

(19)



(11)

**EP 2 553 314 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**24.02.2016 Patentblatt 2016/08**

(51) Int Cl.:  
**F21K 99/00<sup>(2016.01)</sup> F21Y 111/00<sup>(2016.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **11713180.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2011/001510**

(22) Anmeldetag: **25.03.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2011/124331 (13.10.2011 Gazette 2011/41)**

(54) **LED-LAMPE ZUR HOMOGENEN AUSLEUCHTUNG VON HOHLKÖRPERN**

LED LAMP FOR HOMOGENEOUSLY ILLUMINATING HOLLOW BODIES

LAMPE À DEL POUR L'ÉCLAIRAGE HOMOGENÈNE DE CORPS CREUX

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

• **MAIWEG, Harald**  
**41352 Korschbroich (DE)**

(30) Priorität: **29.03.2010 DE 102010013286**

(74) Vertreter: **Heraeus IP**  
**Heraeus Holding GmbH**  
**Schutzrechte**  
**Heraeusstraße 12-14**  
**63450 Hanau (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**06.02.2013 Patentblatt 2013/06**

(73) Patentinhaber: **Heraeus Noblelight GmbH**  
**63450 Hanau (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 1 959 183 EP-A1- 2 151 617**  
**WO-A1-2010/009491 DE-A1-102007 038 196**  
**DE-A1-102007 038 197 DE-A1-102008 010 167**  
**JP-A- 2008 142 996 JP-A- 2008 175 381**  
**JP-A- 2008 265 245 US-A1- 2005 024 870**  
**US-A1- 2009 016 072**

(72) Erfinder:  
 • **PEIL, Michael**  
**64853 Otzberg (DE)**  
 • **OSWALD, Florin**  
**60329 Frankfurt (DE)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**EP 2 553 314 B1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungsanordnung zum gleichmäßigen Ausleuchten gebogener, nicht ebener oder polyedrischer Flächen, umfassend eine Mehrzahl von ebenen Chip-on-Board-LED-Modulen, die wenigstens paarweise aneinandergrenzend angeordnet sind, wobei jedes Chip-on-Board-LED-Modul eine Mehrzahl von Licht emittierenden LEDs aufweist. Die Erfindung betrifft ferner eine Beleuchtungseinheit und eine Verwendung.

**[0002]** Ein Anwendungsgebiet, bei dem eine gleichmäßige Ausleuchtung gebogener, polyedrischer oder nicht ebener Flächen notwendig ist, ist die Aushärtung und Belichtung zur Trocknung, Härtung oder Belichtung von Lacken, Klebern, Harzen und weiteren lichtreaktiven Materialien, mit denen die Innenseiten oder Außenseiten von nicht ebenen Körpern beschichtet sind.

**[0003]** Ein Beispiel hierfür ist die Kanalsanierung, wo es bekannt ist, die Innenseite von Rohren oder Schläuchen mit einer lichthärtbaren Beschichtung oder Substanz in Form eines Schlauches zu versehen. Zum Aushärten eines so genannten "Schlauch-Liners", einem harzgetränkten Glasfasergewebe mit schützenden Kunststofffolien an den Außenflächen wird bei einer Kanalsanierung eine Lampe durch den Schlauch oder das Rohr hindurch gezwungen, um das Beschichtungsmaterial abschnittsweise fortschreitend mittels einer intensiven Beleuchtung zu trocknen und auszuhärten. Entsprechende Lampensysteme sind idealerweise bogengängig für Biegungen bis zu 90°. Typische Durchmesser entsprechend beschichteter Rohre und Schläuche sind im Bereich von wenigen Zentimetern bis hin zu mehreren Metern.

**[0004]** Bei diesem Vorgehen ist eine gleichmäßige Belichtung notwendig, um allseitig eine gleichmäßige Trocknung und Härtung des Beschichtungsmaterials zu erreichen. Typische Homogenitätstoleranzen für die Ausleuchtung liegen im Bereich von weniger als  $\pm 15\%$  in Bezug auf einen definierten Mittelwert. Die Bestrahlungsstärken auf einer beleuchteten Innenwand betragen für diese Anwendung wenige  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  bis hin zu  $100 \text{ W}/\text{cm}^2$ .

**[0005]** Um eine hohe Lichtleistung zu erreichen, sind entsprechende bekannte Lampensysteme mit einem Durchmesser versehen, der nur wenige Millimeter unter dem Rohrinne Durchmesser, für den sie ausgelegt sind, liegt. Die Lampe kann sich aber auch bis zu wenigen Metern von der zu bestrahlenden Fläche befinden.

**[0006]** Ähnliche Anforderungen sind zur Innenausleuchtung weiterer radiärsymmetrischer konvexer Hohlkörper bekannt. Dies trifft etwa im Bereich der Beleuchtungstechnik zu, z.B. für architektonisches Licht, für die UV-Härtung und Belichtung langer Körper oder von Hohlräumen mit bestimmter Querschnittsgeometrie. Entsprechende Geometrien sind beispielsweise Rohre, Kegel, Kugeln, polyedrische Körper oder ähnliche.

**[0007]** Für das Anwendungsbeispiel der lichthärtenden

den Kanalsanierung werden bislang meistens Gasentladungslampen eingesetzt, die eine intensive Lichtabgabe bereitstellen. Die traditionell verwendeten Lampen auf Gasentladungsbasis entwickeln eine starke Wärmestrahlung bzw. Infrarotstrahlung, die bei zu dichter Annäherung der Lampe an das zu beleuchtende Objekt bzw. bei zu langanhaltender Bestrahlung das Objekt und die auszuhärtende Beschichtung aufheizt. Für UV-Härtungsprozesse bedeutet dies, dass die zu vernetzenden Polymere dissoziieren können. In der Kanalsanierung kann so das zu härtende Liner-Material thermisch geschädigt werden.

**[0008]** Die bekannten Lampen sind vor allem für größere Rohrdurchmesser geeignet, aufgrund ihrer Baugröße allerdings weniger für kleinere Rohrdurchmesser, wie sie zum Beispiel im Hausanschlussbereich vorkommen, mit typischen Rohrdurchmessern entsprechend 160 mm Nenndurchmesser oder kleiner. Hierfür sind keine Gasentladungslampensysteme verfügbar, die durch Bögen mit 45°-Winkeln oder 90°-Winkeln schleppbar sind.

**[0009]** Zu kleinen Baugrößen hin ist die traditionelle UV-Lampentechnologie durch die erreichbare Mindestgröße der Lampen begrenzt. Eine weitere Einschränkung in dieser Beziehung besteht auch aufgrund der Notwendigkeit einer mechanisch robusten Halterung und Schutzvorrichtung für die Lampen, die in der Regel aus einem mit einer Substanz gefüllten Glashüllkörper bestehen, in dem die Gasentladung zwischen zwei gegenüberliegenden Elektroden oder durch eine elektrodenlose Anregung mit Mikrowellen stattfindet. Bei einer entsprechenden mechanisch robusten Halterung oder Schutzvorrichtung, beispielsweise in Form von die Lampe umgebenden Metallstäben, sind Abschattungen der emittierten Strahlung in Kauf zu nehmen. Diese Inhomogenitäten der Abstrahlung sind nachteilig, wenn eine gleichmäßige Bestrahlung erforderlich ist, wie beispielsweise in der UV-Härtung.

**[0010]** Insbesondere die Nutzung mehrerer traditioneller Glaskolben-Lampen zur Erreichung hoher Bestrahlungsstärken erschwert das Erreichen einer homogenen Beleuchtung aufgrund der deutlichen geometrischen Ausdehnung dieser Lampen, wenn diese in Umfangsrichtung, beispielsweise eines Rohres, nebeneinander angeordnet sind. Dies resultiert daraus, dass erst in einem geometrischen Abstand, der dem Abstand der Emissionszentren entspricht, ein guter Überlauf der emittierten Strahlungsfelder stattfindet, so dass Einbrüche der Bestrahlungsstärke durch die fehlende Emission zwischen den Emissionszentren der Lampen zu starken Inhomogenitäten in Umfangsrichtung führen. In diesem Fall müssen evtl. aufwändige Optiken zur Homogenisierung der Beleuchtung eingesetzt werden.

**[0011]** Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Beleuchtungsanordnung zum gleichmäßigen Ausleuchten gebogener, nicht ebener oder polyedrischer Flächen zur Verfügung zu stellen, die für kompakte Hohlkörper bzw. Körper von typischen Innendurchmessern bzw. Außendurchmessern im Bereich

von wenigen Millimetern bis hin zu mehreren Metern anwendbar sind und Bestrahlungsstärken auf der beleuchteten Innen- bzw. Außenwandung im Bereich von einigen  $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$  bis hin zu  $100 \text{W}/\text{cm}^2$  ermöglichen. Die Beleuchtungsvorrichtung soll insbesondere für die Kanalsanierung verwendbar sein.

**[0012]** Die Patentanmeldungen WO 2010/009491 A1, EP1 959 183 A1 und US 2005/0024870 A1 des Stands der Technik offenbaren Beleuchtungsvorrichtungen. Diese gilt es durch die vorliegende Erfindung zu verbessern. Diese Aufgabe wird mindestens teilweise durch den Gegenstand des Anspruchs 1 gelöst.

**[0013]** Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Beleuchtungsvorrichtung nach Anspruch 1 sowie den davon also abhängigen Ansprüchen.

**[0014]** Die Erfindung beruht auf der Nutzung von LEDs, also lichtemittierenden Dioden, die in einer Chip-on-Board-Aufbautechnologie, auch als "COB" abgekürzt, verarbeitet sind. Als Chip-on-Board-LED-Modul wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine Einheit verstanden, die ein flächiges Substrat und darauf in COB-Technologie aufgebrachte unbehauste LED-Chips sowie gegebenenfalls entsprechende Leiterbahnen umfasst. Dabei werden ein oder mehrere unbehauste LED-Chips mit einer typischen Kantenlänge von wenigen  $100 \mu\text{m}$  bis zu einigen Millimetern auf angepasstem Substrat aufgebaut, was gute Möglichkeiten zur umfassenden Erfüllung der beschriebenen Aufgabenstellung bietet.

**[0015]** COB Technologie ist eine flexible Aufbautechnologie, die den Einsatz verschiedenster Aufbau- und Verbindungsmaterialien erlaubt. Im Bereich der Substrattechnologie können thermisch hochleitfähige Materialien wie z.B. Metallkernleiterplatten, Metall-, Keramik- und Siliziumsubstrate genutzt werden, um leistungsstarke LED-Lampen aufzubauen, aber auch kostengünstige FR4 Leiterplatten oder für bestimmte Spezialanwendungen notwendige Substrate wie z.B. Glas oder Kunststoff. Daher bietet COB Technologie großen Spielraum zur Kosten- und Leistungsoptimierung.

**[0016]** Im Vergleich zu der mit geringerem technischen Aufwand anwendbaren SMT-Technologie, also der "Surface-mounted"-Technologie, in der ein oder typischerweise bis zu vier LED-Chips in jeweils einem einzelnen Gehäuse in der Regel durch Lötens auf eine Leiterplatte aufgebracht werden, bietet die aus fertigungstechnischer Sicht aufwändigere Chip-on-Board-Technologie für diese Aufgabenstellung ebenfalls Vorteile.

**[0017]** Die Kleinheit der unbehausten LED-Chips und die größere Flexibilität der möglichen Anordnung der Chips auf dem Substrat ermöglichen eine gute Anpassung an die Geometrie der zu beleuchtenden gebogenen, polyedrischen nicht ebenen Fläche und insbesondere ausgezeichnete Optimierungsmöglichkeiten der Beleuchtungsvorrichtung in Hinblick auf eine hohe Homogenität der Ausleuchtung der zu bestrahlenden Fläche. Die Anordnung der LED-Chips auf den möglichen Substraten ist an die gewählte Aufgabenstellung anpassbar. Hierfür sind die bekannten Abstrahleigenschaften

und Leistungen der LEDs zur Erreichung der gewünschten Bestrahlungsstärken und Homogenitätstoleranzen zu berücksichtigen.

**[0018]** Durch eine gezielte Anpassung der Substratgeometrie und der geometrischen Anordnung der einzelnen Substrate sowie der Anordnung der LEDs auf den einzelnen Substraten, kann die Notwendigkeit des Einsatzes von Optiken vermieden werden oder die Optik kann vereinfacht werden. Darüber hinaus sind LEDs für ihre mechanische Robustheit gegen Erschütterungen, die Möglichkeit zur Realisierung hoher Lebensdauern und der guten Abstimmbarkeit der Emissionswellenlänge durch geeignete Auswahl der LEDs sowie der für Oberflächenstrahler typischen und gut benutz- bzw. beeinflussbaren Lambert'schen Abstrahlcharakteristik bekannt.

**[0019]** Aufgrund der Kleinheit von LEDs und der Möglichkeit, diese in Chip-on-Board-Technik direkt bzw. dicht nebeneinander platzieren zu können, sind auch die Lücken zwischen den Leuchtzentren so klein, dass eine sehr gleichmäßige Lichtabgabe aufgrund guter Überlappung der Lichtkegel benachbarter LEDs bereits in geringem Abstand oberhalb der LEDs, beispielsweise in einem Abstand von nur  $100 \mu\text{m}$ , verwirklicht wird. Außerdem kann die Lichterzeugung mittels LEDs mit einer sehr geringen Wärmeerzeugung verbunden sein. Gleichzeitig lassen sich durch die Möglichkeit der dichten Packung von LEDs hohe Bestrahlungsstärken von bis zu mehreren zehn  $\text{W}/\text{cm}^2$  realisieren. Auch die mechanische Robustheit der LEDs ist ein Vorteil gegenüber zerbrechlichen und erschütterungsempfindlichen Gasentladung- und Glühlampen.

**[0020]** Die elektrische Betriebsart der LEDs kann auf die Anwendung und in Hinsicht auf optische Ausgangsleistung, Wellenlängenstabilität, thermische Aspekte der LEDs, Aufbauten und die Lebensdauer der LEDs optimiert werden. Hierzu können LEDs beispielsweise kontinuierlich, in Pulsweitenmodulation oder in konstanter Ladungs-Technik betrieben werden, wobei die zur Verfügung stehenden Parameter, etwa Betriebsstrom, Pulsdauer, Pulsmuster, Pulsamplitude an die Anwendung angepasst und optimiert werden können.

**[0021]** Es können sehr kompakte leistungsstarke Beleuchtungsvorrichtungen mit geringen Durchmessern im Bereich weniger Millimeter bis hin zu einigen Metern realisiert werden, sodass kleine und große Körper stark ausgeleuchtet werden können. Im Anwendungsfall bedeutet dies die Realisierungsmöglichkeit einer leistungsstarken bogengängigen Lampe zur Sanierung von Rohren mit Innen- oder Nenndurchmesser auch von  $80 \text{mm}$  bis  $300 \text{mm}$  im Hausanschlussbereich. Darüber hinaus ist in diesem Bereich der Einsatz der Technologie auch für größere Rohrdurchmesser möglich, da das System hohe Leistungen erlaubt und die geometrische Größe hochskalierbar ist.

**[0022]** LEDs sind im Spektralbereich von  $220 \text{nm}$  bis über  $4500 \text{nm}$  mit gezielter Emissionswellenlänge realisierbar. Daher können Beleuchtungsvorrichtungen mit

genau definierter Emissionswellenlänge realisiert werden. Im Bereich analytischer oder industrieller Anwendungen kann so die Wellenlänge gezielt an den Prozess und optimiert angepasst werden. Darüber hinaus können LEDs unterschiedlicher Wellenlänge genutzt werden, um als sogenannte "Multiwellenlängen-Lampen" bestimmte Emissionsspektren zu realisieren oder zu imitieren.

**[0023]** LEDs emittieren schmalbandig mit typischen Bandbreiten von einigen zehn Nanometern. Dadurch können prozess- oder sicherheitsrelevante sensible Spektralbereiche vermieden werden, wie z.B. zellirritierende UV-A, UV-B und UV-C Emissionen für Lichthärtung bei Anwendung von Wellenlängen von mehr als 400 nm, beispielsweise Schlauchlineranwendungen bei 430 nm, oder Infrarotstrahlung in der UV-Härtung mit LEDs, die temperaturempfindliche Objekte beispielsweise aus Kunststoffen schädigen kann. Dies ist ein Vorteil gegenüber Mittel- und Hochdruck-Gasentladungslampen, die spektral breitbandig emittieren. Die spektral schmalbandige Emission ermöglicht außerdem eine Optimierung der Wellenlänge auf das Prozessfenster der Wellenlängenempfindlichkeit. Dadurch wird die Energieeffizienz im Vergleich zu breitbandigen Lichtquellen erhöht, bei denen Energieanteile in spektralen Bereichen emittiert werden, die unerwünscht sind oder nichts zum gewünschten Prozess beitragen.

**[0024]** Da die verwendeten LEDs in vielen Fällen keine Infrarotstrahlung emittieren, bleibt die Temperatur der Vorrichtung in einem Bereich von weniger als 60°C, so dass kein Verbrennungsrisiko für menschliches Gewebe besteht.

**[0025]** Weitere Vorteile von LEDs bestehen darin, dass sie in anspruchsvollen Umgebungen betrieben werden können, gegebenenfalls unter Realisierung angepasster Gehäusetechnologien der Lampe, etwa unter hohen Drücken, Niederdruckatmosphären, unter Feuchtigkeit, im Wasser, in staubigen Umgebungen, in vibrierenden Maschinen oder unter hoher Beschleunigung. Sie sind schneller schaltbar als traditionelle Lampen. Ihre volle Ausgangsleistung ist schon in Mikrosekunden erreicht. Dadurch entfällt die Notwendigkeit des Einsatzes von mechanischen Shuttern bei Anwendungen, die mit Schaltvorgängen verbunden sind. Insbesondere LEDs im UV-Spektrum und im Spektrum des sichtbaren Lichts sind quecksilberfrei und umweltfreundlich. Sie können daher in kritischen Umgebungen wie z.B. in der Lebensmittelindustrie und Trinkwasserversorgung eingesetzt werden. LEDs bieten Lebensdauern von mehr als 10.000 Stunden und übertreffen damit die meisten traditionellen Lampen, sodass Wartungskosten reduziert werden können.

**[0026]** Da LEDs in der Regel auf ebenen Flächen bzw. Substraten assembliert werden, werden die Chip-on-Board-LED-Module erfindungsgemäß wenigstens teilweise zueinander geneigt angeordnet bzw. sind wenigstens einige jeweils benachbarte Chip-on-Board-LED-Module bezüglich ihrer Flächennormalen unter einem Winkel angeordnet, der größer als 0° ist. Hierbei sollte

die eingestellte Geometrie möglichst gut mit der Geometrie der zu beleuchtenden Fläche übereinstimmen. Aus fertigungstechnischer Sicht ist ein Kompromiss bezüglich der Anzahl und Dimensionierung der Chip-on-Board-LED-Module gefunden worden. Die zu beleuchtenden Oberflächen können im Rahmen der Erfindung auch Kombinationen aus gebogenen und ebenen Flächen aufweisen oder, wie etwa polyedrische Flächen, nicht durchgängig eben sein.

**[0027]** Bei größeren ebenen Teilflächen können vorzugsweise zwei oder mehr der Chip-on-Board-LED-Module ohne Neigung zueinander angeordnet sein.

**[0028]** Die COB-Technologie bietet gegenüber der SMT-Technologie den Vorteil, dass mehr LEDs pro Flächeneinheit des Substrats assembliert werden können, um die geforderten Leistungsdichten zu ermöglichen. Außerdem ist der einzuhaltende Abstand für eine homogene Lichtverteilung in SMT-Technologie aufgrund der Gehäusegröße von einigen Millimetern größer, denn etwa 75% des emittierten Lichts einer flächigen LED werden in einem Kegel von 120° Öffnungswinkel emittiert. Erst wenn die Lichtkegel benachbarter LEDs hinreichend überlappen und die mit LEDs bestückte Substratfläche ausreichend ausgedehnt ist, wird eine gleichmäßige Bestrahlung der zu beleuchtenden Fläche erreicht. Bei in der SMT-Technologie verwendeten behausten LEDs mit einer typischen Kantenlänge von 5-10 mm ist der Minimalabstand benachbarter LEDs ebenfalls etwa 5-10 mm (Chip zu Chip). Für einen ausreichenden Überlapp der Strahlungsfelder der LEDs und somit eine ausreichend hohe homogene Lichtverteilung ohne den Einsatz von Optiken ist daher ein ausreichend hoher Abstand von wenigen bis einigen Zentimetern von den LEDs zur bestrahlenden Fläche nötig. Die COB-Technologie ermöglicht hingegen minimale Chipabstände von einigen zehn Mikrometern, sodass die Lichtkegel benachbarter LEDs schon bei vergleichbarem Abstand gut überlappen, so dass auf dem Objekt keine Dunkelstellen entstehen.

**[0029]** Eine vorteilhafte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung besteht darin, dass die Chip-on-Board-LED-Module eine längserstreckte Beleuchtungsvorrichtung ergeben, die wenigstens abschnittsweise entlang ihrer Längserstreckung einen unregelmäßigen oder regelmäßigen polygonalen Querschnitt aufweist oder zu einer regelmäßigen oder unregelmäßigen polyedrischen Form, insbesondere zu einem platonischen oder archimedischen Körper, angeordnet sind. Diese genannten Geometrien von LEDs in COB-Technologie erlauben die homogene Ausleuchtung und Beleuchtung radiärsymmetrischer konvexer Hohlkörper bzw. Körper unter Vermeidung technisch aufwendiger und kostenintensiver komplexer Optiken. Sie sind besonders einfach auch mit flachen Substraten herstellbar und erlauben eine sehr homogene Leuchtstärkenverteilung. Dabei ist die längserstreckte Form mit polygonalem Querschnitt insbesondere für Anwendungen geeignet, in denen die Innenseite eines Schlauches oder

eines Rohrs oder die Außenseite eines Rohrs oder eines Schlauches mit einer auszuhärtenden Beschichtung versehen ist. Die polyedrische Form, die nicht längserstreckt ist, ist für nicht längserstreckte Hohlräume oder Körper besonders geeignet.

**[0030]** Dieses Bauprinzip lässt sich auch für Körper mit geringer Radiärsymmetrie und für nicht vollständig radiärsymmetrische Körper, beispielsweise Halbkörper, anwenden. Ebenso ist dies anwendbar in einigen Fällen in denen die be- bzw. auszuleuchtenden Körper nicht konvex, sondern konkav oder überwiegend konvex bzw. konkav sind und eine aus dem regelmäßigen Körper hervorstehende bzw. zurückgesetzte Struktur haben, z.B. die Querschnittsgeometrie eines Halbrohrs, einer Sternform, einer rechteckigen Einfräsung in einem quadratischen Rohr oder ähnlichem.

**[0031]** Die Lichtquelle kann der Geometrie des zu beleuchtenden Hohlkörpers oder Körpers angepasst werden und bei Notwendigkeit den Innenraum des Hohlkörpers fast vollständig ausfüllen bzw. von dem zu beleuchtenden Körper fast vollständig ausgefüllt werden. Diese geometrische Anpassung umfasst sowohl die Auswahl der Chipgröße und Geometrie, die Anordnung der Chips bezüglich ihrer Position und die Ausrichtung der Chips zueinander. So sind beispielsweise versetzte Chipanordnungen nebeneinanderliegender Zeilen für schattenfreie Durchlaufprozesse, gitterartige oder hexagonale Packungsstrukturen vorgesehen. Weitere Anpassungsgrößen sind die Größe, Geometrie und Anordnung der Substrate sowie die Geometrie eines Körpers, auf dem die Substrate positioniert sind.

**[0032]** Wenn vorzugsweise die Form der Beleuchtungsvorrichtung flexibel ist, ist die Beleuchtungsvorrichtung an verschiedene oder variierende Formen zu beleuchtender Oberflächen anpassbar.

**[0033]** Zur Beleuchtung von Innenwänden von Hohlräumen bzw. von Außenwänden von Körpern ist vorzugsweise vorgesehen, dass die LEDs der Chip-on-Board-LED-Module nach außen weisend oder in einen Hohlraum der Beleuchtungsvorrichtung weisend angeordnet sind.

**[0034]** In einer vorteilhaften Weiterbildung sind wenigstens zwei Chip-on-Board-LED-Module mit einem gemeinsamen Kühlkörper verbunden, der insbesondere mit einem Kühlkreislauf verbindbar ist oder verbunden ist. Thermische Verlustleistungen werden somit vom LED-Chip weggeführt, indem die Chip-on-Board-LED-Module an einen Kühlkörper angebunden werden. Dies geschieht mit Hilfe einer Wärmeleitpaste oder durch Kleben, Löten, oder Sintern. Dieser Kühlkörper kann als Lampenkörper dienen und unterschiedliche Kühlmechanismen nutzen. Gängige Mechanismen sind Konvektionskühlung, Luftkühlung, Wasserkühlung und Verdampfungskühlung. Der zu nutzende Mechanismus kann auf die Anwendung hin optimiert werden, wobei Kostenaspekte, Kühleffizienz, Kühlkapazität, Einsetzbarkeit der Versorgungs- und Kühlmedien und der für die Anwendung anzusetzende Platzbedarf einfließen.

**[0035]** Da LEDs einen Wirkungsgrad von bis zu einigen zehn Prozent haben und im Betrieb bestimmte Grenztemperaturen nicht überschreiten sollten, erfordern die bei der COB-Technologie erreichten höheren Packungsdichten höhere Kühlleistungen des Kühlkörpers. Da die Kühlleistung eines Kühlkörpers durch ein größeres Volumen begünstigt wird, sind möglichst große Querschnitte dieser Kühlkörper gewünscht. Auch aus diesem Grund sollte der Abstand zur zu beleuchtenden Innenfläche des Hohlkörpers klein sein. In diesem Zusammenhang erlauben in COB-Technologie assemblierte dicht gepackte LEDs eine homogenere Ausleuchtung als beispielsweise in SMT-Technologie assemblierte LEDs.

**[0036]** Das Erreichen einer homogenen Ausleuchtung nicht ebener Flächen, beispielsweise radiärsymmetrischer konvexer Körper, durch auf flachen Substraten assemblierte LEDs wird dadurch erschwert, dass die Strahlungskegel von LEDs auf benachbarten Substraten zwar überlappen sollen, diese sich aber auf gegeneinander geneigten Substrat-Ebenen befinden. Beispielsweise bei einem Achteck beträgt dieser Neigungswinkel zwischen den Flächennormalen  $45^\circ$ , so dass an der Grenze zwischen zwei benachbarten Substraten ein Überlapp der Lichtkegel angrenzender LEDs gegeben ist, der geringer ist, als der Überlapp der Emissionskegel benachbarter LEDs eines Substrats.

**[0037]** Um den durch den verminderten Überlapp im Grenzbereich verbundenen Intensitätseinbruch gering zu halten, ist vorteilhafterweise vorgesehen, dass die Belegung eines Chip-on-Board-LED-Moduls mit LEDs ortsabhängig variiert, insbesondere zum Randbereich des Chip-on-Board-LED-Moduls abnimmt oder zunimmt. Bei dieser Dichteveriation ist keine Optik nötig, um eine Homogenisierung der Strahlungsverteilung an der Kante zwischen zwei Chip-on-Board-LED-Modulen herzustellen.

**[0038]** In diesem Zusammenhang ist es ebenfalls von Vorteil, wenn auf einem Chip-on-Board-LED-Modul LEDs bis unmittelbar an einen Rand des Chip-on-Board-LED-Moduls angeordnet sind, also bis zur Grenze des Substrats. So wird die Lücke zwischen den LED-Chips beiderseits der Grenze minimiert und der Überlapp der Emissionskegel maximiert.

**[0039]** Ebenfalls vorteilhafterweise erlaubt es die COB-Technologie, dass einzelne LEDs oder Gruppen von LEDs eines Chip-on-Board-LED-Moduls getrennt voneinander mit Strom versorgbar sind. So ist es mittels einer unterschiedlichen Stromversorgung verschiedener LED-Chips möglich, die Strahlungsverteilung zu homogenisieren, indem etwa LED-Chips an den Rändern der Chip-on-Board-LED-Module mit einer höheren Spannung oder einem höheren Strom angesteuert werden als diejenigen im Zentrum des Moduls. Bei einer Reihen- und/oder Parallelschaltung bestehen die Gruppen vorzugsweise aus einer Anzahl von LED, die einer Quadratzahl entspricht, also 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, ...

**[0040]** Die LEDs einer Beleuchtungsvorrichtung kön-

nen einzeln oder in Gruppen derart verschaltet werden, dass die Lichtquellen mit niedrigen Spannungen betrieben werden können. Diese Maßnahme bietet eine hohe Anfasssicherheit, insbesondere in feuchten Umgebungen.

**[0041]** Besonders bevorzugt ist es, wenn getrennt voneinander mit Strom versorgbare Gruppen von LEDs des Chip-on-Board-LED-Moduls in Reihen, Halbflächen oder Quadranten des Chip-on-Board-LED-Moduls angeordnet sind.

**[0042]** Diese vorbeschriebenen Maßnahmen zur Homogenisierung der Strahlungsverteilung können mit COB-Technologie gut realisiert werden.

**[0043]** Zu ihrem Schutz sind die LEDs eines Chip-on-Board-LED-Moduls vorzugsweise wenigstens abschnittsweise von einem optisch transparenten oder diffusen Material überdeckt oder in ein optisch transparentes oder diffuses Material eingegossen. Die LEDs können zum Schutz gegen mechanische Belastungen, gegen Wasser, Staub und zur elektrischen und thermischen Isolation, mit einem Silikon-, Epoxid- oder Polyurethan-Material vergossen werden. Darüber hinaus können LEDs durch transparente oder opake bzw. diffuse Gläser geschützt werden, z.B. Borsilikat, Floatglas oder Quarzglas. Unter einem diffusen Material wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein milchig transparentes Material verstanden. Beide Schutztechniken können sowohl auf einzelne LEDs, als auch auf LED Gruppen angewandt werden.

**[0044]** Vorzugsweise sind seitliche Begrenzungen für das überdeckende Material oder Einhausungen für das Vergussmaterial optisch transparent und/oder weisen eine Höhe über einer Oberfläche der LEDs auf, die einen Abstand zwischen benachbarten LEDs nicht überschreitet. Diese Maßnahme sorgt ebenfalls dafür, dass Abschattungen durch eine Einhausung insbesondere an den Grenzflächen minimal gehalten werden. Bei Anwendung einer Damm- und Fülltechnik für den Verguss wird somit ein transparentes oder opakes bzw. diffuses Material als Damm oder Rahmen verwendet, um den Überlapp der Strahlungsfelder der Rand-LEDs zweier Substrate zu begünstigen.

**[0045]** In einer vorteilhaften Weiterbildung ist vorgesehen, dass ein Chip-on-Board-LED-Modul wenigstens ein abbildendes und/oder nicht-abbildendes primär-optisches und/oder sekundär-optisches Element aufweist, insbesondere wenigstens ein optisches Element aus der Gruppe der Reflektoren, der Linsen und der Fresnel-Linsen.

**[0046]** Weiter umfasst die Beleuchtungsvorrichtung vorzugsweise wenigstens einen Sensor, insbesondere wenigstens einen Sensor aus der Gruppe der Photosensoren, der Temperatursensoren, der Drucksensoren, der Bewegungssensoren, der Spannungssensoren, der Stromsensoren und der Magnetfeldsensoren, die einen Betriebsstatus der Beleuchtungsvorrichtung erfassen. Es können somit auf dem LED Substrat oder an anderen Stellen in der Beleuchtungsvorrichtung Sensoren plat-

ziert werden, die den Betriebsstatus der Beleuchtungsvorrichtung rückmelden. Über Rückkopplungsmechanismen kann so aktiv auf prozessrelevante Größen eingewirkt werden, wie z.B. auf den Betriebsstrom, die Ansteuerung bestimmter LEDs oder Gruppen, den Kühlkreislauf, die Lampenform, die Bewegung der Lampe oder eines beleuchteten Objekts, die Temperatur des Objekts, um den Prozessablauf und das Ergebnis zu optimieren. Ebenso lassen sich Toleranzen oder Degradierungsprozesse kompensieren.

**[0047]** Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch eine Beleuchtungseinheit gelöst, umfassend eine Steuervorrichtung, eine Verbindungsleitung und wenigstens eine erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung wie vorstehend beschrieben, sowie durch eine Verwendung einer vorstehend beschriebenen Beleuchtungsvorrichtung zum Ausleuchten von wenigstens abschnittsweise konvexen Hohlkörpern, insbesondere zum Trocknen, Härten und/oder Belichten von lichtreaktiven Lacken, Klebern und Harzen, insbesondere eines Schlauchliners.

**[0048]** Die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung und Verwendung bieten beispielsweise auf dem Gebiet der Kanal- und Rohrsanierung den Vorteil hoher Strahlungsintensitäten bei hoher Homogenität der Strahlungsverteilung und gleichzeitig guter Bogengängigkeit auch in 90°-Biegungen von kleinen Rohren. Es können mehrere Chip-on-Board-LED-Module flexibel aneinander gekoppelt werden und durch ein Rohr gezogen werden, um die notwendige Dosis an Strahlung zur Aushärtung einer lichtreaktiven Beschichtung abzugeben und gleichzeitig eine ausreichende Schleppgeschwindigkeit zu ermöglichen.

**[0049]** Die im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung genannten Merkmale und Vorteile gelten in gleicher Weise auch für die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung und die erfindungsgemäße Verwendung und umgekehrt.

**[0050]** Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Chip-on-Board-LED-Moduls,

Fig. 2 eine schematische Darstellung zweier gegeneinander gekippt angeordneter Chip-on-Board-LED-Module,

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines gekapselten Chip-on-Board-LED-Moduls,

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines weiteren gekapselten Chip-on-Board-LED-Moduls,

- Fig. 5 verschiedene mögliche Geometrien von Körpern und erfindungsgemäßen Beleuchtungs-  
vorrichtungen in schematischer Darstellung,
- Fig. 6 verschiedene weitere mögliche Geometrien von Körpern und erfindungsgemäßen Be-  
leuchtungs-  
vorrichtungen in schematischer  
Darstellung,
- Fig. 7 verschiedene weitere mögliche Geometrien von Körpern und erfindungsgemäßen Be-  
leuchtungs-  
vorrichtungen in schematischer  
Darstellung,
- Fig. 8 eine schematische Querschnittsdarstellung durch eine erfindungsgemäße Beleuchtungs-  
vorrichtung,
- Fig. 9 verschiedene Ansteuerungsmöglichkeiten von LEDs in einem Chip-on-Board-LED-Modul,
- Fig. 10 eine schematische Querschnittsdarstellung durch eine weitere erfindungsgemäße Be-  
leuchtungs-  
vorrichtung,
- Fig. 11 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung und
- Fig. 12 eine Darstellung der Homogenität der Strahlungsverteilung einer erfindungsgemäßen  
Beleuchtungs-  
vorrichtung.

**[0051]** In den folgenden Figuren sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente bzw. entsprechende Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer entsprechenden erneuten Vorstellung abgesehen wird.

**[0052]** In Fig. 1 ist ein Chip-on-Board-LED-Modul 1 im Querschnitt schematisch gezeigt, bei dem auf zwei parallel angeordneten Substraten 2, 2' Leiterbahnen 3, 3' und LED-Chips 4, 4' in regelmäßigem Abstand angeordnet sind. Ein Substrat 2, 2' kann beispielsweise eine Metallkernleiterplatte, ein Keramiksubstrat oder ein FR4-Substrat sein, das in starrer, halbflexibler oder flexibler Substrattechnologie aufgebaut sein kann. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nicht alle wiederkehrenden Elemente der Fig. 1 mit Bezugszeichen versehen, diese beziehen sich jedoch auf alle gleichartigen Elemente.

**[0053]** Mit Linien sind Lichtkegel 5, 5' der LED-Chips 4, 4' dargestellt. Die LEDs sind näherungsweise Lambert'sche Strahler, die ca. 75 % der gesamten abgestrahlten Lichtleistung innerhalb eines Öffnungswinkels von 120° abstrahlen. Ein guter Überlapp der Emissionskegel 5, 5' an den Grenzen benachbarter LED-Chips 4, 4', ist schon in Abständen in der Größenordnung der Chipabstände, auch "Pitch" genannt, gegeben, so dass keine signifikante Intensitätsmodulationen entlang der

Reihe der LED-Chips 4, 4' messbar sind. Dies rührt daher, dass die Intensitätsminima und -maxima oberhalb der Reihe durch einen guten Überlapp der Emissionskegel 5, 5' benachbarter LED-Chips 4, 4' sowie von LED-Chips der weiteren Umgebung weggemittelt werden.

**[0054]** Ist die mit LED-Chips 4, 4' bestückte Fläche gegenüber dem Messabstand ausgedehnt und der Abstand hinreichend größer als der Pitch der LED-Chips, dann wird eine homogene Intensitätsverteilung mit ähnlichen Eigenschaften gemessen wie die einer homogen, diffus leuchtenden Fläche.

**[0055]** Fig. 2 zeigt zwei Chip-on-Board-LED-Module 11, 11' mit zueinander geneigten Substraten 12, 12 im Querschnitt, die jeweils mehrere Leiterbahnen 13, 13' und LED-Chips 14, 14' mit Emissionskegeln 15, 15' aufweisen. Sie stoßen an einer Stoßstelle 16 aufeinander. Es zeigt sich, dass ein guter Überlapp der Emissionskegel 15, 15' an der Stoßstelle 16 selbst bei gegeneinander geneigten Chip-on-Board-LED-Modulen 11, 11' realisierbar ist, da auch im Bereich der Stoßstelle 16 ein Bereich 17 mit schwächerer Ausleuchtung nur sehr lokal begrenzt ist. Bei Nutzung von COB-Technologie und der Realisierung eines kleinen Pitches zwischen den LED-Chips 14, 14' und Bestückung bis zum Rand des Substrats 12, 12' lassen sich gut homogene Lichtverteilungen auch über die Stoßkanten 16 zwischen zwei Substraten 12, 12' hinweg erreichen. Ebenso kann die Geometrie der Chip-on-Board-LED-Module 11, 11' an die Geometrie einer homogenen be- bzw. auszuleuchtenden Fläche angepasst werden.

**[0056]** Fig. 3 stellt schematisch im Querschnitt ein Chip-on-Board-LED-Modul 21 dar, in dem die LED-Chips 24 auf Leiterbahnen 23 auf einem Substrat 22 durch einen Glasdeckel 25, der mit Wellenfüllung dargestellt ist, geschützt sind. Dies bietet Schutz vor mechanischer Beschädigung der LED-Chips 24 sowie vor Korrosion, Feuchtigkeit, Verschmutzung und weiteren Störfaktoren oder funktionsgefährdenden Faktoren. Ein Zwischenraum 27 kann Luft, ein Schutzgas, Flüssigkeiten, etwa Wasser oder ein Öl, oder ein Gel, beispielsweise ein Silikon-Gel, beinhalten und auch ggf. hermetisch von der Umgebung abgedichtet sein. Seitlich ist diese Einhausung durch Ränder 26, 26' begrenzt, auf denen der Glasdeckel 25 aufgebracht ist. Sowohl der Glasdeckel 25 als auch die Ränder 26, 26' bestehen aus einem transparenten oder wenigstens milchig transparenten Material.

**[0057]** In Fig. 4 ist ein Chip-on-Board-LED-Modul 31 mit einem Substrat 32, Leiterbahnen 33 und LED-Chips 34 schematisch im Querschnitt dargestellt, bei dem die LED-Chips 34 durch einen Verguss mit einem transparenten Vergussmaterial 35 geschützt sind. Es sind seitliche Einhausungen 36, 36' in Form von Dämmen vorgesehen, die das vor der Aushärtung flüssige oder gelartige Vergussmaterial 35 umschließen. Das mit einem Wellenmuster kenntlich gemachte transparente Vergussmaterial 35 umfasst beispielsweise ein Silikon-, Acrylat- oder Urethan-Material. Der Rahmen bzw. die Einhausung 36, 36' kann ebenfalls transparent, nicht

transparent, milchig transparent oder auch opak sein.

**[0058]** Sowohl in Fig. 3 als auch in Fig. 4 ist die Höhe der seitlichen Begrenzungen so gewählt, dass keine signifikanten Abschattungen am Rand entstehen. Die Seitenwände 26, 26' bzw. die Einhausungen 36, 36' überragen die Oberfläche der LED-Chips 24, 34 nur wenig.

**[0059]** In Fig. 5a) bis 5c) sind verschiedene mögliche symmetrische Geometrien von Körpern und erfindungsgemäßen Beleuchtungsanordnungen schematisch im Querschnitt dargestellt. Die in Fig. 5a) gezeigte erfindungsgemäße Beleuchtungsanordnung 40 umfasst acht in Form eines regelmäßigen achteckigen Polygons angeordnete Chip-on-Board-LED-Module 41 und ist im Inneren eines Hohlkörpers 42 mit kreisförmigem Querschnitt angeordnet. Die Innenfläche des Hohlkörpers 42 wird so homogen ausgeleuchtet.

**[0060]** Fig. 5b) zeigt eine ebenfalls achteckige erfindungsgemäße Beleuchtungsanordnung 40' mit Chip-on-Board-LED-Modulen 41', die innerhalb eines Hohlkörpers 42' mit einer ebenfalls achteckigen Geometrie angeordnet ist. Vorteilhafterweise sind die Kanten der Achtecke so gegeneinander verschoben, dass die gegebenenfalls etwas leuchtschwächeren Eckpunkte der Beleuchtungsanordnung 41' den Flächenzentren des Hohlkörpers 42' gegenübergestellt sind. Auf diese Weise werden auch die weiter entfernten Eckbereiche des Hohlkörpers 42' gut ausgeleuchtet.

**[0061]** In Fig. 5c) ist ein Beispiel für eine homogene Ausleuchtung eines nicht längserstreckten oder zylindrischen dreidimensionalen Körpers 42" mit hoher Radiärsymmetrie durch eine polyederförmige Beleuchtungsanordnung 40" mit Chip-on-Board-LED-Modulen 41" schematisch dargestellt. Der Körper 42" ist eine Hohlkugel, die Beleuchtungsanordnung 40" ein nach außen abstrahlender Dodekaeder mit zwölf ebenen fünfeckigen Flächen.

**[0062]** In den Fig. 6a) bis 6c) sind anhand von Körpern 47, 47', 47", Beleuchtungsanordnungen 45, 45', 45" und Chip-on-Board-LED-Modulen 46, 46', 46" die zu den Fig. 5a) bis 5c) komplementären Situationen dargestellt. Dabei sind in den Fig. 6a) bis 6c) die Körper 47, 47', 47" von außen zu bestrahlen, und die Beleuchtungsanordnungen 45, 45', 45" sind als Hohlkörper ausgebildet, deren Chip-on-Board-LED-Module 46, 46', 46' in die Hohlräume hinein die dort angeordneten Körper 47, 47', 47" bestrahlen.

**[0063]** Fig. 7a) bis Fig. 7c) zeigen in schematischer Querschnittsdarstellung drei Beispiele nicht symmetrischer Geometrien von be- bzw. auszuleuchtenden Körpern 52, 52', 52". Diese Figuren verdeutlichen die Anwendung des erfinderischen Konzepts der Geometrie-anpassung von Beleuchtungsanordnungen mit Chip-on-Board-LED-Modulen zur homogenen Beleuchtung bzw. Ausleuchtung von Körpern bei geringer Radiärsymmetrie oder nicht konvexer Geometrie der Körper.

**[0064]** So ist in Fig. 7a) ein halbrundes Rohr 52 mit einer planen Seite 53 dargestellt, in dem eine erfindungsgemäße Beleuchtungsanordnung 50 mit Chip-on-

Board-LED-Modulen 51 angeordnet ist, von denen eines als plane leuchtende Fläche 54 gegenüber der planen Seite 53 des Halbrohrs 52 angeordnet ist.

**[0065]** In Fig. 7b) wird deutlich, dass durch Anpassung der Geometrie der Beleuchtungsanordnung 50' bzw. der Anordnung seiner Chip-on-Board-LED-Module 51' an die Form des zu bestrahlenden Körpers 52' eine homogene Ausleuchtung der gesamten zu bestrahlenden Fläche möglich ist. In diesem Fall handelt es sich um ein Rohr mit einer Einbuchtung 56, der eine Einbuchtung 55 in der Beleuchtungsanordnung 50' gegenübergestellt ist.

**[0066]** In Fig. 7c) ist der Körper 52" im Querschnitt elliptisch. Für die Beleuchtungsanordnung 50" wurde eine sechseckige Anordnung der Chip-on-Board-LED-Module 51" gewählt, die in Richtung der längeren Achse der Ellipse verbreitert ist.

**[0067]** Fig. 8 zeigt im Querschnitt eine erfindungsgemäße Beleuchtungsanordnung 60 im Detail. Auf einem Kühlkörper 65, der die Querschnittsform eines halben Sechsecks aufweist, sind drei Chip-on-Board-LED-Module 61, 61', 61" angeordnet, die jeweils ein Substrat 62, Leiterbahnen 63 und LED-Chips 64 aufweisen. Die Skizze zeigt die Möglichkeit zur Variation des Abstandes benachbarter LED-Chips 65 auf einem Substrat 63, die in der COB-Technologie gegeben ist. Dieser zusätzliche Freiheitsgrad erlaubt eine weitere Optimierung der Homogenität, neben der in den Figuren 5, 6 und 7 gezeigten Geometrie-anpassung der Beleuchtungsanordnung. So können gemäß Fig. 8 über eine lokale Erhöhung der Chipdichte geometriebedingte Minima an den Stoßkanten 66, 66' in der Intensitätsverteilung an den Stoßkanten 66, 66' gedämpft bzw. komplett vermieden werden. Der verringerte Überlapp der aus Fig. 2 ersichtlichen Emissionskegel an den Stoßstellen wird in diesem Fall durch eine dichtere Platzierung der LED-Chips 64 gegenüber ihrem größeren Pitch im Zentrum eines Chip-on-Board-LED-Moduls 61, 61', 61" kompensiert.

**[0068]** In Fig. 9a) bis Fig. 9d) ist schematisch die Beschaltung 73 - 73'" von LEDs 72 auf einem Chip-on-Board-LED-Modul 71 - 71'" dargestellt, mit der eine homogene Lichtausbeute erzielt wird. Die COB-Technologie ermöglicht eine flexible Auswahl in der Beschaltung von den auf den Substraten assemblierten LEDs 72. Das Layout der Leiterbahnführung auf dem Substrat bestimmt die Beschaltung 73 - 73'" der LEDs 72 und ist im Rahmen der Designvorschriften der jeweiligen Substrat-technologie in Bezug auf die jeweiligen Anforderungen an die Beleuchtungsanordnung zu wählen.

**[0069]** Prinzipiell können LEDs 72 einzeln beschaltet und somit individuell angesteuert werden. Dies ist bei einer großen Anzahl von LED-Chips 72 jedoch aufgrund der hohen Anzahl an Leiterbahnen und Versorgungsleitungen i.d.R. nicht zweckmäßig. Stattdessen werden LEDs in Kombinationen von Serien- und Parallelschaltungen zu Arrays verschaltet. Kleinere Arrays bieten dabei eine höhere Flexibilität in der lokalen Abstimmung der optischen Ausgangsleistung und somit eine Optimie-

rungsmöglichkeit in Hinblick auf eine Verbesserung der erreichbaren Homogenität in der Be- bzw. Ausleuchtung eines Körpers.

**[0070]** In Fig. 9a) ist der Fall gezeigt, in dem alle LEDs 72 des Chip-on-Board-LED-Moduls 71 mit der gleichen Spannung in einem Kanal "Ch 1" in Reihe und parallel beaufschlagt werden. Es ergibt sich eine über die Fläche des Chip-on-Board-LED-Moduls 71 homogene Leuchtkraft.

**[0071]** In Fig. 9b) ist ein Fall gezeigt, wo die LEDs 72 des Chip-on-Board-LED-Moduls 71' in vier Quadranten 74 - 74''' aufgeteilt sind. Die Leuchtkraft kann somit in jedem Quadranten 74 - 74''' in vier Kanälen "Ch 1" bis "Ch 4" unterschiedlich eingestellt werden.

**[0072]** Fig. 9c) zeigt eine Situation, in der einzelne Reihen von LEDs 72 auf einem Chip-on-Board-LED-Modul 71" mit vier Kanälen "Ch 1" bis "Ch 4" einzeln angesteuert werden. So können z.B. LED-Stränge bzw. Reihen an den Rändern zweier gegeneinander gekippter benachbarter Substrate mit höheren Strömen betrieben werden, um einer geminderten Intensität in dieser Randregion entgegen zu wirken.

**[0073]** In Fig. 9d) ist auf einem Chip-on-Board-LED-Modul 71''' die Fläche in zwei Halbf lächen 75, 75' aufgeteilt worden, die jeweils getrennt betrieben werden.

**[0074]** Fig. 10 zeigt in einem Querschnitt schematisch eine zylinderförmige erfindungsgemä ße Beleuchtungs- vorrichtung 80 mit kreisrundem Gehäuse 84. Die Beleuchtungs- vorrichtung 80 umfasst einen achteckigen K ühlkörper 82 mit einem Hohlraum 83, durch den beispielsweise Wasser in der Bildebene zirkular strömt. Auf den Seitenflächen des K ühlkörpers 82 sind Chip-on-Board-LED-Module 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup> aufgebracht. Die geometrische Anordnung Module und der durch COB-Technologie erreichbare kleine Abstand zwischen benachbarten LED-Chips benachbarter Chip-on-Board-LED-Module 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup> ermöglicht einen guten Überlapp der Emissionskegel der LEDs und somit schon in kurzen Abständen von der strahlenden Oberfläche eine gute in Umlaufrichtung homogene Abstrahlung. Die Lichtquelle ist von einem zylindrischen Schutzglas 84 umgeben.

**[0075]** Die Geometrie der Beleuchtungs- vorrichtung 80 sowie die Anordnung der LEDs auf den Chip-on-Board-LED-Modulen 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup> ist an einen zylinderförmigen Hohlkörper angepasst, dessen Innenwand durch die Quelle in deren Nähe homogen ausgestrahlt werden kann. Eine derartige Lichtquelle wird z.B. in der Kanalsanierung benötigt.

**[0076]** In Fig. 11 ist ein modularer Aufbau einer beispielhaften erfindungsgemä ßen Beleuchtungseinheit 90 dargestellt. Die Beleuchtungseinheit 90 umfasst vier zylindrische erfindungsgemä ße Beleuchtungs- vorrichtungen 93 - 93''' mit angepasster Geometrie. Diese können beispielsweise wie die Beleuchtungs- vorrichtung 80 in Fig. 10 ausgebildet sein. Die Beleuchtungs- vorrichtungen 93 - 93''' umfassen Anschlusseinheiten 94 - 94''' , die als schwarze Boxen an den Beleuchtungs- vorrichtungen 93 - 93''' dargestellt sind, an denen Versorgungsleitungen

92 mit den Beleuchtungs- vorrichtungen 93 - 93''' verbunden werden.

**[0077]** Eine Beleuchtungs- vorrichtung 93 - 93''' umfasst wenigstens ein Substrat mit einer oder mehreren LEDs, das auf einem Körper aufgebracht ist, der ein K ühlkörper sein kann. Als K ühlprozess kommen u. a. Konvektions- kühlung mit Gasen, Flüssigkeitskühlung oder Konduktions- (Leitungs)- kühlung in Frage. Der K ühlkörper kann beispielsweise mittels Fräsen, Stanzen, Schneiden, Falten, Ätzen, eutektisches Bonden von Metallen etc. hergestellt sein. Die Beleuchtungs- vorrichtungen können in ein Gehäuse eingebracht sein.

**[0078]** Weiterhin können in der Beleuchtungseinheit 90 Sensoren für u. a. beispielsweise die Temperatur, Beleuchtungsstärke, Stromstärke, Spannung integriert sein, die den Betriebsstatus an eine Kontroll- und Versorgungseinheit 91 melden und eine Anpassung der Betriebsbedingungen ermöglichen. Die Anschlusseinheiten 94 - 94''' ermöglichen eine modulare Erweiterung bezüglich der Anzahl der Beleuchtungs- vorrichtungen 93 - 93''' , sowie eine Austauschbarkeit für Wartungszwecke. Die Beleuchtungs- vorrichtungen 93 - 93''' können über starre oder flexible Anschlusseinheiten 94 - 94''' gekoppelt werden, sodass sie entweder starr aneinandergereiht sind, oder flexibel mittels eines Schutzschlauchs, Metallfedern o.ä., so dass die Lichtquelle bogengängig in einem Rohr geschleppt werden kann. Eine flexible oder starre Versorgungsleitung 92 verbindet die Beleuchtungs- vorrichtungen 94 - 94''' mit der Kontroll- und Versorgungseinheit 91, die die elektrische Versorgung und die Versorgung mit Kühlmedien beinhalten kann, und eine gezielte Steuerung relevanter Betriebsparameter ermöglicht.

**[0079]** In Fig. 12 ist das Ergebnis einer Messung der Abstrahlungseigenschaften bezüglich Leistung und Homogenität einer erfindungsgemä ßen Beleuchtungs- vorrichtung dargestellt. Bei der Beleuchtungs- vorrichtung handelt es sich um eine längserstreckte, im Querschnitt achteckige Beleuchtungs- vorrichtung mit in Umfangsrichtung regelmäßig verteilten Chip-on-Board-LED-Modulen. Die Messung wurde anhand eines Rohres mit 14 cm Rohrdurchmesser ausgeführt, wobei der Abstand der Lampe zur Rohrwand ca. 1,75 cm betrug. Es wurden Bestrahlungsstärken von bis zu > 1 W/cm<sup>2</sup> erreicht. Die Gesamtzahl der LED-Chips auf den Beleuchtungs- vorrichtungen 93-93''' übersteigt 300.

**[0080]** Das Koordinatensystem in Fig. 12 ist ein Polar- koordinatensystem. Der von 0° bis 360° laufende Winkel beschreibt die Umfangsrichtung der Messung um die Beleuchtungs- vorrichtung, die radiale Koordinate die Leuchtstärke in willkürlichen Einheiten. Eine über den Umfang gemittelte Leuchtstärke 101 ist gestrichelt gezeigt, die tatsächlichen Messwerte der Leuchtstärke 100 sind mit durchgezogenen Linien verbunden. Die Messung zeigt, dass die Homogenität der Beleuchtungs- vorrichtung in Umlaufrichtung bei einem Rohrdurchmesser von 14 cm besser als ±5% sein kann.

**[0081]** Alle genannten Merkmale, auch die den Zeich-

nungen allein zu entnehmenden sowie auch einzelne Merkmale, die in Kombination mit anderen Merkmalen offenbart sind, werden allein und in Kombination als erfindungswesentlich angesehen. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können durch einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllt sein.

#### Bezugszeichenliste

#### [0082]

1	Chip-on-Board-LED-Modul
2, 2'	Substrat
3, 3'	Leiterbahn
4, 4'	LED
5, 5'	Lichtkegel
6	Stoßstelle
11, 11'	Chip-on-Board-LED-Modul
12, 12'	Substrat
13, 13'	Leiterbahn
14, 14'	LED
15, 15'	Lichtkegel
16	Stoßstelle
17	Bereich schwächerer Ausleuchtung
21	Chip-on-Board-LED-Modul
22	Substrat
23	Leiterbahn
24	LED
25	transparenter Deckel
26, 26'	Rand
27	Innenraum
31	Chip-on-Board-LED-Modul
32	Substrat
33	Leiterbahn
34	LED
35	transparentes Vergussmaterial
36, 36'	Einhausung
40, 40', 40"	Beleuchtungsvorrichtung
41, 41', 41"	Chip-on-Board-LED-Modul
42, 42', 42"	Hohlkörper
45, 45', 45"	Beleuchtungsvorrichtung
46, 46', 46"	Chip-on-Board-LED-Modul
47, 47', 47"	beleuchteter Körper
51, 51', 51"	Chip-on-board LED module
52, 52', 52"	Lighted body
53	Plane side of the body
54	Plane side of the luminous surface
55	Recess in the luminous surface
56	Recess in the body
60	Lighting apparatus
61 - 61"	Chip-on-board LED module
62	Substrate
63	Conductor path
64	LED
65	Heat sink
66, 66'	Abutting edge
71 - 71"	Chip-on-board LED module
72	LED

73 - 73"	Circuit diagram for electric circuit
74 - 74"	Quadrant
75, 75'	Half surface
80	Lighting apparatus
5 81 <sup>1</sup> - 81 <sup>8</sup>	Chip-on-board LED module
82	Heat sink
83	Hollow space
84	Glass guard
85	Space
10 90	Multipart lighting unit
91	Control and supply unit
92	Connection line
93 - 93"	Lighting apparatus
94 - 94"	Connection unit
15 100	Measured luminosity
101	Average luminosity

#### Patentansprüche

- 20
1. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40", 46 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") zum gleichmäßigen Ausleuchten gebogener, nicht ebener oder polyedrischer Flächen, umfassend eine Mehrzahl von ebenen Chip-on-Board-LED-Modulen (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>), die wenigstens paarweise aneinandergrenzend angeordnet sind, wobei jedes Chip-on-Board-LED-Modul (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) eine Mehrzahl von Licht emittierenden LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Paar jeweils benachbarter Chip-on-Board-LED-Module (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 59 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) bezüglich ihrer Flächennormalen unter einem Winkel angeordnet sind, der größer als 0° ist, wobei die Chip-on-Board-LED-Module (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) eine längserstreckte Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40', 45 - 45', 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") ergeben, die wenigstens abschnittsweise entlang ihrer Längserstreckung einen unregelmäßigen oder regelmäßigen polygonalen Querschnitt aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Belegung eines Chip-on-Board-LED-Moduls (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) mit LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) ortsabhängig variiert, insbesondere zum Randbereich des Chip-on-Board-LED-Moduls (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) abnimmt oder zunimmt.
- 25
2. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40', 45 - 45', 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Form der Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40', 45 - 45', 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") flexibel ist.
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

3. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40', 45 - 45', 50 - 50", 60, 80, 93 - 93''') nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) der Chip-on-Board-LED-Module (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 1 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) nach außen weisend oder in einen Hohlraum der Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40', 45 - 45', 50 - 50", 60, 80, 93 - 93''') weisend angeordnet sind.
4. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Chip-on-Board-LED-Module (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 61 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 89<sup>8</sup>) mit einem gemeinsamen Kühlkörper (65, 82) verbunden sind, der insbesondere mit einem Kühlkreislauf verbindbar ist oder verbunden ist.
5. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf einem Chip-on-Board-LED-Modul (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 61 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) bis unmittelbar an einen Rand des Chip-on-Board-LED-Moduls (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 61 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) angeordnet sind.
6. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** einzelne LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) oder Gruppen von LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) eines Chip-on-Board-LED-Moduls (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 61 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) getrennt voneinander mit Strom versorgbar sind.
7. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** getrennt voneinander mit Strom versorgbare Gruppen von LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) des Chip-on-Board-LED-Moduls (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 61 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) in Reihen, Halbf lächen (75, 75') oder Quadranten (74 - 74''') des Chip-on-Board-LED-Moduls (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 61 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) angeordnet sind.
8. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) eines Chip-on-Board-LED-Moduls (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 61 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) wenigstens abschnittsweise von einem optisch transparenten oder diffusen Material (25) überdeckt sind oder in ein optisch transparentes oder diffuses Material (35) eingegossen sind.
9. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** seitliche Begrenzungen (26, 26') für das überdeckende Material oder Einhausungen (36, 36') für das Vergussmaterial optisch transparent sind und/oder eine Höhe über einer Oberfläche der LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) aufweisen, die einen Abstand zwischen benachbarten LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) nicht überschreitet.
10. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Chip-on-Board-LED-Modul (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 61 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) wenigstens ein abbildendes und/oder nicht-abbildendes primär-optisches und/oder sekundär-optisches Element aufweist, insbesondere wenigstens ein optisches Element aus der Gruppe der Reflektoren, der Linsen und der Fresnel-Linsen.
11. Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Chip-on-Board-LED-Modul (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41'', 46 - 46'', 51 - 51'', 61 - 61'', 71 - 71''', 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) wenigstens einen Sensor umfasst, insbesondere wenigstens einen Sensor aus der Gruppe der Photosensoren, der Temperatursensoren, der Drucksensoren, der Bewegungssensoren, der Spannungssensoren, der Stromsensoren und der Magnetfeldsensoren, die einen Betriebsstatus der Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') erfassen.
12. Beleuchtungseinheit (90), umfassend eine Steuerungsvorrichtung (91), eine Verbindungsleitung (92) und wenigstens eine Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach einem der Ansprüche 1 bis 11.
13. Verwendung einer Beleuchtungsvorrichtung (40 - 40'', 45 - 45'', 50 - 50'', 60, 80, 93 - 93''') nach einem der Ansprüche 1 bis 11 zum Ausleuchten von wenigstens abschnittsweise konvexen Hohlkörpern, insbesondere zum Trocknen, Härten und/oder Belichten von lichtreaktiven Lacken, Klebern und Harzen, insbesondere eines Schlauchliners.

## Claims

1. Lighting apparatus (40-40'', 45-45'', 50-50'', 60, 80, 93-93''') for homogeneous illumination of curved, non-planar or polyhedral surfaces, comprising a multiplicity of plane chip-on-board LED modules (1, 11,

- 11', 21, 31, 41-41 ", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) that are arranged, at least, such that pairs are adjacent to each other, whereby each chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51 ", 61-61 ", 71-71 ", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) has a multiplicity of light-emitting LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72), **characterised in that** at least one pair each of adjacent chip-on-board LED modules (1, 11, 11', 21, 31, 41-41 ", 46-46", 51-51 ", 61-61 ", 71-71 ", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) is arranged at an angle larger than 0° with respect to their surface normals, whereby the chip-on-board LED modules (1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) generate a longitudinally-extended lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") that has an irregular or regular polygonal cross-section at least over sections of its longitudinal extension, **characterised in that** the configuration of a chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41 ", 46-46", 51-51 ", 61-61 ", 71-71 ", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) with LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) varies depending on location, in particular decreases or increases toward the edge area of the chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41 ", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>).
2. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to claim 1, **characterised in that** the shape of the lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") is flexible.
  3. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to claim 1 or 2, **characterised in that** the LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) of the chip-on-board LED modules (1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) are arranged such as to face outside or to face into a hollow space of the lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93").
  4. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to any one of the claims 1 to 3, **characterised in that** at least two chip-on-board LED modules (1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61 ", 71-71 ", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) are connected to a heat sink (65, 82) they share, which, in particular, can be connected or is connected to a cooling cycle.
  5. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to any one of the claims 1 to 4, **characterised in that** LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) are arranged on a chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) right up to an edge of the chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>).
  6. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to any one of the claims 1 to 5, **characterised in that** individual LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) or groups of LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) of a chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) can be supplied with electrical power separate of each other.
  7. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to claim 6, **characterised in that** groups of LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) of the chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>), which can be supplied with electrical power separate of each other, are arranged in rows, half surfaces (75, 75') or quadrants (74-74") of the chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41 ", 46-46", 51-51", 61-61 ", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>).
  8. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to any one of the claims 1 to 7, **characterised in that** the LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) of a chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41 ", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) are covered, at least in sections, by an optically transparent or diffuse material (25) or are cast into an optically transparent or diffuse material (35).
  9. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to claim 8, **characterised in that** lateral borders (26, 26') for the covering material or enclosures (36, 36') for the casting material are optically transparent and/or have a height above a surface of the LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) that does not exceed a distance between neighbouring LEDs (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72).
  10. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to any one of the claims 1 to 9, **characterised in that** a chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41 ", 46-46", 51-51 ", 61-61 ", 71-71 ", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) comprises at least one imaging and/or non-imaging primary-optical and/or secondary-optical element, in particular at least one optical element from the group of reflectors, lenses, and Fresnel lenses.
  11. Lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to any one of the claims 1 to 10, **characterised in that** a chip-on-board LED module (1, 11, 11', 21, 31, 41-41 ", 46-46", 51-51 ", 61-61 ", 71-71 ", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) comprises at least one sensor, in particular at least one sensor from the group of photosensors, temperature sensors, pressure sensors, motion sensors, voltage sensors, current sensors, and magnetic field sensors that detect an operating status of the lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93").

12. Lighting unit (90), comprising a control device (91), a connection line (92), and at least one lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to any one of the claims 1 to 11.
13. Use of a lighting apparatus (40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93") according to any one of the claims 1 to 11 for illuminating hollow spaces at least sections of which are convex, in particular for drying, curing and/or illuminating light-reactive varnishes, adhesives, and resins, in particular of a hose liner.

### Revendications

1. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") pour l'éclairage uniforme de surface courbes, non planes ou polyédriques, comprenant une pluralité de modules de LED Chip-on-Board plats (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46-46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) qui sont disposés au moins par paires, adjacents les uns aux autres, sachant que chaque module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) présente une pluralité de LED émettant de la lumière (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72), **caractérisé en ce qu'**au moins une paire de modules de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) adjacents est disposée dans un angle par rapport à sa normale de surface qui est supérieur à 0°, sachant que les modules de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) fournissent un dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") étiré dans la longueur qui présente une section transversale polygonale irrégulière ou régulière au moins par tronçons le long de son étirement longitudinal, **caractérisé en ce que** l'occupation d'un module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) par des LED (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) varie en fonction de l'endroit, en particulier, décroît ou augmente en direction du bord du module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>).
2. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la forme du dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") est flexible.
3. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les LED (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) des modules de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) sont disposées orientées vers l'extérieur

ou orientées dans une cavité du dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93").

4. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**au moins deux modules de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) sont reliés à un dissipateur thermique commun (65, 82) qui peut être relié ou est relié en particulier à un circuit de refroidissement.
5. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** sur un module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>), des LED (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) sont disposées jusque directement sur un bord du module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>).
6. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** des LED individuelles (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) ou des groupes de LED (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) d'un module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) peuvent être alimenté(e)s en électricité séparément l'un(e) de l'autre.
7. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** des groupes de LED (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) du module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) pouvant être alimentés en électricité séparément l'un de l'autre sont disposés en rangées, en demi-surfaces (75, 75') ou en quarts de cercle (74 - 74") du module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>).
8. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** les LED (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) d'un module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup> - 81<sup>8</sup>) sont couvertes au moins par tronçons par un matériau transparent ou diffus optique (25) ou coulées dans un matériau transparent ou diffus optique (35).
9. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** des délimitations latérales (26, 26') pour le matériau couvrant ou des encapsulations (36, 36')

pour le matériau de scellement sont transparents optiques et/ou présentent une hauteur sur une surface des LED (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) qui ne dépasse pas une distance entre des LED (4, 4', 14, 14', 24, 34, 64, 72) adjacentes.

5

10. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'un** module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) présente au moins un élément reproductif et/ou non-reproductif, optique-primaire et/ou optique-secondaire, en particulier au moins un élément optique du groupe des réflecteurs, des lentilles ou des lentilles de Fresnel.
- 10
- 15
11. Dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce qu'un** module de LED Chip-on-Board (1, 11, 11', 21, 31, 41 - 41", 46 - 46", 51 - 51", 61 - 61", 71 - 71", 81<sup>1</sup>-81<sup>8</sup>) comprend au moins un capteur, en particulier au moins un capteur du groupe des phonocapteurs, des capteurs de température, des capteurs de pression, des capteurs de mouvement, des capteurs de tension, des capteurs de courant et des capteurs de champ magnétique, qui détectent un statut de fonctionnement du dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93").
- 20
- 25
- 30
12. Unité d'éclairage (90) comprenant un dispositif de commande (91), une ligne de liaison (92) et au moins un dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon l'une des revendications 1 à 11.
- 35
13. Emploi d'un dispositif d'éclairage (40 - 40", 45 - 45", 50 - 50", 60, 80, 93 - 93") selon l'une des revendications 1 à 11 pour éclairer des corps creux complexes au moins par tronçons, en particulier pour sécher, durcir et/ou éclairer des vernis, des colles et des résines réagissant à la lumière, en particulier d'une gaine de tuyau.
- 40

45

50

55

Fig.1

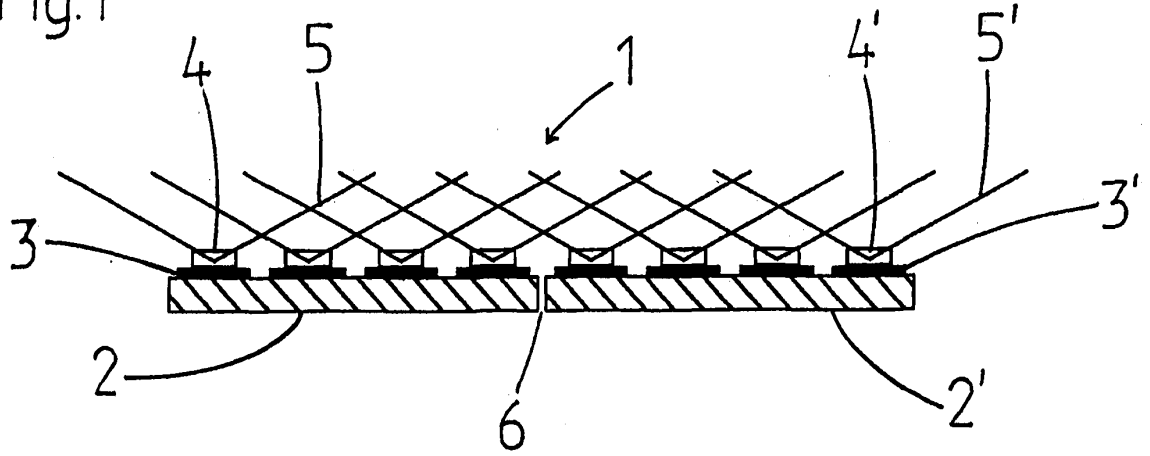


Fig. 2

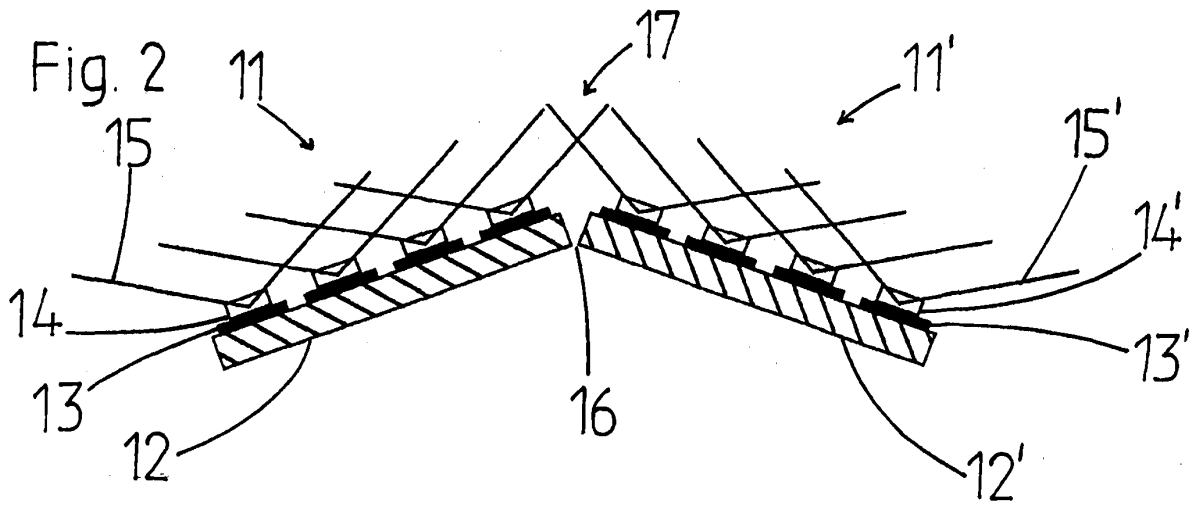


Fig. 3

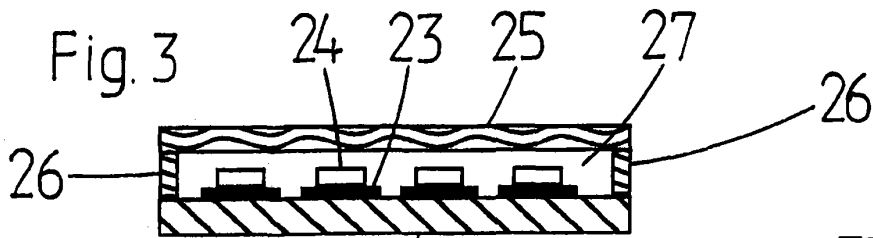
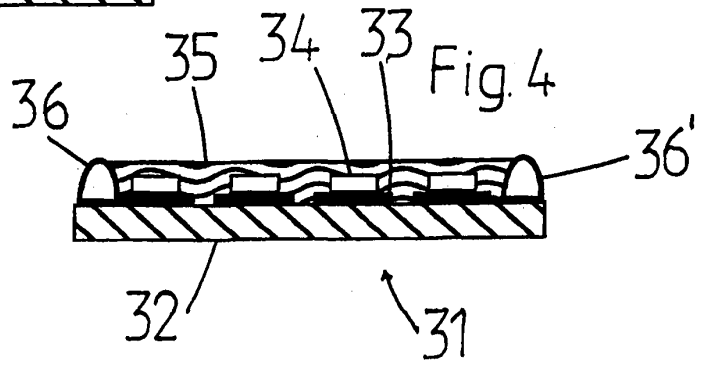
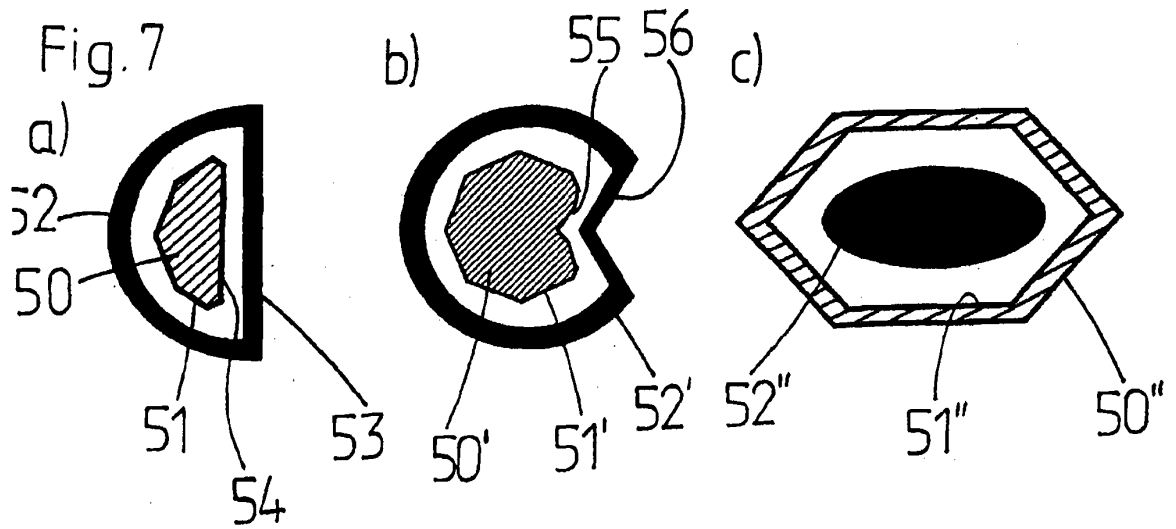
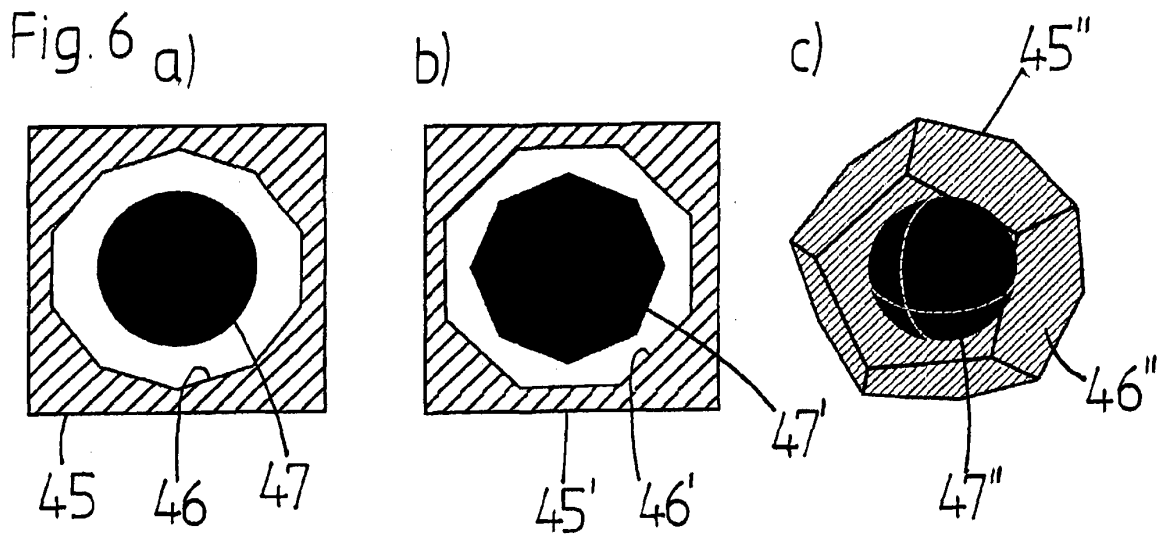
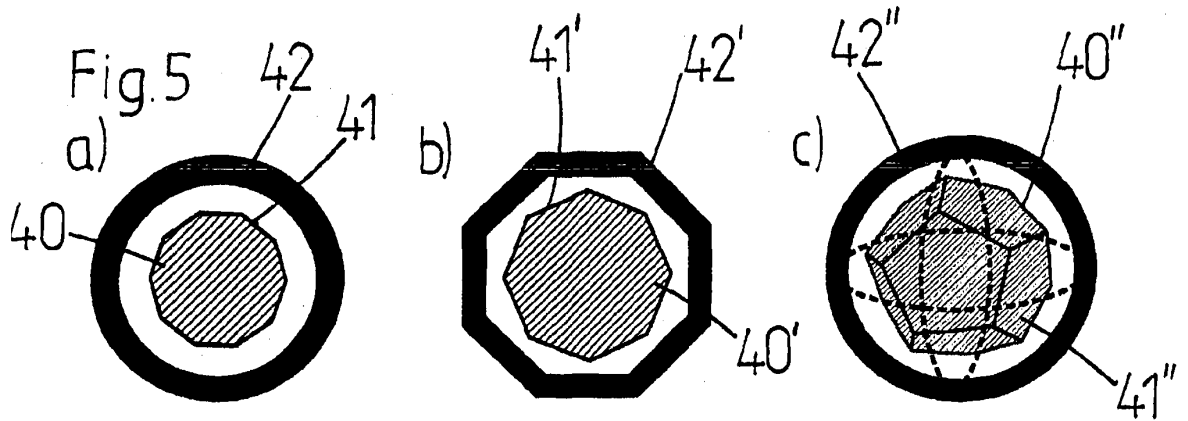
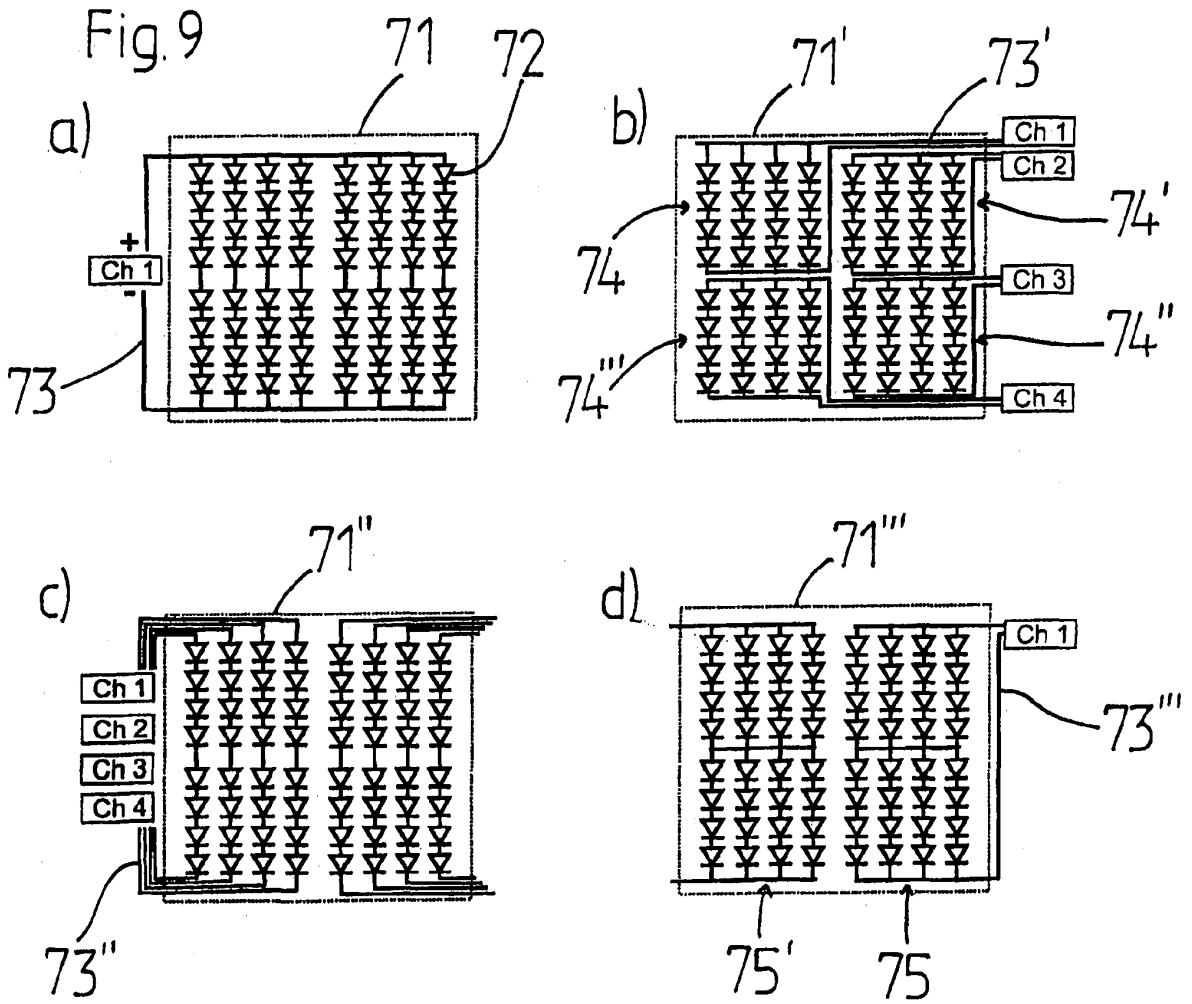
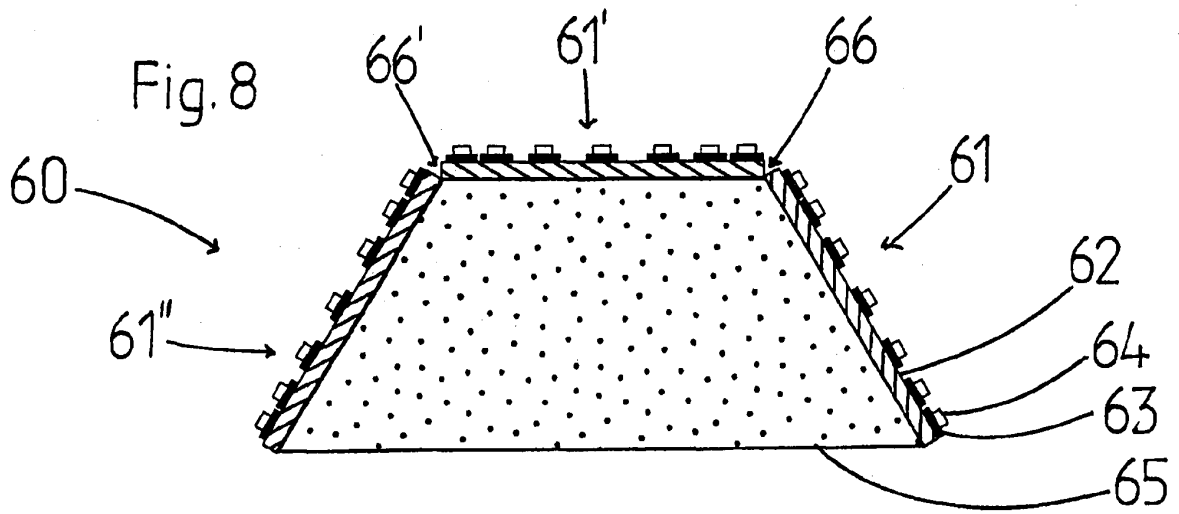


Fig. 4







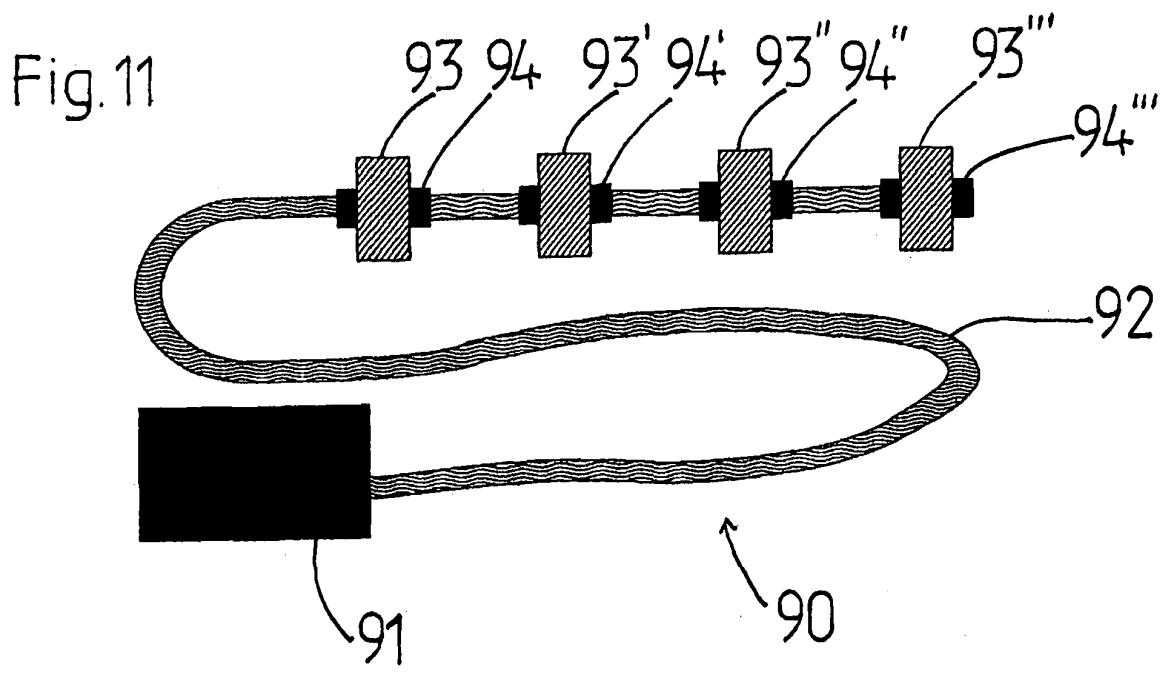
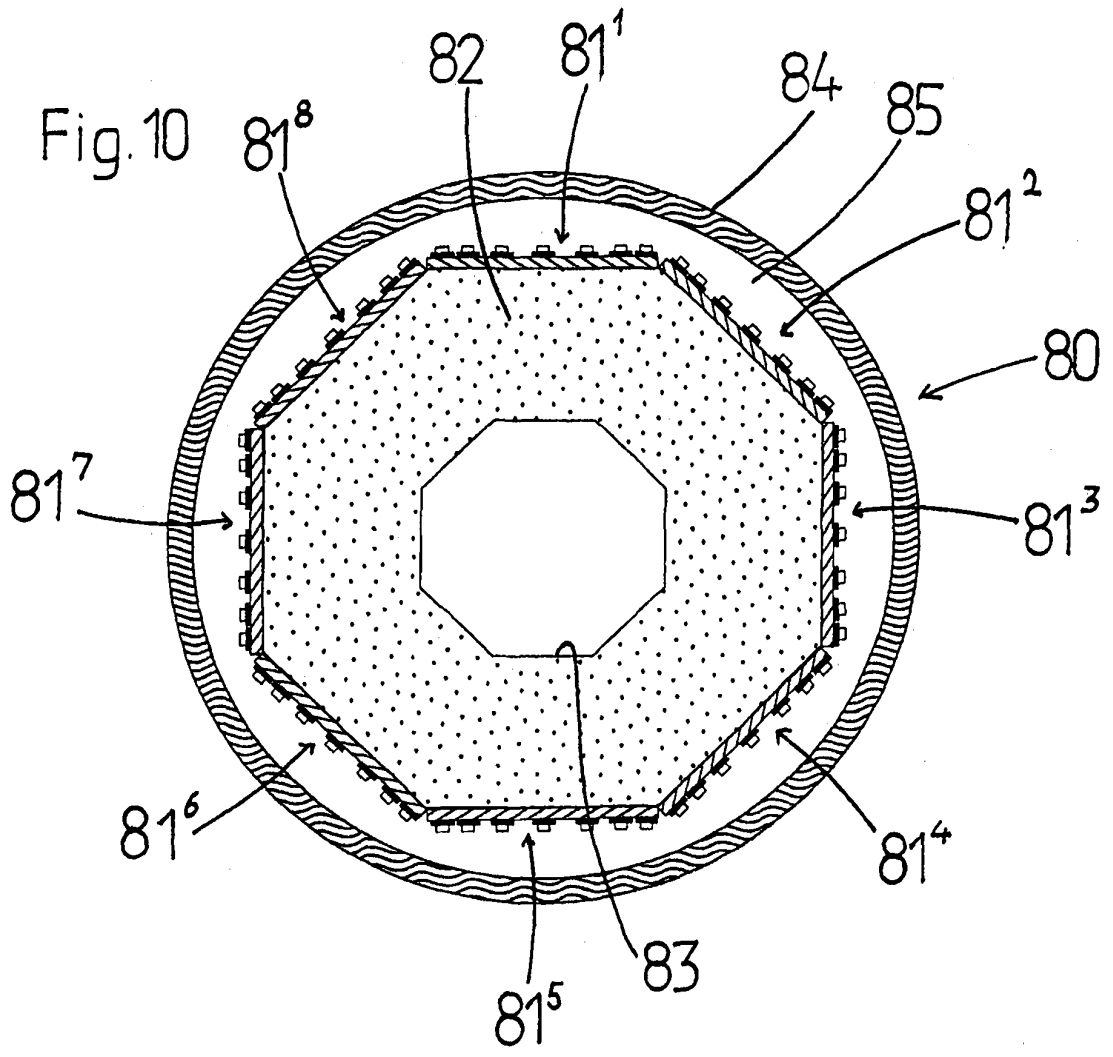
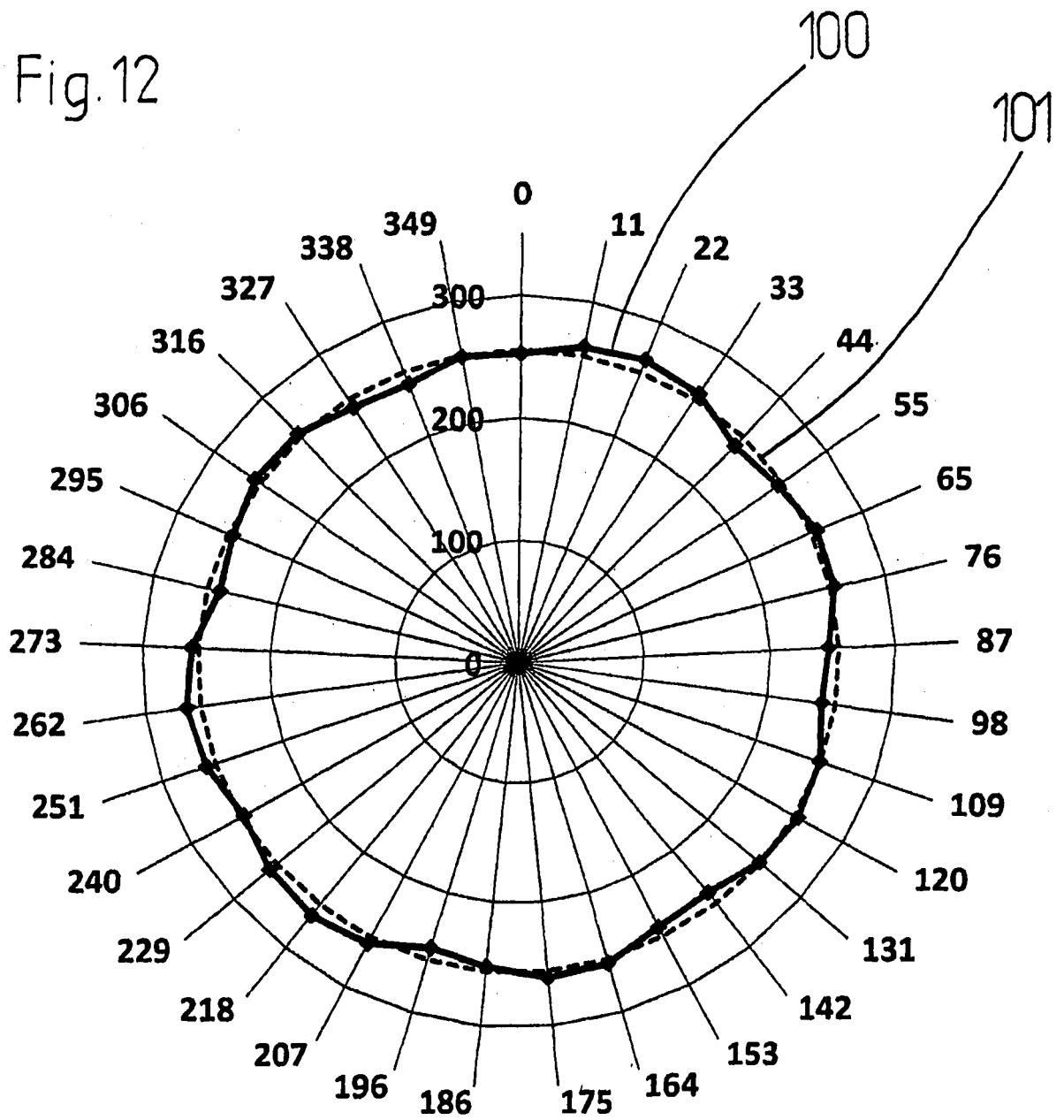


Fig.12



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- WO 2010009491 A1 [0012]
- EP 1959183 A1 [0012]
- US 20050024870 A1 [0012]