



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

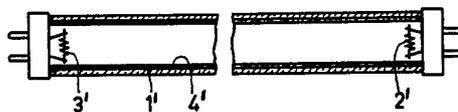
PATENT A5

643 088

<p>②① Gesuchsnummer: 8827/78</p> <p>②② Anmeldungsdatum: 21.08.1978</p> <p>③① Priorität(en): 23.08.1977 NL 7709263</p> <p>②④ Patent erteilt: 15.05.1984</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.05.1984</p>	<p>⑦③ Inhaber: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (NL)</p> <p>⑦② Erfinder: Winston Donald Couwenberg, Eindhoven (NL) Jean Johan Heuvelmans, Eindhoven (NL) Franciscus Antonius Stephanus Ligthart, Eindhoven (NL) Robert Christiaan Peters, Eindhoven (NL)</p> <p>⑦④ Vertreter: Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich</p>
---	--

⑤④ Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampe.

⑤⑦ Die Lampe hat einen Lampenkolben (1) mit einer Leuchtstoffschicht (4'). Die von der Entladungssäule aufgenommene Leistung beträgt mindestens 500 W pro m² Oberfläche der Leuchtstoffschicht (4'). Die Leuchtstoffschicht (4') enthält Leuchtstoffe, die es ermöglichen, auch bei diesen relativ hohen Leistungsaufnahmen einen grossen spezifischen Lichtstrom zu erreichen. Dies wird erreicht durch einen gegenüber bisherigen Leuchtstofflampen höheren Anteil der 185 nm Strahlung sowie mit geeigneten Leuchtstoffen. Die Erfindung erlaubt die Konstruktion kompakter Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampen mit normalen Glühlampenfassungen.



PATENTANSPRÜCHE

1. Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampe mit einem vakuumdicht abgeschlossenen strahlendurchlässigen Kolben mit einer Leuchtstoffschicht, einer Gasfüllung, die Quecksilber und Edelgas enthält, und mit Mitteln zum Aufrechterhalten einer Säulenentladung in der Gasfüllung, wobei die von der Säule aufgenommene Leistung mindestens 500 W/m² der Oberfläche der Leuchtstoffschicht beträgt, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtstoffschicht einen Leuchtstoff enthält, der die Eigenschaft hat, bei der Anregung mit 254-nm-Strahlung einen Lichtstrom zu ergeben, der – nach einer 15 Minuten langen Ultraviolettbestrahlung des Stoffes mit Wellenlängen vorwiegend von 185 und 254 nm, mit einer Strahlungsdichte zwischen 150 und 500 W/m² und mit einem Verhältnis der 185-nm-Leistung zur 254-nm-Leistung zwischen 0,20 und 0,40 – um höchstens 5% geringer ist als der Initiallichtstrom des Stoffes ebenfalls bei 254-nm-Anregung, der unter identischen Umständen gemessen worden ist, und dass die Kombination von Kationen im Leuchtstoff eine Elektronegativität von höchstens 1,4 besitzt.

2. Lampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Leuchtstoff die Eigenschaft besitzt, dass er nach der erwähnten Ultraviolettbestrahlung von 15 Minuten einen Lichtstrom besitzt, der höchstens um 3% kleiner als der Initiallichtstrom ist.

3. Lampe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die elektrische Feldstärke in der Säulenentladung 150 bis 1000 V/m beträgt.

4. Lampe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass deren Kolben die Form eines Rohrs besitzt, dessen Querschnitt senkrecht auf der Achse des Rohrs nahezu kreisförmig ist und dessen Innendurchmesser 3 bis 15 mm beträgt.

5. Lampe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Stromdichte in der Säulenentladung mindestens 0,5 A/cm² beträgt.

6. Lampe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Leuchtstoff ein rot leuchtendes, mit dreiwertigem Europium aktiviertes Seltenes Erdoxid der Formel Ln₂O₃:pEu³⁺ ist, worin Ln mindestens eines der Elemente Y, Gd und Lu darstellt, und worin 0,01 ≤ p ≤ 0,20.

7. Lampe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Leuchtstoff ein mit Cer oder mit Cer und Terbium aktiviertes Aluminat mit hexagonaler Kristallstruktur ist, die der Struktur von Magnetoplumbit verwandt ist, welches Aluminat der Formel (Ce_{1-p-q}La_pTb_q)₂O₃ · xMgO · yAl₂O₃ entspricht, worin bis zu 25 Mol-% des Al₂O₃ durch Ga₂O₃ und/oder Sc₂O₃ ersetzt sein kann, und worin

$$0 \leq x \leq 2$$

$$10 \leq y \leq 16$$

$$0 \leq p \leq 0,50$$

$$0 \leq q \leq 0,60$$

$$p + q \leq 0,90 \text{ ist.}$$

8. Lampe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Leuchtstoff ein mit zweiwertigem Europium oder mit zweiwertigen Europium und zweiwertigem Mangan oder dreiwertigem Cer aktiviertes Aluminat mit hexagonaler Kristallstruktur ist, die der Struktur von β-Aluminiumoxid verwandt ist, welches Aluminat der Formel MeO · xMgO · yAl₂O₃; pEuO · qMnO · rCe₂O₃ entspricht, worin Me Ba und/oder Sr darstellt, worin bis zu 25 Mol-% des Al₂O₃ durch Ga₂O₃ und/oder Sc₂O₃ ersetzt sein kann, und worin

$$0 \leq x \leq 2$$

$$5 \leq y \leq 8$$

$$0,01 \leq p \leq 0,50$$

$$0 \leq q \leq 1,0$$

$$0 \leq r \leq 0,50 \text{ ist,}$$

wobei Me Ba ist, wenn x = 0 ist.

9. Lampe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Leuchtstoffschicht zumindest einen Leuchtstoff aus der Gruppe enthält, die aus mit zweiwertigem Europium aktiviertem Strontiumtetraborat, mit Blei aktiviertem Bariumdisilikat, mit zweiwertigem Europium aktiviertem Strontiumchlorophosphat mit Apatitstruktur, mit Cer und Terbium aktiviertem Gadoliniummetaborat und mit dreiwertigem Wismut und dreiwertigem Europium aktiviertem Gadoliniumborat besteht.

15 Die Erfindung betrifft eine Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampe mit einem vakuumdicht abgeschlossenen strahlendurchlässigen Kolben mit einer Leuchtstoffschicht, einer Gasfüllung, die Quecksilber und Edelgas enthält, und mit Mitteln zum Aufrechterhalten einer Säulenentladung in der Gasfüllung, wobei die von der Säule aufgenommene Leistung mindestens 500 W pro m² der Oberfläche der Leuchtstoffschicht beträgt.

Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampen sind Strahlenquellen, die in sehr grossem Umfang sowohl für allgemeine Beleuchtungszwecke als auch für besondere Zwecke (Photochemie u.dgl.) verwendet werden, weil sie die zugeführte elektrische Leistung auf besonders wirksame Weise in Strahlung umsetzen. Im allgemeinen bestehen diese Lampen aus einem rohrförmigen Kolben, der gerade oder gebogen, beispielsweise kreisförmig oder U-förmig gebogen sein kann. Dieser Kolben enthält eine Gasmischung aus Quecksilber und einem oder mehreren Edelgasen, in denen eine Entladungssäule erzeugt wird. Zum Aufrechterhalten dieser Säulenentladung sind Mittel zum Zuführen der elektrischen Energie an die Gasmischung vorgesehen. Diese Mittel enthalten meistens zwei Elektroden. In der Entladung wird im wesentlichen Ultraviolettstrahlung erzeugt, von der ein ziemlich geringer Teil Wellenlängen von ungefähr 185 nm und der grösste Teil Wellenlängen von ungefähr 254 nm besitzt. Diese Ultraviolettstrahlung wird durch eine an der Innenwand des Lampenkolbens angeordnete Leuchtstoffschicht in Langwellenstrahlung mit einer Spektralverteilung abhängig vom benutzten Leuchtstoff im nahen ultravioletten oder im sichtbaren Teil des Spektrums umgesetzt.

45 Einer der häufigsten Lampentypen ist die sogenannte 40 W/T12-Lampe, die aus einem geraden etwa 1,20 m langen Rohr mit einem Durchmesser von ungefähr 37 mm besteht und eine Leistung von ungefähr 40 W aufnimmt. Diese Lampe wird im allgemeinen mit einem Lampenstrom von ungefähr 400 mA und mit einer elektrischen Feldstärke in der Säule von ungefähr 80 V/m betrieben. Die Temperatur der kältesten Stelle des Kolbens einer frei in der Luft brennenden Lampe nimmt unter diesen Umständen einen Wert von ungefähr 40 °C an, wobei ein Quecksilberdampfdruck von ungefähr 8 · 10⁻³ mbar auftritt. Es hat sich herausgestellt, dass diese Umstände für die Erzeugung von Ultraviolettstrahlung nahezu optimal sind. Andere häufig verwendete Lampentypen besitzen im Betrieb Werte des Lampenstroms, des elektrischen Feldes und des Quecksilberdampfdrucks, die den erwähnten Werten entsprechen oder nicht stark davon abweichen. Die Wandbelastung dieser Lampen, d.h. die von der Säule aufgenommene Leistung pro Flächeneinheit der Leuchtstoffschicht besitzt in diesen Lampen einen Wert von ungefähr 300 W/m².

65 Man hat bereits Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampen mit einer beträchtlich höheren Wandbelastung, und zwar über 500 W/m², hergestellt, so dass sich die aufgenommene elektrische Leistung je Volumeneinheit der Lampe

stark vergrössert. Zunächst wurde damit bezweckt, kleine und kompakte Lampen zu erzeugen. Aus der DE-OS 21 09 898 sind zum Beispiel kleine Lampen mit Wandbelastungen bis etwa 2500 W/m^2 bekannt. Die elektrische Feldstärke in diesen Lampen übersteigt die der normalen Lampen und hat beispielsweise einen Wert in der Grössenordnung von 600 V/m . Zweitens hat man durch die Verwendung hoher Stromdichten (von $0,5$ bis 25 A/m^2) Lampen herstellen können, deren Wand sehr hoch belastet ist. Derartige Lampen sind z.B. in den US-PS 37 78 662 und 36 79 928 beschrieben. In diesen Lampen können Wandbelastungen in der Grössenordnung von 25000 W/m^2 auftreten.

Ein grosser Nachteil der bekannten Lampen mit verhältnismässig hoher Wandbelastung ist, dass die Ausbeute der Lampe, d.h. der relative Strahlungsstrom oder Lichtstrom der von der Leuchtstoffschicht ausgesandten Nutzstrahlung (die Leistung an Nutzstrahlung pro Einheit der der Lampe zugeführten elektrischen Leistung) einen geringen Wert zeigt. Diese Ausbeute ist insbesondere wesentlich geringer als die der normalen Lampen (beispielsweise der 40W/T12 -Lampe). Dieser Nachteil macht sich insbesondere bei den kompakten Lampen geltend und ist auch die Ursache dafür, dass dieser Lampentyp, der für praktische Anwendungen, beispielsweise als Ersatz für die normalen Glühlampen, grosse Vorteile bieten würde, bisher nicht eingeführt worden ist. Erkenntnisse über die Ursachen, weshalb es sich als nicht möglich erwies, Lampen mit hoher Leistungsaufnahme pro Volumeneinheit und mit einer Ausbeute vergleichbar der der normalen Lampen zu erhalten, fehlten. Auch bekannte Erkenntnisse hinsichtlich des optimalen Quecksilberdampfdrucks (der bei höher belasteten Lampen einen höheren Wert hat, beispielsweise bis zu 1 mbar bei einer Temperatur der kältesten Stelle der Wand von 120°C) und Mittel zur Quecksilberdampfdruckeinstellung (Amalgam und dergleichen) haben nicht zum gewünschten Ergebnis geführt. Man war daher bis jetzt der Meinung, dass die Herstellung einer kompakten Lampe, beispielsweise durch Durchmesserverringern unter Beibehaltung der zugeführten elektrischen Leistung, unvermeidlich von Verlusten in der Ausbeute begleitet werden müsste.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampen mit einer hohen Dichte der aufgenommenen Leistung und mit einer hohen Strahlungsausbeute zu schaffen, wodurch einerseits kompakte Lampen mit einer Ausbeute nahezu gleich der der normalen Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampen und zum anderen Lampen mit hohen Stromdichten mit einer verbesserten Strahlungsausbeute verfügbar werden.

Diese Aufgabe wird bei einer Lampe der eingangs erwähnten Art erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass die Leuchtstoffschicht einen Leuchtstoff enthält, der die Eigenschaft hat, bei 254-nm -Anregung einen Lichtstrom zu ergeben, der – nach einer 15 Minuten langen Ultraviolettbestrahlung des Stoffes mit Wellenlängen von vorwiegend 185 und 254 nm , mit einer Strahlungsdichte zwischen 150 und 500 W/m^2 und mit einem Verhältnis der 185-nm -Leistung zur 254-nm -Leistung zwischen $0,20$ und $0,40$ – höchstens um 5% geringer ist als der Initiallichtstrom des Stoffes ebenfalls bei 254-nm -Anregung, der unter identischen Umständen gemessen worden ist, und dass die Kombination von Kationen im Leuchtstoff eine Elektronegativität von höchstens $1,4$ hat.

Versuche, die zur Erfindung geführt haben, haben gezeigt, dass in einer hochbelasteten Lampe eine wirksame Umsetzung der elektrischen Leistung in Ultraviolettstrahlung möglich ist. Insbesondere hat es sich völlig unerwartet herausgestellt, dass die Ausbeute dieser Umsetzung nahezu gleich der der normalen 40W/T12 -Lampe sein kann. Es wurde dabei gefunden, dass die Elektronentemperatur in der hochbelasteten Lampe einen Wert annehmen muss, der nicht kleiner und

vorzugsweise sogar grösser als der in der normalen Lampe ist. Dazu kann man verschiedene Massnahmen ergreifen. Beispielsweise ausgehend von der normalen Lampe hält man die gewünschte hohe Elektronentemperatur aufrecht, wenn der Durchmesser des Entladungsrohrs geringer gewählt und die der Lampe zugeführte elektrische Leistung nahezu konstant gehalten wird. Im Vergleich zu den normalen Lampen ist dabei die elektrische Feldstärke höher, der Lampenstrom kleiner und die Wandbelastung grösser. Versuche haben gezeigt, dass auch bei sehr niedrigen Werten des Durchmessers des Entladungsrohrs (von ein bis einigen Millimetern) die erwähnte hohe Ausbeute bei der Umsetzung in Ultraviolettstrahlung erreicht werden kann. Eine andere Massnahme, die es ermöglicht, eine hohe Elektronentemperatur aufrechtzuerhalten, ist die Herabsetzung des Edelgasdrucks in der Lampe, wobei die zugeführte elektrische Leistung erhöht wird. Im Vergleich zu den normalen Lampen ist der Lampenstrom wesentlich grösser und die elektrische Feldstärke nahezu gleich oder etwas geringer. Die Wandbelastung in diesen Lampen ist selbstverständlich grösser.

Weiter wurde gefunden, dass bei einer wirksamen Erzeugung von Ultraviolettstrahlung in hochbelasteten Lampen nicht nur die UV-Strahlungsdichte an der Wand hoch ist, sondern auch, dass der Anteil der Strahlung mit Wellenlängen von 185 nm verhältnismässig höher ist als in normalen Lampen. Dieses unerwartet hohe Verhältnis zwischen der 185-nm -Strahlung und der 254-nm -Strahlung in Verbindung mit der erhöhten Dichte der insgesamt erzeugten Ultraviolettstrahlung hat zur Folge, dass insbesondere die 185-nm -Belastung der Wand derartiger Lampen wesentlich höher ist als in normalen Lampen.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass das Versagen der bekannten Lampen mit hoher Wandbelastung nicht die Folge einer niedrigen Ausbeute bei der Umsetzung in Ultraviolettstrahlung ist, wie bisher allgemein angenommen wurde, sondern den benutzten Leuchtstoffen zugeschrieben werden muss. Als Massnahme zum Erhalten wirksamer, hochbelasteter Lampen gibt die Erfindung geeignete Leuchtstoffe an. Durch diese Erfindung wird daher der Weg zu einem völlig neuen Lampentyp geöffnet, und zwar zur kompakten Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampe, die in sehr grossen Mengen benutzte normale Glühlampe ersetzen kann. Da die Ausbeute der Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampe etwa fünfmal grösser als die der Glühlampe ist, wird hierdurch eine sehr beträchtliche Energieersparnis ermöglicht. In der erfindungsgemässen Lampe wird ein Leuchtstoff verwendet, der einerseits in hohem Masse gegen 185-nm -Strahlung beständig ist, d.h. die Lampe weist einen nur geringen Abfall im Lichtstrom (bei Anregung mit 245-nm -Strahlung) durch eine Bestrahlung mit 185-nm -Strahlen auf, und der andererseits eine hohe Quecksilberfestigkeit besitzt.

Es ist bekannt, dass das Bestrahlen eines Leuchtstoffs mit 185-nm -Strahlung im allgemeinen bereits nach sehr kurzer Zeit einen nachteiligen Einfluss auf den Lichtstrom des Leuchtstoffes ausübt. Als Mass für die Beständigkeit gegen 185-nm -Strahlung dient der sogenannte Kurzfristrückgang, unter dem in dieser Beschreibung der Rückgang (in %) des Lichtstroms des Stoffes (bei der 254-nm -Anregung) durch eine Bestrahlung mit Wellenlängen vorwiegend von 185 nm und 254 nm mit einer Strahlungsdichte zwischen 150 und 500 W/m^2 und mit einem Verhältnis der 185-nm -Leistung zur 254-nm -Leistung zwischen $0,20$ und $0,40$ von 15 Minuten verstanden sei. Eine Anordnung zur Bestimmung des Kurzfristrückgangs sowie das Ausmass dieses Rückgangs bei einigen Leuchtstoffen sind aus «Illuminating Engineering» 59 (1964), S. 59–66 bekannt. Nachstehend wird eine derartige Anordnung mit weiteren Einzelheiten beschrieben. Durch die

hohe Dichte der 185-nm-Strahlung wird in Lampen nach der Erfindung eine hohe Anforderung an den Kurzfrüstrückgang des Leuchtstoffes gestellt. Er darf höchstens 5% betragen. Es hat sich nämlich gezeigt, dass bei höheren Werten dieses Rückgangs Lampen erhalten werden, die bereits nach sehr kurzer Brennzeit (faktisch bereits nach den wenigen Minuten, die zum Erhalten einer stabil brennenden Lampe erforderlich sind; in der Praxis ist daher auch bei der Messung des Lichtstroms der Lampe bei 0 Stunden der Kurzfrüstrückgang bereits erfolgt) einen unzulässig niedrigen Lichtstrom ergeben.

In der erfindungsgemässen Lampe muss der Leuchtstoff ausser der Bedingung hinsichtlich des Kurzfrüstrückgangs auch der einer grösseren Quecksilberfestigkeit genügen. Es wurde nämlich gefunden, dass die Leuchtstoffschicht in hochbelasteten Lampen einer viel grösseren Anzahl von Zusammenstössen mit angeregten Quecksilberatomen und Quecksilberionen ausgesetzt ist als im Falle der normalen Lampen. Die energiereichen Quecksilberatome und Quecksilberionen können an der Oberfläche der Leuchtstoffschicht absorbiert werden und/oder mit dem Leuchtstoff reagieren. Infolgedessen tritt eine Vergrauerung der Leuchtstoffschicht auf, wodurch der Lichtstrom der Lampe bedeutend geringer wird. Ein Mass für die Quecksilberfestigkeit eines Leuchtstoffes findet man in der Elektronegativität (e.n.) der Kationen des Leuchtstoffes. Unter Kationen seien in dieser Beschreibung und in den Ansprüchen die Metalle aus den Reihen 1A, 1B, 2A, 2B und 3B des periodischen Systems der Elemente nach dem «Handbook of Chemistry and Physics», Cleveland (Ohio), verstanden. Die übrigen Elemente seien hier als Anionen oder anionenbildende Elemente aufgefasst. Die Werte der Elektronegativität der Elemente werden in L. Pauling «The Nature of the Chemical Bond», New York (1945), angegeben. Wenn man die Elemente in einer Reihe nach ansteigendem Wert der Elektronegativität ordnet, bekommt man die sogenannte Spannungsreihe der Elemente. Ein bestimmtes Element kann grundsätzlich alle Elemente aus dieser Reihe mit gleichem oder höherem Wert für die Elektronegativität aus einer Verbindung verdrängen. Es ist klar, dass Quecksilber (mit Elektronegativität = 1,9) Leuchtstoffe angreifen wird, deren Kation eine e.n. $\geq 1,9$ hat (diese Kationen sind gleich edel oder edler als Quecksilber). Es hat sich nunmehr herausgestellt, dass das Kation eines Leuchtstoffes, der für Lampen nach der Erfindung geeignet ist, eine verhältnismässig niedrige Elektronegativität besitzen muss, nämlich höchstens 1,4. Dies lässt sich daraus erklären, dass das Quecksilber im Entladungspasma energiereicher als neutrales Quecksilber ist, und daraus, dass die Frequenz der Zusammenstösse des Quecksilbers mit der Leuchtstoffschicht gross ist. Es wurde z.B. gefunden, dass ein Zink (e.n. = 1,6) als Kation-enthaltender Leuchtstoff, der in normalen Lampen erst nach verhältnismässig langer Brenndauer der Lampe etwas von Quecksilber angegriffen wird, in erfindungsgemässen Lampen gar nicht verwendbar ist, weil die Leuchtstoffschicht bereits nach einigen Minuten bis zu einigen Brennstunden der Lampe stark vergraut ist. Wenn ein Leuchtstoff mehrere Kationen enthält, beispielsweise wenn das als Aktivator benutzte Element ein Kation ist, muss die Kombination der Kationen eine Elektronegativität von höchstens 1,4 haben, d.h. der Schwerpunktwert der Elektronegativitäten der Kationen darf nicht mehr als 1,4 betragen. In diesem Fall ist es möglich, dass ein geringer Teil der Kationen im Leuchtstoff an sich eine Elektronegativität über 1,4 besitzt.

Bevorzugt werden Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampen nach der Erfindung, die einen Leuchtstoff enthalten, der die Eigenschaft hat, nach der erwähnten 15 Minuten anhaltenden Ultraviolettbestrahlung einen Lichtstrom zu liefern, der höchstens um 3% kleiner als der Initiallichtstrom

ist. Denn mit Leuchtstoffen, die einen derartig geringen Kurzfrüstrückgang aufweisen, bekommt man Lampen mit einem sehr hohen spezifischen Lichtstrom, auch bei sehr hohen Wandbelastungen.

Vorzugsweise wird in erfindungsgemässen Lampen im Betrieb eine elektrische Feldstärke von 150 bis 1000 V/m in der Säulentladung aufrechterhalten. Diese verhältnismässig hohe Feldstärke kann durch die Wahl eines verhältnismässig geringen Durchmessers des Lampenkolbens erreicht werden. Bei einem verhältnismässig geringen Lampenstrom bekommt man so kompakte hochbelastete Lampen mit einem hohen spezifischen Lichtstrom.

Eine sehr vorteilhafte Ausführungsform einer derartigen Lampe, betrieben mit einer Feldstärke von 150 bis 1000 V/m, hat einen Kolben in Form eines Rohres, dessen Querschnitt senkrecht auf der Achse des Rohres nahezu kreisförmig ist und dessen Innendurchmesser einen Wert von 3 bis 15 mm hat. Es hat sich gezeigt, dass im erwähnten Durchmesserbereich sehr wirksame Lampen mit einem spezifischen Lichtstrom nahezu gleich dem der normalen Lampen (mit Innendurchmesser von ungefähr 36 mm) erhalten werden.

Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemässen Lampe wird im Betrieb ein elektrischer Strom mit einer Stromdichte von mindestens 0,5 A/cm² in der Säulentladung aufrechterhalten. Die Verwendung dieser verhältnismässig hohen Stromdichten ergibt Lampen mit grossem Lichtstrom. Durch den geringen Kurzfrüstrückgang und die gute Quecksilberfestigkeit der benutzten Leuchtstoffe ist der spezifische Lichtstrom dieser Lampen grösser als der der bekannten Lampen mit grosser Stromdichte.

Eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Lampe enthält als Leuchtstoff ein rot leuchtendes, mit dreiwertigem Europium aktiviertes seltenes Erdoxid der Formel Ln₂O₃:pEu³⁺, worin Ln mindestens eines der Elemente Y, Ge und Lu darstellt und 0,01 $\leq p \leq 0,20$. Diese an sich allgemein bekannten leuchtenden Oxide zeigen einen nur geringen Kurzfrüstrückgang und sind sehr gut gegen Quecksilber beständig, wodurch sie mit grossem Vorteil in erfindungsgemässen Lampen benutzt werden können.

Eine andere bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemässen Lampe enthält ein leuchtendes, mit Ce oder mit Ce und Tb aktiviertes Aluminat mit hexagonaler Kristallstruktur, die der Struktur des Magnetoplumbits verwandt ist, welches Aluminat der Formel (Ce_{1-p-q}La_pTb_q)₂O₃ · xMgO · yAl₂O₃ entspricht, worin bis zu 25 Mol-% des Al₂O₃ durch Ga₂O₃ und/oder Sc₂O₃ ersetzt sein kann und worin

$$\begin{aligned} 0 &\leq x \leq 2 \\ 0 &\leq y \leq 16 \\ 0 &\leq p \leq 0,50 \\ 0 &\leq q \leq 0,60 \\ p + q &\leq 0,90 \text{ ist.} \end{aligned}$$

Diese Gruppe von Leuchtstoffen ist an sich aus den DE-OS 23 53 943 und De-OS 23 57 811 bekannt, auf die wegen weiterer Einzelheiten hinsichtlich der Zusammensetzung und der Leuchteigenschaften hingewiesen wird. Es hat sich gezeigt, dass diese Aluminate einen geringen Kurzfrüstrückgang und eine hohe Quecksilberfestigkeit besitzen.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform einer erfindungsgemässen Lampe enthält ein leuchtendes, mit zweiwertigem Europium oder mit zweiwertigem Europium und zweiwertigem Mangan oder dreiwertigem Cer aktiviertes Aluminat mit Hexagonalkristallstruktur, die der Struktur von β -Aluminiumoxid verwandt ist, welches Aluminat der Formel MeO · xMgO · yAl₂O₃; pEuO · qMnO · rCe₂O₃ entspricht, worin Me Barium und/oder Strontium darstellt, worin bis zu 25 Mol-% des Al₂O₃ durch Ga₂O₃ und/oder Sc₂O₃ ersetzt sein kann, und worin

$$0 \leq x \leq 2$$

$$5 \leq y \leq 8$$

$$0,01 \leq p \leq 0,50$$

$$0 \leq q \leq 1,0$$

$$0 \leq r \leq 0,50 \text{ ist,}$$

wobei Me Barium ist, wenn $x = 0$ ist. Diese Gruppe von Leuchtstoffen ist an sich aus DE-PS 18 06 751, DE-OS 23 53 943 und DE-OS 23 52 411 bekannt, auf die wegen weiterer Einzelheiten hinsichtlich der Zusammensetzung und der Leuchteigenschaften verwiesen werden kann. Auch diese leuchtenden Aluminate sind durch ihren nur geringen Kurzfrüstrückgang und hohe Quecksilberfestigkeit zur Verwendung in erfindungsgemässen Lampen besonders geeignet.

Bevorzugt wird weiterhin eine erfindungsgemässe Lampe, deren Leuchtstoffschicht zumindest einen Leuchtstoff aus der Gruppe enthält, die aus mit zweiwertigem Europium aktiviertem Strontiumtetraborat, mit Blei aktiviertem Bariumdisilikat, mit zweiwertigem Europium aktiviertem Strontiumchlorophosphat mit Apatitstruktur, mit Cer und Terbium aktiviertem Gadoliniummetaborat und mit dreiwertigem Wismut und dreiwertigen Europium aktiviertem Gadoliniumborat besteht. Auch diese Stoffe besitzen, wie nachstehend näher beschrieben wird, einen ausgezeichneten Kurzfrüstrückgang. Weil auch ihre Quecksilberfestigkeit besonders vorteilhaft ist, können sie mit Vorteil in erfindungsgemässen Lampen benutzt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung und Messungen werden nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 schematisch und im Schnitt eine erfindungsgemässe Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampe und

Fig. 2 schematisch eine Anordnung, die sich zur Bestimmung des Kurzfrüstrückgangs von Leuchtstoffen eignet.

In Fig. 1 ist 1' der Glaskolben einer erfindungsgemässen Entladungslampe. Dieser Kolben hat einen Innendurchmesser von 10,3 mm und eine Länge von 30 cm. An den Enden der Lampe befinden sich Elektroden 2' und 3', zwischen denen im Betrieb der Lampe die Entladung erfolgt. Der Abstand zwischen den Elektroden 2' und 3' beträgt 26 cm. Die Lampe ist mit Argon zu einem Druck von 4 mbar (bei Raumtemperatur), das als Zündgas dient, und weiterhin mit einer geringen Quecksilbermenge gefüllt. An der Innenseite ist der Kolben 1' mit einer Leuchtstoffschicht 4' versehen, die einen Leuchtstoff enthält, der einen geringen Kurzfrüstrückgang aufweist und grosse Quecksilberfestigkeit hat. Dieser Leuchtstoff kann auf übliche Weise auf dem Kolben 1' angebracht werden, beispielsweise mit Hilfe einer Suspension.

Die in Fig. 2 dargestellte Anordnung zur Messung des Kurzfrüstrückgangs von Leuchtstoffen besteht aus einem Tisch 1, auf dem vakuumdicht abschliessend eine Glocke 2 aufgestellt ist. In der Glocke 2 ist ein scheibenförmiger Halter 3 mit einem Innendurchmesser von 45 mm angeordnet. Im Halter 3 ist eine Schicht 4 des zu untersuchenden Leuchtstoffpulvers angebracht. Der Halter 3 wird von einem Hohlrohr 5 getragen, das in der Glocke 2 mit Löchern versehen ist. In der Glocke 2 ist weiterhin eine Ultraviolettstrahlungsquelle 6 angeordnet. Diese Strahlungsquelle 6 ist eine Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampe, die aus einem Quarzglasrohr 7 mit einem Innendurchmesser von ungefähr 9,5 mm besteht. Das Rohr 7 ist zu einer horizontal liegenden, flachen Spirale mit etwa 2,5 Windungen ausgebildet, so dass eine flache scheibenförmige Strahlungsquelle mit einem Durchmesser von ungefähr 70 mm gebildet ist. Die Enden 8 und 9 des Rohres 7 stehen senkrecht auf der Ebene des spiralförmigen Teils der Strahlungsquelle und enthalten je eine Elektrode. Der an der Entladungsbahn gemessene Abstand zwischen den Elektroden beträgt ungefähr 33 cm. Das Rohr 7 ist weiter mit einem Edelgas und einer Quecksilbermenge gefüllt. Elektrische

Leiter 10 und 11 versorgen die Zufuhr der erforderlichen elektrischen Leistung zu den Elektroden der Quelle 6 und sind durch ein Hohlrohr 12 aus der Glocke 2 herausgeführt. Beim Betrieb der Quelle 6 beträgt die Säulenspannung etwa 65 V und der Lampenstrom ungefähr 500 mA. Der Abstand von der Quelle 6 zur Leuchtstoffschicht beträgt 45 mm. Die in der Quelle erzeugte Ultraviolettstrahlung wird vom Quarzrohr 7 zum grössten Teil durchgelassen. Bei den Messungen wird bei 13 Stickstoff in die Glocke hineingeführt. Der Stickstoffstrom wird bei 14 wieder abgeführt. Die auf diese Weise gebildete Stickstoffatmosphäre absorbiert nahezu keine kurzwelligeren Ultraviolettstrahlen. Bei der Bestrahlung zeigt es sich, dass die Ultraviolettstrahlungsdichte (185-nm- und 254-nm-Strahlung) an der Stelle der Leuchtstoffschicht 4 ungefähr 330 W/m² beträgt. Das Verhältnis zwischen der 185-nm-Leistung und der 254-nm-Leistung hat einen Wert von etwa 0,30. Der Wert dieses Verhältnisses ist deshalb wichtig, weil der Leuchtstoff in Niederdruck-Quecksilberdampfentladungslampen ausser mit 185-nm-Strahlung selbstverständlich auch mit 254-nm-Strahlung belastet ist. Es hat sich nämlich gezeigt, dass der Effekt von 185-nm-Strahlung auf einen Leuchtstoff vom gleichzeitigen Auftreten der 254-nm-Strahlung abhängig ist. Bei einem Wert des erwähnten Verhältnisses zwischen 0,20 und 0,40 werden reproduzierbare Messungen erhalten. Bei der Bestimmung des Kurzfrüstrückgangs eines Leuchtstoffes wird eine Probe des Stoffes 15 Minuten lang in einer Anordnung gemäss Fig. 2 bestrahlt. Es hat sich gezeigt, dass eine Bestrahlung von 15 Minuten mit Strahlungsdichten zwischen 150 und 500 W/m² reproduzierbare Ergebnisse hat. Nach der Bestrahlung von 15 Minuten wird auf übliche Weise der Lichtstrom der Probe ermittelt, wobei vermieden wird, dass zwischenzeitlich Ultraviolett- oder sichtbare Strahlung die Probe erreichen kann. Der auf diese Weise gemessene Lichtstrom wird mit dem auf identische Weise ermittelten Lichtstrom einer nichtbestrahlten Probe verglichen.

Auf die beschriebene Weise wird der Kurzfrüstrückgang einer Vielzahl von Leuchtstoffen bestimmt. Die Tabelle I gibt die Ergebnisse dieser Messungen für einige Beispiele von Leuchtstoffen, die sich zur Verwendung in erfindungsgemässen Lampen eignen. Die Tabelle gibt für jedes Beispiel, neben der Formel des Stoffes, in der Spalte (e.n.) den Wert der Elektronegativität der Kombination von Kationen im Stoff an. In der Spalte «K.T.T.» ist der Kurzfrüstrückgang in Prozent angegeben. Zum Vergleich dienen die Beispiele a und b. Diese Beispiele beziehen sich auf Stoffe, die häufig in normalen Lampen verwendet werden, sich aber nicht zur Verwendung in erfindungsgemässen Lampen eignen, weil ihr Kurzfrüstrückgang zu gross ist. Zum Vergleich diene ebenfalls das Beispiel c (Willemit). Dieser ebenfalls oft in normalen Lampen benutzte Stoff hat einen ausgezeichneten Kurzfrüstrückgang, ist aber dennoch in Lampen nach der Erfindung nicht verwendbar, weil er eine zu geringe Quecksilberfestigkeit hat. Dies ergibt sich aus dem Wert der Elektronegativität, die 1,4 übersteigt. In hochbelasteten Lampen ist dieser Stoff nach kürzerer Zeit (faktisch bereits nach dem Einbrennen der Lampe bei der Ermittlung des sogenannten 0-Stunden-Wertes) stark angegriffen, so dass ein zu geringer Wert für den Lichtstrom erhalten wird.

Die Stoffe nach der Tabelle I wurden in Lampen mit einem Innendurchmesser von 10,3 mm gemäss der Beschreibung anhand der Fig. 1 angebracht. Diese Lampen wurden mit einem Lampenstrom von 175 mA und mit einer elektrischen Feldstärke von 196 V (Wandbelastung 750 W/m²) betrieben. Messungen der Säulenausbeute bei 0 Stunden (nach dem Einbrennen der Lampe) d.h. der Ausbeute bei der Umsetzung der in der Entladungssäule aufgenommenen Leistung in Nutzstrahlung, sind in der Tabelle I unter «LO 0

Stunde, Ø 10,3» gegeben. Zum Vergleich sind die Werte der Säulenausbeute dieser Stoffe bei der Verwendung in normalen Lampen mit einem Innendurchmesser von 36 mm (Wandbelastung 300 W/m²) unter «LO 0 Stunde, Ø 36» gegeben. Es stellt sich dabei klar heraus, dass eine Durchmessererringerung, wodurch hochbelastete Lampen entstehen, nach der Erfindung nicht von einem Ausbeuteverlust begleitet wird.

Tabelle I

Bei- spiel	Formel	e.n.	K.T.T. in %	LO 0 Stunden in Lumen/W Ø 10,3	Ø 36
1	Y ₂ O ₃ -Eu _{0,1} ³⁺	1,2	1-2	81,5	83,5
2	Ce _{0,67} Tb _{0,33} MgAl ₁₁ O ₁₉	1,2	3	140	140
3	BaMgAl ₁₀ O ₁₇ -Eu ²⁺	1,1	1,5	31	28
4	Ba _{0,85} Mg _{1,4} Al ₁₆ O ₂₇ -Eu _{0,15} ²⁺ Mn _{0,60} ²⁺	1,1	2,7	96	102
5	SrMgAl ₁₀ O ₁₇ -Eu ²⁺	1,1	1-2	53	46
6	SrB ₄ O ₇ -Eu ²⁺	1,0	2	0,37 ¹	0,33 ¹
7	BaSi ₂ O ₅ -Pb ²⁺	0,9	1	0,27 ¹	0,27 ¹
8	Sr ₃ (PO ₄) ₃ Cl-Eu ²⁺	1,0	0-1,5	21	20
9	GdB ₃ O ₆ -Ce ³⁺ , Tb ³⁺	1,1	1	124	122
10	GdBO ₃ -Bi ³⁺ , Eu ³⁺	1,1	3,5	57	54
a	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F,Cl)-Sb, Mn(3000K)	1,0	7,2	85	93
b	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (F,Cl)-Sb, Mn(4000K)	1,0	6	85	93
c	Zn ₂ SiO ₄ -Mn ²⁺	1,6	1	88	107

¹ Die Stoffe nach Beispiel 6 und 7 emittieren im Ultraviolettbereich des Spektrums. Die Säulenausbeute ist hier in der Leistung ausgesandter Strahlung pro W Säulenleistung (W/W) gegeben.

Beispiel 11, 12 und 13

Es wurden drei Lampen der anhand der Fig. 1 beschriebenen Art angefertigt, jedoch mit verschiedenen Innendurchmessern, und zwar 7, 8, 10,3 und 14,5 mm. Die Lampe mit Ø = 7,8 mm wurde mit einem Lampenstrom von 100 mA und einer Feldstärke von 286 V/m betrieben; die Wandbelastung betrug daher etwa 780 W/m². Für die Lampe mit Ø = 10,3 mm betragen diese Werte 175 mA, 196 V/m bzw. 750 W/m² und für die Lampe mit Ø = 14,5 mm: 250 mA, 150 V/m bzw. 595 W/m². Die drei Lampen waren mit einem blauen Leuchtstoff der Formel BaMgAl₁₀O₁₇-Eu²⁺ versehen. Ergebnisse von Messungen der Säulenausbeute während der Lebensdauer dieser Lampen, d.h. des Lichtstroms in Lumen pro Watt der in die Säule aufgenommenen elektrischen Leistung zu verschiedenen Zeitpunkten beim Brennen der Lampen, sind in der Tabelle II dargestellt. Die Tabelle gibt den spezifischen Lichtstrom nach 100 Stunden, LO 100h, in Lm/W. Die Messergebnisse bei 0 h und 500 h sind in % in bezug auf die Werte bei 100 h gegeben.

Tabelle II

Lampen- nr.	Ø (mm)	LO 100 h (Lm/W)	LO 0 h (%)	LO 500 H (%)
11	7,8	26,3	104	95
12	10,3	25,6	101	93
13	14,5	27,7	100	92

Beispiele 14, 15 und 16

Wie bei den Beispielen 11, 12 und 13 wurde auch hier vorgegangen. Die drei Lampen waren jetzt jedoch mit einem

roten Leuchtstoff der Formel Y₂O₃-Eu³⁺ versehen. Messungen der Säulenausbeute bei 0, 100, 500 und 1000 Stunden sind in der Tabelle III angegeben.

Tabelle III

Lampen- nr.	Ø (mm)	LO 100 h (Lm/W)	LO 0 h (%)	LO 500 h (%)	LO 1000 h (%)
14	7,8	78,3	100	99	97
15	10,3	81,8	103	101	94
16	14,5	79,4	98	97	97

Beispiel 17

Eine Lampe nach Fig. 1, jedoch mit einem Innendurchmesser von 7,8 mm, wurde mit einem grün leuchtenden Aluminat der Formel Ce_{0,67}Tb_{0,33}MgAl₁₁O₁₉ versehen. Die Lampe, die mit 100 mA, 286 V/m (Belastung 790 W/m²) betrieben wurde, wies bei 100 Stunden eine Säulenausbeute von 122,5 Lm/W auf. Bei 0, 500 und 1000 Stunden betrug der spezifische Lichtstrom 103, 96 bzw. 96% des Lichtstroms bei 100 Stunden.

Beispiel 18, 19 und 20

Drei Lampen nach Fig. 1, jedoch mit einer Länge von 45 cm und einem Innendurchmesser von 7,8 mm, wurden mit einer Mischung zweier Leuchtstoffe versehen, und zwar Y₂O₃-Eu³⁺ und Ce_{0,67}Tb_{0,33}MgAl₁₁O₁₉ in derartigen Mengen, dass die von der Lampe ausgesandte Strahlung eine Farbtemperatur von etwa 3000° K aufwies. Die Lampen wurden mit einem Strom von 200 mA betrieben. Die Ergebnisse von Messungen der Säulenausbeute sind in der Tabelle IV zusammengefasst. Diese Tabelle IV erwähnt weiterhin die Messungen für drei Lampen (e, f, g), die mit einem leuchtenden, mit Antimon und Mangan aktivierten Kalziumhalophosphat mit einer Farbtemperatur von 3000° K versehen waren. Diese Lampen, die im übrigen den Lampen 18, 19 und 20 völlig gleich waren, sind nicht erfindungsgemäss und nur zum Vergleich aufgenommen. Es ist klar, dass mit erfindungsgemässen Lampen ein hoher spezifischer Lichtstrom erreicht werden kann und dass dieser Lichtstrom während der Lebensdauer sehr gut aufrechterhalten bleibt.

Tabelle IV

Lampen- nr.	LO 100 h (Lm/W)	LO 0 h (%)	LO 500 h (%)	LO 1000 h (%)
18	94,3	102	99	93
19	92,0	101	97	93
20	92,1	103	96	96
e	70,1	111	91	78
f	66,4	110	89	79
g	67,6	110	90	76

Beispiele 21 bis 26

Drei Lampen (21, 22 und 23), völlig gleich den Lampen 18, 19 und 20, wurden mit 100 mA betrieben. Ebenfalls wurden drei gleiche Lampen (24, 25 und 26) mit 300 mA betrieben. Die Ergebnisse von Messungen der Säulenausbeute sind in der Tabelle V aufgenommen.

Tabelle V

Lampen- nr.	LO 100 h (Lm/W)	LO 0 h (%)	LO 500 h (%)	LO 1000 h (%)
21	99,0	102	101	100
22	105,4	100	99	96
23	106,7	101	100	97
24	77,5	99	95	84
25	81,4	105	99	94
26	78,0	103	95	87

Beispiele 27, 28 und 29

Drei Lampen gemäss Fig. 1 wurden mit einer Mischung dreier Leuchtstoffe, bestehend aus 54 Gew.-% $Y_2O_3-Eu^{3+}$, 36,5 Gew.-% $Ce_{0,67}Tb_{0,33}MgAl_{11}O_{19}$ und 9,5 Gew.-%

$BaMgAl_{10}O_{17}-Eu^{2+}$, versehen. Die im Betrieb von den Lampen ausgesandte Strahlung hatte eine Farbtemperatur von etwa 4400 K. Die erste Lampe (im Beispiel 27) wurde mit einem Strom von 100 mA betrieben und ergab eine Säulenausbeute von 100 Lumen/W. Die zweite Lampe (im Beispiel 28) wurde mit 175 mA betrieben und ergab eine Säulenausbeute von 99 Lumen/W. Die dritte Lampe (im Beispiel 29) wurde mit 250 mA betrieben und ergab eine Säulenausbeute von 93 Lumen/W.

⁵ Es ist klar, dass obige Ausführungsbeispiele nur zur Veranschaulichung der Erfindung dienen. Anhand der in dieser Beschreibung formulierten Bedingungen hinsichtlich des Kurzfristrückgangs und der Quecksilberfestigkeit und mit Hilfe der hier beschriebenen Verfahren zur Bestimmung dieser Eigenschaften kann der Fachmann leicht feststellen, welche Leuchtstoffe sich zur Verwendung in erfindungsgemässen Lampen eignen.

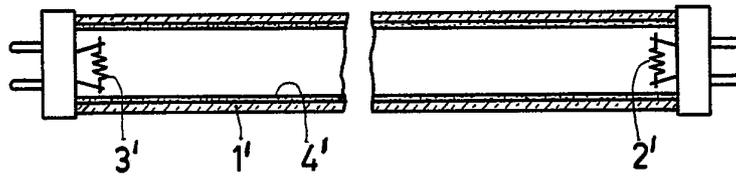


Fig.1

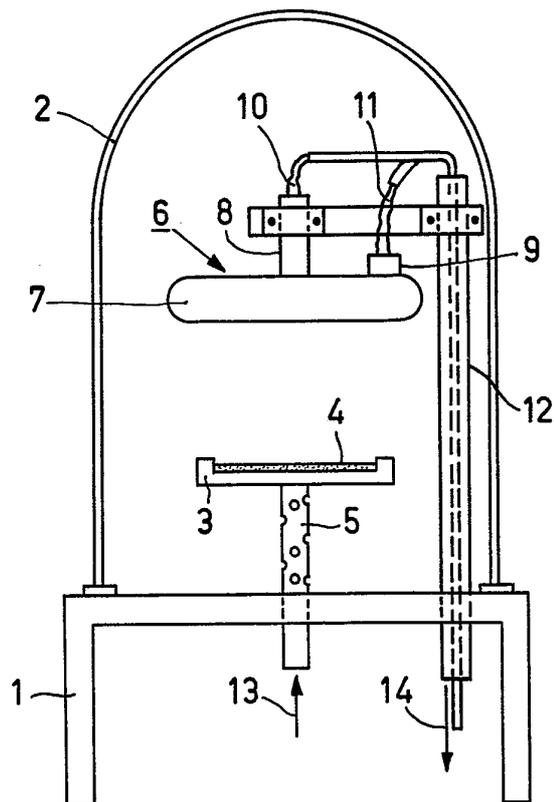


Fig.2