

(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2016-162615

(P2016-162615A)

(43) 公開日 平成28年9月5日(2016.9.5)

(51) Int.Cl.
H05B 41/24 (2006.01)F I
H05B 41/24テーマコード (参考)
3K072

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2015-41014 (P2015-41014)
(22) 出願日 平成27年3月3日 (2015.3.3)(71) 出願人 000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(74) 代理人 100116665
弁理士 渡辺 和昭
(74) 代理人 100164633
弁理士 西田 圭介
(74) 代理人 100179475
弁理士 仲井 智至
(72) 発明者 河野 勝
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
Fターム(参考) 3K072 AA11 AC01 AC04 AC14 AC15
AC19 BA05 CA03 EB05 EB07
GA03 GB18 HA06 HA10

(54) 【発明の名称】 放電灯駆動装置、光源装置、プロジェクター、および放電灯駆動方法

(57) 【要約】

【課題】放電灯の寿命を向上できる放電灯駆動装置を提供する。

【解決手段】本発明の放電灯駆動装置の一つの態様は、2つの電極を有する放電灯に駆動電流を供給する放電灯駆動部と、放電灯の電極間電圧を検出する電圧検出部と、放電灯駆動部を制御する制御部と、を備え、制御部は、駆動電流の第1極性が一定に保持される第1測定駆動を実行可能であり、電圧検出部は、第1測定駆動が実行される第1測定期間において複数回、電極間電圧を測定し、制御部は、第1測定期間において測定された複数の電極間電圧に基づいて、放電灯の電極の状態を判断することを特徴とする。

【選択図】図8

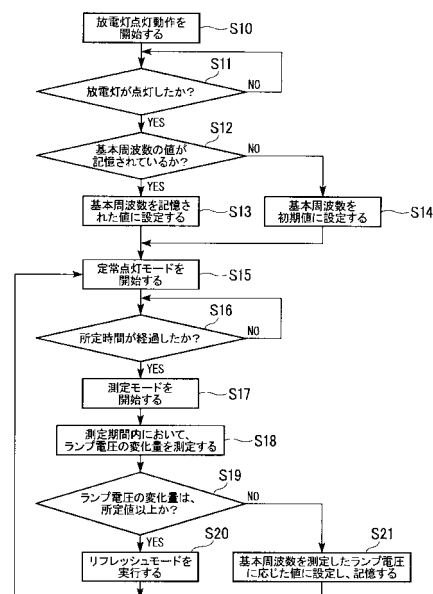


図8

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

2つの電極を有する放電灯に駆動電流を供給する放電灯駆動部と、
前記放電灯の電極間電圧を検出する電圧検出部と、
前記放電灯駆動部を制御する制御部と、
を備え、

前記制御部は、前記駆動電流の第1極性が一定に保持される第1測定駆動を実行可能であり、

前記電圧検出部は、前記第1測定駆動が実行される第1測定期間において複数回、前記電極間電圧を測定し、

前記制御部は、前記第1測定期間において測定された複数の前記電極間電圧に基づいて、前記放電灯の前記電極の状態を判断することを特徴とする放電灯駆動装置。

10

【請求項 2】

前記制御部は、前記放電灯に交流電流が供給される定常点灯駆動を実行可能であり、

前記第1測定期間の長さは、前記定常点灯駆動が実行される定常点灯期間における前記交流電流の半周期の長さよりも大きい、請求項1に記載の放電灯駆動装置。

【請求項 3】

前記第1測定期間において前記放電灯に供給される前記駆動電流の絶対値は、前記定常点灯期間において前記放電灯に供給される前記駆動電流の絶対値よりも小さい、請求項2に記載の放電灯駆動装置。

20

【請求項 4】

前記第1測定期間の長さと、前記第1測定期間に時間的に連続して設けられ前記第1極性と反対の第2極性となる期間の長さと、の合計の長さは、前記定常点灯期間における交流電流の1周期の長さと概ね同じである、請求項2または3に記載の放電灯駆動装置。

【請求項 5】

前記制御部は、

前記第1測定期間において測定された複数の前記電極間電圧から前記第1測定期間における前記電極間電圧の変化量を算出し、

前記変化量が所定値以上の場合、前記電極を成長させる駆動を実行する、請求項1から4のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置。

30

【請求項 6】

前記制御部は、前記第1測定駆動における前記駆動電流の前記第1極性と反対の第2極性が保持される第2測定駆動を実行可能であり、

前記電圧検出部は、前記第2測定駆動が実行される第2測定期間において複数回、前記電極間電圧を測定し、

前記制御部は、前記第1測定期間および前記第2測定期間において測定された前記電極間電圧に基づいて、前記放電灯の前記電極の状態を判断する、請求項1から5のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置。

【請求項 7】

前記第2測定期間は、前記第1測定期間と時間的に離間して設けられる、請求項6に記載の放電灯駆動装置。

40

【請求項 8】

前記第2測定期間は、前記第1測定期間と時間的に連続して設けられる、請求項6に記載の放電灯駆動装置。

【請求項 9】

前記第1測定期間の長さと前記第2測定期間の長さとは、概ね同じである、請求項8に記載の放電灯駆動装置。

【請求項 10】

前記制御部は、

前記第1測定期間において測定された前記電極間電圧から前記第1測定期間における前

50

記電極間電圧の第 1 変化量を算出し、

前記第 2 測定期間において測定された前記電極間電圧から前記第 2 測定期間における前記電極間電圧の第 2 変化量を算出し、

前記第 1 変化量と前記第 2 変化量とのうちの少なくとも一方が所定値以上の場合、前記電極を成長させる駆動を実行する、請求項 6 から 9 のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置。

【請求項 1 1】

前記所定値は、測定された前記電極間電圧に基づいて設定される、請求項 5 または 1 0 に記載の放電灯駆動装置。

【請求項 1 2】

10

光を射出する前記放電灯と、

請求項 1 から 1 1 のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置と、
を備えることを特徴とする光源装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の光源装置と、

前記光源装置から射出される光を映像信号に応じて変調する光変調素子と、

前記光変調素子により変調された光を投射する投射光学系と、

を備えることを特徴とするプロジェクター。

【請求項 1 4】

20

操作を受け付ける入力受付部を備え、

前記制御部は、前記入力受付部が操作を受け付けた場合に、前記測定駆動を実行する、請求項 1 3 に記載のプロジェクター。

【請求項 1 5】

前記制御部は、前記放電灯から射出される光が前記投射光学系から投射されない期間において、前記測定駆動を実行する、請求項 1 3 に記載のプロジェクター。

【請求項 1 6】

2 つの電極を有する放電灯に駆動電流を供給して、前記放電灯を駆動させる放電灯駆動方法であって、

前記駆動電流の極性が一定に保持される測定駆動を含み、

前記測定駆動が実行される測定期間において複数回、前記電極間電圧を測定し、

30

前記測定期間において測定された複数の前記電極間電圧に基づいて、前記放電灯の前記電極の状態を判断することを特徴とする放電灯駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放電灯駆動装置、光源装置、プロジェクター、および放電灯駆動方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献 1 には、ランプ電圧が基準電圧以下の場合に、放電灯の状態を異常と判断するプロジェクターが記載されている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2 0 0 7 - 5 9 2 8 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記プロジェクターにおいては、ランプ電圧、すなわち、電極間距離にのみ基づいて放電灯の状態を判断している。そのため、放電灯の状態を正確に把握できず、放電灯の寿命

50

が低下する場合があった。

【 0 0 0 5 】

具体的には、例えば、上記プロジェクターにおいては、放電灯の電極先端の突起の太さを検出することができない。そのため、ランプ電圧が基準電圧より大きく、電極先端の突起が細い場合に、突起が欠落して放電灯が急激に劣化する虞があった。

【 0 0 0 6 】

本発明の一つの態様は、上記問題点に鑑みて成されたものであって、放電灯の寿命を向上できる放電灯駆動装置、そのような放電灯駆動装置を備える光源装置、およびそのような光源装置を備えるプロジェクターを提供することを目的の一つとする。また、本発明の一つの態様は、放電灯の寿命を向上できる放電灯駆動方法を提供することを目的の一つとする。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の放電灯駆動装置の一つの態様は、2つの電極を有する放電灯に駆動電流を供給する放電灯駆動部と、前記放電灯の電極間電圧を検出する電圧検出部と、前記放電灯駆動部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記駆動電流の第1極性が一定に保持される第1測定駆動を実行可能であり、前記電圧検出部は、前記第1測定駆動が実行される第1測定期間において複数回、前記電極間電圧を測定し、前記制御部は、前記第1測定期間において測定された複数の前記電極間電圧に基づいて、前記放電灯の前記電極の状態を判断することを特徴とする。

20

【 0 0 0 8 】

本発明の放電灯駆動装置の一つの態様によれば、制御部は、第1測定期間において複数回測定された電極間電圧に基づいて放電灯の電極の状態を判断する。極性が保持される一定の期間における電極間電圧の変化は、電極の太さが太いほど小さく、電極の太さが細いほど大きい。そのため、例えば、制御部は、測定された複数の電極間電圧の差に基づいて、電極の太さを判断することが可能である。したがって、本発明の放電灯駆動装置の一つの態様によれば、より正確に電極の状態を把握することが可能なため、電極の劣化に対して、適切に対処することが可能となる。その結果、放電灯の寿命を向上できる。

【 0 0 0 9 】

前記制御部は、前記放電灯に交流電流が供給される定常点灯駆動を実行可能であり、前記第1測定期間の長さは、前記定常点灯駆動が実行される定常点灯期間における前記交流電流の半周期の長さよりも大きい構成としてもよい。

30

この構成によれば、電極の太さに応じた電極間電圧の変化量の差を大きくでき、電極の太さをより正確に把握することが可能である。

【 0 0 1 0 】

前記第1測定期間において前記放電灯に供給される前記駆動電流の絶対値は、前記定常点灯期間において前記放電灯に供給される前記駆動電流の絶対値よりも小さい構成としてもよい。

この構成によれば、電極が過度に溶融して損耗することを抑制できる。

【 0 0 1 1 】

40

前記第1測定期間の長さと、前記第1測定期間に時間的に連続して設けられ前記第1極性と反対の第2極性となる期間の長さと、の合計の長さは、前記定常点灯期間における交流電流の1周期の長さと概ね同じである構成としてもよい。

この構成によれば、定常点灯期間において放電灯に供給される交流電流のデューティ比を変更することで第1測定期間を設けることができるため、簡便である。

【 0 0 1 2 】

前記制御部は、前記第1測定期間において測定された複数の前記電極間電圧から前記第1測定期間における前記電極間電圧の変化量を算出し、前記変化量が所定値以上の場合、前記電極を成長させる駆動を実行する構成としてもよい。

この構成によれば、放電灯の寿命を向上できる。

50

【 0 0 1 3 】

前記制御部は、前記第 1 測定駆動における前記駆動電流の前記第 1 極性と反対の第 2 極性が保持される第 2 測定駆動を実行可能であり、前記電圧検出部は、前記第 2 測定駆動が実行される第 2 測定期間において複数回、前記電極間電圧を測定し、前記制御部は、前記第 1 測定期間および前記第 2 測定期間において測定された前記電極間電圧に基づいて、前記放電灯の前記電極の状態を判断する構成としてもよい。

この構成によれば、2 つの電極の状態を把握できる。

【 0 0 1 4 】

前記第 2 測定期間は、前記第 1 測定期間と時間的に離間して設けられる構成としてもよい。

この構成によれば、2 つの電極の形状が安定した状態で、第 2 測定期間が開始されるため、より正確に電極の状態を把握しやすい。

【 0 0 1 5 】

前記第 2 測定期間は、前記第 1 測定期間と時間的に連続して設けられる構成としてもよい。

この構成によれば、一度に 2 つの電極の状態を把握できる。

【 0 0 1 6 】

前記第 1 測定期間の長さとは前記第 2 測定期間の長さとは、概ね同じである構成としてもよい。

この構成によれば、駆動電流の周波数を変化させることで第 1 測定期間および第 2 測定期間を設けることができるため、簡便である。

【 0 0 1 7 】

前記制御部は、前記第 1 測定期間において測定された前記電極間電圧から前記第 1 測定期間における前記電極間電圧の第 1 変化量を算出し、前記第 2 測定期間において測定された前記電極間電圧から前記第 2 測定期間における前記電極間電圧の第 2 変化量を算出し、前記第 1 変化量と前記第 2 変化量とのうちの少なくとも一方が所定値以上の場合、前記電極を成長させる駆動を実行する構成としてもよい。

この構成によれば、いずれか一方の電極が劣化している場合であっても、適切に対処できるため、放電灯の寿命をより向上できる。

【 0 0 1 8 】

前記所定値は、測定された前記電極間電圧に基づいて設定される構成としてもよい。

この構成によれば、放電灯の寿命を向上できる。

【 0 0 1 9 】

本発明の光源装置の一つの態様は、光を射出する前記放電灯と、上記の放電灯駆動装置と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

本発明の光源装置の一つの態様によれば、上記の放電灯駆動装置を備えるため、放電灯の寿命を向上できる。

【 0 0 2 1 】

本発明のプロジェクターの一つの態様は、上記の光源装置と、前記光源装置から射出される光を映像信号に応じて変調する光変調素子と、前記光変調素子により変調された光を投射する投射光学系と、を備えることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

本発明のプロジェクターの一つの態様によれば、上記の光源装置を備えるため、放電灯の寿命を向上できる。

【 0 0 2 3 】

操作を受け付ける入力受付部を備え、前記制御部は、前記入力受付部が操作を受け付けた場合に、前記測定駆動を実行する構成としてもよい。

この構成によれば、測定期間の駆動電流の値が変化する場合であっても、投射光学系から投射される映像の輝度変化を、使用者に認識させにくい。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

前記制御部は、前記放電灯から射出される光が前記投射光学系から投射されない期間において、前記測定駆動を実行する構成としてもよい。

この構成によれば、測定期間の駆動電流の値が変化する場合であっても、投射光学系から投射される映像の輝度が変化しない。

【 0 0 2 5 】

本発明の放電灯駆動方法の一つの態様は、電極を有する放電灯に駆動電流を供給して、前記放電灯を駆動させる放電灯駆動方法であって、前記駆動電流の極性が一定に保持される測定駆動を含み、前記測定駆動が実行される測定期間において複数回、前記電極間電圧を測定し、前記測定期間において測定された複数の前記電極間電圧に基づいて、前記放電灯の前記電極の状態を判断することを特徴とする。

10

【 0 0 2 6 】

本発明の放電灯駆動方法の一つの態様によれば、上述したのと同様にして、放電灯の寿命を向上できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 7 】

【 図 1 】 第 1 実施形態のプロジェクターの概略構成図である。

【 図 2 】 第 1 実施形態における放電灯の断面図である。

【 図 3 】 第 1 実施形態のプロジェクターの各種構成要素を示すブロック図である。

【 図 4 】 第 1 実施形態の放電灯点灯装置の回路図である。

20

【 図 5 】 第 1 実施形態の制御部の一構成例を示すブロック図である。

【 図 6 】 放電灯の電極先端の突起の様子を示す図である。

【 図 7 】 第 1 実施形態の駆動電流波形の一例を示す図である。

【 図 8 】 第 1 実施形態の制御部による放電灯駆動部の制御手順の一例を示すフローチャートである。

【 図 9 】 測定期間におけるランプ電圧の変化を示すグラフである。

【 図 1 0 】 第 2 実施形態の駆動電流波形の一例を示す図である。

【 図 1 1 】 第 2 実施形態の制御部による放電灯駆動部の制御手順の一例を示すフローチャートである。

【 発明を実施するための形態 】

30

【 0 0 2 8 】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態に係るプロジェクターについて説明する。

なお、本発明の範囲は、以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲内で任意に変更可能である。また、以下の図面においては、各構成をわかりやすくするために、実際の構造と各構造における縮尺や数等を異ならせる場合がある。

【 0 0 2 9 】

< 第 1 実施形態 >

図 1 に示すように、本実施形態のプロジェクター 5 0 0 は、光源装置 2 0 0 と、平行化レンズ 3 0 5 と、照明光学系 3 1 0 と、色分離光学系 3 2 0 と、3つの液晶ライトバルブ（光変調素子）3 3 0 R、3 3 0 G、3 3 0 B と、クロスダイクロイックプリズム 3 4 0 と、投射光学系 3 5 0 と、を備えている。

40

【 0 0 3 0 】

光源装置 2 0 0 から射出された光は、平行化レンズ 3 0 5 を通過して照明光学系 3 1 0 に入射する。平行化レンズ 3 0 5 は、光源装置 2 0 0 からの光を平行化する。

【 0 0 3 1 】

照明光学系 3 1 0 は、光源装置 2 0 0 から射出される光の照度を、液晶ライトバルブ 3 3 0 R、3 3 0 G、3 3 0 B 上において均一化するように調整する。さらに、照明光学系 3 1 0 は、光源装置 2 0 0 から射出される光の偏光方向を一方向に揃える。その理由は、光源装置 2 0 0 から射出される光を液晶ライトバルブ 3 3 0 R、3 3 0 G、3 3 0 B で有

50

効に利用するためである。

【0032】

照度分布と偏光方向とが調整された光は、色分離光学系320に入射する。色分離光学系320は、入射光を赤色光(R)、緑色光(G)、青色光(B)の3つの色光に分離する。3つの色光は、各色光に対応付けられた液晶ライトバルブ330R、330G、330Bにより、映像信号に応じてそれぞれ変調される。液晶ライトバルブ330R、330G、330Bは、後述する液晶パネル560R、560G、560Bと、偏光板(図示せず)と、を備えている。偏光板は、液晶パネル560R、560G、560Bのそれぞれの光入射側および光射出側に配置される。

【0033】

変調された3つの色光は、クロスダイクロイックプリズム340により合成される。合成光は投射光学系350に入射する。投射光学系350は、入射光をスクリーン700(図3参照)に投射する。これにより、スクリーン700上に映像が表示される。なお、平行化レンズ305、照明光学系310、色分離光学系320、クロスダイクロイックプリズム340、投射光学系350の各々の構成としては、周知の構成を採用することができる。

【0034】

図2は、光源装置200の構成を示す断面図である。光源装置200は、光源ユニット210と、放電灯点灯装置(放電灯駆動装置)10と、を備えている。図2には、光源ユニット210の断面図が示されている。光源ユニット210は、主反射鏡112と、放電灯90と、副反射鏡50と、を備えている。

【0035】

放電灯点灯装置10は、放電灯90に駆動電流Iを供給して放電灯90を点灯させる。主反射鏡112は、放電灯90から放出された光を照射方向Dに向けて反射する。照射方向Dは、放電灯90の光軸AXと平行である。

【0036】

放電灯90の形状は、照射方向Dに沿って延びる棒状である。放電灯90の一方の端部を第1端部90e1とし、放電灯90の他方の端部を第2端部90e2とする。放電灯90の材料は、例えば、石英ガラス等の透光性材料である。放電灯90の中央部は球状に膨らんでおり、その内部は放電空間91である。放電空間91には、希ガス、金属ハロゲン化合物等を含む放電媒体であるガスが封入されている。

【0037】

放電空間91には、第1電極(電極)92および第2電極(電極)93の先端が突出している。第1電極92は、放電空間91の第1端部90e1側に配置されている。第2電極93は、放電空間91の第2端部90e2側に配置されている。第1電極92および第2電極93の形状は、光軸AXに沿って延びる棒状である。放電空間91には、第1電極92および第2電極93の電極先端部が、所定距離だけ離れて対向するように配置されている。第1電極92および第2電極93の材料は、例えば、タングステン等の金属である。

【0038】

放電灯90の第1端部90e1に、第1端子536が設けられている。第1端子536と第1電極92とは、放電灯90の内部を貫通する導電性部材534により電氣的に接続されている。同様に、放電灯90の第2端部90e2に、第2端子546が設けられている。第2端子546と第2電極93とは、放電灯90の内部を貫通する導電性部材544により電氣的に接続されている。第1端子536および第2端子546の材料は、例えば、タングステン等の金属である。導電性部材534、544の材料としては、例えば、モリブデン箔が利用される。

【0039】

第1端子536および第2端子546は、放電灯点灯装置10に接続されている。放電灯点灯装置10は、第1端子536および第2端子546に、放電灯90を駆動するため

10

20

30

40

50

の駆動電流 I を供給する。その結果、第 1 電極 9 2 および第 2 電極 9 3 の間でアーク放電が起きる。アーク放電により発生した光（放電光）は、破線の矢印で示すように、放電位置から全方向に向かって放射される。

【 0 0 4 0 】

主反射鏡 1 1 2 は、固定部材 1 1 4 により、放電灯 9 0 の第 1 端部 9 0 e 1 に固定されている。主反射鏡 1 1 2 は、放電光のうち、照射方向 D と反対側に向かって進む光を照射方向 D に向かって反射する。主反射鏡 1 1 2 の反射面（放電灯 9 0 側の面）の形状は、放電光を照射方向 D に向かって反射できる範囲内において、特に限定されず、例えば、回転楕円形状であっても、回転放物線形状であってもよい。例えば、主反射鏡 1 1 2 の反射面の形状を回転放物線形状とした場合、主反射鏡 1 1 2 は、放電光を光軸 $A X$ に略平行な光に変換することができる。これにより、平行化レンズ 3 0 5 を省略することができる。

10

【 0 0 4 1 】

副反射鏡 5 0 は、固定部材 5 2 2 により、放電灯 9 0 の第 2 端部 9 0 e 2 側に固定されている。副反射鏡 5 0 の反射面（放電灯 9 0 側の面）の形状は、放電空間 9 1 の第 2 端部 9 0 e 2 側の部分を囲む球面形状である。副反射鏡 5 0 は、放電光のうち、主反射鏡 1 1 2 が配置された側と反対側に向かって進む光を主反射鏡 1 1 2 に向かって反射する。これにより、放電空間 9 1 から放射される光の利用効率を高めることができる。

【 0 0 4 2 】

固定部材 1 1 4 , 5 2 2 の材料は、放電灯 9 0 からの発熱に耐え得る耐熱材料である範囲内において、特に限定されず、例えば、無機接着剤である。主反射鏡 1 1 2 および副反射鏡 5 0 と放電灯 9 0 との配置を固定する方法としては、主反射鏡 1 1 2 および副反射鏡 5 0 を放電灯 9 0 に固定する方法に限らず、任意の方法を採用できる。例えば、放電灯 9 0 と主反射鏡 1 1 2 とを、独立にプロジェクター 5 0 0 の筐体（図示せず）に固定してもよい。副反射鏡 5 0 についても同様である。

20

【 0 0 4 3 】

以下、プロジェクター 5 0 0 の回路構成について説明する。

図 3 は、本実施形態のプロジェクター 5 0 0 の回路構成の一例を示す図である。プロジェクター 5 0 0 は、図 1 に示した光学系その他、画像信号変換部 5 1 0 と、直流電源装置 8 0 と、液晶パネル 5 6 0 R , 5 6 0 G , 5 6 0 B と、画像処理装置 5 7 0 と、CPU (Central Processing Unit) 5 8 0 と、を備えている。

30

【 0 0 4 4 】

画像信号変換部 5 1 0 は、外部から入力された画像信号 5 0 2（輝度 - 色差信号やアナログ RGB 信号など）を所定のワード長のデジタル RGB 信号に変換して画像信号 5 1 2 R , 5 1 2 G , 5 1 2 B を生成し、画像処理装置 5 7 0 に供給する。

【 0 0 4 5 】

画像処理装置 5 7 0 は、3 つの画像信号 5 1 2 R , 5 1 2 G , 5 1 2 B に対してそれぞれ画像処理を行う。画像処理装置 5 7 0 は、液晶パネル 5 6 0 R , 5 6 0 G , 5 6 0 B をそれぞれ駆動するための駆動信号 5 7 2 R , 5 7 2 G , 5 7 2 B を液晶パネル 5 6 0 R , 5 6 0 G , 5 6 0 B に供給する。

【 0 0 4 6 】

直流電源装置 8 0 は、外部の交流電源 6 0 0 から供給される交流電圧を一定の直流電圧に変換する。直流電源装置 8 0 は、トランス（図示しないが、直流電源装置 8 0 に含まれる）の 2 次側にある画像信号変換部 5 1 0、画像処理装置 5 7 0 およびトランスの 1 次側にある放電灯点灯装置 1 0 に直流電圧を供給する。

40

【 0 0 4 7 】

放電灯点灯装置 1 0 は、起動時に放電灯 9 0 の電極間に高電圧を発生し、絶縁破壊を生じさせて放電路を形成する。以後、放電灯点灯装置 1 0 は、放電灯 9 0 が放電を維持するための駆動電流 I を供給する。

【 0 0 4 8 】

液晶パネル 5 6 0 R , 5 6 0 G , 5 6 0 B は、前述した液晶ライトバルブ 3 3 0 R , 3

50

30G, 330Bにそれぞれ備えられている。液晶パネル560R, 560G, 560Bは、それぞれ駆動信号572R, 572G, 572Bに基づいて、前述した光学系を介して各液晶パネル560R, 560G, 560Bに入射される色光の透過率(輝度)を変調する。

【0049】

CPU580は、プロジェクター500の点灯開始から消灯に至るまでの各種の動作を制御する。例えば、図3の例では、通信信号582を介して点灯命令や消灯命令を放電灯点灯装置10に出力する。CPU580は、放電灯点灯装置10から通信信号584を介して放電灯90の点灯情報を受け取る。

【0050】

以下、放電灯点灯装置10の構成について説明する。

図4は、放電灯点灯装置10の回路構成の一例を示す図である。

放電灯点灯装置10は、図4に示すように、電力制御回路20と、極性反転回路30と、制御部40と、動作検出部60と、イグナイター回路70と、を備えている。

【0051】

電力制御回路20は、放電灯90に供給する駆動電力を生成する。本実施形態においては、電力制御回路20は、直流電源装置80からの電圧を入力とし、入力電圧を降圧して直流電流 I_d を出力するダウチョッパ回路で構成されている。

【0052】

電力制御回路20は、スイッチ素子21、ダイオード22、コイル23およびコンデンサ24を含んで構成される。スイッチ素子21は、例えば、トランジスタで構成される。本実施形態においては、スイッチ素子21の一端は直流電源装置80の正電圧側に接続され、他端はダイオード22のカソード端子およびコイル23の一端に接続されている。

【0053】

コイル23の他端にコンデンサ24の一端が接続され、コンデンサ24の他端はダイオード22のアノード端子および直流電源装置80の負電圧側に接続されている。スイッチ素子21の制御端子には、後述する制御部40から電流制御信号が入力されてスイッチ素子21のON/OFFが制御される。電流制御信号には、例えば、PWM(Pulse Width Modulation)制御信号が用いられてもよい。

【0054】

スイッチ素子21がONすると、コイル23に電流が流れ、コイル23にエネルギーが蓄えられる。その後、スイッチ素子21がOFFすると、コイル23に蓄えられたエネルギーがコンデンサ24とダイオード22とを通る経路で放出される。その結果、スイッチ素子21がONする時間の割合に応じた直流電流 I_d が発生する。

【0055】

極性反転回路30は、電力制御回路20から入力される直流電流 I_d を所定のタイミングで極性反転させる。これにより、極性反転回路30は、制御された時間だけ継続する直流である駆動電流 I 、もしくは、任意の周波数を持つ交流である駆動電流 I を生成し、出力する。本実施形態において、極性反転回路30は、インバータブリッジ回路(フルブリッジ回路)で構成されている。

【0056】

極性反転回路30は、例えば、トランジスタなどで構成される第1のスイッチ素子31、第2のスイッチ素子32、第3のスイッチ素子33、および第4のスイッチ素子34を含んでいる。極性反転回路30は、直列接続された第1のスイッチ素子31および第2のスイッチ素子32と、直列接続された第3のスイッチ素子33および第4のスイッチ素子34と、が互いに並列接続された構成を有する。第1のスイッチ素子31、第2のスイッチ素子32、第3のスイッチ素子33、および第4のスイッチ素子34の制御端子には、それぞれ制御部40から極性反転制御信号が入力される。この極性反転制御信号に基づいて、第1のスイッチ素子31、第2のスイッチ素子32、第3のスイッチ素子33およ

10

20

30

40

50

び第４のスイッチ素子３４のＯＮ／ＯＦＦ動作が制御される。

【００５７】

極性反転回路３０においては、第１のスイッチ素子３１および第４のスイッチ素子３４と、第２のスイッチ素子３２および第３のスイッチ素子３３と、を交互にＯＮ／ＯＦＦさせる動作が繰り返される。これにより、電力制御回路２０から出力される直流電流Ｉ_dの極性が交互に反転する。極性反転回路３０は、第１のスイッチ素子３１と第２のスイッチ素子３２との共通接続点、および第３のスイッチ素子３３と第４のスイッチ素子３４との共通接続点から、制御された時間だけ同一極性状態を継続する直流である駆動電流Ｉ、もしくは制御された周波数をもつ交流である駆動電流Ｉを生成し、出力する。

【００５８】

すなわち、極性反転回路３０は、第１のスイッチ素子３１および第４のスイッチ素子３４がＯＮのときには第２のスイッチ素子３２および第３のスイッチ素子３３がＯＦＦであり、第１のスイッチ素子３１および第４のスイッチ素子３４がＯＦＦのときには第２のスイッチ素子３２および第３のスイッチ素子３３がＯＮであるように制御される。したがって、第１のスイッチ素子３１および第４のスイッチ素子３４がＯＮのときには、コンデンサ２４の一端から第１のスイッチ素子３１、放電灯９０、第４のスイッチ素子３４の順に流れる駆動電流Ｉが発生する。第２のスイッチ素子３２および第３のスイッチ素子３３がＯＮのときには、コンデンサ２４の一端から第３のスイッチ素子３３、放電灯９０、第２のスイッチ素子３２の順に流れる駆動電流Ｉが発生する。

【００５９】

本実施形態において、電力制御回路２０と極性反転回路３０とを合わせた部分が放電灯駆動部２３０に対応する。すなわち、放電灯駆動部２３０は、放電灯９０を駆動する駆動電流Ｉを放電灯９０に供給する。

【００６０】

制御部４０は、放電灯駆動部２３０を制御する。図４の例では、制御部４０は、電力制御回路２０および極性反転回路３０を制御することにより、駆動電流Ｉが同一極性を継続する保持時間、駆動電流Ｉの電流値（駆動電力の電力値）、周波数等のパラメータを制御する。制御部４０は、極性反転回路３０に対して、駆動電流Ｉの極性反転タイミングにより、駆動電流Ｉが同一極性で継続する保持時間、駆動電流Ｉの周波数等を制御する極性反転制御を行う。制御部４０は、電力制御回路２０に対して、出力される直流電流Ｉ_dの電流値を制御する電流制御を行う。

【００６１】

本実施形態においては、制御部４０は、放電灯９０に交流電流が供給される定常点灯モード（定常点灯駆動）と、駆動電流Ｉの極性が一定に保持される測定モード（測定駆動）と、第１電極９２の先端の突起、および第２電極９３の先端の突起を成長させるリフレッシュモードと、を実行可能である。測定モードは、極性が後述する第１極性となる第１測定モードと、極性が後述する第２極性となる第２測定モードと、を含む。

【００６２】

本実施形態においてリフレッシュモードとしては、特に限定されず、例えば、駆動電流Ｉの周波数を低周波から高周波に向けて変動させる駆動であってもよいし、駆動電力を大きくする駆動であってもよい。

【００６３】

本実施形態において制御部４０は、測定モードが実行される第１測定期間ＰＨ２１ａおよび第２測定期間ＰＨ２１ｂにおいて検出したランプ電圧（電極間電圧）Ｖ_１ａに基づいて、放電灯９０の電極の状態を判断する。詳細については、後述する。

【００６４】

制御部４０の構成は、特に限定されない。本実施形態においては、制御部４０は、システムコントローラ４１、電力制御回路コントローラ４２、および極性反転回路コントローラ４３を含んで構成されている。なお、制御部４０は、その一部または全てを半導体集積回路で構成してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

システムコントローラ 4 1 は、電力制御回路コントローラ 4 2 および極性反転回路コントローラ 4 3 を制御することにより、電力制御回路 2 0 および極性反転回路 3 0 を制御する。システムコントローラ 4 1 は、動作検出部 6 0 が検出したランプ電圧 V_{1a} および駆動電流 I に基づき、電力制御回路コントローラ 4 2 および極性反転回路コントローラ 4 3 を制御してもよい。

【 0 0 6 6 】

本実施形態においては、システムコントローラ 4 1 には、記憶部 4 4 が接続されている。

システムコントローラ 4 1 は、記憶部 4 4 に格納された情報に基づき、電力制御回路 2 0 および極性反転回路 3 0 を制御してもよい。記憶部 4 4 には、例えば、駆動電流 I が同一極性で継続する保持時間、駆動電流 I の電流値、基本周波数、波形、変調パターン等の駆動パラメータに関する情報が格納されていてもよい。基本周波数とは、定常点灯モードにおいて、放電灯 9 0 に供給される駆動電流 I の周波数である。

【 0 0 6 7 】

電力制御回路コントローラ 4 2 は、システムコントローラ 4 1 からの制御信号に基づき、電力制御回路 2 0 へ電流制御信号を出力することにより、電力制御回路 2 0 を制御する。

【 0 0 6 8 】

極性反転回路コントローラ 4 3 は、システムコントローラ 4 1 からの制御信号に基づき、極性反転回路 3 0 へ極性反転制御信号を出力することにより、極性反転回路 3 0 を制御する。

【 0 0 6 9 】

制御部 4 0 は、専用回路を用いて実現され、上述した制御や後述する処理の各種制御を行うようにすることができる。これに対して、制御部 4 0 は、例えば、CPU が記憶部 4 4 に記憶された制御プログラムを実行することによりコンピューターとして機能し、これらの処理の各種制御を行うようにすることもできる。

【 0 0 7 0 】

図 5 は、制御部 4 0 の他の構成例について説明するための図である。図 5 に示すように、制御部 4 0 は、制御プログラムにより、電力制御回路 2 0 を制御する電流制御手段 4 0 - 1、極性反転回路 3 0 を制御する極性反転制御手段 4 0 - 2 として機能するように構成されてもよい。

【 0 0 7 1 】

図 4 に示した例では、制御部 4 0 は、放電灯点灯装置 1 0 の一部として構成されている。これに対して、制御部 4 0 の機能の一部を CPU 5 8 0 が担うように構成されていてもよい。

【 0 0 7 2 】

動作検出部 6 0 は、本実施形態においては、放電灯 9 0 のランプ電圧 V_{1a} を検出して制御部 4 0 にランプ電圧情報を出力する電圧検出部を含む。また、動作検出部 6 0 は、駆動電流 I を検出して制御部 4 0 に駆動電流情報を出力する電流検出部などを含んでいてもよい。本実施形態においては、動作検出部 6 0 は、第 1 の抵抗 6 1、第 2 の抵抗 6 2 および第 3 の抵抗 6 3 を含んで構成されている。

【 0 0 7 3 】

本実施形態において、動作検出部 6 0 の電圧検出部は、放電灯 9 0 と並列に、互いに直列接続された第 1 の抵抗 6 1 および第 2 の抵抗 6 2 で分圧した電圧によりランプ電圧 V_{1a} を検出する。また、本実施形態において、電流検出部は、放電灯 9 0 に直列に接続された第 3 の抵抗 6 3 に発生する電圧により駆動電流 I を検出する。

【 0 0 7 4 】

イグナイター回路 7 0 は、放電灯 9 0 の点灯開始時にのみ動作する。イグナイター回路 7 0 は、放電灯 9 0 の点灯開始時に放電灯 9 0 の電極間（第 1 電極 9 2 と第 2 電極 9 3 と

10

20

30

40

50

の間)を絶縁破壊して放電路を形成するために必要な高電圧(放電灯90の通常点灯時よりも高い電圧)を、放電灯90の電極間(第1電極92と第2電極93との間)に供給する。本実施形態においては、イグナイター回路70は、放電灯90と並列に接続されている。

【0075】

図6(A),(B)には、第1電極92および第2電極93の先端部分が示されている。第1電極92および第2電極93の先端にはそれぞれ突起531p,541pが形成されている。第1電極92と第2電極93の間で生じる放電は、主として突起531pと突起541pとの間で生じる。本実施形態のように突起531p,541pがある場合には、突起が無い場合と比べて、第1電極92および第2電極93における放電位置(アーク位置)の移動を抑えることができる。

10

【0076】

図6(A)は、第1電極92が陽極として動作し、第2電極93が陰極として動作する第1極性状態を示している。第1極性状態では、放電により、第2電極93(陰極)から第1電極92(陽極)へ電子が移動する。陰極(第2電極93)からは電子が放出される。陰極(第2電極93)から放出された電子は陽極(第1電極92)の先端に衝突する。この衝突によって熱が生じ、陽極(第1電極92)の先端(突起531p)の温度が上昇する。

【0077】

また、このとき、衝突する電子によって陽極(第1電極92)の先端(突起531p)が削れて、第1電極92と第2電極93との電極間距離Lが大きくなる。電極間距離Lは、第1電極92の突起531pと第2電極93の突起541pとの間の距離である。

20

【0078】

図6(B)は、第1電極92が陰極として動作し、第2電極93が陽極として動作する第2極性状態を示している。第2極性状態では、第1極性状態とは逆に、第1電極92から第2電極93へ電子が移動する。その結果、第2電極93の先端(突起541p)の温度が上昇する。また、第2電極93の突起541pが削れて、電極間距離Lが大きくなる。

【0079】

このように、放電灯90に駆動電流Iが供給されることで、電子が衝突する陽極の温度は上昇する。一方、電子を放出する陰極は、陽極に向けて電子を放出している間、温度は低下する。

30

【0080】

また、放電灯90に駆動電流Iが供給されることで、陽極となる側の電極先端の突起が削れて、電極間距離Lが大きくなる。電極間距離Lが大きくなると、第1電極92と第2電極93との間の抵抗が大きくなるため、ランプ電圧V_{la}が大きくなる。したがって、ランプ電圧V_{la}を参照することによって、電極間距離Lの変化を検出することができる。

【0081】

なお、第1電極92と第2電極93とは、同様の構成であるため、以下の説明においては、代表して第1電極92についてのみ説明する場合がある。また、第1電極92の先端の突起531pと第2電極93の先端の突起541pとは、同様の構成であるため、以下の説明においては、代表して突起531pについてのみ説明する場合がある。

40

【0082】

次に、本実施形態において放電灯90に供給される駆動電流Iの駆動電流波形について説明する。

図7は、本実施形態の駆動電流波形の一例を示す図である。図7において横軸は時間Tを示し、縦軸は駆動電流Iの電流値を示している。正值は第1極性状態を示し、負値は第2極性状態を示す。なお、図7の例では、第1測定期間PH21aの後および第2測定期間PH21bの後に、リフレッシュモードが実行されない場合の波形について示している

50

。

【 0 0 8 3 】

本実施形態の駆動電流波形は、図 7 に示すように、定常点灯期間 $P H 1$ と、第 1 測定期間（測定期間） $P H 2 1 a$ と、第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ と、を有する。

なお、第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ と第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ とは、極性が異なることを除いて、同様の構成であるため、以下の説明においては、代表して第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ についてのみ説明する場合がある。

【 0 0 8 4 】

定常点灯期間 $P H 1$ は、定常点灯モードが実行される期間である。すなわち、定常点灯期間 $P H 1$ においては、放電灯 90 に駆動電流 I として、交流電流が供給される。例えば、図 7 の例では、定常点灯期間 $P H 1$ においては、放電灯 90 に矩形波交流電流が供給される。図 7 の例では、定常点灯期間 $P H 1$ における第 1 極性状態の駆動電流 I の値は、 I_{m1} であり、定常点灯期間 $P H 1$ における第 2 極性状態の駆動電流 I の値は、 $-I_{m1}$ である。

【 0 0 8 5 】

第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ は、第 1 測定モードが実行される期間である。すなわち、第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ においては、駆動電流 I の極性が第 1 極性状態に一定に保持される。本実施形態において第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ における駆動電流 I の値は、定常点灯期間 $P H 1$ における第 1 極性状態の駆動電流 I の値と同じ I_{m1} である。

【 0 0 8 6 】

第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ の長さ t_{21a} は、定常点灯モードが実行される定常点灯期間 $P H 1$ における交流電流の半周期の長さよりも大きい。言い換えると、第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ の長さ t_{21a} は、極性状態が交互に切り替わる定常点灯期間 $P H 1$ において、極性状態が切り替わってから次の極性状態に切り替わるまでの長さよりも大きい。

【 0 0 8 7 】

第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ は、第 2 測定モードが実行される期間である。第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ においては、駆動電流 I の極性が第 2 極性状態に一定に保持される。本実施形態において第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ における駆動電流 I の値は、定常点灯期間 $P H 1$ における第 2 極性状態の駆動電流 I の値と同じ $-I_{m1}$ である。第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ の長さ t_{21b} は、第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ と同様に、定常点灯モードが実行される定常点灯期間 $P H 1$ における交流電流の半周期の長さよりも大きい。

【 0 0 8 8 】

本実施形態において第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ は、第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ が終了してから所定時間後に設けられる。すなわち、第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ は、第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ と時間的に離間して設けられている。例えば、図 7 に示す例では、第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ が終了した時点（終了時刻 T_{e1} ）から第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ が開始される時点（開始時刻 T_{s2} ）までの間は、定常点灯期間 $P H 1$ である。第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ と第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ との間の長さ t_1 は、第 1 電極 92 の成長度合い等に応じて、適宜設定できる。

【 0 0 8 9 】

図示は省略するが、本実施形態の駆動電流波形においては、第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ が終了してから所定時間後には、再び第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ が設けられる。すなわち、本実施形態の駆動電流波形においては、第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ と第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ とが、互いに時間的に離間して交互に設けられている。

【 0 0 9 0 】

第 1 測定期間 $P H 2 1 a$ の長さ t_{21a} および第 2 測定期間 $P H 2 1 b$ の長さ t_{21b} は、例えば、 20ms （ミリ秒）以上、 100ms （ミリ秒）以下程度に設定される。このように設定することで、第 1 電極 92 および第 2 電極 93 の突起 531p, 541p が欠落することを抑制しつつ、突起 531p, 541p の太さを検出しやすい。

【 0 0 9 1 】

次に、本実施形態の制御部 40 による放電灯駆動部 230 の制御について説明する。

図 8 は、本実施形態の制御部 40 による放電灯駆動部 230 の制御の手順を示すフローチャートである。

【0092】

図 8 に示すように、プロジェクター 500 の電源が ON にされると、制御部 40 は、放電灯点灯動作を開始する（ステップ S10）。

次に、制御部 40 は、放電灯 90 が点灯したかどうかを判断する（ステップ S11）。放電灯 90 が点灯していない場合（ステップ S11：NO）には、制御部 40 は、放電灯点灯動作を続ける。

【0093】

放電灯 90 が点灯する（ステップ S11：YES）と、制御部 40 は、記憶部 44 に前回の基本周波数の値が記憶されているか判断する（ステップ S12）。記憶部 44 に前回の基本周波数の値が記憶されている場合（ステップ S12：YES）、定常点灯モードにおける駆動電流 I の基本周波数を記憶されている前回の基本周波数の値に設定する（ステップ S13）。記憶部 44 に基本周波数の値が記憶されていない場合（ステップ S12：NO）、基本周波数を初期値に設定する（ステップ S14）。その後、制御部 40 は、定常点灯モードを開始する（S15）。

【0094】

定常点灯モードを開始した後、制御部 40 は、定常点灯モードが実行されてから所定時間が経過したかどうかを判断する（ステップ S16）。制御部 40 は、所定時間が経過するまで定常点灯モードを実行する（ステップ S16：NO）。所定時間が経過すると（ステップ S16：YES）、制御部 40 は、測定モードを実行する（ステップ S17）。ここでは、一例として、第 1 測定モードが実行された場合について説明する。

【0095】

制御部 40 は、図 7 に示す第 1 測定期間 PH21a において、ランプ電圧 V1a の変化量を測定する（ステップ S18）。具体的には、制御部 40 は、第 1 測定期間 PH21a において少なくとも 2 回（複数回）、ランプ電圧 V1a を測定するように動作検出部 60 の電圧検出部を制御する。本実施形態においては、例えば、動作検出部 60 の電圧検出部は、第 1 測定期間 PH21a の開始時刻 Ts1 と第 1 測定期間 PH21a の終了時刻 Te1 とにおいて、それぞれランプ電圧 V1a を測定し、ランプ電圧 V1a の変化量を算出する。

【0096】

ここで、第 1 測定期間 PH21a におけるランプ電圧 V1a の変化について説明する。

図 9 は、第 1 測定期間 PH21a におけるランプ電圧 V1a の変化を示すグラフである。図 9 において縦軸は、ランプ電圧 V1a を示しており、横軸は、時間 T を示している。図 9 においては、第 1 電極 92 および第 2 電極 93 の突起が、図 6（A）、（B）に示す、突起 531p、541p である場合と、突起 532p、542p である場合と、突起 533p、543p である場合とのそれぞれのランプ電圧 V1a の変化を示している。

【0097】

図 6（A）、（B）に示すように、第 1 電極 92 の突起 532p は、突起 531p よりも細い突起である。第 1 電極 92 の突起 533p は、突起 531p よりも太い突起である。第 2 電極 93 の突起 541p の太さは、第 1 電極 92 の突起 531p の太さと同じである。第 2 電極 93 の突起 542p の太さは、第 1 電極 92 の突起 532p の太さと同じである。第 2 電極 93 の突起 543p の太さは、第 1 電極 92 の突起 533p の太さと同じである。

【0098】

第 1 電極 92 の各突起 531p、532p、533p における第 2 電極 93 側の端部の位置は、それぞれ同じである。第 2 電極 93 の各突起 541p、542p、543p における第 1 電極 92 側の端部の位置は、それぞれ同じである。すなわち、いずれの突起の場合においても電極間距離 L は同じである。言い換えると、いずれの突起の場合においても

10

20

30

40

50

、図 6 (A) , (B) に示す状態においては、ランプ電圧 V_{1a} の値は同じである。

【 0 0 9 9 】

図 9 において、突起 5 3 1 p , 5 4 1 p の場合におけるランプ電圧 V_{1a} の変化は、実線で示されている。突起 5 3 2 p , 5 4 2 p の場合におけるランプ電圧 V_{1a} の変化は、破線で示されている。突起 5 3 3 p , 5 4 3 p の場合におけるランプ電圧 V_{1a} の変化は、一点鎖線で示されている。第 1 測定期間 $PH21a$ になった時点 (開始時刻 T_{s1}) におけるランプ電圧 V_{1a} の値は、それぞれ V_{1a0} である。

【 0 1 0 0 】

図 9 に示すように、第 1 測定期間 $PH21a$ におけるランプ電圧 V_{1a} は、例えば、時間 T に比例して大きくなる。突起 5 3 1 p , 5 4 1 p の場合においては、ランプ電圧 V_{1a} は、 V_{1a0} から V_{1a2} まで変化する。突起 5 3 2 p , 5 4 2 p の場合においては、ランプ電圧 V_{1a} は、 V_{1a0} から、 V_{1a2} より大きい V_{1a3} まで変化する。突起 5 3 3 p , 5 4 3 p の場合においては、ランプ電圧 V_{1a} は、 V_{1a0} から、 V_{1a2} より小さい V_{1a1} まで変化する。

【 0 1 0 1 】

すなわち、突起 5 3 1 p , 5 4 1 p の場合におけるランプ電圧 V_{1a} の変化量 V_{1a2} は、突起 5 3 2 p , 5 4 2 p の場合におけるランプ電圧 V_{1a} の変化量 V_{1a3} よりも小さい。突起 5 3 1 p , 5 4 1 p の場合におけるランプ電圧 V_{1a} の変化量 V_{1a2} は、突起 5 3 3 p , 5 4 3 p の場合におけるランプ電圧 V_{1a} の変化量 V_{1a1} よりも大きい。

【 0 1 0 2 】

上述したように、放電灯 9 0 に駆動電流 I が供給されると、陽極となる側の電極の突起に電子が衝突し、ランプ電圧 V_{1a} は上昇する。このとき、突起の太さが太いほど、突起が削れても電極間距離 L が大きくなりやすく、ランプ電圧 V_{1a} が上昇しにくい。したがって、電極の突起が太いほど、第 1 測定期間 $PH21a$ におけるランプ電圧 V_{1a} の変化量は小さい。第 1 測定期間 $PH21a$ においては、第 1 電極 9 2 が陽極であるため、第 1 電極 9 2 の突起の太さに応じて、ランプ電圧 V_{1a} の変化量が決まる。これにより、上述したように、突起の太さに応じて、第 1 測定期間 $PH21a$ におけるランプ電圧 V_{1a} の変化量が異なる。

なお、第 2 測定期間 $PH21b$ においてもランプ電圧 V_{1a} は、第 1 測定期間 $PH21a$ と同様に変化する。

【 0 1 0 3 】

図 8 に戻り、制御部 4 0 は、第 1 測定期間 $PH21a$ におけるランプ電圧 V_{1a} の変化量が所定値以上かどうかを判断する (ステップ $S19$) 。制御部 4 0 は、ランプ電圧 V_{1a} の変化量が、所定値以上である場合 (ステップ $S19$: YES) には、リフレッシュモードを実行する (ステップ $S20$) 。そして、制御部 4 0 は、リフレッシュモードを実行した後、再び定常点灯モードを開始する (ステップ $S15$) 。

【 0 1 0 4 】

ランプ電圧 V_{1a} の変化量を判断する所定値としては、一例として、図 9 に示した変化量 V_{1a1} とできる。この場合においては、第 1 電極 9 2 の突起の太さが、図 6 (A) , (B) に示す突起 5 3 2 p の太さ以下である場合に、リフレッシュモードが実行される。

【 0 1 0 5 】

制御部 4 0 は、ランプ電圧 V_{1a} の変化量が所定値より小さい場合 (ステップ $S19$: NO) 、すなわち、一例としては、第 1 電極 9 2 の突起の太さが、図 6 (A) , (B) に示す突起 5 3 2 p の太さより大きい場合には、リフレッシュモードを実行しない。この場合、制御部 4 0 は、第 1 測定期間 $PH21a$ で測定したランプ電圧 V_{1a} の値に応じて、定常点灯モードにおける駆動電流 I の基本周波数を設定する (ステップ $S21$) 。そして、制御部 4 0 は、設定した基本周波数の値を記憶部 4 4 に記憶させ (ステップ $S21$) 、再び定常点灯モードを開始する (ステップ $S15$) 。

【 0 1 0 6 】

本実施形態においては、第 1 測定期間 P H 2 1 a と第 2 測定期間 P H 2 1 b とが交互に設けられているため、再び定常点灯モードが開始された後、所定時間が経過したときに、制御部 4 0 は、第 2 測定モードを実行する。

【 0 1 0 7 】

そして、例えば、電圧検出部は、第 2 測定期間 P H 2 1 b の開始時刻 T s 2 と第 2 測定期間 P H 2 1 b の終了時刻 T e 2 とにおいて、ランプ電圧 V 1 a を検出し、ランプ電圧 V 1 a の変化量を算出する。このとき、第 2 測定期間 P H 2 1 b においては、第 2 電極 9 3 が陽極となるため、ランプ電圧 V 1 a の変化量は、第 2 電極 9 3 の突起の太さに応じて決まる。制御部 4 0 は、上述したのと同様にして、ランプ電圧 V 1 a の変化量が所定値以上であるかどうかを判断し、リフレッシュモードの実行の有無を決定する。

10

以上のようにして、制御部 4 0 は、放電灯駆動部 2 3 0 を制御する。

【 0 1 0 8 】

なお、上述した制御部 4 0 による放電灯駆動部 2 3 0 の制御は、放電灯駆動方法として表現することもできる。すなわち、本実施形態の放電灯駆動方法は、第 1 電極 9 2 および第 2 電極 9 3 を有する放電灯 9 0 に駆動電流 I を供給して、放電灯 9 0 を駆動させる放電灯駆動方法であって、駆動電流 I の極性が一定に保持される測定モードを含み、測定モードが実行される測定期間、すなわち、第 1 測定期間 P H 2 1 a および第 2 測定期間 P H 2 1 b においてそれぞれ複数回、ランプ電圧 V 1 a を測定し、測定された複数のランプ電圧 V 1 a に基づいて、放電灯 9 0 の第 1 電極 9 2 および第 2 電極 9 3 の状態を判断することを特徴とする。

20

【 0 1 0 9 】

本実施形態によれば、駆動電流 I の極性が一定に保持される第 1 測定期間 P H 2 1 a および第 2 測定期間 P H 2 1 b が設けられ、制御部 4 0 は、第 1 測定期間 P H 2 1 a および第 2 測定期間 P H 2 1 b において、それぞれ少なくとも 2 回、ランプ電圧 V 1 a を測定する。制御部 4 0 は、測定したランプ電圧 V 1 a に基づいて、第 1 電極 9 2 の状態および第 2 電極 9 3 の状態を判断する。

【 0 1 1 0 】

具体的には、制御部 4 0 は、測定したランプ電圧 V 1 a から、第 1 電極 9 2 と第 2 電極 9 3 との電極間距離 L を求めることができる。また、制御部 4 0 は、少なくとも 2 回測定したランプ電圧 V 1 a に基づいてランプ電圧 V 1 a の変化量を算出することで、第 1 電極 9 2 の突起の太さおよび第 2 電極 9 3 の突起の太さを求めることができる。すなわち、制御部 4 0 は、ランプ電圧 V 1 a の変化量が大きければ、第 1 電極 9 2 の突起の太さおよび第 2 電極 9 3 の突起の太さが細いと判断し、ランプ電圧 V 1 a の変化量が小さければ、第 1 電極 9 2 の突起の太さおよび第 2 電極 9 3 の突起の太さが太いと判断する。

30

【 0 1 1 1 】

以上のようにして、制御部 4 0 は、第 1 電極 9 2 の状態および第 2 電極 9 3 の状態として、電極間距離 L のみではなく、第 1 電極 9 2 の突起の太さおよび第 2 電極 9 3 の突起の太さを求めることができる。そのため、制御部 4 0 は、第 1 電極 9 2 の状態および第 2 電極 9 3 の状態をより正確に把握することが可能である。したがって、判断した第 1 電極 9 2 の状態および第 2 電極 9 3 の状態に応じて、放電灯駆動部 2 3 0 を制御することで、放電灯 9 0 の寿命を向上できる。

40

【 0 1 1 2 】

また、本実施形態によれば、第 1 測定期間 P H 2 1 a の長さ t 2 1 a は、定常点灯期間 P H 1 における交流電流の半周期の長さよりも大きい。そのため、第 1 電極 9 2 の突起の太さに応じた第 1 測定期間 P H 2 1 a におけるランプ電圧 V 1 a の変化量の差を大きくできる。したがって、本実施形態によれば、ランプ電圧 V 1 a の変化量に基づいて、第 1 電極 9 2 の太さをより正確に把握しやすい。

【 0 1 1 3 】

また、本実施形態によれば、第 1 測定期間 P H 2 1 a と第 2 測定期間 P H 2 1 b とが設

50

けられているため、第 1 電極 9 2 の突起の太さと第 2 電極 9 3 の突起の太さとの両方を把握することができる。

【 0 1 1 4 】

また、本実施形態によれば、第 2 測定期間 P H 2 1 b は、第 1 測定期間 P H 2 1 a と時間的に離間して設けられている。そのため、第 1 測定期間 P H 2 1 a が終了した後、第 1 測定期間 P H 2 1 a において溶融した第 1 電極 9 2 がある程度成長し、形状が整えられた後に、第 2 測定期間 P H 2 1 b が設けられる。これにより、第 1 電極 9 2 の形状および第 2 電極 9 3 の形状が安定し、アーク放電が安定した状態で、第 2 測定期間 P H 2 1 b が設けられる。したがって、本実施形態によれば、第 2 測定期間 P H 2 1 b においてより正確に第 2 電極 9 3 の太さを把握できる。

10

【 0 1 1 5 】

また、本実施形態によれば、制御部 4 0 は、ランプ電圧 V 1 a の変化量を算出し、その変化量が所定値以上の場合、電極の突起を成長させる駆動、すなわち、リフレッシュモードを実行する。すなわち、制御部 4 0 は、第 1 電極 9 2 の突起の太さがある程度細くなっていると判断した場合に、リフレッシュモードを実行する。これにより、本実施形態によれば、適切にリフレッシュモードを実行することができ、放電灯 9 0 の寿命を向上させることができる。

【 0 1 1 6 】

なお、本実施形態においては、以下の構成および方法を採用することもできる。

【 0 1 1 7 】

上記説明においては、第 1 測定期間 P H 2 1 a の開始時刻 T s 1 と終了時刻 T e 1 とにおいてランプ電圧 V 1 a を検出する構成としたが、これに限られない。本実施形態においては、第 1 測定期間 P H 2 1 a において少なくとも 2 回、ランプ電圧 V 1 a を測定する範囲において、いずれの位置でランプ電圧 V 1 a を検出してもよい。

20

【 0 1 1 8 】

また、本実施形態においては、制御部 4 0 は、第 1 測定期間 P H 2 1 a において 3 回以上ランプ電圧 V 1 a を検出し、その検出されたランプ電圧 V 1 a に基づいて第 1 電極 9 2 の状態を判断してもよい。この構成によれば、より正確に第 1 電極 9 2 の状態を把握しやすい。

【 0 1 1 9 】

また、本実施形態においては、定常点灯期間 P H 1 における第 1 極性状態となる期間のデューティ比を大きくすることで、第 1 測定期間 P H 2 1 a を設けてもよい。この場合、例えば、デューティ比が変更された交流電流が放電灯 9 0 に供給される交流期間が、定常点灯期間 P H 1 の後に時間的に連続して 1 周期分設けられる。デューティ比が変更された交流期間のうち、第 1 極性状態となる期間が第 1 測定期間 P H 2 1 a に相当する。この構成によれば、定常点灯期間 P H 1 における駆動電流 I のデューティ比を変更することによって第 1 測定期間 P H 2 1 a を設けることができるため、制御部 4 0 による放電灯駆動部 2 3 0 の制御が簡便である。第 2 測定期間 P H 2 1 b についても同様に設けることができる。

30

【 0 1 2 0 】

なお、上記のデューティ比を変更した場合において、第 1 測定期間 P H 2 1 a の長さ、第 1 測定期間 P H 2 1 a に時間的に連続して設けられ第 1 測定期間 P H 2 1 a の極性と反対の極性となる期間、すなわち、デューティ比が変更された交流電流の第 2 極性状態となる期間の長さ、の合計の長さは、定常点灯期間 P H 1 における交流電流の 1 周期の長さと概ね同じである。

40

【 0 1 2 1 】

また、上記説明においては、第 1 測定期間 P H 2 1 a の直後にリフレッシュモードが実行される構成としたが、これに限られない。本実施形態においては、例えば、リフレッシュモードが、放電灯 9 0 の点灯を開始してから定常点灯モードへと移行するまでの立上期間において実行される構成であってもよい。この場合において制御部 4 0 は、第 1 測定期

50

間 PH 2 1 a におけるランプ電圧 V_{1a} の変化量が所定値以上と判断した場合、リフレッシュモードを実行する実行フラグを ON にする。そして、制御部 40 は、放電灯 90 が一度消灯されて再び点灯される際の立上期間において、実行フラグに基づいて、リフレッシュモードを実行する。

【0122】

また、本実施形態においては、制御部 40 がリフレッシュモードの実行の有無を判断する所定値は、第 1 測定期間 PH 2 1 a において測定されたランプ電圧 V_{1a} の値に基づいて設定されてもよい。一例として、ランプ電圧 V_{1a} の値が大きいほど、所定値を小さくしてもよい。この構成によれば、劣化の進行度合いが大きい状態、すなわち、ランプ電圧 V_{1a} が大きい状態ほど、リフレッシュモードが実行されやすく、放電灯 90 の寿命をより向上できる。

10

【0123】

また、本実施形態においては、第 1 測定期間 PH 2 1 a と第 2 測定期間 PH 2 1 b とのうちいずれか一方は、設けられていなくてもよい。

【0124】

また、本実施形態においては、第 1 測定期間 PH 2 1 a の長さおよび第 2 測定期間 PH 2 1 b の長さは、定常点灯モードが実行される定常点灯期間 PH 1 において放電灯 90 に供給される駆動電力の値に応じて設定されてもよい。

【0125】

また、本実施形態においては、第 1 測定期間 PH 2 1 a および第 2 測定期間 PH 2 1 b においてランプ電圧 V_{1a} の変化量を判断する所定値は、定常点灯モードが実行される定常点灯期間 PH 1 において放電灯 90 に供給される駆動電力の値に応じて設定されてもよい。

20

【0126】

< 第 2 実施形態 >

第 2 実施形態は、第 1 実施形態に対して、第 1 測定期間 PH 2 1 a と第 2 測定期間 PH 2 1 b とが、時間的に連続して設けられている点において異なる。

なお、上記実施形態と同様の構成については、適宜同一の符号を付す等により、説明を省略する場合がある。

【0127】

図 10 は、本実施形態の駆動電流波形の一例を示す図である。図 10 において横軸は時間 T を示し、縦軸は駆動電流 I の電流値を示している。正值は第 1 極性状態を示し、負値は第 2 極性状態を示す。なお、図 10 の例では、第 2 測定期間 PH 2 2 b の後に、リフレッシュモードが実行されない場合の波形について示している。

30

【0128】

本実施形態の駆動電流波形は、図 10 に示すように、定常点灯期間 PH 1 と、第 1 測定期間（測定期間）PH 2 2 a と、第 2 測定期間 PH 2 2 b と、を有する。

図 10 に示す例では、第 1 測定期間 PH 2 2 a における駆動電流 I の値は、 I_{m1} より小さい I_{m2} である。すなわち、第 1 測定期間 PH 2 2 a において放電灯 90 に供給される駆動電流 I の絶対値は、定常点灯期間 PH 1 において放電灯 90 に供給される駆動電流の絶対値よりも小さい。

40

【0129】

第 2 測定期間 PH 2 2 b は、第 1 測定期間 PH 2 2 a の後に時間的に連続して設けられている。図 10 に示す例では、第 2 測定期間 PH 2 2 b における駆動電流 I の値は、 $-I_{m2}$ である。すなわち、第 1 測定期間 PH 2 2 a において放電灯 90 に供給される駆動電流 I の絶対値は、定常点灯期間 PH 1 において放電灯 90 に供給される駆動電流の絶対値よりも小さい。

【0130】

本実施形態において第 1 測定期間 PH 2 2 a の長さ t_{22a} と第 2 測定期間 PH 2 2 b の長さ t_{22b} とは、概ね同じである。すなわち、第 1 測定期間 PH 2 2 a と第 2 測定期

50

間 PH 2 2 b とを合わせた期間においては、1 周期の長さが長さ t 2 2 a と長さ t 2 2 b とを合わせた長さ t 2 2 となる矩形波交流電流が、放電灯 9 0 に供給されていることと等価である。

【0 1 3 1】

第 1 実施形態と同様にして、第 1 測定期間 PH 2 2 a の長さ t 2 2 a は、定常点灯モードが実行される定常点灯期間 PH 1 における交流電流の半周期の長さよりも大きい。第 2 測定期間 PH 2 2 b の長さ t 2 2 b は、定常点灯モードが実行される定常点灯期間 PH 1 における交流電流の半周期の長さよりも大きい。

【0 1 3 2】

第 1 測定期間 PH 2 2 a の上記以外の構成は、第 1 実施形態の第 1 測定期間 PH 2 1 a の構成と同様である。第 2 測定期間 PH 2 2 b の上記以外の構成は、第 1 実施形態の第 1 測定期間 PH 2 1 a の構成と同様である。

【0 1 3 3】

次に、本実施形態の制御部 4 0 による放電灯駆動部 2 3 0 の制御について説明する。

図 1 1 は、本実施形態の制御部 4 0 による放電灯駆動部 2 3 0 の制御の手順を示すフローチャートである。放電灯 9 0 を点灯させるまでの手順は、第 1 実施形態と同様であるため、図 1 1 においては省略している。

【0 1 3 4】

図 1 1 に示すように、制御部 4 0 は、定常点灯モードを開始して（ステップ S 2 5 ）から、所定時間が経過したとき（ステップ S 2 6 ）、第 1 測定モードを開始する（ステップ S 2 7 ）。そして、制御部 4 0 は、第 1 測定モードが実行される第 1 測定期間 PH 2 2 a において、ランプ電圧 V 1 a の第 1 変化量を測定する（ステップ S 2 8 ）。本実施形態においては、例えば、動作検出部 6 0 の電圧検出部が、第 1 測定期間 PH 2 2 a の開始時刻 T s 3 と、第 1 測定期間 PH 2 2 a の終了時刻である時刻 T m 3 と、においてランプ電圧 V 1 a を検出することで、第 1 測定期間 PH 2 2 a におけるランプ電圧 V 1 a の第 1 変化量が測定される。

【0 1 3 5】

その後、制御部 4 0 は、第 1 測定モードと連続して、第 2 測定モードを開始する（ステップ S 2 9 ）。そして、第 2 測定モードが実行される第 2 測定期間 PH 2 2 b において、ランプ電圧 V 1 a の第 2 変化量を測定する（ステップ S 3 0 ）。本実施形態においては、例えば、動作検出部 6 0 の電圧検出部が、第 2 測定期間 PH 2 2 b の開始時刻である時刻 T m 3 と、第 2 測定期間 PH 2 2 b の終了時刻 T e 3 と、においてランプ電圧 V 1 a を検出することで、第 2 測定期間 PH 2 2 b におけるランプ電圧 V 1 a の第 2 変化量が測定される。

【0 1 3 6】

次に、制御部 4 0 は、第 1 変化量と第 2 変化量とのうちの少なくとも一方が、所定値以上であるかどうかを判断する（ステップ S 3 1 ）。制御部 4 0 は、ランプ電圧 V 1 a の第 1 変化量および第 2 変化量のうちの少なくとも一方が、所定値以上である場合（ステップ S 3 1 : Y E S ）には、リフレッシュモードを実行する（ステップ S 3 2 ）。

【0 1 3 7】

一方、制御部 4 0 は、ランプ電圧 V 1 a の第 1 変化量および第 2 変化量の両方が、所定値より小さい場合（ステップ S 3 1 : N O ）には、第 1 測定期間 PH 2 2 a および第 2 測定期間 PH 2 2 b で測定したランプ電圧 V 1 a の値に応じて、定常点灯モードにおける駆動電流 I の基本周波数を設定する（ステップ S 3 3 ）。そして、制御部 4 0 は、設定した基本周波数の値を記憶部 4 4 に記憶させ（ステップ S 3 3 ）、再び定常点灯モードを開始する（ステップ S 2 5 ）。

以上のようにして、制御部 4 0 は、放電灯駆動部 2 3 0 を制御する。

【0 1 3 8】

本実施形態のように第 1 測定期間 PH 2 2 a および第 2 測定期間 PH 2 2 b において、定常点灯期間 PH 1 に対して、駆動電流 I の絶対値が変動する場合には、第 1 測定期間 P

10

20

30

40

50

H 2 2 a および第 2 測定期間 P H 2 2 b は、プロジェクター 5 0 0 から射出される映像に影響を与えにくい期間に設けられることが好ましい。これは、定常点灯期間 P H 1 から第 1 測定期間 P H 2 2 a に切り替わった際に、放電灯 9 0 から射出される光の強度が変化するためである。

【 0 1 3 9 】

プロジェクター 5 0 0 から射出される映像に影響を与えにくい期間とは、例えば、使用者が映像の輝度変化を認識しづらい期間、および映像の輝度変化に対する使用者の関心が比較的低い期間等を含む。

【 0 1 4 0 】

一例としては、第 1 測定期間 P H 2 2 a および第 2 測定期間 P H 2 2 b は、使用者がプロジェクター 5 0 0 のメニュー画面を開く、または電源を O F F にする等の操作を行った際に設けられることが好ましい。このような場合においては、表示される映像の輝度変化に対する使用者の関心は、比較的低くなりやすいためである。使用者が電源を O F F にする操作を行う場合は、使用者の映像の輝度変化に対する関心が特に低くなりやすい。また、使用者がメニュー画面を開く操作を行うような場合には、メニュー画面の表示に合わせて第 1 測定期間 P H 2 2 a および第 2 測定期間 P H 2 2 b を設けることで、使用者に輝度の変化を認識させづらくできる。

【 0 1 4 1 】

上記のような場合、使用者の操作を受け付ける入力受付部が、使用者のメニュー画面を開く操作、および電源を O F F にする操作を受け付けた際に、制御部 4 0 は、測定モード

【 0 1 4 2 】

また、他の一例として、放電灯 9 0 が点灯して定常点灯期間 P H 1 となった直後に、第 1 測定期間 P H 2 2 a および第 2 測定期間 P H 2 2 b を設けてもよい。放電灯 9 0 の点灯直後においては、例えば、画面調整等によって使用者の映像に対する関心が低くなりやすいためである。

【 0 1 4 3 】

また、放電灯 9 0 から射出される光が投射光学系 3 5 0 から投射されない期間が設けられる場合には、その期間において測定モードが実行されることが好ましい。これは、放電灯 9 0 から射出される光の輝度変化が、プロジェクター 5 0 0 から射出される映像に影響

【 0 1 4 4 】

本実施形態によれば、第 1 測定期間 P H 2 2 a における駆動電流 I の絶対値が、定常点灯期間 P H 1 における駆動電流 I の絶対値よりも小さい。そのため、第 1 測定期間 P H 2 2 a の長さ t 2 2 a が大きい場合であっても、第 1 電極 9 2 の突起が過度に溶融して損耗すること、および放電灯 9 0 が過度に加熱されることによって損傷すること等を抑制できる。

【 0 1 4 5 】

また、本実施形態によれば、第 1 測定期間 P H 2 2 a と第 2 測定期間 P H 2 2 b とが時間的に連続して設けられているため、一度に第 1 電極 9 2 の状態と第 2 電極 9 3 の状態と

【 0 1 4 6 】

また、本実施形態によれば、第 1 測定期間 P H 2 2 a の長さ t 2 2 a と第 2 測定期間 P H 2 2 b の長さ t 2 2 b とは、概ね同じである。そのため、1 周期の長さが t 2 2 となる交流電流を 1 周期分だけ放電灯 9 0 に供給することによって、第 1 測定モードと第 2 測定モードとを実行できる。したがって、本実施形態によれば、制御部 4 0 による放電灯駆動部 2 3 0 の制御が簡便である。

【 0 1 4 7 】

なお、本実施形態においては、第 1 測定期間 P H 2 2 a の長さ t 2 2 a と第 2 測定期間 P H 2 2 b の長さ t 2 2 b とは、異なってもよい。

【 0 1 4 8 】

なお、上記の実施形態において、透過型のプロジェクターに本発明を適用した場合の例について説明したが、本発明は、反射型のプロジェクターにも適用することも可能である。ここで、「透過型」とは、液晶パネル等を含む液晶ライトバルブが光を透過するタイプであることを意味する。「反射型」とは、液晶ライトバルブが光を反射するタイプであることを意味する。なお、光変調装置は、液晶パネル等に限られず、例えばマイクロミラーを用いた光変調装置であってもよい。

【 0 1 4 9 】

また、上記の実施形態において、3つの液晶パネル560R, 560G, 560B(液晶ライトバルブ330R, 330G, 330B)を用いたプロジェクター500の例を挙げたが、本発明は、1つの液晶パネルのみを用いたプロジェクター、4つ以上の液晶パネルを用いたプロジェクターにも適用可能である。

【 0 1 5 0 】

また、上記説明した各構成は、相互に矛盾しない範囲内において、適宜組み合わせることができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 5 1 】

10...放電灯点灯装置(放電灯駆動装置)、40...制御部、90...放電灯、92...第1電極(電極)、93...第2電極(電極)、200...光源装置、230...放電灯駆動部、330R, 330G, 330B...液晶ライトバルブ(光変調素子)、350...投射光学系、500...プロジェクター、I...駆動電流、PH1...定常点灯期間、PH21a, PH22a...第1測定期間(測定期間)、PH21b, PH22b...第2測定期間、V1a...ランプ電圧(電極間電圧)

【 図 1 】

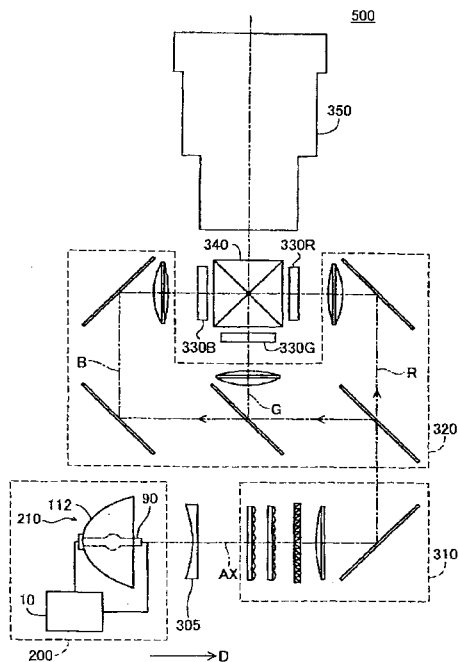


図 1

【 図 2 】

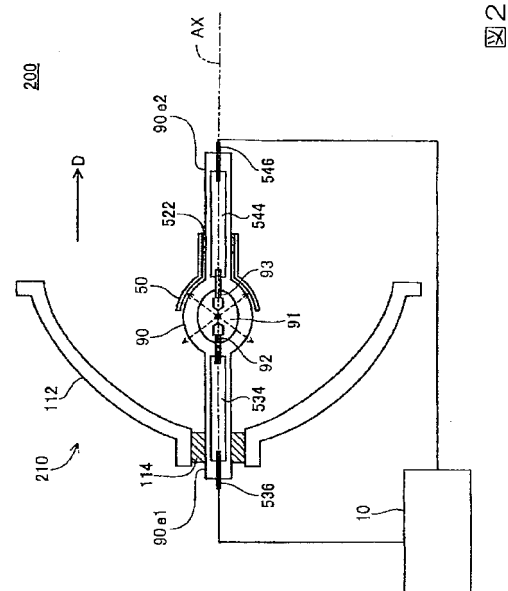


図 2

【図 3】

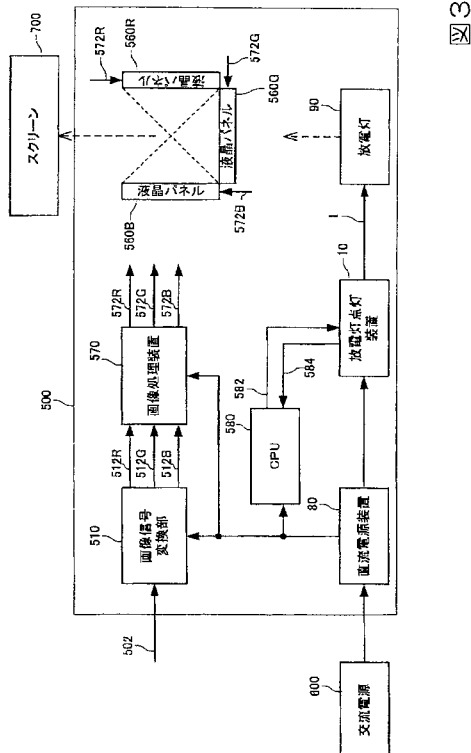


図 3

【図 4】

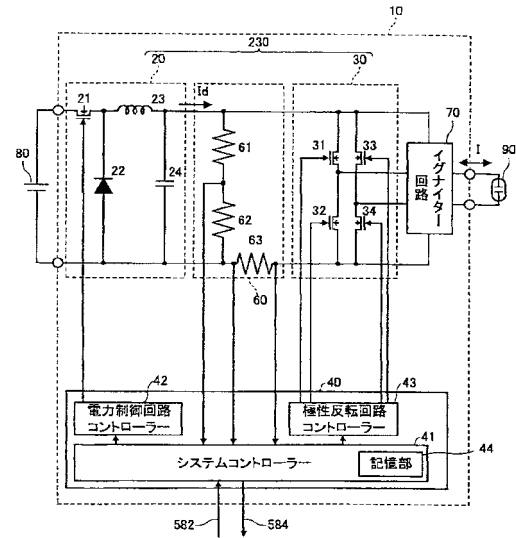


図 4

【図 5】

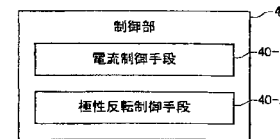


図 5

【図 6】

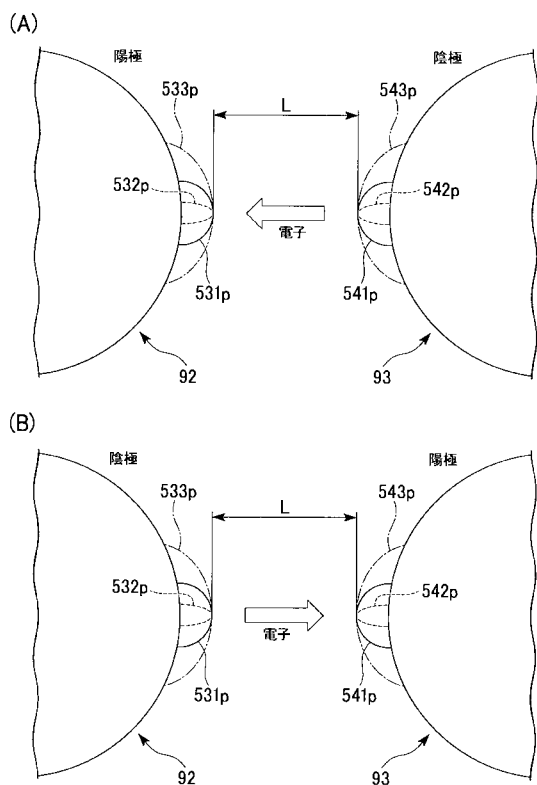


図 6

【図 7】

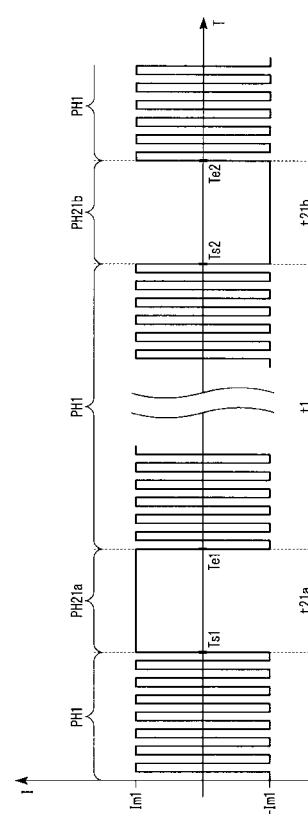


図 7

【図 8】

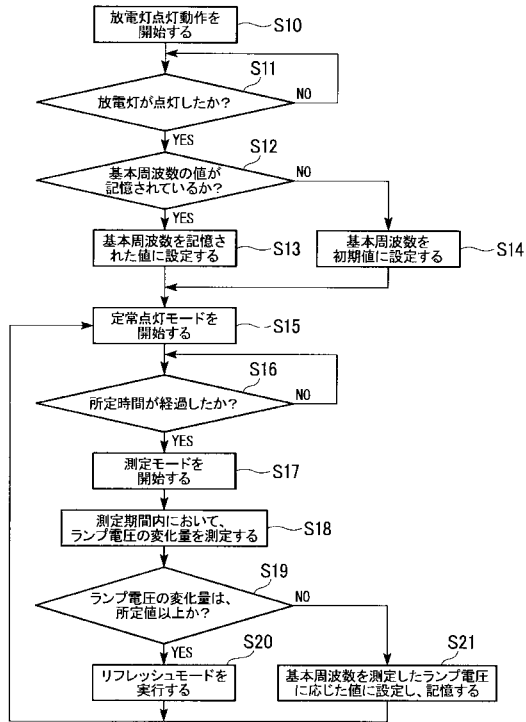


図 8

【図 9】

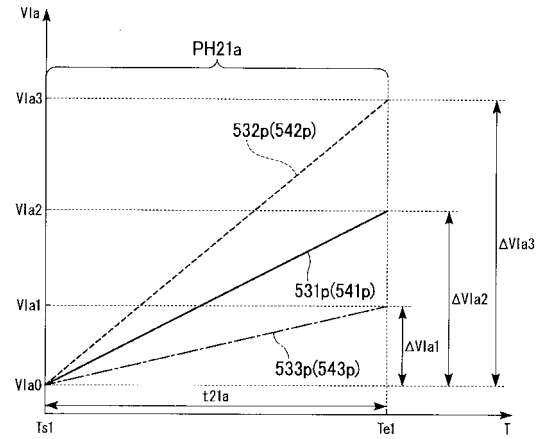


図 9

【図 10】

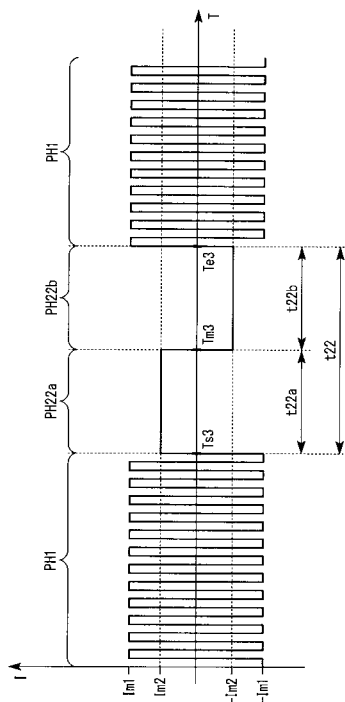


図 10

【図 11】

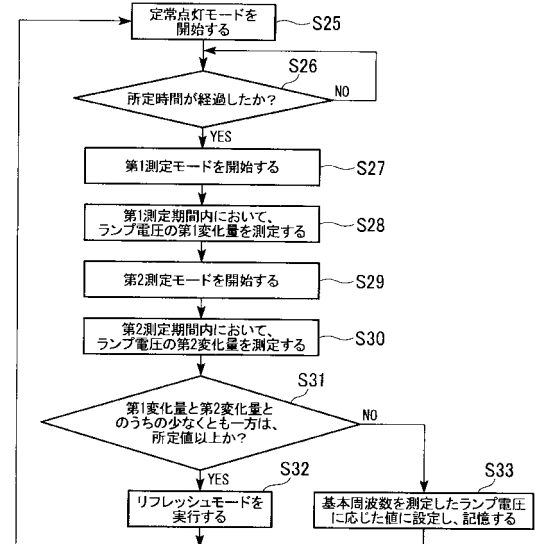


図 11