



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 51 706 A1** 2005.06.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 51 706.5**
(22) Anmeldetag: **03.11.2003**
(43) Offenlegungstag: **16.06.2005**

(51) Int Cl.7: **A61N 5/06**
G02B 5/20, H01J 61/42

(71) Anmelder:
Plasma Photonics GmbH, 12489 Berlin, DE

(72) Erfinder:
Conrady, Jürgen, 13051 Berlin, DE

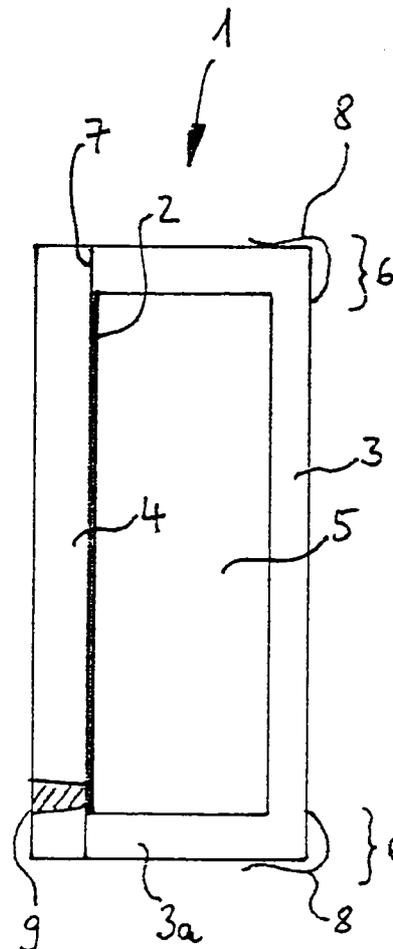
(74) Vertreter:
Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489 Berlin

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Strahlungskonverter und den Konverter enthaltende Bestrahlungsanordnung**

(57) Zusammenfassung: Bei der Therapie mit Licht im sichtbaren Spektralbereich, für die UV-Strahlung emittierende Strahlungsquellen eingesetzt werden, werden Leuchtstofffolien verwendet, die beim Betrieb altern, so dass die Intensität des von der Leuchtstoffolie abgestrahlten Lichts allmählich abfällt. Um dieses Problem zu lösen, wird erfindungsgemäß ein Strahlungskonverter in einer Behandlungsanordnung eingesetzt, der eine Leuchtstoffschicht 2 zur Emission des sichtbaren Lichtes aufweist. Der Strahlungskonverter umfasst ein Gehäuse 1, das von Strahlung durchstrahlbar ist, die von der Strahlungsquelle 11 emittiert wird. Das Gehäuse 1 weist auf: eine Vorderwand 3 aus UV-durchlässigem Material und eine Rückwand 4 aus UV-undurchlässigem Material auf der der Vorderwand 3 gegenüberliegenden Seite des Gehäuses 1, wobei eine Flüssigkeitskammer 5 zwischen der Vorderwand 3 und der Rückwand 4 gebildet wird. Die Leuchtstoffschicht 2 ist zwischen der Vorderwand 3 und der Rückwand 4 angeordnet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Strahlungskonverter und eine den Konverter enthaltende Bestrahlungsordnung. Die Bestrahlungsanordnung dient insbesondere zur chronischen Behandlung von ganz oder teilweise zellvermittelten Entzündungen der Haut und der inneren Organe, von viralen und anderen infektiösen Erkrankungen, wie beispielsweise Prioneninfektionen, vor allem zur Behandlung von T-Zell-vermittelten Hauterkrankungen und Handekzemen.

[0002] Primär T-Zell-vermittelte Hauterkrankungen, wie beispielsweise atopische Dermatitis (Neurodermitis), cutanes T-Zell-Lymphom, Lichen ruber und Psoriasis beruhen auf einem Hautinfiltrat von aktivierten T-Lymphozyten des eigenen Körpers. Insbesondere von Neurodermitis sind verstärkt immer mehr Neugeborene und Kinder betroffen. Aufgrund der entzündeten Hautpartien sowie des damit verbundenen Juckreizes ist diese Erkrankung sowohl physiologisch als auch psychologisch eine schwere Belastung.

[0003] Die bisher bekannten Therapien zur Behandlung von Neurodermitis lassen sich im Wesentlichen in zwei Klassen einteilen, nämlich in die Chemotherapie und die UVA1-Lichttherapie.

[0004] Bei der Chemotherapie besteht der derzeitige Goldstandard bei der Behandlung der atopischen Dermatitis in der Glukokortikoid-Therapie. Bei dieser Behandlung kommt es sowohl nach systemischer als auch nach topischer Anwendung zu zum Teil schwerwiegenden Nebenwirkungen. Alternative Verfahren zur Behandlung der Neurodermitis beinhalten die Therapie mit stark immunmodulierenden Pharmaka, wie beispielsweise mit FK 506 oder Cyclosporin A, über deren Langzeitfolgen noch keine Erfahrungen vorliegen.

[0005] Die UVA1-Lichttherapie hat sich zur Behandlung von akuten Neurodermitis-Schüben, der Urticaria pigmentosa und der lokalisierten Sklerodermie als effektiv erwiesen. Für die UVA1-Therapie nach Meffert und die UVA1-Therapie nach Krutmann werden derzeit zwei Gerätetypen angeboten. Die UVA1-Therapie nach Meffert arbeitet breitbandig zwischen 340 und 500 nm, die UVA1-Therapie nach Krutmann bei 340 – 400 nm.

Stand der Technik

[0006] Einen sehr guten Überblick über den Stand der Technik in der UVA1-Therapie bietet „Stellung zur Qualitätssicherung in der UVA1-Phototherapie, Fassung der Untergruppe Foto-(Chemo)Therapie und -Diagnostik der Subkommission physikalische Verfahren in der Dermatologie, Mai 1992“ sowie die

„Richtlinien zur Qualitätssicherung in der Foto-(Chemo)Therapie und -Diagnostik“, die in Krutmann, S., Hönigsmann, H.: „Handbuch der Dermatologischen Phototherapie und -Diagnostik“, Springer-Verlag, Heidelberg, Seiten 392-395, veröffentlicht ist. Als Langzeitriskien sind dort eine vorzeitige Hautalterung und Karzinogenität aufgeführt. Aufgrund dieser Sachlage ist dort explizit aufgeführt, dass eine Anwendung von mittleren und hohen Dosen von UVA1 im Kindesalter nicht zu empfehlen ist. Damit ist jedoch gerade die größte betroffene Gruppe von Neurodermitis ausgenommen.

[0007] Bei einer Bestrahlung kommt es zu zwei Typen von DNS-Schäden, nämlich der Erzeugung von Pyrimidindimeren und oxidativen DNS-Modifikationen. Die erste Gruppe der DNS-Schäden ist über körpereigene Reparaturenzyme vergleichsweise schwer zu reparieren, und die Induktion derartiger Schäden ist karzinogen. Das Maximum dieser Schäden wird durch Bestrahlung mit einer Wellenlänge um 290 nm ausgelöst, wobei der Grad der Schädigung bei 400 nm um den Faktor 10.000 geringer und bei Wellenlängen über 425 nm nicht mehr nachweisbar ist. Diese Art der Schädigungen wird auch als CPD (Cyclobutanpyrimidin-Photodimere) bezeichnet.

[0008] Hiervon unterscheidet sich der Typ der so genannten indirekten DNS-Schädigung, der vermutlich über die Photonenanregung zellulärer Chromophore bewirkt wird. Diese Chromophore erzeugen reaktive Sauerstoffspezies, wie beispielsweise Singulett-Sauerstoff. Ein hierdurch ausgelöster DNS-Schaden (8-Hydroxyguanin) wird durch die so genannte FPG-Protein-Endonuklease repariert. Es handelt sich hierbei um vergleichsweise leichte Schäden im Bereich der DNS-Quervernetzung und nicht um DNS-Strangbrüche oder Basenverlust. Dies wurde durch Versuche mit transgenen Mäusen ohne FPG-Reparaturenzyme belegt, die dennoch keine erhöhte Tumorraten aufwiesen.

[0009] Photobiologische Wirkungen im Nicht-UV-Bereich auf Grundlage einer Wechselwirkung zwischen endogenen oder exogenen Chromophoren in der Haut gewinnen zunehmend an Bedeutung, da mit Hilfe geeigneter Strahlungsquellen therapeutische Wirkungen bei bestimmten entzündlichen Hauterkrankungen und beispielsweise Wundheilungsstörungen bei Diabetes Mellitus beeinflussbar sind.

[0010] Zur Behandlung von akuten und chronischen ganz oder teilweise zellvermittelten Entzündungen der Haut und der inneren Organe, von viralen und anderen infektiösen Erkrankungen wie HIV oder Prionenerkrankungen, Pilzinfektionen der Haut und der Schleimhäute, bakteriellen Erkrankungen der Haut und der Schleimhäute sowie Hand- und Analekzemen wird in DE 101 23 926 A1 eine Bestrahlungsan-

ordnung mit einer Bestrahlungsquelle zur flächenhaften Bestrahlung der Behandlungsfläche beschrieben. Die Wellenlänge der emittierten Strahlung auf der Behandlungsfläche ist dabei größer als 400 nm und umfasst einen Spektralanteil im Wellenlängenbereich von 400 – 500 nm. Die Bestrahlungsanordnung umfasst Mittel zur Erzeugung von optischen Pulsen auf der Behandlungsfläche, wobei die Bestrahlungsstärke der Bestrahlungspeaks der optischen Pulse größer als 1 Watt/cm² und kleiner als 100 kW/cm² ist. Als Bestrahlungsquelle wird eine handelsübliche Xe-Blitzlampe eingesetzt.

[0011] Die von der Blitzlampe emittierte Strahlung liegt typischerweise im Bereich von 200 bis 2000 nm. Um die unerwünschte UV-Strahlung nicht auf die zu behandelnden Körperpartien gelangen zu lassen, können diese Spektralbereiche durch handelsübliche Filter herausgefiltert werden. In dem Dokument wird jedoch auch vorgeschlagen, die UV-Anteile in den gewünschten Spektralbereich zu transformieren. Zu diesem Zweck haben sich besonders aus Silikonelastomeren bestehende Folien mit anorganischen Leuchtstoffen bewährt.

[0012] Die Herstellung einer derartigen Silikonelastomerfolie ist in WO 01/21728 A1 beschrieben. Silikonelastomere eignen sich nach Angaben in diesem Dokument besser als Acrylate, transparentes PVC oder Teflon® (DuPont), weil letztere nicht ausreichend thermostabil, die Silikonelastomere dagegen jedoch bis 250°C stabil sind. Letztere benötigen zudem keine Weichmacher oder andere flüchtige Substanzen, die abdampfen könnten. Zur Herstellung des Silikonelastomers wird insbesondere die radikalische Additionspolymerisationstechnik angewendet. Das Elastomer wird vorzugsweise aus einem Hydroxypolydiorganosiloxan und einem Organohydrogensiloxan in Gegenwart eines Platinkatalysators bei Raumtemperatur gebildet. Die Folie kann insbesondere auf der Außenseite des Hüllkörpers der Niederdruckentladungslampe angebracht sein, beispielsweise indem die Folie in Form eines Wechselrahmens auf dem Hüllkörper montiert oder die zu behandelnde Körperpartie mit der Folie verbandähnlich umwickelt wird. Im ersteren Falle kann die Folie auf Walzen auf- und abwickelbar gelagert sein, so dass immer ein unverbrauchter Teil der Leuchtstofffolie für eine Behandlungsanwendung zur Verfügung steht, falls der im abgewickelten Bereich enthaltene Leuchtstoff gealtert sein sollte. In diesem Falle wird die verbrauchte Leuchtstofffolie vor der Behandlung aufgewickelt.

[0013] Die Maßnahme, die Leuchtstofffolie auf eine Walze aufzuwickeln, wenn sie durch die Bestrahlung gealtert ist, ist jedoch nachteilig, weil hierzu eine große Menge dieser Folie benötigt wird und weil die Zu- und Abführung der Folie mit den Walzen apparativ aufwendige Lösungen erfordert.

Aufgabenstellung

[0014] Von daher liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Alterung der Folie zu vermeiden oder zumindest zu vermindern.

[0015] Diese Aufgabe wird durch den Strahlungskonverter nach Anspruch 1 und die Bestrahlungsanordnung nach Anspruch 18 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0016] Der erfindungsgemäße Strahlungskonverter wird insbesondere in Verbindung mit einer UV emittierenden Strahlungsquelle in einer erfindungsgemäßen Bestrahlungsanordnung eingesetzt. Durch den UV-Anteil in der Strahlung der Strahlungsquelle, der im Strahlungskonverter absorbiert wird, wird Licht im sichtbaren Bereich durch Fluoreszenz oder Phosphoreszenz erzeugt, dessen Wellenlänge je nach verwendeter Entladungslampe und je nach eingesetztem Strahlungskonverter im blauen, gelben, grünen oder roten Farbbereich liegt. Die Bestrahlungsanordnung wird vorzugsweise so gebildet, dass Licht mit einem großen Spektralanteil im blauen Bereich vom Strahlungskonverter emittiert wird.

[0017] Die Strahlung kann insbesondere in Lichtimpulsen emittiert werden. Hierzu können vor allem in Impulsüberlast betriebene Mittel- und Hochdrucklampen, beispielsweise Quecksilberiodidlampen, oder eine Xe-Hochdruckblitzlampe eingesetzt werden.

[0018] Mit der erfindungsgemäßen Bestrahlungsanordnung können insbesondere Handekzeme und T-Zell-vermittelte Hauterkrankungen behandelt werden. Letztere schließen vor allem atopische Dermatitis (Neurodermitis), cutanes T-Zell-Lymphom, Lichen ruber und Psoriasis ein.

[0019] Der erfindungsgemäße Strahlungskonverter weist als wesentliches Merkmal eine Leuchtstoffschicht auf, in der die von einer Strahlungsquelle, insbesondere einer UV emittierenden Strahlungsquelle, emittierte UV-Strahlung in sichtbares, vorzugsweise blaues Licht konvertiert wird.

[0020] Es hat sich herausgestellt, dass die Alterung der Leuchtstoffschicht dann verzögert oder sogar völlig vermieden werden kann, wenn die Leuchtstoffschicht in einem Gehäuse angeordnet ist, dass von Strahlung durchstrahlbar ist, die von der UV emittierenden Strahlungsquelle emittiert wird, und das folgende Merkmale aufweist:

- a) eine Vorderwand aus UV-durchlässigem Material,
- b) eine Rückwand aus UV-undurchlässigem Material auf der der Vorderwand gegenüber liegenden Seite des Gehäuses,
- c) wobei eine Flüssigkeitskammer zwischen der

Vorderwand und der Rückwand gebildet wird,
d) die Leuchtstoffschicht zwischen der Vorder- und der Rückwand.

[0021] Bei einer Untersuchung eines Strahlungskonverters, der eine aus Silikonelastomer mit Leuchtstoff bestehende Leuchtstoffschicht aufweist, mit einer UV emittierenden Strahlungsquelle wurde gefunden, dass Alterungseffekte bereits dann merklich auftreten, wenn die auf den Konverter auftreffende Strahlungsleistungsdichte, integriert über einen Wellenlängenbereich von 260 – 1050 nm, über 400 mJ/cm² liegt.

[0022] Für die Behandlung wird der Strahlungskonverter in den Strahlengang der UV emittierenden Strahlungsquelle gebracht.

[0023] Es hat sich herausgestellt, dass die Alterung einer Leuchtstoffschicht bei Bestrahlung mit der UV emittierenden Strahlungsquelle durch deren Anordnung in dem erfindungsgemäßen Strahlungskonverter deutlich verzögert wird. So wird beobachtet, dass die Intensität der von der Schicht emittierten Strahlung, beispielsweise von blauem Licht, deutlich langsamer abnimmt als dann, wenn eine Leuchtstoffolie verwendet wird, die nicht im erfindungsgemäßen Strahlungskonverter angeordnet ist.

[0024] Das Gehäuse des Konverters besteht aus einer Vorderwand und einer Rückwand. Die Vorderwand ist die der UV emittierenden Strahlungsquelle zugewandte Wand, während die Rückwand die der Vorderwand gegenüber liegende Wand im Gehäuse ist, die von der UV emittierenden Strahlungsquelle abgewandt ist. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bestehen sowohl die Vorderwand als auch die Rückwand aus Acrylatpolymer. Unter den Acrylatpolymeren weisen insbesondere Polymethylmethacrylate wichtige Vorteile auf, beispielsweise sehr gute optische (hohe Transparenz im sichtbaren und UV-Bereich) und thermische Eigenschaften (hohe Wärmeformbeständigkeit). Außerdem sind sie preiswert. Diese Materialien werden üblicherweise für Fenster in Sonnenliegen und anderen Beleuchtungskörpern, sofern keine zu hohe thermische Belastbarkeit gefordert wird, sowie in Gewächshäusern eingesetzt.

[0025] Von der UV emittierenden Strahlungsquelle stammende Strahlung wird zuerst durch die UV-durchlässige Vorderwand im Gehäuse geleitet und trifft nach Durchtritt durch die Flüssigkeitskammer auf die Leuchtstoffschicht. Sofern nach Durchtritt der Strahlung durch die Leuchtstoffschicht in geringem Umfang noch UV-Anteile enthalten sind, werden diese in der UV-undurchlässigen Rückwand absorbiert. Damit wird vermieden, dass UV-Strahlung die zu behandelnden Körperpartien erreicht.

[0026] Geeignete UV-durchlässige Acrylatmaterialien sind beispielsweise in EP 0 016 870 A1, EP 0 164 663 A2 und WO 02/14388 A1 offenbart. Danach kann eine auch über einen längeren Zeitraum beständige UV-Durchlässigkeit des Acrylatmaterials zum einen dadurch erreicht werden, dass die Polymerisation der zugrunde liegenden Acrylmonomere in Gegenwart eines sterisch gehinderten Amins der dort genannten Formel I durchgeführt wird. Für derartige sterisch gehinderte Amine sind vor allem Diester von 2,2,6,6-Tetramethyl-piperidyl-4-Derivaten von aliphatischen Dicarbonsäuren geeignet, insbesondere Di-(2,2,6,6-tetramethyl-piperidyl-4)-sebacat (EP 0 016 870 A1). Zum anderen kann diesen Materialien UV-Stabilität auch dadurch verliehen werden, dass der Kunststoff zusätzlich einen aliphatischen, mit Polymethylmethacrylat verträglichen und über 120°C beständigen Weichmacher enthält. Derartige Weichmacher sind beispielsweise Verbindungen mit einer oder mehreren Ester-, Ether- oder Hydroxyfunktionen, insbesondere Diethyladipat, Diethylglykolmonomethylether und Glycerintriacetat (EP 0 164 663 A2). Schließlich kann der Polymerisationsmischung auch eine so genannte aktive Komponente zugegeben werden, um die UV-Stabilität weiter zu verbessern. Als aktive Komponenten werden insbesondere Alkohole, Wasser, Vinylverbindungen oder Butyllactat genannt (WO 02/14388 A1).

[0027] Die UV-Undurchlässigkeit der Rückwand ist dadurch erreichbar, dass dem Reaktionsgemisch vor der Polymerisation ein UV-Absorber zugegeben wird. Ein derartiger Absorber kann beispielsweise ein Bestandteil des durch Polymerisation herzustellenden Polymergerüsts sein, beispielsweise Styrol, Divinylbenzol oder eine andere aromatische Verbindung, die mit den Acrylmonomeren polymerisierbar ist. Anstelle dieser UV absorbierenden Gerüstmonomere können auch andere UV absorbierende Stoffe vorzugsweise zum Reaktionsgemisch zugegeben werden, wie beispielsweise Benzotriazol- und Benzophenon-Derivate.

[0028] Das Acrylatpolymer, aus dem die Vorderwand und die Rückwand hergestellt sind, kann entweder ein Homopolymer, ein Copolymer oder ein Blockpolymer von Acrylatmonomeren sein. Die Acrylatpolymere sind insbesondere Verbindungen, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend Alkylacrylate und Alkylmethacrylate. Es handelt sich hierbei insbesondere um Polymethylmethacrylat sowie um die Copolymere von Methylmethacrylat mit Alkylacrylaten, insbesondere Methylacrylat und Ethylacrylat.

[0029] Die Leuchtstoffschicht kann in das Gehäuse entweder als freitragende Folie beim Zusammenbau eingebracht oder als Schicht auf eine der Wände aufgebracht werden. Da derartige Folien kommerziell verfügbar sind, ist die Verwendung einer Leuchtstoffolie vorzuziehen. Grundsätzlich kann die Schicht

aber auch durch ein Auftragsverfahren auf der Wandoberfläche vor der Montage des Gehäuses gebildet werden, beispielsweise durch Aufrakeln, Siebdrucken, Vorhanggießen, Spin-Coating oder ein anderes bekanntes Verfahren, wobei eine flüssige Form des Materials für die Schicht verwendet wird, etwa eine Lösung, Emulsion oder Dispersion.

[0030] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Leuchtstoffschicht an der Rückwandfläche anliegend in das Gehäuse eingebracht. In diesem Falle werden zunächst die Vorderwand und die Flüssigkeitskammer im Gehäuse im Betrieb von der Strahlung durchstrahlt, bevor diese auf die Leuchtstoffschicht auftrifft. Grundsätzlich kann die Leuchtstoffschicht aber auch an der Vorderwand-Innenseite anliegend in das Gehäuse eingebracht werden. In diesem Falle trifft die Strahlung nach dem Durchtritt durch die Vorderwand direkt auf die Schicht, bevor sie durch die Flüssigkeitskammer durchtritt. In beiden Fällen grenzt die Leuchtstoffschicht an die Flüssigkeitskammer an. Die Alternative, bei der die Schicht an der Rückwand anliegend in das Gehäuse eingebracht wird, weist den Vorteil auf, dass die Schicht nicht so schnell altert wie dann, wenn die Leuchtstoffschicht an der Vorderwand anliegend in das Gehäuse eingebracht wird. Grundsätzlich ist auch der Fall denkbar, dass die Schicht als Folie ausgebildet ist und in der Flüssigkeitskammer freihängend aufgespannt ist, ohne mit einer der beiden Wände in Kontakt zu stehen. In diesem Falle kann es erforderlich sein, zur mechanischen Versteifung der Folie entweder einseitig oder beidseitig an die Folie anliegend ein Verstärkungsgitter vorzusehen, das in dem Strahlungskonverter stabil verankert ist und selbst eine große Steifigkeit aufweist. Dieses Gitter sollte nur einen sehr kleinen Flächenanteil der Folie abdecken, um einen merklichen Intensitätsverlust zu vermeiden.

[0031] Die Leuchtstoffschicht besteht vorzugsweise aus einem Silikonelastomer mit eingelagerten Leuchtstoffpartikeln. Durch die Ausbildung der Leuchtstoffschicht als Folie aus Silikonelastomer mit eingelagerten Leuchtstoffpartikeln können zum einen Folien ausreichender Dicke mit einer genügend hohen Leuchtstoffkonzentration hergestellt werden. Zum anderen sind die Leuchtstoffpartikel luft- und wasserfrei in dem Silikonelastomer vernetzt, so dass diese keinem Alterungsverhalten ausgesetzt sind. Wegen des hydrophoben Charakters der Silikonelastomere kann Feuchtigkeit in diese Materialien praktisch nicht eintreten, so dass die feuchteempfindlichen Leuchtstoffe nicht geschädigt werden.

[0032] Anstelle von Silikonelastomeren können aber selbstverständlich auch andere Polymere für die Leuchtstoffschicht eingesetzt werden, beispielsweise transparentes PVC und Polyfluoralkylene, insbesondere Polytetrafluorethylen (Teflon®).

[0033] Die Silikonelastomerschicht wird vorzugsweise durch radikalische Additionspolymerisation in Gegenwart der einzubettenden Leuchtstoffpartikel hergestellt. Im Gegensatz zu einer Polykondensationsreaktion werden bei einer Additionspolymerisation nämlich praktisch keine schädlichen Nebenprodukte frei, beispielsweise Wasser, die die Funktion der Leuchtstoffpartikel beeinträchtigen könnten. Die Ausgangsprodukte für die Polymerisation sind insbesondere Hydroxypolydiorganosiloxane und Organohydrogensiloxane, die in Gegenwart eines Katalysators miteinander zur Reaktion gebracht werden, wobei ein vernetztes Polymerisationsprodukt entsteht. Als Hydroxypolydiorganosiloxane aus verschiedenen Polymeren werden insbesondere Stoffe mit einer Mindestviskosität von 1000 Centipoise eingesetzt, wobei es sich hierbei vorzugsweise um Hydroxypolydimethylsiloxan und dessen Copolymere mit Phenylmethylsiloxan und/oder Polymethyl-3,3,3-trifluorpropylsiloxan handelt. Das Organohydrogensiloxan enthält mindestens zwei Wasserstoffatome pro Siloxaneinheit, wobei auch in diesem Falle sowohl Homo- als auch Copolymere eingesetzt werden können. Der Katalysator kann insbesondere eine Platinverbindung, vorzugsweise Platinchlorid oder Chlorplatin-säure, sein. Durch Verwendung des Platinkatalysators kann die Polymerisationsreaktion bei Raumtemperatur durchgeführt werden, so dass die während der Polymerisation anwesenden Leuchtstoffpartikel nicht thermisch beansprucht und dadurch geschädigt werden.

[0034] Die Leuchtstoffpartikel in der Schicht sind vorzugsweise kristallin. Als besonders geeignet hat sich ein mit Europium(II)-Ionen dotiertes Strontiumpyrophosphat ($\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$) herausgestellt. Mit diesem Leuchtstofftyp kann UV-Strahlung in blaues Licht konvertiert werden. Um die UV-Strahlung auch in sichtbares Licht mit anderer spektraler Verteilung umzuwandeln oder auch aus anderen Gründen, können auch andere Leuchtstoffe eingesetzt werden. In einer besonders geeigneten Ausführungsform ist die Leuchtstoffschicht so ausgebildet, dass sie in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Leuchtstoffpartikel enthält. Dies ist dann von Vorteil, wenn der zu behandelnde Patient gleichzeitig in unterschiedlichen Bereichen mit Licht unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung bestrahlt werden soll. Mit derartigen Anordnungen können Körperpartien in schnellem Wechsel auch mit Licht unterschiedlicher spektraler Verteilung bestrahlt werden.

[0035] Die Leuchtstoffschicht hat vorzugsweise eine Dicke im Bereich von 10 bis 800 μm , besonders bevorzugt von 100 bis 600 μm , wobei die Dicke einer der Parameter für die Optimierung des Wirkungsgrades der Strahlungserzeugung ist. Der Wirkungsgrad hängt im Wesentlichen von der Flächendichte des Leuchtstoffes in der Schicht ab. Diese sollte im Bereich von 1 bis 20 mg/cm^2 liegen. Besonders vorteil-

haft sind Flächendichten im Bereich von 3 bis 6 mg/cm².

[0036] Einen wesentlichen Einfluss auf die Wirksamkeit der Strahlungserzeugung haben die geometrischen Verhältnisse im Strahlungskonverter: Werden die Gehäusewände beispielsweise nicht in Form von ebenen Platten sondern gekrümmt ausgebildet, so wird nur eine sehr geringe Strahlungsleistung im sichtbaren Bereich erreicht. Die Ursache hierfür ist nicht bekannt. Werden die Vorderwand und die Rückwand dagegen als Platten ausgebildet, so wird eine wesentlich verbesserte Strahlungsleistung erreicht. Eine optimierte Abstrahlung wird dann ermöglicht, wenn die Vorderwand und die Rückwand planparallele Flächen zueinander bilden. Die Dicke der Flüssigkeitskammer liegt vorzugsweise im Bereich von 0,5 – 5 mm. Sie beträgt besonders bevorzugt 2 mm.

[0037] Die Flüssigkeitskammer im Strahlungskonverter wird mit mindestens einer Kühlflüssigkeit gefüllt. Als Kühlflüssigkeiten werden vorzugsweise Substanzen verwendet, die ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend Silikonöle und Wasser, wobei sich Silikonöle als noch geeigneter als Wasser erwiesen haben. Im Falle von Wasser als Kühlflüssigkeit sinkt die Strahlungsleistung in Ruhephasen, d.h. wenn keine Strahlung auf den Konverter fällt, mit der Zeit ab. Es ist beobachtet worden, dass sich in diesen Ruhephasen Gasbläschen und eine Trübung in der Flüssigkeit bilden. Um die Gasbläschen zu entfernen, kann ein viskoelastischer Bereich in mindestens einer der beiden Wände vorgesehen sein, beispielsweise ein Gummistopfen, der sich durch die gesamte Dicke dieser Wand hindurch erstreckt. Die Gasbläschen können dann mit einer Spritze, die durch den Stopfen gestochen wird, abgezogen werden.

[0038] Die Abstimmung der Brechungsindizes der Kühlflüssigkeit, des Materials für die Leuchtstoffschicht und der Materialien für die Wände aufeinander ist für die Intensität der aus dem Strahlungskonverter austretenden Strahlung im sichtbaren Bereich sehr wichtig:

Da die in der Leuchtstoffolie erzeugte Strahlung isotrop abgestrahlt wird, wird etwa die Hälfte der Strahlung auch in Richtung der UV emittierenden Strahlungsquelle zurück gestrahlt. Um diesen Anteil zugunsten der in Richtung der zu behandelnden Körperpartie abgestrahlten Strahlung zu vermindern, können die Brechungsindizes der genannten Materialien so aufeinander abgestimmt werden, dass zumindest ein Teil der Strahlung aus der Leuchtstoffschicht in Richtung der Strahlungsquelle durch Totalreflexion nicht austreten kann und ein entsprechender Austritt in Richtung der Körperpartie nicht durch Totalreflexionseffekte behindert wird. Wird die Schicht beispielsweise an der Rückwand anliegend in das Gehäuse eingebracht, so sollte der Brechungsindex des Materials der Rückwand größer

sein als der der Leuchtstoffschicht und letzterer wiederum größer als der der Kühlflüssigkeit. Die in diesem Falle von der UV emittierenden Strahlungsquelle kommende Strahlung kann unabhängig von den jeweiligen Brechungsindizes problemlos durch die Vorderwand in die Kühlflüssigkeit und von dort in die Leuchtstoffschicht gelangen, da diese Strahlung gerichtet ist, so dass Totalreflexion an den Grenzflächen zwischen der Vorderwand und der Kühlflüssigkeit und zwischen der Kühlflüssigkeit und der Leuchtstoffschicht durch geeignete Strahlungsführung, insbesondere durch im Wesentlichen senkrechtes Bestrahlen des Strahlungskonverters mit der UV-Strahlung, vermieden werden kann.

[0039] In gleicher Weise können die Brechungsindizes der genannten Materialien auch dann in geeigneter Weise aufeinander abgestimmt werden, wenn die Leuchtstoffschicht an der Vorderwand anliegend in das Gehäuse eingebracht ist oder wenn die Schicht in Form einer Folie frei hängend in der Kühlflüssigkeit aufgespannt ist. In letzterem Falle kann die Intensität der aus dem Strahlungskonverter austretenden Strahlung auch durch geeignete Wahl der Kühlflüssigkeiten in den beiden durch die Folie gebildeten Flüssigkeitskammern dadurch optimiert werden, dass unterschiedliche Flüssigkeiten mit geeigneten Brechungsindizes im Verhältnis zu denen der Materialien der Leuchtstoffschicht und der beiden Wände ausgewählt werden.

[0040] Die Vorderwand und die Rückwand können zum flüssigkeitsdichten Abschluss der Flüssigkeitskammer in deren Randbereichen stoffschlüssig miteinander verbunden werden. Beispielsweise kann die eine der beiden Wände einen randseitigen Randvorsprung aufweisen, auf den die andere Wand aufgesetzt wird. An den Verbindungsflächen werden die beiden Wände dann miteinander verbunden, beispielsweise verklebt, vorzugsweise mit einem Acrylkleber. Je nach Art der Leuchtstoffschicht kann sich diese auch in den Bereich der Verbindungsflächen hinein erstrecken, so dass die beiden Wände über die Schicht miteinander verbunden werden.

[0041] Um zu vermeiden, dass die Verbindungsstellen von der Strahlung beeinträchtigt werden, kann die Vorderwand zu deren Abschattung in den Randbereichen mit einer Maske versehen werden, so dass die Strahlung nicht direkt auf die Verbindungsstellen fällt. Die Maske kann entweder ein gegen die Strahlung beständiger Schutzlack sein, der strahlungsundurchlässig ist, oder ein Abdeckrahmen, der auf das Strahlungskonvertergehäuse aufgeklemmt wird.

[0042] Weiterhin kann eine Wechselhalterung für das Gehäuse vorgesehen sein. Dadurch wird ein leichter Austausch oder Ersatz des Gehäuses durch ein neues Gehäuse ermöglicht, etwa wenn die Wirksamkeit der Leuchtstoffschicht durch die Strahlung

bereits beeinträchtigt ist und die Schicht durch eine andere ausgetauscht werden muss oder wenn eine Leuchtstoffschicht mit anderen Leuchtstoffen zur Erzeugung einer Strahlung mit einem anderen Spektralbereich oder mit anderen Bestrahlungsstärken eingesetzt werden soll. Die Wechselhalterung kann vorteilhaft unmittelbar mit der UV emittierenden Strahlungsquelle verbunden sein. Dadurch wird eine kompakte Bauweise erreicht. Außerdem ist der Konverter dadurch in unmittelbarer Nähe zur Strahlungsquelle angeordnet, so dass der Konverter auch eine geringe Baugröße haben kann, da der Strahlungsquerschnitt in der Nähe der Strahlungsquelle kleiner ist als in größerer Entfernung von dieser.

[0043] Für bestimmte Behandlungsarten kann es vorteilhaft sein, die bestrahlten Körperpartien topisch mit Sauerstoff zu spülen. Zur Wirkung der Sauerstoffbehandlung wird auch auf DE 101 23 926 A1 verwiesen. Dadurch wird der Sauerstoffgehalt in den zu behandelnden Körperpartien erhöht, was wiederum die Bildung von therapeutisch wirksamen reaktiven O₂-Spezies erhöht. Für diesen Fall kann der Strahlungskonverter eine glockenförmige Ausbildung an der Rückwand haben. Der Konverter wird in diesem Falle auf die zu behandelnde Körperpartie aufgesetzt, so dass sich zwischen der glockenförmigen Rückwand und der Körperpartie ein Hohlraum bildet, der mit Sauerstoff geflutet werden kann. Für diesen Zweck ist an der glockenförmigen Rückwand ein Zuführstutzen für Sauerstoff vorgesehen. Durch diese Ausführungsform wird ebenfalls eine sehr kompakte Bauform erreicht. Falls der Strahlungskonverter zusätzlich mit einem Kühlkreislauf für die Kühlflüssigkeit ausgebildet ist, können die UV emittierende Strahlungsquelle und der Strahlungskonverter in der kompakten Bauform über die Glocke direkt auf die zu behandelnde Körperpartie aufgesetzt werden, ohne dass zu befürchten ist, dass die Körperpartie durch übermäßige Wärmeentwicklung geschädigt wird.

Ausführungsbeispiel

[0044] Die nachfolgenden Figuren dienen zur Veranschaulichung der Erfindung. Die Figuren zeigen:

[0045] [Fig. 1a](#): einen seitlichen Schnitt durch das Gehäuse eines Strahlungskonverters,

[0046] [Fig. 1b](#): eine Draufsicht auf das Gehäuse des Strahlungskonverters,

[0047] [Fig. 2](#): einen seitlichen Schnitt durch eine Bestrahlungsanordnung.

[0048] In [Fig. 1a](#) ist ein seitlicher Schnitt durch das Gehäuse **1** eines Strahlungskonverters gezeigt. [Fig. 1b](#) zeigt eine Draufsicht auf dieses Gehäuse **1**. Das Gehäuse **1** besteht aus einer UV-durchlässigen Vorderwand **3** und einer UV-undurchlässigen Rück-

wand **4**. Die beiden Wände bestehen aus Polymethylmethacrylat. Die Vorderwand **3** weist in den Randbereichen **6** einen Randvorsprung **3a** auf, die sich über die gesamten Randbereiche **6** erstreckt. Die Vorderwand **3** liegt mit den Stirnflächen des Randvorsprungs **3a** auf den entsprechenden Randbereichen **6** der Rückwand **4** auf. Dort sind die beiden Wände **3,4** miteinander flüssigkeits- und gasdicht verklebt. Durch die dadurch geschaffene stoffschlüssige Verbindung an der Verbindungsstelle **7** der Vorderwand **3** mit der Rückwand **4** wird eine Kammer **5** gebildet. Diese Kammer **5** ist mit Silikonöl, beispielsweise mit Baysilone[®]-Öl-M (Bayer), gefüllt.

[0049] Auf der Rückwand **4** ist im Bereich der Kammer **5** eine Leuchtstoffolie **2** befestigt, die aus einem Silikonelastomer und Leuchtstoffpartikeln aus Sr₂P₄O₇:Eu²⁺ besteht, um vorzugsweise eine gewünschte Emission im Bereich von 400 bis 500 nm zu erhalten.

[0050] In den Randbereichen **6** ist eine Maske **8** auf die Vorderwand **3** aufgeklemmt. Diese Maske **8** ist als profiliertes Federblech ausgebildet, das die Randbereiche zumindest soweit überspannt, dass das Gehäuse **1** im Bereich der Verbindungsstellen **7** gegen Strahlung, die auf das Gehäuse **1** trifft, abgeschattet wird.

[0051] Das profilierte Blech **8** ist an den äußeren Rändern so umgebogen, dass es die Vorderwand **3** klemmend umgreifen kann, wenn es auf diese aufgesteckt ist.

[0052] Um Gasbläschen aus der Kammer **5** zu entfernen, ist außerdem ein viskoelastischer Bereich **9** (eingeklebter Stopfen) in der Rückwand **4** vorgesehen, durch den beispielsweise eine Spritze geführt werden kann, um das Gas abzusaugen.

[0053] [Fig. 2](#) zeigt eine erfindungsgemäße Bestrahlungsanordnung im Querschnitt von der Seite gesehen. Das Gehäuse **1** ist mit dem in den [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) gezeigten Gehäuse **1** weitgehend identisch. Daher betreffen gleiche Bezugsnummern im Wesentlichen auch gleiche Elemente. Auf die entsprechende Figurenbeschreibung wird Bezug genommen.

[0054] Im Unterschied zu der in den [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) gezeigten Ausführungsform ist die Maske **8** in diesem Falle in die Wechselhalterung **10** integriert. Die Wechselhalterung **10** weist zu diesem Zweck in den Randbereichen der Vorderwand Vorsprünge auf, die die Verbindungsstellen **7** gegen die Strahlung abschatten.

[0055] Das Gehäuse **1** wird zusammen mit einer UV emittierenden Strahlungsquelle **11** in einer Wechselhalterung **10** gehalten. Das Gehäuse ist hierzu in zur Seite hin offenen Führungsschienen **17** eingeschoben.

ben und kann somit leicht ausgetauscht werden. Die UV emittierende Strahlungsquelle **11** ist in der Wechselhalterung **10** ebenfalls austauschbar gehalten, wobei die hierzu vorgesehenen Halteelemente in der [Fig. 2](#) nicht gezeigt sind. Es ist lediglich schematisch angedeutet, dass die Strahlungsquelle **11** in der Wechselhalterung **10** befestigt ist.

Bezugszeichenliste

1	Gehäuse des Strahlungskonverters
2	Leuchtstoffolie
3	Vorderwand des Gehäuses 1 mit dem Randvorsprung 3a (Fig. 2)
4	Rückwand des Gehäuses 1
5	Flüssigkeitskammer
6	Randbereiche der Vorderwand 3 und der Rückwand 4
7	Verbindungsstelle
8	Maske
9	Viskoelastischer Bereich (Stopfen)
10	Wechselhalterung
11	UV emittierende Strahlungsquelle

Patentansprüche

1. Strahlungskonverter, insbesondere für eine UV emittierende Strahlungsquelle, umfassend eine Leuchtstoffschicht **dadurch gekennzeichnet**, dass die Leuchtstoffschicht (**2**) in einem von der Strahlungsquelle emittierter UV-Strahlung durchstrahlbaren Gehäuse (**1**) angeordnet ist, das

- eine Vorderwand (**3**) aus UV-durchlässigem Material und
- eine Rückwand (**4**) aus UV-undurchlässigem Material auf der der Vorderwand (**3**) gegenüber liegenden Seite des Gehäuses (**1**) aufweist,
- wobei eine Flüssigkeitskammer (**5**) zwischen der Vorderwand (**3**) und der Rückwand (**4**) gebildet wird und
- die Leuchtstoffschicht (**2**) zwischen der Vorderwand (**3**) und der Rückwand (**4**) angeordnet ist

2. Strahlungskonverter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtstoffschicht (**2**) in Form einer Folie vorliegt.

3. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtstoffschicht (**2**) auf der Rückwand (**4**) aufliegt und an die Flüssigkeitskammer (**5**) angrenzt.

4. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtstoffschicht (**2**) aus Silikonelastomer mit eingelagerten Leuchtstoffpartikeln besteht.

5. Strahlungskonverter nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtstoffschicht (**2**) in verschiedenen Bereichen unterschiedliche

Leuchtstoffpartikel enthält.

6. Strahlungskonverter nach einem der Ansprüche 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass die eingelagerten Leuchtstoffpartikel aus $\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7:\text{Eu}^{2+}$ bestehen.

7. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Silikonelastomer durch radikalische Additionspolymerisation hergestellt ist.

8. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorderwand (**3**) und die Rückwand (**4**) planparallele Flächen bilden.

9. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Flüssigkeitskammer (**5**) mit mindestens einer Kühlflüssigkeit gefüllt ist.

10. Strahlungskonverter nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Kühlflüssigkeit ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend Silikonöle und Wasser.

11. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorderwand (**3**) und die Rückwand (**4**) aus Acrylatpolymer bestehen.

12. Strahlungskonverter nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Acrylatpolymer ein Homo-, Co- oder Blockpolymer von Acrylatmonomeren ist, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend Alkylacrylate und Alkylmethacrylate.

13. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorderwand (**3**) und die Rückwand (**4**) zum flüssigkeitsdichten Abschluss der Flüssigkeitskammer (**5**) in deren Randbereichen (**6**) stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

14. Strahlungskonverter nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die stoffschlüssige Verbindung eine Verklebung ist.

15. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorderwand (**3**) zur Abschattung von Verbindungsstellen (**7**) der beiden Wände in den Randbereichen (**6**) mit einer Maske (**8**) versehen ist.

16. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein viskoelastischer Bereich (**9**) in mindestens einer der beiden Wände (**3,4**) vorgesehen ist, der sich durch die gesamte Dicke dieser Wand (**4**) hindurch

erstreckt.

17. Strahlungskonverter nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er außerdem eine Wechselhalterung (**10**) für das Gehäuse (**1**) aufweist.

18. Bestrahlungsanordnung, umfassend eine UV emittierende Strahlungsquelle (**11**) und eine Leuchtstoffschicht (**2**), dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlungskonverter nach einem der Ansprüche 1 – 17 im Strahlengang der UV emittierenden Strahlungsquelle (**11**) angeordnet ist.

19. Bestrahlungsanordnung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Strahlungskonverter in einer Wechselhalterung (**10**) gehalten wird, die mit der UV emittierenden Strahlungsquelle (**11**) verbunden ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

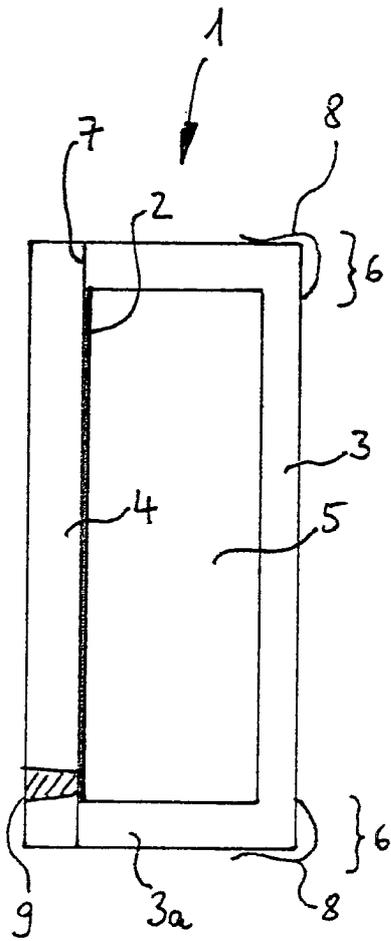


Fig. 1a

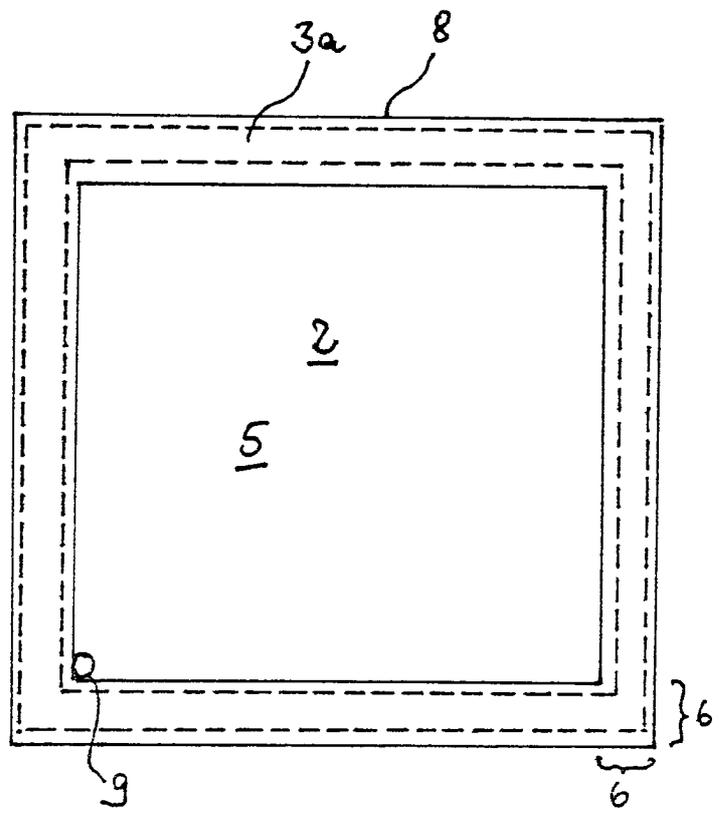


Fig. 1b

