

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6003425号
(P6003425)

(45) 発行日 平成28年10月5日(2016.10.5)

(24) 登録日 平成28年9月16日(2016.9.16)

(51) Int.Cl.

H05B 41/24 (2006.01)

F I

H05B 41/24

請求項の数 7 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2012-198165 (P2012-198165)	(73) 特許権者	000002369
(22) 出願日	平成24年9月10日(2012.9.10)		セイコーエプソン株式会社
(65) 公開番号	特開2014-53229 (P2014-53229A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43) 公開日	平成26年3月20日(2014.3.20)	(74) 代理人	100116665
審査請求日	平成27年8月18日(2015.8.18)		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	鬼頭 聡
			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	今岡 紀夫
			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】 放電灯の駆動装置及び駆動方法、光源装置、並びにプロジェクター

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1電極と第2電極とを有する放電灯を駆動する駆動装置であって、
 前記第1電極と前記第2電極との間に交流電流を供給する供給部を備え、
 前記供給部は、
 第1期間において、1kHzより高い第1周波数の第1交流電流と、1kHzより高く
 前記第1周波数と異なる第2周波数の第2交流電流と、を前記第1電極と前記第2電極との
 間に供給し、

前記第1期間を繰り返して前記放電灯を駆動し、

前記第1交流電流および前記第2交流電流は、波形が矩形状の直流交番電流であり、

前記第1交流電流および前記第2交流電流のうち少なくとも一方は、半周期の長さで前
 記第1電極と前記第2電極との間に供給される直流電流であることを特徴とする駆動装置

。

【請求項2】

第1電極と第2電極とを有する放電灯を駆動する駆動装置であって、

前記第1電極と前記第2電極との間に交流電流を供給する供給部を備え、

前記供給部は、

第1期間において、1kHzより高い第1周波数の第1交流電流と、1kHzより高く
 前記第1周波数と異なる第2周波数の第2交流電流と、を前記第1電極と前記第2電極との
 間に供給し、

10

20

前記放電灯の立ち上げ時に前記第 1 期間を繰り返して前記放電灯を駆動し、
所定の条件が満たされた場合に前記第 1 期間を終了させ、前記第 1 期間の後に第 2 期間
と第 3 期間とを交互に繰り返して前記放電灯を駆動し、

前記第 2 期間において、1 k H z より高い第 3 周波数の第 3 交流電流と、1 k H z より
高く前記第 3 周波数と異なる第 4 周波数の第 4 交流電流と、を前記第 1 電極と前記第 2 電
極との間に供給し、

前記第 3 期間において、1 k H z 以下の第 5 周波数の第 5 交流電流を前記第 1 電極と前
記第 2 電極との間に供給することを特徴とする駆動装置。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の駆動装置において、

前記供給部は、前記放電灯の点灯中に前記第 1 期間を繰り返すことを特徴とする駆動装
置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至 3 のうちいずれかに記載の駆動装置と、

前記放電灯と、

を備えたことを特徴とする光源装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の光源装置と、

前記光源装置から射出された光を画像情報に基づいて変調する変調装置と、

前記変調装置により変調された光を投射する投射装置と、

を備えたことを特徴とするプロジェクター。

【請求項 6】

第 1 電極と第 2 電極とを有する放電灯の駆動方法であって、

第 1 期間において、1 k H z より高い第 1 周波数の第 1 交流電流と、1 k H z より高く
前記第 1 周波数と異なる第 2 周波数の第 2 交流電流と、を前記第 1 電極と前記第 2 電極と
の間に供給するステップと、

前記第 1 期間を繰り返すステップと、

を備え、

前記第 1 交流電流および前記第 2 交流電流は、波形が矩形状の直流交番電流であり、

前記第 1 交流電流および前記第 2 交流電流のうち少なくとも一方は、半周期の長さで前
記第 1 電極と前記第 2 電極との間に供給される直流電流であることを特徴とする放電灯の
駆動方法。

【請求項 7】

第 1 電極と第 2 電極とを有する放電灯の駆動方法であって、

第 1 期間において、1 k H z より高い第 1 周波数の第 1 交流電流と、1 k H z より高く
前記第 1 周波数と異なる第 2 周波数の第 2 交流電流と、を前記第 1 電極と前記第 2 電極と
の間に供給するステップと、

前記放電灯の立ち上げ時に前記第 1 期間を繰り返すステップと、

所定の条件が満たされた場合に前記第 1 期間を終了させ、前記第 1 期間の後に第 2 期間
と第 3 期間とを交互に繰り返して前記放電灯を駆動するステップと、

前記第 2 期間において、1 k H z より高い第 3 周波数の第 3 交流電流と、1 k H z より
高く前記第 3 周波数と異なる第 4 周波数の第 4 交流電流と、を前記第 1 電極と前記第 2 電
極との間に供給するステップと、

前記第 3 期間において、1 k H z 以下の第 5 周波数の第 5 交流電流を前記第 1 電極と前
記第 2 電極との間に供給するステップと、

を備えることを特徴とする放電灯の駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電極間の放電により点灯する放電灯の駆動技術に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

プロジェクターなどの画像表示装置の光源として、高圧水銀ランプやメタルハライドランプ等の放電灯が使用されている。この放電灯は、例えば、高周波数の交流電流を供給する駆動方法により駆動される。この駆動方法によれば、放電の安定性が得られ、放電灯本体のいわゆる黒化や失透等を防止することができ、放電灯の寿命の低下を抑制することができる（例えば特許文献1）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

【特許文献1】特開2007-115534号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、交流駆動における放電灯の発光は、交流電流の正負の極性切換えに応じて、一对の電極の近傍におけるプラズマ密度が変化する。このプラズマ密度の変化が内部ガス密度の粗密として現れ、振動となり一对の電極の近傍から内壁に向けて伝搬する。この振動が、内壁で反射し、再度、一对の電極の近傍に戻ってきた場合に、共鳴現象によって振動を強めあうことがある。この共鳴現象により電極に設けられたコイル部が一部破損したり、電極が折れるといった問題がある。共鳴現象が発生する基本周波数を音響共鳴周波数という。共鳴現象は、音響共鳴周波数ばかりでなく、音響共鳴周波数を f_c としたとき、周波数 $f_c / 2n$ （ n は自然数）でも発生する。但し、 n が大きくなるにつれ、振動の振幅は減少する。

20

【0005】

黒化や失透等を防止するために、高周波数の交流電流を供給する場合、低周波数の交流電流を供給する駆動方法と比較して、共鳴現象の影響を受け易いといった問題がある。

本発明は、高周波数の交流電流の供給する場合に、電極などの損傷を低減することなどを解決課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

30

本発明の一態様に係る駆動装置は、放電媒体が封入された空洞部内に第1電極と第2電極とを有する放電灯を駆動するものであって、第1期間において、前記第1電極と前記第2電極との間に1kHzより高い周波数の交流電流を前記第1電極と前記第2電極との間に供給し、前記第1期間の前記交流電流は、1kHzより高い第1周波数の第1交流電流と、1kHzより高く前記第1周波数と異なる第2周波数の第2交流電流とを少なくとも含み、前記第1期間を繰り返して前記放電灯を駆動定することを特徴とする。

【0007】

高周波駆動では、共鳴現象により電極などの損傷が問題となるが、本発明の一態様によれば、高周波駆動において、周波数が相違する第1交流信号と第2交流信号とを放電灯に供給する。これにより、黒化や失透を抑制しつつ、仮に、ある波形で共鳴現象が発生したとしても、周波数の異なる他の波形で共鳴現象が発生する可能性を低減でき、音響共鳴による電極などの損傷、更には光量変化を低減することが可能となる。

40

【0008】

上述した駆動装置の一態様において、前記第1交流電流および前記第2交流電流は、波形が矩形状の直流交番電流であることが好ましい。この場合には、矩形状の直流交番電流を生成すればよいので、比較的簡易なブリッジ回路などで、第1交流電流および第2交流電流を生成できる。

【0009】

上述した駆動装置の一態様において、前記第1交流電流および前記第2交流電流のうち、少なくとも一方は供給時間が半周期以下であり、前記供給時間内における波形が直流電

50

流となることが好ましい。この発明の一態様によれば、第1交流電流および第2交流電流のうち、少なくとも一方は供給時間が半周期以下となるので、一方の交流電流によって共鳴現象は発生しても継続時間を短くすることができ、音響共鳴による電極などの損傷、更には光量変化を低減することが可能となる。

【0010】

上述した駆動装置の一態様において、前記第1期間を所定の条件により終了させた後に、第2期間と第3期間とを交互に繰り返して前記放電灯を駆動し、前記第2期間において、前記第1電極と前記第2電極との間に1kHzより高い周波数の交流電流を前記第1電極と前記第2電極との間に供給する一方、前記第3期間において、1kHz以下の周波数である交流電流を前記第1電極と前記第2電極との間に供給し、前記第2期間に供給する交流電流は、1kHzより高い第3周波数の第3交流電流と、1kHzより高く前記第3周波数と異なる第4周波数の第4交流電流とを少なくとも含み、前記第3期間に供給する交流電流は、1kHz以下の第5周波数の第5交流電流を少なくとも含むことが好ましい。

10

この発明の一態様によれば、第1期間においては、組み合わせ駆動ではなく、あえて高周波駆動を実行するので、動作開始直後の立ち上げ時における電極の形状変化が抑えられるとともに黒化が防止され、さらに、電極などの損傷を低減することができる。さらに、第2期間および第3期間においては、高周波駆動と低周波駆動を交互に実行するので、黒化や失透を抑制しつつ、電極間距離を維持することができるので、放電灯の寿命を延ばすことができる。さらに、電極などの損傷や光量変化を低減することができる。

20

【0011】

次に、本発明に係る光源装置の一態様は、上述した駆動装置と、放電媒体が封入された空洞部内に第1電極と第2電極とを有する放電灯とを備える。この光源装置によれば、黒化や失透を抑制しつつ、電極などの損傷や光量変化を低減することができる。

【0012】

次に、本発明に係るプロジェクターの一態様は、上述した光源装置と、前記放電灯から射出した光を画像情報に基づいて変調する変調装置と、前記変調装置により変調された光を投射する投射装置とを備える。この発明の一態様によれば、黒化や失透を抑制しつつ、電極などの損傷や光量変化を低減することができるので、長時間、安定した画像を表示することができる。

30

【0013】

次に、本発明に係る放電灯の駆動方法の一態様は、放電媒体が封入された空洞部内に配置された第1電極と第2電極とを有する放電灯を駆動する方法であって、第1期間において、前記第1電極と前記第2電極との間に1kHzより高い周波数の交流電流を前記第1電極と前記第2電極との間に供給し、前記第1期間の前記交流電流は、1kHzより高い第1周波数の第1交流電流と、1kHzより高く前記第1周波数と異なる第2周波数の第2交流電流とを少なくとも含み、前記第1期間を繰り返して前記放電灯を駆動することを特徴とする。この発明の一態様によれば、黒化や失透を抑制しつつ、電極などの損傷や光量変化を低減することができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0014】

【図1】第1実施形態に係る光源装置を示す図である。

【図2】同光源装置における放電灯の要部断面図である。

【図3】駆動装置の電氣的な構成を示す図である。

【図4】交流電流の周波数と放電灯の光量の標準偏差との関係の一例を示すグラフである。

。

【図5】高周波駆動の電流波形を示す図である。

【図6】同光源装置における高周波駆動処理の内容を示すフローチャートである。

【図7】第2実施形態に係る同光源装置における組み合わせ駆動を説明するための示す図である。

50

【図 8】実施例 1 ～ 3 の測定結果を示す図である。

【図 9】比較例 1 ～ 6 の測定結果を示す図である。

【図 10】同光源装置を用いたプロジェクターを示す図である。

【図 11】同プロジェクターの光学的な構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照して本発明を実施するための形態の一例について説明する。

< 第 1 実施形態 >

本発明の第 1 実施形態に係る光源装置について説明する。

【0016】

図 1 は、光源装置の構造の一例を示す図である。この図に示されるように、光源装置 1 は、放電灯 500 を有する光源ユニット 110 と、放電灯 500 を駆動する駆動装置 200 とを有する。放電灯 500 は、駆動装置 200 から電力の供給を受けて放電して、光を放射する。

光源ユニット 110 は、放電灯 500 と、凹状の反射面を有する主反射鏡 112 と、出射光をほぼ平行光にする平行化レンズ 114 とを含む。主反射鏡 112 と放電灯 500 とは、接着材 116 により接着されている。また、主反射鏡 112 は、放電灯 500 側の面（内面）が反射面となっており、この反射面は、図示の構成では、回転楕円面をなしている。

【0017】

なお、主反射鏡 112 の反射面の形状は、回転楕円面に限定されず、例えば回転放物面等としても良い。主反射鏡 112 の反射面が回転放物面である場合は、放電灯 500 の発光部を回転放物面のいわゆる焦点に配置すれば、平行化レンズ 114 を省略することができる。

【0018】

放電灯 500 は、放電灯本体 510 と、凹状の反射面を有する副反射鏡 520 とを備える。放電灯本体 510 と副反射鏡 520 とは、副反射鏡 520 が主反射鏡 112 に向かい合っ

て配置されるとともに、上記凹状の反射面が放電灯本体 510 との間に所定の間隔をおいて配置されるように接着材 522 により接着されている。また、副反射鏡 520 は、放電灯 500 側の内面が反射面となっており、この反射面は、図示の構成では、球面をなしている。

【0019】

放電灯本体 510 の中央部は、放電媒体が封入された状態で密閉された空洞部 512 となっている。放電灯本体 510 には、光透過性を有する材料、例えば、石英ガラス等や、光透過性セラミックスなどが材料が用いられる。また、放電媒体とは、例えば放電開始用ガスや、発光に寄与するガスなどであり、このうち、放電開始用ガスとしては、例えばネオン、アルゴン、キセノン等の希ガス等が挙げられ、また、発光に寄与するガスとしては、例えば水銀、ハロゲン化金属の気化物等が挙げられる。

放電灯本体 510 には、一对の電極 610、710 と、一对の導電性を有する接続部材 620、720 と、一对の電極端子 630、730 とが設けられている。電極 610、710 は、空洞部 512 に取り付けられている。詳細には、各電極 610、710 の先端部は、放電灯本体 510 の空洞部 512 において、互いに所定距離離間し、互いに対向するように取り付けられている。このうち、電極（第 1 電極）610 と電極端子 630 とは、接続部材 620 により互い電氣的に接続されている。同様に、電極（第 2 電極）710 と電極端子 730 とは、接続部材 720 により互いに電氣的に接続されている。電極端子 630、730 は、それぞれ駆動装置 200 の出力端子に接続されている。

【0020】

駆動装置 200 は、電極端子 630、730 に対し、後述する交流電流（交流電力）を供給する。このため、電極端子 630 に接続部材 620 を介して接続された電極 610 と、電極端子 730 に接続部材 720 を介して接続された電極 710 とにあっては、電位が

10

20

30

40

50

相対的に高くなる正極と、相対的に低くなる負極とで交互に極性が切り替わる。

【 0 0 2 1 】

電極端子 6 3 0、7 3 0 に交流電流が供給されると、空洞部 5 1 2 内にあって電極 6 1 0、7 1 0 の先端部の間でアーク放電が生じ、放電媒体が発光する。アーク放電により発生した光は、アークの発生位置（放電位置）から全方向に向かって放射されるが、当該放射光のうち、電極 7 1 0 の方向に放射された光は、副反射鏡 5 2 0 によって主反射鏡 1 1 2 に向かって反射する。このため、電極 7 1 0 の方向に放射される光を有効に利用することができる。

なお、本実施形態において、放電灯 5 0 0 は、副反射鏡 5 2 0 を備えているが、放電灯 5 0 0 は副反射鏡 5 2 0 を備えていない構成であっても良い。

10

【 0 0 2 2 】

図 2 は、放電灯 5 0 0 の要部断面図の一例である。なお、図 2 では、図 1 における副反射鏡 5 2 0 が省略されている。

図 2 に示されるように、電極 6 1 0 は、芯棒 6 1 2 と、コイル部 6 1 4 と、本体部 6 1 6 とを有している。この電極 6 1 0 は、放電灯本体 5 1 0 内への封入前の段階において、芯棒 6 1 2 に電極材の線材を巻き付けてコイル部 6 1 4 を形成し、形成されたコイル部 6 1 4 を加熱・溶融することにより形成される。これにより、電極 6 1 0 の先端側には、熱容量が大きい本体部 6 1 6 が形成される。電極 7 1 0 についても、芯棒 7 1 2 と、コイル部 7 1 4 と、本体部 7 1 6 とを有しており、電極 6 1 0 と同様に形成される。

なお、各電極 6 1 0、7 1 0 の構成材料としては、例えば、タングステン等の高融点金属材料等が挙げられる。

20

【 0 0 2 3 】

放電灯 5 0 0 を 1 度も点灯させていない状態では、本体部 6 1 6、7 1 6 には、突起 6 1 8、7 1 8 は形成されていないが、後述するように放電灯 5 0 0 をアーク放電 A R によって 1 度も点灯させると、本体部 6 1 6、7 1 6 の先端部に、それぞれ突起 6 1 8、7 1 8 が形成される。この突起 6 1 8、7 1 8 は、放電灯 5 0 0 の点灯中維持されるとともに、また、消灯後も維持される。

【 0 0 2 4 】

図 3 は、光源装置 1、特に駆動装置 2 0 0 の電氣的な構成の一例を示す図である。この図に示されるように、駆動装置 2 0 0 は、交流電流を放電灯 5 0 0 に供給する供給部 3 0 と、供給部 3 0 を制御する制御部 3 3 と、放電灯 5 0 0 の電極間電圧を測定する電圧計 3 5 とを備える。

30

また、供給部 3 0 は、定電流源 3 1 とブリッジ接続されたスイッチ S w 1 ~ S w 4 とを備える。定電流源 3 1 は、その正極出力端（+）から負極出力端（-）に戻ってくる電流値が制御部 3 3 から指定された値で一定となるように制御するものである。

スイッチ S w 1 ~ S w 4 は、それぞれ制御部 3 3 によってオン（閉成）状態、オフ（開放）状態が制御されるものであり、このうち、スイッチ S w 1、S w 4 が組をなして同一状態に制御され、同様にスイッチ S w 2、S w 3 が組をなして同一状態に制御される。ただし、スイッチ S w 1、S w 4 の組と、スイッチ S w 2、S w 3 の組とが同時にオン状態とはならず、互いに排他的にオン状態になるように制御される。

40

スイッチ S w 1 は、定電流源 3 1 の正極出力端（+）と放電灯 5 0 0 の電極端子 6 3 0 との間に電氣的に介挿され、スイッチ S w 2 は、電極端子 6 3 0 と定電流源 3 1 の負極出力端（-）との間に電氣的に介挿されている。スイッチ S w 3 は、定電流源 3 1 の正極出力端（+）と放電灯 5 0 0 の電極端子 7 3 0 との間に電氣的に介挿され、スイッチ S w 4 は、電極端子 7 3 0 と定電流源 3 1 の負極出力端（-）との間に電氣的に介挿されている。

電圧計 3 5 は、定電流源 3 1 の正極出力端（+）と負極出力端（-）と間の電圧を測定して、その測定値を制御部 3 3 に供給する。

【 0 0 2 5 】

この駆動装置 2 0 0 において、制御部 3 3 によってスイッチ S w 1、S w 4 の組がオン

50

状態に制御されるとともに、スイッチ $S w 2$ 、 $S w 3$ の組がオフ状態に制御されたとき、定電流が、電極端子 630 から電極端子 730 に向かって流れる。反対に、スイッチ $S w 1$ 、 $S w 4$ の組がオフ状態に制御されるとともに、スイッチ $S w 2$ 、 $S w 3$ の組がオン状態に制御されたとき、定電流が電極端子 730 から電極端子 630 に向かって流れる。このため、制御部 33 がスイッチ $S w 1$ 、 $S w 4$ の組とスイッチ $S w 2$ 、 $S w 3$ の組とに対するオン、オフ状態を交互に切り替えると、電極 610、710 の間に交流電流が流れるとともに、オン、オフ状態の切り替え周期を短くすると、当該交流の周波数が高くなることになる。

なお、本説明において、電極 610、710 の間に流れる電流（または電圧）については、電極 610 から電極 710 に向かって流れる場合を正の値（正極性）とし、反対に電極 710 から電極 610 に向かって流れる場合を負の値（負極性）とする。ただし、電圧計 35 で測定される電圧は、電極 610、710 に流れる電流の方向にかかわらず、電極 610、710 の間の電圧の絶対値（正值）である。

【0026】

駆動装置 200 から放電灯 500 に供給される交流電流について説明する。本実施形態においては、所定周波数以上の交流電流を放電灯 500 に供給する高周波駆動において、周波数が所定周波数以上であり且つ周期が互いに相違する複数種類の波形を切り替えて交流電流を生成する。

高周波駆動によれば、上述したように放電の安定性が得られるほか、電極 610、710 を含む放電灯 500 での温度変化が小さいため、黒化を抑制・回復するための化学反応が安定的となり、黒化や、それに伴う失透等を防止することができる。

【0027】

ところで、交流駆動における放電灯 500 の発光は、交流電流の正負の極性切換えに応じて、電極 610、710 の近傍におけるプラズマ密度が変化する。このプラズマ密度の変化が内部ガス密度の粗密として現れ、振動となり空洞部 512 の中心から内壁に向けて伝搬する。この振動が、空洞部 512 の内壁で反射し、再度、電極 610、710 の近傍に戻ってきた場合に、共鳴現象によって振動を強めあうことがある。そのような交流電流の周波数を音響共鳴周波数 f_c という。音響共鳴周波数 f_c は放電灯 500 の形状及び内部ガスなどによって定まる。

【0028】

共鳴現象によって、電極 610、710 が振動し、コイル部 614 及びコイル部 714 が一部破損したり、あるいは電極 610、710 が折れるといった問題があり、更には、プラズマの粗密によって光量に変化し、発光が不安定になるといった問題が発生する。

音響共鳴周波数 f_c は、放電灯 500 の形状にもよるが、プロジェクターに用いられる小型のものでは、数十 $k H z$ （例えば 60 $k H z$ ）であることが多い。但し、交流電流の周波数が $f_c / 2n$ （但し、 n は自然数）の場合にも音響共鳴が発生する。

【0029】

図 4 に、交流電流の周波数と放電灯 500 の光量の標準偏差との関係の一例を示す。光量のピークは共鳴現象によって発生し、周波数が低下するにつれ光量変化も次第に低下する。そして、低周波駆動（1 $k H z$ 未満）では、共鳴現象の影響がなくなっており、高周波駆動で問題となる音響共鳴によるコイル部や電極の破損、更には光量変化を低減する観点から、交流電流の周波数は、共鳴現象が発生しない周波数に設定することが好ましい。

【0030】

しかし、音響共鳴周波数 f_c は、上述したように放電灯 500 の形状や内部ガスによって定まるが、放電灯 500 の製造ばらつきによって音響共鳴周波数 f_c が変化する。このため、量産される放電灯 500 の全てについて共鳴現象が発生しないように、交流電流の周波数を設定するのは困難である。

【0031】

そこで、本実施形態では、共鳴現象の影響を受け易い高周波駆動において、周波数が所定周波数以上であり且つ周期が互いに相違する複数種類の波形を切り替えて交流電流を生

10

20

30

40

50

成する。すなわち、高周波駆動の期間においては、複数種類の周波数を切り替えて交流電流を生成する。この結果、仮に、高周波駆動で選択した複数種類の周波数の一つで共鳴現象が発生したとしても、他の周波数で共鳴現象が発生する可能性を低減でき、音響共鳴によるコイル部や電極の破損、更には光量変化を低減することが可能となる。

【0032】

高周波駆動の交流電流波形の具体例を図5に示す。波形例1は、周期 T_1 （周波数 f_1 ）の1周期の波形 周期 T_2 （周波数 f_2 ）の1周期の波形 周期 T_3 （周波数 f_3 ）の1周期の波形 周期 T_4 （周波数 f_4 ）の1周期の波形を1単位とし、これを繰り返すようになっている。

【0033】

次に、波形例2は、周期 T_1 （周波数 f_1 ）の2周期の波形 周期 T_2 （周波数 f_2 ）の2周期の波形 周期 T_3 （周波数 f_3 ）の2周期の波形 周期 T_4 （周波数 f_4 ）の2周期の波形を1単位とし、これを繰り返すようになっている。

【0034】

次に、波形例3は、周期 T_1 （周波数 f_1 ）の半周期の波形 周期 T_2 （周波数 f_2 ）の半周期の波形 周期 T_3 （周波数 f_3 ）の半周期の波形 周期 T_4 （周波数 f_4 ）の半周期の波形 周期 T_5 （周波数 f_5 ）の半周期の波形を1単位とし、これを繰り返すようになっている。上述したように共鳴現象は、内部ガス密度の粗密が振動となり、空洞部512の内壁で反射し、電極610、710の近傍に至る際に振動を強めあうことにより発生する。したがって、振動が繰り返し強めあうことにより、振幅が大きくなっていく。波形例3では、半周期ごとに周波数を切り替えるので、ある波形の周波数が音響共鳴を引き起こしても、次の半周期では、異なる周波数の波形が選択される。異なる周波数の波形が選択されることによって、振動を強めあう可能性を減らすことができる。よって、波形例3によれば、コイル部の一部破損や電極の折れを大幅に抑制することができる。

【0035】

また、波形例3では、奇数種類（3以上）の波形を半周期ごとに反転するように切り替える。この場合、奇数番目の単位期間（第1期間）と偶数番目の単位期間（第1期間）で正極性の時間と負極性の時間を等しくするのができる。これによって、電極610、710の温度負荷を同程度にすることができ、放電灯500の寿命を延ばすことが可能となる。なお、偶数種類（2以上）の波形を半周期ごとに反転するように切り替えてもよい。

また、波形例1乃至3では、波形が矩形状の直流交番電流となっている。すなわち、直流を切り替えることによって交流電流を生成している。さらに、高周波駆動の第2期間にあっては、第1周波数の前記第1交流電流および第2周波数の第2交流電流のうち、少なくとも一方は供給時間が半周期以下であってもよい。この供給時間内における波形は直流電流となる。

【0036】

次に、図6は、高周波駆動で実行される高周波駆動処理のフローチャートである。この例では、図5に示す波形例2を生成するものとする。駆動が開始されると、制御部33は、第1周期 T_1 （周波数 f_1 ）の波形を選択し（ステップS10）、この後、所定周期が経過したか否かを判定する（ステップS11）。この例では、所定周期は2周期であるから、制御部33は、周波数 f_1 の波形を2周期分、生成したか否かを判定する。所定周期が経過していない場合には、制御部33は、処理をステップS10に戻し、2周期が経過するまで、ステップS10及びステップS11を繰り返す。

【0037】

そして、周波数 f_1 の波形を2周期分、生成すると、ステップS11の判定結果は「YES」となり、制御部33は、第2周期 T_2 （周波数 f_2 ）の波形を選択し（ステップS12）、この後、所定周期が経過したか否かを判定する（ステップS13）。周波数 f_2 の波形を2周期分、生成すると、ステップS23の判定結果は「YES」となり、制御部33は、第3周期 T_3 （周波数 f_3 ）を選択し（ステップS14）、この後、所定周期が経過したか否かを判定する（ステップS15）。周波数 f_3 の波形を2周期分、生成する

と、ステップS 2 5 の判定結果は「Y E S」となり、制御部 3 3 は、第 4 周期 T 4 (周波数 f 4) の波形を選択し(ステップS 1 6)、この後、所定周期が経過したか否かを判定する(ステップS 1 7)。周波数 f 4 の波形を 2 周期分、生成すると、ステップS 1 7 の判定結果は「Y E S」となり、制御部 3 3 は、処理をステップS 1 0 に戻す。これにより、周波数 f 1 の波形 周波数 f 2 の波形 周波数 f 3 の波形 周波数 f 4 の波形が繰り返し選択される。

【 0 0 3 8 】

なお、この例では、所定周期は 2 周期であったが、図 5 に示す波形例 1 を生成する場合は所定周期は 1 周期であり、図 5 に示す波形例 3 を生成する場合は所定周期は半周期である。更に、複数種類の周波数において、所定周期は同一でなくてもよく任意である。例えば、周波数 f 1 を 1 周期、周波数 f 2 を 1.5 周期、周波数 f 3 を 2 周期、周波数 f 4 を 2.5 周期としてもよい。くわえて、複数種類の周波数を選択する順序は、単位期間ごとに一定でなくてもよく、ランダムであってもよいし、予め定められた順序であってもよい。例えば、第 1 番目の単位期間では、周波数 f 1 周波数 f 2 周波数 f 3 周波数 f 4、第 2 番目の単位期間では、周波数 f 2 周波数 f 3 周波数 f 4 周波数 f 1 であってもよい。また、同一周波数を連続させない観点から、ある単位期間の終わりに選択する周波数と、次の単位期間の最初に選択する周波数とが異なるように設定することが好ましい。

【 0 0 3 9 】

< 第 2 実施形態 >

上述した第 1 実施形態においては、高周波駆動において周期が互いに相違する複数種類の波形を切り替えて交流電流を生成することにより、黒化や、それに伴う失透等を防止しつつ、コイル部の一部破損や電極折れを低減した。しかしながら、高周波駆動では、電極 6 1 0、7 1 0 の間で発生するアーク放電のために、当該電極 6 1 0、7 1 0 が高温になって溶融するので、電極間の距離が徐々に広がってくる。電極間の距離が広がると、光の利用効率が低下するだけでなく、電極間のインピーダンスが変化して、無効電力が増加する結果、効率が低下するなどの問題が発生する。

一方、低周波駆動によれば、放電灯が点灯している際、電極 6 1 0、7 1 0 の先端に突起が形成されるとともに、溶融と凝固との繰り返しによって当該突起が成長するので、電極間が狭い状態を維持することができる。

ただし、低周波電流を放電灯 5 0 0 に供給する駆動方法では、放電灯 5 0 0 での温度変化が大きいと、黒化を抑制するための化学反応が不安定的となり、黒化や失透等が生じて放電量の寿命が低下する、という問題がある。

【 0 0 4 0 】

そこで、第 2 実施形態では、図 7 に示されるように、所定の条件(例えば所定時間の経過)が充足されて第 1 期間が終了した後、高周波駆動を行う第 2 期間と低周波駆動を行う第 3 期間とを組み合わせることで交互に切り替える組み合わせ駆動を採用する。

ところで、放電灯がプロジェクターなどの光源として用いられる場合、電源のオン(投入)、オフ(遮断)が何度も繰り返される。

前回の使用状態から十分に時間が経過した状態において放電灯 5 0 0 の電極温度はほぼ室温であり、また、空洞部 5 1 2 の圧力は低い。一方で、放電灯 5 0 0 の定格状態において放電灯 5 0 0 の電極 6 1 0、7 1 0 の温度は極めて高く(1000 以上)、また、空洞部 5 1 2 の圧力も高い(50 a t m 以上)。このため、電源が投入されてから定常状態までに放電灯 5 0 0 を素早く移行させるためには、電源投入後から定常状態に近い、または、定常状態と同等な電流を放電灯 5 0 0 に供給する必要がある。しかしながら、電源投入後において、電極 6 1 0、7 1 0 には多大な熱負荷がかかるため、先端に形成された突起 6 1 8、7 1 8 が変形したり、電極の昇華に起因する黒化が発生したりする。

【 0 0 4 1 】

このため、本実施形態では、図 7 に示されるように、電源投入直後の第 1 期間においては、組み合わせ駆動ではなく、あえて高周波駆動を実行する。この場合の高周波駆動は、上述した第 1 実施形態と同様に周期の異なる複数種類の波形を切り替えて実行する。これ

により、立ち上げ時における電極 6 1 0、7 1 0 の形状変化が抑えられるとともに黒化が防止され、さらに、コイル部や電極の損傷を低減することができる。制御部 3 3 は、所定の条件が充足されたら第 1 期間を終了する。例えば、電源投入からの時間が所定時間に達したことであってもよい。

【 0 0 4 2 】

次に、第 1 期間の後の第 2 期間および第 3 期間において組み合わせ駆動を実行して、電極間距離の維持と黒化の防止との両立を図る。このとき、組み合わせ駆動においては、先に高周波駆動とする。これにより、仮に立ち上げ時に突起 6 1 8、7 1 8 が変形したとしても、当該変形部分は、組み合わせ駆動における高周波駆動によって溶解するとともに表面張力によって滑らかになる、すなわち形状がリセットされるので、組み合わせ駆動が正10

常に継続することができる。なお、第 2 期間の高周波駆動においても、第 1 実施形態と同様に周期の異なる複数種類の波形を切り替えて交流電流を生成する。

より具体的には、第 1 期間の交流電流は、1 k H z より高い第 1 周波数の第 1 交流電流と、1 k H z より高く前記第 1 周波数と異なる第 2 周波数の第 2 交流電流とを少なくとも含む。また、第 2 期間に供給する交流電流は、1 k H z より高い第 3 周波数の第 3 交流電流と、1 k H z より高く前記第 3 周波数と異なる第 4 周波数の第 4 交流電流とを少なくとも含む。さらに、第 3 期間に供給する交流電流は、1 k H z 以下の第 5 周波数の第 5 交流電流を少なくとも含む。

【 0 0 4 3 】

また、第 2 期間の組み合わせ駆動では、第 1 に、電極 6 1 0、7 1 0 の間の電圧に上限20 値 V_{max} 及び下限値 V_{min} を予め設定しておく。上述したように、駆動装置 2 0 0 は、電極 6 1 0、7 1 0 には定電流を流すので電極間距離が広がるにつれて、電極 6 1 0、7 1 0 の間の電圧が高くなる。このため、電極間電圧は、電極 6 1 0、7 1 0 の距離を示すことになる。

第 2 に、例えば高周波電流を供給しつつ、電極間電圧を測定し、当該測定電圧が上限値 V_{max} に達したとき、高周波駆動から低周波駆動に切り替える。なお、低周波駆動に切り替えると、図 7 に示されるように、電極間電圧が低下して、電極間距離が次第に狭まる。一方で、黒化が発生するのは避けられない。

第 3 に、測定した電圧が下限値 V_{min} に達したとき、低周波駆動から高周波駆動に切り替える。なお、高周波駆動に切り替えると、同図に示されるように、電極間電圧が徐々に30 上昇して、電極間距離が徐々に広がる、一方で、低周波駆動で発生した黒化は、上記化学反応によって回復する場合がある。

即ち、高周波駆動の第 2 期間中の予め定められた電流値を印加したときの電極間電圧である第 1 電圧値を測定し、低周波駆動の第 3 期間の中の予め定められた電流値を印加したときの電極間電圧である第 2 電圧値を測定し、第 1 電圧値が予め定められた上限値 V_{max} (第 1 の閾値) を越えたときに第 2 期間から第 3 期間に遷移させ、第 2 電圧値が予め定められた下限値 V_{min} (第 2 の閾値) を越えたときに第 3 期間から第 2 期間に遷移させる。

【 0 0 4 4 】

この組み合わせ駆動によれば、電極間距離が、電極間電圧の下限値 V_{min} に相当する距離から上限値 V_{max} に相当する距離までの範囲に保たれるとともに、高周波駆動のときには、黒化が発生しないだけでなく、低周波電流が供給されているときに発生した黒化も回復する場合もある。このため、電極間距離の維持と黒化の防止との両立を図ることができる。なお、高周波駆動と低周波駆動との境界となる所定周波数は、電極間距離を所定範囲内に保ち、黒化を抑制する観点から決定すればよく、この例では 1 k H z を採用する。また、低周波駆動の周波数は 1 0 H z 以上 1 k H z 以下が好ましく、高周波駆動の周波数は 1 k H z を超え 1 0 G H z 未満が好ましい。

なお、最初の第 2 期間の高周波駆動においては、第 1 期間の高周波駆動によって電極間距離が広がるので、第 2 期間の移行したときに電極間電圧が上限値に達している、または、すでに超えている場合がある。この場合、先に述べた組み合わせ駆動においては、直ちに第 3 期間の低周波駆動に切り替わってしまうが、最初の第 2 期間の高周波駆動では制御50

部 3 3 は、電圧計 3 5 からの電圧を無視して強制的に高周波駆動としてもよい。このとき、高周波駆動の時間的な長さとしては、例えば 5 分に設定される。

また、第 1 期間の直後に第 3 期間の低周波駆動を実行してもよい。さらに、高周波駆動と低周波駆動との間の切替は、電極間電圧に基づくものでなくてもよく、所定の切替条件を充足したことを制御部 3 3 で判定してもよい。例えば、高周波駆動の時間と低周波駆動の時間を各々定めておき、当該時間に達したら高周波駆動と低周波駆動とを切替てもよい。

【 0 0 4 5 】

次に、本発明の実施例について比較例と対比して説明する。

ここで、実施例は、図 1 及び図 3 に示した光源装置 1 であって、図 2 に示した放電灯 5 0 0 が用いられる。この実施例の駆動条件は以下の通りである。 10

【 0 0 4 6 】

< 実施例 1 >

放電灯本体の構成材料：石英ガラス

放電灯本体内の封入物：アルゴン、水銀、臭素メチル

放電灯本体内の点灯時の気圧：2 0 0 a t m

電極の構成材料：タングステン

電極間距離：1 . 1 m m

定格電力：2 0 0 W

交流電流値（平均）：2 . 9 A 20

低周波電流の周波数：1 3 5 H z （矩形波、Duty比50%）

高周波電流の周波数：4 周期毎に 5 k H z 4 . 5 4 k H z 4 . 1 6 k H z 3 . 8 6 k H z 3 . 5 5 k H z 3 . 3 3 k H z とし、以降繰り返す。

【 0 0 4 7 】

< 実施例 2 >

高周波電流の周波数：1 周期毎に 5 k H z 4 . 5 4 k H z 4 . 1 6 k H z 3 . 8 6 k H z 3 . 5 5 k H z 3 . 3 3 k H z とし、以降繰り返す。

他の条件は実施例 1 と同じ

【 0 0 4 8 】

< 実施例 3 >

高周波電流の周波数：半周期毎に 5 k H z 4 . 5 4 k H z 4 . 1 6 k H z 3 . 8 6 k H z 3 . 5 5 k H z 3 . 3 3 k H z とし、以降繰り返す。

他の条件は実施例 1 と同じ

【 0 0 4 9 】

< 比較例 1 >

高周波電流の周波数：5 k H z （矩形波、Duty比50%）

他の条件は実施例 1 と同じ

【 0 0 5 0 】

< 比較例 2 >

高周波電流の周波数：4 . 1 6 k H z （矩形波、Duty比50%） 40

他の条件は実施例 1 と同じ

【 0 0 5 1 】

< 比較例 3 >

高周波電流の周波数：3 . 8 6 k H z （矩形波、Duty比50%）

他の条件は実施例 1 と同じ

【 0 0 5 2 】

< 比較例 4 >

高周波電流の周波数：3 . 3 3 k H z （矩形波、Duty比50%）

他の条件は実施例 1 と同じ

【 0 0 5 3 】

< 比較例 5 >

低周波駆動を無くし高周波駆動のみ

高周波電流の周波数：5 k H z（矩形波、Duty比50%）

他の条件は実施例 1 と同じ

【 0 0 5 4 】

< 比較例 6 >

低周波駆動を無くし高周波駆動のみ

高周波電流の周波数：

1 周期毎に 5 k H z 4 . 5 4 k H z 4 . 1 6 k H z 3 . 8 6 k H z 3 . 5 5 k H z 3 . 3 3 k H z とし、以降繰り返す。

【 0 0 5 5 】

< 評価 >

実施例 1 ～ 3 及び比較例 1 ～ 6 について、各 5 本のサンプルについて点灯試験を行い 2 0 0 時間経過した時点で電極状態を調べた。実施例 1 ～ 3 の評価結果を図 8 に示し、比較例 1 ～ 6 の評価結果を図 9 に示す。なお、電極間維持は電極間電圧について評価し、電極間電圧が 7 0 V ～ 8 0 V は「良好」、8 0 V ～ 1 0 0 V は「普通」、1 0 0 V 以上は「不良」と評価した。また、黒化については、いずれの箇所にも黒化が無い状態を「良好」、電極の根元部分に黒化が認められる場合を「普通」、管全体に黒化が認められる場合を「不良」と評価した。

図 8 及び図 9 に示すように、比較例 1 ～ 4 ではコイル取れ、電極折れが発生している。比較例 5 ではコイル取れ、電極折れが発生し、且つ極間維持もできていない。さらに比較例 6 ではコイル取れ、電極折れはないものの極間維持ができていない。

これに対して、実施例 1 では一部のサンプルでコイル取れがあるものの、電極折れは全くなく、極間維持もできている。実施例 2 及び実施例 3 では、全てのサンプルにおいてコイル取れ、電極折れもなく極間距離も維持できている。これらのことから、第 1 期間において周期が互いに相違する複数種類の波形を切り替えて交流電流を生成することにより、コイル部の一部破損や電極の折れを抑制しつつ、放電灯の寿命を延ばすことができる。

そして、実施例 1 から明らかなように、4 周期毎に波形を切り替えることによって、コイル部や電極への損傷を低減でき、また、実施例 3 から明らかなように、半周期毎に波形を切り替えると、更に、コイル部や電極への損傷を低減できる。よって、第 1 期間において複数種類の波形の一つを選択する時間は、選択された一種類の波形の半周期以上 4 周期以下とすることが好ましい。

【 0 0 5 6 】

< プロジェクター >

次に、上述した光源装置 1 を適用したプロジェクターの一例について説明する。

図 1 0 は、このプロジェクターの外観構成の一例を示す図である。この図に示されるように、プロジェクター 2 1 0 0 は据え置き型であり、その正面に、映像を投射するための投射レンズ 2 1 1 4 が設けられ、その天板に、電源の投入 / 遮断を指示するプッシュオン型のスイッチ 3 8 が設けられている。

【 0 0 5 7 】

図 1 1 は、プロジェクター 2 1 0 0 の光学的構成の一例を示す平面図である。

この図に示されるように、プロジェクター 2 1 0 0 は、透過型の液晶ライトバルブ 1 0 0 R、1 0 0 G、1 0 0 B を用いた、いわゆる 3 板式である。

プロジェクター 2 1 0 0 の内部には、上述した光源装置 1 が設けられ、駆動装置 2 0 0 から放電灯 5 0 0 に交流電流が供給されて、白色光が当該放電灯 5 0 0 から放出されるとともに、主反射鏡などの光学部材によって図において 3 時方向に射出する。射出された白色光は、内部に配置された 3 枚のミラー 2 1 0 6 及びダイクロイックミラー 2 1 0 8、2 1 0 9 によって R（赤）、G（緑）、B（青）の 3 原色に分離されて、各原色に対応する液晶ライトバルブ 1 0 0 R、1 0 0 G 及び 1 0 0 B にそれぞれ入射する。詳細には、ダイクロイックミラー 2 1 0 8 は、図において 9 時方向から入射した白色光のうち、R の波長

10

20

30

40

50

域の光を透過し、残りの G、B の波長域の光を 6 時方向に反射させる。ダイクロイックミラー 2109 は、12 時方向から入射した G、B の波長域の光のうち、B の波長域の光を透過し、それ以外の G の波長域の光を 3 時方向に反射させる。なお、B は、R や G と比較すると、光路が長いので、その損失を防ぐために、入射レンズ 2122、リレーレンズ 2123 及び出射レンズ 2124 からなるリレーレンズ系 2121 を介して導かれる。

【0058】

プロジェクター 2100 には、R、G、B の各色のそれぞれに対応する映像信号がそれぞれ図示省略した上位回路から供給され、液晶ライトバルブ 100R、100G 及び 100B のそれぞれが、R、G、B のそれぞれに対応する映像信号によって駆動される。これにより、液晶ライトバルブ 100R、100G、100B に入射した光は、その透過率が画素毎に変調されて出射することになる。すなわち、液晶ライトバルブ 100R、100G、100B は、放電灯 500 から射出した光を映像信号（画像情報）に基づいて変調する変調装置として機能する。

液晶ライトバルブ 100R、100G、100B によってそれぞれ変調された光は、ダイクロイックプリズム 2112 に 3 方向から入射する。そして、このダイクロイックプリズム 2112 において、R 及び B の光は 90 度に屈折する一方、G の光は直進する。したがって、各色の変調光が合成された後、投射レンズ 2114 によってカラー画像がスクリーン 2120 に投射されることとなる。これらの光学系は、液晶ライトバルブ 100R、100G、100B によってそれぞれ変調された光を投射する投射装置として機能する。

【0059】

なお、液晶ライトバルブ 100R、100G 及び 100B には、ダイクロイックミラー 2108 によって、R、G、B のそれぞれに対応する光が入射するので、直視型のようにカラーフィルターは設けられない。また、液晶ライトバルブ 100R、100B の透過像は、ダイクロイックプリズム 2112 により反射した後に投射されるのに対し、液晶ライトバルブ 100G の透過像はそのまま投射されるので、液晶ライトバルブ 100R、100B による水平走査方向は、液晶ライトバルブ 100G による水平走査方向と逆向きにされて、左右反転像が作成される。

【0060】

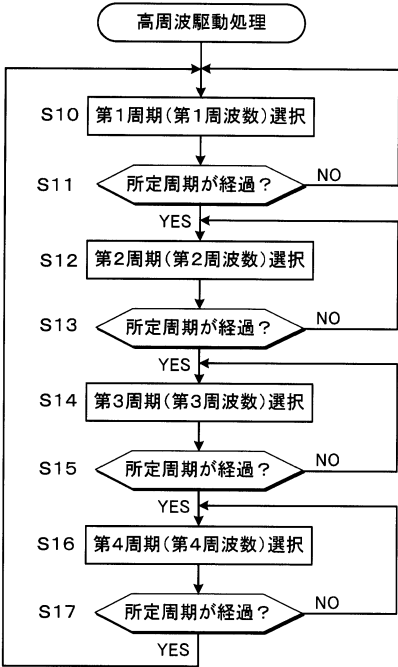
また、変調装置として、液晶ライトバルブ 100R、100G 及び 100B の代わりにマイクロミラーの集合体素子である DMD (Digital Mirror Device) を用いて DLP (Digital Light Processing) 方式のプロジェクターを構成してもよい。DMD は、多数の微細なマイクロミラーを 1 枚のパネル状に形成したものである。これらのマイクロミラーは、それぞれ ± 10 度程度傾けることが可能に装着されている。1 つのミラーは、1 つの画素に対応して例えば $+10$ 度に傾いた時に放電灯 500 からの入射光を投射レンズの方向に反射し、 -10 度に傾いた時に投射レンズの方向に反射しないように作用させる。従って、表示映像のデジタル信号を受け取った DMD がそのミラー 1 つ 1 つの傾斜角度を変え、光源ランプから発せられた光のオン/オフを行う仕組みになっており、オン/オフというデジタルで色階調を制御できるため、色ムラの無い鮮明な画像を得ることができるプロジェクターとして構成することが可能である。さらに DLP 方式のプロジェクターとしては、カラーホイールと 1 枚の DMD の構成であっても良い。

【符号の説明】

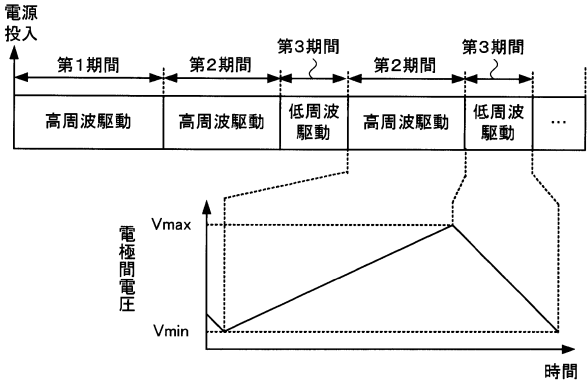
【0061】

1 ... 光源装置、30 ... 供給部、31 ... 定電流源、33 ... 制御部、35 ... 電圧計、Vmax ... 上限値、Vmin ... 下限値、200 ... 駆動装置、500 ... 放電灯、610, 710 ... 電極、100R, 100G, 100B ... 液晶ライトバルブ、2100 ... プロジェクター。

【図 6】



【図 7】



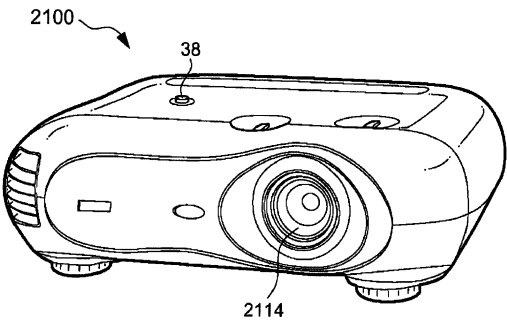
【図 8】

		サンプル1	サンプル2	サンプル3	サンプル4	サンプル5
実施例 1	コイル取れ	無し	無し	無し	有り	有り
	電極折れ	無し	無し	無し	無し	無し
	電極間維持	良好	良好	良好	良好	良好
	黒化	良好	良好	良好	良好	良好
実施例 2	コイル取れ	無し	無し	無し	無し	無し
	電極折れ	無し	無し	無し	無し	無し
	電極間維持	良好	良好	良好	良好	良好
	黒化	良好	良好	良好	良好	良好
実施例 3	コイル取れ	無し	無し	無し	無し	無し
	電極折れ	無し	無し	無し	無し	無し
	電極間維持	良好	良好	良好	良好	良好
	黒化	良好	良好	良好	良好	良好

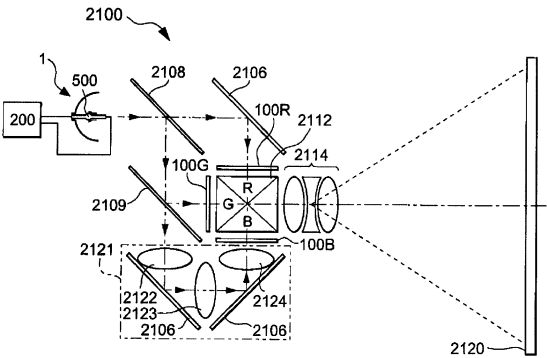
【図 9】

		サンプル1	サンプル2	サンプル3	サンプル4	サンプル5
比較例 1	コイル取れ	有り	有り	有り	有り	有り
	電極折れ	無し	有り	有り	有り	有り
	電極間維持	良好	—	—	—	—
	黒化	良好	—	—	—	—
比較例 2	コイル取れ	有り	有り	有り	有り	有り
	電極折れ	無し	無し	有り	有り	有り
	電極間維持	良好	良好	—	—	—
	黒化	良好	良好	—	—	—
比較例 3	コイル取れ	有り	有り	有り	有り	有り
	電極折れ	無し	無し	無し	無し	有り
	電極間維持	良好	良好	良好	良好	—
	黒化	良好	良好	良好	良好	—
比較例 4	コイル取れ	有り	有り	有り	有り	有り
	電極折れ	無し	無し	無し	有り	有り
	電極間維持	良好	良好	良好	—	—
	黒化	良好	良好	良好	—	—
比較例 5	コイル取れ	有り	有り	有り	有り	有り
	電極折れ	有り	有り	有り	有り	有り
	電極間維持	—	—	—	—	—
	黒化	—	—	—	—	—
比較例 6	コイル取れ	無し	無し	無し	無し	無し
	電極折れ	無し	無し	無し	無し	無し
	電極間維持	不良	不良	不良	不良	不良
	黒化	良好	良好	良好	良好	良好

【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

審査官 三島木 英宏

(56)参考文献 米国特許出願公開第2009/0091269(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H05B 41/24