

**Titel:** „Niederkapazitiver Aufbau zum Betrieb von LEDs am AC-Netz“

**Autor/en:** Uwe Nieberlein, Günther Königer

**Unternehmenseinheit:** Diehl Aerospace GmbH

**Beschreibung:**

Bei LED-Lichtgeräten (LED, Light Emitting Diode), die an einem Wechselstromversorgungsnetz (AC-Stromversorgungsnetz) betrieben werden bzw. abgeschlossen sind, treten - vor allem bei sinusförmiger Spannungsversorgung - teils Glimmerscheinungen im Aus-Zustand auf, d.h. wenn die Lichtgeräte ausgeschaltet sind und daher eigentlich dunkel sein sollten.

Eine LED-Beleuchtungsvorrichtung ist zum Beispiel aus der DE 10 2012 006 341 A1 bekannt. Die Beleuchtungsvorrichtung ist für eine Wechselspannungsversorgung angepasst. Hierfür wird eine LED-Beleuchtungsvorrichtung für eine Wechselspannungsversorgung vorgeschlagen, mit mehreren LEDs, welche eine Gesamtkette bilden, wobei die LEDs in LED-Teilgruppen verteilt sind, wobei in der LED-Beleuchtungsvorrichtung eine Versorgungsspannung mit wechselnder Amplitude vorliegt, und mit mehreren Serienschalteinrichtungen und mit mehreren Kurzschlusseinrichtungen. Eine Steuereinrichtung ist ausgebildet, die Kurzschlusseinrichtungen und die Serienschalteinrichtungen anzusteuern, um die Gesamtkette in mindestens zwei Schaltungszustände zu versetzen, wobei sich die mindestens zwei Schaltungszustände durch die Durchlassspannung der Gesamtkette unterscheiden.

Aufgabe des technischen Lösungsvorschlags, im folgenden auch als Erfindung bezeichnet, ist es, derartige Glimmerscheinungen zumindest zu reduzieren.

Die Aufgabe wird durch folgendes Lichtmodul gelöst. Das Lichtmodul enthält eine Leiterplatte. Die Leiterplatte weist eine Massefläche auf. In einem Ausschaltzustand des Lichtmoduls ist die Massefläche an einem elektrischen Massepotential angeschlossen bzw. weist dieses auf. Das Lichtmodul weist mindestens eine LED-Anordnung auf, die auf der Leiterplatte be-

abstandet zur Massefläche angeordnet ist. Jede der LED-Anordnungen ist im Ausschaltzustand einzig an einem elektrischen Versorgungspotential angeschlossen. Die LED-Anordnung weist damit zumindest an einer Stelle das Versorgungspotential auf. Zwischen jeder der LED-Anordnungen und der Massefläche ist eine jeweilige Schirmfläche angeordnet. Die Schirmfläche kann auch für mindestens zwei LED-Anordnungen gemeinsam ausgeführt sein. Im Ausschaltzustand ist die Schirmfläche an das elektrische Versorgungspotential angeschlossen bzw. weist dieses auf.

„Angeschlossen“ bedeutet, dass das entsprechende Element daher das entsprechende Potential - gegebenenfalls an der entsprechenden Stelle - auch hält. Die Massefläche und die Schirmfläche sind insbesondere ebene Flächen. Die Flächen verlaufen insbesondere parallel zueinander und sind beabstandet angeordnet. Die Beabstandung der LED-Anordnung zur Massefläche bezieht sich auf eine Richtung senkrecht zur Massefläche bzw. Masseebene und/oder zur Schirmfläche bzw. Schirmebene. In Bezug auf Leiterplatten ist für eine "Beabstandung" auch die Aussage üblich, dass daher die LED-Anordnung "über" der Massefläche und auch "über" der Schirmfläche angeordnet ist, und die Schirmfläche "über" der Massefläche angeordnet ist.

Die LED-Anordnung kann insbesondere eine Einzel-LED sein, gegebenenfalls einschließlich entsprechender Anschluss- bzw. Zuleitungen oder auch mehrere LEDs enthalten, die zu einer entsprechenden Anordnung verschaltet sind, gegebenenfalls einschließlich entsprechender Anschluss- bzw. Zuleitungen bzw. Verbindungsleitungen.

In einem Betriebszustand ist insbesondere die Massefläche weiterhin am Massepotential angeschlossen und die LED-Anordnung am elektrischen Versorgungspotential angeschlossen, jedoch nicht nur einzig an diesem, sondern auch – eventuell über weitere Bauteile bzw. Schaltungsteile – auf das Massepotential oder ein anderes Potential geführt, sodass ein Betriebsstrom durch die LED-Anordnung fließt, um deren LEDs zu betreiben. Insbesondere ist im Betriebszustand die LED-Anordnung zwischen einem elektrischen Versorgungspotential und einer Stromsenke angeschlossen. Im Ausschaltzustand ist dann die Stromsenke ausgeschaltet, nimmt also keinen Strom auf, sodass der Fluss des Betriebsstromes durch die LEDs zur Stromsenke unterbrochen ist, das Versorgungspotential jedoch an der LED-Anordnung angelegt bleibt.

Die Erfindung beruht auf der Beobachtung, dass in derartigen Lichtmodulen bezüglich des Layouts der Leiterplatte LEDs sowie deren Verbindungsleitungen oft direkt über einer Massefläche (GND) geführt sind. Dies generiert eine parasitäre Kapazität, die ausreichend groß sein kann, dass sie zu einem Stromfluss durch zumindest eine der LEDs führen kann, da der Abstand zur Massefläche in den Leiterplatten oft nur wenige Mikrometer beträgt.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Ursache für Glimmerscheinung im Aus-Zustand parasitäre Kapazitäten im LED-Kreis gegen Erde oder GND sind, die durch die Wechsellspannungsnetzversorgung mit Netzfrequenz aufgeladen und entladen werden. Dieser Ladestrom führt zu Glimmeffekten, die bisher nur durch Parallelzustände wieder reduziert werden können. Jedoch sind oft durch andere Schaltungsbedingungen und Platz dem Einsatz von Widerständen Grenzen gesetzt.

Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, dass es hilfreich wäre, wenn der Geräteaufbau diese parasitären Kapazitäten soweit wie möglich reduziert.

Gemäß der Erfindung wird mit der Schirmfläche eine Zwischenlage (LED-Schutzschirm) zwischen den LED-Anordnungen (LEDs einschließlich deren Verbindungsleitungen) und der Massefläche (GND) eingezo-gen. Dieser Schutzschirm wird mit dem Potential (Versorgungspotential) der Versorgungsspannung der LED-Anordnung (insbesondere LED-Kette) verbunden.

Der dadurch entstehende kapazitive Kurzschluss zwischen den beiden Versorgungspotentialen schließt die parasitäre Kapazität ("C1") zwischen der LED-Anordnung und der Schirmfläche kurz. Im Ausschaltzustand ist die Kapazität "C1" also wirkungslos, d.h. es fließt kein Strom über diese, da sich sowohl die Anordnungen 8a,b als auch die Schirmfläche 10, und somit beide Anschlussenden der Kapazität C1 auf dem selben elektrischen Potential, nämlich dem Versorgungspotential befinden. Dies kann also keinen Glimmeffekt in den LEDs bewirken.

Die parasitäre Kapazität ("C2") zwischen der Schirmfläche und der Massefläche wird nur vom Netz (Versorgungspotential gegenüber Massepotential) geladen, ein Strom über die LEDs fließt hier nicht, was auch zu keinem Glimmeffekt beitragen kann. Übrig bleibt nur noch eine parasitäre Streukapazität ("C3") zwischen der LED-Anordnung und dem Massepotential. Aufgrund der Anordnung der Schirmfläche zwischen der LED-Anordnung und der Massefläche ist jedoch letztere parasitäre Kapazität C3 kleiner als es eine parasitäre Kapazität ("C0") zwischen der LED-Anordnung und der Massefläche ohne Vorhandensein der erfindungsgemäßen Schirmfläche bei ansonsten gleichen Dimensionen wäre. Die verbleibende parasitäre Kapazität C3 gemäß der Erfindung zwischen LED-Anordnung und Massefläche ist insbesondere abhängig von der Ausgestaltung des Layouts deutlich kleiner als eine entsprechende Vergleichskapazität C0 ohne Schirmfläche gestaltbar. Damit kann die verbleibende, im Ausschaltzustand aktive und für ein eventuelles Glimmen der LED-Anordnung verantwortliche Kapazität C3 zwischen LED-Anordnung und Massefläche gegenüber C0 deutlich redu-

ziert werden, was das Glimmen der LED-Anordnung im Ausschaltzustand zumindest deutlich reduziert oder verhindert.

Beispielsweise kann eine entsprechende erfindungsgemäße Kapazität C3 auf einen Faktor 1:16 gegenüber der Kapazität C0 ohne Schirmfläche zwischen LED-Anordnung und Massepotential reduziert werden.

Gemäß der Erfindung werden also die parasitären Kapazitäten zwischen LED-Anordnung und Massepotential reduziert. Hierbei sind Reduzierungen bis zu einem Faktor von 1:16 gegenüber einem herkömmlichen Design möglich.

Vorteile der Erfindung sind kleinere Bauvolumina und niedrigere Kosten. Die Erfindung ist sogar kostenneutral umsetzbar, da die Erfindung nur mit Hilfe geeigneter Layoutregeln in einem ohnehin zu erstellenden Layout ohne Zusatzkosten umgesetzt werden kann. Gemäß der Erfindung wird das Problem glimmender LEDs bei abgeschaltetem Gerät gelöst - vor allem beim Betrieb netzteilloser Geräte am Wechselspannungsnetz. Dies gilt aber auch für Geräte mit Netzteil.

Die Erfindung ist alleine durch einen Umbau bzw. einer Änderung des Layouts umsetzbar, um das Glimmproblem bei Lichtgeräten (vor allem bei langen Leuchten) zu lösen. Das Glimmproblem kann so auch für Lichtmodule bzw. Lichtgeräte gelöst werden, wenn kein Platz für viele Widerstände vorhanden ist, die nötig wären, um das Glimmproblem alternativ zu lösen.

Ein erfindungsgemäßes Lichtmodul kann beispielsweise Einsatz in einem entsprechenden Lichtgerät finden.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Leiterplatte eine mehrlagige Leiterplatte, d.h. die Leiterplatte weist mindestens zwei Lagen auf, in denen Leiter vorhanden sein können. Die Massefläche und/oder die Schirmfläche sind zumindest Teil einer jeweiligen Lage der Leiterplatte. Massefläche und/oder Schirmfläche können so besonders einfach in einer Leiterplatte bzw. in einem Lichtmodul realisiert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist mindestens eine der LED-Anordnungen mindestens zwei Anschlusspole auf. Das Versorgungspotential liegt im Ausschaltzustand an mindestens zweien der Anschlusspole an. Insbesondere weist die LED-Anordnung genau zwei Anschlusspole auf und das Versorgungspotential liegt im Ausschaltzustand an beiden Anschlusspolen an. Insbesondere liegt also die gesamte LED-Anordnung an all ihren Anschlüssen im Ausschaltzustand am Versorgungspotential an. Dies ist die kritischste Situation

für einen Glimmeffekt an den LEDs, da hier die parasitären Kapazitäten zwischen der LED-Anordnung und der Massefläche mit dem größtmöglichen Potentialunterschied (Versorgungs- zu Massepotential) versorgt sind und somit ein möglichst großer parasitärer Strom durch die LEDs fließen kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform enthält mindestens eine der LED-Anordnungen mindestens eine LED-Kette. Die LED-Kette ist eine Reihenschaltung mindestens zweier LEDs mit mindestens Verbindungsleitungen zwischen den LEDs und ggf. vor und/oder nach den LEDs. Eine LED-Anordnung kann hierbei mehrere Ketten in Reihen- und/oder Parallelschaltung aufweisen. Eine LED-Kette ist dabei insbesondere eine abwechselnde Reihenschaltung bzw. unmittelbare Serienschaltung von LEDs und zwischengeschalteten Leitungsabschnitten ohne die Zwischenschaltung sonstiger Bauteile. Alternativ enthält die LED-Anordnung auch weitere elektrische Bauteile, die mit mindestens einer der LEDs oder Verbindungsleitungen verbunden sind. Derartige Bauteile sind beispielsweise weitere Zuleitungen, Leerlaufdioden, Widerstände usw. Derartige LED-Ketten sind für Glimmerscheinungen besonders anfällig. Insbesondere die „einfachen“ LED-Ketten, die alleine aus LEDs und Verbindungsleitungen bestehen, enthalten keinerlei Schutzvorrichtungen gegen Glimmerscheinungen, sind jedoch einfach und kostengünstig und können dank der Erfindung dennoch wirkungsvoll vor Glimmerscheinungen geschützt werden.

In einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform weist mindestens eine der LED-Ketten einen schaltbaren Parallelbypass zwischen ihren Enden auf, der im Ausschaltzustand die LED-Kette zwischen Ihren Enden kurzschließt. Im einfachsten Fall ist der Bypass eine unterbrechbare Verbindungsleitung zwischen den Enden der LED-Kette. Die "Enden" sind hierbei der Abschnitt von der jeweils letzten LED der Kette zum jeweiligen Anschlusspunkt der Kette. Dies führt dazu, dass im Ausschaltzustand die beiden Enden der LED-Kette das gleiche elektrische Potential, insbesondere das Versorgungspotential aufweisen. Hier sind dann wegen des anliegenden Versorgungspotentials Glimmerscheinungen besonders wahrscheinlich und können durch die Erfindung somit dennoch verhindert werden.

Insbesondere weist jede der LED-Ketten einen solchen Parallelbypass auf. Im Betriebszustand ist der Parallelbypass offen oder kurzgeschlossen, in der Regel im Wechselbetrieb. Für LED-Anordnung mit derartigen LED-Ketten ergibt sich insbesondere ein Lichtgerät durch eine entsprechende Beschaltung eines oder mehrerer Lichtmodule, indem jeweilige Reihenschaltung von Lichtketten mit Parallelbypass an einem Ende am Versorgungspotential und am anderen Ende über gesteuerte Stromquellen nach Masse geführt werden. Auch in derartigen Lichtgeräten lassen sich dank der Erfindung Glimmerscheinungen im Aus-Zustand wirkungsvoll reduzieren.

In einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform enthält mindestens eine, insbesondere jede, der LED-Ketten jeweils LEDs gleicher Lichtfarbe, d.h. Farbe des im regulären Betrieb ausgesendeten Lichts. In einem Lichtmodul bzw. Lichtgerät sind hierbei insbesondere mindestens zwei LED-Ketten unterschiedlicher Lichtfarbe vorhanden. So können Mehrfarblichtmodule bzw. Mehrfarblichtgeräte geschaffen werden. Lichtfarben sind insbesondere W, R, G, B, (Weiß, Rot, Grün, Blau). Insbesondere sind in einer oder mehrerer der LED-Anordnungen alle LEDs Weiß und/oder in einer oder mehrerer der LED-Anordnungen sind jeweils Lichtketten - insbesondere jeweils gleich viele Ketten und/oder LEDs - der Farben R, G und B, eventuell auch noch der Farbe W, enthalten. So ergeben sich W-, RGB- oder RGBW-LED-Anordnungen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist jeder der LED-Anordnungen ein Projektionsraum zugeordnet. Der Projektionsraum ist eine senkrechte Projektion der (Geometrie der) LED-Anordnung auf die Massefläche. Die Schirmfläche füllt den Projektionsraum im Querschnitt vollständig aus. Dies bedeutet, dass zumindest nahezu die gesamte Fläche, die sich als Schnittfläche der Ebene der Schirmfläche mit dem Projektionsraum ergibt, tatsächlich von der Schirmfläche ausgefüllt ist. "Nahezu" heißt, dass lediglich zum Beispiel Durchkontaktierung, Bauteilanschlüsse, hinsichtlich des Glimmeffektes nicht störende Leitungen oder ähnliches in der Querschnittsfläche enthalten sind. Insbesondere füllt die Schirmfläche den entsprechenden Querschnitt bzw. Projektionsraum mindestens vollständig bzw. vollflächig aus oder ragt zumindest teilweise sogar über diesen (in Bezug auf die Senkrechte zur Massefläche) seitlich hinaus.

In einer besonderen Ausführungsform weist das Lichtmodul einen Korridor auf, in dem mindestens eine der LED-Anordnungen verläuft. Insbesondere verlaufen alle LED-Anordnungen innerhalb dieses Korridors. Der Korridor kann dabei flächig oder räumlich ausgedehnt sein. Dem Korridor ist ebenfalls ein Projektionsraum zugeordnet, der eine senkrechte Projektion des Korridors auf die Massefläche ist. Die Schirmfläche füllt dann - in dem Sinne wie oben erläutert - auch diesen Projektionsraum im Querschnitt aus.

Das Lichtmodul erstreckt sich insbesondere entlang einer Längsrichtung, ist also ein längliches Lichtmodul. Insbesondere verlaufen dann wenigstens eine, vorzugsweise alle LED-Anordnungen ebenfalls entlang dieser Längsrichtung und/oder innerhalb des Korridors. "Entlang der Längsrichtung" bezeichnet deren prinzipielle Erstreckungsrichtung, wobei die Anordnungen auch in einer 3D-Struktur überkreuzt, verwunden usw. verlaufen können. Der Projektionsraum ist also auf dem gesamten Korridor bezogen, auch auf evtl. Zwischenräume zwischen LED-Anordnungen. Die Schirmfläche befindet sich damit zwischen dem Korridor und der Masseebene und bezieht sich auf den gesamten bzw. ganzen Korridor, insbesondere die darin geführten LED-Anordnungen bzw. LED-Ketten.

In einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform ist der Korridor seitlich von einer jeweiligen LED-Anordnung begrenzt. Mit anderen Worten erstreckt sich der Korridor jeweils so, dass jeweils zu äußert gelegene LED-Anordnungen gerade noch in diesem enthalten sind. Der Korridor weist so die kleinstmögliche Form bei gegebenen LED-Anordnungen auf.

In einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform überragt die Schirmfläche den Projektionsraum oder die Projektionsräume seitlich wenigstens um ein Mindestmaß. „Seitlich“ bedeutet hier wie oben: in einer Ebene parallel zur Masseebene gesehen weg von der jeweiligen LED-Anordnung bzw. dem Korridor bzw. deren Projektion. Es ergibt sich also ein jeweiliger seitlicher Mindestüberstand über die jeweiligen Projektionsräume. Mit anderen Worten definiert eine senkrechte Projektion der LED-Anordnung oder des Korridors auf die Massefläche einen Raumbereich und die Schirmfläche ragt seitlich mit dem Mindestüberstand über die Seitenflächen des Raumbereiches hinaus. Ein derartiger Überstand beträgt insbesondere 0,5-1,5mm, insbesondere 0,8-1,0mm, insbesondere 0,9mm.

In einer bevorzugten Variante dieser Ausführungsform enthält das Lichtmodul mindestens ein weiteres elektrisches Bauteil. Jedes der Bauteile ist bezüglich seines Projektionsraumes (der sinngemäß wieder wie oben ausgeführt ist) seitlich mindestens um ein Mindestmaß zur Schirmfläche beabstandet ist. Insbesondere ist dieses Mindestmaß das gleiche Mindestmaß wie oben. Der seitliche Abstand der elektrischen Bauteile zu jedweder Komponente der LED-Anordnung beträgt daher jeweils mindestens die Summe beider Mindestmaße (bei Gleichheit das doppelte Mindestmaß). Dies gilt nicht für Bauteile, die keinen Beitrag zum Glimmeffekt der LEDs liefern können, z.B. aus Sicht der LED-Anordnungen jenseits der Schirmfläche und/oder der Massefläche liegen.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Schirmfläche einen senkrechten Mindestabstand zur Masseebene auf. "Senkrecht" bezieht sich sinngemäß wie oben auf die Masse- bzw. Schirmfläche. Der Mindestabstand bestimmt die parasitäre Kapazität zwischen Schirmfläche und Massefläche und begrenzt somit diese Kapazität auf ein Höchstmaß.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das Lichtmodul ein oben definiertes Mindestmaß auf. Der Mindestabstand entspricht dann mindestens dem halben Mindestmaß. Insbesondere entspricht der Mindestabstand dann also 0,25-0,75mm, insbesondere 0,4-0,5mm, insbesondere 0,45mm.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Lichtmodul ein Lichtmodul für eine Innenraumbeleuchtung eines Flugzeuges. Für derartige Lichtmodule in Flugzeugen ist die Erfindung besonderes effektiv, da Sie alleine durch geänderte Layouts der Leiterplatte erreichbar

ist und keinerlei sonstige Bauteile benötigt, sodass sich wie oben erwähnt vor allem ein geringes Gewicht für das Lichtmodul ergibt, was für den Einsatz in Flugzeugen besonders vorteilhaft ist.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch ein Lichtgerät. Das Lichtgerät und zumindest ein Teil dessen Ausführungsformen sowie die jeweiligen Vorteile wurden sinngemäß bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Lichtmodul erläutert.

Das Lichtgerät weist mindestens ein Lichtmodul gemäß der Erfindung auf.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist jedes der Lichtmodule bezüglich seiner LED-Anordnung einerseits an dem elektrischen Versorgungspotential und andererseits über eine Stromsenke an dem Massepotential angeschlossen. Hierbei sind insbesondere mindestens zwei Lichtmodule und damit auch deren LED-Anordnungen parallelgeschaltet. Das Lichtgerät ist insbesondere ein trafoloses Gerät, bei dem ein Direktbetrieb am Netz möglich ist. Alternativ ist das Lichtgerät ein Lichtgerät mit Netzteil. Insbesondere sind im Lichtmodul die oben genannten schaltbaren Parallelbypässe enthalten, die dann von einer Steuerung des Lichtgerätes gesteuert sind, um die LED-Anordnungen nach Wunsch (bezüglich Farbe und/oder Helligkeit) zu betreiben.

Für derartige besonders einfache Lichtgeräte ist die Erfindung besonders kostengünstig und gewichtssparend umsetzbar, was zu den oben genannten Vorteilen führt.

Die Erfindung beruht auf folgenden Erkenntnissen, Beobachtungen bzw. Überlegungen und weist noch die nachfolgenden Ausführungsformen auf. Die Ausführungsformen werden dabei teils vereinfachend auch "die Erfindung" genannt. Die Ausführungsformen können hierbei auch Teile oder Kombinationen der oben genannten Ausführungsformen enthalten oder diesen entsprechen und/oder gegebenenfalls auch bisher nicht erwähnte Ausführungsformen einschließen.

Die Erfindung befasst sich mit dem Problem, dass bei LED-Lichtgeräten am Wechselspannungsnetz im Aus-Zustand – hervorgerufen durch parasitäre Kapazitäten und die anliegende Wechselspannung – Ausgleichsströme zwischen den LEDs und dem Gehäuse auftreten, die zu Glimmerscheinungen führen. Diese Phänomene können auch bei Betrieb mit einem an der Versorgungsspannung laufenden Netzteil auftreten.

Im Rahmen der Erfindung wird ein Verfahren dargestellt bzw. eine Vorrichtung, mit deren Hilfe es möglich ist, bei Betrieb von LEDs am Wechselspannungsnetz (entweder im Direktbetrieb oder über ein Netzteil) die parasitären Kapazitäten so klein wie möglich zu halten,



sodass ein Glimmen im Aus-Zustand minimiert werden kann. Mit dem erfindungsgemäßen Aufbaukonzept werden die parasitären Kapazitäten und damit auch die Glimmströme und die Glimmerscheinungen reduziert.

Gemäß der Erfindung ergibt sich ein niederkapazitiver Aufbau zum Betrieb von LEDs am Wechsellspannungsnetz. Gemäß der Erfindung ist die Entwicklung extrem günstiger und/oder kleinerer Lichtgeräte für Flugzeuge möglich.

Weitere Merkmale, Wirkungen und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung sowie der beige-fügten Figuren. Dabei zeigen in einer schematischen Prinzipskizze:

Figur 1 ein Lichtmodul im Querschnitt,

Figur 2 einen Aufbau eines Lichtgerätes mit Lichtmodul mit Schaltbild,

Figur 3 ein alternatives Lichtmodul im Querschnitt.

Figur 1 zeigt einen Querschnitt durch ein sich senkrecht zur Zeichenebene längs erstreckendes Lichtmodul 2, welches eine Leiterplatte 4 enthält. Die Leiterplatte 4 enthält eine hier ebene Massefläche 6. Das Lichtmodul 2 ist in einem Ausschaltzustand A dargestellt. Die Massefläche 6 ist im Ausschaltzustand A des Lichtmoduls 2 an einem elektrischen Massepotential M angeschlossen bzw. weist dieses auf.

Auf der Leiterplatte 4 sind beabstandet mit einem Abstand  $h_1$  zur Massefläche 6 zwei LED-Anordnungen 8a,b angeordnet. Jede der LED-Anordnungen 8a,b ist im Ausschaltzustand A einzig an einem elektrischen Versorgungspotential V angeschlossen; dies ist in Figur 1 nur symbolisch durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Zwischen jeder der LED-Anordnungen 8a,b und der Massefläche 6 ist eine Schirmfläche 10 angeordnet. Diese ist ebenfalls eben und verläuft parallel zur Massefläche 6. Im Ausschaltzustand A ist sie an das elektrische Versorgungspotential V angeschlossen bzw. weist dieses auf. Im Beispiel ist die Schirmfläche 10 sogar durchgehend für beide Anordnungen 8a,b ausgebildet.

Die Leiterplatte 4 ist eine mehrlagige Leiterplatte mit insgesamt drei Lagen 12a-c, wobei die Massefläche 6 auf der Lage 12a, die Schirmfläche 10 auf der Lage 12b und die LED-Anordnungen 8a,b auf der Lage 12c liegen bzw. zumindest einen Teil der jeweiligen Lage 12a-c bilden.

In der Anordnung bilden sich die parasitären Kapazitäten:

- C1 zwischen der jeweiligen Anordnung 8a,b und der Schirmfläche 10,

- C2 zwischen der Schirmfläche 10 und der Massefläche 6,
- C3 zwischen der jeweiligen Anordnung 8a,b und der Massefläche 6.

Im Ausschaltzustand ist die Kapazität C1 wirkungslos, d.h. es fließt kein Strom über diese, da sich sowohl die Anordnungen 8a,b als auch die Schirmfläche 10, und somit beide Anschlussenden der Kapazität C1 auf dem selben elektrischen Potential, nämlich dem Versorgungspotential befinden.

Figur 2 zeigt lediglich symbolisch ein Lichtgerät 36 im Innenraum 32 eines Flugzeugs 34. Das Lichtgerät enthält das Lichtmodul 2 aus Figur 1. Das Lichtmodul 2 ist daher ein Lichtmodul für eine Innenraumbeleuchtung des Innenraumes 32 des Flugzeuges 34. Die LED-Anordnungen 8a,b sind symbolisch auf der Oberseite bzw. der Lage 12c der Leiterplatte 4 dargestellt. Jede der LED-Anordnungen 8a,b enthält jeweils sechs LED-Ketten 14a-f und 14g-l, wobei einige der LED-Ketten 14a-l beispielhaft durch einen gestrichelten Rahmen angedeutet sind. Jede der LED-Ketten 14a-l ist eine Reihenschaltung von jeweils zehn LEDs 16, die durch Verbindungsleitungen 18 verbunden sind. Jede der seriellen LED-Anordnungen 8a,b weist an ihren beiden Enden zwei Anschlusspole 19a,b auf.

Jede der LED-Ketten 14a-l enthält einen schaltbaren Parallelbypass 20, der die jeweiligen Enden der LED-Ketten 14a-l entweder leitend verbinden kann oder nicht. Hierzu wird ein entsprechender Schalter 22 geschlossen oder geöffnet. Im Ausschaltzustand A schließt jeder der Parallelbypässe 20 die jeweiligen Enden der jeweiligen LED-Kette 14a-l kurz. Figur 1 zeigt symbolisch die LED-Anordnungen 8a,b jeweils im Querschnitt, nämlich jeweils eine LED 16 und einen Parallelbypass 20.

Jede der LED-Ketten 14a-l enthält jeweils zehn LEDs 16 der gleichen Lichtfarbe. So sind alle LEDs 16 in der LED-Anordnung 8a weiße LEDs, das heißt senden im regulären Betrieb weißes Licht aus, die Schalter 20 werden hierbei nach einem nicht näher erläuterten Verfahren angesteuert, um eine bestimmte Spannung an der LED-Anordnungen 8a einzustellen. Die LEDs der LED-Ketten 14g und 14j sind LEDs roter Lichtfarbe, die der LED-Ketten 14h und 14k grüner Lichtfarbe und die der LED-Ketten 14i und 14l blauer Lichtfarbe. Im Betrieb strahlt die LED-Anordnung 8a daher weißes Licht aus, die LED-Anordnung 8b strahlt eine beliebige RGB-Mischfarbe ab, je nach Ansteuerung der jeweiligen Schalter 22 in der LED-Anordnung 8b.

Im Lichtgerät 36 sind die LED-Anordnungen 8a, b einerseits, das heißt mit Ihren Anschlusspolen 19a am elektrischen Versorgungspotential V angeschlossen. Andererseits, das heißt mit Ihren Anschlusspolen 19b ist die jeweilige LED-Anordnung 8a,b über eine jeweilige Stromsenke 38a,b am Massepotential M angeschlossen. Die Stromsenke 38a,b ist hierbei

eine jeweils individuell gesteuerte Stromquelle, welche im Betriebszustand des Lichtgerätes 36 bzw. des Lichtmodules 2 aktiv ist und einen Betriebsstrom durch die jeweilige LED-Anordnung 8a,b steuert. Dieser ist für den regulären Betrieb der LEDs verantwortlich, damit diese Licht abstrahlen. Im Ausschaltzustand A sind die Stromsenken 38a,b ausgeschaltet ist, das heißt sie weisen einen Stromfluss von Null auf.

Im Ausschaltzustand A sind außerdem alle Bypässe geschlossen, weshalb an beiden Anschlusspolen 19a,b und jeweils an jedem Ende jeder LED-Kette 14a-l jeweils das Versorgungspotential  $V$  anliegt.

Figur 3 zeigt ein alternatives Lichtmodul 2, welches sich wie in Figur 1 senkrecht zur Zeichenebene längs erstreckt und bei welchem die Leiterplatte 4 insgesamt fünf Lagen 12a-e aufweist. Hier ist die Massefläche 6 auf der Lage 12b und die Schirmfläche 10 auf der Lage 12c angeordnet. Insgesamt vier LED-Anordnungen 8a-d sind jeweils bezüglich Ihrer LEDs 16 und Verbindungsleitungen 18 auf der Lage 12e und ihrer Parallelbypässe 20 auf der Lage 12d angeordnet.

Jeder der LED-Anordnungen 8a-d ist ein jeweiliger Projektionsraum 24a-d zugeordnet, der eine senkrechte Projektion der jeweiligen LED-Anordnung 8a-d auf die Massefläche 6 ist. Die Schirmfläche 10 füllt den jeweiligen Projektionsraum 24a-d jeweils im Querschnitt vollständig aus, das heißt auf der jeweiligen Schnittmenge der Lage 12c mit dem jeweiligen Projektionsraum 24a-d.

Das Lichtmodul 2 weist außerdem einen gestrichelt angedeuteten Korridor 24 auf, der sich ebenfalls senkrecht zur Zeichenebene längs erstreckt. Seitlich, das heißt an seinen Seiten 28 ist der Korridor 26 von der jeweiligen LED-Anordnung 8a,d begrenzt.

Auch dem Korridor 26 ist ein Projektionsraum 24 zugeordnet, der eine senkrechte Projektion des Korridors 26 auf die Massefläche 6 ist. Die Schirmfläche 10 füllt auch diesen Projektionsraum 24e im Querschnitt (wie oben beschrieben) aus. Somit sind in der Lage 12c auch die Zwischenräume zwischen den jeweiligen Projektionsräumen 24a-d mit der Schirmfläche 10 ausgefüllt. Die Schirmfläche 10 überragt außerdem den Projektionsraum 24e seitlich jeweils wenigstens um ein Mindestmaß  $M_{min}$ , im Beispiel 0,9mm.

Das Lichtmodul 2 enthält weitere elektrische Bauteile 30, im Beispiel allesamt Signalleitungen, die nicht zu den LED-Anordnungen 8a-d gehören. Der nur angedeutete Projektionsraum 24f jedes der Bauteile 30 ist jeweils um das Mindestmaß  $M_{min}$  seitlich zur Schirmfläche 10 beabstandet. Dies gilt nicht für Bauteile, die bezüglich der LED-Anordnungen 8a-d jenseits, d.h. unterhalb der Massefläche 6 liegen.

Die Schirmfläche 10 weist außerdem einen senkrechten Mindestabstand  $A_{min}$ , hier 0,45mm, zur Massefläche 6 auf, der damit dem halben Mindestmaß  $M_{min}$  entspricht.

### Bezugszeichenliste

|           |                      |
|-----------|----------------------|
| 2         | Lichtmodul           |
| 4         | Leiterplatte         |
| 6         | Massefläche          |
| 8a-d      | LED-Anordnung        |
| 10        | Schirmfläche         |
| 12a-c     | Lage                 |
| 14a-l     | LED-Kette            |
| 16        | LED                  |
| 18        | Verbindungsleitung   |
| 19a,b     | Anschlusspol         |
| 20        | Parallelbypass       |
| 22        | Schalter             |
| 24a-f     | Projektionsraum      |
| 26        | Korridor             |
| 28        | Seite                |
| 30        | Bauteil              |
| 32        | Innenraum            |
| 34        | Flugzeug             |
| 36        | Lichtgerät           |
| 38a,b     | Stromsenke           |
| A         | Ausschaltzustand     |
| h1        | Abstand              |
| $M_{min}$ | Mindestmaß           |
| $A_{min}$ | Mindestabstand       |
| V         | Versorgungspotential |
| M         | Massepotential       |
| C1-3      | Kapazität            |

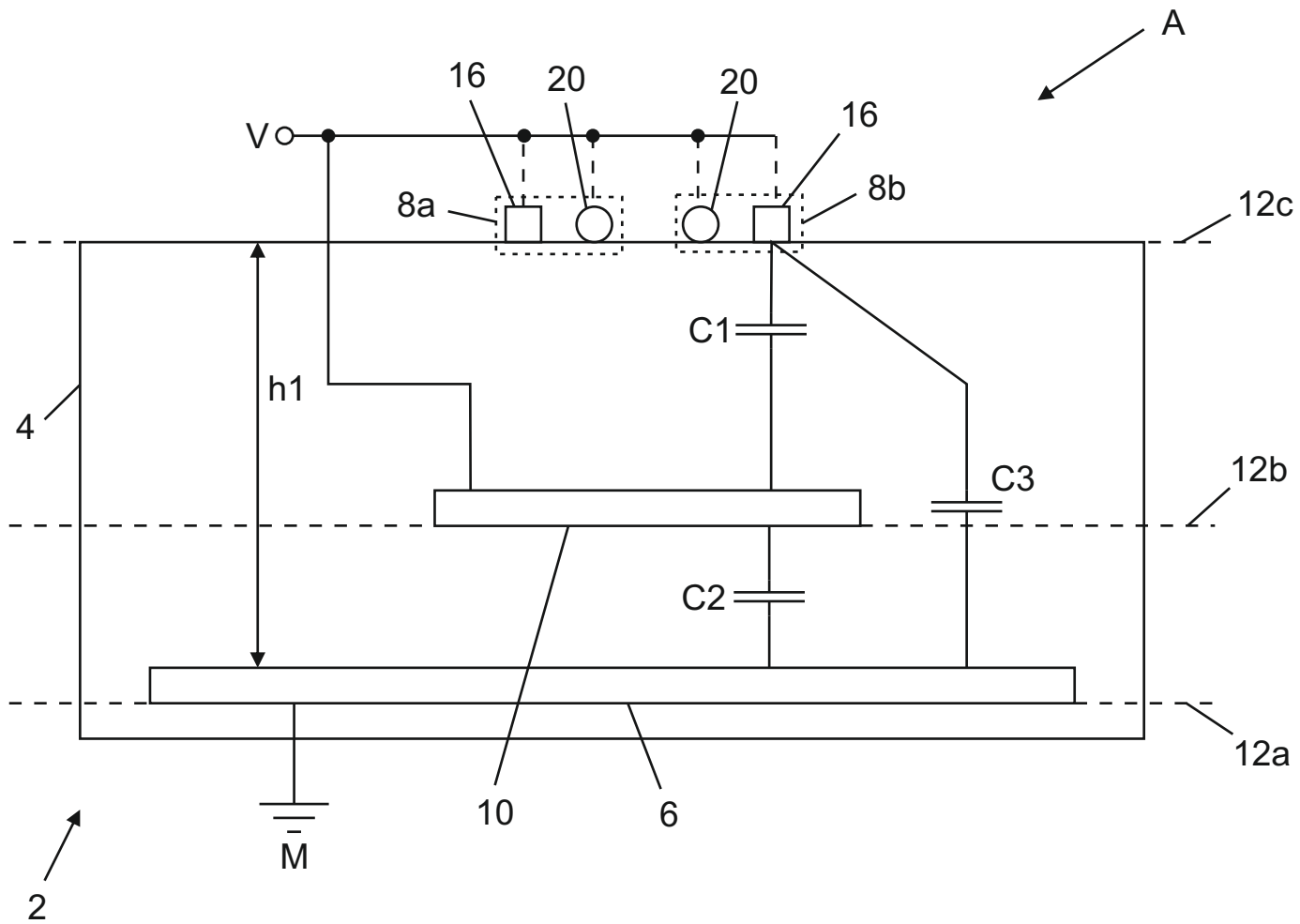


Fig. 1

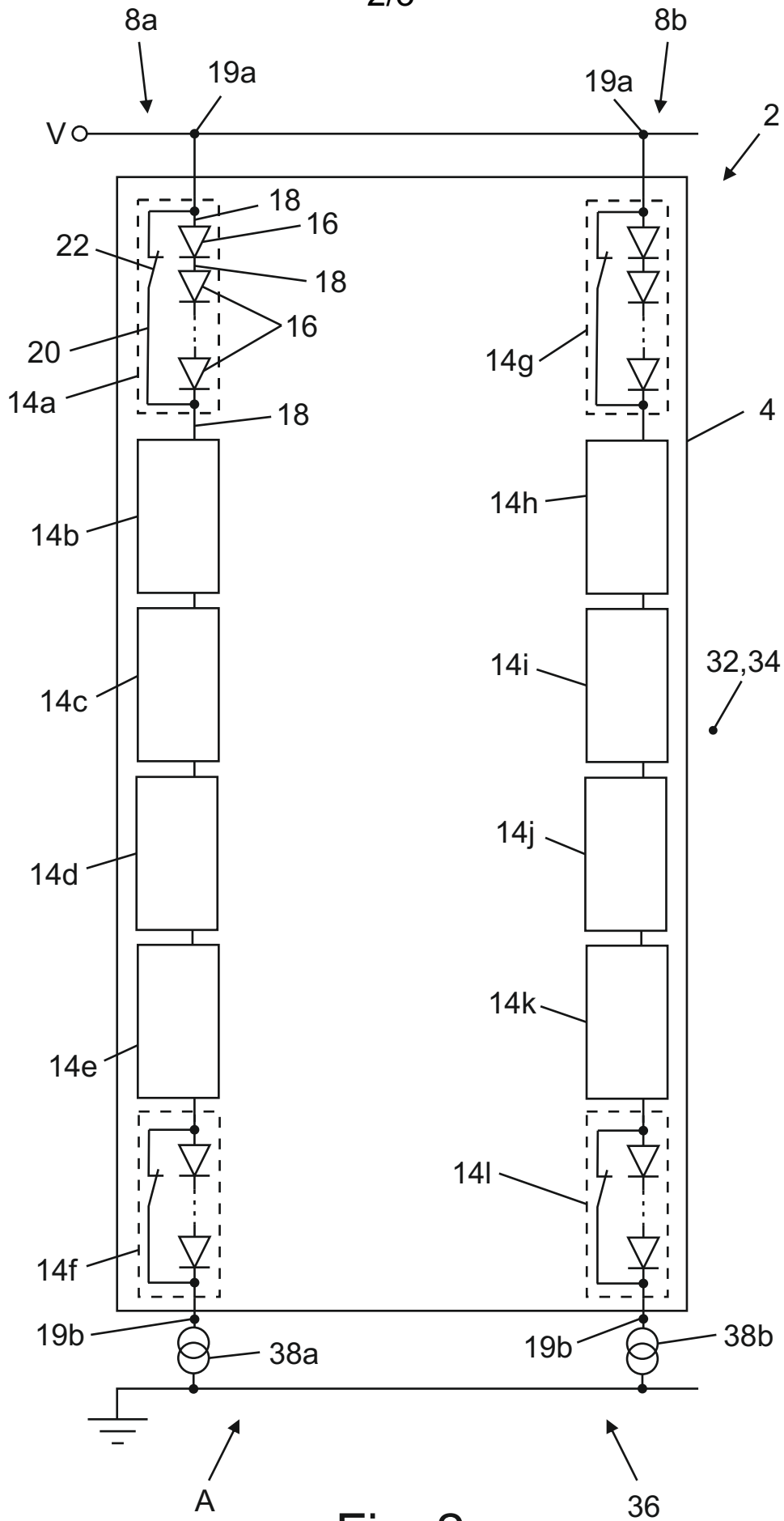


Fig. 2

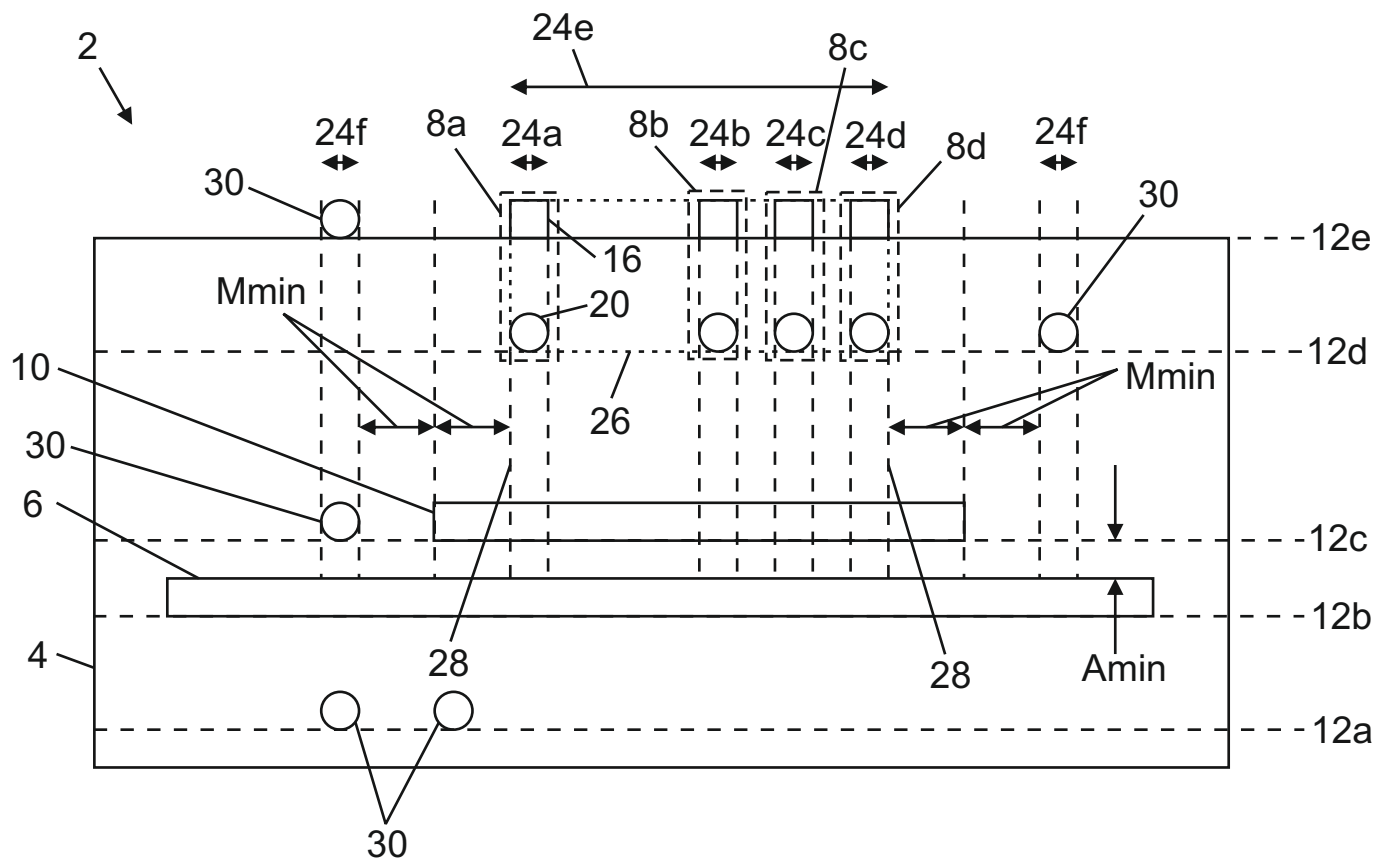


Fig. 3