

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6812754号  
(P6812754)

(45) 発行日 令和3年1月13日(2021.1.13)

(24) 登録日 令和2年12月21日(2020.12.21)

(51) Int.Cl.	F 1
<b>H05B 41/24</b>	(2006.01) H05B 41/24
<b>G03B 21/14</b>	(2006.01) G03B 21/14 A
<b>G03B 21/00</b>	(2006.01) G03B 21/00 D
<b>H05B 47/10</b>	(2020.01) H05B 47/10
<b>HO4N 5/74</b>	(2006.01) HO4N 5/74 A

請求項の数 10 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2016-215974 (P2016-215974)	(73) 特許権者	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
(22) 出願日	平成28年11月4日 (2016.11.4)	(74) 代理人	100116665 弁理士 渡辺 和昭
(65) 公開番号	特開2018-73763 (P2018-73763A)	(74) 代理人	100179475 弁理士 仲井 智至
(43) 公開日	平成30年5月10日 (2018.5.10)	(74) 代理人	100216253 弁理士 松岡 宏紀
審査請求日	令和1年8月28日 (2019.8.28)	(72) 発明者	鬼頭 聰 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
		(72) 発明者	佐藤 峻 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

最終頁に続く

(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) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第1電極および第2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、前記放電灯駆動部を制御する制御部と、前記放電灯の電極間電圧を検出する電圧検出部と、を備え、前記制御部は、前記電極間電圧が第1所定値よりも小さい場合、前記放電灯に交流電流が供給される第1期間と、前記放電灯に直流電流が供給される第2期間とが交互に繰り返される混合期間と、

前記放電灯に直流電流が供給される第1直流期間、および前記第1直流期間において前記放電灯に供給される前記直流電流の極性と反対の極性を有する直流電流が前記放電灯に供給される第2直流期間を交互に含み、前記第1直流期間の長さが前記第2直流期間の長さよりも大きい第3期間と、

が設けられるように前記放電灯駆動部を制御し、

前記第2直流期間の長さは、0.5msよりも小さく、

前記第3期間における前記第1直流期間の長さの合計は、前記第2期間の長さよりも大きく、

前記制御部は、前記電極間電圧が前記第1所定値よりも小さい場合、前記第3期間の長さを段階的に大きくすることを特徴とする放電灯駆動装置。

## 【請求項 2】

10

請求項 1 に記載の放電灯駆動装置であって、  
前記制御部は、前記電極間電圧が第 1 所定値以上の場合、前記第 3 期間が設けられない  
ように前記放電灯駆動部を制御する、放電灯駆動装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の放電灯駆動装置であって、  
前記制御部は、前記電極間電圧が第 1 所定値以上の場合、前記混合期間と、前記第 3 期  
間と、が設けられるように前記放電灯駆動部を制御し、  
前記電極間電圧が前記第 1 所定値以上の場合における前記第 3 期間の長さは、第 1 長さ  
であり、

前記制御部は、前記電極間電圧が前記第 1 所定値よりも小さい場合、前記第 3 期間の長  
さを前記第 1 長さから段階的に大きくし。 10

前記制御部は、前記電極間電圧が前記第 1 所定値よりも小さい場合において前記第 3 期  
間の長さを大きくした後に、前記電極間電圧が前記第 1 所定値以上となった場合、前記第  
3 期間の長さを前記第 1 長さに戻す、放電灯駆動装置。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置であって、  
前記制御部は、前記電極間電圧が前記第 1 所定値よりも小さい場合であり、かつ、前記  
放電灯の累積点灯時間が第 2 所定値以下の場合、前記第 3 期間の長さを段階的に大きくす  
る、放電灯駆動装置。 20

【請求項 5】

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であって、  
前記制御部は、前記第 1 期間において前記放電灯に供給される交流電流の第 1 周波数よ  
りも小さい第 2 周波数を有する交流電流が前記放電灯に供給される第 4 期間が設けられる  
ように前記放電灯駆動部を制御し、  
前記第 3 期間における前記第 1 直流期間の長さの合計は、前記第 2 周波数を有する交流  
電流の半周期の長さよりも大きく、

前記電圧検出部は、前記第 4 期間において前記電極間電圧を検出する、放電灯駆動装置  
。 20

【請求項 6】

請求項 5 に記載の放電灯駆動装置であって、  
前記混合期間は、複数設けられ、  
前記第 3 期間と前記第 4 期間とは、時間的に隣り合う前記混合期間の間にそれぞれ設け  
られ、かつ、前記第 1 期間の直後に設けられ、  
前記制御部は、前記電極間電圧が前記第 1 所定値よりも小さい場合、  
第 1 所定間隔ごとに、前記第 3 期間と前記第 4 期間とのうちのいずれか一方が設けられ  
るように前記放電灯駆動部を制御し、かつ、前記第 1 所定間隔よりも大きい第 2 所定間隔  
ごとに、前記第 4 期間が設けられるように前記放電灯駆動部を制御する、放電灯駆動装置  
。 30

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の放電灯駆動装置であって、  
前記制御部は、定常点灯駆動が実行される定常点灯期間において前記電極間電圧が前記  
第 1 所定値よりも小さい場合、前記第 3 期間の長さを段階的に大きくする、放電灯駆動裝  
置。 40

【請求項 8】

光を射出する放電灯と、  
請求項 1 から 7 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 9】

請求項 8 に記載の光源装置と、  
前記光源装置から射出される光を画像信号に応じて変調する光変調装置と、 50

前記光変調装置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 10】

第1電極および第2電極を有する放電灯に駆動電流を供給して、前記放電灯を駆動する放電灯駆動方法であって、

前記放電灯の電極間電圧が第1所定値よりも小さい場合、

前記放電灯に交流電流が供給される第1期間と、前記放電灯に直流電流が供給される第2期間とが交互に繰り返される混合期間と、

前記放電灯に直流電流が供給される第1直流期間、および前記第1直流期間において前記放電灯に供給される前記直流電流の極性と反対の極性を有する直流電流が前記放電灯に供給される第2直流期間を交互に含む第3期間と、

を含む前記駆動電流を前記放電灯に供給し、

前記第2直流期間の長さは、0.5 msよりも小さく、

前記第3期間における前記第1直流期間の長さの合計は、前記第2期間の長さよりも大きく、

前記電極間電圧が前記第1所定値よりも小さい場合、前記第3期間の長さを段階的に大きく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、高圧放電ランプに供給する交流電流の周波数を、第1の周波数と、第1の周波数よりも大きい第2の周波数とに切り替え、第1の周波数の交流電流を半周期の長さで高圧放電ランプに供給する構成が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2011-124184号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、上記のような構成では、ランプ(放電灯)が比較的劣化していない初期状態においては、駆動の実行中に電極の突起が成長して電極間距離が小さくなり過ぎる場合がある。この場合、ランプ電圧が過剰に低くなり、所望の駆動電力を放電灯に供給するために制限電流値よりも大きい駆動電流をランプに供給する必要が生じる場合がある。これにより、結果として所望の駆動電力を得られず、ランプの輝度が低くなる場合がある。また、電極間距離が小さくなり過ぎると、電極にランプ中に封入される水銀が付着して、対向する電極同士が短絡する水銀ブリッジが生じる場合もある。ランプに水銀ブリッジが発生した場合、電源をオンにしてもランプが点灯せず不点灯状態となってしまう。

【0005】

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、放電灯の電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制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、放電灯の電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制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。

【課題を解決するための手段】

【0006】

10

20

30

40

50

本発明の放電灯駆動装置の一つの態様は、第1電極および第2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、前記放電灯駆動部を制御する制御部と、前記放電灯の電極間電圧を検出する電圧検出部と、を備え、前記制御部は、前記電極間電圧が第1所定値よりも小さい場合、前記放電灯に交流電流が供給される第1期間と、前記放電灯に直流電流が供給される第2期間とが交互に繰り返される混合期間と、前記放電灯に直流電流が供給される第1直流期間、および前記第1直流期間において前記放電灯に供給される前記直流電流の極性と反対の極性を有する直流電流が前記放電灯に供給される第2直流期間を交互に含み、前記第1直流期間の長さが前記第2直流期間の長さよりも大きい第3期間と、が設けられるように前記放電灯駆動部を制御し、前記第2直流期間の長さは、0.5m  
sよりも小さく、前記第3期間における前記第1直流期間の長さの合計は、前記第2期間の長さよりも大きく、前記制御部は、前記電極間電圧が前記第1所定値よりも小さい場合、前記第3期間の長さを段階的に大きくすることを特徴とする。

#### 【0007】

本発明の放電灯駆動装置の一つの態様によれば、電極間電圧が第1所定値よりも小さい場合、放電灯に交流電流が供給される第1期間および放電灯に直流電流が供給される第2期間が交互に繰り返される混合期間に加えて、第3期間が設けられる。第3期間においては、第1直流期間と第2直流期間とが設けられる。第1直流期間の長さは、第2直流期間の長さよりも大きく、第2直流期間の長さは、0.5m s (ミリ秒)よりも小さい。そのため、第3期間においては、第1直流期間において陽極となる側の電極を加熱することができる。

#### 【0008】

また、第1直流期間の合計長さは、第2期間の長さよりも大きい。そのため、第3期間において加熱される電極に加えられる熱負荷は、第2期間において加熱される電極に加えられる熱負荷よりも大きい。

#### 【0009】

このように、第3期間においては、第1期間あるいは第2期間に比べて、電極に加えられる熱負荷が大きくなる。そのため、電極の突起が成長して電極間距離が小さくなり、電極間電圧が低下した場合に、第3期間によって電極の突起の溶融度合いを上昇させることができる。これにより、突起を溶融させて、放電灯の電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制できる。したがって、放電灯が比較的劣化していない初期状態において、放電灯の輝度が低くなることを抑制でき、かつ、水銀ブリッジが生じることを抑制できる。

#### 【0010】

また、例えば、放電灯の電極には、ばらつきがある場合があり、同じ熱負荷が加えられる場合であっても、放電灯ごとに電極の突起の成長度合いが異なる場合がある。これにより、例えば、第3期間の長さが一定の場合、放電灯によっては、第3期間において突起を十分に溶融できない場合がある。したがって、電極間距離が小さくなることを十分に抑制できず、電極間電圧が第1所定値よりも小さい状態が維持される場合がある。このような場合、放電灯の初期状態において維持される電極間電圧が放電灯によってばらつく場合がある。電極間電圧がばらつくと、放電灯が搭載されるプロジェクターの輝度がばらつく問題がある。

#### 【0011】

これに対して、本発明の放電灯駆動装置の一つの態様によれば、電極間電圧が第1所定値よりも小さい場合、制御部は、第3期間の長さを段階的に大きくする。そのため、電極間電圧が第1所定値よりも小さい場合に、電極間電圧が第1所定値以上となるまで第3期間によって第1電極に加えられる熱負荷を大きくしていくことができる。これにより、放電灯にばらつきが生じる場合であっても、第3期間によって放電灯ごとに適切な熱負荷を加えることができ、ランプ電圧を第1所定値に維持することが可能となる。

#### 【0012】

前記制御部は、前記電極間電圧が第1所定値以上の場合、前記第3期間が設けられないように前記放電灯駆動部を制御する構成としてもよい。

10

20

30

40

50

この構成によれば、電極間電圧が第1所定値以上の場合において、電極に加えられる熱負荷を好適に小さくしやすい。したがって、放電灯の初期の電極間電圧が第1所定値以上の場合に、初期の状態から電極間電圧が上昇していくことを抑制でき、電極間電圧を第1所定値に維持することができる。

【0013】

前記制御部は、前記電極間電圧が第1所定値以上の場合、前記混合期間と、前記第3期間と、が設けられるように前記放電灯駆動部を制御し、前記電極間電圧が前記第1所定値以上の場合における前記第3期間の長さは、第1長さであり、前記制御部は、前記電極間電圧が前記第1所定値よりも小さい場合、前記第3期間の長さを前記第1長さから段階的に大きくし、前記制御部は、前記電極間電圧が前記第1所定値よりも小さい場合において前記第3期間の長さを大きくした後に、前記電極間電圧が前記第1所定値以上となった場合、前記第3期間の長さを前記第1長さに戻す構成としてもよい。10

この構成によれば、電極間電圧が第1所定値以上の場合と、電極間電圧が第1所定値よりも小さい場合と、の両方で、混合期間と第3期間とを含む同じ駆動パターンを用いることができる。そのため、制御を簡便にできる。

【0014】

前記制御部は、前記電極間電圧が前記第1所定値よりも小さい場合であり、かつ、前記放電灯の累積点灯時間が第2所定値以下の場合、前記第3期間の長さを段階的に大きくする構成としてもよい。

この構成によれば、放電灯の電極間距離が小さくなりやすい放電灯の初期状態において、好適に電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制できる。20

【0015】

前記制御部は、前記第1期間において前記放電灯に供給される交流電流の第1周波数よりも小さい第2周波数を有する交流電流が前記放電灯に供給される第4期間が設けられるように前記放電灯駆動部を制御し、前記第3期間における前記第1直流期間の長さの合計は、前記第2周波数を有する交流電流の半周期の長さよりも大きく、前記電圧検出部は、前記第4期間において前記電極間電圧を検出する構成としてもよい。

この構成によれば、電極間電圧を好適に検出しやすい。

【0016】

前記混合期間は、複数設けられ、前記第3期間と前記第4期間とは、時間的に隣り合う前記混合期間の間にそれぞれ設けられ、かつ、前記第1期間の直後に設けられ、前記制御部は、前記電極間電圧が前記第1所定値よりも小さい場合、第1所定間隔ごとに、前記第3期間と前記第4期間とのうちのいずれか一方が設けられるように前記放電灯駆動部を制御し、かつ、前記第1所定間隔よりも大きい第2所定間隔ごとに、前記第4期間が設けられるように前記放電灯駆動部を制御する構成としてもよい。30

この構成によれば、電極間電圧の変化に対して、第3期間の長さの変化を適切に制御することができる。

【0017】

前記制御部は、定常点灯駆動が実行される定常点灯期間において前記電極間電圧が前記第1所定値よりも小さい場合、前記第3期間の長さを段階的に大きくする構成としてもよい。40

この構成によれば、駆動電力が安定し、電極の状態が安定した状態で、第3期間の長さを段階的に変化させることができる。

【0018】

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

【0019】

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、放電灯の電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制できる。

【0020】

50

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画像信号に応じて変調する光変調装置と、前記光変調装置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。

【0021】

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、放電灯の電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制できる。

【0022】

本発明の放電灯駆動方法の一つの態様は、第1電極および第2電極を有する放電灯に駆動電流を供給して、前記放電灯を駆動する放電灯駆動方法であって、前記電極間電圧が第1所定値よりも小さい場合、前記放電灯に交流電流が供給される第1期間と、前記放電灯に直流電流が供給される第2期間とが交互に繰り返される混合期間と、前記放電灯に直流電流が供給される第1直流期間、および前記第1直流期間において前記放電灯に供給される前記直流電流の極性と反対の極性を有する直流電流が前記放電灯に供給される第2直流期間を交互に含む第3期間と、を含む前記駆動電流を前記放電灯に供給し、前記第2直流期間の長さは、0.5msよりも小さく、前記第3期間における前記第1直流期間の長さの合計は、前記第2期間の長さよりも大きく、前記電極間電圧が前記第1所定値よりも小さい場合、前記第3期間の長さを段階的に大きくすることを特徴とする。

【0023】

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、放電灯の電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】第1実施形態のプロジェクターを示す概略構成図である。

【図2】第1実施形態における放電灯を示す図である。

【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。

【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6A】放電灯の電極先端の突起の様子を示す図である。

【図6B】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実施形態における放電灯に駆動電流が供給される期間の変化の一例を示す模式図である。

【図8】第1実施形態における混合期間の駆動電流波形の一例を示す図である。

【図9】第1実施形態における第4期間の駆動電流波形の一例を示す図である。

【図10】第1実施形態における放電灯に駆動電流が供給される期間の変化の一例を示す模式図である。

【図11】第1実施形態における第3期間の駆動電流波形の一例を示す図である。

【図12】第1実施形態における第3期間の駆動電流波形の一例を示す図である。

【図13】第1実施形態における第3期間の駆動電流波形の一例を示す図である。

【図14】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15】第1実施形態におけるランプ電圧の変化を示すグラフである。

【図16】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】

【0025】

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。

10

20

30

40

50

## 【0026】

## &lt;第1実施形態&gt;

図1は、本実施形態のプロジェクター500を示す概略構成図である。図1に示すように、本実施形態のプロジェクター500は、光源装置200と、平行化レンズ305と、照明光学系310と、色分離光学系320と、3つの液晶ライトバルブ(光変調装置)330R, 330G, 330Bと、クロスダイクロイックプリズム340と、投射光学系350と、を備えている。

## 【0027】

光源装置200から射出された光は、平行化レンズ305を通過して照明光学系310に入射する。平行化レンズ305は、光源装置200からの光を平行化する。

10

## 【0028】

照明光学系310は、光源装置200から射出される光の照度を、液晶ライトバルブ330R, 330G, 330B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310は、光源装置200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200から射出される光を液晶ライトバルブ330R, 330G, 330Bで有效地に利用するためである。

## 【0029】

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。

20

## 【0030】

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。

30

## 【0031】

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113と、を備えている。

## 【0032】

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。

40

## 【0033】

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。

## 【0034】

放電空間91には、第1電極92および第2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

50

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。

【0035】

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により電気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により電気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。

【0036】

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を駆動するための駆動電流Iを供給する。その結果、第1電極92および第2電極93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。

【0037】

主反射鏡112は、固定部材114により、放電灯90の第1端部90e1に固定されている。主反射鏡112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112の反射面(放電灯90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、回転橢円形状であっても、回転放物線形状であってもよい。例えば、主反射鏡112の反射面の形状を回転放物線形状とした場合、主反射鏡112は、放電光を光軸AX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305を省略することができる。

【0038】

副反射鏡113は、固定部材522により、放電灯90の第2端部90e2側に固定されている。副反射鏡113の反射面(放電灯90側の面)の形状は、放電空間91の第2端部90e2側の部分を囲む球面形状である。副反射鏡113は、放電光のうち、主反射鏡112が配置された側と反対側に向かって進む光を主反射鏡112に向かって反射する。これにより、放電空間91から放射される光の利用効率を高めることができる。

【0039】

固定部材114, 522の材料は、放電灯90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112および副反射鏡113と放電灯90との配置を固定する方法としては、主反射鏡112および副反射鏡113を放電灯90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90と主反射鏡112とを、独立にプロジェクター500の筐体(図示せず)に固定してもよい。副反射鏡113についても同様である。

【0040】

以下、プロジェクター500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500の回路構成の一例を示す図である。プロジェクター500は、図1に示した光学系の他、画像信号変換部510と、直流電源装置80と、液晶パネル560R, 560G, 560Bと、画像処理装置570と、CPU(Central Processing Unit)580と、を備えている。

【0041】

画像信号変換部510は、外部から入力された画像信号502(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512R, 512G, 512Bを生成し、画像処理装置570に供給する。

【0042】

画像処理装置570は、3つの画像信号512R, 512G, 512Bに対してそれぞ

10

20

30

40

50

れ画像処理を行う。画像処理装置 570 は、液晶パネル 560R, 560G, 560B をそれぞれ駆動するための駆動信号 572R, 572G, 572B を液晶パネル 560R, 560G, 560B に供給する。

【0043】

直流電源装置 80 は、外部の交流電源 600 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 80 は、トランス（図示しないが、直流電源装置 80 に含まれる）の 2 次側にある画像信号変換部 510、画像処理装置 570 およびトランスの 1 次側にある放電灯点灯装置 10 に直流電圧を供給する。

【0044】

放電灯点灯装置 10 は、起動時に放電灯 90 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 10 は、放電灯 90 が放電を維持するための駆動電流  $I$  を供給する。 10

【0045】

液晶パネル 560R, 560G, 560B は、前述した液晶ライトバルブ 330R, 330G, 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。

【0046】

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。 20

【0047】

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。

【0048】

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  $I_d$  を出力するダウンショッパー回路で構成されている。 30

【0049】

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 およびコンデンサー 24 を含んで構成される。スイッチ素子 21 は、例えば、トランジスターで構成される。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。 。

【0050】

コイル 23 の他端にコンデンサー 24 の一端が接続され、コンデンサー 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。 40

【0051】

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ー 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。

【0052】

50

20

30

40

50

極性反転回路 3 0 は、電力制御回路 2 0 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 3 0 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 3 0 は、インバーターブリッジ回路（フルブリッジ回路）で構成されている。

#### 【0053】

極性反転回路 3 0 は、例えば、トランジスターなどで構成される第 1 のスイッチ素子 3 1、第 2 のスイッチ素子 3 2、第 3 のスイッチ素子 3 3、および第 4 のスイッチ素子 3 4 を含んでいる。極性反転回路 3 0 は、直列接続された第 1 のスイッチ素子 3 1 および第 2 のスイッチ素子 3 2 と、直列接続された第 3 のスイッチ素子 3 3 および第 4 のスイッチ素子 3 4 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 3 1、第 2 のスイッチ素子 3 2、第 3 のスイッチ素子 3 3、および第 4 のスイッチ素子 3 4 の制御端子には、それぞれ制御部 4 0 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いて、第 1 のスイッチ素子 3 1、第 2 のスイッチ素子 3 2、第 3 のスイッチ素子 3 3 および第 4 のスイッチ素子 3 4 の ON / OFF 動作が制御される。

10

#### 【0054】

極性反転回路 3 0 においては、第 1 のスイッチ素子 3 1 および第 4 のスイッチ素子 3 4 と、第 2 のスイッチ素子 3 2 および第 3 のスイッチ素子 3 3 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 2 0 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 3 0 は、第 1 のスイッチ素子 3 1 と第 2 のスイッチ素子 3 2 との共通接続点、および第 3 のスイッチ素子 3 3 と第 4 のスイッチ素子 3 4 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。

20

#### 【0055】

すなわち、極性反転回路 3 0 は、第 1 のスイッチ素子 3 1 および第 4 のスイッチ素子 3 4 が ON のときには第 2 のスイッチ素子 3 2 および第 3 のスイッチ素子 3 3 が OFF であり、第 1 のスイッチ素子 3 1 および第 4 のスイッチ素子 3 4 が OFF のときには第 2 のスイッチ素子 3 2 および第 3 のスイッチ素子 3 3 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 3 1 および第 4 のスイッチ素子 3 4 が ON のときには、コンデンサー 2 4 の一端から第 1 のスイッチ素子 3 1、放電灯 9 0、第 4 のスイッチ素子 3 4 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 3 2 および第 3 のスイッチ素子 3 3 が ON のときには、コンデンサー 2 4 の一端から第 3 のスイッチ素子 3 3、放電灯 9 0、第 2 のスイッチ素子 3 2 の順に流れる駆動電流  $I$  が発生する。

30

#### 【0056】

本実施形態において、電力制御回路 2 0 と極性反転回路 3 0 とを合わせた部分が放電灯駆動部 2 3 0 に対応する。すなわち、放電灯駆動部 2 3 0 は、放電灯 9 0 を駆動する駆動電流  $I$  を放電灯 9 0 に供給する。

#### 【0057】

制御部 4 0 は、放電灯駆動部 2 3 0 を制御する。図 4 の例では、制御部 4 0 は、電力制御回路 2 0 および極性反転回路 3 0 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ーを制御する。制御部 4 0 は、極性反転回路 3 0 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 4 0 は、電力制御回路 2 0 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。

40

#### 【0058】

本実施形態において制御部 4 0 は、交流駆動と、直流駆動と、片寄駆動と、低周波交流駆動と、混合駆動と、を実行可能である。交流駆動は、放電灯 9 0 に交流電流が供給される駆動である。直流駆動は、放電灯 9 0 に直流電流が供給される駆動である。

#### 【0059】

50

片寄駆動は、放電灯 9 0 に極性の異なる直流電流が交互に供給され、一方の極性の直流電流の長さが、他方の極性の直流電流の長さよりも十分に長い駆動である。低周波交流駆動は、放電灯 9 0 に交流駆動の交流電流よりも周波数の低い交流電流が供給される駆動である。混合駆動は、交流駆動と直流駆動とが交互に実行される駆動である。各放電灯駆動によって放電灯 9 0 に供給される駆動電流  $I$  の駆動電流波形については、後段において詳述する。

#### 【 0 0 6 0 】

制御部 4 0 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 4 0 は、システムコントローラー 4 1、電力制御回路コントローラー 4 2、および極性反転回路コントローラー 4 3 を含んで構成されている。なお、制御部 4 0 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

#### 【 0 0 6 1 】

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

#### 【 0 0 6 2 】

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

20

システムコントローラー 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、周波数、波形、変調パターン等の駆動パラメーターに関する情報が格納されていてもよい。

#### 【 0 0 6 3 】

電力制御回路コントローラー 4 2 は、システムコントローラー 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 4 】

極性反転回路コントローラー 4 3 は、システムコントローラー 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。

30

#### 【 0 0 6 5 】

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 6 6 】

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。

40

#### 【 0 0 6 7 】

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 6 8 】

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

50

よい。本実施形態においては、動作検出部 60 は、第 1 の抵抗 61、第 2 の抵抗 62 および第 3 の抵抗 63 を含んで構成されている。

【0069】

本実施形態において、動作検出部 60 の電圧検出部は、放電灯 90 と並列に、互いに直列接続された第 1 の抵抗 61 および第 2 の抵抗 62 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 90 に直列に接続された第 3 の抵抗 63 に発生する電圧により駆動電流  $I$  を検出する。

【0070】

イグナイター回路 70 は、放電灯 90 の点灯開始時にのみ動作する。イグナイター回路 70 は、放電灯 90 の点灯開始時に放電灯 90 の電極間（第 1 電極 92 と第 2 電極 93 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 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。

10

【0071】

図 6A および図 6B 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 552p, 562p が形成されている。

【0072】

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 552p と突起 562p との間で生じる。本実施形態のように突起 552p, 562p 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。

20

【0073】

図 6A 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 552p）の温度が上昇する。

30

【0074】

図 6B 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 562p）の温度が上昇する。

【0075】

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。

【0076】

40

第 1 電極 92 と第 2 電極 93 との電極間距離は、突起 552p, 562p の劣化とともに大きくなる。突起 552p, 562p が損耗するためである。電極間距離が大きくなると、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  $V_{1a}$  が大きくなる。したがって、ランプ電圧  $V_{1a}$  を参照することによって、電極間距離の変化、すなわち、放電灯 90 の劣化度合いを検出することができる。

【0077】

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 552p と第 2 電極 93 の先端の突起 562p 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 552p についてのみ説明する場合がある。

50

## 【0078】

以下、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。本実施形態において制御部40は、交流駆動、直流駆動、片寄駆動、および低周波交流駆動の4つの駆動を組み合わせて放電灯駆動部230を制御する。本実施形態において制御部40は、例えば、所定の駆動サイクルが繰り返されるように、放電灯駆動部230を制御する。所定の駆動サイクルは、駆動サイクルC2と、駆動サイクルC1と、を含む。本実施形態において駆動サイクルC2と駆動サイクルC1とは、ランプ電圧V1aに応じて切り換えられる。

## 【0079】

以下、各駆動サイクルにおける放電灯90に駆動電流Iが供給される期間の変化について説明する。まず、駆動サイクルC1について説明する。本実施形態において駆動サイクルC1は、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上の場合に実行される駆動サイクルである。第1所定値V1a1は、例えば、60V以上、63V以下である。図7は、駆動サイクルC1が繰り返されるように放電灯駆動部230が制御される場合を示している。

## 【0080】

図7に示すように、本実施形態において駆動サイクルC1は、第1期間P1と、第2期間P2と、第4期間P4と、を有する。駆動サイクルC1には、第1期間P1と第2期間P2とが交互に繰り返される混合期間PH1が設けられる。すなわち、制御部40は、駆動サイクルC1において、混合期間PH1と第4期間P4とが設けられるように放電灯駆動部230を制御する。

## 【0081】

図7の例では、駆動サイクルC1は、1つの混合期間PH1と、混合期間PH1の直後に設けられた第4期間P4と、からなる。すなわち、本実施形態において制御部40は、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上の場合、後述する第3期間P3が設けられないように放電灯駆動部230を制御する。本実施形態では、駆動サイクルC1が繰り返されることで、混合期間PH1と第4期間P4とが交互に繰り返される。第4期間P4は、後述する第2所定間隔(例えば、90s(秒))ごとに設けられる。混合期間PH1における第1期間P1の数と第2期間P2の数とは、特に限定されない。

## 【0082】

第1期間P1は、交流駆動が実行される期間である。第2期間P2は、直流駆動が実行される期間である。第4期間P4は、低周波交流駆動が実行される期間である。このように、駆動サイクルC1は、制御部40が3つの駆動を行うことで実行される。混合期間PH1は、混合駆動が実行される期間である。以下、各期間について詳細に説明する。

## 【0083】

図8は、混合期間PH1の駆動電流波形の一例を示す図である。図8において、縦軸は駆動電流Iを示しており、横軸は時間Tを示している。駆動電流Iは、第1極性状態である場合を正とし、第2極性状態となる場合を負として示している。

## 【0084】

図8に示すように、第1期間P1は、放電灯90に第1周波数f1を有する交流電流が供給される期間である。本実施形態において第1期間P1は、第1交流期間P11と、第2交流期間P12と、第3交流期間P13と、第4交流期間P14と、を有する。第1交流期間P11と、第2交流期間P12と、第3交流期間P13と、第4交流期間P14とは、この順に連続して設けられる。

## 【0085】

本実施形態において第1交流期間P11と、第2交流期間P12と、第3交流期間P13と、第4交流期間P14と、における交流電流は、例えば、電流値Im1と電流値-Im1との間で極性が複数回反転される矩形波交流電流である。

## 【0086】

第1交流期間P11における第1周波数f11と、第2交流期間P12における第1周波数f12と、第3交流期間P13における第1周波数f13と、第4交流期間P14に

10

20

30

40

50

おける第1周波数  $f_{14}$  とは、互いに異なる。すなわち、本実施形態において第1周波数  $f_1$  は、互いに異なる複数の周波数を含み、第1期間  $P_1$  は、放電灯  $9_0$  に供給される交流電流の周波数が互いに異なる交流期間を複数有している。

【0087】

第1周波数  $f_{11}$  と、第1周波数  $f_{12}$  と、第1周波数  $f_{13}$  と、第1周波数  $f_{14}$  とは、この順に小さくなる。すなわち、第1期間  $P_1$  において、時間的に後に設けられる交流期間ほど交流電流の周波数が小さくなる。

【0088】

本実施形態において、第1期間  $P_1$  の開始極性は、例えば、直前に設けられる期間の終了極性と反対の極性である。開始極性とは、ある期間が開始した時点における駆動電流  $I$  の極性である。終了極性とは、ある期間が終了した時点における駆動電流  $I$  の極性である。

【0089】

具体的には、例えば、第1期間  $P_1$  の直前に設けられた第2期間  $P_2$  において放電灯  $9_0$  に供給される直流電流の極性が第2極性であった場合、第2期間  $P_2$  の終了極性は第2極性となるため、第1期間  $P_1$  の開始極性は第1極性である。また、例えば、第1期間  $P_1$  の直前の第4期間  $P_4$  の終了極性が第1極性であった場合、第1期間  $P_1$  の開始極性は第2極性である。本実施形態において第1期間  $P_1$  の開始極性とは、第1交流期間  $P_{11}$  の開始極性である。

【0090】

本実施形態において、第1交流期間  $P_{11}$  の長さ  $t_{11}$  と、第2交流期間  $P_{12}$  の長さ  $t_{12}$  と、第3交流期間  $P_{13}$  の長さ  $t_{13}$  と、第4交流期間  $P_{14}$  の長さ  $t_{14}$  とは、例えば、同じである。本実施形態において、第1期間  $P_1$  の長さ  $t_1$ 、すなわち、長さ  $t_{11} \sim t_{14}$  の合計の長さは、例えば、10 ms (ミリ秒) 以上、10 s (秒) 以下である。第1期間  $P_1$  の長さ  $t_1$  がこのように設定されることで、第1電極  $9_2$  の突起  $5_5 2_p$  および第2電極  $9_3$  の突起  $5_6 2_p$  に好適に熱負荷を加えることができる。

【0091】

第2期間  $P_2$  は、放電灯  $9_0$  に直流電流が供給される期間である。図8に示す例では、第2期間  $P_2$  においては、一定の電流値  $I_{m1}$  を有する第1極性の駆動電流  $I$  が放電灯  $9_0$  に供給される。混合期間  $P_{H1}$  の第2期間  $P_2$  において放電灯  $9_0$  に供給される直流電流の極性は、第2期間  $P_2$  が設けられるごとに反転する。

【0092】

すなわち、図7に示す混合期間  $P_{H1}$  において、第1期間  $P_1$  の直前に設けられる第2期間  $P_2$  の直流電流と、第1期間  $P_1$  の直後に設けられる第2期間  $P_2$  の直流電流とでは、互いに極性が異なる。例えば、第1期間  $P_1$  の直前に設けられる第2期間  $P_2$  の直流電流の極性が、図8に示す第2期間  $P_2$  の直流電流と同様に第1極性である場合、第1期間  $P_1$  の直後に設けられる第2期間  $P_2$  の直流電流の極性は、第1極性と反対の第2極性である。この場合、第1期間  $P_1$  の直後に設けられる第2期間  $P_2$  においては、一定の電流値  $-I_{m1}$  を有する第2極性の駆動電流  $I$  が放電灯  $9_0$  に供給される。

【0093】

図8に示す第2期間  $P_2$  の長さ  $t_2$  は、第1期間  $P_1$  における第1周波数  $f_{11}$  を有する交流電流の半周期の長さよりも大きい。第2期間  $P_2$  の長さ  $t_2$  は、例えば、10 ms (ミリ秒) 以上、20 ms (ミリ秒) 以下である。第2期間  $P_2$  の長さ  $t_2$  がこのように設定されることで、第1電極  $9_2$  の突起  $5_5 2_p$  に好適に熱負荷を加えることができる。

【0094】

図7に示すように、本実施形態において第4期間  $P_4$  は、時間的に隣り合う混合期間  $P_{H1}$  の間に設けられる。第4期間  $P_4$  は、例えば、第1期間  $P_1$  の直後に設けられる。第4期間  $P_4$  は、例えば、第1期間  $P_1$  の直前に設けられる。すなわち、第4期間  $P_4$  は、例えば、第1期間  $P_1$  に挟まれて設けられる。

【0095】

10

20

30

40

50

図9は、第4期間P4の駆動電流波形の一例を示す図である。図9において、縦軸は駆動電流Iを示しており、横軸は時間Tを示している。駆動電流Iは、第1極性状態である場合を正とし、第2極性状態となる場合を負として示している。

【0096】

図9に示すように、第4期間P4は、第1期間P1において放電灯90に供給される交流電流の第1周波数f1よりも小さい第2周波数f2を有する交流電流が放電灯90に供給される期間である。すなわち、第4期間P4における交流電流の第2周波数f2は、第1周波数f11～f14のいずれよりも小さい。第2周波数f2の値は、例えば、10Hz以上、100Hz以下の間である。

【0097】

第4期間P4は、設けられるごとに開始極性が反転する。図9の例では、第4期間P4の開始極性は、例えば、第1極性である。そのため、図9に示す第4期間P4の次に設けられる第4期間P4においては、開始極性は第2極性となる。

【0098】

第4期間P4の長さt4は、例えば、第2期間P2の長さt2よりも大きい。第4期間P4の長さt4は、第2周波数f2を有する交流電流の6周期の長さ以上、30周期の長さ以下である。第4期間P4の長さt4がこのように設定されることで、第1電極92の突起552pの形状を好適に整えることができる。

【0099】

次に、駆動サイクルC2について説明する。本実施形態において駆動サイクルC2は、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも大きい場合に実行される駆動サイクルである。図10は、駆動サイクルC2が繰り返されるように放電灯駆動部230が制御される場合を示している。図10に示すように、本実施形態において駆動サイクルC2は、混合期間PH1と、第3期間P3と、第4期間P4と、を有する。すなわち、制御部40は、駆動サイクルC2において、混合期間PH1と第3期間P3と第4期間P4とが設けられるように放電灯駆動部230を制御する。本実施形態において混合期間PH1は、1つの駆動サイクルC2に複数設けられる。本実施形態の駆動サイクルC2は、第3期間P3が設けられている点において、駆動サイクルC1と異なる。

【0100】

第3期間P3は、片寄駆動が実行される期間である。第3期間P3は、時間的に隣り合う混合期間PH1の間に設けられる。第3期間P3は、例えば、第1期間P1の直後に設けられる。第3期間P3は、例えば、第1期間P1の直前に設けられる。すなわち、第3期間P3は、例えば、第1期間P1に挟まれて設けられる。

【0101】

図11から図13は、第3期間P3の駆動電流波形の一例を示す図である。図11から図13において、縦軸は駆動電流Iを示しており、横軸は時間Tを示している。駆動電流Iは、第1極性状態である場合を正とし、第2極性状態となる場合を負として示している。

【0102】

図11から図13に示すように、第3期間P3は、第1直流期間P31および第2直流期間P32を交互に含む期間である。第1直流期間P31は、放電灯90に直流電流が供給される期間である。図11から図13に示す例では、第1直流期間P31においては、一定の電流値Im1を有する第1極性の駆動電流Iが放電灯90に供給される。

【0103】

第2直流期間P32は、第1直流期間P31において放電灯90に供給される直流電流の極性と反対の極性を有する直流電流が放電灯90に供給される期間である。すなわち、図11から図13に示す例では、第2直流期間P32においては、一定の電流値-Im1を有する第2極性の駆動電流Iが放電灯90に供給される。

【0104】

第1直流期間P31において放電灯90に供給される直流電流の極性および第2直流期

10

20

30

40

50

間 P 3 2 において放電灯 9 0 に供給される直流電流の極性は、第 3 期間 P 3 が設けられるごとに反転する。すなわち、図 1 1 から図 1 3 に示される第 3 期間 P 3 の次に設けられる第 3 期間 P 3 においては、第 1 直流期間 P 3 1 において放電灯 9 0 に供給される直流電流の極性は、第 2 極性となり、第 2 直流期間 P 3 2 において放電灯 9 0 に供給される直流電流の極性は、第 1 極性となる。

【 0 1 0 5 】

第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  は、第 2 直流期間 P 3 2 の長さ  $t_{32}$  よりも大きい。第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  は、例えば、第 2 直流期間 P 3 2 の長さ  $t_{32}$  の 10 倍以上である。第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  がこのように設定されることで、第 3 期間 P 3 において、一方の電極を好適に加熱しつつ、他方の電極の温度が低下し過ぎることを 10 好適に抑制できる。

【 0 1 0 6 】

第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  は、例えば、5.0 ms (ミリ秒) 以上、20 ms (ミリ秒) 以下である。第 2 直流期間 P 3 2 の長さ  $t_{32}$  は、0.5 ms (ミリ秒) よりも小さい。

【 0 1 0 7 】

第 3 期間 P 3 における第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  の合計は、第 2 期間 P 2 の長さ  $t_2$  よりも大きく、第 4 期間 P 4 の交流電流、すなわち第 2 周波数  $f_2$  を有する交流電流の半周期の長さよりも大きい。第 3 期間 P 3 における第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  の合計とは、第 3 期間 P 3 に含まれるすべての第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  を足し合わせた長さである。図 1 1 の例では、第 3 期間 P 3 には、2 つの第 1 直流期間 P 3 1 が含まれている。そのため、第 3 期間 P 3 における第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  の合計とは、2 つの第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  を足し合わせた長さである。 20

【 0 1 0 8 】

第 3 期間 P 3 における第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  の合計は、例えば、10 ms (ミリ秒) 以上、1.0 s (秒) 以下である。第 3 期間 P 3 における第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  の合計がこのように設定されることで、第 1 電極 9 2 の突起 552 p に加えられる熱負荷を好適に大きくできる。

【 0 1 0 9 】

なお、以下の説明においては、第 3 期間 P 3 における第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  の合計を、単に、第 1 直流期間 P 3 1 の合計長さ、と呼ぶ場合がある。 30

【 0 1 1 0 】

第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  は、それぞれ同じであってもよいし、互いに異なっていてもよい。図 1 1 から図 1 3 の例では、第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  は、それぞれ同じである。

【 0 1 1 1 】

第 3 期間 P 3 に含まれる第 1 直流期間 P 3 1 の数は、例えば、第 1 直流期間 P 3 1 の合計長さに基づいて決まる。第 1 直流期間 P 3 1 の数は、例えば、各第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  が所定の値以下となる範囲内で、第 1 直流期間 P 3 1 の長さ  $t_{31}$  をなるべく大きくしつつ、設定された第 1 直流期間 P 3 1 の合計長さを実現できるように決められる。すなわち、第 3 期間 P 3 に含まれる第 1 直流期間 P 3 1 の数は、例えば、第 1 直流期間 P 3 1 の合計長さが大きくなるほど多くなる。 40

【 0 1 1 2 】

具体的には、例えば所定の値が 10 ms (ミリ秒) と設定される場合、第 1 直流期間 P 3 1 の合計長さが 10 ms (ミリ秒) よりも大きく 20 ms (ミリ秒) 以下のとき、第 3 期間 P 3 に含まれる第 1 直流期間 P 3 1 の数は 2 つである。また、第 1 直流期間 P 3 1 の合計長さが 20 ms (ミリ秒) よりも大きく 30 ms (ミリ秒) 以下のとき、第 3 期間 P 3 に含まれる第 1 直流期間 P 3 1 の数は 3 つである。

【 0 1 1 3 】

図 1 1 に示す例では、第 3 期間 P 3 に含まれる第 1 直流期間 P 3 1 の数は 2 つである。

10

20

30

40

50

すなわち、例えば所定の値が  $10\text{ ms}$  (ミリ秒) と設定される場合、第 1 直流期間  $P_{31}$  の合計長さは、 $10\text{ ms}$  (ミリ秒) よりも大きく  $20\text{ ms}$  (ミリ秒) 以下である。

【0114】

以上のように設定することで、各第 1 直流期間  $P_{31}$  の長さ  $t_{31}$  を所定の値 ( $20\text{ ms}$ ) 以下としつつ、設定された第 1 直流期間  $P_{31}$  の合計長さを実現できる。

【0115】

本実施形態の例では、図 11 に示す第 3 期間  $P_{3A}$  は、2 つの第 1 直流期間  $P_{31}$  と 1 つの第 2 直流期間  $P_{32}$  とからなる。図 12 に示す第 3 期間  $P_{3B}$  は、3 つの第 1 直流期間  $P_{31}$  と 2 つの第 2 直流期間  $P_{32}$  とからなる。図 13 に示す第 3 期間  $P_{3C}$  は、4 つの第 1 直流期間  $P_{31}$  と 3 つの第 2 直流期間  $P_{32}$  とからなる。第 3 期間  $P_3$  の長さ  $t_3$  は、第 3 期間  $P_{3A}$ 、第 3 期間  $P_{3B}$ 、第 3 期間  $P_{3C}$  の順に大きくなる。

10

【0116】

上述したように、本実施形態において第 3 期間  $P_3$  と第 4 期間  $P_4$  とは、時間的に隣り合う混合期間  $P_H$  1 同士の間にそれぞれ設けられる。駆動サイクル  $C_2$  において第 3 期間  $P_3$  と第 4 期間  $P_4$  とは、一定のパターンに沿って周期的に設けられる。具体的には、制御部 40 は、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合、第 1 所定間隔ごとに、第 3 期間  $P_3$  と第 4 期間  $P_4$  とのうちのいずれか一方が設けられるように、かつ、第 1 所定間隔よりも大きい第 2 所定間隔ごとに、第 4 期間  $P_4$  が設けられるように放電灯駆動部 230 を制御する。第 1 所定間隔は、例えば、 $30\text{ s}$  (秒) であり、第 2 所定間隔は、例えば、 $90\text{ s}$  (秒) である。

20

【0117】

図 10 の例では、第 3 期間  $P_3$  が  $30\text{ s}$  (秒) ごとに 2 つ設けられた後に、第 4 期間  $P_4$  が設けられる。すなわち、第 4 期間  $P_4$  が設けられてから次の第 4 期間  $P_4$  が設けられるまでの間に、2 つの第 3 期間  $P_3$  が設けられる。第 3 期間  $P_3$  における第 1 直流期間  $P_{31}$  において放電灯 90 に供給される直流電流の極性、および第 2 直流期間  $P_{32}$  において放電灯 90 に供給される直流電流の極性は、第 3 期間  $P_3$  が設けられるごとに反転する。そのため、時間的に隣り合う第 4 期間  $P_4$  に挟まれて設けられる 2 つの第 3 期間  $P_3$  においては、放電灯 90 に供給される駆動電流  $I$  の極性が互いに逆となる。

【0118】

すなわち、本実施形態において制御部 40 は、第 4 期間  $P_4$  が設けられる第 2 所定間隔において、第 1 極性の直流電流が放電灯 90 に供給される第 1 直流期間  $P_{31}$ 、および第 2 極性の直流電流が放電灯 90 に供給される第 2 直流期間  $P_{32}$  を交互に含む第 3 期間  $P_3$  と、第 2 極性の直流電流が放電灯 90 に供給される第 1 直流期間  $P_{31}$ 、および第 1 極性の直流電流が放電灯 90 に供給される第 2 直流期間  $P_{32}$  を交互に含む第 3 期間  $P_3$  と、の 2 つの第 3 期間  $P_3$  が設けられるように放電灯駆動部 230 を制御する。言い換えると、時間的に隣り合う第 4 期間  $P_4$  に挟まれる期間において、これら 2 つの第 3 期間  $P_3$  が設けられる。

30

【0119】

次に、本実施形態の制御部 40 による駆動サイクル  $C_1$  と駆動サイクル  $C_2$  との切り換え制御について説明する。図 14 は、本実施形態の制御部 40 による駆動サイクル  $C_1$  と駆動サイクル  $C_2$  との切り換え制御の一例について示すフローチャートである。図 14 に示すように、制御部 40 は、放電灯 90 が点灯開始された (ステップ S1) 後、動作検出部 60 の電圧検出部によって検出されたランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  よりも小さいか否かを判断する (ステップ S2)。

40

【0120】

ここで、ステップ S2 において判断に用いられるランプ電圧  $V_{1a}$  は、例えば、前回、プロジェクター 500 の電源を OFF にする直前のランプ電圧  $V_{1a}$  であってもよいし、放電灯 90 の定常点灯駆動が実行される定常点灯期間の開始直後のランプ電圧  $V_{1a}$  であってもよい。定常点灯期間の開始直後のランプ電圧  $V_{1a}$  は、定常点灯期間が開始された直後に検出されたランプ電圧  $V_{1a}$  であってもよいし、放電灯 90 の立上期間において検

50

出されたランプ電圧  $V_{1a}$  に基づいて推定された値であってもよい。

【0121】

なお、立上期間とは、放電灯 90 が点灯開始してから定常点灯駆動が行われるまでの期間であり、放電灯 90 の点灯開始から目標電力に向けて上昇する駆動電力  $W_d$  が安定するまでの期間である。定常点灯期間は、定常点灯駆動が実行される期間であり、駆動電力  $W_d$  が安定した後に、継続的に放電灯 90 を点灯させる期間である。

【0122】

ステップ S 2 においてランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  以上の場合 (ステップ S 2 : N O)、制御部 40 は、駆動サイクルを駆動サイクル C 1 に設定し、駆動サイクル C 1 を実行する (ステップ S 3)。そして、制御部 40 は、駆動サイクル C 1 の実行中において、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  よりも小さいか否かを判断する (ステップ S 4)。ここで、本実施形態において駆動サイクル C 1 の実行中におけるランプ電圧  $V_{1a}$  の検出は、第 4 期間 P 4 において行われる。すなわち、電圧検出部は、第 4 期間 P 4 においてランプ電圧  $V_{1a}$  を検出する。

10

【0123】

駆動サイクル C 1 の実行中においてランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  以上の場合 (ステップ S 4 : N O)、制御部 40 は、駆動サイクル C 1 を実行し続ける。一方、駆動サイクル C 1 の実行中においてランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合 (ステップ S 4 : Y E S)、制御部 40 は、駆動サイクルを駆動サイクル C 2 に設定し、実行する (ステップ S 5)。

20

【0124】

一方、ステップ S 2 においてランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合 (ステップ S 2 : Y E S)、制御部 40 は、駆動サイクルを駆動サイクル C 2 に設定し、実行する (ステップ S 5)。このように、制御部 40 は、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合、駆動サイクル C 2 を実行する。言い換えると、制御部 40 は、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合、混合期間 P H 1 と第 3 期間 P 3 と第 4 期間 P 4 とが設けられるように放電灯駆動部 230 を制御する。

【0125】

制御部 40 は、駆動サイクル C 2 の実行中において、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  よりも小さいか否かを判断する (ステップ S 6)。ここで、本実施形態において駆動サイクル C 2 の実行中におけるランプ電圧  $V_{1a}$  の検出は、駆動サイクル C 1 の実行中と同様に、第 4 期間 P 4 において行われる。

30

【0126】

駆動サイクル C 2 の実行中においてランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  以上の場合 (ステップ S 6 : N O)、制御部 40 は、駆動サイクルを駆動サイクル C 1 へと戻す (ステップ S 3)。すなわち、制御部 40 は、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  以上の場合、第 3 期間 P 3 が設けられないように放電灯駆動部 230 を制御する。一方、駆動サイクル C 2 の実行中においてランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1 所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合 (ステップ S 6 : Y E S)、制御部 40 は、第 3 期間 P 3 の長さ  $t_3$  が上限値よりも小さいか否かを判断する (ステップ S 7)。ここで、第 3 期間 P 3 の長さ  $t_3$  の上限値は、例えば、200 ms (ミリ秒) である。

40

【0127】

第 3 期間 P 3 の長さ  $t_3$  が上限値よりも小さい場合 (ステップ S 7 : Y E S)、制御部 40 は、第 3 期間 P 3 の長さ  $t_3$  を大きくする (ステップ S 8)。具体的には、例えば、第 3 期間 P 3 が図 11 に示す第 3 期間 P 3 A であった場合、制御部 40 は、第 3 期間 P 3 を図 12 に示す第 3 期間 P 3 B にする。第 3 期間 P 3 が図 12 に示す第 3 期間 P 3 B であった場合、制御部 40 は、第 3 期間 P 3 を図 13 に示す第 3 期間 P 3 C にする。これにより、制御部 40 は、第 3 期間 P 3 の長さ  $t_3$  を大きくする。

【0128】

第 3 期間 P 3 の長さ  $t_3$  を大きくした後、制御部 40 は、再びランプ電圧  $V_{1a}$  が第 1

50

所定値  $V_{1a1}$  よりも小さいか否かを判断し(ステップS6)、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第1所定値  $V_{1a1}$  よりも小さく(ステップS6: YES)、第3期間  $P_3$  の長さ  $t_3$  が上限値よりも小さい場合(ステップS7: YES)、再び第3期間  $P_3$  の長さ  $t_3$  を大きくする。このようにして、制御部40は、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第1所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合、第3期間  $P_3$  の長さ  $t_3$  を段階的に大きくする。

#### 【0129】

一例として、第2期間  $P_2$  の長さ  $t_2$  は、10ms(ミリ秒)である。第3期間  $P_3A$  の長さ  $t_3$  は、20ms(ミリ秒)である。第3期間  $P_3B$  の長さ  $t_3$  は、30ms(ミリ秒)である。第3期間  $P_3C$  の長さ  $t_3$  は、40ms(ミリ秒)である。すなわち、駆動サイクルC2において第3期間  $P_3$  が設けられる箇所に相当する駆動サイクルC1の第2期間  $P_2$ 、および駆動サイクルC2の第3期間  $P_3$  の期間を合わせて考えると、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第1所定値  $V_{1a1}$  よりも小さくなつた場合、制御部40は、当該期間の長さを10ms(ミリ秒)ずつ大きくしていく。そして、制御部40は、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第1所定値  $V_{1a1}$  以上となつた場合、当該期間の長さを10ms(ミリ秒)に戻す。

10

#### 【0130】

図15は、累積点灯時間  $t_t$  に対するランプ電圧  $V_{1a}$  の変化を示すグラフである。図15において、縦軸はランプ電圧  $V_{1a}$  を示しており、横軸は累積点灯時間  $t_t$  を示している。累積点灯時間  $t_t$  とは、放電灯90が点灯された時間の総計である。すなわち、累積点灯時間  $t_t$  は、放電灯90が初めて点灯したときから積算された時間である。

20

#### 【0131】

本実施形態において上述した駆動サイクルC1と駆動サイクルC2との切り換え制御は、図15に示す累積点灯時間  $t_t$  が第2所定値  $t_{t1}$  以下の初期期間PHFにおいて行われる。すなわち、本実施形態において制御部40は、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第1所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合であり、かつ、放電灯90の累積点灯時間  $t_t$  が第2所定値  $t_{t1}$  以下の場合、第3期間  $P_3$  の長さ  $t_3$  を段階的に大きくする。

20

#### 【0132】

第2所定値  $t_{t1}$  は、例えば、20h(時間)以上、100h(時間)以下である。第2所定値  $t_{t1}$  は、第3所定値  $t_{t2}$  よりも小さい。第3所定値  $t_{t2}$  は、ランプ電圧  $V_{1a}$  が劣化し始め、ランプ電圧  $V_{1a}$  が上昇していく時点の累積点灯時間  $t_t$  である。

30

#### 【0133】

また、本実施形態において上述した駆動サイクルC1と駆動サイクルC2との切り換え制御は、定常点灯駆動が実行される定常点灯期間において実行される。すなわち、制御部40は、定常点灯駆動が実行される定常点灯期間においてランプ電圧  $V_{1a}$  が第1所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合、第3期間  $P_3$  の長さ  $t_3$  を段階的に大きくする。

30

#### 【0134】

上述した制御を行う制御部40を備える放電灯点灯装置10は、放電灯駆動方法としても表現できる。すなわち、本実施形態の放電灯駆動方法の一つの態様は、第1電極92および第2電極93を有する放電灯90に駆動電流Iを供給して、放電灯90を駆動する放電灯駆動方法であつて、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第1所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合、放電灯90に交流電流が供給される第1期間  $P_1$  と、放電灯90に直流電流が供給される第2期間  $P_2$  とが交互に繰り返される混合期間PH1と、第1電極92が陽極となる第1直流期間  $P_31$ 、および第2電極93が陽極となる第2直流期間  $P_32$  を交互に含み、第1直流期間  $P_31$  の長さ  $t_{31}$  が第2直流期間  $P_32$  の長さ  $t_{32}$  よりも大きい第3期間  $P_3$  と、を含む駆動電流Iを放電灯90に供給し、第2直流期間  $P_32$  の長さは、0.5msよりも小さく、第3期間  $P_3$  における第1直流期間  $P_31$  の長さ  $t_{31}$  の合計は、第2期間  $P_2$  の長さ  $t_2$  よりも大きく、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第1所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合、第3期間  $P_3$  の長さ  $t_3$  を段階的に大きくする。

40

#### 【0135】

本実施形態によれば、ランプ電圧  $V_{1a}$  が第1所定値  $V_{1a1}$  よりも小さい場合、放電灯90に交流電流が供給される第1期間  $P_1$  および放電灯90に直流電流が供給される第

50

2期間P2が交互に繰り返される混合期間PH1に加えて、第3期間P3が設けられる。第3期間P3においては、第1直流期間P31と第2直流期間P32とが設けられる。第1直流期間P31の長さt31は、第2直流期間P32の長さt32よりも大きく、第2直流期間P32の長さt32は、0.5ms(ミリ秒)よりも小さい。そのため、第3期間P3においては、第1直流期間P31において陽極となる側の電極を加熱することができる。なお、以下の説明においては、加熱される側の電極が、例えば、第1電極92であるものとして説明する。

#### 【0136】

また、第1直流期間P31の合計長さは、第2期間P2の長さt2よりも大きい。そのため、第3期間P3において加熱される第1電極92に加えられる熱負荷は、第2期間P2において加熱される第1電極92に加えられる熱負荷よりも大きい。

10

#### 【0137】

このように、第3期間P3においては、第1期間P1あるいは第2期間P2に比べて、第1電極92に加えられる熱負荷が大きくなる。そのため、第1電極92の突起552pが成長して電極間距離が小さくなり、ランプ電圧V1aが低下した場合に、第3期間P3によって第1電極92の突起552pの溶融度合いを上昇させることができる。これにより、突起552pを溶融させて、放電灯90の電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制できる。したがって、放電灯90が比較的劣化していない初期状態において、放電灯90の輝度が低くなることを抑制でき、かつ、水銀ブリッジが生じることを抑制できる。

#### 【0138】

20

また、例えば、放電灯90の第1電極92には、ばらつきがある場合があり、同じ熱負荷が加えられる場合であっても、放電灯90ごとに第1電極92の突起552pの成長度合いが異なる場合がある。これにより、例えば、第3期間P3の長さt3が一定の場合、放電灯90によっては、第3期間P3において突起552pを十分に溶融できない場合がある。したがって、電極間距離が小さくなることを十分に抑制できず、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さい状態が維持される場合がある。このような場合、放電灯90の初期状態において維持されるランプ電圧V1aが放電灯90によってばらつく場合がある。ランプ電圧V1aがばらつくと、放電灯90が搭載されるプロジェクター500の輝度がばらつく問題がある。

#### 【0139】

30

これに対して、本実施形態によれば、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さい場合、制御部40は、第3期間P3の長さt3を段階的に大きくする。そのため、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さい場合に、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上となるまで第3期間P3によって第1電極92に加えられる熱負荷を大きくしていくことができる。これにより、放電灯90にばらつきが生じる場合であっても、第3期間P3によって放電灯90ごとに適切な熱負荷を加えることができ、ランプ電圧V1aを第1所定値V1a1に維持することが可能となる。

#### 【0140】

より具体的には、図15に示すように、放電灯90の初期のランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも大きいV1a2の場合、初めて放電灯90を点灯させた際ににおいては、駆動サイクルとして駆動サイクルC1が実行される。この場合、図15に実線で示すように、ランプ電圧V1aは例えば徐々に低下し、第1所定値V1a1よりも小さくなる。そして、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さくなると駆動サイクルが駆動サイクルC2に切り換えられ、第3期間P3が設けられる。制御部40は駆動サイクルC2において第3期間P3の長さt3を段階的に大きくする。そのため、放電灯90のばらつきによらず、第3期間P3の長さt3を最適な熱負荷を加えることができる長さにすることができ、ランプ電圧V1aを大きくすることができる。そして、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上となると、駆動サイクルは再び駆動サイクルC1に切り換えられ、ランプ電圧V1aは再び徐々に低下し始める。このような挙動が繰り返されることで、ランプ電圧V1aは、第1所定値V1a1に維持される。

40

50

## 【0141】

また、放電灯90の初期のランプ電圧 $V_{1a}$ が第1所定値 $V_{1a1}$ よりも小さい $V_{1a3}$ の場合、初めて放電灯90を点灯させた際ににおいては、駆動サイクルとして駆動サイクルC2が実行される。この場合、第3期間 $P_3$ が設けられ、第3期間 $P_3$ の長さ $t_3$ が段階的に大きくなるため、放電灯90のばらつきによらず、図15に破線で示すようにランプ電圧 $V_{1a}$ が上昇する。そして、ランプ電圧 $V_{1a}$ が第1所定値 $V_{1a1}$ 以上となると、駆動サイクルは駆動サイクルC1に切り換えられ、ランプ電圧 $V_{1a}$ は徐々に低下し始める。このような挙動が繰り返されることで、ランプ電圧 $V_{1a}$ は、第1所定値 $V_{1a1}$ に維持される。

## 【0142】

10

以上のようにして、放電灯90のばらつきによらず、初期状態におけるランプ電圧 $V_{1a}$ を第1所定値 $V_{1a1}$ に維持することができる。したがって、放電灯90のばらつきによらず、プロジェクター500の輝度を所定の輝度に安定して維持することができる。

## 【0143】

また、例えば、放電灯90の初期のランプ電圧 $V_{1a}$ が第1所定値 $V_{1a1}$ 以上で、かつ、初めて放電灯90を点灯させた後にランプ電圧 $V_{1a}$ が徐々に上昇していくような場合が考えられる。この場合、ランプ電圧 $V_{1a}$ が第1所定値 $V_{1a1}$ よりも小さくならず、ランプ電圧 $V_{1a}$ を第1所定値 $V_{1a1}$ に維持できない場合がある。例えば、ランプ電圧 $V_{1a}$ が第1所定値 $V_{1a1}$ 以上の場合に実行される駆動サイクルC1において、第1電極92に加えられる熱負荷が過剰に大きいような場合に、第1電極92の突起552pが過度に溶融して電極間距離が大きくなり、ランプ電圧 $V_{1a}$ が上昇する場合がある。

20

## 【0144】

これに対して本実施形態によれば、制御部40は、ランプ電圧 $V_{1a}$ が第1所定値 $V_{1a1}$ 以上の場合、第3期間 $P_3$ が設けられないように放電灯駆動部230を制御する。そのため、ランプ電圧 $V_{1a}$ が第1所定値 $V_{1a1}$ 以上の場合において、駆動サイクルC1によって第1電極92に加えられる熱負荷を好適に小さくしやすい。これにより、放電灯90の初期状態における駆動サイクルC1の実行時に、突起552pを成長させてランプ電圧 $V_{1a}$ を徐々に低下させることができる。したがって、放電灯90の初期のランプ電圧 $V_{1a}$ が第1所定値 $V_{1a1}$ 以上の場合に、初期の状態からランプ電圧 $V_{1a}$ が上昇していくことを抑制でき、ランプ電圧 $V_{1a}$ を第1所定値 $V_{1a1}$ に維持することができる。

30

## 【0145】

また、本実施形態によれば、上述した駆動サイクルの切り換え制御は、累積点灯時間 $t_t$ が第2所定値 $t_{t1}$ 以下の初期期間 $PHF$ において行われる。そのため、放電灯90の電極間距離が小さくなりやすい放電灯90の初期状態において、上述した切り換え制御を行い、好適に電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制できる。また、本実施形態では、第2所定値 $t_{t1}$ は、放電灯90が劣化し始めてランプ電圧 $V_{1a}$ が上昇し始める累積点灯時間 $t_t$ である第3所定値 $t_{t2}$ よりも小さい。そのため、放電灯90が劣化し始めてランプ電圧 $V_{1a}$ が上昇する前に、放電灯駆動部230の制御を他の適切な制御に切り換えることが可能である。これにより、放電灯90の寿命を向上させることができる。

40

## 【0146】

また、本実施形態によれば、駆動サイクルC1の実行中および駆動サイクルC2の実行中においては、第4期間 $P_4$ においてランプ電圧 $V_{1a}$ が検出される。第4期間 $P_4$ は、第1期間 $P_1$ において放電灯90に供給される交流電流の第1周波数 $f_1$ よりも小さい第2周波数 $f_2$ を有する交流電流が放電灯90に供給される期間である。そのため、第4期間 $P_4$ においては、第1極性および第2極性に維持される時間がそれぞれ比較的長い。これにより、各電極の状態が安定した状態となりやすく、ランプ電圧 $V_{1a}$ を好適に検出やすい。

## 【0147】

また、本実施形態によれば、ランプ電圧 $V_{1a}$ が第1所定値 $V_{1a1}$ よりも小さい場合

50

、第1所定間隔ごとに第3期間P3と第4期間P4とのうちのいずれか一方が設けられ、第1所定間隔よりも大きい第2所定間隔で第4期間P4が設けられる。そのため、時間的に隣り合う第4期間P4同士の間に、第3期間P3が設けられる。これにより、駆動サイクルC2における第4期間P4においてランプ電圧V1aを検出する場合、ランプ電圧V1aを検出してから次にランプ電圧V1aを検出するまでの間に、少なくとも1つ以上の第3期間P3を設けることができる。したがって、少なくとも1つ以上の第3期間P3によって第1電極92に熱負荷が加えられた後に、駆動サイクルの切り換え判断を行うことができる。その結果、駆動サイクルの切り換えを適切に行いやすい。

#### 【0148】

また、本実施形態によれば、駆動サイクルの切り換え制御は、定常点灯期間において実行される。そのため、駆動電力Wdが安定し、第1電極92の状態が安定した状態で、駆動サイクルを切り換えることができる。

#### 【0149】

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。

#### 【0150】

本実施形態において駆動サイクルC1は、特に限定されない。駆動サイクルC1は、第1期間P1、第2期間P2、および第4期間P4のうちのいずれか1つ以上の期間を有していないなくてもよいし、第1期間P1、第2期間P2、および第4期間P4以外の期間を有していてもよい。

#### 【0151】

また、本実施形態において駆動サイクルC2は、混合期間PH1と第3期間P3とを有していれば、特に限定されない。駆動サイクルC2は、第4期間P4を有していないなくてもよいし、第1期間P1から第4期間P4以外の期間を有していてもよい。また、第1期間P1と、第2期間P2と、第3期間P3と、第4期間P4とは、駆動サイクルC2内において、どのように設けられてもよい。例えば、上記の説明においては、第1期間P1と第2期間P2とは、混合期間PH1において交互に連続して設けられる場合のみを説明したが、これに限られず、それぞれ離れて設けられてもよい。また、例えば、第2期間P2と第3期間P3、第2期間P2と第4期間P4、および第3期間P3と第4期間P4が、それぞれ連続して設けられてもよい。

#### 【0152】

また、本実施形態において、時間的に隣り合う混合期間PH1の間に設けられる第3期間P3および第4期間P4は、第2期間P2の直後に設けられてもよい。

#### 【0153】

また、本実施形態において駆動サイクルの切り換え制御は、初期期間PHF以外の期間において実行されてもよい。また、例えば、制御部40は、ランプ電圧V1aに基づいて、駆動サイクルの切り換え制御を実行するか否かを判断してもよい。

#### 【0154】

また、駆動サイクルC1、C2におけるランプ電圧V1aの検出は、第4期間P4以外の期間において行われてもよい。駆動サイクルC1、C2におけるランプ電圧V1aの検出は、各駆動サイクルが実行されている間、常に行われていてもよい。

#### 【0155】

また、本実施形態において第3期間P3の長さt3を段階的に大きくする仕方は、特に限定されない。上述した例では、第3期間P3の長さt3を大きくするごとに、第1直流期間P31の数と第2直流期間P32の数とを1つずつ多くしていくものとしたが、これに限られない。制御部40は、例えば、第1直流期間P31の長さt31を大きくすることで、第3期間P3の長さt3を大きくしてもよい。

#### 【0156】

また、第3期間P3の長さt3の増加量は、一定でなくてもよく、第3期間P3の長さt3を大きくするごとに異なってもよい。また、第3期間P3の長さt3の増加量は、駆動サイクルC2の実行中におけるランプ電圧V1aの変化に応じて変化させてもよい。す

10

20

30

40

50

なわち、例えば、制御部 40 は、第 3 期間 P3 の長さ t3 を大きくしてもランプ電圧 V1a が上昇しにくいような場合、次に第 3 期間 P3 の長さ t3 を大きくする際に、第 3 期間 P3 の長さ t3 の増加量を大きくしてもよい。また、第 3 期間 P3 に含まれる複数の第 1 直流期間 P31 の長さ t31 は、互いに異なっていてもよい。

【0157】

また、本実施形態において複数の第 1 周波数 f1 は、どのように設けられてもよい。本実施形態においては、例えば、第 1 期間 P1 において、時間的に後に設けられる交流期間ほど、第 1 周波数 f1 が大きくなる構成であってもよい。

【0158】

また、本実施形態において第 1 周波数 f1 は、1 つの周波数のみで構成されてもよい。すなわち、本実施形態において第 1 期間 P1 における交流期間は、1 種類のみであってもよい。

【0159】

また、本実施形態において第 1 期間 P1 に含まれる各交流期間の長さは、互いに異なっていてもよい。すなわち、第 1 交流期間 P11 の長さ t11 と、第 2 交流期間 P12 の長さ t12 と、第 3 交流期間 P13 の長さ t13 と、第 4 交流期間 P14 の長さ t14 と、は、互いに異なっていてもよい。

【0160】

また、上記説明においては、ある期間の終了極性と、ある期間の直後に設けられる期間の開始極性とは、互いに異なる構成としたが、これに限られない。本実施形態においては、ある期間の終了極性と、ある期間の直後に設けられる期間の開始極性とが同じであってもよい。

【0161】

また、本実施形態において制御部 40 は、混合期間 PH1 の第 2 期間 P2 において放電灯 90 に供給される直流電流の極性を、第 2 期間 P2 が設けられるごとに反転しなくてもよい。すなわち、本実施形態においては、放電灯 90 に同じ極性の直流電流が供給される第 2 期間 P2 が、2 回以上連続して設けられてもよい。

【0162】

また、本実施形態において制御部 40 は、第 1 直流期間 P31 において放電灯 90 に供給される直流電流の極性および第 2 直流期間 P32 において放電灯 90 に供給される直流電流の極性を、第 3 期間 P3 が設けられるごとに反転しなくてもよい。すなわち、本実施形態においては、2 回以上連続して、第 1 直流期間 P31 において放電灯 90 に供給される直流電流の極性および第 2 直流期間 P32 において放電灯 90 に供給される直流電流の極性がそれぞれ同じである第 3 期間 P3 が設けられてもよい。

【0163】

また、本実施形態において制御部 40 は、駆動サイクル C2 において第 3 期間 P3 の長さ t3 を大きくした後、ランプ電圧 V1a が第 1 所定値 V1a1 以上の場合に、駆動サイクルを駆動サイクル C2 から駆動サイクル C1 に戻す構成としたが、これに限らない。制御部 40 は、駆動サイクル C2 において第 3 期間 P3 の長さ t3 を大きくした後、ランプ電圧 V1a が第 1 所定値 V1a1 (第 1 電圧) よりも大きい第 4 所定値 V1a4 (第 2 電圧) 以上となった場合に、駆動サイクルを駆動サイクル C2 から駆動サイクル C1 に戻してもよい。これにより、制御部 40 は、ランプ電圧 V1a が第 1 所定値 V1a1 よりも大きい第 4 所定値 V1a4 以上となるまで第 3 期間 P3 を含む駆動サイクル C2 および第 3 期間 P3 の長さ t3 を大きくする処理を実行するため、ランプ電圧 V1a をより確実に大きくすることができる。すなわち、放電灯 90 を、ランプ電圧 V1a が第 1 所定値 V1a1 から、より低下し難い状態にすることができる。

【0164】

<第 2 実施形態>

第 2 実施形態は、第 1 実施形態に対して、初期期間 PHF において駆動サイクルが切り換えられず、常に駆動サイクル C2 が実行される点において異なる。すなわち、本実施形

10

20

30

40

50

態において制御部40は、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上の場合においても、混合期間PH1と第3期間P3と第4期間P4とが設けられるように放電灯駆動部230を制御する。本実施形態においてランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上の場合における第3期間P3は、例えば、図11に示す第3期間P3Aである。以下の説明においては、第3期間P3Aの長さt3を、第1長さと呼ぶ。すなわち、本実施形態においてランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上の場合における第3期間P3の長さt3は、第1長さである。

#### 【0165】

図16は、本実施形態における制御部40の制御の一例を示すフローチャートである。図16に示すように、本実施形態において制御部40は、駆動サイクルC2が開始される(ステップS11)と、第3期間P3の長さt3を第1長さに設定する(ステップS12)。言い換えると、制御部40は、第3期間P3を第3期間P3Aに設定する。

10

#### 【0166】

そして、制御部40は、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さいか否かを判断する(ステップS13)。ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上の場合(ステップS13: NO)、制御部40は、第3期間P3の長さt3を第1長さとしたまま、駆動サイクルC2を実行し続ける。一方、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さい場合(ステップS13: YES)、制御部40は、第3期間P3の長さt3が上限値よりも小さいか否かを判断する(ステップS14)。第3期間P3の長さt3が第1長さに設定されている場合、第3期間P3の長さt3は上限値よりも小さい(ステップS14: YES)ため、制御部40は、第3期間P3の長さt3を大きくする(ステップS15)。具体的には、例えば、制御部40は、第3期間P3を図13に示す第3期間P3Bにする。

20

#### 【0167】

第3期間P3の長さt3を大きくした後、制御部40は、再びランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さいか否かを判断し(ステップS13)、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さく(ステップS13: YES)、第3期間P3の長さt3が上限値よりも小さい場合(ステップS14: YES)、再び第3期間P3の長さt3を大きくする(ステップS15)。このようにして、制御部40は、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さい場合、第3期間P3の長さt3を第1長さから段階的に大きくする。

30

#### 【0168】

制御部40は、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さい場合において第3期間P3の長さt3を大きくした後に、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上となつた場合(ステップS13: NO)、第3期間P3の長さt3を第1長さに戻す(ステップS12)。

#### 【0169】

本実施形態によれば、第1実施形態と同様に、放電灯90の電極間距離が小さくなり過ぎることを抑制できる。また、放電灯90のばらつきによらず、初期状態におけるランプ電圧V1aを第1所定値V1a1に維持することができる。また、本実施形態によれば、駆動サイクルを切り換える必要がないため、制御を簡便にできる。

40

#### 【0170】

なお、本実施形態においてランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上のときの第3期間P3の長さt3、すなわち第1長さは、駆動電力Wdに基づいて決められてもよい。例えば、駆動電力Wdが比較的小さい場合には、第1長さを比較的大きくし、駆動電力Wdが比較的大きい場合には、第1長さを比較的小さくしてもよい。

#### 【0171】

また、本実施形態において制御部40は、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さい場合において第3期間P3の長さt3を大きくした後、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1以上の場合に、第3期間P3の長さt3を第1長さに戻す構成としたが、

50

これに限らない。第1実施形態と同様に、制御部40は、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1よりも小さい場合において第3期間P3の長さt3を大きくした後、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1(第1電圧)よりも大きい第4所定値V1a4(第2電圧)以上となった場合に、第3期間P3の長さt3を第1長さに戻してもよい。これにより、第1実施形態と同様に、放電灯90を、ランプ電圧V1aが第1所定値V1a1から、より低下し難い状態にすることができる。

#### 【0172】

なお、上記の各実施形態において、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。

10

#### 【0173】

また、上記の各実施形態において、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。

#### 【0174】

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。

20

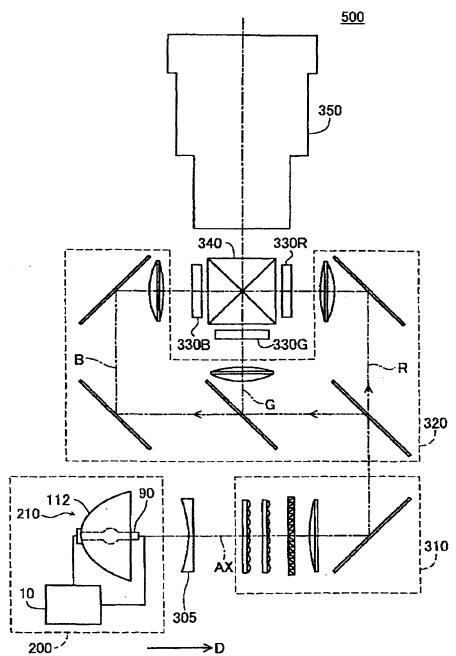
#### 【符号の説明】

#### 【0175】

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、93...第2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(光変調装置)、350...投射光学系、500...プロジェクター、502, 512R, 512G, 512B...画像信号、f1, f11, f12, f13, f14...第1周波数、f2...第2周波数、I...駆動電流、P1...第1期間、P2...第2期間、P3, P3A, P3B, P3C...第3期間、P4...第4期間、P31...第1直流期間、P32...第2直流期間、PH1...混合期間、tt...累積点灯時間、tt1...第2所定値、V1a...ランプ電圧(電極間電圧)、V1a1...第1所定値

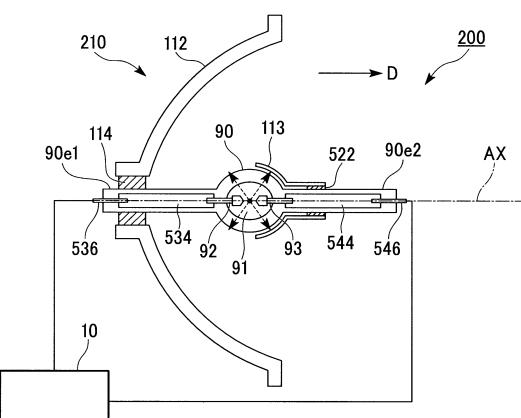
30

【 図 1 】



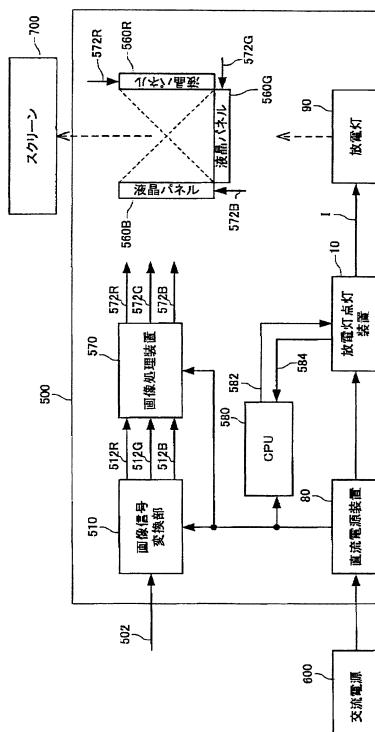
1

【 図 2 】



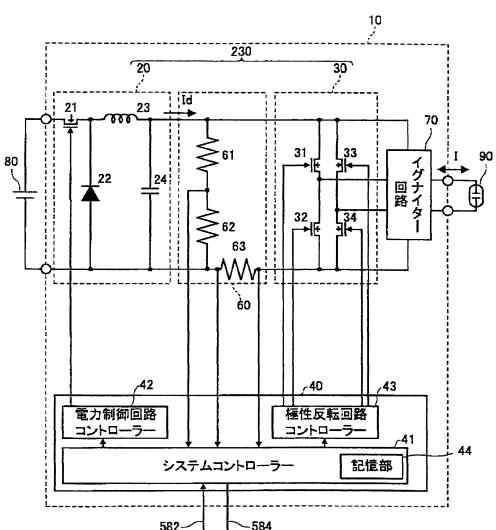
2

【図3】



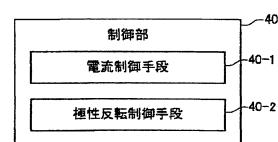
3

【 図 4 】



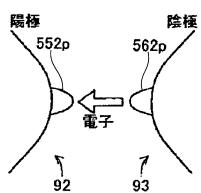
4

〔圖5〕



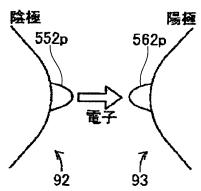
5

【図 6 A】



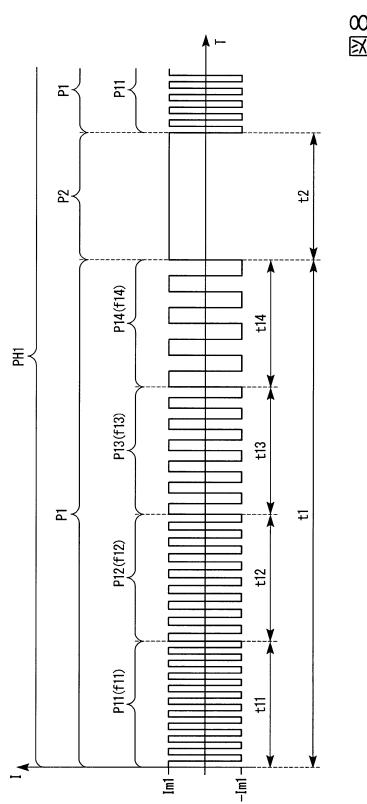
6 A

【図 6 B】

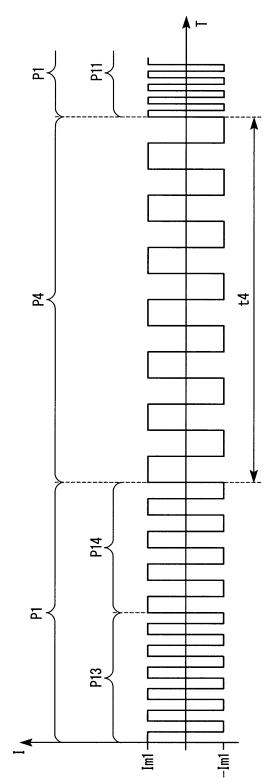


义 6 B

【 四 8 】

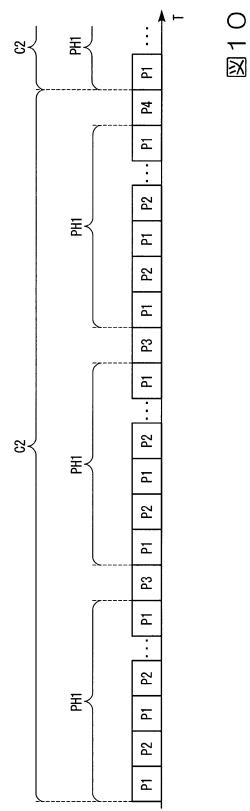


【図9】

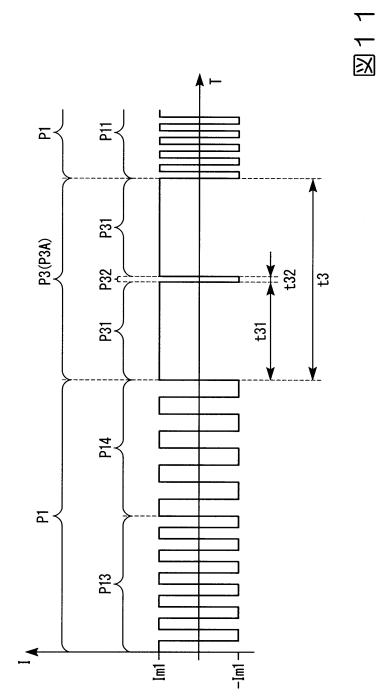


6

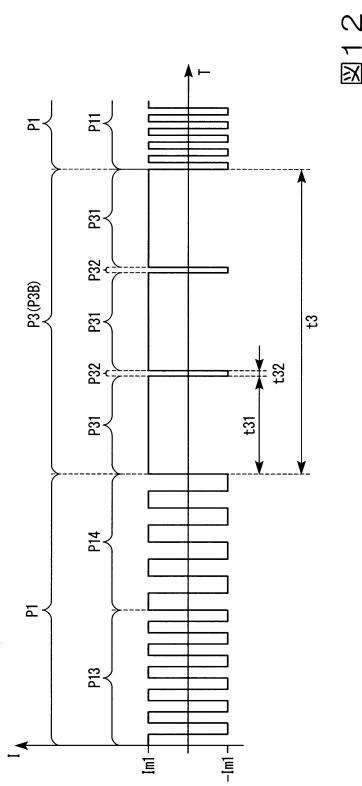
【図10】



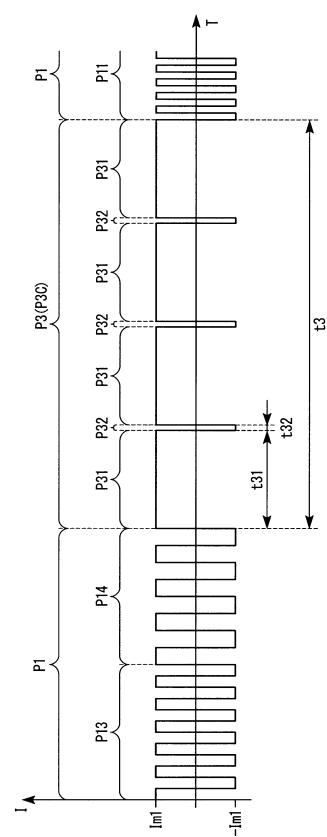
【 図 1 1 】



### 【図12】



【図13】



13

【図14】

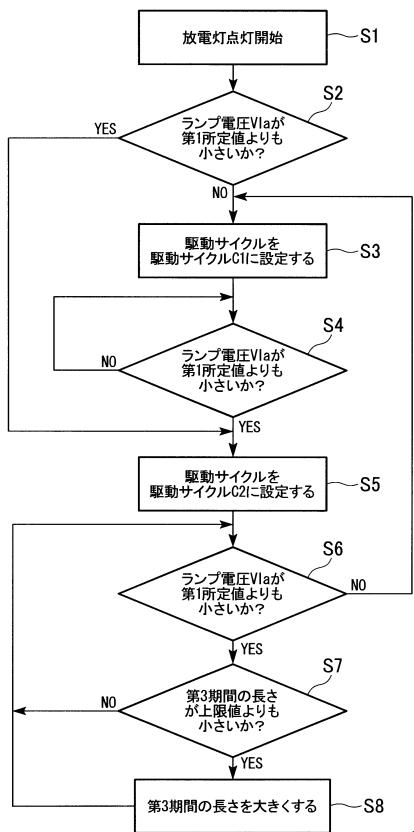


図14

【図15】

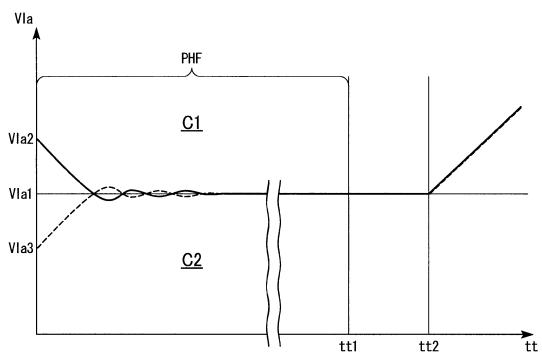


図15

【図16】

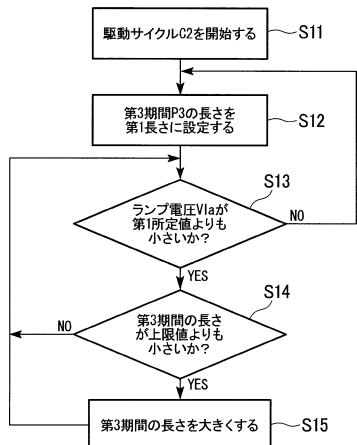


図16

---

フロントページの続き

審査官 安食 泰秀

(56)参考文献 特開2015-170585(JP,A)  
特開2016-186848(JP,A)  
特開2013-098147(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 05 B	4 1 / 2 4
G 03 B	2 1 / 0 0
G 03 B	2 1 / 1 4
H 04 N	5 / 7 4
H 05 B	4 7 / 1 0