

(19)



(11)

EP 2 382 847 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.10.2018 Patentblatt 2018/42

(51) Int Cl.:
H05B 41/292 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10704109.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/050311

(22) Anmeldetag: **13.01.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/086222 (05.08.2010 Gazette 2010/31)

(54) **VERFAHREN UND ELEKTRONISCHES BETRIEBSGERÄT ZUM BETREIBEN EINER GASENTLADUNGSLAMPE SOWIE PROJEKTOR**

METHOD AND ELECTRONIC POWER SUPPLY FOR OPERATING A GAS DISCHARGE LAMP AND A PROJECTOR

METHODE ET ALIMENTATION ELECTRONIQUE POUR UN LAMPE A DESCHARGE ET PROJECTEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **27.01.2009 DE 102009006338**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.11.2011 Patentblatt 2011/44

(73) Patentinhaber: **OSRAM GmbH**
80807 München (DE)

(72) Erfinder:
• **BRÜCKEL, Martin**
518053 Shenzhen / Nanshan district (CN)
• **DIERKS, Bärbel**
16348 Wandlitz OT Schönwalde (DE)

- **FLESCHE, Peter**
10625 Berlin (DE)
- **KRÖLL, Josef**
14476 Potsdam (DE)
- **BAIER, Markus**
81451 München (DE)
- **SCHALLMOSER, Oskar**
85521 Ottobrunn (DE)
- **WOLTER, Kai**
14197 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 309 228 EP-A2- 2 152 048
WO-A1-2008/053428 WO-A1-2008/151669
WO-A1-2009/007914

EP 2 382 847 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] Verfahren und elektronisches Betriebsgerät zum Betreiben einer Gasentladungslampe sowie Projektor.

Technisches Gebiet

[0002] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein elektronisches Betriebsgerät zum Betreiben einer Gasentladungslampe mit einem Gasentladungslampenbrenner und einer ersten und einer zweiten Elektrode, wobei die Elektroden vor ihrer ersten Inbetriebnahme einen nominellen Elektrodenabstand im Gasentladungslampenbrenner aufweisen, der mit der Lampenspannung korreliert ist.

Stand der Technik

[0003] Gasentladungslampen werden in jüngerer Zeit aufgrund ihrer hohen Effizienz vermehrt anstelle von Glühlampen eingesetzt. Dabei sind Hochdruckentladungslampen bezüglich ihrer Betriebsweise schwieriger zu handhaben als Niederdruck-Entladungslampen, und die elektronischen Betriebsgeräte für diese Lampen sind daher aufwendiger.

[0004] Üblicherweise werden Hochdruck-Entladungslampen mit einem niederfrequenten Rechteckstrom betrieben, was auch ‚wackelnder Gleichstrombetrieb‘ genannt wird. Dabei wird ein im wesentlichen rechteckförmiger Strom mit einer Frequenz von üblicherweise 50Hz bis zu einigen kHz an die Lampe angelegt. Bei jedem Umschwingen zwischen positiver und negativer Spannung kommutiert die Lampe, da sich auch die Stromrichtung umkehrt und der Strom damit kurzzeitig zu null wird. Dieser Betrieb stellt sicher, dass die Elektroden der Lampe trotz eines Quasi-Gleichstrombetriebs gleichmäßig belastet werden.

[0005] Gasentladungslampen werden z.B. für Displaysysteme erfolgreich eingesetzt, da sie eine hohe Leuchtdichte erzeugen können, die durch eine kostengünstige Optik weiterverarbeitet werden kann. Displaysysteme und deren Beleuchtungseinrichtungen sind beispielsweise in den Druckschriften US 5,633,755 und US 6,323,982 beschrieben. Displaysysteme, wie etwa DLP-Projektoren (kurz für "digital light processing projector"), umfassen eine Beleuchtungseinrichtung mit einer Lichtquelle, deren Licht auf einen DMD-Chip (kurz für "digital mirror device chip") gelenkt wird. Der DMD-Chip umfasst mikroskopisch kleine schwenkbare Spiegel, die das Licht entweder auf die Projektionsfläche lenken, wenn das zugehörige Pixel angeschaltet sein soll oder das Licht von der Projektionsfläche weg lenken, beispielsweise auf einen Absorber, wenn das zugehörige Pixel ausgeschaltet sein soll. Jeder Spiegel wirkt somit als Lichtventil, das den Lichtfluss eines Pixels steuert. Diese Lichtventile werden vorliegend DMD-Lichtventile genannt. Zur Farberzeugung umfasst ein DLP-Projektor im Falle einer Beleuchtungseinrichtung, die weißes Licht aussendet, beispielsweise ein Filterrad, das zwischen Beleuchtungseinrichtung und DMD-Chip angeordnet ist und Filter verschiedener Farben, beispielsweise Rot, Grün und Blau enthält. Mit Hilfe des Filterrades wird aus dem weißen Licht der Beleuchtungseinrichtung Licht der jeweils gewünschten Farbe sequenziell durchgelassen.

[0006] Die Farbtemperatur solcher Displaysysteme hängt in der Regel mit dem Farbort des Lichtes der Beleuchtungseinrichtung zusammen. Dieser ändert sich in der Regel mit den Betriebsparametern der Lichtquellen der Beleuchtungseinrichtung, wie beispielsweise Spannung, Stromstärke und Temperatur. Weiterhin ist abhängig von den in der Beleuchtungseinrichtung verwendeten Lichtquellen das Verhältnis zwischen Stromstärke und Lichtfluss nicht notwendigerweise linear. Dies führt bei Änderung der Stromstärke ebenfalls zu einer Änderung des Farbortes des Lichtes der Lichtquelle und damit zu einer Änderung der Farbtemperatur des Displaysystems.

[0007] Weiterhin ist die Farbtiefe des Displaysystems durch die minimale Einschaltdauer eines Pixels begrenzt. Zur Erhöhung der Farbtiefe kann beispielsweise Dithering eingesetzt werden, bei dem einzelne Pixel mit einer geringeren Frequenz als der regulären Frequenz von 1/60 Hz geschaltet werden. Hierbei kommt es allerdings in der Regel zu einem für den menschlichen Betrachter sichtbaren Rauschen.

[0008] Das Kontrastverhältnis des Displaysystems ist durch das Verhältnis des maximalen Lichtflusses bei vollständig geöffneten Lichtventilen zu minimalen Lichtfluss bei vollständig geschlossenen Lichtventilen definiert. Zur Erhöhung des Kontrastverhältnisses eines Displaysystems kann beispielsweise der minimale Lichtfluss bei vollständig geschlossenen Lichtventilen mittels einer mechanischen Blende weiter verringert werden. Eine mechanische Blende beansprucht jedoch Platz in der Beleuchtungseinrichtung oder dem Displaysystem, erhöht das Gewicht der Beleuchtungseinrichtung oder des Displaysystems und stellt außerdem eine zusätzliche potentielle Quelle für Störungen dar. Hochdruckentladungslampen, wie sie in solchen Displaysystemen eingesetzt werden, können auch gedimmt betrieben werden, jedoch wirft die gedimmte Betriebsweise Probleme bezüglich der Elektrodentemperatur und des Bogenansatzes der Hochdruckentladungslampe auf.

[0009] Der Bogenansatz ist beim Betrieb einer Gasentladungslampe mit Wechselstrom grundsätzlich problematisch. Beim Betrieb mit Wechselstrom wird während einer Kommutierung der Betriebsspannung eine Kathode zur Anode und umgekehrt eine Anode zur Kathode. Der Übergang Kathode-Anode ist prinzipbedingt unproblematisch, da die Temperatur der Elektrode keinen Einfluss auf ihren anodischen Betrieb hat. Beim Übergang Anode-Kathode hängt die Fähigkeit

der Elektrode, einen ausreichend hohen Strom liefern zu können, von deren Temperatur ab. Ist diese zu niedrig, wechselt der Lichtbogen während der Kommutierung, meistens nach dem Nulldurchgang, von einer punktförmigen Bogenansatzbetriebsweise in eine diffuse Bogenansatzbetriebsweise. Dieser Wechsel geht mit einem oft sichtbaren Einbruch der Lichtemission einher, was als Flackern wahrgenommen werden kann.

[0010] Sinnvollerweise wird die Lampe also in punktförmiger Bogenansatzbetriebsweise betrieben, da der Bogenansatz hier sehr klein und damit sehr heiß ist. Das hat zur Folge, dass hier aufgrund der höheren Temperatur am kleinen Ansatzpunkt weniger Spannung benötigt wird, um ausreichend Strom liefern zu können. Eine Elektroden spitze, die eine gleichmäßige Form mit einer nicht zerklüfteten Oberfläche aufweist, unterstützt die punktförmige Bogenansatzbetriebsweise und damit einen sicheren und zuverlässigen Betrieb der Gasentladungslampe.

[0011] Als Kommutierung wird im folgenden der Vorgang betrachtet, bei dem die Polarität der Spannung der Gasentladungslampe wechselt, und bei dem daher eine starke Strom- oder Spannungsänderung auftritt. Bei einer im wesentlichen symmetrischen Betriebsweise der Lampe befindet sich bei der Mitte der Kommutierungszeit der Spannungs- oder Stromnulldurchgang. Hierbei ist zu bemerken, dass die Spannungskommutierung üblicherweise immer schneller abläuft als die Stromkommutierung.

[0012] Als Elektrodenende wird im Folgenden das innere, in den Entladungsraum des Gasentladungslampenbrenners stehende Ende der Lampenelektrode bezeichnet. Als Elektroden spitze wird eine auf dem Elektrodenende sitzende Nadel- oder Höckerförmige Erhebung bezeichnet, deren Ende als Ansatzpunkt für den Lichtbogen dient.

[0013] Ein großes Problem von Hochdruckentladungslampen stellt die Veränderung bzw. Verformung der Elektroden über die gesamte Lebensdauer dar. Dabei ändert sich die Form der Elektrode weg von der Idealform hin zu einer mehr und mehr zerklüfteten Oberfläche vor allem am inneren Ende der Elektrode. Überdies besteht die Gefahr, dass Elektroden spitzen entstehen, die nicht in der Mitte der jeweiligen Elektrode angeordnet sind. Der Entladungsbogen bildet sich immer von Elektroden spitze zu Elektroden spitze. Gibt es mehrere etwa gleichberechtigte Elektroden spitzen auf einer Elektrode, so kann es zu einem Bogenspringen und damit zu einem Flickern der Lampe kommen. Nicht mittig aufgewachsene Elektroden spitzen verschlechtern die optische Abbildung, da die Optik eines Projektors oder einer Leuchte, in den/die eine derartige Entladungslampe eingesetzt ist, auf eine spezifische Lage des Entladungsbogens ausgelegt und insbesondere auf den Anfangszustand der Elektroden und des Entladungsbogens eingestellt ist. In bestimmten Fällen kann es zu einem ungleichmäßigem Aufwachsen der Elektroden spitzen kommen, so dass der Lichtbogen nicht mehr mittig, sondern axial verschoben im Brennergefäß angeordnet ist. Dies verschlechtert die optische Abbildung des Gesamtsystems ebenso. Die Zerklüftung hingegen führt zu einer Vergrößerung des ursprünglichen Elektrodenabstands und beeinflusst damit auch die Lampenspannung. Da diese proportional zum Abstand steigt, kann es zu einer verfrühten Lebensdauerabschaltung kommen, da diese gewöhnlich anspricht, wenn die Lampenspannung einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. Zusammenfassend ergibt sich eine Reduktion der Lampenlebensdauer und der Qualität des von der Lampe emittierten Lichts.

[0014] Aus dem Stand der Technik sind gegenwärtig keine Lösungen für diese Problematiken bekannt. Lediglich ergänzend wird verwiesen auf die WO 2007/045599 A1. Während die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problematik am Lampenlebensdauerende auftritt, befasst sich die genannte Druckschrift mit einer Problematik, die innerhalb der ersten dreihundert Betriebsstunden auftritt. Innerhalb dieses Zeitraums kann es zu einem Spitzenwachstum kommen, das zu einer Reduktion des Elektrodenabstands führt. Dadurch sinkt die Lampenspannung, so dass der von einem elektronischen Betriebsgerät bereitzustellende Strom zum Erreichen einer konstanten Leistung erhöht werden muss. Da elektronische Betriebsgeräte naturgemäß für einen bestimmten Maximalstrom ausgelegt sind, führt dies zu Problemen. Um eine Anhebung der Stromauslegung für den Dauerbetrieb und damit die Entstehung zusätzlicher Kosten zu verhindern, schlägt die genannte Druckschrift vor, einen Strompuls an die Elektroden anzulegen dergestalt, dass dadurch die aufgewachsenen Elektroden spitzen zurückgeschmolzen werden. Dadurch kann der Abstand der Elektroden wieder vergrößert, die Lampenspannung erhöht und damit der erforderliche Strom abgesenkt werden. Im Gegensatz hierzu betrifft jedoch die vorliegende Erfindung die Problematik, die Elektroden möglichst über die gesamte Lebensdauer der Gasentladungslampe in einem optimalen Zustand zu halten, bei dem die Elektroden in einem Abstand zueinander stehen, der möglichst dem ursprünglichen Abstand bei einer neuen Lampe entspricht, sowie die Oberfläche der Elektrodenenden glatt zu halten mit mittig aufgewachsenen Spitzen, die einen definierten Ansatzpunkt für den Bogen bilden. Die Lehre der WO 2007/045599 A1 löst daher die oben genannte Problematik nicht.

[0015] Aus der WO 2008/151669 A1 ist ein Verfahren zur Formung der Elektroden spitzen von Hochdruckentladungslampen bekannt, welches während des Betriebes abhängig von verschiedenen Parametern wie der Lampenspannung Kommutierungen unterdrückt, um jeweils eine der beiden Elektroden spitzen zu überschmelzen.

[0016] Die WO 2008/053428 geht hier einen anderen Weg, indem sie eine festfrequente Rechteckspannung an die Hochdruckentladungslampe anlegt, die ein vorbestimmtes Tastverhältnis aufweist. Dadurch wird ebenfalls eine Gleichspannung in den Lampenbetrieb eingebracht, und eine der Elektroden mehr geheizt als die andere.

[0017] Der EP 1 309 228 A2 wiederum ist zu entnehmen, dass die Hochdruckentladungslampe unter einer bestimmten Lampenspannung mit einem Lampenstrom niedrigerer Frequenz betrieben wird.

[0018] Der WO 2009/007914 schließlich ist zu entnehmen, dass abhängig von der Lampenspannung und damit dem

Elektrodenabstand in der Hochdruckentladungslampe unterschiedliche Wellenformen an die Hochdruckentladungslampe angelegt werden, um einen Gleichspannungsanteil im Lampenstrom zur Formung der Elektroden spitzen zu erzeugen.

Aufgabe

[0019] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und ein elektronisches Betriebsgerät zum Betreiben einer Gasentladungslampe mit einem Gasentladungslampenbrenner und einer ersten und einer zweiten Elektrode anzugeben, wobei die Elektroden vor ihrer ersten Inbetriebnahme einen nominellen Elektrodenabstand im Gasentladungslampenbrenner aufweisen, und die Gasentladungslampe beim Betrieb des elektronischen Betriebsgerätes mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die oben genannte Problematik nicht mehr aufweist. Es ist ebenfalls Aufgabe der Erfindung, einen Projektor anzugeben, der solch ein elektronisches Betriebsgerät aufweist.

Darstellung der Erfindung

[0020] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des Verfahrens erfolgt erfindungsgemäß mit einem Verfahren zum Betreiben einer Gasentladungslampe mit einem Gasentladungslampenbrenner und einer ersten und einer zweiten Elektrode, wobei die Elektroden vor ihrer ersten Inbetriebnahme einen nominellen Elektrodenabstand im Gasentladungslampenbrenner aufweisen, der mit der Spannung der Gasentladungslampe korreliert ist, und die Gasentladungslampe im Normalbetrieb mit einem niederfrequenten rechteckförmigen Lampenstrom betrieben wird, folgende Schritte umfassend:

- a) Prüfen, ob eine Sperrzeit, die der Zeitdauer zwischen zwei Gleichspannungsphasen entspricht, abgelaufen ist, wobei die Gleichspannungsphasen aus dem Auslassen von wenigen Kommutierungen bestehen,
- b) wenn die Sperrzeit abgelaufen ist, Auslassen von Kommutierungen oder Anlegen von Pseudokommutierungen für eine vorbestimmte Zeitdauer, wobei Pseudokommutierungen zwei schnell hintereinander ausgeführte Kommutierungen darstellen,

dadurch gekennzeichnet, dass

die vorbestimmte Zeitdauer von der Lampenspannung abhängt, dergestalt, dass für jede Lampenspannung entweder bei Lampenspannungen oberhalb einer oberen Lampenspannungsschwelle eine Zeitdauer des Auslassens von Kommutierungen/Anlegens von Pseudokommutierungen vorbestimmt ist, oder wobei die Zeitdauer (VT) auch durch eine Änderung der Lampenspannung während der Gleichspannungsphasen bestimmt ist, oder die Bestimmung der Zeitdauer (VT) beide genannten Alternativen abhängig von der Lampenspannung umfasst.

[0021] Wenn die Länge Zeitdauer abhängig von der Spannung der Gasentladungslampe ist, so kann eine gute Regengenauigkeit erzielt werden, und die Formung der Elektroden ist besonders effizient. Dabei beträgt die Länge der ersten Zeitdauer bevorzugt zwischen 0 ms und 200 ms, die Länge der zweiten Zeitdauer bevorzugt zwischen 2 ms und 500 ms, und die Länge der dritten Zeitdauer bevorzugt zwischen 5 ms und 500 ms. Die Zeitdauern können je nach Lampentyp innerhalb dieses Bereiches präzisiert werden, um eine besonders effiziente Formung der Elektroden zu gewährleisten.

[0022] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist die Länge der Gleichspannungsphasen bestimmt durch die Änderung beziehungsweise den Anstieg der Lampenspannung in diesen Gleichspannungsphasen.

[0023] Falls das Anstiegskriterium nicht erfüllt sein sollte ist eine maximale Dauer der Gleichspannungsphasen vorgegeben, die z.B. wie in der vorhergehenden Ausführungsform wiederum von der Spannung der Gasentladungslampe abhängen kann. Durch diese Maßnahme wird die Genauigkeit der Elektrodenregelung deutlich erhöht, und damit die Wahrscheinlichkeit eines zu hohen Energieeintrages reduziert.

[0024] Wenn der vorbestimmte zeitliche Abstand der Gleichspannungsphasen zwischen 180s und 900s beträgt, werden die Elektroden nicht über Gebühr belastet, und die Lebensdauer der Gasentladungslampe wird nicht beeinträchtigt.

[0025] Eine obere Lampenspannungsschwelle beträgt bevorzugt zwischen 60V und 110V, eine untere Lampenspannungsschwelle beträgt bevorzugt zwischen 45V und 85V, insbesondere zwischen 55V und 75V. Die Lampenspannungsschwellen können je nach Lampentyp innerhalb dieses Bereiches präzisiert werden, um das Verfahren auf diesen Lampentyp hin optimieren zu können.

[0026] Der Betrieb der Gasentladungslampe mit einem Wechselstrom, auf dessen Halbwellen ein Puls höherer Stromstärke aufmoduliert wird, der zwischen 50 μ s und 1500 μ s lang ist, unterstützt die Formung der Elektroden durch das erfindungsgemäße Verfahren und macht es noch effizienter.

[0027] Die Länge der Gleichspannungsphase wird bevorzugt dadurch eingestellt, dass eine Halbwellen des angelegten Wechselstroms aus mehreren Teilhalbwellen besteht, wobei ein Teil der Kommutierungen oder alle Kommutierungen zwischen zwei Halbwellen durch eine kurz darauf erfolgende weitere Kommutierung wieder rückgängig gemacht wird.

[0028] Durch diese Maßnahme können Gleichspannungsphasen erzeugt werden, deren Länge ein Vielfaches einer Teilhalbwellen beträgt. Durch eine statistische Verteilung verschiedener Längen der Gleichspannungsphasen können im

Mittel beliebige Längen der Gleichspannungsphasen erzeugt werden und der Energieeintrag in die Elektroden somit genau gesteuert werden. Während der Gleichspannungsphasen kann der Strom nur in eine Richtung fließen, oder aber es wird in der Gleichspannungsphase einmal umgepolt und der Strom fließt während der Gleichspannungsphasen in beide Richtungen. Hierbei kann der Energieeintrag in jede Richtung gleichverteilt sein, oder aber der Energieeintrag kann zugunsten einer Stromrichtung erfolgen, so dass eine Lampenelektrode stärker aufgeheizt wird als die andere. Wenn der Strom während einer Gleichspannungsphase nur in eine Richtung fließt, so kann er in der darauffolgenden Gleichspannungsphase in die andere Richtung fließen. Es sind aber auch Konstellationen denkbar bei denen in den ersten zwei Gleichspannungsphasen der Strom in eine Richtung fließt, und während der darauffolgenden zwei Gleichspannungsphasen der Strom in die andere Richtung fließt. Auch hier ist ein bevorzugter Energieeintrag in eine Elektrode möglich, so dass z.B. während der ersten zwei Gleichspannungsphasen der Strom in eine Richtung fließt, während der dritten Gleichspannungsphase der Strom in die andere Richtung fließt, und während der vierten und fünften Gleichspannungsphasen der Strom wieder in die erste Richtung fließt.

[0029] Wenn die verschiedenen Teilhalbwellen einer Halbwelle unterschiedliche Stromstärken an die Gasentladungslampe anlegen, kann das Verfahren noch verfeinert werden, und der gewünschte gemittelte Energieeintrag in die Elektrode in kürzerer Zeit eingebracht werden.

[0030] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des Betriebsgerätes erfolgt erfindungsgemäß mit einem elektronischen Betriebsgerät, dass ein Verfahren nach einem oder mehreren der vorgenannten Merkmale ausführt. Durch diese Maßnahme wird das Betriebsgerät in die Lage versetzt, die Gasentladungslampe optimal zu pflegen.

[0031] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des Projektors erfolgt erfindungsgemäß mit einem Projektor mit einem elektronischen Betriebsgerät wobei der Projektor ausgelegt ist, während der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ein Bild zu projizieren, ohne dass dem Bild die Durchführung des Verfahrens anzusehen ist. Durch diese Maßnahme kann das Verfahren jederzeit ausgeführt werden, ohne den laufenden Betrieb zu beeinflussen, und damit kann die Lampe zu jeder Zeit gepflegt werden.

[0032] Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und elektronischen Betriebsgerätes zum Betreiben einer Gasentladungslampe ergeben sich aus weiteren abhängigen Ansprüchen und aus der folgenden Beschreibung.

Kurze Beschreibung der Zeichnung(en)

[0033] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen, in welchen gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen sind. Dabei zeigen:

Fig. 1 einen Graphen zur Darstellung des Zusammenhangs der Dauer einer an die Gasentladungslampe angelegten Gleichspannungsphase, der Sperrzeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Gleichspannungsphasen und der maximalen Spannungsänderung der Lampenspannung in Abhängigkeit der Lampenspannung für eine erste und zweite Ausführungsform des Betriebsverfahrens;

Fig. 2 einen Graphen, der eine zweite Ausführungsform des Betriebsverfahrens veranschaulicht;

Fig. 3 eine Darstellung eines Elektrodenpaares vor und nach der Optimierung durch das Verfahren in der zweiten Ausführungsform;

Fig. 4 Den Verlauf von Lampenspannung und Lampenstrom während einer Gleichspannungsphase mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung;

Fig. 5 den Verlauf des Lampenstroms bei einer Betriebsweise mit Maintenancepulsen;

Fig. 6a einen Graphen, bei dem der Zusammenhang zwischen der Lampenspannung und der Kommutierfrequenz in einer ersten Ausbildung der dritten Ausführungsform des Betriebsverfahrens dargestellt ist;

Fig. 6b einen Graphen, bei dem der Zusammenhang zwischen der Lampenspannung und der Kommutierfrequenz in einer zweiten Ausbildung der dritten Ausführungsform des Betriebsverfahrens dargestellt ist;

Fig. 6c eine Kurvenform des Lampenstroms für die zweite Ausbildung der dritten Ausführungsform des Betriebsverfahrens;

Fig. 7 einen Signalflussgraphen zur schematischen Darstellung einer vierten Ausführungsform eines Betriebs-

verfahrens;

Fig. 8 den zeitlichen Verlauf der Lampenspannung nach dem Einschalten einer Entladungslampe;

5 Fig. 9 den zeitlichen Verlauf der Leistung P bezogen auf die nominelle Leistung P_{nom} während eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens;

Fig. 10 den Zustand des vorderen Teils der Elektroden im Ausgangszustand (Fig. a)), nach dem Überschmelzen (Fig. b)), sowie das Wachstum der Elektroden spitzen in der Anfangsphase (Fig. c)) und im Zustand abgeschlossener Regeneration (Fig. d)); und
10

Fig. 11 den zeitlichen Verlauf des Lampenstroms und der Lampenspannung bei Ansteuerung mit asymmetrischem Strom-Dutycycle während der Überschmelzphase.

15 Fig. 12 schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Beleuchtungseinrichtung zur Ausführung des Verfahrens,

Fig. 13, eine schematische Schnittdarstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines Displaysystems,

20 Figur 14, ein schematisches Diagramm einer Lichtkurve, die bei dem ersten Ausführungsbeispiel des Displaysystems verwendet ist,

Fig. 15A-C schematische Diagramme von drei beispielhaften Lichtkurven zum Betrieb einer Beleuchtungseinrichtung gemäß dem Betriebsverfahren der fünften Ausführungsform,
25

Fig. 15D, eine tabellarische Darstellung der Lichtkurve aus Figur 15C, und

Fig. 15E-G, schematische Diagramme dreier weiterer beispielhaften Lichtkurven zur exemplarische Erläuterung des Aufbaus einer Lichtkurve,
30

Figur 16, ein schematisches Diagramm einer beispielhaften Stromstärken-Beleuchtungsstärken-Kennlinie einer Lichtquelle zum Betrieb einer Beleuchtungseinrichtung gemäß der Erfindung.

Fig. 17 einen schematischen Stromlaufplan einer beispielhaften Schaltungsanordnung zum Ausführen des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens.
35

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

Erste Ausführungsform

40
[0034] Fig. 1 zeigt einen Graphen zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen der Dauer einer an die Gasentladungslampe angelegten Gleichspannungsphase (Kurve VT), einem Abstand zwischen zwei Gleichspannungsphasen (Kurve OT), einer Spannungsänderung in der Gleichspannungsphase (Kurve VP) und der Lampenspannung für eine erste Ausführungsform des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens. Die Kurve VT stellt also die Länge der Gleichspannungsphase in Abhängigkeit von der Lampenspannung dar. Die Kurve OT stellt den Abstand, im Folgenden auch Sperrzeit genannt, zwischen zwei Gleichspannungsphasen dar, also der Zeit bis wieder eine Gleichspannungsphase an die Gasentladungslampe angelegt wird. Da bei Anlegen einer Gleichspannungsphase die Elektrode mehr oder weniger aufschmilzt und der Elektrodenabstand und damit auch die Lampenspannung steigt, ist diese nach der Gleichspannungsphase grösser als vor der Gleichspannungsphasen. Die Kurve VT zeigt nun die Änderung der Lampenspannung während der Gleichspannungsphase in Abhängigkeit von der Lampenspannung. Bei sehr kleinem Elektrodenabstand darf die Änderung recht groß sein, im vorliegenden Fall bis zu 5V betragen, da eine Vergrößerung des Elektrodenabstandes stark erwünscht ist. Ab dem optimalen Lampenspannungsbereich von 65V bis 75V sollte die maximale Änderung in der Lampenspannung nur noch 1V betragen. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt einen definierten Abstand der Elektroden spitzen und eine möglichst glatte, wenig zerklüftete Form der Elektrodenenden über die gesamte Lebensdauer der Gasentladungslampe sicher. Dies wird durch Gleichspannungsphasen erreicht, die nach Bedarf die Elektrodenenden überschmelzen und auch ein Elektrodenwachstum fördern.
50

55 [0035] Im Folgenden wird erläutert, was eine Gleichspannungsphase ist: Gleichspannungsphasen bestehen aus dem Auslassen von wenigen Kommutierungen. Diese Auslassungen werden so platziert, dass die Elektroden jeweils immer

nur wechselseitig belastet werden, dass heißt einmal wirkt die eine Elektrode während einer Gleichspannungsphase als Anode, dann wirkt nach einer Pause mit normalem Lampenbetrieb die andere Elektrode während einer Gleichspannungsphase als Anode. Die Frequenz an sich wird nicht verändert. Bei einer positiven Gleichspannungsphase wird immer nur eine erste Elektrode der Gasentladungslampe aufgeheizt, bei einer negativen Gleichspannungsphase wird immer nur eine zweite Elektrode der Gasentladungslampe aufgeheizt. Da eine positive Gleichspannungsphase immer nur auf die erste Elektrode und eine negative Gleichspannungsphasen immer nur auf die zweite Elektrode der Gasentladungslampe wirkt, können je nach Vorgehensweise verschiedene Zustände der Gasentladungslampenelektroden verändert werden. In einem alternativen Verfahren werden genau genommen keine Kommutierungen ausgelassen, sondern jede "normale" Kommutierung durch eine gleich auf sie folgende weitere Kommutierung "rückgängig" gemacht. Es werden also durch dieses Betriebsschema Pseudokommutierungen erzeugt, die im Prinzip eine Auslassung einer Kommutierung nachbilden, aber real zwei schnell hintereinander ausgeführte Kommutierungen darstellen. Dies ist aus technischen Gründen manchmal notwendig, um die das erfindungsgemäße Verfahren ausführende Schaltungsanordnung einfacher gestalten zu können. Je nach Länge und den daraus resultierenden Energieeintrag der Gleichspannungsphasen können verschiedene physikalische Prozesse im Gasentladungslampenbrenner forciert werden. Die Gleichspannungsphasen werden also durch das Auslassen von Kommutierungen beziehungsweise durch Einfügen von Pseudokommutierungen erzeugt. In der zweiten Variante sind sie somit keine Gleichspannungsphasen im engeren Sinne, da zwischendurch die Spannung und somit die Stromrichtung pro Pseudokommutierung zwei mal umgepolt wird, und durchaus einige Pseudokommutierungen pro 'Gleichspannungsphase' auftreten können.

[0036] Sehr lange Gleichspannungsphasen mit hohem Energieeintrag schmelzen das gesamte Ende der betreffenden Elektrode für kurze Zeit auf. Während der kurzen Zeitdauer, in der das Elektrodenende flüssig ist, formt sich durch die Oberflächenspannung des Elektrodenmaterials das Ende kugelförmig oder oval ein. Die Elektrodenspitzen schmelzen ab und werden durch die Oberflächenspannung des Elektrodenmaterials neutralisiert. Daraus resultiert eine geringe Vergrößerung der Bogenlänge und damit der Lampenspannung durch die Rückbildung der Elektrodenspitzen.

[0037] Kurze Gleichspannungsphasen bewirken lediglich ein Überschmelzen der Elektrodenspitzen, so dass die Form der Elektrodenspitzen beeinflusst werden kann. Dies wird dazu benutzt, die Elektrodenspitzen über die gesamte Brenndauer in möglichst optimaler Form zu halten, und eine definierte mittig ansetzende Spitze zu Erzeugen.

[0038] Ein sogenannter Maintenancepuls kann das Spitzenwachstum der Elektrodenspitze beschleunigen, und wird vorzugsweise nach einer langen Gleichspannungsphase angewandt, um auf das ovale oder runde Elektrodenende wieder eine Elektrodenspitze aufwachsen zu lassen, die einen guten Bogenansatzpunkt erzeugt. Als Maintenancepuls wird in diesem Zusammenhang ein kurzer Strompuls bezeichnet, der kurz vor oder kurz nach der Kommutierung an die Gasentladungslampe angelegt wird, um die Elektrode zu heizen. Die Länge des Maintenancepulses ist zwischen 50 μ s und 1500 μ s lang, wobei die Stromhöhe des Maintenancepulses größer ist als im stationären Betrieb. Damit wird ein Überschmelzen des äußeren Endes der Elektrodenspitze erreicht, deren thermische Trägheit eine Zeitkonstante von ca. 100 μ s aufweist.

[0039] In einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Lampe in regelmäßigen Abständen immer mit einer Gleichspannungsphase beaufschlagt, deren Länge von der Lampenspannung abhängt. Auch die Abstände zwischen zwei Gleichspannungsphasen sind abhängig von der Lampenspannung. Das Verfahren verwendet nun die Kennlinie VT nach **Fig. 1** für die Berechnung der Länge der Gleichspannungsphasen, die an die Gasentladungslampe angelegt werden.

[0040] Bei einer sehr geringen Lampenspannung, die normalerweise bei einer neuen Gasentladungslampe auftritt, und die den linken Teil der Kennlinie VT betrifft, werden verlängerte Gleichspannungsphasen an die Gasentladungslampe angelegt, um die aufwachsenden Elektrodenspitzen abzuschmelzen und den Elektrodenabstand nicht zu klein werden zu lassen. Je kleiner die Lampenspannung ist, desto länger sind die Gleichspannungsphasen. Die Gleichspannungsphasen werden unterhalb einer minimalen Lampenspannung an die Lampe angelegt. Der Bereich der minimalen Lampenspannung variiert je nach Lampentyp zwischen 45V-85V, insbesondere zwischen 55V-75V. Bei der Gasentladungslampe der vorliegenden Ausführungsform liegt die Minimalspannung bei 65V. Unterhalb 65V Lampenspannung werden also längere Gleichspannungsphasen an den Gasentladungslampenbrenner angelegt. Die Länge der Gleichspannungsphasen beträgt in der bevorzugten Ausführungsform bei 65V 40ms, wobei die Gleichspannungsphasen mit sinkender Spannung länger werden, um dann bei 60V eine Länge von 200ms zu erreichen. Die Länge der Gleichspannungsphasen kann je nach Lampentyp zwischen 5 ms und 500 ms variieren. Die Gleichspannungsphasen werden in regelmäßigen Abständen an die Gasentladungslampe angelegt. Die Abstände sind abhängig von der Lampenspannung, nicht jedoch kürzer als 180s. Bei der bevorzugten Ausführungsform beträgt die Dauer zwischen zwei Gleichspannungsphasen (Sperrzeit OT) wie in Fig 1 gezeigt (Kurve OT) 200s bei 60V Lampenspannung, wobei sie bis auf 600s bei 65V Lampenspannung ansteigt, um dann bei 110V Lampenspannung wieder auf 300s abzufallen. In einer anderen, nicht gezeigten Auslegung steigt die Dauer zwischen zwei Gleichspannungsphasen von 180s bei 60 V auf 300s bei 65V, um dann bei 110V Lampenspannung wieder auf 180s abzufallen. Grundsätzlich kann die Zeitspanne zwischen zwei Gleichspannungsphasen je nach Lampentyp zwischen 180s und 900s variieren. Zusammenfassend kann also gesagt werden, dass bei niedrigerer Spannung die Gleichspannungsphasen öfter an die Gasentladungslampe angelegt werden und auch länger

und somit Energiereicher sind. Bei hoher Lampenspannung steigt die Häufigkeit der Gleichspannungsphasen ebenfalls wieder an, um bei 110V wieder 200ms zu erreichen. Zwischen den Gleichspannungsphasen wird im normalen Betrieb immer mit einem Maintenancepuls gearbeitet, um das mittige Wachstum von Elektroden spitzen auf dem Elektrodenende zu fördern.

[0041] Bei einer optimalen Lampenspannung im mittleren Bereich der Kennlinie VT werden nur sehr kurze Gleichspannungsphasen an die Gasentladungslampe angelegt, die lediglich die Elektroden spitzen kurz Anschmelzen und damit in Form halten. Die Häufigkeit der Gleichspannungsphasen ist in diesem Bereich minimal. Die Länge der Gleichspannungsphasen beträgt in der bevorzugten Ausführungsform etwa 40ms. Die Länge der Gleichspannungsphasen kann je nach Lampentyp zwischen 0 ms und 200 ms liegen. Bei manchen Lampentypen kann auf die Gleichspannungsphasen in diesem Bereich auch ganz verzichtet werden.

[0042] Wird die Gasentladungslampe älter, so steigt die Lampenspannung an, bedingt durch den Rückbrand der Elektroden und den damit längeren Lichtbogen. Bei älteren Lampen ist die Gefahr groß, dass das Elektrodenende zerklüftet ist, und die Elektroden spitzen nicht mehr mittig aufwachsen können. Daher werden lange und energiereiche Gleichspannungsphasen an den Gasentladungslampenbrenner angelegt, die die Elektrodenenden leicht Überschmelzen und damit eine möglichst glatte Elektrodenoberfläche erzeugen. Dies kann als ein Polieren der Form des Elektrodenendes angesehen werden. Die Gleichspannungsphasen werden mit zunehmender Lampenspannung auch immer häufiger an die Gasentladungslampe angelegt, wie der Kurve OT zu entnehmen ist. Ab einer oberen Spannungsschwelle können die Parameter konstant gehalten werden. Die Dauer der Gleichspannungsphasen variiert in der bevorzugten Ausführungsform von 40ms bei 75V bis zu 200ms bei 110V Lampenspannung des Gasentladungslampenbrenners. Die Dauer der Gleichspannungsphasen kann dabei je nach Lampentyp von 2ms bis zu 500ms variieren. Die Zeitspanne zwischen zwei Gleichspannungsphasen beträgt in der vorliegenden Ausführungsform 180s bei 60V lampenspannung, steigt dann auf 600s bei 65V Lampenspannung, und sinkt auf 300s bei 110V Lampenspannung. Die Zeitspanne zwischen zwei Gleichspannungsphasen kann je nach Lampentyp zwischen 180s und 900s variieren. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Dauer der Gleichspannungsphasen bei zunehmender Lampenspannung steigt, wobei die Gleichspannungsphasen mit zunehmender Lampenspannung und bei sehr geringer Lampenspannung häufiger an die Gasentladungslampe angelegt werden.

Zweite Ausführungsform

[0043] In einer zweiten Ausführungsform des Verfahrens wird die Länge der Gleichspannungsphasen nicht über eine Kennlinie gesteuert, sondern die Länge der Gleichspannungsphasen wird über die Lampenspannung in der Gleichspannungsphase selbst geregelt. Die oben schon beschriebene Kurve VP beschreibt die maximale Spannungsänderung der Lampenspannung in der Gleichspannungsphase in Abhängigkeit von der Lampenspannung. Die Spannungsänderung wird während der Gleichspannungsphase gemessen. Dazu weist die das Verfahren ausführende Schaltungsanordnung eine Messeinrichtung auf, die die Lampenspannung vor der Gleichspannungsphase und vor allem die Änderung der Lampenspannung während einer Gleichspannungsphase messen kann. Die Änderung der Lampenspannung während der Gleichspannungsphase wird auf ein Abbruchkriterium hin ausgewertet, und die Gleichspannungsphase bei Erreichen des Abbruchkriteriums beendet. **Fig. 2** zeigt einen Graphen, der das Verfahren der zweiten Ausführungsform veranschaulicht. Es gibt zwei Schwellwerte, bei deren Unter- beziehungsweise Überschreitung das Verfahren der zweiten Ausführungsform ausgeführt wird. Solange die Lampenspannung innerhalb des optimalen Bereiches zwischen den Schwellwerten von 65V und 75V liegt, wird die Gasentladungslampe im Normalbetrieb ohne Anlegen von Gleichspannungsphasen betrieben. Verlässt die Lampe aber diesen Spannungsbereich, so werden Gleichspannungsphasen an die Lampe angelegt. Die Länge der Gleichspannungsphasen richtet sich nach der Lampenspannung und vor allem nach der Änderung der Lampenspannung, die während der Gleichspannungsphasen anliegt. Die Gleichspannungsphasen werden solange beibehalten, bis die Lampenspannung um einen zuvor berechneten oder einem vorgegebenen Wert ΔU_1 , ΔU_2 angestiegen ist. Der Spannungsanstieg der Lampenspannung in der Gleichspannungsphase beträgt je nach Gasentladungslampe zwischen 0,5V und 8V. In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der gewünschte Spannungsanstieg zwischen 5V bei 60V und 1V bei 65V. Wird der Lampenspannungsanstieg innerhalb einer vorgegebenen Maximalzeit nicht erreicht, so wird die Gleichspannungsphase beendet, um die Elektroden nicht zu schädigen. Nach einer Sperrzeit gemäß der Kurve OT, in der keine Gleichspannungsphasen angelegt werden dürfen, wird das Verfahren von neuem ausgeführt, d.h. es wird die Lampenspannung gemessen und eine weitere Gleichspannungsphase angelegt, wenn die Lampenspannung außerhalb des optimalen Bereiches von 65-75V liegt. Diese Schritte werden periodisch so oft wiederholt, bis die Lampenspannung wieder im optimalen Bereich liegt.

[0044] In den im folgenden beschriebenen Verfahren wird eine Gleichspannungsphase, die bisher immer aus einer positiven Phase für die erste Elektrode und einer negativen Phase für die zweite Elektrode bestand, in diese zwei Phasen aufgeteilt, um unterschiedliche Zustände der beiden Lampenelektroden zu behandeln. In einer ersten Ausbildung der zweiten Ausführungsform, die zum Ausgleichen einer asymmetrischen Elektrodengeometrie geeignet ist, wird die Länge der Gleichspannungsphase für den zuvor berechneten Spannungsanstieg für die erste Elektrode bestimmt, und in einer

darauffolgenden inversen Gleichspannungsphase auf die zweite Elektrode angewandt.

[0045] In einer zweiten Ausbildung, die symmetrisch auf beide Elektroden wirkt, wird die Länge der Gleichspannungsphasen für jede Elektrode aus dem Spannungsanstieg während der Gleichspannungsphasen berechnet. Die Höhe des Spannungsanstiegs ist hierbei für beide Gleichspannungsphasen gleich.

[0046] In einer dritten Ausbildung findet eine individuelle Elektrodenformung zur Zentrierung des Lichtbogens in der Brennerachse statt. In der dritten Ausbildung werden folgende Verfahrensschritte ausgeführt:

[0047] Im ersten Schritt wird die Länge der Elektrodenspitze gemäß der Relation: $I_{\text{Elektrodenspitze}} \propto \frac{\Delta U_{\text{DC-Phase}}}{T_{\text{DC-Phase}}}$ berechnet.

[0048] In einem zweiten Schritt wird die Dauer oder der Spannungsanstieg der Gleichspannungsphase für die gewünschte Verschiebung des Elektrodenschwerpunktes proportional zur individuellen Länge der Elektrodenspitze berechnet:

[0049] Für eine asymmetrische Elektrodengeometrie nach der ersten Ausbildung gilt:

$$\frac{\Delta U_{\text{Gleichspannungsphase_ersteElektrode}}}{\Delta U_{\text{Gleichspannungsphase_zweiteElektrode}}} = \frac{I_{\text{ersteElektrode}}}{I_{\text{zweiteElektrode}}};$$

$$\Delta U = \Delta U_{\text{Gleichspannungsphase_ersteElektrode}} + \Delta U_{\text{Gleichspannungsphase_zweiteElektrode}} \cdot$$

[0050] Für eine symmetrische Elektrodengeometrie nach der zweiten Ausbildung gilt:

$$\frac{T_{\text{Gleichspannungsphase_ersteElektrode}}}{T_{\text{Gleichspannungsphase_zweiteElektrode}}} = \frac{I_{\text{zweiteElektrode}}}{I_{\text{ersteElektrode}}};$$

$$T = T_{\text{Gleichspannungsphase_ersteElektrode}} + T_{\text{Gleichspannungsphase_zweiteElektrode}} \cdot$$

[0051] Durch die dritte Ausbildung der zweiten Ausführungsform des Verfahrens ergeben sich neue Vorteile, die die bisherigen Verfahren nach dem Stand der Technik nicht leisten können. Durch die Möglichkeit des asymmetrischen Einbringens von Energie in die jeweiligen Elektroden ergibt sich die Möglichkeit, den Elektrodensystemschwerpunkt zu zentrieren und in seiner zentrierten Lage über die Lebensdauer zu halten. Durch die zentrierte Lage des Elektrodenschwerpunktes innerhalb des Brennergefäßes ergibt sich eine stabilere und effektivere Lichtausbeute durch das optische System, das auf eine definierte Elektrodenlage hin berechnet wurde. Der Entladungsbogen bleibt die ganze Lebensdauer der Lampe über im Fokus. Dadurch, dass die Bogenansatzpunkte sich immer mittig auf der Elektrode befinden, ergibt sich ein durchschnittlicher Maximaler Abstand des Entladungsbogens von der Brennergefäßwand über die gesamte Lebensdauer, der eine Entglasung des Brennergefäßes wirksam vermindert. In einem fortgeschrittenen optischen System wäre es auch denkbar, dass das optische System seinen Gesamtwirkungsgrad durch eine Regelschleife, die die Elektrodenformungsmechanismen mit umfasst, optimieren und damit maximieren kann.

[0052] Natürlich ist auch ein Verfahren denkbar, dass die erste Ausführungsform und die zweite Ausführungsform gemischt verwendet, um die Elektroden und die Elektrodenspitzen in optimalem Zustand zu erhalten. Eine vorteilhafte Mischung könnte umfassen, dass bei Lampenspannungen unterhalb der unteren Lampenspannungsschwelle ein Verfahren der zweiten Ausführungsform verwendet wird, bei dem die Länge der Gleichspannungsphase durch die Lampenspannungsänderung während dieser Gleichspannungsphase bestimmt wird, und dass bei Lampenspannungen oberhalb der oberen Lampenspannungsschwelle ein Verfahren der ersten Ausführungsform verwendet wird, bei dem die Länge der Gleichspannungsphase berechnet oder durch eine Kennlinie vorgegeben wird.

[0053] **Fig. 3** zeigt eine Darstellung eines Elektrodenpaares vor und nach der Optimierung des Verfahrens in der zweiten Ausführungsform. In der Fig. 3a ist ein Elektrodenpaar 52, 54 mit den Elektrodenenden 521, 541 und den Elektrodenspitzen 523, 543 vor der Anwendung des Verfahrens in der zweiten Ausführungsform zu sehen. Der Mittelpunkt 57 der Elektroden liegt nicht im optimalen Mittelpunkt 58 des Brennergefäßes, da die Elektrodenspitze 543 wesentlich weiter aufgewachsen ist als die Elektrodenspitze 523. Daher wird das Verfahren in seiner zweiten Ausführungsform mit der Ausbildung zum Ausgleichen einer asymmetrischen Elektrodengeometrie angewandt. Nach der Durchführung des Verfahrens, sehen die Elektroden 52, 54 aus wie in Fig. 3b dargestellt: beide Elektrodenspitzen 523, 543 sind wieder gleich lang, der Mittelpunkt 57 zwischen den Elektrodenspitzen liegt wieder im Brennermittelpunkt 58. Der Entladungsbogen brennt wieder optimal im Mittelpunkt des Brennergefäßes, und der optische Wirkungsgrad des Gesamtsystems ist maximiert.

[0054] Fig. 4 zeigt den Verlauf der Lampenspannung U_{DC} und des Lampenstroms I_{DC} während einer Gleichspannungsphase mit unterschiedlicher zeitlicher Auflösung. Im oberen Graphen sind die beiden Kurven in einer geringen zeitlichen Auflösung von 4ms/DIV dargestellt. Es ist vor allem am Strom gut zu sehen, dass die positive wie die negative Gleichspannungsphase jeweils aus 3 normalen Halbwellen zusammengesetzt ist. Dies ist gut an den 2 nadelförmigen Stromimpulsen 61, 62 zu erkennen, die die Gleichspannungsphase in 3 Bereiche aufteilt. Auch in der Lampenspannung sind diese Pulse zu sehen. Der untere Graph zeigt einen dieser Pulse in einer größeren zeitlichen Auflösung von 8µs. Hier ist vor allem an der Lampenspannung U_{DC} gut die Doppelkommutierung zu sehen, die Spannung U_{DC} springt mit einer positiven Flanke auf ihren oberen Wert und etwa 2µs später wieder mit einer negativen Flanke auf ihren unteren Wert, bei dem sie bis zur nächsten Kommutierungsstelle bleibt. Der Lampenstrom I_{DC} will nach der ersten Kommutierung umschwingen, ist aber zu langsam, so dass nur ein geringer Stromeinbruch während der 2µs zu verzeichnen ist. Dies kommt daher, weil die Stromkommutierung wie Eingangs schon erwähnt langsamer abläuft als die Spannungs-
kommutierung.

[0055] Fig. 5 zeigt einen Verlauf des Lampenstroms, bei dem die Gasentladungslampe mit den oben erwähnten Maintenancepulsen MP betrieben wird. Auch hier ist deutlich zu sehen, dass die Gleichspannungsphase DCP aus zwei Halbwellen HW zusammengesetzt ist, da zwei Maintenancepulse MP in der Gleichspannungsphase auftreten.

[0056] Die Gleichspannungsphasen werden also aus Halbwellen der normalen Betriebsfrequenz zusammengesetzt, so dass die höchste Betriebsfrequenz immer ein ganzzahliges oder gebrochenrationales Vielfaches der Frequenz der Gleichspannungsphasen beträgt.

Dritte Ausführungsform

[0057] In einer dritten Ausführungsform des Verfahrens findet eine kontinuierliche Anpassung der Betriebsfrequenz in Abhängigkeit von der Lampenspannung statt. Dabei kann das Verfahren in verschiedenen Ausbildungen betrieben werden. In einer ersten Ausbildung der dritten Ausführungsform, die in Fig. 6a dargestellt ist, wird die Betriebsfrequenz in diskreten Schritten, abhängig von der Lampenspannung verändert. Dabei wird die Frequenz höher, je größer die Lampenspannung ist. Da aufgrund verschiedener Randbedingungen im Gesamtsystem nur zu bestimmten Zeiten eine Kommutierung stattfinden kann, kann die Betriebsfrequenz nur eine beschränkte Anzahl an Frequenzwerten annehmen. Wird die Gasentladungslampe z.B. in einem Videoprojektor mit einem Farbrad betrieben, so kann die Betriebsfrequenz der Gasentladungslampe nur dann kommutiert werden, wenn das Farbrad in einer Stellung ist, bei der gerade von einem Farbsegment auf das nächste gewechselt wird. Durch die gleichmäßige Umdrehungszahl des Farbrades, die wiederum von der Bildwiederholfrequenz des Videobildes abhängt, ist grundsätzlich die Frequenz der Kommutierungen über einen Umlauf des Farbrades fest vorgegeben.

[0058] Um die Gasentladungslampe optimal zu betreiben, soll aber bei einer bestimmten Lampenspannung immer eine feste Betriebsfrequenz gefahren werden. Im vorliegenden Beispiel wird z.B. bei einer Lampenspannung zwischen 0V und 50V ein Lampenstrom mit einer Betriebsfrequenz von 100Hz an die Gasentladungslampe angelegt. Da die Betriebsfrequenz aber aufgrund obiger Randbedingungen nur einige diskrete Frequenzwerte annehmen kann, ist die Anpassung der Betriebsfrequenz an die Lampenspannung recht grob. Die höchste Betriebsfrequenz ist die Frequenz, bei der zu allen möglichen Kommutierungszeitpunkten auch eine Kommutierung durchgeführt wird. Diese Frequenz ist die höchste im System darstellbare Frequenz. Die möglichen Kommutierungszeitpunkte, die durch die oben erwähnten Randbedingungen z.B. eines Farbrades vorgegeben sind, werden wie oben schon erwähnt auch als Kommutierungsstellen bezeichnet.

[0059] In einer zweiten Ausbildung der dritten Ausführungsform des Verfahrens wird die Betriebsfrequenz der Gasentladungslampe anhand einer Kennlinie kontinuierlich angepasst. Die Kennlinie einer bevorzugten Ausführungsform ist in Fig. 6b dargestellt. Bis zu einer gewissen Lampenspannung von hier 50V bleibt die Betriebsfrequenz immer gleich bei etwa 100Hz. Ab einer Lampenspannung über 50V steigt die Betriebsfrequenz kontinuierlich bis zu einer Lampenspannung von 150V an. Aufgrund der obigen Ausführungen kann nicht jede Betriebsfrequenz direkt angefahren werden. Es wird daher mit einem Verfahren gearbeitet, bei dem der Wechselrichter die Gasentladungslampe mit einer Abfolge von diskreten Frequenzen betreibt, die alle einen ganzzahligen oder gebrochenrationalen Bruchteil der höchsten Betriebsfrequenz darstellen. Um diese niedrigeren Frequenzen darzustellen, wird nicht an jeder Kommutierungsstelle wirklich kommutiert, sondern es werden jeweils zwei oder mehr Teilhalbwellen zu einer resultierenden Halbwelle HW zusammengefasst, so dass die Periodendauer der resultierenden Halbwelle ein ganzzahliger oder gebrochenrationaler Faktor der ursprünglichen Teilhalbwelle ist, wie in Fig. 5 dargestellt. Dadurch wird ein Kommutierungsmuster erzeugt, dass im zeitlichen Verlauf ein sehr unregelmäßiges Erscheinungsbild zeigen kann. Das Kommutierungsmuster besteht aus einer Hintereinanderschaltung von Halbwellen verschiedener diskreter Frequenzen. Eine das Verfahren ausführende Steuerung mixt nun diese diskreten Frequenzen in ihrer Häufigkeit so, dass der zeitliche Mittelwert der Frequenzen der gewünschten einzustellenden Betriebsfrequenz der Gasentladungslampe entspricht. Fig. 6c zeigt eine beispielhafte Kurvenform mit Kommutierungsstellen 31, 32, 33, 34, 35, bei denen Bedarfsweise eine Kommutierung erfolgen kann. Erfolgt bei jedem dieser Punkte eine Kommutierung, so wird die höchste Betriebsfrequenz erzeugt, und eine Halbwelle

ist jeweils genau eine Teilhalbwelle lang. Auch bei dieser Ausführungsform gibt es wieder die Möglichkeiten, Kommutierungen wirklich auszulassen, oder anstatt die Kommutierung auszulassen, zwei schnelle Kommutierungen hintereinander auszuführen. Dadurch, dass die Kommutierungen nur nach Bedarf ausgeführt werden, und dadurch mindestens zwei verschiedene grob abgestufte Frequenzen erzeugt werden, wobei diese dann durch ihre Häufigkeit des Auftretens auf eine sehr fein einstellbare resultierende mittlere Frequenz eingestellt werden können, können alle Randbedingungen eingehalten werden und trotzdem die Gasentladungslampe im zeitlichen Mittel mit der optimalen Frequenz betrieben werden. Dies hat den Vorteil, dass die vorgegebenen Kommutierungsstellen, die oft von Videoprojektionssystemen, bei denen der Hersteller des Videoprojektionssystems eine feste Frequenz vorgibt, um die Synchronisation mit dem Videosignal sowie mit einer im optischen System befindlichen Farbwechseleinheit bewerkstelligen zu können, benötigt werden, immer eingehalten werden, und das Verfahren damit auch bei Anwendungen durchführbar ist, bei denen durch die Kommutierungsstellen eine feste Frequenz vorgegeben ist. Wie in dieser Figur zu erkennen ist, ist das Verfahren auch dann geeignet, wenn die möglichen Kommutierungsstellen an sich nicht immer gleich beabstandet sind. Bei vielen fortschrittlichen Videoprojektionssystemen sind die verschiedenen Farbsektoren des Farbrades auch verschieden breit, so dass die zeitlichen Abstände der möglichen Kommutierungsstellen unterschiedlich sind. Dies ist bei dem vorliegenden Verfahren kein Problem, da die übergeordnete Steuereinheit dies berücksichtigen kann und aus der Vielzahl an Frequenzen, die die unterschiedlichen Halbwellen aufweisen, durch die oben erwähnte zeitliche Häufigkeitsverteilung den zeitlichen Mittelwert der resultierenden Frequenz exakt an die vorgegebene Betriebsfrequenz der Gasentladungslampe anpassen kann.

Vierte Ausführungsform

[0060] Fig. 7 zeigt einen Signalfussgraphen zur schematischen Darstellung einer vierten Ausführungsform des Verfahrens. Dieses beginnt im Schritt 100 mit dem Starten, d.h. Zünden der Lampe. Anschließend wird im Schritt 120 geprüft, ob mindestens ein Parameter in einem Wertebereich liegt, der damit korreliert ist, dass die erste und/oder die zweite Elektrode zerklüftet ist. Als dieser Parameter kommt bevorzugt die Lampenspannung oder die Betriebsdauer seit der ersten Inbetriebnahme oder seit der letzten Durchführung des Verfahrens oder der Abstand der Elektroden in Betracht. Wird die Frage mit Nein beantwortet, wird die Gasentladungslampe im Schritt 150 weiter im normalen Lampenbetrieb betrieben. Wird die Frage mit ja beantwortet, so wird die Lampe zunächst ebenfalls im Schritt 125 im normalen Lampenbetrieb betrieben. Während dieser Zeit wird aber regelmäßig überprüft, ob ein Startkriterium für das Überschmelzen erfüllt ist. Das Startkriterium kann z.B. das Erreichen einer bestimmten Lampenspannung U_{BSSoll} sein. Während dieser Zeit wird im normalen Lampenbetrieb kein Überschmelzschritt vorgenommen. Sobald das Startkriterium erfüllt ist, wird im Schritt 135 das Überschmelzen der Elektroden initiiert. Bevorzugt in äquidistanten Zeitabständen wird im Schritt 140 geprüft, ob ein Abbruchkriterium für das Ende der Überschmelzphase erfüllt ist. Dies kann bevorzugt dann sein, wenn die Lampenspannung über einen Sollwert U_{BASoll} angestiegen ist. Wird dies verneint, wird Schritt 135 fortgesetzt und anschließend wieder im Schritt 140 die Abfrage vorgenommen. Diese Wiederholung der Schritte 135, 140 erfolgt so lange, bis im Schritt 140 die Frage bejaht wird, wonach das Verfahren weitergeht zu Schritt 150 wo während des normalen Lampenbetriebs im stationären Zustand neue Elektroden spitzen auf dem vorderen Teil der Elektroden aufgewachsen werden. Während dieser Zeit wird in regelmäßigen Abständen zu Schritt 120 verzweigt, um eine kontinuierliche Regelschleife zu gewährleisten, die die Elektroden der Gasentladungslampe immer in möglichst optimalen Zustand erhält.

[0061] Fig. 8 zeigt in schematischer Darstellung den zeitlichen Verlauf der Lampenspannung U_B einer Entladungslampe nach ihrem Einschalten. Wie zu erkennen ist, wird die Lampe innerhalb der ersten 45 s mit einer Leistung P betrieben, die kleiner als die nominelle Leistung P_{nom} ist. Diese Phase wird als Hochlaufphase bezeichnet, während der der Lampe zugeführte Strom begrenzt wird, um die Gasentladungslampe beziehungsweise das elektronische Betriebsgerät nicht zu überlasten. Im Bereich nach 45s ist zwar die Lampenspannung U_B noch nicht auf ihren Dauerbetriebswert angestiegen, jedoch wird dort die Lampe bereits mit der nominellen Leistung P_{nom} betrieben, d.h. dass dort keine Strombegrenzung mehr aktiv ist. Diese Phase wird als Leistungsregelungsphase bezeichnet, während der die Lampe im wesentlichen mit ihrer nominalen Leistung betrieben wird. Der normale Lampenbetrieb setzt sich somit zusammen aus einer Hochlaufphase, die mit dem Start der Lampe beginnt, und einer Leistungsregelungsphase, die sich an die Hochlaufphase anschließt und nach einer gewissen Zeit in den stationären Zustand übergeht, während dem die Gasentladungslampe im wesentlichen mit ihren nominellen Parametern betrieben wird. Besonders die Hochlaufphase nach dem Einschalten bis 45s ist zur Durchführung des Verfahrens besonders geeignet, da dort die Brenntemperatur noch niedrig ist und der Benutzer die Lampe noch nicht zum vorgesehenen Zweck betreibt.

[0062] Fig. 9 zeigt in schematischer Darstellung den zeitlichen Verlauf des Verhältnisses der Leistung P zur nominellen Leistung P_{nom} in Prozent sowie der Lampenspannung U_B während der Durchführung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels des Verfahrens. Zunächst, d.h. im normalen Betrieb und vorliegend bis zum Zeitpunkt t_1 , wird die Entladungslampe mit der nominellen Leistung P_{nom} betrieben. Anschließend wird die Leistung P abgesenkt auf 30% der nominellen Leistung. Dies führt zur Abkühlung der Entladungslampe, aus der sich die bereits im Zusammenhang mit Fig. 2 erwähnten

Vorteile ergeben. Anschließend, d.h. zum Zeitpunkt t_2 , wird zum Überschmelzen der Elektroden die Entladungslampe mit einem Lampenstrom I betrieben, der zwischen 150 und 200% des nominellen Lampenstroms I_{nom} beträgt. Ab dem Zeitpunkt t_3 wird die Lampe mit einer Leistung betrieben, die circa 75% der nominellen Leistung P_{nom} beträgt. Daran anschließend, d.h. ab dem Zeitpunkt t_4 , wird die Leistung in 5%-Schritten, die jeweils circa 20 Minuten dauern, bis zum Erreichen der nominellen Leistung P_{nom} oder sogar darüber hinaus erhöht, was zum Aufwachsen neuer Elektroden Spitzen führt. Wie sich aus dem Verlauf der Lampenspannung U_B erkennen lässt, sinkt diese ausgehend von einem konstanten Wert, der sich während des Betriebs der Entladungslampe mit der Leistung P_{nom} eingestellt hat, während des Betriebs mit geringerer Leistung ab und steigt danach allmählich wieder an.

[0063] Fig. 10a) bis d) zeigen den Zustand der vorderen Teile der Elektroden in unterschiedlichen Stadien der Durchführung des Verfahrens. Fig. 4a) zeigt den Zustand vor der Durchführung des Verfahrens. Die vorderen Teile der Elektroden sind deutlich zerklüftet, die Elektroden Spitzen sind außermittig angeordnet, der Abstand der Elektroden beträgt d_a . Der Zustand kurz nach dem Überschmelzen der vorderen Teile der Elektroden ist in **Fig. 10b)** wiedergegeben. Deutlich erkennbar ist die Halbkugelform der vorderen Teile der Elektroden, die sich beim Überschmelzen aufgrund der Oberflächenspannung ergibt. Anstelle der Zerklüftungen zeigt sich nunmehr eine glatte Elektrodenoberfläche. Der Abstand ist angewachsen auf d_b . In diesem Zustand genügen kleine Unregelmäßigkeiten auf den Elektroden, um ein Hüpfen der Bogenansatzpunkte zu ermöglichen, was in einem Flickern der Entladungslampe resultieren würde. Deshalb wird im in Fig. c) dargestellten Schritt begonnen, Elektroden Spitzen auf die vorderen Teile der Elektroden aufzuwachsen. Durch das Aufwachsen der Elektroden verkürzt sich der Abstand. Er beträgt nunmehr d_c , wobei gilt: $d_a < d_c < d_b$. Fig. 4d) schließlich zeigt den Zustand nach der abgeschlossenen Regeneration, d.h. nach dem Schritt des Aufwachsens der Elektroden Spitzen. Die Oberfläche der Vorderseite der Elektroden ist nach wie vor unzerklüftet, wobei jedoch Elektroden Spitzen aufgewachsen sind, wodurch sich der Abstand d_d gegenüber der Darstellung von Fig. c) verringert hat. Es gilt: $d_d \leq d_a < d_c < d_b$. Im Vergleich mit Fig. 4a fällt auch die größere Lichtausbeute auf.

[0064] Während eine bevorzugte Anwendung von Entladungslampen und damit des Verfahrens Projektoren sind, betrifft das Verfahren jedoch alle Arten von Entladungslampen, insbesondere beispielsweise auch Xenon-Autolampen. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass für die Durchführung des Verfahrens die bisher zum Betreiben einer Entladungslampe verwendeten elektronischen Betriebsgeräte nicht auf eine höhere Belastung ausgelegt werden müssen, da das Strom-Zeit-Integral entscheidend ist, weshalb gegebenenfalls ein niedrigerer Strom einfach etwas länger angelegt wird.

[0065] Fig. 11 zeigt den zeitlichen Verlauf des Lampenstroms, oben, und der Lampenspannung U_B , unten, bei Ansteuerung mit asymmetrischem Strom-Dutycyle während der Überschmelzphase. Gut zu erkennen ist, dass einzelne Kommutierungen unmittelbar hintereinander doppelt ausgeführt werden. Zwei unmittelbar hintereinander ausgeführte Kommutierungen sind unter dem Begriff sog. "Dummy-Kommutierungen" bekannt. Dadurch wird eine beabsichtigte Unsymmetrie bzw. ein DC-Anteil im Lampenstrom erzeugt. Wie ebenfalls zu erkennen ist, nimmt die Lampenspannung U_B , wie gewünscht, zu. Alternativ können auch einzelne Kommutierungen ausgelassen werden.

Fünfte Ausführungsform

[0066] Die fünfte Ausführungsform bezieht sich auf ein Betriebsverfahren, das mit einem Betriebsgerät ausgeführt werden kann um in einer Beleuchtungseinrichtung neben der Elektrodenformung auch die Bildqualität zu verbessern. Die Beleuchtungseinrichtung 10 gemäß dem Ausführungsbeispiel der **Figur 12** umfasst eine Lichtquelle 1, vorliegend eine Gasentladungslampe, die Licht mit einem Farbort im weißen Bereich der CIE-Normfarbtafel aussendet. Bei der Gasentladungslampe 1 handelt es sich um eine Punktlichtquelle mit einem sehr kleinen Bogenabstand, die eine hohe Energiedichte von 100 W/mm³ bis 500 W/mm³ aufweist.

[0067] Weiterhin umfasst die Beleuchtungseinrichtung 10 gemäß der **Figur 12** ein Betriebsgerät 2, wie beispielsweise einen Funktionsgenerator, der elektrische Signale mit einer Leistung von 100 W bis 500 W bereitstellen kann, und das erfindungsgemäße Verfahren ausführt. Das Betriebsgerät 2 steuert die Lichtquelle 1 nach dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einem elektrischen Stromstärkesignal an, das einer Lichtkurve 3 folgt. Lichtkurven 3 werden später in Zusammenhang mit den **Figuren 13 und 15A bis 15C** näher erläutert.

[0068] Die Lichtkurve 3 bei dem Ausführungsbeispiel gemäß der **Figur 15A** umfasst eine periodische Abfolge von jeweils drei Segmenten S_R , S_G , S_B . Das erste Segment S_B ist der Farbe Blau zugeordnet, das zweite Segment S_R der Farbe Rot und das dritte Segment S_G der Farbe Grün. Diese Lichtkurve 3 kann beispielsweise alternativ zu der Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 14** in dem Betriebsgerät 2 der Beleuchtungseinrichtungen 10, 11 abgespeichert sein, die in den Displaysystemen gemäß der **Figur 13** verwendet ist. Die verschiedenen Segmente der Lichtkurve sind dabei verschiedenen Teilhalbwellen zugeordnet, aus denen der an die Gasentladungslampe anzulegende Wechselstrom besteht. damit folgt der Lampenstrom der abgespeicherten Lichtkurve. Da die Lichtabgabe der Gasentladungslampe mit dem Lampenstrom korreliert, folgt die Lichtabgabe der Gasentladungslampe der abgespeicherten Lichtkurve.

[0069] Das erste Segment S_B der Lichtkurve der **Figur 15A** ist der Farbe Blau zugeordnet und weist eine Dauer t_B von ca. 1300 μ s auf. Während dieses Zeitintervalls t_B beträgt der Lichtfluss der Beleuchtungseinrichtung 10, 11 ca. 108 %.

[0070] An das erste Segment S_B schließt sich ein zweites Segment S_R an, das der Farbe Rot zugeordnet ist und eine Dauer von t_R aufweist. Während eines ersten Zeitintervalls t_{R1} des Zeitintervalls t_R beträgt der Lichtfluss der Beleuchtungseinrichtung 10, 11 kurzfristig ca. 150 %, während der Lichtfluss in einem zweiten Zeitintervall t_{R2} , das sich an das erste Zeitintervall t_{R1} direkt anschließt und mit diesem das Zeitintervall t_R ausbildet, ca. 105 % beträgt. Das Zeitintervall t_{R1} ist hierbei deutlich kürzer als das Zeitintervall t_{R2} . Das Zeitintervall t_{R1} beträgt vorliegend ca. 100 μ s, während das Zeitintervall t_{R2} vorliegend ca. 1200 μ s beträgt.

[0071] An das zweite Segment S_R schließt sich ein drittes Segment S_G an, das der Farbe Grün zugeordnet ist und eine Dauer t_G von ebenfalls ca. 1300 μ s aufweist. Auch das Zeitintervall t_G teilt sich wie das Zeitintervall t_R in zwei Zeitintervalle t_{G1} und t_{G2} auf, wobei das erste Zeitintervall t_{G1} deutlich länger ist als das zweite Zeitintervall t_{G2} . Das erste Zeitintervall t_{G1} beträgt vorliegend ca. 1200 μ s, während das zweite Zeitintervall t_{G2} des grünen Segmentes eine Dauer von ca. 100 μ s aufweist. Während des ersten Zeitintervalls t_{G1} weist die Lichtkurve 3 einen konstanten Wert von ca. 85% auf, der für das Zeitintervall t_{G2} kurzfristig auf einen Wert von ca. 45% abgesenkt ist.

[0072] Nach Ablauf dieser drei Segmente S_R , S_G , S_B erfolgt eine im Wesentlichen periodische Wiederholung dieser drei Segmente S_R , S_G , S_B , wobei die Anordnung der kurzen Zeitintervalle t_{R1} , t_{G2} innerhalb der Segmente, in denen der Lichtfluss gegenüber dem restlichen Segment S_R , S_G deutlich angehoben oder abgesenkt ist von der Periodizität abweicht. Die kurzen Zeitintervalle der Lichtkurve 3, in denen die Beleuchtungsstärke stark abgesenkt ist, dienen der Erhöhung der Farbtiefe wie bereits im allgemeinen Beschreibungsteil beschrieben. Die kurzen Segmente innerhalb derer die Beleuchtungsstärke stark angehoben sind, sind Maintenancepulse, die wie oben schon beschrieben zur Stabilisierung der Elektroden der Gasentladungslampen dienen.

[0073] Die **Figur 15B** zeigt zwei Lichtkurven 3. Die Diagramme stellen die Beleuchtungsstärke und die Farbe in Abhängigkeit der Zeit dar. Sie enthalten jeweils eine volle Periode der Lichtkurvenform, in der Regel mit einer Dauer zwischen 16 und 20 ms.

[0074] Die Lichtkurve des Ausführungsbeispiels gemäß **Figur 15C** ist auf ein Filtrerrad 6 mit sechs verschiedenen Filtern mit den Farben Gelb, Grün, Magenta, Rot, Cyan und Blau ausgelegt. Dementsprechend setzt sich die Lichtkurve 3 aus einer periodischen Abfolge sechs verschiedener Segmente S_Y , S_G , S_M , S_R , S_C , S_B zusammen, die der jeweiligen Farbe zugeordnet sind. Die Segmente S_Y , S_G , S_M , S_R , S_C , S_B werden in Folgenden mit der Farbe bezeichnet, der sie zugeordnet sind. Jedes Segment S_Y , S_G , S_M , S_R , S_C , S_B der Lichtkurve 3 weist hierbei einen konstanten Wert des Lichtflusses während dem größten Teil der Dauer des jeweiligen Segmentes auf.

[0075] Den einzelnen Segmenten S_Y , S_G , S_M , S_R , S_C , S_B sind wieder Zeitintervalle t_Y , t_G , t_M , t_R , t_C , t_B zugeordnet, die sich in zwei oder drei Zeitintervalle t_{Y1} , t_{Y2} , t_{G1} , t_{G2} , t_{M1} , t_{M2} , t_{M3} , t_{R1} , t_{R2} , t_{C1} , t_{C2} , t_{C3} , t_{B1} , t_{B2} aufteilen, wobei jeweils eines der Zeitintervalle deutlich länger ist als die anderen. Diese Zeitintervalle werden im Folgenden als "lange Zeitintervalle" bezeichnet. Die Werte des Lichtflusses in den langen Zeitintervallen der einzelnen Segmente sind der Tabelle in **Figur 15D** in der Zeile "segment light level" zu entnehmen. Das gelbe und das grüne Segment S_Y , S_G weisen einen konstanten Lichtfluss von 80% während des langen Zeitintervalls auf. Das magentafarbene und das rote Segment S_M , S_R weisen einen Lichtfluss von 120% während des langen Zeitintervalls auf, während das cyanfarbene Segment S_C einen Lichtfluss von 80% während des langen Zeitintervalls aufweist und das blaue Segment S_B einen Lichtfluss von 120% während des langen Zeitintervalls. Am Ende eines jeden Segmentes befindet sich eine kurze Zeitdauer, während derer das Lichtniveau gegenüber dem langen Zeitintervall stärker abgesenkt ist. Diese Werte sind der Tabelle in **Figur 15D** unter der Zeile "negative pulse light level" zu entnehmen. Bei dem gelben und bei dem grünen Segment S_Y , S_G ist der Lichtfluss auf einen Wert von 40%, bei dem magentafarbenen und dem roten Segment S_M , S_R auf einen Wert von 60 %, bei dem cyanfarbenen Segment S_C , auf einen Wert von 40 % und bei dem blauen Segment S_B auf einen Wert von 60 % abgesenkt. Weiterhin findet am Ende des magentafarbenen Segmentes S_M und am Ende des cyanfarbenen Segmentes S_C eine Kommunikation statt, die mit Pfeilen symbolisiert ist und jeweils mit einem gegenüber dem langen Zeitintervall angehobenen Lichtfluss verknüpft ist.

[0076] Die Segmentgrößen der unterschiedlichen Farben sind, wie der Tabelle in **Figur 15D** in der Zeile "segment size" zu entnehmen, nicht identisch, sondern betragen bei dem gelben und dem grünen Segment S_Y , S_G einen Wert von 60°, bei dem magentafarbenen Segment S_M einen Wert von 40°, bei dem roten Segment S_R einen Wert von 70°, bei dem cyanfarbenen Segment S_C einen Wert von 62° und bei dem blauen Segment S_B einen Wert von 68°. Diese Werte sind auf die Lichtkurve 3 abgestimmt.

[0077] In Verbindung mit einer Lichtkurve 3, deren Segmente S_R , S_G , S_B den Farben Rot, Grün und Blau zugeordnet sind, wie beispielsweise in den **Figuren 14 und 15A** gezeigt, findet in der Regel ein Filtrerrad 6 mit zwei roten, zwei blauen und zwei grünen Filtern Anwendung. Die Filter sind hierbei bevorzugt in der Reihenfolge, Rot, Grün, Blau, Rot, Grün, Blau angeordnet. Die Größen der einzelnen Farbfiltersegmente können hierbei gleich sein (60° für alle sechs Filter) oder unterschiedlich, abgestimmt auf die verwendete Lichtkurve 3. Das Filtrerrad kann alternativ auch aus jeweils nur einem roten, einem blauen und einem grünen Filter bestehen.

[0078] Im Folgenden werden anhand der **Figuren 15E, 15F und 15G** die Funktionen der einzelnen Zeitintervalle innerhalb der Segmente S_R , S_G , S_B beispielhaft näher erläutert.

[0079] Die Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 15E** umfasst wie die Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 15A** eine periodisches

Abfolge eines Segmentes S_B , das der Farbe blau zugeordnet ist, eines Segmentes S_R , das der Farbe Rot zugeordnet ist und eines Segmentes S_G , das der Farbe Grün zugeordnet ist. Jedes Segment S_R , S_G , S_B weist eine Dauer von ca. 1500 μ s auf. Das Zeitintervall t_B , das Zeitintervall t_R und das Zeitintervall t_G , die dem jeweiligen Segment S_R , S_G , S_B zugeordnet sind, weisen daher gleiche Länge auf. Innerhalb eines Segmentes S_R , S_G , S_B weist die Lichtkurve 3 jeweils einen konstanten Wert auf. Während des Zeitintervalls t_B weist die Lichtkurve 3 einen Wert von ca. 95% auf, während des Zeitintervalls t_R einen Wert von ca. 100% und während des Zeitintervalls t_G einen Wert von ca. 110%. Mittels der unterschiedlichen Niveaus der Lichtkurve 3 wird der Lichtfluss der Beleuchtungseinrichtung derart angepasst, dass ein Displaysystem mit dieser Beleuchtungseinrichtung eine gewünschte Farbtemperatur aufweist.

[0080] Die Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 15F** zeigt exemplarisch kurze Zeitintervalle t_{B2} , t_{B3} , t_{R2} , t_{G1} , t_{G2} , t_{G3} zum Ende jedes Segmentes S_R , S_G , S_B , ähnlich wie sie bereits oben in Verbindung mit **Figur 15A** beschrieben wurden. Die Lichtkurve 3 setzt sich wiederum aus einer periodischen Abfolge eines Segmentes S_B , das der Farbe Blau zugeordnet ist, eines Segmentes S_R , das der Farbe Rot zugeordnet ist und eines Segmentes S_G , das der Farbe Grün zugeordnet ist, zusammen. Das Zeitintervall t_B , t_R , t_G jedes Segmentes unterteilt sich vorliegend in drei Zeitintervalle eines langen Zeitintervalls t_{1B} , t_{1R} , t_{1G} zu Beginn jedes Segmentes S_R , S_G , S_B und zweier kurzer Zeitintervalle t_{B2} , t_{B3} , t_{R2} , t_{G1} , t_{G2} , t_{G3} jeweils zum Ende jedes Segmentes S_R , S_G , S_B . Während der kurzen Zeitintervalle t_{B2} , t_{B3} , t_{R2} , t_{G1} , t_{G2} , t_{G3} ist der Lichtfluss der Lichtkurve 3 und somit der Wechselstrom durch die Gasentladungslampe stufenweise abgesenkt. Beispielsweise sei hier das Segment S_B , das der Farbe Blau zugeordnet ist, beschrieben. Während dem Zeitintervall t_{B1} beträgt die Lichtkurve 3 einen Wert von ca. 110%. In dem Zeitintervall t_{B2} , das direkt auf das Zeitintervall t_{B1} folgt, beträgt die Lichtkurve 3 einen Wert von ca. 55%, während der Wert der Lichtkurve 3 in dem an das Zeitintervall t_{B2} anschließenden Zeitintervall t_{B3} auf ca. 30% abgesenkt ist. Das Zeitintervall t_{B1} weist eine Dauer von ca. 1300 μ s auf, während die Zeitintervalle t_{B2} und t_{B3} jeweils eine Dauer von ca. 10 μ s aufweisen. Die restlichen Segmente S_R , S_G der Lichtkurve sind identisch aufgebaut, wie das Segment S_B , das der Farbe Blau zugeordnet ist. Die Absenkung der Lichtkurve 3 während der kurzen Zeitintervalle t_{B2} , t_{B3} , t_{R2} , t_{G1} , t_{G2} , t_{G3} dient dazu, die Farbtiefe des Displaysystems, in dem die Beleuchtungseinrichtung Verwendung findet, zu verbessern.

[0081] Die Lichtkurve 3 gemäß der **Figur 15G** zeigt die beiden anhand der **Figuren 15E und 15F** bereits erläuterten Lichtkurvenformen gemeinsam in einer Lichtkurve 3, wie sie auch in einer Beleuchtungseinrichtung Anwendung finden kann. Die Beschreibung der kurzen Segmente t_{B2} , t_{B3} , t_{R2} , t_{G1} , t_{G2} , t_{G3} zum Ende jedes Segmentes S_R , S_G , S_B der **Figur 15F** ist hierbei auch für die kurzen Zeitintervalle t_{B2} , t_{B3} , t_{R2} , t_{G1} , t_{G2} , t_{G3} der **Figur 15G** gültig, während die Niveaus der Lichtkurve 3 während des langen Zeitintervallen t_{B1} , t_{R2} , t_{G3} jedes Segmentes S_R , S_G , S_B dem Wert gemäß der Lichtkurve 3 der **Figur 15E** entspricht.

[0082] Die Stromstärke-Beleuchtungsstärke-Kennlinie des Ausführungsbeispiels gemäß der **Figur 16** ist annähernd linear. Sie gibt auf der y-Achse eine Stromstärke in Prozent an und auf der y-Achse ein Lichtlevel in Prozent.

[0083] Mittels der Stromstärke-Beleuchtungsstärke-Kennlinie, die ebenfalls in dem Betriebsgerät 2 der Beleuchtungseinrichtung 10, 11 gespeichert sein kann, ist es möglich, dass bei veränderten Lampenbetriebsparametern, wie etwa der Stromstärke, die Helligkeit der Lichtquelle 1, 1R, 1G, 1B der Beleuchtungseinrichtung 10, 11 auf der von der Lichtkurve 3 vorgegebenen Beleuchtungsstärke gehalten wird. Durch die Korrelation über die Kennlinie kann die Vorgabe in der Lichtkurve direkt in einen Wechselstrom für die Gasentladungslampe umgewandelt werden. Die verschiedenen Plateaus der Lichtkurve werden dabei in jeweilige Teilhalbwellen umgewandelt, wobei die Kommutierungsstellen von dem Betriebsgerät 2 anhand von Synchronisationsvorgaben einer Videoelektronik in der Beleuchtungsvorrichtung 10 ausgewählt werden.

[0084] Die in **Fig. 17** dargestellte Schaltung stellt ein Beispiel für eine Schaltungsanordnung 21 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dar, die einen Teil des Betriebsgerätes 2 bildet. Diese Schaltungsanordnung 21 gliedert sich in die folgenden Blöcke: Spannungsversorgung SV, Vollbrücke VB, Zündung Z, und Steuerungsteil C. Die Blöcke SV, VB, C und Z können identisch wie entsprechende Blöcke in herkömmlichen Schaltungsanordnungen aufgebaut sein. Die Spannungsversorgung regelt die Leistung der Gasentladungslampe, wobei sich hierüber die Lampenspannung einstellt. Die Lampenleistung mit der entsprechenden Lampenspannung wird an die Vollbrücke angelegt, die daraus eine rechteckförmige Lampenleistung erzeugt, die an die Gasentladungslampe angelegt wird. Gestartet wird die Gl mittels einer Resonanzzündung durch die beiden Lampendrosseln L2 und L3 und den Kondensator C2, die damit gleichzeitig die Zündeinheit Z bilden. Die Ausführung in **Fig. 17** ist lediglich beispielhaft. Der Steuerungsteil C, der die Vollbrücke und die Spannungsversorgung ansteuert, kann als analoge Steuerung aufgebaut sein, bevorzugt ist der Steuerungsteil C jedoch ein digitaler Regler, der besonders bevorzugt einen Mikrocontroller aufweist.

[0085] Das Schaltbild ist lediglich schematisch und es sind nicht alle Steuer- und Sensorleitungen gezeigt.

[0086] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Gasentladungslampe (LP) mit einem Gasentladungslampenbrenner und einer ersten und einer zweiten Elektrode (52, 54),
wobei die Elektroden (52, 54) vor ihrer ersten Inbetriebnahme einen nominellen Elektrodenabstand im Gasentladungslampenbrenner aufweisen, der mit der Spannung der Gasentladungslampe korreliert ist, und die Gasentladungslampe (LP) im Normalbetrieb mit einem niederfrequenten rechteckförmigen Lampenstrom betrieben wird,
folgende Schritte umfassend:
 - a) Prüfen, ob eine Sperrzeit (OT), die der Zeitdauer zwischen zwei Gleichspannungsphasen entspricht, abgelaufen ist, wobei die Gleichspannungsphasen aus dem Auslassen von wenigen Kommutierungen bestehen,
 - b) wenn die Sperrzeit (OT) abgelaufen ist, Auslassen von Kommutierungen oder Anlegen von Pseudokommutierungen für eine vorbestimmte Zeitdauer (VT),
wobei Pseudokommutierungen zwei schnell hintereinander ausgeführte Kommutierungen darstellen,
dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Zeitdauer (VT) von der Lampenspannung abhängt, dergestalt, dass für jede Lampenspannung entweder bei Lampenspannungen oberhalb einer oberen Lampenspannungsschwelle eine Zeitdauer (VT) des Auslassens von Kommutierungen/Anlegens von Pseudokommutierungen vorbestimmt ist, vorzugsweise bei dem die Länge (VT) der Gleichspannungsphase berechnet oder durch eine Kennlinie vorgegeben wird, oder bei Lampenspannungen unterhalb einer unteren Lampenspannungsschwelle, wobei die Zeitdauer (VT) auch durch eine Änderung der Lampenspannung während der Gleichspannungsphasen bestimmt ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zeitdauer (VT) je nach Spannung der Gasentladungslampe (LP) zwischen 40ms und 200ms lang ist.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sperrzeit je nach Spannung der Gasentladungslampe (LP) zwischen 180s und 900s beträgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sperrzeit zwischen 180s und 600s beträgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass das Anlegen von Gleichspannungsphasen für eine Zeitdauer (VT) derart geschieht, dass der Energieeintrag in die erste Elektrode und in die zweite Elektrode unterschiedlich groß ist.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass auf die Halbwellen (HW) des Lampenstromes mindestens ein Puls höherer Stromstärke (MP) aufmoduliert wird, der zwischen 50 μ s und 1500 μ s lang ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Halbwelle (HW) des Lampenstroms aus mehreren Teilhalbwellen besteht, wobei ein Teil der Kommutierungen oder alle Kommutierungen zwischen zwei Halbwellen (HW) durch eine kurz darauf erfolgende weitere Kommutierung wieder rückgängig gemacht wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verschiedenen Teilhalbwellen einer Halbwelle (HW) unterschiedliche Stromstärken an die Gasentladungslampe anlegen.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass es während des Hochlaufs der Gasentladungslampe ausgeführt wird.
10. Elektronisches Betriebsgerät, aufweisend ein Zündgerät (Z), einen Wechselrichter (VB) und eine Steuerschaltung (C), **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-9 ausführt.
11. Projektor mit einem elektronischen Betriebsgerät nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Projektor ausgelegt ist, während der Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ein Bild zu projizieren.
12. Projektor nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Projektor das Verfahren nach einem oder meh-

ren der Ansprüche 1-9 nach dem Start des Projektors ausführt.

Claims

1. Method for operating a gas discharge lamp (LP) having a gas discharge lamp burner and a first and a second electrode (52, 54),
wherein, before their initial start-up, the electrodes (52, 54) have a nominal electrode spacing in the gas discharge lamp burner, which nominal electrode spacing is correlated with the voltage of the gas discharge lamp, and the gas discharge lamp (LP) is operated in normal operation using a low-frequency square-wave lamp current, comprising the following steps:
 - a) checking whether a blocking time (OT), which corresponds to the period between two DC voltage phases, has passed, wherein the DC voltage phases consist of the omission of a few commutations,
 - b) when the blocking time (OT) has passed, omitting commutations or applying pseudo-commutations for a predetermined period (VT), wherein pseudo-commutations constitute two commutations executed rapidly one after another,

characterized in that
the predetermined period (VT) depends on the lamp voltage in such a way that, for each lamp voltage, either a period (VT) of the omission of commutations/application of pseudo-commutations is predetermined at lamp voltages above an upper lamp voltage threshold, preferably wherein the length (VT) of the DC voltage phase is calculated or prescribed by a characteristic curve, or at lamp voltages below a lower lamp voltage threshold, wherein the period (VT) is also determined by a change in the lamp voltage during the DC voltage phases.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the period (VT) is between 40 ms and 200 ms long depending on the voltage of the gas discharge lamp (LP).
3. Method according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the blocking time is between 180 s and 900 s depending on the voltage of the gas discharge lamp (LP).
4. Method according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the blocking time is between 180 s and 600 s.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** DC voltage phases are applied for a period (VT) in such a way that the energy input into the first electrode and into the second electrode is of a different magnitude.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one pulse of a higher current intensity (MP) is modulated onto the half-waves (HW) of the lamp current, which pulse is between 50 μ s and 1500 μ s long.
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** a half-wave (HW) of the lamp current consists of a plurality of partial half-waves, wherein a portion of the commutations or all of the commutations between two half-waves (HW) is/are reversed again by a further commutation occurring shortly thereafter.
8. Method according to Claim 7, **characterized in that** the different partial half-waves of a half-wave (HW) apply different current intensities to the gas discharge lamp.
9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** said method is executed during the start-up of the gas discharge lamp.
10. Electronic operating device, having an ignition device (Z), an inverter (VB) and a control circuit (C), **characterized in that** said electronic operating device executes a method according to one or more of Claims 1-9.
11. Projector having an electronic operating device according to Claim 10, **characterized in that** the projector is designed to project an image during performance of a method according to one of Claims 1 to 9.
12. Projector according to Claim 11, **characterized in that** the projector executes the method according to one or more

of Claims 1-9 after the projector has started.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner une lampe à décharge à gaz (LP) comportant un brûleur de lampe à décharge à gaz et une première et une deuxième électrode (52, 54), les électrodes (52, 54) présentant, avant leur première mise en service, une distance nominale entre les électrodes dans le brûleur de lampe à décharge à gaz, laquelle est corrélée avec la tension de la lampe à décharge à gaz, et la lampe à décharge à gaz (LP) étant, en fonctionnement normal, exploitée avec un courant de lampe rectangulaire basse fréquence, comportant les étapes suivantes :

a) vérifier si un temps de blocage (OT) correspondant à la durée entre deux phases de tension continue a expiré, les phases de tension continue consistant à omettre un petit nombre de commutations ;

b) si le temps de blocage (OT) a expiré, omettre des commutations ou appliquer des pseudo-commutations pour une durée prédéfinie (VT), les pseudo-commutations étant deux commutations exécutées rapidement l'une à la suite de l'autre,

caractérisé en ce que

la durée prédéfinie (VT) dépend de la tension de la lampe en ce sens que, pour chaque tension de la lampe, soit une durée (VT) de l'omission de commutations / de l'application de pseudo-commutations est déterminée pour des tensions de la lampe supérieures à un seuil de tension de la lampe supérieur, de préférence la longueur (VT) de la phase de tension continue étant calculée ou spécifiée par une courbe caractéristique, ou pour des tensions de la lampe inférieures à un seuil de tension de la lampe inférieur, la durée (VT) étant également déterminée par une modification de la tension de la lampe pendant les phases de tension continue.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la durée (VT) est comprise entre 40 ms et 200 ms selon la tension de la lampe à décharge à gaz (LP).

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le temps de blocage est compris entre 180 s et 900 s selon la tension de la lampe à décharge à gaz (LP).

4. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le temps de blocage est compris entre 180 s et 600 s.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'application de phases de tension continue pour une durée (VT) a lieu de telle sorte que l'apport d'énergie dans la première électrode et dans la deuxième électrode est différente.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**est modulée, sur les demi-ondes (HW) du courant de lampe, au moins une impulsion d'intensité de courant supérieure (MP) dont la longueur est comprise entre 50 μ s et 1500 μ s.

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'**une demi-onde (HW) du courant de lampe se compose de plusieurs demi-ondes partielles, une partie des commutations ou toutes les commutations entre deux demi-ondes (HW) étant annulées par une autre commutation qui se produit peu après.

8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** les différentes demi-ondes partielles d'une demi-onde (HW) appliquent différentes intensités de courant à la lampe à décharge à gaz.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il est exécuté pendant l'initialisation de la lampe à décharge à gaz.

10. Alimentation électronique comportant un appareil d'allumage (Z), un onduleur (VB) et un circuit de commande (C), **caractérisé en ce qu'**il exécute un procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 9.

11. Projecteur comportant une alimentation électronique selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** le projecteur est conçu pour projeter une image pendant l'exécution d'un procédé selon l'une des revendications 1 à 9.

12. Projecteur selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le projecteur exécute le procédé selon une ou plusieurs des revendications 1 à 9 après le démarrage du projecteur.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

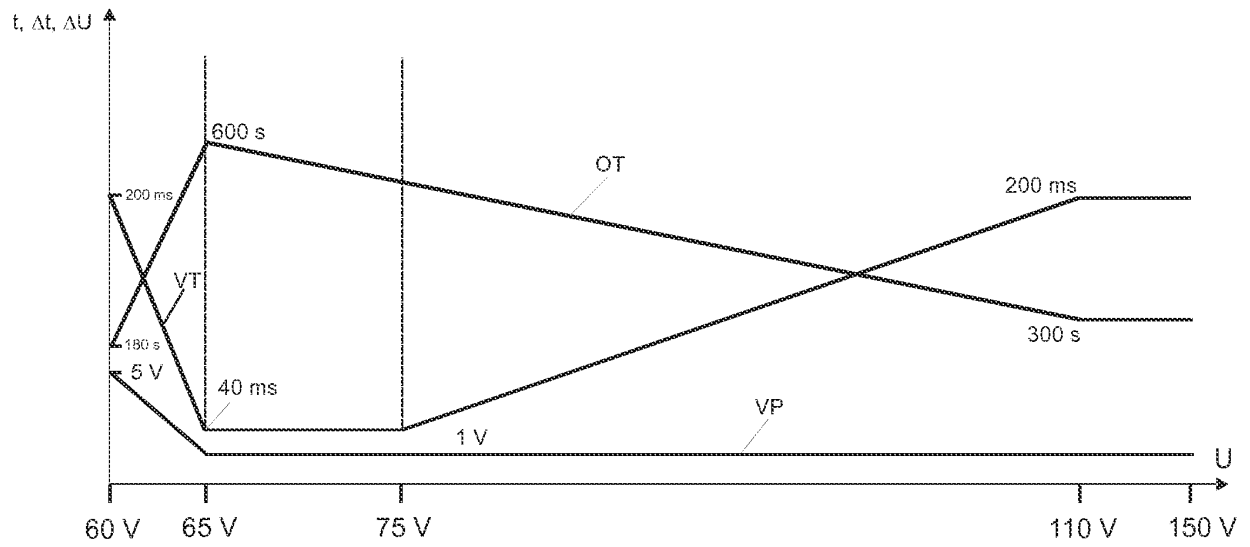


FIG 1

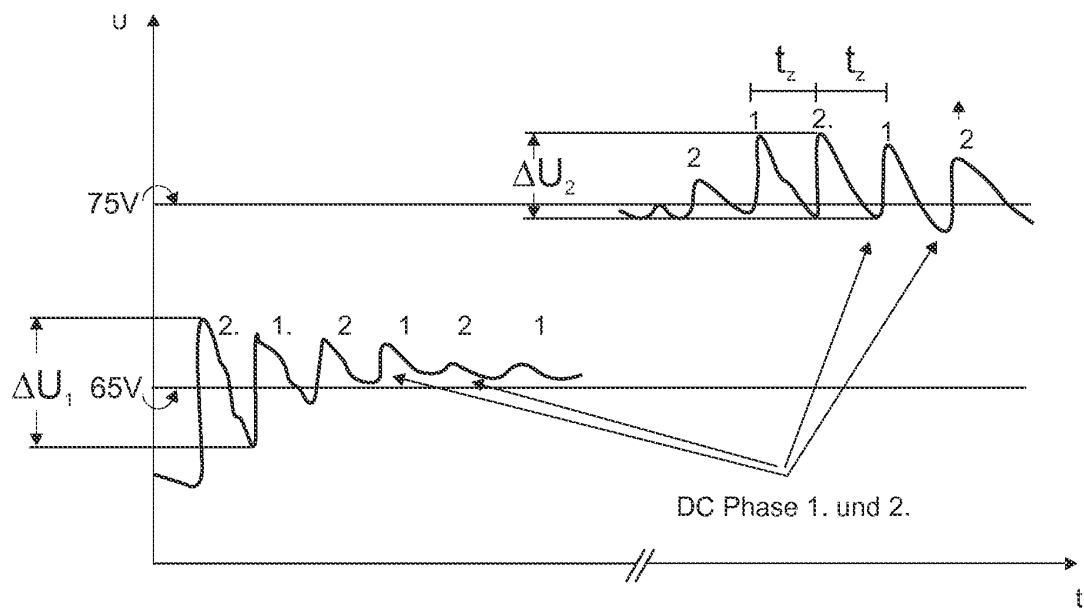


FIG 2

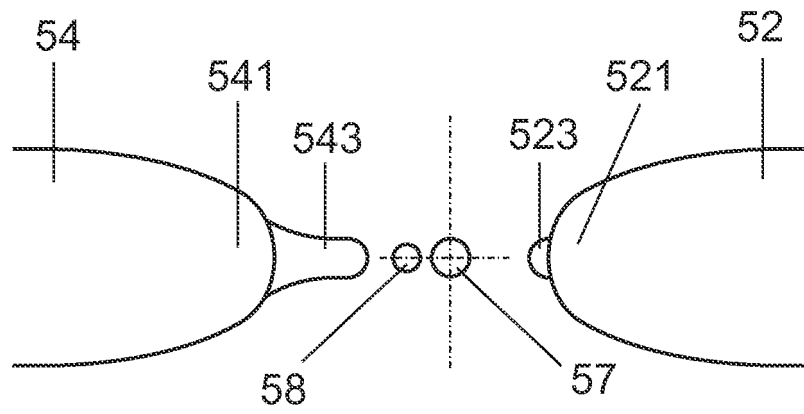


FIG 3a

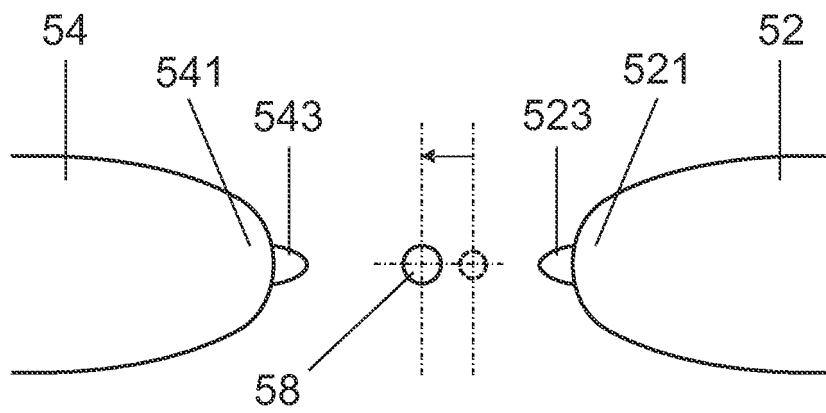


FIG 3b

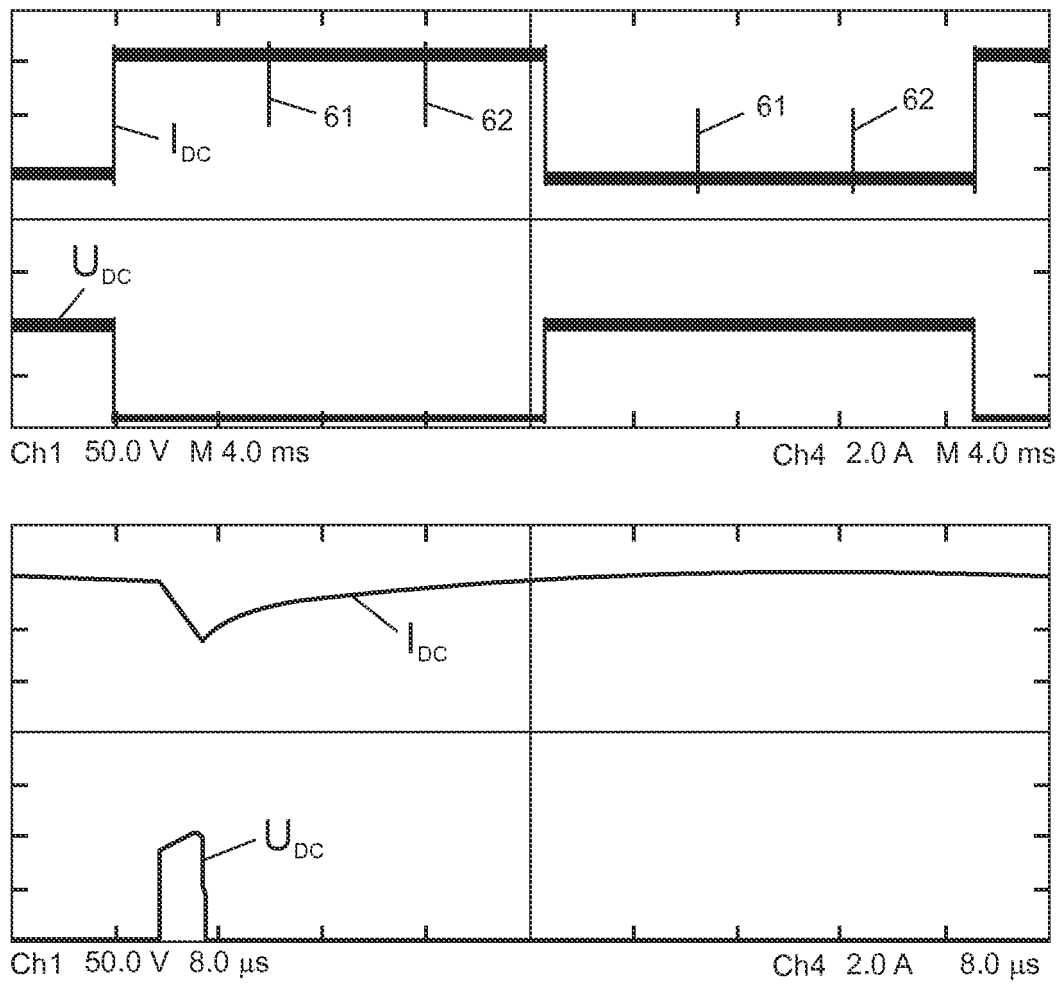


FIG 4

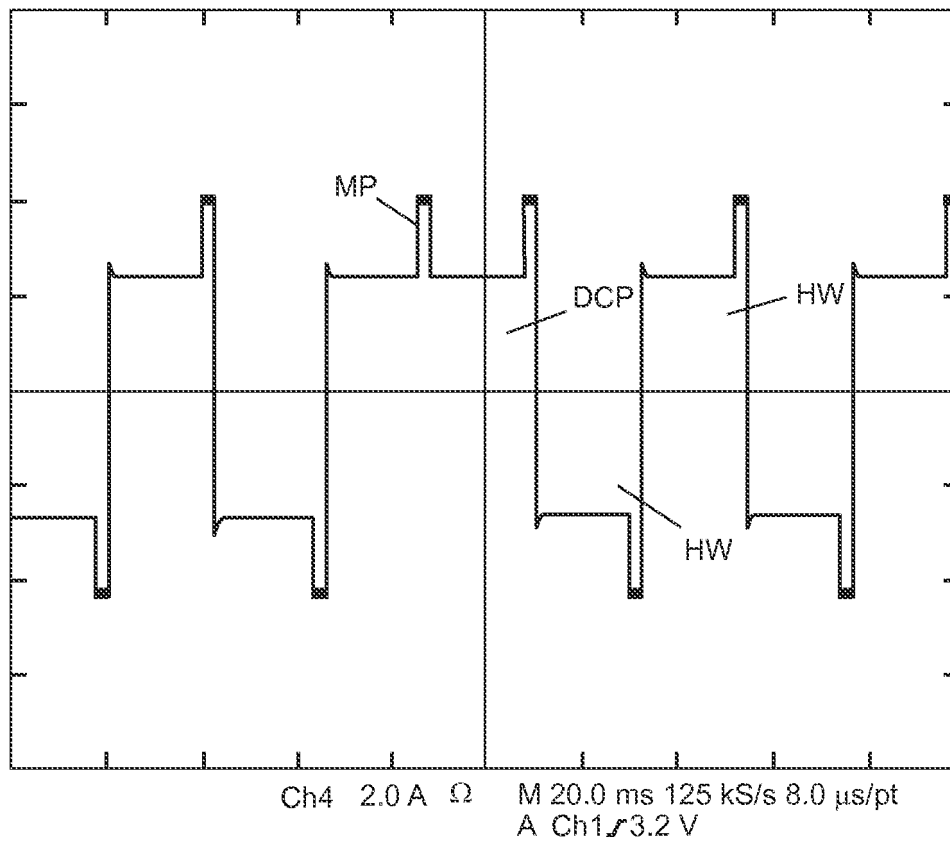


FIG 5

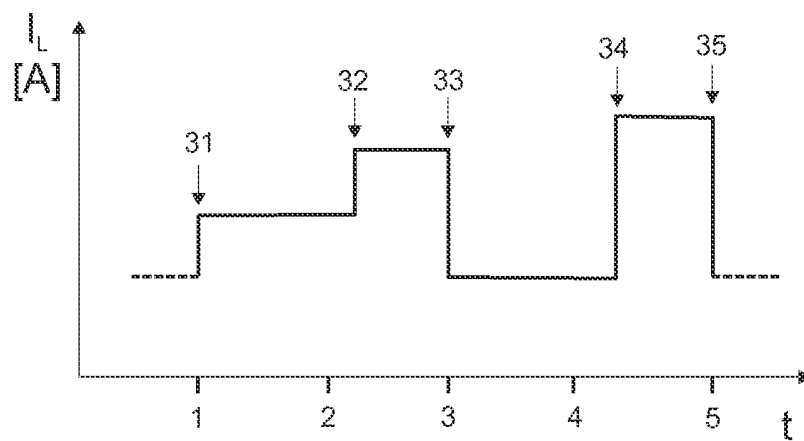
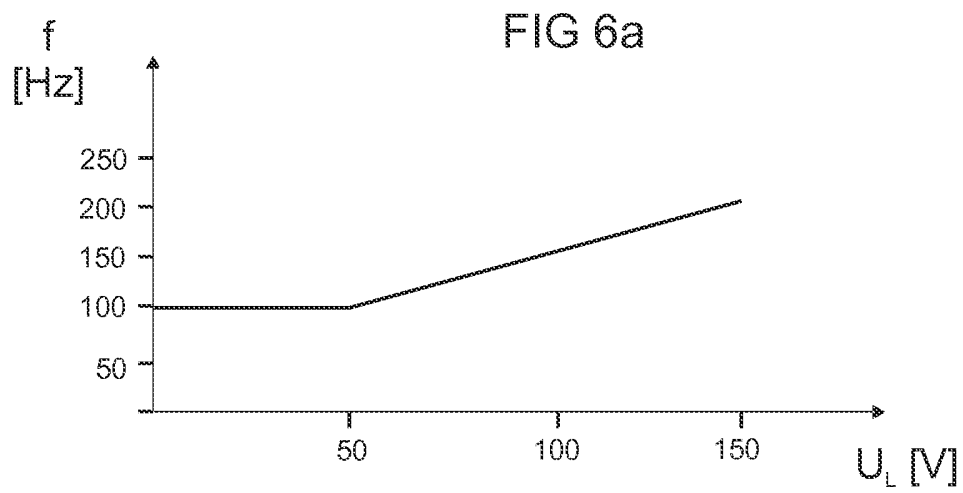
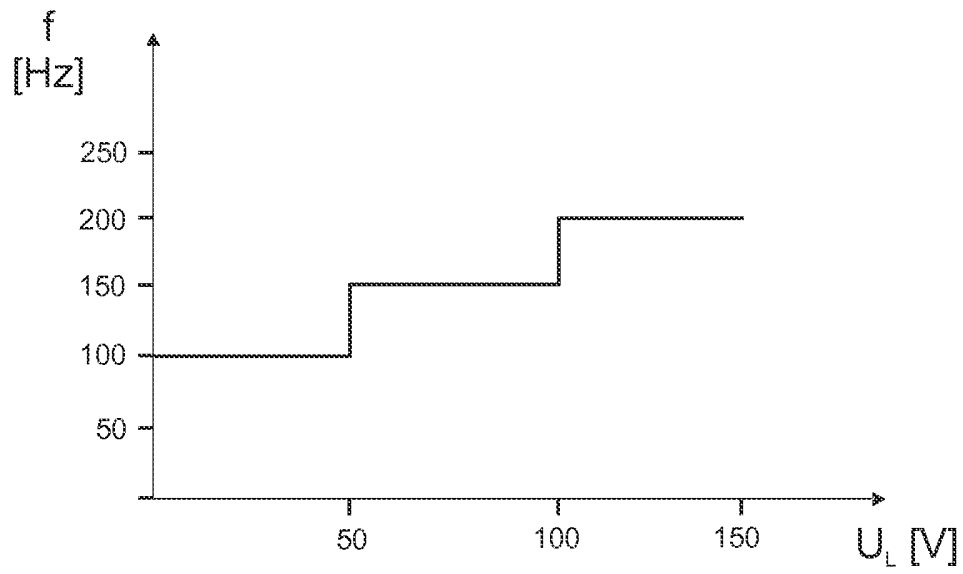


FIG 6c

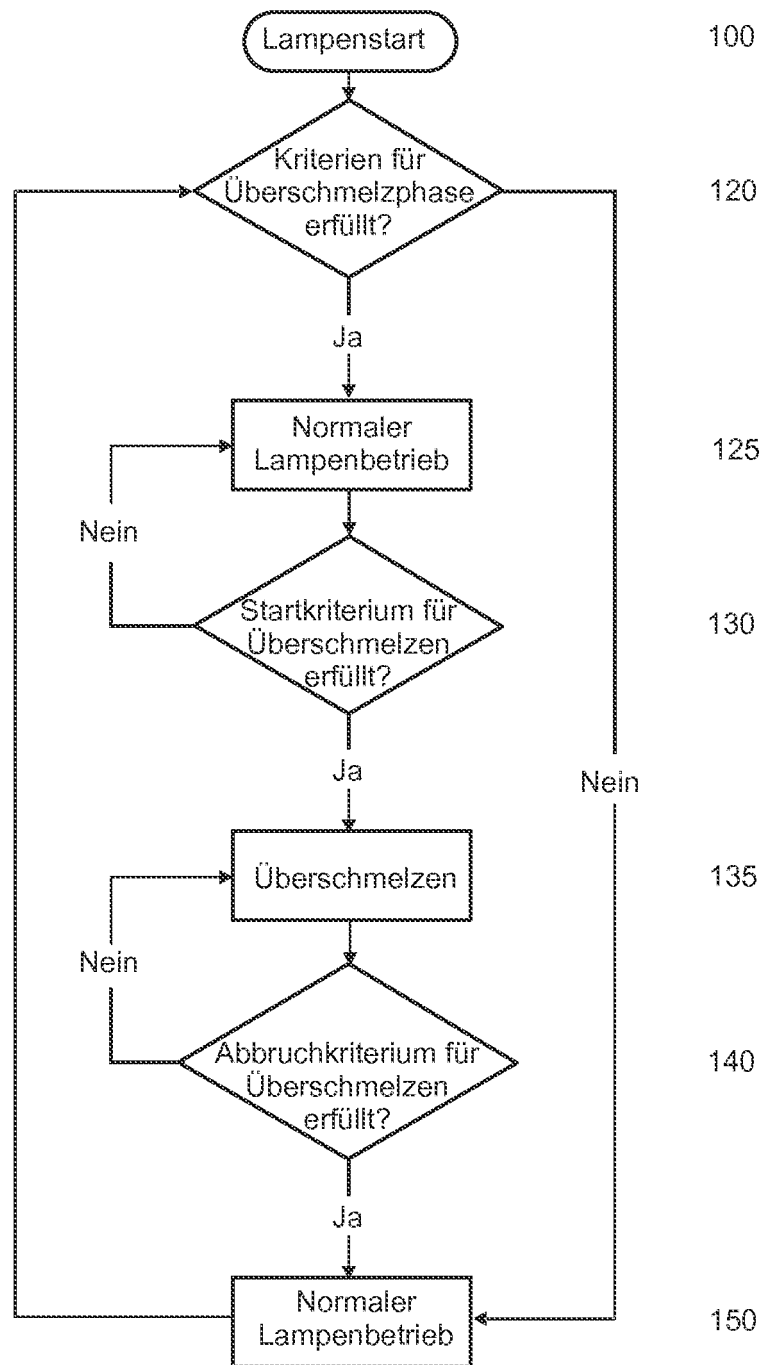


FIG 7

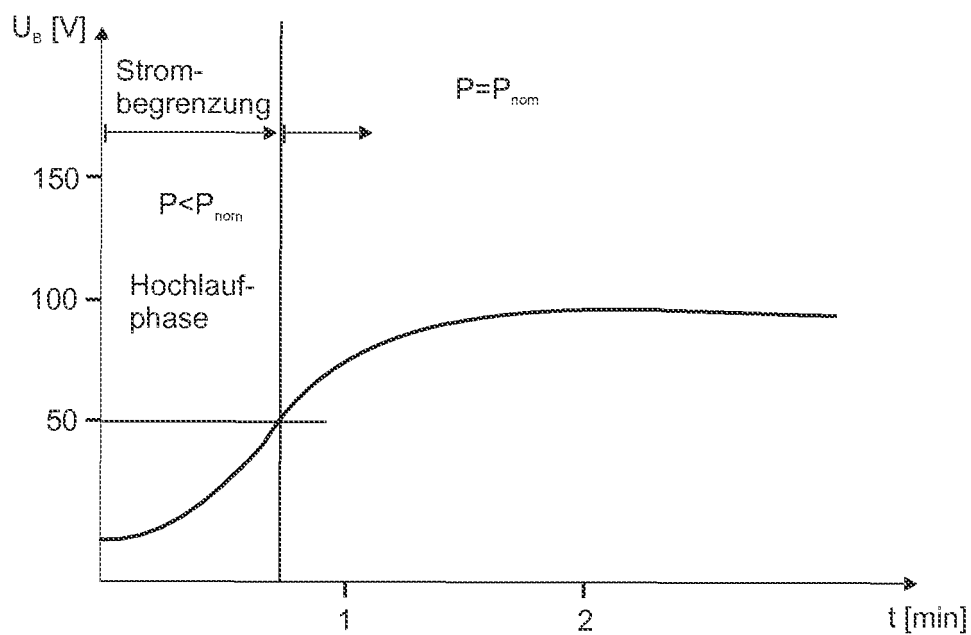


FIG 8

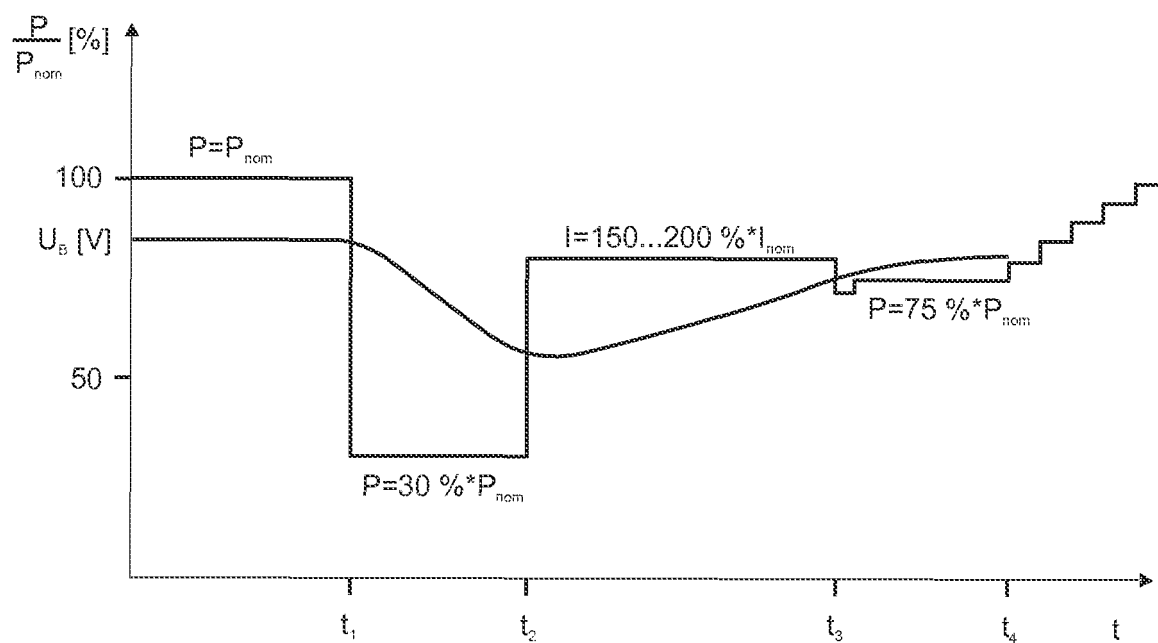
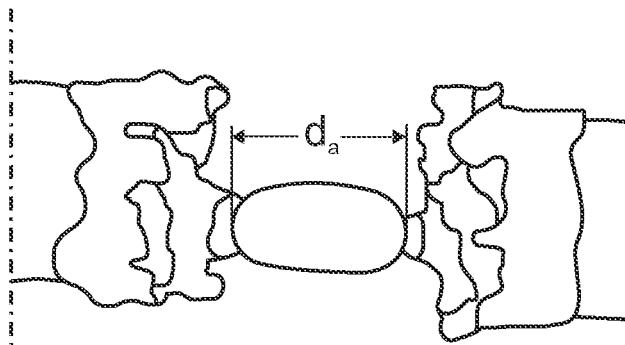
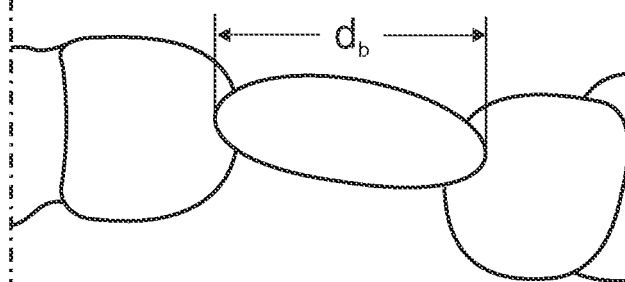


FIG 9



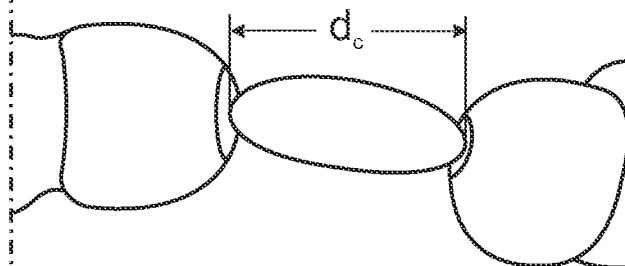
d_a

FIG 10a



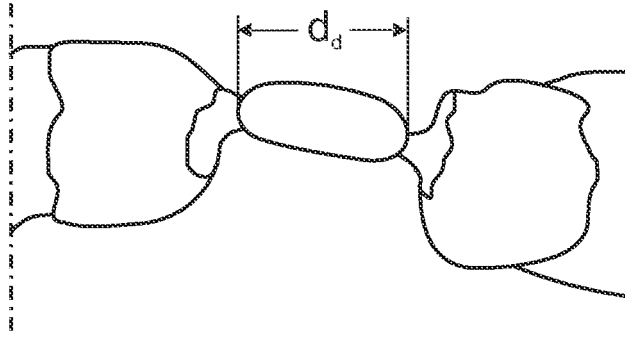
$d_a < d_b$

FIG 10b



$d_a < d_c < d_b$

FIG 10c



$d_d < d_a < d_c < d_b$

FIG 10d

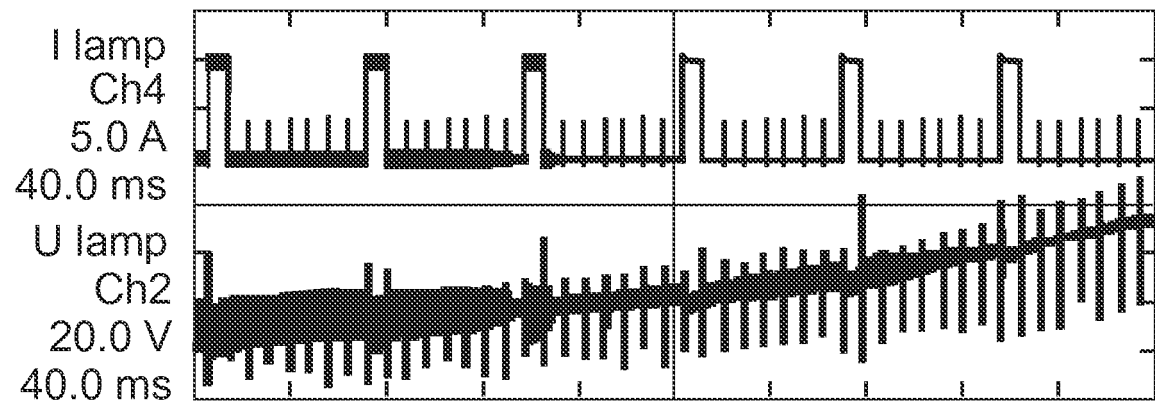


FIG 11

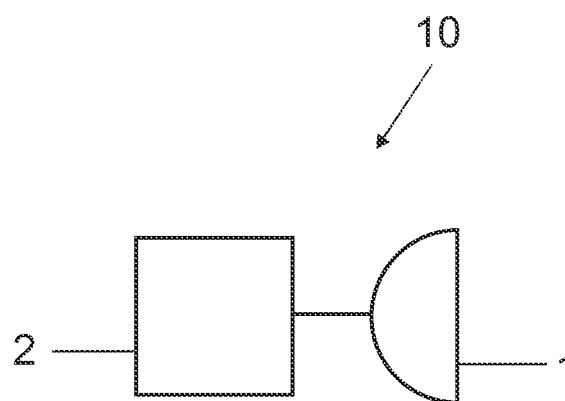


FIG 12

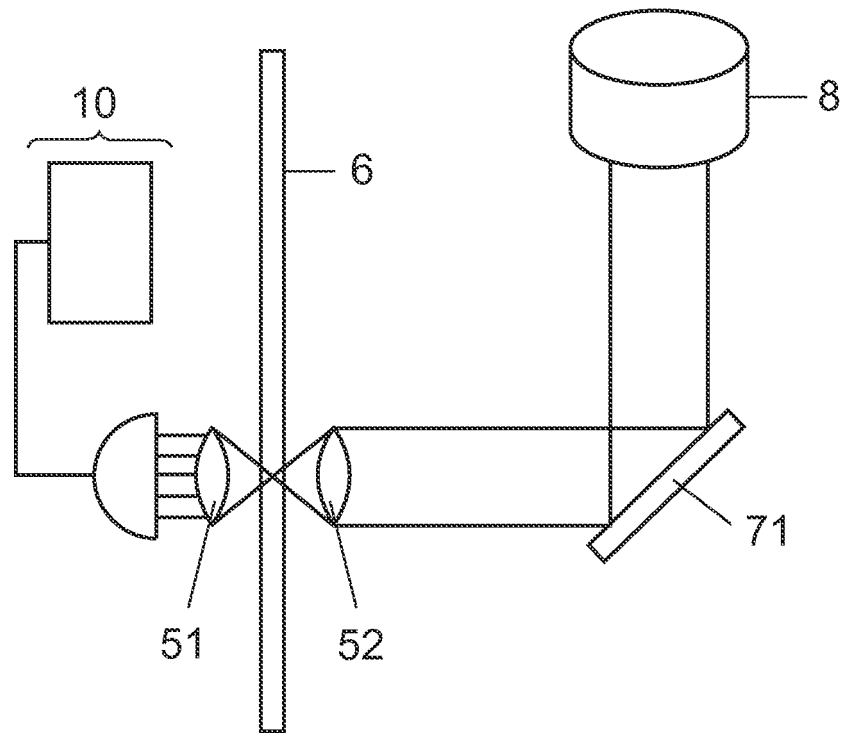


FIG 13

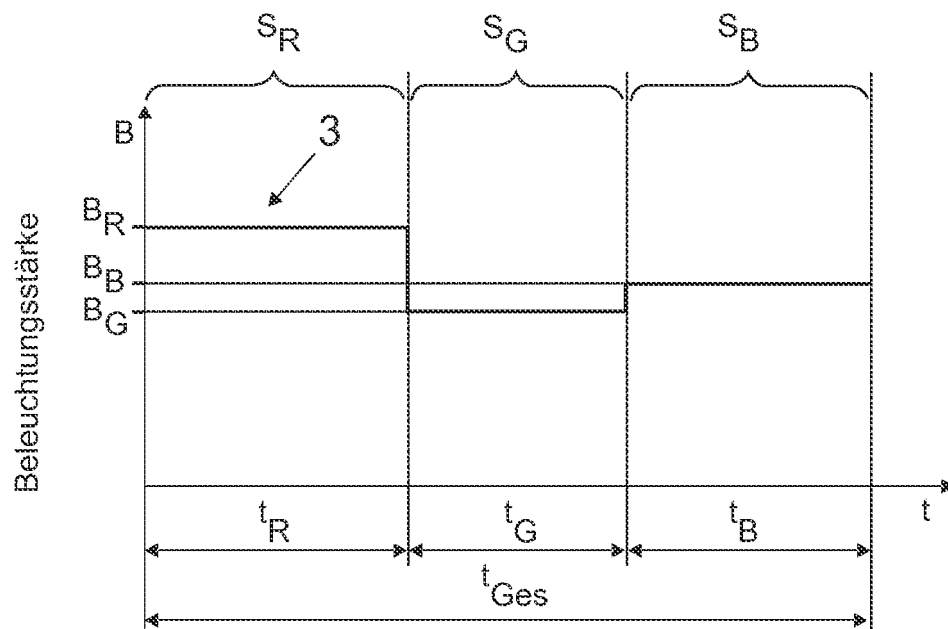


FIG 14

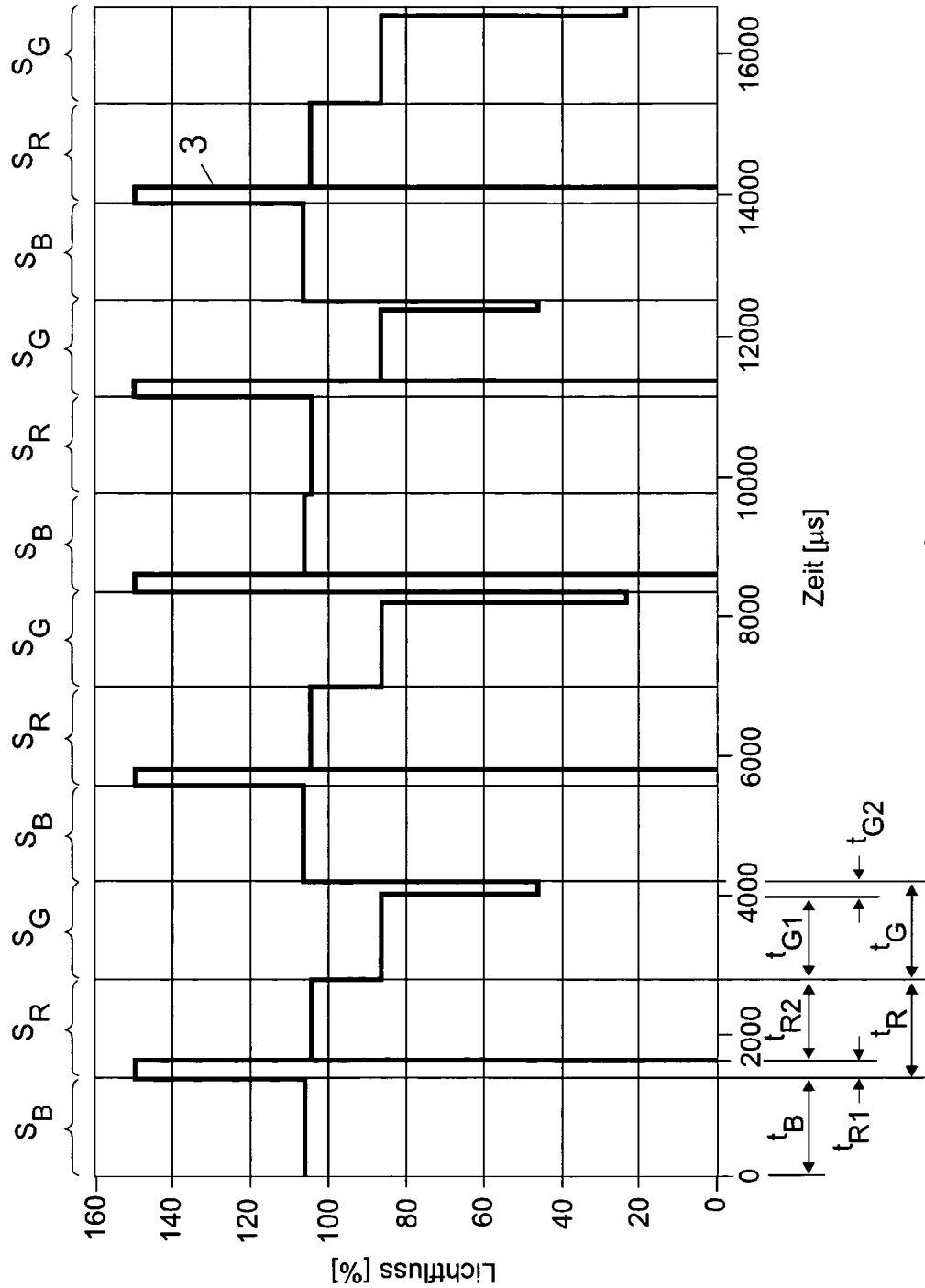


FIG15a

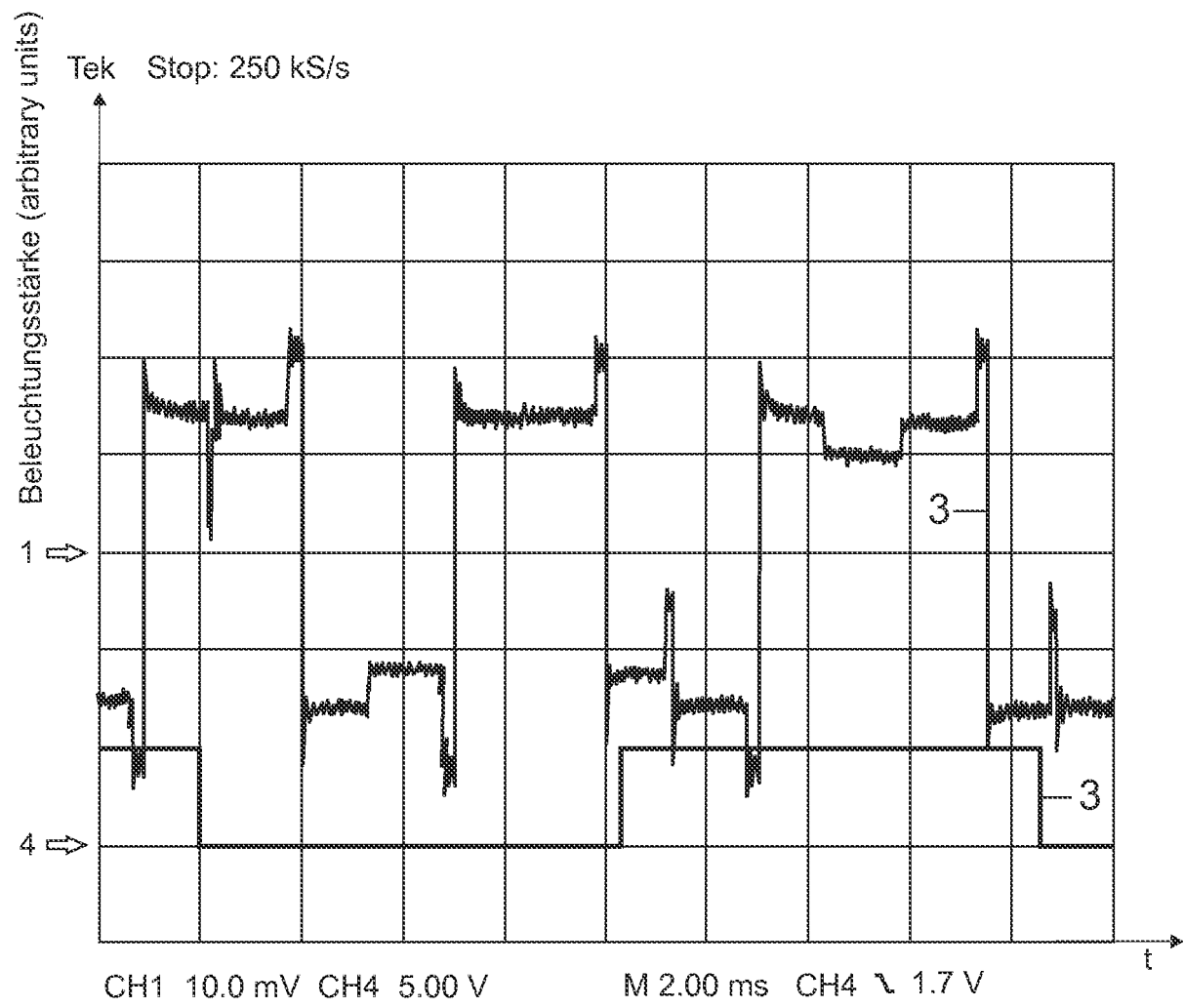


FIG 15b

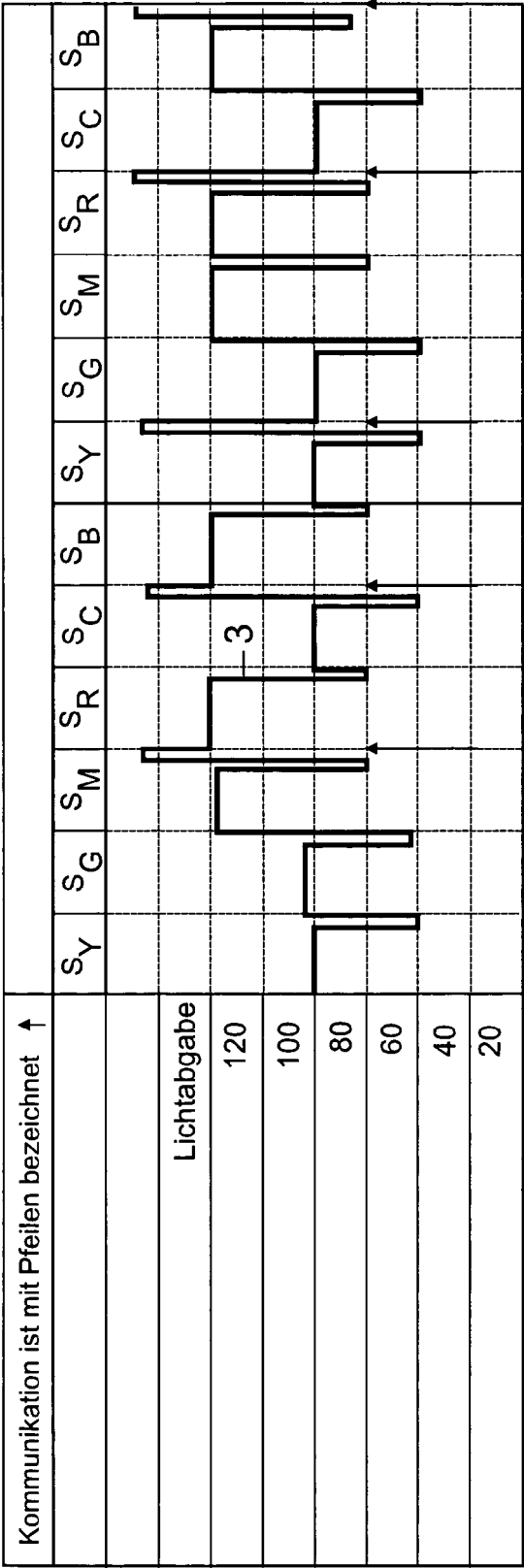


FIG 15c

	S_Y	S_G	S_M	S_R	S_C	S_B	S_Y	S_G	S_M	S_R	S_C	S_B
Segmentgröße (*)	60	60	40	70	62	68	60	60	40	70	62	68
Kommunikation (nach dem Segment)			X		X		X			X		X
Segmentlichtfluss (%)	80	80	120	120	80	120	80	80	120	120	80	120
Lichtfluss im negativen Puls (%)	40	40	60	60	40	60	40	40	60	60	40	60

FIG 15d

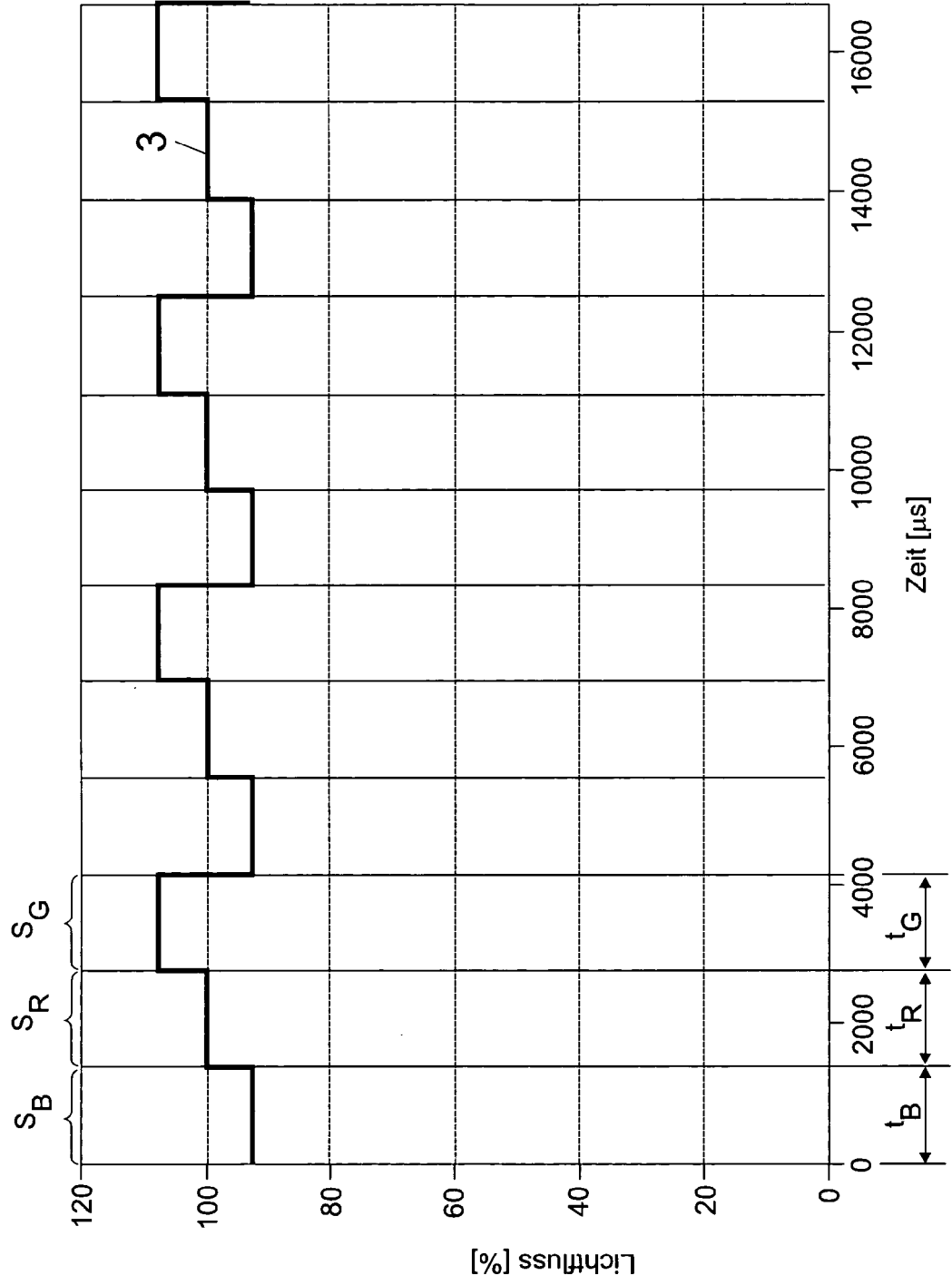


FIG 15e

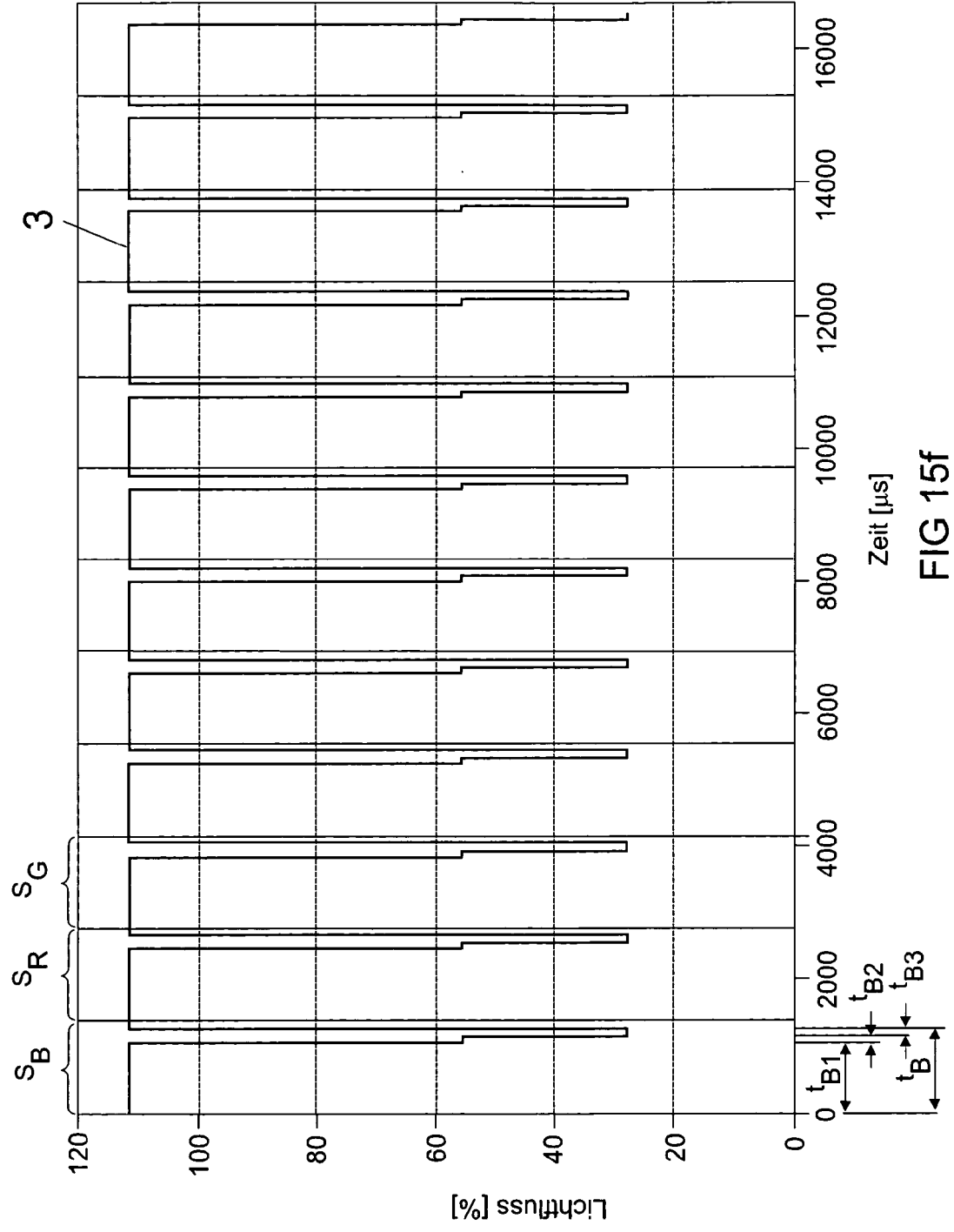
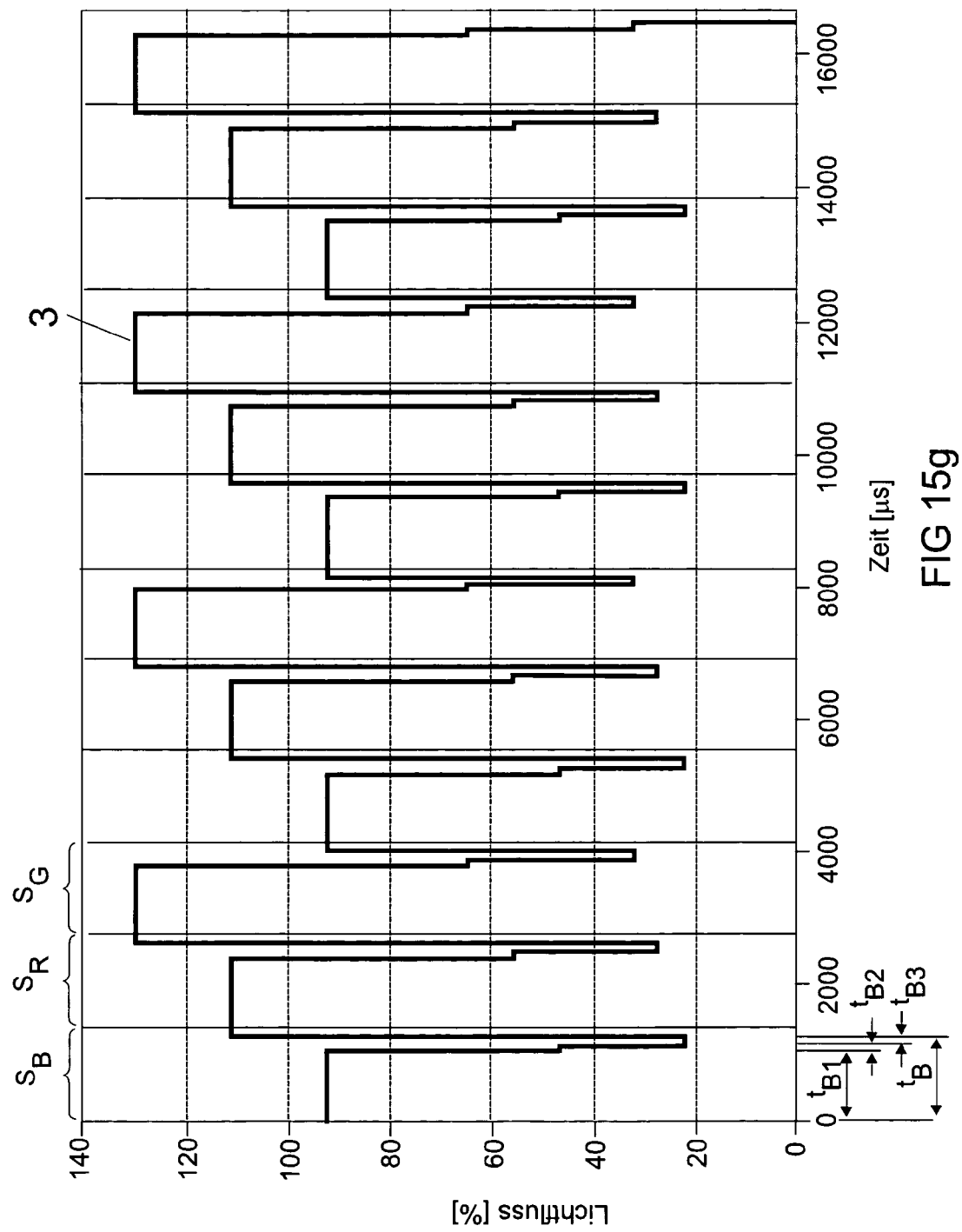


FIG 15f



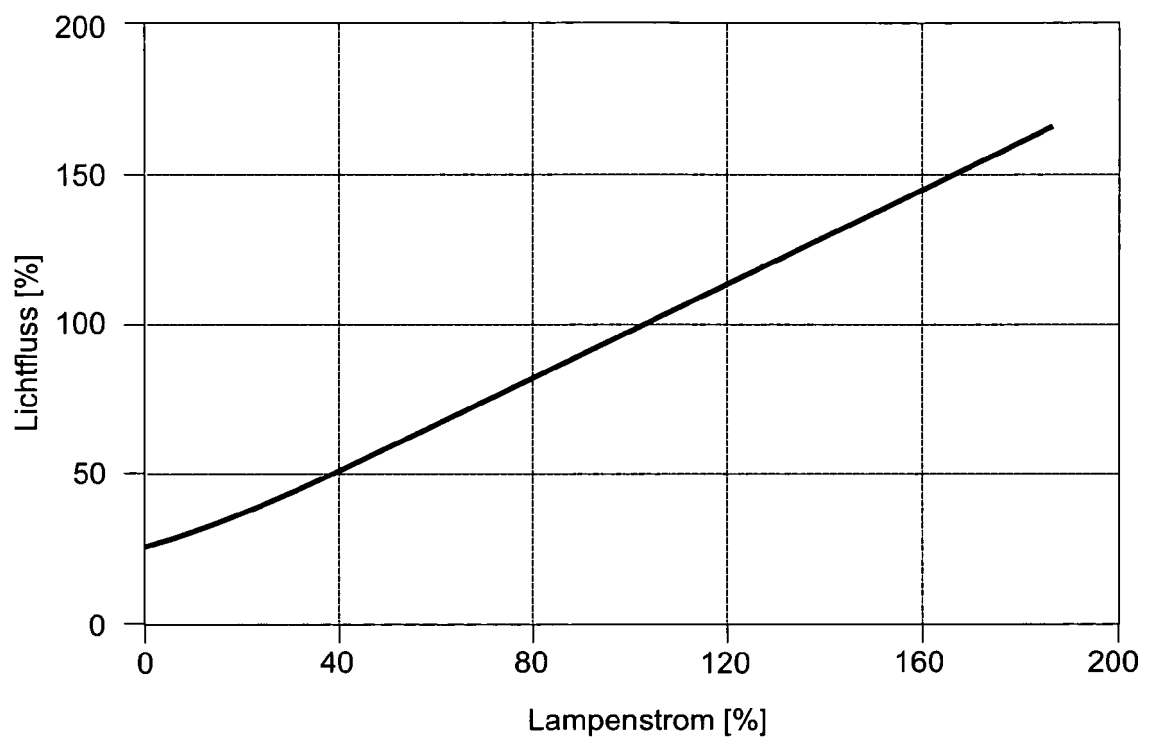


FIG16

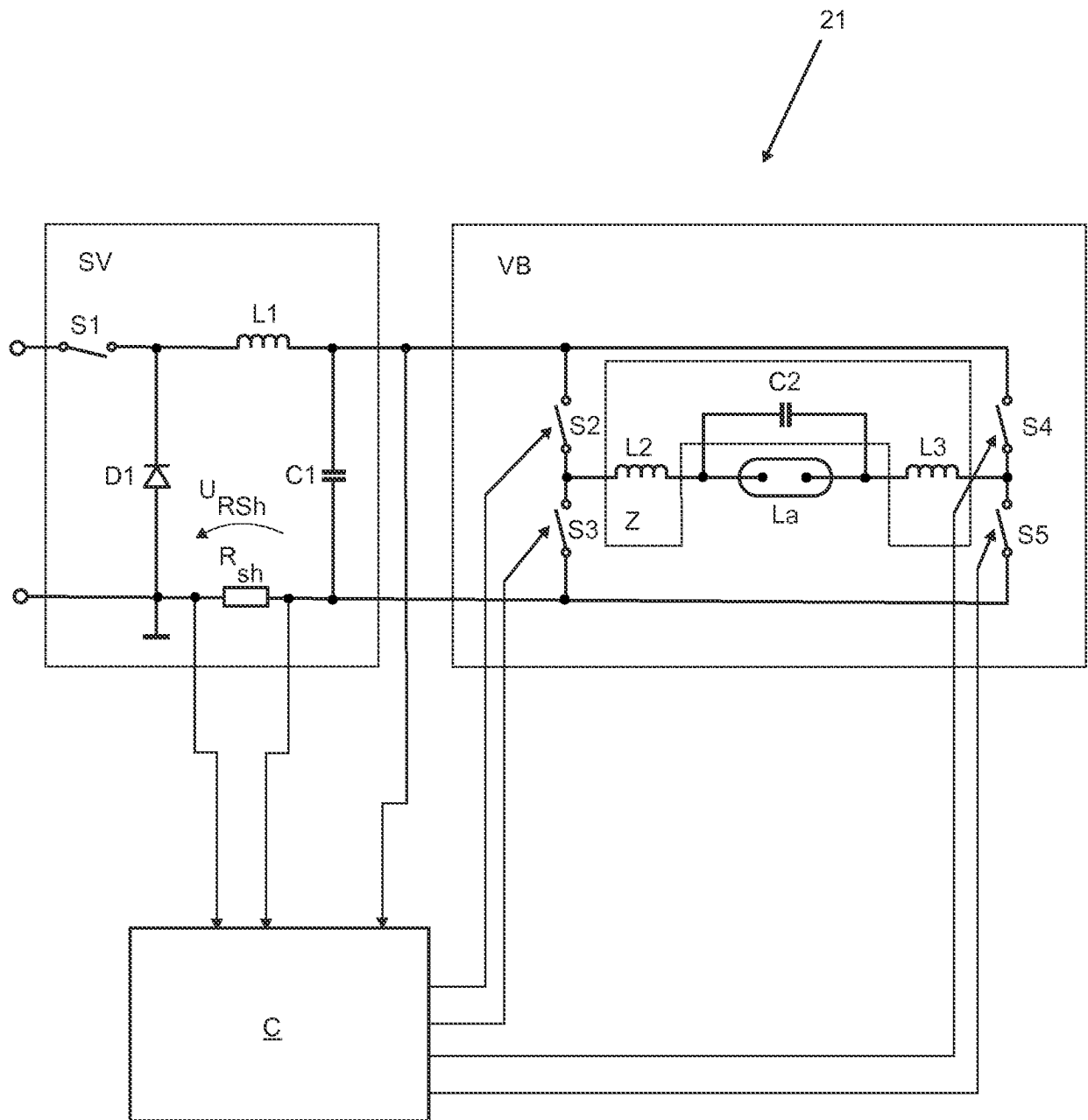


FIG17

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

- US 5633755 A **[0005]**
- US 6323982 B **[0005]**
- WO 2007045599 A1 **[0014]**
- WO 2008151669 A1 **[0015]**
- WO 2008053428 A **[0016]**
- EP 1309228 A2 **[0017]**
- WO 2009007914 A **[0018]**