



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 20 307 T2** 2009.05.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 579 733 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 20 307.8**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB03/06099**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 777 121.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/060024**

(86) PCT-Anmeldetag: **18.12.2003**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **15.07.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.09.2005**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **09.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.05.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H05B 33/08** (2006.01)  
**H05B 35/00** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**436859 P**      **26.12.2002**      **US**

(73) Patentinhaber:

**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,  
NL**

(74) Vertreter:

**Volmer, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 52066 Aachen**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,  
TR**

(72) Erfinder:

**CHANG, Chin, Briarcliff Manor, NY 10510-8001, US**

(54) Bezeichnung: **FARBTEMPERATURKORREKTUR FÜR LED MIT WELLENLÄNGENWANDELUNG AUF PHOS-  
PHORBASIS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahren zum Betreiben von Licht emittierenden Dioden. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf Techniken zur Farbkorrektur von Emissionsspektren von Licht emittierenden Dioden.

**[0002]** Auf dem derzeitigen Markt sind weiße LED-Lampen von Nichia, LumiLeds und anderen Opto-Halbleiterherstellern erhältlich. Eine Einchip-Weißlicht-LED weist für den Beleuchtungsmarkt ein großes Potential auf. Weißlicht-LEDs machen keine komplizierten Steuer- und Treiberschaltungen oder Farbmischungsoptik erforderlich und können in nahezu vereinheitlichten Fertigungsverfahren hergestellt werden. Die derzeitigen Fahrzeuge zur Einchip-Weißlicht-LED-Erzeugung basieren auf einer Wellenlängenumwandlungstechnologie unter Verwendung verschiedener Arten von fluoreszierenden und phosphoreszierenden Materialien. Grundsätzlich wird eine Emission von blauen oder UV-Wellenlängen von dem LED-Übergang eingesetzt, um einen beschichteten Leuchtstoff zur spektralen „Down-Conversion“ zu aktivieren. Ein Beispiel ist die weiße LumiLeds LED mit gelbem Leuchtstoff.

**[0003]** Nachleuchten von Leuchtstoffen ist im Allgemeinen durch eine annähernd exponentielle Abnahme der Form  $e^{-at}$  oder des Potenzgesetzes  $t^{-n}$  oder Kombinationen aus den beiden Formen gekennzeichnet. In dieser Erörterung wird der Abbauvorgang des Leuchtstofflichts ohne Beschränkung der Allgemeinheit durch eine Gleichung der Form

$$L_y e^{-\frac{t}{T_p}}, \quad (1)$$

approximiert, wobei  $L_y$  die anfängliche Leuchtstofflichtemission zu dem Zeitpunkt, zu dem blaue oder UV-Anregung ausgeschaltet wird, darstellt.

**[0004]** Die Phosphoreszenzzeit mit Nachleuchten bis zu der Stärke von 10% (gekennzeichnet als Abbauphase  $T_{pd}$ ) variiert in Abhängigkeit der Charakteristiken des verwendeten Materials von weniger als 1  $\mu$ s bis zu mehr als 1 Sekunde. Bei den vorhandenen High-Power PC-LED Abtastwerten ist die gemessene Abbauphasekonstante ( $T_p$ ) geringer als 1  $\mu$ s. Es sei erwähnt, dass  $T_{pd} \approx 4T_p$ . Es ist üblich, dass Leuchtstoffe Charakteristiken eines schnellen Anstiegs und Abbaus aufweisen, um, im Vergleich zu den konventionellen gelbgrünen Leuchtstoffen (P20) mittlerer Stärke, die gewöhnlich eine Nachleuchtzeit von 10  $\mu$ s bis 100 ms haben, etwa 50% weniger Helligkeitseffizienz vorsehen. Aus einer Datentabelle von zur Verfügung stehenden PC-LEDs ist zu ersehen, dass die Leuchtstoffanstiegszeit  $T_{pr}$  gewöhnlich um einige Male kürzer als die Abbauphase ist. Der Leuchtstoff in einer weißen PC-LED wird idealerweise mit einer Nachleuchtdauer im Bereich von etwa 100  $\mu$ s bis 10 ms vorsehen.

**[0005]** Ein typisches Strahlungsleistungsspektrum eines Weißlicht-Lumineszenzkonversions-LED-Pakets unter verschiedenen Gleichstrom-Antriebsströmen ist in [Fig. 10](#) dargestellt. Der erste spektrale Buckel bei etwa 460 nm basiert auf der Emission von dem LED-Übergang (InGaN) und der zweite Buckel mit größerer Bandbreite mit einem Maximum bei etwa 500–600 nm auf der Emission von dem durch Photonen bei etwa 46 nm aktivierten, gelben Leuchtstoff.

**[0006]** Sobald das Leuchtstoffmaterial während des Herstellungsverfahrens um die Chipwölbung herum beschichtet ist, werden die relativen Emissionsspektren einer weißen PC-LED festgelegt. Unter normalen Gleichstrom-Ansteuerungsbedingungen werden die resultierende, Weißlicht ähnlichste Farbtemperatur (CCT) und der Farbwiedergabeindex (CRI) bei einer speziellen Sperrschichtbetriebstemperatur, angenommen 25°C, annähernd festgelegt. Ändert sich die Sperrschichttemperatur von 25°C auf 80°C, zeigen Testergebnisse, dass sich ein CCT-Anstieg von nahezu 800 K ergeben könnte. Die CCT-Verschiebung wird als eine unglückliche und nicht wünschenswerte Eigenschaft von weißen Lumineszenzkonversions-LEDs erkannt. Eine LED-CCT-Verschiebung hat einen entsprechenden Verschiebungseinfluss auf die menschliche Farbwahrnehmung von Objekten, die von der LED beleuchtet werden.

**[0007]** Zudem machen bestehende Verfahren zur Änderung des spektralen Gehalts der Emission von mehrfarbigen LEDs ein Ausweichen auf mehrere Stromquellen variabler Stärke erforderlich, was in erhöhter Komplexiertheit und erhöhten Kosten resultiert. Es wäre daher wünschenswert, ein Verfahren zum Einsatz von vorhandenen, weißen PC-LEDs vorzusehen, um diese und weitere Limitierungen zu überwinden.

**[0008]** JP 2001 144332 offenbart eine Modulation einer Amplitude eines LED-Ansteuerungsstroms einer Lu-

mineszenzkonversions-LED, um eine Farbe des von der LED emittierten Lichts zu ändern. US-B1-6 411 046 offenbart die Ansteuerung eines Arrays von LEDs mit LEDs verschiedener Farben, wobei das Array an eine Mischoptik gekoppelt ist.

**[0009]** Lichtstrom und -farbe werden bei verschiedenen Temperaturen gemessen und die LEDs entsprechend angesteuert.

**[0010]** Die vorliegende Erfindung ist auf ein Verfahren nach Anspruch 1 gerichtet, um eine Farbkorrektur in Emissionsspektren einer Lumineszenzkonversions-LED (PC-LED) unter Pulsbreitenmodulations-(PWM)Stromsteuerung vorzunehmen. Es wird eine Modulation für ein Steuerstromsignal ermittelt. Ein Stromsignal konstanter Stärke wird aufgrund der ermittelten Modulation moduliert. Das modulierte Stromsignal wird angelegt, um eine Farbtemperaturkorrektur in den Emissionsspektren der LED zu bewirken.

**[0011]** Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist eine Vorrichtung nach Anspruch 12 vorgesehen, um eine Farbtemperaturkorrektur in einem Emissionsspektrum einer Lumineszenzkonversions-LED vorzusehen. Die Vorrichtung enthält eine Farbkorrektursteuerschaltung und eine Lumineszenzkonversions-LED, die an die Steuerschaltung gekoppelt ist.

**[0012]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im Folgenden näher beschrieben. Es zeigen:

**[0013]** [Fig. 1](#) – eine typische Steuerstrom-Blaulichtemission einer PC-LED sowie den entsprechenden Leuchtstoff-Lichtstrom bei einer Niederfrequenz  $f_1$  und  $T_{\text{off}} \gg 4 T_p$ ;

**[0014]** [Fig. 2](#) – eine typische Steuerstrom-Blaulichtemission einer PC-LED sowie den entsprechenden Leuchtstoff-Lichtstrom bei einer Mittenfrequenz  $f_2$  bei  $T_{\text{off}} > 4 T_p$ ;

**[0015]** [Fig. 3](#) – eine typische Steuerstrom-/Blaulichtemission einer PC-LED sowie den entsprechenden Leuchtstoff-Lichtstrom bei einer Mittenfrequenz  $f_3$  bei  $T_{\text{off}} \sim 4 T_p$ ;

**[0016]** [Fig. 4](#) – eine typische Steuerstrom-Blaulichtemission einer LED sowie den entsprechenden Leuchtstoff-Lichtstrom bei einer Mittenfrequenz  $f_2$  bei  $T_{\text{off}} < 4 T_p$ ;

**[0017]** [Fig. 5](#) – ein Blockschaltbild eines farbkorrigierten Lumineszenzkonversions-LED-Systems in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**[0018]** [Fig. 6](#) – ein Blockschaltbild einer Farbkorrektursteuerschaltung in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**[0019]** [Fig. 7](#) – ein Blockschaltbild eines farbkorrigierten Lumineszenzkonversions-LED-Systems mit Farbbastung in einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung;

**[0020]** [Fig. 8](#) – ein Verfahren, um eine Farbkorrektur in Emissionsspektren einer Lumineszenzkonversions-LED unter PWM-Strom-Steuerung vorzusehen;

**[0021]** [Fig. 9](#) – ein Ausführungsbeispiel einer vereinfachten Schaltung nach dem Stand der Technik zum Anlegen einer Modulation an eine LED-Kette;

**[0022]** [Fig. 10](#) – ein Strahlungsleistungsspektrum einer Weißlicht-Lumineszenzkonversions-LED nach dem Stand der Technik.

**[0023]** [Fig. 1](#) zeigt eine typische Steuerstrom-Blaulichtemission **100** und den entsprechenden Leuchtstoff-Lichtstrom **110** bei einer Niederfrequenz  $f_1$  und  $T_{\text{off}} \gg 4 T_p$ . Im Allgemeinen wird eine weiße PC-LED unter Rechteckstrom mit konstanter Amplitude und Frequenz  $f_0$  angesteuert. Das Tastverhältnis der Steuersignals ist  $D = T_{\text{on}} / (T_{\text{off}} + T_{\text{on}}) = T_{\text{on}} / T = T_{\text{on}} f_0$ . Dementsprechend folgt die Blaulichtemission von dem LED-Übergang im Allgemeinen dem Steuerstromsignal, wenn  $f_0 < 10$  MHz, unter der Voraussetzung, dass die LED-Ansprechzeit unter 50 ns liegt. Bei dem vorliegenden Beispiel gehen wir davon aus, dass  $f_1 \approx 200$  Hz. Unter dieser Bedingung sind die Leuchtstoffansteigs- und -abbauzeit im Vergleich zu der Ausschaltzeit  $T_{\text{off}}$  so gering, dass diese außer Acht gelassen werden können. Es kann ein auf eine CIE-Farbenkarte verweisendes Farbkoordinatenpaar ermittelt werden, welches die gemeinsamen Emissionen des LED-Übergangs und des Leuchtstoffs be-

schreibt. Die Weißlicht-Farbpunktkoordinaten  $(x_w, y_w)$  werden durch eine Gleichung der Form

$$\begin{bmatrix} \frac{x_w}{y_w} \\ \frac{I}{y_w} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{x_b}{y_b} & \frac{x_y}{y_y} \\ \frac{I}{y_b} & \frac{I}{y_y} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} I_b \\ I_y \end{bmatrix}, \quad (2)$$

ermittelt, wobei  $(x_b, y_b)$  und  $(x_y, y_y)$  jeweils die Farbkoordinaten des blauen Lichts und gelben Leuchtstofflichts sind, mit Intensitäten:

$$I_b = \frac{L_b T_{on} f_0}{L_b T_{on} f_0 + L_y T_{on} f_0}, \text{ und} \quad (3)$$

$$I_y = \frac{L_y T_{on} f_0}{L_b T_{on} f_0 + L_y T_{on} f_0}, \text{ bzw.} \quad (4)$$

[0024] Die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen typische LED-Steuerstrom-/Blaulichmissionen bzw. die entsprechenden Leuchtstoff-Lichtströme **210**, **310** bei Mittenfrequenz  $f_{mid}$  wie z. B.  $f_2$  **200** bei  $T_{off} > 4 T_p$  und  $f_3$  **300** bei  $T_{off} \sim 4 T_p$ . In dem mittleren Frequenzbereich beginnt der Leuchtstoffabbauvorgang, einen Einfluss auf den LED-Weißlicht-Farbpunkt zu haben. Während die Intensität des blauen Lichts als  $L_b T_{on} f_0$  aufrechterhalten wird, wird die Intensität des gelben Lichts durch die Gleichung in der folgenden Form dargestellt:

$$I_y(f_{mid}) = f_0 L_y \left[ T_2 - \frac{T_p}{\alpha} \left( 1 - e^{-\frac{\alpha T_1}{T_p}} \right) + T_p \left( 1 - e^{-\frac{T_2 - T_1}{T_p}} \right) \right], \quad (5)$$

wobei  $\alpha > 1$ .

[0025] Die Weißlichtfarbpunkte  $(x_w, y_w)$  können dann aufgrund von Gleichungen (2), (3) und (5) bestimmt werden.

[0026] [Fig. 4](#) zeigt eine typische LED-Steuerstrom-/Blaulichmission **400** sowie den entsprechenden Leuchtstoff-Lichtstrom bei einer höheren Frequenz  $f_4$  bei  $T_{off} < 4 T_p$ . In dem höheren Frequenzbereich hat der Leuchtstoffabbauvorgang eine wesentliche Auswirkung auf den LED-Weißlicht-Farbpunkt. Während die Intensität des blauen Lichts noch immer als  $L_b T_{on} f_0$  aufrechterhalten wird, wird die Intensität des gelben Lichts zu der Linearkombination einer vorherigen Verschiebung, wie z. B. in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) erörtert, und eines weiteren Anstiegs aufgrund des Steuersignals bei höherer Frequenz. Die Intensität des gelben Lichts wird dann durch die Gleichung in der folgenden Form dargestellt:

$$I_y(f_{high}) = f_0 L_y \left[ T_2 - \frac{T_p}{\alpha} \left( 1 - e^{-\frac{\alpha T_1}{T_p}} \right) + T_p \left( 1 - e^{-\frac{T_2 - T_1}{T_p}} \right) \right] + I_{y0}, \quad (6)$$

wobei  $\alpha > 1$ .

[0027] Die Weißlicht-Farbpunktkoordinaten  $(x_w, y_w)$  können erneut aufgrund von Gleichung (2), (3) und (6) bestimmt werden. Es sei erwähnt, dass, da das Tastverhältnis des PWM-Steuerstroms von der Frequenz des Steuerstroms abhängig ist, der Tastgrad alternativ eingesetzt werden kann, um eine CCT-Farbverschiebung bei einem entsprechenden Anstieg des Gesamtlichtstroms der LED zu modulieren. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, sowohl Tastgrad als auch Frequenzmodulation auf das PWM-Stromsignal konstanter Stärke anzuwenden, um einen konstanten Lichtstrom aufrechtzuerhalten und dabei eine Farbtemperaturverschiebung auszugleichen. Auf die beschriebene Weise ist es möglich, die Stärke und Form der Emissionsspektren einer Lumineszenzkonversions-LED unter Einsatz eines modulierten PWM-Stromsignals zu modulieren.

[0028] In den nachfolgenden Beschreibungen bedeutet der Begriff „gekoppelt“ entweder eine direkte elektrische Verbindung zwischen den beschriebenen Dingen oder eine Verbindung durch eine oder mehrere passive oder aktive Komponenten. Der Ausdruck „Farbkoordinaten“ bedeutet „Weißlicht-Farbkoordinaten“.

[0029] In [Fig. 5](#) ist ein Blockschaltbild eines farbkorrigierten Lumineszenzkonversions-LED-Systems in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. [Fig. 5](#) zeigt ein farbkorrigiertes PC-LED-System **500** mit einer

Farbkorrektursteuerschaltung **600** sowie einer Lumineszenzkonversions-LED **520**. In [Fig. 5](#) ist die Farbkorrektursteuerschaltung **600** (nachfolgend als Steuerschaltung bezeichnet) als an die Lumineszenzkonversions-LED **520** (nachfolgend als PC-LED bezeichnet) gekoppelt dargestellt. Ein Ausführungsbeispiel der Steuerschaltung **600** wird später unter Bezugnahme auf [Fig. 6](#) näher beschrieben.

**[0030]** Die Steuerschaltung **600** ist im Allgemeinen eine Kombination aus Systemen und Einrichtungen, die eine Farbkorrektursteuerung für die PC-LED **520** vorsieht. Die Steuerschaltung **600** ist so vorgesehen, dass sie bei Betrieb eine Modulation für ein Steuerstromsignal ermittelt, ein Stromsignal konstanter Stärke aufgrund der ermittelten Modulation moduliert und das modulierte Stromsignal dann an die PC-LED **520** anlegt, um eine Farbtemperaturkorrektur in den Ausgangsemissionsspektren der PC-LED **520** zu bewirken.

**[0031]** Die PC-LED **520** ist eine zur Farbkorrektur geeignete Lumineszenzkonversions-LED. Insbesondere sieht die PC-LED **520** im Allgemeinen eine durch Betriebstemperatur induzierte CCT-Verschiebung vor. Jedoch kann die Erfindung ebenfalls auf eine PC-LED **520** zur Farbumwandlung angewandt werden, wenn eine CCT-Verschiebung gewünscht wird, ganz gleich, ob die Verschiebung eine durch Betriebstemperatur induzierte CCT-Verschiebung umkehren soll oder nicht. Zum Beispiel kann eine preisgünstige Weißlicht-PC-LED **520** einen unerwünschten Farbkoordinatensatz für eine bestimmte Anwendung, wie z. B. Lesebeleuchtung oder Nachbeleuchtung, aufweisen und daher möglicherweise eine Farbeinstellung der abgegebenen LED-Leistung unter Verwendung der Steuerschaltung **600** vorgenommen werden, um die CCT in Abhängigkeit der Anwendung entweder nach oben und unten zu verschieben. Es sei erwähnt, dass sich die vorliegende Erörterung zwar auf Weißlicht-Lumineszenzkonversions-LEDs bezieht, die Erfindung jedoch ebenfalls auf alle PC-LEDs, einschließlich PC-LEDs, die so ausgeführt sind, dass sie eine andere Spektralleistung als weißes Licht aufweisen, angewandt werden kann.

**[0032]** [Fig. 6](#) zeigt ein Blockschaltbild einer Farbkorrektursteuerschaltung in einem Ausführungsbeispiel der Erfindung. In [Fig. 6](#) zeigt eine Farbkorrektursteuerschaltung **600** mit einer Stromversorgung **650**, einem PWM-Modulator **660** und einem Prozessorsteuersystem **670**. Die Stromversorgung **650** ist als an das Prozessorsteuersystem **670** und den PWM-Modulator **660** gekoppelt dargestellt. Das Prozessorsteuersystem **670** ist ebenfalls als an den PWM-Modulator **660** gekoppelt dargestellt. In der Steuerschaltung **600** können zusätzliche Komponenten (nicht dargestellt), wie z. B. Spannungs- und Stromregelungskomponenten, Temperaturüberwachungsvorrichtung, Steuerungen durch den Benutzer u. ä., enthalten sein. Die Stromversorgung **650** koppelt geregelte und ungeregelte Leistung selektiv an eine Last und kann verschiedene Regelschaltkreise enthalten.

**[0033]** Bei Betrieb wird die Stromversorgung **650** aufgrund von Steuersignalen von dem Prozessorsteuersystem **670** selektiv an den PWM-Modulator **660** gekoppelt. Verschiedene Mittel und Verfahren zur Erzeugung und Steuerung eines pulsbreitenmodulierten Stromsignals und Ankopplung des Signals an eine Last sind Fachkundigen bekannt und werden hier nicht ausführlich behandelt.

**[0034]** Das Prozessorsteuersystem **670** ist ein Steuersystem, welches sich im Allgemeinen aus einem Prozessor, wie z. B. einem Mikrocontroller (nicht dargestellt) und verschiedenen Komponenten, wie z. B. Eingabe-/Ausgabeschnittstellen, Speicher (nicht dargestellt), die gespeicherte, von dem Prozessor ausführbare Anweisungen (nicht dargestellt) sowie gespeicherte Daten (nicht dargestellt) enthalten, zusammensetzt. Das Prozessorsteuersystem kann einen Speicher aufweisen, welcher vorgegebene Referenzdaten, wie z. B. Farbkoordinatenpunkte, die, auf eine LED-Betriebstemperaturkurve bezogen, gemäß Gleichung (1) bestimmt werden, enthält. In einem Ausführungsbeispiel (nicht dargestellt) ist das Prozessorsteuersystem **670** so konfiguriert, dass es LED-Betriebstemperaturinformationen empfängt, um eine auf der LED-Temperatur basierende Farbkorrektur auf der Basis einer Verweistabelle berechneter Farbkoordinaten zu ermöglichen.

**[0035]** Bei Betrieb ist das Prozessorsteuersystem **670** so konfiguriert, dass es ein Modulationsschema bestimmt, um eine CCT-Verschiebung in dem Ausgangsspektrum einer LED, wie z. B. einer PC-LED **520**, zu bewirken. Das Prozessorsteuersystem **670** ist imstande, eine Frequenz- und/oder Tastgradmodulation für ein PWM-Steuerstromsignal festzulegen. In einem Ausführungsbeispiel kann das Prozessorsteuersystem **670** gemessene Daten in Echtzeit aufgrund der von einer LED abgegebenen Leistung, wie in [Fig. 7](#) dargestellt, sammeln. In einem Ausführungsbeispiel bestimmt das Prozessorsteuersystem **670** eine Modulation durch eine Berechnung von Farbkoordinatenpaaren gemäß Gleichung (1) aufgrund von verschiedenen Daten, wie z. B. Ausgangsintensität der PC-LED **520**. Verschiedene Konfigurationen zur Implementierung eines Prozessorsteuersystems **670** sind Fachkundigen bekannt und werden hier nicht näher behandelt.

**[0036]** Ein erfahrener Praktiker wird erkennen, dass weitere Schaltungsausführungsformen, wie z. B., wie in

**Fig. 9** dargestellt, das vereinfachte Schaltungsausführungsbeispiel zum Anlegen einer Modulation an eine LED-Kette, zur Realisierung der Erfindung möglich sind.

**[0037]** **Fig. 7** zeigt ein Blockschaltbild eines farbkorrigierten Lumineszenzkonversions-LED-Systems mit Farbabtastung in einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung. **Fig. 7** zeigt ein farbkorrigiertes PC-LED-System **700** mit einer Farbkorrektursteuerschaltung **600**, einer Lumineszenzkonversions-LED **520** und einem Farbabtastsystem **730**. In **Fig. 7** ist die Farbkorrektursteuerschaltung **600** als an die Lumineszenzkonversions-LED **520** gekoppelt dargestellt. Die Lumineszenzkonversions-LED **520** ist so dargestellt, dass sie Licht an das Farbabtastsystem **730** aussendet.

**[0038]** Das farbkorrigierte System **700** umfasst die gleichen Elemente wie das farbkorrigierte System von **Fig. 5** sowie das zusätzlich angeordnete Farbabtastsystem **730**. Das Farbabtastsystem ist ein System, welches so konfiguriert ist, dass es in Reaktion auf eine Lichtquelle, wie z. B. PC-LED **520**, eine Farbe abstastet.

**[0039]** Bei Betrieb ist das Farbabtastsystem **730** so konfiguriert, dass es die CCT der Lichtemissionen der PC-LED **520** misst und der Farbkorrekturschaltung aufgrund der gemessenen Lichtemissionen ein Farbsignal zuführt. Das Farbabtastsystem kann ein Farbsignal in irgendeiner Form, wie z. B. digital moduliert, oder ein Analogsignal, welches den spektralen Gehalt der Lichtemissionen der PC-LED **520** darstellt, übermitteln. Ein Rückführregelkreis zwischen dem Farbabtastsystem **730** und der Steuerschaltung **600** ist dann imstande, die CCT der Emissionsspektren der PC-LED **520** über die Zeit und unter variablen Parameter zu steuern. Verschiedene weitere Konfigurationen zur Implementierung eines Farbabtastsystems **730** in dem farbkorrigierten System **700** sind Fachkundigen bekannt und werden hier nicht näher behandelt.

**[0040]** In der nachfolgenden Verfahrensbeschreibung können ein oder mehrere Schritte kombiniert oder gleichzeitig ausgeführt werden, ohne dabei von der Erfindung abzuweichen.

**[0041]** **Fig. 8** zeigt ein Verfahren, um eine Farbkorrektur in Emissionsspektren einer Lumineszenzkonversions-LED unter PWM-Strom-Steuerung vorzunehmen. Verfahren **800** beginnt bei Schritt **810**. In Schritt **810** wird eine Modulation für ein Steuerstromsignal ermittelt. Die Modulation ist im Allgemeinen eine Frequenz- oder Tastgradmodulation, die an ein PWM-Rechteckstromsignal anzulegen ist. Die Modulation wird zu jeder Zeit ermittelt. Zum Beispiel kann die Modulation in Reaktion auf ein Datensignal, einen Einschaltzyklus oder eine Benutzereingabe ermittelt werden. Die Ermittlung wird im Allgemeinen von einem System, wie z. B. einer Farbkorrektursteuerschaltung wie in den **Fig. 5**, **Fig. 6** und **Fig. 7**, durchgeführt. Alternativ kann die Modulationsermittlung aufgrund von Herstellerdaten gemäß Gleichung (1) vorgegeben und in einer Verweistabelle zum Verweis durch einen Prozessor, wie z. B. ein Prozessorsteuersystem **670**, vorgesehen sein. Eine Modulationsermittlung wird aufgrund von Kriterien, wie z. B. einer gewünschten CCT einer PC-LED unter variierenden Betriebsbedingungen, wie z. B. Temperatur, Gesamtlichtstrom und Leuchtstoffzusammensetzung, vorgenommen. Eine Modulation kann durch gleichzeitiges Auflösen von Gleichungen (2), (3), (4) oder (5) mit Gleichung (1) ermittelt werden, wobei ein Koordinatenpaar  $(x_w, y_w)$  vorher ausgewählt wird.

**[0042]** In Schritt **820** wird ein Stromsignal konstanter Stärke aufgrund der in Schritt **810** ermittelten Modulation moduliert. Das Stromsignal konstanter Stärke wird im Allgemeinen von einer geregelten Stromversorgung, wie z. B. Stromversorgung **650**, abgegeben. In einem Ausführungsbeispiel koppelt das Prozessorsteuersystem **670** selektiv Leistung von einer Stromversorgung **650** an einen PWM-Modulator **660**, um aufgrund der in Schritt **810** ermittelten Modulation ein moduliertes Stromsignal zu erzeugen. Weitere Verfahrensweisen zum Modulieren eines PWM-Stromsignals konstanter Stärke bei einer Strom- und/oder Frequenzmodulation liegen für Fachkundige auf der Hand und werden hier nicht näher behandelt.

**[0043]** In Schritt **830** wird das modulierte Stromsignal angelegt, um eine Farbkorrektur in den Emissionsspektren einer PC-LED zu bewirken. Das modulierte Stromsignal wird an eine LED, wie z. B. die PC-LED **520**, angelegt. In einem Ausführungsbeispiel wird das in Schritt **820** modulierte Stromsignal der PC-LED **520** von einer Farbkorrektursteuerschaltung **600** zugeführt. Das modulierte Stromsignal wird jederzeit nach Modulieren des Stromsignals in Schritt **820** angelegt. Mit Anlegen des modulierten Stromsignals an die PC-LED **520** wird eine Korrektur einer CCT-Verschiebung aufgrund eines durch Temperatur oder zu einem anderen Zweck induzierten Drifts vorgenommen. In einem Ausführungsbeispiel enthält das angelegte Stromsignal sowohl eine Frequenz- als auch Tastgradmodulation, um eine CCT-Korrektur zu ermöglichen, ohne den Gesamtlichtstrom der PC-LED, an die das Stromsignal angelegt wird, zu beeinträchtigen.

**[0044]** Obgleich hier die bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt und beschrieben wurden, ergeben sich für Fachkundige zahlreiche Variationen und alternative Ausführungsbeispiele. Demzufolge



wird beabsichtigt, die Erfindung lediglich in Bezug auf die beigefügten Ansprüche zu beschränken.

Inschrift der Zeichnung

[Fig. 9](#), [Fig. 10](#)

Prior Art  
Stand der Technik

### Patentansprüche

1. Verfahren, um eine Farbtemperaturkorrektur in Emissionsspektren einer Lumineszenzkonversions-LED unter PWM-Strom-Steuerung vorzunehmen, welches umfasst:

- Ermitteln einer Modulation für ein Steuerstromsignal (**810**),
- Modulieren eines Stromsignals konstanter Stärke aufgrund der ermittelten Modulation (**820**), sowie
- Anlegen des modulierten Stromsignals, um eine Farbtemperaturkorrektur in den Emissionsspektren (**830**) der LED zu bewirken, wobei die Modulation die Anwendung einer Frequenz- und/oder einer Tastgradmodulation des Steuerstromsignals umfasst, um eine Abschaltzeit des Steuerstromsignals relativ zu der Leuchtstoffabbaukonstanten einzustellen, um zu bewirken, dass ein Leuchtstoffabbauprozess auf einen LED-Weißlicht-Farbpunkt einwirkt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Abschaltzeit so eingestellt wird, dass diese der Leuchtstoffabbaukonstanten entspricht oder kleiner als die vierfache Leuchtstoffabbaukonstante ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Ermitteln einer Modulation (**810**) das Ermitteln eines ersten Farbkoordinatensatzes der Emissionsspektren der LED (**520**) und eines zweiten Farbkoordinatensatzes der Emissionsspektren der LED (**520**) umfasst, wobei der erste Farbkoordinatensatz Emissionsspektren der LED (**520**) bei einer ersten Betriebstemperatur der LED (**520**) und der zweite Farbkoordinatensatz eine korrelierte Farbtemperaturverschiebung in den Emissionsspektren der LED (**520**) aufgrund des Betriebs der LED (**520**) bei einer zweiten Betriebstemperatur darstellen.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Stromsignalmodulation so ermittelt wird (**810**), dass ein Anlegen der ermittelten Stromsignalmodulation (**830**) an die LED (**520**) bewirkt, dass die Emissionsspektren der LED (**520**) bei dem ersten Farbkoordinatensatz eine durch Betriebstemperatur induzierte, korrelierte Farbtemperaturverschiebung umkehren, indem die Betriebstemperatur der LED (**520**) von der ersten Betriebstemperatur der LED (**520**) auf die zweite Betriebstemperatur der LED (**520**) übergeht.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Modulation die Änderung der Stromsignalfrequenz umfasst.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Modulation die Änderung des Tastgrads des Stromsignals umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Gesamtlichtstrom der LED (**520**) in Reaktion auf die Änderung des Tastgrads des Stromsignals geändert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Stromsignalfrequenz geändert wird, um einen konstanten Gesamtlichtstrom der LED (**520**) aufrechtzuerhalten.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Anlegen des modulierten Stromsignals (**830**) die selektive Ankopplung einer Stromversorgung **650** an eine Lumineszenzkonversions-LED aufgrund der ermittelten Modulation umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die LED (**520**) eine Weißlicht-Lumineszenzkonversions-LED ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Übergangsemissionsintensität der LED (**520**) im Wesentlichen konstant ist, während die Leuchtstoffemissionsintensität in Reaktion auf die Stromsignalmodulation erhöht wird.

12. Vorrichtung, um eine Farbtemperaturkorrektur in einem Emissionsspektrum einer Lumineszenzkonversions-LED vorzusehen, mit:

- einer Farbkorrektursteuerschaltung (600) sowie
- einer Lumineszenzkonversions-LED (520), die an die Steuerschaltung (600) gekoppelt ist, wobei die Steuerschaltung so ausgeführt ist, dass sie eine Modulation (810) für ein Steuerstrom ( $x_w$ ,  $y_w$ ) der LED (520) ermittelt, um ein Stromsignal konstanter Stärke aufgrund der ermittelten Modulation (820) zu modulieren und das modulierte Stromsignal (830) an die LED (520) anzulegen, um eine Farbtemperaturkorrektur in den Emissionsspektren der LED (520) zu bewirken, wobei die Modulation die Anwendung einer Frequenz- und/oder Tastgradmodulation des Steuerstromsignals umfasst, um eine Abschaltzeit des Steuerstromsignals relativ zu der Leuchtstoffabbaukonstanten einzustellen, um zu bewirken, dass ein Leuchtstoffabbauprozess auf einen LED-Weißlicht-Farbpunkt einwirkt.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Steuerschaltung so ausgeführt ist, dass sie die Abschaltzeit so einstellt, dass diese der Leuchtstoffabbaukonstanten entspricht oder kleiner als die vierfache Leuchtstoffabbaukonstante ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Steuerschaltung (600) eine Pulsbreitenmodulatorschaltung 660 konstanter Stromstärke mit konfigurierbarer Frequenz und konfigurierbarem Tastgrad aufweist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, wobei die Steuerschaltung (600) eine Stromversorgung (650) umfasst, welche selektiv angeordnet ist, um der Pulsbreitenmodulatorschaltung (660) Strom zuzuführen.

16. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Steuerschaltung (600) ein Prozessorsteuersystem 670 umfasst.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, wobei das Prozessorsteuersystem (670) imstande ist, die folgenden Schritte zu steuern:

- Ermitteln einer Modulation für ein Steuerstromsignal (810) der LED (520),
- Modulieren eines Stromsignals konstanter Stärke aufgrund der ermittelten Modulation (820) sowie
- Anlegen des modulierten Stromsignals (830) an die LED (520), um eine Farbtemperaturkorrektur in den Emissionsspektren der LED (520) zu bewirken.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei das Ermitteln einer Modulation (810) umfasst:

- Ermitteln eines ersten Farbkoordinatensatzes der Emissionsspektren der LED (520) und eines zweiten Farbkoordinatensatzes der Emissionsspektren der LED (520), wobei der erste Farbkoordinatensatz Emissionsspektren der LED (520) bei einer ersten Betriebstemperatur der LED (520) und der zweite Farbkoordinatensatz eine korrelierte Farbtemperaturverschiebung in den Emissionsspektren der LED (520) aufgrund des Betriebs der LED (520) bei einer zweiten Betriebstemperatur darstellen, und wobei eine Stromsignalmodulation so ermittelt wird (810), dass ein Anlegen der ermittelten Stromsignalmodulation (830) an die LED (520) bewirkt, dass die Emissionsspektren bei dem ersten Farbkoordinatensatz eine durch Betriebstemperatur induzierte, korrelierte Farbtemperaturverschiebung umkehren, indem die Betriebstemperatur der LED (520) von der ersten Betriebstemperatur der LED (520) auf die zweite Betriebstemperatur der LED (520) übergeht.

19. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die LED (520) eine Weißlicht-Lumineszenzkonversions-LED ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei die LED (520) eine Weißlicht-Lumineszenzkonversions-LED auf InGaN-Basis ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen



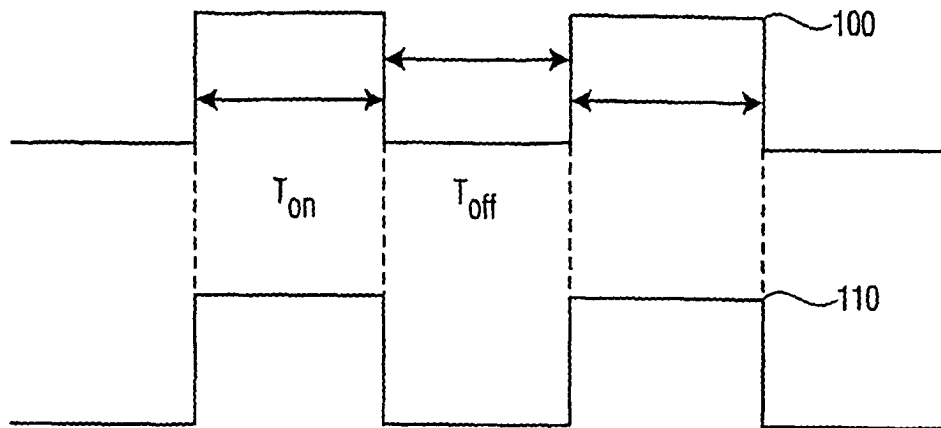


FIG. 1

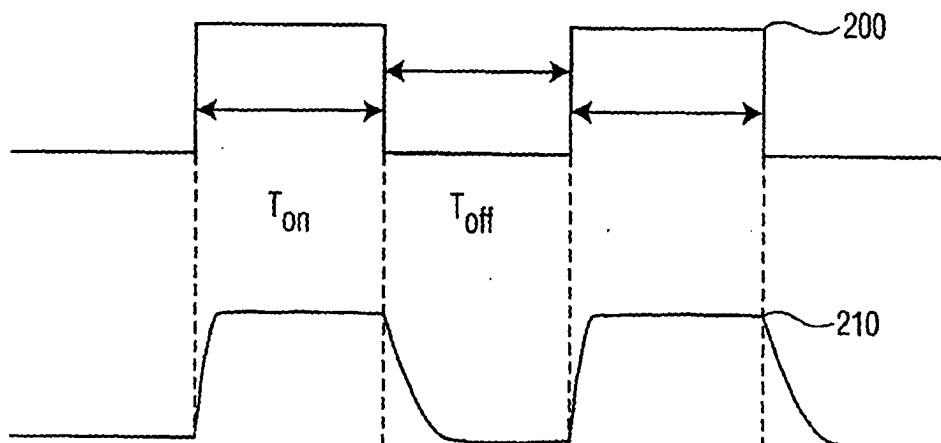


FIG. 2

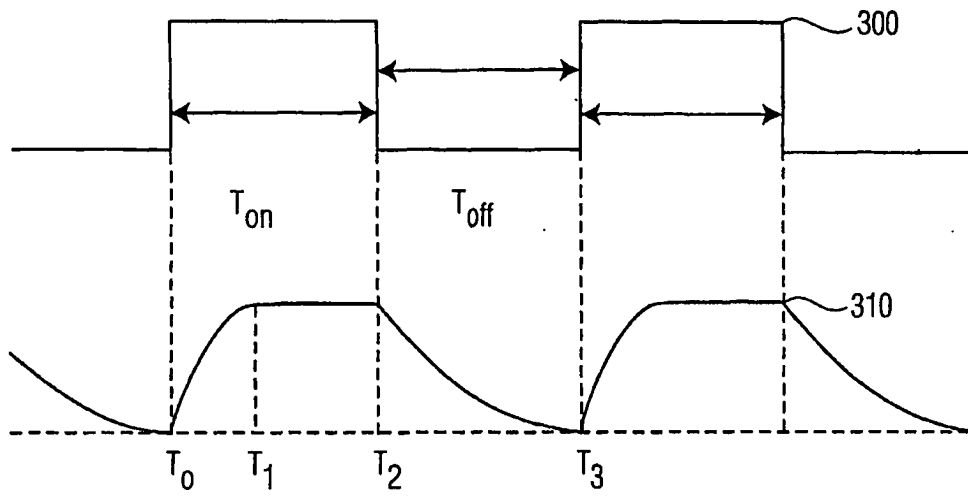


FIG. 3

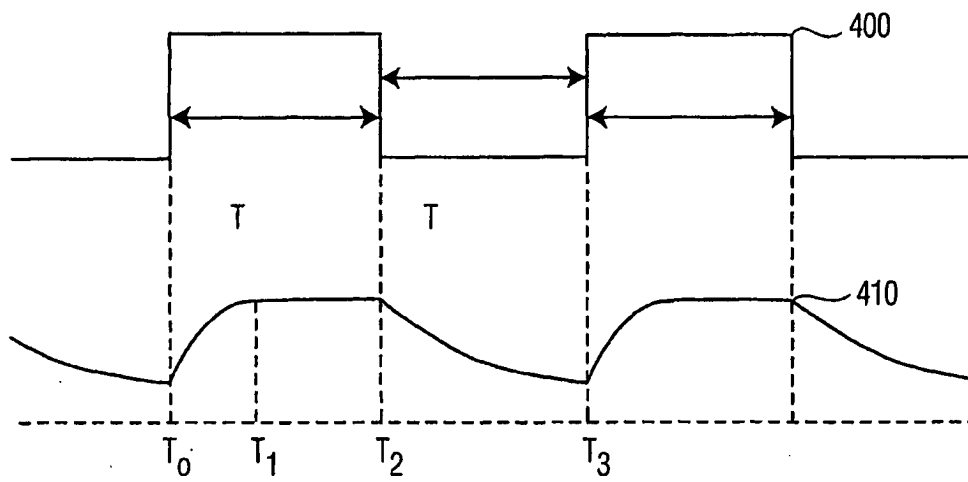


FIG. 4

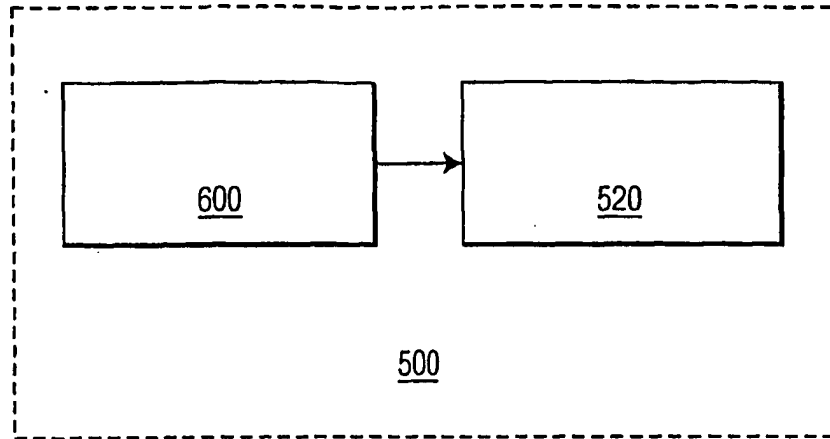


FIG. 5

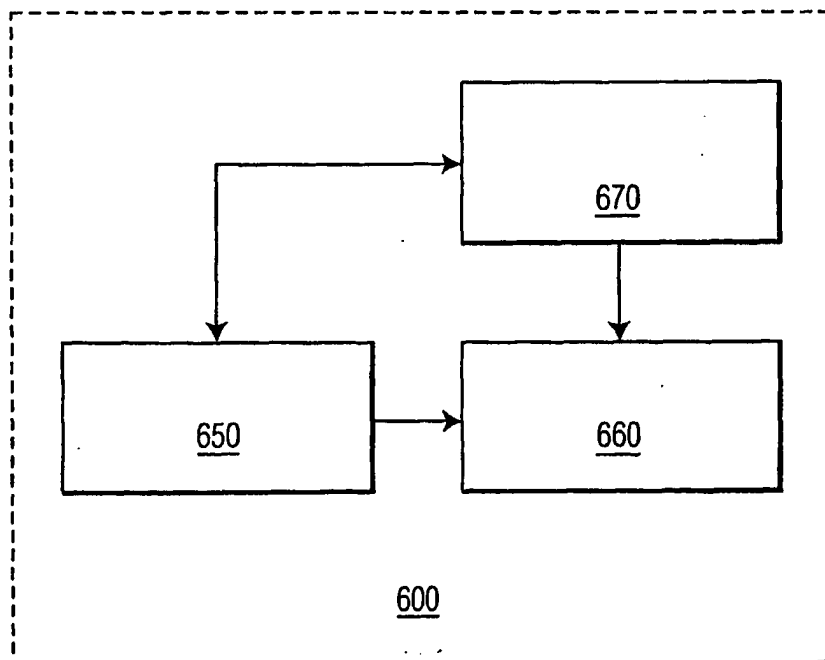


FIG. 6

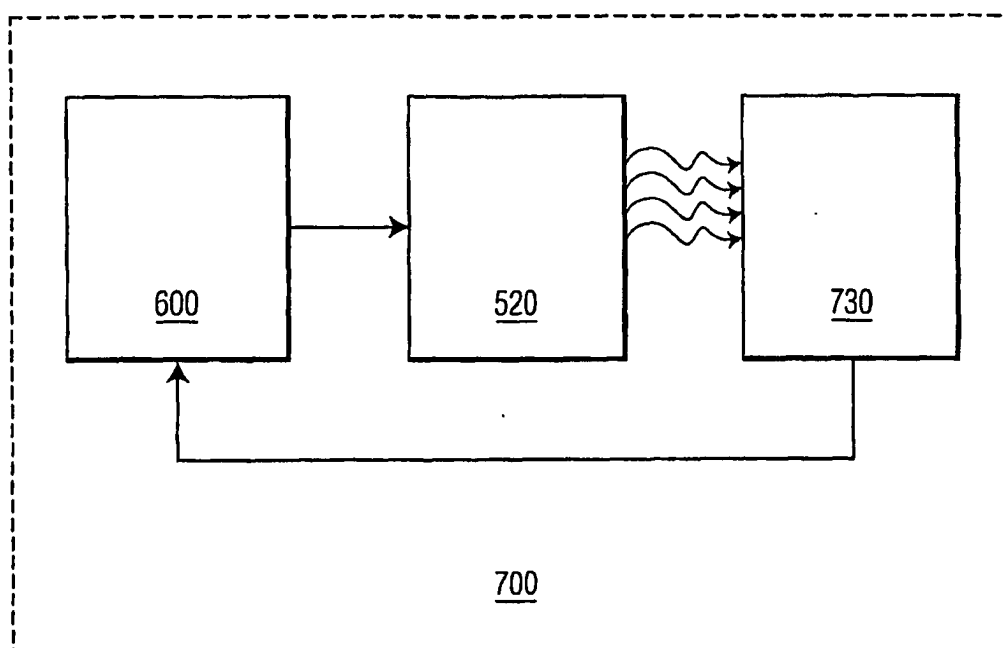


FIG. 7

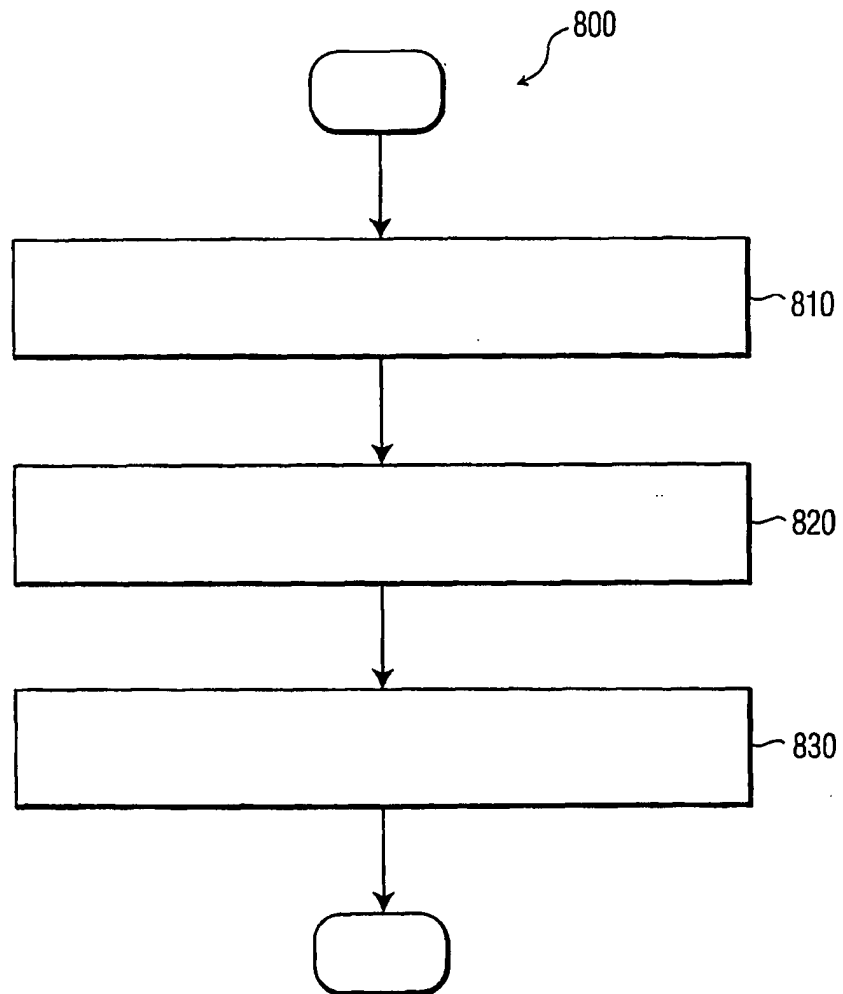


FIG. 8

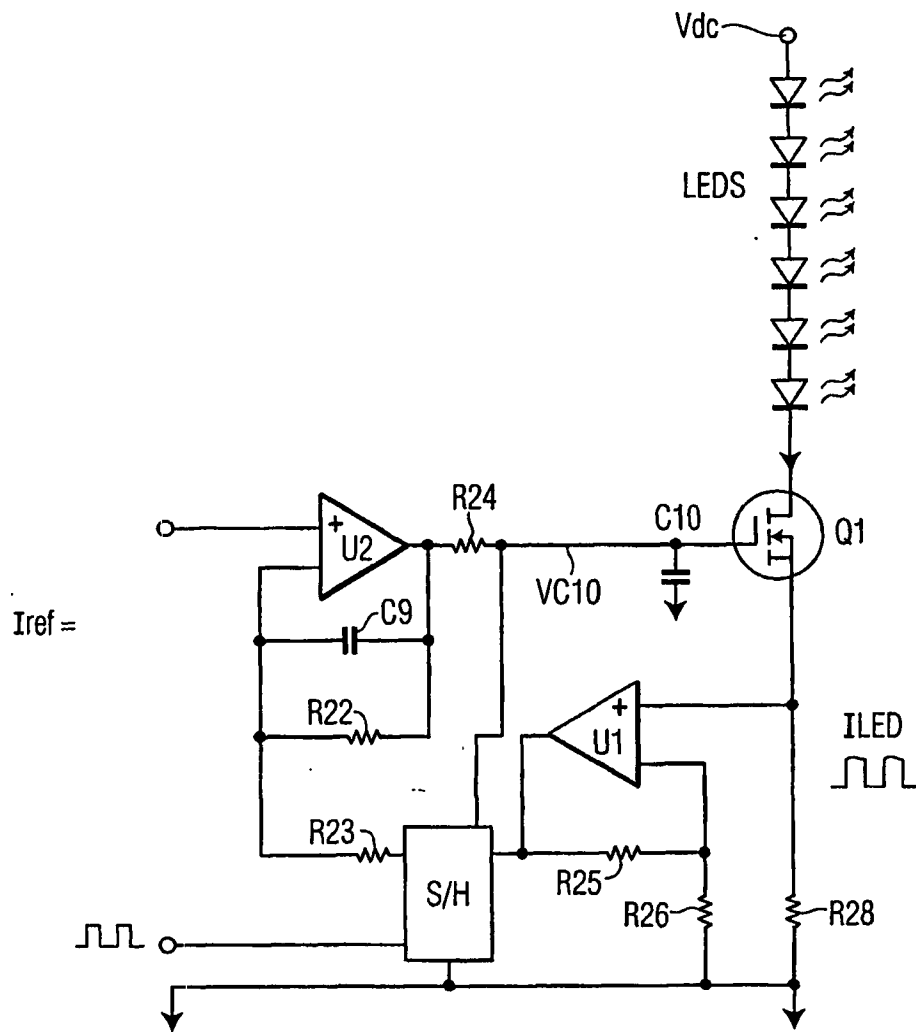
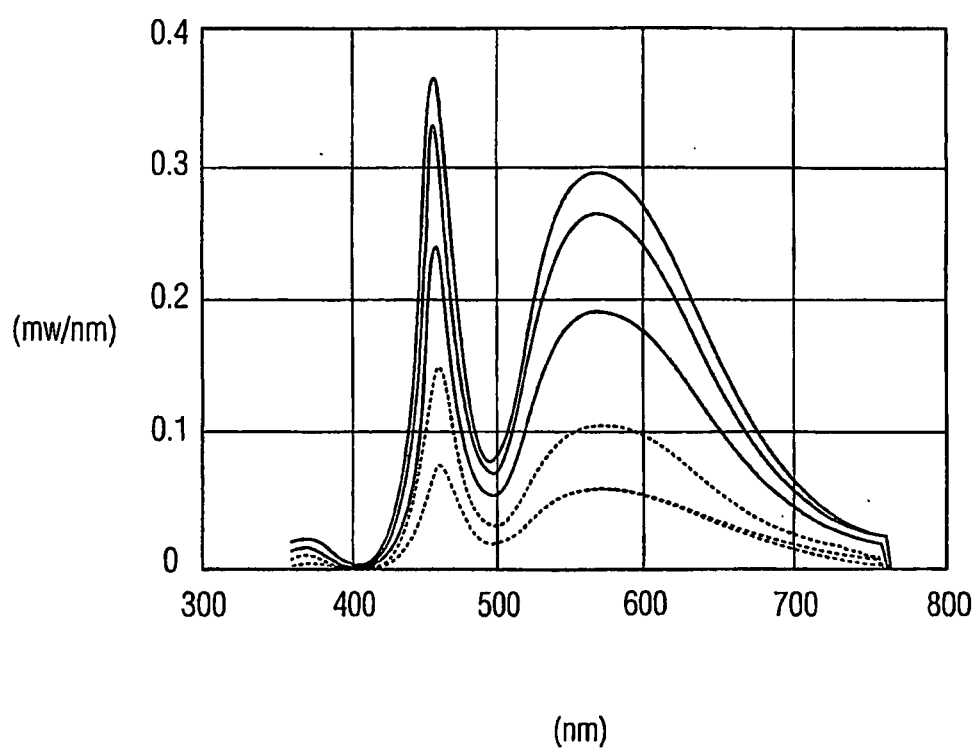


FIG. 9  
PRIOR ART





**FIG. 10**  
PRIOR ART