

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6691663号
(P6691663)

(45) 発行日 令和2年5月13日(2020.5.13)

(24) 登録日 令和2年4月15日(2020.4.15)

(51) Int.Cl.	F I
H05B 45/00 (2020.01)	H05B 37/02 J
H02M 3/155 (2006.01)	H02M 3/155 H

請求項の数 5 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-59104 (P2016-59104)	(73) 特許権者	000003757
(22) 出願日	平成28年3月23日 (2016. 3. 23)		東芝ライテック株式会社
(65) 公開番号	特開2017-174618 (P2017-174618A)		神奈川県横須賀市船越町1丁目201番1
(43) 公開日	平成29年9月28日 (2017. 9. 28)	(74) 代理人	100108062
審査請求日	平成30年9月11日 (2018. 9. 11)		弁理士 日向寺 雅彦
		(74) 代理人	100168332
			弁理士 小崎 純一
		(74) 代理人	100146592
			弁理士 市川 浩
		(72) 発明者	北村 紀之
			神奈川県横須賀市船越町1丁目201番1
			東芝ライテック株式会社内
		審査官	田中 友章

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電源装置および照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ノーマリオン形の第1トランジスタと、
 制御端子を有し、前記第1トランジスタに一方の主端子で接続されたノーマリオン形の第2トランジスタと、
 入力レベルに応じて発光する発光素子と、
 前記制御端子と前記第2トランジスタの他方の主端子との間に接続され、前記発光素子からの発光量に応じた電圧を出力する受光素子と、
 前記発光素子の入力レベルによって、前記受光素子から前記制御端子に供給される、前記他方の主端子に対する負電圧の値を制御する制御回路と、
 交流電圧を脈流電圧に変換する整流回路と、
 を備え、
 前記第2トランジスタは、前記負電圧によって前記第1トランジスタに流れる電流値を設定し、
 前記制御回路は、前記脈流電圧に応じて前記入力レベルを変化させる電源装置。

【請求項 2】

前記制御回路は、出力電流を検出して制御信号を生成し、前記制御信号に応じて前記入力レベルを変化させる請求項1記載の電源装置。

【請求項 3】

前記第2トランジスタは、Ga Nを含むn形層を有し、

10

20

前記受光素子は、前記第 2 トランジスタの n 形層上に p 形領域を設けたことによって形成された発光領域を含む請求項 1 または 2 に記載の電源装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載された電源装置と、
前記電源装置から電力供給されて点灯する照明負荷と、
を備えた照明装置。

【請求項 5】

ノーマリオン形の第 1 トランジスタと、
制御端子を有し、前記第 1 トランジスタに一方の主端子で接続されたノーマリオン形の第 2 トランジスタと、
入力レベルに応じて発光する発光素子と、
前記制御端子と前記第 2 トランジスタの他方の主端子との間に接続され、前記発光素子からの発光量に応じた電圧を出力する受光素子と、
を含む電源装置と、
前記電源装置から電力供給されて点灯する照明負荷と、
を備え、
前記受光素子は、前記制御端子に、前記他方の主端子に対して負電圧を供給し、
前記照明負荷は、前記発光素子を含む照明装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明の実施形態は、電源装置および照明装置に関する。

【背景技術】

【0002】

スイッチング電源回路を用いた電源装置や照明装置では、近年ワイドバンドギャップ半導体材料を用いたスイッチングデバイスが普及し、スイッチング周波数の高周波化と高効率化とを両立させ、電力密度の向上がはかられている。ワイドバンドギャップ半導体材料の中でも、窒化ガリウム (GaN) 等を用いた高電子移動度トランジスタ (High Electron Mobility Transistor、HEMT) の利用が進んでいるが、スイッチング素子をオフさせるために負電源が必要となる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2016 - 5379 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

実施形態は、ノーマリオン形のトランジスタを用いたスイッチング素子を確実にかつ高速にオフさせ、スイッチング周波数の高周波化を実現する電源装置および照明装置を提供する。

40

【課題を解決するための手段】

【0005】

実施形態に係る電源装置は、ノーマリオン形の第 1 トランジスタと、制御端子を有し、前記第 1 トランジスタに一方の主端子で接続されたノーマリオン形の第 2 トランジスタと、入力レベルに応じて発光する発光素子と、前記制御端子と前記第 2 トランジスタの他方の主端子との間に接続され、前記発光素子からの発光量に応じた電圧を出力する受光素子と、前記発光素子の入力レベルによって、前記受光素子から前記制御端子に供給される、前記他方の主端子に対する負電圧の値を制御する制御回路と、交流電圧を脈流電圧に変換する整流回路と、を備える。前記第 2 トランジスタは、前記負電圧によって前記第 1 トランジスタに流れる電流値を設定する。前記制御回路は、前記脈流電圧に応じて前記入力レ

50

ベルを変化させる。

【発明の効果】

【0006】

本実施形態では、第1トランジスタに直列に接続された第2トランジスタによってターンオフする電流値が設定されるので、高速なターンオフが実現される。第2トランジスタのゲートソース間には、発光素子および受光素子によって負電圧が供給されるので、確実にターンオフ時の電流値が設定される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】第1の実施形態に係る電源装置および照明装置を例示するブロック図である。

10

【図2】第2の実施形態に係る電源装置および照明装置の一部を例示するブロック図である。

【図3】図3(a)は、第3の実施形態に係る窒化ガリウム高電子移動度トランジスタを例示する模式的な断面図である。図3(b)は、図3(a)の高電子移動度トランジスタおよび受光素子を含む定電流素子の等価回路図である。図3(c)は、図3(b)の定電流素子の模式的な断面図である。

【図4】第4の実施形態に係る電源装置および照明装置の一部を例示するブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

20

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施形態について説明する。

なお、図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚みと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものと同じとは限らない。また、同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

なお、本願明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には、同一の符号を付して詳細な説明を適宜省略する。

【0009】

(第1の実施形態)

図1は、本実施形態に係る電源装置および照明装置を例示するブロック図である。

図1に示すように、本実施形態の照明装置1は、電源装置10と、照明ユニット3と、を備える。電源装置10は、端子11a~11dを含む。電源装置10は、端子11a, 11bを介して交流電源2に接続される。交流電源2は、たとえば商用電源であり、50Hzまたは60Hzの周波数で100Vまたは200Vの交流電力を照明装置1に供給する。

30

【0010】

照明ユニット3は、端子11c, 11dを介して電源装置10に接続されている。照明ユニット3は、発光素子4を含む。発光素子4は、複数個が直列に接続されていてもよい。発光素子4は、直列に接続されたものが並列に接続されていてもよい。発光素子4は、たとえば半導体発光ダイオード(Light Emitting Diode、以下、LEDという。)等である。照明ユニット3は、電源装置10から出力される電流によって点灯する。照明ユニット3の光量は、電源装置10から出力される電流値にもとづいて決定される。

40

【0011】

照明ユニット3は、端子11c, 11dによって電源装置10の出力に固定して接続されている。照明ユニット3は、図示しないが、接続用の端子を有しており、接続用の端子を介して、電源装置10に着脱可能に接続されていてもよい。

【0012】

電源装置10は、AC-DC変換部20と、DC-DC変換部40と、を含む。AC-DC変換部20は、端子11a, 11bを介して交流電源2に接続される。DC-DC変換部40は、AC-DC変換部20の出力に接続されている。つまり、AC-DC変換部20およびDC-DC変換部40は、縦続に接続されている。DC-DC変換部40は、

50

端子 11c, 11d を介して照明ユニット 3 に接続されている。

【0013】

(AC-DC 変換部 20 の構成および動作)

AC-DC 変換部 20 は、整流回路 22 と、トランス 28 と、定電流回路 25 と、光結合回路 31 と、スイッチング素子 34 と、定電流素子 35 と、ダイオード 36 と、平滑コンデンサ 37 と、を含む。トランス 28、定電流回路 25、光結合回路 31、スイッチング素子 34、定電流素子 35、ダイオード 36、および平滑コンデンサ 37 は、力率改善回路 PFC を構成する。力率改善回路 PFC は、整流回路 22 と、DC-DC 変換部 40 との間に接続され、電源装置 10 に入力する電流波形の高調波を低減して、力率を改善する。

10

【0014】

AC-DC 変換部 20 は、この例のように、交流電源 2 と整流回路 22 との間にノイズフィルタ 21 を設けてもよい。ノイズフィルタ 21 は、電源装置 10 で発生するノイズが交流電源 2 側に伝導しないようにノイズを除去する。

【0015】

力率改善回路 PFC の構成について説明する。

トランス 28 は、主巻線と補助巻線とを含む。主巻線は、整流回路 22 の高電位側出力とスイッチング素子 34 の一方の主端子 (ドレイン端子 D) との間に接続された主インダクタ 29 を構成する。補助巻線は、主巻線と同一の磁心に巻回された補助インダクタ 30 を構成する。補助インダクタ 30 は、スイッチング素子 34 の制御端子 (ゲート端子) と整流回路 22 の低電位側出力との間に接続されている。補助インダクタ 30 は、主インダクタ 29 と磁気結合されているので、主インダクタ 29 の駆動電圧に応じた電圧を出力する。

20

【0016】

スイッチング素子 34 および定電流素子 35 は、直列に接続されている。スイッチング素子 34 の他方の主端子 (ソース端子) は、定電流素子 35 の一方の主端子 (ドレイン端子 D) に接続されている。スイッチング素子 34 のゲート端子と補助インダクタ 30 との間にコンデンサ 27 が接続されている。スイッチング素子 34 は、コンデンサ 27 を介して、補助インダクタ 30 によってゲートソース間に電圧が印加され、スイッチング動作を行う。コンデンサ 27 は、オフ時にスイッチング素子 34 のゲートソース間に負の電圧が印加されるようにするために設けられている。

30

【0017】

スイッチング素子 34 および定電流素子 35 は、いずれもノーマリオン形のトランジスタである。スイッチング素子 34 および定電流素子 35 は、たとえば窒化ガリウム (GaN) を含む高電子移動度トランジスタ (High Electron Mobility Transistor、以下、HEMT という。) である。スイッチング素子 34 および定電流素子 35 は、その他のたとえば III-V 族元素を含む化合物半導体を含む HEMT や接合型 FET であってもよい。以下では、特に断らない限り、スイッチング素子 34 および定電流素子 35 は、GaN を含む HEMT であるものとして説明する。

【0018】

スイッチング素子 34 および定電流素子 35 は、負のしきい値電圧を有する。つまり、スイッチング素子 34 および定電流素子 35 は、ゲート端子にソース端子よりも低い電圧であって、しきい値電圧を下回る負電圧を印加することによってオフする。ノーマリオン形のトランジスタでは、ゲートソース間の電圧は、しきい値電圧よりも高い負電圧の値にしたがって出力できる電流が決定される。

40

【0019】

なお、スイッチング素子 34 および定電流素子 35 は、ノーマリオン形のトランジスタのため、ゲートソース間に正の電圧が印加されないように、図示しないが、ダイオードクランプ回路等の保護回路が設けられる。

【0020】

50

定電流素子 3 5 の他方の主端子（ソース端子）は、整流回路 2 2 の低電位側出力、つまり、接地 1 2 に接続されている。定電流素子 3 5 のゲート端子には、バイアス回路 B 1 が接続されている。

【 0 0 2 1 】

バイアス回路 B 1 は、定電流回路 2 5 と、光結合回路 3 1 と、を含む。光結合回路 3 1 は、発光素子 3 2 と、受光素子 3 3 と、を含む。定電流回路 2 5 は、整流回路 2 2 の高電位側と、発光素子 3 2 との間に接続されている。定電流回路 2 5 は、整流回路 2 2 の直流出力側に現れる脈流電圧 V_{RE} が印加される。定電流回路 2 5 は、脈流電圧 V_{RE} からあらかじめ設定された電流を出力して発光素子 3 2 に供給する。発光素子 3 2 は、定電流回路 2 5 から出力される電流に応じて発光する。定電流回路 2 5 には、たとえば定電流ダイ

10

【 0 0 2 2 】

発光素子 3 2 には、定電流回路 2 5 の出力とともに、電圧検出回路 2 4 の出力に接続されたバイパス回路 2 6 に接続されている。発光素子 3 2 は、たとえば、 $III-V$ 族元素を含む化合物半導体を含む発光ダイオードである。発光素子 3 2 は、定電流回路 2 5 が出力する電流に応じて、所定の波長の光を発光する。

【 0 0 2 3 】

電圧検出回路 2 4 は、たとえばこの例のように抵抗器 2 4 a , 2 4 b を用いた分圧回路である。電圧検出回路 2 4 は、整流回路 2 2 から出力される脈流電圧 V_{RE} に比例した電圧を出力する。分圧出力は、抵抗器 2 4 a , 2 4 b が接続されたノード N 0 から出力される。

20

【 0 0 2 4 】

このノード N 0 と、定電流回路 2 5 の出力端子との間にバイパス回路 2 6 が接続されている。バイパス回路 2 6 は、この例では、エミッタフォロワ回路である。エミッタフォロワ回路は、トランジスタ 2 6 a と抵抗器 2 6 b とを含む。抵抗器 2 6 b は、トランジスタ 2 6 a のエミッタ端子に接続されている。トランジスタ 2 6 a のベース端子は、ノード N 0 に接続され、コレクタ端子は、定電流回路 2 5 の出力に接続されている。

【 0 0 2 5 】

脈流電圧 V_{RE} が相対的に低いときには、発光素子 3 2 に供給する電流は相対的に小さくなり、脈流電圧 V_{RE} が相対的に高いときには、発光素子 3 2 に供給する電流は相対的に

30

【 0 0 2 6 】

光結合回路 3 1 の受光素子 3 3 は、発光素子 3 2 が発する光を受光して受光した光量に応じた電流を出力する。上述したように、受光素子 3 3 は、発光素子 3 2 と光結合されており、発光素子 3 2 は、脈流電圧 V_{RE} に応じて入力電流が変化する。したがって、受光素子 3 3 は、脈流電圧 V_{RE} に応じて変化する電圧を出力する。

【 0 0 2 7 】

受光素子 3 3 は、定電流素子 3 5 のゲートソース間に接続されている。受光素子 3 3 は、定電流素子 3 5 のゲート端子が、ソース端子に対して負電圧になるように接続されている。受光素子 3 3 は、たとえばシリコンフォトダイオードである。受光素子 3 3 は、シリコン PIN ダイオードやアバランシェフォトダイオード等の他の光電変換素子であってもよい。受光素子 3 3 がシリコンフォトダイオードの場合には、アノード電極は定電流素子 3 5 のソース端子に接続され、カソード電極は定電流素子 3 5 のゲート端子に接続される。受光時に発生する電圧および定電流素子 3 5 のしきい値電圧の大きさに応じて、シリコンフォトダイオードは、複数個直列に接続された上で、定電流素子 3 5 のゲートソース間に接続される。

40

【 0 0 2 8 】

ダイオード 3 6 は、主インダクタ 2 9 と平滑コンデンサ 3 7 の高電位側端子との間に直列に接続されている。平滑コンデンサ 3 7 の低電位側端子は、整流回路 2 2 の低電位側端子に接続されている。平滑コンデンサ 3 7 の両端には、整流回路 2 2 から出力された脈流

50

が昇圧された直流電圧が出力される。

【0029】

AC - DC 変換部 20 は、整流回路 22 から出力される脈流電圧 V_{RE} を昇圧して直流電圧を出力する。AC - DC 変換部 20 の力率改善回路 PFC は、脈流電圧 V_{RE} の電圧値に応じた電流値となるように電流制御を行う。

【0030】

スイッチング素子 34 は、定電流素子 35 によって設定された電流で主インダクタ 29 を駆動する。定電流素子 35 は、光結合回路 31 が出力する電圧がゲートソース間に印加され、電流値が設定される。光結合回路 31 が出力する電圧は、バイパス回路 26 を介して接続されている電圧検出回路 24 の出力電圧に応じて設定される。

10

【0031】

以下、より具体的に説明する。

スイッチング素子 34 は、主インダクタ 29 に磁気結合された補助インダクタ 30 によって駆動される。スイッチング素子 34 は、補助インダクタ 30 によって駆動され、主インダクタ 29 に流れる電流を断続する。

【0032】

定電流素子 35 は、スイッチング素子 34 をターンオフさせる電流値を定電流値として設定する。上述したように、定電流素子 35 の定電流値は、ゲートソース間に印加されるしきい値電圧以上の負電圧によって設定される。

【0033】

20

定電流素子 35 に流れる電流が設定された定電流値に達すると、定電流素子 35 のドレインソース間電圧が急速に上昇する。そのため、スイッチング素子 34 のゲートソース間に絶対値の大きい負電圧が印加され、この負電圧がしきい値電圧を下回ることによって、スイッチング素子 34 は、ターンオフする。

【0034】

電圧検出回路 24 およびバイパス回路 26 は、次のようにして、脈流電圧 V_{RE} の大きさに応じて、定電流素子 35 のゲートソース間に印加する電圧を設定する。

【0035】

バイパス回路 26 のトランジスタ 26a のベース電圧は、ノード N0 の電圧に応じて変化する。したがって、抵抗器 26b の両端の電圧もノード N0 の電圧に応じて変化する。

30

【0036】

脈流電圧 V_{RE} が相対的に低く、トランジスタ 26a のベース電圧が相対的に低いときには、抵抗器 26b の両端の電圧は相対的に低くなる。トランジスタ 26a のコレクタに流れる電流は相対的に小さくなる。トランジスタ 26a によってバイパスされる定電流回路 25 の出力電流は相対的に小さい。そのため、発光素子 32 の発光量は大きくなり、受光素子 33 が発生する電圧の絶対値も高くなる。したがって、定電流素子 35 のゲートソース間に印加される負電圧は、より低い値となるため、設定される定電流値は相対的に小さくなる。

【0037】

脈流電圧 V_{RE} が相対的に高く、トランジスタ 26a のベース電圧が相対的に高いときには、抵抗器 26b の両端の電圧は相対的に高くなる。トランジスタ 26a のコレクタに流れる電流は相対的に大きくなる。トランジスタ 26a によってバイパスされる定電流回路 25 の出力電流は相対的に大きい。そのため、発光素子 32 の発光量は小さくなり、受光素子 33 が発生する電圧の絶対値は低くなる。したがって、定電流素子 35 のゲートソース間に印加される負電圧は、より高い値となるため、設定される定電流値は相対的に大きくなる。

40

【0038】

定電流素子 35 は、受光素子 33 によって設定された定電流値に達すると、ドレインソース間電圧が急速に上昇する。したがって、スイッチング素子 34 のソース端子の電位は、ゲート端子の電位に対して急速に上昇して、スイッチング素子 34 のしきい値電圧を下

50

回る電圧に達すると、スイッチング素子 34 はすみやかにターンオフする。

【0039】

以上のようにして、AC-DC変換部20では、脈流電圧VREが相対的に低いときには、スイッチング素子34がターンオフする電流値が相対的に小さく、脈流電圧VREが相対的に高いときには、スイッチング素子34がターンオフする電流値が相対的に大きい。そのため、脈流電圧VREに応じた電流が電源装置10に入力されるので、入力電流波形の高調波成分が低減され、力率が改善される。

【0040】

(DC-DC変換部40の構成および動作)

DC-DC変換部40は、スイッチング素子41と、定電流素子42と、整流素子43と、ダイオード44と、定電流回路45と、光結合回路46とトランス49と、出力コンデンサ53と、抵抗器54と、電流制御回路55と、を含む。

10

【0041】

スイッチング素子41、定電流素子42、整流素子43、およびダイオード44は、高電位側から低電位側にこの順で直列に接続されている。この直列接続体は、AC-DC変換部20の平滑コンデンサ37に並列に接続されている。定電流素子42および整流素子43が接続されたノードN1には、トランス49の主巻線からなる主インダクタ50の一端が接続されている。主インダクタ50の他端は、出力コンデンサ53の一端に接続されており、高電位側の直流の端子11cに接続されている。出力コンデンサ53の他端には、抵抗器54を介して低電位側の直流の端子11dが接続されている。

20

【0042】

スイッチング素子41、定電流素子42および整流素子43は、いずれもノーマリオン形のトランジスタである。スイッチング素子41、定電流素子42および整流素子43は、たとえばGaNを含むHEMTである。スイッチング素子41、定電流素子42および整流素子43は、その他のたとえばIII-V族元素を含む化合物半導体を含むHEMTや接合型FET等であってもよい。以下では、特に断らない限り、スイッチング素子41、定電流素子42および整流素子43は、GaNを含むHEMTであるものとして説明する。

【0043】

スイッチング素子41のゲート端子は、コンデンサ52を介して補助インダクタ51の一端に接続されている。補助インダクタ51の他端は、ノードN1に接続されている。補助インダクタ51は、トランス49の補助巻線からなり、補助インダクタ51は、主インダクタ50と磁気結合されている。補助インダクタ51は、主インダクタ50の駆動電圧に応じた電圧を出力する。

30

【0044】

整流素子43は、ダイオード44に直列に接続され、ゲート端子は接地12に接続されている。整流素子43は、スイッチング素子41および定電流素子42がオンしている期間では、ゲートソース間にしきい値電圧を下回る負電圧が印加されるので、オフしている。整流素子43は、スイッチング素子41および定電流素子42がオフしている期間では、ソースゲート間に整流素子43のしきい値よりも高いダイオード44の順方向電圧が印加されるので、オンする。つまり、整流素子43は同期整流動作する。

40

【0045】

定電流素子42のゲート端子には、バイアス回路B2が接続されている。バイアス回路B2は、定電流素子42のゲート端子にソース端子に対して負の電圧を印加する。

【0046】

バイアス回路B2は、AC-DC変換部20のバイアス回路B1と同一の構成を有する。バイアス回路B2は、定電流回路45と、光結合回路46と、を含む。光結合回路46は、発光素子47と、受光素子48と、を含む。この例では、定電流回路45は、整流素子43およびダイオード44が接続されたノードN2に接続されている。定電流回路45は、スイッチング素子41および定電流素子42のオン期間には、整流素子43のドレイ

50

ンソース間の漏れ電流によって電力が供給される。なお、定電流回路４５は、平滑コンデンサ３７の高電位側端子に接続するようにしてもよい。

【００４７】

発光素子４７には、定電流回路４５の出力とともに、電流制御回路５５の出力が接続されている。電流制御回路５５は、オペアンプ５６と、基準電源回路５７と、ダイオード５８と含んでいる。オペアンプ５６の一方の入力、この例では非反転入力には、抵抗器５４の両端の電圧が印加され、他方の入力、この例では反転入力には、基準電源回路５７の出力が接続されている。抵抗器５４は、端子１１ｃ，１１ｄ間に接続された照明ユニット３に流れる電流の電圧換算値を出力する。つまり、オペアンプ５６は、基準電源回路５７が出力する基準電圧 V_{ref} に対する出力電流の電圧換算値である検出電圧 V_s の誤差を増幅して出力する。ダイオード５８は、オペアンプ５６から出力される電流が発光素子４７に流入するのを防止する。

10

【００４８】

光結合回路４６の受光素子４８は、発光素子４７が発する光を受光して、受光した光量に応じた電圧を出力する。受光素子４８に流れる電流は、電流制御回路５５によってバイパスされる。バイパスされる電流は、抵抗器５４によって検出される検出電圧 V_s が基準電圧 V_{ref} よりも大きいときには、小さくなる。したがって、発光素子４７の発光量は増大し、受光素子４８によって定電流素子４２のソースゲート間に印加される負電圧の絶対値は高くなる。そのため、定電流素子４２が設定する定電流値は、より小さい値となるので、スイッチング素子４１は、より小さな電流でターンオフする。

20

【００４９】

バイパスされる電流は、検出電圧 V_s が基準電圧よりも小さいときには、より大きな値となる。したがって、発光素子４７の発光量は減少し、定電流素子４２のソースゲート間に印加される負電圧の絶対値は低くなり、定電流素子４２が設定する定電流値はより大きな値となる。そのため、スイッチング素子４１は、より大きな電流値でターンオフすることとなる。

【００５０】

このようにして、ＤＣ－ＤＣ変換部４０では、照明ユニット３に流れる電流を、電流制御回路５５の基準電圧 V_{ref} に応じて定電流制御を行う。

【００５１】

本実施形態の電源装置および照明装置の作用および効果について説明する。

30

本実施形態の電源装置１０では、ノーマリオン形のトランジスタであるスイッチング素子３４，４１を定電流素子３５，４２にそれぞれ直列に接続してスイッチング動作をさせている。定電流素子３５，４２において定電流値を設定することによって、流れる電流が定電流値に達したときに、スイッチング素子３４，４１のゲートソース間には、安定してしきい値電圧を下回る負電圧を印加することができる。そのため、ターンオフを高速化し、スイッチング周波数の高周波化を実現することができる。

【００５２】

光結合回路３１，４６は、商用周波数に応じた脈流電圧 V_{RE} の周波数や、照明ユニット３に供給する出力電流の変動に対して応答することができればよい。換言すれば、光結合回路３１，４６の周波数特性や応答速度は、スイッチング周波数に比べて十分に遅くてもかまわない。光結合回路３１，４６の周波数特性や応答速度は、スイッチング周波数の高周波化とは直接的に無関係に設定することができる。

40

【００５３】

本実施形態の電源装置１０では、光結合回路３１，４６の受光素子３３，４８によって負電圧を生成することができるので、負電圧生成用の回路を別途設ける必要がなく、安定して定電流素子３５，４２の電流値を設定することができる。

【００５４】

電源投入時等の過渡状態においても、光結合回路３１，４６は、安定して負電圧を生成することができるので、スイッチング素子３４，４１および定電流素子３５，４２に過大

50

な電流が流れることを防止することができる。

【0055】

光結合回路31, 46は、発光素子32, 47への入力電流を調整することによって、受光素子33, 48が生成する負電圧の大きさを制御することができる。そのため、電源装置10では、制御回路を別段設けることなく、簡素な電源回路を構成することができる。

【0056】

光結合回路31, 46は、発光側と受光側とにおいて、電氣的に絶縁されているので、制御のための信号を、大振幅のスィッチング等によるノイズ環境から容易に分離することができる。そのため、安定した制御動作をする電源回路を容易に構築することができる。

10

【0057】

(第2の実施形態)

上述の実施形態においては、制御対象の電圧や電流の検出信号を発光素子の駆動電流に重畳することによって安定化制御を行うが、発光ダイオード等を負荷とする照明装置においては、照明用の発光素子と、制御信号伝達用の発光素子とを共有することができる。

図2は、本実施形態に係る電源装置および照明装置の一部であるDC-DC変換部を例示するブロック図である。

図2に示すように、照明装置101は、電源装置110と、照明ユニット3と、を備える。電源装置110は、DC-DC変換部140を含む。電源装置110は、第1の実施形態の電源装置10の場合と同一のAC-DC変換部20を備えることができる。

20

【0058】

DC-DC変換部140は、光結合回路146を含む。光結合回路146は、発光素子147と受光素子148とを含む。発光素子147は、直流の低電位側の端子111dと接地12との間に直列に接続されている。照明ユニット3は端子111c, 111d間に接続されているので、発光素子147は、照明ユニット3と直列に接続されている。

【0059】

受光素子148は、定電流素子42のゲートソース間に負電圧を印加するように接続されている。発光素子147と受光素子148とは、光結合されている。

【0060】

光結合回路146の発光素子147は、照明ユニット3に直列に接続され、受光素子148と光結合されているので、照明ユニット3の光量に応じた光量で発光し、受光素子148は、発光素子147の発光光に応じた電圧を出力する。

30

【0061】

電源装置110の出力電流は、発光素子147と受光素子148との結合効率、受光素子148が生成するゲートソース間電圧における定電流素子42の伝達特性等に応じて決定される。この出力電流の設定値よりも大きい電流が流れる場合には、発光素子147の発光量が増大し、そのため受光素子148が生成する電圧が大きくなる。したがって、定電流素子42に設定される定電流値は、相対的に小さくなる。設定された出力電流よりも小さい電流が流れる場合には、発光素子147の発光量が減少し、受光素子148が生成する電圧が低くなる。したがって、定電流素子42に設定される定電流値は、相対的に大きくなる。このようにして、電源装置110は、出力電流を定電流化する。

40

【0062】

上述では、照明ユニット3に直列に接続された発光素子147を用いたが、照明ユニット3の発光素子4に光結合されたライトガイド等により、発光光を受光素子148に光結合させるようにしてもよい。発光素子4と、受光素子148との間に光アッテネータ等を挿入することによって、出力電流を微細に調整することもできる。

【0063】

本実施形態の電源装置110および照明装置101の作用および効果について説明する。

本実施形態の電源装置110および照明装置101では、電源装置110の負荷となる

50

照明ユニット3の一部を発光素子として用いることができるので、部品数が削減されるとともに、制御回路を特段設けることなく、照明ユニットの定電流駆動を可能にする。

【0064】

(第3の実施形態)

スイッチング素子および定電流素子は、Ga₂Nを含むHEMTであり、発光素子もGa₂Nを含む発光ダイオードとすることができる。スイッチング素子または定電流素子に発光素子を集積化することができる。

図3(a)は、本実施形態に係るGa₂Nを含むHEMTを例示する模式的な断面図である。図3(b)は、図3(a)のHEMTおよび受光素子を含む定電流素子の等価回路図である。図3(c)は、図3(b)の定電流素子の模式的な断面図である。

10

図3(a)に示すように、Ga₂Nを含むHEMT200は、基板201と、非ドープのGa₂N層202と、2次元電子ガス203と、n形層204と、ソース電極205と、ゲート電極206と、ドレイン電極207と、を備える。

【0065】

基板201は、Ga₂N層等の上部構造を支持する。基板201は、たとえばサファイアやシリコン等である。

【0066】

非ドープのGa₂N層202は、基板201上に形成されている。n形層204は、Ga₂N層202上に形成されている。n形層204は、Ga₂Nを含む層であり、たとえばAlGa₂Nを含む。2次元電子ガス203は、非ドープのGa₂N層202とn形層204との界面に形成される。

20

【0067】

ソース電極205、ゲート電極206およびドレイン電極207は、n形層204上の適切な位置および形状で設けられている。この例では、ゲート電極206は、p形にドープされている。ゲート電極206に代えてあるいはゲート電極とともに、ドレイン電極207をp形にドープしてもよい。

【0068】

p形であるゲート電極206とn形層204との間に電圧が印加された場合には、正孔および電子が生成され、再結合することによって発光する。なお、HEMT200のドレインソース間に流れる電流は、2次元電子ガス203の層を流れるので、上述の発光領域にはなんら影響されず、また発光領域に影響を与えない。

30

【0069】

上述のHEMT200を受光素子と一体的に形成することによって集積化された定電流素子300を得ることができる。

図3(b)に示すように、定電流素子300は、HEMT200と、受光素子214と、を備える。HEMT200は、上述したように、p形領域を含んでおり、p形領域によって形成された発光素子212を含む。

【0070】

定電流素子300は、ソース端子215と、ゲート端子216と、ドレイン端子217と、を含む。ソース端子215は、ソース電極205に電氣的に接続されており、ゲート端子216は、ゲート電極206に電氣的に接続されており、ドレイン端子217は、ドレイン電極207に電氣的に接続されている。そして、ソース端子215は、受光素子214のアノードに電氣的に接続され、ゲート端子216は、受光素子214のカソードに電氣的に接続されている。

40

【0071】

図3(c)に示すように、Ga₂Nを含むHEMT200およびシリコンを含む受光素子214は、異なる半導体チップで形成されており、それぞれ共通のリードフレーム310上にダイボンディングされている。リードフレーム310は、側方断面視で、同一面が向き合うように屈曲されている。たとえばリードフレーム310は、コの字状(またはC字状)に屈曲されている。HEMT200のチップおよび受光素子214のチップは、屈曲

50

されたリードフレーム 310 の同一面で、互いのチップの表面が向かい合う位置にダイボンディングされている。

【0072】

屈曲されたリードフレームの周囲ならびに HEMT 200 および受光素子 214 のチップの周囲を含むリードフレーム 310 の対向空間は、絶縁材料からなる樹脂により覆われている。

【0073】

ソース端子 215、ゲート端子 216 およびドレイン端子 217 は、それぞれボンディングワイヤ等を用いて、それぞれ外部電極に電氣的に接続されている。

【0074】

本実施形態の定電流素子 300 は、たとえば HEMT 200 のドレインソース間に電圧が印加されると、p 形領域を含むゲート電極 206 と、n 形層 204 との間にポテンシャルの差が生じる。そのためゲート電極 206 と n 形層 204 との間で正孔および電子が生成される。これらの正孔および電子が再結合することによって発光する。

【0075】

HEMT 200 の発光面および受光素子 214 の受光面は、対向する位置に設けられているので、受光素子 214 は、HEMT 200 の発光光を効率よく受光することができる。

【0076】

上述では、定電流素子である HEMT に発光素子を集積化する場合について述べたが、スイッチング素子や整流素子である HEMT に発光素子を集積化してももちろんよい。その場合、上述の例と同様に、発光素子を含む HEMT と受光素子を光学的に結合させることによって光結合回路を形成することができる。なお、その場合には、HEMT と受光素子とは、電氣的には接続されない。

【0077】

本実施形態の定電流素子 300 の作用および効果について説明する。

上述したように、本実施形態の定電流素子 300 では、HEMT 200 に発光素子 212 が集積化され、かつ受光素子 214 も集積化されているので、部品数を削減することができ、さらなる小型化、高電力密度化をはかることができる。

【0078】

(第 4 の実施形態)

第 3 の実施形態の場合の定電流素子を DC - DC 変換部に用いることができる。

図 4 は、本実施形態の電源装置および照明装置の一部である DC - DC 変換部を例示するブロック図である。

図 4 に示すように、本実施形態の照明装置 401 は、電源装置 410 と照明ユニット 403 とを備える。電源装置 410 は、DC - DC 変換部 440 を含む。照明ユニット 403 は、複数の発光素子 404a ~ 404c を含む。複数の発光素子 404a ~ 404c は、直列に接続されている。電源装置 410 の直流出力端 411c、411d 間に照明ユニット 403 が接続される。直列に接続された発光素子 404a ~ 404c のうちもっとも電位の低い位置に接続されている発光素子 404c のアノードには、電源装置 410 の制御端子 411e が接続されている。

【0079】

DC - DC 変換部 440 は、定電流素子 400 を含む。定電流素子 400 は、第 3 の実施形態において説明した HEMT 442a、発光素子 442b および受光素子 449 が一体化されている。受光素子 449 は、発光素子 442b と光結合されるとともに、発光素子 448 とともに光結合されている。

【0080】

発光素子 448 のアノードは、制御端子 411e を介して、照明ユニット 403 の発光素子 404c のアノードに接続されている。発光素子 448 のカソードは、抵抗器 414 を介して接地 12 に接続されている。抵抗器 413 は、低電位側の直流出力端 411d と

10

20

30

40

50

接地 1 2 との間に接続されている。つまり、抵抗器 4 1 3 は、照明ユニット 4 0 3 に直列に接続され、抵抗器 4 1 4 は、発光素子 4 4 8 に直列に接続されている。抵抗器 4 1 4 および発光素子 4 4 8 の直列接続体は、抵抗器 4 1 3 および発光素子 4 0 4 c の直列接続体と並列に接続されている。たとえば、抵抗器 4 1 4 は、抵抗器 4 1 3 よりも大きい抵抗値を有する。そのため、発光素子 4 4 8 には、照明ユニット 4 0 3 の発光素子 4 0 4 c よりも小さい電流で、発光素子 4 0 4 c に流れる電流にほぼ比例する電流が流れる。

【 0 0 8 1 】

本実施形態の電源装置 4 1 0 では、照明ユニット 4 0 3 に流れる電流に比例する電流を発光素子 4 4 8 に流すことによって、定電流素子 4 0 0 の受光素子 4 4 9 の受光量を制御する。出力電流が大きく受光量が大いときには、受光素子 4 4 9 の出力電圧を高くして、定電流素子 4 0 0 の定電流値を小さくする。出力電流が小さく受光量が小さいときには、受光素子 4 4 9 の出力電圧を低くして定電流素子 4 0 0 の定電流値を大きくする。

【 0 0 8 2 】

定電流素子 4 0 0 に集積化された発光素子 4 4 2 b は、H E M T 4 4 2 a のドレインソース間に電圧が印加されることによって発光する。そのため、電圧印加状態においては、常時受光素子 4 4 9 は、H E M T 4 4 2 a のゲートソース間に負電圧を印加している。そのため、起動時や、負荷短絡等の際に、帰還信号がない場合においても、確実に定電流値を設定し、スイッチング素子 4 1 および定電流素子 4 0 0 に過大な電流が流れることを防止する。したがって、より安全な電源装置および照明装置を実現することが可能になる。

【 0 0 8 3 】

なお、照明ユニットに流れる電流に応じた光量を発光する発光素子 4 4 8 については、第 2 の実施形態の場合と同様に、照明ユニット中の発光素子をそのまま用いてももちろんよい。また、発光素子 4 4 8 に代えて、照明ユニット中の発光をライトガイド等を用いて受光素子に照射するようにしてももちろんよい。

【 0 0 8 4 】

以上説明した実施形態によれば、ノーマリオン形のトランジスタを用いたスイッチング素子を確実にかつ高速にオフさせ、スイッチング周波数の高周波化を実現する電源装置および照明装置を実現することができる。

【 0 0 8 5 】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他のさまざまな形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明およびその等価物の範囲に含まれる。また、前述の各実施形態は、相互に組み合わせて実施することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 6 】

1 照明装置、2 交流電源、3 照明ユニット、4 発光素子、10 電源装置、12 接地、20 A C - D C 変換部、21 フィルタ、22 整流回路、23 入力コンデンサ、24 電圧検出回路、25 定電流回路、26 バイパス回路、27 コンデンサ、28 トランス、29 主インダクタ、30 補助インダクタ、31 光結合回路、32 発光素子、33 受光素子、34 スwitching素子、35 定電流素子、36 ダイオード、37 平滑コンデンサ、40 D C - D C 変換部、41 スwitching素子、42 定電流素子、43 整流素子、44 ダイオード、45 定電流回路、46 光結合回路、47 発光素子、48 受光素子、49 トランス、50 主インダクタ、51 補助インダクタ、52 コンデンサ、53 出力コンデンサ、54 抵抗器、55 電流制御回路、56 オペアンプ、57 基準電源回路、58 ダイオード、110 電源装置、140 D C - D C 変換部、146 光結合回路、147 発光素子、148 受光素子、200 H E M T、201 基板、202 G a N 層、203 2次元電子ガ

10

20

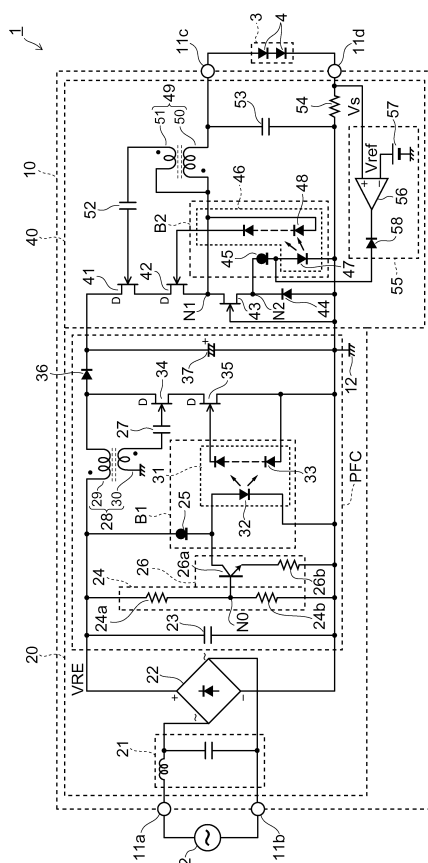
30

40

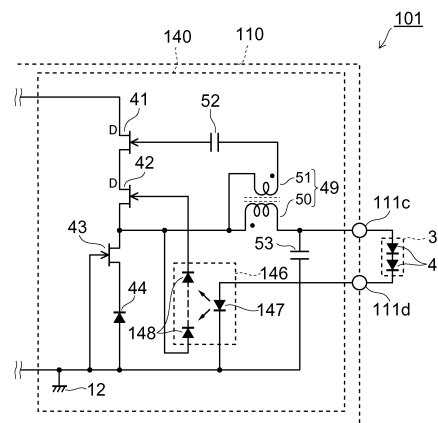
50

ス、204 n形層、205 ソース電極、206 ゲート電極、207 ドレイン電極、212 発光素子、214 受光素子、215 ソース端子、216 ゲート端子、217 ドレイン端子、300 定電流素子、310 リードフレーム、320 樹脂、400 定電流素子、401 照明装置、410 電源装置、403 照明ユニット、404a~404c 発光素子、413, 414 抵抗器、448 発光素子、449 受光素子

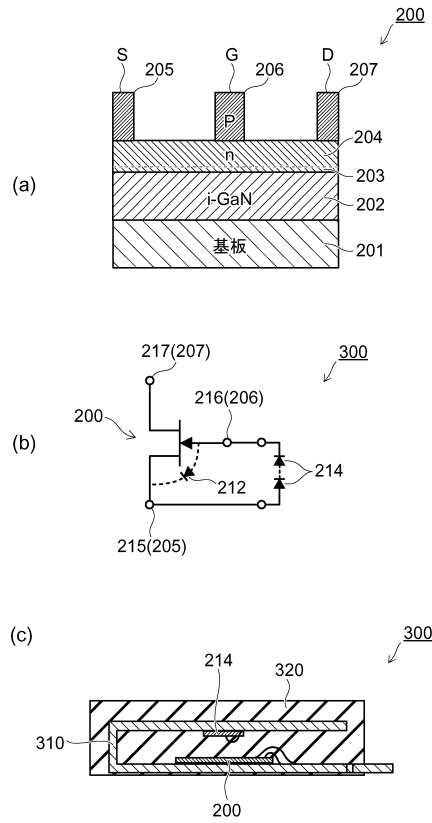
【図1】



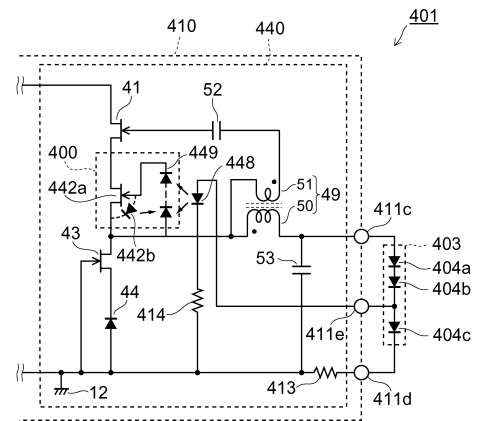
【図2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 1 5 - 1 9 5 1 6 1 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 0 2 8 6 9 3 (U S , A 1)
特開 2 0 0 7 - 1 0 3 9 5 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 5 B 4 5 / 0 0
H 0 2 M 3 / 1 5 5