



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2007 034 177 B4** 2009.06.10

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 034 177.8**  
 (22) Anmeldetag: **23.07.2007**  
 (43) Offenlegungstag: **05.02.2009**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **10.06.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H05B 37/02 (2006.01)**  
**B64D 47/02 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Diehl Aerospace GmbH, 88662 Überlingen, DE**

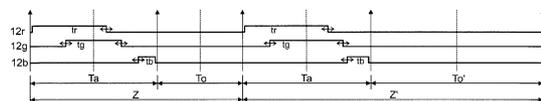
(72) Erfinder:  
**Pöhler, Ulrich, 91238 Offenhausen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

**DE 10 2005 016729 B3**  
**DE 10 2005 054541 A1**  
**US 71 48 632 B2**  
**WO 2006/0 54 230 A1**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Dimmen des von LED-Leuchten abgestrahlten Lichts, insbesondere in der Fluggastkabine eines Verkehrsflugzeuges**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Dimmen des, insbesondere zum Ausleuchten der Fluggastkabine eines Verkehrsflugzeuges, von LED-Leuchten abgestrahlten Lichts durch für mehrfarbige LED-Arrays unabhängig voneinander veränderbare Stromfluss-Zeitspannen während zyklisch aufeinanderfolgender Arbeitsperioden, deren Zyklus-Längen vergrößert werden, wenn wenigstens eines der LED-Arrays über eine im Verhältnis zur jeweiligen Arbeitsperioden-Länge nur noch sehr kurze Zeitspanne bestrahlt wird und seine Abstrahlung trotzdem noch weiter verringert werden soll, wobei die Zeitspanne des jeweiligen Stromflusses in den LED-Arrays bezogen auf den Beginn einer Arbeitsperiode zeitlich derart gegeneinander versetzt einsetzt, dass der Stromfluss in einem der LED-Arrays zu Beginn einer jeden Arbeitsperiode, aber in einem andersfarbigen LED-Array vor dem Ende der jeweiligen Arbeitsperiode einsetzt und in einem dritten der LED-Arrays jeweils zeitsymmetrisch zur Mitte der Arbeitsperiode liegt.



## Beschreibung

**[0001]** Ein Verfahren zum Dimmen des von LED-Leuchten abgestrahlten Lichts ist aus der WO 2006/054230 A1 bekannt. Zum Verändern des Farbeindrucks einer LED-Leuchte werden die Lichtabstrahlungen von LED-Arrays in den Grundfarben Rot, Grün und Blau in variabler Intensität einander überlagert. Zum Dimmen erfahren diese einzelnen Grundfarben-Arrays unabhängig voneinander eine Pulsweitenmodulation ihrer jeweiligen Arraystrom-Zeitspannen in lückenlos aufeinanderfolgenden Arbeitsperioden gleicher Längen. Eine statt der üblicherweise anzutreffenden Pulsweitenmodulation grundsätzlich auch mögliche frequenzmodulierte Arrayansteuerung soll allerdings nicht näher offenbarte Rückwirkungen auf die Arbeitsperioden-Längen haben. Die, zu Beginn einer jeden Arbeitsperiode gleichzeitig einsetzenden, Stromflusszeitspannen sind jedenfalls derart bemessen, dass jede von ihnen stets kürzer als die Arbeitsperiode ansteht, um gegen deren Ende, also im abgeschalteten Zustand aller Arrays, einen Umgebungslicht-Istwert als Korrekturgröße für eine Lichtregelung messen zu können. Je kürzer die jeweilige Array-Einschalt- oder Stromflusszeitspanne innerhalb einer Arbeitsperiode ist, desto geringer ist das Stromintegral über deren LEDs, desto geringer ist demzufolge die Helligkeit des mit diesem Farbbeitrag abgestrahlten Lichts.

**[0002]** Damit lässt sich allerdings nur ein Dimmverhältnis in der Größenordnung 1:1000 zwischen dunkel und hell erzielen. Das reicht nicht mehr aus für z. B. farbkonstant variable Dämmerungseindrücke (etwa als zeitlich gestreckter Übergang von Sternenhimmel zu Sonnenaufgang bei der Beleuchtung in einer Fluggastkabine, vgl. US 7,148,632 B2, Fig. 15) mit Gamut-Farbkorrektur (Kompensation der Verschiebung zu wärmerer Lichtfarbe bei Übergang auf geringere Helligkeit), wenn die RGB-Leuchtdiodenarrays schon stark gedimmt arbeiten, also bei niedrigster damit einstellbarer Helligkeit; dazu ist ein um wenigstens eine Größenordnung stärkeres Dimmverhältnis für noch geringere Ansteuerung vor dem vollständigen Abschalten anzustreben.

**[0003]** Denn gerade die für hochwertige, farbkonstante Beleuchtungseffekte erforderliche Gamut-Farbkorrektur bedingt sehr kurze Stromflusszeiten über Leuchtdioden. Damit kann dann kompensiert werden, dass die Farborte von LEDs innerhalb eines Fertigungsloses variieren. Um nämlich dennoch eine ganz bestimmte Grundfarbe zu erreichen, werden schon beim Fertigungsabgleich oder später im Betrieb (über Fotodioden ausgeregelt) mit geringen Intensitäten die beiden anderen Grundfarben beigemischt, die sich für den jeweiligen Farbort aus dem in die CIE-Normfarbtafel (in den auch sogenannten Farbschuh) einbeschriebenen Farbdreieck für die LEDs ergeben. Beispielsweise wird ein garantierter

Farbort „blau, ungesättigt“ Gamut-korrigiert dadurch erzeugt, dass zusätzlich zur Vollansteuerung (100%) der blauen LEDs die grünen LEDs zu 5% und die roten LEDs zu 2% angesteuert werden. Um diesen Farbort bei geringer Helligkeit, etwa gedimmt auf 1%, mit einem Ansteuer-Zyklus von 3 ms darzustellen, ergibt sich für blau eine Einschaltzeit von 1% des vollen Zyklus, also 30  $\mu$ s, für grün 1% von 5% gleich 0,05% (1,5  $\mu$ s) und für rot 1% von 2% gleich 0,02% (0,6  $\mu$ s Stromfluss über die roten LEDs).

**[0004]** LEDs mit derart kurzen Pulsen zu bestromen, beschwört zahlreiche Probleme herauf. So weisen diese kurzen Pulse Grundfrequenzen von einigen hundert Kilohertz auf, was zu störenden Interferenzen (EMI-Erscheinungen) mit Frequenzen führen kann, welche bestimmten Funkdiensten zugeteilt sind (etwa dem Notruf auf 200 kHz); zu kurze Abschaltzeiten behindern das Entladen der Eigenkapazitäten der LEDs; und mit preisgünstigen Bauelementen können keine hinreichend schnell schaltenden Stromsenken realisiert werden. Schaltungstechnisch wäre ein derart extremes LED-Dimmen nur noch mit sehr schnellen und deshalb teuren Prozessoren hoher Kodierungstiefe für eine entsprechend feine Unterteilung der Arbeitsperiode realisierbar, samt leistungsstarken Hochfrequenztransistoren für die Stromsenken in den R-, G- und B-Diodenreihenschaltungen, also mit selten vertretbarem schaltungstechnischem Aufwand.

**[0005]** Originär nichts mit diesen Problemen der für extreme Dimmzustände erforderlichen extrem kurzen Stromflusszeiten hat es zu tun, gemäß DE 10 2005 054 541 A1 die Impulsbelastung zu Beginn einer jeden Arbeitsperiode dadurch zu mindern, dass die drei Stromflusszeitspannen für die Grundfarben innerhalb der jeweiligen Arbeitsperiode zeitlich gegeneinander versetzt auftreten. Wenn infolge schwächeren Dimmens, also hellerer Abstrahlung die Summe der einander nicht überlappenden Zeiten der entsprechend längeren Stromflusszeiten größer als die Länge einer Arbeitsperiode wird, müssen die Stromflusszeiten einander allerdings doch wieder teilweise überlappen, auch sie mit ihrem Rest in den Beginn der nächstfolgenden Arbeitsperiode verlagert werden. Wenn dagegen bei nur kurzzeitigen Stromflüssen, entsprechend schwach leuchtenden LEDs, ein unbestromter Periodenrest verbleibt, kann die aktuelle Arbeitsperiode verkürzt werden, um dadurch das aktuelle Stromintegral leicht zu vergrößern und dadurch die Abstrahlhelligkeit geringfügig ansteigen zu lassen, worauf das menschliche Auge besonders empfindlich reagiert. Eine schaltungstechnische Problematik des Erreichens besonders kurzer Stromflußzeitspannen ist in dieser Publikation aber nicht thematisiert; und auch nicht, dass visuell störende Stroboskopeffekte auftreten können, wenn gemäß dieser Veröffentlichung Farben derart sequentiell angesteuert werden, dass stets nur gerade eine der

Grundfarben leuchtet.

**[0006]** Nach der DE 10 2005 016 729 B3 findet jeweils ein hochfrequentes Choppen des während der Einschaltzeitspannen in den aufeinanderfolgenden Arbeitsperioden über die Diode fließenden Stromes statt. Je kürzer die Einschaltzeitspanne innerhalb der Arbeitsperiode ist, desto weniger Konstantstrompulse fließen über die LED, desto geringer ist demzufolge die Helligkeit des abgestrahlten Lichts. Die für Dämmerungseindrücke dann erforderlichen noch kürzeren Stromflusszeiten lassen sich aber, wie oben ausgeführt, mit vertretbarem Aufwand nicht ohne weiteres realisieren.

**[0007]** Vorliegender Erfindung liegt die technische Problemstellung zugrunde, auch noch bei sehr feinfühlig variierbaren extrem lichtschwachen Dimmeinstellungen einerseits hohe Momentanströme und andererseits diskret aufeinanderfolgende Einfarbenansteuerungen möglichst weitgehend zu vermeiden.

**[0008]** Diese Aufgabe ist durch die im Hauptanspruch angegebenen wesentlichen Merkmale gelöst. Danach ist ein Ansteuer-Zyklus für die LEDs vorgesehen, der gewissermaßen einer überlagerten niederfrequenten Frequenzmodulation unterworfen wird; wobei die innerhalb der Arbeitsperioden auftretenden, variablen Stromfluss-Zeitspannen über die drei LED-Farben möglichst gegeneinander versetzt einsetzen, nämlich ab Periodenbeginn, um die Periodenmitte herum und vor dem Periodenende.

**[0009]** Solche Verschachtelung vermeidet visuell störende Stroboskopeffekte, wie sie auftreten können, wenn Farben derart sequentiell angesteuert werden, dass stets nur gerade eine der Grundfarben leuchtet; bzw. allgemein, wenn Licht mit sehr niedriger Frequenz (wesentlich unter 100 Hz) erzeugt wird.

**[0010]** Und infolge Verlängerung des Zyklus verringert sich, trotz nicht weiter verkürzter Stromfluss-Zeitspanne, das Stromintegral über dem Zyklus, also ohne für die damit eintretende weitere Verringerung der Abstrahlung der LEDs das Tastverhältnis der Arbeitsperiode weiter verringern zu müssen. Für weiteres Abdimmen müssen somit die Stromflusszeitspannen nicht noch weiter verkürzt werden.

**[0011]** Besonders vorteilhaft wird Letzteres dadurch realisiert, dass der Zyklus unterteilt wird in eine Arbeitsperiode mit zeitlich begrenztem Stromfluss und wenigstens eine sich stromlos anschließende, hier sogenannte Leerperiode.

**[0012]** Die stromlose Leerperiode im (Gesamt-)Zyklus, also zwischen zwei durch eine Leerperiode voneinander distanziert aufeinander folgenden Arbeitsperioden, kann zu noch feinstufigerer Dimmung auch ihrerseits variiert werden, etwa durch Aufeinanderfol-

ge einer unterschiedlichen Anzahl von Leerperioden gleicher Länge und/oder durch Längenvariationen der Leerperioden.

**[0013]** Um bei einer Änderung der Anzahl oder der Länge der Leerperioden in einem Zyklus einen Farbumschlag und einen Helligkeitssprung zu vermeiden, erfolgt dieses Umschalten zweckmäßigerweise gerade am Ende eines Zyklus aus Arbeitsperiode und Leerperioden. Außerdem kann die Pulsdauer in den einzelnen LED-Arrays auf vorübergehend konstantes Zyklus-Stromintegral eingestellt werden, um in diesem Moment keinen Sprung im Stromintegral, also keine Helligkeitsschwankung und keinen abrupten Farbumschlag auftreten zu lassen.

**[0014]** Schließlich kann auch die Länge der Arbeitsperioden, in denen die Strompulse konstanter Länge auftreten, in den aufeinanderfolgenden Zyklen variiert werden, um das die Helligkeit der Abstrahlung bedingende Stromintegral über dem Zyklus zu beeinflussen, ohne die Stromfluss-Zeitspannen zum weiteren Herabdimmen noch weiter verkürzen zu müssen.

**[0015]** Entscheidend ist also insoweit, dass die kürzeste in Bipolartechnik für die Stromsenken und mit einem Prozessor vertretbarer Kodierungstiefe noch problemlos bewältigbare Stromfluss-Zeitspanne zu weiterem Abdimmen nicht noch weiter verkürzt werden muss, sondern dann konstant bleiben kann, weil nun der Zyklus nach Art einer überlagerten Frequenzmodulation verlängert wird. Jetzt wird der resultierende Stromfluss über die Variation der Zyklus-Längen für die Diodenarrays geändert, insbesondere noch weiter vermindert, ohne die Stromfluss-Zeitspanne selbst verändern und insbesondere weiter reduzieren zu müssen.

**[0016]** Das erübrigt eine Erhöhung der Kodierungstiefe des die Stromsenken der Arrays ansteuernden Prozessors zu feinerer Stufung der Stromfluss-Zeitspannen hin und führt damit auch zu keiner höherfrequenten Ansteuerung der Stromsenken selbst, weshalb die eingeführte Hardwaretechnologie trotz wesentlich vergrößerten Dimmverhältnisses weiter verwendbar bleibt.

**[0017]** Dadurch werden Lichtauflösung und Farbbort-Gamut (die dargestellte Kompensation von Farbbort-Verlagerungen in einer LED durch minimale Stromflussveränderungen in den anderen beiden LEDs) visuell spürbar verbessert. Das dafür erforderliche und erfindungsgemäß erreichte Dimmverhältnis von wesentlich größer als 1:10.000, das in analoger Schaltungstechnik nicht erreichbar wäre, ermöglicht so eine hohe Helligkeitsdynamik bei Gewährleistung großer Farbborttreue bis hin zu niedrigsten Helligkeiten der Lichtabstrahlung, bei denen das, auf die momentan relativ hellste Farbe adaptierende, menschliche Auge besonders farbempfindlich reagiert.

**[0018]** Zusätzliche Alternativen und Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Lösung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen und, auch hinsichtlich deren Vorteilen, aus nachstehender Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels zum Verwirklichen des erfindungsgemäßen Verfahrens. in der Zeichnung zeigt

**[0019]** [Fig. 1](#) ein vereinfachtes Schaltbild für individuelle Farbansteuerung einer Leuchte mit LED-Arrays in den drei Grundfarben rot, grün und blau,

**[0020]** [Fig. 2](#) Zeitdiagramme einer Ansteuerung der Arrays nach [Fig. 1](#) mit Zyklen aus abwechselnden Folgen von Arbeits- und Leerperioden untereinander gleicher Längen für stark herabgedimmten Leuchtenbetrieb,

**[0021]** [Fig. 3](#) eine Variation der Ansteuerung nach [Fig. 2](#) durch variable Längen von Leerperioden, insbesondere für farbkorrigierbaren gleitenden Helligkeitsübergang zwischen ganz abgeschaltetem und nur minimal eingeschaltetem Leuchtenbetrieb, und

**[0022]** [Fig. 4](#) im Gegensatz zu [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) variable Längen der Arbeitsperioden zur Variation der Stromintegrale, hier ohne Einschleichen von Leerperioden.

**[0023]** Die in [Fig. 1](#) symbolisch skizzierte Leuchte **11** weist je ein individuell helligkeitssteuerbares Array **12** (**12r**, **12g** und **12b**) von Serienschaltungen rot, grün und blau abstrahlender Leuchtdioden **13** auf; nicht berücksichtigt ist in dieser Skizze, dass zur Farb-Feinkorrektur bzw. zur Beeinflussung der Farbsättigung zusätzlich ein ebenfalls helligkeitssteuerbares Weißlichtarray aus an sich blau strahlenden aber mit Phosphor kaschierten LEDs zweckmäßig ist. Jedes Array **12** liegt an einer Versorgungsspannung **14** (von typisch 55 Volt) gegen Gerätemasse **15**, zu letzterer hin über eine Konstantstromsenke **16** in Form eines bipolaren Transistors in Emitterschaltung mit seinem Emitterwiderstand **17**.

**[0024]** Ein handelsüblicher Mikro-Prozessor **18** mit einer Kodierungstiefe von typisch  $2 \exp 4 = 16$  bit Zeitauflösung innerhalb einer Arbeitsperiode  $T_a$  schaltet jeweils über eine Zeitspanne  $t_r$ ,  $t_g$ ,  $t_b$  hinweg die Transistoren der Konstantstromsenken **16** unabhängig voneinander durch. Die Länge dieser individuellen Stromfluss-Zeitspannen  $t$  bestimmt jeweils über das zyklische Stromzeitintegral die resultierende Arraystromstärke und somit die Intensität (Helligkeit) der zugehörigen roten, grünen und blauen einander überlagerten Farbabstrahlungen. Diese aktuelle Farbmischung aus den drei Arrays **12** ergibt die von der Leuchte **11** abgegebene Lichtfarbe. Die gerade erwünschte Farbmischung und deren Intensität wird von einem übergeordneten, externen Steuersignal **19** für die einzelnen Stromfluss-Zeitspannen  $t$  be-

stimmt.

**[0025]** Insoweit eine temperatur- bzw. stromabhängige Farbortdrift zu erwarten ist (wie insbesondere bei rot und bei grün abstrahlenden Leuchtdioden **13r**, **13g**), ist in der Programmierung des Prozessors **18** oder im externen Signal **19** eine angepasste Gamut-Farbortkorrektur durch minimale Variation von Zeitspannen  $t$  vorgegeben.

**[0026]** Um das Stromintegral im jeweiligen Array **12** zu reduzieren, kann die Stromfluss-Zeitspanne  $t$  innerhalb einer Arbeitsperiode  $T_a$ , die typischerweise entsprechend einer Wiederholfrequenz von 333 Hertz 3 Millisekunden lang ist, schrittweise verkleinert werden. Für eine große Auflösung, also für kleine Schrittweiten, muss die Arbeitsperiode  $T_a$  entsprechend fein unterteilt sein, der Prozessor **18** also eine entsprechend hohe Kodierungstiefe zur Vorgabe auch sehr kurzer Zeitspannen  $t$  aufweisen, was ihn stark verteuert. Eine derart schmalpulsige Ansteuerung der Stromsenken **16** würde auch für den Betrieb von Konstantstrom-Transistoren in der preiswerten Bipolartechnologie zu hochfrequent werden.

**[0027]** Deshalb wird spätestens dann auf eine Frequenzmodulation (etwa gemäß [Fig. 2](#)) aller momentan eingestellten Stromintegrale einer Arbeitsperiode  $T_a$  umgeschaltet, wenn in wenigstens einem der Arrays der Stromfluss  $t$  – insbesondere mangels prozessorabhängig feinerer Auflösung – nicht weiter verkürzt werden soll. Es werden nun die aktuell anstehenden – aber im Rahmen der gegebenen Prozessor-Kodierungstiefe weiterhin individuell veränderbaren – Array-Stromintegrale für ein zusätzliches, nämlich noch stärkeres Dimmen weiter herabgesetzt, indem auf eine Arbeitsperiode  $T_a$  (wenigstens) eine stromlose Leerperiode  $T_o$ , also zunächst noch keine erneute Ansteuerung von Stromsenken **16** folgt, ehe mit Zeitablauf eines Ansteuer-Zyklus von nun  $Z = T_a + T_o$  wieder eine Arbeitsperiode  $T_a$  mit Stromfluss-Zeitspanne  $t$  einsetzt. Da so das zeitliche Stromflussintegral, auch bei während der Arbeitsperiode  $T_a$  nicht veränderter Stromflusszeitdauer  $t$ , über den verlängerten Zyklus  $Z$  insgesamt absinkt, reduziert sich die abgestrahlte Helligkeit, ohne etwa hierfür im Prozessor **18** die Kodierungstiefe vergrößern zu müssen. Gegenüber dem bisher stärksten erreichbaren Dimmen von etwa 0,1% bedeutet das eine um wenigstens den Faktor **10** gesteigerte Auflösung des Stromflusses über die Arrays **12** und deshalb auch verbesserte Möglichkeiten der Lichtortbeeinflussung sogar noch bei extrem kleinen Dimm-Werten.

**[0028]** Darüber hinaus können gemäß [Fig. 3](#), zu weiterer Variation von Zykluslängen  $Z'$  und damit des resultierenden Stromintegrals ohne Beeinflussung der Zeitspannen  $t$ , die Leerperioden  $T_o$  verändert (verkürzt und verlängert) werden. Das ergibt bei gleichbleibender Kodierungstiefe eine weiter verfei-

nete Rasterung des Stromflussintegrals und dadurch eine Steigerung des Lichtfarbeindrucks gerade bei niedrigsten Helligkeiten.

**[0029]** Wenn die Leerperioden  $T_0$  zu Null geschrumpft sind, kann zur Variation der Stromintegrale auch ohne Änderung der Zeitspannen  $t$  immer noch eine Beeinflussung der Längen der nun unmittelbar aufeinander folgenden und dadurch bereits die Zyklus-Längen  $Z$  ausmachenden, im Vergleich zu den Zeitspannen  $t$  sehr niederfrequenten Arbeitsperioden  $T_a$  aus dem Prozessor **18** heraus erfolgen, wie in [Fig. 4](#) skizziert. Ein fließender Wechsel der Ansteuerung nach [Fig. 3](#) auf diejenige nach [Fig. 4](#) ermöglicht wegen der zunehmend feiner resultierenden Stromrasterung gewissermaßen einen dynamischen Übergang von niedriger auf niedrigste Helligkeit unter Kompensation der sonst dabei auftretenden Farbortverschiebungen in den Abstrahlungen der einzelnen Arrays **12**, bis schließlich in den ganz abgeschalteten Zustand der Lichtabstrahlung hinein – ohne dass dafür die Funktionsgrenzen des Prozessors **18** überbeanspruchende, da frequenzkritisch kurze, Stromfluss-Zeitspannen  $t$  erforderlich wären.

**[0030]** Eine andererseits hellere Abstrahlung aus der Leuchte **11**, also weniger starke Dimmung, ist für den Betrieb des Prozessors **18** wegen der dann verlängerten Stromfluss-Zeitspannen  $t$  unkritisch. Deshalb kann dann auf eine Variation der Zykluslängen  $Z$  zur Beeinflussung des Stromintegrals durch die Arrays **12** ganz verzichtet werden, und es wird auf herkömmlichen Betrieb mit variablen Zeitspannen  $t$  in der unmittelbaren Aufeinanderfolge eines starren Periodenrasters  $T_a$  (also auch ohne zwischengeschaltete Leerperioden  $T_0$ ) umgeschaltet. Auch solch ein Umschalten von variablen auf starre Zyklen  $Z = T_a$  erfolgt zweckmäßigerweise am Ende eines Zyklus  $Z$ , um Farbwechsel gleich zu vermeiden, die sonst sofort über die einzelnen Zeitspannen  $t$  erst wieder ausgeregelt werden müssten.

**[0031]** In den Zeitdiagrammen der [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) ist berücksichtigt, dass die innerhalb der Arbeitsperioden  $T_a$ ,  $T_a'$  auftretenden, variablen Stromfluss-Zeitspannen  $t_r$ ,  $t_g$  und  $t_b$  möglichst gegeneinander versetzt einsetzen sollen, nämlich ab Periodenbeginn, um die Periodenmitte herum und vor Periodenende.

**[0032]** Solche Verschachtelung vermeidet visuell störende Stroboskopeffekte, wie sie auftreten können, wenn Farben derart sequentiell angesteuert werden, dass stets nur gerade eine der Grundfarben leuchtet; bzw. allgemein, wenn Licht mit sehr niedriger Frequenz (wesentlich unter 100 Hz) erzeugt wird.

**[0033]** Aus einem hochfrequenten (typisch 400 Hz aufweisenden) Wechselspannungs-Bordnetz **20** wird ein Netzgerät **21** mit Spannungswandler **22** zum Bereitstellen der Versorgungsspannung **14** gespeist.

Durch einen Puffer **23** hoher Kapazität (und eine in der Zeichnung nicht berücksichtigte Spannungsregelung) werden Lastwechsel abgefangen. Insbesondere steht die im Puffer **23** gespeicherte Energie zur Verfügung, wenn eine LED gerade während des Spannungsnulldurchganges des Bordnetzes **20** eingeschaltet wird. Der Puffer **23** wird dann bis zum nächsten Nulldurchgang des Bordnetzes **20** nachgeladen. Um dabei vom Wirkungsgrad abhängige Brummerscheinungen zu vermeiden, muss der Puffer **23**, typischerweise ein Elektrolytkondensator, recht groß bemessen sein, was einen erheblichen Kostenfaktor darstellt. Die Einschalt-Verschachtelung der Dioden reduziert aber die Beanspruchung des Netzgerätes **21**, so dass ein preisgünstiger kleinerer Puffer **23** eingesetzt werden kann.

**[0034]** Bei einer Arbeitsperiode  $T_a$  von im Mittel 3 ms Länge (entsprechend 333 Hz) entsteht mit der Bordfrequenz von 400 Hz eine Schwebung um 67 Hz, die sich ohne schaltungstechnischen Mehraufwand gut ausregeln lässt. Vor allem ist diese Wiederholrate so hoch, dass ein Lichtflimmern aufgrund von Schwebungserscheinungen wegen Ansteuerung von Lichtquellen in einander benachbarten Frequenzbändern nicht auftritt.

**[0035]** Zum Herabdimmen der Helligkeit des Mischfarben-Lichts aus einer LED-Leuchte **11** mit LED-Arrays **12r**, **12g**, **12b** unterschiedlicher Farbabstrahlungen, insbesondere in der Fluggastkabine eines Verkehrsflugzeuges, werden also während zunächst herkömmlicherweise konstanter Arbeitsperioden-Längen  $T_a$  die über die verschiedenen Arrays **12** unterschiedlich einstellbaren Stromfluss-Zeitspannen  $t_r$ ,  $t_g$ ,  $t_b$  – ausgehend vom Nennstrom (typisch um 25 mA) für maximale Helligkeit – schrittweise verkürzt, bis in einem der Arrays **12** eine Aussteuerung (ein Dimmgrad) von typisch nur noch 1% der normalen Helligkeit erreicht ist. Ehe dann in der Array-Ansteuerung Frequenzkomponenten auftreten, die mit Licht der Frequenz des Bordnetzes **20** etwa zu Schwebungserscheinungen führen können, oder wenn die Kodierungstiefe des stromsteuernden Prozessors **18** bzw. das Ansprechverhalten der Konstantstromsenken **16** hinter den LED-Arrays **12** ein weiteres Abdimmen durch weitere Verkürzung der Stromflussdauern  $t$  in jedenfalls einem der Arrays **12** nicht mehr zulassen, erfolgt erfindungsgemäß zu weiterem und noch feinstufigerem Abdimmen eine Verlängerung der Zyklen  $Z$  durch Verlängern der Arbeitsperioden  $T_a$  und/oder durch Einfügen konstanter oder variierbarer Längen von stromlosen Leerperioden  $T_0$  zwischen aufeinanderfolgenden Arbeitsperioden  $T_a$ , nämlich zu weiterer Verringerung der Stromintegrale in den Arrays **12** über dem aktuellen Zyklus  $Z$  auch ohne weiteres Verkürzen einer schon kritisch kurzen Stromfluss-Zeitspanne  $t$  selbst, erforderlichenfalls unter Anpassen der Stromfluss-Zeitspannen  $t$  an die gewünschte Abstrahl-Intensität und Far-

be bei den anderen Arrays **12**. Das ermöglicht mit der eingeführten Schaltungstechnologie für die Konstantstromsenken **16** in den LED-Arrays **12** und ohne Steigerung der Kodierungstiefe im Prozessor **18** für die stufige Stromfluss-Zeitsteuerung  $t$  eine feine Farbkorrektur für konstant bleibenden Mischfarbeneindruck auch noch bei extrem kleinen Helligkeiten, bis hin zu einem gleitenden Übergang in die Licht-AUS-Situation; bzw. umgekehrt beim Einschalten trotz sehr langsamen Aufdimmens ein farbkonstantes Mischfarben-Licht aus der LED-Leuchte **11**. Dabei ermöglicht diese mit herkömmlicher Hardware im Ergebnis extrem feinstufig erreichte wirksame Stromvariation eine Gamut-Farbkorrektur (also Kompensation der bei Stromverringerung zum Langwelligen hin auftretenden Farbortverschiebung in der Normfarbtafel, durch geringfügige Beeinflussen der Helligkeiten der beigemischten Grundfarben) auch schon bei geringster Helligkeit, sowie eine Kompensation alterungsbedingter, farbabhängig unterschiedlicher Helligkeitsverluste in den verschiedenen LED-Arrays **12**.

#### Bezugszeichenliste

<b>11</b>	Leuchte (mit <b>12</b> )
<b>12</b>	Array (aus <b>13</b> )
<b>13</b>	Leuchtdiode (LEDs)
<b>14</b>	Versorgungsspannung (für <b>12</b> )
<b>15</b>	Gerätemasse (von <b>11</b> )
<b>16</b>	Konstantstromsenke (in Serie zu <b>12</b> )
<b>17</b>	Emitterwiderstand (bei <b>16</b> )
<b>18</b>	Prozessor
<b>19</b>	Steuersignal (an <b>18</b> für $t$ und gegebenenfalls für $T$ )
<b>20</b>	Bordnetz
<b>21</b>	Netzgerät (an <b>20</b> )
<b>22</b>	Spannungswandler (in <b>21</b> )
<b>23</b>	Puffer (in <b>21</b> zwischen und <b>11</b> )
<b>t</b>	Zeitspannen ( $t_r$ , $t_g$ , $t_b$ für <b>12r</b> , <b>12g</b> , <b>12b</b> während $T_a$ )
<b>T, T'</b>	Perioden ( $T_a$ = Arbeitsperiode; $T_o$ = Leerperiode)
<b>Z, Z'</b>	Zyklen ( $T_a$ bzw. $T_a + T_o$ )

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Dimmen des, insbesondere zum Ausleuchten der Fluggastkabine eines Verkehrsflugzeuges, von LED-Leuchten abgestrahlten Lichts durch für mehrfarbige LED-Arrays unabhängig voneinander veränderbare Stromfluss-Zeitspannen während zyklisch aufeinanderfolgender Arbeitsperioden, deren Zyklus-Längen vergrößert werden, wenn wenigstens eines der LED-Arrays über eine im Verhältnis zur jeweiligen Arbeitsperioden-Länge nur noch sehr kurze Zeitspanne bestromt wird und seine Abstrahlung trotzdem noch weiter verringert werden soll, wobei die Zeitspanne des jeweiligen Stromflusses in den LED-Arrays bezogen auf den Beginn einer

Arbeitsperiode zeitlich derart gegeneinander versetzt einsetzt, dass der Stromfluss in einem der LED-Arrays zu Beginn einer jeden Arbeitsperiode, aber in einem andersfarbigen LED-Array vor dem Ende der jeweiligen Arbeitsperiode einsetzt und in einem dritten der LED-Arrays jeweils zeitsymmetrisch zur Mitte der Arbeitsperiode liegt.

2. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die Variation der Zyklus-Länge einsetzt, wenn in wenigstens einem der LED-Arrays eine hardwaretechnisch kürzestmögliche Stromfluss-Zeitspanne auftritt.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Längen der Arbeitsperioden, in denen die Stromfluss-Zeitspannen auftreten, variiert werden.

4. Verfahren nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Folge der Zyklen sich je aus der Aufeinanderfolge einer bestromten Arbeitsperiode und wenigstens einer stromlosen Leerperiode zusammensetzt.

5. Verfahren nach dem vorangehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass Längen der Leerperioden variiert werden.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Umschalten zwischen unterschiedlichen Zyklus-Längen jeweils an einem Zyklusende erfolgt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

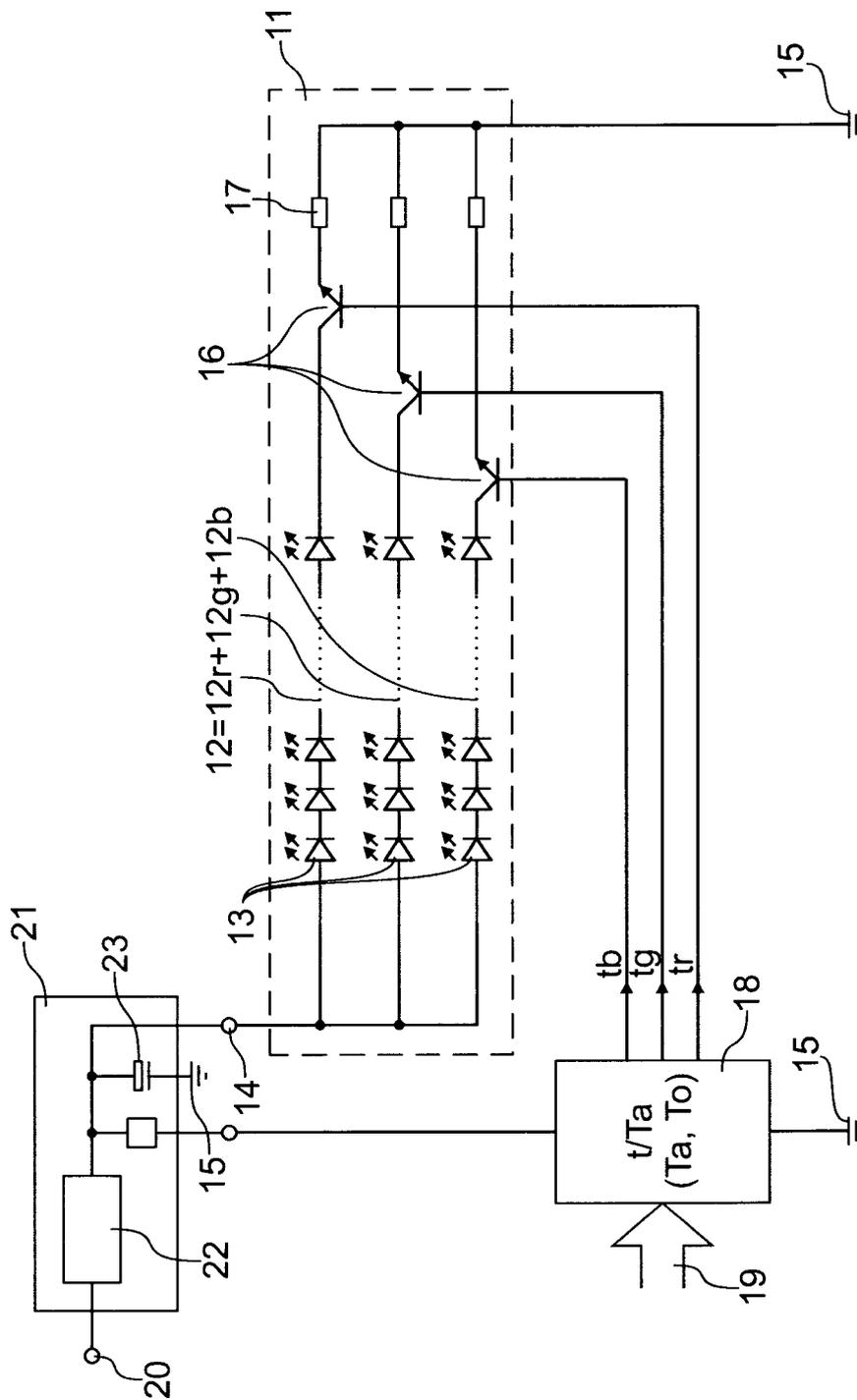


Fig. 1

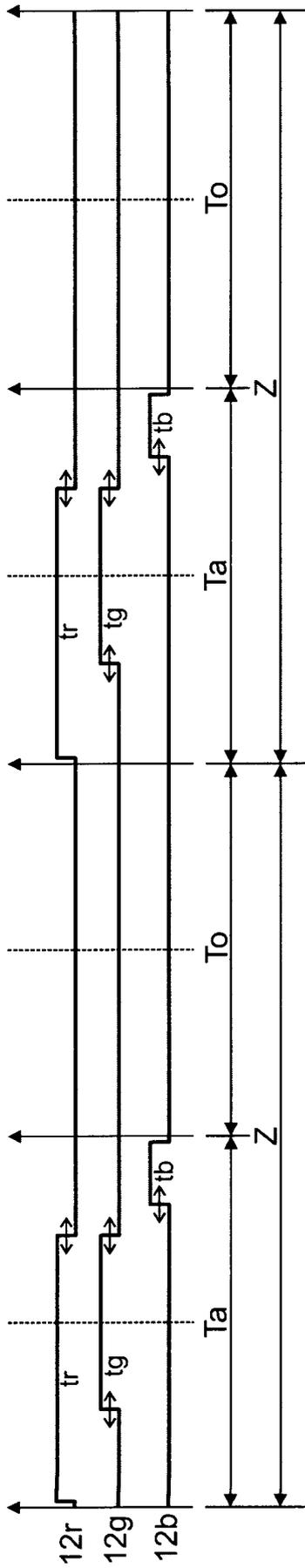


Fig. 2

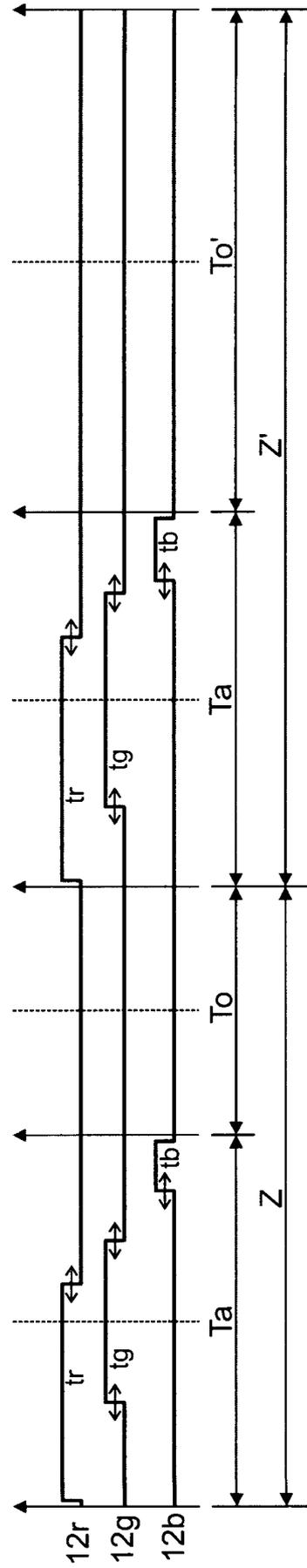


Fig. 3

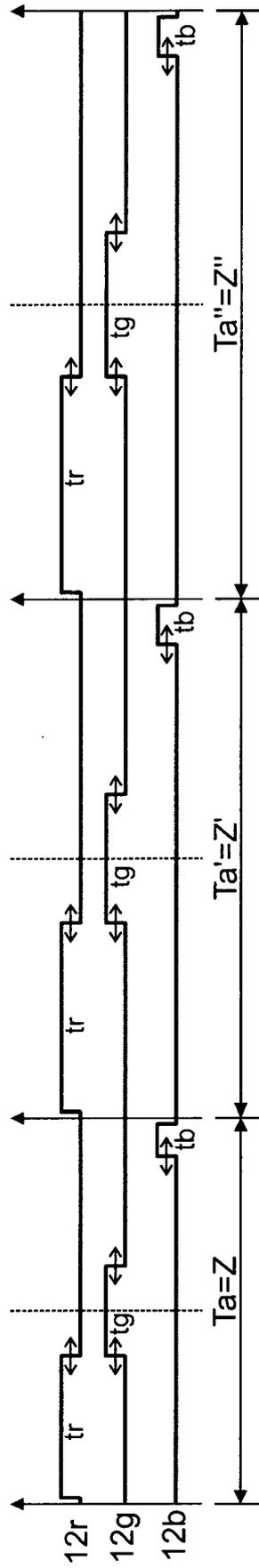


Fig. 4