



(10) **DE 10 2010 013 286 B4** 2012.03.22

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 013 286.1**
(22) Anmeldetag: **29.03.2010**
(43) Offenlegungstag: **29.09.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **22.03.2012**

(51) Int Cl.: **F21S 2/00** (2006.01)
F21K 99/00 (2010.01)
F21V 33/00 (2006.01)

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

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

(74) Vertreter:
Kühn, Hans-Christian, 63450, Hanau, DE

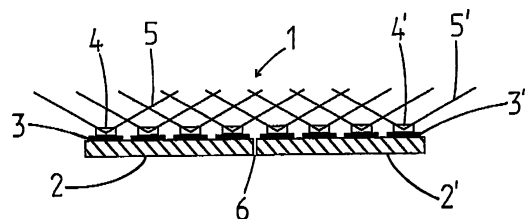
(72) Erfinder:
**Peil, Michael, Dr., 64853, Otzberg, DE; Oswald,
Florin, 60329, Frankfurt, DE; Maiweg, Harald,
41352, Korschenbroich, DE**

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

US 2005 / 0 024 870 A1
US 2009 / 0 016 072 A1
US 2010 / 0 051 168 A1
EP 1 357 331 A2

(54) Bezeichnung: **LED-Lampe zur homogenen Ausleuchtung von Hohlkörpern**

(57) Hauptanspruch: Beleuchtungsvorrichtung (40–40", 45–45", 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", 81¹–81⁸), 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", 81¹–81⁸) 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", 51–51", 61–61", 71–71", 81¹–81⁸) bezüglich ihrer Flächennormalen unter einem Winkel angeordnet ist, der größer als 0° ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungsvorrichtung 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 lichterhärtbaren Beschichtung oder Substanz in Form eines Schlauches zu versehen. Zum Aushärten eines so genannten „Schlauch-Liners“, eines harzgetränkten Glasfasergewebes 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] Aus der US 2010/00 511 68 A1 ist ein Lampensystem zur Aushärtung von Schläuchen bekannt.

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] Für das Anwendungsbeispiel der lichterhärtenden 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.

[0009] 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.

[0010] 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.

[0011] 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 Roh-

res, 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.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Beleuchtungsvorrichtung 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.

[0013] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Beleuchtungsvorrichtung 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 dadurch weitergebildet ist, dass wenigstens ein Paar jeweils benachbarter Chip-on-Board-LED-Module bezüglich ihrer Flächennormalen unter einem Winkel angeordnet ist, der größer als 0° ist.

[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 unbehaute LED-Chips sowie gegebenenfalls entsprechende Leiterbahnen umfasst. Dabei werden ein oder mehrere unbehaute 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 Löten auf eine Leiterplatte aufgebracht werden, bietet die aus fertigungstechnischer Sicht aufwändigere Chip-on-Board-Technologie für diese Aufgabenstellung ebenfalls Vorteile.

[0017] Die Kleinheit der unbehauten 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 oder 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 W/cm^2 realisieren. Auch die mechanische

Robustheit der LEDs ist ein Vorteil gegenüber zerbrechlichen und erschütterungsempfindlichen Gasentladungs- 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 Nenn-durchmesser auch von 80 mm bis 300 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 nm bis über 4500 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 de-

nen 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 Substrate assembliert werden können, um die geforderten Leistungsdichten zu ermöglichen. Außerdem ist der einzuhaltende Abstand für eine homogene Lichtverteilung in SMT-Technolo-

gie 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 Flächen 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 ist. 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 rechtecki-

gen 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 Körper 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, Kühlleistung, 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° , 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 Dichtevariation 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 LEDs, die einer Quadratzahl entspricht, also 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, ...

[0040] Die LEDs einer Beleuchtungsvorrichtung können 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 Beleuchtungsvor-

richtung erfassen. Es können somit auf dem LED-Substrat oder an anderen Stellen in der Beleuchtungsvorrichtung Sensoren platziert 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:

[0051] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Chip-on-Board-LED-Moduls,

[0052] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung zweier gegeneinander gekippt angeordneter Chip-on-Board-LED-Module,

[0053] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung eines gekapselten Chip-on-Board-LED-Moduls,

[0054] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung eines weiteren gekapselten Chip-on-Board-LED-Moduls,

[0055] [Fig. 5](#) verschiedene mögliche Geometrien von Körpern und erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtungen in schematischer Darstellung,

[0056] [Fig. 6](#) verschiedene weitere mögliche Geometrien von Körpern und erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtungen in schematischer Darstellung.

[0057] [Fig. 7](#) verschiedene weitere mögliche Geometrien von Körpern und erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtungen in schematischer Darstellung.

[0058] [Fig. 8](#) eine schematische Querschnittsdarstellung durch eine erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung,

[0059] [Fig. 9](#) verschiedene Ansteuerungsmöglichkeiten von LEDs in einem Chip-on-Board-LED-Modul,

[0060] [Fig. 10](#) eine schematische Querschnittsdarstellung durch eine weitere erfindungsgemäße Beleuchtungsvorrichtung,

[0061] [Fig. 11](#) eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung und

[0062] [Fig. 12](#) eine Darstellung der Homogenität der Strahlungsverteilung einer erfindungsgemäßen Beleuchtungsvorrichtung.

[0063] 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.

[0064] In [Fig. 1](#) ist ein Chip-an-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 Elements.

[0065] 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.

[0066] 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 homogenen, diffus leuchtenden Fläche.

[0067] **Fig. 2** zeigt zwei Chip-an-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 bzw. auszuleuchtenden Fläche angepasst werden.

[0068] **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.

[0069] 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 gelförmige 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.

[0070] 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.

[0071] In **Fig. 5a)** bis **Fig. 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.

[0072] **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.

[0073] 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.

[0074] In den Fig. 6a) bis Fig. 6c) sind anhand von Körpern **47**, **47'**, **47''**, Beleuchtungsrichtungen **45**, **45'**, **45''** und Chip-on-Board-LED-Modulen **46**, **46'**, **46''** die zu den Fig. 5a) bis Fig. 5c) komplementären Situationen dargestellt. Dabei sind in den Fig. 6a) bis Fig. 6c) die Körper **47**, **47'**, **47''** von außen zu bestrahlen, und die Beleuchtungsrichtungen **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.

[0075] 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 Beleuchtungsrichtungen mit Chip-on-Board-LED-Modulen zur homogenen Beleuchtung bzw. Ausleuchtung von Körpern bei geringer Radiärsymmetrie oder nicht konvexer Geometrie der Körper.

[0076] So ist in Fig. 7a) ein halbrundes Rohr **52** mit einer planen Seite **53** dargestellt, in dem eine erfindungsgemäße Beleuchtungsrichtung **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.

[0077] In Fig. 7b) wird deutlich, dass durch Anpassung der Geometrie der Beleuchtungsrichtung **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 Beleuchtungsrichtung **50'** gegenübergestellt ist.

[0078] In Fig. 7c) ist der Körper **52''** im Querschnitt elliptisch. Für die Beleuchtungsrichtung **50''** wurde eine sechseckige Anordnung der Chip-on-Board-LED-Module **51''** gewählt, die in Richtung der längeren Achse der Ellipse verbreitert ist.

[0079] Fig. 8 zeigt im Querschnitt eine erfindungsgemäße Beleuchtungsrichtung **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 Fig. 5, Fig. 6 und Fig. 7 gezeigten Geometrie-anpassung der Beleuchtungsrichtung. 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.

[0080] 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 Substrattechnologie in Bezug auf die jeweiligen Anforderungen an die Beleuchtungsrichtung zu wählen.

[0081] 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 Optimierungsmöglichkeit in Hinblick auf eine Verbesserung der erreichbaren Homogenität in der Be- bzw. Ausleuchtung eines Körpers.

[0082] In Fig. 9) 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.

[0083] 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.

[0084] 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.

[0085] 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.

[0086] Fig. 10 zeigt in einem Querschnitt schematisch eine zylinderförmige erfindungsgemä ße Beleuchtungsvorrichtung **80** mit kreisrundem Gehäuse **84**. Die Beleuchtungsvorrichtung **80** umfasst einen achteckigen K ö h l k ö r p e r **82** mit einem Hohlraum **83**, durch den beispielsweise Wasser in der Bildebene zirkular str ö m t. Auf den Seitenfl ä c h e n des K ö h l k ö r p e r s **82** sind Chip-on-Board-LED-Module **811–818** aufgebracht. Die geometrische Anordnung der Module und der durch COB-Technologie erreichbare kleine Abstand zwischen benachbarten LED-Chips benachbarter Chip-on-Board-LED-Module **811–818** 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.

[0087] Die Geometrie der Beleuchtungsvorrichtung **80** sowie die Anordnung der LEDs auf den Chip-on-Board-LED-Modulen **811–818** 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.

[0088] In Fig. 11 ist ein modularer Aufbau einer beispielhaften erfindungsgemä ßen Beleuchtungseinheit **90** dargestellt. Die Beleuchtungseinheit **90** umfasst vier zylindrische erfindungsgemä ße Beleuchtungsvorrichtungen **93–93** mit angepasster Geometrie. Diese können beispielsweise wie die Beleuchtungsvorrichtung **80** in Fig. 10 ausgebildet sein. Die Beleuchtungsvorrichtungen **93–93** umfassen Anschlusseinheiten **94–94**, die als schwarze Boxen an den Beleuchtungsvorrichtungen **93–93** dargestellt sind, an denen Versorgungsleitungen **92** mit den Beleuchtungsvorrichtungen **93–93** verbunden werden.

[0089] Eine Beleuchtungsvorrichtung **93–93** umfasst wenigstens ein Substrat mit einer oder mehreren LEDs, das auf einem Körper aufgebracht ist, der ein K ö h l k ö r p e r sein kann. Als K ö h l p r o z e s s kommen u. a. Konvektionsk ö h l u n g mit Gasen, Flüssigkeitsk ö h l u n g oder Konduktions-(Leitungs)-k ö h l u n g in Frage. Der K ö h l k ö r p e r kann beispielsweise mittels Fr ä s e n, S t a n z e n, S c h n e i d e n, F a l t e n, Ä t z e n, eutektisches Bonden von Metallen etc. hergestellt sein. Die Beleuchtungsvorrichtungen können in ein Gehäuse eingebracht sein.

[0090] 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 Beleuchtungsvorrichtungen **93–93**, sowie eine Austauschbarkeit für Wartungszwecke. Die Beleuchtungsvorrichtungen **93–93** können über starre oder flexible Anschlusseinheiten **94–94** gekoppelt werden, so dass 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 Beleuchtungsvorrichtungen **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.

[0091] In Fig. 12 ist das Ergebnis einer Messung der Abstrahlungseigenschaften bezüglich Leistung und Homogenität einer erfindungsgemä ßen Beleuchtungsvorrichtung dargestellt. Bei der Beleuchtungsvorrichtung handelt es sich um eine längserstreckte, im Querschnitt achteckige Beleuchtungsvorrichtung 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 $> 1 \text{ W/cm}^2$ erreicht. Die Gesamtzahl der LED-Chips auf den Beleuchtungsvorrichtungen **93–93** übersteigt 300.

[0092] Das Koordinatensystem in Fig. 12 ist ein Polarkoordinatensystem. Der von 0° bis 360° laufende Winkel beschreibt die Umfangsrichtung der Messung um die Beleuchtungsvorrichtung, 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 Beleuchtungsvorrichtung in Umlaufrichtung bei einem Rohrdurchmesser von 14 cm besser als $\pm 5\%$ sein kann.

[0093] Alle genannten Merkmale, auch die den Zeichnungen allein zu entnehmenden sowie auch einzelne Merkmale, die in Kombination mit anderen Merkmalen offenbart sind, werden allein und in Kombination als erfindungswesentlich angesehen. Erfindungsgemä ße Ausführungsformen können durch einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllt sein.

	Bezugszeichenliste	83	Hohlraum
		84	Schutzglas
1	Chip-on-Board-LED-Modul	85	Zwischenraum
2, 2'	Substrat	90	mehrteilige Beleuchtungseinheit
3, 3'	Leiterbahn		Kontroll- und Versorgungseinheit
4, 4'	LED	91	Verbindungsleitung
5, 5'	Lichtkegel		Beleuchtungs- vorrichtung
6	Stoßstelle	92	Anschlusseinheit
11, 11'	Chip-on-Board-LED-Modul	93–93'''	gemessene Leuchtkraft
12, 12'	Substrat	94–94'''	mittlere Leuchtkraft
13, 13'	Leiterbahn	100	
14, 14'	LED	101	
15, 15'	Lichtkegel		
16	Stoßstelle		
17	Bereich schwächerer Ausleuchtung		
21	Chip-on-Board-LED-Modul		
22	Substrat		
23	Leiterbahn		
24	LED		
25	transparenter Deckel		
28, 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''	Beleuchtungs- vorrichtung		
41, 41', 41''	Chip-on-Board-LED-Modul		
42, 42', 42''	Hohlkörper		
45, 45', 45''	Beleuchtungs- vorrichtung		
46, 46', 46''	Chip-on-Board-LED-Modul		
47, 47', 47''	beleuchteter Körper		
50, 50', 50''	Beleuchtungs- vorrichtung		
51, 51', 51''	Chip-on-Board-LED-Modul		
52, 52', 52''	befeuchteter Körper		
53	plane Seite des Körpers		
54	plane Seite der leuchtenden Oberfläche		
55	Einbuchtung in der leuchtenden Oberfläche		
56	Einbuchtung im Körper		
80	Beleuchtungs- vorrichtung		
61–61''	Chip-on-Board-LED-Modul		
62	Substrat		
63	Leiterbahn		
64	LED		
65	Kühlkörper		
66, 66'	Stoßkante		
71–71'''	Chip-on-Board-LED-Modul		
72	LED		
73–73'''	Schaltbild für Stromkreis		
74–74'''	Quadrant		
75, 75'	Halbfläche		
80	Beleuchtungs- vorrichtung		
81¹–81⁸	Chip-on-Board-LED-Modul		
82	Kühlkörper		

Patentansprüche

1. Beleuchtungs-
vorrichtung (**40–40''**, **45–45''**, **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'''**, **811–818**), 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'''**, **811–818**) 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''**, **51–51''**, **61–61''**, **71–71'''**, **811–818**) bezüglich ihrer Flächennormalen unter einem Winkel angeordnet ist, der größer als 0° ist.

2. Beleuchtungs-
vorrichtung (**40–40''**, **45–45''**, **50–50''**, **60**, **80**, **93–93'''**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Chip-on-Board-LED-Module (**1**, **11**, **11'**, **21**, **31**, **41–41''**, **46–46''**, **51–51''**, **61–61''**, **71–71'''**, **811–818**) eine längserstreckte Beleuchtungs-
vorrichtung (**40–40'**, **45–45'**, **50–50''**, **60**, **80**, **93–93'''**) 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 ist.

3. Beleuchtungs-
vorrichtung (**40–40'**, **45–45'**, **60–50''**, **60**, **80**, **93–93'''**) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Form der Beleuchtungs-
vorrichtung (**40–40'**, **45–45'**, **50–50''**, **60**, **80**, **93–93'''**) flexibel ist.

4. Beleuchtungs-
vorrichtung (**40–40'**, **45–45'**, **50–50''**, **60**, **80**, **93–93'''**) nach Anspruch 2 oder 3, 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''**, **61–61''**, **71–71'''**, **811–818**) nach außen weisend oder in einen Hohlraum der Beleuchtungs-
vorrichtung (**40–40'**,

45-45', 50-50", 60, 80, 93-93''') weisend angeordnet sind.

5. Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, 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"', 811-818**) mit einem gemeinsamen Kühlkörper (**65, 82**) verbunden sind, der insbesondere mit einem Kühlkreislauf verbindbar ist oder verbunden ist.

6. Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 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"', 811-818**) 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", 46-48", 51-51", 61-61", 71-71"', 811-818**) abnimmt oder zunimmt.

7. Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass auf einem Chip-on-Board-LED-Modul (**1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61", 61", 71-71"', 811-818**) 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"', 811-818**) angeordnet sind.

8. Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, 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"', 811-818**) getrennt voneinander mit Strom versorgbar sind.

9. Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach Anspruch 8, 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"', 811-818**) in Reihen, Halbflächen (**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"', 811-818**) angeordnet sind.

10. Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, 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"', 811-818**) wenigstens abschnittsweise von einem optisch transparenten oder diffu-

sen Material (**25**) überdeckt sind oder in ein optisch transparentes oder diffuses Material (**35**) eingegossen sind.

11. Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach Anspruch 10, 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.

12. Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Chip-on-Board-LED-Modul (**1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71"', 811-818**) 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.

13. Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass ein Chip-on-Board-LED-Modul (**1, 11, 11', 21, 31, 41-41", 46-46", 51-51", 61-61", 71-71"', 811-818**) 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 Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) erfassen.

14. Beleuchtungseinheit (**90**), umfassend eine Steuervorrichtung (**91**), eine Verbindungsleitung (**92**) und wenigstens eine Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach einem der Ansprüche 1 bis 13.

15. Verwendung einer Beleuchtungsanordnung (**40-40", 45-45", 50-50", 60, 80, 93-93'''**) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zum Ausleuchten von wenigstens abschnittsweise konvexen Hohlkörpern, insbesondere zum Trocknen, Härten und/oder Belichten von lichtreaktiven Lacken, Klebern und Harzen, insbesondere eines Schlauchliners.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

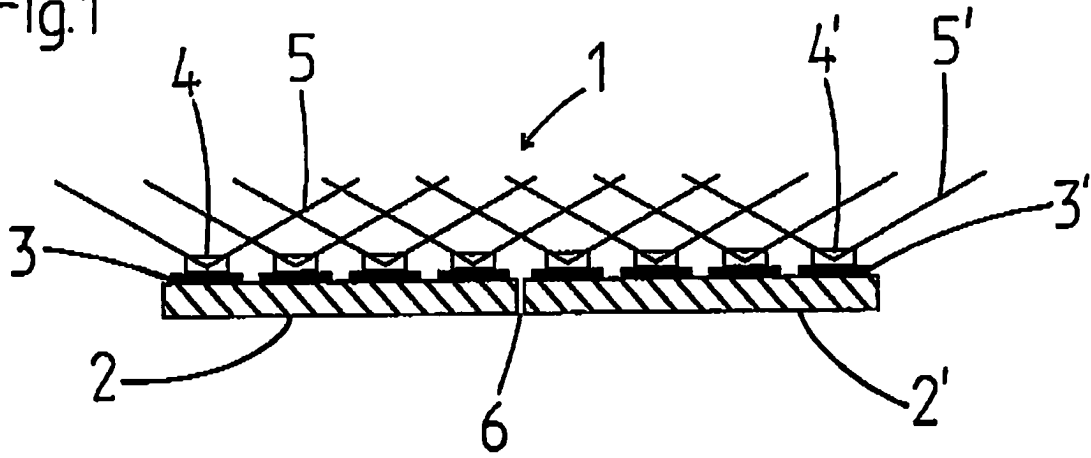


Fig. 2

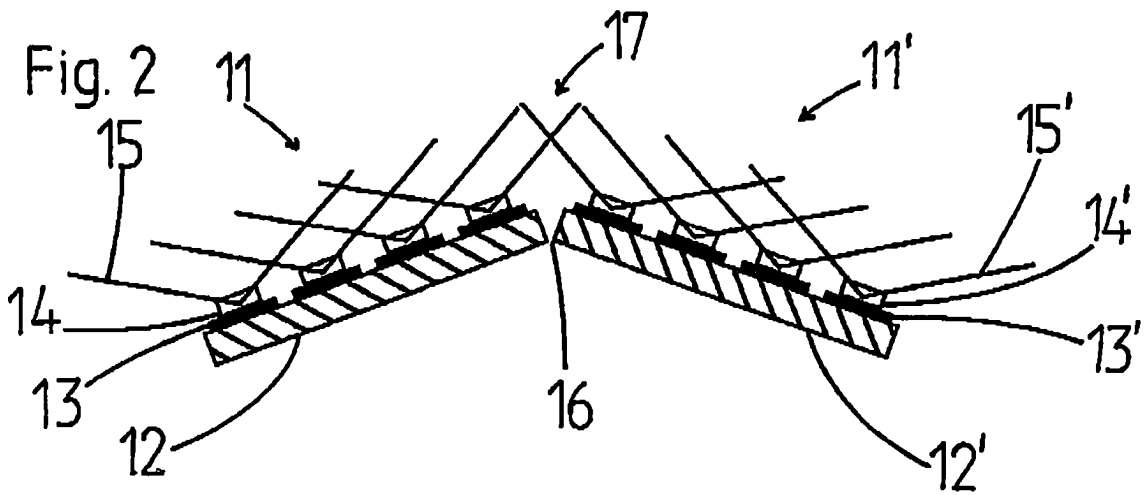


Fig. 3

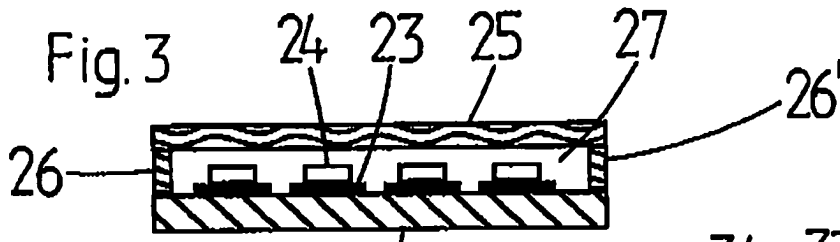
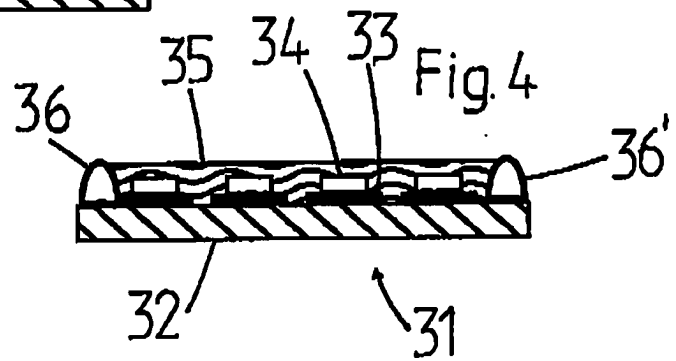
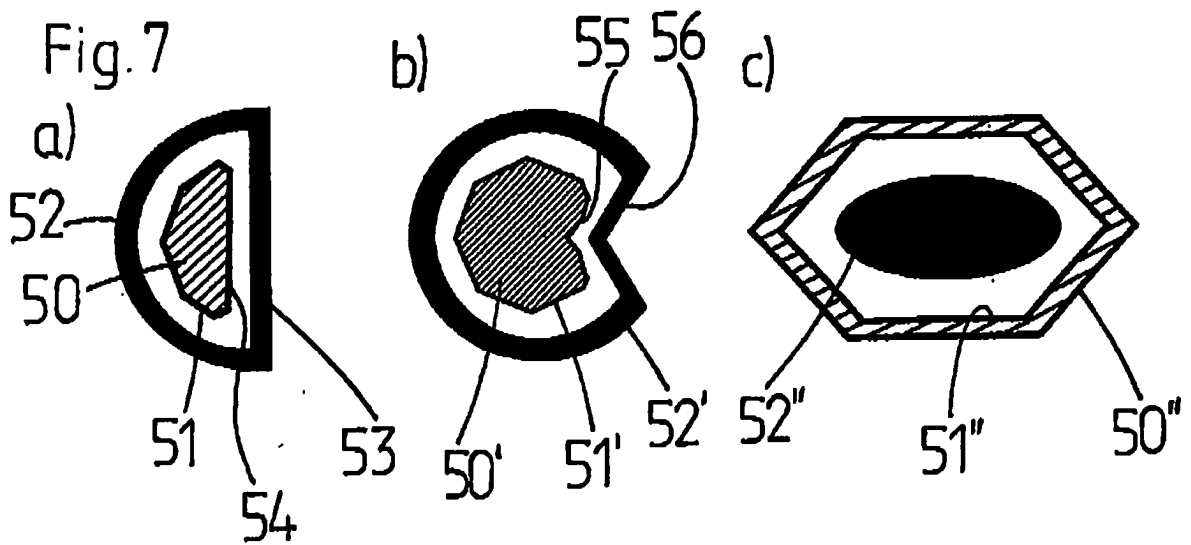
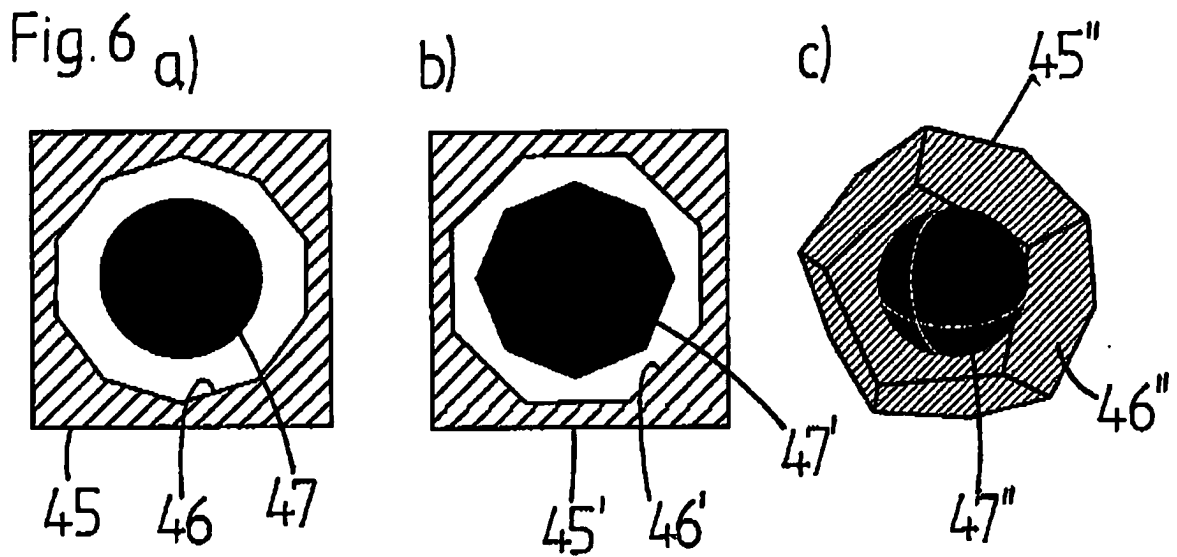
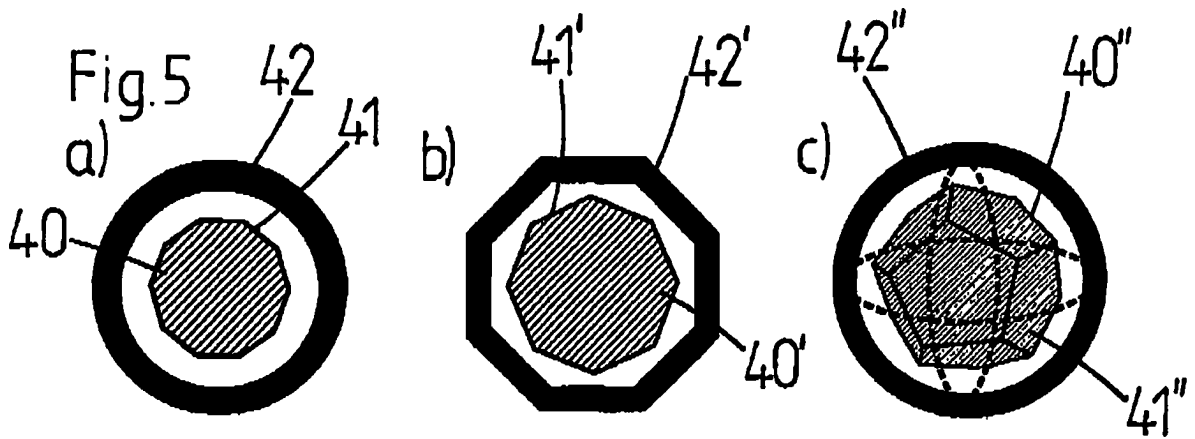
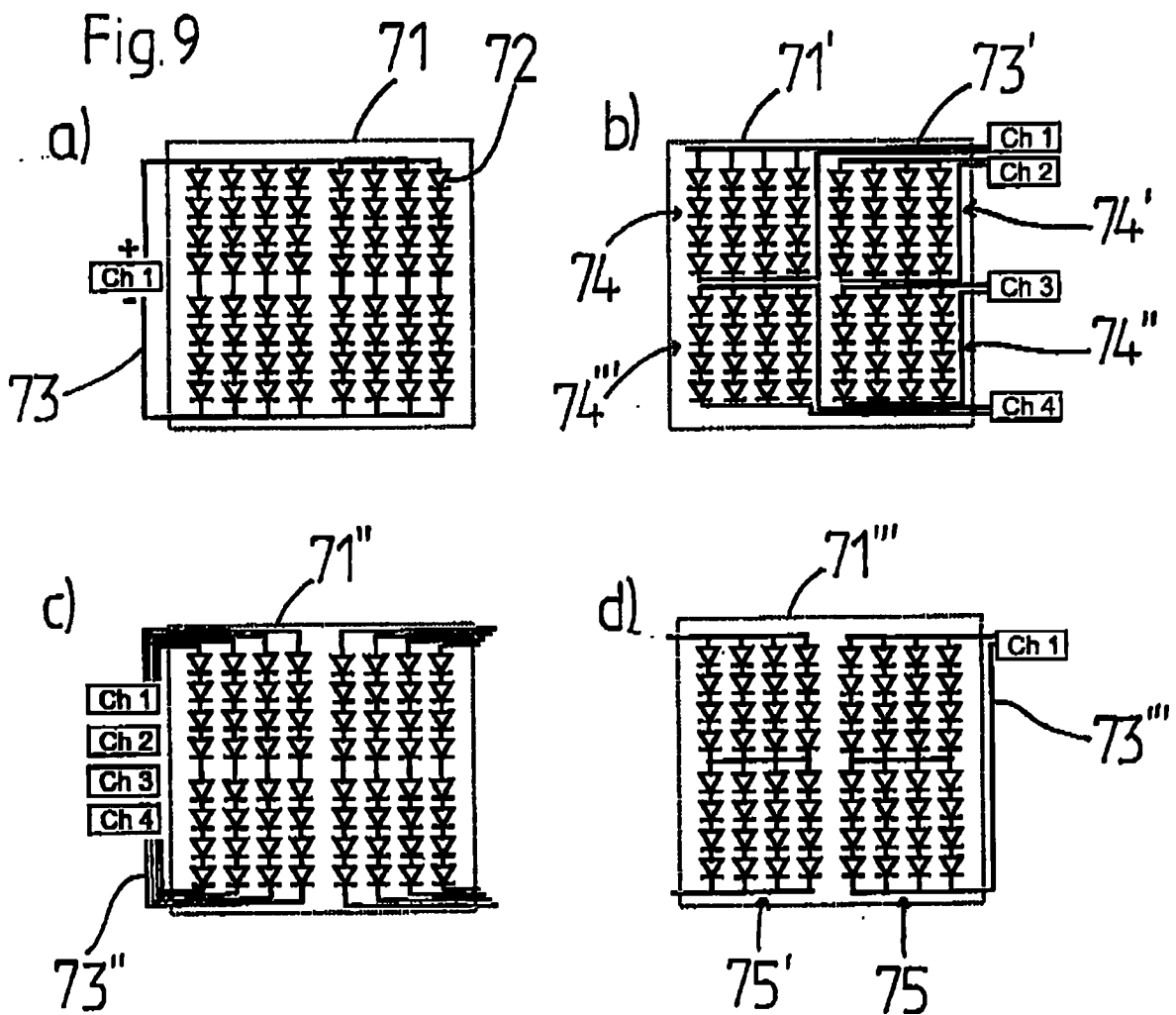
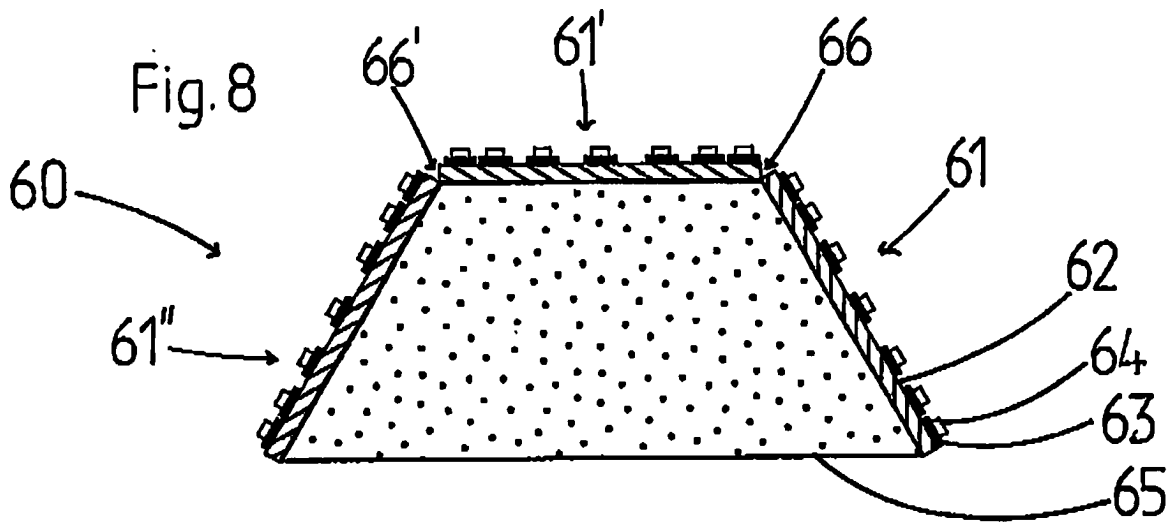


Fig. 4







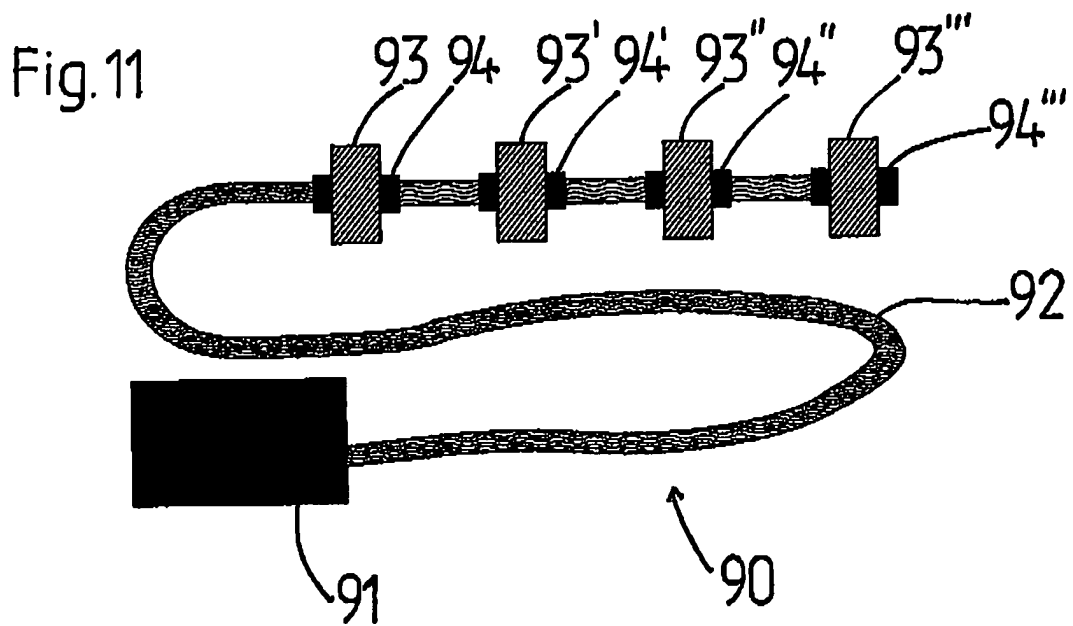
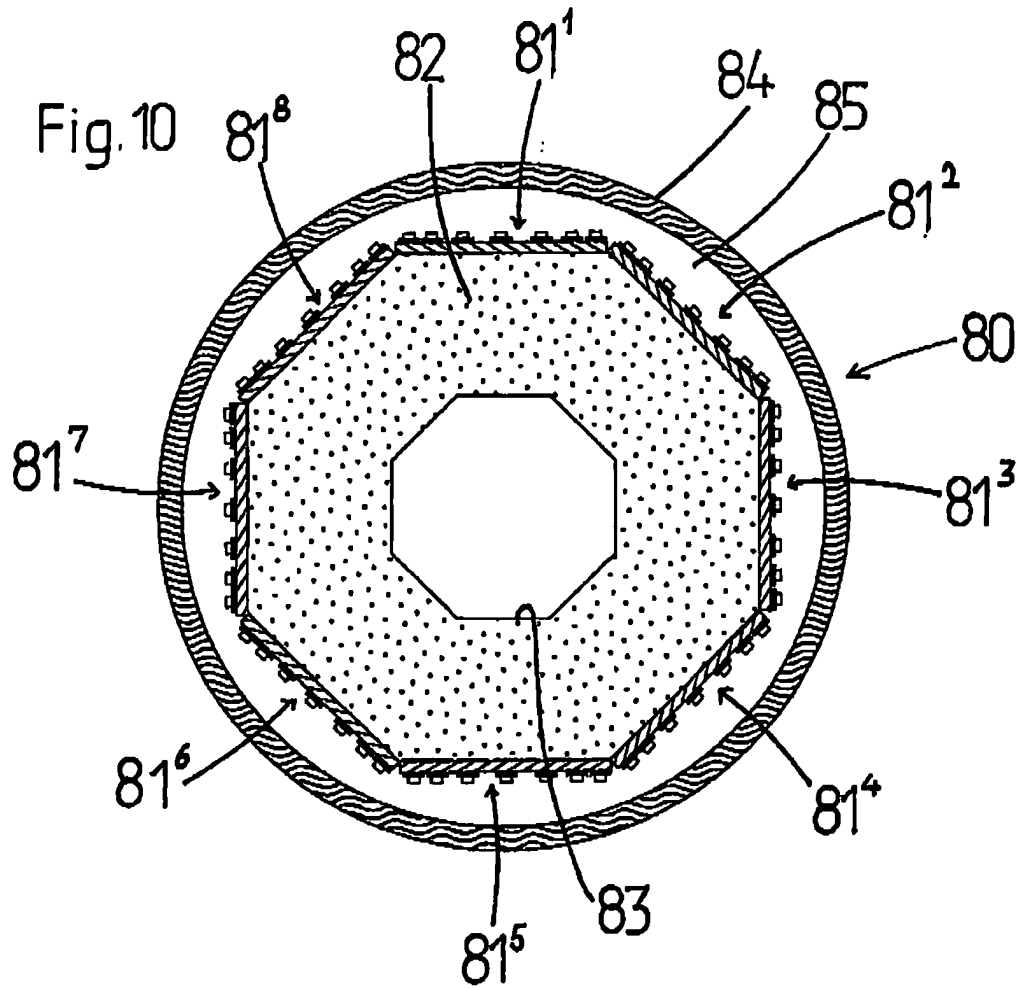


Fig.12

