



(10) **DE 20 2018 002 456 U1** 2019.07.04

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2018 002 456.2**
(22) Anmeldetag: **18.05.2018**
(47) Eintragungstag: **23.05.2019**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **04.07.2019**

(51) Int Cl.: **F21V 31/04 (2006.01)**
F21V 15/01 (2006.01)
F21V 25/00 (2006.01)
F21S 8/08 (2006.01)

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Virant, Robert, Ljubljana, SI

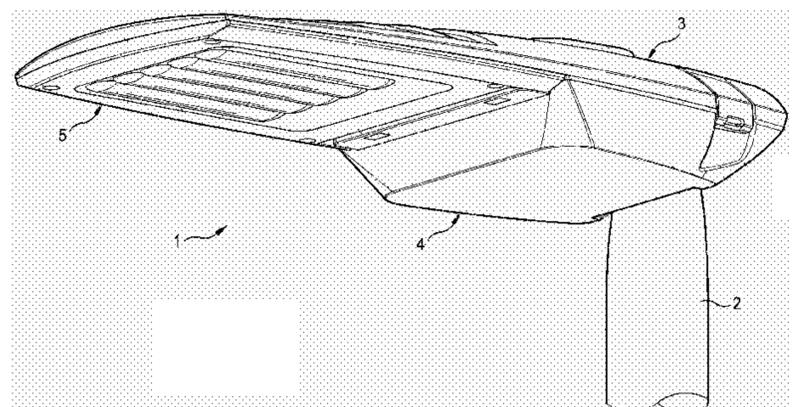
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
**Brehm, Hans-Peter, Dipl.-Chem. Dr.phil.nat.,
82319 Starnberg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **LED-Leuchtenmodul**

(57) Hauptanspruch: LED-Leuchtenmodul (5) mit einem zweiteiligen Modulgehäuse (8), das besteht aus einem Gehäuseteil (10) und einer transparenten Abdeckplatte (60), wobei je am Gehäuseteil (10) und/oder an der Abdeckplatte (60) einstückig eine umlaufende Seitenwand (65) angeformt ist, so dass das Gehäuseteil (10), die eine Seitenwand (65) oder beide Seitenwände und die Abdeckplatte (60) gemeinsam einen hermetisch dichten Gehäuseinnenraum (9) begrenzen, in dem sich eine Platine (40) befindet, auf der eine Anzahl je beabstandet zueinander angeordnete LEDs (44) sitzen; und jeder einzelnen LED (44) je ein Sekundäroptikelement zugeordnet ist, welches das von einer gegebenen LED (44) erzeugte LED-Licht einfängt und entsprechend einem vorgegebenen Beleuchtungszweck richtet und bündelt, dadurch gekennzeichnet, dass

- das Gehäuseteil (10) aus einem Leichtmetall besteht;
- die Abdeckplatte (60) aus einem weitgehend UV-undurchlässigen oder UV-undurchlässigen PMMA-Material oder aus einem UV-stabilisierten PC-Material besteht;
- jedes Sekundäroptikelement ein Lichtleitelement (80) aufweist, das aus dem Abdeckplattenmaterial besteht und das an der zur Platine (40) benachbarten Innenseite (63) der Abdeckplatte (60) einstückig angeformt ist;
- zwischen Leichtmetall-Gehäuseteil (10) und Abdeckplatte (60) eine hermetisch dichte Klebeverbindung ausgebildet ist, die mit Hilfe eines bei Raumtemperatur aushärtenden 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoffes erzeugt worden ist;
- innerhalb des Gehäuseinnenraums ...



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Lichterzeugung mit Hilfe Licht emittierender Dioden (LED); LEDs bezeichnet eine Anzahl solcher Dioden.

[0002] Ein Leuchtenmodul ist die Licht erzeugende Leuchteinrichtung bzw. das Licht erzeugende Leuchtmittel einer Leuchte oder Lampe. Das erfindungsgemäße Leuchtenmodul ist vorzugsweise für den Außeneinsatz (bzw. „outdoor“) bestimmt und kann hier insbesondere in Leuchten zur Beleuchtung von Straßen, Wegen und Plätzen nach DIN EN 13201 vorgesehen werden. Hierzu kann das erfindungsgemäße LED-Leuchtenmodul als Leuchtmittel an einer entsprechenden vorgegebenen Straßenleuchte angebracht werden.

ZUM STAND DER TECHNIK

[0003] Mehr im Einzelnen betrifft die vorliegende Erfindung ein LED-Leuchtenmodul, mit einem zweiteiligen Modulgehäuse, das besteht aus einem Gehäuseteil und einer transparenten Abdeckplatte, wobei je am Gehäuseteil und/oder an der Abdeckplatte einstückig eine umlaufende Seitenwand so angeformt ist, dass das Gehäuseteil, die eine Seitenwand oder beide Seitenwände und die Abdeckplatte gemeinsam einen hermetisch dichten Gehäuseinnenraum begrenzen, in dem sich eine Platine befindet, auf der eine Anzahl je beabstandet zueinander angeordnete LEDs sitzen, wobei jeder einzelnen LED je ein Sekundäroptikelement zugeordnet ist, welches das von einer gegebenen LED erzeugte LED-Licht einfängt und entsprechend einem vorgegebenen Beleuchtungszweck richtet und bündelt.

[0004] Ein LED-Leuchtenmodul dieser Art ist in dem Dokument WO 2016/094038 A1 beschrieben. Dieses Dokument betrifft eine LED-Außenleuchte mit Kunststoffgehäuse, das mit einem Außenrahmen versehen ist. Das Kunststoffgehäuse hat zwei wesentliche Teile, nämlich ein oberes Gehäuseteil und eine Abdeckplatte. Das obere Gehäuseteil besteht aus einer ebenen Platte, an deren Umfang einstückig eine umlaufende Seitenwand angebracht ist. Bei einigen Ausführungsformen kann oder kann nicht auch am Umfang der Abdeckplatte eine umlaufende Seitenwand angeformt sein, die mit der Seitenwand am Gehäuseteil fluchtet. Diese beiden Kunststoffteile können mit Hilfe üblicher Maßnahmen zum Verbinden von Kunststoffteilen miteinander verbunden sein, beispielsweise durch Hotstaking, Vibrationsschweißen, Ultraschallschweißen, Verkleben und dergleichen, um ein wetterfestes Modulgehäuse zu erzeugen.

Das Kunststoffgehäuse kann bestehen aus Polycarbonat (PC), aus Polymethylmethacrylat (PMMA), aus Glas oder aus einer Kombination dieser Materialien. Im Modulgehäuse befindet sich eine Platine, auf der eine LED oder mehrere LEDs angebracht ist/sind. Diesen LEDs ist je ein Sekundäroptikelement zugeordnet, das auch als Linse bezeichnet wird. Solche optischen Linsen können an der Platine befestigt sein, oder eine Anzahl solcher optischen Linsen können zu einer Matrix zusammengefasst sein, die an einer ebenen optischen Platte ausgebildet ist. Eine solche optische Platte kann aus Polymethylmethacrylat (PMMA), aus Polycarbonat (PC) und/oder dergleichen bestehen und kann am Modulgehäuse befestigt sein, möglicherweise mit Hilfe von Dichtungsmaterial, um eine Abdichtung rund um die optische Platte zu erzeugen. Das hier beschriebene LED-Leuchtenmodul ist mit einem mechanisch stabilen Metallrahmen versehen, mit dem das zweiteilige Kunststoffgehäuse an einem Mast, Pfosten oder dergleichen befestigt wird.

[0005] Das Dokument EP 2 776 883 B1 offenbart eine Straßenleuchte, die mit LEDs als Lichtquelle bestückt ist. Jeder LED ist ein, aus transparentem Material bestehendes Lichtleitelement zugeordnet, das das Lichtverteilungsmuster der von einer LED erzeugten Lichtstrahlen modifiziert. Die Straßenleuchte ist in einer gegebenen Höhe „H“ über der Straßenfläche angeordnet, und es wird ein solches Lichtverteilungsmuster angestrebt, dass mit einer Straßenleuchte eine solche Straßenfläche gleichmäßig beleuchtet werden kann, deren Länge etwa der 4,5-fachen Höhe „H“ und deren Breite etwa der halbe Höhe „H“ entspricht.

[0006] Die am 23. Januar 2017 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereichte und bislang nicht veröffentlichte Deutsche Patentanmeldung Nr. 10 2017 000 571.0 betrifft ein LED-Leuchtenmodul und ein Verfahren zu dessen Herstellung. Dieses LED-Leuchtenmodul hat

- ein flaches, quaderförmiges, hermetisch dichtes Modulgehäuse, das einen Gehäuseinnenraum begrenzt und das besteht aus drei Bestandteilen, nämlich
 - einer, im Wesentlichen rechteckigen Bodenplatte aus Aluminium (Al) oder einer Al-Legierung;
 - einem einstückigen, geschlossenen, die Gehäuseseitenwände bildenden Rahmen, der zwei voneinander beabstandete Rahmenstirnflächen hat und der auf der Bodenplatte sitzt und im Wesentlichen mit deren Außenumfang fluchtet;
 - einer, auf dem Rahmen aufliegenden, aus einem transparenten Kunststoff bestehenden Deckenplatte, die im Wesentlichen mit dem Außenumfang des Rahmens fluchtet; wobei

-- die eine Rahmenstirnfläche hermetisch dicht mit der Deckenplatte verbunden ist, und die andere Rahmenstirnfläche hermetisch dicht mit der Bodenplatte verbunden ist; und mit

- mehreren, im Gehäuseinnenraum befindlichen Licht emittierenden Dioden (LEDs von light emitting diodes) und mit einer, diesen LEDs oder LED-Gruppen zugeordneten Sekundäroptik, welche das von den LEDs über einen weiten Raumwinkelbereich abgestrahlte Licht zu einem begrenzten, bandförmigen Lichtstrom richtet und bündelt; und mit

- einer im Gehäuseinnenraum befindlichen Platine mit elektrischen und/oder elektronischen, mit Betriebsstrom, Signalspannungen und gegebenenfalls weiteren Signalen versorgbaren Bauelementen zur Versorgung, Steuerung und Kontrolle der LEDs; und

- in diesem Gehäuseinnenraum eine argonhaltige Atmosphäre herrscht.

[0007] Die erfindungsgemäße Besonderheit dieses LED-Leuchtenmoduls soll darin bestehen, dass

- die Deckenplatte aus einem weitgehend UV-undurchlässigen oder aus einem UV-undurchlässigem PMMA-Material besteht, und an einer Hauptfläche der Deckenplatte in deren Randbereich eine umlaufende Nut ausgespart ist;

- der Rahmen aus einem PMMA-Material besteht, und an der einen Rahmenstirnfläche ein umlaufender Steg einstückig angeformt ist, der in Richtung der Rahmenhöhe von der Rahmenstirnfläche absteht;

- diese Rahmenstirnfläche mittels Ultraschallverschweißung mit der Deckenplatte verbunden ist; und

- das Modulgehäuse eine Langzeitdichtigkeit aufweist, die gewährleistet, dass nach Durchführung einer 46 Wochen dauernden beschleunigten Alterungsbehandlung, während der das Modulgehäuse stets bei etwa 50 °C sowie pro Tag eine Std. lang unter Umgebungsluftdruck sowie 23 Std. lang unter einem, gegenüber dem Umgebungsluftdruck um 100 mbar verminderten Luftdruck gehalten wird, die Atmosphäre im Gehäuseinnenraum des Modulgehäuses immer noch zu wenigstens 30 Vol.-% aus Argon aus der ursprünglich eingebrachten 100 %-igen Ar-Befüllung besteht.

AUFGABE DER VORLIEGENDEN ERFINDUNG

[0008] Davon ausgehend, besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein LED-Leuchtenmodul der gattungsgemäßen Art bereitzustellen, das ein einfacher aufgebautes Gehäuse hat und das unter

den vorstehend beschriebenen Bedingungen einer beschleunigten Alterungsbehandlung eine noch bessere Langzeitdichtigkeit gewährleistet.

DIE ERFINDUNGSGEMÄSSE LÖSUNG

[0009] Ausgehend von einem gattungsgemäßen LED-Leuchtenmodul

mit einem zweiteiligen Modulgehäuse, das besteht aus einem Gehäuseteil und einer transparenten Abdeckplatte,

wobei je am Gehäuseteil und/oder an der Abdeckplatte einstückig eine umlaufende Seitenwand so angeformt ist, dass das Gehäuseteil, die eine Seitenwand oder beide Seitenwände und die Abdeckplatte gemeinsam einen hermetisch dichten Gehäuseinnenraum begrenzen,

in dem sich eine Platine befindet, auf der eine Anzahl je beabstandet zueinander angeordnete LEDs sitzen, wobei jeder einzelnen LED je ein Sekundäroptikelement zugeordnet ist, welches das von einer gegebenen LED erzeugte LED-Licht einfängt und entsprechend einem vorgegebenen Beleuchtungszweck richtet und bündelt,

ist die erfindungsgemäße Lösung obiger Aufgabe dadurch gekennzeichnet, dass

- das Gehäuseteil aus einem Leichtmetall besteht;

- die Abdeckplatte aus einem weitgehend UV-undurchlässigen oder UV-undurchlässigen PMMA-Material oder aus einem UV-stabilisierten PC-Material besteht;

- jedes Sekundäroptikelement ein Lichtleitelement aufweist, das aus dem Abdeckplattenmaterial besteht, und das an der zur Platine benachbarten Innenseite der Abdeckplatte einstückig angeformt ist;

- zwischen Leichtmetall-Gehäuseteil und Abdeckplatte eine hermetisch dichte Klebeverbindung ausgebildet ist, die mit Hilfe eines bei Raumtemperatur aushärtenden 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoffes erzeugt worden ist;

- innerhalb des Gehäuseinnenraums eine argonhaltige Atmosphäre herrscht; und

- das Modulgehäuse eine solche Langzeitdichtigkeit aufweist, die gewährleistet, dass nach Durchführung einer 46 Wochen dauernden beschleunigten Alterungsbehandlung, während der das LED-Leuchtenmodul stets bei etwa 50 °C sowie pro Tag eine Stunde (Std.) lang unter Umgebungsluftdruck sowie 23 Std. lang unter einem gegenüber dem Umgebungsluftdruck um 100 mbar verminderten Luftdruck gehalten wird, die Atmosphäre im Gehäuseinnenraum immer noch zu wenigstens 58 Vol.-% aus der ursprünglich eingebrachten 100 %-igen Ar-Befüllung besteht.

[0010] Die erfindungsgemäßen Merkmale in obiger Gesamtkombination wirken in synergistischer Weise zusammen, um ein LED-Leuchtenmodul bereitzustellen, das einfach, effizient und sicher reproduzierbar gefertigt werden kann, und das für eine lange und wartungsfreie Gebrauchsdauer ausgelegt ist. Die im LED-Leuchtenmodul befindlichen LEDs werden in einer Umgebung betrieben, die über einen sehr langen Zeitraum weitgehend oder völlig frei von schädlichen Einflüssen gehalten werden kann. Es kann eine Lebensdauer der eingesetzten LEDs größer 100.000 Stunden (Std.) gewährleistet werden. Lebensdauer bezeichnet hier diejenige Zeitspanne, innerhalb der ein Betrieb der LEDs möglich ist, ohne dass deren anfängliche Lichtleistung (Lumen/Watt) um mehr als 20 % abgenommen hat. Weiterhin bleibt die anfängliche Lichtfarbe weitgehend erhalten. Diese Ergebnisse beruhen auf nachstehenden Überlegungen und Beiträgen.

[0011] Das LED-Leuchtenmodul soll Licht liefern, das dem von der Sonne bereitgestellten Tageslicht möglichst nahekommt. Folglich werden LEDs eingesetzt, die weißes oder warm-weißes Licht liefern, typischerweise mit Farbtemperaturen zwischen 2700 und 6500 Kelvin (K), insbesondere mit Farbtemperaturen von 3000 oder 4000 oder 5000 Kelvin (K). Der LED-Halbleiterchip erzeugt schmalbandiges blaues Licht („royal blue“) bei einer Wellenlänge von 442 nm (Nanometer), das mittels Fluoreszenz in ein breitbandig gelbes Licht umgewandelt werden muss, um in der Summe kalt-weißes (Farbtemperaturen von etwa 5000 bis 6000 K) bis warm-weißes (Farbtemperaturen von etwa 2000 bis 3000 K) Licht zu liefern. Für diese Fluoreszenz sorgen ausgewählte pulverförmige, gelb bis orangefarbene Leuchtstoffe, wie beispielsweise Cer-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat, die als Schicht auf dem LED-Halbleiterchip aufgebracht sind. Diese Leuchtstoffschicht ist mit einer Lage aus einem Silicon-Material bedeckt, bzw. mit diesem Silicon-Material eingekapselt. Dieses Silicon-Einkapselmaterial (encapsulant) befindet sich besonders nahe an dem LED-Halbleiterchip und ist bei Betrieb der LED der vom LED-Halbleiterchip erzeugten Wärme und „hohen Photonenenergie“ ausgesetzt. Häufig befindet sich auf diesem Silicon-Einkapselmaterial eine Linse oder ein Dom aus weiterem Silicon-Material, mit der/dem die Abstrahlung des von der LED emittierten Lichtes im Sinne einer Primäroptik bereits in einem begrenzten Umfang gerichtet und gesteuert wird; dieses letztere Silicon-Material wird auch als Silicon-Linsenmaterial bezeichnet. Die Erfahrung zeigt, dass diese beiden Silicon-Materialien von dem von dem LED-Halbleiterchip erzeugten blauen Licht mit einem Emissions-maximum bei etwa 442 nm nicht geschädigt werden.

[0012] Jedoch können in der im Gehäuseinnenraum herrschenden Atmosphäre nichtkompatible organische Verbindungen (die Fachleute sprechen von

VOCs, abgeleitet von volatile organic compounds) vorkommen, die aus verschiedenen Quellen ausgasen können, wie etwa aus Klebstoffen, Beschichtungen auf einer Platine, aus bestimmten Lötmaterialien, sowie aus Dichtmitteln und Dichtungen, wie etwa O-Ringen und dgl. Diese VOCs diffundieren in diese Silicon-Materialien hinein, setzen sich in Hohlräumen zwischen den Siliconpolymerketten fest und werden dort eingeschlossen. Die nachfolgende Einwirkung der von der LED erzeugten „hohen Photonenenergie“, die beim Betrieb der LED erzeugte Wärme und weitere Umwelteinflüsse verfärben die im Silicon-Einkapselmaterial sowie im Silicon-Linsenmaterial eingeschlossenen bzw. „gefangenen“ VOCs. Diese Verfärbung der gefangenen VOCs kann das von der LED emittierte Licht schädigen. Diese Verfärbung tritt insbesondere bei blaues Licht erzeugenden LEDs auf; dieses blaue Licht wird jedoch für die Bereitstellung von weißem, dem Tageslicht entsprechendem Licht benötigt. Eine solche Schädigung des von den LEDs emittierten Lichtes kann bis zum völligen Ausfall des LED-Leuchtenmoduls führen.

[0013] Ferner ist bekannt, dass Feuchtigkeit den Betrieb von weißes Licht erzeugenden LEDs beeinträchtigt. Deshalb werden weißes Licht erzeugende LEDs typischerweise in einer wasser- und wasserdampf-freien Schutzgasatmosphäre, wie etwa Argon, betrieben. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde erkannt, dass auch UV-Komponenten des Sonnenlichts schädliche Auswirkungen auf weißes Licht erzeugende LEDs haben können, wovon gerade diese VOCs betroffen sein können. An einer typischen Straßenleuchte ist die transparente Abdeckplatte zwar nicht direkt dem Sonnenlicht ausgesetzt, sondern dem Erdboden zugewandt. Trotzdem kann gestreutes und/oder reflektiertes Sonnenlicht über die transparente Abdeckplatte in den Innenraum des Modulgehäuses eindringen und dort Langzeitschäden an dem Silicon-Einkapselmaterial, an dem Silicon-Linsenmaterial und/oder an den in diesen Silicon-Materialien gefangenen VOCs hervorrufen. Ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, das Eindringen von schädlichen UV-Komponenten des Sonnenlichts in den Innenraum des Modulgehäuses zu verhindern, weshalb die Abdeckplatte einschließlich der einstückig daran angeformten Sekundäroptikelemente aus einem weitgehend UV-undurchlässigen oder aus einem völlig UV-undurchlässigen, transparenten Kunststoff gefertigt wird. Erfindungsgemäß ist hier ein weitgehend UV-undurchlässiges oder UV-undurchlässiges PMMA-Material oder ein UV-stabilisiertes PC-Material vorgesehen. Im Einzelnen werden Materialien ausgewählt, welche nicht nur den erforderlichen UV-Schutz liefern, sondern für das erzeugte LED-Licht auch eine hohe Transmission bis zu 92 % gewährleisten und zusätzlich die notwendige Wetterbeständigkeit aufweisen, um ein LED-Leuchtenmodul mit einer sol-

chen Abdeckplatte über viele Jahre im Außenbereich nutzen können.

VORTEILHAFTE AUSGESTALTUNGEN

[0014] Nachstehend werden vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung beschrieben; teilweise sind solche Ausgestaltungen auch Gegenstand von Unteransprüchen.

[0015] Das erfindungsgemäße LED-Leuchtenmodul hat ein aus zwei Bestandteilen bestehendes Modulgehäuse, und der eine Bestandteil ist ein plattenförmiges Gehäuseteil, das nachstehend auch als Gehäuseplatte bezeichnet wird. Diese Gehäuseplatte besteht aus einem Leichtmetall, das vorzugsweise aus einer Gruppe ausgewählt ist die umfasst:

- Aluminium (Al),
- Al-Legierungen mit Beimengungen an Si, Cr, Mg, Fe, Cu, Mn, Ti und/oder Zn, typischerweise je in Anteilen kleiner 1 %;
Al-Si-Legierungen mit einem Si-Anteil von 10,0 bis 13,0 % und kleineren Anteilen an Mg, Fe, Mn, Ni, Zn, und/oder Ti typischerweise kleiner als 0,5 %
- Magnesium (Mg) und
- Zamak-Legierungen die neben dem Hauptbestandteil Zn kleinere Anteile an Al, Cu und/oder Mg enthalten können.

[0016] Aus diesen Leichtmetallen können im Metallspritzgießverfahren Gussteile erhalten werden, an denen auch kleine Details mit Abmessungen von 0,1 mm getreu und wiederholbar zu realisieren sind. Die Gussteile haben relativ geringes Gewicht, sind tiefziehbar, korrosionsbeständig und wetterfest und weisen eine gute Wärmeleitfähigkeit auf. Besonders bevorzugt wird als Leichtmetall die Al-Legierung „6061-T6 Aluminium“ eingesetzt, die als Hauptlegierungselemente 0,8 bis 1,2 % Mg und 0,4 bis 0,8 % Si enthält. Es können mechanisch stabile und dauerhafte Gussteile mit sehr feinen Details erzeugt werden, auch in der Größenordnung von 0,1 mm; die Gussteile weisen eine für Al-Gussteile vergleichsweise hohe Wärmeleitfähigkeit bis zu etwa 170 W/(m K) auf.

[0017] Der zweite Bestandteil des erfindungsgemäßen Modulgehäuses ist eine transparente Abdeckplatte, an die eine Anzahl, aus dem Abdeckplattenmaterial bestehende Lichtleitelemente einstückig angeformt und integriert ist. Als Abdeckplattenmaterial dient weitgehend UV-undurchlässiges oder UV-undurchlässiges PMMA-Material; PMMA steht für Polymethylmethacrylat. „UV-undurchlässig“ meint hier, dass mehr als 99 % der einfallenden UV-Strahlung mit einer Wellenlänge kleiner/gleich 400 nm absorbiert und blockiert werden. Als alternatives Abdeckplattenmaterial kommt UV-stabilisiertes PC-Material

in Betracht; PC steht für Polycarbonat. „UV-Stabilisiert“ meint hier, dass das PC-Material in der Masse mit einem UV-Stabilisator versehen ist, der einfallende UV-Strahlung blockiert. Die Abdeckplatte einschließlich der Lichtleitelemente bildet einen Körper mit komplexer dreidimensionaler Kontur und muss im Spritzgussverfahren aus schmelzbarem Ausgangsmaterial erzeugt werden; typischerweise werden pulverförmige oder pelletförmige Ausgangsmaterialien eingesetzt. Weitgehend UV-undurchlässiges oder UV-undurchlässiges, pelletförmiges PMMA-Material sowie UV-stabilisiertes pelletförmiges PC-Material steht handelsüblich zur Verfügung.

[0018] Typische Anbieter für pelletförmiges PMMA in Europa sind die Firmen der ALTUGLAS INTERNATIONAL GROUP, beispielsweise in 97100 Bronckerslev, Dänemark oder in 59700 Marcq-en-Baroeil, Frankreich. Es können gezielt ausgewählte und bestimmte PMMA-Sorten beschafft werden, die hohe Kratzfestigkeit, hohe Schlagzähigkeit, hohe Witterungsbeständigkeit und/oder eine hohe Glasübergangstemperatur aufweisen. Erfindungsgemäß ist die Abdeckplatte im Spritzgussverfahren aus einem granulatformigen PMMA-Material erzeugt worden, das von CHI MEI CORPORATION, San Chia, Jen Te District, Tainan City, TAIWAN unter der Handelsbezeichnung PMMA ACRYREX® (ACRYREX ist eine eingetragene Marke) vertrieben wird. Dieses PMMA-Material weist eine Dichte von 1,19 g/cm³, eine Zugfestigkeit von 67 MPa, eine Vicat-Erweichungstemperatur von 107 °C und einen Brechungsindex von etwa 1,49 auf. Das Material ist in Form eines Granulats erhältlich, das eine mittlere Korngröße von 3 mm aufweist. Das Granulat wird auf eine Temperatur von etwa 220 °C erwärmt und bildet dabei eine mittelviskose Schmelze. Diese Schmelze wird unter einem Druck von etwa 700 bar zu einem plattenförmigen Spritzgusskörper verarbeitet. Nach der Abkühlung wird an diesem Körper eine Feinbearbeitung vorgenommen, um eine mit Lichtleitelementen versehene Abdeckplatte zu erhalten, die abgerundete Eckenbereiche und gebrochene Kanten hat.

[0019] Ein für die vorliegenden Zwecke gut geeignetes UV-stabilisiertes PC-Material wird von CHI MEI CORPORATION, 59-1, San Chia, Jen Te, Tainan City 71702, Taiwan unter der Handelsbezeichnung „WONDERLITE PC“ (WONDERLITE® ist eine eingetragene Marke) vertrieben; für die vorliegenden Zwecke sind insbesondere die UV-stabilisierten WONDERLITE PC-Materialien PC-110U, PC-115U und PC-122U gut geeignet. Diese Materialien weisen u.a. auf:

- eine, an einer 3 mm dicken Platte nach ASTM D1003 bestimmte Lichtdurchlässigkeit von 88 bis 89 %;
- eine an einer 3,2 mm dicken Platte nach ASTM D1003 bestimmte Trübung (Haze) kleiner 0,8 %; und
- einen nach ASTM D542 bestimmten Brechungsindex von 1,585.

[0020] Aus diesen Materialien können Werkstücke von „optischer Güte“ erzeugt werden.

[0021] Nach einem wesentlichen Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung sind an die transparente Abdeckplatte Lichtleitetelemente einstückig angeformt und integriert. Eine LED würde erste LED-Lichtstrahlen typischer gleichmäßig in alle Raumrichtungen eines halbkugelförmigen Raumes ausstrahlen. Die hier vorzugsweise vorgesehenen Lichtleitetelemente stellen auf dem Weg dieser ersten LED-Lichtstrahlen transparentes Material mit hohem Brechungsindex zur Verfügung, welches das Lichtverteilungsmuster dieser ersten Lichtstrahlen so modifiziert, dass schließlich eine rechteckige Straßenfläche gleichmäßig beleuchtet werden kann, die eine vergleichsweise große Länge und eine vergleichsweise geringe Breite aufweist; typischerweise beträgt diese Länge das Acht- bis Zehnfache der Breite.

[0022] Erfindungsgemäß ist an der zur Platine benachbarten Innenseite der Abdeckplatte eine Anzahl identischer Lichtleitetelemente einstückig angeformt, die sämtlich in der gleichen Anordnung bzw. Ausrichtung angeordnet sind. Sämtliche Lichtleitetelemente erzeugen das gleiche Lichtverteilungsmuster. Es ist ausreichend, ein einzelnes Lichtleitetelement zu beschreiben.

[0023] Ein erfindungsgemäß besonders bevorzugtes Lichtleitetelement bildet an der Innenseite der Abdeckplatte einen zusätzlichen flachen, angenähert quaderförmigen Schichtkörper, der eine Länge von etwa 25 mm, eine Breite von etwa 20 mm, eine Dicke/Stärke von etwa 3 bis etwa 4 mm und eine Schichtkörperoberfläche hat; wobei in diesem Schichtkörper ein erster Hohlraum sowie zwei zweite Hohlräume ausgebildet sind, die sämtlich zur Schichtkörperoberfläche hin offen sind. Mit „etwa“ soll hier ein von 10 % kleiner bis 10 % größer reichender Bereich des angegebenen Wertes bezeichnet werden; eine Breite von etwa 20 mm schließt folglich Breiten von 18,0 bis 22,0 mm ein

[0024] Der erste Hohlraum ist im Zentrum des Lichtleitetelementes angeordnet, bildet den Fokus des Lichtleitetelementes und dient zur Aufnahme einer LED; die Schichtkörperoberfläche liegt dann an der Platine an. Der größere zweite Hohlraum hat eine bezüglich des Fokus stark konvex gekrümmte und gegenüber der

Abdeckplattenebene schräg gestellte Kontur, deren Scheitel auf den Fokus zu gerichtet ist.

Der kleinere zweite Hohlraum hat eine bezüglich des Fokus mäßig konvex gekrümmte und gegenüber der Abdeckplattenebene schräg gestellte Kontur, deren Scheitel auf den Fokus zu gerichtet ist.

An der Oberfläche dieser Konturen findet eine Totalreflexion von LED-Lichtstrahlen statt, die aus dem Inneren des Schichtkörpers auf diese Oberflächen treffen.

Der Schichtkörper hat zwei längere parallele ebene Seiten, deren Richtung bzw. Erstreckung eine Langseiten-Richtung sowie eine dazu orthogonale Kurzseiten-Richtung des Lichtleitetelementes definieren.

Ferner ist über jedem Schichtkörper an der Außenseite der Abdeckplatte eine flächengleiche, mäßig konvex gekrümmte, aus dem Abdeckplattenmaterial bestehende Wölbung einstückig angeformt, die eine Scheitellinie hat, die parallel zur Kurzseiten-Richtung des Lichtleitetelementes ausgerichtet ist. An der Oberfläche dieser Wölbung werden die die Abdeckplatte passiert habenden LED-Lichtstrahlen in Richtung auf die Längsmittlinie der zu beleuchtenden Straßenfläche hin abgelenkt.

[0025] Ein Lichtleitetelement mit der Gesamtheit dieser Merkmale modifiziert das LED-Lichtverteilungsmuster optimal für die Zwecke der Straßenbeleuchtung und kann für sämtliche, am Markt befindliche, für Straßenbeleuchtungszwecke vorgesehene LEDs eingesetzt werden. Mit Hilfe eines erfindungsgemäßen LED-Leuchtenmoduls, das mit einer Anzahl LEDs bestückt ist, wobei das LED-Licht jeder LED mit einem Lichtleitetelement der vorstehend beschriebenen Art modifiziert wird, kann für trockene und nasse Straßenflächen wenigstens die Fahrbahnleuchtdichte erhalten werden, die nach DIN EN 13201-2 für die M-Beleuchtungsklassen M5 und M6 erforderlich ist.

[0026] Das erfindungsgemäße LED-Leuchtenmodul hat ein geschlossenes, hermetisch dichtes Modulgehäuse, in dem eine Anzahl LEDs LED-Licht erzeugen kann. Jede leuchtende LED setzt etwa 1/3 der zugeführten elektrischen Energie in Wärme um. Eine übermäßige Erwärmung der LEDs und des Modulgehäuses muss vermieden werden, um die nutzbare Lebensdauer der LEDs nicht zu beeinträchtigen.

[0027] Das erfindungsgemäße LED-Leuchtenmodul soll über die Rückseite von dessen Leichtmetall-Gehäuseplatte am Rückenteil der Straßenleuchte angebracht werden. Vorzugsweise ist an der Rückseite der Leichtmetall-Gehäuseplatte einstückig eine Anzahl paarweise angeordneter Flansche angeformt, die je ein Flanschpaar bilden. Bei der Anlage des LED-Leuchtenmoduls am Rückenteil der Straßenleuchte tritt jedes Flanschpaar in eine dort ausgesparte, komplementäre Nut ein, die solche Abmessungen hat, dass ein Pressdruck zwischen deren

Nutflanken und den Außenflanken des eintretenden Flanschpaares erzeugt wird. Dieser Pressdruck sorgt für einen besonders guten, unbehinderten Wärmeübergang zwischen Gehäuseplatte am LED-Leuchtenmodul und dem relativ großen Rückenteil der Straßenleuchte.

[0028] Am erfindungsgemäßen LED-Leuchtenmodulgehäuse besteht zwischen Leichtmetall-Gehäuseplatte und der vorstehend erläuterten Abdeckplatte eine hermetisch dichte Klebeverbindung, die mit Hilfe eines, bei Raumtemperatur aushärtenden 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoffes erzeugt worden ist. Vorzugsweise kann hier ein Klebstoff eingesetzt werden, der aus einer Gruppe ausgewählt wird, die umfasst:

- einen ersten Klebstoff aus 10 Vol.-Teilen Methacrylsäuremethylester-A-Komponente und 1 Vol.-Teil Peroxid-B-Komponente; oder
- einen zweiten Klebstoff aus 1 Vol.-Teil Methacrylsäuremethylester-A-Komponente und 1 Vol.-Teil Methacrylsäuremethylester-B-Komponente; oder
- einen dritten Klebstoff aus 1 Vol.-Teil 2-Cyanoacrylsäureethylester-A-Komponente und 1 Vol.-Teil Epoxidharz-Komponente.

[0029] Der erste Klebstoff wird u.a. von Adchem GmbH, 90530 Wendelstein, DE unter der Handelsbezeichnung ACRALOCK® (ACRALOCK® ist eine eingetragene Marke) vertrieben; erfindungsgemäß wird hier insbesondere das Produkt „ACRALOCK SA 10-05 LV“ eingesetzt. Es handelt sich um einen primerlosen Metall- und Kunststoffkleber, der exzellent zum Kleben von Al und Kunststoffen wie PMMA und PC geeignet ist. Die Peroxid-induzierte radikalische Polykondensation liefert ein vollständig umgesetztes, ausgehärtetes Produkt das keine flüchtigen organischen Komponenten (VOCs) freisetzt. Der ausgehärtete Kleber ist schlagzäh, UV-stabil und zeigt sehr hohe Witterungsbeständigkeit.

[0030] Der zweite Klebstoff wird u.a. von Permabond Engineering Adhesives Ltd., Hampshire, UK unter der Handelsbezeichnung Permabond® (Permabond® ist eine eingetragene Marke) vertrieben; erfindungsgemäß werden hier insbesondere die Produkte „Permabond TA4202“ (mit geringerer Viskosität und einem maximalen Spaltfüllvermögen bis zu 0,5 mm) oder „Permabond TA4200“ (mit höherer Viskosität und einem maximalen Spaltfüllvermögen bis zu 4 mm) eingesetzt. Es handelt sich um ein strukturelles 2-komponentiges 1:1 Acryl Klebstoffsystem auf der Basis von Methacrylsäuremethylester, das ideal zum Verkleben einer Vielzahl von Materialien, einschließlich Al, PMMA und PC geeignet ist; beispielsweise werden Scherfestigkeiten (nach ISO 4587) an unbehandeltem Al von 3 bis 6 N/mm², an PMMA von 3 bis 4 N/mm², und an PC von 3 bis 4 N/mm² erhalten.

[0031] Beim dritten Klebstoff handelt es sich um eines der von Henkel AG & Co. KGaA, 40191 Düsseldorf, DE vertriebenen LOCHTE® Produkte (LOCTITEO ist eine eingetragene Marke); erfindungsgemäß werden hier insbesondere die Produkte „LOCTITE HY 4080“ und „LOCTITE HY 4090“ (mit besonders hoher Endfestigkeit an PC) eingesetzt. Die Klebstoffe zeigen gutes Spaltfüllvermögen und eignen sich auch bei Anwendungen die hohen Temperaturen und/oder hoher Feuchtigkeit ausgesetzt sind.

[0032] Erfindungsgemäß wird als Klebstoff besonders bevorzugt das Produkt ACRALOCK SA 10-05 LV eingesetzt, weil die Peroxid-induzierte radikalische Polykondensation ein vollständig umgesetztes ausgehärtetes Produkt liefert, das keine flüchtigen organischen Bestandteile bzw. Komponenten (VOCs) freisetzt.

[0033] Das erfindungsgemäß vorgesehene Leuchtenmodulgehäuse soll eine besonders hohe Langzeitdichtigkeit aufweisen. Zusätzlich zu der Auswahl bestimmter Klebstoffe ist hierfür auch eine bestimmte erfindungsgemäß ausgestaltete Klebefuge im Umfangsbereich von Leichtmetall-Gehäuseplatte und Abdeckplatte vorgesehen.

[0034] Vorzugsweise ist zur Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Klebefuge vorgesehen, dass

- am Plattenrandinnenumfang der Gehäuseplatte ein zum Plattenboden stufenförmig abfallender umlaufender Sockel einstückig angeformt ist, auf dem eine aufrechte, umlaufende und ununterbrochene Drei-Flansch-Dichtkontur sitzt, die am Sockel einstückig angeformt ist und die aufweist - benachbart und beabstandet zum Plattenrandinnenumfang - einen Außenflansch, einen dazu beabstandeten Mittelflansch und einen dazu beabstandeten Innenflansch; und
- ferner an der Abdeckplatte - benachbart und beabstandet zu deren Seitenwand an deren Innenseite - eine umlaufende und ununterbrochene Drei-Nuten-Dichtzone ausgebildet ist, die eine Außennut, eine Mittelnut und eine Innennut aufweist, und diese Drei-Nuten-Dichtzone komplementär zur Drei-Flansch-Dichtkontur an der Gehäuseteilplatte ausgebildet ist; und
- nach Einbringen von flüssigem oder plastischem Klebstoff in die Mittelnut und nach Anlage der Abdeckplatte an der Gehäuseplatte zwischen Drei-Flansch-Dichtkontur und Drei-Nuten-Dichtzone ein ununterbrochener Spalt gebildet ist, der mit einem ununterbrochenen Klebstoffstrang gefüllt ist.

[0035] Vorzugsweise erstreckt sich dieser Klebstoffstrang ununterbrochen von einem zur Abdeckplatten-ebene parallelen ersten Klebstoffstrangpegel in der Außennut bis zu einem zweiten, zur Abdeckplatten-

ebene parallelen Klebstoffstrangpegel in der Innennut.

[0036] Ein je zur Plattenebene paralleler erster und/oder zweiter Klebstoffstrangpegel ist optisch nicht wahrnehmbar, so dass der zur Erzeugung der Klebeverbindung eingebrachte Klebstoff keine sichtbaren Verschmutzungen verursacht. Weil der an den Gehäuseinnenraum angrenzende zweite Klebstoffstrangpegel eine vergleichsweise kleine Querschnittsfläche hat, typischerweise kleiner $1,2 \text{ cm}^2$, ist mit einem nennenswerten Austritt von VOCs aus dem polymerisierten und ausgehärteten Klebstoff an dieser Klebstoff-Querschnittsfläche nicht zu rechnen. Andererseits wird zwischen erstem Klebstoffstrangpegel und zweitem Klebstoffstrangpegel ein vergleichsweise langer ununterbrochener Klebstoffstrang gebildet, welcher dem Austritt von Argon aus dem Gehäuseinnenraum und/oder dem Eintritt von Luft und Feuchtigkeit aus der äußeren Umgebung in den Gehäuseinnenraum einen unüberwindbaren Widerstand entgegensetzt; es wird eine besonders hohe Langzeitdichtigkeit des Modulgehäuses erhalten.

[0037] In dem von Leichtmetall-Gehäuseplatte, Abdeckplatte und Klebeverbindung begrenzten, hermetisch dichten Gehäuseinnenraum befindet sich eine Platine, auf der eine Anzahl LEDs sitzt. Eine leuchtende LED setzt etwa $1/3$ der zugeführten Energie in Wärme um. Andererseits soll die mittlere Betriebstemperatur einer leuchtenden LED etwa 85 °C nicht übersteigen, um deren nutzbare Langzeitbetriebsdauer nicht zu beeinträchtigen. Das erfindungsgemäße LED-Leuchtenmodul weist einen vergleichsweise kleinen Gehäuseinnenraum auf. Um trotzdem eine übermäßige Erwärmung der leuchtenden LEDs zu vermeiden, ist erfindungsgemäß vorzugsweise vorgesehen, dass

- Mittelleistungs-LEDs eingesetzt werden, die bei einer Flußspannung von etwa 2,7 bis etwa 2,9 Volt mit einer maximalen Leistungsaufnahme von etwa 3 Watt (W) betrieben werden; und
- die Platine solche Abmessungen hat, dass für jede Mittelleistungs-LED wenigstens eine Platinenfläche von 5 bis 9 cm^2 zur Verfügung steht.

[0038] Für die Zwecke der vorliegenden Erfindung gut geeignete Mittelleistungs-LEDs (Middle Power LEDs) werden beispielsweise von Samsungs Electronics Co., Ltd., Yongin-si, Gyeonggi-do, 446-711 KOREA unter der Handelsbezeichnung LM101A vertrieben; solche Mittelleistungs-LEDs aus der LM101A-Serie werden beispielsweise mit Farbtemperaturen von 6500 bis 2700 Kelvin angeboten.

[0039] Sofern die Platine aus einem gut wärmeleitenden Material besteht, etwa aus der bevorzugt eingesetzten Al-Legierung „6061-T6 Aluminium“, und diese Platine gut wärmeleitend an der Gehäuseplat-

te anliegt, die ihrerseits gut wärmeleitend an einem aus Leichtmetall bestehenden Leuchtenrücken ausreichender Größe anliegt, kann mit solchen Platinenabmessungen eine gute Abführung der beim Betrieb der LEDs entstehenden Prozesswärme erreicht werden, so dass ohne aufwendiges Wärmemanagement und/oder ohne zusätzliche Kühlungsmaßnahmen auch bei einem stundenlangen Betrieb der LEDs deren Erwärmung auf Temperaturen oberhalb 80 °C sicher vermieden wird. Es kann eine hohe nutzbare Lebensdauer der LEDs von 100.000 Betriebsstunden und mehr erzielt werden; der Betrieb der LEDs bei begrenzter Leistungsaufnahme kleiner/gleich etwa 3 Watt (W) der LEDs erhöht deren Wirkungsgrad, verbessert die Effizienz und verlängert die nutzbare Einsatzdauer der LEDs.

[0040] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist innerhalb des Gehäuseinnenraums auf der Bodenplatte des Leichtmetall-Gehäuseteils eine Platine aufgelegt; und zwischen Bodenplatte und Platine ist eine Graphitfolie eingelegt.

[0041] Eine auf der Platine befestigte LED bildet eine punktförmige Wärmequelle, die typischerweise eine Betriebstemperatur von etwa 85 °C erreichen kann. Von dieser Wärmequelle geht ein Wärmeausbreitungskegel aus. Die zwischen Platine und Bodenplatte eingelegte Graphitfolie spreizt und erweitert diesen Wärmeausbreitungskegel und verbessert so die Wärmeabfuhr von der Licht emittierenden LED über die Leichtmetall-Gehäuseplatte zu einem massiven, ebenfalls aus Leichtmetall bestehenden Rücken einer Straßenleuchte.

[0042] Wie bereits oben ausgeführt, ist an der Abdeckplatte - benachbart und beabstandet zu deren Seitenwand an deren Innenseite - eine umlaufende und ununterbrochene Drei-Nuten-Dichtzone ausgebildet, die eine Außennut, eine Mittelnut und eine Innennut aufweist.

[0043] In die Mittelnut der Drei-Nuten-Dichtzone wird ein flüssiger oder plastischer Klebstoff eingebracht, nämlich ein bei Raumtemperatur aushärtender 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoff auf Acrylsäureester-Basis, mit dem eine hermetisch dichte Klebeverbindung zwischen Leichtmetall-Gehäuseplatte und Abdeckplatte erzeugt wird. Besonders bevorzugt wird als 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoff ein 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoff auf Methacrylsäuremethylester-Basis eingesetzt wird, der durch Peroxid-induzierte radikalische Polykondensation ausgehärtet wird.

[0044] Die mit diesem Klebstoff versehene Abdeckplatte wird zur Anlage an der Leichtmetall-Gehäuseplatte gebracht, bis eine Abdeckplatten-Seitenwandstirnfläche an einem Sockel an der Gehäuseplatte anliegt. Vorzugsweise kann diese Anlage durch Aus-

übung mechanischer Druckkraft auf die Abdeckplatte unterstützt werden, während die Gehäuseplatte ortsfest festgehalten wird; vorzugsweise kann eine Druckkraft bis zu 100 N ausgeübt werden.

[0045] Nach einer solchen Anlage wird zwischen Drei-Flansch-Dichtkontur und Drei-Nuten-Dichtzone ein ununterbrochener Spalt gebildet, der mit einem ununterbrochenen Klebstoffstrang gefüllt ist. Vorzugsweise wird eine solche Menge Klebstoff eingebracht, damit sich ein Klebstoffstrang bildet, der sich ununterbrochen von einem zur Plattenebene parallelen ersten Klebstoffstrangpegel in der Außennut bis zu einem zweiten, zur Plattenebene parallelen Klebstoffstrangpegel in der Innennut - je an der Drei-Nuten-Dichtzone - erstreckt.

[0046] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird - nach Erzeugung und Aushärtung der Klebeverbindung am Modulgehäuse des insoweit fertiggestellten LED-Leuchtenmoduls - eine Dichtigkeitsprüfung durchgeführt, wozu der Gasdruck im Gehäuseinnenraum des Modulgehäuses auf einen Wert von 100 mbar oder kleiner abgesenkt wird.

[0047] Das Nicht-Bestehen dieser Dichtigkeitsprüfung ist ein Ausschlusskriterium; fehlerhafte Modulgehäuse können erkannt und ausgeschieden werden.

[0048] Ferner kann das Modulgehäuse vorzugsweise vor und während der Dichtigkeitsprüfung auf eine mäßig hohe Temperatur von etwa 50 bis 80 °C erwärmt werden, und die Druckabsenkung kann eine Zeitlang durchgeführt werden.

[0049] Mit Hilfe einer solchen Behandlung können auch hartnäckig anhaftende VOCs aus dem Gehäuseinnenraum des Modulgehäuses entfernt werden. Die im Verlauf einer langen Betriebsdauer einer Hochleistungs-LED zu erwartende Farbänderung des emittierten Lichtes sowie eine Abnahme der Lichtleistung kann noch weiter gebremst werden.

[0050] Mit der vorliegenden Erfindung kann ein LED-Leuchtenmodul mit einem solchen Modulgehäuse bereitgestellt werden, das eine Langzeitdichtigkeit aufweist, die gewährleistet, dass nach Durchführung einer 46 Wochen dauernden beschleunigten Alterungsbehandlung, während der das Modulgehäuse stets bei etwa 50 °C sowie pro Tag eine Std. (Stunde) lang unter Umgebungsluftdruck sowie 23 Std. lang unter einem gegenüber dem Umgebungsluftdruck um 100 mbar (Millibar) verminderten Luftdruck gehalten wird, die Atmosphäre im Gehäuseinnenraum des Modulgehäuses immer noch zu wenigstens 58 Vol.-% aus Argon aus der ursprünglich eingebrachten 100 %-igen Ar-Befüllung besteht.

[0051] Damit können die, weißes Licht erzeugenden LEDs in einem erfindungsgemäßen LED-Leuchtenmodul auch während einer langen Lebensdauer von wenigstens 20 Jahren unter einer schützenden Atmosphäre betrieben werden.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0052] Nachstehend wird die Erfindung mehr im Einzelnen anhand einer bevorzugten Ausführungsform mit Bezugnahme auf Zeichnungen erläutert; die Letzteren zeigen mit:

Fig. 1 anhand einer Schrägbilddarstellung eine Straßenleuchte, an der ein erfindungsgemäßes LED-Leuchtenmodul angebracht ist;

Fig. 2 anhand einer Schrägbild-Explosionsdarstellung das von der Straßenleuchte getrennte LED-Leuchtenmodul;

Fig. 3 mit einer Schrägbild-Explosionsdarstellung die wesentlichen Bestandteile des LED-Leuchtenmoduls, nämlich Leichtmetall-Gehäuseplatte, Platine mit LEDs und Abdeckplatte in je einer Anordnung, in der das an der Straßenleuchte befindliche LED-Leuchtenmodul eine Straßenfläche beleuchten könnte;

Fig. 4a eine Schrägansicht der Rückseite des Leichtmetall-Gehäuseteils;

Fig. 4b eine Schrägansicht der Sichtseite des Leichtmetall-Gehäuseteils;

Fig. 4c eine Schrägansicht der Außenseite der transparenten Abdeckplatte;

Fig. 4d die längs der Schnittlinie **B-B** aus **Fig. 4c** erhaltene Schnittdarstellung;

Fig. 5a eine ausschnittsweise, stark vergrößerte Schnittdarstellung einer Drei-Flansch-Dichtkontur im Umfangsbereich der Leichtmetall-Gehäuseplatte;

Fig. 5b eine ausschnittsweise, stark vergrößerte Schnittdarstellung einer Drei-Nuten-Dichtzone im Umfangsbereich der Abdeckplatte;

Fig. 5c eine ausschnittsweise, stark vergrößerte Schnittdarstellung des Spaltes, der nach Anlage der Abdeckplatte an die Leichtmetall-Gehäuseplatte zwischen Drei-Flansch-Dichtkontur und komplementärer Drei-Nuten-Dichtzone verbleibt;

Fig. 6a eine im Verhältnis 1 : 4 vergrößerte Darstellung einer Draufsicht auf ein einzelnes Lichtelement;

Fig. 6b die längs der Schnittlinie **A-A** aus **Fig. 6a** erhaltene Schnittdarstellung;

Fig. 6c eine Draufsicht auf vier aneinandergrenzende Lichtelemente nach **Fig. 6a**;

Fig. 6d eine Schrägansicht der Abdeckplatte, an deren Innenseite eine ganze Anzahl aneinandergrenzender Lichtleitelemente einstückig angeformt ist;

Fig. 7 in einer Schrägbilddarstellung ein erfindungsgemäßes LED-Leuchtenmodul;

Fig. 8 fünf Spektren von, im Innenraum des Modulgehäuses befindlichen Gaszusammensetzungen, die unterschiedliche Anteile an Argon (Ar) enthalten;

Fig. 9 fünf Spektren von, im Innenraum des Modulgehäuses befindlichen Gaszusammensetzungen, die an verschiedenen Tagen im Verlauf einer 46-wöchigen beschleunigten Alterungsbehandlung des Modulgehäuses aufgenommen worden sind; und

Fig. 10 anhand einer graphischen Darstellung die - hier unter den genannten Voraussetzungen - zu erwartende Abnahme des Ar-Gehaltes der im Innenraum eines Modulgehäuses enthaltenen Gaszusammensetzung während der zu erwartenden Lebensdauer des LED-Leuchtenmoduls.

[0053] Das erfindungsgemäße LED-Leuchtenmodul wird vorzugsweise als Licht erzeugendes Element bzw. als Lampe in einer Straßenleuchte eingesetzt. Die Anmelderin hat Straßenleuchten unterschiedlicher Abmessungen entwickelt, beispielsweise

- eine „kleine Straßenleuchte“, die typischerweise in einer Höhe von 2 bis 4 m über der zu beleuchtenden Fläche angeordnet wird, die mit 12 Mittelleistungs-LEDs bestückt ist, und die bei Aufnahme einer elektrischen Leistung von 35 W einen Lichtfluss bis zu etwa 4400 lm liefert;

- eine „mittelgroße Straßenleuchte“, die typischerweise in einer Höhe von 4 bis 10 m über der zu beleuchtenden Fläche angeordnet wird, die mit 36 Mittelleistungs-LEDs bestückt ist, und die bei Aufnahme einer elektrischen Leistung von 100 W einen Lichtfluss bis zu etwa 12.500 lm liefert; und

- eine „große Straßenleuchte“, die typischerweise in einer Höhe von 8 bis 14 m über der zu beleuchtenden Fläche angeordnet wird, die mit 64 Mittelleistungs-LEDs bestückt ist, und die bei Aufnahme einer elektrischen Leistung von 180 W einen Lichtfluss bis zu etwa 22.500 lm liefert.

[0054] Ohne dass damit eine Beschränkung auf die Anwendung in bestimmten Straßenleuchten mit bestimmten Abmessungen beabsichtigt ist, wird die vorliegende Erfindung nachstehend im Einzelnen mit Bezugnahme auf ein, für eine solche „kleine Straßenleuchte“ vorgesehenes, erfindungsgemäßes LED-Leuchtenmodul beschrieben, das eine flache, ange-

nähert rechteckige Gestalt mit einer Länge von etwa 250 mm, mit einer Breite von etwa 220 mm und mit einer Dicke/Höhe von etwa 20 mm hat.

[0055] **Fig. 1** zeigt eine Straßenleuchte **1**, die in unterschiedlichen Winkeln an einem vertikal ausgerichteten Mast **2** befestigt werden kann. Die Straßenleuchte **1** hat ein Rückenteil **3** an dem lösbar je ein Serviceteil **4** und ein erfindungsgemäßes LED-Leuchtenmodul **5** anbringbar sind; das Serviceteil **4** enthält Transformatoren, Gleichrichter, Treiberschaltungen und sonstige Elemente der LED-Stromversorgung, sowie Signalempfangs-, Steuerungs- und Regелеlektronik und ist mit einer einstellbaren Halterung versehen, über welche die gesamte Straßenleuchte **1** an dem Mast **2** befestigbar ist.

[0056] **Fig. 2** zeigt in einer Art Explosionsdarstellung das vom Rückenteil **3** getrennte und entfernte LED-Leuchtenmodul **5**. Das LED-Leuchtenmodul **5** hat ein zweiteiliges Modulgehäuse **8**, das aus einem Gehäuseteil **10** und einer transparenten Abdeckplatte **60** besteht. Gehäuseteil **10** und Abdeckplatte **60** begrenzen einen Gehäuseinnenraum **9** innerhalb des Modulgehäuses **8**. **Fig. 3** zeigt in einer Art Explosionsdarstellung das Gehäuseteil **10**, die vom Gehäuseteil **10** getrennte und entfernte Abdeckplatte **60** und dazwischen eine, mit einer Anzahl LEDs **44** bestückte Platine **40**, die auf einem ebenen Plattenboden **22** des Gehäuseteils **10** aufgelegt und dort befestigt wird. **Fig. 2** und **Fig. 3** zeigen das Gehäuseteil **10** und die Abdeckplatte **60** in einer Anordnung, in der das an der Straßenleuchte **1** befindliche LED-Leuchtenmodul **5** eine Straßenfläche beleuchten könnte.

[0057] Die **Fig. 4a** und **Fig. 4b** zeigen das Gehäuseteil **10** in einer umgekehrten Anordnung, die mehr Details erkennen lässt; die **Fig. 4c** zeigt die Abdeckplatte **60** in einer anderen Ansicht; die **Fig. 4c** zeigt mit einer schematischen Schnittdarstellung einen Abschnitt der Abdeckplatte, an deren Innenseite ein Lichtleitelement einstückig angeformt ist, und an deren Außenseite eine zum Lichtleitelement flächengleiche Wölbung ausgebildet ist.

[0058] Das Gehäuseteil **10** hat im Wesentlichen plattenförmige Gestalt und wird nachstehend auch als Gehäuseplatte **12** bezeichnet. Die Gehäuseplatte **12** besteht aus Leichtmetall, typischerweise aus Al, einer Al-Legierung, oder einer Al-Si-Legierung, kann mit einem Anstrich versehen sein und hat eine im Wesentlichen rechteckige Gestalt. Im Falle des für eine „kleine Straßenleuchte“ vorgesehenen Leuchtenmoduls hat diese Gehäuseplatte **12** eine Länge von etwa 250 mm, eine Breite von etwa 220 mm und eine Dicke/Stärke kleiner 20 mm. An einer Schmalseite sind zwei Bügel **14** und **14'** ausgebildet, mit denen die Gehäuseplatte **12** scharnierartig an dem Serviceteil **4** angelenkt werden kann. Die Gehäuseplatte **12** hat eine - in der Darstellung nach **Fig. 3** unten befindliche

Sichtseite **15** und eine dazu entfernte, oben befindliche Rückseite **16**.

[0059] Wie insbesondere aus **Fig. 4a** ersichtlich, sind an der Rückseite **16** der Leichtmetall-Gehäuseplatte **12** einstückig paarweise angeordnete Flansche **17** und **17'** angeformt. Die beiden Flansche **17** und **17'** eines Flanschpaares sind durch einen Spalt **19** voneinander getrennt und voneinander entfernt. Die beiden Flansche **17** und **17'** eines Flanschpaares haben solche Abmessungen und mechanische Festigkeiten, dass sie bei Einwirkung erheblicher Kräfte ein wenig aufeinander zu verformt werden können. Die beiden Außenflanken **18** und **18'** eines Flanschpaares sind gegenüber einer Vertikalen auf die Gehäuseplattenebene leicht schräg gestellt und aufeinander zu geneigt. Jedem Flanschpaar ist eine im Boden des Rückenteils **3** der Straßenleuchte **1** ausgesparte Nut zugeordnet, die solche Abmessungen hat, das beim mit erheblicher Krafteinwirkung erfolgendem Einführen eines Flanschpaares in die zugeordnete Nut die an deren Nutflanken gleitenden Außenflanken **18** und **18'** leicht aufeinander zu verformt werden. Es soll eine unter Pressdruck stehende Anlage der Außenflanken **18** und **18'** eines Flanschpaares an den Nutflanken der Nuten im Rückenteil **3** erzielt werden, die den Wärmeübergang von dem Leichtmetall-Gehäuseteil **12** auf das Rückenteil **3** der Straßenleuchte **1** fördert.

[0060] In jedem Eckenbereich der Gehäuseplatte **12** ist je eine Bohrung **13** ausgespart, durch die eine Schraube geführt werden kann, mit welcher das LED-Leuchtenmodul **5** über seine Leichtmetall-Gehäuseplatte **12** am Rückenteil **3** der Straßenleuchte **1** unter erheblichem Anpressdruck angebracht werden kann; die je zur Anlage kommenden Flächen sollen blank und bloß sein, um einen guten, unbehinderten Wärmeübergang zu ermöglichen.

[0061] Wie insbesondere aus **Fig. 4b** und **Fig. 5b** ersichtlich, ist in der Gehäuseplatte **12** eine zur Sichtseite **15** hin offene, flache Aussparung **20** ausgebildet, die von einem ebenen Plattenboden **22** und einem umlaufenden Plattenrandabschnitt **25** begrenzt ist, der einen Plattenrandinnenumfang **26** hat. Die Aussparung **20** hat rechteckige Gestalt mit geraden Seitenflächen und abgerundeten Ecken; im Falle des hier betrachteten LED-Leuchtenmoduls für eine „kleine Straßenleuchte“ hat diese Aussparung **20** eine Länge von etwa 170 mm, eine Breite von etwa 145 mm und eine Tiefe, das ist der Abstand vom Plattenboden **22** zur ebenen Oberfläche des Plattenrandabschnittes **25**, von etwa 7 mm. An den Plattenrandinnenumfang **26** schließt sich ein einstückig angeformter umlaufender Sockel **27** an, der eine zum Plattenboden **22** abfallende Stufe bildet. Auf diesem Sockel **27** sitzt - benachbart und beabstandet zum Plattenrandinnenumfang **26** - eine einstückig am Sockel **27** angeformte aufrechte, umlaufende und ununterbrochene Drei-Flansch-Dichtkontur **30**, die - erheb-

lich vergrößert - mit **Fig. 5b** dargestellt ist und nachstehend im Einzelnen erläutert wird.

[0062] Es wird eine Platine **40** vorbereitet, auf der eine Anzahl LEDs **44** befestigt ist. Diese Platine **40** kann aus einer 1,5 mm starken Al-Platte bestehen, auf der sich eine isolierende Beschichtung befindet, auf der die Leiterbahnen einer elektrischen Schaltung aufgebracht sind; im Falle eines erfindungsgemäßen LED-Leuchtenmoduls für eine „kleine Straßenleuchte“ kann diese Al-Platte beispielsweise Abmessungen von 130 mm × 120 mm haben. Die LEDs sind in mehreren Reihen angeordnet, die parallel zur längeren Seite der Platine ausgerichtet sind. Vorzugsweise werden Mittelleistungs-LEDs eingesetzt, die je mit einer Leistungsaufnahme kleiner/gleich 3 Watt (W) betrieben werden.

[0063] Zwischen zwei benachbarten LEDs wird in beiden orthogonalen Flächenrichtungen ein Abstand von wenigstens 20 mm und vorzugsweise ein noch größerer Abstand vorgesehen. Jede LED **44** kann im Fokus eines quaderförmigen Lichtleitelementes angeordnet werden, das im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorzugsweise Abmessungen von etwa 20 mm × etwa 25 mm hat und das auf der Platine **40** aufliegt. Ohne aufwendiges Temperaturmanagement kann eine wirksame Abführung der Betriebswärme einer leuchtenden, unter obigen Bedingungen betriebenen Mittelleistungs-LED erzielt werden, wenn jede einzelne LED zu jeder benachbarten LED einen Abstand größer 20 mm einhält, und die Platine **40** solche Abmessungen hat, dass jeder einzelnen LED wenigstens eine Platinenfläche von 5 bis 9 cm² zur Verfügung steht.

[0064] Die zu den LEDs **44** führenden Leiterbahnen sind an Anschlußstücke **45** angeschlossen. Ferner werden auf der Platine **40** Thermosensoren **47** angebracht, die an Kontaktstücke **48** angeschlossen sind.

[0065] Nach einem wichtigen Aspekt der vorliegenden Erfindung werden auf der Platine **40** und/oder innerhalb des Gehäuseinnenraums, abgesehen von den vorstehend genannten Komponenten, wie LEDs **44**, Thermosensoren **47** und Anschluss- und Kontaktstücke **45**, **48** keine weiteren, beim bestimmungsgemäßen Betrieb Wärme erzeugenden elektrischen und/oder elektronischen Komponenten vorgesehen. Vielmehr werden solche Komponenten, einschließlich Transformatoren, Gleichrichter, Treiberschaltungen und dgl. ausschließlich im Serviceteil **4** vorgesehen, das am, aus gut wärmeleitendem Leichtmetall bestehenden Straßenleuchten-Rückenteil **3** befestigt ist.

[0066] Die so vorbereitete Platine **40** wird innerhalb der Drei-Flansch-Dichtkontur **30** auf dem Plattenboden **22** der Leichtmetall-Gehäuseplatte **12** aufgelegt. Zwischen Platine **40** und Plattenboden **22** kann ei-

ne Graphitfolie **23** eingelegt werden, um den Wärmeübergang zwischen Platine **40** und Leichtmetall-Gehäuseteil **10** zu verbessern. Mit Hilfe einer Anzahl Schrauben **42**, die in, in dem Gehäuseteil **10** ausgesparte Sackbohrungen einschraubbar sind, wird die Platine **40** dicht und fest an den ebenen Plattenboden **22** angepresst. An die beiden Anschlußstücke **45** wird ein Kabelpaar **46** angeschlossen, über das die auf der Platine **40** sitzenden LEDs mit Strom und Spannung versorgt werden. Die Signale des Thermosensors **47** werden über Leiterbahnen der elektrischen Schaltung dem Kontaktstück **48** zugeführt, an das wiederum ein Leiterbündel **49** angeschlossen ist.

[0067] Diese Leiter **46**, **49** müssen fluiddicht aus dem Modulgehäuse **8** herausgeführt bzw. in dieses eingeführt werden. Dies kann beispielsweise mit Hilfe einer in den Plattenboden **22** der Gehäuseplatte **12** eingesetzten, konisch dichtenden Quetschverschraubung geschehen, oder mit anderen, dem Fachmann geläufigen Dichtungsmitteln, beispielsweise mit Hilfe einer Leiterdurchführung, bei der jeder einzelne Leiter **46** bzw. **49** in einen ausgewählten, an die Leiterisolierung angepassten Werkstoff eingebettet ist. Da im vorliegenden Falle nur eine kleine Anzahl Leiter **46** und **49** fluiddicht in das Modulgehäuse **8** hinein und aus diesem heraus geführt werden müssen, ist eine konisch dichtende Quetschverschraubung als Dichtungsmittel ausreichend. Eine typische konisch dichtende Quetschverschraubung hat ein mit einem Außengewinde versehenes Rohr, das in ein Innengewinde im Plattenboden **22** der Gehäuseplatte **12** einschraubbar ist und dann mit einer auf das Außengewinde aufgeschraubten Mutter gesichert wird; eine solche Mutter **50** ist in **Fig. 4a** an der Rückseite **16** des Leichtmetall-Gehäuseteils **12** dargestellt.

[0068] Benachbart und beabstandet zur Mutter **50** ist am Plattenboden **22** einstückig je ein erster runder Pfosten **52** und ein zweiter runder Pfosten **55** angeformt, dem je ein entsprechendes Gegenstück **53** und **56** an der Rückseite **16** der Gehäuseplatte **12** zugeordnet ist. Durch jeden Pfosten **52** und **55**, sowie durch das jeweilige Gegenstück **53** und **56** und durch den dazwischen befindlichen Plattenabschnitt ist je eine, mit einem Gewinde versehene Bohrung **54** bzw. **57** geführt. Durch die eine Bohrung **54** kann Argon in den Gehäuseinnenraum **9** eingeführt werden, und durch die andere Bohrung **57** kann gleichzeitig das im Gehäuseinnenraum **9** befindliche Gas austreten, während Argon (Ar) eingeführt wird. Die Zusammensetzung des austretenden Gases kann erfasst werden, und die Ar-Einführung kann beendet werden, wenn das austretende Gas nur noch aus Ar besteht. Nachdem der Gehäuseinnenraum **9** mit Ar befüllt worden ist, wird jede Bohrung **54** bzw. **57** druckdicht verschlossen, indem je eine Schraube **58** bzw. **59** in die Gewindebohrung **54** bzw. **57** eingeschraubt wird.

[0069] In der Gehäuseplatte **12** ist eine zur Sichtseite **15** hin offene flache Aussparung **20** ausgebildet, in die eine transparente, im Wesentlichen ebene Abdeckplatte **60** eingesetzt wird, deren ebene Ausrichtung bzw. Erstreckung eine damit fluchtende Abdeckplattenebene definiert. Wie bereits oben ausgeführt, besteht diese Abdeckplatte **60** aus einem transparenten Kunststoff, nämlich aus einem weitgehend UV-undurchlässigen oder UV-undurchlässigen PMMA-Material oder aus einem UV-stabilisierten PC-Material. Die Abdeckplatte **60** hat eine rechteckige Gestalt mit längeren Seiten **61** und **61'**, mit kürzeren Seiten **62** und **62'** und mit abgerundeten Eckenbereichen. Die Ausrichtung bzw. Erstreckung der längeren Seiten **61**, **61'** definiert eine dazu parallele Abdeckplatten-Längsrichtung; die Ausrichtung bzw. Erstreckung der kürzeren Seiten **62**, **62'** definiert eine dazu parallele Abdeckplatten-Querrichtung. Die längeren Seiten der Platine **40** sind parallel zur Abdeckplatten-Längsrichtung ausgerichtet. Bei bestimmungsgemäßer Anwendung eines erfindungsgemäßen LED-Leuchtenmoduls **5** erstreckt sich die Abdeckplatten-Längsrichtung in der Längsrichtung der Straßenleuchte **1**, und die Abdeckplatten-Querrichtung erstreckt sich in der Längsrichtung der zu beleuchtenden Straßenfläche.

[0070] Wie aus **Fig. 5a** ersichtlich, hat die Abdeckplatte **60** eine zur Leichtmetall-Gehäuseplatte **12** benachbarte Innenseite **63** und eine dazu beabstandete Außenseite **64**. An dieser Innenseite **63** sind an der Abdeckplatte **60** einstückig Lichtleitelemente **80** der Sekundäroptikelemente angeformt, was nachstehend im Einzelnen erläutert wird. Am Rand bzw. Außenumfang der Abdeckplatte **60** ist einstückig eine umlaufende ununterbrochene Seitenwand **65** angeformt, die senkrecht bezüglich der Abdeckplattenebene von der Abdeckplatte **60** absteht. Diese Seitenwand **65** hat eine ebene Seitenwandstirnfläche **66**.

[0071] Wenn die Abdeckplatte **60** in die Aussparung **20** an der Gehäuseteilplatte **12** eingesetzt ist, liegt die Seitenwandstirnfläche **66** auf dem Sockel **27** auf, und Abdeckplatte **60** und Gehäuseteilplatte **12** begrenzen gemeinsam einen Gehäuseinnenraum **9**, der dank der Aussparung **20** im Modulgehäuse **8** ausgebildet ist. Dieser Gehäuseinnenraum **9** kann mit Hilfe einer bestimmten Abdichtung hermetisch dicht verschlossen werden und anschließend mit Argon befüllt werden. Diese bestimmte Abdichtung umfasst eine, an der Gehäuseplatte **12** benachbart zu deren Plattenrandabschnitt **25** einstückig angeformte ununterbrochene umlaufende Drei-Flansch-Dichtzone **30** und eine dazu komplementäre an, der Innenseite **62** der Abdeckplatte **60** in deren Umfangsbereich einstückig angeformte, ununterbrochene umlaufende Drei-Nuten-Dichtzone **70**.

[0072] **Fig. 5a** zeigt in einer erheblich vergrößerten Schnittdarstellung ausschnittsweise die Drei-Nuten-Dichtzone **70** an der Abdeckplatte **60**;

Fig. 5b zeigt in einer erheblich vergrößerten Schnittdarstellung ausschnittsweise die Drei-Flansch-Dichtkontur **30** an der Gehäuseplatte **12**;

Fig. 5c zeigt Drei-Flansch-Dichtkontur **30** und Drei-Nuten-Dichtzone **70** ineinander gefügt, zusammen mit zusätzlichem dazwischen eingebrachtem Klebstoff, um eine hermetisch dichte Klebeverbindung und Abdichtung zwischen Abdeckplatte **60** und Gehäuseplatte **12** zu schaffen.

Drei-Flansch-Dichtkontur 30

[0073] **Fig. 5b** zeigt anhand einer Schnittdarstellung einen Abschnitt der Gehäuseplatte **12** mit Plattenrandabschnitt **25**, Plattenrandinnenumfang **26** und Sockel **27**, der stufenförmig zum Plattenboden **22** abfällt. Auf dem Plattenboden **22** ist ein Abschnitt der Graphitfolie **23** und der Platine **40** zu erkennen. Am Sockel **27** sind einstückig angeformt und stehen von diesem senkrecht nach oben ab der Außenflansch **32** im Abstand zum Platteninnenumfang **26**, der hier spitz zulaufende Mittelflansch **34** im Abstand zum Außenflansch **32** und der Innenflansch **36** im Abstand zum Mittelflansch **34**. Außenflansch **32** und Innenflansch **36** haben einen übereinstimmenden rechteckigen Querschnitt.

Drei-Nuten-Dichtzone 70

[0074] **Fig. 5a** zeigt anhand einer Schnittdarstellung einen Randabschnitt der Abdeckplatte **60** mit Seitenwand **65** und dazu beabstandetem ersten umlaufenden Flansch **68**, die beide gemeinsam eine Außennut **72** begrenzen. Ferner wird eine Mittelnut **74** von diesem ersten Flansch **68** und einem dazu beabstandeten zweiten umlaufenden Flansch **69** begrenzt. Schließlich gehört zu dieser Dichtzone **70** eine Innennut **76**, die begrenzt wird von dem zweiten Flansch **69** und erhabenen Flächen an der Innenseite **62** der Abdeckplatte **60**. Die Außennut **72** hat solche Abmessungen, dass mit Spiel der Außenflansch **32** der Drei-Flansch-Dichtkontur **30** an der Gehäuseplatte **12** in diese Außennut **72** einführbar ist. Die Mittelnut **74** hat solche Gestalt und Abmessungen, dass mit Spiel der der Mittelflansch **34** der Drei-Flansch-Dichtkontur **30** an der Gehäuseplatte **12** in diese Mittelnut **74** einführbar ist. Die bezüglich der Plattenebene der Abdeckplatte **60** schräg gestellten Flächen an Mittelflansch **34** und Mittelnut **74** erzeugen beim Versuch einer Verstellung der Abdeckplatte **60** gegenüber der Gehäuseplatte **12** einen Scherstress auf das zwischen diesen Flächen eingebrachte Dichtmittel; bekanntlich setzen die hier verwendeten Dichtmittel einem solchen Scherstress besonders hohen Widerstand entgegen, was eine Verstellung der Abdeckplatte **60** gegenüber der Gehäuseplatte **12** verhindert. Die Innennut **76** hat solche Abmessungen,

dass der Innenflansch **36** der Drei-Flansch-Dichtkontur **30** an der Gehäuseplatte **12** mit Spiel in diese Innennut **76** einführbar ist.

[0075] **Fig. 5c** zeigt anhand einer Schnittdarstellung in einem noch wesentlich größeren Maßstab die in **Fig. 5b** und **Fig. 5a** angedeuteten und ineinander gefügten Komponenten aus Drei-Flansch-Dichtkontur **30** und Drei-Nuten-Dichtzone **70**. Die Seitenwand **65** an der Abdeckplatte **60** hat eine etwas größere Länge als Mittelflansch **74** und Innenflansch **76**; das Anliegen von Seitenwandstirnfläche **66** am Sockel **27** begrenzt das Einfügen von Drei-Flansch-Dichtkontur **30** in die komplementäre Drei-Flansch-Dichtzone **70** so, dass ein schmaler Spalt zwischen gegenüberliegenden Flächen verbleibt; typischerweise kann der verbleibende Spalt eine Spaltbreite von etwa 0,2 bis etwa 0,5 mm haben. Der anfänglich frisch zubereitete und in flüssiger oder plastischer Form in die Mittelnut **74** eingebrachte aushärtende 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoff hat ein von seiner Viskosität abhängendes Spaltfüllvermögen, wandert im verbleibenden Spalt und bildet einen zusammenhängenden ausgehärteten Klebstoffstrang **77** zwischen einem Klebstoffstrangpegel **78** in der Außennut **72** und einem weiteren Klebstoffstrangpegel **79** in der Innennut **76**. Die eingebrachte Klebstoffmenge wird so gewählt, dass sowohl in der Außennut **72** wie in der Innennut **76** ein ebener, zur Plattenebene paralleler Klebstoffstrangpegel **78** bzw. **79** des gesamten Klebstoffstranges **77** gebildet wird. Solche, zur Plattenebene parallelen Klebstoffstrangpegel **78** bzw. **79** sind von außen nicht zu erkennen, so dass sichtbare Verschmutzungen durch den eingebrachten Klebstoff vermieden werden. Die Wanderung des frisch zubereiteten, flüssigen oder plastischen Klebstoffes in dem gesamten Spalt kann dadurch gefördert werden, dass während des Klebevorganges die Gehäuseplatte **12** ortsfest festgehalten wird und gleichzeitig auf die Abdeckplatte **60** mechanischer Druck ausgeübt wird, beispielsweise eine Druckkraft bis zu 100 Newton (N), um die Seitenwandstirnfläche **66** an der Abdeckplatte **60** zur Anlage am Sockel **27** der Gehäuseplatte **12** zu bringen.

[0076] Im Ergebnis kann nach Einbringen von Klebstoff in die Mittelnut **74** und Anlage der Abdeckplatte **60** an die Gehäuseplatte **12** in dem verbleibenden Spalt zwischen Drei-Flansch-Dichtkontur **30** und Drei-Nuten-Dichtzone **70** ein ununterbrochener ausgehärteter Klebstoffstrang **77** gebildet werden, der von einem, zur Plattenebene parallelen Klebstoffstrangpegel **78** in der Außennut **72** bis zu einem, zur Plattenebene parallelen Klebstoffstrangpegel **79** in der Innennut **76** reicht. Ein solch langer Klebstoffstrang **77** stellt dem Austritt von Argon aus dem Gehäuseinnenraum **9** und dem Eintritt von Luft und Feuchtigkeit aus der äußeren Umgebung in den Gehäuseinnenraum **9** einen unüberwindbaren Widerstand entgegen, so dass eine außerordentlich ho-

he Langzeitdichtigkeit des Modulgehäuses **8** erhalten wird.

Lichtleitelement 80

[0077] Nach einem wichtigen Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung sind in die Abdeckplatte **60** Sekundäroptikelemente integriert und einstückig daran angeformt. Jedes Sekundäroptikelement weist ein an der Innenseite **63** der Abdeckplatte **60** einstückig angeformtes Lichtleitelement **80** auf, dem eine einstückig angeformte, flächengleiche, Wölbung **112** an der Außenseite **64** der Abdeckplatte **60** zugeordnet ist; jeder einzelnen LED **44** auf der Platine **40** ist ein eigenes Lichtleitelement **80** zugeordnet, das dazu dient, das Lichtverteilungsmuster des von der LED abgestrahlten LED-Lichtes zu modifizieren. Jedes Lichtleitelement **80** bildet einen zusätzlichen flachen ebenen, angenähert quaderförmigen Schichtkörper **81**, der eine Länge von etwa 25 mm, eine Breite von etwa 20 mm und eine Dicke/Stärke von etwa 3 mm bis etwa 4 mm hat, und der einstückig am Abdeckplattenmaterial anliegt. Mit „etwa“ soll hier ein von 10 % kleiner bis 10 % größer reichender Bereich des angegebenen Wertes bezeichnet werden; eine Breite von etwa 20 mm schließt folglich Breiten von 18,0 bis 22,0 mm ein. Mit **Fig. 6a** ist eine Draufsicht auf ein einzelnes Lichtleitelement **80** im Maßstab 1 : 4 vergrößert dargestellt.

[0078] Der hier betrachtete, angenähert quaderförmige Schichtkörper **81** hat zwei längere parallele ebene Seiten **82** und **82'** sowie zwei kürzere Seiten **83** und **83'**. Die Richtung der längeren Seiten **82** und **82'** definiert eine Lang-Seiten-Richtung sowie eine dazu orthogonale Kurz-Seiten-Richtung des Lichtleitelementes **80**. Jeder Schichtkörper **81** ist an der Abdeckplatte **60** so angebracht und ausgerichtet, dass dessen Lang-Seiten-Richtung parallel zur Abdeckplatten-Querrichtung ausgerichtet ist. Der Schichtkörper **81** hat eine ebene Oberfläche **84**, die parallel und im Abstand zur Abdeckplattenebene ausgerichtet ist und die am fertig zusammengebauten Modulgehäuse **8** auf der Platine **40** aufliegt. Im Bereich der vier Ecken sind am Schichtkörper **81** je Viertelkreisförmige Aussparungen **85** ausgebildet; im Falle benachbarter und aneinandergrenzender Lichtleitelemente **80** (vgl. **Fig. 6d**) bilden je vier Aussparungen **85** eine runde Bohrung **85'**, durch welche eine Schraube geführt werden kann, mit welcher die Abdeckplatte **60** an der Gehäuseplatte **12** festgelegt werden kann. In den kürzeren Seiten **83** und **83'** des Schichtkörpers **81** ist je eine einspringende dreieckige Ausnehmung **86** bzw. **88** ausgespart, die von geraden Flächen **86'** und **86''** bzw. **88'** und **88''** begrenzt ist; diese Ausnehmungen **86** und **88** haben keine optische Funktion und dienen lediglich zur Materialeinsparung.

[0079] In dem aus transparentem Material mit einem Brechungsindex deutlich größer als eins bestehen-

dem Schichtkörper **81** ist ein erster Hohlraum **90** und sind zwei zweite Hohlräume **100** und **106** ausgebildet; jeder Hohlraum **90**, **100** und **106** ist zur Schichtkörperoberfläche **84** hin offen. Der zentral im Schichtkörper **81** angeordnete erste Hohlraum **90** hat eine glockenförmige Innenkontur **91** mit einer sphärisch und konkav gewölbten gegenüber der Abdeckplattenebene ansteigenden Bodenkontur **92** gegenüber einer ebenen Basis **93**, bildet den Fokus **95** des Lichtleitelementes **80** und dient zur Aufnahme einer LED **44**. Der größere zweite Hohlraum **100** wird neben einer ebenen Basisfläche **101** von einer, bezüglich des Fokus **95** stark konvex gekrümmten und gegenüber der Abdeckplattenebene schräg gestellten Kontur **103** begrenzt, deren Scheitel **104** auf den Fokus **95** zu gerichtet ist. Der kleinere zweite Hohlraum **106** wird neben einer ebenen Basisfläche **107** von einer, bezüglich des Fokus **95** mäßig konvex gekrümmten und gegenüber der Abdeckplattenebene schräg gestellten Kontur **108** begrenzt, deren Scheitel **109** auf den Fokus **95** zu gerichtet ist. Es ist eine solche Ausgestaltung gewählt, dass an diesen konvex gekrümmten und gegenüber der Abdeckplattenebene schräg gestellten Konturen **103** und **108** eine Totalreflexion von LED-Lichtstrahlen stattfindet, die aus dem Inneren des Schichtkörpers **81** auf die Oberflächen dieser Konturen **103** bzw. **108** treffen. Diese Totalreflexion zwingt einen überwiegenden Teil des LED-Lichtes auf einen Weg, der parallel oder weitgehend parallel zur Lang-Seiten-Richtung des Lichtleitelementes **80** ausgerichtet ist.

[0080] Mit **Fig. 6b** ist schematisch ein Schnitt längs der Schnittlinie **A-A** durch das mit **Fig. 6a** dargestellte Lichtleitelement **80** dargestellt. Ein einzelnes Lichtleitelement **80** ist isoliert auf der Innenseite **62** der Abdeckplatte **60** angeordnet.

[0081] Mit dem Lichtleitelement **80** wird eine asymmetrische Verteilung, Ausrichtung und Bündelung des LED-Lichtes erreicht.

[0082] Sämtliche am Schichtkörper **81** nicht parallel zur Lang-Seiten-Richtung ausgerichteten Flächen, also die Flächen **86'**, **86''**, **88'**, **88''**, **93**, **103** und **108** sind zusätzlich gegenüber der Abdeckplattenebene ansteigend geneigt ausgerichtet, so dass an diesen Flächen das auftreffende LED-Licht in einer Richtung abgelenkt und reflektiert wird, die senkrecht oder weitgehend senkrecht zur Abdeckplattenebene ausgerichtet ist. Das so gerichtete LED-Licht wird dann an der Abdeckplatten-Außenseite **64** aus dem Modulgehäuse **8** austreten und kann zu Beleuchtungszwecken genutzt werden.

[0083] Die **Fig. 4d** zeigt anhand einer schematischen, begrenzten Schnittdarstellung ein einzelnes Lichtleitelement **80**, dessen Schichtkörper **81** einstückig an der Innenseite der nur ausschnittsweise dargestellten Abdeckplatte **60** angeformt ist. Diesem

Lichtleitelement **80** ist eine flächengleiche, an der Abdeckplatten-Außenseite **64** einstückig angeformte Wölbung **112** zugeordnet. Diese Wölbung **112** wird in der Abdeckplatten-Querrichtung von einer mäßig konkav gekrümmten Kontur **113** begrenzt und erstreckt sich konturgleich in der Abdeckplatten-Längsrichtung. Diese Kontur **113** hat einen Scheitel **114**, der im hier betrachteten Beispiel einen Abstand von 3, 5 mm zur sonstigen ebenen Abdeckplatten-Oberfläche einnimmt. An der Oberfläche dieser Wölbung **112** werden die, die Abdeckplatte **60** passiert habenden LED-Lichtstrahlen in Richtung auf die Längsmittle der zu beleuchtenden Straßenfläche hin abgelenkt.

[0084] Jeder einzelnen, auf der Platine **40** befindlichen LED **44** ist wenigstens ein Sekundäroptikelement der oben beschriebenen Art zugeordnet. Mehrere Sekundäroptikelemente dieser Art können isoliert und voneinander beabstandet an der Abdeckplatte **60** ausgebildet sein. Alternativ kann im Falle einer Anzahl Sekundäroptikelemente an einer einzelnen Abdeckplatte **60** auch eine Anordnung gewählt werden, in der sich benachbarte Lichtleitelemente **80** gegenseitig berühren; mit **Fig. 6c** ist eine derartige Anordnung von vier Lichtleitelementen dargestellt. Eine reihenförmige Anordnung von mehreren, sich berührenden Sekundäroptikelementen weist an der Abdeckplatten-Außenseite **64** eine gemeinsame Wölbung **112** auf, die sich ununterbrochen in Abdeckplatten-Längsrichtung erstreckt. Ferner ist es möglich, unabhängig von der Anzahl der LEDs **44** auf der Platine **40**, einen zur Platinenfläche flächengleichen Flächenabschnitt an der Abdeckplatte **60** vollständig mit sich berührenden Sekundäroptikelementen der oben beschriebenen Art zu besetzen. Die Anzahl der Sekundäroptikelemente an einer Abdeckplatte **60** kann größer sein, als die Anzahl der LEDs **44** auf der zugeordneten Platine **40**. Eine solche Abdeckplatte kann vergleichsweise kostenarm im Spritzgießverfahren hergestellt werden und kann dann in unterschiedlichen Modulgehäusen eingesetzt werden, die eine unterschiedliche Anordnung der LEDs auf der Platine vorsehen.

[0085] Die Schrägansicht nach **Fig. 6d** zeigt die Innenseite **63** einer Abdeckplatte **60**, an der eine ganze Anzahl, beispielsweise 30, aneinandergrenzender Lichtleitelemente **80** einstückig angeformt ist; in dieser Darstellung sind lediglich drei Lichtleitelemente **80** mit gestrichelten Linien eingegrenzt und als solche isoliert kenntlich gemacht; jedes Lichtleitelement **80** entspricht der Darstellung nach **Fig. 6a**. Die gesamte Anzahl der Lichtleitelemente **80** ist in sechs Zeilen und fünf Reihen angeordnet; diese Reihen sind parallel zu den längeren Seiten **61**, **61'** der Abdeckplatte **60** (Abdeckplatten-Längsrichtung) ausgerichtet.

[0086] Die **Fig. 7** zeigt anhand einer Schrägansicht ein erfindungsgemäßes Leuchtenmodul **5**. An der Abdeckplatten-Außenseite **64** sind fünf parallele, unun-

terbrochene, benachbarte und sich berührende Wölbungen **112** erkennbar; jede Wölbung **112** erstreckt sich flächengleich zu einer Reihe von Lichtleitelementen **80**, die - wie **Fig. 6d** zeigt - an der Innenseite **63** der Abdeckplatte **60** angeformt sind.

[0087] Zwischen der Leichtmetall-Gehäuseplatte **12** und der transparenten Abdeckplatte **60** wird eine hermetisch dichte Klebeverbindung mit einem Klebstoff erzeugt, bei dem sowohl während der Reaktion der beiden Klebstoffkomponenten wie später im ausgehärteten Zustand die Gefahr einer Freisetzung, Ausgasung oder Ausdünstung von nicht-kompatiblen flüchtigen, organischen Verbindungen, sogenannten VOCs, minimal ist. Bekanntlich sind hier die häufig eingesetzten einfachen 1K-Cyanoacrylat-Kleber, wie etwa „Superglue“, weniger geeignet. Erfindungsgemäß wird hier ein ausgewählter, bei Raumtemperatur aushärtender 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoff eingesetzt, bei dem diese Gefahr minimal ist.

[0088] Erfindungsgemäß wird die hermetisch dichte Klebeverbindung zwischen Abdeckplatte **60** und Leichtmetall-Gehäuseplatte **12** insbesondere und besonders bevorzugt mit Hilfe eines 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoffes auf Methacrylsäuremethylester-Basis erzeugt, der durch Peroxid-induzierte radikalische Polykondensation ausgehärtet wird. Die Peroxid-induzierte radikalische Polykondensation liefert ein vollständig umgesetztes, ausgehärtetes Produkt, das keine flüchtigen organischen Bestandteile bzw. Komponenten (VOCs) freisetzt. Typischerweise wird auf zehn Vol.-Teile Methacrylsäuremethylester-A-Komponente ein Vol.-Teil Peroxid-B-Komponente eingesetzt.

[0089] Nach etwa 4 bis 10 min langem Vermischen der beiden Komponenten A und B (Topfzeit) ist der Klebstoff einsatzbereit. Das Vermischen und Aufbringen kann bei Raumtemperatur (ca. 25 °C) durchgeführt werden. Das Vermischen und Aufbringen kann mit Hilfe eines transportablen Applikators erfolgen, der umfasst:

- je eine Kartusche für die Komponente A (400 ml) und die Komponente B (50 ml);
- einen Statikmischer und
- eine, an eine Druckluftquelle angeschlossene 2-Komponenten-Pistole.

[0090] Mit Hilfe der 2-Komponenten-Pistole wird das vorbereitete Klebstoffgemisch in die Mittelnut **74** der Drei-Nuten-Dichtzone **70** an der Abdeckplatte **60** eingebracht. Das Klebstoffgemisch haftet an den Nutflächen. Die mit Klebstoffgemisch versehene Abdeckplatte **60** wird umgehend so auf die Leichtmetall-Gehäuseplatte **12** aufgesetzt, dass deren Drei-Flansch-Dichtkontur **30** in die Drei-Nuten-Dichtzone **70** an der Abdeckplatte **60** eindringt. Anschließend kann - bei festgehaltener Gehäuseplatte **12** - eine erhebliche

Druckkraft, beispielsweise bis zu 100 N auf die Abdeckplatte **60** ausgeübt werden, um deren finale Anordnung an der Gehäuseplatte **12** zu erreichen.

In die Mittelnut **74** wird eine solche Menge 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoff eingebracht, damit das eingebrachte Klebstoffgemisch einen ununterbrochenen Klebstoffstrang **77** bilden kann, der von einem ersten Klebstoffstrangpegel **78** in der Außennut **72** bis zu einem zweiten Klebstoffstrangpegel **79** in der Innennut **76** reicht. Anschließend lässt man die gesamte Anordnung wenigstens 12 Stunden lang ruhen, um eine für die weitere Bearbeitung ausreichende Festigkeit der Klebeverbindung zu erreichen. Danach kann das so erhaltene LED-Leuchtenmodul **5** einer weiteren Bearbeitung zugeführt werden.

[0091] Als nächster Arbeitsschritt wird an dem soweit fertiggestellten LED-Leuchtenmodul **5** eine Dichtigkeitsprüfung durchgeführt. Wie oben ausgeführt, ist am Plattenboden **22** der Gehäuseplatte **12** einstückig je ein erster runder Pfosten **52** und ein zweiter runder Pfosten **55** angeformt, dem je ein entsprechendes Gegenstück **53** und **56** an der Rückseite **16** des Gehäuseteils **10** zugeordnet ist; durch jeden Pfosten **52** und **55**, sowie durch das jeweilige Gegenstück **53** und **56** und durch den dazwischen befindlichen Plattenabschnitt ist je eine, mit einem Innengewinde versehene Bohrung **54** bzw. **57** geführt. An die eine Bohrung **54** wird ein Luftdruck-Messgerät angeschlossen. An die andere Bohrung **57** wird eine Saugpumpe angeschlossen, mit welcher der Luftdruck im Innenraum **9** des Modulgehäuses **8** auf einen Wert von 100 Millibar (mbar) oder weniger abgesenkt wird. Vorzugsweise wird das LED-Leuchtenmodul **5** vor dieser Unterdruckbehandlung auf erhöhte Temperatur erwärmt, beispielsweise auf etwa 50 bis 80 °C, und die Beaufschlagung mit Unterdruck wird fortlaufend wenigstens 20 min lang bei dieser erhöhten Temperatur durchgeführt. Mit dieser besonderen Unterdruckbehandlung können auch hartnäckig anhaftende VOCs weitgehend aus dem Innenraum **9** des Modulgehäuses **8** entfernt werden. Die Verbindung zur Saugpumpe wird unterbrochen, und diese Bohrung wird druckdicht verschlossen. Anschließend wird mit Hilfe des an die andere Bohrung **57** angeschlossenen Luftdruck-Messgerätes geprüft, ob der im Innenraum **9** eingestellte Unterdruck wenigstens 30 sec lang konstant erhalten bleibt. Ein merklicher Druckabfall innerhalb dieser Zeitspanne wäre ein Ausschlusskriterium. Ein bei dieser Unterdruckprüfung für gut befundenes LED-Leuchtenmodul wird dem nächsten Arbeitsschritt zugeführt.

[0092] Im Verlauf dieses Arbeitsschrittes wird der Leuchtenmodul-Innenraum **9** mit Argon (Ar) befüllt. Vorzugsweise wird Ar eingesetzt, das eine Reinheit größer 99,99 %, beispielsweise eine Reinheit von 99,996 % aufweist. Derartiges Ar kann aus handelsüblichen Druckgasflaschen bereitgestellt werden. Geeignete Ar-Druckgasflaschen können beispielsweise

von KRAISS & FRIZ, 70190 Stuttgart, Deutschland bezogen werden. Eine, einem Gasdruckminderungsventil nachgeschaltete Sonde wird an die eine Bohrung **54** angeschlossen, um Ar in den Leuchtenmodul-Innenraum **9** einzubringen. An die andere Bohrung **57** wird ein Gasanalysator angeschlossen, der die Zusammensetzung des aus dem Leuchtenmodul-Innenraum **9** austretenden Gases analysiert. Gut geeignet ist hierfür ein von Helantec GmbH, 76646 Bruchsal, Deutschland unter der Handelsbezeichnung GAS FILLING STATION „MINI“ vertriebener Gasanalysator. Mit diesem Gerät kann die Zusammensetzung des austretenden Gases mit einer Genauigkeit größer 2 % bestimmt werden. Nachdem der Gasanalysator anzeigt, dass das austretende Gas zu 100 % aus Ar besteht, wird der Gasaustausch beendet, und die beiden Bohrungen **54** und **57** werden druckdicht mit Hilfe der Schrauben **58** bzw. **58'** verschlossen. Hierzu kann je eine, mit einem Teflonband umwickelte Schraube **58** bzw. **58'** in die zugeordnete Bohrung **54** bzw. **57** eingeschraubt und dort gesichert werden. Das so mit der gewünschten Ar-Gasfüllung befüllte LED-Leuchtenmodul wird dem nächsten Arbeitsschritt zugeführt.

[0093] In diesem abschließenden Arbeitsschritt wird die Funktion der Elektronik und die von den LEDs bewirkte Lichterzeugung sowie die angestrebte Lichtausbreitung geprüft. Sofern das geprüfte LED-Leuchtenmodul sämtliche vorgegebenen Anforderungen erfüllt, wird ein mit Artikelnummer und Prüfzeitpunkt versehenes Prüfzertifikat ausgegeben und an dem geprüften LED-Leuchtenmodul angeheftet.

VERSUCH ZUR BESCHLEUNIGTEN PRÜFUNG DER LANGZEITDICHTIGKEIT DES MODULGEHÄUSES

[0094] Der Zwischenraum zwischen den beiden Scheiben einer Doppelscheiben-Fensteranordnung wird häufig mit Argon oder Krypton gefüllt, um die Wärmeisolierung solcher Fensteranordnungen zu verbessern. Erfahrungsgemäß entweicht Argon aus solchen Fensteranordnungen dreimal schneller oder noch schneller, als Stickstoff und Sauerstoff aus der Umgebungsluft wieder in den geschlossenen Raum zwischen den beiden Scheiben eintreten. Über die Länge der Zeit wird in diesem geschlossenen Raum ein Unterdruck aufgebaut, der bis zur Implosion führen kann. Es besteht deshalb ein Bedarf, den Argongehalt in solchen geschlossenen Doppelscheiben-Fensteranordnungen zu bestimmen, ohne die Anordnung zu zerstören und/oder Gas aus dem geschlossenen Raum zu entnehmen und zu analysieren. Die Autoren Alex Sergejev und Jacek Borysow haben mit ihrem Beitrag „Nondestructive Method of Measuring Relative Concentration of Gases (e.g. Argon) in Double-Pane Windows“, erschienen in „Sensors and Materials“, Band 20, Nr. 3 (2008), Seiten 123-130, MYU Tokyo ein Verfahren zur Lösung dieses Pro-

blems beschrieben. Im Wesentlichen ist vorgesehen, innerhalb der Gasatmosphäre in dem geschlossenen Raum zwischen den beiden Scheiben einen Gleichstrom-Lichtbogen zu zünden und zu betreiben, und das von diesem Lichtbogen erzeugte Licht zu analysieren. Dieses Licht weist für Stickstoff charakteristische Emissionen zwischen 330 und 420 nm und eine für Argon charakteristische Emission bei 750,4 nm auf. Aus dem relativen Verhältnis der gemessenen Absorptionen dieser Emissionen kann auf das relative Verhältnis der Anteile von Luft und Argon in der Gasatmosphäre zwischen den beiden Scheiben geschlossen werden. Die Autoren geben an, mit diesem Verfahren bei mäßigen bis hohen Argonkonzentration in Luft, den Argongehalt mit einer Genauigkeit von angenähert 5 % zu bestimmen.

[0095] Wie vorstehend beschrieben, werden drei identische Modulgehäuse I, II und III gefertigt und bereitgestellt. In jedem Modulgehäuse I, II und III wird auf dem Plattenboden von deren Leichtmetall-Gehäuseplatte eine Halterung befestigt, die zwei Elektroden so hält, dass nach Anlegen einer Gleichspannung zwischen 2 und 5 kV zwischen den Elektroden ein Lichtbogen zündet und betrieben werden kann. Spannung und Strom werden über ein mehradriges Kabel zugeführt, das mit Hilfe einer üblichen, konisch dichtenden Quetschverschraubung gegenüber dem Gehäuse abgedichtet ist. An jedem Modulgehäuse I, II und III ist auf deren transparenter Deckenplatte der Sensor eines Spektrometers anbringbar, das nach Zünden des Lichtbogens die in der jeweiligen Gasatmosphäre gebildete Strahlung erfasst, auswertet und ein entsprechendes Spektrum ausdrückt und abspeichert.

[0096] Gut geeignet ist hier ein von Medialas Electronics GmbH, 72336 Balingen, DE unter der Handelsbezeichnung „Spektrometer USP-1“ vertriebenes Spektrometer, das einen Messbereich von 200 bis 1200 nm hat. Der Innenraum der Modulgehäuse I und II wird mit 100 %-igem Ar befüllt. Der Innenraum des Modulgehäuses III wird zu Kalibrierzwecken mit unterschiedlichen Gaszusammensetzungen befüllt, und davon werden Vergleichsspektren erzeugt; im Einzelnen werden nachstehende Gaszusammensetzungen vermessen: 100 % Ar, 90 % Ar + 10 % Luft, 80 % Ar + 20 % Luft bis ... 10 % Ar und 90 % Luft und 100 % Luft. In **Fig. 8** sind die so erhaltenen Spektren für die Gaszusammensetzungen 100 % Ar, 70 % Ar + 30 % Luft, 50 % Ar + 50 % Luft, 30 % Ar + 70 % Luft und 100 % Luft dargestellt.

[0097] Der eigentliche Versuch hat im Januar 2017 begonnen und wurde im November 2017 beendet. Während dieser Zeitspanne wird das mit 100 % Ar befüllte Modulgehäuse I konstant bei 25 °C und unter dem Umgebungsluftdruck gehalten. Wenigstens einmal pro Woche wird der Lichtbogen gezündet und ein Spektrum der aktuellen Gaszusammensetzung ge-

fertigt und abgespeichert. Dies wird als Referenzbehandlung für übliche Alterung unter Umgebungsbedingungen angesehen.

[0098] Ferner wird ein Trockenofen bereitgestellt, in dem eine verschließbare Druckkammer eingerichtet ist. Das mit 100 % Ar befüllte Modulgehäuse II wird in diese Druckkammer gelegt und darin pro Tag 23 Stunden lang bei 50 °C und unter einem Luftdruck gehalten, der gegenüber dem Umgebungsluftdruck um 100 mbar (Millibar) reduziert ist. Während der 24. Stunde wird die Druckkammer geöffnet, das Modulgehäuse II wird dem Umgebungsluftdruck ausgesetzt, der Lichtbogen wird gezündet, und es wird ein Spektrum der aktuellen Gaszusammensetzung gefertigt und abgespeichert. Diese Art der Behandlung wird als beschleunigte Alterungsbehandlung gewertet.

[0099] Es wird festgestellt, dass nach Ablauf von einer Woche beschleunigter Alterungsbehandlung die im Modulgehäuse II entstandene Gaszusammensetzung ein Spektrum liefert, das mit demjenigen Spektrum übereinstimmt, das von der Gaszusammensetzung im Modulgehäuse I nach Ablauf von 23 Wochen üblicher Alterung unter Umgebungsbedingungen erhalten wird. Daraus wird geschlossen, dass der beschleunigten Alterungsbehandlung unter den hier ausgeübten Bedingungen ein „Beschleunigungsfaktor“ von 23 zukommt. Folglich sollte nach Ablauf von 46 Wochen beschleunigter Alterungsbehandlung das im Modulgehäuse II gebildete Gasgemisch eine Zusammensetzung aufweisen, die nach üblicher Alterung unter Umgebungsbedingungen erst nach Ablauf von 1058 Wochen erhalten wird; das ist ein Zeitraum von 20,7 Jahren. Ein Vergleich mit einem Vergleichsspektrum bestätigt, dass die nach Ablauf von 46 Wochen beschleunigter Alterungsbehandlung im Modulgehäuse II gebildete Gaszusammensetzung immer noch wenigstens 58 % des ursprünglich eingefüllten Argon (Ar) enthält. Die **Fig. 9** zeigt einige Spektren, die von der im Modulgehäuse II gebildeten Gaszusammensetzung zu bestimmten, angegebenen Zeiten der beschleunigten Alterungsbehandlung erhalten worden sind.

[0100] Die so erhaltenen Versuchsergebnisse lassen erwarten, dass der Argongehalt innerhalb der Atmosphäre in einem bestimmten, wie beschrieben gefertigten Modulgehäuse im Verlauf von 20 Jahren unter üblichen Umgebungsbedingungen entsprechend der in **Fig. 10** dargestellten Kurve abnimmt und durch Umgebungsluft ersetzt wird.

[0101] Jedenfalls bekräftigt obiger Versuch die Erwartung, dass im Modulgehäuse eines erfindungsgemäßen LED-Leuchtenmoduls die darin vorgesehenen, weißes Licht erzeugenden LEDs während einer Lebensdauer von wenigstens 20 Jahren unter einer schützenden Atmosphäre betreibbar sind.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 2016/094038 A1 [0004]
- EP 2776883 B1 [0005]
- DE 102017000571 [0006]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- DIN EN 13201 [0002]
- DIN EN 13201-2 [0025]
- Alex Sergejev und Jacek Borysow haben mit ihrem Beitrag „Nondestructive Method of Measuring Relative Concentration of Gases (e.g. Argon) in Double-Pane Windows“, erschienen in „Sensors and Materials“, Band 20, Nr. 3 (2008), Seiten 123-130 [0094]

Schutzansprüche

1. LED-Leuchtenmodul (5) mit einem zweiteiligen Modulgehäuse (8), das besteht aus einem Gehäuseteil (10) und einer transparenten Abdeckplatte (60), wobei je am Gehäuseteil (10) und/oder an der Abdeckplatte (60) einstückig eine umlaufende Seitenwand (65) angeformt ist, so dass das Gehäuseteil (10), die eine Seitenwand (65) oder beide Seitenwände und die Abdeckplatte (60) gemeinsam einen hermetisch dichten Gehäuseinnenraum (9) begrenzen, in dem sich eine Platine (40) befindet, auf der eine Anzahl je beabstandet zueinander angeordnete LEDs (44) sitzen; und jeder einzelnen LED (44) je ein Sekundäroptikelement zugeordnet ist, welches das von einer gegebenen LED (44) erzeugte LED-Licht einfängt und entsprechend einem vorgegebenen Beleuchtungszweck richtet und bündelt, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- das Gehäuseteil (10) aus einem Leichtmetall besteht;
- die Abdeckplatte (60) aus einem weitgehend UV-undurchlässigen oder UV-undurchlässigen PMMA-Material oder aus einem UV-stabilisierten PC-Material besteht;
- jedes Sekundäroptikelement ein Lichtleitelement (80) aufweist, das aus dem Abdeckplattenmaterial besteht und das an der zur Platine (40) benachbarten Innenseite (63) der Abdeckplatte (60) einstückig angeformt ist;
- zwischen Leichtmetall-Gehäuseteil (10) und Abdeckplatte (60) eine hermetisch dichte Klebeverbindung ausgebildet ist, die mit Hilfe eines bei Raumtemperatur aushärtenden 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoffes erzeugt worden ist;
- innerhalb des Gehäuseinnenraums (9) eine argonhaltige Atmosphäre herrscht; und
- das Modulgehäuse (8) eine solche Langzeitdichtigkeit aufweist, die gewährleistet, dass nach Durchführung einer 46 Wochen dauernden beschleunigten Alterungsbehandlung, während der das LED-Leuchtenmodul (5) stets bei etwa 50 °C sowie pro Tag eine Std. lang unter Umgebungsluftdruck sowie 23 Std. lang unter einem gegenüber dem Umgebungsluftdruck um 100 mbar verminderten Luftdruck gehalten wird, die Atmosphäre im Gehäuseinnenraum (9) immer noch zu wenigstens 58 Vol.-% aus der ursprünglich eingebrachten 100 %-igen Ar-Befüllung besteht.

2. LED-Leuchtenmodul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Lichtleitelement (80) einen zusätzlichen flachen, angenähert quaderförmigen Schichtkörper (81) bildet, der

- eine Länge von etwa 25 mm,
- eine Breite von etwa 20 mm,
- eine Dicke/Stärke von etwa 3 bis etwa 4 mm und
- eine Schichtkörperoberfläche (84) hat; und

in diesem Schichtkörper (81) ein erster Hohlraum (90) sowie zwei zweite Hohlräume (94) und (100) ausgebildet sind, die sämtlich zur Schichtkörperoberfläche (84) hin offen sind.

3. LED-Leuchtenmodul nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- der erste Hohlraum (90) im Zentrum des Lichtleitelementes (80) angeordnet ist, den Fokus (95) des Lichtleitelementes (80) bildet und zur Aufnahme einer LED (44) dient;
- der größere zweite Hohlraum (100) eine bezüglich des Fokus (95) stark konvex gekrümmte und gegenüber der Abdeckplattenebene schräg gestellte Kontur (103) hat, deren Scheitel (104) auf den Fokus (95) zu gerichtet ist;
- der kleinere zweite Hohlraum (106) bezüglich des Fokus (95) eine mäßig konvex gekrümmte und gegenüber der Abdeckplattenebene schräg gestellte Kontur (108) hat, deren Scheitel (109) auf den Fokus (95) zu gerichtet ist; und
- an der Oberfläche der Konturen (103) und (108) eine Totalreflexion von LED-Lichtstrahlen stattfindet, die aus dem Inneren des Schichtkörpers (81) auf diese Oberflächen treffen.

4. LED-Leuchtenmodul nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schichtkörper (81) zwei längere parallele ebene Seiten (82 und 82') hat, deren Richtung und Erstreckung eine Lang-Seiten-Richtung sowie eine dazu orthogonale Kurz-Seiten-Richtung des Lichtleitelementes (80) definieren; und über jedem Schichtkörper (81) an der Außenseite (64) der Abdeckplatte (60) eine flächengleiche, konvexe, aus dem Abdeckplattenmaterial bestehende Wölbung (112) einstückig angeformt ist, die eine Scheitellinie (114) hat, die parallel zur Kurz-Seiten-Richtung des Lichtleitelementes (80) ausgerichtet ist.

5. LED-Leuchtenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das LED-Leuchtenmodul geeignet ist, eine Fahrbahnleuchte zu liefern, welche bei trockener und nasser Straßenfläche wenigstens die Anforderungen an die M-Beleuchtungsklassen M5 und M6 nach DIN EN 13201-2 erfüllt.

6. LED-Leuchtenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- das LED-Leuchtenmodul (5) über die Rückseite (16) von dessen Leichtmetall-Gehäuseplatte (12) am Rückenteil (3) der Straßenleuchte (1) angebracht werden kann;
- an der Rückseite (16) der Leichtmetall-Gehäuseplatte (12) einstückig eine Anzahl paarweise angeordneter Flansche (17 und 17') angeformt ist, die je ein Flanschpaar bilden, das Außenflanken (18 und 18') hat; und
- bei der Anlage des LED-Leuchtenmoduls (5) am Rückenteil (3) der Straßenleuchte (1) jedes Flanschpaar

in eine dort ausgesparte, komplementäre Nut eintritt, die solche Abmessungen hat, dass ein Anpressdruck zwischen deren Nutflanken und den Außenflanken (18 und 18') des eintretenden Flanschpaares erzeugt wird.

7. LED-Leuchtenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- am Plattenrandinnenumfang (26) der Gehäuseplatte (12) ein zum Plattenboden (22) stufenförmig abfallender umlaufender Sockel (27) einstückig angeformt ist, auf dem eine aufrechte, umlaufende und ununterbrochene Drei-Flansch-Dichtkontur (30) sitzt, die am Sockel (27) einstückig angeformt ist und die aufweist - benachbart und beabstandet zum Plattenrandinnenumfang (26) - einen Außenflansch (32), einen dazu beabstandeten Mittelflansch (34) und einen dazu beabstandeten Innenflansch (36); und
- ferner an der Abdeckplatte (60) - benachbart und beabstandet zu deren Seitenwand (62) an deren Innenseite (63) - eine umlaufende und ununterbrochene Drei-Nuten-Dichtzone (70) ausgebildet ist, die eine Außennut (72), eine Mittelnut (74) und eine Innennut (76) aufweist, und diese Drei-Nuten-Dichtzone (70) komplementär zur Drei-Flansch-Dichtkontur (30) an der Gehäuseteilplatte (12) ausgebildet ist; und
- nach Einbringen von flüssigem oder plastischem Klebstoff in die Mittelnut (74) und nach Anlage der Abdeckplatte (60) an der Gehäuseplatte (12) zwischen Drei-Flansch-Dichtkontur (30) und Drei-Nuten-Dichtzone (70) ein ununterbrochener Spalt gebildet ist, der mit einem ununterbrochenen Klebstoffstrang (77) gefüllt ist.

8. LED-Leuchtenmodul nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich der Klebstoffstrang (77) ununterbrochen von einem zur Abdeckplattenebene parallelen ersten Klebstoffstrangpegel (78) in der Außennut (72) bis zu einem zweiten, zur Abdeckplattenebene parallelen Klebstoffstrangpegel (79) in der Innennut (76) erstreckt.

9. LED-Leuchtenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass als 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoff ein 2-Komponenten-Acrylat-Klebstoff auf Methacrylsäuremethylester-Basis eingesetzt wird, der durch Peroxid-induzierte radikalische Polykondensation ausgehärtet wird.

10. LED-Leuchtenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Platine (40) eine Anzahl Mittelleistungs-LEDs sitzen, die mit einer mittleren Leistungsaufnahme von etwa 3 Watt (W) betrieben werden; und die Platine (40) solche Abmessungen hat, dass für jede Mittelleistungs-LED wenigstens eine Platinenfläche von 5 bis 9 cm² zur Verfügung steht.

11. LED-Leuchtenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass inner-

halb des Gehäuseinnenraums (9) auf dem Plattenboden (22) der Gehäuseplatte (12) eine Platine (40) aufgelegt ist; und zwischen Plattenboden (22) und Platine (40) eine Graphitfolie (23) eingelegt ist.

12. LED-Leuchtenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach Erzeugung und Aushärtung der Klebeverbindung am Modulgehäuse (8) des insoweit fertiggestellten LED-Leuchtenmoduls (5) am Modulgehäuse (8) eine Dichtigkeitsprüfung durchgeführt worden ist, wozu der Gasdruck im Gehäuseinnenraum (9) des Modulgehäuses (8) auf einen Wert von 100 mbar oder kleiner abgesenkt worden ist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

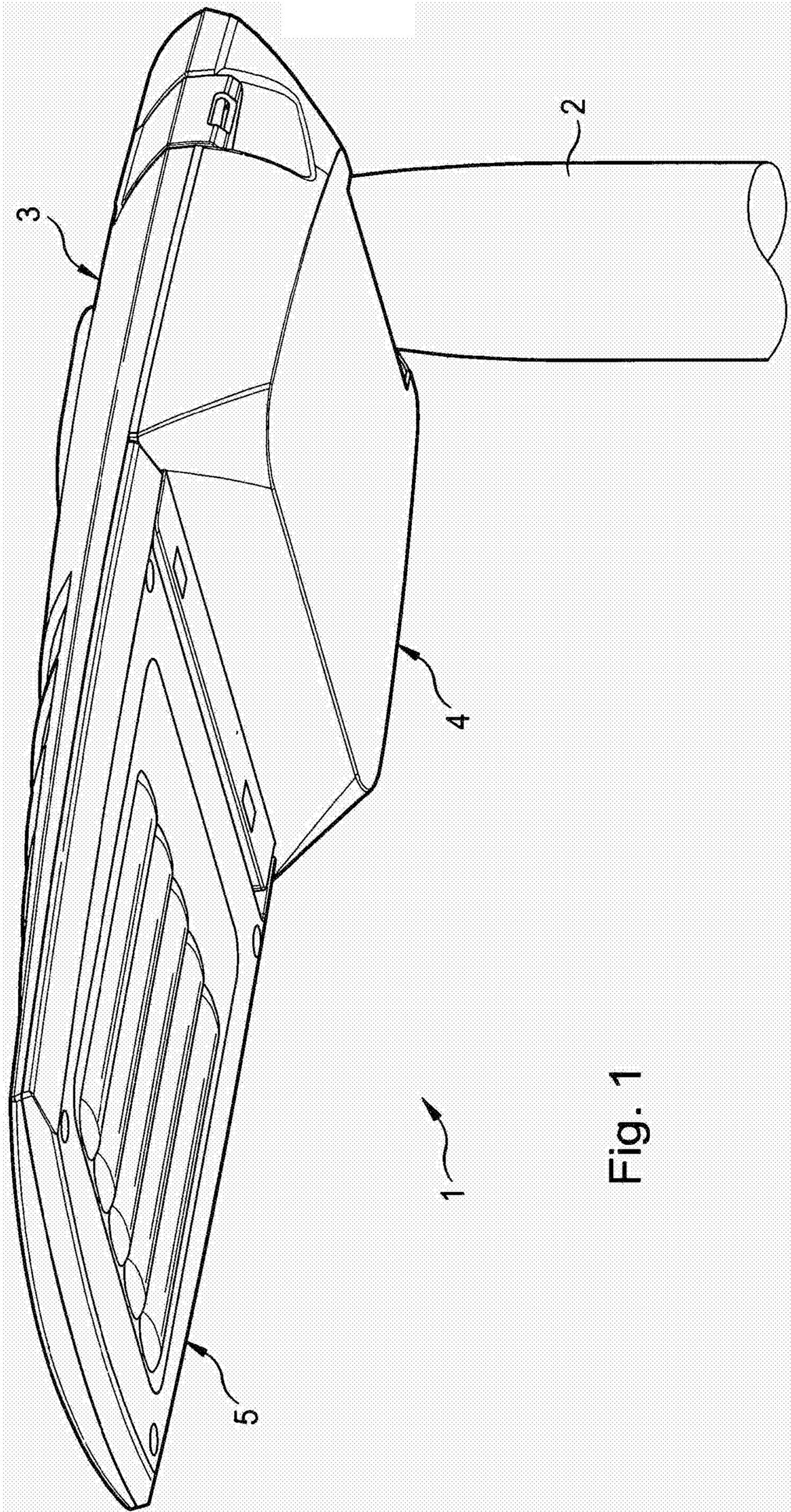


Fig. 1

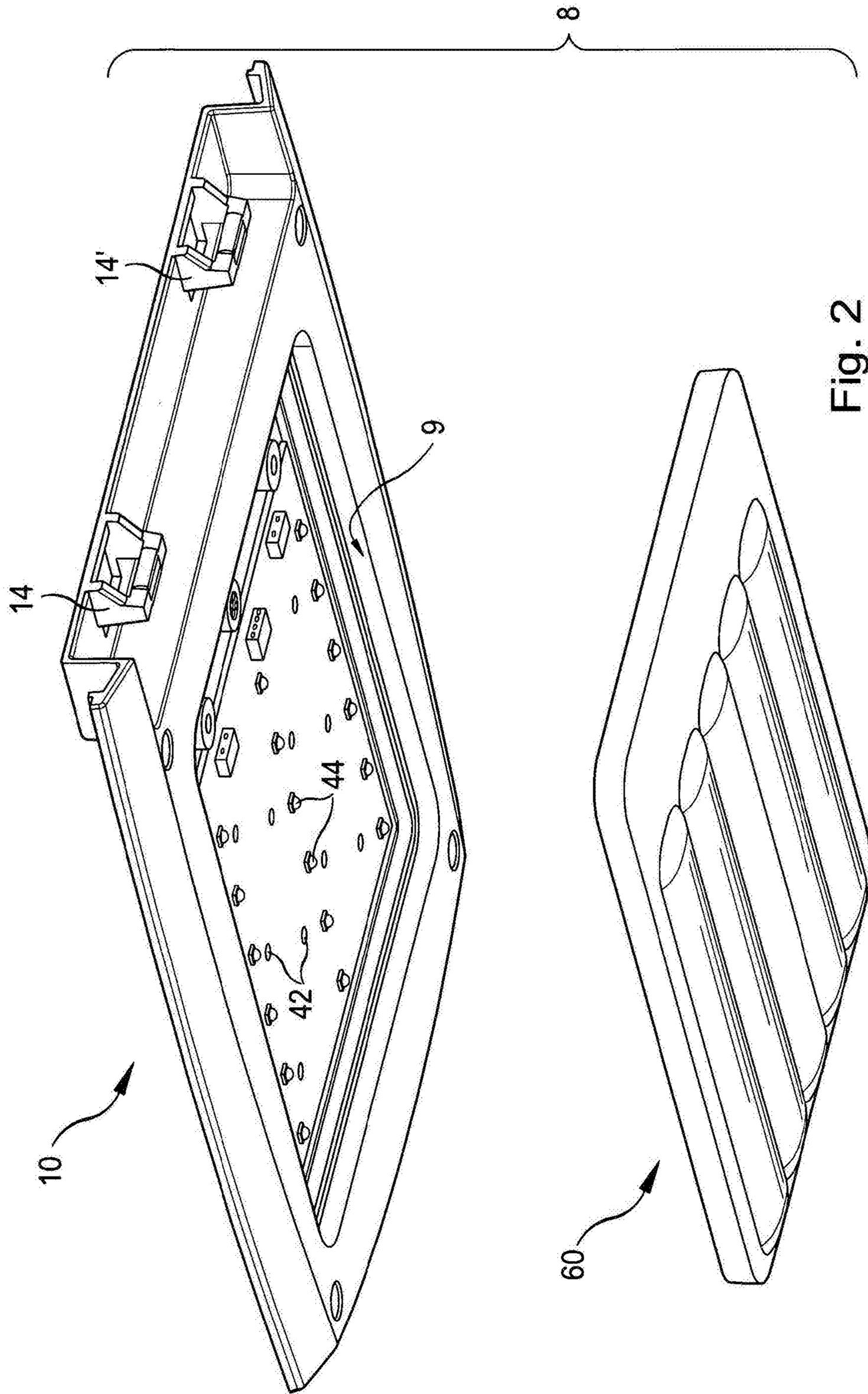


Fig. 2

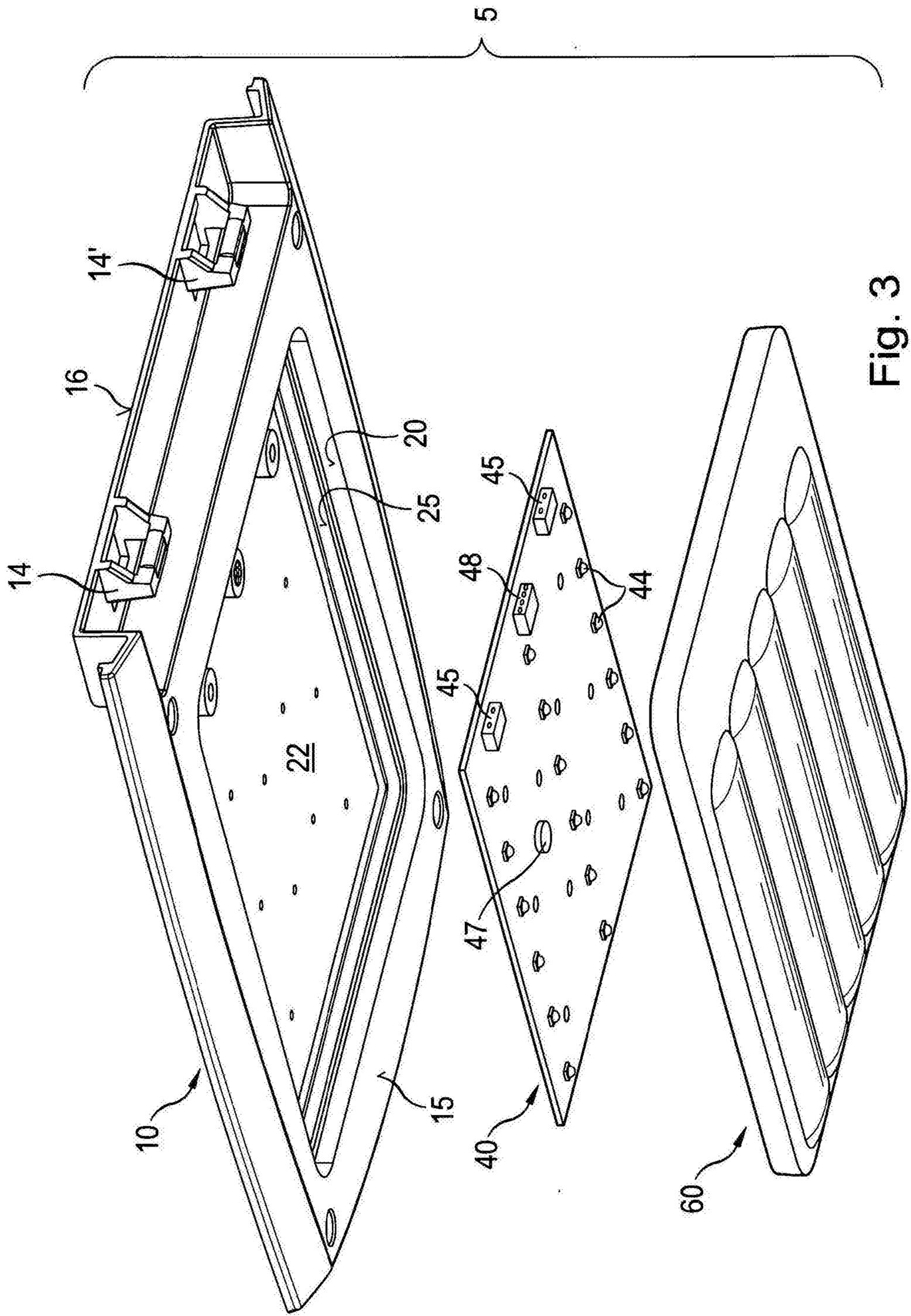


Fig. 3

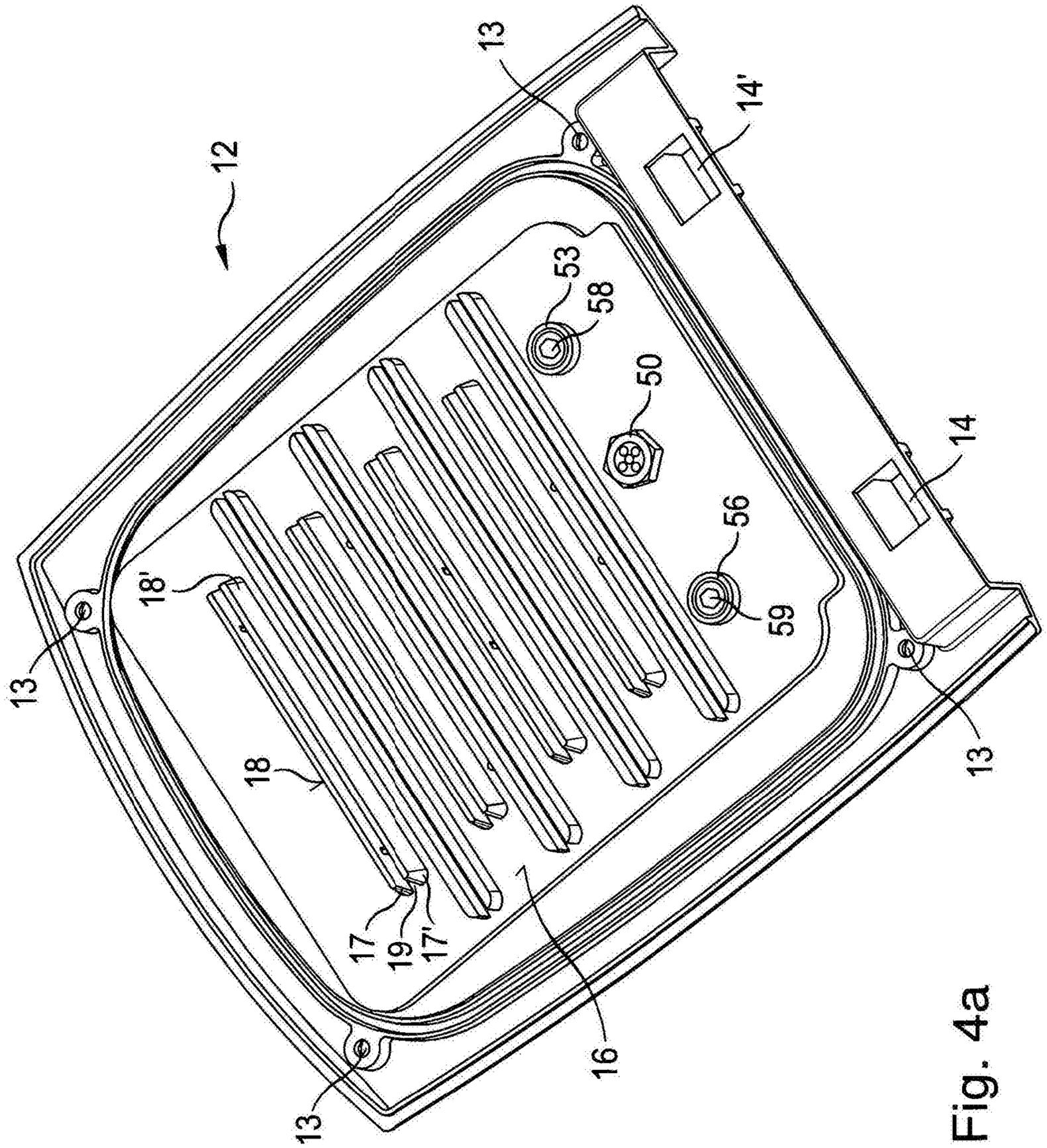


Fig. 4a

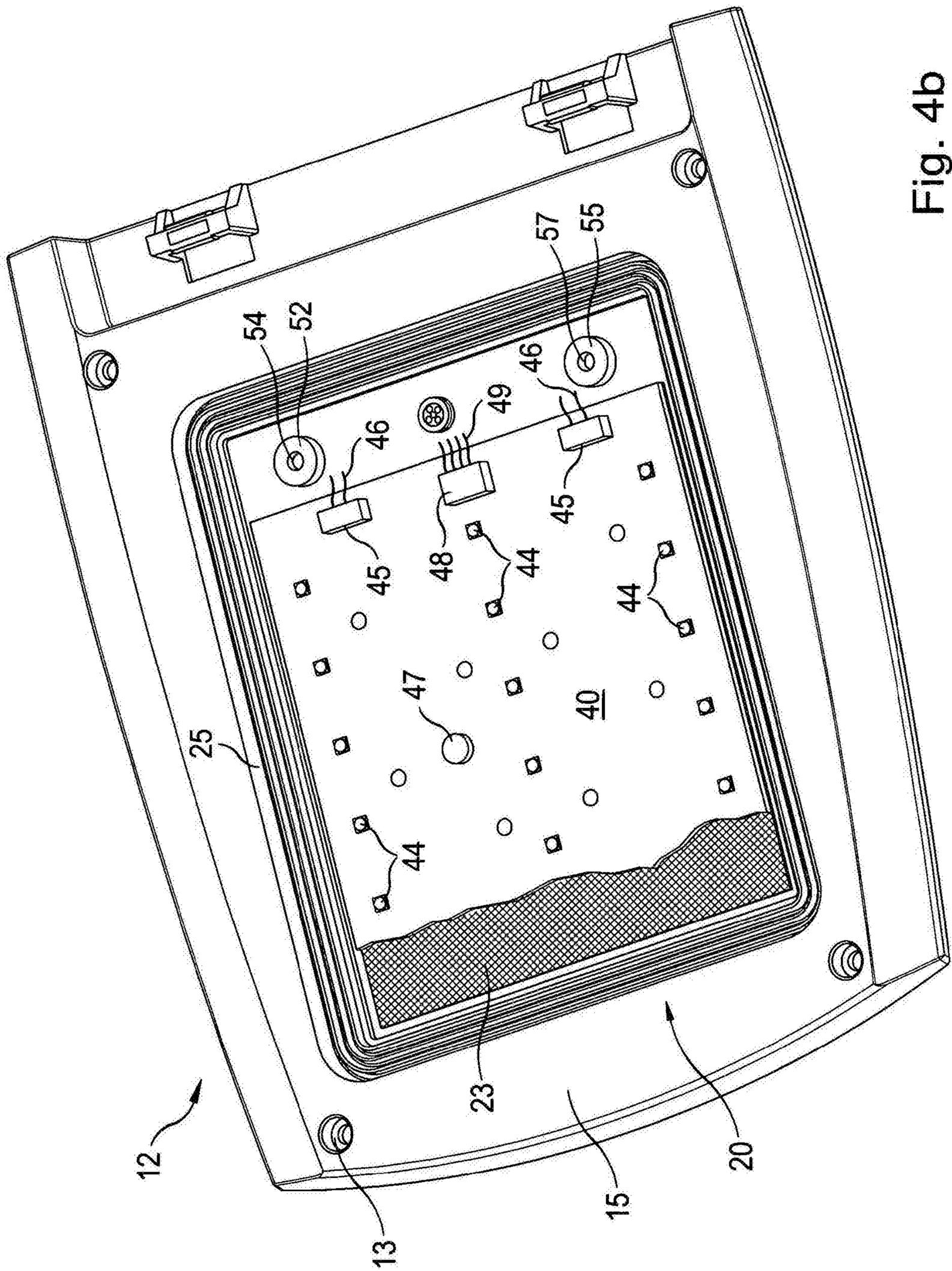


Fig. 4b

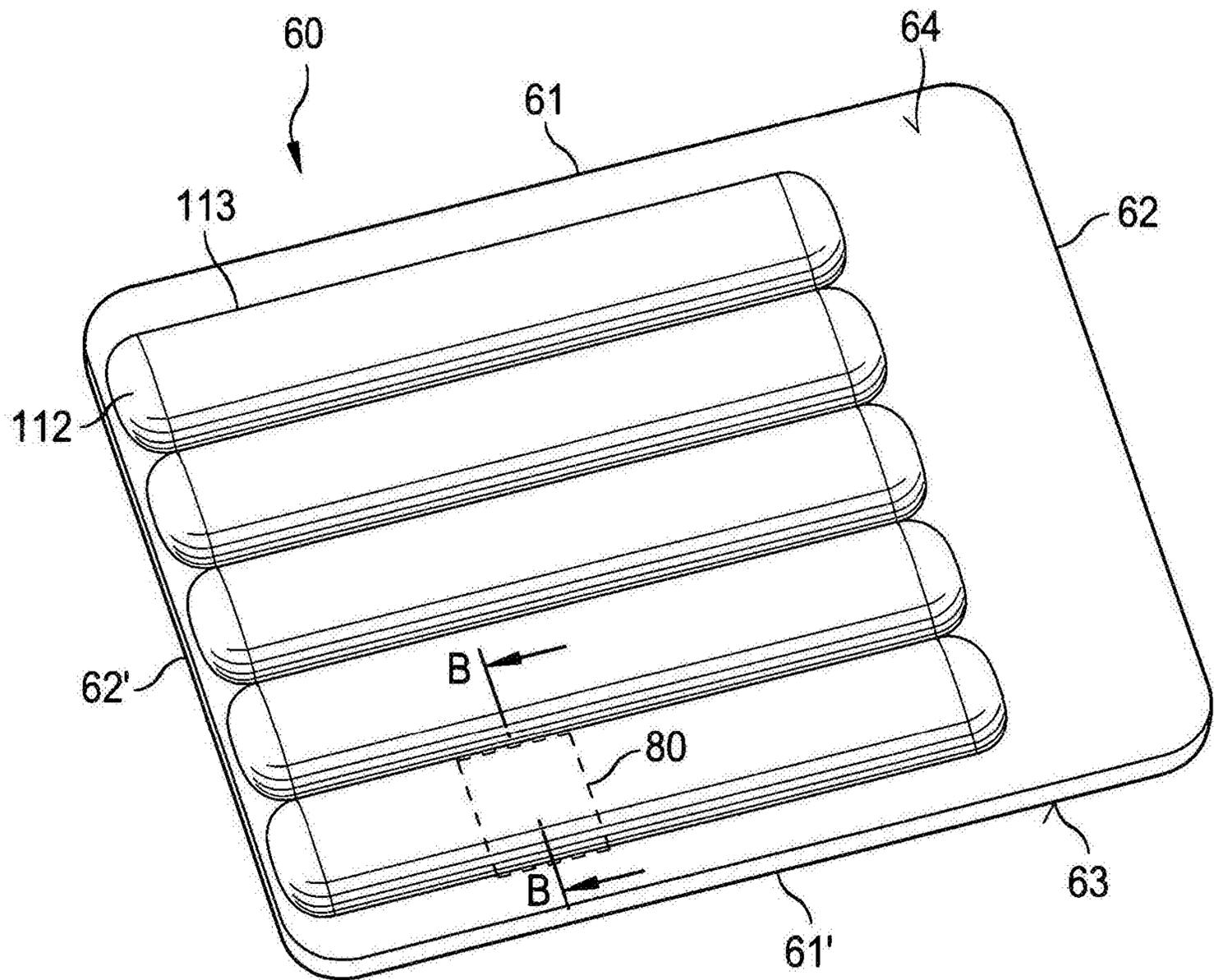


Fig. 4c

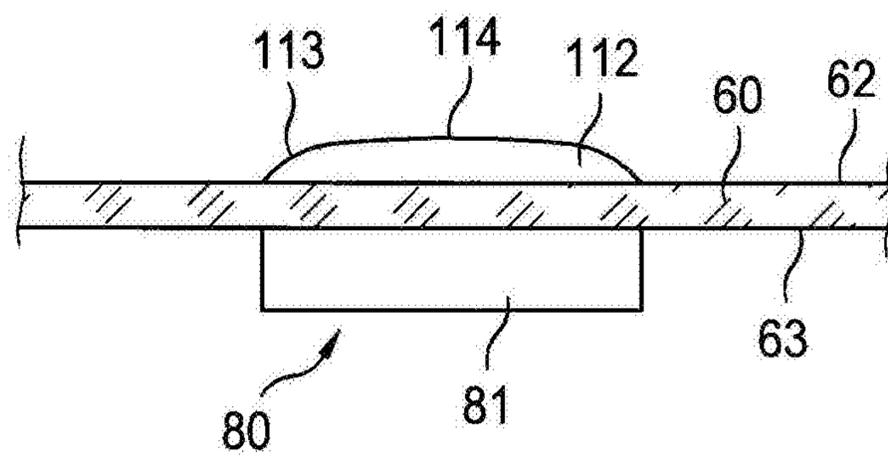


Fig. 4d

Fig. 5a

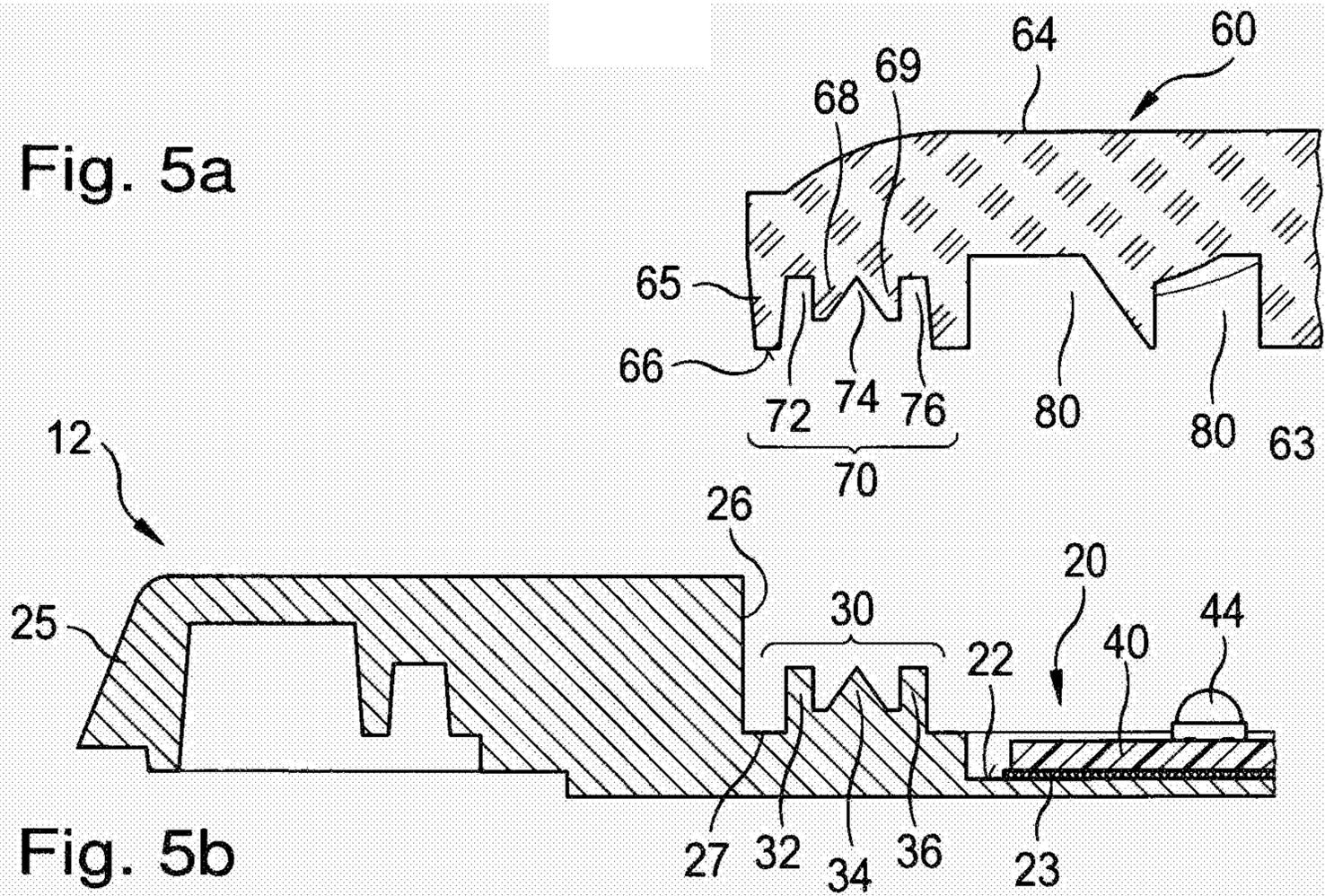


Fig. 5b

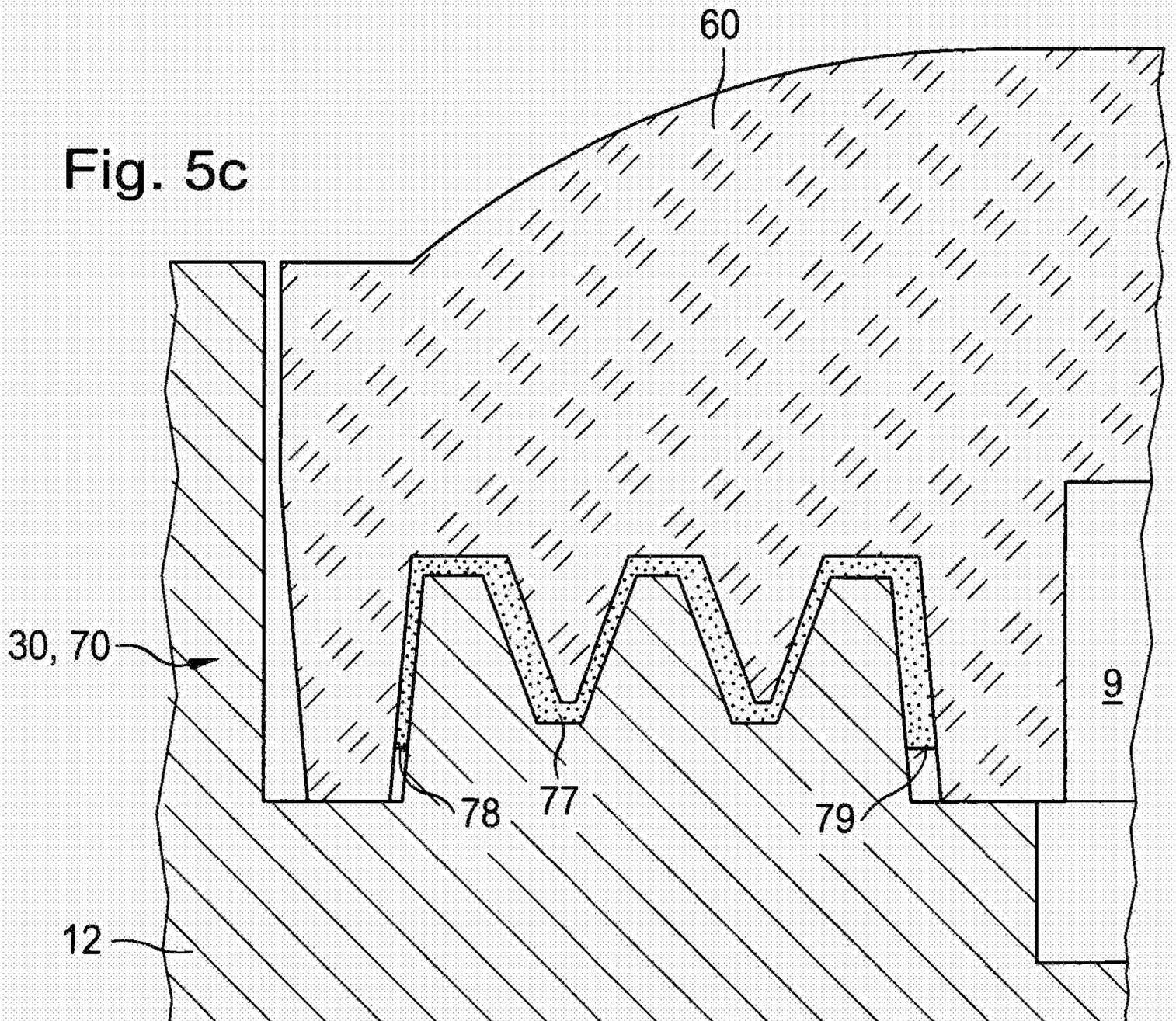
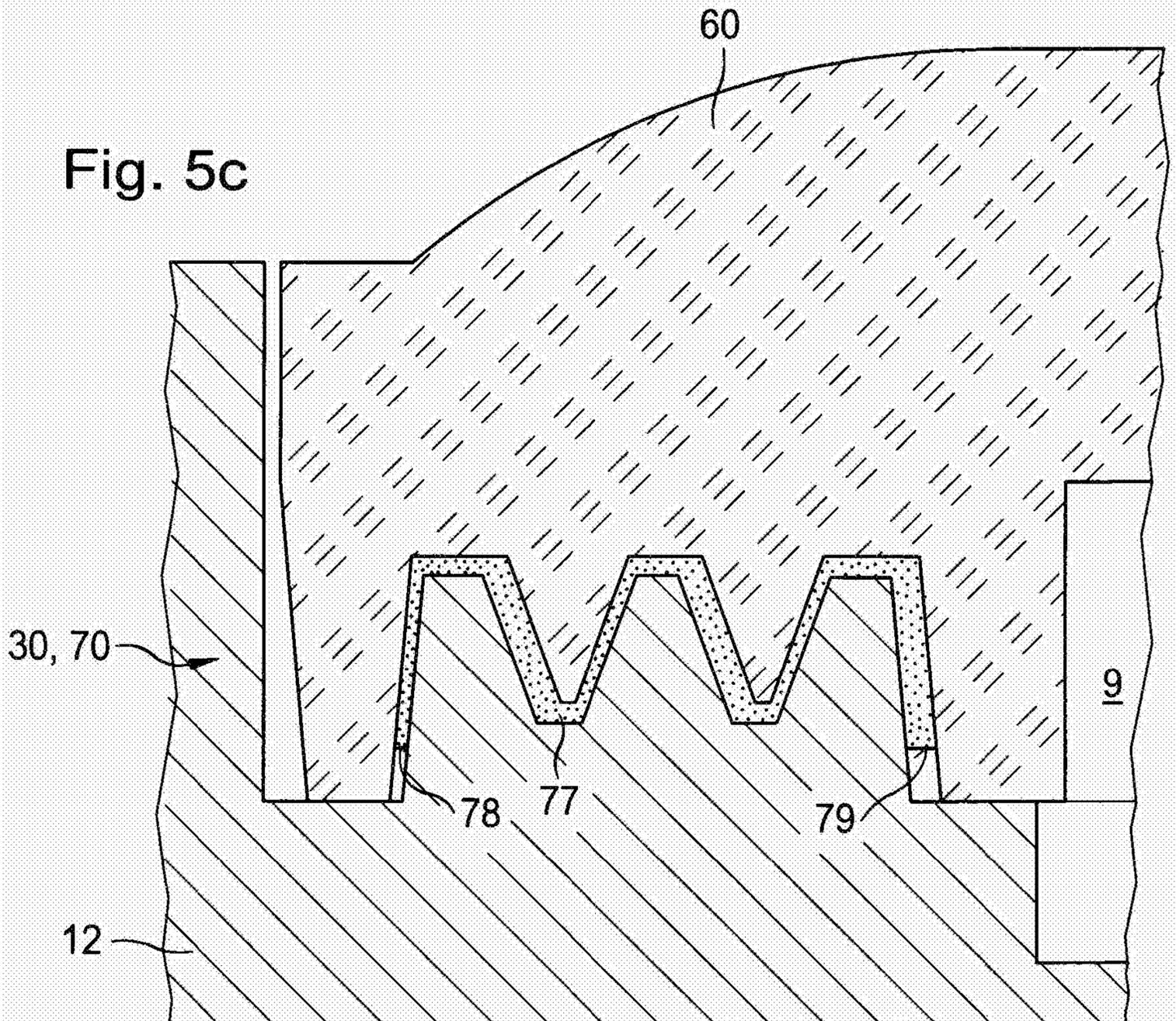


Fig. 5c



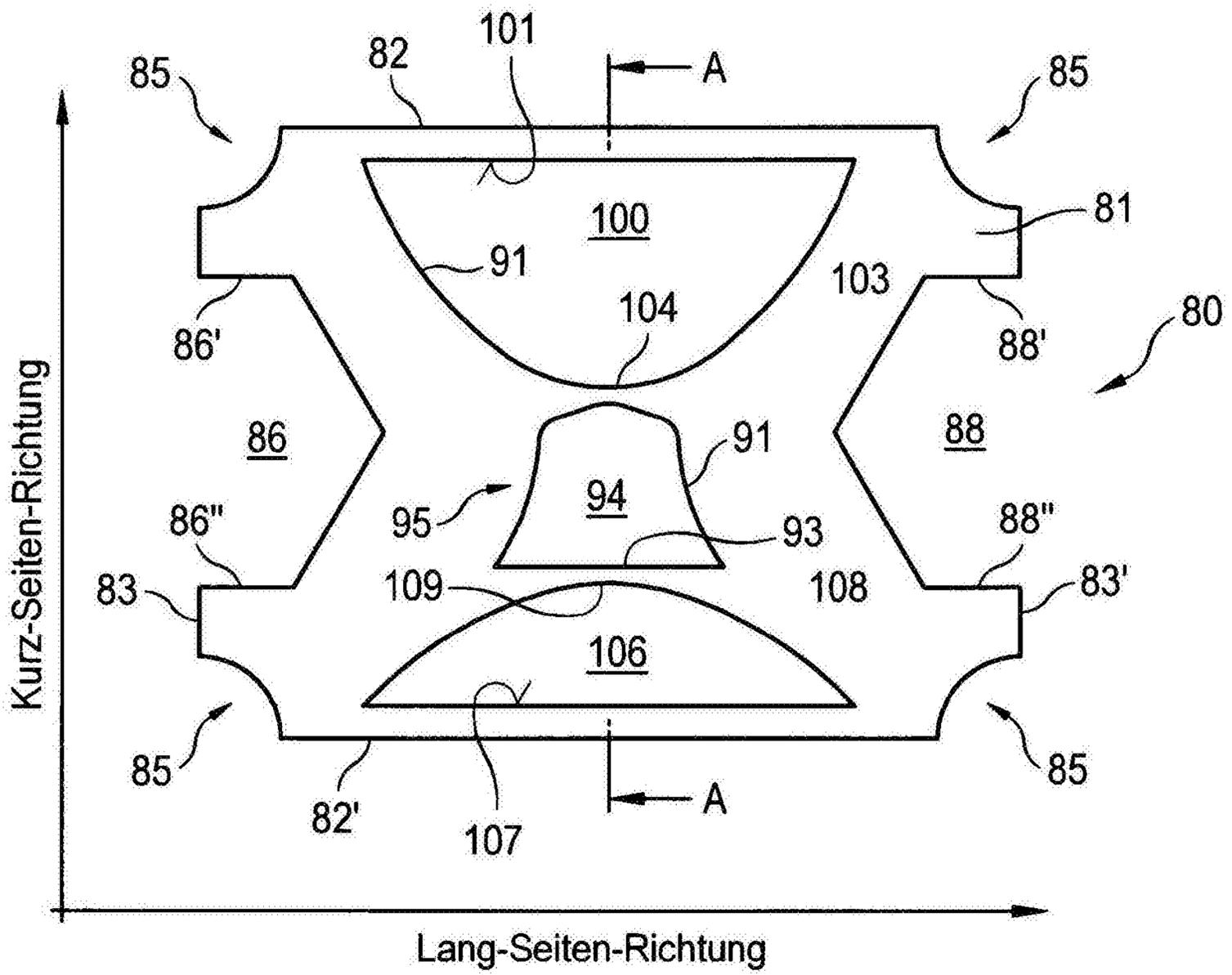


Fig.6a

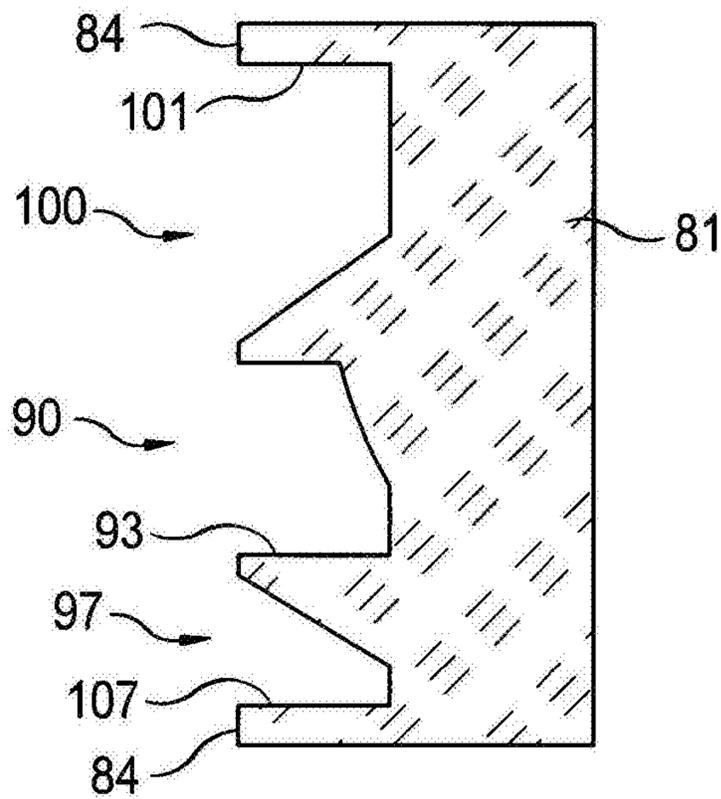


Fig.6b

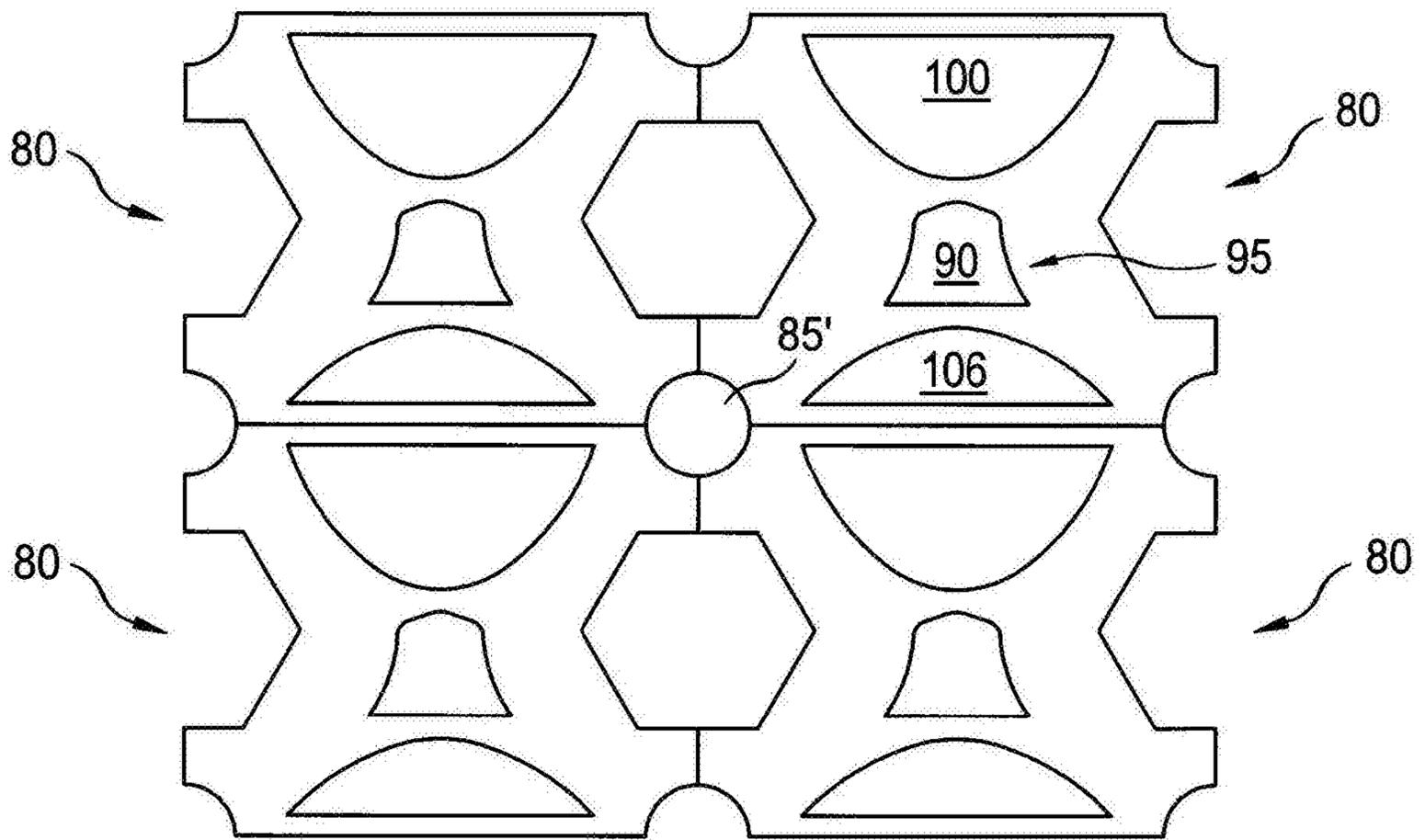


Fig.6c

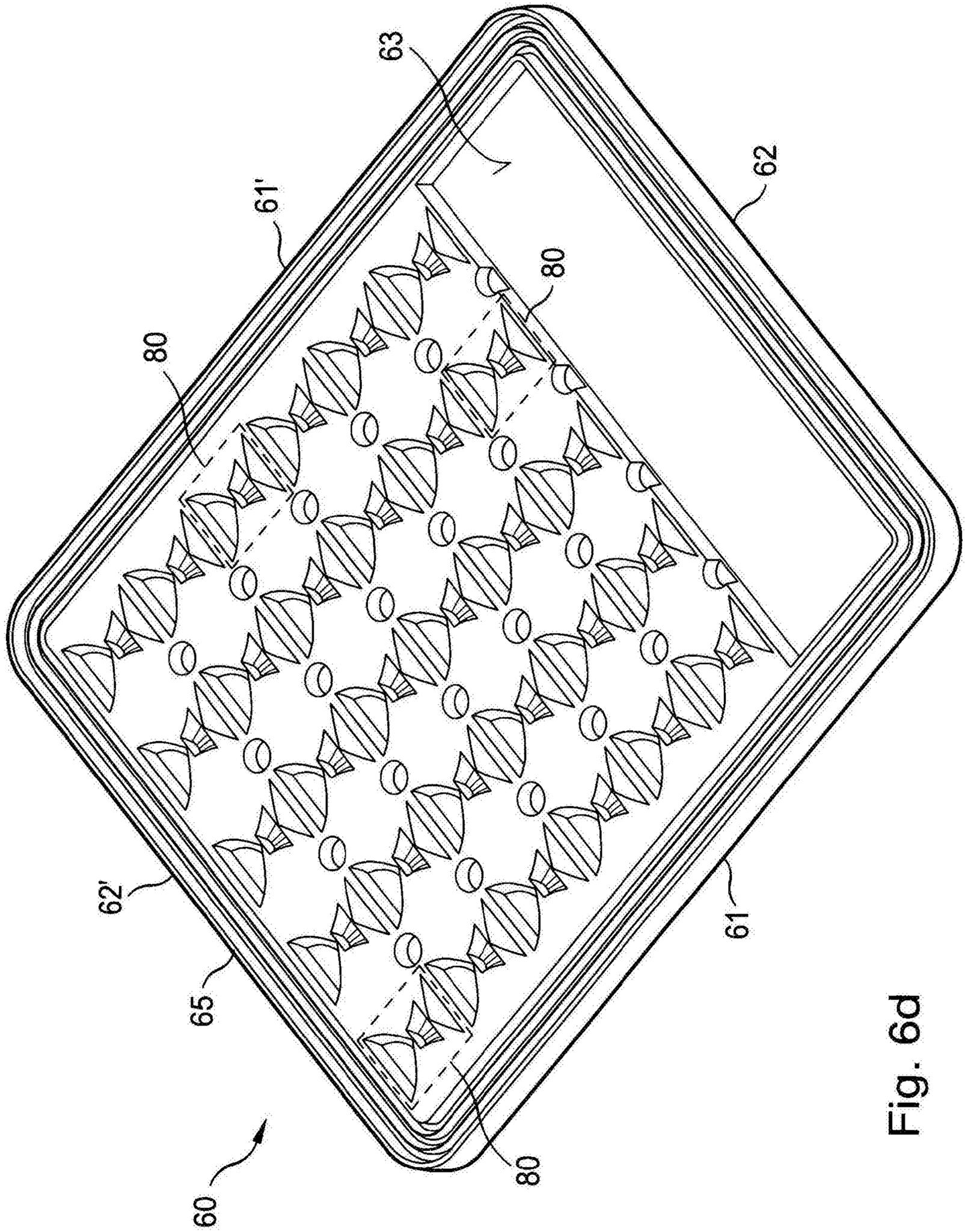


Fig. 6d

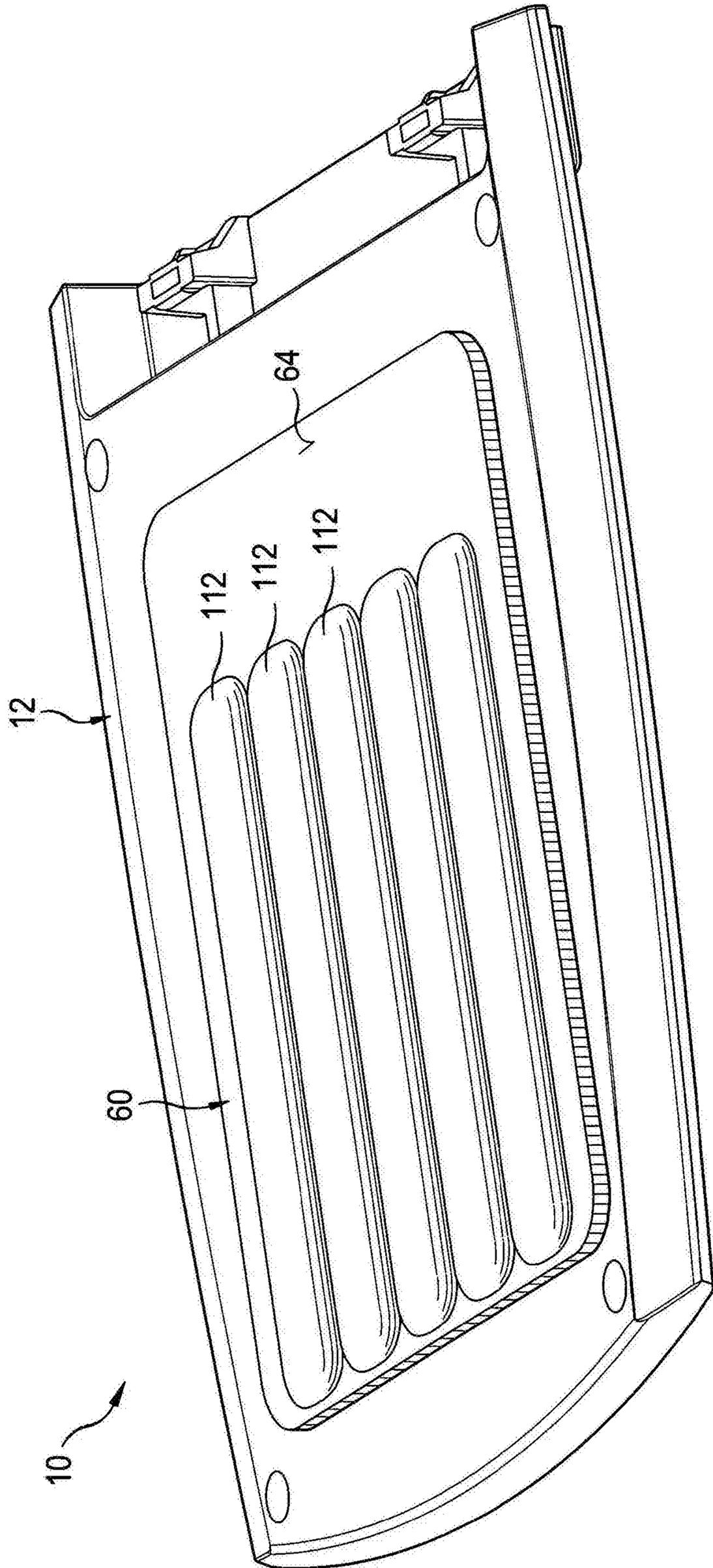


Fig. 7

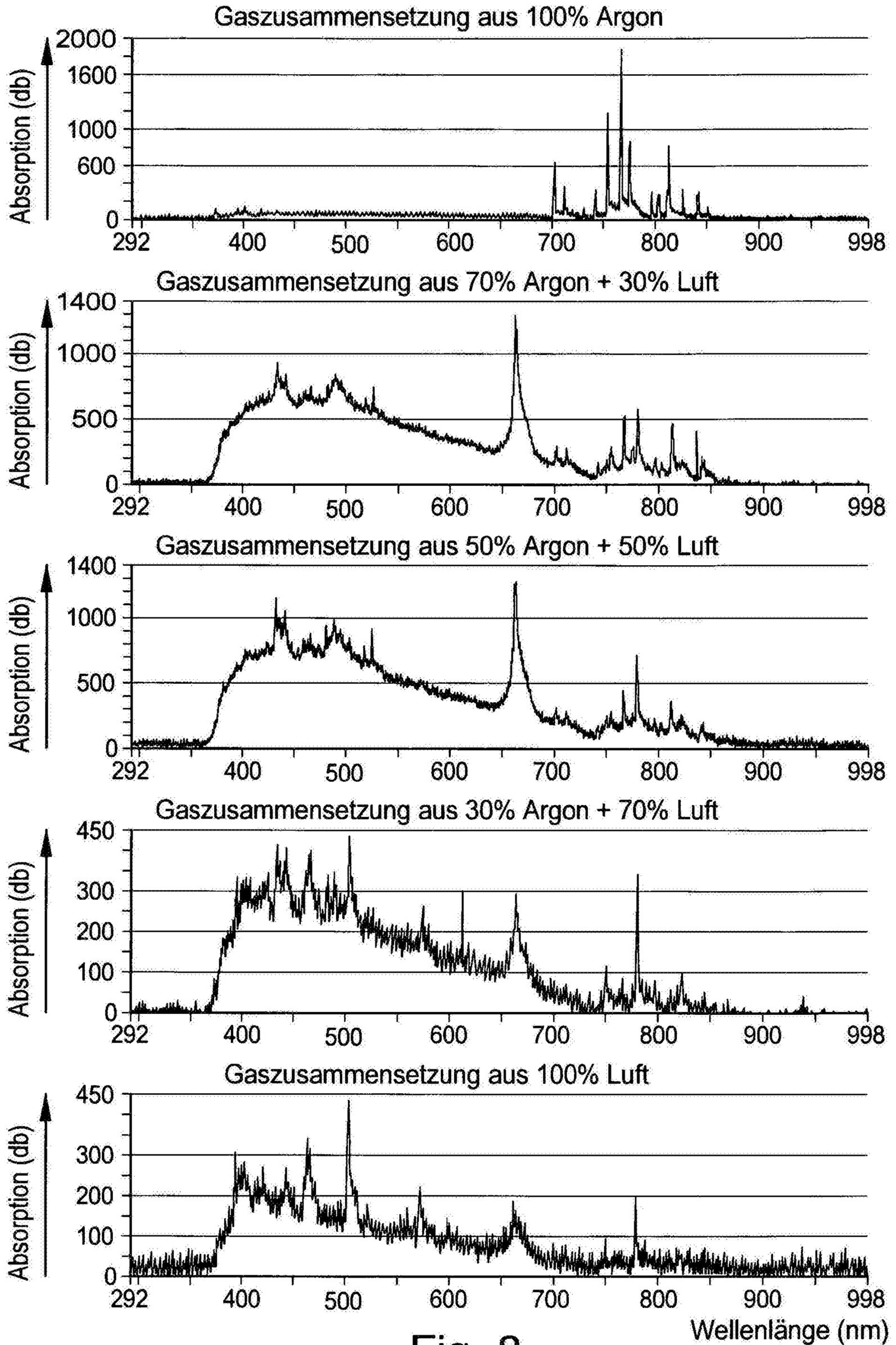


Fig. 8

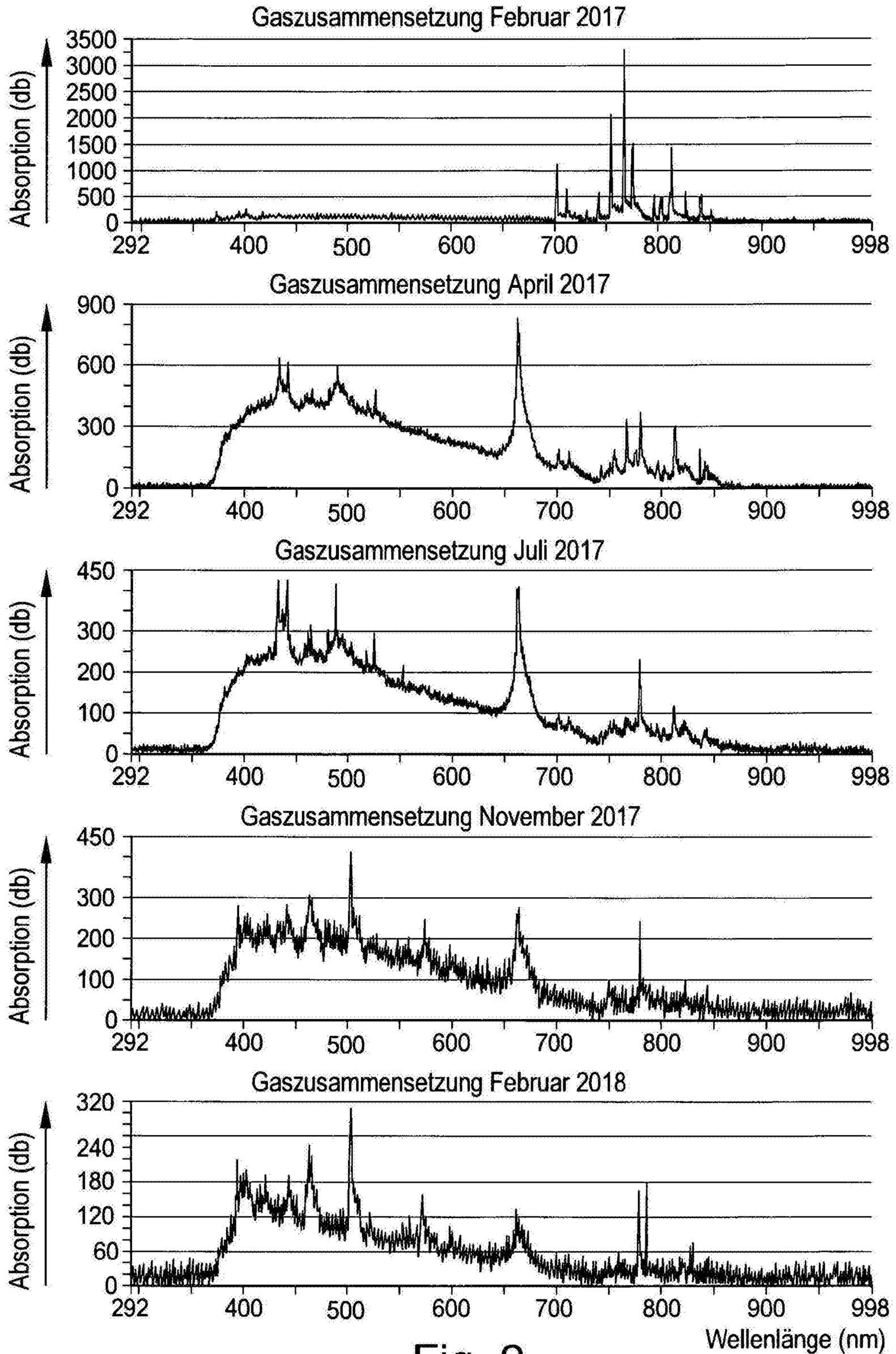
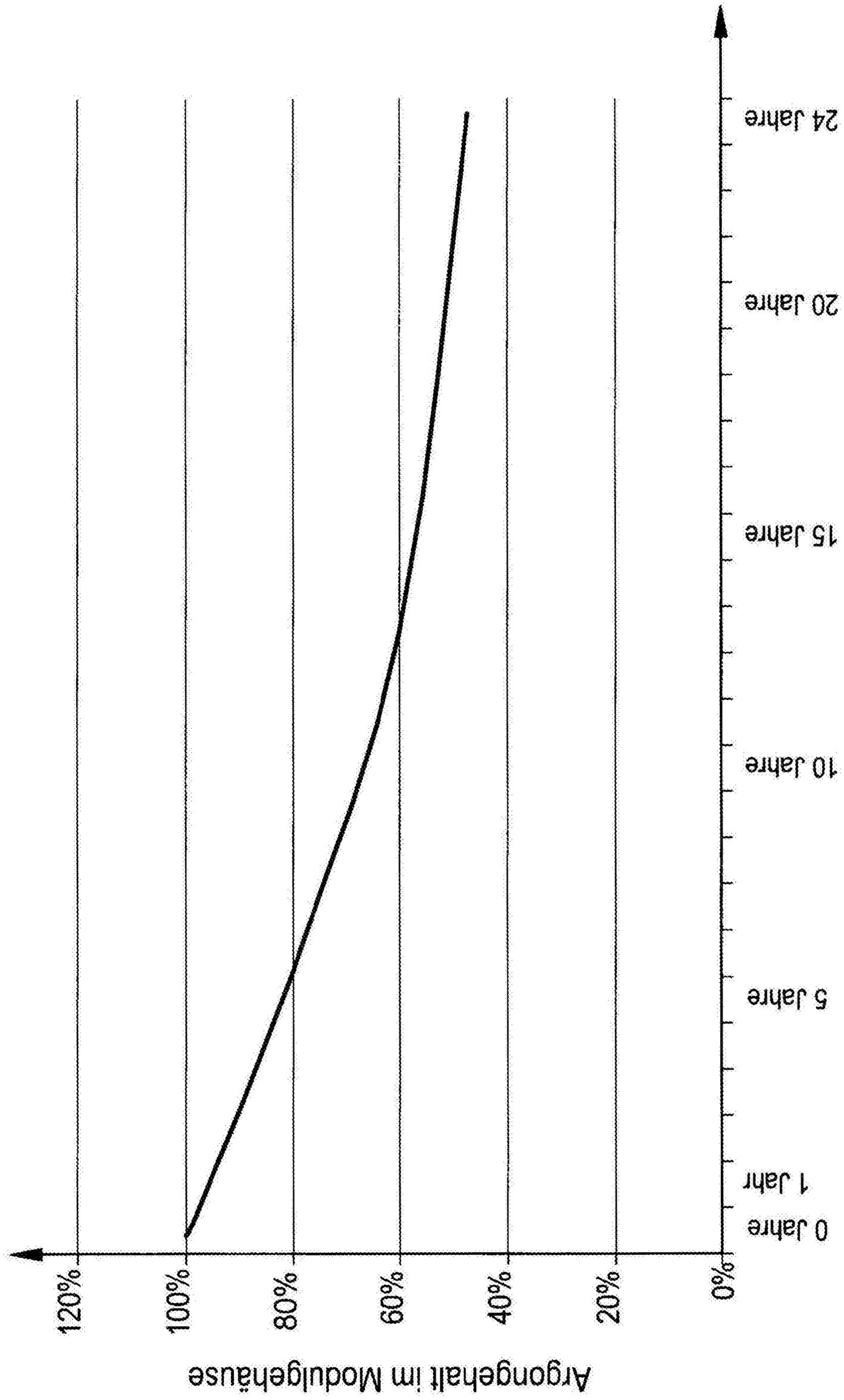


Fig. 9



erwartete Lebensdauer des LED-Leuchtmoduls

Fig. 10