

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-11144
(P2023-11144A)

(43)公開日 令和5年1月24日(2023.1.24)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
H 0 5 B 41/24 (2006.01)	H 0 5 B 41/24	3 K 0 7 2
H 0 5 B 47/16 (2020.01)	H 0 5 B 47/16	3 K 2 7 3
A 6 1 L 9/20 (2006.01)	A 6 1 L 9/20	4 C 1 8 0

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全24頁)

(21)出願番号	特願2021-114799(P2021-114799)	(71)出願人	000102212 ウシオ電機株式会社 東京都千代田区丸の内一丁目6番5号
(22)出願日	令和3年7月12日(2021.7.12)	(74)代理人	110000729 弁理士法人ユニアス国際特許事務所
		(72)発明者	鮫島 貴紀 東京都千代田区丸の内1丁目6番5号 ウシオ電機株式会社内
		(72)発明者	小田 孝治 東京都千代田区丸の内1丁目6番5号 ウシオ電機株式会社内
		F ターム(参考)	3K072 AA01 AC11 AC15 BA05 CA16 DD01 DD06 GA03 3K273 AA06 BA26 BA30 CA05 CA24 FA14 FA25 FA38 最終頁に続く

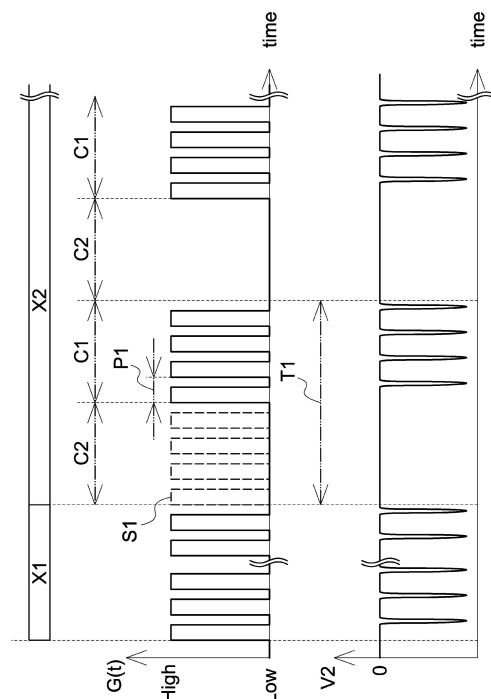
(54)【発明の名称】 光源装置、誘電体バリア放電ランプの点灯回路、誘電体バリア放電ランプの点灯方法

(57)【要約】

【課題】装置全体を大型化させることなく、省電力化と信頼性の向上とが実現された光源装置、装置全体を大型化させることなく、省電力化と信頼性の向上とを実現するための誘電体バリア放電ランプの点灯回路及び点灯方法を提供する。

【解決手段】直流電源と、トランスと、スイッチング素子とを含み、スイッチング素子のON状態とOFF状態とが切り替わることによって、トランスの二次側巻線に起電力を発生させる点灯回路と、トランスの二次側巻線に接続される誘電体バリア放電ランプと、スイッチング素子のON/OFF制御を行う制御部とを備え、制御部は、始動時に、所定の周波数でスイッチング素子のON/OFF制御を繰り返す始動時モードと、誘電体バリア放電ランプの始動後、所定の周波数でスイッチング素子のON/OFF制御を繰り返す第一制御と、スイッチング素子をOFF状態で維持する第二制御とを交互に行う定常動作時モードとを実行する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直流電源と、一次側巻線と二次側巻線とを有するトランスと、少なくとも一つのスイッチング素子とを含み、前記スイッチング素子の ON 状態と OFF 状態とが切り替わることによって、前記直流電源から前記トランスの前記一次側巻線への電流の供給と停止とを切り替えて、又は前記一次側巻線を流れる電流の方向を変化させて、前記トランスの前記二次側巻線に起電力を発生させるように構成された点灯回路と、

前記トランスの前記二次側巻線に接続される誘電体バリア放電ランプと、

前記スイッチング素子の ON / OFF 制御を行う制御部とを備え、

前記制御部は、

始動時に、所定の周波数で前記スイッチング素子の ON / OFF 制御を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して所定の電圧を印加する始動時モードと、

前記誘電体バリア放電ランプの始動後、前記所定の周波数で前記スイッチング素子の ON / OFF 制御を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して前記所定の電圧を印加する第一制御と、前記スイッチング素子の ON / OFF 制御の周期よりも長い期間にわたって、前記スイッチング素子を OFF 状態で維持する第二制御とを交互に行う定常動作時モードとを実行することを特徴とする光源装置。

【請求項 2】

前記制御部が、前記定常動作時モードにおいて、前記第一制御と前記第二制御とを周期的に実行することを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 3】

前記制御部が、前記第一制御において前記スイッチング素子の ON / OFF 制御を繰り返す回数が、それぞれの前記第二制御の前後で異なるように前記定常動作時モードを実行することを特徴とする請求項 1 に記載の光源装置。

【請求項 4】

前記制御部が、前記第一制御の実行時間と直後の前記第二制御の実行時間との合計が、前記所定の周波数に対応する周期の 4 倍以上で、かつ、前記第二制御の実行時間が、100ms 以下となるように前記定常動作時モードを実行することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 5】

前記点灯回路が、フライバック方式の回路であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 6】

前記点灯回路が、プッシュプル方式の回路であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 7】

前記点灯回路が、フルブリッジ方式の回路であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の光源装置。

【請求項 8】

前記スイッチング素子は、寄生ダイオードを備えていることを特徴とする請求項 5 に記載の光源装置。

【請求項 9】

前記制御部が、前記第一制御において、

前記スイッチング素子を ON 状態から OFF 状態に遷移させる第一ステップと、

前記第一ステップの後、前記一次側巻線を流れる回生電流がゼロ値に達した時点から、所定の OFF 保持時間の経過後に、前記スイッチング素子を OFF 状態から ON 状態に遷移させる第二ステップとを実行することを特徴とする請求項 8 に記載の光源装置。

【請求項 10】

前記制御部が、前記第一制御において、

前記スイッチング素子を ON 状態から OFF 状態に遷移させる第一ステップと、

10

20

30

40

50

前記第一ステップの後、前記一次側巻線を流れる回生電流がゼロ値に達する前、又はゼロ値に達すると同時に、前記スイッチング素子をOFF状態からON状態に遷移させる第二ステップとを実行することを特徴とする請求項8に記載の光源装置。

【請求項11】

誘電体バリア放電ランプを点灯させるための点灯回路であって、
直流電源と、

一次側巻線と前記誘電体バリア放電ランプに接続される二次側巻線とを有するトランスと、

前記直流電源と前記トランスの前記一次側巻線とに直列に接続され、ON状態とOFF状態とが切り替わることによって、前記直流電源から前記トランスの前記一次側巻線への電流の供給と停止とを切り替える、又は前記一次側巻線を流れる電流の方向を変化させる、少なくとも一つのスイッチング素子と、

前記スイッチング素子のON/OFF制御を行う制御部とを備え、
前記制御部は、

始動時に、所定の周波数で前記スイッチング素子のON/OFF制御を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して所定の電圧を印加する始動時モードと、

前記誘電体バリア放電ランプの始動後、前記所定の周波数で前記スイッチング素子のON/OFF制御を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して前記所定の電圧を印加する第一制御と、前記スイッチング素子のON/OFF制御の周期よりも長い期間にわたって、前記スイッチング素子をOFF状態で維持する第二制御とを交互に行う定常動作時モードとを実行することを特徴とする誘電体バリア放電ランプの点灯回路。

【請求項12】

点灯回路を用いた誘電体バリア放電ランプの点灯方法であって、

前記点灯回路は、

直流電源と、

一次側巻線と前記誘電体バリア放電ランプに接続された二次側巻線とを有するトランスと、

少なくとも一つのスイッチング素子とを備え、

前記スイッチング素子のON状態とOFF状態とが切り替わることによって、前記直流電源から前記トランスの前記一次側巻線への電流の供給と停止とを切り替えて、又は前記一次側巻線に供給される電流の方向の変化を生じさせて、前記トランスの前記二次側巻線に起電力を発生させるように構成されており、

始動時に、所定の周波数で前記スイッチング素子のON/OFF切替を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して所定の電圧を印加する第一ステップと、

前記第一ステップの実行後、前記誘電体バリア放電ランプの点灯状態を維持するために、前記第一ステップと同様に、所定の周波数で前記スイッチング素子のON/OFF切替を繰り返すことと、前記第一ステップにおける前記スイッチング素子のON/OFF切替の周期よりも長い期間にわたって、前記スイッチング素子をOFF状態で維持することとを交互に行う第二ステップとを含むことを特徴とする誘電体バリア放電ランプの点灯方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光源装置に関し、特に誘電体バリア放電ランプを備えた光源装置に関する。また、本発明は、誘電体バリア放電ランプの点灯回路及び点灯方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、誘電体バリア放電ランプの点灯に関しては、フライバック方式の点灯回路による第一制御技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。また、誘電体バリア放電ランプの点灯回路は、フライバック方式の他にも、プッシュプル方式やフルブリッジ方式等の

点灯回路が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開平10-223384号公報

【特許文献2】特開2020-92968号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

近年、菌やウイルス等（以下、「菌等」と略記する場合がある。）の不活化に、紫外光を利用する技術の開発が進められている。本出願人も、誘電体バリア放電ランプの一種であるエキシマランプを用いて、菌等の不活化を行う技術を開発している（例えば、上記特許文献2参照）。 10

【0005】

また、最近では、コロナウイルス感染症の流行等により、エキシマランプを用いた不活化処理技術として、菌等の不活化処理が可能であると共に、人や動物に対する影響が極めて低い、波長が190nm～240nmの紫外光を利用した菌等の不活化処理が注目されている。

【0006】

当該波長範囲の光を出射するエキシマランプは、発光管内に発光ガスとして希ガスとハロゲンガスとが封入されたエキシマランプが知られている。このようなエキシマランプとしては、例えば、発光管内にクリプトン（Kr）と塩素（Cl）が封入された、主たるピーク波長が222nm近傍のエキシマランプ、発光管内にクリプトン（Kr）と臭素（Br）が封入された、主たるピーク波長が207nm近傍のエキシマランプ、発光管内にアルゴン（Ar）とフッ素（F）が封入された、主たるピーク波長が波長193nm近傍のエキシマランプ等が知られている。 20

【0007】

誘電体バリア放電ランプは、初期放電を発生させて点灯動作を開始させるために、始動時において、定常動作時に印加される電圧よりも高い電圧の印加を要する場合がある。このため、誘電体バリア放電ランプを搭載する光源装置の多くは、始動時と定常動作時とで、誘電体バリア放電ランプに印加する電圧値を切り替える制御や機構が設けられている場合がある。 30

【0008】

特に、上述したような、電子親和力が高いハロゲンガスが発光ガスに含まれるエキシマランプは、ハロゲンガスが発光ガスに含まれないエキシマランプに比べて発光管内での初期放電が発生しにくい。このため、ハロゲンガスが発光ガスに含まれるエキシマランプを備える光源装置は、初期放電をより確実に発生させるべく、始動時に定常動作時よりも高い電圧を印加できる構成がより多く採用されている。

【0009】

しかしながら、誘電体バリア放電ランプに印加する電圧の値を切り替える制御は、単なるON/OFF制御だけで実現することが難しく、点灯回路の方式によっては、アナログ回路による出力電圧制御や、電圧レベルを変換するためのDC/DCコンバータが必要となる。このため、電圧を切り替える機構を備える光源装置は、出力電圧や過渡特性等について所望の特性が得られるように、高度な回路設計技術が要求される。 40

【0010】

また、アナログ回路は、経時的な劣化等によって、出力する電圧等が変動してしまう可能性があるため、信頼性における課題が生じやすく、高い信頼性を確保しようとする、複雑な補正回路等を搭載しなければならなくなる。つまり、誘電体バリア放電ランプに印加する電圧を切り替える機構を搭載することは、光源装置全体の大型化や製造コストの増大や、更には信頼性における課題の要因となっていた。 50

【 0 0 1 1 】

上述したように、波長が190nm～240nmの紫外光を出射するエキシマランプが搭載された光源装置は、人や動物への影響が極めて低いため、医療施設、学校、役所等、頻りに人が集まる施設や、自動車、電車、バス、飛行機、船等の乗物など、多様な場面で活用されることが期待されている。このため、このような光源装置は、省電力化と共に、装置全体をより小型化することや、高い信頼性が強く求められている。

【 0 0 1 2 】

本発明は、上記課題に鑑み、装置全体を大型化させることなく、省電力化と信頼性の向上とが実現された光源装置を提供することを目的とする。また、本発明は、装置全体を大型化させることなく、省電力化と信頼性の向上とを実現するための誘電体バリア放電ランプの点灯回路及び点灯方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

本発明の光源装置は、
直流電源と、一次側巻線と二次側巻線とを有するトランスと、少なくとも一つのスイッチング素子とを含み、前記スイッチング素子のON状態とOFF状態とが切り替わることによって、前記直流電源から前記トランスの前記一次側巻線への電流の供給と停止とを切り替えて、又は前記一次側巻線を流れる電流の方向を変化させて、前記トランスの前記二次側巻線に起電力を発生させるように構成された点灯回路と、

20

前記トランスの前記二次側巻線に接続される誘電体バリア放電ランプと、

前記スイッチング素子のON/OFF制御を行う制御部とを備え、

前記制御部は、

始動時に、所定の周波数で前記スイッチング素子のON/OFF制御を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して所定の電圧を印加する始動時モードと、

前記誘電体バリア放電ランプの始動後、前記所定の周波数で前記スイッチング素子のON/OFF制御を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して前記所定の電圧を印加する第一制御と、前記スイッチング素子のON/OFF制御の周期よりも長い期間にわたって、前記スイッチング素子をOFF状態で維持する第二制御とを交互に行う定常動作時モードとを実行することを特徴とする。

30

【 0 0 1 4 】

始動時モードは、スイッチング素子のON/OFF制御を実行し、トランスの二次側巻線に接続された誘電体バリア放電ランプで初期放電が発生するために必要な起電力を発生させる。なお、トランスの二次側巻線に発生させる起電力の大きさは、誘電体バリア放電ランプの種類や大きさ等に応じて、直流電源の出力電圧、トランスの各巻線の巻き数、スイッチング素子のON状態を維持する時間等を調整することで予め設定される。

【 0 0 1 5 】

定常動作時モードは、単位時間あたりの消費電力の抑制と、誘電体バリア放電ランプや点灯回路への負荷を軽減するために、始動時モードと同じようにスイッチング素子をON/OFF制御する第一制御と、スイッチング素子をOFF状態で維持する第二制御とを交互に実行する。

40

【 0 0 1 6 】

つまり、始動時モードと定常動作時モードとは、スイッチング素子をON/OFF制御する同じ第一制御が行われるが、スイッチング素子をOFF状態で維持する制御（第二制御）が含まれるか否かという点で異なる。そして、始動時モードと、定常動作時モードの第一制御とは、スイッチング素子のON/OFF制御を繰り返す周波数と、誘電体バリア放電ランプに印加される電圧が略同一となる。なお、ここでの「略同一」は、制御部で発生するノイズや、装置を構成する素子のバラつきによって発生する微小な誤差程度が存在していても同一の範囲に含む意味で用いられる。

【 0 0 1 7 】

なお、上記光源装置は、始動後において、立ち切れ防止等のために、定常動作時モード

50

が実行されている途中で一時的に始動時モードが実行されるように構成されていても構わない。また、上記光源装置は、点灯状態がより確実に安定するように、誘電体バリア放電ランプの点灯が確認された後も、所定の時間にわたって始動時モードが継続されるように構成されていても構わない。

【 0 0 1 8 】

本発明の光源装置は、上記構成により、誘電体バリア放電ランプの点灯後も始動時モードが継続して実行される場合と比較して、点灯動作時に誘電体バリア放電ランプに供給される単位時間あたりの電力量が少なくなるため、消費電力が抑制される。また、始動後に誘電体バリア放電ランプの発光管内で初期放電の発生に要する程の高い電圧印加を継続することにはなるが、第二制御が実行されることで始動時モードに比べて電圧印加の頻度が低減されるため、誘電体バリア放電ランプや点灯回路への負荷が軽減される。

10

【 0 0 1 9 】

また、第一制御と第二制御とを繰り返す定常動作時モードは、スイッチング素子に入力される制御信号を切り替えることで実現される。つまり、出力電圧を変更するようなアナログ回路構成の切り替えではなく、デジタル信号処理による切り替えで実現することができる。

【 0 0 2 0 】

さらに、制御部がプログラマブルデバイスやMCU等で構成されている場合、上記構成の光源装置は、回路構成の変更等を要することなく、制御信号のパターンを規定したプログラムを書き換えることで実現できる。また、上記構成の光源装置が、所定の周期でスイッチング素子をON/OFF制御する制御信号と、スイッチング素子の制御信号とは別に制御部から出力されるマスク用信号との組み合わせで実現する場合であっても、論理ゲート素子（例えば、制御信号とマスク用信号との論理積をとるためのANDゲート素子）が少なくとも一つあれば実現できる。

20

【 0 0 2 1 】

つまり、上記構成の光源装置は、複雑な機構や回路を必要としないため、従来の装置と比べて装置全体が大型化することがなく実現可能であり、点灯回路の構成等によっては、部材の点数を削減して、装置全体を小型化することができる。また、デジタル信号処理のみで実現可能なため、出力値のバラつきや、経時的な劣化による特性変動を気にする必要がなくなり、信頼性に対する懸念が少なくなる。

30

【 0 0 2 2 】

上記光源装置は、

前記制御部が、前記定常動作時モードにおいて、前記第一制御と前記第二制御とを周期的に実行するように構成されていても構わない。

【 0 0 2 3 】

定常動作時モードにおいて、特定の周期で第一制御と第二制御が繰り返されると、誘電体バリア放電ランプから出射された光が照射されている領域や物品に対する積算照射量が、当該周期ごとにおいてほぼ一定となる。したがって、光源装置は、上記構成とすることで、定常動作時モードにおいて第一制御と第二制御の実行時間が任意に変更される場合と比べて、紫外光が照射されている領域や物品における、不活化処理の進行具合を管理しやすくなる。

40

【 0 0 2 4 】

また、上記制御は、単純に所定の周期で第一制御と第二制御を繰り返すように構成すればよいため、不活化処理状況や使用環境に応じて周期を変化させるような複雑な制御を構成する場合に比べて、簡単に実現することができる。

【 0 0 2 5 】

上記光源装置は、

前記制御部が、前記第一制御において前記スイッチング素子のON/OFF制御を繰り返す回数が、それぞれの前記第二制御の前後で異なるように前記定常動作時モードを実行するように構成されていても構わない。

50

【 0 0 2 6 】

トランスは、周期的な電流の供給が行われると、周期的な磁歪が発生することより、電流の周波数に対応した微小な振動が生じる。そして、当該振動の周波数が、人の可聴帯域（約 2 0 H z ~ 2 0 k H z ）の範囲内であった場合、「音鳴り」と称される異音現象を生じる場合がある。本発明では、特に、定常動作時モードにおける第一制御と第二制御とを切り替える動作の周波数が人の可聴帯域内の周波数に設定される可能性があり、音鳴りを発生させる一つの要因となり得る。

【 0 0 2 7 】

そこで、上記構成とすることで、定常動作時モードにおける第一制御と第二制御とを切り替える動作が特定の周波数での動作ではなくなり、磁歪によってトランスに生じる振動の強度が複数の周波数成分に分散されるため、音鳴りが抑制される。なお、定常動作時モードにおける第一制御と第二制御とを切り替える動作が特定の周波数での動作とならないようにする方法は、それぞれの第一制御の前後で第二制御の実行時間を異ならせる方法等であってもよい。

10

【 0 0 2 8 】

上記光源装置は、

前記制御部が、前記第一制御の実行時間と直後の前記第二制御の実行時間との合計が、前記所定の周波数に対応する周期の 4 倍以上で、かつ、前記第二制御の実行時間が、1 0 0 m s 以下となるように前記定常動作時モードを実行するように構成されていることが好ましい。

20

【 0 0 2 9 】

第二制御の実行時間が短すぎると、誘電体バリア放電ランプの形状やサイズによっては過剰な電力供給により発熱が問題となる場合がある。そこで、第二制御の実行時間は、誘電体バリア放電ランプでの発熱が十分抑制されるように、第一制御においてスイッチング素子を ON / OFF 制御する周期の 4 倍以上であることが好ましく、8 倍以上であることがより好ましい。

【 0 0 3 0 】

また、第二制御の実行時間が長すぎると、誘電体バリア放電ランプの発光管内のプラズマが消滅又は減衰してしまい、誘電体バリア放電ランプが消灯してしまう可能性がある。なお、本発明の光源装置に関しては、定常動作時モードにおける第一制御は、スイッチング素子の ON / OFF 制御を繰り返す周波数と、誘電体バリア放電ランプに印加される電圧が始動時モードと同じであるため、誘電体バリア放電ランプに初期放電を発生させるために必要な電圧が印加される。つまり、誘電体バリア放電ランプは、第二制御が長すぎて消灯してしまった場合であっても、制御部が次の第一制御を開始した時に、再点灯できる可能性がある。

30

【 0 0 3 1 】

また、定常動作時モードの第一制御は、消費電力や負荷の軽減等の観点から、誘電体バリア放電ランプの点灯状態を維持するために必要十分な回数だけパルス状の電圧印加が行われる制御であってもよい。しかしながら、消灯してしまった誘電体バリア放電ランプは、定常動作時モードの第一制御で初期放電は発生するものの、次の第二制御に移行するまでに発光状態が安定せず点灯状態を維持できない可能性がある。したがって、誘電体バリア放電ランプの点灯状態を安定的に維持させるために、定常動作時モードの第二制御の実行時間は、1 0 0 m s 以下であることが好ましく、8 0 m s 以下であることがより好ましく、1 0 m s 以下であることが特に好ましい。

40

【 0 0 3 2 】

上記光源装置は、

前記点灯回路が、フライバック方式の回路であっても構わない。

【 0 0 3 3 】

また、上記光源装置は、

前記点灯回路が、プッシュプル方式の回路であっても構わない。

50

【 0 0 3 4 】

また、上記光源装置は、
前記点灯回路が、フルブリッジ方式の回路であっても構わない。

【 0 0 3 5 】

上記の各方式の点灯回路は、直流電源と、一次側巻線と誘電体バリア放電ランプが接続される二次側巻線とを有するトランスと、少なくとも一つのスイッチング素子とを含む。

【 0 0 3 6 】

フライバック方式の点灯回路は、スイッチング素子のON状態とOFF状態とが切り替えられることによって、直流電源からトランスの一次側巻線への電流の供給と停止とを切り替えて、トランスの二次側巻線に起電力を発生させるように構成された点灯回路である。

10

【 0 0 3 7 】

フライバック方式の点灯回路は、基本的にFET等のスイッチング素子を1個しか必要としないため、他の方式の点灯回路に対して、低コストで構成できるという経済的利点がある。

【 0 0 3 8 】

プッシュプル方式とフルブリッジ方式の点灯回路は、スイッチング素子のON状態とOFF状態とが切り替えられることによって、トランスの一次側巻線を通る電流の方向を変化させて、トランスの二次側巻線に起電力を発生させるように構成された点灯回路である。それぞれの詳しい回路構成と動作は、「発明を実施するための形態」の項目において後述される。

20

【 0 0 3 9 】

プッシュプル方式の点灯回路は、二つのスイッチング素子が交互にON状態に切り替わり、当該切り替わり動作に応じてトランスが交互に駆動されて動作するため、フライバック方式の点灯回路と比べて、電力効率が高いという利点がある。

【 0 0 4 0 】

フルブリッジ方式の点灯回路は、四つのスイッチング素子が交互にON状態に切り替わり、当該切り替わり動作に応じてトランスが交互に駆動されて動作するため、フライバック方式の点灯回路と比べて、電力効率が高いという利点がある。また、フルブリッジ方式の点灯回路は、プッシュプル方式の点灯回路よりもスイッチング素子の数が多くなってしまいが、トランスの一次側巻線の両端子間に直流電源の電圧が正負交互に印加されるため、プッシュプル方式の点灯回路よりもさらに電力変換効率が高いという利点がある。

30

【 0 0 4 1 】

点灯回路がフライバック方式の回路である上記光源装置において、
前記スイッチング素子は、寄生ダイオードを備えていても構わない。

【 0 0 4 2 】

点灯回路がフライバック方式の回路である場合の最も単純な構成は、直流電源と、トランスの一次側巻線と、一つのスイッチング素子が直列に接続された構成である（図3参照）。当該構成の回路は、スイッチング素子のON/OFF制御によって、トランスの一次側巻線に流し込まれる電流（以下、「一次側電流」という場合がある。）の供給と停止を切り替えることで二次側巻線に起電力を発生させる。

40

【 0 0 4 3 】

フライバック方式の点灯回路は、スイッチング素子がOFF状態となった後、トランスの二次側巻線に流れる電流（以下、「二次側電流」という場合がある。）が停止すると、トランスの一次側巻線に直流電源とは極性が逆の電圧が誘起される。この誘起電圧が生じた時に、直流電源と、トランスの一次側巻線と、スイッチング素子とが直列に接続された回路が、スイッチング素子がOFF状態であることによって開回路となっていた場合、スイッチング素子の入出力端子間に高い電圧が印加されることになり、最悪の場合、スイッチング素子が破損してしまう。

【 0 0 4 4 】

50

そこで、上記構成とすることで、トランスの一次側巻線に誘起された電圧が、直流電源が印加する電圧より大きくなった時に、直流電源の負極側から正極側へと電流が流れる経路が形成される。この時、スイッチング素子の入出力端子間に印加される電圧は、寄生ダイオードの順方向電圧と同じ電圧となるため、スイッチング素子の破損が抑制される。なお、当該寄生ダイオードを介して、トランスの一次側巻線に流れる電流は、「回生電流」と称される場合がある。

【 0 0 4 5 】

点灯回路がフライバック方式の回路である上記光源装置は、前記制御部が、前記第一制御において、前記スイッチング素子を ON 状態から OFF 状態に遷移させる第一ステップと、前記第一ステップの後、前記一次側巻線を通る回生電流がゼロ値に達した時点から、所定の OFF 保持時間の経過後に、前記スイッチング素子を OFF 状態から ON 状態に遷移させる第二ステップとを実行するように構成されていても構わない。

10

【 0 0 4 6 】

誘電体バリア放電ランプには点灯に適した印加電圧が存在するが、フライバック方式の点灯回路は、照度調整の目的で印加電圧を変更することは現実的に困難という事情が存在する。この理由は、単純にフライバック方式の点灯回路が、ON 状態と OFF 状態とを切り替える周波数（切替周波数）を変更すると、誘電体バリア放電ランプに印加される電圧も連動して変化してしまうという特徴による。つまり、フライバック方式の点灯回路は、照度を調整するために、ON 状態と OFF 状態とを切り替えるタイミングを調整し、スイッチング素子の ON 状態を維持する時間と OFF 状態を維持する時間との比を適切に調整する必要がある。

20

【 0 0 4 7 】

トランスの一次側電流の上昇量は、この第二ステップが実行された後、ゼロ値から上昇を開始し、再びスイッチング素子が OFF 状態に遷移する迄の時間に依存する。そこで、上記構成によれば、スイッチング素子が OFF 状態から ON 状態に遷移する第二ステップの実行タイミングが、回生電流がゼロ値に達する時点よりも後になる。そして、所定の OFF 保持時間を調整することで、スイッチング素子を ON 状態で維持する時間と OFF 状態で維持する時間の比が調整される

【 0 0 4 8 】

このように、スイッチング素子の ON 状態を維持する時間と OFF 状態を維持する時間の比が調整されるため、誘電体バリア放電ランプの点灯照度が所望の値となるように調整される。

30

【 0 0 4 9 】

なお、この効果は、特に誘電体バリア放電ランプが紫外光を発するエキシマランプである場合に、顕著に現れる。

【 0 0 5 0 】

例えば、発光ガスに KrCl が含まれる場合には、エキシマランプから主たるピーク波長が 222 nm 近傍の紫外光が出射される。また、例えば、発光ガスに KrBr が含まれる場合には、エキシマランプからは主たるピーク波長が 207 nm 近傍の紫外光が出射される。主たるピーク波長が 190 nm ~ 240 nm の範囲内の紫外光は、低圧水銀ランプからの波長 254 nm の成分を含む紫外線とは異なり、人体に照射されても、皮膚の角質層で吸収され、それよりも内側（基底層側）には進行しないため、細胞に吸収されて DNA が破壊されるというリスクが低い。このため、人間が存在する可能性のある空間内の菌やウイルスの不活化の用途に、前記エキシマランプを利用することができる。

40

【 0 0 5 1 】

ただし、低圧水銀ランプから出射される紫外光に比べると人体に対する影響が極めて低いとはいえ、利用者によっては、長時間にわたって高い照度で前記エキシマランプからの紫外光が人体に照射され続ける状況は回避したい場合が考えられる。また、本願出願時においては、人体に照射される紫外線の積算照射量は、ACGIH (American Confere

50

nce of Governmental Industrial Hygienists : アメリカ合衆国産業衛生専門官会議) で定められている規制値以内にするのが推奨されている。

【 0 0 5 2 】

これらの紫外光を出射するエキシマランプを実際に設置する方法としては、例えば、天井に設置する方法が考えられる。この際、比較的高い天井にエキシマランプを設置する場合は、人体との距離は十分に確保されて紫外光の積算照射量は少なくなるが、比較的低い天井にエキシマランプを設置する場合は、人体との距離が近くなり、積算照射量が多くなる。もし、照度が高いままに、人体との距離が近い環境でエキシマランプを運用しようとするれば、所定の積算照射量となるように点灯と消灯とをそれに応じた比率で繰り返すことになる(例: 10秒点灯、300秒消灯)。このような方法では、300秒にわたる消灯時間帯に殺菌や不活化が行われず、その間の感染のリスクが残存してしまう。

【 0 0 5 3 】

そこで、このような場合は、出射される紫外光の照度を減じてエキシマランプを運用するのが好ましい。上記構成によれば、エキシマランプの照度を低く点灯できれば、人体に影響なく、より長い時間連続して照射することで、より一層感染のリスクを低減することが可能である。

【 0 0 5 4 】

なお、ここでの「不活化」とは、菌やウイルスを死滅させる又は感染力や毒性を失わせることを包括する概念を指し、「菌」とは細菌や真菌(カビ)等の微生物を指す。

【 0 0 5 5 】

また、点灯回路がフライバック方式の回路である上記光源装置は、前記制御部が、前記第一制御において、前記スイッチング素子をON状態からOFF状態に遷移させる第一ステップと、前記第一ステップの後、前記一次側巻線を通る回生電流がゼロ値に達する前、又はゼロ値に達すると同時に、前記スイッチング素子をOFF状態からON状態に遷移させる第二ステップとを実行するように構成されていても構わない。

【 0 0 5 6 】

上記構成とすることで、スイッチング素子がOFF状態からON状態に遷移した瞬間は、回生電流がほぼゼロ値となる。このため、スイッチング素子がOFF状態からON状態に切り替わった時に、スイッチング素子に突然大きな電流が流れ込むことがない。つまり、上記切替制御は、ON状態とOFF状態とが切り替わる時にスイッチング素子に加わる負荷が軽減されるため、スイッチング素子の長寿命化に寄与する。

【 0 0 5 7 】

なお、このようにスイッチング素子の両端の電圧がほぼゼロ値であるタイミングで、ON状態とOFF状態とを遷移させる方法は、「ゼロ電圧スイッチング(ZVS)」と称される場合がある。

【 0 0 5 8 】

本発明の点灯回路は、誘電体バリア放電ランプを点灯させるための点灯回路であって、直流電源と、一次側巻線と前記誘電体バリア放電ランプに接続される二次側巻線とを有するトランスと、前記直流電源と前記トランスの前記一次側巻線とに直列に接続され、ON状態とOFF状態とが切り替わることによって、前記直流電源から前記トランスの前記一次側巻線への電流の供給と停止とを切り替える、又は前記一次側巻線を通る電流の方向を変化させる、少なくとも一つのスイッチング素子と、前記スイッチング素子のON/OFF制御を行う制御部とを備え、前記制御部は、始動時に、所定の周波数で前記スイッチング素子のON/OFF制御を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して所定の電圧を印加する始動モードと、

10

20

30

40

50

前記誘電体バリア放電ランプの始動後、前記所定の周波数で前記スイッチング素子の ON / OFF 制御を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して前記所定の電圧を印加する第一制御と、前記スイッチング素子の ON / OFF 制御の周期よりも長い期間にわたって、前記スイッチング素子を OFF 状態で維持する第二制御とを交互に行う定常動作時モードとを実行することを特徴とする。

【0059】

本発明の誘電体バリア放電ランプの点灯方法は、
点灯回路を用いた誘電体バリア放電ランプの点灯方法であって、
前記点灯回路は、

直流電源と、

一次側巻線と前記誘電体バリア放電ランプに接続された二次側巻線とを有するトランスと、

少なくとも一つのスイッチング素子とを備え、

前記スイッチング素子の ON 状態と OFF 状態とが切り替わることによって、前記直流電源から前記トランスの前記一次側巻線への電流の供給と停止とを切り替えて、又は前記一次側巻線に供給される電流の方向の変化を生じさせて、前記トランスの前記二次側巻線に起電力を発生させるように構成されており、

始動時に、所定の周波数で前記スイッチング素子の ON / OFF 切替を繰り返すことで前記誘電体バリア放電ランプに対して所定の電圧を印加する第一ステップと、

前記第一ステップの実行後、前記誘電体バリア放電ランプの点灯状態を維持するために、前記第一ステップと同様に、所定の周波数で前記スイッチング素子の ON / OFF 切替を繰り返すことと、前記第一ステップにおける前記スイッチング素子の ON / OFF 切替の周期よりも長い期間にわたって、前記スイッチング素子を OFF 状態で維持することとを交互に行う第二ステップとを含むことを特徴とする。

【発明の効果】

【0060】

本発明の光源装置によれば、装置全体を大型化させることなく、省電力化と信頼性の向上とが実現される。また、本発明の点灯回路及び点灯方法によれば、光源装置全体を大型化させることなく、省電力化と信頼性の向上を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】光源装置の外観の一例を模式的に示す斜視図である。

【図2】光源装置の外観の一例を模式的に示す斜視図であり、図1から一部の要素を除去した図面である。

【図3】誘電体バリア放電ランプ用の、フライバック方式の点灯回路の一構成例を示す回路図である。

【図4】フライバック方式の点灯回路の、制御信号 $G(t)$ 、及び二次側電圧 V_2 の時間変化を模式的に示すタイミングチャートである。

【図5】制御部がスイッチング素子の ON / OFF 制御を実行している時の、制御信号 $G(t)$ 、一次側電流 I_1 、二次側電圧 V_2 、及び二次側電流 I_2 の時間変化を模式的に示すタイミングチャートである。

【図6】誘電体バリア放電ランプ用の、プッシュプル方式の点灯回路の一構成例を示す回路図である。

【図7】プッシュプル方式の点灯回路の、制御信号 $G(t)$ 、及び二次側電圧 V_2 の時間変化を模式的に示すタイミングチャートである。

【図8】誘電体バリア放電ランプ用の、フルブリッジ方式の点灯回路の一構成例を示す回路図である。

【図9】フライバック方式の点灯回路の、制御信号 $G(t)$ 、及び二次側電圧 V_2 の時間変化を模式的に示すタイミングチャートである。

【図10】制御部がスイッチング素子 22 の ON / OFF 制御を実行している時の、制御

10

20

30

40

50

信号 $G(t)$ 、一次側電流 I_1 、二次側電圧 V_2 、及び二次側電流 I_2 の時間変化を模式的に示すタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0062】

以下、本発明の光源装置、誘電体バリア放電ランプの点灯回路、及び誘電体バリア放電ランプの点灯方法について、図面を参照して説明する。なお、光源装置に関する以下の各図面は、いずれも模式的に図示されたものであり、図面上の寸法比や個数は、実際の寸法比や個数と必ずしも一致していない。

【0063】

[構成]

(光源装置1)

図1及び図2は、光源装置1の外観を模式的に示す斜視図である。ただし、図1及び図2に図示される構造は、あくまで一例であり、本発明に係る光源装置1の構造は、任意である。

【0064】

図1及び図2は、それぞれ光源装置1の外観の一例を模式的に示す斜視図であり、図2では、説明のために、図1から一部の要素が除去されている。光源装置1は、図1に示すように、点灯回路2と、一方の面に光取り出し面7が形成された蓋部5と、本体ケーシング部と6を備える。図2に示す例では、光源装置1は、複数の発光管13と、各発光管13に対して電圧を印加するための電極(11, 12)からなる、誘電体バリア放電ランプ10を備える。電極(11, 12)は、それぞれ接続部(11a, 12a)を介して電源線(3, 4)に接続される。そして、電源線(3, 4)は、点灯回路2に接続されている。

【0065】

発光管13は、石英ガラス等の誘電体で構成されており、内部には所定の発光ガスが封入されている。電極(11, 12)に対して、例えば1kHz~5MHz程度の高周波電圧が印加されると、発光管13を介して発光ガスに対して当該電圧が印加される。このとき、発光ガスが封入されている放電空間内で放電プラズマが生じ、発光ガスの原子が励起されてエキシマ状態となり、この原子が基底状態に移行する際にエキシマ発光を生じる。このエキシマ発光によって誘電体バリア放電ランプ10から出射された光が、光取り出し面7から光 Ry_1 として光源装置1の外側へと出射される。

【0066】

光源装置1から出射される光 Ry_1 の波長は、発光管13内に封入される発光ガスの物質に依存して決定される。例えば、発光ガスとしてK₂CrCl₄を含む場合、光源装置1から出射される光 Ry_1 は、主たるピーク波長が222nm近傍のスペクトルを示す。発光ガスにK₂Brが含まれる場合には、光 Ry_1 は、主たるピーク波長が207nm近傍のスペクトルを示す。発光ガスにArFが含まれる場合には、光 Ry_1 は、主たるピーク波長が193nm近傍のスペクトルを示す。

【0067】

ただし、本発明において、誘電体バリア放電ランプ10の発光管13内に封入されるガス種は任意であり、得たい光 Ry_1 の波長に応じて適宜選択されるものとして構わない。また、光源装置1は、波長を長波長側に変換する目的で、発光管13の管壁や光取り出し面7に、蛍光体が塗布されているものとしても構わない。

【0068】

また、発光管13の管壁や光取り出し面7は、人体に対する影響が小さい波長帯の紫外光を透過し、人体に対する影響が大きい波長帯の紫外光を透過しないようなフィルタが構成されていても構わない。当該フィルタは、例えば、波長が190nm~240nmの紫外光を透過させ、波長が240nm以上の紫外光を透過させないように構成された、誘電体多層膜フィルタ等を採用し得る。

【0069】

10

20

30

40

50

(フライバック方式の点灯回路 2 a)

図 3 は、誘電体バリア放電ランプ用の、フライバック方式の点灯回路 2 a の一構成例を示す回路図である。フライバック方式の点灯回路 2 a は、図 3 に示すように、直流電源 2 1 と、一つのスイッチング素子 2 2 と、トランス 3 0 とを備える、誘電体バリア放電ランプ 1 0 を点灯させるための点灯回路 2 の一実施例である。

【0070】

トランス 3 0 は、一次側巻線 L 1 と二次側巻線 L 2 を備える。トランス 3 0 の一次側巻線 L 1 が備える端子のうち、第一端子 a 1 は直流電源 2 1 の正極側端子に接続され、第二端子 a 2 はスイッチング素子 2 2 を介して直流電源 2 1 の負極側端子に接続されている。

【0071】

本実施形態のスイッチング素子 2 2 は、電界効果トランジスタ (FET) で構成されており、アノードが直流電源 2 1 の負極側端子、カソードがトランス 3 0 の一次側巻線 L 1 に接続された寄生ダイオード 2 3 が形成されている。本実施形態では、この寄生ダイオード 2 3 が回生回路として機能する。なお、スイッチング素子 2 2 は、電界効果トランジスタ (FET) 以外の素子が採用されても構わない。また、スイッチング素子 2 2 は、寄生ダイオード 2 3 を備えない IGBT やリレー素子等を採用し、ダイオード素子単体をスイッチング素子 2 2 と並列に接続することで回生回路を構成しても構わない。

【0072】

直流電源 2 1 は、例えば、不図示の商用電源を AC / DC 変換する AC / DC コンバータによって構成されるものとしても構わない。点灯回路 2 a が備える平滑コンデンサ 2 5 は、電圧波形を平滑化するために設けられている。また、直流電源 2 1 は、電池で構成されても構わない。

【0073】

本実施形態の点灯回路 2 a は、スイッチング素子 2 2 に対する ON / OFF 制御を行うための制御部 2 4 を備える。制御部 2 4 は、所望のパターンの制御信号 G (t) を出力できるものであればよく、例えば、制御ユニットである CPU や MPU 等を採用し得る。以下、制御部 2 4 が行う制御内容について、タイミングチャートも併せて参照しながら説明する。

【0074】

図 4 は、フライバック方式の点灯回路 2 a の、制御信号 G (t)、及び二次側電圧 V 2 の時間変化を模式的に示すタイミングチャートである。図 4 に示すタイミングチャートは、誘電体バリア放電ランプ 1 0 の始動時からの制御信号 G (t) と二次側電圧 V 2 の変動を示している。また、図 4 の制御信号 G (t) のグラフは、High レベル (以下、「H レベル」という。) がスイッチング素子 2 2 の ON 制御に対応し、Low レベル (以下、「L レベル」という。) がスイッチング素子 2 2 の OFF 制御に対応している。また、図 4 において示される二次側電圧 V 2 のグラフは、図 3 に示す誘電体バリア放電ランプ 1 0 の電極 1 2 に接続された第二電極端子 b 2 の電位を基準としたときの、電極 1 1 に接続された第一電極端子 b 1 との電位差を示している。

【0075】

以下の説明において参照される図面に図示された電圧や電流の変動を示すグラフは、図 4 の二次側電圧 V 2 のグラフと同様に、本発明の主たる動作の説明にほとんど影響しないオフセット等は表されておらず、理想的な波形の一例が模式的に表されている。また、二次側電圧 V 2 が所定の基準電圧 (本実施形態では 0 V) に対して + 側に振れるように構成するか、- 側に振れるように構成するかは、誘電体バリア放電ランプ 1 0 の仕様や点灯回路 2 の構成等に応じて適宜任意に設定して構わない。

【0076】

制御部 2 4 は、光源装置 1 に電源が投入されて動作が開始すると、誘電体バリア放電ランプ 1 0 点灯させるための始動時モード X 1 に切り替わる。

【0077】

始動時モード X 1 は、図 4 に示すように、所定の周波数でスイッチング素子 2 2 の ON

10

20

30

40

50

／OFF制御を繰り返す制御を継続的に実行する。始動時モードX1は、誘電体バリア放電ランプ10の発光管13内で放電プラズマを発生させて、誘電体バリア放電ランプ10の発光状態が安定するまで実行される。

【0078】

制御部24は、始動時モードX1を実行し、誘電体バリア放電ランプ10の発光状態が安定した後、すなわち、誘電体バリア放電ランプ10の始動後、誘電体バリア放電ランプ10の点灯状態を維持するための定常動作時モードX2に切り替わる。

【0079】

定常動作時モードX2は、図4に示すように、所定の周波数でスイッチング素子22のON/OFF制御を繰り返して所定の電圧を印加する第一制御C1と、スイッチング素子22をOFF状態で維持する第二制御C2とを交互に繰り返して、誘電体バリア放電ランプ10の点灯状態を維持させる。なお、第一制御C1のスイッチング素子22のON/OFF制御を繰り返す周波数と、誘電体バリア放電ランプ10に印加する所定の電圧とは、始動時モードX1におけるスイッチング素子22のON/OFF制御を繰り返す周波数と、誘電体バリア放電ランプ10に印加する所定の電圧と略同一となっている。

【0080】

本実施形態における定常動作時モードX2は、所定の周波数でH/Lレベルを切り替える基本制御信号S1に対して、第二制御C2を実行する期間だけ、基本制御信号S1の出力をLレベルに固定するようにマスク処理された制御信号G(t)(図4において、マスク処理部分が一部破線で図示されている。)によってスイッチング素子22が制御される。このため、図4に示すように、第一制御C1は、始動時モードX1と定常動作時モードX2において、実行時間が異なるだけであって、図3に示す、誘電体バリア放電ランプ10の電極(11, 12)間には、いずれにおいても同じパターンの二次側電圧V2が印加される。

【0081】

ここでいうマスク処理は、例えば、プログラム上の処理により、周期的に所定の期間にわたって制御信号G(t)をLレベルに固定する処理や、当該基本制御信号S1と、第一制御C1が実行される区間はHレベル、第二制御C2が実行される区間はLレベルとなるマスク用信号とを、ANDゲート素子に入力して論理積を取るような処理である。

【0082】

本実施形態では、スイッチング素子22のON/OFF制御を繰り返すための基本制御信号S1の周期P1が $17\mu s$ 、始動時モードX1の実行時間が $10s$ 、定常動作時モードX2の第一制御C1の実行時間が $170\mu s$ 、定常動作時モードX2の第二制御C2に実行時間が $200\mu s$ に設定されている。つまり、定常動作時モードX2の第二制御C2の実行時間は、基本制御信号S1の周期P1の12倍であり、定常動作時モードX2の第一制御C1と第二制御C2とを繰り返す周期T1が、基本信号周波数の周期P1の22倍となっている。

【0083】

定常動作時モードX2の第一制御C1と第二制御C2とを繰り返す周期T1は、誘電体バリア放電ランプ10での発熱が抑制されるように、基本制御信号S1の周期P1の4倍以上であることが好ましく、8倍以上であることがより好ましい。なお、定常動作時モードX2において、第一制御C1と第二制御C2とが非周期的に繰り返される場合は、第一制御C1と直前の第二制御C2との実行時間の合計が、基本制御信号S1の周期P1の4倍以上であることが好ましく、8倍以上であることがより好ましい。

【0084】

また、第二制御C2の実行時間が長すぎると、誘電体バリア放電ランプ10の発光管13内のプラズマが消滅又は減衰してしまい、誘電体バリア放電ランプ10が消灯してしまう可能性がある。なお、上述したように、定常動作時モードX2の第一制御C1は、誘電体バリア放電ランプ10に対して始動時モードX1と同じ周期で、同じ電圧を印加するため、消灯した誘電体バリア放電ランプ10を再点灯させることができる可能性がある。し

10

20

30

40

50

かしながら、電圧印加を継続する時間が不十分で、次の第二制御C 2に移行するまでに発光状態が安定せず点灯状態を維持できない可能性がある。したがって、誘電体バリア放電ランプ10の点灯状態を安定的に維持させるために、定常動作時モードX 2の第二制御C 2の実行時間は、100ms以下であることが好ましく、80ms以下であることがより好ましい。更には、点灯状態の安定性をより高めるため、定常動作時モードX 2の第二制御C 2の実行時間は、10ms以下であることが好ましく、1ms以下であることがより好ましい。

【0085】

ここで、誘電体バリア放電ランプ10から出射される光の強度に関して説明する。誘電体バリア放電ランプ10から出射される光の強度は、単位時間あたりの第一制御C 1の実行時間と第二制御C 2の実行時間の割合によって調整される。具体的には、定常動作時モードX 2における周期T 1において、第一制御C 1の実行時間の割合が大きくなると、誘電体バリア放電ランプ10から出射される光の強度は高くなり、逆に、第二制御C 2の実行時間の割合が大きくなると、誘電体バリア放電ランプ10から出射される光の強度は低くなる。

10

【0086】

以下は、参考としての単なる一例であるが、始動時モードX 1における誘電体バリア放電ランプ10の発光管13付近の光強度を100%とした時に、第一制御C 1の実行時間が1ms、第二制御C 2の実行時間が100 μ sに調整された定常動作時モードX 2における誘電体バリア放電ランプ10の発光管13付近の光強度は、約91%となる。また、第一制御C 1の実行時間が1ms、第二制御C 2の実行時間が1msに調整された定常動作時モードX 2における誘電体バリア放電ランプ10の発光管13付近の光強度は、約50%となる。

20

【0087】

したがって、光源装置1は、定常動作時モードX 2における周期T 1における、第一制御C 1の実行時間と第二制御C 2の実行時間を調整することで、使用場所や使用用途に応じて所望の強度の光を出射するように構成することができる。なお、定常動作時モードX 2における第一制御C 1の実行時間と第二制御C 2の実行時間は、予め調整されて固定されていてもよく、使用用途や動作する時間帯に応じて可変できるように、又は常に変動するように構成されていても構わない。

30

【0088】

また、誘電体バリア放電ランプ10から出射される光の強度を調整する方法としては、定常動作時モードX 2における、第一制御C 1に実行時間を変動させる方法が採用されてもよい。具体的な例としては、第二制御C 2の実行時間は1msに固定し、第一制御C 1の実行時間を、1msと0.5msとを、交互に、所定の回数ごとに、又は所定の時間で切り替えるモードとしても構わない。

【0089】

さらに、制御部24は、例えば、立ち切れ防止等を目的として、定常動作時モードX 2が実行されている途中で、一時的に始動時モードX 1に切り替わるように構成されていても構わない。また、制御部24は、点灯状態がより確実に安定するように、誘電体バリア放電ランプ10の点灯が確認された後も、所定の時間にわたって始動時モードX 1が継続されるように構成されていても構わない。

40

【0090】

また、本実施形態では、二次側電圧V 2のピーク電圧の大きさが5~6kVとなるように、基本制御信号S 1のON時間とOFF時間が調整されている。二次側電圧V 2のピーク電圧は、誘電体バリア放電ランプ10の形状やサイズ、発光管13内に封入される発光ガスに応じて適宜調整される。

【0091】

次に、始動時モードX 1及び定常動作時モードX 2の第一制御C 1の動作の詳細について、図3の点灯回路2aの構成とタイミングチャートを参照しながら説明する。図5は、

50

制御部 24 がスイッチング素子 22 の ON / OFF 制御を実行している時の、制御信号 $G(t)$ 、一次側電流 I_1 、二次側電圧 V_2 、及び二次側電流 I_2 の時間変化を模式的に示すタイミングチャートである。

【0092】

図 5 に示すように、時刻 t_1 で制御信号 $G(t)$ が L レベルから H レベルに切り替わると、スイッチング素子 22 が OFF 状態から ON 状態に遷移し、トランス 30 の一次側電流 I_1 が時間の経過と共に上昇する。

【0093】

その後、時刻 t_2 で制御信号 $G(t)$ が H レベルから L レベルに変化すると、スイッチング素子 22 が ON 状態から OFF 状態に遷移する。このとき、トランス 30 の二次側巻線 L_2 には逆起電力が発生し、パルス状の二次側電圧 V_2 が生じる。この二次側電圧 V_2 が、一对の電極 (11, 12) を介して誘電体バリア放電ランプ 10 の発光管 13 内に印加されると、誘電体バリア放電ランプ 10 から光 Ry_1 が出射される。

【0094】

なお、トランス 30 の二次側巻線 L_2 に発生する二次側電圧 V_2 の大きさは、時刻 t_2 における一次側電流 I_1 の変化量に依存する。そして、時刻 t_2 における一次側電流 I_1 の変化量は、制御信号 $G(t)$ の H レベルを維持する時間 (時間 T_H) に依存する。このため、本実施形態の制御信号 $G(t)$ の時間 T_H は、二次側電圧 V_2 が誘電体バリア放電ランプ 10 の発光管 13 内において初期放電を発生させるために必要な電圧値となるような時間に設定されている。

【0095】

二次側電圧 V_2 の印加に伴いトランス 30 の二次側巻線 L_2 には二次側電流 I_2 が流れる。この二次側電流 I_2 は、トランス 30 に蓄積されたエネルギーを放出しながら流れるため、時間の経過と共にゼロ値に近づく (時刻 $t_2 \sim t_a$)。

【0096】

この時、誘電体バリア放電ランプ 10 は、発光管 13 が誘電体で構成されており、発光管 13 を挟むように一对の電極 (11, 12) を備えているところ、等価的に電荷を蓄えるキャパシタ素子と見做すことができる。つまり、トランス 30 に蓄積されたエネルギーの放出によって、今度は徐々に誘電体バリア放電ランプ 10 に電荷が蓄積される。

【0097】

二次側電流 I_2 によって、トランス 30 に蓄積されたエネルギーの放出が完了すると、誘電体バリア放電ランプ 10 に蓄積された電荷が放電される。この放電により、トランス 30 の二次側巻線 L_2 には、先ほどとは逆向きの電流 (二次側電流 I_2) が流れ、二次側電圧 V_2 はゼロ値に近づくように変化する (時刻 $t_a \sim t_b$)。

【0098】

誘電体バリア放電ランプ 10 の放電が完了した後も、トランス 30 の二次側巻線 L_2 が電圧源となって、誘電体バリア放電ランプ 10 への充電を行いながら引き続き二次側電流 I_2 を流し続ける。やがて、二次側電流 I_2 の流れがなくなると、トランス 30 の一次側巻線 L_1 に一次側電圧 V_1 が誘起される。

【0099】

この誘起電圧は、直流電源 21 とは逆極性の電圧であるが、上述したように、スイッチング素子 22 には、寄生ダイオード 23 が設けられているため、この寄生ダイオード 23 を介して、一次側巻線 L_1 には逆向きの一次側電流 I_1 が流れる。この一次側電流 I_1 は、「回生電流」と称される場合がある。このような回生電流が生じるのは、誘電体バリア放電ランプ 10 によって構成される負荷特有の事情である。

【0100】

一次側電流 I_1 は、徐々にゼロ値に近づくが、時刻 t_3 においてスイッチング素子 22 が再び ON 状態になると、引き続き、時刻 $t_1 \sim t_2$ と同様に、一次側電流 I_1 の値が増加していく。以降は、同様の制御が繰り返し行われる。

【0101】

10

20

30

40

50

本実施形態では、一次側電流 I_1 がゼロ値に達すると同時に、スイッチング素子 22 を OFF 状態から ON 状態に遷移させる制御を行う（時刻 t_3 ）。すなわち、ゼロ電圧スイッチングが実施される。なお、制御信号 $G(t)$ の伝送遅延や、スイッチング素子 22 が ON 状態から OFF 状態に切り替わるまでの時間を考慮して、スイッチング素子 22 を OFF 状態から ON 状態に遷移させる制御は、一次側電流 I_1 がゼロ値に達する前に行われても構わない。

【0102】

スイッチング素子 22 を ON 状態から OFF 状態に遷移させる制御（例えば、図 5 に示す、時刻 t_2 , t_4 , t_6 における制御）が「第一ステップ」に対応し、スイッチング素子 22 を OFF 状態から ON 状態に遷移させる制御（例えば、図 5 に示す、時刻 t_1 , t_3 , t_5 , t_7 における制御）が「第二ステップ」に対応する。

10

【0103】

上記構成の光源装置 1 は、出力電圧を変更するようなアナログ回路構成の切り替えを要せず、デジタル信号処理による切り替えで実現することができる。したがって、複雑な機構や回路を必要としないため、従来装置と比べて装置全体が大型化することがなく、場合によっては、部材の点数を削減することができ、装置全体を小型化できる。

【0104】

また、上記構成の光源装置 1 は、デジタル信号処理のみで実現可能なため、出力値のバラつきや、経時的な劣化による特性変動等のアナログ特性を気にする必要がなく、信頼性の問題が生じにくい。

20

【0105】

以下、フライバック方式以外の点灯回路 2 の構成例と、主にそれぞれの点灯回路 2 による始動時モード X 1 及び定常動作時モード X 2 の第一制御 C 1 の動作について説明する。

【0106】

（プッシュプル方式の点灯回路 2 b）

図 6 は、誘電体バリア放電ランプ用の、プッシュプル方式の点灯回路 2 b の一構成例を示す回路図である。プッシュプル方式の点灯回路 2 b は、図 6 に示すように、直流電源 21 と、二つのスイッチング素子（22 a , 22 b）と、トランス 30 とを備える、誘電体バリア放電ランプ 10 を点灯させるための点灯回路 2 の一実施例である。トランス 30 の一次側は、巻線 L 1 a とスイッチング素子 22 a が直列に接続された回路と、巻線 L 1 b とスイッチング素子 22 b が直列に接続された回路とが、直流電源 21 に対して並列に接続されている。

30

【0107】

本実施形態のトランス 30 は、巻線 L 1 a と巻線 L 1 b とによって、トランス 30 の一次側巻線 L 1 が構成されている。なお、本構成におけるトランス 30 は、説明の便宜のために、一次側巻線 L 1 が二つの巻線（L 1 a , L 1 b）に分かれた構成となっているが、一つの一次側巻線 L 1 で構成されていても構わない。

【0108】

図 7 は、プッシュプル方式の点灯回路 2 b の、制御信号 $G_1(t)$ 、制御信号 $G_2(t)$ 、及び二次側電圧 V_2 の時間変化を模式的に示すタイミングチャートである。プッシュプル方式の点灯回路 2 b は、始動時モード X 1 及び定常動作時モード X 2 の第一制御 C 1 において、制御部 24 が、スイッチング素子 22 a に対して制御信号 $G_1(t)$ 、スイッチング素子 22 b に対して制御信号 $G_2(t)$ を出力して、それぞれのスイッチング素子（22 a , 22 b）を交互に ON 状態に切り替えるように制御する。以下、図 6 と図 7 を参照しながら、プッシュプル方式の点灯回路 2 b における、始動時モード X 1 又は定常動作時モード X 2 の第一制御 C 1 の動作について説明する。

40

【0109】

プッシュプル方式の点灯回路 2 b が備える制御部 24 は、始動時モード X 1 又は定常動作時モード X 2 の第一制御 C 1 を開始すると、制御信号 $G_1(t)$ を L レベルから H レベルに切り替えて、スイッチング素子 22 a を ON 状態に切り替える（時刻 t_1 ）。スイッチ

50

ング素子 22a が ON 状態に切り替わることで、直流電源 21 から巻線 L1a 側に電流 I1a が流れ始める。そして、巻線 L1a に電流 I1a が流れ始めることで、トランス 30 の二次側巻線 L2 に、図 7 に示すような二次側電圧 V2 が発生する。

【0110】

次に、制御部 24 は、制御信号 G1(t) を H レベルから L レベルに切り替えて、スイッチング素子 22a を OFF 状態に切り替え（時刻 t2）、その後、制御信号 G2(t) を L レベルから H レベルに切り替えて、スイッチング素子 22b を ON 状態に切り替える（時刻 t3）。スイッチング素子 22b が ON 状態に切り替わることで、直流電源 21 から巻線 L1b 側に電流 I1b が流れ始める。そして、電流 I1b が巻線 L1b を流れ始めることで、トランス 30 の二次側巻線 L2 に、図 7 に示すような二次側電圧 V2 が発生する。

10

【0111】

時刻 t3 における動作でトランス 30 の一次側巻線 L1 に発生する電流 I1b は、時刻 t1 における動作で一次側巻線 L1 に発生する電流 I1a とは流れる方向が逆である。このため、時刻 t3 における動作でトランス 30 の二次側巻線 L2 に発生する二次側電圧 V2 は、図 7 に示すように、時刻 t1 における動作で発生する二次側電圧 V2 とは極性が逆になる。

【0112】

その後、制御部 24 が、スイッチング素子 22b を OFF 状態に切り替える制御信号 G2(t) を出力する（時刻 t4）。以降は、定常動作時モード X2 に切り替わるまで、又は第二制御 C2 に切り替わるまで同様の制御が繰り返し行われる。

20

【0113】

なお、スイッチング素子 22b を ON 状態に切り替える制御（時刻 t3）は、スイッチング素子 22a を OFF 状態に切り替える制御（時刻 t2）に対して、僅かに遅れて実行されることが好ましい。この理由は、二つのスイッチング素子（22a, 22b）が同時に ON 状態となる期間が発生し、直流電源 21 の正極側端子と負極側端子がショートしてしまうことを回避するためである。

【0114】

（フルブリッジ方式の点灯回路 2c）

図 8 は、誘電体バリア放電ランプ用の、フルブリッジ方式の点灯回路 2c の一構成例を示す回路図である。フルブリッジ方式の点灯回路 2c は、図 8 に示すように、直流電源 21 と、四つのスイッチング素子（22a, 22b, 22c, 22d）と、トランス 30 とを備える、誘電体バリア放電ランプ 10 を点灯させるための点灯回路 2 の一実施例である。トランス 30 の一次側は、二つのスイッチング素子（22a, 22b）が直列に接続された回路と、二つのスイッチング素子（22c, 22d）が直列に接続された回路とが、直流電源 21 に対して並列に接続された回路構成である。トランス 30 の一次側巻線 L1 は、スイッチング素子（22a, 22b）の間の第一ノード n1 と、スイッチング素子（22c, 22d）の間の第二ノード n2 に接続されている。図 8 では、図示の都合上、制御部 24 が四つに分割されているが、他の方式の点灯回路（2a, 2b）と同様に制御部 24 が一つだけであっても構わない。

30

40

【0115】

フルブリッジ方式の点灯回路 2c は、プッシュプル方式の点灯回路 2b と回路構成が異なり、トランス 30 の二次側巻線 L2 に発生する二次側電圧 V2 の大きさも異なるが、二つの制御信号（G1(t), G2(t)）によって、対となるスイッチング素子（22a, 22b, 22c, 22d）を ON/OFF 制御することで、一次側巻線 L1 に流れる電流（I1a, I1b）の方向を変化させて、二次側電圧 V2 に極性が逆の起電力を交互に生じさせるという点は同じである。このため、図 8 に示す制御信号（G1(t), G2(t)）と二次側電圧 V2 のタイミングチャートは、二次側電圧 V2 のスケールが異なること等を無視すれば、図 7 に示すプッシュプル方式の点灯回路 2b のタイミングチャートとほぼ同じである。以下、図 7 と図 8 を参照しながら、フルブリッジ方式の点灯回路 2c における、始動

50

時モード X 1 又は定常動作時モード X 2 の第一制御 C 1 の動作について説明する。

【 0 1 1 6 】

フルブリッジ方式の点灯回路 2 c の制御部 2 4 は、始動時モード X 1 又は定常動作時モード X 2 の第一制御 C 1 を開始すると、制御信号 G 1 (t) を L レベルから H レベルに切り替えて、スイッチング素子 (2 2 a , 2 2 c) を ON 状態に切り替える (時刻 t 1) 。スイッチング素子 (2 2 a , 2 2 c) が ON 状態に切り替わることで、直流電源 2 1 からスイッチング素子 2 2 a 、一次側巻線 L 1 、スイッチング素子 2 2 c の経路に電流 I 1 a が流れ始める。そして、一次側巻線 L 1 に電流 I 1 a が流れ始めることで、二次側電圧 V 2 が発生する。

【 0 1 1 7 】

次に、制御部 2 4 は、制御信号 G 1 (t) を H レベルから L レベルに切り替えて、スイッチング素子 (2 2 a , 2 2 c) を OFF 状態に切り替え (時刻 t 2) 、その後、制御信号 G 2 (t) を L レベルから H レベルに切り替えて、スイッチング素子 (2 2 b , 2 2 d) を ON 状態に切り替える (時刻 t 3) 。スイッチング素子 (2 2 b , 2 2 d) が ON 状態に切り替わることで、直流電源 2 1 からスイッチング素子 2 2 d 、一次側巻線 L 1 、スイッチング素子 2 2 b の経路に電流 I 1 b が流れ始める。そして、一次側巻線 L 1 に電流 I 1 b が流れ始めることで、二次側電圧 V 2 が発生する。

【 0 1 1 8 】

時刻 t 3 における動作でトランス 3 0 の一次側巻線 L 1 に発生する電流 I 1 b は、時刻 t 1 における動作で一次側巻線 L 1 に発生する電流 I 1 a とは流れる方向が逆である。このため、時刻 t 3 における動作でトランス 3 0 の二次側巻線 L 2 に発生する二次側電圧 V 2 は、図 7 に示すように、時刻 t 1 における動作で発生する二次側電圧 V 2 とは極性が逆になる。

【 0 1 1 9 】

その後、制御部 2 4 は、スイッチング素子 (2 2 b , 2 2 d) を OFF 状態に切り替えるために、制御信号 G 2 (t) を H レベルから L レベルに切り替える (時刻 t 4) 。以降は、定常動作時モード X 2 に切り替わるまで、又は第二制御 C 2 に切り替わるまで同様の制御が繰り返し行われる。

【 0 1 2 0 】

なお、スイッチング素子 (2 2 b , 2 2 d) を ON 状態に切り替える制御 (時刻 t 3) に対して、僅かに遅れて実行されることが好ましい。この理由は、プッシュプル方式の点灯回路 2 b と同様で、スイッチング素子 (2 2 a , 2 2 b , 2 2 c , 2 2 d) が同時に ON 状態となる期間が発生し、直流電源 2 1 の正極側端子と負極側端子がショートしてしまうことを回避するためである。

【 0 1 2 1 】

以上、三つの方式の点灯回路 (2 a , 2 b , 2 c) について説明したが、点灯回路 2 は、例えば、ハーフブリッジ方式等の上述した点灯回路 (2 a , 2 b , 2 c) 以外の方式を採用しても構わない。

【 0 1 2 2 】

[別実施形態]

以下に、本発明に係る光源装置 1 又は点灯回路 2 の別実施形態を説明する。

【 0 1 2 3 】

1 図 9 は、フライバック方式の点灯回路 2 a (図 3 参照) における、図 4 とは異なる、制御信号 G (t)、及び二次側電圧 V 2 の時間変化を模式的に示すタイミングチャートである。本実施形態の制御部 2 4 は、定常動作時モード X 2 の第一制御 C 1 において、スイッチング素子 2 2 の ON / OFF 制御を繰り返す回数が、第二制御 C 2 を実行する前後で異なるように制御する。例えば、図 9 に示すように、定常動作時モード X 2 に切り替わって最初の第一制御 C 1 は、スイッチング素子 2 2 の ON / OFF 制御が三回繰り返され、次の第一制御 C 1 は、スイッチング素子 2 2 の ON / OFF 制御が二回繰り返される

10

20

30

40

50

。本実施形態では、その後、第一制御 C 1 においてスイッチング素子 2 2 の ON / OFF 制御を繰り返す回数が、三回 二回 三回 二回 ... となるように実行される。なお、第一制御 C 1 においてスイッチング素子 2 2 の ON / OFF 制御を繰り返す回数は、いくつかのパターンが周期的に繰り返されるのではなく、ランダムに変化するように構成されていても構わない。

【 0 1 2 4 】

上述したように、トランスは、周期的な電流の供給が行われると、周期的な磁歪が発生することより、電流の周波数に対応した微小な振動が生じる。そして、当該振動の周波数が、人の可聴帯域（約 2 0 H z ~ 2 0 k H z ）の範囲内であった場合、音鳴りを生じる場合がある。

10

【 0 1 2 5 】

そこで、上記のように、定常動作時モード X 2 におけるそれぞれの第二制御 C 2 の前後において、第一制御 C 1 でスイッチング素子 2 2 の ON / OFF 制御を繰り返す回数を変化させることで、第一制御 C 1 と第二制御 C 2 とを切り替える動作が特定の周波数での動作ではなくなる。したがって、第一制御 C 1 と第二制御 C 2 の切り替え動作に由来する磁歪によってトランスに生じる振動の強度が、複数の周波数成分に分散されるため、音鳴りが抑制される。

【 0 1 2 6 】

2 図 1 0 は、制御部 2 4 がスイッチング素子 2 2 の ON / OFF 制御を実行している時の、制御信号 G (t)、一次側電流 I 1、二次側電圧 V 2、及び二次側電流 I 2 の時間変化を模式的に示す、図 5 とは別のタイミングチャートである。本実施形態のフライバック方式の点灯回路 2 a（図 3 参照）は、図 1 0 に示すように、意図的に OFF 保持時間 T s を設けることで、スイッチング素子 2 2 を OFF 状態から ON 状態に遷移させるタイミングを遅らせている。

20

【 0 1 2 7 】

より詳細には、図 1 0 に示すように、回生動作中の一次側電流 I 1（回生電流）がゼロ値に達する時刻 t 2 a よりも後の時刻 t 3 において、制御部 2 4 は制御信号 G (t) を L レベルから H レベルに変化させ、スイッチング素子 2 2 を OFF 状態から ON 状態に遷移させている。

【 0 1 2 8 】

これにより、単位時間内に、誘電体バリア放電ランプ 1 0 に対して高電圧（二次側電圧 V 2）が印加される頻度が低下するため、光 R y 1 の照度が低下する。そして、この OFF 保持時間 T s が適宜調整されることで、光 R y 1 の照度を調整することが可能となる。つまり、マイクロ秒単位（1 0 0 0 μ 秒以下）の短い点灯周期における OFF 保持時間 T s が可変されることで、光 R y 1 の照度を調整することが可能となる。

30

【 0 1 2 9 】

これは、誘電体バリア放電ランプ 1 0 から放射される光 R y 1 の光量を、秒単位の ON / OFF 制御に依存することなく調整できることにもなる。また、この方法によれば、スイッチング素子 2 2 の ON / OFF の切替周波数が低下するため、スイッチング素子 2 2 における電力損失の問題も緩和される。

40

【 0 1 3 0 】

3 上述した実施形態では、直流電源 2 1 の負極側端子と、トランス 3 0 の一次側巻線 L 1 との間にスイッチング素子 2 2 が接続されている場合について説明したが、この極性は反転されていても構わない。すなわち、直流電源 2 1 の正極側端子と、トランス 3 0 の一次側巻線 L 1 との間にスイッチング素子 2 2 が接続されていても構わない。ここで、スイッチング素子 2 2 が MOS F E T で構成される場合、n チャネル型とするか p チャネル型とするかは、接続される直流電源 2 1 の極性に依りて適宜選択される。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 1 】

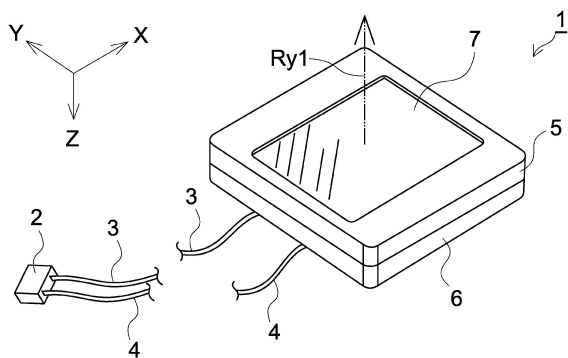
1 : 光源装置

50

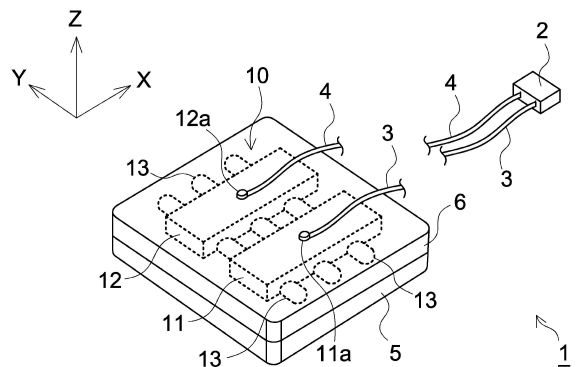
- 2, 2 a, 2 b, 2 c : 点灯回路
- 3, 4 : 電源線
- 5 : 蓋部
- 6 : 本体ケーシング部
- 7 : 光取り出し面
- 10 : 誘電体バリア放電ランプ
- 11, 12 : 電極
- 11 a, 12 a : 接続部
- 13 : 発光管
- 21 : 直流電源 10
- 22, 22 a, 22 b, 22 c, 22 d : スイッチング素子
- 23 : 寄生ダイオード
- 24 : 制御部
- 25 : 平滑コンデンサ
- 30 : トランス
- C 1 : 第一制御
- C 2 : 第二制御
- G, G 1, G 2 : 制御信号
- I 1, I 1 a, I 1 b : 一次側電流 20
- I 2 : 二次側電流
- L 1 : 一次側巻線
- L 1 a, L 1 b : 巻線
- L 2 : 二次側巻線
- Ry 1 : 光
- S 1 : 基本制御信号
- Ts : OFF保持時間
- V 1 : 一次側電圧
- V 2 : 二次側電圧
- X 1 : 始動時モード
- X 2 : 定常動作時モード 30
- a 1 : 第一端子
- a 2 : 第二端子
- b 1 : 第一電極端子
- b 2 : 第二電極端子
- n 1 : 第一ノード
- n 2 : 第二ノード

【図面】

【図 1】



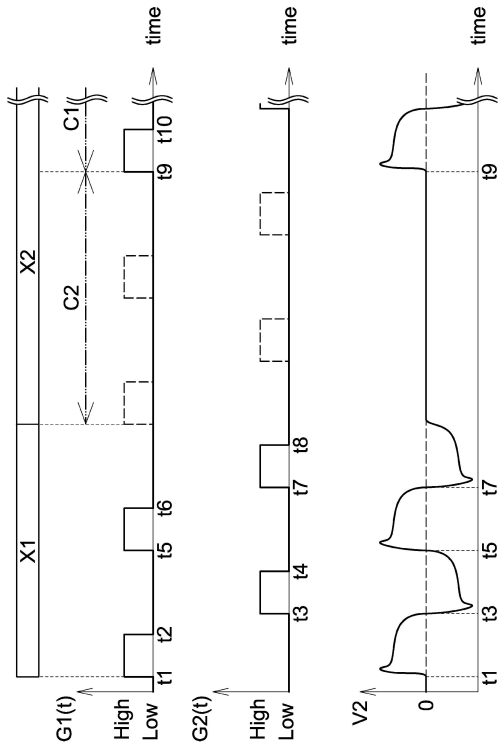
【図 2】



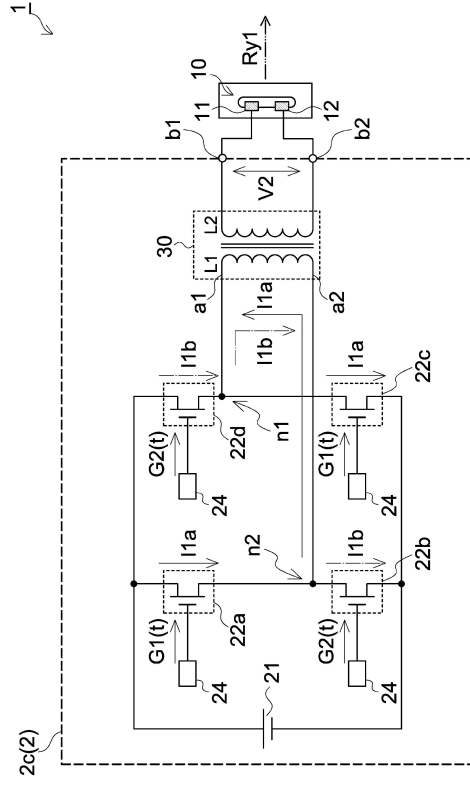
40

50

【 図 7 】



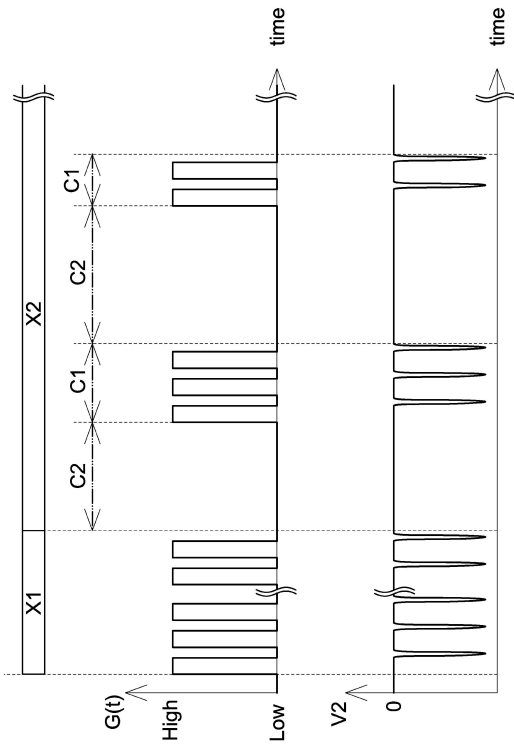
【 図 8 】



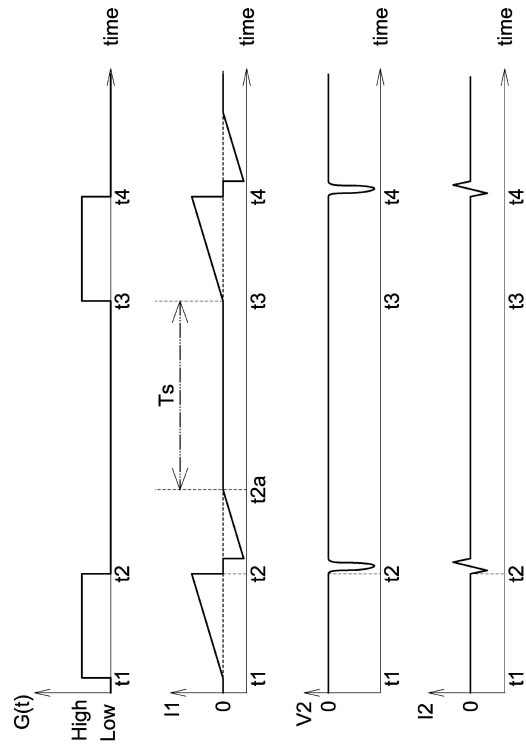
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】



30

40

50

フロントページの続き

Fターム(参考) GA05 GA15 GA16
 4C180 AA07 AA19 DD03 HH17