

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-49197

(P2011-49197A)

(43) 公開日 平成23年3月10日(2011.3.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 33/00 (2010.01)	H01L 33/00 J	3K073
H05B 37/02 (2006.01)	H05B 37/02 J	5F041

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2009-193901 (P2009-193901)
 (22) 出願日 平成21年8月25日 (2009. 8. 25)

(71) 出願人 593165487
 学校法人金沢工業大学
 石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号
 (74) 代理人 100105924
 弁理士 森下 賢樹
 (72) 発明者 坂本 康正
 石川県石川郡野々市町扇が丘7番1号 学
 校法人金沢工業大学内
 Fターム(参考) 3K073 AA27 BA09 CG25 CG46 CJ17
 CL15
 5F041 BB06 BB10 BB22 BB24 BB26
 BB32 FF11

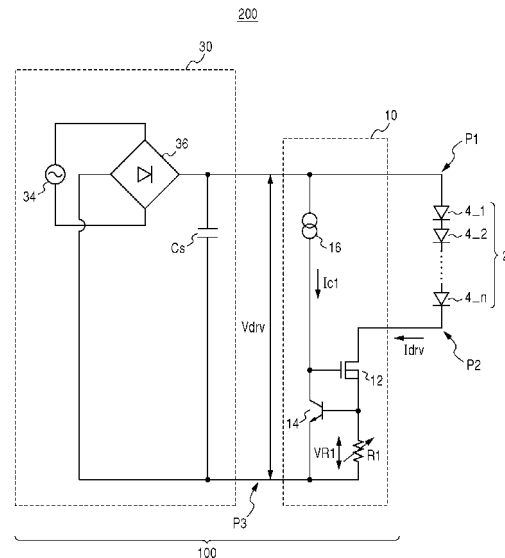
(54) 【発明の名称】 発光ダイオードの駆動回路、それを用いた発光装置および照明装置

(57) 【要約】

【課題】 安定した輝度でLEDを駆動する。

【解決手段】 駆動回路100は、直列に接続された複数のLED4を含むLEDアレイ2を駆動する。電源30は、LEDアレイ2に駆動電圧Vdrvを供給する。第1トランジスタ12および第1抵抗R1は、LEDアレイ2の駆動経路上であって、LEDアレイ2の第2端子P2と基準電圧端子P3の間に直列に設けられる。定電流源16はLEDアレイ2の第2端子P2と第1トランジスタ12の制御端子の間に設けられる。第2トランジスタ14は、第1トランジスタ12の制御端子と基準電圧端子の間に設けられ、その制御端子に第1抵抗R1の電圧降下VR1に応じた電圧が印加される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直列に接続された複数の発光ダイオードを含む発光ダイオードアレイを駆動する駆動回路であって、

前記発光ダイオードアレイに駆動電圧を供給する電源と、

前記発光ダイオードアレイの駆動経路上であって、前記発光ダイオードアレイの一端と基準電圧端子の間に直列に設けられた第 1 トランジスタおよび第 1 抵抗と、

前記発光ダイオードアレイの他端と前記第 1 トランジスタの制御端子の間に設けられた定電流源と、

前記第 1 トランジスタの制御端子と前記基準電圧端子の間に設けられ、その制御端子に前記第 1 抵抗の電圧降下に応じた電圧が印加された第 2 トランジスタと、

を備えることを特徴とする駆動回路。

10

【請求項 2】

前記発光ダイオードアレイの前記他端と前記第 1 トランジスタの制御端子の間に、前記定電流源と直列に設けられた第 2 抵抗をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の駆動回路。

【請求項 3】

直列に接続された複数の発光ダイオードを含む発光ダイオードアレイを駆動する駆動回路であって、

前記発光ダイオードアレイに駆動電圧を供給する電源と、

前記発光ダイオードアレイの駆動経路上であって、前記発光ダイオードアレイの一端と基準電圧端子の間に直列に設けられた第 1 トランジスタおよび第 1 抵抗と、

前記発光ダイオードアレイの他端と前記第 1 トランジスタの制御端子の間に設けられた第 2 抵抗と、

前記第 1 トランジスタの制御端子と前記基準電圧端子の間に設けられ、その制御端子に前記第 1 抵抗の電圧降下に応じた電圧が印加された第 2 トランジスタと、

を備えることを特徴とする駆動回路。

20

【請求項 4】

前記発光ダイオードアレイの前記他端と前記第 1 トランジスタの制御端子の間に、前記第 2 抵抗と直列に設けられた定電流源をさらに備えることを特徴とする請求項 3 に記載の駆動回路。

30

【請求項 5】

前記第 1 トランジスタと第 1 抵抗の接続点と、前記第 1 トランジスタの制御端子との間に設けられた第 3 抵抗をさらに備えることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載の駆動回路。

【請求項 6】

前記第 1 トランジスタは電界効果トランジスタであり、前記第 2 トランジスタはバイポーラトランジスタであることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれかに記載の駆動回路。

【請求項 7】

直列に接続された複数の発光ダイオードを含む発光ダイオードアレイと、

前記発光ダイオードアレイを駆動する請求項 1 から 6 のいずれかに記載の駆動回路と、

を備えることを特徴とする発光装置。

40

【請求項 8】

請求項 7 に記載の発光装置を備えることを特徴とする照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光ダイオードの駆動技術に関する。

【背景技術】

【0002】

50

近年、蛍光灯に代えて、高効率、長寿命が期待される発光ダイオード (Light Emitting Diode、以下、LEDと略す) を照明器具として利用する技術が提案されている。たとえば特許文献1には、商用交流電圧を整流し、平滑キャパシタを含む平滑回路によって平滑化して、負荷であるLEDのアレイに供給するLED点灯装置が開示される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-273267号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0004】

商用交流電圧は、100Vや200V程度の所定の定格電圧で供給されるが、実際には変動することが知られている。LEDアレイを安定した輝度で駆動するためには、LEDアレイの駆動経路上に定電流回路を設け、駆動電流を一定として輝度を安定化させる必要がある。商用交流電圧を平滑化してLEDアレイを駆動する場合、商用交流電圧が定電流回路の動作電圧より低下すると、所望の輝度を得るために必要な駆動電流を生成できなくなってしまう。

【0005】

この問題を解決するために、商用交流電圧が低下することを前提として、定格時における定電流回路の両端間の電圧(電圧降下)をマージンを付加して高く設計することも考えられる。しかしながらこの場合、定電流回路における消費電力が大きくなってしまいう別の問題が発生する。この観点から、低電圧で動作可能な定電流回路(駆動回路)が望まれている。

20

【0006】

また、定電流回路としてLEDアレイに直列に接続された定電流ダイオードを用いる場合、LEDアレイに供給できる駆動電流が、定電流ダイオードの定格電流に制限されるという問題が発生する。

【0007】

本発明はこうした状況に鑑みてなされたものであり、その目的のひとつは、安定した輝度でLEDを駆動する技術の提供にある。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のある態様は、直列に接続された複数の発光ダイオードを含む発光ダイオードアレイを駆動する駆動回路に関する。駆動回路は、発光ダイオードアレイに駆動電圧を供給する電源と、発光ダイオードアレイの駆動経路上であって、発光ダイオードアレイの一端と基準電圧端子の間に直列に設けられた第1トランジスタおよび第1抵抗と、発光ダイオードアレイの他端と第1トランジスタの制御端子の間に設けられた定電流源と、第1トランジスタの制御端子と基準電圧端子の間に設けられ、その制御端子に第1抵抗の電圧降下に応じた電圧が印加された第2トランジスタと、を備える。

40

【0009】

この態様によれば、発光ダイオードアレイに、電源電圧に依存しない安定した駆動電流を供給することができる。また駆動回路における主たる電力損失は、第1トランジスタおよび第2抵抗によって発生し、その電力は、駆動電流と、第1トランジスタおよび第2抵抗の合成抵抗の積で与えられるところ、この態様では、第1トランジスタおよび第2抵抗の電圧降下を小さくでき、消費電力を低減できる。

【0010】

ある態様の駆動回路は、発光ダイオードアレイの他端と第1トランジスタの制御端子の間に、定電流源と直列に設けられた第2抵抗をさらに備えてもよい。

この態様によれば、定電流源を保護することができる。

【0011】

50

ある態様の駆動回路は、第1トランジスタと第1抵抗の接続点と、第1トランジスタの制御端子との間に設けられた第3抵抗をさらに備えてもよい。この態様によれば、第1トランジスタのゲートソース間電圧(ベースエミッタ間電圧)をクランプすることができ、駆動回路を好適に保護することができる。

【0012】

第1トランジスタは電界効果トランジスタであり、第2トランジスタはバイポーラトランジスタであってもよい。

【0013】

本発明の別の態様も、発光ダイオードアレイの駆動回路に関する。この駆動回路は、発光ダイオードアレイに駆動電圧を供給する電源と、発光ダイオードアレイの駆動経路上であって、発光ダイオードアレイの一端と基準電圧端子の間に直列に設けられた第1トランジスタおよび第1抵抗と、発光ダイオードアレイの他端と第1トランジスタの制御端子の間に、定電流源の代わりに設けられた第2抵抗と、第1トランジスタの制御端子と基準電圧端子の間に設けられ、その制御端子に第1抵抗の電圧降下に応じた電圧が印加された第2トランジスタと、を備える。

10

【0014】

駆動回路は、発光ダイオードアレイの他端と第1トランジスタの制御端子の間に、第2抵抗と直列に設けられた定電流源をさらに備えてもよい。

【0015】

本発明のさらに別の態様は、発光装置である。この装置は、直列に接続された複数の発光ダイオードを含む発光ダイオードアレイと、発光ダイオードアレイを駆動する上述のいずれかの態様の駆動回路と、を備える。

20

【0016】

本発明のさらに別の態様は、照明装置である。この装置は、上述の発光装置を備える。

【0017】

なお、以上の構成要素の任意の組み合わせ、本発明の表現を、方法、装置などの間で変換したものもまた、本発明の態様として有効である。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、電源電圧の変動に対し、安定した輝度でLEDを駆動できる。

30

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】実施の形態に係る発光装置の構成を示す回路図である。

【図2】図1の駆動回路の電圧電流特性を示す図である。

【図3】変形例に係る駆動電流生成部の構成を示す回路図である。

【図4】図3の第1トランジスタの動作特性を示す図である。

【図5】別の変形例に係る駆動電流生成部の構成を示す回路図である。

【図6】別の変形例に係る駆動電流生成部の構成を示す回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、本発明を好適な実施の形態をもとに図面を参照しながら説明する。各図面に示される同一または同等の構成要素、部材、処理には、同一の符号を付するものとし、適宜重複した説明は省略する。また、実施の形態は、発明を限定するものではなく例示であって、実施の形態に記述されるすべての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

40

【0021】

本明細書において、「部材Aが、部材Bと接続された状態」とは、部材Aと部材Bが物理的に直接的に接続される場合や、部材Aと部材Bが、電氣的な接続状態に影響を及ぼさない他の部材を介して間接的に接続される場合も含む。同様に、「部材Cが、部材Aと部材Bの間に設けられた状態」とは、部材Aと部材C、あるいは部材Bと部材Cが直接的に

50

接続される場合のほか、電気的な接続状態に影響を及ぼさない他の部材を介して間接的に接続される場合も含む。

【0022】

図1は、実施の形態に係る発光装置200の構成を示す回路図である。発光装置200は、LEDアレイ2と、駆動回路100を備える。発光装置200はたとえば室内照明、車両のヘッドライト、電光掲示板などとして利用可能であるが、その用途は特に限定されない。

【0023】

LEDアレイ2は、直列に接続された n 個(n は2以上の整数)のLEDモジュール4_1~4_n(以下、単にLED4と総称する)を備える。図1において各LED4は単一のLEDとして示されているが、それぞれが、直列および/または並列に接続された複数のLEDを含んでもよい。各LED4は、その内部に直列に接続されるLEDの個数に応じた順方向電圧 V_f を有している。高輝度が得られるハイパワー用のLED4としては、 $V_f = 10.4V$ ($350mA$)程度のものが、ローパワー用のLED4としては、 $V_f = 3V$ 程度のものが市販されている。以下では、 $V_f = 10V$ 程度のハイパワー用のLED4を用いる場合について説明する。

10

【0024】

駆動回路100はLEDアレイ2を駆動する。具体的には、駆動電圧 V_{drv} を供給し、LEDアレイ2に流れる駆動電流 I_{drv} を輝度に応じて設定、制御する。

【0025】

駆動回路100は、基本的な構成要素として、駆動電流生成部10、電源30を備える。

20

【0026】

電源30は、LEDアレイ2に駆動電圧 V_{drv} を供給する。たとえば電源30は、交流電源34、整流回路36、平滑用キャパシタ C_s を含む。交流電源34は交流電圧 V_{ac} を生成し、整流回路36は交流電圧 V_{ac} を整流する。整流回路36としてたとえばダイオードブリッジを用いてもよい。この場合、整流回路36によって交流電圧 V_{ac} が全波整流される。交流電圧 V_{ac} として、商用交流電圧を利用する場合、交流電源34は駆動回路100の外部に設けられる。

【0027】

整流回路36の出力端子には、平滑用キャパシタ C_s が接続される。平滑用キャパシタ C_s により、全波整流された交流電圧 V_{ac} が平滑化されて、直流の駆動電圧 V_{drv} が生成される。定格100Vの交流電圧 V_{ac} を整流して得られる駆動電圧 V_{drv} は、141V程度となる。

30

【0028】

LEDアレイ2に含まれるLED4の個数 n は、順方向電圧 V_f と、駆動電圧 V_{drv} の関係に応じて設計される。 $V_{drv} = 141V$ 、 $V_f = 9.5V$ のとき、 $n = 14$ となる。

【0029】

駆動電流生成部10は、LEDアレイ2に供給する駆動電流 I_{drv} を発生する。駆動電流生成部10は、第1トランジスタ12、第2トランジスタ14、第1抵抗 R_1 、定電流源16を含む。

40

【0030】

第1トランジスタ12および第1抵抗 R_1 は、LEDアレイ2の駆動経路上であって、LEDアレイ2の一端(第2端子)P2と基準電圧端子(接地端子)P3の間に直列に設けられる。第1抵抗 R_1 は、可変抵抗素子であることが望ましい。この場合、第1抵抗 R_1 の抵抗値を調節することで、駆動電流 I_{drv} を調節することができる。

【0031】

具体的には第1トランジスタ12はNチャンネルMOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)である。第1トランジスタ12のドレインはLEDア

50

レイ 2 の第 2 端子 P 2 と接続され、そのソースは第 1 抵抗 R 1 と接続される。

【 0 0 3 2 】

定電流源 1 6 は、LED アレイ 2 の他端（第 1 端子 P 1）と第 1 トランジスタ 1 2 の制御端子（ゲート）の間に設けられる。定電流源 1 6 は、所定の定電流 I_{c1} を生成する。定電流源 1 6 はたとえば CRD（CRD:Current Regulative Diode）であってもよい。この場合回路を簡素化できる。あるいはその他の構成の定電流源を用いてもよい。

【 0 0 3 3 】

第 2 トランジスタ 1 4 は、たとえば NPN 型バイポーラトランジスタであり、第 1 トランジスタ 1 2 の制御端子（ゲート）と基準電圧端子 P 3 の間に設けられ、その制御端子（ベース）に第 1 抵抗 R 1 の電圧降下 V_{R1} に応じた電圧が印加される。つまり第 2 トランジスタ 1 4 のベースエミッタ間には、第 1 抵抗 R 1 の電圧降下 V_{R1} が印加されている。

10

【 0 0 3 4 】

以上が発光装置 2 0 0 の基本的な構成である。

【 0 0 3 5 】

図 2 は、図 1 の駆動回路 1 0 0 の電圧電流特性を示す図である。図 2 は 3 つの領域に分けて考えることができる。

【 0 0 3 6 】

(I) 第 1 領域

駆動電圧 V_{drv} が LED アレイのしきい値電圧より低い領域では、LED アレイ 2 がオンしないため、駆動電流 I_{drv} は実質的にゼロである。

20

【 0 0 3 7 】

(II) 第 2 領域

駆動電圧 V_{drv} が LED アレイのしきい値電圧を越えると、LED アレイ 2 に駆動電流 I_{drv} が流れ始める。第 1 抵抗 R 1 には、駆動電流 I_{drv} に比例した電圧降下 $V_{R1} = I_{drv} \times R_1$ が発生する。駆動電圧 V_{drv} の上昇にともない、第 2 トランジスタ 1 4 のオンの程度が強まっていく。第 2 領域において、駆動電流 I_{drv} は、LED アレイ 2 の電圧電流特性に従って増加する。

【 0 0 3 8 】

(III) 第 3 領域

駆動電流が所望の電流値に到達すると、第 1 抵抗 R 1 の電圧降下 V_{R1} は 0 . 7 V 付近で安定化される。その結果、第 1 トランジスタ 1 2 のバイアス電圧は一定となり、それにともない駆動電流 I_{drv} が広範囲にわたり一定に保たれる。

30

【 0 0 3 9 】

以上が駆動回路 1 0 0 の動作である。

駆動電流生成部 1 0 は、第 1 抵抗 R 1 の電圧降下 V_{R1} が 0 . 7 V に達すると、安定的な駆動電流 I_{drv} を LED アレイ 2 に供給することができる。つまり駆動電流生成部 1 0 の電圧降下を従来よりも小さくすることができ、消費電力を低減することができる。

【 0 0 4 0 】

駆動電流 I_{drv} に着目すると、その値は、定電流源 1 6 が生成する定電流 I_c に影響されず、幅広い範囲の駆動電流 I_{drv} を安定的に生成することができる。

40

【 0 0 4 1 】

さらに第 1 トランジスタ 1 2 のバイアス状態が、第 1 抵抗 R 1 および第 2 トランジスタ 1 4 によって安定化されているため、熱暴走が起こりにくいという利点を有する。

【 0 0 4 2 】

図 3 は、変形例に係る駆動電流生成部 1 0 a の構成を示す回路図である。駆動電流生成部 1 0 a は、図 1 の駆動電流生成部 1 0 に加えて、第 2 抵抗 R 2 および第 3 抵抗 R 3 をさらに備える。

【 0 0 4 3 】

第 2 抵抗 R 2 は、LED アレイ 2 の第 1 端子 P 1 と第 1 トランジスタ 1 2 の制御端子（ゲート）の間に、定電流源 1 6 と直列に設けられる。図 1 では、LED アレイ 2 の両端間

50

の電圧が、ほとんど定電流源 16 に印加されることになる。したがって、駆動電圧 V_{drv} が 100 V を越えるようなアプリケーションでは、定電流源 16 に非常に高い耐圧が要求される。これに対して図 3 の変形例では、LED アレイ 2 の両端間の電圧の約半分が、第 2 抵抗 R_2 に印加されるため、定電流源 16 に印加される電圧を低下させることができ、定電流源 16 の耐圧を下げるができる。別の観点から見れば、第 2 抵抗 R_2 を設けることにより定電流源 16 を過電圧から保護することができる。

【0044】

第 3 抵抗 R_3 は、第 1 トランジスタ 12 と第 1 抵抗 R_1 の接続点（つまり第 1 トランジスタ 12 のソース）と、第 1 トランジスタ 12 の制御端子（ゲート）の間に設けられる。定電流源 16 により生成された定電流 I_c は、第 2 トランジスタ 14 と第 3 抵抗 R_3 に分岐する。定電流 I_c は、第 2 トランジスタ 14 がオフした状態では第 3 抵抗 R_3 に流れ、第 2 トランジスタ 14 がオンすると第 2 トランジスタ 14 に流れる。

10

【0045】

図 4 は、図 3 の第 1 トランジスタ 12 の動作特性を示す図である。縦軸は第 1 トランジスタ 12 のゲートソース間電圧 V_{gs} を、横軸は駆動電圧 V_{drv} を示す。実線が図 3 の回路の、破線が図 1 の回路の特性である。下図は上図の縦軸を拡大した図である。

【0046】

まず破線を参照して、第 3 抵抗 R_3 を設けない図 1 の回路の動作を説明する。第 3 抵抗 R_3 を設けない場合、駆動電圧 V_{drv} の上昇にともなって、第 1 トランジスタ 12 のゲートソース間電圧 V_{gs} は上昇していく。したがってゲートソース間の絶対最大定格が想定されるゲートソース間電圧 V_{gs} よりも高いトランジスタを選択する必要があり、設計の自由度が低いという問題があった。また駆動電圧 V_{drv} が 100 V を越えるようなアプリケーションでは、第 1 トランジスタ 12 の信頼性が損なわれるおそれもある。

20

【0047】

続いて実線を参照し、第 3 抵抗 R_3 を設けた図 3 の回路の動作を説明する。第 2 トランジスタ 14 がオフした状態では、定電流源 16 が生成した定電流 I_c は第 3 抵抗 R_3 に流れる。つまり、第 1 トランジスタ 12 のゲートソース間電圧 V_{gs} は、抵抗値 R_3 と電流値 I_c の積（ $R_3 \times I_c$ ）で与えられる。図 3 では、 $R_3 \times I_c = 7 \text{ V}$ となり、ゲートソース間電圧 V_{gs} を抑制できる。

【0048】

駆動電圧 V_{drv} があるしきい値を越えると、LED アレイ 2 がオンし、第 1 トランジスタ 12 に電流が流れ、第 1 抵抗 R_1 の電圧降下 V_{R1} が 0.7 V 程度に安定化され、第 2 トランジスタ 14 がオンする。第 2 トランジスタ 14 がオンすると、定電流源 16 が生成した定電流 I_c は、第 3 抵抗 R_3 ではなく第 2 トランジスタ 14 に流れ、実質的に図 1 の回路と等価となる。

30

【0049】

つまり第 3 抵抗 R_3 を設けることにより、第 2 トランジスタ 14 がオフ状態のとき、第 1 トランジスタ 12 のゲートソース間電圧 V_{gs} をクランプすることができ、第 1 トランジスタ 12 を保護することができる。

【0050】

以上、本発明について、実施の形態をもとに説明した。この実施の形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組み合わせにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。以下、こうした変形例について説明する。

40

【0051】

当業者であれば、図 1 の回路において、N チャンネル MOSFET と P チャンネル MOSFET の置換、NPN 型バイポーラトランジスタと PNP 型バイポーラトランジスタの置換が可能であることが理解できる。

【0052】

図 5 は、別の変形例に係る駆動電流生成部 10b の構成を示す回路図である。図 5 の駆

50

動電流生成部 10 b は、図 3 の駆動電流生成部 10 a のトランジスタを置換し、天地反転した構成となっている。図 5 の駆動電流生成部 10 b を使用し、図 3 の駆動電流生成部 10 a と同様の機能、作用、効果を得ることができる。

【0053】

図 6 は、さらに別の変形例に係る駆動電流生成部 10 c の構成を示す回路図である。駆動電流生成部 10 c は、図 3 の駆動電流生成部 10 a に加えて、第 4 抵抗 R 4、第 5 抵抗 R 5 をさらに備える。第 2 トランジスタ 14 の制御端子（ベース）には、第 1 抵抗 R 1 の電圧降下 V R 1 に応じた電圧として、電圧降下 V R 1 を抵抗 R 4、R 5 によって分圧した電圧が印加されている。また第 1 抵抗 R 1 を可変抵抗素子とするかわりに、第 4 抵抗 R 4 が可変抵抗素子となっている。第 5 抵抗 R 5 を可変抵抗素子としてもよい。

10

【0054】

図 6 の駆動電流生成部 10 c によっても、図 3 の駆動電流生成部 10 a と同様の機能、作用、効果を得ることができる。

【0055】

図 3、図 5、図 6 の回路において、定電流源 16 を省略した構成も、本発明の態様として有効である。あるいは図 3、図 5、図 6 の回路において、第 2 抵抗 R 2 を省略した構成も本発明の態様として有効である。

【0056】

実施の形態にもとづき、具体的な語句を用いて本発明を説明したが、実施の形態は、本発明の原理、応用を示しているにすぎず、実施の形態には、請求の範囲に規定された本発明の思想を逸脱しない範囲において、多くの変形例や配置の変更が可能である。

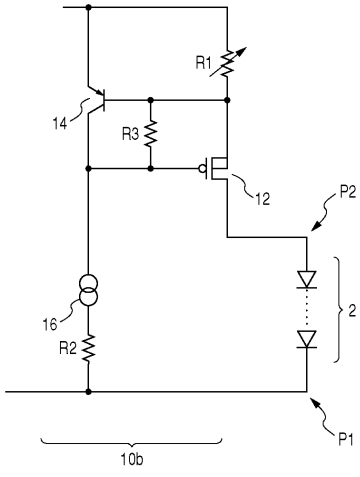
20

【符号の説明】

【0057】

100 ... 駆動回路、2 ... LED アレイ、4 ... LED、P 1 ... 第 1 端子、P 2 ... 第 2 端子、P 3 ... 基準電圧端子、10 ... 駆動電流生成部、12 ... 第 1 トランジスタ、14 ... 第 2 トランジスタ、16 ... 定電流源、R 1 ... 第 1 抵抗、R 2 ... 第 2 抵抗、R 3 ... 第 3 抵抗、30 ... 電源、Cs ... 平滑キャパシタ、36 ... 整流回路、200 ... 発光装置。

【 図 5 】



【 図 6 】

