

(19)



(11)

**EP 2 656 687 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**13.07.2016 Patentblatt 2016/28**

(51) Int Cl.:  
**H05B 33/08 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **11802418.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2011/073640**

(22) Anmeldetag: **21.12.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2012/085118 (28.06.2012 Gazette 2012/26)**

(54) **LED-BETRIEBSGERÄT**

DRIVING APPARATUS FOR LED

APPAREIL DE COMMANDE DE DEL

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **22.12.2010 DE 102010063985**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**30.10.2013 Patentblatt 2013/44**

(73) Patentinhaber: **BAG engineering GmbH**  
**59759 Arnsberg (DE)**

(72) Erfinder:  
• **KREMER, Thomas**  
**57392 Schmalleberg (DE)**

• **SCHREYER, Günter**  
**59581 Warstein (DE)**

(74) Vertreter: **Lippert, Stachow & Partner**  
**Patentanwälte**  
**Frankenforster Strasse 135-137**  
**51427 Bergisch Gladbach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A2- 1 318 701 DE-A1- 10 103 611**  
**DE-A1- 19 841 490 DE-A1-102007 041 131**  
**JP-A- 2009 231 580 US-A1- 2003 164 809**  
**US-A1- 2004 233 145 US-A1- 2005 168 162**  
**US-A1- 2007 257 623 US-A1- 2008 024 071**  
**US-A1- 2009 230 883**

**EP 2 656 687 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine LED-Betriebsanordnung zum Betreiben von mehreren seriell geschalteten LED-Anordnungen, nach dem Oberbegriff von Anspruch 1. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Betrieb einer solchen LED-Betriebsanordnung.

**[0002]** Eine LED-Betriebsanordnung eignet sich insbesondere bei einer Versorgung mit verändernder Versorgungsspannung, beispielsweise bei einer Versorgung über eine kommerzielle AC-Quelle. Eine solche LED-Betriebsanordnung ist beispielsweise in der Offenlegungsschrift DE 10 2007 041 131 A1 beschrieben. Dabei wird für jede der Bypassanordnungen die anliegende Versorgungsspannung mit jeweils vorgegebenen Schwellwerten verglichen und in Abhängigkeit des Ergebnisses die jeweilige Bypassanordnung zum Brücken der zugeordneten LED-Anordnung oder zum Sperren angesteuert. Mit steigender Versorgungsspannung werden somit die in Reihe geschalteten LED-Anordnungen sukzessive zugeschaltet, sodass eine vergleichsweise effiziente Umwandlung der elektrischen Energie in Lichtstrahlung erreicht wird.

**[0003]** Es ist jedoch festzustellen, dass die elektronischen Bauelemente zur Festlegung der jeweiligen Referenzspannungen als auch die verwendeten Leuchtdioden herstellungsbedingt Streuungen ihrer elektronischen Eigenschaften unterworfen sind, beispielsweise im Falle der LEDs in Bezug auf die jeweilige Flussspannung, das Temperaturverhalten und/oder die Veränderung dieser Größen mit der Alterung des Bauelements. Aus diesem Grunde müssen bei der Konzeption derartiger Schaltungen bezüglich dieser Kenngrößen Sicherheitsbereiche vorgesehen werden, was mit zusätzlichen Verlustleistungen in der Schaltung verbunden ist, wodurch letztlich der Wirkungsgrad limitiert ist.

**[0004]** Die Offenlegungsschrift DE 198 41 490 A1 betrifft eine Schaltungsanordnung zum Schutz einer Serienschaltung aus mehreren LEDs vor dem Ausfall. Hierzu sind den LEDs jeweils eine Bypass-Vorrichtung in Form einer Zener-Diode antiparallel geschaltet, wobei ein erhöhter Spannungsabfall an einer der Zener-Dioden den Ausfall der zugeordneten LED anzeigt und durch die Überbrückung der defekten LED die LED-Serienschaltung weiterbetrieben werden kann.

**[0005]** Die Offenlegungsschrift US 2004/0233145 A1 betrifft eine LED-Treiberschaltung mit einer Mehrzahl von in Reihe angeordneten LEDs, einer Spannungserfassungsschaltung zur Erfassung einer gleichgerichteten Versorgungsspannung sowie einer Mehrzahl von Stromsteuereinheiten. Die Stromsteuereinheiten werden von der Spannungserfassungsschaltung in Abhängigkeit der Höhe der Versorgungsspannung zur Umkonfiguration der LED-Reihenordnung angesteuert.

**[0006]** Die Offenlegungsschrift US 2009/0230883 A1 betrifft eine gattungsbildende LED-Betriebsanordnung zum Betreiben einer Mehrzahl von seriell geschalteten LED-Anordnungen, wobei die LED-Anordnungen jeweils einen ersten und einen zweiten Anschluss aufweisen, die Serienschaltung der LED-Anordnungen an eine Versorgungsspannung angeschlossen ist, und wobei zumindest einige aus der Mehrzahl von LED-Anordnungen jeweils eine als steuerbarer Widerstand ausgebildete Bypassanordnung derart zugeordnet ist, dass jeweils ein Bypassanschluss der Bypassanordnung mit einem Anschluss der zugeordneten LED-Anordnung verbunden ist, und die jeweilige Bypassanordnung ferner zumindest einen Steueranschluss aufweist und in einem Betriebszustand die zugeordnete LED-Anordnung überbrückt, wobei der zumindest eine Steueranschluss der jeweiligen Bypassanordnung an einen Ausgang eines zugehörigen Stromfühlers angeschlossen ist.

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Wirkungsgrad der bekannten LED-Betriebsanordnungen zu verbessern.

**[0008]** Diese Aufgabe löst die vorliegende Erfindung vorrichtungsseitig schon mit einer LED-Betriebsanordnung mit den Merkmalen von Anspruch 1. Die erfindungsgemäße LED-Betriebsanordnung zeichnet sich dadurch aus, dass die jeweilige Bypassanordnung als steuerbarer Widerstand durch das Ausgangssignal des zugehörigen Stromfühlers in Zwischenzustände zwischen dem ersten und dem weiteren Betriebszustand gesteuert wird zum Steuern des durch die jeweilige Bypasseinrichtung fließenden Stromes, und dass der der jeweiligen Bypassanordnung zugehörige Stromfühler zur Erfassung eines Stromflusses durch eine LED-Anordnung ausgebildet ist, welche in der Serienschaltung der LED-Anordnungen stromflussabwärts und in der Serienschaltung der LED-Anordnungen aufeinanderfolgend zu der LED-Anordnung angeordnet ist, die der jeweiligen Bypassanordnung zugeordnet ist, sodass sich der vom zugehörigen Stromfühler der jeweiligen Bypassanordnung erfasste Strom zusammensetzt aus dem durch die jeweilige Bypassanordnung fließenden Strom und dem Strom, der durch die jeweilige LED-Anordnung fließt, welche der jeweiligen Bypassanordnung zugeordnet ist.

**[0009]** Die Zuordnung einer Bypassanordnung zu einer LED-Anordnung ermöglicht es, dass die jeweilige LED-Anordnung durch die zugeordnete Bypassanordnung überbrückt werden kann, insofern liegen Anschlüsse bzw. Ein- und Ausgänge der Bypassanordnung parallel zu der zugeordneten LED-Anordnung bzw. parallel zu einer Reihenschaltung, welche zumindest die zugeordnete LED-Anordnung, jedoch u.U. auch andere Bauelemente wie einen zugeordneten Stromfühler für die Bypassanordnung umfasst. Die Angabe "benachbart" bezeichnet hier in Bezug auf zwei LED-Anordnungen zwei aufeinanderfolgende LED-Anordnungen in der Serienschaltung, unabhängig davon, ob zwischen diesen beiden LED-Anordnungen noch andere Bauteile, wie beispielsweise ein Stromfühler oder eine Strom- oder Spannungsquelle in der Reihenschaltung von LED-Anordnungen angeordnet sind. Die benachbarten zwei LED-Anordnungen kön-

nen beispielsweise in der Serienschaltung stromflussabwärts hintereinander angeordnet sein.

**[0010]** Allgemein sind bei der erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnung die jeweiligen Bypassanordnungen als steuerbare Widerstände ausgebildet, dahingehend, dass neben den Zuständen a) leitend, d.h. die zugeordnete LED-Anordnung überbrückend und b) sperrend, d.h. die jeweilige zugeordnete LED-Anordnung nicht überbrückend auch weitere Zwischenzustände im Betrieb einstellbar sind, derart, dass sich z.B. ein Gesamtstrom durch eine LED-Anordnung zusammensetzen kann durch einen Stromanteil, welcher durch eine benachbarte LED-Anordnung fließt sowie durch einen Stromanteil, welcher durch eine Bypassanordnung fließt, die der benachbarten LED-Anordnung zugeordnet ist.

**[0011]** Eine LED-Anordnung kann eine einzelne LED, jedoch auch mehrere LEDs, insbesondere in einer Reihenschaltung umfassen. Ferner wird die Bezeichnung LED oder Leuchtdiode in seiner Bedeutung hier sehr breit verstanden und umfasst allgemein lichtemittierende elektronische Bauelemente, insbesondere auch organische LEDs.

**[0012]** Dadurch, dass in der erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnung eine Stromsteuerung der jeweiligen Bypassanordnung mittels eines jeweiligen Stromfühlers realisiert ist, können im Betrieb automatisch Herstellungsstreuungen von elektrischen Eigenschaften der Bauelemente, insbesondere der jeweiligen LEDs, wie beispielsweise Flussspannung, Temperaturverhalten und Veränderung dieser Kenngrößen durch Alterung berücksichtigt werden. Die oben stehend für gattungsbildende LED-Betriebsanordnungen beschriebenen Sicherheitsauslegungen erübrigen sich, sodass letztlich der Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnung gegenüber den herkömmlichen Anordnungen nochmals verbessert werden kann. Darüber hinaus ist es bei der erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnung nicht unbedingt notwendig, LEDs mit möglichst identischen elektronischen Kenngrößen zu verwenden, da sich die Schaltung automatisch an die spezifischen Eigenschaften der jeweiligen LED bzw. LED-Anordnung anpasst. Darüber hinaus kann mit der Erfindung erreicht werden, dass der Oberwellenanteil des durch die Reihenschaltung der LED-Anordnungen fließenden Stroms verringert wird.

**[0013]** Um diese automatische Adaption für die jeweilige LED-Anordnung wirkungsvoll bereitzustellen, umfassen zweckmäßigerweise mehrere, vorzugsweise alle Bypassanordnungen einen eigenen, jeweils dieser zugeordneten Stromfühler, sodass damit insbesondere das Erreichen der jeweiligen Flussspannung der zugeordneten LED-Anordnung ermittelbar ist.

**[0014]** Zumindest mehreren, vorzugsweise (n-1) der n LED-Anordnungen oder auch allen der n LED-Anordnungen kann eine wie obenstehend beschriebene Bypassanordnung zugeordnet sein.

**[0015]** Erfindungsgemäß ist der Stromfühler, welcher der jeweiligen Bypassanordnung zugehörig ist, zur Erfassung eines Stromflusses durch eine LED-Anordnung ausgebildet, die stromflussabwärts benachbart zu der LED-Anordnung angeordnet ist, welche der jeweiligen Bypassanordnung zugeordnet ist. Durch diese konstruktive Maßnahme kann über den Stromfühler der Momentanstrom, welcher durch die Bypassanordnung geleitet wird, als auch der Stromanteil, welcher durch die der Bypassanordnung zugeordneten LED-Anordnung fließt, gemessen und für die Steuerung der Bypassanordnung verwendet werden.

**[0016]** Vorzugsweise umfasst der jeweilige Stromfühler einer Bypassanordnung, zumindest einen Widerstand, insbesondere kann der Stromfühler als einzelner Widerstand ausgebildet sein. Der zu erfassende Strom wird dabei durch den Stromfühler geleitet, der dabei entstehende Spannungsabfall kann als Steuersignal die zugehörige Bypassanordnung bereitgestellt werden. Der jeweilige Stromfühler kann auch als Widerstandsnetzwerk ausgebildet sein, insbesondere auch als Parallelschaltung von Widerständen.

**[0017]** Wie obenstehend schon erläutert, sind vorzugsweise mehreren der Bypassanordnungen jeweils zugehörige Stromfühler vorgesehen, die zweckmäßigerweise jeweils in Reihe zu den seriell verschalteten LED-Anordnungen angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform sind demnach vom Stromfühler umfasste Widerstände als auch die LED-Anordnungen selbst in einer gemeinsamen Reihenanordnung verschaltet. Dabei kann es zweckmäßig sein, wenn der jeweilige Stromfühler, insbesondere die jeweilige Widerstandsanordnung in Reihe zwischen den beiden benachbarten LED-Anordnungen vorgesehen ist.

**[0018]** Vorzugsweise ist ein Anschluss des jeweiligen Stromfühlers mit einem Steueranschluss der zugeordneten Bypassanordnung und ein weiterer Anschluss des jeweiligen Stromfühlers mit einem Bypassanschluss der zugeordneten Bypassanordnung verbunden.

**[0019]** Vorzugsweise kann ein Bypassanschluss einer Bypassanordnung direkt ohne eine Zwischenverbindung über andere Bauelemente mit einem ersten Anschluss der zugeordneten LED-Anordnung und ein anderer Bypassanschluss der Bypassanordnung über einen Stromfühler mit einem zweiten Anschluss der zugeordneten LED-Anordnung verbunden sein, wobei dieser Stromfühler in einer Reihenschaltung von LED-Anordnungen und Stromführern angeordnet sein kann. Andererseits können auch erster und zweiter Bypassanschluss einer Bypassanordnung jeweils direkt ohne eine Zwischenverbindung über andere Bauelemente mit einem jeweiligen Anschluss der zugeordneten LED-Anordnung verbunden sein.

**[0020]** Erster und zweiter Anschluss der zugeordneten LED-Anordnung können die beiden Versorgungsanschlüsse der LED-Anordnungen sein. Die beiden Bypassanschlüsse können den Bypasseingang sowie den Bypassausgang darstellen, wobei wie erläutert zwischen Ein und Ausgang der Bypassanordnung neben einem Kurzschluss und einer vollständigen Blockade auch Zwischenzustände einstellbar sind, insbesondere die eines steuerbaren Widerstands

und/oder einer steuerbaren Stromquelle.

**[0021]** Eine oder mehrere der beschriebenen Bypassanordnungen kann bzw. können auch mehr als einen einzelnen Steuereingang umfassen. In diesem Fall werden mehrere Signale zur Steuerung der Bypassanordnungen verwendet.

**[0022]** Besonders vorteilhaft umfasst zumindest eine der mehreren Bypassanordnungen einen selbstleitenden Transistor wie einen FET, insbesondere kann eine solche Bypassanordnung im Wesentlichen als selbstleitender Transistor ausgebildet sein. Der Gate-Anschluss des Transistors stellt in diesem Fall den zumindest einen Steuereingang der Bypassanordnung dar. Darüber hinaus ist es jedoch auch möglich, dass eine Bypassanordnung einen selbstsperrenden Transistor umfasst, insbesondere als selbstsperrender Transistor ausgebildet ist.

**[0023]** Soweit Widerstände bzw. verschaltete Widerstände als Stromfühler in der Reihenschaltung zusammen mit den LED-Anordnungen vorgesehen sind, können diese bei einer alternierenden Versorgungsspannung wie bei einer sinusförmigen Wechselfspannung zur Anpassung des Versorgungstromes an diese Versorgungsspannung dimensioniert sein, insbesondere um Wirkungsgrad und Oberwellenanteil der LED-Betriebsanordnung zu optimieren. Die Genauigkeit einer solchen Anpassung steigt grundsätzlich mit der Anzahl der LED-Anordnungen, welchen jeweils eine Bypassanordnung zugeordnet ist.

**[0024]** Beispielsweise kann es zweckmäßig sein, wenn die in der Reihenschaltung mit den LED-Anordnungen angeordneten Widerstände in ihrem Widerstandswert in Stromflussrichtung stetig ansteigen.

**[0025]** Zweckmäßigerweise können die Bypassanordnungen in Reihe geschaltet sein, d.h. der Eingang einer Bypassanordnung ist mit einem Ausgang einer benachbarten Bypassanordnung verbunden, wobei mehrere, insbesondere alle Bypassanordnungen derartig in Reihe geschaltet sein können.

**[0026]** Zum Schutz der in Reihe geschalteten LED-Anordnungen kann eine Strombegrenzungseinrichtung vorgesehen sein, welche zwischen den Versorgungsspannungsanschlüssen der LED-Betriebsanordnung und in Serie zur Reihenschaltung der LED-Anordnungen bzw. innerhalb dieser Reihenschaltung vorgesehen sein kann.

**[0027]** Zweckmäßigerweise weist die LED-Betriebsanordnung einen von Wechselfspannung gespeisten Gleichrichter zur Bereitstellung einer pulsierenden Gleichspannungsversorgung auf, mit welcher die Reihenschaltung der LED-Anordnungen speisbar ist. Insbesondere bei einer solchen pulsierenden Gleichspannungsversorgung können die Widerstandswerte der in Reihe zu den LED-Anordnungen geschalteten Stromfühler bzw. Widerstände zur Anpassung des zeitlichen Verlaufs des Durchflusstromes durch die Reihenschaltung der LED-Anordnungen an den zeitlichen Verlauf der pulsierenden Gleichspannung angepasst werden.

**[0028]** Vorteilhaft kann auch vorgesehen sein, dass eine oder mehrere, insbesondere alle Bypassanordnungen zumindest einen weiteren Steueranschluss aufweisen, welcher die Kathodenspannung der LED-Anordnung abtastet, die zu der zugeordneten LED-Anordnung der Bypassanordnung stromflussabwärts benachbart angeordnet ist. Beide Steuersignale können z.B. über jeweilige Vorwiderstände parallel an das Gate des jeweiligen Transistors der Bypassanordnung geführt sein. Dadurch, dass neben dem Ausgangssignal des Stromfühlers in dieser Ausführungsform ein weiteres Signal, dass von der Flussspannung der stromabwärts benachbarten LED-Anordnung abhängt, zur Steuerung der Bypassanordnung verwendet wird, lässt sich eine Leistungsoptimierung für die letztgenannte LED-Anordnung durchführen.

**[0029]** Verfahrensseitig wird das oben beschriebene Problem durch die Merkmale des Verfahrensanspruch 10 gelöst. Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die jeweilige Bypassanordnung ferner als steuerbarer Widerstand durch das Ausgangssignal des zugehörigen Stromfühlers in Zwischenzustände zwischen dem Betriebszustand des Überbrückens der zugeordneten LED-Anordnung und dem Betriebszustand des Nichtüberbrückens der jeweiligen Bypassanordnung gesteuert wird zum Steuern des durch die jeweilige Bypasseinrichtung fließenden Stromes und dass mittels des jeweiligen zugehörigen Stromfühlers der Strom erfasst wird, der durch die LED-Anordnung fließt, welche in der Serienschaltung der LED-Anordnungen stromflussabwärts und in der Serienschaltung der LED-Anordnungen aufeinanderfolgend zu der jeweiligen LED-Anordnung angeordnet ist, die der jeweiligen Bypassanordnung zugeordnet ist, wobei durch den mittels des jeweiligen zugehörigen Stromfühlers erfasste Strom die Summe des durch die jeweilige LED-Anordnung fließenden Stroms sowie des durch die dieser LED-Anordnung zugeordneten Bypassanordnung fließenden Stroms erfasst wird.

**[0030]** Zweckmäßigerweise kann das erfindungsgemäße Verfahren so eingerichtet sein, dass durch den jeweiligen Stromfühler der Momentanwert des durch die jeweilige LED-Anordnung fließenden Stroms erfasst wird.

**[0031]** Je nach Betriebszustand kann eine LED-Anordnung mittels der ihr zugeordneten Bypassanordnung überbrückt werden. Die Steuerung der Bypassanordnung kann dabei mittels der Erfassung des Momentanwertes eines Stromflusses durch eine LED-Anordnung erfolgen, welche in der Reihenschaltung der LED-Anordnungen auf die LED-Anordnung folgt, die dieser Bypassanordnung zugeordnet ist. Die beschriebene Ansteuerung einer Bypassanordnung erfolgt bei mehreren der umfassten Bypassanordnungen, insbesondere bei allen Bypassanordnungen, welche jeweils einer LED-Anordnung zugeordnet sind.

**[0032]** Zweckmäßigerweise wird beim erfindungsgemäßen Verfahren mittels eines jeweiligen Stromfühlers die Summe des durch eine LED-Anordnung fließenden Stroms sowie des durch die dieser LED-Anordnung zugeordneten Bypassanordnung gebrückten Stroms erfasst, wobei die jeweilige Bypassanordnung mit einem Ausgangssignal dieses Strom-

fühlers angesteuert wird. Hierdurch wird erreicht, dass die Steuerung der jeweiligen Bypassanordnung sowohl den gebrückten Strom als auch den durch die zugeordnete LED-Anordnung fließenden Strom berücksichtigt und somit das Erreichen der spezifischen Durchflussspannung an der jeweiligen LED-Anordnung erfasst wird.

**[0033]** Zweckmäßigerweise wird eine Bypassanordnung als steuerbarer Widerstand bei steigender Versorgungsspannung zunächst im Brückzustand betrieben, bei welcher die zugeordnete LED-Anordnung überbrückt wird, wobei mit steigendem Stromfluss durch die flussabwärts benachbarte LED-Anordnung der Widerstand der Bypassanordnung erhöht wird bis ein vorgegebener Grenzstrom durch die flussabwärts angeordnete LED-Anordnung erreicht wird. Durch diese Maßnahme kann erreicht werden, dass das Zeitverhalten des sich einstellenden Stromflusses durch die Reihenschaltung der LED-Anordnungen an das Zeitverhalten der Versorgungsspannung angepasst ist, sodass der Wirkungsgrad optimiert werden kann.

**[0034]** Zweckmäßigerweise kann ferner vorgesehen sein, dass nach Erreichen des vorgegebenen Grenzstromes durch die jeweilige Bypassanordnung bei weiter sich erhöhender Versorgungsspannung der durch die Bypasseinrichtung fließende Strom im Wesentlichen konstant gehalten wird und eine steigende Spannung an der Bypasseinrichtung abfällt, bis die spezifische Flussspannung der zugeordneten LED-Anordnung erreicht wird. Diese Flussspannung stellt die Schwellspannung dar, ab welcher die LED-Anordnung leitet. Der Widerstand der Bypassanordnung wird in dieser Betriebsphase insofern gerade so gesteuert, dass der durch die Bypasseinrichtung fließende Strom etwa konstant ist. Auch durch diesen Verfahrensschritt kann der zeitliche Verlauf des durch die LED-Anordnungen fließenden Stroms an den zeitlichen Verlauf der Versorgungsspannung zur Erhöhung des Wirkungsgrades angepasst werden.

**[0035]** Vorzugsweise wird der Widerstand der Bypassanordnung nach Erreichen der spezifischen Flussspannung der zugeordneten LED-Anordnung bei weiter sich erhöhender Versorgungsspannung durch einen steigenden Stromfluss durch diese LED-Anordnung erhöht, sodass der Stromfluss durch die Bypassanordnung verringert wird.

**[0036]** Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es, dass angepasst an den zeitlichen Verlauf der Versorgungsspannung die in Reihe geschalteten LED-Anordnungen, sukzessive und angepasst auf die jeweilige spezifische Flussspannung durch Steuern der einzelnen Bypassanordnungen, mit Strom durchflossen werden und damit zur Lichterzeugung beitragen. Dieser Vorgang erfolgt in gleicher Weise beim Abfallen der Versorgungsspannung, d.h. in diesem Fall werden die einzelnen LED-Anordnungen sukzessive durch Einschalten der Bypassanordnungen überbrückt.

**[0037]** Die Erfindung wird im Folgenden durch das Beschreiben einiger Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen erläutert, wobei

- Figur 1 eine erfindungsgemäß gestaltete LED-Betriebsanordnung in einer Prinzipskizze,
- Figur 2 die in Figur 1 dargestellte LED-Betriebsanordnung detaillierter,
- Figur 3a, b den zeitlichen Verlauf verschiedener Spannungs- bzw. Stromgrößen innerhalb der LED-Anordnung gemäß. Figur 2,
- Figur 4 a - f den zeitlichen Verlauf der Einzelströme durch die jeweiligen LED-Anordnungen bei einer LED-Betriebsanordnung gemäß Fig. 2 mit sechs LED-Anordnungen,
- Figur 5 a, b den zeitlichen Verlauf der an LED-Betriebsanordnung gemäß Figur 2 mit sechs LED-Anordnungen anliegenden pulsierenden Gleichspannung mit dem sich ergebenden Gesamtstrom für eine Netzperiode,
- Figur 6 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnung,
- Figur 7 eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten LED-Betriebsanordnung,
- Figur 8 a, b den zeitlichen Verlauf verschiedener Strom und Spannungsgrößen innerhalb der LED-Betriebsanordnung gemäß Figur 7, und
- Figur 9 im Vergleich den zeitlichen Verlauf des Gesamtstroms durch die LEDs über eine Netzperiode für die in den Figuren 2 und 7 dargestellten Ausführungsformen bei sechs in Reihe geschalteten LED-Anordnungen

zeigt.

**[0038]** Figur 1 zeigt in einer Prinzipskizze den prinzipiellen Aufbau einer erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnung. Diese weist zwei Netzanschlüsse auf, über welche die Anordnung 1 mit einer Wechselspannung versorgt wird, welche über einen Gleichrichter 10 in eine pulsierende Gleichspannung mit der Spannung VGL umgewandelt wird. Diese Spannung liegt an einer Serienschaltung von n LED-Anordnungen an, welche jeweils eine spezifische Flussspannung aufweisen. Je nach Ausführungsform können diese LED-Anordnungen eine oder mehrere LEDs, insbesondere mehrere

LEDs in einer Reihenanzordnung umfassen. Obwohl nicht darauf beschränkt, wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die  $n$  LED-Anordnungen gleich aufgebaut sind, jedoch aufgrund der nicht zu vermeidenden Herstellungsstreuungen insbesondere leicht unterschiedliche Flussspannungen aufweisen, d.h. bei geringfügig unterschiedlichen Spannungen in den leitenden Zustand übergehen.

**[0039]** In der Reihenschaltung der LED-Anordnungen ist ferner ein Strombegrenzer 110 vorgesehen, welcher den Gesamtstrom durch die Schaltung begrenzt. Ausgehend von Masse weist die zweite LED-Anordnung LED2 und jede weitere flussaufwärts angeordnete LED-Anordnung bis zur letzten Anordnung LED $n$  eine zugehörige Bypassanordnung 20a bis 20(n-1) auf, welche je nach Betriebssituation die zugehörige LED-Anordnung brückt. Hierzu weist die jeweilige Bypassanordnung 20i,  $i = a \dots (n-1)$  zwei Anschlüsse A1, A2 sowie einen Steueranschluss S auf. Zur Klarheit der Darstellung sind diese Anschlüsse allein für die Bypassanordnung 20a in der Figur 1 angegeben. Die Bypassanordnung 20a ist der LED2 zugeordnet, d.h. je nach Betriebssituation brückt die Bypassanordnung 20a die LED-Anordnung LED2. Hierzu ist ein Anschluss A1 über den Stromfühler 100b mit der Anode der LED-Anordnung LED2 verbunden, der Anschluss A2 ist direkt an die Kathode der LED-Anordnung LED2 angekoppelt.

**[0040]** In der beschriebenen Ausführungsform ist zwischen zwei LED-Anordnungen jeweils ein Stromfühler 100a bis 100(n-1) vorgesehen, diese Stromfühler liegen somit auch in Reihe zu den seriell verschalteten LED-Anordnungen und bilden mit diesen gemeinsam eine Reihenschaltung. Der Ausgang eines jeden Stromfühlers 100a bis 100(n-1) ist mit dem Steuereingang S der jeweiligen Bypassanordnung verbunden.

**[0041]** Wie aus Figur 1 ersichtlich, erfasst der jeweilige Stromfühler einen Summenstrom, welcher sich durch den Strom durch eine LED-Anordnung und den Strom zusammensetzt, welcher durch die dieser LED-Anordnung zugeordneten Bypassanordnung fließt, d.h. gebrückt wird. Der Stromfühler 100a misst beispielsweise den Summenstrom, welcher sich durch den Strom durch die Anordnung LED2 und den über die Anschlüsse A1, A2 gebrückten Strom der Bypassanordnung 20a zusammensetzt. Demnach misst der Stromfühler 100a in der beschriebenen Ausführungsform den Strom, welcher durch die flussabwärts benachbarte LED-Anordnung, d.h. die LED-Anordnung LED1 fließt. Dieser Sachverhalt gilt für alle der verwendeten Stromfühler der Bypassanordnungen, beispielsweise misst der Stromfühler 100b den Summenstrom, welcher sich durch die LED-Anordnung LED3 und den Strom durch die Bypassanordnung 20b zusammensetzt und welcher dem Strom durch die flussabwärts benachbarte LED-Anordnung LED2 entspricht.

**[0042]** Figur 2 zeigt die in Figur 1 dargestellte LED-Betriebsanordnung nochmals, wobei sowohl die Bypassanordnungen 20a - 20(n-1) als auch die Strombegrenzungseinrichtung im Detail dargestellt sind. Die Bypassanordnungen 20a bis 20(n-1) umfassen in der dargestellten Ausführungsform einen selbstleitenden Feldeffekttransistor 21a bis 21(n-1) wobei zwischen dem Gate des jeweiligen Transistors und dem Steuereingang S jeweils ein Vorwiderstand 22a bis 22(n-1) angeordnet ist.

**[0043]** Die Stromfühler 100a bis 100(n-1) sind in der Ausführungsform gemäß Figur 2 als Widerstände ausgebildet, wobei am Steuereingang S der jeweiligen Bypassanordnung die Spannung anliegt, welche an dem zugehörigen Stromfühler, d.h. dem Widerstand abfällt.

**[0044]** Gemäß der Erfindung werden die Bypassanordnungen 20a bis 20(n-1) nicht nur zum Brücken der jeweils zugeordneten LED-Anordnung bzw. zum Sperren angesteuert, sondern je nach Betriebssituation werden diese Bypassanordnungen allgemein als steuerbarer Widerstand und/oder steuerbare Stromquelle zum Einstellen von Zwischenwerten angesteuert, sodass eine Parallelschaltung zu der jeweils zugeordneten LED-Anordnung realisiert ist mit einstellbarem Widerstand bzw. einstellbarem der Stromquelle.

**[0045]** Die Funktionsweise der in den Figuren 1 und 2 dargestellten erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnungen wird im Folgenden unter weiterer Bezugnahme auf die Figuren 3a, b, 4a bis f und 5a, b erläutert. Dabei wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Reihenschaltung insgesamt sechs LED-Anordnungen und dementsprechend fünf Bypassanordnungen mit jeweils zugehörigem Stromfühler aufweist.

**[0046]** Es sei zunächst angenommen, dass die anliegende pulsierende Gleichspannung VGL einen Nulldurchgang zu positiven Spannungswerten durchläuft. Alle selbstleitenden Feldeffekttransistoren 21a bis 21(n-1) sind zunächst leitend geschaltet, sodass die steigende Spannung VGL bei Vernachlässigung der zwischen Drain und Source in den Transistoren abfallenden Spannungen an der Anode der stromflussabwärts letzten LED-Anordnung LED 1 anliegt. Die Figuren 3a, b zeigen den zeitlichen Verlauf verschiedener Strom- und Spannungsgrößen innerhalb der LED-Anordnung gemäß Figur 2. Figur 3a zeigt für ein kurzes Zeitintervall das Steigen der pulsierenden Gleichspannung VGL sowie den davon abhängigen zeitlichen Verlauf der durch die Bypassanordnungen 20a bzw. 20b hindurch geführten bzw. gebrückten Strom I(21a) bzw. I(21b). In der gleichen Zeitskala ist in Figur 3b der zeitliche Verlauf der am Steuereingang S der Bypasseinrichtung 20a anliegenden und durch den Stromfühler 100a erzeugten Steuerspannung VS(21a) sowie der zeitliche Verlauf der Ströme I(LED1) bzw. I(LED2) durch die beiden LED-Anordnungen LED1 bzw. LED2 dargestellt.

**[0047]** Da zunächst die steigende, an der Anode der LED-Anordnung LED1 anliegende gleichgerichtete Versorgungsspannung VGL kleiner als die Flussspannung von LED1 ist, fließt kein Laststrom, insofern ist zunächst auch die Steuerspannung VS(21a) identisch Null, sodass der Transistor 21a zunächst im selbstleitenden Zustand verbleibt. Nach etwa 0,5 ms erreicht die gleichgerichtete Versorgungsspannung die Flussspannung der LED-Anordnung LED1 von etwa 50 Volt, LED1 leitet und es fließt ein Strom I(LED1) über die Bypassanordnungen 20(n-1) bis 20a, den als Widerstand

ausgebildeten Stromfühler 100a, die Diodenanordnung LED1 sowie die Gesamtstrombegrenzungseinrichtung nach Masse, wobei diese Gesamtstrombegrenzungseinrichtung wiederum durch einen selbstleitenden FET 111 und einen als Widerstand ausgebildeten Stromfühler 112 gebildet ist. Der Spannungsabfall am Stromfühler 100a erzeugt eine negative Steuerspannung  $V_S(21a)$  am Steuereingang S, d.h. eine negative Gate-Source-Spannung am Transistor 21a. Erreicht diese Spannung die Gate-Schwell-Spannung des Transistors 21a, so wird der durch die Bypassanordnung 20a fließende Strom auf das Verhältnis der Gate-Schwell-Spannung zum Widerstandswert des Stromfühlers 100a beschränkt, siehe Figuren 3a, b. Dieser Strom bleibt in dem beschriebenen Beispiel im Zeitintervall zwischen etwa 0,5 ms bis etwa 1,05 ms im Wesentlichen konstant, die Bypassanordnung 20a arbeitet in diesem Intervall als Konstantstromquelle, sodass zwischen den beiden Anschlüssen A1, A2 der Bypassanordnung 20a, d.h. zwischen den Drain-Source-Anschlüssen des Transistors 21a die Differenz zwischen der Flussspannung der LED-Anordnung LED1 und der weiter steigenden Versorgungsspannung VGL abfällt. Da in der beschriebenen Ausführungsform die jeweilige Bypassanordnung der Reihenschaltung der zugeordneten LED-Anordnung und dem stromaufwärts angeordneten Stromfühler parallel geschaltet ist, liegt diese Spannung auch an der Reihenschaltung des als Widerstand ausgebildeten Stromfühlers 100b sowie der LED-Anordnung LED2 an. In dem angegebenen Zeitintervall zwischen etwa 0,5 und etwa 1,05 ms wird der Strom  $I(LED1)$  konstant gehalten.

**[0048]** Wie angegeben, sind die LED-Anordnungen LEDn bis LED1 im Wesentlichen identisch aufgebaut, insofern wird die flussaufwärts zweite LED-Anordnung LED 2 leitend, wenn der Momentanwert der pulsierenden Gleichspannung VGL etwa 100 Volt erreicht. Dann wird die LED-Anordnung LED 2 auch leitend und es fließt ein Strom über den auch als Widerstand ausgebildeten Stromfühler 100b. Der dadurch an diesem erzeugte Spannungsabfall führt zu einer negativen Steuerspannung an der Bypassanordnung 20b, sodass auch in dieser der hindurch geführte bzw. gebrückte Strom begrenzt wird. In dem angegebenen Beispiel ist der Widerstand des Stromfühlers 100b deutlich niederohmiger als der Widerstand des Stromfühlers 100a, sodass die beschriebene Verschaltung des Transistors 21b und des Stromfühlers 100b nun auf einen höheren Strom begrenzt. Dieser Strom durch die LED-Anordnung LED2 addiert sich nun zum Strom, welcher durch die Bypassanordnung 20a geführt ist, wodurch im Stromfühler 100a eine höhere negative Steuerspannung für den Transistor 21a erzeugt wird. In dem in Figur 3a dargestellten Beispiel erhöht sich diese negative Steuerspannung  $V_S(21a)$  dann von etwa - 0,75 Volt auf etwa - 1,25 Volt. Somit wird die Drain-Source-Strecke des Transistors 21a der Bypasseinrichtung 20a noch hochohmiger, in dem angegebenen Beispiel so hoch, dass der Strom  $I(21a)$  auf etwa Null abfällt. Die Bypassanordnung 20a sperrt, sodass der gesamte Strom durch die LED-Anordnung LED1 geführte Strom auch durch die LED-Anordnung LED2 fließt, siehe Figur 3b, aus welcher hervorgeht, dass beide Ströme  $I(LED1)$  und  $I(LED2)$  nach dem Erreichen der Schwellspannung für die zweite LED-Anordnung identisch sind. Im Zeitintervall zwischen den Zeitpunkten  $T = 1,05$  ms und  $T = 1,6$  ms arbeitet nun die Bypassanordnung 21b als Stromquelle, im Wesentlichen als Konstantstromquelle in ähnlicher Weise wie für die Bypassanordnung 20a beschrieben.

**[0049]** Erreicht nun der Momentanwert der pulsierenden Gleichspannung VGL die Summe der Flussspannungen für die Anordnungen LED1, LED2 und LED3, geht die letztgenannte LED-Anordnung zum Zeitpunkt von etwa  $t = 1,6$  ms auch in den leitenden Zustand über, siehe die in den Figuren 3a, b dargestellten Zeitverläufe. Der Widerstandswert des Stromfühlers 100b ist in dem angegebenen Beispiel so eingestellt, dass mit Erreichen der dritten Flussspannung der über die Bypassanordnung 21b bereitgestellte Strom  $I(21b)$  wiederum stark abfällt, jedoch nicht wie in der vorliegenden Stufe auf etwa Null, sondern auf einen vergleichsweise geringen Wert. Erst nach Erreichen der Flussspannung der weiteren LED-Anordnung wird aufgrund des weiter erhöhten Stromflusses durch den Stromfühler 100b die Bypasseinrichtung 21b dann in den sperrenden Zustand übergeführt.

**[0050]** Dieser für die stromabwärts gelegenen ersten Bypassanordnungen beschriebene Vorgang setzt sich mit steigender pulsierender Gleichspannung VGL fort bis bei entsprechender Konzeption der Schaltung alle in Reihe geschalteten LED-Anordnungen in den leitenden Zustand übergegangen sind. Mit weiter steigender Gleichspannung VGL wird der Gesamtstrom dann durch den Strombegrenzer 111, 112 limitiert. Mit dem Wiederabfallen der anliegenden Spannung VGL läuft der beschriebene Prozess in umgekehrter Reihenfolge ab, die LED-Anordnungen werden sukzessive von den zugehörigen Bypassanordnungen gebrückt bis zum Schluss allein die LED-Anordnung LED1 noch von Strom durchflossen ist, welche nach dem Abfallen der Spannung VGL unter deren Flussspannung auch sperrt.

**[0051]** Wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, weist die erfindungsgemäße LED-Betriebsanordnung eine Vielzahl von in Reihe geschalteten LED-Anordnungen auf, von welchen mehreren jeweils eine Bypassanordnung zugeordnet ist, mit der die zugeordnete LED-Anordnung in einem Betriebszustand gebrückt werden kann. Darüber hinaus sind diese Bypassanordnungen der erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnung jedoch auch eingerichtet und verschaltet, um als steuerbarer Widerstand bzw. als steuerbare Stromquelle zu wirken, wobei die Steuerung mittels eines Ausgangssignals eines Stromfühlers realisiert ist. Dadurch, dass dieser Stromfühler sowohl den durch die Bypassanordnung geführten bzw. erzeugten Strom als auch den Strom, welcher durch die LED-Anordnung fließt, erfasst, welche der jeweiligen Bypassanordnung zugeordnet ist, wird erreicht, dass unabhängig von irgendwelchen Referenzspannungen das Erreichen oder Überschreiten der Flussspannung dieser LED-Anordnung erfasst werden kann, sodass sich die Steuerung der Bypassanordnung an die elektronischen Eigenschaften der zugeordneten LED-Anordnung automatisch anpasst.

**[0052]** Die Figuren 4a - f zeigen über eine Netzperiode die Zeitverläufe der Einzelströme durch die jeweiligen LED-

Anordnungen bei einer erfindungsgemäß ausgebildeten LED-Betriebsanordnung, welche eine Reihenschaltung von sechs derartiger LED-Anordnungen umfasst. Dabei stellt Figur 4a den zeitlichen Ablauf der stromabwärts ersten LED-Anordnung LED1, Figur 4b den zeitlichen Stromverlauf durch die zweite LED-Anordnung LED2 und letztlich Figur 4f den zeitlichen Verlauf des Stromes durch die sechste LED-Anordnung LED6 wieder. Die Kurven zeigen das sukzessive Ein- bzw. Ausschalten der jeweiligen LED-Anordnungen über die Netzperiode. Wie ersichtlich, sind die Leuchtzeiten der einzelnen LED-Anordnungen über die Periode unterschiedlich.

**[0053]** Wie obenstehend erläutert, können die Stromsprünge beim Einschalten der jeweiligen LED-Anordnungen beim Erreichen der jeweiligen Flussspannung mittels Wahl des jeweiligen Stromfühlers bzw. des Widerstandswertes dieses Stromfühlers 100a bis 100f an den Verlauf der anliegenden pulsierenden Gleichspannung VGL angepasst werden, um den Wirkungsgrad der Betriebsanordnung zu optimieren. Insofern sind idealerweise die in ihrer Gesamtheit in Figur 4a gezeigten Stromsprünge nicht äquidistant, sondern sind an die Steigung der Versorgungsspannung bzw. vorliegend der pulsierenden Gleichspannung VGL angepasst. Figur 5a zeigt die anliegende Gleichspannung VGL und Figur 5b den Gesamtstrom, d.h. den Strom  $I(LED1)$  durch die erste LED-Anordnung LED 1.

**[0054]** Es sei darauf hingewiesen, dass bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnung die LED-Anordnung LED1 auch zwischen dem High-Ausgang des Gleichrichters 10 und der LED-Anordnung LEDn angeordnet sein kann. Auch in diesem Fall ist die LED-Anordnung LED1 benachbart zur LED-Anordnung LED2 anzusehen, da zwischen beiden allein die Spannungsquelle mit der Versorgungsspannung VGL liegt. Im Sinne der vorliegenden Erfindung bezeichnet die Angabe "benachbart" in Bezug auf zwei LED-Anordnungen zwei aufeinanderfolgende LED-Anordnungen in der Serienschaltung, unabhängig davon, ob zwischen diesen beiden LED-Anordnungen noch andere Elemente, wie beispielsweise ein Stromfühler oder eine Strom- oder Spannungsquelle in Reihe angeordnet sind.

**[0055]** Figur 6 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten LED-Betriebsanordnung, welche sich nur geringfügig von der in Figur 2 dargestellten unterscheidet. Wiederum sind bei einer Reihenschaltung von n LED-Anordnungen (n-1) Bypassanordnungen 30a bis 30(n-1) verschaltet, welche jeweils durch ein Signal eines eigenständigen Stromfühlers 100a bis 100 (n-1) gesteuert werden. Gleiche Bauteile sind in Bezug auf die Ausführung gemäß Fig. 2 mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Obwohl auch identisch zu der in Figur 2 gezeigten Ausführungsform, sind die selbstleitenden Feldeffekttransistoren 31a bis 31(n-1) anders bezeichnet, da sie von der neu gestalteten Bypassanordnung 30a bis 30(n-1) umfasst sind. Die Bypassanordnungen 30a bis 30(n-1) umfassen wiederum einen Signalanschluss S, welcher wie bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform sein Steuersignal von einem in der Reihenschaltung von LED-Anordnungen vorgesehenen Stromfühler 100a bis 100(n-1) erhält, die auch hier als Widerstände mit wohl definiertem Widerstandswert ausgebildet sind. Der einzige Unterschied zu Fig. 2 besteht darin, dass die Bypassanordnungen gemäß Figur 6 einen zweiten Steueranschluss S2 aufweisen, welcher die Kathodenspannung der LED-Anordnung abtastet, die der zugeordneten LED-Anordnung der Bypassanordnung stromflussabwärts benachbart angeordnet ist. Beide Steuersignale werden über jeweilige Vorwiderstände parallel an das Gate des jeweiligen Transistors 31a bis 31(n-1) geführt.

**[0056]** Bis auf den Umstand, dass die jeweilige Bypassanordnung mit zwei Steuersignalen versorgt wird, unterscheidet sich damit die in Figur 6 dargestellte LED-Betriebsanordnung nicht von der in Figur 2 dargestellten. Das in den Figuren 3 - 5 beschriebene zeitliche Verhalten ist sehr ähnlich, allein die Stromsprünge beim Erreichen der jeweiligen Schwellspannung einer LED-Anordnung sind bei der in Figur 6 dargestellten Ausführungsform auch an die reale Schwellspannung der LED-Anordnung angepasst, welche der Bypassanordnung nachgeschaltet ist. (Die beschriebene Parallelschaltung beider Steuersignale auf das Gate des jeweiligen Transistors hat zur Folge, dass bei erhöhter Flussspannung in der stromabwärts benachbarten LED-Anordnung dann in der Bypassanordnung ein erniedrigter Konstantstrom bzw. bei geringerer Flussspannung ein erhöhter Konstantstrom eingestellt wird. Die Schaltung ist insofern bestrebt, eine konstante elektrische Leistung für die stromabwärts benachbarte LED-Anordnung einzustellen.

**[0057]** Figur 7 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäß ausgebildeten LED-Betriebsanordnung, die sich in Bezug auf die in Figur 2 dargestellte Ausführungsform allein durch die Gestaltung der Bypassanordnung, die Gestaltung des Gesamtstrombegrenzers 120 sowie der Platzierung der LED-Anordnung LED1 in der Reihenschaltung der LED-Anordnungen unterscheidet. Insofern sind gleiche Bauteile wiederum mit gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0058]** Bei der in Figur 7 dargestellten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen LED-Betriebsanordnung ist die LED-Anordnung LED1 zwischen dem High-Ausgang des Gleichrichters 10 und der LED-Anordnung LEDn angeordnet. Auch in diesem Fall ist die LED-Anordnung LED1 benachbart zur LED-Anordnung LED2 angeordnet, da zwischen beiden allein der Strombegrenzer 120 und die Spannungsquelle mit der Versorgungsspannung VGL liegt. Im Stromfühler 100a wird der durch LED1 fließende Strom  $I(LED1)$  erfasst und das Ausgangssignal des Stromfühlers liegt am Steuerungseingang S der Bypasseinrichtung 40a an, welcher der LED-Anordnung LED2 zugeordnet ist.

**[0059]** Die Verschaltung der jeweiligen Bypassanordnung in Bezug auf die Abfolge von LED-Anordnungen und jeweiligen Stromführern ist ansonsten identisch mit der in Figur 2 dargestellten Betriebsanordnung. Allein die interne Gestaltung des Strombegrenzers und der der Bypassanordnungen ist unterschiedlich zu der vorbeschriebenen, jedoch weisen auch die gemäß Figur 7 umfassten Bypassanordnungen Bypassanschlüsse A1, A2 sowie einen Steuereingang S auf.



Zusätzlich ist ein Hilfsanschluss H vorgesehen, die entsprechenden Anschlüsse sind beispielhaft und zur Klarheit der Darstellung nur für die Bypassanordnung 40a dargestellt. Alle Bypassanordnungen 40a bis 40(n-1) sind wiederum identisch aufgebaut. Sie umfassen jeweils einen selbstsperrenden Feldeffekttransistor, dessen Drain bzw. Source mit dem Anschluss A1 bzw. A2 verbunden ist. Über den Hilfsanschluss H und die Vorwiderstände 42a, 43a ist die pulsierende Gleichspannung VGL an das Gate des Transistors 41a angeschlossen und dient somit zum Aufladen desselben, sodass der Transistor schon beim Vorliegen einer sehr geringen Spannung VGL in den leitenden Zustand übergeht. Insofern sind wiederum zunächst nach dem Nulldurchgang der anliegenden Spannung VGL alle Bypassanordnungen 40a bis 40(n-1) leitend, sodass die zugeordneten LED-Anordnungen LED2 bis LEDn gebrückt sind.

Zwischen Gate und Source des Transistors 41a ist der Widerstand 45a vorgesehen.

**[0060]** Die Figuren 8a, b zeigen zeitliche Verläufe verschiedener Strom- und Spannungsgrößen innerhalb der LED-Anordnung gemäß Figur 7, ähnlich wie dies in den Figuren 3a, b bezüglich der Ausführungsform gemäß Figur 2 dargestellt ist.

**[0061]** Die Figuren 8a, b zeigen wiederum einen kurzen Ausschnitt über ein Periodenintervall ausgehend vom Nulldurchgang der pulsierenden Gleichspannung VGL. Nach etwas mehr als 0,5 ms wird die Schwellspannung der LED-Anordnung LED1 erreicht, wobei nach dem Steigen des durch die LED1 fließenden Stromes bis eine durch die steuerbare Zehnerdiode 44a und das Ausgangssignal des Stromfühlers 100a bestimmte Stromschwelle erreicht wird, welche über das Intervall zwischen 0,5 ms und etwa 1,03 ms etwa konstant gehalten wird. In diesem Intervall arbeitet die Bypassanordnung im Wesentlichen als Konstantstromquelle, d.h. als gesteuerter Widerstand, derart, dass der durch die Bypassanordnung fließende Strom konstant bleibt. In diesem Zeitintervall fällt wiederum über Drain-Source des Transistors 41a die Differenz zwischen der Schwellspannung der LED-Anordnung LED1 und der weiter steigenden Spannung VGL ab. Erreicht VGL die Summe der Flussspannungen der beiden LED-Anordnungen LED1 und LED2 leitet LED2, sodass der zusätzliche Strom auch am Stromfühler 100a zu einem weiteren Spannungsabfall führt, und der Transistor 41a geht in den sperrenden Zustand über, I(41a) fällt auf etwa Null, siehe Figur 8a. In der gezeigten Ausführungsform ist die Schaltung so konzipiert, dass nach etwa 1,6 ms beim Erreichen der nächsten Flussspannung durch VGL, genauer der Summe der Flussspannungen der LED-Anordnungen LED1, LED2 und LED3 auch die Bypasseinrichtung 40b sperrt, der Strom I(41b) durch den Transistor 41b fällt auf etwa Null ab, siehe Figur 8a. Figur 8b zeigt die Gate-Source-Spannung VGS (41a) der Bypasseinrichtung 40a. Der Sprung dieser Gate-Source-Spannung beim Erreichen der Schwellspannung für die LED-Anordnung LED 2 führt zu einem Sprung zu solchen Werten, dass diese Bypass-Anordnung 40a sperrt. Das mit dem Zuschalten der weiteren LED-Anordnungen verbundene weitere Absinken der Gate-Source-Spannung ist aus Figur 8b ersichtlich, hat jedoch keine Wirkung mehr, da die Bypassanordnung 40a schon vollständig sperrt.

**[0062]** Der beschriebene Vorgang setzt sich mit steigender pulsierender Gleichspannung VGL fort bis bei entsprechender Konzeption der Schaltung alle in Reihe geschalteten LED-Anordnungen in den leitenden Zustand übergegangen sind. Mit weiter steigender Gleichspannung VGL wird der Gesamtstrom dann durch den Strombegrenzer limitiert. Beim Wiederabfallen der anliegenden Spannung VGL läuft der beschriebene Prozess in umgekehrter Reihenfolge ab, die LED-Anordnungen werden sukzessive von den zugehörigen Bypassanordnungen gebrückt bis keine LED-Anordnung mehr von Strom durchflossen ist.

**[0063]** Figur 9 zeigt den resultierenden Gesamtstrom I(LED1) für die Ausführungsform mit selbstleitendem Transistor in den Bypassanordnungen (gekennzeichnet mit SL) und für die Ausführungsform mit selbstsperrendem Transistor in den Bypassanordnungen (gekennzeichnet mit SP) für den Zeitraum einer Netzperiode. Beide Ausführungsformen ergeben ein vergleichbares Ergebnis.

## **Bezugszeichenliste**

### **[0064]**

1,2,3	LED-Betriebsanordnung
10	Gleichrichter
20i	Bypassanordnung, i= a ... n-1
21i	Selbstleitender Feldeffekttransistor, i= a ... n-1
22i	Vorwiderstand, i= a ... n-1
30i	Bypassanordnung, i= a ... n-1
31i	Selbstleitender Feldeffekttransistor, i= a ... n-1
32i	Vorwiderstand, i= a ... n-1
33i	Vorwiderstand, i= a ... n-1
40i	Bypassanordnung, i= a ... n-1
41i	Selbstsperrender Feldeffekttransistor, i= a ... n-1
42i	Vorwiderstand, i= a ... n-1
43i	Vorwiderstand, i= a ... n-1

44i	Steuerbare Z-Diode, i= a ... n-1
45i	Gate-Source-Widerstand, i= a ... n-1
100i	Stromfühler, i= a ... n-1
110	Strombegrenzer
5 111	Selbstleitender Feldeffekttransistor
112	Stromfühler
113	Vorwiderstand
120	Strombegrenzer
121	Selbstsperrender Feldeffekttransistor
10 122	Stromfühler
A1,	A2 Bypassanschluss (Source-, Drain-Anschluss)
H	Hilfsspannungsanschluss
I(LEDi, i=1...n)	Stromfluss durch die i-te LED-Anordnung
LEDi	LED-Anordnung, i=1...n
15 N, L	Netzanschluss
S, S2	Steueranschluss
VGL	Pulsierende Gleichspannung
VN	Netzspannung
VS(21i, i=a...n-1)	Steuerspannung des Transistors 21i
20 VGS(41i, i= a... n-1)	Gate-Source-Spannung des Transistors 41i

## Patentansprüche

- 25 1. LED-Betriebsanordnung (1, 2, 3) zum Betreiben einer Mehrzahl von seriell geschalteten LED-Anordnungen (LEDi, i= 1...n) mit jeweils einem ersten und einem zweiten Anschluss, umfassend eine Versorgungsspannung (VN, VGL), die an die Serienschaltung der LED-Anordnungen (LEDi, i= 1...n) angeschlossen ist;
- eine Mehrzahl von Schaltungsanordnungen, wobei jeder der Schaltungsanordnungen umfasst:
- 30 eine der LED-Anordnungen (LEDi, i= 1...n), eine Bypass-Anordnung (20i, i= a...n-1), aufweisend einen ersten und zweiten Bypassanschluss (A2, A1) sowie mindestens einen Steueranschluss (S), wobei der erste Bypassanschluss (A2) mit dem ersten Anschluss der LED-Anordnung (LEDi, i= 1...n) verbunden ist und wobei die Bypass-Anordnung (20i, i= a...n-1) als steuerbarer Widerstand ausgebildet ist;
- 35 einen Stromfühler (100a ... n-1), wobei der Stromfühler (100a ... n-1) einen Ausgang zur Ausgabe eines Ausgangssignals aufweist, und wobei der Stromfühler (100a ... n-1) stromflussabwärts von der LED-Anordnung angeordnet ist und zur Erfassung des Stromflusses durch die LED-Anordnung (LEDi, i= 1...n) ausgebildet ist;
- und wobei der Steueranschluss (S) der Bypass-Anordnung (20i, i= a...n-1) mit dem Ausgang des Stromfühlers (100a ... n-1) verbunden ist und basierend auf dem Ausgangssignal der steuerbare Widerstand derart einstellbar ist, dass die Bypass-Anordnung in einem ersten Betriebszustand, welcher die LED-Anordnung (LEDi, i= 1...n) überbrückt, einem weiteren Betriebszustand welcher die LED-Anordnung (LEDi, i= 1...n) nicht überbrückt oder
- 40 Zwischenbetriebszuständen zwischen dem ersten und dem weiteren Betriebszustand betreibbar ist;
- dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaltungsanordnungen in Reihe geschaltet sind und wobei in jeder Schaltungsanordnung der Stromfühler (100a ... n-1) in Serie zu der LED-Anordnung (LEDi, i= 1...n) angeordnet ist, so dass der von dem Stromfühler (100a ... n-1) erfasste Strom, der Strom durch die Bypass-Anordnung (20i, i= a...n-1) und der LED-Anordnung (LEDi, i= 1...n) ist.
- 45
2. LED-Betriebsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stromfühler (100a ...n-1) einen Widerstand umfasst.
- 50 3. LED-Betriebsanordnung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stromfühler (100a ...n-1) einen Anschluss aufweist, der mit dem ersten Bypassanschluss (A2) verbunden ist.
4. LED-Betriebsanordnung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in jeder Schaltungsanordnung, außer der stromflussaufwärts obersten Schaltungsanordnung, der zweite Bypassanschluss (A1) mit dem ersten Bypassanschluss (A2) der stromflussaufwärts vorhergehenden Schaltungsanordnung verbunden ist.
- 55 5. LED-Betriebsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Bypass-Anordnung (20i; 30i, i= a...n-1) einen selbstleitenden Transistor oder einen selbstsperrenden Transistor umfasst.

6. LED-Betriebsanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in der Serienschaltung der LED-Anordnungen ( $LED_i, i=1 \dots n$ ) vorgesehenen Widerstände der Stromfühler (100a ... n-1) in ihrem Widerstandswert in Stromflussabwärtsrichtung stetig ansteigen, wobei die LED-Betriebsanordnung (1,2,3) so ausgelegt ist, dass sie, wenn sie Strom empfängt, die LED-Anordnungen ( $LED_i, i=1 \dots n$ ) der Reihe nach zuschalten.
7. LED-Betriebsanordnung nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bypass-Anordnungen (20i; 30i; 40i,  $i=1 \dots n-1$ ) in Reihe geschaltet sind.
8. LED-Betriebsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** Versorgungsspannung ( $V_N$ , VGL) eine pulsierende Gleichspannung (VGL) ist, die mittels eines Gleichrichters, der mit Wechselspannung gespeist wird, bereitgestellt wird.
9. LED-Betriebsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in zumindest einer der Schaltungsanordnungen die Bypassanordnung (30i,  $i=1 \dots n-1$ ) einen weiteren Steueranschluss (S2) aufweist, welcher mit der LED-Anordnung der Schaltungsanordnung verbunden ist, die in der Serienschaltung der Schaltungsanordnungen stromflussabwärts nachfolgend zu der mindestens einen Schaltungsanordnung angeordnet ist.
10. Verfahren zum Betreiben einer LED-Betriebsanordnung (1,2,3) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, folgende Schritte umfassend:

Betreiben der LED-Anordnung ( $LED_i, i=1 \dots n$ ) mit der Versorgungsspannung; sowie folgender Schritte in jeder Schaltungsanordnung:

Erfassen des Stromes durch die LED-Anordnung ( $LED_i, i=1 \dots n$ ) und der Bypass-Anordnung (20i; 30i,  $i=1 \dots n-1$ ) mittels des Stromfühlers (100a ... n-1);  
 Einstellen des steuerbaren Widerstandes der Bypass-Anordnung (20i; 30i,  $i=1 \dots n-1$ ) basierend auf dem Ausgangssignal des Stromfühlers (100a ... n-1);  
 Betreiben der LED-Anordnung ( $LED_i, i=1 \dots n$ ) in einem der ersten, zweiten Betriebszustände oder der Zwischenbetriebszustände.

## Claims

1. LED operating assembly (1, 2, 3) for operating a plurality of serially connected LED arrays ( $LED_i, i=1 \dots n$ ) respectively having a first and a second terminal, comprising a supply voltage ( $V_N$ , VGL) connected with the series connection of said LED arrays ( $LED_i, i=1 \dots n$ );  
 a plurality of circuit arrangements each of which comprising:  
 one of said LED arrays ( $LED_i, i=1 \dots n$ ), a bypass arrangement (20,  $i=1 \dots n-1$ ), comprising a first and a second bypass terminal (A2, A1) as well as at least one control terminal (S), wherein said first bypass terminal (A2) is connected with the first terminal of said LED array ( $LED_i, i=1 \dots n$ ) and wherein said bypass arrangement (20i,  $i=1 \dots n-1$ ) is designed as a controllable resistor;  
 a current sensor (100a ... n-1), wherein said current sensor (100a ... n-1) includes an output for delivering an output signal, and wherein said current sensor (100a ... n-1) is disposed on the downstream side of the current flow of said LED array and is configured for detecting the current flow through said LED array ( $LED_i, i=1 \dots n$ );  
 and wherein said control terminal (S) of the bypass arrangement (20i,  $i=1 \dots n-1$ ) is connected with the output of said current sensor (100a ... n-1) and said controllable resistor is adjustable on the basis of said output signal in such a manner that the bypass arrangement is operable in a first operating state, which bridges said LED array ( $LED_i, i=1 \dots n$ ), in a further operating state, which does not bridge said LED array ( $LED_i, i=1 \dots n$ ), or in intermediate operating states between said first operating state and said second operating state; **characterized in that** said circuit arrangements are connected in series, wherein in each circuit arrangement said current sensor (100a, ... n-1) is connected in series with said LED array ( $LED_i, i=1 \dots n$ ) so that the current detected by said current sensor (100a ... n-1) is the current through said bypass arrangement (20i,  $i=1 \dots n-1$ ) and said LED array ( $LED_i, i=1 \dots n$ ).
2. LED operating assembly according to claim 1, **characterized in that** said current sensor (100a ... n-1) comprises a resistor.

3. LED operating assembly according to one of the claims 1 or 2, **characterized in that** said current sensor (100a .. n-1) has a terminal which is connected with said second bypass terminal (A2).
4. LED operating assembly according to claim 3, **characterized in that** in each circuit arrangement, except of the uppermost circuit arrangement on the upstream side of the current flow, said second bypass terminal (A1) is connected with the first bypass terminal (A2) of the circuit arrangement preceding in the upstream direction.
5. LED operating assembly according to one of the claims 1 to 4, **characterized in that** each bypass arrangement (20i; 30i, i = a...n-1) comprises a normally-on transistor or a self-locking transistor.
6. LED operating assembly according to one of the claims 2 to 5, **characterized in that** resistors of the current sensors (100a ...n-1) provided in the series connections of the LED arrays (LEDi, i = 1 ... n) increase steadily in their resistance value on the downstream side of the current flow, wherein said LED operating assembly (1, 2, 3) is designed in such a manner that when receiving current, it connects said LED arrangements (LEDi, i = 1...n) in sequence.
7. LED operating assembly according to one of the claims 1 to 6, **characterized in that** said bypass arrangements (20i; 30i; 40i, i = a...n-1) are connected in series.
8. LED operating assembly according to one of the claims 1 to 7, **characterized in that** the supply voltage (VN, CGL) is a pulsating DC voltage (VGL) that is provided by a rectifier that is supplied with an AC voltage.
9. LED operating assembly according to one of the claims 1 to 8, **characterized in that** in at least one of the circuit arrangements, said bypass arrangement (30i, i = a...n-1) comprises an additional control terminal (S2) that is connected with the LED array of said circuit arrangement, which is arranged on the downstream side of the current flow in the series connection of the circuit arrangements subsequently to said at least one circuit arrangement.
10. Method for operating a LED operating assembly (1, 2, 3) according to one of the claims 1 to 9, comprising the following steps:

operating the LED array (LEDi, i = 1...n) at the operating voltage; and  
comprising the following steps in each circuit arrangement:

detecting the current through the LED arrangement (LEDi, i = 1...n) and the bypass arrangement (20; 30i, i = a...n-1) by means of a current sensor (100a ..n-1);  
adjusting the controllable resistor of the bypass arrangement (20; 30i, i = a...n-1) on the basis of the output signal from the current sensor (100a ..n-1);  
operating the LED array (LEDi, i = 1...n) in one of the first, second operating states or in the intermediate operating states.

## Revendications

1. Appareil de commande de DEL (1, 2, 3) pour commander une pluralité de dispositifs DEL (LE-Di, i = 1 ... n) montés en série et respectivement comportant une première et une deuxième borne, comprenant une tension d'alimentation (VN, VGL) connectée au montage en série des ensembles de DEL (LEDi, i=1 ... n);  
une pluralité de dispositifs de circuit, chacun des dispositifs de circuit comprenant:

un des dispositifs DEL (LEDi, i = ... n), un dispositif de dérivation (20i, i = a ... n-1) incluant une première et une deuxième borne de dérivation (A2, A1) ainsi qu'au moins une borne de commande (5), la première borne de dérivation (A2) étant connectée à la première borne du dispositif DEL (LEDi, i = 1 ... n) et le dispositif de dérivation (20i, i = a ... n-1) étant réalisé comme résistance réglable;

un détecteur de courant (100a ... n-1), ledit détecteur de courant (100a ... n-1) présentant une sortie pour délivrer un signal de sortie, et ledit détecteur de courant (100a ... n-1) étant disposé en aval du dispositif DEL et étant conçu pour détecter le courant à travers du dispositif DEL (LEDi, i = 1 ... n);

et la borne de commande (S) du dispositif de dérivation (20i, i = a ... n-1) étant connectée à la sortie du détecteur de courant (100a ... n-1) et la résistance réglable étant réglable en fonction du signal de sortie de telle manière que le dispositif de dérivation peut fonctionner dans un premier état de fonctionnement, qui ponté le dispositif DEL (LEDi, i = 1 ... n), dans un autre état de fonctionnement, que ne ponté pas le dispositif DEL (LEDi, i = 1 ...

n) ou dans des états intermédiaires de fonctionnement entre le premier état de fonctionnement et l'autre état de fonctionnement;

**caractérisé en ce que** les dispositifs de circuit sont montés en série et le détecteur de courant (100a ... n-1) dans chaque dispositif de circuit étant disposé en série par rapport au dispositif DEL (LEDi, i = 1 ... n) de sorte que le courant détecté par le détecteur de courant (100a ... n-1) est le courant à travers du dispositif de dérivation (20i, i = a ... n-1) et du dispositif DEL (LEDi, i = 1 ... n).

2. Appareil de commande de DEL selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le détecteur de courant (100a .. n-1) comporte une résistance.

3. Appareil de commande de DEL selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le détecteur de courant (100a .. n-1) présente une borne qui est connectée à la première borne de dérivation (A2).

4. Appareil de commande de DEL selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** dans chaque dispositif de circuit, sauf dans le dispositif de circuit le plus haute en amont, le deuxième borne de dérivation (A1) est connectée à la première borne de dérivation (A2) du dispositif de circuit précédent en amont.

5. Appareil de commande de DEL selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** chaque dispositif de dérivation (20i; 30i, i = a ... n-1) comprend un transistor autoconducteur ou un transistor autobloquant.

6. Appareil de commande de DEL selon l'une des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** les résistances du détecteurs de courant (100a .. n-1) prévues dans le montage en série des dispositifs DEL (LEDi, i = 1 ... n) augmentent régulièrement en leur valeur de résistance en aval, ledit dispositif de commande de DEL (1, 2, 3) étant conçu de sorte que les dispositifs DEL (LEDi, i = 1 ... n) se connectent séquentiellement, lorsque l'appareil de commande DEL reçoit du courant.

7. Appareil de commande DEL selon les revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les dispositifs de dérivation (20i; 30i; 40i; i = a ... n-1) sont montés en série.

8. Appareil de commande de DEL selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la tension d'alimentation (VN, VGL) est une tension continue pulsée (VGL) fournie par un redresseur qui est alimenté en courant alternatif.

9. Appareil de commande de DEL selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** dans l'un au moins des dispositifs de circuit ledit dispositif de dérivation (30i, i = a ... n-1) présente une autre borne de commande (S2) qui est connectée au dispositif DEL du dispositif de circuit qui dans le montage en série des dispositifs de circuit et disposé en aval et ultérieurement par rapport audit au moins un dispositif de circuit.

10. Procédé pour commande un appareil de DEL (1, 2, 3) selon l'une des revendications 1 à 9, comprenant les étapes suivantes:

commander le dispositif DEL (LEDi, i = 1 ... n) avec la tension d'alimentation; et comprenant les étapes suivantes dans chaque dispositif de circuit:

détecter le courant à travers du dispositif DEL (LEDi, i = 1 ... n) et du dispositif de dérivation (20i; 30i; i = a ... n) par le détecteur de courant;  
régler la résistance réglable du dispositif de dérivation (20i; 30i; i = a ... n-1) en fonction du signal de sortie du détecteur de courant (100a .. n-1);  
commander le dispositif DEL (LEDi, i = 1 ... n) dans un premier état de fonctionnement, dans un deuxième état de fonctionnement ou dans les états de fonctionnement intermédiaires.

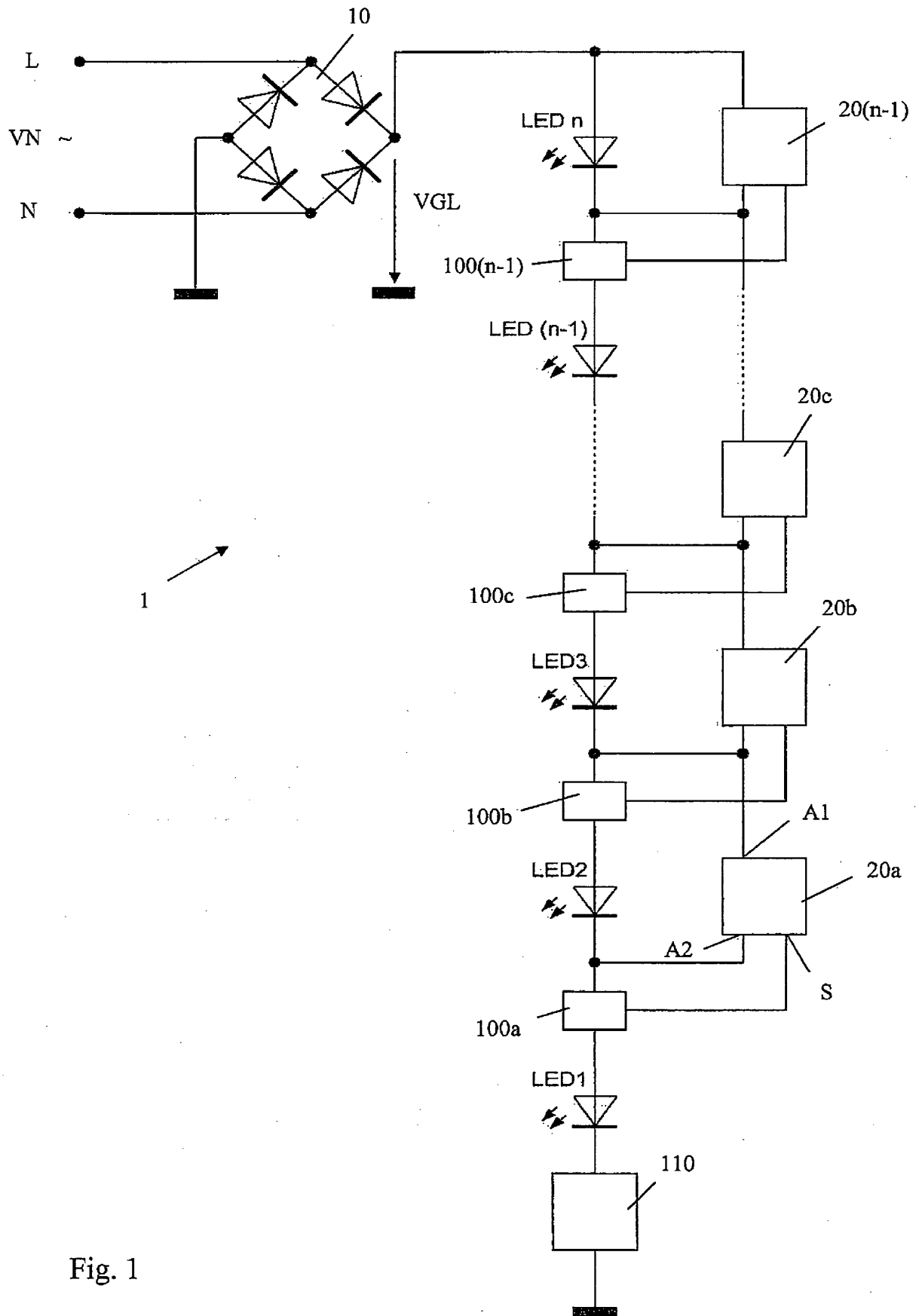


Fig. 1

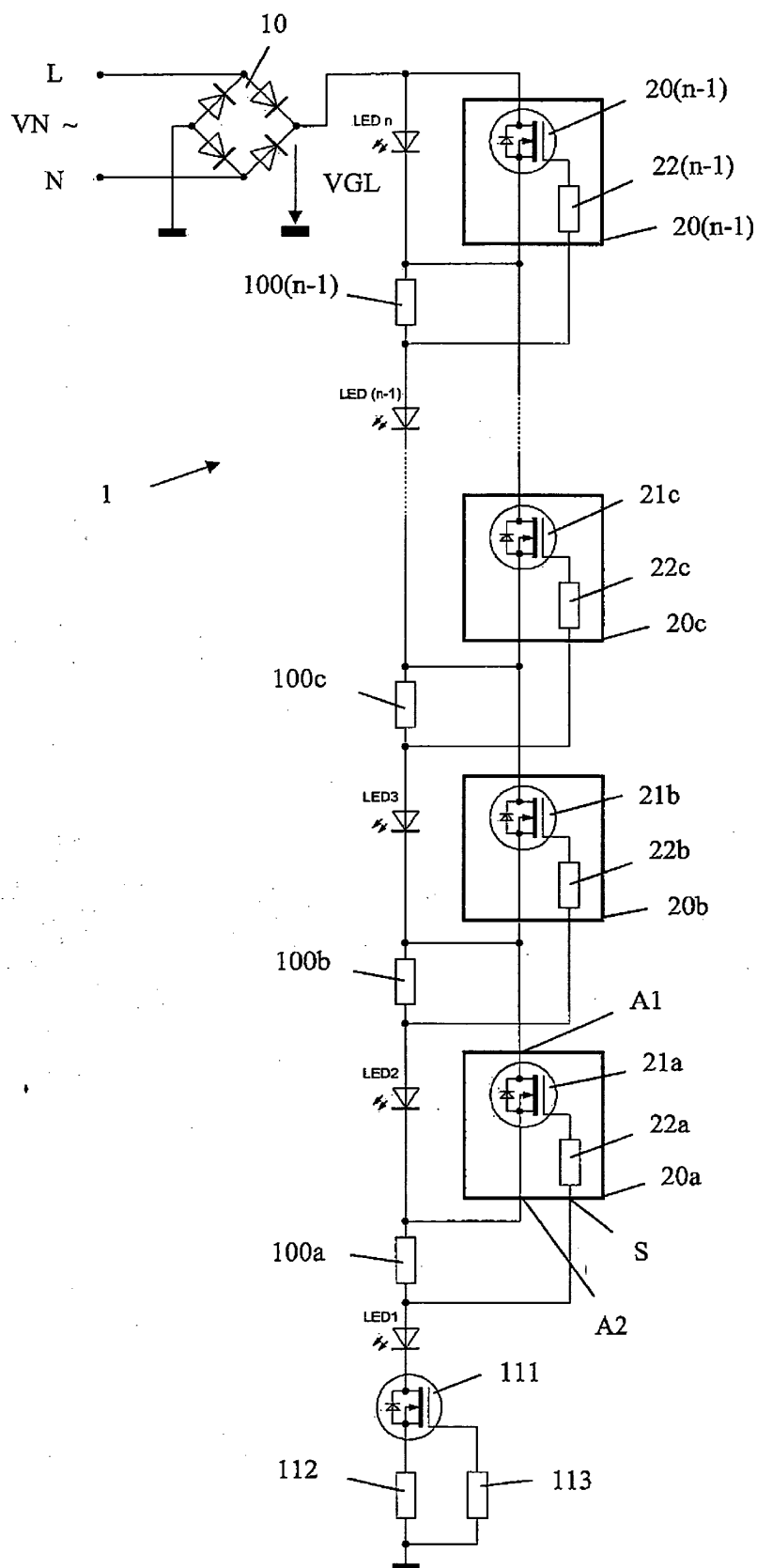


Fig. 2

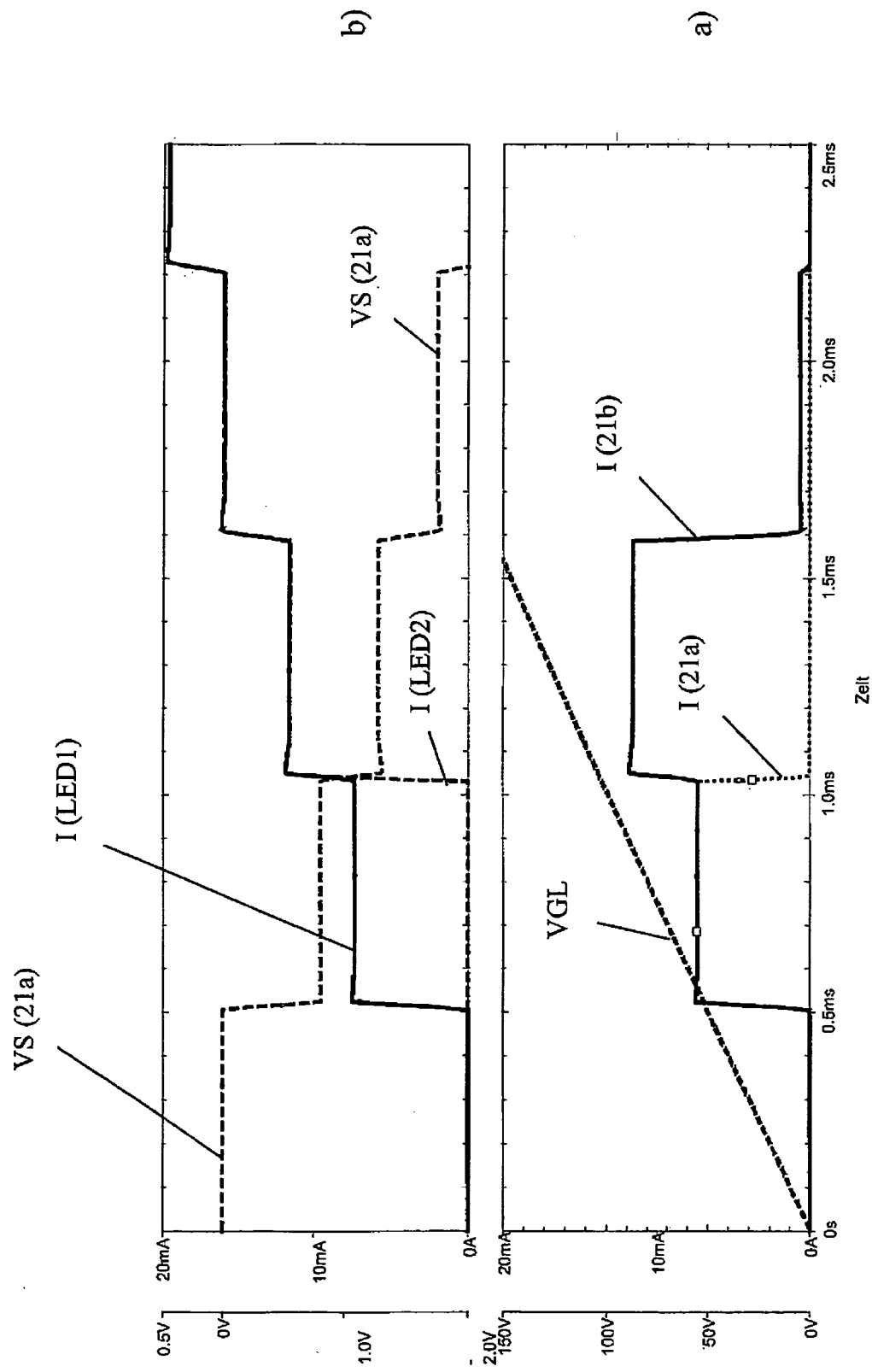


Fig. 3



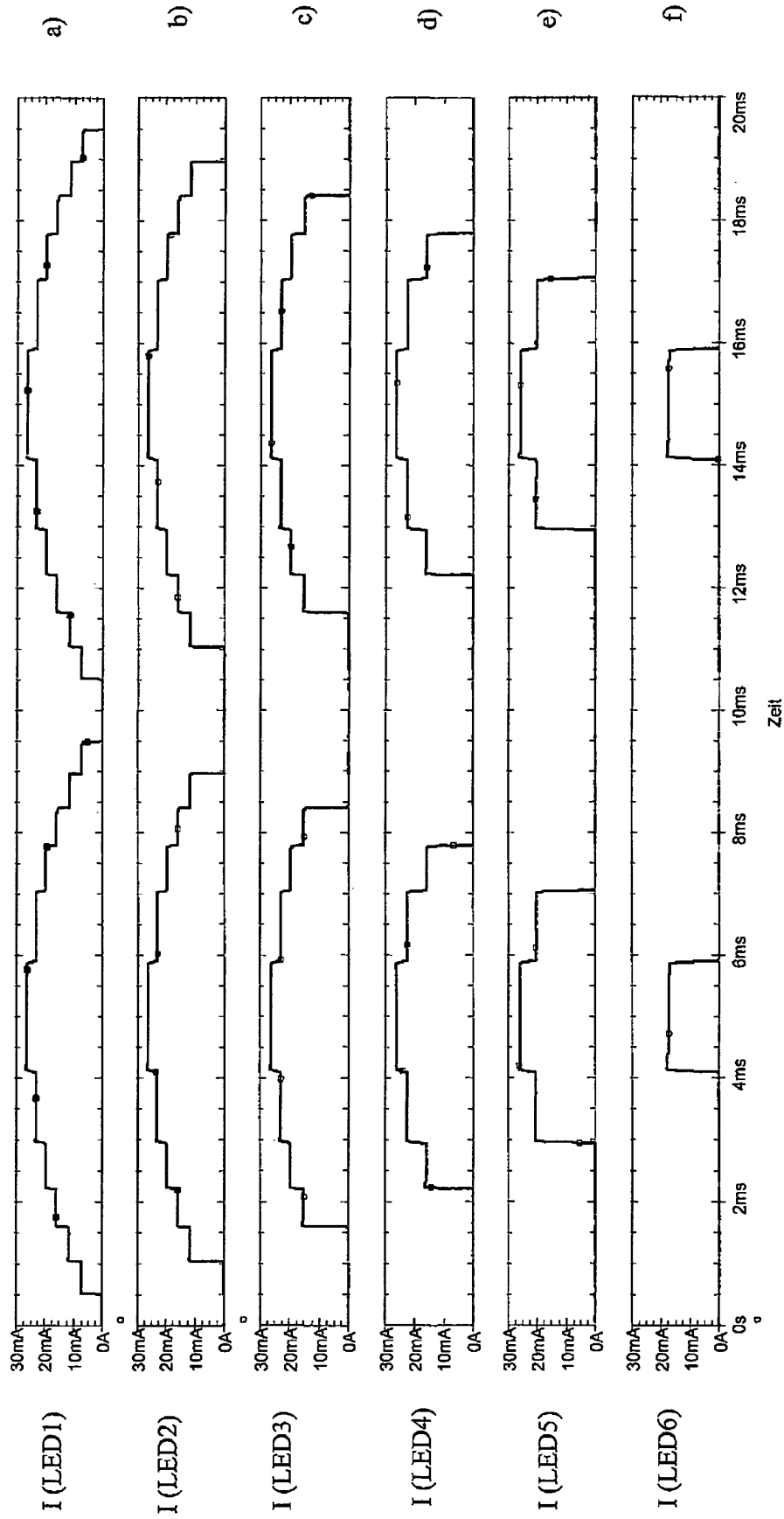


Fig. 4

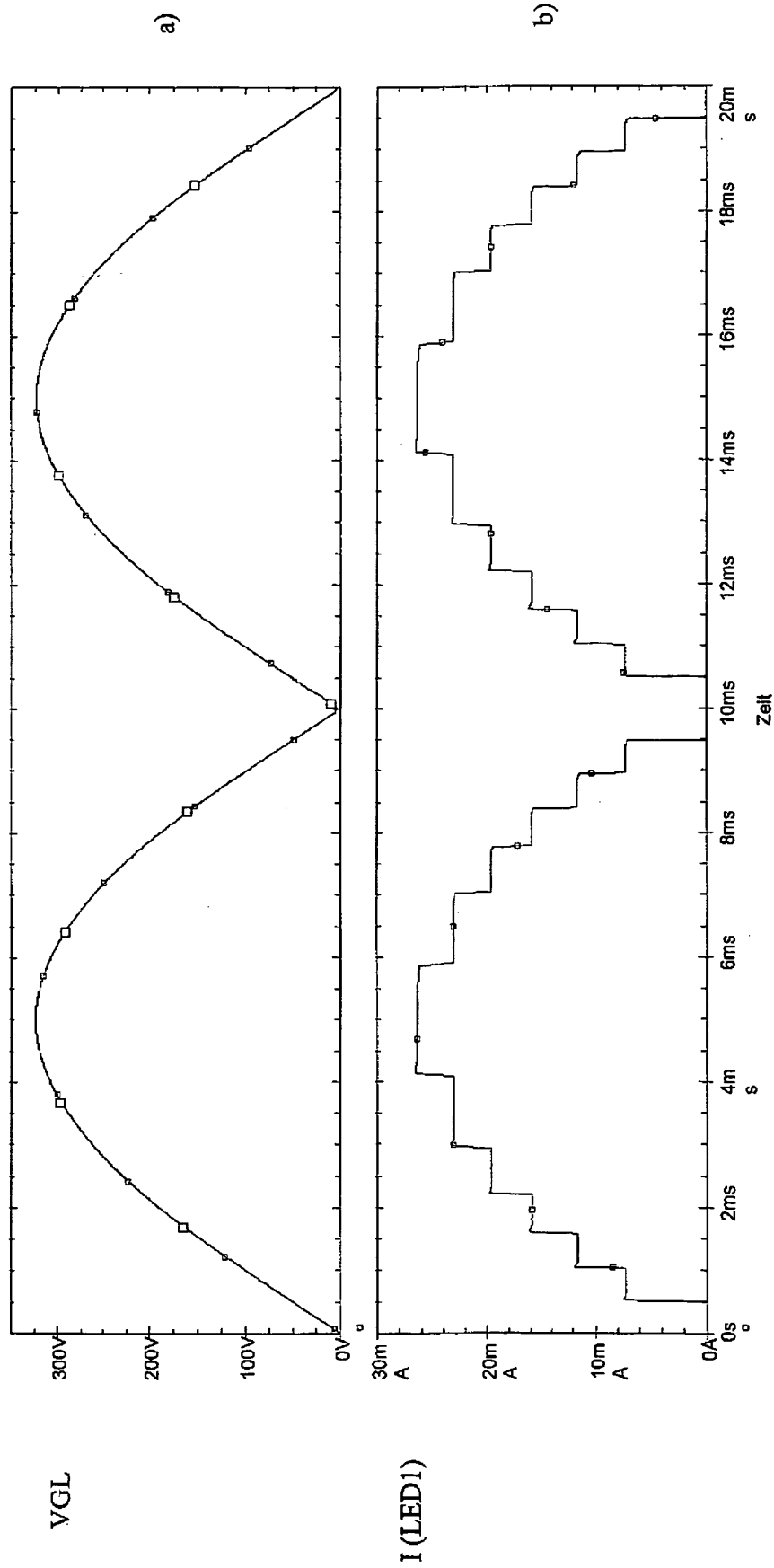


Fig. 5

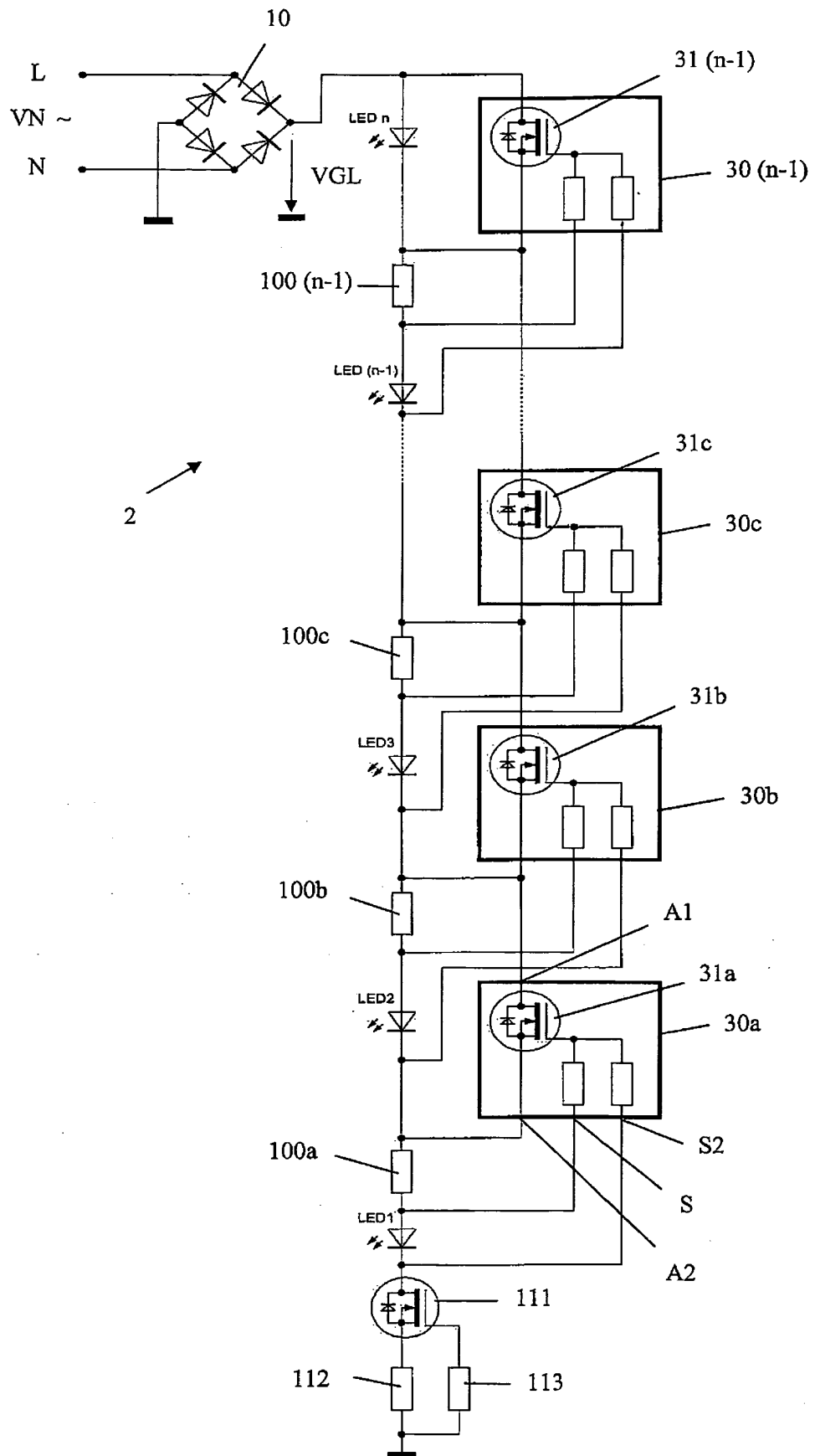


Fig. 6

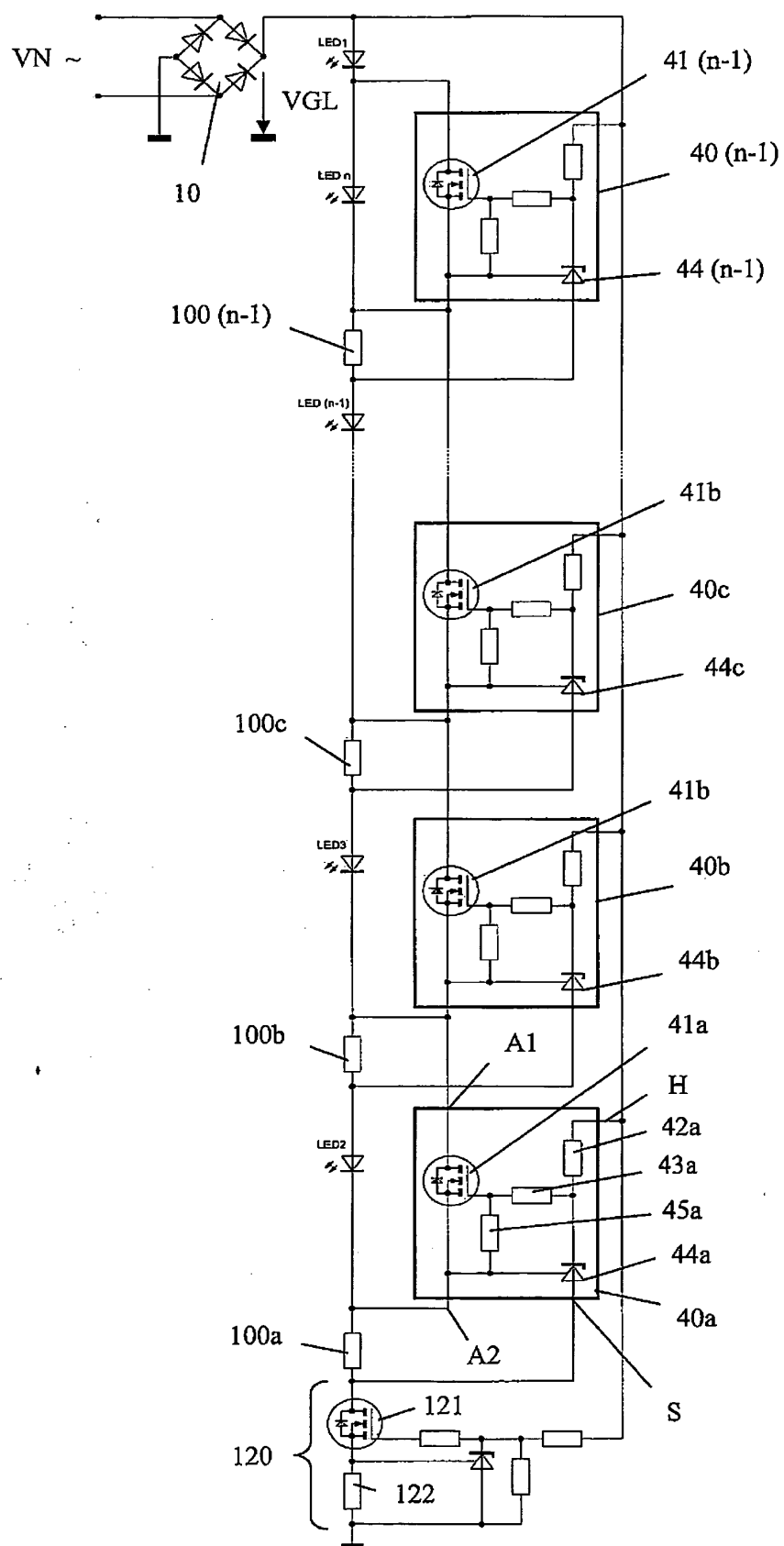


Fig. 7

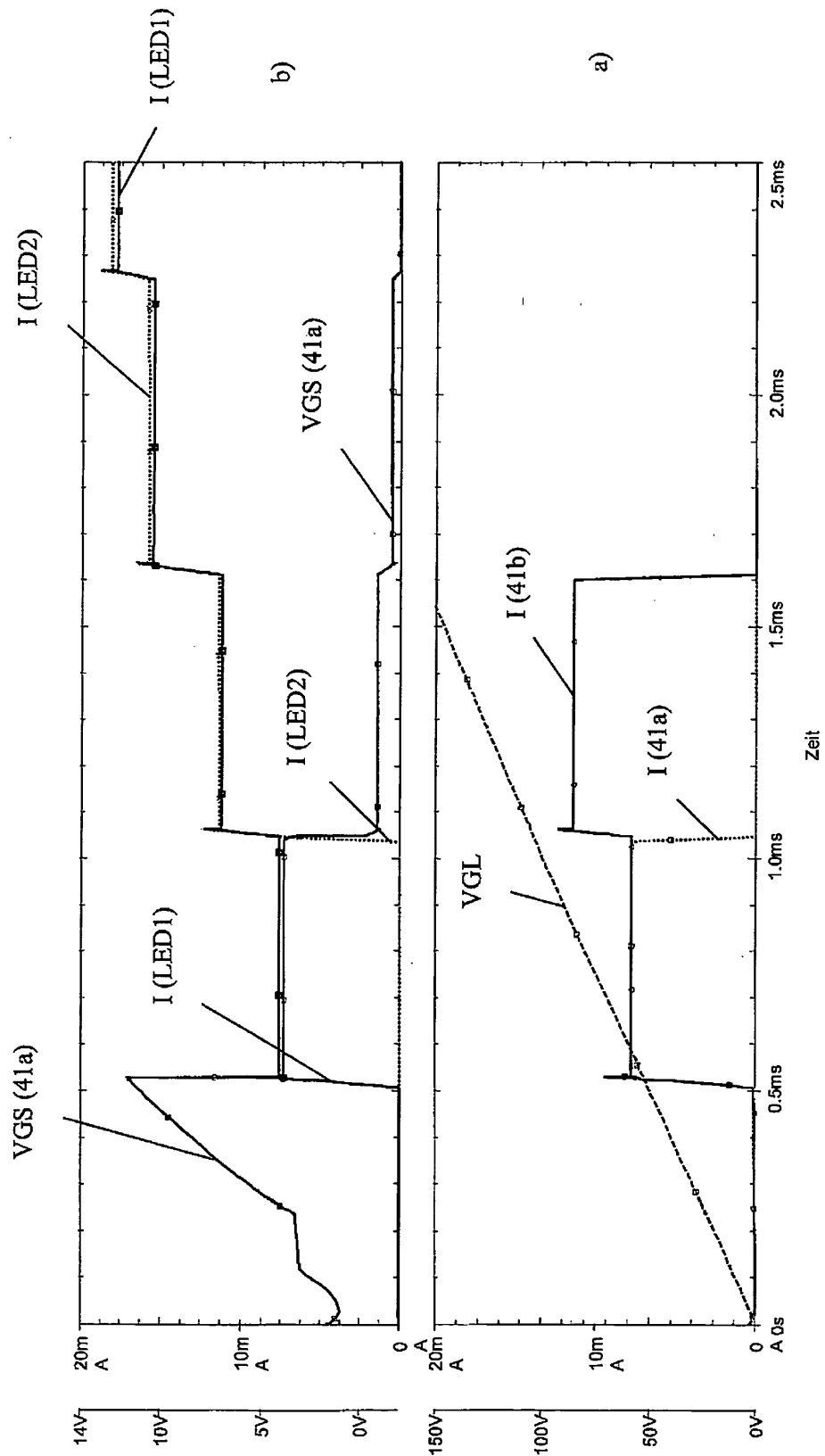


Fig. 8

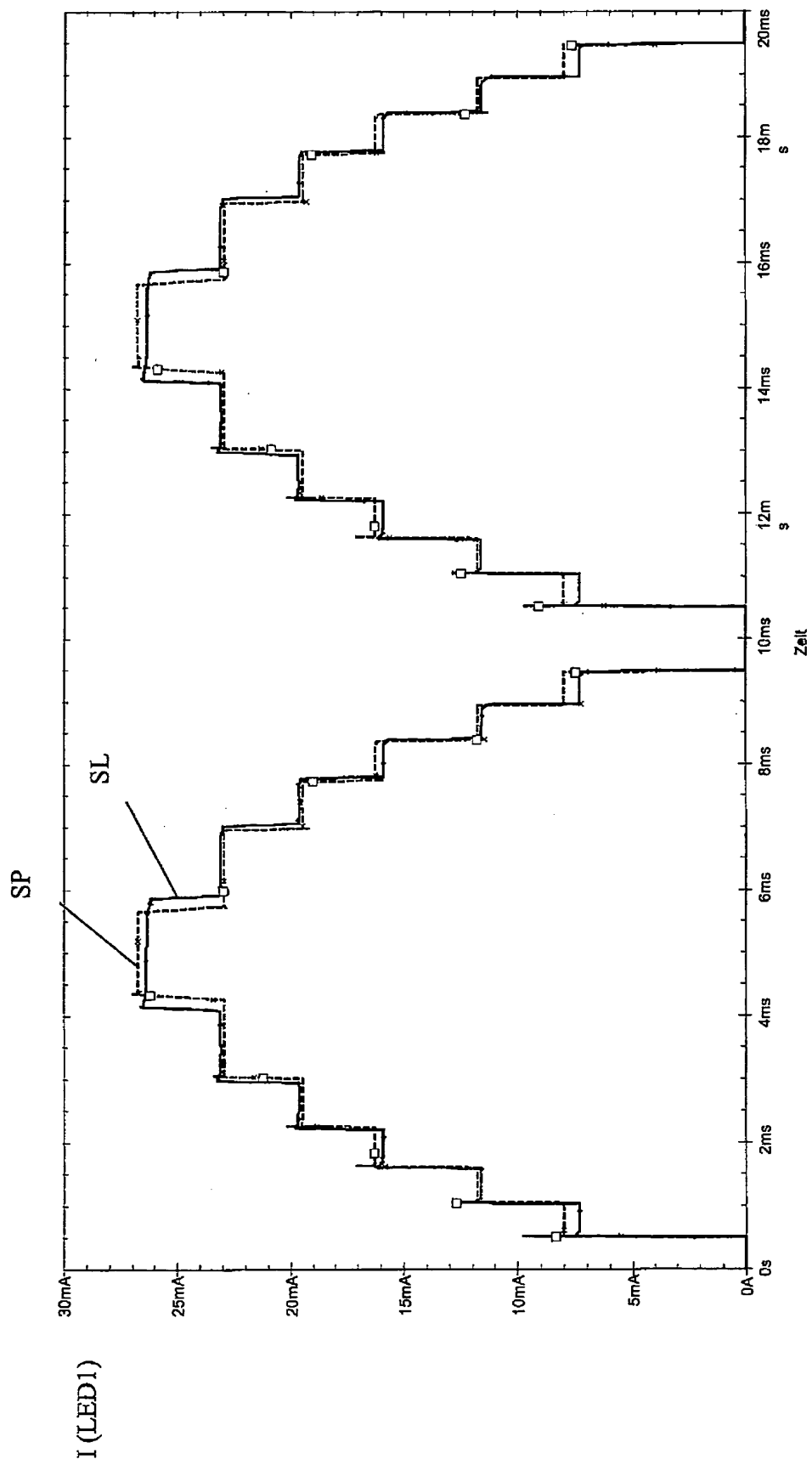


Fig. 9

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102007041131 A1 [0002]
- DE 19841490 A1 [0004]
- US 20040233145 A1 [0005]
- US 20090230883 A1 [0006]