

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 9209/2008 (51) Int. Cl.: **H05B 33/08** (2006.01)  
(86) PCT-Anmeldenummer: PCT/EP08005367  
(22) Anmeldetag: 01.07.2008  
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2016

(30) Priorität:  
04.07.2007 DE 102007031038 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:  
WO 0180603 A2  
US 2002070914 A1  
DE 60120563 T2

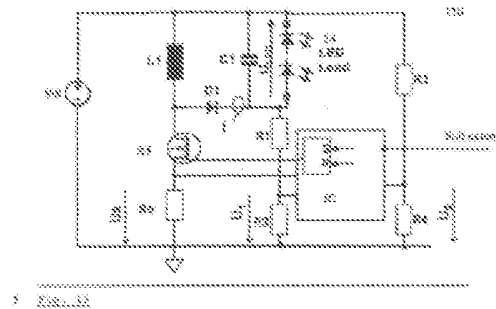
(73) Patentinhaber:  
TRIDONICATCO SCHWEIZ AG  
8755 ENNENDA (CH)

(72) Erfinder:  
ZIMMERMANN MICHAEL  
HEILIGKREUZ (CH)  
PEREIRA EDUARDO  
SIEBNEN (CH)

(74) Vertreter:  
Hofmann R. Mag. Dr., Fechner Th. Dr.  
Rankweil

### (54) SCHALTUNG ZUM BETRIEB VON LEUCHTDIODEN (LEDS)

(57) Schaltungsanordnung (130) zum Betrieb von Leuchtdioden (34), umfassend einen Schaltregler, eine Ansteuerschaltung (IC) und zumindest zwei mit einem Betriebsstrom betriebene Leuchtdioden (34), wobei der Ansteuerschaltung (IC) ein Sollwert für den Betriebsstrom zugeführt ist, und die Ansteuerschaltung (IC) den Sollwert zeitlich in wenigstens zwei unterschiedliche Betriebsstromwerte grösser Null aufspreizt, wobei der zeitliche Mittelwert dem Sollwert entspricht, wobei der Schaltregler durch eine Drossel (L1), einen Kondensator (C1), eine Freilaufdiode (D1), und einen von der Ansteuerschaltung (IC) ansteuerbaren Schalter (S1) gebildet ist, wobei die Schaltungsanordnung (130) dazu ausgebildet ist, dass der Schalter (S1) bei Erreichen eines oberen Grenzwertes des durch die Drossel (L1) fließenden Drosselstroms öffnet und bei Erreichen eines unteren Grenzwertes schließt, um die wenigstens zwei unterschiedlichen Betriebsstromwerte zum Betreiben der Leuchtdioden (34) bereitzustellen.



## Beschreibung

### SCHALTUNG ZUM BETRIEB VON LEUCHTDIODEN (LEDS)

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung zum Betrieb von Leuchtdioden, umfassend einen Schaltregler, eine Ansteuerschaltung und zumindest zwei mit einem Betriebsstrom betriebene Leuchtdioden, wobei der Ansteuerschaltung ein Sollwert für den Betriebsstrom zugeführt ist, und die Ansteuerschaltung den Sollwert zeitlich in wenigstens zwei unterschiedliche Betriebsstromwerte grösser Null aufspreizt, wobei der zeitliche Mittelwert dem Sollwert entspricht.

**[0002]** Herkömmliche Leuchtdioden (oder LED für Light Emitting Diode bzw. lichtemittierende Diode) emittieren Licht in einem begrenzten Spektralbereich. Fig. 1 zeigt dabei beispielsweise Spektren einer blauen 1, grünen 2, gelb 3 und roten 4 Leuchtdiode. Bekannt sind Module, bei denen Leuchtdioden verschiedener Farben z.B. Blau und Gelb (zwei LEDs) oder Rot, Grün und Blau (RGB) so kombiniert werden, dass sich ihr Licht bspw. mittel einer Streuscheibe mischt und dass das gemischte Licht weiß erscheint bzw. dass das Spektrum 5 des daraus resultierenden Lichts sich über den gesamten sichtbaren Bereich erstreckt.

**[0003]** Dieses Licht erscheint zwar grundsätzlich „weiß“, doch im Spektrum dieses emittierten Lichts sind Täler 6, 7 vorhanden. Diese Täler wirken sich nachteilig dahingehend aus, dass beispielsweise Objekte mit Farben im Bereich dieser Lücken sehr matt wiedergegeben werden. Die Qualität der Farbwiedergabe, welche mit der photometrische Größe Farbwiedergabe-Index oder CRI (Color Rendering Index) ausgedrückt wird, ist dementsprechend von diesen Lücken abhängig.

**[0004]** Der Farbwiedergabe-Index drückt aus, wie nahe die Farbwiedergabe eines künstlichen Leuchtmittels dem breitverteilten kontinuierlichen Spektrum des natürlichen Sonnenlichts kommt. Dies kann bekanntlich alleine durch die Farbtemperatur nicht ausgedrückt werden, weil ja die Farbtemperatur nicht angibt, ob ggf. im Spektrum eines künstlichen Leuchtmittels Lücken vorliegen.

**[0005]** Diese spektralen Lücken ergeben sich also, wenn man RGB- Leuchtdioden miteinander verbindet. Diese Täler hat man indessen auch, wenn sogenannte weiße Leuchtdioden benutzt werden. Dabei handelt es sich um eine Leuchtdiode, die mit photolumineszierendem Material (Fluoreszenzfarbstoff, Leuchtstoff) kombiniert wird. Das Licht von dem LED -Chip in einem ersten Spektrum wird teilweise durch die dadurch gebildete Farbkonversionsschicht oder Phosphorschicht in ein zweites Spektrum konvertiert. Die Mischung des ersten und des zweiten Spektrums ergibt dann das Spektrum von weißem Licht.

**[0006]** Fig. 2 zeigt das Spektrum einer derartigen weißen Leuchtdiode. Mit Hilfe einer Farbkonversionsschicht kann ein kurzwelliges Licht wie beispielsweise blaues Licht 8 in langwelliges Licht umgewandelt werden, beispielsweise im gelben oder roten Wellenlängen-Bereich 9.

**[0007]** Üblicherweise gibt es aber auch zwischen dem eigentlichen (beispielsweise blauen) Spektrum 8 des Leuchtmittel-Chips und 2 / 34 dem zweiten (gelben oder roten) verschobenen Spektrum 9 der Konversionsschicht eine spektrale Lücke bzw. zumindest ein spektrales Tal 10, so dass die Qualität der Farbwiedergabe bzw. der Farbwiedergabe-Index darunter leidet.

**[0008]** In der DE 601 20 563 T2 sind Schaltungsanordnungen zur Variation der Lichtleistung eines LED-Beleuchtungsmoduls mittels Variation der Pulsdauer des Betriebsstromes der Leuchtdioden beschrieben.

**[0009]** In der US 2002/0070914 A1 sind Beispiele für Schaltungsanordnungen mit verschiedenfarbigen Leuchtdioden zur Ausbildung der Hintergrundbeleuchtung eines Flüssigkristallbildschirms gezeigt. Durch Variation des Betriebsstroms der Leuchtdioden kann weißes Licht mit unterschiedlicher Farbtemperatur realisiert werden.

**[0010]** Schaltungsanordnungen der eingangs genannten Art gehen aus der WO 01/80603 A2

hervor. Diese weisen Schalter bzw. Transistoren und Ohm'sche Widerstände auf. Gemäß einem in dieser Schrift angeführten Verfahren zum Betrieb der Schaltungsanordnungen wird ein zeitlich veränderter Betriebsstrom erzeugt, mit dem eine verbesserte Farbwiedergabe erreicht werden kann.

**[0011]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine alternative Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art für Leuchtdioden oder Leuchtdioden-Module vorzusehen, mit der der Farbwiedergabe-Index bzw. die Qualität der Farbwiedergabe von Leuchtdioden erhöht werden kann.

**[0012]** Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung und ein Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

**[0013]** Bei der Schaltungsanordnung gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass der Schaltregler durch eine Drossel, einen Kondensator, eine Freilaufdiode, und einen von der Ansteuerung ansteuerbaren Schalter gebildet ist, wobei die Schaltungsanordnung dazu ausgebildet ist, dass der Schalter bei Erreichen eines oberen Grenzwertes des durch die Drossel fließenden Drosselstroms öffnet und bei Erreichen eines unteren Grenzwertes schließt, um die wenigstens zwei unterschiedlichen Betriebsstromwerte zum Betreiben der Leuchtdioden bereitzustellen.

**[0014]** Der erfindungsgemäße Aufbau der Schaltungsanordnung ermöglicht eine verlustarme Ansteuerung der Leuchtdioden.

**[0015]** Die Erfindung nutzt gezielt aus, dass das Farbspektrum einer Leuchtdiode von der Intensität bzw. vom Strom abhängt, mit dem sie betrieben wird. Die Erfindung verbessert den Farbwiedergabe-Index CRI, indem die Lücken etwas abgemildert werden, in dem zeitlich die Leuchtdiode gezielt mit unterschiedlicher Intensität betrieben wird.

**[0016]** Das Betreiben mit unterschiedlicher Intensität führt dazu, dass bei dem Auflösungsvermögen des menschlichen Auges das Spektrum sozusagen zeitlich verschmiert wird, was zeitlichen gemittelt den Farbwiedergabe-Index CRI verbessert.

**[0017]** Die Änderung der Intensität ist vorzugsweise schneller als das zeitliche Auflösungsvermögen des Auges (beispielsweise über 100 Hz), wie es bekanntlich auch bei PWM-modulierten Leuchtdioden bekannt ist. Im Gegensatz zu der PWM-Modulation, bei der nur der Pegel Hoch oder Null für die Intensität der Leuchtmittel verwendet wird, wird gemäß der Erfindung wenigstens ein weiterer positiver (d.h. ungleich Null) Intensitätswert verwendet.

**[0018]** Bei einem vorgegebenen zugeführten Sollwert für den Lampenstrom spreizt die Treiberschaltung diesen zeitlich in unterschiedliche Werte auf, wobei der zeitliche Mittelwert dem Sollwert entspricht.

**[0019]** Der Betriebsstrom kann periodisch geändert werden.

**[0020]** Es kann vorgesehen sein, dass der Betriebsstrom vorgegebene diskrete Werte aufnehmen kann. In diesem Fall kann die Zeitdauer, während der ein diskreter Wert aufgenommen wird, kleiner als das zeitliche Auflösungsvermögen des menschlichen Auges sein. Insbesondere kann die Zeitdauer eines diskreten Wertes kleiner als 1/100 s sein.

**[0021]** Der Betriebsstrom kann zumindest zeitweise kontinuierlich variieren.

**[0022]** Während einer Tot-Zeit kann die Intensität des Betriebsstroms auf Null reduziert werden.

**[0023]** Die Stromquelle kann einen Eingang zum Empfang von Informationen bezüglich des zeitlichen Ablaufs des Betriebsstroms aufweisen.

**[0024]** Genauso kann die Stromquelle einen Eingang zum Empfang eines Sollwertes für die zeitliche Durchschnittsintensität des Betriebsstroms aufweisen.

**[0025]** Weiterhin kann die Stromquelle einen Eingang zum Empfang des Istwertes des Betriebsstroms aufweisen.

**[0026]** Es kann eine Regelungsschaltung zur Regelung des Betriebsstroms anhand des Sollwertes und des erfassten Istwertes des Betriebsstroms vorgesehen sein.

**[0027]** Der Verlauf des Betriebsstroms kann derart ausgewählt werden, dass für das menschliche Auge kein Flackern wahrnehmbar ist.

**[0028]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Betrieb der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung vorgesehen. Die Erfindung betrifft also eine Schaltung bzw. ein Verfahren zur Verbesserung des Farbwiedergabe-Indexes von LEDs, bei dem die LED mit einer Frequenz höher als das zeitliche Auflösungsvermögen des menschlichen Auges mit unterschiedlichen Intensitäten betrieben wird.

**[0029]** Die vorliegende Erfindung befasst sich im Wesentlichen mit der Möglichkeit, den Drift der dominanten Wellenlänge bei Leuchtdioden abhängig vom angelegten Vorwärtsstrom gezielt zu nutzen.

**[0030]** Der Vorwärtsstrom wird je nach Anwendung so angelegt, dass der Amplitudenwert je Zeitperiode in einem bestimmten Maß variiert wird. Dadurch wird erreicht, dass das emittierende Licht, resp. dessen emittierende Wellenlänge über die Zeitperiode bewusst verschoben wird, sodass die typische schmalbandige Leuchtdiode-Lichtemittierung etwas verbreitert wird („Wavelength Jittering“). Dadurch kann gezielt der Farbwiedergabe-Index in einem Mischsystem erhöht werden.

**[0031]** Die Signalform um ein solches System zu bilden, kann unterschiedlich gewählt werden. So sind beispielsweise von Dreieck, 2-3 oder Mehrstufensignalen verschiedene Steuersignale möglich. Die Signalform ist jedoch so zu wählen, dass die gewünschte Jitterweite erzielt werden kann.

**[0032]** Weiterhin kann auch die Signalform davon abhängig gemacht werden, welcher Durchschnittsstrom gewünscht ist.

**[0033]** Als Beispiel kann z.B. ein RGBY (rot, grün, blau, gelb) System herangezogen werden, wobei jede Farbe separat z.B. mit einem Stufensignal angesteuert wird und damit der besagte Jitter erzeugt wird.

**[0034]** Nachfolgend soll die Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert werden.

**[0035]** Fig. 1 zeigt das Spektrum von einzelnen bekannten einfarbigen Leuchtdioden sowie von einer bekannten RGB-Leuchtdiode,

**[0036]** Fig. 2 zeigt das Spektrum einer mit Hilfe einer Farbkonversionsschicht erzeugten bekannten weißen Leuchtdiode,

**[0037]** Fig. 3 zeigt ein Beispiel einer Schaltungsanordnung,

**[0038]** Fig. 4 zeigt die Abhängigkeit zwischen dem Betriebsstrom einer Leuchtdiode und dem Spektrum des von dieser Leuchtdiode emittierten Lichts,

**[0039]** Fig. 5 zeigt ein Betriebsstrom gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

**[0040]** Fig. 6 zeigt die verschiedenen Spektren, die mit dem in Fig. 5 gezeigten Betriebsstrom erzeugt werden, sowie das vom menschlichen Auge erfasste breitere Spektrum,

**[0041]** Fig. 7 bis 12 zeigen alternative Formen eines Betriebsstroms gemäß weiteren Ausführungsformen der Erfindung, und

**[0042]** Fig. 13 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0043]** Fig. 3 zeigt ein Beispiel einer Schaltungsanordnung,

**[0044]** Die Schaltungsanordnung 30 umfasst im Wesentlichen eine Ansteuerschaltung (Treiber-schaltung) 31, eine Stromquelle 32 und ein Leuchtdioden-Modul 33 für eine oder mehrere Leuchtdioden 34.

**[0045]** Die Leuchtdiode 34 wird dabei mit der Stromquelle 32 betrieben. Die Stromquelle 32 weist einen Bipolartransistor auf, wobei die Leuchtdiode 34 mit dem Kollektor eines NPN-Transistors 35 verbunden ist. Der Emitter des Transistors 35 ist mittels eines Ohm'schen Widerstands 36 mit Masse verbunden. Der Transistor 35 ist auch über einen weiteren Ohm'schen Widerstands 37 mit der Ansteuerschaltung 31 gekoppelt. Die Ansteuerschaltung 31 steuert das Ein- bzw. Ausschalten des Transistors 35 über einen Steueranschluss 38. Parallel zum ersten Transistor bzw. Schalter 35 ist ein zweiter Transistor bzw. Schalter 35' in der Stromquelle 32 angeordnet. Der zweite Transistor 35' wird ähnlich wie der erste Transistor 35 von einem Steueranschluss 38' der Ansteuerschaltung 31 gesteuert. Der zweite Transistor 35' ist ebenso mittels Ohm'sche Widerstände 36', 37' jeweils an Masse und an den Steueranschluss 38' angeschlossen.

**[0046]** Der jeweilige NPN-Transistor 35, 35', der allgemein die Funktion eines steuerbaren Schalters erfüllt, stellt einen schaltbaren Stromabfluss (auch als Stromsenke oder auf Englisch „current sink“ bezeichnet) dar. Mittels die Ohm'schen Widerstände 36, 36' kann der Diodenstrom erfasst und mittels Änderung der Basisspannung auf einen Sollwert geregelt werden. Dabei wird zur Steuerung der Leuchtdiode 34 ein erfindungsgemäßes Steuersignal an den Basisanschluss der Transistore 35, 35' gelegt.

**[0047]** Wird nur der erste Transistor 35 eingeschaltet, so wird die Leuchtdiode 34 von einem Strom I1 betrieben. Wird dagegen der erste Transistor 35 ausgeschaltet und nur der zweite Transistor 35' eingeschaltet, so wird die Leuchtdiode 34 von einem Strom I2 betrieben. Bei gleichzeitigem Einschalten der Transistore 35, 35' ergibt sich ein Betriebsstrom I1+I2.

**[0048]** Die Ansteuerung von der Leuchtdiode 34 kann also durch eine Stromquelle 32 erfolgen, die beispielsweise drei verschiedene strikt positive Stromintensitäten I1, I2, I1+I2 bereitstellen kann.

**[0049]** Die Ansteuerschaltung (Treiber) 31 sowie die Stromquelle 32 können bekannterweise auch anders aufgebaut werden. Wichtig ist dabei, dass von der Stromquelle 32 zumindest zwei positive Stromamplituden zum Betrieb der Leuchtdiode zur Verfügung gestellt werden.

**[0050]** Der Ansteuerschaltung 31 können extern und/oder intern Sollwerte zugeführt werden, die den zeitlich gemittelten Sollstrom durch die Leuchtdioden vorgeben. Die Ansteuerschaltung spreizt diesen Sollwert in wenigstens zwei unterschiedliche Werte grösser Null auf, die nacheinander angesteuert werden, wobei das zeitlich Mittel wiederum dem vorgegeben Sollwert entspricht.

**[0051]** Dabei kann der Ansteuerschaltung ein Farbortkorrekturbefehl zugeführt werden. Dieser Farbortkorrekturbefehl kann selektiv die Amplitudenspreizung auslösen und ggf. auch das Maß der Amplitudenspreizung vorgeben. Der Farbortkorrekturbefehl gibt somit eine Anpassung des Spektrums vor.

**[0052]** Abhängig von dem Farbortkorrekturbefehl kann die Ansteuerschaltung dann bspw. mittels vorab gespeicherter Werte (Look-up Tabelle) oder mittels einer implementierten Funktion die zugehörigen Amplitudenwerte zu dem Farbortkorrekturbefehl ermitteln und ausgeben, die dann nacheinander angesteuert werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Ansteuerschaltung abhängig von dem Farbortkorrekturbefehl eine Betriebsweise (kontinuierlich vs. Diskret) der Amplitudenspreizung angeben.

**[0053]** Erfindungsgemäße Ansteuerschaltungen und Stromquellen sind in der Lage, einen zeitlich variierenden und kontinuierlichen Betriebsstrom bereitzustellen. Mit erfasst sind natürlich derartige Stromquellen, die nur teilweise in bestimmten Zeitabschnitten einen kontinuierlichen Betriebsstrom erzeugen.

**[0054]** Der durch die Leuchtdiode bzw. Leuchtdioden fließende Strom kann weiterhin erfasst

und auf einen vorgegebenen Sollwert geregelt werden. Dieser Sollwert kann weiterhin derart gewählt, dass die Leuchtdioden in einem möglichst hohen Wirkungsgrad betrieben werden.

**[0055]** Zur Steuerung bzw. Regelung des Stroms für die Leuchtdiode 34 sind die Transistore bzw. Schalter 35, 35' an die Steueranschlüsse 38, 38' der Ansteuerschaltung 31 angeschlossen.

**[0056]** Der Betriebsstrom der Leuchtdiode bzw. der Vorwärtsstrom wird derart geformt, dass dieser die Leuchtdiode 34 mit unterschiedlicher Intensität betreibt. Dabei wird gezielt die Tatsache ausgenutzt, dass das Farbspektrum einer Leuchtdiode von dem Strom, mit dem sie betrieben wird, abhängt.

**[0057]** Fig. 4 zeigt eine derartige Abhängigkeit zwischen dem Betriebsstrom einer Leuchtdiode und dem Spektrum des von dieser Leuchtdiode emittierten Lichts. Bei unterschiedlichen Werten vom Betriebsstrom bzw. vom Vorwärtsstrom ergeben sich auch unterschiedliche Verteilungen des Spektrums, siehe insbesondere die Kurven 40, 41, 42, 43 bei einem jeweiligen Betriebsstrom von 1, 5, 10 und 20 mA.

**[0058]** Die Leuchtdioden werden nacheinander mit unterschiedlichen Intensitäten betrieben. Bei dem Beispiel der Fig. 4 kann also die Leuchtdiode z.B. nacheinander mit 1, 5, 10 und 20 mA.

**[0059]** Da die jeweiligen Spektren im Frequenzbereich unterschiedlich bzw. verschoben sind, ergibt sich als Mittelwert ein Spektrum, das breiter als die einzelnen Spektren 40, 41, 42, 43 ist, bzw. das kleinere Täler als die einzelnen Spektren 40, 41, 42, 43 aufweist. Somit kann der Farbwiedergabe-Index auch erhöht werden.

**[0060]** Fig. 5 zeigt ein konkretes Beispiel eines von der Stromquelle 32 erzeugten Betriebsstroms bzw. Vorwärtsstroms 50 für die Leuchtdiode 34. Der mehrstufigförmige Betriebsstrom 50 weist eine gewisse Zeitperiode  $T = (t_{on} + t_{off})$  auf, wobei während der Zeitdauer  $t_{on}$  der Betriebsstrom 50 verschiedene positive Intensitätswerte aufnimmt. In der Zeitdauer  $t_{off}$ , die nicht zwingend vorhanden sein muss, wird der Wert des Betriebsstroms 50 auf Null herabgesetzt.

**[0061]** In der Zeitdauer  $t_{on}$  nimmt der Betriebsstrom 50 nacheinander den Wert  $\Delta I_2$ ,  $\Delta I_1$ ,  $I_{nom}$ ,  $\Delta I_1$  und  $\Delta I_2$  während einer jeweiligen Zeit  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  und  $t_5$  auf. In diesem Ausführungsbeispiel ergibt sich dadurch eine mittlere Stromintensität von

$$I_m = [ (t_1 + t_5) \cdot \Delta I_2 + (t_2 + t_4) \cdot \Delta I_1 + t_3 \cdot I_{nom} ] / [t_{on} + t_{off}]$$

**[0062]** Zum Dimmen kann zusätzlich das Tastverhältnis des Betriebsstroms 50 geändert werden. Alternativ kann auch die Zeitdauer  $t_{off}$  verkleinert bzw. vergrößert werden, oder gar weggelassen werden.

**[0063]** Fig. 6 zeigt die verschiedenen Spektren die mit den Betriebsintensitäten  $I_{nom}$ ,  $\Delta I_1$  und  $\Delta I_2$  erreicht werden können. Mit sinkender Stromintensität wird das von der Leuchtdiode erzeugte Spektrum immer mehr nach höheren Wellenlängen verschoben.

**[0064]** Die Änderung der Intensität erfolgt vorzugsweise schneller als das zeitliche Auflösungsvermögen des menschlichen Auges, so dass das Auge nur den zeitlichen Mittelwert des emittierten Lichts wahrnimmt. Demnach sollte die Frequenz, mit der Betriebsstrom 50 variiert wird, über 100 Hz liegen. Entsprechend sollte die jeweilige Zeitdauer  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ ,  $t_5$  kleiner als 1/100 s lang sein.

**[0065]** Das vom Auge erfasste Spektrum 60 ist also breiter als das Spektrum, das beim Betrieb mit der nominalen Intensität  $I_{nom}$  erzeugt wird.

**[0066]** Fig. 7 bis 12 zeigen alternative Formen des Betriebsstroms bzw. des Vorwärtsstroms für die Leuchtdiode gemäß der Erfindung.

**[0067]** Die in Fig. 7 bis 11 gezeigten Betriebsströme sind vorzugsweise periodisch und weisen vorzugsweise eine Zeitdauer  $t_{off}$  auf, während der die Intensität gleich Null ist.

**[0068]** Die Betriebsströme 50, 70 gemäß Fig. 5 und 7 können verschiedene Einzelwerte, d.h. verschiedene diskrete Werte, aufnehmen: 0,  $\Delta I_1$ ,  $\Delta I_2$  oder  $I_{nom}$ . Dabei ist es wichtig, dass die

Leuchtdiode zumindest mit zwei unterschiedlichen strikt positiven Intensitäten betrieben wird, wie beispielsweise  $\Delta I_1$  und  $I_{nom}$ . Derart kann das Spektrum des emittierten Lichts verbreitert werden.

**[0069]** Fig. 8 bis 11 zeigen indessen erfindungsgemäße Betriebsströme 80, 90, 100, 110, die eine kontinuierliche Intensität aufweisen. Die Intensität variiert zwischen Null und einem maximalen strikt positiven Wert  $\Delta I$ . Naturgemäß wird also die Leuchtdiode von mehr als zwei unterschiedlichen positiven Stromintensitäten betrieben.

**[0070]** In Fig. 9 wird ein Betriebsstrom 90 beschrieben, der in einer ersten Phase  $t_r = t_{on}$  von Null auf einen maximalen Wert  $\Delta I$  ansteigt und in einer zweiten Phase  $t_{off}$  den Wert Null annimmt.

**[0071]** Somit wird der Farbwiedergabe-Index von Leuchtdioden erhöht. Dieser Effekt ist beispielsweise bei dem Betriebsstrom 100 der Fig. 10 gegeben. Dabei wird die Leuchtdiode im sogenannten Borderline oder Critical mode betrieben, d.h. mit Ansteuerungen, bei denen der Betriebsstrom bzw. der Leuchtdioden-Strom im Wesentlichen dreieckförmig auf einen Maximalwert  $\Delta I$  ansteigt und dann wieder auf Null absinkt, um sofort wieder anzusteigen.

**[0072]** Die Betriebsweise gemäß Figur 10 sorgt für eine hohe Aufspreizung und somit eine hohe Farbkorrektur. Grund dafür ist, dass bei dieser Betriebsweise der Maximalwert des Stroms das Doppelte des zeitlichen Mittelwerts ist. Zeitweise kann daher die LED mit dem doppelten des vom LED-Hersteller spezifizierten Nominalwerts für den Dauerbetrieb betrieben sein.

**[0073]** Im Idealfall ist die Zeitdauer  $t_{off}$  nahezu Null, damit es keinen Bereich gibt, indem keine Energie übertragen wird. Allerdings kann es aufgrund von der technischen Realisierung, der notwendigen Erkennung des Erreichens des Nullpunktes und durch die Schaltzeiten der Ansteuerung zu einer gewissen Zeitdauer  $t_{off}$  grösser Null kommen, die nicht beabsichtigt ist.

**[0074]** Der in Fig. 11 gezeigte Betriebsstrom 110 weist ähnlich wie der Betriebsstrom 100 eine Steigungsphase von Null auf einen Maximalwert  $\Delta I$  während der Zeitdauer  $t_r$  und eine Absinkungsphase von diesem Maximalwert  $\Delta I$  auf Null in einer Zeitdauer  $t_f$ . Dazwischen wird aber der Betriebsstrom 110 während einer Zeitdauer  $t_{nom}$  konstant auf den Maximalwert  $\Delta I$  gehalten.

**[0075]** Wie in Fig. 8 ersichtlich sind auch Betriebsströme bzw. Vorwärtsströme 80 denkbar, die in einer Periode ( $t_{on} + t_{off}$ ) mehrere Anstiegs- und/oder Abstiegsphasen aufweisen. Bei einer Ansteuerung der Leuchtdiode gemäß Fig. 8 wird zwischen zwei Anstiegsphasen  $t_{r01}$ ,  $t_{r12}$  der Strom während einer Zeitdauer  $t_1$  auf  $\Delta I_1$  konstant gehalten. Nach der zweiten Anstiegsphase  $t_{r12}$  bleibt der Strom während der Zeitdauer  $t_2$  bei dem Maximalwert  $\Delta I_2$  und sinkt linear bis Null.

**[0076]** Wie in Fig. 12 ersichtlich, kann der Betriebsstrom bzw. Vorwärtsstrom 120 aber auch so gewählt werden, dass sich eine nahezu konstante Amplitude des Stromes einstellt. Dadurch ist  $\Delta I$  auf ein Minimum reduziert. Es wird die Leuchtdiode 34 also mit nur einem einstufigen Strompegel betrieben. In diesem Fall würde die Leuchtdiode 34 mit dem vom LED-Hersteller spezifizierten Nominalwert für den Dauerbetrieb betrieben.

**[0077]** Es ist also vorgesehen, dass eine Leuchtdiode 34 derart mit Strom betrieben wird, dass das Spektrum des von dieser Leuchtdiode 34 emittierten Licht verbreitert werden kann bzw. kleinere Täler aufweist.

**[0078]** Im Falle einer einfarbigen Leuchtdiode, beispielsweise blau, grün, gelb oder rot, kann die relative Intensität des Spektrums gegenüber der Maximalintensität erhöht werden.

**[0079]** Fig. 13 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung 130 zur Ansteuerung der Leuchtdiode 34 gemäß der Erfindung. Die Schaltungsanordnung 130 umfasst einen Schaltregler, der durch die Drossel L1, den Kondensator C1, die Freilaufdiode D1, den Schalter S1 und die Leuchtdioden 34 gebildet. In diesem Beispiel ist der Schaltregler als Tiefsetzsteller ausgeführt, es sind aber auch andere Topologien wie ein Hochsetzsteller, ein Flyback-Konverter oder auch ein Buck-Boost-Konverter anwendbar. Zur Überwachung der Ströme und Spannungen im Schaltregler und an den Leuchtdioden 34 sind mehrere Widerstände ("Shunts") vorgesehen. Der Widerstand  $R_s$  dient dabei der Überwachung des Stromes durch den Schalter

S1 während der Einschaltdauer des Schalters S1. Die beiden Spannungsteiler R3/ R4 und R1/ R2 dienen der Überwachung der Spannung an den Leuchtdioden 34. Die Leuchtdioden 34 können aber auch in einer alternativen Ausführungsform in Serie zu der Drossel L1 geschaltet sein. Der Schalter S1 des Schaltreglers wird durch die Ansteuerschaltung IC angesteuert. Der Ansteuerschaltung IC können extern und/oder intern Sollwerte zugeführt werden, die den zeitlich gemittelten Sollstrom durch die Leuchtdioden vorgeben. Die Ansteuerschaltung spreizt diesen Sollwert in wenigstens zwei unterschiedliche Werte grösser Null auf, die nacheinander angesteuert werden, wobei das zeitliche Mittel wiederum dem vorgegebenen Sollwert entspricht.

**[0080]** Dabei kann der Ansteuerschaltung IC als externer Sollwert ein Farbortkorrekturbefehl zugeführt werden. Dieser Farbortkorrekturbefehl kann selektiv die Amplitudenspreizung auslösen und ggf. auch das Maß der Amplitudenspreizung vorgeben. Der Farbortkorrekturbefehl gibt somit eine Anpassung des Spektrums vor.

**[0081]** Die Schaltungsanordnung 130 ist eine vorteilhafte Ausführung, um eine möglichst verlustarme Ansteuerung der Leuchtdioden 34 gemäß der Erfindung zu erreichen.

**[0082]** Bei Betrieb der Leuchtdioden 34 mit nahezu konstanter Amplitude, zumindest für eine gewisse Zeitdauer der Zeitperiode T, kann erreicht werden, dass die Schaltungsanordnung 130 im sogenannten Continuous conduction mode betrieben wird. Dabei wird die Schaltungsanordnung 130 derart angesteuert, dass der Strom durch die Drossel L1 nie auf Null abfällt, sondern einen im Mittel konstanten Wert aufrecht erhält. Um einen solchen Betrieb zu erreichen, wird in einer ersten Phase die Drossel L1 durch Einschalten des Schalters S1 aufmagnetisiert. Der Strom durch die Drossel L1 kann in dieser Phase mittels des Widerstands  $R_s$  überwacht werden. Wenn ein gewisser Stromwert (oberer Grenzwert) erreicht ist, wird der Schalter S1 geöffnet. Jetzt wird der Strom aufgrund der Magnetisierung der Drossel L1 weiter durch die Freilaufdiode D1 und die Leuchtdioden 34 getrieben. Dabei sinkt der Strom durch die Drossel L1 langsam ab. Aufgrund des Stromflusses durch die Freilaufdiode D1 und die Leuchtdioden 34 wird auch der Kondensator C1 geladen. Der Abfall der Entmagnetisierung und des Stromes durch die Drossel L1 kann durch die beiden Spannungsteiler R3/ R4 und R1/ R2 überwacht werden. Wenn der Strom einen gewissen unteren Grenzwert erreicht, wird der Schalter S1 wieder eingeschaltet und die Drossel L1 wieder aufmagnetisiert. Während nun die Freilaufdiode D1 den Stromfluss sperrt, kommt es zur Entladung des Kondensators C1 über die Leuchtdioden 34. Der Betrieb der Schaltungsanordnung 130 erfolgt im hochfrequenten Bereich.

**[0083]** Durch entsprechende Wahl der beiden Grenzwerte für den maximalen und minimalen Drosselstrom und somit des Stromes durch die Leuchtdioden 34 kann die Amplitudenspreizung des Stromes durch die Leuchtdioden 34 eingestellt werden. Bei entsprechender enger Wahl der beiden Grenzwerte ergibt sich für den Beobachter ein nahezu konstanter Strom. Für das Beispiel gemäß Fig. 5 kann für die jeweiligen Zeiten  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  und  $t_5$  durch Setzen der beiden Grenzwerte jeweils der Strom nacheinander auf den Wert  $\Delta I_2$ ,  $\Delta I_1$ ,  $I_{nom}$ ,  $\Delta I_1$  und  $\Delta I_2$  eingestellt werden.

**[0084]** Bei Betrieb gemäß Fig. 12 wird nur der Nominalstrom durch 2 enge Grenzwerte knapp oberhalb bzw. unterhalb dieses Nominalstromes eingestellt.

**[0085]** Die Schaltungsanordnung 130 kann jedoch auch im sogenannten Borderline oder Critical mode betrieben werden. Dieser Betrieb ergibt einen Betriebsstrom 100 gemäß der Figur 10. Die Drossel L1 wird ausgehend von einer völligen Entmagnetisierung durch Schließen des Schalters S1 aufmagnetisiert, bis der maximale Wert  $\Delta I$  erreicht worden ist. Jetzt wird der Schalter S1 geöffnet und die Drossel L1 entmagnetisiert, was zu einem Abfallen des Betriebsstromes führt. Über eine Messung an den beiden Spannungsteiler R3/ R4 und R1/ R2 oder zumindest am Spannungsteiler R1/ R2 kann der Zeitpunkt des Erreichens des Nullpunktes des Betriebsstromes ermittelt werden. Sobald über eine direkte oder indirekte Messgröße das Erreichen des Nullpunktes des Betriebsstromes erkannt wird (bzw. darauf geschlossen werden kann), kann der Schalter S1 wieder geschlossen werden und die Drossel L1 wieder aufmagnetisiert werden.

**[0086]** Die Schaltungsanordnung 130 kann beispielsweise auch in einem Betriebsmodus gemäß Fig. 11 betrieben werden. Die Drossel L1 wird ausgehend von einer völligen Entmagnetisierung durch Schließen des Schalters S1 aufmagnetisiert, bis der maximale Wert  $\Delta I$  erreicht worden ist. Jetzt wird der Schalter S1 geöffnet und die Drossel L1 entmagnetisiert, allerdings nur bis ein intern gesetzter unterer Grenzwert knapp unterhalb des maximalen Wertes  $\Delta I$  erreicht wird. Ist dieser Wert erreicht worden, wird der Schalter S1 wieder eingeschaltet. Jetzt wird die Schaltungsanordnung 130 in einem sogenannten Continuous conduction mode betrieben, bis die Zeitdauer  $T_{nom}$  abgelaufen ist. Jetzt wird während der Zeitdauer  $t_f$  der Schalter S1 dauerhaft geöffnet und die Drossel L1 entmagnetisiert, was zu einem Abfallen des Betriebsstromes führt. Über eine Messung an den beiden Spannungsteiler R3/ R4 und R1/ R2 oder zumindest am Spannungsteiler R1/ R2 kann der Zeitpunkt des Erreichens des Nullpunktes des Betriebsstromes ermittelt werden. Sobald das Erreichen des Nullpunktes des Betriebsstromes erkannt wird bzw. die Zeitdauer  $t_{off}$  abgelaufen ist, kann der Schalter S1 wieder geschlossen werden und die Drossel L1 wieder aufmagnetisiert werden. In diesem Betriebsmodus hat der Schalter S1 zwei verschiedene Schaltfrequenzen, während der Zeitdauer  $T_{nom}$  wird er im Vergleich zu den Zeitdauern  $T_r$ ,  $T_f$  und  $T_{off}$  mit einer höheren Taktfrequenz angesteuert.

**[0087]** Somit kann durch die Zuführung eines externen Signals wie beispielsweise eines Farbortkorrekturbefehls der Betriebsmodus der Schaltungsanordnung 130 und somit des Schaltreglers gewählt und angepasst werden. Dabei kann beispielsweise ein Betrieb im sogenannten Continuous conduction mode, im sogenannten Borderline oder Critical mode oder auch eine Kombination von beiden Betriebsmodi gewählt werden.

**[0088]** Fig. 2 zeigt die Auswirkung der Erfindung bei Ansteuerung einer weißen Leuchtdiode mit Phosphorschicht mit Hilfe eines Vorwärtsstrom gemäß Fig. 5. Die weiße Leuchtdiode wird demnach mit unterschiedlichen strikt positiven Stromintensitäten betrieben, nämlich  $\Delta I_1$ ,  $\Delta I_2$  und  $I_{nom}$ .

**[0089]** Die Kurven 11, 12, 13 bezeichnen die Spektren der weißen Leuchtdioden bei einem Betrieb mit den jeweiligen Intensitäten  $I_{nom}$ ,  $\Delta I_2$  und  $\Delta I_1$ . Mit abnehmender Intensität verschiebt sich das Spektrum nach höheren Wellenlängen.

**[0090]** Die weiße Leuchtdiode wird nacheinander mit den verschiedenen Intensitäten betrieben. Über eine Periode ( $t_{on} + t_{off}$ ) ergibt sich dann ein Spektrum 14, das insgesamt breiter ist als die jeweiligen Spektren 11, 12, 13. Somit können die Neben-Täler 16, 17 verkleinert werden. Wichtig ist auch noch, dass sich das spektrale Tal 15 zwischen dem blauen Spektrum 8 und dem konvertierten gelben Spektrum 9 deutlich verringert werden konnte.

**[0091]** Möglich ist auch eine Ansteuerung von mehreren Leuchtdioden mit einer erfindungsgemäßen Stromquelle 32 bzw. mit einem erfindungsgemäßen Betriebsstrom.

**[0092]** Mehrere Leuchtdioden können auch parallel von verschiedenen erfindungsgemäßen Betriebsströme angesteuert werden.

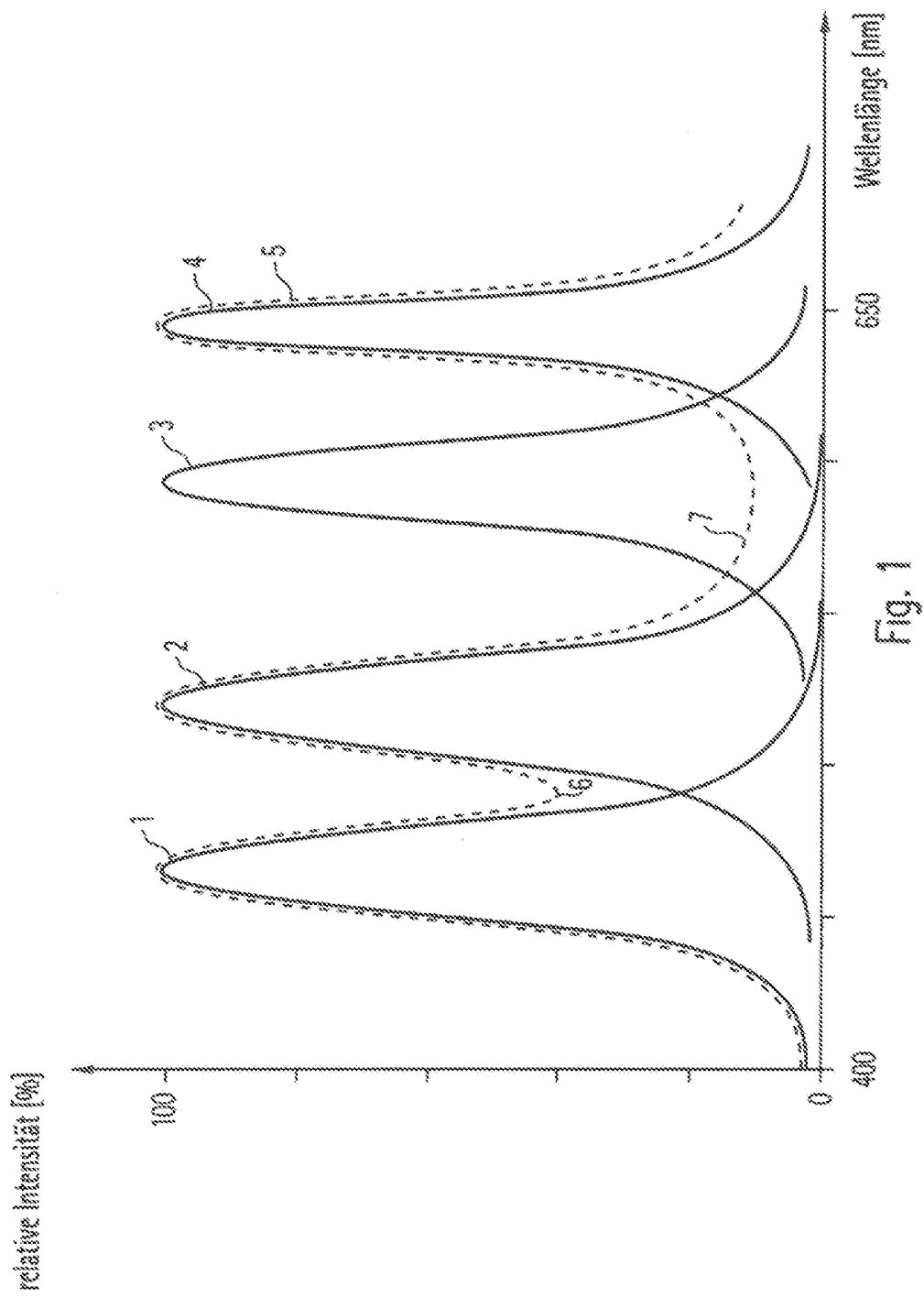
## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung (130) zum Betrieb von Leuchtdioden (34), umfassend einen Schaltregler, eine Ansteuerschaltung (IC) und zumindest zwei mit einem Betriebsstrom betriebene Leuchtdioden (34), wobei der Ansteuerschaltung (IC) ein Sollwert für den Betriebsstrom zugeführt ist, und die Ansteuerschaltung (IC) den Sollwert zeitlich in wenigstens zwei unterschiedliche Betriebsstromwerte grösser Null aufspreizt, wobei der zeitliche Mittelwert dem Sollwert entspricht, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaltregler durch eine Drossel (L1), einen Kondensator (C1), eine Freilaufdiode (D1), und einen von der Ansteuerschaltung (IC) ansteuerbaren Schalter (S1) gebildet ist, wobei die Schaltungsanordnung (130) dazu ausgebildet ist, dass der Schalter (S1) bei Erreichen eines oberen Grenzwertes des durch die Drossel (L1) fließenden Drosselstroms öffnet und bei Erreichen eines unteren Grenzwertes schließt, um die wenigstens zwei unterschiedlichen Betriebsstromwerte zum Betreiben der Leuchtdioden (34) bereitzustellen.
2. Schaltungsanordnung (130) nach Anspruch 1, wobei die Ansteuerschaltung (IC) dazu ausgebildet ist, den Betriebsstrom periodisch zu ändern.
3. Schaltungsanordnung (130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Betriebsstrom diskrete Werte aufnimmt.
4. Schaltungsanordnung (130) nach Anspruch 3, wobei die Zeitdauer, während der ein diskreter Wert aufgenommen wird, kleiner als das zeitliche Auflösungsvermögen des menschlichen Auges ist.
5. Schaltungsanordnung (130) nach Anspruch 4, wobei die Zeitdauer eines diskreten Wertes kleiner als 1/100 s ist.
6. Schaltungsanordnung (130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Betriebsstrom zumindest zeitweise kontinuierlich variiert.
7. Schaltungsanordnung (130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei während einer Totzeit die Intensität des Betriebsstroms auf Null reduziert wird.
8. Schaltungsanordnung (130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ansteuerschaltung (IC) einen Eingang zum Empfang eines Sollwertes für die Durchschnittsintensität des Betriebsstroms aufweist.
9. Schaltungsanordnung (130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ansteuerschaltung (IC) einen Eingang zum Empfang des Istwertes des Betriebsstroms aufweist.
10. Schaltungsanordnung (130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ansteuerschaltung (IC) eine Regelungsschaltung zur Regelung des Betriebsstroms anhand des Sollwertes und des Istwertes des Betriebsstroms aufweist.
11. Schaltungsanordnung (130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Verlauf des Betriebsstroms derart ausgewählt wird, dass für das menschliche Auge kein Flackern wahrnehmbar ist.
12. Schaltungsanordnung (130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schaltungsanordnung (130) einen Widerstand  $R_s$  zur Überwachung des durch die Drossel (L1) fließenden Drosselstroms aufweist.
13. Schaltungsanordnung (130) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schaltungsanordnung (130) Spannungsteiler ( $R_3/ R_4$ ,  $R_1/ R_2$ ) zur Überwachung der Spannung an den Leuchtdioden (34) aufweist.
14. Verfahren zur Bereitstellung eines Betriebsstroms für zumindest zwei Leuchtdioden (34) mithilfe eines Schaltreglers und einer Ansteuerschaltung (IC), wobei der Ansteuerschaltung (IC) ein Sollwert für den Betriebsstrom zugeführt wird, und die Ansteuerschaltung (IC) den Sollwert zeitlich in wenigstens zwei unterschiedliche Betriebsstromwerte grösser Null auf-

spreizt, wobei der zeitliche Mittelwert dem Sollwert entspricht, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaltregler durch eine Drossel (L1), einen Kondensator (C1), eine Freilaufdiode (D1), und einen von der Ansteuerschaltung (IC) ansteuerbaren Schalter (S1) gebildet ist, wobei der Schalter (S1) bei Erreichen eines oberen Grenzwertes des durch die Drossel (L1) fließenden Drosselstroms geöffnet und bei Erreichen eines unteren Grenzwertes geschlossen wird, um die wenigstens zwei unterschiedlichen Betriebsstromwerte zum Betreiben der Leuchtdioden (34) bereitzustellen.

15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem der durch die Leuchtdiode (34) fließende Betriebsstrom unterschiedliche positive Intensitäten zur Verbesserung des Farbwiedergabe-Indexes der Leuchtdioden (34) aufweist.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, wobei der Betriebsstrom periodisch ist.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei der Betriebsstrom diskrete Werte aufnimmt.
18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Zeitdauer, während der ein diskreter Wert aufgenommen wird, kleiner als das zeitliche Auflösungsvermögen des menschlichen Auges ist.
19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei die Zeitdauer eines diskreten Wertes kleiner als  $1/100$  s ist.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, wobei der Betriebsstrom zumindest zeitweise kontinuierlich variiert.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 20, wobei während einer Totzeit die Intensität des Betriebsstroms auf Null reduziert wird.

**Hierzu 8 Blatt Zeichnungen**



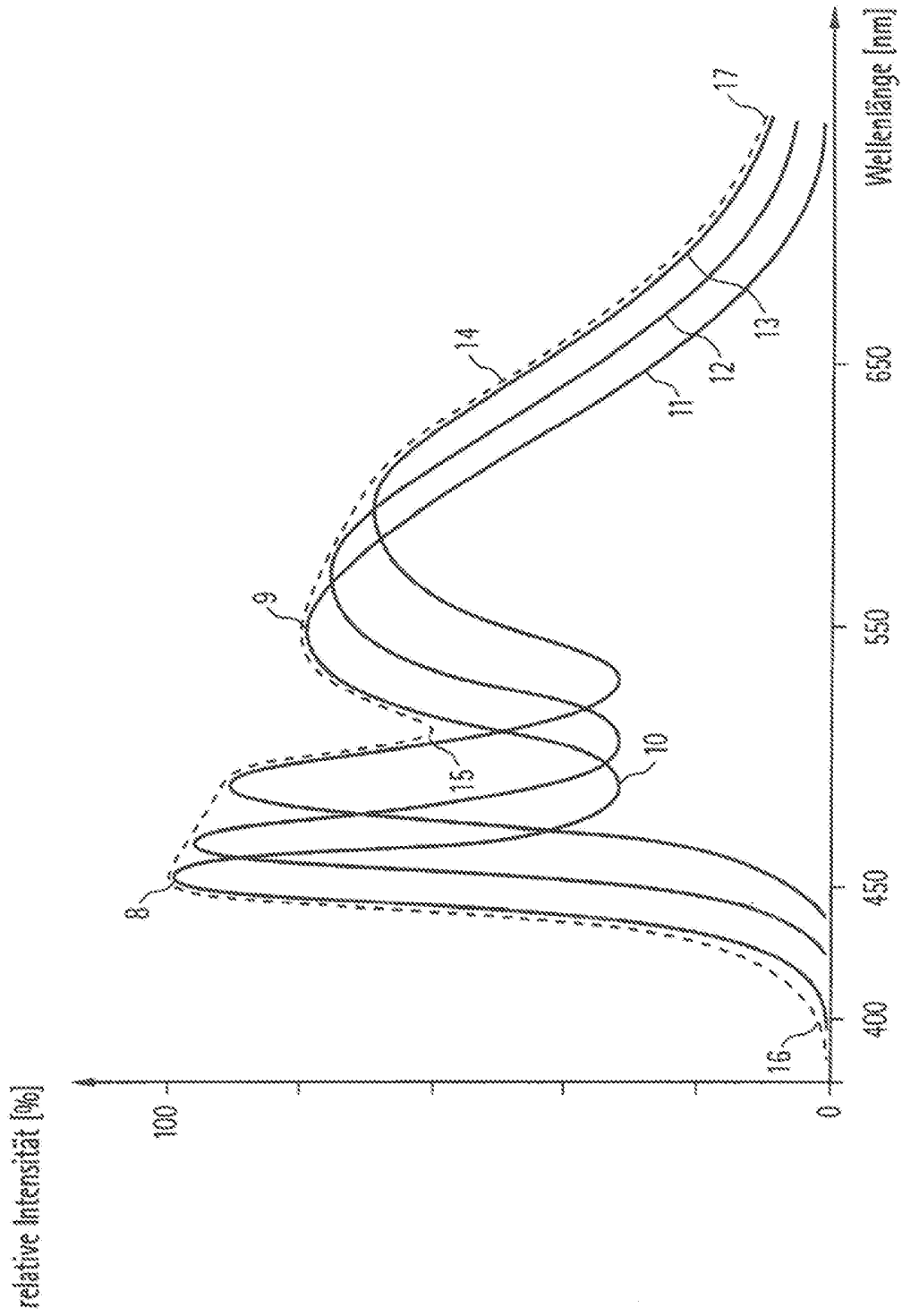


Fig. 2

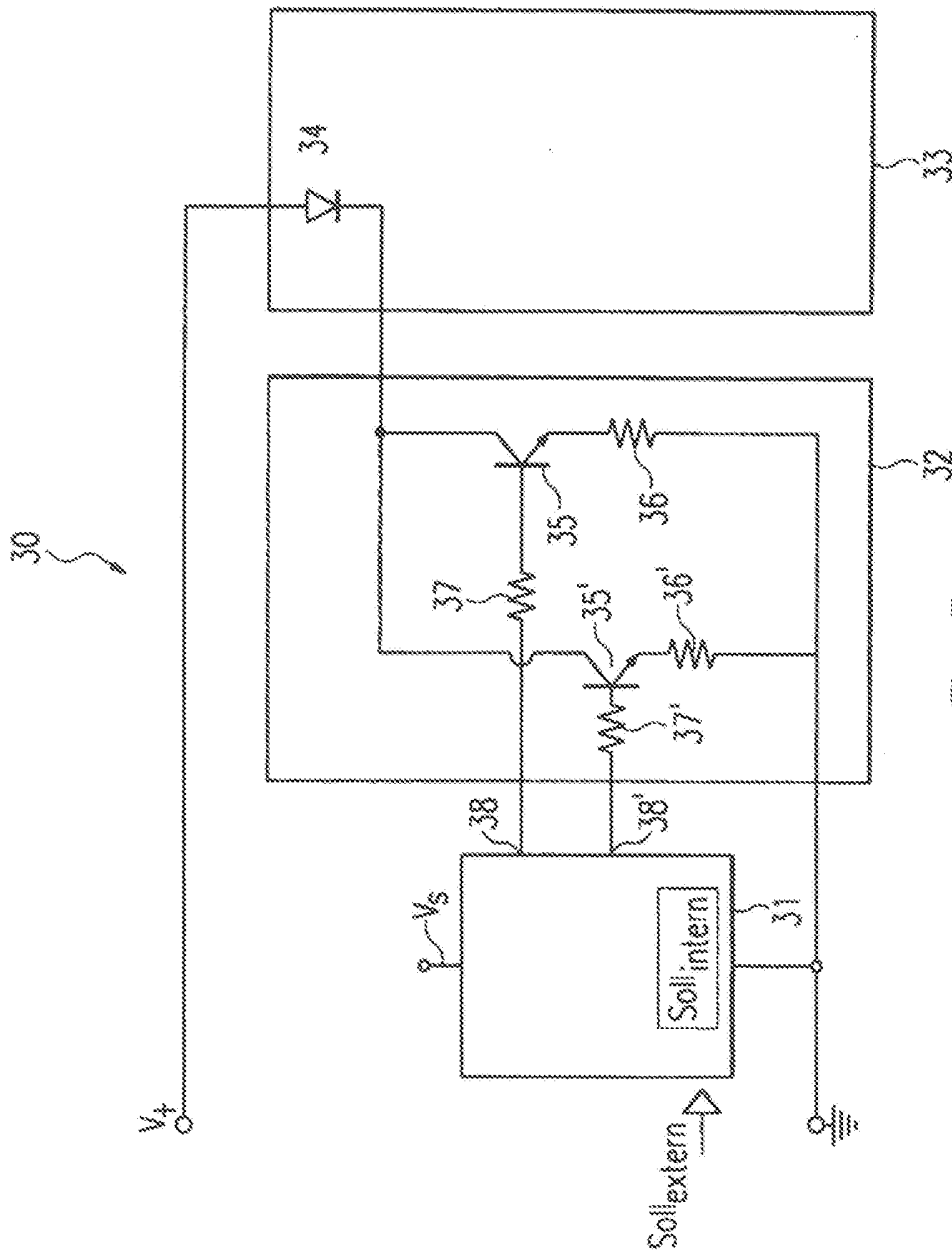


Fig. 3

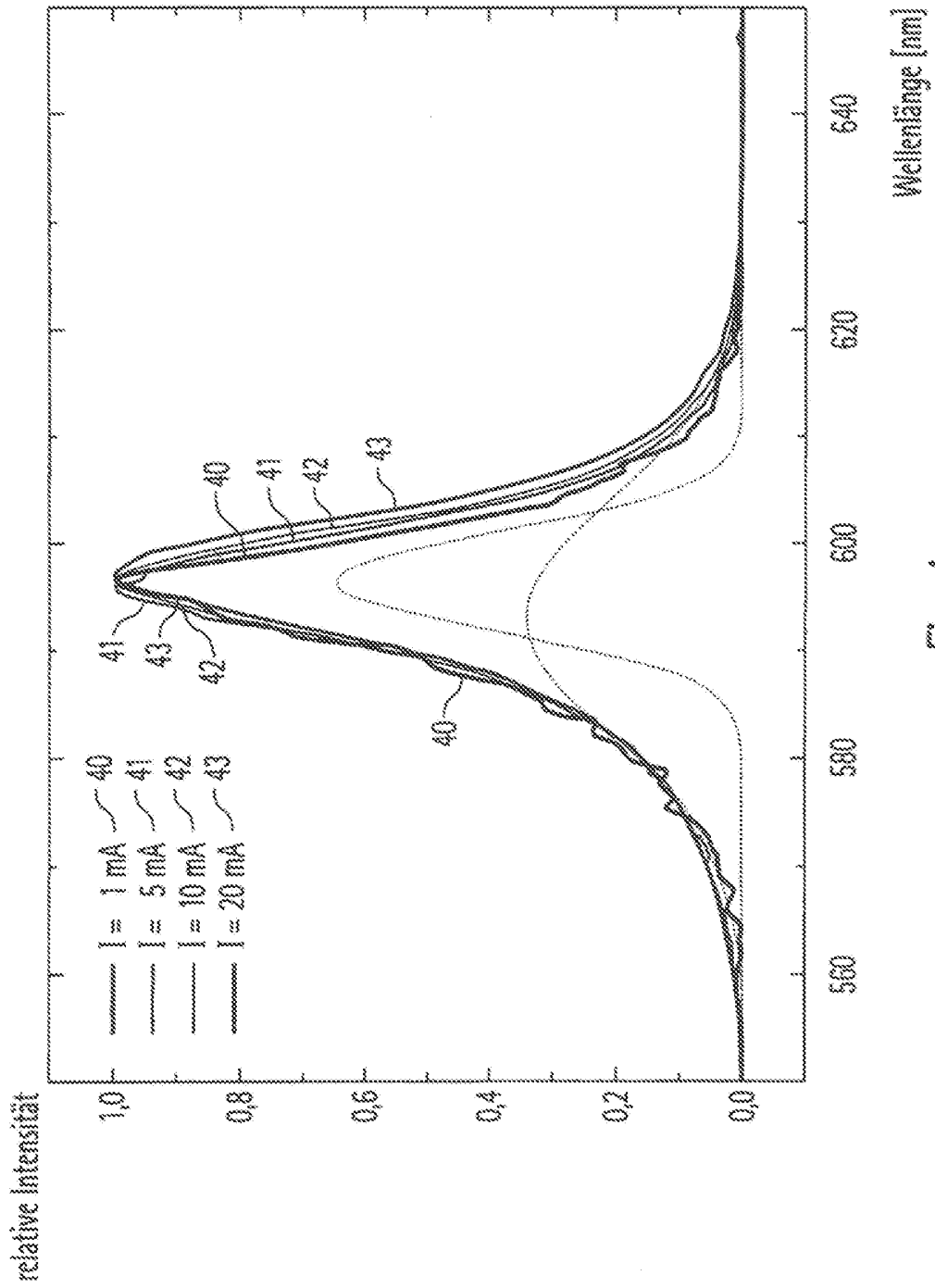


Fig. 4

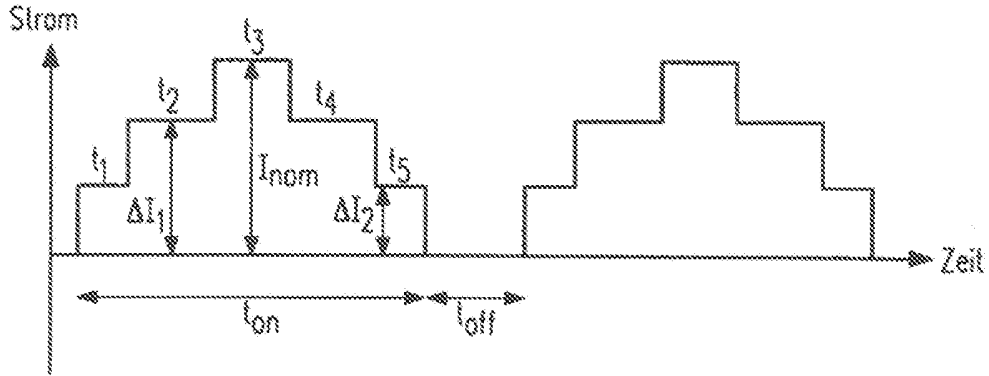


Fig. 5

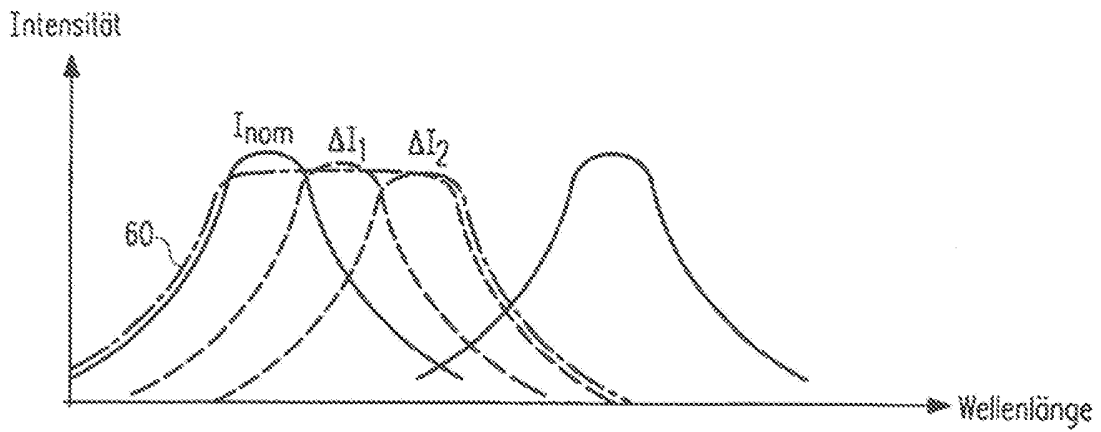


Fig. 6

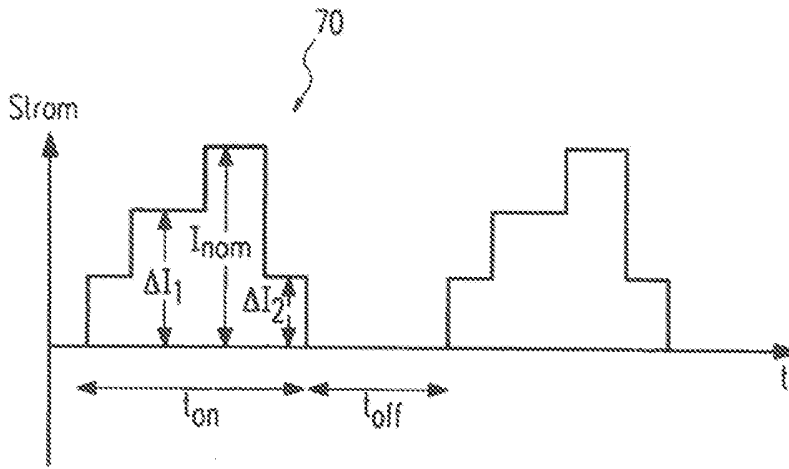


Fig. 7

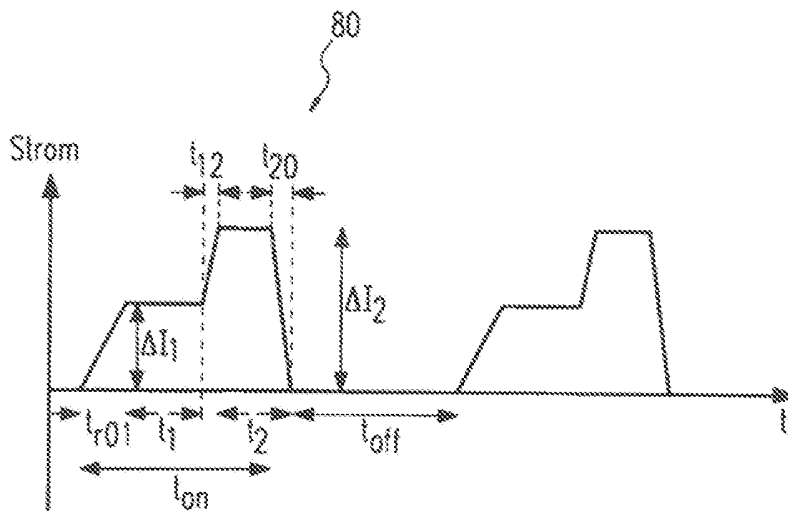


Fig. 8

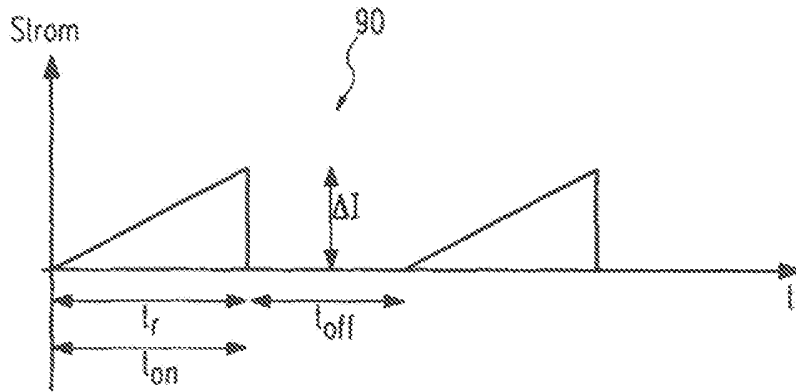


Fig. 9

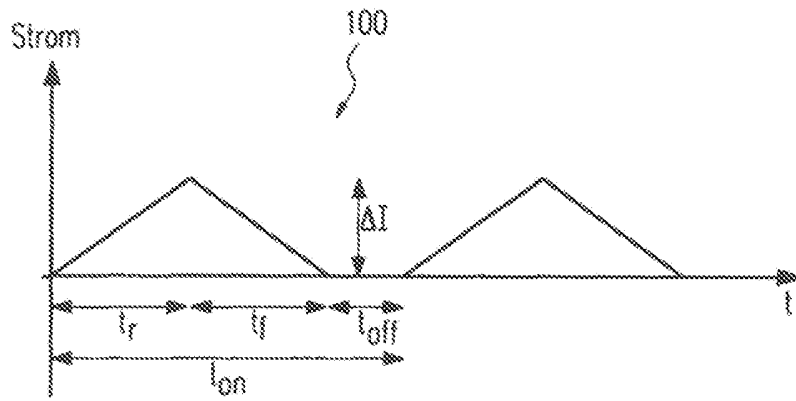


Fig. 10

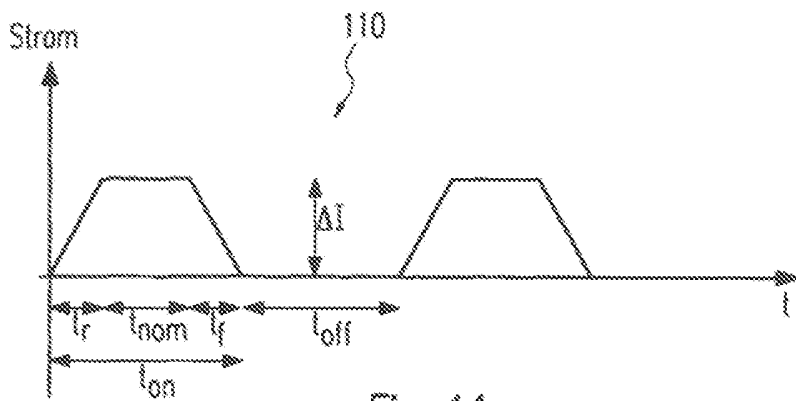


Fig. 11

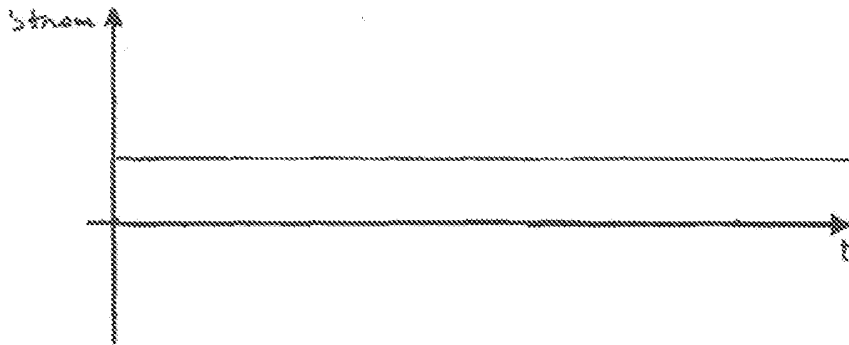
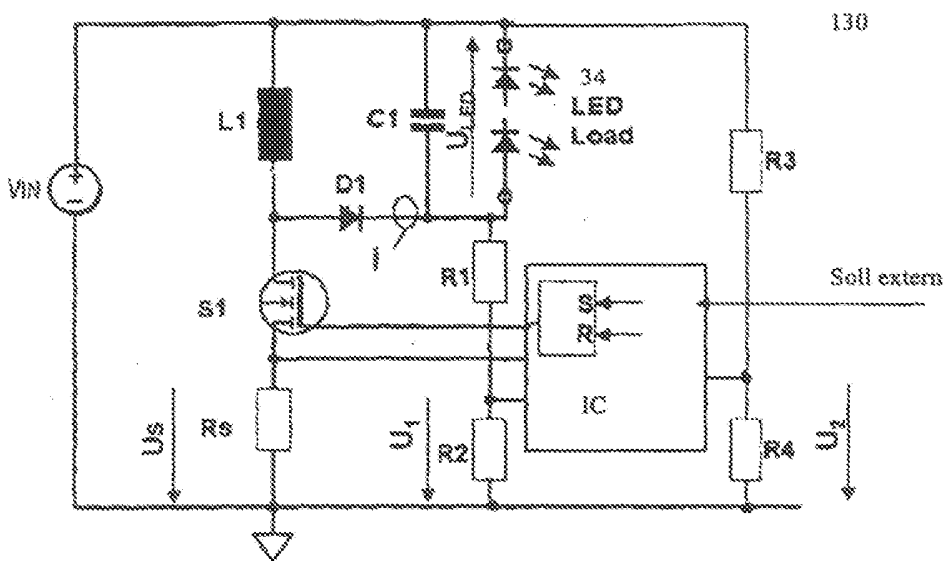


Fig. 12



5 Fig. 13