

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4197814号
(P4197814)

(45) 発行日 平成20年12月17日 (2008.12.17)

(24) 登録日 平成20年10月10日 (2008.10.10)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 33/00 (2006.01) H O 1 L 33/00 J

請求項の数 7 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願平11-322044	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成11年11月12日 (1999.11.12)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2001-144332 (P2001-144332A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(43) 公開日	平成13年5月25日 (2001.5.25)	(74) 代理人	100101823
審査請求日	平成17年7月7日 (2005.7.7)		弁理士 大前 要
		(74) 代理人	100117293
			弁理士 板東 義文
		(74) 代理人	100103296
			弁理士 小池 隆彌
		(72) 発明者	神川 剛
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内
		(72) 発明者	伊藤 茂穂
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 LED駆動方法およびLED装置と表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電流値 I 、デューティ D のパルス電流で駆動する LED 素子の駆動方法であって、
 上記 LED 素子は、InGa_N 活性層を含み、電流増加時において発光波長がブルーシフトするものであり、

上記電流値 I に対する発光波長特性を、あらかじめ電流値対発光波長特性とし、
 所望の発光波長になるように上記電流値対発光波長特性より上記電流値 I を設定し、
 上記電流値 I に対して所望の発光強度になるように上記デューティ D を設定し、
 上記所望の発光波長を変化させることを特徴とする LED 駆動方法。

【請求項2】

上記 LED 素子の発光波長が 6 nm 以上変化することを特徴とする請求項1に記載の LED 駆動方法。

【請求項3】

前記パルス電流 R の基本周期を 30 ms 以下とし、前記パルス電流 R のパルス幅を 0.2 ns 以上とすることを請求項1又は2に記載の LED 駆動方法。

【請求項4】

発光波長を指示する色信号 c と、発光強度を指示する強度信号 p とに応じて LED 素子の発光波長及び発光強度を変化させるように制御する LED 駆動方法であって、
 上記 LED 素子は、InGa_N 活性層を含み、電流増加時において発光波長がブルーシフトするものであり、

10

20

色信号 電流値信号変換部において、上記色信号 c を上記 LED 素子の電流値対発光色特性に従って電流値信号 i に変換し、

次に、演算処理部において、上記強度信号 p と上記電流値信号 i とからデューティ信号 d を演算し、

次に、パルス発生部において、上記電流値信号 i と上記デューティ信号 d に応じてそれぞれ電流値 I 、デューティ D のパルス電流を LED 駆動電流として出力する LED の駆動方法。

【請求項 5】

発光波長を指示する色信号 c と、発光強度を指示する強度信号 p とに応じた LED 素子の発光波長及び発光強度を変化させるように制御する LED 点灯回路を備える LED 装置であって、

上記 LED 素子は、 $InGaN$ 活性層を含み、電流増加時において発光波長がブルーシフトするものであり、

上記色信号 c を上記 LED 素子の電流値対発光色特性に従って電流値信号 i に変換する色信号 電流値信号変換部と

上記強度信号 p と上記電流値信号 i とからデューティ信号 d を演算し出力する演算処理部と、

上記電流値信号 i と上記デューティ信号 d に応じてそれぞれ電流値 I 、デューティ D のパルス電流を LED 駆動電流として出力するパルス発生部とを備えることを特徴とする LED 装置。

【請求項 6】

上記 LED 素子を複数備え、上記複数の LED 素子を発光波長を変化させるように上記 LED 点灯回路で駆動することを特徴とする請求項 5 に記載の LED 装置

【請求項 7】

前記パルス電流 R の基本周期を 30ms 以下とし、前記パルス電流 R のパルス幅を 0.2ns 以上とすることを請求項 6 に記載の LED 装置、もしくは表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は発光色が駆動電流値によって変化する（いわゆる、ブルーシフト） LED 素子を駆動する LED 駆動方法および LED 素子と LED 点灯回路からなる LED 装置、ならびにブルーシフトする LED 素子と蛍光体を組み合わせた LED ランプおよびこの LED ランプの駆動方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の LED 駆動装置は、図 20 に示すように出力設定値 p に対応した駆動電流 i を電源部 171 より LED 172 に印加して、 LED 172 を駆動するものであった。 LED 172 の発光強度は駆動電流値を変化させて制御していた。従来の LED 172 は駆動電流値によっては発光色が変化しないのが普通であり、したがって従来は駆動電流値の制御によって LED の発光色を変化させることなく発光強度を変化することができた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来の LED は駆動電流値によって発光色が変化しないので、駆動電流値によって発光強度だけを変化することができた。しかし、駆動電流値によって発光色が変化する LED 素子を、図 20 に示すような駆動回路で発光強度の制御をすると、発光色も変化してしまい、希望通りの発光強度の制御ができないことになる。

【0004】

以上のような問題解決のため、本発明は駆動電流値によって発光色が変化する LED 素子において、発光色を変化させることなく発光強度を変化させることができる駆動方法を提供するものである。また、本発明は LED 素子毎に異なる発光強度、発光色のバラツキを

10

20

30

40

50

解消することができる駆動方法を提供するものである。さらに本発明は駆動電流値によって発光色が変化するＬＥＤ素子の特性を積極的に利用して、ＬＥＤ素子の発光色を変化することができる駆動方法を提供するものである。そして、本発明はこのＬＥＤ駆動方法を実現するＬＥＤ装置を提供するものである。更に本発明はＬＥＤ素子と蛍光体を組み合わせて広範囲の発光色変化が可能なＬＥＤランプおよびこのＬＥＤランプの駆動方法を提供するものである。なお、本明細書において、色差とは、ＣＩＥ 1960 UCS色度図の座標点間の距離で定義されるものとする。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

本発明は、電流値 I 、デューティ D のパルス電流で駆動するＬＥＤ素子の駆動方法であって、上記ＬＥＤ素子は、 InGaN 活性層を含み、電流増加時において発光波長がブルーシフトするものであり、上記電流値 I に対する発光波長特性を、あらかじめ電流値対発光波長特性とし、所望の発光波長になるように上記電流値対発光波長特性より上記電流値 I を設定し、上記電流値 I に対して所望の発光強度になるように上記デューティ D を設定し、上記所望の発光波長を変化させることを特徴とする。

10

【 0 0 0 6 】

また本発明は上記電流値が上記ＬＥＤ素子の発光波長の変化が 6 nm となる範囲内に設定されるとともに、上記デューティを発光強度に応じて変化させることを特徴とする。これにより、ＬＥＤ素子の発光波長をほぼ一定にして発光強度を制御することができる。

【 0 0 0 7 】

20

また本発明は、上記電流値が上記ＬＥＤ素子の発光波長を変化させるよう制御されるとともに、上記デューティが発光強度をほぼ一定とするよう制御されることを特徴とする。これにより、ＬＥＤ素子の発光強度をほぼ一定にして発光波長を制御することができる。

【 0 0 0 8 】

本発明は、発光波長を指示する色信号 c と、発光強度を指示する強度信号 p とに応じてＬＥＤ素子の発光波長及び発光強度を変化させるように制御するＬＥＤ駆動方法であって

、
上記ＬＥＤ素子は、 InGaN 活性層を含み、電流増加時において発光波長がブルーシフトするものであり、色信号 電流値信号変換部において、上記色信号 c を上記ＬＥＤ素子の電流値対発光色特性に従って電流値信号 i に変換し、次に、演算処理部において、上記強度信号 p と上記電流値信号 i とからデューティ信号 d を演算し、次に、パルス発生部において、上記電流値信号 i と上記デューティ信号 d に応じてそれぞれ電流値 I 、デューティ D のパルス電流をＬＥＤ駆動電流として出力する。

30

【 0 0 0 9 】

本発明に係るＬＥＤ装置は、発光波長を指示する色信号 c と、発光強度を指示する強度信号 p とに応じてＬＥＤ素子の発光波長及び発光強度を変化させるように制御するＬＥＤ点灯回路を備えるＬＥＤ装置であって、上記ＬＥＤ素子は、 InGaN 活性層を含み、電流増加時において発光波長がブルーシフトするものであり、上記色信号 c を上記ＬＥＤ素子の電流値対発光色特性に従って電流値信号 i に変換する色信号 電流値信号変換部と上記強度信号 p と上記電流値信号 i とからデューティ信号 d を演算し出力する演算処理部と、上記電流値信号 i と上記デューティ信号 d に応じてそれぞれ電流値 I 、デューティ D のパルス電流をＬＥＤ駆動電流として出力するパルス発生部とを備える。

40

上記ＬＥＤ素子を複数備え、上記複数のＬＥＤ素子を発光波長を変化させるように上記ＬＥＤ点灯回路で駆動する。

前記パルス電流 R の基本周期を 30 ms 以下とし、前記パルス電流 R のパルス幅を 0.2 ns 以上とする。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

本発明の駆動方式は従来の AlGaAs 系半導体発光素子等をパルス駆動させる場合とは状況が大きく異なる。すなわち、従来の AlGaAs 系半導体発光素子では、駆動電流を

50

増加させるにつれて波長が長くなる現象（レッドシフト現象）が生ずる。これらレッドシフト現象は、平均投入パワーに比例して発熱により発光素子の温度が上昇し、活性層のバンドギャップが縮小し、発光波長が長波長化（レッドシフト）するものである。すなわち、レッドシフト現象を有する素子では発光強度と発光波長の両方が発光素子に流される電流の平均電力で決定されるメカニズムを有しており、AlGaAs系半導体発光素子は、駆動電流パルスの波高値と平均電力の2つのパラメータで発光波長と発光出力を個々に独立に制御することは不可能である。

【0017】

本発明ではInGaN量子井戸層を活性層として有するLED素子のように駆動電流値の増加に対して発光波長がブルーシフト（短波長化）する発光素子に対して、パルス駆動方式を適用することにより、発光出力と発光波長を所望の値に制御できることを発明した。これは、発光素子におけるブルーシフト現象が活性層における瞬間的なキャリア量に依存して決定されることに着目したものであり、パルス駆動電流の波高値を波長制御に、パルス駆動電流の平均電力を発光強度制御に用いる技術を提供するものである。従って、パルス駆動電流のパルス幅は発光素子の活性層におけるキャリアの再結合寿命と同等かそれより長い方が望ましい。なぜなら、パルス幅がキャリアの活性層における再結合寿命より短い場合には活性層での実効的なキャリア密度は、再結合寿命で積分された量となり、個々のパルスの波高値が直接、活性層のキャリア量とは異なるためである。一般に、InGaNのような材料を活性層に有するブルーシフト現象を伴う発光素子のキャリアの再結合寿命は0.2 ns以上であり、駆動電流の個々のパルス幅も0.2 ns以上より望ましくは1 ns以上であることが望ましい形態と言える。

【0018】

また、上述のようなブルーシフトとして問題となるのは、多くの場合目視に対する色調の変化であり、発光強度の階調表示を単に電流量のみの変化で強度変調した場合に、その最小電流値以上最大電流値以下の範囲内において最も発光波長が長い時の波長 λ_1 と電流値 I_1 と、最も発光波長が短い時の波長 λ_2 と電流値 I_2 とした場合に、 $\lambda_1 - \lambda_2 \geq 6 \text{ nm}$ 、かつ $I_1 < I_2$ なるLED素子を駆動する場合が本発明の対象範囲である。例えば、直流電流で駆動した場合の0.1 mA駆動時と30 mA駆動時の発光波長差が6 nm以上ある場合には本発明の効果を発揮することができる。また、逆に、波長のシフトを一定に制御する指針としては、波長シフトが6 nmより小さい範囲内に収まるように回路構成を選択することが肝要である。

【0019】

（実施の形態1）

本実施の形態1を構成するLED装置を図1に示す。本実施の形態1のLED装置は、強度信号pと色信号cに基づいてLED駆動電流Rを出力するLED点灯回路1と、発光色が駆動電流値によって変化するLED素子104とから構成される。LED点灯回路1は、入力される色信号cを電流値信号iに変換して出力する色信号-電流値信号変換部102と、強度信号pと電流値信号iとから、デューティDを指示するデューティ信号dを演算して出力する演算処理部101と、上記電流値信号iとデューティ信号dの指示に応じて、それぞれ、電流値I、デューティDの方形波パルス電流RをLED駆動電流として出力する方形波パルス発生部103とから構成される。

【0020】

図2は、本実施の形態のLED素子104の構造を示した断面断面図である。本LED素子104は、サファイア基板201上に、GaNバッファ層（図示せず）と、n型のGaN層202、In_{0.2}Ga_{0.8}N活性層203、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}N蒸発防止層204、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}N上部蒸発防止層205、p型GaNコンタクト層206を順次積層されている。次に反応性イオンビームエッチング（RIE）によってn型のGaN層202が露出するまでドライエッチングする。次にp型コンタクト層206上の一部にニッケル（Ni）膜207をパターン形成する。更にNi膜207上に金（Au）電極パッド208を形成し、次にn型GaN層202の露出した表面の一部にチタン（Ti）膜、更

にその上にアルミ (A l) 膜で構成された n 電極 2 0 9 を形成する。

【 0 0 2 1 】

上記 L E D 素子 1 0 4 は次のような工程で作製される。まず、M O C V D 装置を用いて H₂ 雰囲気中でサファイア基板 2 0 1 を 1 0 5 0 ° で加熱し、サファイア基板の表面処理を行う。その後、基板温度を 5 0 0 ° まで下げ、G a N バッファ層 (図示せず) を形成する。このとき、バッファ層の層厚は 2 5 0 nm とする。次に基板温度を 1 0 2 0 ° まで上げて n 型 G a N 層 2 0 2 を 4 μ m 程度成長させる。次に基板温度を 7 2 0 ° に下げ、ノンドープ又は S i ドープ I n_{0.2}G a_{0.8}N 活性層 2 0 3 を約 3 0 nm の膜厚で成長させる。次に基板温度をノンドープ又は S i ドープ I n_{0.2}G a_{0.8}N 活性層の成長温度と同じ 7 2 0 ° で p 型 A l_{0.1}G a_{0.9}N 蒸発防止層 2 0 4 を 1 0 0 nm 成長する。次に基板温度を 9 0 0 ° に上げ、p 型 A l_{0.1}G a_{0.9}N 上部蒸発防止層 2 0 5 を 1 0 0 nm 成長する。p 型 A l_{0.1}G a_{0.9}N 蒸発防止層 2 0 4 の成長温度はノンドープ又は S i ドープ I n_{0.2}G a_{0.8}N 活性層の成長温度と同一温度が望ましいが、実質的に同一であればよく、プラスマイナス 5 0 度程度は許容される。その後基板温度を 1 0 0 0 ° として p 型 G a N コンタクト層 2 0 6 を 3 0 0 0 nm 成長する。その後、n 電極 2 0 9 を形成するため、レジストを塗付してフォトリソグラフィによりパターンニングを行い、成長した半導体層の一部をドライエッチングにより除去して n 型の G a N 層 2 0 2 を露出させ、露出した n 型の G a N 層 2 0 2 の表面の一部に n 電極 2 0 9 を形成する。次に、レジストを除去してフォトリソグラフィによりパターンニングを行い、p 型電極コンタクト層 2 0 6 上の一部にニッケル (N i) 金属膜 2 0 7 を 3 0 ~ 1 0 0 nm の膜厚で蒸着する。また導電膜を形成したときと同様の手順で、導電膜上の一部に金 (A u) パッド電極 2 0 8 を 4 0 0 0 nm の厚さで形成する。

【 0 0 2 2 】

図 3 は、本実施の形態の L E D 素子 1 0 4 を直流駆動した場合の駆動電流値とその時の発光波長の関係を示す図である。ここで、発光波長とは、次のように定義している。図 4 に図示するように、L E D 素子 1 0 4 の発光波長スペクトルは単一のピークをもち、また、発光波長半値幅が 3 0 nm 程度である色純度の良好な発光特性を示している。本実施の形態の L E D 素子 1 0 4 においては、発光色を、発光波長スペクトルのピーク波長をもって代表させることができ、本明細書ではこれを、発光波長と表現した。以下では、簡単のために、発光波長を発光色のパラメータとして用いることにする。図 3 において、素子 1 では、駆動電流が 0 . 1 m A のとき発光波長 5 0 8 nm (緑色) 、駆動電流が 1 m A のとき発光波長 4 9 4 nm (青緑色) 、駆動電流が 1 0 m A のとき発光波長 4 8 1 nm (青色) と、駆動電流を増加させるにつれて波長が短波長にシフトするブルーシフト現象が観測されている。すなわち、0 . 1 m A 駆動時に比べて 1 0 m A 駆動時では 2 0 nm 以上の短波長化が生じている。このように、2 0 nm 程度以上の短波長化は目視で観測する場合に異なる色として観測される。一般に、目視での観測において色を同一に保つためには、可視光のいずれの波長域の L E D 素子であっても電流値変化に対する波長の変化を 6 nm より小さく抑制することが必要である。

【 0 0 2 3 】

図 5 は、本実施の形態の L E D 素子 1 0 4 をパルス駆動した場合の発光出力特性を示す図である。横軸は、方形波パルス電流 R のデューティ D と、電流値 I との積 $D \times I$ (単位 m A) とし、縦軸を発光出力 P (単位 μ W) とした。本明細書では、パルスとは周期的なパルスのことを表わしており、これを図 6 に示している。図 6 を参照して、電流値 I とはパルスの電流値 (波高値) であり、デューティ D は、パルスの周期 T_1 とパルス幅 T_2 とから $D = T_2 / T_1$ で定義される。よって、デューティ D と、電流値 I との積 $D \times I$ は、L E D 素子に注入される電流の時間平均値 (平均電流) である。本実施の形態では、本発明の原理をわかりやすく説明するために、発光出力が電流値にほぼ比例するような電流領域における駆動を想定している。このとき、L E D 素子に注入される平均電流に比例して L E D 素子の発光出力 (時間平均とする) が得られ、図 5 のグラフのように直線で表わされる特性となっている。つまり、発光出力 P はほぼ $P = D \times I$ と考えることができる。ここで、L E D 素子を人が観察したときにちらつきを感じないことが望ましいことから、周期 T_1

は 30 ms 以下であればよく、特に 10 ms 以下とすることが望ましい。またパルス幅 T_2 は発光素子の活性層におけるキャリアの再結合寿命と同等かそれより長いほうが望ましく、InGaN 活性層を有する発光素子ではパルス幅は 0.2 ns 以上、より好ましくは 1 ns 以上に設定される。

【0024】

以下に、図 1 ないし図 6 を参照して、本実施の形態の LED 装置の動作の詳細を説明する。ここでは、図 3 および図 5 に素子 1 として記載されている LED 素子を発光波長 490 nm (青緑色)、発光出力 100 μ W で発光させる場合を例にとって説明する。このように、発光強度のパラメタとしては、発光出力を用いた。このとき、LED 点灯回路 1 には、外部より、LED の発光波長が 490 nm であることを指示する色信号 $c = c_{490}$ と、LED の発光出力が 100 μ W であることを指示する強度信号 $p = p_{100}$ が入力される。

10

【0025】

次に、本実施形態装置の動作について説明する。まず、外部から色信号 c が色信号 - 電流値信号変換部 102 に入力されると、ここでは、図 3 (素子 1) に示される駆動電流値対発光波長特性にしたがって、色信号 c から電流値信号 i への変換が行われる。本例の色信号 $c = c_{490}$ が入力された場合、図 3 (素子 1) の駆動電流値対発光波長特性によれば発光波長 490 nm に対応する電流値は 2 mA であり、方形波パルス発生部 103 の出力すべきパルスの電流値 I が 2 mA であることを指示する電流値信号 $i = i_2$ を発生し、演算処理部 101 と方形波パルス発生部 103 に送る。

【0026】

20

次に、演算処理部 101 では、強度信号 p と上記電流値信号 i が入力されるので、図 5 (素子 1) に示されるような電流値 I とデューティ D の積対発光出力特性の関係から、デューティ D が演算される。ここで強度信号として p_{100} 、電流値信号としては上記 i_2 が与えられており、図 5 (素子 1) より $P = 100 \mu$ W に対応する電流値 I とデューティ D の積 $D \times I$ は 1 mA であり、また、電流値信号の指示する電流値は 2 mA であることから、 $D = 0.5$ が算出される。これにより、方形波パルス発生部 103 の出力すべきパルスのデューティ D が 0.5 であることを指示するデューティ信号 $d = d_{0.5}$ を発生し、方形波パルス発生部 103 に送る。

【0027】

方形波パルス発生部 103 では、色信号 - 電流値信号変換部 102 から送られてきた電流値信号 $i = i_2$ と演算処理部 101 から送られてきたデューティ信号 $d = d_{0.5}$ に従って、電流 $I = 2$ mA、デューティ $D = 0.5$ のパルス電流 R を発生し、出力する。このパルス電流 R により LED 素子 104 が駆動され発光する。以上のような、手順を踏むことにより、駆動電流値に対して発光波長依存性のある LED 素子を用いても、指示された発光波長と発光出力で発光させることができた。

30

【0028】

次に、図 3 および図 5 において、素子 2 として記載されている LED 素子を上記と同一の発光出力 100 μ W、発光波長 490 nm で発光させる場合について説明する。図 3 に示される駆動電流値対発光波長特性のように、素子 2 では素子 1 との特性のばらつきのため、各電流値における発光波長が約 6 nm 程度長波長側にシフトしている。また、図 5 に示されるように、電流値 I とデューティ D の積対発光出力特性の関係も、素子 1 の場合と異なり、低出力側にシフトしている。

40

【0029】

色信号 $c = c_{490}$ が色信号 - 電流値信号変換部 102 に入力され、図 3 (素子 2) の駆動電流値対発光波長特性図から発光波長 490 nm に対応した電流値 5 mA を指示する電流値信号 $i = i_5$ を発生し、演算処理部 101 とパルス発生部 103 に転送される。

【0030】

演算処理部 101 では、強度信号 p として p_{100} 、電流値信号としては上記 i_5 が与えられており、図 5 (素子 2) の電流値 I とデューティ D の積対発光出力特性の関係から $P = 100 \mu$ W に対応する電流値 I とデューティ D の積 $D \times I$ は 3 であり、また、電流値信号の

50

指示する電流値は5 mAであることから、 $D = 0.6$ が算出される。これにより、パルス発生部103の出力すべきパルスのデューティDが0.6であることを指示するデューティ信号 $d = d_{0.6}$ を発生し、パルス発生部103に送る。

【0031】

パルス発生部103では、色信号 - 電流値信号変換部102から送られてきた電流値信号 $i = i_5$ と演算処理部101から送られてきたデューティ信号 $d = d_{0.6}$ に従って、電流値5 mA、デューティ0.6のパルス電流Rを発生し、出力する。このパルス電流RによりLED素子104が駆動され、上記指定の発光出力と発光波長で発光した。

【0032】

このように、本発明の駆動方法を取ることで、複数の特性のバラツキのある電流値により発光波長の変化するLED素子においても同一波長、同一出力で駆動することができた。駆動電流値により発光波長の変化するLED素子においては、所定の電流値でLED素子を駆動すると、発光波長がそれぞれ特性のバラツキにより異なる、すなわち、色調が異なるという問題が生じていたが、本発明により、この問題が解決された。つまり、演算処理部101には、図5に示す電流値Iと、デューティDの積対発光出力の関係をテーブル形式や関数として記録させておけば良く、また、色信号 - 電流値信号変換部102には、図3に示す各々駆動したい素子に対応した電流値対発光波長のデータをテーブル形式や関数として記録させておけばよい。

【0033】

なお、上述の実施の形態としてパルス波形は方形波としたが、パルス発生部で発生するパルス波形は方形波以外、三角波等その形状は問題とならず、どのような形態であっても良い。また、パルス波の発生形態としては以下に記述するような方法も適用可能であった。周期を一定として、パルスの幅を変化させてデューティを変化させた場合。パルスの幅を一定として、周期を変化させてデューティを変化させた場合。ある一定時間内のパルス数を変化させデューティを変化させた場合。更に、図18(a)に示すようにパルスが一定周期の前半側に集中したもの、(b)のようにパルスが一定周期の後半側に集中したもの、(c)のように一定周期の全体に広がって発生したような場合も考えられる。すなわち、駆動電流の平均電力が一定となるように、個々のパルスの形や幅、個数等は回路構成での容易な方法に従い、任意に選択することができる。以上のようにパルスの発生形態には様々なバリエーションがあるが、これ以外の発生形態であっても本発明において何ら問題とならず適応可能である。

【0034】

(実施の形態2)

本実施の形態では、実施の形態1(素子1)において、LED点灯回路に指示する発光強度の指示を、 $50 \mu W$ 、 $100 \mu W$ 、 $200 \mu W$ と時間的に変化させ、かつ、発光波長の指示を実施の形態1と同じ 490 nm と一定にした場合について説明する。この場合、色信号cは $c = c_{490}$ で一定であり、強度信号pがそれぞれ指示された発光強度に応じて、 $p = p_{50}$ 、 p_{100} 、 p_{200} と変化し入力されるものとする。

【0035】

色信号cは $c = c_{490}$ で一定であるから、色信号 - 電流値信号変換部102の出力する電流値信号iは実施の形態1と同じであり、 $i = i_2$ である。

【0036】

演算処理部101の出力するデューティ信号dは、実施の形態1と同じ手順にしたがって演算され、強度信号pは、 $p = p_{50}$ 、 p_{100} 、 p_{200} と変化するにしたがって、結果が、 $D = 0.25$ 、 0.5 、 1 となるから、それぞれの指示するデューティ信号 $d = d_{0.25}$ 、 $d_{0.5}$ 、 d_1 を順次パルス発生部103におくる。

【0037】

これにより、実施の形態1と同様の手順により、外部より入力された、上述の時間変化する発光強度および一定の発光波長である指示通りに、LED素子104が発光した。(但し、この場合 $200 \mu W$ 以上は出せない。)

本実施の形態においては、駆動電流値によって発光波長（色調）の異なるＬＥＤ素子を用いたにもかかわらず、発光波長（色調）を指定された一定に保持したまま、発光強度のみを変化させることができた。

【００３８】

このような駆動方法は、他の発光色のＬＥＤ素子と同時に点灯して色調を表現するような表示装置に応用すれば、色ずれを抑制することができ、また、ＬＥＤ素子により蛍光体を励起発光させるような表示装置に応用すれば、励起波長ずれによる発光効率の低下や、色調ずれを防止することができ、効果が非常に高い。ここで説明に用いた素子とは、特性の異なるＬＥＤ素子を（特性にバラツキのある素子）を用いても実施の形態１に示したのと同様の方法、理由により、所定の発光色で発光強度のみを変化させることができた。

10

【００３９】

（実施の形態３）

本実施の形態では、実施の形態１におけるＬＥＤ点灯回路を簡略化した形を示す。この場合のＬＥＤ点灯回路は図７に示すように、方形波パルス発生部１０３ａのみから構成されており、ＬＥＤ点灯回路の外部から与えられる信号も強度信号ｐのみである。方形波パルス発生部１０３ａでは、光出力に対応する強度信号ｐの値に基づいて、ＬＥＤ素子１０４に流す電流パルスのデューティーのみを変化させ、電流波高値はあらかじめ設定したほぼ一定の値とした。ここで波高値がほぼ一定と見なせる範囲としては、当該回路の接続されたＬＥＤ素子の波長変化（ブルーシフト）が６ｎｍ以下の範囲に収まるように制御されていれば、多少の電流波高値の異なりは問題とはならず、ここで言う“一定”の範疇に包含されている。この場合の電流波高値の設定電流をＬＥＤ素子の信頼性が確保できる範囲の最大値に設定することで、表示の発光強度のダイナミックレンジを最大とできるので最も望ましい。具体的には、この場合のパルス波高値として１０ｍＡ以上３００ｍＡ以下に設定することが望ましい。

20

【００４０】

このような簡易の点灯回路の構成であっても、接続されたＬＥＤ素子から発光される光の波長を観測した所、パルスデューティーが０．２％から１００％まで変化させ、その時の光出力と波長を観測した結果、０．１ｍＷ～５０ｍＷまでの光出力変化がみられたが、この範囲内での発光波長の変化は４７２ｎｍから４６８ｎｍへの４ｎｍ程度の変化であり、色変化として目に感じられる６ｎｍを下回っていた。よって、色信号ｃを用いる実施の形態１のような演算処理部１０１や色信号－電流値信号変換部１０２による色制御を実施しない場合においても、ＬＥＤ素子１０４に印加される駆動パルスの電流波形が接続されたＬＥＤ素子１０４の波長変化（ブルーシフト）が６ｎｍの範囲内となるようにパルス波高値をほぼ一定に制御し、パルスデューティーを主として変化させて光出力を制御する方法を採用することで、ＬＥＤ素子１０４のブルーシフトに基づくＬＥＤ素子の色変化を顕著に抑制することができ、実用上、色変化が感知できない範囲にまで改善できた。

30

【００４１】

この場合のあらかじめ駆動回路で設定される電流値としては、ＬＥＤ素子の信頼性に支障の無い範囲で最大の電流パルス波高値と設定することにより、光出力のダイナミックレンジを最も大きくすることができる。

40

【００４２】

（実施の形態４）

本実施の形態では、実施の形態１（素子１）において、ＬＥＤ点灯回路に指示する発光波長の指示を、４７５ｎｍ（青色）、４８５ｎｍ（青～青緑色）、４９４ｎｍ（青緑～緑色）と時間的に変化させ、かつ、発光強度の指示を６０μＷ一定にした場合について説明する。この場合、強度信号ｐは、 $p = p_{60}$ で一定であり、色信号ｃがそれぞれ指示された発光強度に応じて $c = c_{475}$ 、 c_{485} 、 c_{494} と変化し入力されるものとする。

【００４３】

色信号－電流値信号変換部１０２の出力する電流信号は、実施の形態１と同様に素子１の場合は図３に従って変換されて、色信号 $c = c_{475}$ 、 c_{485} 、 c_{494} に対して、それぞれ電

50

流値 30 mA、4 mA、1 mA を指示する電流値信号 $i = i_{30}$ 、 i_4 、 i_1 を出力する。

【0044】

演算処理部の出力するデューティ信号は、実施の形態 1 と同じ手順にしたがって演算され、 $i = i_{30}$ 、 i_4 、 i_1 と変化するにしたがって、結果が、 $D = 0.02$ 、 0.15 、 0.6 となるから、それぞれの指示するデューティ信号 $d = d_{0.02}$ 、 $d_{0.15}$ 、 $d_{0.6}$ をパルス発生部 103 におくる。

【0045】

これにより、実施の形態 1 と同様の手順により、外部より入力された、上述の時間変化する発光波長および一定の発光強度である指示通りに、LED 素子 104 が発光した。

【0046】

本発明の駆動方法を用いると一つの LED 素子で光強度を変えず、発光色を変化させることができた。このように、本実施の形態の方法にしたがって発光色を変化させる場合には、電流値を 10 倍以上変化させることが色調の変化のためには望ましく、特に、20 倍以上変化させることが望ましかった。

【0047】

このような駆動方法は、表示装置に応用すれば、単一の LED 素子で光強度を変えずに発光波長を変化させるので、視覚効果の高い表示装置を簡単な構成で実現できる。LED 点灯回路に入力する色信号を連続的に変化させて、発光色を連続的に変化させるようなことも、容易にできる。

【0048】

また実施の形態 2、3 を組み合わせることにより、素子 1 において、490 nm で 200 μ W、475 nm で 60 μ W と任意の異なる発光波長で、異なる発光強度で発光させることも可能となる。

【0049】

以上、実施の形態 1 から 4 においては、原理の説明をわかりやすくするために、電流値と発光出力との関係が比例関係をもった LED 素子として、動作を説明してきたが、本発明はこれに限られるものではない。実際の LED 素子では比例関係を持っていない場合も多いのである。図 8 はこのような LED 素子の電流値対発光出力（瞬間値）特性を示す図であり、比例関係にないことから、グラフが曲線になっている。このような、LED 素子について、図 5 のような $D \times I$ 対発光出力特性のグラフを描こうとすると、グラフを一本の線で描くことができずに、電流値 I の値ごとに異なるラインを描かなければならない。

【0050】

図 8 に示される素子の場合で、実施の形態 1 と同条件の発光波長 490 nm、発光出力 100 μ W で光らせようとした場合を実施の形態 1 と同様に考える。ただし、この素子の電流値対発光波長特性は図 3（素子 1）と同じとする。色信号 $c = c_{490}$ が色信号 - 電流値信号変換部 102 に転送され、実施の形態 1 と同じく電流値信号 $i = i_2$ （電流値 2 mA を指示）を出力する。図 8 によれば、電流値 2 mA のとき、300 μ W（瞬間値）の光を出力するから、演算処理部 101 では、 $100 \mu\text{W} / 300 \mu\text{W} = 1 / 3$ のデューティ D を演算し、これに応じたデューティ信号 d を出力すべきである。ここで基本的には、デューティ D と発光出力 P との間に比例関係があると考えたが、LED 素子の放熱が十分でない場合には、デューティ D と、電流値 I との積 $D \times I$ の値が大きくなると発熱により発光効率が低下するので必ずしも成り立つものではない。要は、発光出力 P が、デューティ D と電流値 I を変数とする関数（あるいは、 D は P と I を変数とする関数）であり、これは、あらかじめ LED 素子の特性を測定することにより得ることができ、演算処理部は、LED 素子に応じてこの関数を計算し所要のデューティ信号 d を出力するものとすればよい。あるいは発光出力 P と、デューティ D と電流値 I の関係をテーブルとして記録しておいてもよい。この様に、本発明の駆動方法は、電流値対光強度特性が線形でない素子に対しても駆動することができるものである。

【0051】

また、実施の形態 1 ないし 4 においては、実施の形態 1 の中で説明したように、発光スペ

10

20

30

40

50

クトルのピーク値をパラメタとして発光色を表現してきた。これは、単に説明の簡単化のために用いたものであり、実施の形態 1 から 4 で説明した本発明の本質に係わるものではない。例えば、CIE 標準色度図の座標等を用いて表現しても、発明の本質が変化するものではない。

【0052】

またさらに、実施の形態 1 ないし 4 においては、簡単のために、LED 素子の発光強度を発光出力（単位 W）を用いて表わしてきたが、他のパラメタを用いてもよい。特に、輝度（単位 cd/m^2 ）、光度（単位 cd ）、光度パワー（単位 lm ）のように、視感度を考慮したパラメタを用いれば、実施の形態 4 の場合のように、光強度を一定にして波長のみを変化させるような駆動を行う場合、波長が変化することによる見ための明るさの変化がなくなり、好都合である。ただし、この場合、図 5 において、発光波長すなわち電流値 I により、光強度が変化するので、デューティ D と、電流値 I との積 $D \times I$ 対発光出力（パワー）の関係を一本の直線で表現することは不可能になる。しかしながら、上述のごとく本発明の駆動方法は、電流値対発光出力特性が線形でない素子に対しても駆動することができるものであり、このような変更は、演算処理部に保持する発光出力 P とデューティ D と電流値 I との関係を、実施の形態 1 ないし 4 の場合とは発光出力 P の単位を変えて保持すれば実現でき、実施の形態 1 から 4 で説明した本発明の本質に係わるものではない。

【0053】

また、実施の形態 1 ないし 4 においては、特定の LED 素子（素子 1、素子 2）を用いて説明したが、これは、電流増加につれて波長が短くなる（駆動回路で設定される最小駆動電流と最大駆動電流での波長差が 6 nm 以上のブルーシフトを生ずる）全ての LED 素子を対象とすることができる。例えば、図 2 に示した LED 素子とほとんど同じ構成で、InGaN 活性層の組成を変更することで、電流値を 0.1 mA から 100 mA まで変えたときに、発光波長が 590 nm から 530 nm まで変化するものを作製することができた。さらに、導電性（望ましくは n 型）GaIn 基板上に作製された InGaIn 活性層や InGaAlN 活性層を有する LED 素子もこの対象であることは言うまでもない。このような LED 素子を用いたときには、実施の形態 1 ないし 4 と同様の構成にて、橙～黄～黄緑～緑色の内の所定の発光色と発光強度で発光する LED 素子を実現できた。

【0054】

（実施の形態 5）

図 9 は本実施の形態の LED ランプを示す図である。本実施の形態の LED ランプは、駆動電流値により発光色が変化する LED 素子 801 と、その前面に設けられた蛍光体 802 とから構成される。LED 素子 801 の発光出力と蛍光体 802 の発光出力が混合されて出力される。ここで、LED 素子 801 は実施の形態 1 に示されたものと同じである。

【0055】

以下に、本実施の形態の LED ランプの動作について説明する。図 10 は、蛍光体 802 が 460 nm で励起されたときの励起スペクトルおよび発光スペクトルを示した図である。本実施の形態に使用される蛍光体の励起スペクトルのピークは、460 nm 程度にあり、この波長の光を照射されたときに、最も効率よく発光スペクトルに示される蛍光を生じることが示されている。本例では発光のピークは 630 nm であり、赤色の発光を示している。このような特性の蛍光体として、例えば YAG 系蛍光体がある。

【0056】

このような蛍光体 802 に図 3（素子 1）に示される電流値対発光波長特性をもつ LED 素子で励起することを考える。素子 1 は、駆動電流値が 0.1 ~ 2 ~ 30 mA と変化することによって、発光波長が、508（緑色）~ 490（青緑色）~ 474 nm（青色）と変化する。図 11 は CIE 標準色度図であり、図中の素子 1 と示したラインが 0.1 ~ 2 ~ 30 mA のように電流値を変化させたときの素子 1 の発光色の軌跡を示している。また、図 11 の蛍光体と記した点は、図 10 に示される蛍光体の発光スペクトルにより求められた蛍光体の発光色を示す点である。ここで、図 10 に示される蛍光体の励起スペクトルによれば、素子 1 の発光波長が 508 nm のときは素子 1 の駆動電流が小さいので発光出力が

小さく、かつ励起スペクトルの端にあるため、蛍光体はほとんど励起されない。しかし、素子1の発光波長が474nmのときは駆動電流が大きく発光出力が大きくなり、かつ励起スペクトルのピーク付近にあるため、強く励起され発光することになる。このように、素子1の発光波長が短波長になるにしたがって、蛍光体は強く励起される。

【0057】

例えば、本実施の形態のLEDランプにおいて、LED素子801を0.1mAで駆動したとき、LED素子801が発光して508nmの出力が得られるが、蛍光体はほとんど励起されないで、LEDランプはほぼLED素子801の発光のみが出力されて緑色になる。LED素子801を30mAで駆動したとき、LED素子の発光(青色474nm)と、このLED素子の発光によって励起される蛍光体802の発光(赤色630nm)とが混合するので、赤紫色になる。また、LED素子801を2mAで駆動したときには、490nm(青緑色)の発光波長が得られるが、発光出力はそれほど強くなく、かつ励起スペクトルの端近くにあるため蛍光体802の発光はそれほど強くなく、LED素子801の発光(青緑色490nm)と混合されて、白色になる。電流値を0.1~2~30mAと変化させたときの、このような、LEDランプ発光色のCIE標準色度座標における軌跡は、図11で「実施の形態4のLEDランプ」と記入されたラインのようになる。このように、本実施の形態のLEDランプは、電流値を0.1~2~30mAと変化させたとき、緑~白~赤紫色と順に変化する。

【0058】

このように、本実施の形態によれば、電流値により発光色が変化するLED素子と蛍光体とを組み合わせることにより、電流値による発光色の变化を単にLED素子のみを用いただけでは実現できないLEDランプを得ることができた。ここでは、蛍光体として、図10に示す特定のものをを用いて説明したが、蛍光体の種類は多岐にわたるので、適宜LED素子と蛍光体との組み合わせを設定することで電流値による発光色の变化をバリエーションを極めて豊かにすることが可能である。

【0059】

(実施の形態6)

本実施の形態のLEDランプは、図9と同様に、駆動電流値により発光色が変化するLED素子801と、その前面に設けられた蛍光体802とから構成される。LED素子801の発光出力と蛍光体802の発光出力が混合されて出力される。以下に、本実施の形態のLEDランプの動作について説明する。

【0060】

図12は、本実施の形態のLED素子の電流値対発光波長特性を示す図である。素子3は、電流値が0.1~2~30mAと変化するに従って、発光波長が、450nm(青色)~430nm(青色)~415nm(青紫色)と変化する。このような素子3は、実施の形態1および図2に示したLED素子において、InGaN活性層の組成を変更することにより製造できる。図13はCIE1960UCS色度図であり、その色度座標(u、v)は、CIE標準色度図における色度座標(x、y)と、 $u = 4x / (-2x + 12y + 3)$ 、 $v = 6y / (-2x + 12y + 3)$ の関係がある。UCS色度図においては、異なる2色の座標点の距離が視覚的に感じる色の差に対応しているという特徴がある。本図においてLED素子と記載しているラインが、本実施の形態のLED素子を0.1から30mAまで変化させたときの発光色の变化をしめす軌跡である。このとき、(u、v)=(0.25、0.03)~(0.19、0.06)程度まで変化している。よって座標間の距離(色差)は、0.07程度である。

【0061】

また、図14は、本実施の形態の蛍光体の励起および発光スペクトルを示した図である。本図の範囲で、励起スペクトルのピークは、430nm程度にあり、この波長の光を照射されたときに、最も効率よく発光スペクトルに示される蛍光を生じることが示されている。本例では発光のピークは650nmであり、赤色の発光を示している。このような、励起および発光スペクトルは、 $6MgO \cdot As_2O_5 : Mn^{4+}$ 系の蛍光体材料により実現でき

る。図 13 において、蛍光体と記してある点 $(u, v) = (0.55, 0.31)$ が、本蛍光体の発光色を示している。

【0062】

ここで、図 14 に示される蛍光体の励起スペクトルによれば、素子 3 の発光波長が 450 nm (0.1 mA) のときは LED 素子の発光出力が小さく、蛍光体はほとんど励起されない。しかし素子 3 の発光波長が 415 nm (30 mA) と短波長になるにしたがって、LED 素子の発光出力が強くなるとともに蛍光体の励起スペクトルのピーク付近にあるため、強く励起され発光することになる。したがって、LED ランプから発する光は、LED 素子を 0.1 mA で駆動したとき、ほぼ LED 素子の発光が優勢で青色になり、LED 素子を 30 mA で駆動したとき、蛍光体の発光 (赤色 660 nm) と LED 素子の発光 (青紫色 415 nm) とが混合するが、LED 素子の発光色について視感度が低いため、蛍光体の発光 (赤色 660 nm) が優勢に感じられ、赤色になる。また、素子 3 を 2 mA で駆動したときには、素子 3 の発光波長は青色 430 nm であり、LED 素子の発光出力がそれほど強いとともに、蛍光体の発光もそれほど強くなく、LED 素子の発光 (青色 430 nm) と混合されて紫色になる。

【0063】

このように、電流値を 0.1 ~ 2 ~ 30 mA と変化させたときの、LED ランプの発光色の UCS 色度図における軌跡は、図 13 で「LED ランプ」と記入されたラインのようになる。このとき、LED ランプの色調は $(u, v) = (0.25, 0.1) \sim (0.53, 0.28)$ 程度まで変化しており、座標間の距離 (色差) は、0.33 程度である。このように、電流値を変調したとき、本実施の形態に用いられた LED 素子よりも、本実施の LED ランプは大きく色調を変化させる。これは、蛍光体として、LED 素子の発光波長の変化にしたがって、大きく (2 倍以上、好ましくは 5 倍以上) 励起効率を変えるような蛍光体を選定したことにもとづく。

【0064】

このように、本実施の形態によれば、電流値により発光色が変化する LED 素子と、LED 素子の発光波長の変化にしたがって、大きく励起効率を変えるような蛍光体を選定したことにもとづく蛍光体とを組み合わせることにより、電流値による LED 素子の発光色の变化よりも大きい変化が得られる LED ランプが得られた。

【0065】

(実施の形態 7)

上記実施の形態 5 で示した LED ランプを上記実施の形態 1 で説明した LED 点灯回路により駆動した場合に関して説明する。LED 点灯回路の基本構成は図 1 に示した回路と同じであるが、改めて図 17 に示している。異なる点は LED 素子 164 が実施の形態 5 に示したように、蛍光体を LED 素子の前面に持つ LED ランプである点である。また、この図 17 の場合、LED 点灯回路 16 には、外部より LED ランプの発光強度を指示する輝度信号 k と LED 発光色を指示する色度信号 u とが入力され、LED 素子 164 を駆動する、電流値 I 、デューティ D のパルス電流 R を出力する。上記 LED 点灯回路 16 は、入力される色度信号 u を電流値信号 i に変換して出力する、色度信号 - 電流値信号変換部 162 と、輝度信号 k と、電流値 I を指示する電流値信号 i とから、デューティ D を指示するデューティ信号 d を演算して出力する演算処理部 161 と、入力される電流値信号 i とデューティ信号 d の指示に応じて、それぞれ、電流値 I 、デューティ D のパルス電流を LED 駆動電流として出力するパルス発生部 163 とから構成される。

【0066】

図 16 は、本実施の形態の LED 素子 164 の駆動電流対色度 (u 値) 特性を示す図である。ここで、 u 値とは、次のように定義している。実施の形態 1 において図 4 を用いて述べた発光波長スペクトルのピーク波長から求めた値から UCS 色度図で u 軸の値を算出し、その値を u 値としている。従って、以下では、簡単のために、 u 値を発光色のパラメータとして用いることにする。

【0067】

ここで、図 10 に示される蛍光体の励起スペクトルによれば、励起波長が 508 nm (0.1 mA) のときはほとんど蛍光体は励起されず、 474 nm (30 mA) と短波長になるにしたがって、強く励起され発光することになる。したがって、LED 装置から発する光は、LED 素子を 0.1 mA で駆動したとき、ほぼ LED 素子の発光が優勢で青色になり、LED 素子を 30 mA で駆動したとき、蛍光体の発光 (赤色 660 nm) と LED 素子の発光 (青紫色 415 nm) とが混合するが、LED の発光色について視感度が低いため、蛍光体の発光 (赤色 660 nm) が優勢に感じられ、赤色になる。また、 2 mA で駆動したときには、蛍光の発光はそれほど強くなく LED 素子の発光 (青色 430 nm) と混合されて、紫色になる。電流値を $0.1 \sim 2 \sim 30 \text{ mA}$ と変化させたときの、このような、LED ランプ発光色の UCS 色度図における軌跡は、図 13 で「LED ランプ」と記入されたラインのようになる。

10

【0068】

よって電流値と u 値の関係をグラフに示すと図 16 のようになる。ここで図 16 において、駆動電流が 0.1 mA のとき $u \text{ 値} = u_{0.25}$ 、駆動電流が 1 mA のとき $u \text{ 値} = u_{0.37}$ 、駆動電流が 10 mA のとき $u \text{ 値} = u_{0.475}$ と、駆動電流により変化していることがわかる。

【0069】

さらに、図 15 は、本実施の形態の LED ランプの輝度特性を示す図である。横軸は、方形波パルス電流 R の電流値 I とし、縦軸を輝度 (単位 mcd) とした。各デューティ D の値に対して特性を示す曲線を描いた。すなわち、本図は本実施の形態の LED ランプの輝度 L 、電流値 I の関係を示す図である。なお、本発明に用いるパルス周期 T_2 は特に規定しないが、発光を観察したときにちらつきを感じないことが望ましいことから、周期 T_2 は、 30 ms 以下であればよく、特に、 10 ms 以下とすることが望ましい。

20

【0070】

以下に、図 14、15、16、17 を参照して、本実施の形態の LED 装置・LED 点灯回路の動作の詳細を説明する。ここでは、図 15 および図 14 に記載されている LED 素子を $u \text{ 値} = u_{0.37}$ 、発光強度 100 mcd で発光させる場合を例にとって説明する。このように、発光強度のパラメタとしては、輝度を用いた。このとき、LED 点灯回路 16 には、外部より、色度信号 $u = u_{0.37}$ と、LED の輝度が 100 mcd であることを指示する輝度信号 $k = k_{100}$ が入力される。

【0071】

まず、外部から色度信号 u が色度信号 - 電流値信号変換部 162 に入力される。ここでは、図 16 に示される駆動電流対色度特性にしたがって、色度信号 u から電流値信号 i への変換が行われる。本例の色信号が入力されたとすると、図 16 の電流値対色度特性によれば色度信号 0.37 に対応する電流値は 1 mA という事になり、パルス発生部 163 の出力すべきパルスの電流値 I が 1 mA であることを指示する電流値信号 $i = i_1$ を発生し、演算処理部 161 とパルス発生部 163 に送る。

30

【0072】

次に、演算処理部 161 には、輝度信号 k と上記電流値信号 i が入力される。演算処理部 161 では、図 15 に示されるような LED ランプの輝度特性の関係から、デューティ D が演算される。ここで輝度として k_{100} 、電流値信号としては上記 i_1 が与えられており、図 15 より $k = 100 \mu\text{W}$ に対応するデューティ D は I は 0.5 であり $D = 0.5$ が算出される。これにより、パルス発生部 163 の出力すべきパルスのデューティ D が 0.5 であることを指示するデューティ信号 $d = d_{0.5}$ を発生し、パルス発生部 163 に送る。

40

【0073】

それから、パルス発生部 163 では、色度信号 - 電流値信号変換部 162 から送られてきた電流値信号 $i = i_1$ と演算処理部 161 から送られてきたデューティ信号 $d = d_{0.5}$ に従って、電流値 1 mA 、デューティ 0.5 のパルス電流 R を発生し、出力する。このパルス電流 R により LED 素子 164 が駆動され、発光する。以上のような、手順を踏むことにより、駆動電流値に対して色度特性の u 値依存性のある LED 素子を用いても、指示された輝度と UCS 色度図の u 値で発光させることができた。

50

【 0 0 7 4 】

次に、図 1 5 および 1 6 において、説明に用いた素子と異なる素子（特性にバラツキのある素子）に対しても、実施の形態 1 で説明したように、同様の理由から所定の輝度と色度で発光させることが可能である。

【 0 0 7 5 】

（実施の形態 8）

本実施の形態では、実施の形態 7 において、LED 点灯回路に指示する輝度の指示を、10、40、100 mcd と時間的に変化させ、かつ、色度特性の u 値の指示を実施の形態 7 と同じ 0.37 と一定にした場合について説明する。

【 0 0 7 6 】

この場合、色度信号 u は $u = u_{0.37}$ で一定であり、輝度信号 k がそれぞれ指示された発光強度に応じて、 $k = k_{10}$ 、 k_{40} 、 k_{100} と変化し入力されるものとする。

【 0 0 7 7 】

色度信号 - 電流値信号変換部 162 の出力する電流信号は実施の形態 6 と同じであり、 $i = i_1$ である。

【 0 0 7 8 】

演算処理部 161 の出力するデューティ信号は、実施の形態 6 と同じ手順にしたがって演算され、 $k = k_{10}$ 、 k_{40} 、 k_{100} と変化するようにしたがって、結果が、 $D = 0.02$ 、 0.1 、 0.42 となるから、それぞれの指示するデューティ信号 $d = d_{0.02}$ 、 $d_{0.1}$ 、 $d_{0.42}$ をパルス発生部 163 におくる。

【 0 0 7 9 】

これにより、実施の形態 6 と同様の手順により、外部より入力された、上述の、時間変化する輝度および一定の色度特性（ u 値）を指示通りに、LED 素子 164 を駆動した。（但し、この場合 180 mcd 以上は出せない。）

本実施の形態においては、駆動電流値によって発光波長（色調）の異なる LED 素子を用いたにもかかわらず、発光波長（色調）を指定された一定に保持したまま、発光強度のみを変化させることができた。ここで説明に用いた素子とは、特性の異なる LED 素子を（特性にバラツキのある素子）を用いても実施の形態 1 に示したのと同様の方法、理由により、所定の発光色で発光強度のみを変化させることができた。

【 0 0 8 0 】

このような駆動方法は、他の発光色の LED 素子と同時に点灯して色調を表現するような表示装置に応用すれば、色ずれを抑制することができ効果が非常に高い。

【 0 0 8 1 】

（実施の形態 9）

本実施の形態では、実施の形態 7 において、LED 点灯回路に指示する色度特性の u 値の指示を、0.25、0.37、0.51 と時間的に変化させ、かつ、輝度の指示を 40 mcd 一定にした場合について説明する。

【 0 0 8 2 】

この場合、輝度信号は、 $k = k_{60}$ で一定であり、色度信号 u がそれぞれ指示された発光に応じて $u = u_{0.25}$ 、 $u_{0.37}$ 、 $u_{0.51}$ と変化し入力されるものとする。

【 0 0 8 3 】

色度信号 - 電流値信号変換部 162 の出力する電流信号は、実施の形態 7 と同様に図 1 6 に従って変換されて、色度信号 $u = u_{0.25}$ 、 $u_{0.37}$ 、 $u_{0.51}$ に対して、それぞれ電流値 0.01 mA、1 mA、20 mA を指示する電流値信号 $i = i_{0.01}$ 、 i_1 、 i_{20} を出力する。

【 0 0 8 4 】

演算処理部 161 の出力するデューティ信号は、実施の形態 7 と同じ手順にしたがって演算され、 $i = i_{0.01}$ 、 i_1 、 i_{20} と変化するようにしたがって、結果が、 $D = 1$ 、 0.22 、 0.1 となるから、それぞれの指示するデューティ信号 $d = d_1$ 、 $d_{0.22}$ 、 $d_{0.1}$ をパルス発生部 163 におくる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 5 】

これにより、実施の形態 6 と同様の手順により、外部より入力された、上述の、時間変化する u 値および一定の輝度である指示通りに、LED 素子 164 が発光した。

【 0 0 8 6 】

本発明の駆動方法を用いると一つの LED 素子で輝度を変えず、発光色を変化させることができた。このように、本実施の形態の方法にしたがって発光色を変化させる場合には、電流値を 10 倍以上変化させることが色調の変化のためには望ましく、特に、20 倍以上変化させることが望ましかった。

【 0 0 8 7 】

このような駆動方法は、表示装置に応用すれば、単一の LED ランプで輝度を変えずに色度特性の u 値を変化させるので、人間の目にはどの波長の光も同じ明るさで感じられ、視覚効果の高い表示装置を簡単な構成で実現できる。LED 点灯回路に入力する色信号を連続的に変化させて、発光色を連続的に変化させるようなことも、容易にできる。

【 0 0 8 8 】

また、本実施例では、蛍光体を励起して発光する LED 素子を用い、更に実施の形態 1 で説明した LED 駆動回路および駆動方法により 1 つの LED 素子で、電流値を変化させることにより、輝度を変化させることなく、青色～赤色まで発光が実現できた。これまでの素子では得られない程大きな発光色の变化である。

【 0 0 8 9 】

実施の形態 1～9 において、LED 素子の駆動電流を周期的なパルスの場合で説明したが、発光を観察したときちらつきを感じないことが望ましいため、駆動電流の基本周期は 30 ms 以下であれば良く、特に 10 ns 以下とすることが望ましい。また、個々のパルスの幅は前述のように 0.2 ns 以上、より望ましくは 1 ns 以上とすることで活性層中でのキャリア濃度を確実に制御することが可能となる。

【 0 0 9 0 】

また、実施の形態 1～9 において、電流値を一定として、デューティを変化させる、もしくはデューティを一定として電流値を変化させ発光強度と波長を変化させているが、発光色の色目が変化しない程度（所望波長の ± 3 nm 以下）であれば電流値、もしくはデューティを所望の波長の ± 3 nm 以下に発光波長がなるように変化させてもかまわない。実施の形態 5～9 において、蛍光体は所要とする励起スペクトルと発光スペクトルの組み合わせに応じて適当に選択することができる。例えば、赤色発光の蛍光体として、 $ZnS:Cu$ 、 $LiAlO_2:Fe^{3+}$ 、 $Al_2O_3:Cr$ 、 $Y_2O_3:Eu^{3+}$ 、 $Y(P,V)O_4:Eu^{3+}$ 、 $Y_2O_3:Eu$ 蛍光体、 $Y_2O_3:Eu$ 蛍光体と $Y_2O_3S:Eu$ 蛍光体との混合体、だいたい色発光の蛍光体として、 $ZnS:Cu$ 、 Mn 、 $(Zn,Cd)S:Ag$ 、 $ZnS:Mn$ 、 $(Sr,Mg,Ba)_3(PO_4)_2$ 、緑色発光の蛍光体として、 $ZnS:Cu$ 、 Al 、 $LaPO_4:Ce^{3+}Tb^{3+}$ 、 $Sr(S,Se):Sm,Ce$ 、 $ZnSiO_4:Mn^{2+}$ 、 $ZnS:Cu$ 、 $ZnS:Cu,Fe(Co)$ 、 $ZnS:Pb$ 、 $ZnS:Cu$ 蛍光体、 $ZnS:Cu$ 、 Al 蛍光体と $Y_2Al_5O_{12}:Tb$ 蛍光体の混合体、青色発光の蛍光体として、 $CaS:Bi$ 、 $(Sr,Ca)_{10}(PO_4)_6Cl_2:Eu^{2+}$ 、 $SrS:Sm,Ce$ 、 $Sr_2P_2O_7:Eu^{2+}$ 、 $ZnS:Ag$ 、 $(Ba,Ca,Mg)_{10}(PO_4)_6Cl:Eu^{2+}$ 、 $3Sr_3(PO_4)_2 \cdot CaCl_2:Eu^{2+}$ 蛍光体、白色発光の蛍光体として、 $ZnO:Zn$ 、 $ZnS:As$ 、 $ZnS:Au$ 、 Ag 、 Al 、 $Ca_2P_2O_7:Dy$ 、 $Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaF_2:Sb$ 、 $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(F,Cl)_2:Sb^{3+}$ 、 $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(F,Cl)_2:Sb^{3+}$ 、 Mn^{2+} 、 $MgWO_4$ 、 $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(F,Cl)_2:Sb^{3+}$ 、 Mn^{2+} 蛍光体を用いる。

【 0 0 9 1 】

(実施の形態 10)

上記実施の形態で記述してきた LED 駆動方法、もしくは LED 装置を用いて表示装置（ディスプレイ等）を実現できる。図 19 は上記で示した LED 点灯回路、もしくは LED 点灯方法を用いて作製されたディスプレイの概略図である。171 はディスプレイ本体で

10

20

30

40

50

あり、この中に上記実施の形態で記述してきたＬＥＤ点灯回路が組み込まれている。しかし、点灯回路をディスプレイに組み込まず点灯回路とディスプレイを分離し動作させても良い。

【００９２】

図１９において、ＬＥＤ素子もしくはＬＥＤランプ１７２は、Ｘ方向、Ｙ方向にマトリックス状に平面に配置されている。これら多くのＬＥＤ素子、ＬＥＤランプを一度に所望の発光色、明るさで表示しようとするため、従来例で示したＬＥＤ駆動回路で駆動した場合、各々のＬＥＤ素子、ＬＥＤランプの特性のバラツキが大きく、発光色、明るさがばらついてしまい、ディスプレイの画質等の低下を招く。しかし、本発明の上記実施の形態１～９で記述してきたＬＥＤ装置、もしくはＬＥＤ駆動方法を用いて図１９の表示装置（ディスプレイ等）を作製した場合、実施の形態１、３または７で記述したように各ＬＥＤ素子、ＬＥＤランプにそれぞれ点灯回路を接続して駆動することにより、特性のばらついた複数のＬＥＤ素子、ＬＥＤランプでも所望の発光色、明るさで発光させることができるため、ディスプレイの表示画像の画質を向上させることができる。

10

【００９３】

【発明の効果】

本発明は、駆動電流値により発光色が変化するＬＥＤ素子において、光強度を変化させても発光色が変わらないＬＥＤ装置を実現できた。

【００９４】

複数の、特性のバラツキのある電流値により発光色の変化するＬＥＤ素子においても同一波長、同一光強度で駆動することができた。駆動電流により発光波長の変化するＬＥＤ素子においては、所定の電流値でＬＥＤ素子を駆動すると、発光波長がそれぞれ特性のバラツキにより異なる、すなわち、色調が異なるという問題が生じていたが、本発明により、この問題が解決された。

20

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の実施の形態１に関わるＬＥＤ装置の概略図である。

【図２】本発明の実施の形態１に関わるＬＥＤ素子の構造概略図である。

【図３】ＬＥＤ素子の電流値対発光波長特性図である。

【図４】ＬＥＤ素子の発光波長スペクトルである。

【図５】本発明のＬＥＤ点灯回路で駆動されるＬＥＤ素子の駆動電流値対デューティの積対発光出力特性図である。

30

【図６】本発明のＬＥＤ点灯回路でパルス発生部で発生したパルス信号の概略図である。

【図７】本発明の実施の形態３に関わるＬＥＤ装置の概略図である。

【図８】本発明のＬＥＤ点灯回路で駆動されるＬＥＤ素子の電流値対発光出力特性図である。

【図９】本発明の実施の形態５に関わるＬＥＤランプの構造概略図である。

【図１０】本発明の実施の形態５に関わる蛍光体の励起スペクトルおよび発光スペクトルである。

【図１１】ＣＩＥ標準色度図である。

【図１２】本発明の実施の形態６に関わるＬＥＤ素子の電流値対発光波長特性図である。

40

【図１３】ＵＣＳ色度図である。

【図１４】本発明の実施の形態６に関わる蛍光体の励起スペクトルおよび発光スペクトルである。

【図１５】本発明の実施の形態７に関わるＬＥＤランプの輝度特性図である。

【図１６】本発明の実施の形態７に関わるＬＥＤランプの u 値対電流値特性図である。

【図１７】本発明の実施の形態７に関わるＬＥＤ点灯回路の概略図である。

【図１８】パルス信号の発生形態概略図である。

【図１９】本発明の実施の形態１０に関わる表示装置の概観図である。

【図２０】従来のＬＥＤ点灯回路の概略図である。

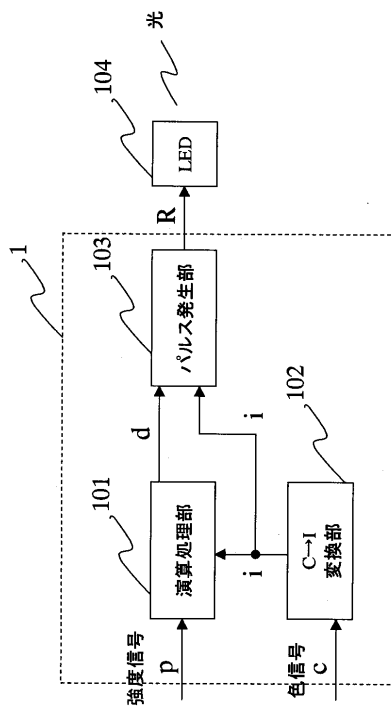
【符号の説明】

50

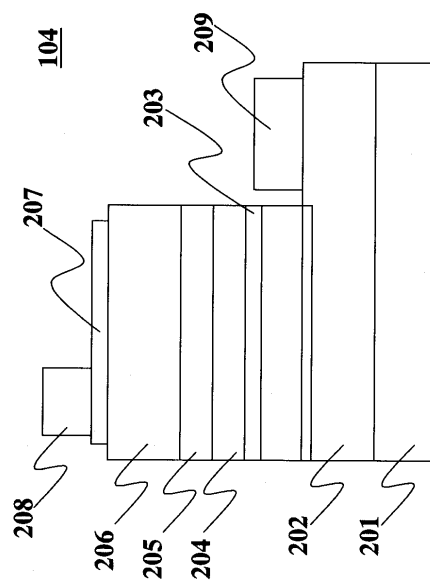
- 1 LED点灯回路
- 101 演算処理部
- 102 色信号 - 電流値信号変換部
- 103 パルス発生部
- 104、164、192、801 LED素子
- 203 $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ 活性層
- 204 p型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 蒸発防止層
- 205 p型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 上部蒸発防止層
- 802 蛍光体
- 161 演算処理部
- 162 色度信号 - 電流値信号変換部
- 163 パルス発生部
- 171 ディスプレイ
- 172 LEDランプ

10

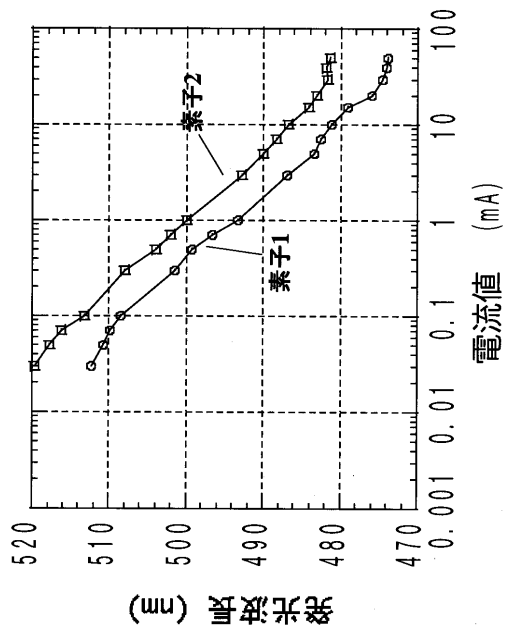
【図1】



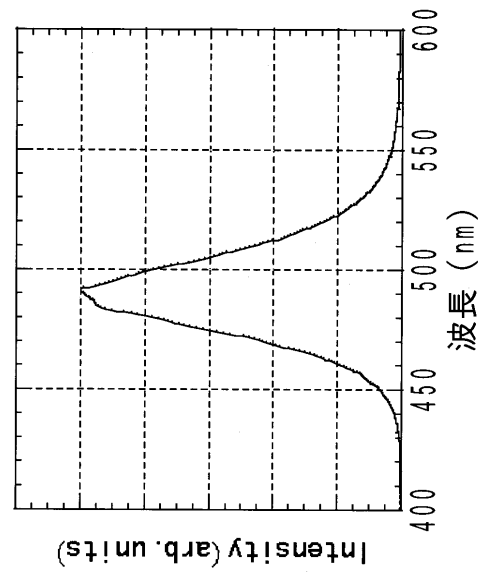
【図2】



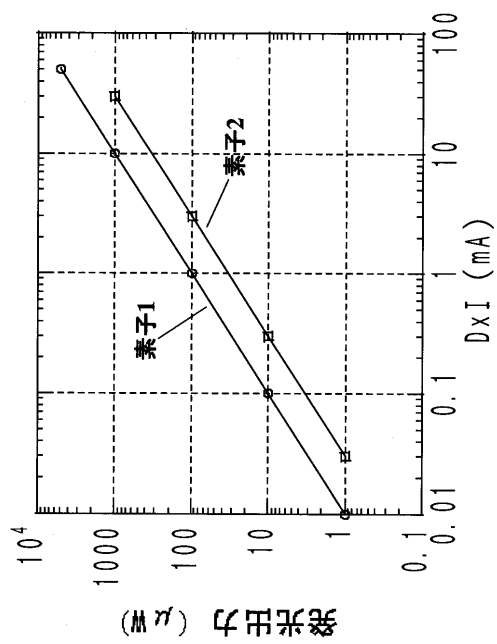
【図 3】



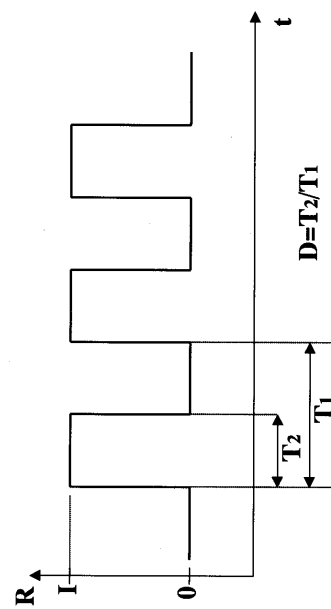
【図 4】



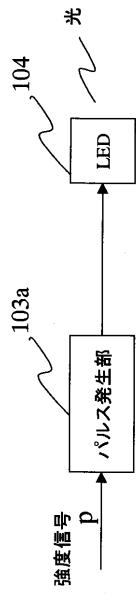
【図 5】



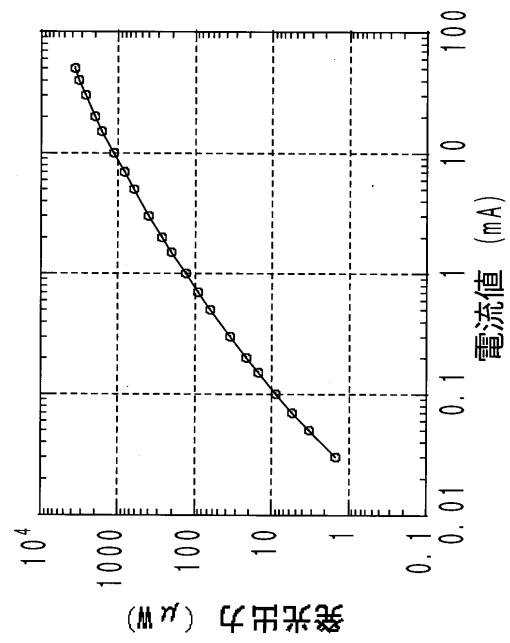
【図 6】



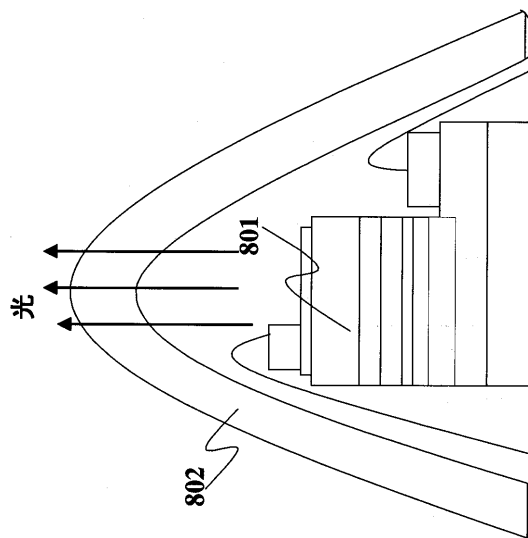
【図 7】



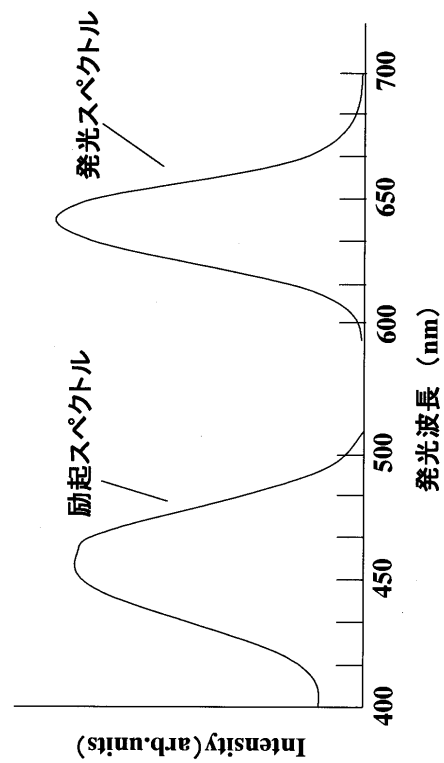
【図 8】



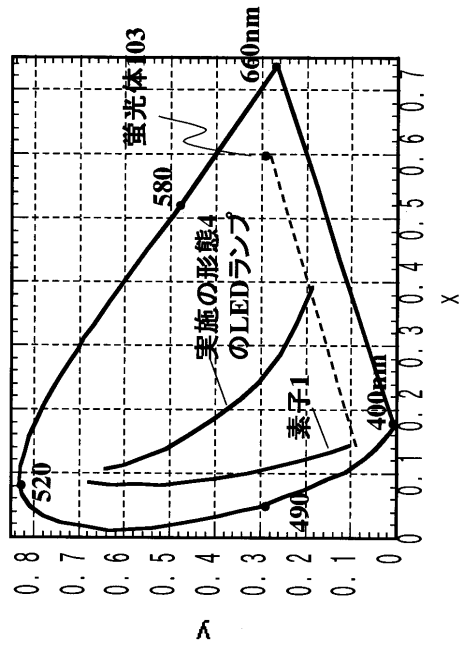
【図 9】



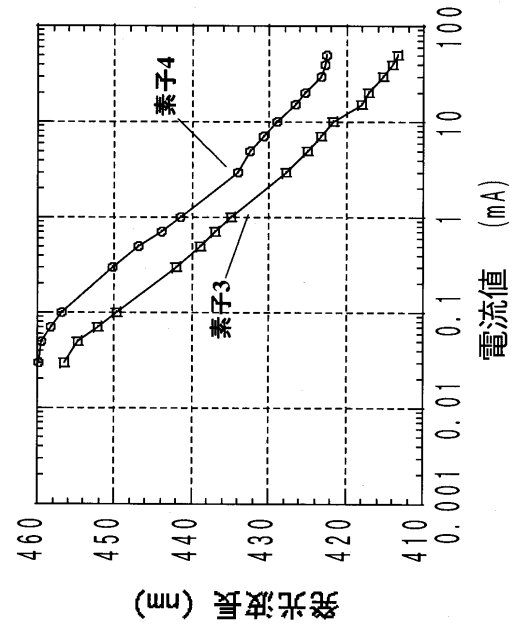
【図 10】



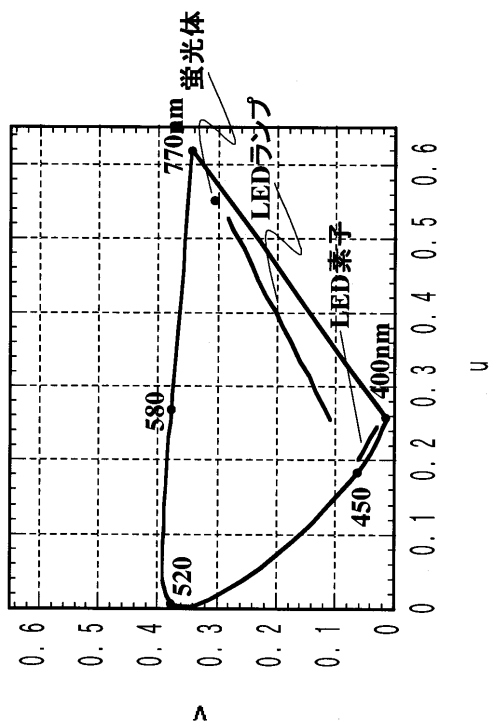
【図11】



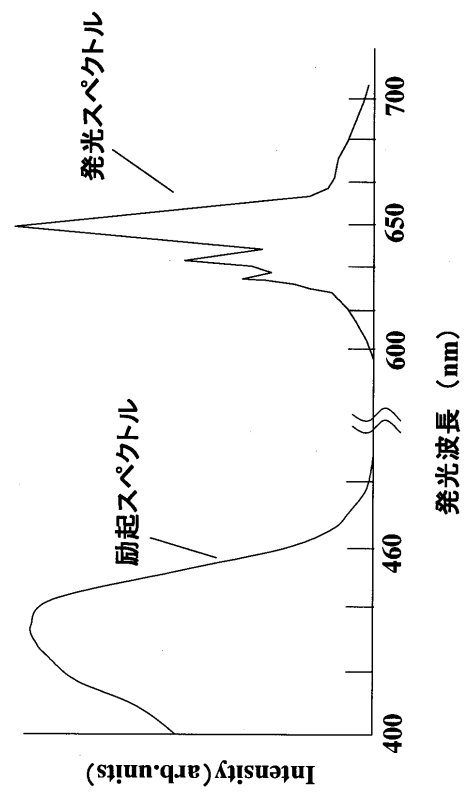
【図12】



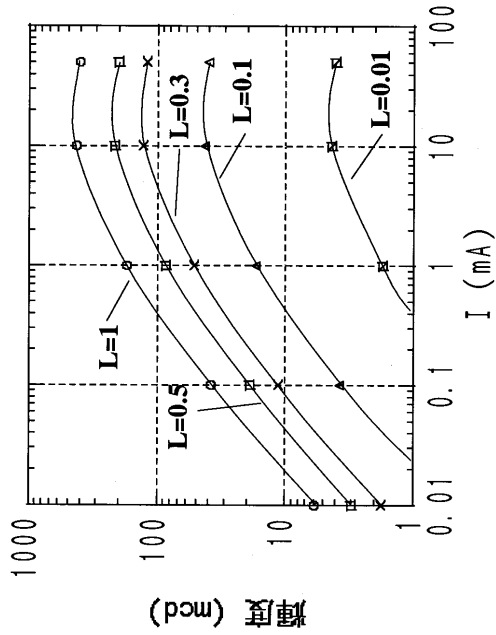
【図13】



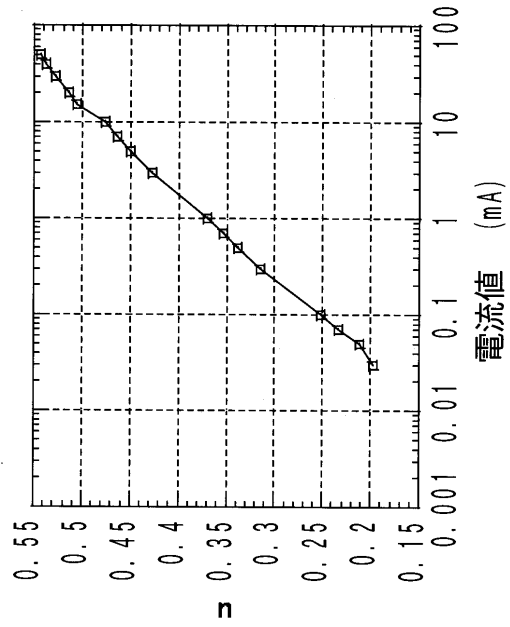
【図14】



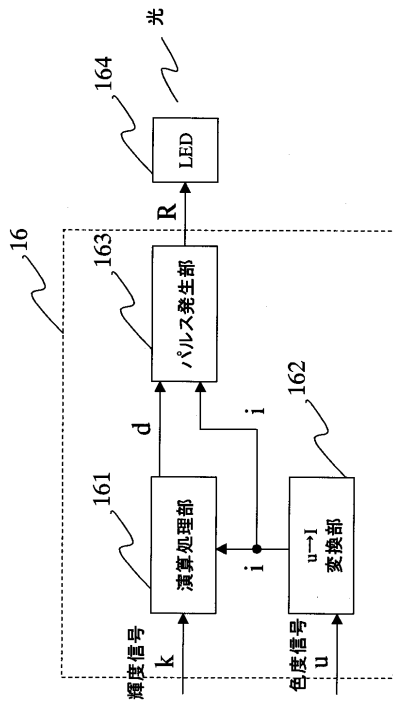
【図15】



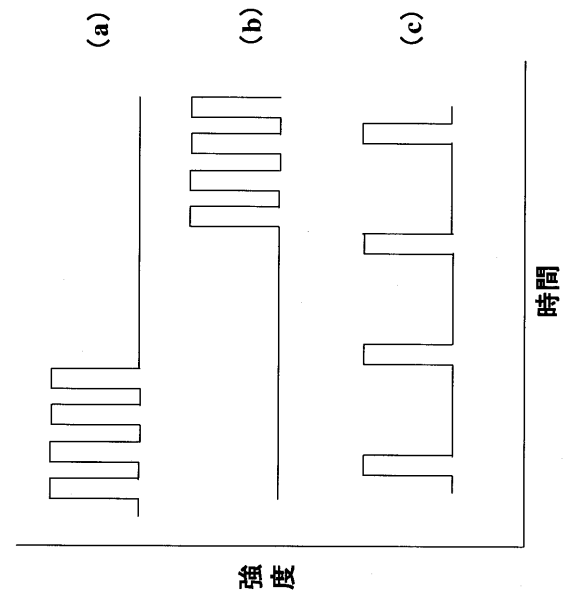
【図16】



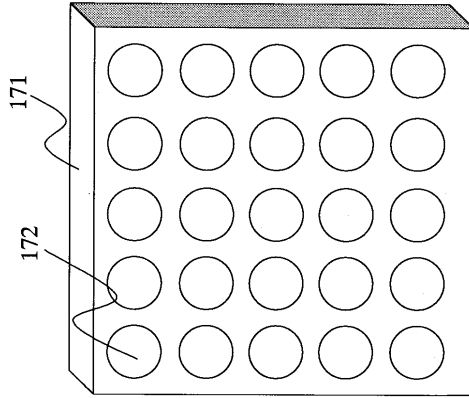
【図17】



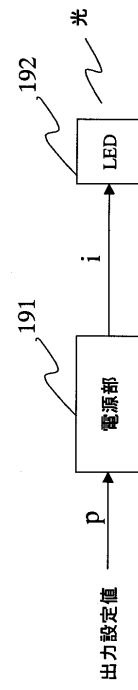
【図18】



【図 19】



【図 20】



フロントページの続き

(72)発明者 種谷 元隆

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

審査官 檀本 英吾

(56)参考文献 特開平 0 6 - 2 3 7 0 1 3 (J P , A)

特開平 1 1 - 0 8 7 7 8 4 (J P , A)

特開平 1 0 - 2 2 9 2 1 7 (J P , A)

特開平 0 7 - 3 1 9 4 2 7 (J P , A)

特開昭 6 3 - 3 1 2 1 7 5 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 33/00