

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. August 2010 (05.08.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/086191 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H05B 41/292 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/050026

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Januar 2010 (05.01.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 006 339.0
27. Januar 2009 (27.01.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG** [DE/DE]; Hellabrunner Str. 1, 81543 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BRÜCKEL, Martin** [DE/CN]; Portofino Apartment 303, Shenzhen / Nanshan district, Guangdong 518053 (CN). **DIERKS, Bärbel** [DE/DE]; Wiesenstr. 47, 16348 Wandlitz OT Schönwalde (DE). **FLESCHE, Peter** [DE/DE]; Weimarer Str. 29, 10625 Berlin (DE). **KRÖLL, Josef** [AT/DE]; Von-Stechow-Str. 155, 14476 Potsdam (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **OSRAM GESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ELECTRONIC OPERATING DEVICE FOR OPERATING A GAS DISCHARGE LAMP AND PROJECTOR

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

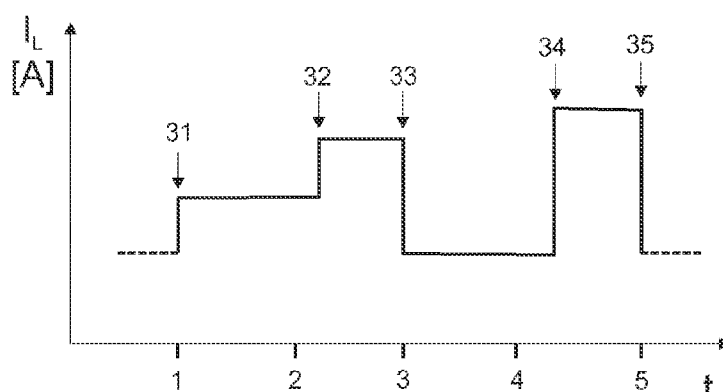


FIG 6c

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a gas discharge lamp, wherein the gas discharge lamp is operated by a square-wave current, wherein the lamp current has predetermined commutation points over time and a commutation for creating a commutation pattern can take place at said commutation points. The invention likewise relates to an electronic operating device having an igniter, an inverter and a control circuit, wherein the electronic operating device carries out said method. The invention likewise relates to a projector having an electronic operating device, wherein the projector is designed to project an image during performance of the method without the performance of the method being viewable in the image.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/086191 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Gasentladungslampe, wobei die Gasentladungslampe mit einem rechteckförmigen Lampenstrom betrieben wird, wobei der Lampenstrom im zeitlichen Verlauf vorbestimmte Kommutierungsstellen aufweist, und an diesen Kommutierungsstellen eine Kommutierung zur Erzeugung eines Kommutierungsmusters stattfinden kann. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein elektronisches Betriebsgerät, aufweisend ein Zündgerät, einen Wechselrichter und eine Steuerung, wobei das elektronische Betriebsgerät dieses Verfahren ausführt. Die Erfindung betrifft ebenfalls einen Projektor mit einem elektronischen Betriebsgerät, wobei der Projektor ausgelegt ist, während der Durchführung des Verfahrens ein Bild zu projizieren, ohne dass dem Bild die Durchführung des Verfahrens anzusehen ist.

Beschreibung

[1] Verfahren und elektronisches Betriebsgerät zum Betreiben einer Gasentladungslampe sowie Projektor.

Technisches Gebiet

[2] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein elektronisches Betriebsgerät zum Betreiben einer Gasentladungslampe, wobei die Gasentladungslampe mit einem rechteckförmigen Lampenstrom betrieben wird. Die Erfindung betrifft ebenfalls einen Projektor, der ein solches Betriebsgerät aufweist.

10

Stand der Technik

[3] 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.

[4] 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.

[5] Gasentladungslampen werden z.B. für Displaysysteme erfolgreich eingesetzt, da sie eine hohe Leuchtdichte

- 2 -

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.

5 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

10 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

15 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,

20 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 durchge-

25 lassen.

[6] 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

30 Temperatur. Weiterhin ist abhängig von den in der Be-

- 3 -

leuchtungseinrichtung 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
5 der Lichtquelle und damit zu einer Änderung der Farbtemperatur des Displaysystems.

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

15 [8] 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
20 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
25 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
30 Betriebsweise Probleme bezüglich der Elektrodentemperatur und des Bogenansatzes der Hochdruckentladungslampe auf.

- 4 -

[9] 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.

[10] 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.

[11] 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 befin-

- 5 -

det sich bei der Mitte der Kommutierungszeit der Spannungs- oder Stromnulldurchgang. Hierbei ist zu bemerken, dass die Spannungskommütierung üblicherweise immer schneller abläuft als die Stromkommütierung.

5 [12] Als Elektrodenende wird im Folgenden das innere, in den Entladungsraum des Gasentladungslampenbrenners stehende Ende der Lampenelektrode bezeichnet. Als Elektrodenspitze wird eine auf dem Elektrodenende sitzende Nadel- oder Höckerförmige Erhebung bezeichnet, deren Ende
10 als Ansatzpunkt für den Lichtbogen dient.

[13] 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
15 mehr und mehr zerklüfteten Oberfläche vor allem am inneren Ende der Elektrode. Überdies besteht die Gefahr, dass Elektrodenspitzen entstehen, die nicht in der Mitte der jeweiligen Elektrode angeordnet sind. Der Entladungsbogen bildet sich immer von Elektrodenspitze zu Elektrodenspitze.
20 ze. Gibt es mehrere etwa gleichberechtigte Elektrodenspitzen auf einer Elektrode, so kann es zu einem Bogenspringen und damit zu einem Flickern der Lampe kommen. Nicht mittig aufgewachsene Elektrodenspitzen verschlechtern die optische Abbildung, da die Optik eines Projektors oder einer Leuchte, in den/die eine derartige Gasentladungslampe 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
25 ungleichmäßigem Aufwachsen der Elektrodenspitzen kommen, so dass der Lichtbogen nicht mehr mittig, sondern axial

30

- 6 -

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.

[14] 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 Elektrodenspitzen zurückgeschmolzen werden. Dadurch

- 7 -

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, ein Verfahren
5 anzugeben, bei dem die Elektroden möglichst über die gesamte Lebensdauer der Gasentladungslampe in einem optimalen Zustand gehalten werden, bei dem die Elektroden in einem Abstand zueinander stehen, der möglichst dem ursprünglichen Abstand bei einer neuen Lampe entspricht,
10 sowie die Oberfläche der Elektrodenenden glatt zu halten mit mittig aufgewachsenen Spitzen, die einen definierten Ansatzpunkt für den Bogen bilden. Das Verfahren sollte zudem die Fähigkeit aufweisen, äußere Randbedingungen bei der Synchronisierung der Kommutierung einhalten zu können.
15 nen. Die Lehre der WO 2007/045599 A1 löst daher die oben genannte Problematik nicht.

Aufgabe

[15] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und ein elektronisches Betriebsgerät zum Betreiben einer Gasentladungslampe anzugeben, wobei die Gasentladungslampe mit
20 einem rechteckförmigen Lampenstrom betrieben wird, wobei das Verfahren die Elektroden einer Gasentladungslampe in möglichst optimalen Zustand erhält und wobei alle Randbedingungen, die von einem übergeordneten System vorgegeben
25 werden, bei der Kommutierung der Gasentladungslampe eingehalten werden. Es ist ebenfalls Aufgabe der Erfindung, ein elektronisches Betriebsgerät anzugeben, dass dieses Verfahren ausführt. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, einen Projektor mit einem elektronischen Betriebs-
30 gerät anzugeben, der dieses Verfahren ausführt.

Darstellung der Erfindung

[16] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des Verfahrens erfolgt erfindungsgemäß mit einem Verfahren zum Betreiben einer Gasentladungslampe (LP), wobei die Gasentladungslampe (LP) mit einem rechteckförmigen Lampenstrom betrieben wird, und der Lampenstrom im zeitlichen Verlauf vorbestimmte Kommutierungsstellen aufweist, und an diesen Kommutierungsstellen eine Kommutierung zur Erzeugung eines Kommutierungsmusters stattfinden kann.

10 [17] Dieses Kommutierungsmuster ist dabei bevorzugt derart ausgeprägt, dass der zeitliche Mittelwert des Kommutierungsmusters dabei bevorzugt einer vorbestimmten Frequenz entspricht. Dadurch kann die Gasentladungslampe mit der für sie optimalen Frequenz betrieben werden.

15 [18] Das Kommutierungsmuster wird dabei in einer ersten Ausbildung des Verfahrens dadurch erzeugt, dass an den Kommutierungsstellen, an denen keine Kommutierung stattfinden soll, diese ausgelassen wird. Dies stellt die einfachste Ausführungsform dar, die auch eine gute Betriebssicherheit bietet, da nur die Kommutierungen durchgeführt werden, die unbedingt notwendig sind.

[19] In einer zweiten Ausbildung des Verfahrens wird das Kommutierungsmuster dadurch erzeugt, dass an den Kommutierungsstellen, an denen keine Kommutierung stattfinden soll, trotzdem eine Kommutierung stattfindet, die aber durch eine gleich darauf folgende weitere Kommutierung wieder rückgängig gemacht wird. Diese Vorgehensweise wird auch als Doppelkommutierung bezeichnet. Diese Verfahrensweise bietet den Vorteil einer größtmöglichen Kompatibilität mit gängigen Schaltungstopologien, die aufgrund

25
30

- 9 -

technischer Restriktionen die erste Ausbildung des Verfahrens nicht durchführen können.

[20] Für Grenzfälle ist es auch möglich, beide Ausbildungen des Verfahrens zu mischen um eine möglichst effiziente Ausnutzung der verwendeten Schaltungstopologie zu ermöglichen. Durch die vorgegebenen Kommutierungsstellen kann der rechteckförmige Lampenstrom gegenüber einer übergeordneten Steuerung exakt synchronisiert werden, obwohl über den zeitlichen Mittelwert des Lampenstromes eine für die Gasentladungslampe optimale Frequenz einjustiert werden kann. Es ist somit möglich, den rechteckförmigen Lampenstrom in seiner Grundfrequenz und in seiner Phasenlage gegenüber einer übergeordneten Steuerung, z.B. der Videoelektronik eines Projektors, zu synchronisieren, und trotzdem jede für den optimierten Betrieb der Gasentladungslampe notwendige Frequenz zu erzeugen.

[21] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des elektronischen Betriebsgerätes erfolgt mit einem elektronischen Betriebsgerät, welches ein Zündgerät, einen Wechselrichter und eine Steuerschaltung aufweist, wobei das elektronische Betriebsgerät das oben beschriebene Verfahren ausführt.

[22] Die Lösung der Aufgabe bezüglich des Projektors erfolgt mit einem Projektor mit einem elektronischen Betriebsgerät, wobei der Projektor ausgelegt ist, während der Durchführung des oben genannten Verfahrens ein Bild zu projizieren, ohne dass dem Bild die Durchführung des Verfahrens anzusehen ist.

- 10 -

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

Kurze Beschreibung der Zeichnung(en)

[24] 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 zwischen der Dauer einer an die Gasentladungslampe angelegten Gleichspannungsphase und der Lampenspannung für eine erste 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;

- 11 -

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;

5 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;

10 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 Betriebsverfahrens;

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

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

25 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

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

- 12 -

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

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

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

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

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

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

Figur 16, ein schematisches Diagramm einer beispielhaften
20 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.

Bevorzugte Ausführung der Erfindung

Erste Ausführungsform

[25] **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 Gleichspan-

- 14 -

nungsphasen erreicht, die nach Bedarf die Elektrodenenden überschmelzen und auch ein Elektrodenwachstum fördern.

[26] 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

- 15 -

daraus resultierenden Energieeintrag der Gleichspannungsphasen können verschiedene physikalische Prozesse im Gasentladungslampenbrenner forciert werden. Die Gleichspannungsphasen werden also durch das Auslassen von
5 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 durch-
10 aus einige Pseudokommutierungen pro ‚Gleichspannungsphase‘ auftreten können.

[27] Sehr lange Gleichspannungsphasen mit hohem Energieeintrag schmelzen das gesamte Ende der betreffenden Elektrode für kurze Zeit auf. Während der kurzen Zeitdauer,
15 er, 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
20 geringe Vergrößerung der Bogenlänge und damit der Lampenspannung durch die Rückbildung der Elektrodenspitzen.

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

[29] Ein sogenannter Maintenancepuls kann das Spitzenwachstum der Elektrodenspitze beschleunigen, und wird
30 vorzugsweise nach einer langen Gleichspannungsphase

- 16 -

angewandt, um auf das ovale oder runde Elektrodenende wieder eine Elektroden spitze 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 Elektroden spitze erreicht, deren thermische Trägheit eine Zeitkonstante von ca. 100 μ s aufweist.

[30] 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.

[31] 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 Elektroden spitzen 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

- 17 -

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

- 18 -

Betrieb immer mit einem Maintenancepuls gearbeitet, um das mittige Wachstum von Elektroden spitzen auf dem Elektrodenende zu fördern.

[32] 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.

[33] 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 Gasentladungslampensbrenner angelegt, die die Elektrodenenden leicht Über-schmelzen 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

- 19 -

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 vor-
5 liegenden 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
10 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.

15 Zweite Ausführungsform

[34] 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
20 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
30

- 20 -

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.

[35] 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
5 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
10 zuvor berechneten Spannungsanstieg für die erste Elektrode bestimmt, und in einer darauffolgenden inversen Gleichspannungsphase auf die zweite Elektrode angewandt.

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

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

[38] 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.

25 [39] 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:

- 22 -

[40] Für eine asymmetrische Elektrodengeometrie nach der

ersten Ausbildung gilt: $\frac{\Delta U_{\text{Gleichspannungsphase_ersteElektrode}}}{\Delta U_{\text{Gleichspannungsphase_zweiteElektrode}}} = \frac{I_{\text{ersteElektrode}}}{I_{\text{zweiteElektrode}}};$

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

[41] Für eine symmetrische Elektrodengeometrie nach der

5 zweiten Ausbildung gilt: $\frac{T_{\text{Gleichspannungsphase_ersteElektrode}}}{T_{\text{Gleichspannungsphase_zweiteElektrode}}} = \frac{I_{\text{zweiteElektrode}}}{I_{\text{ersteElektrode}}};$

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

[42] Durch die dritte Ausbildung der zweiten Ausführungsform des Verfahrens ergeben sich neue Vorteile, die die bisherigen Verfahren nach dem Stand der Technik nicht
10 leisten können. Durch die Möglichkeit des asymmetrischen Einbringens von Energie in die jeweiligen Elektroden ergibt sich die Möglichkeit, den Elektrodenschwerpunkt zu zentrieren und in seiner zentrierten Lage über die Lebensdauer zu halten. Durch die zentrierte Lage des
15 Elektrodenschwerpunkts 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,
20 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
25 das optische System seinen Gesamtwirkungsgrad durch eine Regelschleife, die die Elektrodenformungsmechanismen mit umfasst, optimieren und damit maximieren kann.

- 23 -

[43] Natürlich ist auch ein Verfahren denkbar, dass die erste Ausführungsform und die zweite Ausführungsform gemischt verwendet, um die Elektroden und die Elektroden-
spitzen in optimalem Zustand zu erhalten. Eine Vorteil-
5 hafte 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 be-
10 stimmt 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.

15 [44] **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 Elektroden-
spitzen 523, 543 vor der Anwendung des Verfah-
20 rens in der zweiten Ausführungsform zu sehen. Der Mittelpunkt 57 der Elektroden liegt nicht im optimalen Mittelpunkt 58 des Brennergefäßes, da die Elektroden-
spitze 543 wesentlich weiter aufgewachsen ist als die Elektroden-
spitze 523. Daher wird das Verfahren in seiner zweiten
25 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 Elektroden-
spitzen 523, 543 sind wieder gleich lang, der Mittelpunkt 57
30 zwischen den Elektroden-
spitzen liegt wieder im Brenner-
mittelpunkt 58. Der Entladungsbogen brennt wieder optimal

- 24 -

im Mittelpunkt des Brennergefäßes, und der optische Wirkungsgrad des Gesamtsystems ist maximiert.

[45] **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 Spannungskommutierung.

[46] **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.

- 25 -

[47] 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

[48] 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.

[49] Um die Gasentladungslampe optimal zu betreiben, soll aber bei einer bestimmten Lampenspannung immer eine feste

- 26 -

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.

[50] 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 Kommu-

- 27 -

tierungsstelle 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

- 28 -

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
5 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
10 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,
15 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

25 [51] **Fig. 7** zeigt einen Signalflussgraphen 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
30 und/oder die zweite Elektrode zerklüftet ist. Als dieser

- 29 -

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
5 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 über-
10 prüft, 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 Überschmelzschrift vorgenommen. Sobald das Startkriterium
15 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
20 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 weiter-
25 geht 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 Regel-
30 schleife zu gewährleisten, die die Elektroden der Gasentladungslampe immer in möglichst optimalen Zustand erhält.

- 30 -

[52] **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.

[53] **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

- 31 -

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
5 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}
10 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
15 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
20 P_{nom} eingestellt hat, während des Betriebs mit geringerer Leistung ab und steigt danach allmählich wieder an.

[54] **Fig. 10a) bis d)** zeigen den Zustand der vorderen Teile der Elektroden in unterschiedlichen Stadien der Durchführung des Verfahrens. Fig. 4a) zeigt den Zustand
25 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.**
30 **10b)** wiedergegeben. Deutlich erkennbar ist die Halbkugelform der vorderen Teile der Elektroden, die sich beim

- 32 -

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
5 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, Elektrodenspitzen auf die vorderen Teile der Elektroden aufzuwachsen. Durch das Aufwachsen
10 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 Elektrodenspitzen. Die Oberfläche der Vorderseite der Elektroden ist
15 nach wie vor unzerklüftet, wobei jedoch Elektrodenspitzen 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.

20 [55] 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
25 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
30 wird.

- 33 -

[56] **Fig. 11** zeigt den zeitlichen Verlauf des Lampenstroms, oben, und der Lampenspannung U_B , unten, bei Ansteuerung mit asymmetrischem Strom-Dutycycle während der Überschmelzphase. Gut zu erkennen ist, dass einzelne
5 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
10 ebenfalls zu erkennen ist, nimmt die Lampenspannung U_B , wie gewünscht, zu. Alternativ können auch einzelne Kommutierungen ausgelassen werden.

Fünfte Ausführungsform

[57] Die fünfte Ausführungsform bezieht sich auf ein
15 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
20 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/mm^3 bis 500 W/mm^3 aufweist.

25 [58] 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 Be-
30 triebsgerät 2 steuert die Lichtquelle 1 nach dem erfin-

- 34 -

dungsgemäßen Verfahren mit einem elektrischen Stromstärke-signal an, das einer Lichtkurve 3 folgt. Lichtkurven 3 werden später in Zusammenhang mit den **Figuren 13 und 15A bis 15C** näher erläutert.

5 [59] 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
10 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
15 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 Gasent-
20 ladungslampe der abgespeicherten Lichtkurve.

[60] Das erste Segment S_B der Lichtkurve der **Figur 15A** ist der Farbe Blau zugeordnet und weist eine Dauer t_B von ca. 1300 μs auf. Während dieses Zeitintervalls t_B beträgt der Lichtfluss der Beleuchtungseinrichtung 10, 11 ca. 108
25 %.

[61] 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
30 Beleuchtungseinrichtung 10, 11 kurzfristig ca. 150 %,

- 35 -

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
5 deutlich kürzer als das Zeitintervall t_{R2} . Das Zeitintervall t_{R1} beträgt vorliegend ca. 100 μs , während das Zeitintervall t_{R2} vorliegend ca. 1200 μs beträgt.

[62] An das zweite Segment S_R schließt sich ein drittes Segment S_G an, das der Farbe Grün zugeordnet ist und eine
10 Dauer t_G von ebenfalls ca. 1300 μs 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
15 vorliegend ca. 1200 μs , während das zweite Zeitintervall t_{G2} des grünen Segmentes eine Dauer von ca. 100 μs 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
20 ca. 45% abgesenkt ist.

[63] 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
25 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
30 Beschreibungsteil beschrieben. Die kurzen Segmente innerhalb derer die Beleuchtungsstärke stark angehoben sind,

- 36 -

sind Maintenancepulse, die wie oben schon beschrieben zur Stabilisierung der Elektroden der Gasentladungslampen dienen.

[64] 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.

[65] Die Lichtkurve des Ausführungsbeispiels gemäß **Figur 15C** ist auf ein Filterrad 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.

[66] 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

- 37 -

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.

[67] 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.

[68] 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 Filterrad 6 mit zwei roten, zwei
5 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
10 die verwendete Lichtkurve 3. Das Filterrad kann alternativ auch aus jeweils nur einem roten, einem blauen und einem grünen Filter bestehen.

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

[70] 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
20 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. Inner-
25 halb 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.
30 110%. Mittels der unterschiedlichen Niveaus der Lichtkurve 3 wird der Lichtfluss der Beleuchtungseinrichtung

- 39 -

derart angepasst, dass ein Displaysystem mit dieser Beleuchtungseinrichtung eine gewünschte Farbtemperatur aufweist.

[71] 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 jeden 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. Beispielfhaft 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

- 40 -

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.

5 [72] 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} ,
10 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
15 Wert gemäß der Lichtkurve 3 der **Figur 15E** entspricht.

[73] 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.

20 [74] 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 Licht-
25 quelle 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
30 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.

5 [75] 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.
10 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
15 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
20 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
25 aufgebaut sein, bevorzugt ist der Steuerungsteil C jedoch ein digitaler Regler, der besonders bevorzugt einen Mikrocontroller aufweist.

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

- 42 -

[77] 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.

Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Gasentladungslampe (LP) mit folgenden Merkmalen:
 - die Gasentladungslampe (LP) wird mit einem ab-
 - 5 schnittsweise konstanten Lampenstrom betrieben, dessen zeitlicher Mittelwert der Frequenz durch die Lampen-
spannung der Gasentladungslampe im eingeschwungenen Zustand vorgegeben ist, wobei
 - der Lampenstrom im zeitlichen Verlauf vorbestimmte
 - 10 Kommutierungsstellen (31, 32, 33, 34, 35) aufweist, und
 - an diesen Kommutierungsstellen (31, 32, 33, 34, 35) eine Kommutierung zur Erzeugung eines Kommutierungsmusters stattfinden kann, wobei
 - 15 - durch eine Variation des Kommutierungsmusters der zeitliche Mittelwert der Frequenz des Lampenstroms eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kommutierungsmuster dadurch erzeugt wird,
20 dass an Kommutierungsstellen (31, 32, 33, 34, 35), an denen keine Kommutierung stattfinden soll, diese ausgelassen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kommutierungsmuster dadurch erzeugt wird,
25 dass an Kommutierungsstellen (31, 32, 33, 34, 35), an denen keine Kommutierung stattfinden soll, eine Doppelkommutierung erzeugt wird.

- 44 -

4. Verfahren nach Anspruch 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kommutierungsmuster dadurch erzeugt wird, dass die beiden Verfahren der Ansprüche 2 und 3 gemischt werden.
- 5 5. Elektronisches Betriebsgerät, aufweisend ein Zündgerät (Z), einen Wechselrichter (VB) und eine Steuerung (C), **dadurch gekennzeichnet, dass** es ein Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1-4 ausführt.
- 10 6. Projektor mit einem elektronischen Betriebsgerät nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Projektor ausgelegt ist, während der Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4 ein Bild zu projizieren, ohne dass dem Bild die Durchführung
- 15 des Verfahrens anzusehen ist.

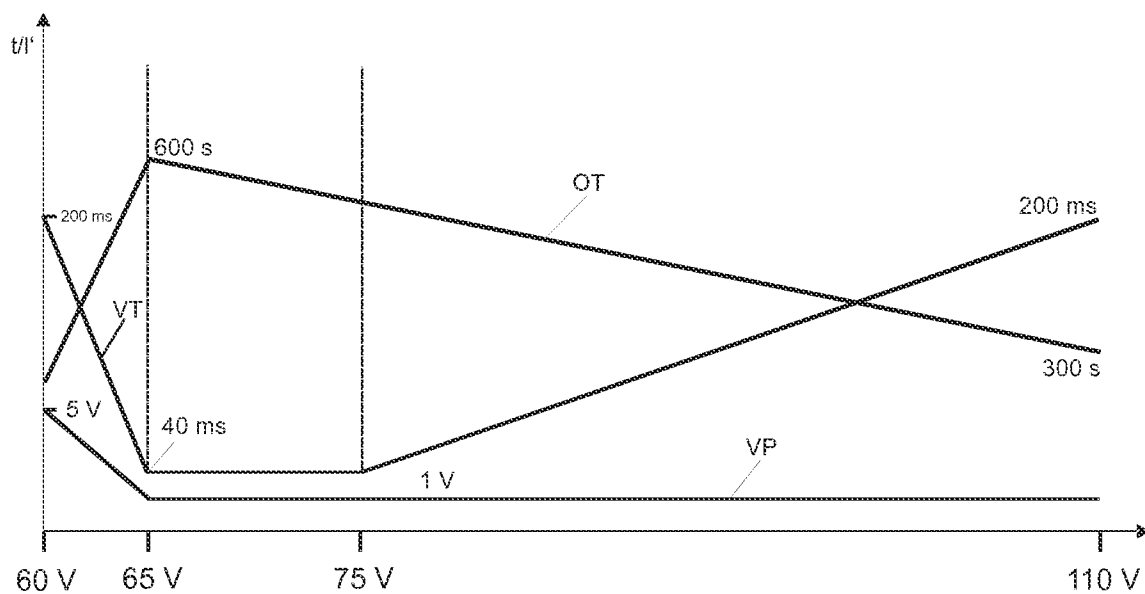


FIG 1

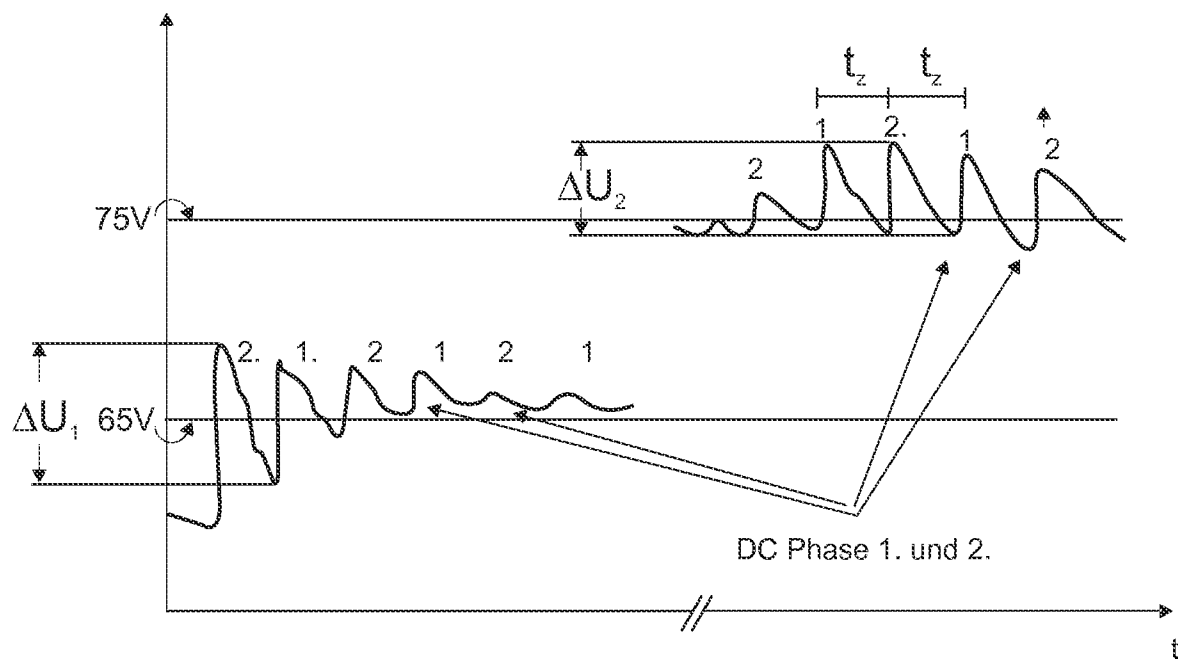


FIG 2

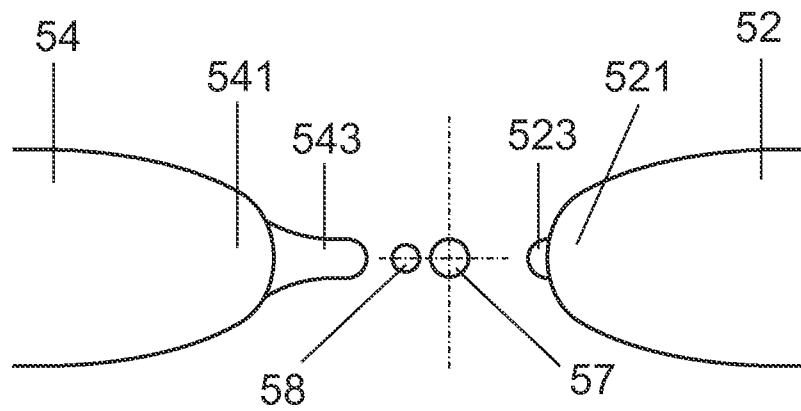


FIG 3a

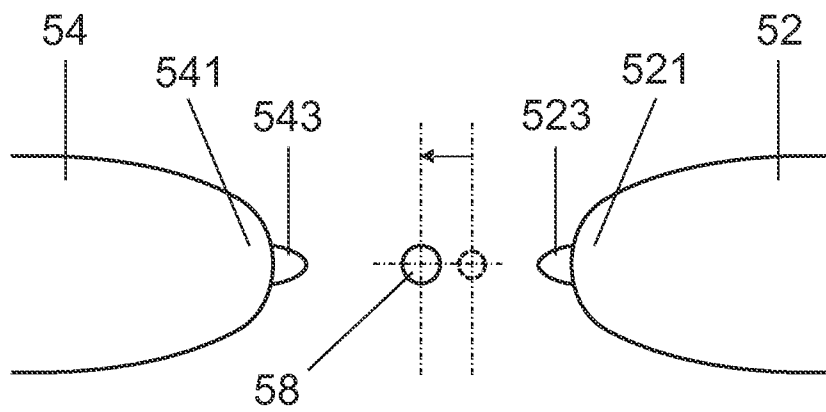


FIG 3b

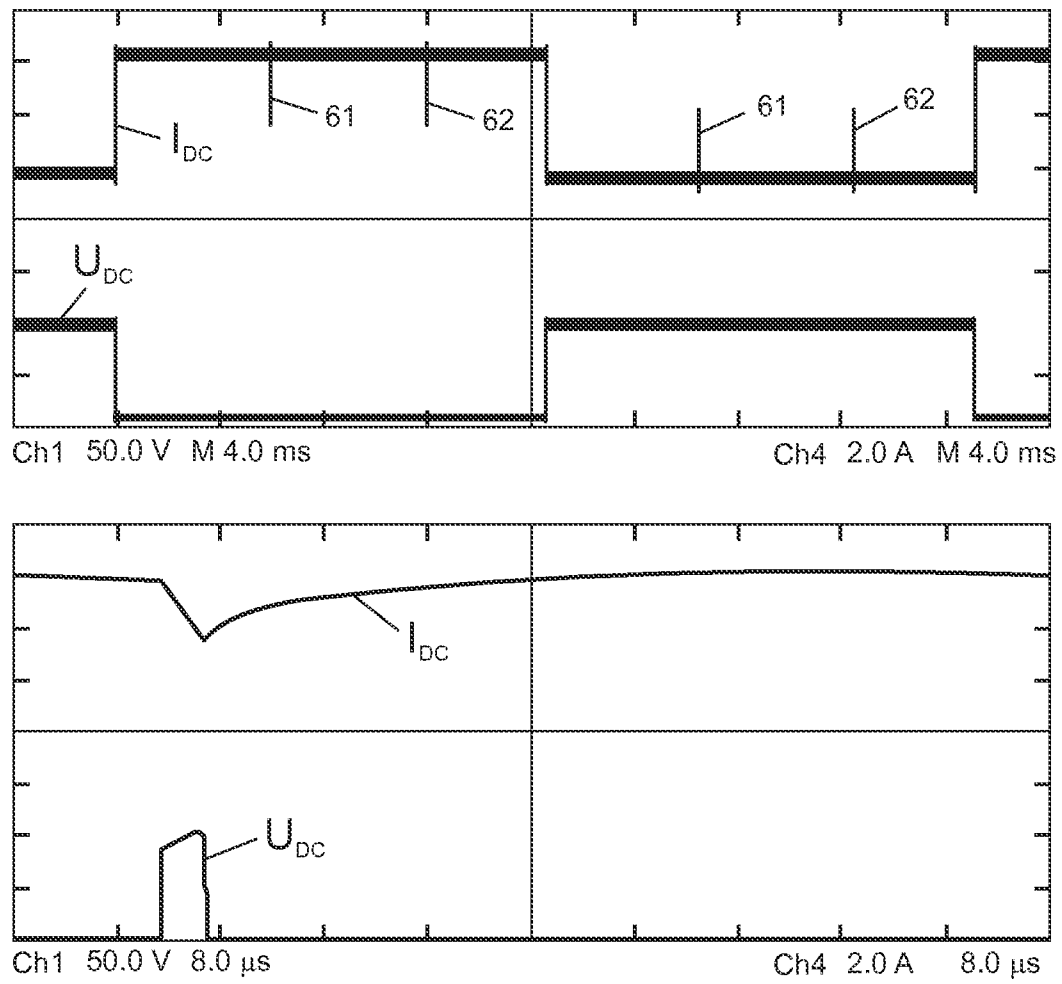


FIG 4

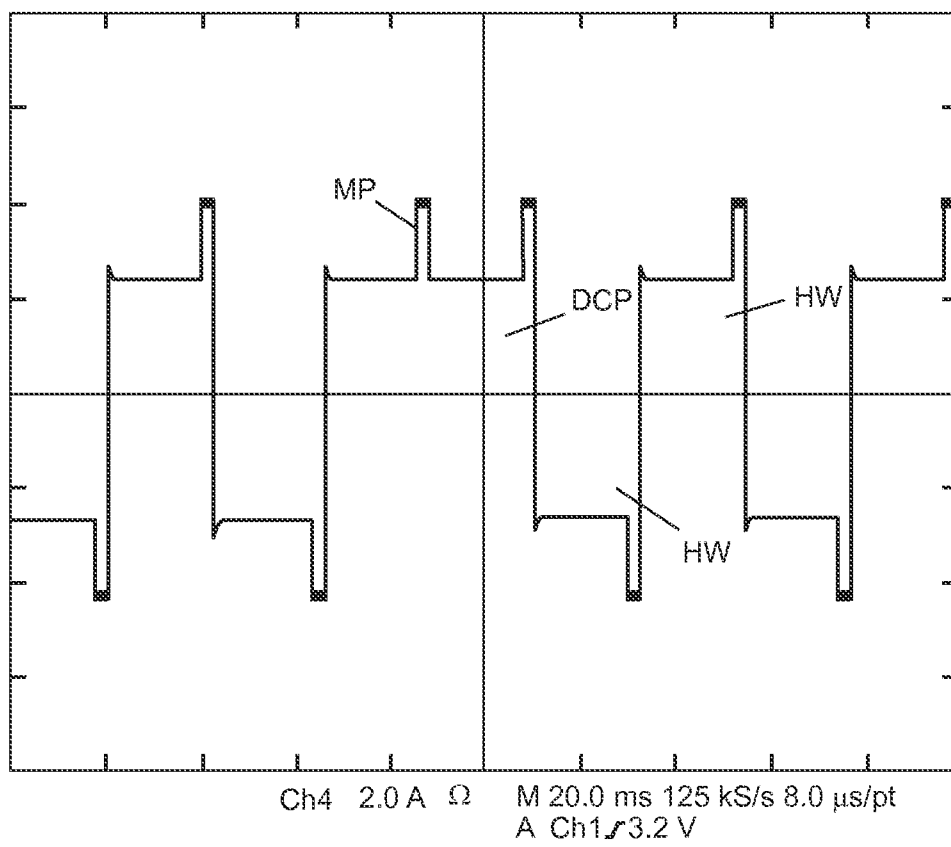


FIG 5

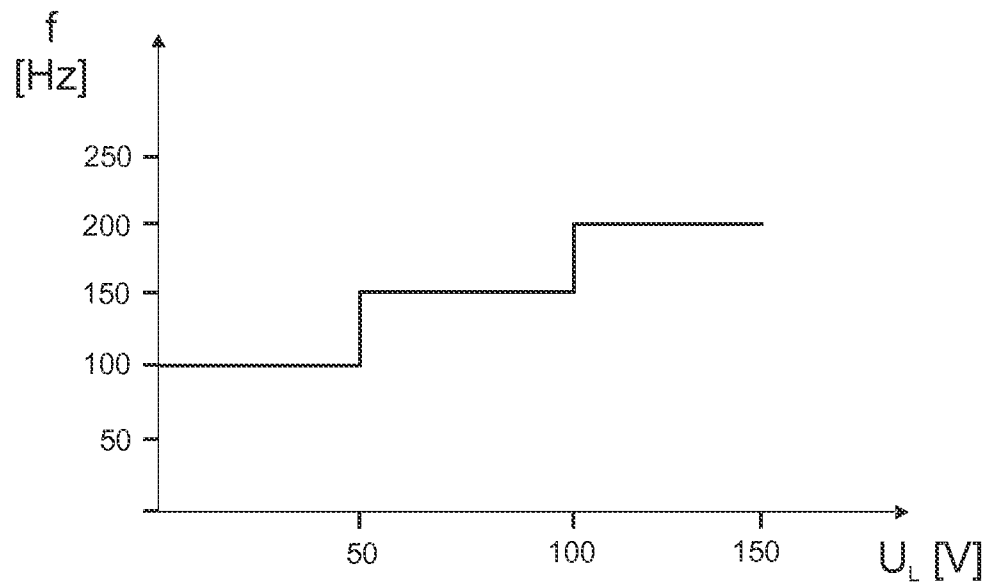


FIG 6a

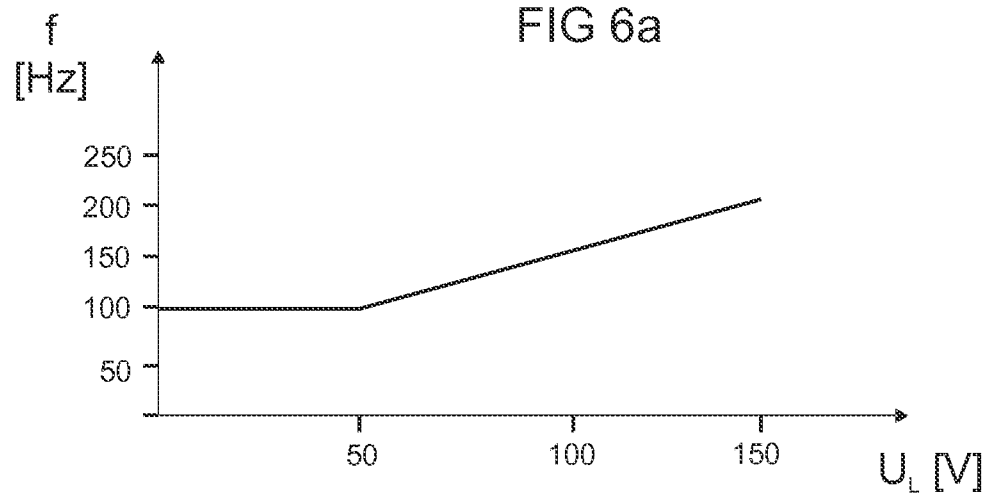


FIG 6b

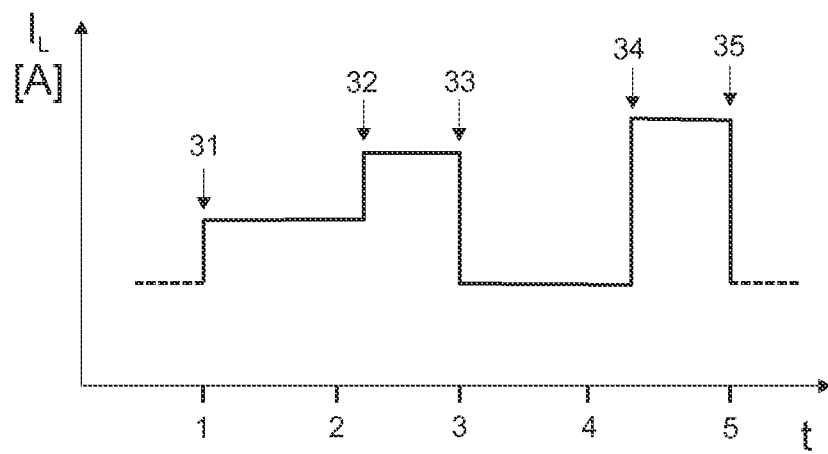


FIG 6c

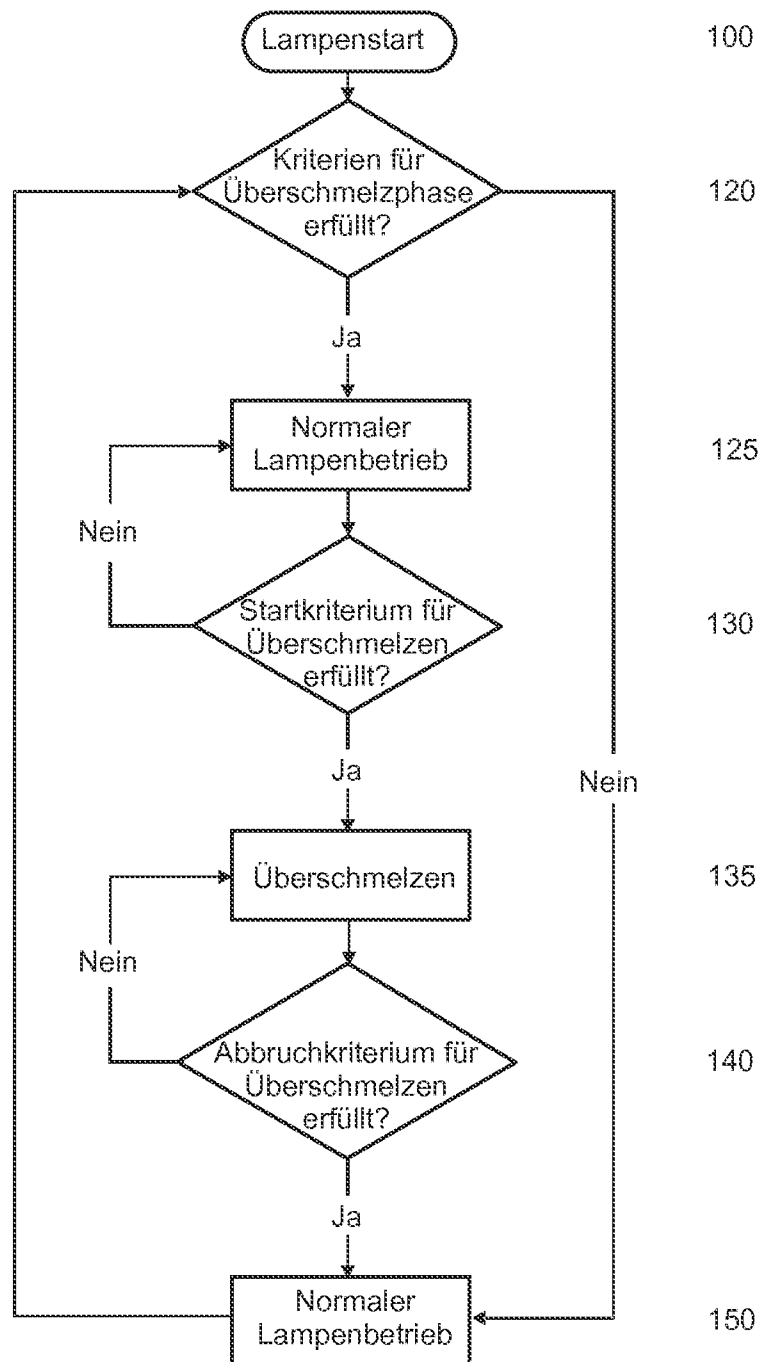


FIG 7

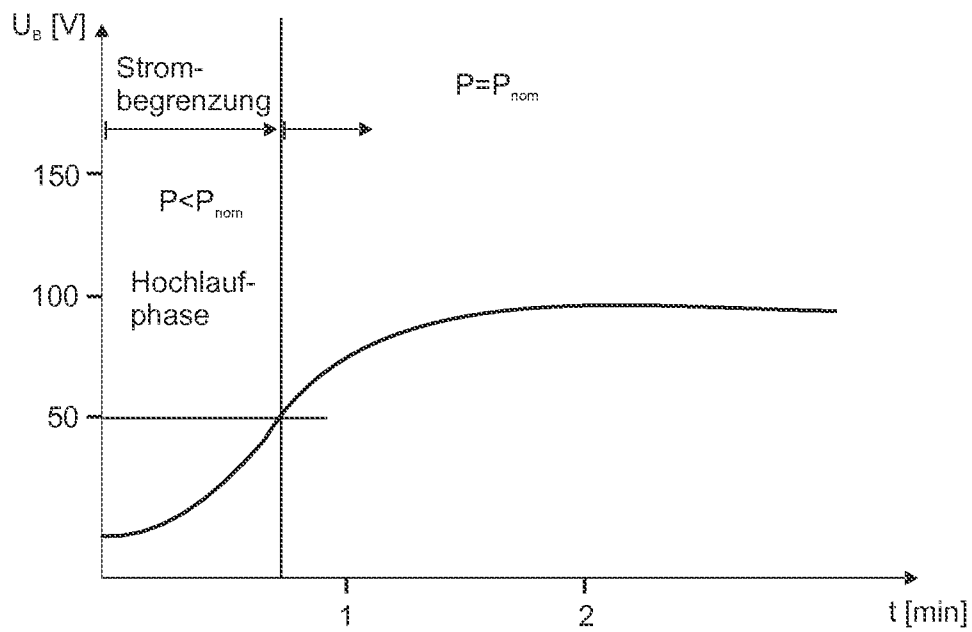


FIG 8

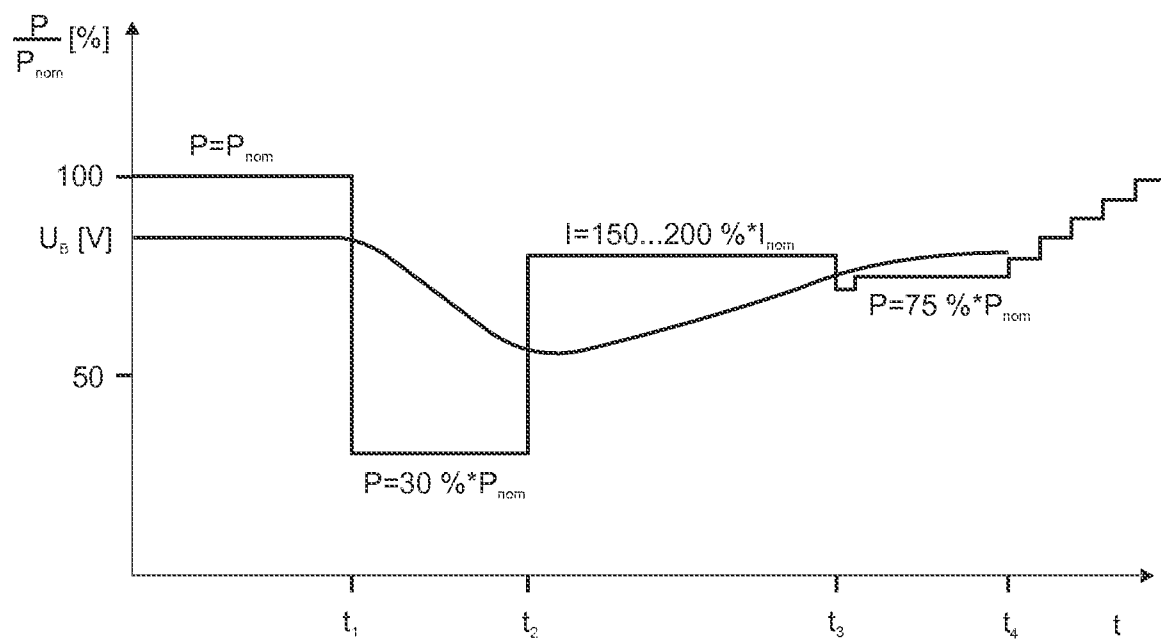
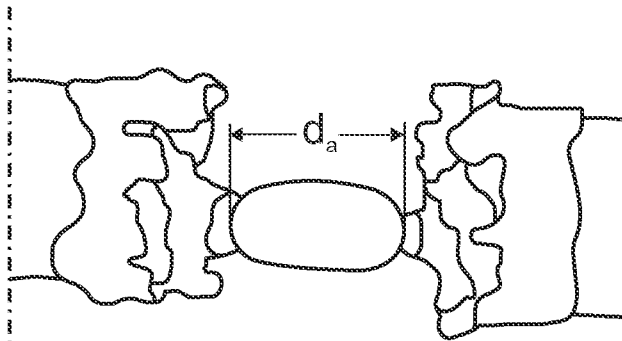
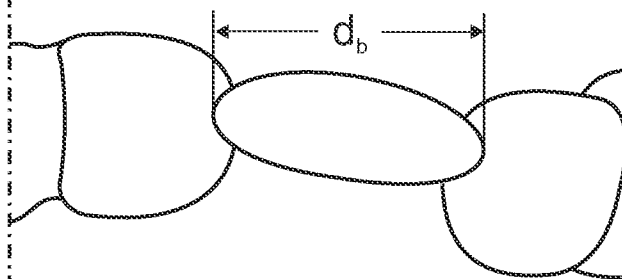


FIG 9



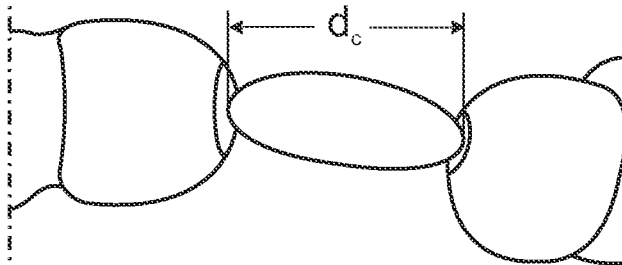
d_a

FIG 10a



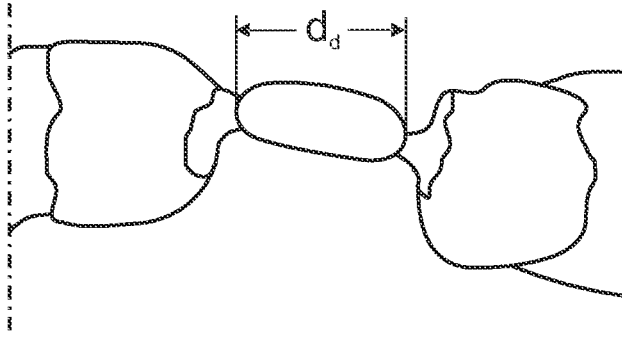
$d_a < d_b$

FIG 10b



$d_a < d_c < d_b$

FIG 10c



$d_d < d_a < d_c < d_b$

FIG 10d

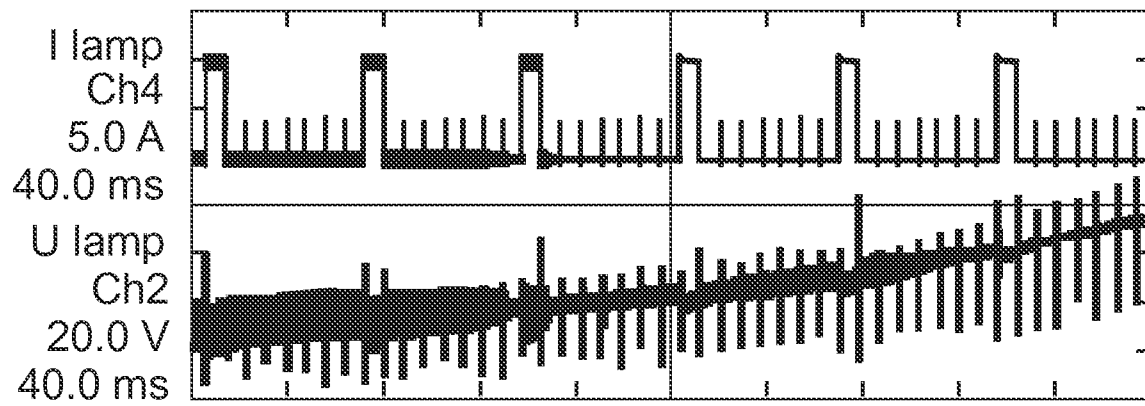


FIG 11

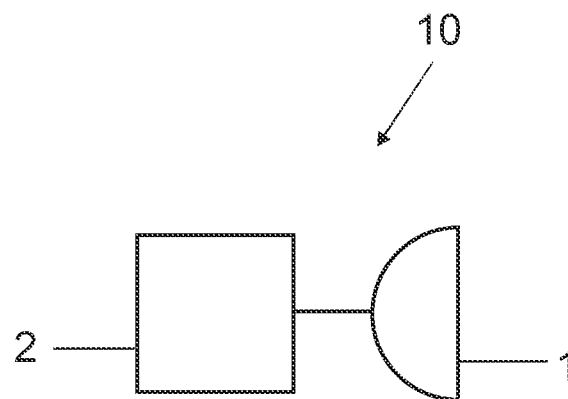


FIG 12

10/18

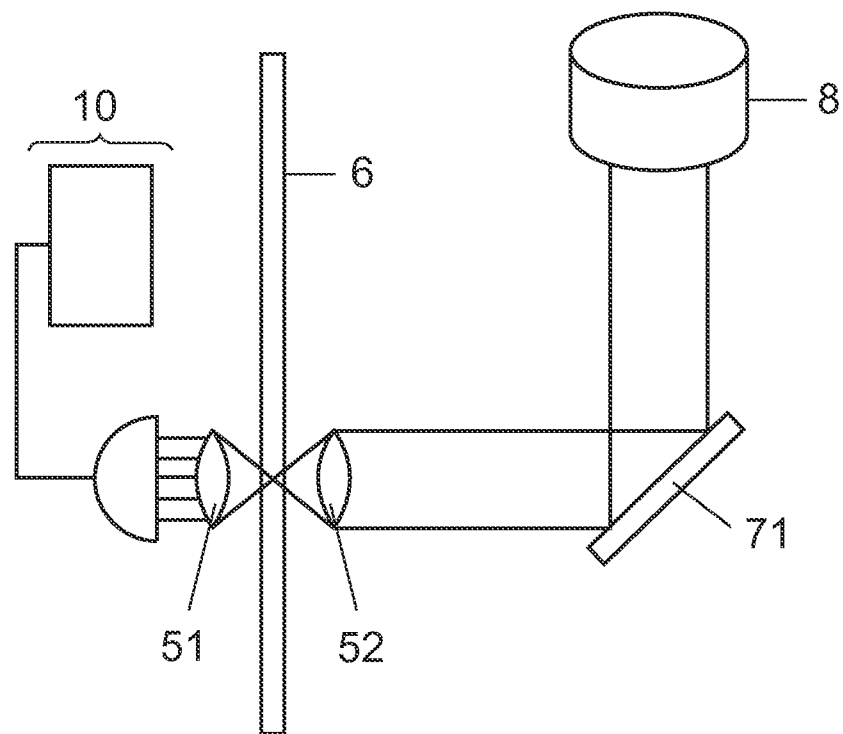


FIG 13

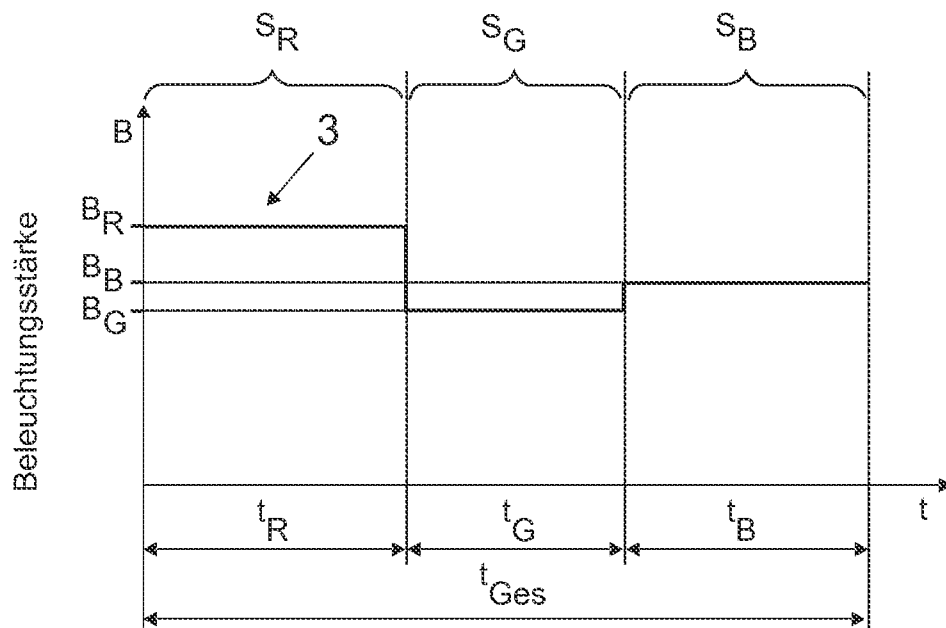


FIG 14

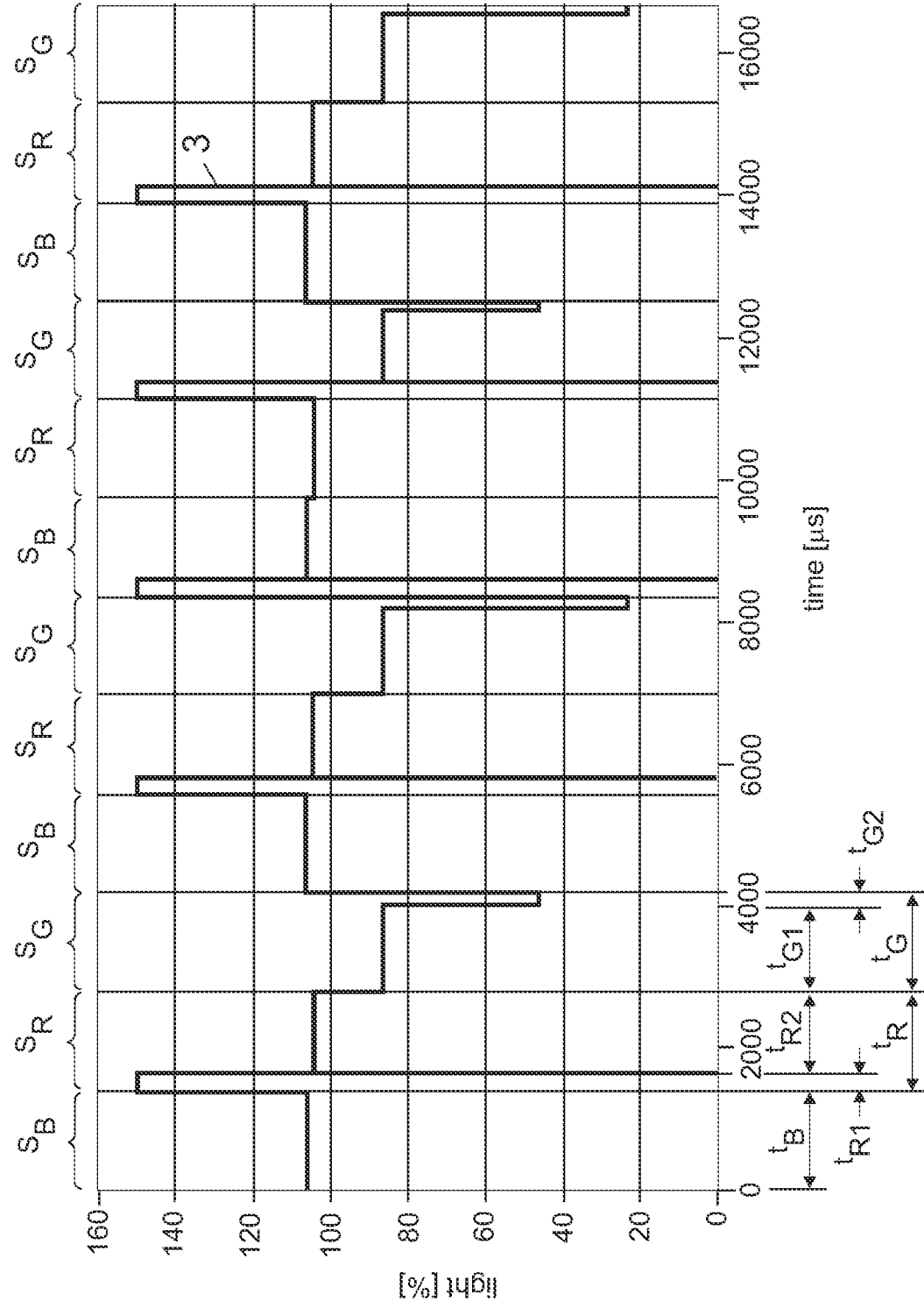


FIG15a

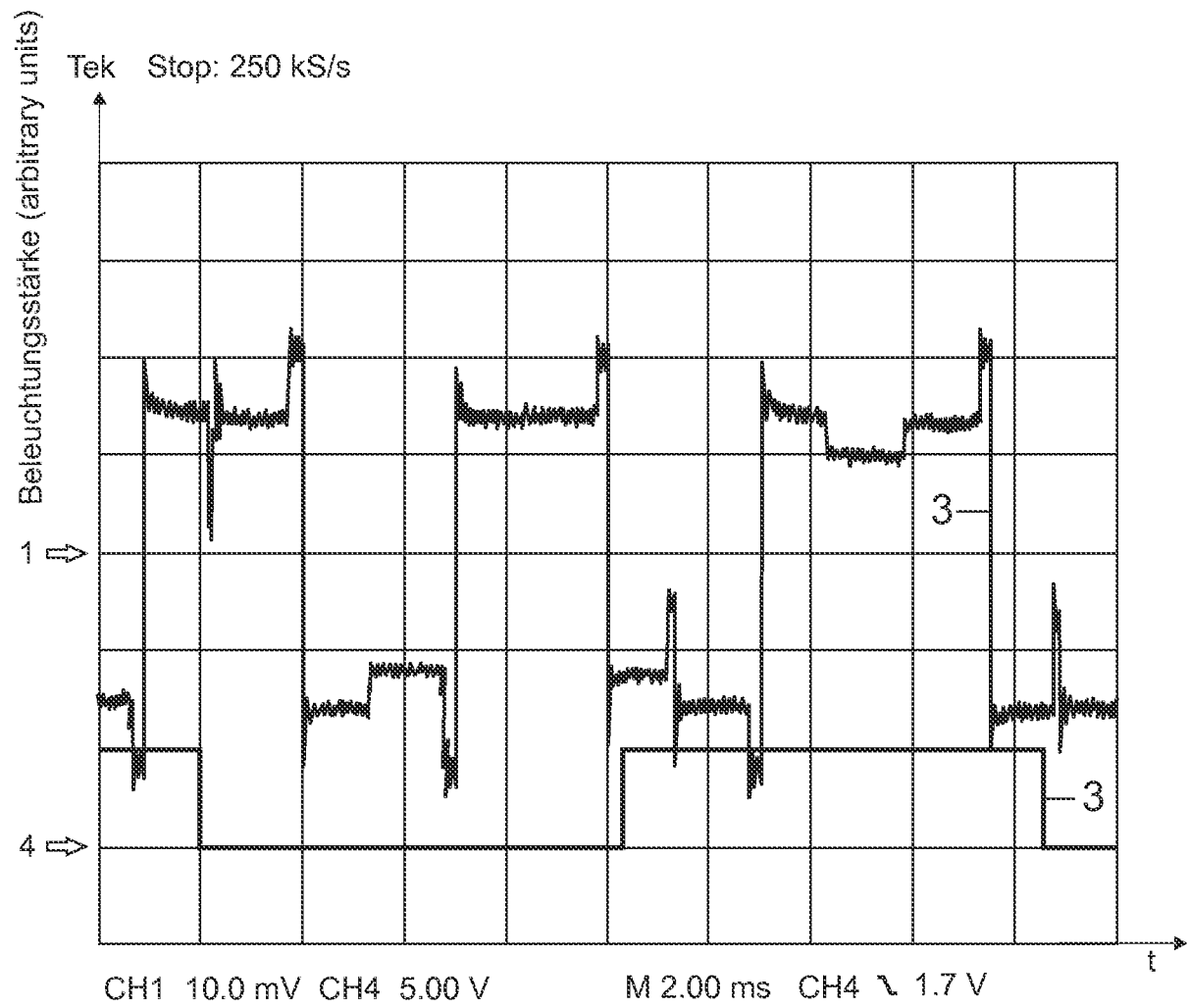


FIG 15b

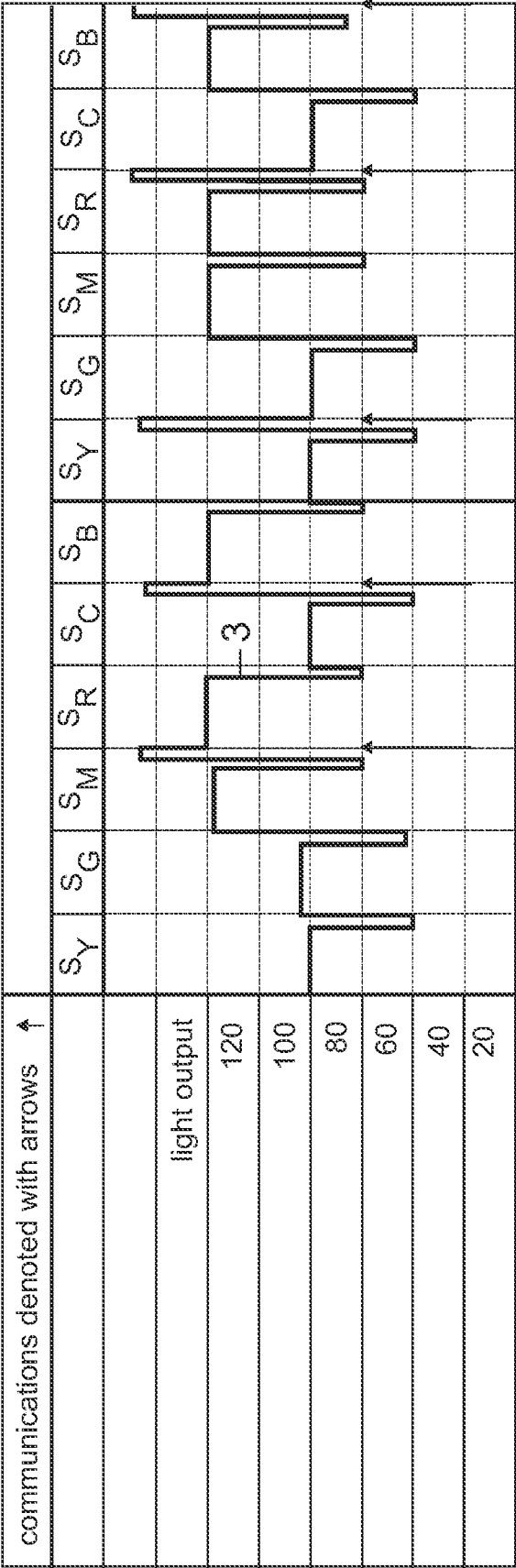


FIG 15c

	S _Y	S _G	S _M	S _R	S _C	S _B	S _Y	S _G	S _M	S _R	S _C	S _B
segment size (*)	60	60	40	70	62	68	60	60	40	70	62	68
communication (after that segment/in spoke)			X		X		X			X		X
segment light level (%)	80	80	120	120	80	120	80	80	120	120	80	120
negative pulse light level (%)	40	40	60	60	40	60	40	40	60	60	40	60

FIG 15d

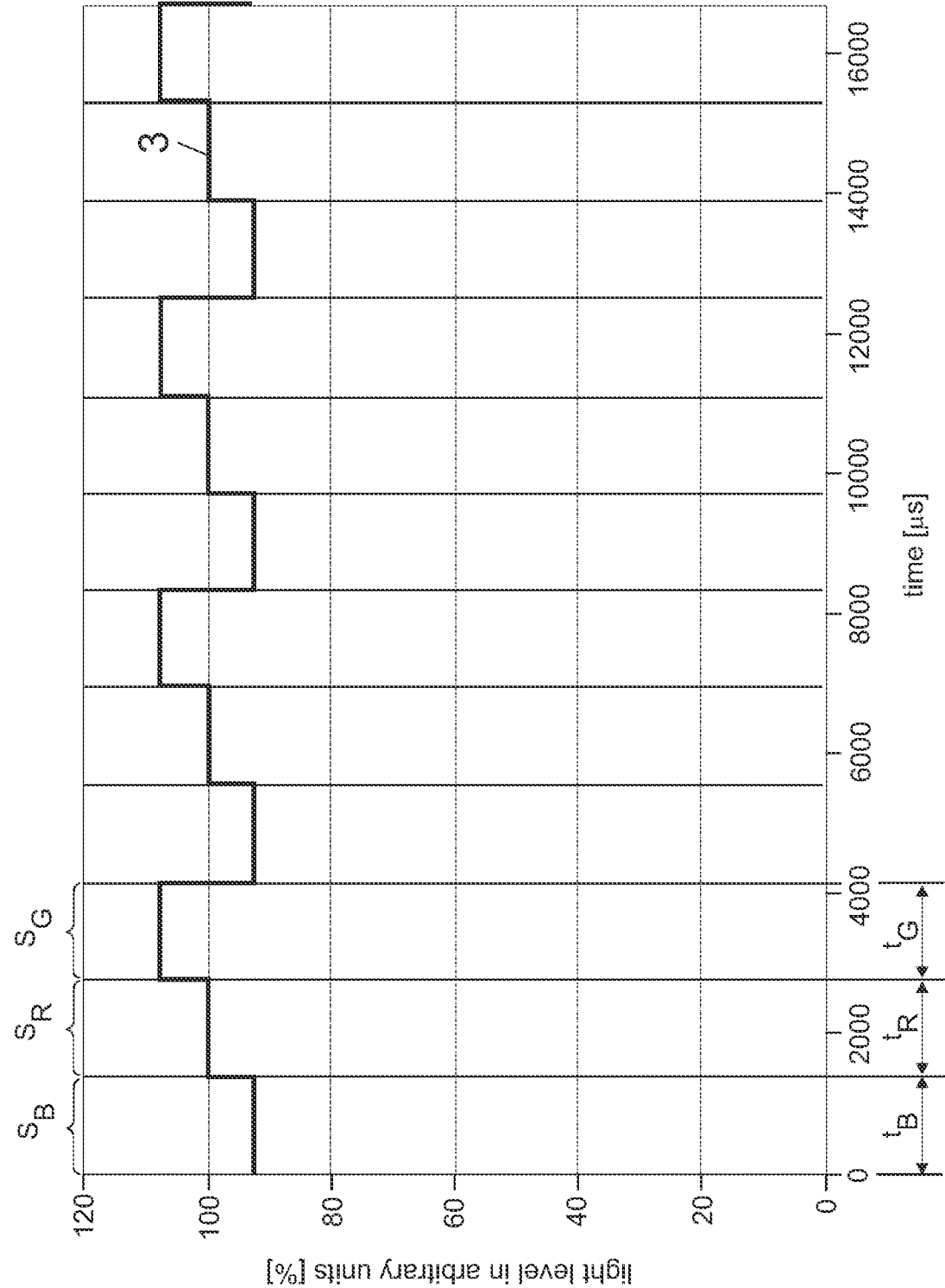


FIG 15e

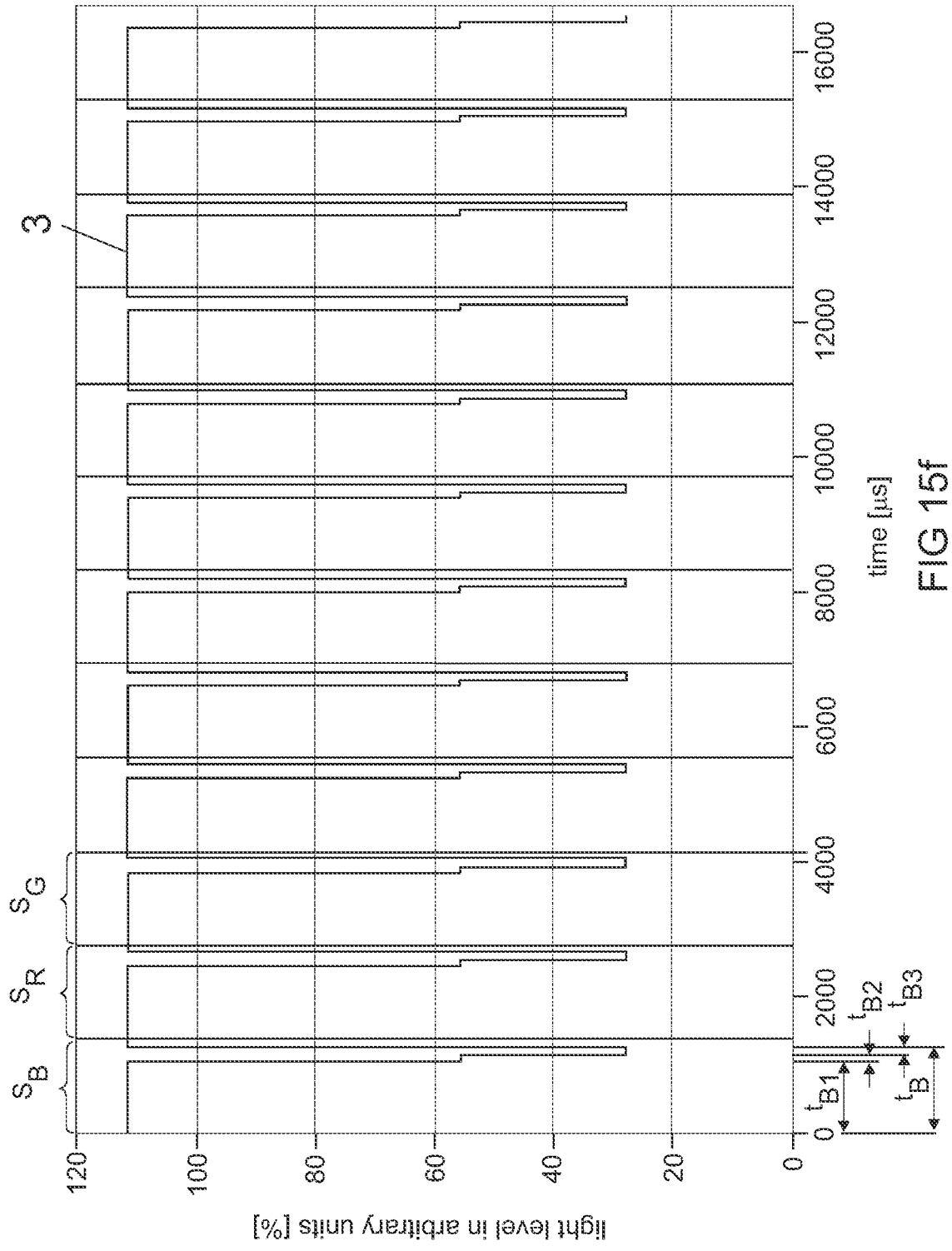


FIG 15f

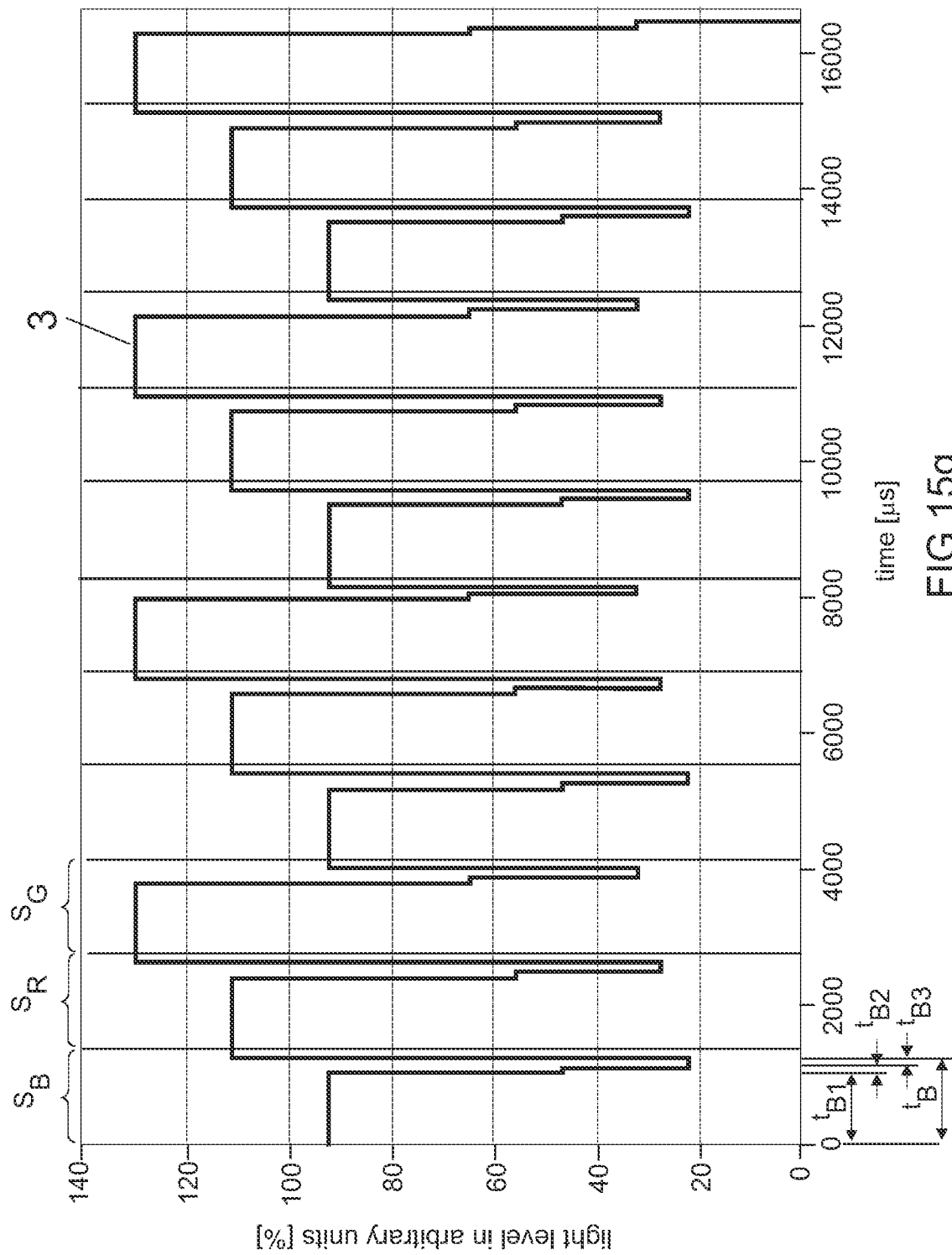


FIG 15g

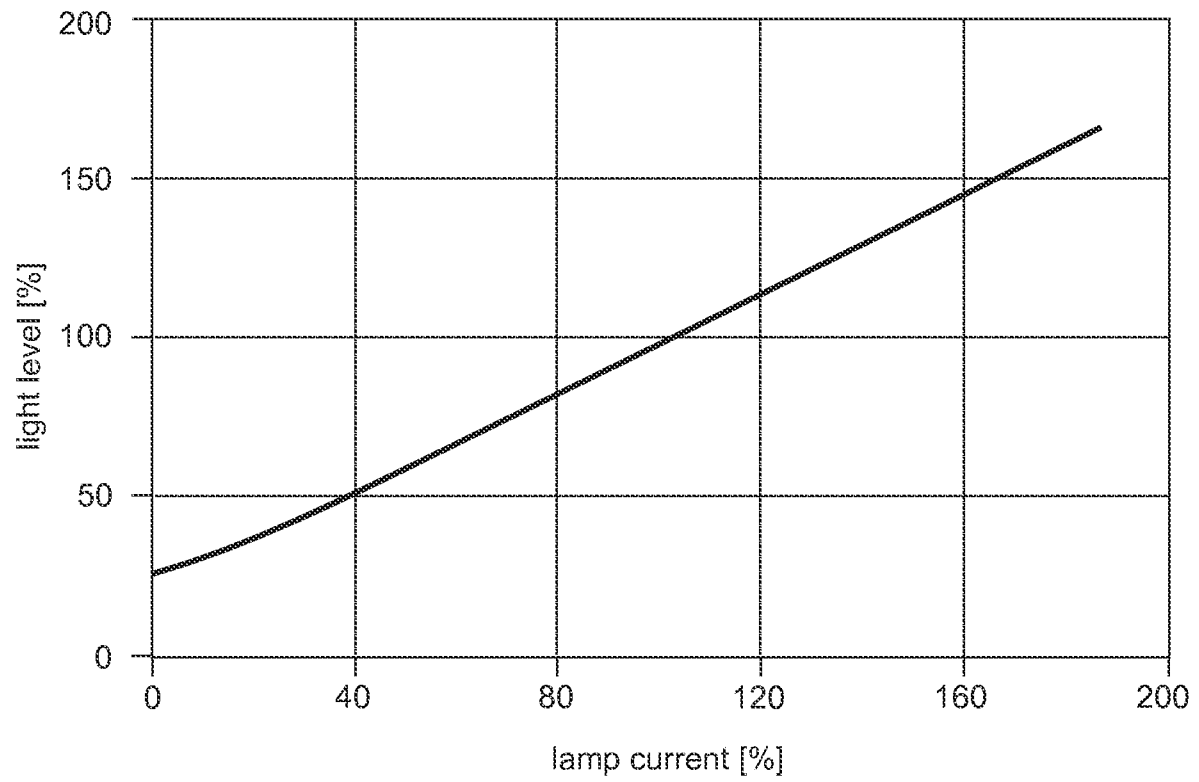


FIG16

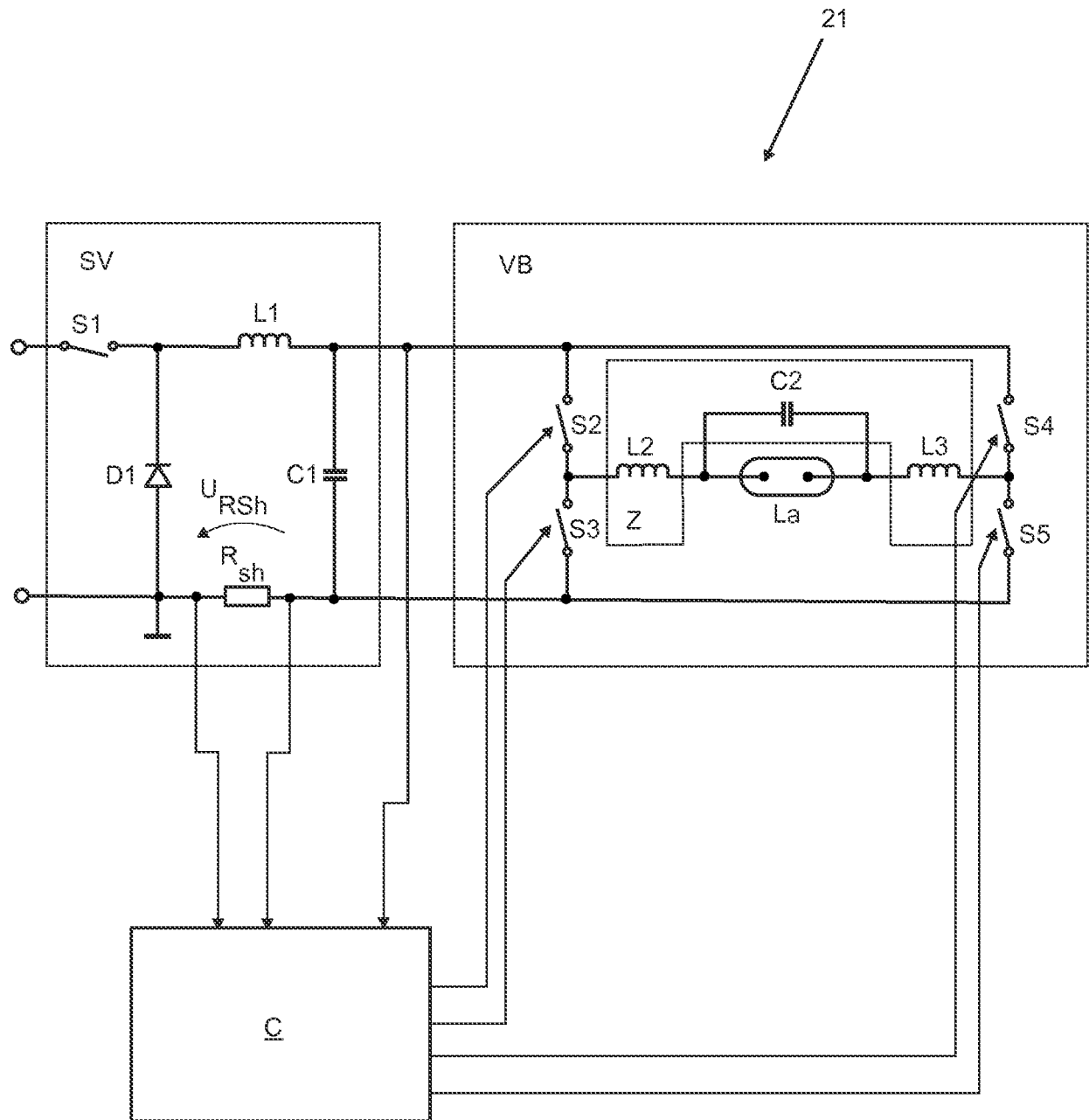


FIG17