つのパルス電源とそのパルス電源のパルストランス以降の極性を逆にしたパルス電源の2台で構成できるため、パルス電源の製作が容易である (パルス電源内部の改造のみで対応できる) 。

40

【 0 0 6 0 】

(実施形態 2)

図 3 は、本実施形態を示すパルス電源の構成図であり、図 1 と異なる部分は2台のパルス電源のうち、片方のパルス電源は出力をそのままコンデンサ C p に接続し、もう片方のパルス電源は出力にパルストランス回路 1 6 を介してコンデンサ C p に接続した構成とする。

【 0 0 6 1 】

2台のパルス電源の極性はどちらでも良い。ここでは2台とも負極性出力とする (同じ電源回路構成) 。パルストランス回路 1 6 の P T 2 は、パルストランスがない電源の極性

50

と逆の極性で出力する巻線構成とする。コンデンサ C_p は負荷 14 の構成によっては不要のものもあり、この場合は直接に負荷放電管を接続する。

【0062】

図3の構成によるパルス電源で、負荷（負荷放電電極）14に双極性の高電圧パルスを印加するための動作を図4で説明する。

【0063】

基本動作は、2台のパルス電源を交互に運転し、負荷放電電極に正負双極性のパルス電圧を印加し、放電を起こす。交互運転のタイミングは、図示していないが制御回路による充電指令とパルス発生回路の半導体スイッチのゲートトリガで任意のタイミングに出力する。なお、交互運転のタイミングは等間隔でも良いし、正負パルスが近接していても良い。ただし、正パルス発生後、磁化リセット動作中に負パルス発生など近すぎると問題がある。また、各パルス電源の出力電圧も任意に設定できる。すなわち、正負パルスの波高値が多少違っていても良い。

10

【0064】

(A) 図4の上側のパルス電源の動作

(初期条件) 充電器12aでパルス発生回路11a内の初段コンデンサ C_0 (図5参照) を一定電圧まで充電しておく。各可飽和リアクトル S_{I1a} , S_{I2a} を初期磁化状態(図中の矢印の方向)に磁化する。同様に、パルス発生回路11a内の可飽和リアクトル S_{I0} (図5参照) を初期磁化状態に磁化しておく。

【0065】

(電流 i_{11} および i_{11}') パルス発生回路11aでパルスを発生し、パルストランス P_{T1a} が図示の方向でトランス動作し、コンデンサ C_{1a} を負に充電する。

20

【0066】

(電流 i_{12}) 可飽和リアクトル S_{I1a} が飽和し、コンデンサ C_{1a} から C_{2a} にエネルギー転送される。

【0067】

(電流 i_{13}) 可飽和リアクトル S_{I2a} が飽和し、コンデンサ C_{2a} から C_p にエネルギー転送される。このとき、図4の下側のパルス電源へはほとんど電流が流れない。すなわち、可飽和リアクトル S_{I2b} が非飽和で電流をブロックする。このとき、可飽和リアクトル S_{I2b} は初期磁化方向と逆の方向に少し磁化される。

30

【0068】

(電流 i_{14}) 負荷放電電極14で放電が起こり、コンデンサ C_p の負の電圧が極性反転して正に充電される。

【0069】

(電流 i_{15}) コンデンサ C_p から C_{2a} にエネルギー転送される。このとき、図4の下側のパルス電源へは電流が流れない。すなわち、上記電流 i_{13} の一部の微小電流で可飽和リアクトル S_{I2b} が非飽和領域に磁化されており、電流をブロックする。

【0070】

(電流 i_{16}) コンデンサ C_{2a} から C_{1a} にエネルギー転送される。

【0071】

(電流 i_{17} および i_{17}') パルス発生回路11a内の回生回路(図5参照)によりコンデンサ C_0 に初期充電極性で回生される。

40

【0072】

(B) 図4の下側のパルス電源の動作

(初期条件) 充電器12bでパルス発生回路11bの初段コンデンサ C_0 (図5参照) を一定電圧まで充電しておく。各可飽和リアクトル S_{I1b} , S_{I2b} を初期磁化状態(図中の矢印の方向)に磁化する。同様に、パルス発生回路11b内の可飽和リアクトル S_{I0} (図5参照) を初期磁化状態に磁化しておく。

【0073】

(電流 i_{21} および i_{21}') パルス発生回路11bでパルス発生し、パルストランス P_{T1b}

50

1 b が図示の方向でトランス動作し、コンデンサ C 1 b を負に充電する。

【 0 0 7 4 】

(電流 i_{22}) 可飽和リアクトル S I 1 b が飽和し、コンデンサ C 1 b から C 2 b にエネルギー転送される。

【 0 0 7 5 】

(電流 i_{23}) 可飽和リアクトル S I 2 b が飽和し、コンデンサ C 2 b から C p にエネルギー転送される。このとき、パルストランス P T 2 がトランス動作する。このとき、図 4 の上側のパルス電源へはほとんど電流が流れない。すなわち、可飽和リアクトル S I 2 a が非飽和で電流をブロックする。このとき、可飽和リアクトル S I 2 a は初期磁化方向と逆の方向に少し磁化される。

【 0 0 7 6 】

(電流 i_{24}) 負荷放電電極 1 4 で放電が起こり、コンデンサ C p の正の電圧が極性反転して負に充電される。

【 0 0 7 7 】

(電流 i_{25}) コンデンサ C p から C 2 b にエネルギー転送される。このとき、パルストランス P T 2 がトランス動作する。このとき、図 4 の上側のパルス電源へは電流が流れない。すなわち、上記電流 i_{23} の一部の微小電流で可飽和リアクトル S I 2 a が非飽和領域に磁化されており、電流をブロックする。

【 0 0 7 8 】

(電流 i_{26}) コンデンサ C 2 b から C 1 b にエネルギー転送される。

【 0 0 7 9 】

(電流 i_{27} および i_{27}') パルス発生回路 1 1 b 内の回生回路 (図 5 参照) によりコンデンサ C 0 に初期充電極性で回生される。

【 0 0 8 0 】

したがって、本実施形態によれば、実施形態 1 の効果に加えて、

- ・ 1 種類のパルス電源を 2 台使って構成できるため、パルス電源の製作が容易である (パルス電源外部の改造のみで対応できる) 。

【 0 0 8 1 】

- ・ 片方のパルス電源の出力部にパルストランスを入れることにより、出力電圧を容易に変化させることができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 2 】

1、 1 1 a、 1 1 b パルス発生回路

2、 1 2 a、 1 2 b 充電器

3、 1 3 a、 1 3 b 磁気パルス圧縮回路

4、 1 4 負荷

5 磁化リセット回路

1 6 パルストランス回路

P T、 P T 1 a、 P T 1 b、 P T 2 パルストランス

C 0、 C 1、 C 2、 C 1 a、 C 1 b、 C 2 a、 C 2 b コンデンサ

C p ピーキングコンデンサ

S I 0、 S I 1、 S I 2、 S I 1 a、 S I 1 b、 S I 2 a、 S I 2 b 可飽和リアクトル

ル

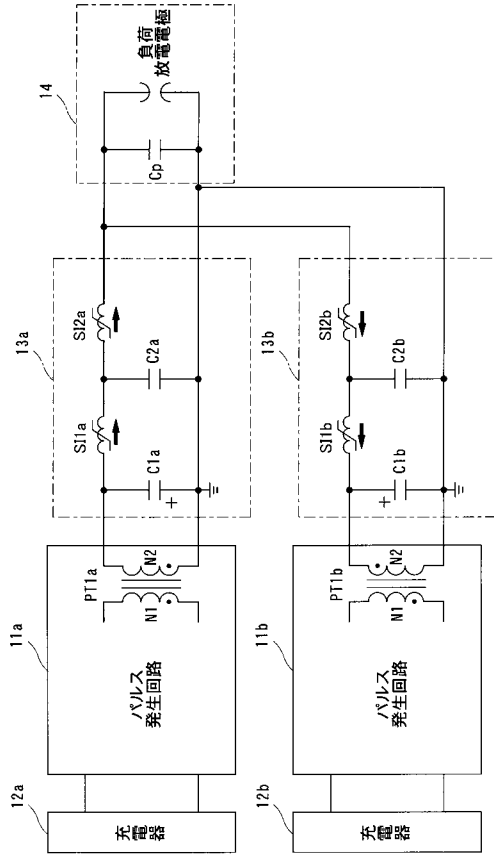
10

20

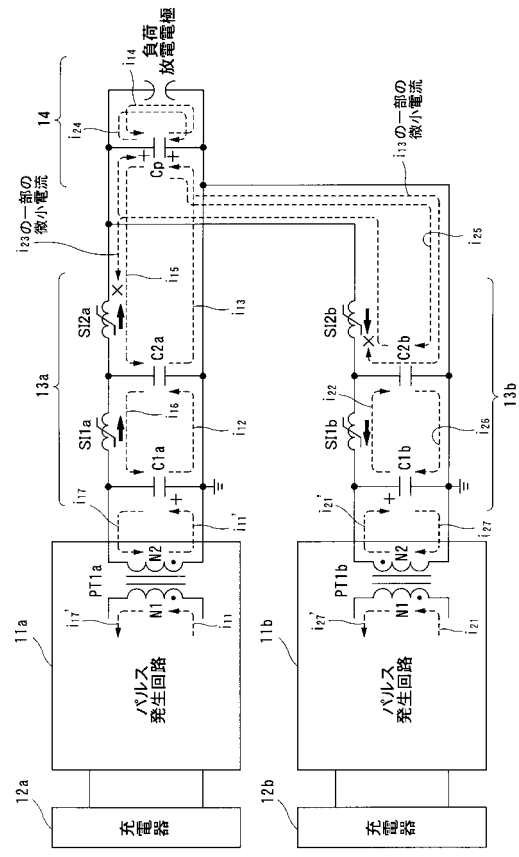
30

40

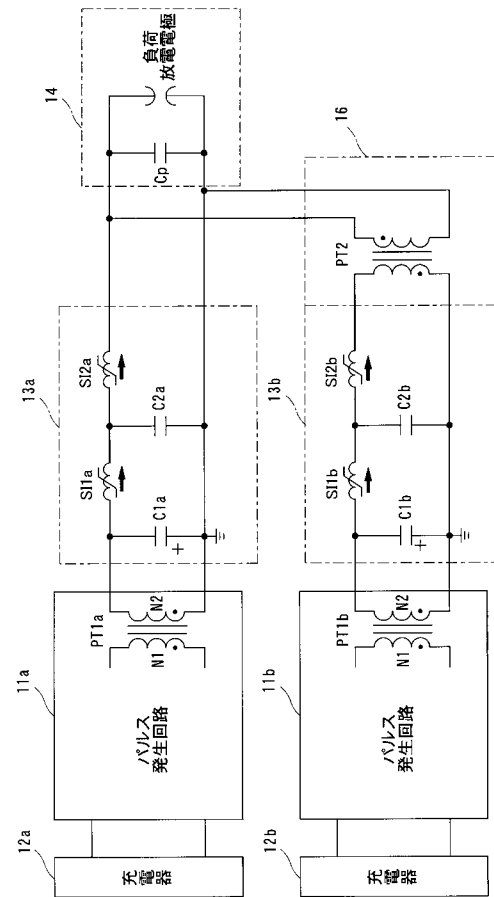
【図 1】



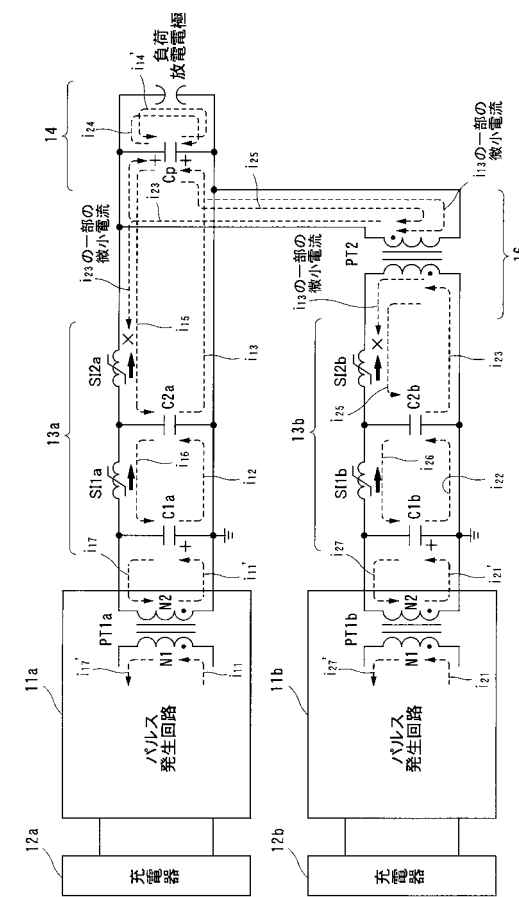
【図 2】



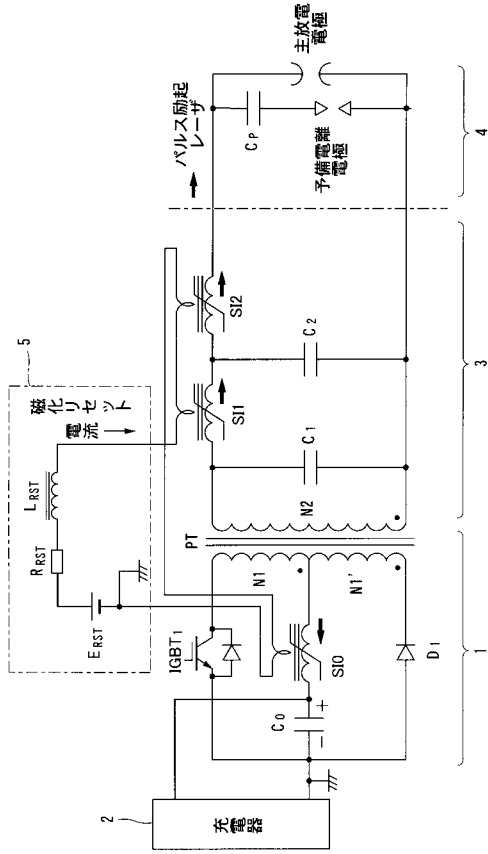
【図 3】



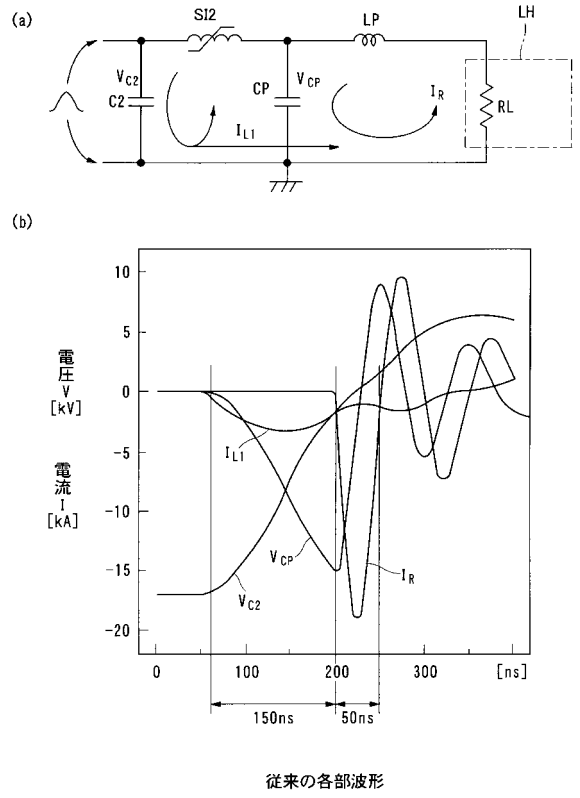
【図 4】



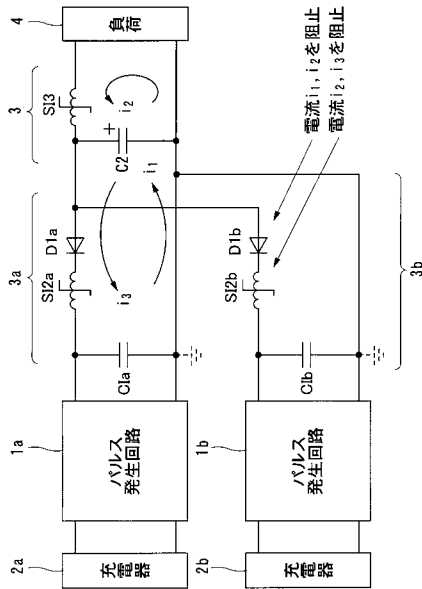
【図5】



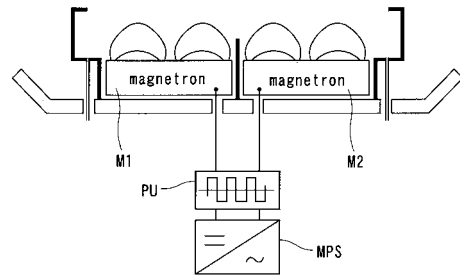
【図6】



【図7】



【図8】



【 図 9 】

