

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 834 905 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
08.04.1998 Patentblatt 1998/15

(51) Int. Cl.⁶: **H01J 61/22, H01J 61/82**

(21) Anmeldenummer: **97115536.1**

(22) Anmeldetag: **08.09.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV RO SI

(30) Priorität: **02.10.1996 DE 19640850**

(71) Anmelder:
**Patent-Treuhand-Gesellschaft
für elektrische Glühlampen mbH
81543 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Graser, Wolfram, Dr.
80337 München (DE)**
• **Schmidt, Dieter, Dr.
14129 Berlin (DE)**

(54) **Natriumhochdrucklampe kleiner Leistung**

(57) Die hier beschriebene Natriumhochdruckentladungslampe mit kleiner Leistung zeichnet sich durch einen sehr hohen Xenonkaltfülldruck von mindestens 1 bar aus. Das Druckverhältnis zum Natriumbetriebsdruck liegt zwischen 10 und 30. Damit lassen sich bei einer Lampenleistung von 50 bis 100 W Lichtausbeuten von etwa 100 lm/W und mehr erzielen.

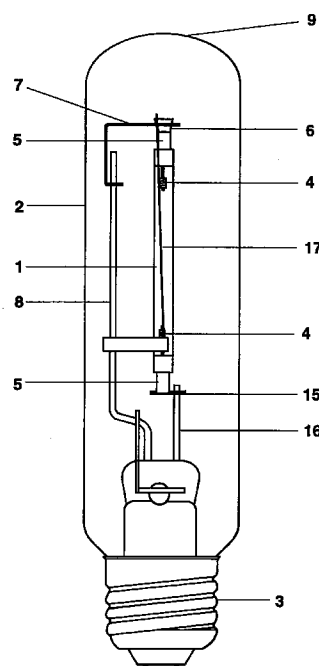


FIG. 1

EP 0 834 905 A2

Beschreibung**Technisches Gebiet**

- 5 Die Erfindung geht aus von einer Natriumhochdruckentladungslampe gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.
 Es handelt sich dabei insbesondere um Natriumhochdruckentladungslampen mit einer Leistung von höchstens 100 W und sehr hohem Xenondruck. Üblicherweise haben derartige Lampen ein kreiszylindrisches Entladungsgefäß aus Aluminiumoxid, das in einem durchscheinenden Außenkolben untergebracht ist.

10 Stand der Technik

- Die Grundzüge des Baus von Natriumhochdruckentladungslampen sind bereits lange bekannt. Ebenso ist es bereits seit langem bekannt, zur Erhöhung der Lichtausbeute bei diesen Lampen Xenon mit relativ hohem Druck zu verwenden. Beispielsweise ist in der einschlägigen Monographie „The High-Pressure Sodium Lamp“ von DE
 15 GROOT/VAN VLIET (Philips Technical Library, Deventer, 1986) auf Seite 299 und 300 ausgeführt, daß eine Erhöhung der Lichtausbeute um 10 bis 15 % erzielt werden kann, wenn - bei sog. SUPER-Lampen - ein Kaltfülldruck des Xenons von 20 bis 40 kPa (200 bis 400 mb) statt des standardmäßig üblichen Fülldrucks von ca. 30 mb verwendet wird.

- Gleichzeitig wird dort auf Seite 299 darauf hingewiesen, daß die Lichtausbeute bei Natriumhochdruckentladungslampen mit fallender Lampenleistung stark abnimmt. Auch bei erhöhtem Xenondruck beträgt sie für 50 W Lampenleistung
 20 höchstens 85 lm/W, während bei etwa 400 W Lampenleistung eine Lichtausbeute von ca. 138 lm/W erreicht werden kann.

- In der DE-PS 26 00 351 wird eine speziell für den sog. selbststabilisierenden Betrieb geeignete Hg-freie Natriumhochdrucklampe beschrieben mit einem Natriumbetriebsdruck $p_{NaB} = 4$ bis 93 mb, einem Xenonbetriebsdruck $p_{Xe(heiß)} \geq 800$ mb und ein Druckverhältnis $p_{NaB} / p_{Xe(heiß)} \leq 1/20$. Unter Berücksichtigung des üblichen Faktors 8 (siehe DE-AS
 25 28 14 882, Sp. 2, Mitte) für die Umrechnung zwischen Xenonbetriebsdruck und Xenonkaltfülldruck p_{XeK} ergibt sich damit ein Druckverhältnis $p_{XeK} / p_{NaB} \geq 2,5$. Beim selbststabilisierenden Betrieb wird angestrebt, eine Natriumhochdrucklampe ohne Vorschaltgerät zu betreiben. Für diesen Betriebsmodus ist eine lange Zerfallszeit des aus dem Füllgas gebildeten Plasmas notwendig. Um diese lange Zerfallszeit zu erreichen, wird, wie an sich bekannt, ein relativ hoher Xenondruck sowie ein relativ großer Innendurchmesser des Entladungsgefäßes verwendet (siehe auch die oben
 30 erwähnte einschlägige Monographie von DE GROOT/VAN VLIET auf Seite 126 und 154). Nach DE GROOT/VAN VLIET, S. 155, hat der selbststabilisierende Betrieb von Natriumhochdrucklampen wegen Problemen bei der Zündung und bei plötzlichen Veränderungen der Netzspannung keine praktische Anwendung gefunden.

- Die in DE-PS 26 00 351 exemplarisch beschriebene Natriumhochdruckentladungslampe besitzt eine hohe Leistung von 400 W und einen sehr großen Innendurchmesser von 7,6 mm. Der Xenonkaltfülldruck beträgt 260 mb und
 35 das Druckverhältnis p_{XeK} / p_{NaB} liegt bei etwa 3,5. Damit wird eine bei der hohen Leistung von 400 W eher mäßige Lichtausbeute von lediglich 110 lm/W erzielt. In dieser Schrift wird eine besonders hohe Lichtausbeute im Vergleich zu anderen Natriumhochdrucklampen weder angestrebt noch erzielt. Nach Fig. 10.18 von DE GROOT/VAN VLIET (S. 299) sind bei 400 W Leistung vielmehr Lichtausbeuten bis zu 138 lm/W erreichbar. Diese prinzipielle Abhängigkeit der Lichtausbeute von der Lampenleistung ist zu Vergleichszwecken hier nochmals als Fig. 3 dargestellt (s.u.).

- 40 In der DE-AS 28 14 882 wird eine Hg-freie Natriumhochdrucklampe ohne Selbststabilisierung beschrieben. Dabei wird, bezogen auf den Natriumbetriebsdruck, für den Xenonkaltfülldruck p_{XeK} ein Wert zwischen

$$1.25 < p_{XeK} / p_{NaB} < 6 \text{ mit } p_{NaB} = 150 \text{ bis } 500 \text{ mb}$$

- 45 empfohlen (p_{NaB} = Natriumbetriebsdruck). Dieser Wert für das Druckverhältnis p_{XeK} / p_{NaB} stimmt im übrigen wieder gut mit dem in DE-PS 26 00 351 beschriebenen überein. Es wird aber in DE-AS 28 14 882 (Sp. 3, Z. 41f) von einer weiteren Erhöhung des Xenon-Drucks über diese obere Grenze abgeraten, da sich der Nachteil der erschwerten Zündung ergibt, „ohne daß dem ein Zuwachs an Lichtausbeute gegenübersteht“. Bei den Ausführungsbeispielen mit kleiner Lampenleistung von 70 und 100 W ist $p_{NaB} = 230$ mb, der Xenonkaltfülldruck liegt bei ca. 500 mb. Dies entspricht
 50 einem Druckverhältnis p_{XeK} / p_{NaB} von etwa 2 bis 2,5. Damit wird eine Lichtausbeute von 97 bzw. 105 lm/W bei 70 bzw. 100 W Leistung erzielt. Diese Werte sind zum Vergleich als Kreuze in Fig. 3 (s.u.) eingetragen.

Darstellung der Erfindung

- 55 Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Natriumhochdruckentladungslampe kleiner Leistung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, die eine hohe Lichtausbeute besitzt.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

Die erfindungsgemäße Natriumhochdruckentladungslampe kleiner Leistung weist ein Entladungsgefäß auf, das zumindest Natrium und Xenon enthält. Unter kleiner Leistung wird dabei insbesondere eine Lampenleistung kleiner gleich 100 W verstanden.

Dabei ist p_{NaB} der Betriebsfülldruck des Natriums und p_{XeK} der Kaltfülldruck des Xenons. Überraschenderweise läßt sich bei kleinen Leistungen entgegen der bisherigen Lehrmeinung eine weitere Erhöhung der Lichtausbeute um typisch 20 % erzielen, wenn $p_{\text{NaB}} = 20$ bis 100 mb sowie $p_{\text{XeK}} = 1$ bis 5 bar gewählt wird und wenn außerdem gleichzeitig die Bedingung $p_{\text{XeK}} / p_{\text{NaB}} \geq 10$ eingehalten wird. Vorteilhaft liegt das Druckverhältnis $p_{\text{XeK}} / p_{\text{NaB}}$ zwischen 10 und 30.

Zur Erhöhung der Brennspannung kann Quecksilber der Lampenfüllung hinzugefügt sein.

Der Xenon-Druck übersteigt die bei bisher bekannten Natriumhochdruckentladungslampen mit hohem Xenon-Druck (beispielsweise die NAV SUPER-Lampen der Fa. OSRAM) üblichen Werte um das Drei- bis Zehnfache. Dabei ergibt sich gegenüber diesen NAV-SUPER-Lampen eine typisch um 20 % gesteigerte Lichtausbeute.

Die bereits erwähnte vorbekannte Erhöhung der Lichtausbeute von Natriumhochdrucklampen bei Erhöhung des Xenondrucks (siehe DE GROOT/VAN VLIET, S. 153 und S. 299-300) wird in sog. NAV SUPER-Lampen kommerziell genutzt. Die mit der vorliegenden Erfindung erzielte Lichtausbeute-Erhöhung bei einer weiteren Steigerung des Xenon-Drucks gegenüber den Werten in NAV-SUPER-Lampen ist jedoch unerwartet hoch und war in diesem Ausmaß nicht bekannt. So wird z.B. in DE GROOT/VAN VLIET, S. 300, eine um 10 bis 15 % gegenüber sog. Standardlampen (mit 30 mb Xenonkaltfülldruck) erhöhte Lichtausbeute bei Steigerung des Xenon-Fülldrucks (kalt) auf 200 bis 400 mb beschrieben. Eine weitere Druckerhöhung wird dort wegen der erschwerten Zündung ausgeschlossen.

Das überraschende Verhalten der erfindungsgemäßen Lampen basiert auf der gezielten Ausnutzung eines bisher von der Fachwelt nicht berücksichtigten Sachverhalts. Es ist zwar bekannt, daß die Lichtausbeute von Natriumhochdrucklampen zu kleinen Lampenleistungen hin deutlich abnimmt (DE GROOT/VAN VLIET, S. 299; siehe unten Fig. 3). Die dort gegebene Erklärung, daß für diese Gesetzmäßigkeit der Umstand verantwortlich ist, daß bei kleiner Lampenleistung die Effizienz der Strahlung geringer ist und die Elektrodenverluste größer sind als bei größerer Lampenleistung, ist jedoch nicht richtig. Der hauptsächliche Grund ist vielmehr, daß der relative Anteil des Wärmeverlusts im Entladungsbogen an der Lampenleistung mit abnehmender Lampenleistung größer wird. Dieser Wärmeverlust läßt sich aber durch die geringe Wärmeleitfähigkeit von Xenon, wenn es mit genügend hohem Druck als Puffergas verwendet wird, reduzieren. Dieser Effekt wirkt sich um so günstiger auf die Lichtausbeute aus, je kleiner die Lampenleistung ist. Entscheidende Bedeutung kommt dabei dem Druckverhältnis zwischen Xenon und Natrium zu, weil Natrium im Gegensatz zu Xenon eine hohen Wärmeleitfähigkeit besitzt. Je höher der Xenondruck gegenüber dem Natriumdruck ist, desto besser können die Wärmeverluste eingedämmt werden. Dies führt im Endeffekt zu der beobachteten zusätzlichen Erhöhung der Lichtausbeute bei kleinen Leistungen.

Der sehr hohe Xenon-Druck von mindestens 1 bar (kalt) hat neben der Erhöhung der Lichtausbeute noch weitere Vorteile:

1. Durch die geringeren Wärmeverluste kann eine niedrigere Wandtemperatur des Entladungsgefäßes erreicht werden. Dies kann beispielsweise zu einer Verlängerung der Lebensdauer ausgenutzt werden. Alternativ kann das Entladungsgefäß verkleinert werden, so daß die ursprünglich vorhandene Wandtemperatur wieder erreicht wird. Durch die höhere Leistungsdichte erhöht sich dabei die Lichtausbeute noch weiter.

2. Der hohe Xenondruck behindert die Diffusion. Dies mindert die Abdampfung von Elektrodenbestandteilen während des Zündvorgangs und reduziert die daraus folgende Schwärzung der Wand des Entladungsgefäßes im Bereich der Elektroden. Dieser Effekt ist qualitativ von NAV SUPER-Lampen her bekannt. Bei sehr hohem Xenon-Druck ist er noch stärker ausgeprägt, wodurch die Lebensdauer weiter vergrößert wird.

3. Bei den erfindungsgemäßen Lampen liefert Xenon wegen seines sehr hohen Drucks einen erheblichen Beitrag zur Brennspannung. Dieser Beitrag ist unabhängig von der Temperatur des Entladungsgefäßes, da das Xenon im Gegensatz zu Natrium auch bei Raumtemperatur gasförmig vorliegt. Dies wirkt stabilisierend gegenüber Schwankungen der Netzspannung oder Fertigungsstreuungen. Im Gegensatz dazu ist bei allen vorbekannten Lampen (beispielsweise gemäß DE-AS 28 14 882) der Beitrag der Xenon-Atome zur Brennspannung unerheblich. Die Brennspannung wird dort fast allein durch die Anzahl der Natrium-Atome bestimmt, die stark von der Temperatur des kältesten Punktes (cold spot) und damit von Schwankungen der Netzspannung oder Fertigungsstreuungen beeinflusst wird. Im Falle eines Quecksilberzusatzes wirkt auch dieser bei der Einstellung der Brennspannung mit.

4. Durch den sehr hohen Xenondruck ergibt sich eine besonders niedrige Wiederspitzspannung im Betrieb der Lampe. Dies verlängert die Lebensdauer wegen der geringeren Belastung der Elektroden und gibt größere Sicherheit vor Verlöschen bei plötzlichen Netzspannungsschwankungen.

5. Xenon bewirkt im Natriumspektrum eine Verbreiterung des Kuppenabstands im spektralen Profil der druckverbreiterten, in ihrer Mitte selbstabsorbierten Natrium-Resonanzlinie (D-Linie). Dieser Effekt ist im Prinzip bekannt (siehe DE GROOT/VAN VLIET, insbes. S. 16a, Plate 1c). Dadurch kann der Natriumdruck bei gleicher Farbtemperatur

und Farbwiedergabe erniedrigt werden. Dieser Effekt wirkt sich bei sehr hohem Xenon-Druck von mindestens 1 bar (kalt) durchgreifend aus. Bei der vorliegenden Erfindung wird der Natriumdruck im Verhältnis zum Xenondruck besonders bevorzugt so niedrig eingestellt, daß sich ein Kuppenabstand der beiden Flügel der Resonanzlinie von typisch 10 nm, höchstens 12 nm, ergibt. Dabei ist eine wesentliche Voraussetzung, daß das Verhältnis $p_{XeK}/p_{NaB} \geq 10$ und $p_{NaB} = 20$ bis 100 mb gewählt wird. Es hat sich herausgestellt, daß unter diesen Bedingungen optimale Lichtausbeuten entstehen. Dagegen liegt bei den in DE-AS 28 14 882 angegebenen Verhältnissen ein Kuppenabstand der beiden Flügel der Natrium-D-Linie von mindestens 15 bis 20 nm vor, da p_{NaB} dort relativ hoch ist (s.o.). Dies läßt sich mit Hilfe der in DE GROOT/VAN VLIET, S. 87, angegebenen Gleichung (3.28) abschätzen.

Aus den Punkten 3 und 5 ergibt sich eine zusätzliche Rechtfertigung für die Wahl des für die vorliegende Erfindung typischen geringen Betriebsdrucks des Natriumdampfes von 20 bis 100 mb. Dieser niedrige Natriumdruck hat seinerseits mehrere Vorteile:

1. Bei einem Natriumdampfdruck von 20 bis 100 mb beträgt die Temperatur des Entladungsgefäßes an der kältesten Stelle (cold spot) nur 840 bis 950 K. Diese kälteste Stelle liegt immer in der Nähe der Einschmelzung. Daher ist die Einschmelzung jetzt typisch um 150 K kälter als bei vorbekannten Lampen (siehe DE-AS 28 14 882), woraus eine Verringerung der Lampenausfälle durch Lecks im Bereich der Einschmelzung folgt.
2. Die durch Natrium bedingte Korrosion der Wand des Entladungsgefäßes, die bevorzugt in der Mitte des Gefäßes auftritt, wird wegen des niedrigen Natriumpartialdrucks verringert. Dadurch ergibt sich eine zusätzliche Verbesserung der Lebensdauer.

Dem in DE-AS 28 14 882 erwähnten Nachteil der erschwerten Zündbarkeit kann gerade bei kleinen Lampenleistungen (≤ 100 W) durch die Verwendung von verbesserten, handelsüblichen Sockeln, Fassungen und Zündgeräten wirksam begegnet werden, solange der Xenondruck nicht zu hoch (über 5 bar) gewählt wird. Vorteilhaft wird der Xenondruck auf Werte bis zu 3 bar begrenzt. Diese verbesserten Teile werden bereits bei handelsüblichen Metallhalogenidlampen der Fa. OSRAM (z.B. HQI-E 100 W/NDL und WDL) eingesetzt. Eine Zündung an herkömmlichen Zündgeräten für NAV-Lampen kleiner Leistung ist dagegen bei erfindungsgemäßen Lampen nicht möglich.

Die hier beschriebenen Lampen sind im Gegensatz zu DE-PS 26 00 351 für selbststabilisierenden Betrieb weder beabsichtigt noch geeignet. Dabei ist auch der erfindungsgemäß erzielte Xenon-Betriebsdruck mit 8 bis 24 bar wesentlich höher als der dort angegebene typische Wert von 1,8 bar.

Das in DE-PS 26 00 351 beschriebene Heizen des Entladungsgefäßes, das dort zum Start nötig ist (alternativ kann ein konventionelles Vorschaltgerät verwendet werden), ist beim erfindungsgemäßen Entladungsgefäß nicht erforderlich. Das erfindungsgemäße Entladungsgefäß besitzt bevorzugt einen Appendix (anfangs offenes Niobrohr), durch den in an sich bekannter Weise Xenon mit hohem Druck gefüllt werden kann und der nach dem Füllvorgang verschlossen wird.

Die erfindungsgemäßen Lampen können insbesondere neben Natrium und Xenon zusätzlich Quecksilber in der Füllung enthalten. Die Erhöhung der Lichtausbeute ist bei Lampen mit und ohne Quecksilberzusatz ähnlich groß.

Eine typische Lampenfüllung mit Quecksilberzusatz verwendet ein Amalgam mit 18 Gew.-% Na.

Bevorzugt beträgt der Innendurchmesser des Entladungsgefäßes zwischen 2,5 und 5 mm, insbesondere höchstens 4 mm. Bei diesen Abmessungen ist eine Selbststabilisierung von vornherein ausgeschlossen. Zum Vergleich: die in DE-PS 26 00 351 angegebenen Innendurchmesser sind um eine ganze Zehnerpotenz größer. Im allgemeinen ist zwar das Entladungsgefäß kreiszylindrisch, es kann aber auch eine andere Geometrie besitzen, beispielsweise in der Mitte ausgebaucht sein.

Vorteilhaft weisen die Natriumhochdruckentladungslampen zusätzlich eine kapazitive Zündhilfe auf, z.B. ein Draht entlang des Entladungsgefäßes. Im Gegensatz zu DE-PS 26 00 351 benötigen die erfindungsgemäßen Lampen jedoch keine Vorheizung.

Diese Lampen haben häufig einen Niobrohr-Appendix, wie er beispielsweise in DE GROOT/VAN VLIET auf Seite 251, Fig. 8.30, beschrieben ist.

Der Betrieb derartiger Lampen ist an einem konventionellen oder häufig auch an einem elektronischen Vorschaltgerät möglich.

Die hier beschriebenen Entladungsgefäße werden bevorzugt in kreiszylindrischen oder elliptischen Außenkolben eingesetzt.

Im folgenden soll die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

- Figur 1 eine Natriumhochdruckentladungslampe
- Figur 2 einen Vergleich der Lichtausbeute verschiedener Natriumhochdrucklampen (mit jeweils einer Leistung von 50 W) mit unterschiedlichem Xenondruck (mit und ohne Hg)
- Figur 3 einen Vergleich der Lichtausbeute verschiedener Natriumhochdrucklampen für unterschiedliche Lampen-

leistungen und unterschiedlichem Xenondruck

Beschreibung der Zeichnungen

5 Die in Fig. 1 gezeigte Natriumhochdruckentladungslampe mit einer Leistung von 50 W besitzt ein Entladungsgefäß 1 aus Aluminiumoxid. Es ist in einem zylindrischen Außenkolben 2 aus Hartglas angeordnet, der an seinem ersten Ende mit einem Schraubsockel 3 und an seinem zweiten Ende mit einer Kuppe 9 abgeschlossen ist. Der Außenkolben 2 ist evakuiert.

10 Im Entladungsgefäß 1 mit einem Innendurchmesser von 3,3 mm stehen sich zwei Elektroden 4 gegenüber, die einen Elektrodenabstand EA von 30 mm aufweisen. Die sockelferne erste Elektrode 4 ist über eine rohrförmige Niob-Durchführung 5 mit Appendix 6 mit einer Zuleitung 7 verbunden, die an eine massive äußere Stromzuführung 8 angeschlossen ist, die entlang des Entladungsgefäßes zu einem Kontakt im Schraubsockel 3 führt.

Die zweite Elektrode 4 ist ebenfalls über eine Niob-Durchführung 5 (jedoch ohne Appendix) mit einem Metalldraht 15 verbunden. Dieser ist über einen weiteren Leiter 16 an einen zweiten Kontakt im Sockel 3 angeschlossen.

15 Das Entladungsgefäß ist mit einer kapazitiven Zündhilfe ausgestattet, die durch einen Zünddraht 17 entlang des Entladungsgefäßes gebildet wird. Der Zünddraht 17 ist mit der zweiten Elektrode 4 elektrisch leitend verbunden.

Die Lampe ist beispielsweise über eine Zündschaltung im Lampensockel an ein Wechselspannungsnetz mit 220 V angeschlossen. Die Zündspannung ist 4 kV.

20 Das Entladungsgefäß 2 enthält eine Füllung, die nur Natrium und Xenon umfaßt. Der Kaltfülldruck des Xenons (p_{XeK}) beträgt 3 bar, der Betriebsfülldruck des Natriums (p_{NaB}) ist 100 mb, so daß $p_{XeK} / p_{NaB} = 30$.

25 Diese Lampe erreicht einen Lichtstrom von 5100 lm und eine Lichtausbeute von 102 lm/W (siehe Figur 2, dreieckiger voller Meßpunkt #1 bei 3000 mb Xenonkaltfülldruck). Im Vergleich dazu haben bisherige 50 W-Lampen mit einem Xenonkaltfülldruck von 300 mb (Typ SUPER) lediglich einen Lichtstrom von 4200 lm entsprechend einer Lichtausbeute von 81 lm/W erzielt (siehe Figur 2, dreieckiger umrissener Meßpunkt). In Fig. 2 ist auch noch die Lichtausbeute für weitere Lampen mit dem üblichen niedrigen Xenondruck von höchstens 100 mb (Typ Standard) angegeben. Sie beträgt bei 30 mb etwa 70 lm/W (siehe Figur 2, dreieckiger umrissener Meßpunkt).

In Fig. 3 ist die Abhängigkeit der Lichtausbeute von der Lampenleistung schematisch in Anlehnung an DE GROOT/VAN VLIET dargestellt. Der mit obigem Ausführungsbeispiel erzielte Wert (102 lm/W bei 50 W Lampenleistung) ist als rautenförmiger Meßpunkt eingetragen. Er liegt deutlich über dem Stand der Technik.

30 In einem ZWEITEN Ausführungsbeispiel wird eine baugleiche Lampe lediglich mit 1 bar Xenondruck und 50 mb Natriumdruck betrieben. Hier ist das Verhältnis $p_{XeK} / p_{NaB} = 20$. Die Lichtausbeute ist mit 95 lm/W (siehe Fig. 2, dreieckiger voller Meßpunkt #2 bei 1000 mb Xenonkaltfülldruck) immer noch deutlich höher als bei den vorbekannten Lampen. Wegen des niedrigeren Xenondrucks ist die Zündung gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel erleichtert. Die Zündspannung liegt bei 3 kV.

35 Diese beiden Lampen sind besonders für Neuanlagen mit stärkerem Zündgerät geeignet.

In einem DRITTEN Ausführungsbeispiel ist die baugleiche 50 W-Lampe zusätzlich mit Quecksilber gefüllt. Hierzu wird ein Amalgam mit 18 Gew.-% Natrium, Rest Quecksilber, verwendet. Diese Lampe zeigt eine Lichtausbeute von 105 lm/W (kreisförmiger voller Meßpunkt #3 in Fig. 2) bei 2 bar Xenonkaltfülldruck, 80 mb Natriumbetriebsdruck und einem Druckverhältnis $p_{XeK} / p_{NaB} = 25,0$.

40 Entsprechend zeigt ein VIERTES Ausführungsbeispiel (50 W) mit 1 bar Xenonkaltfülldruck bei gleichem Na/Hg-Verhältnis eine Lichtausbeute von 93 lm/W (kreisförmiger voller Meßpunkt #4 in Fig. 2).

Zum Vergleich sind die entsprechenden Lichtausbeuten von quecksilberhaltigen Natriumlampen mit niedrigerem Xenonkaltfülldruck (Typen SUPER und Standard) ebenfalls angegeben (kreisförmige umrissene Meßpunkte bei 30 bis 300 mb in Fig. 2).

45 In einem FÜNFTEN Ausführungsbeispiel wird eine im wesentlichen ähnliche Lampe mit 63 W Leistung betrieben. Die Füllung enthält 1 bar Xenon und 50 mb Natrium, aber kein Quecksilber. Das Druckverhältnis $p_{XeK} / p_{NaB} = 20$.

Die Lichtausbeute beträgt 98 lm/W. Diese Lampe ist als direkter Ersatz für Quecksilberhochdrucklampen mit 125 W Leistung gedacht, die den gleichen Lichtstrom haben. Sie hat eine Leistungsreduktionsschaltung (Phasenanschnittsteuerung) und eine Zündschaltung im Lampensockel.

50 In einem SECHSTEN Ausführungsbeispiel einer 35 W-Lampe wird ein Entladungsgefäß mit einem Innendurchmesser von 3,3 mm und einem Elektrodenabstand von 23 mm nur mit Natrium und Xenon gefüllt. Der Xenonkaltfülldruck beträgt $p_{XeK} = 2$ bar, der Natriumbetriebsdruck ist $p_{NaB} = 90$ mb.

Dementsprechend ist das Druckverhältnis $p_{XeK} / p_{NaB} = 22,2$. Die Lichtausbeute ist 98 lm/W (siehe Fig. 3, rautenförmiger Meßpunkt #6) und liegt damit wesentlich höher als Lampen dieser Leistung bisher zu erwarten war.

55 In einem SIEBTEN Ausführungsbeispiel einer 70 W-Lampe wird ein Entladungsgefäß mit einem Innendurchmesser von 3,3 mm und einem Elektrodenabstand von 36 mm mit Natrium/Quecksilber-Amalgam (s.o.) und Xenon gefüllt. Der Xenonkaltfülldruck beträgt $p_{XeK} = 2$ bar, der Natriumbetriebsdruck ist $p_{NaB} = 75$ mb. Dementsprechend ist das Druckverhältnis $p_{XeK} / p_{NaB} = 26,7$. Die Lichtausbeute ist 115 lm/W (siehe Fig. 3, rautenförmiger Meßpunkt #7) und liegt

damit ebenfalls deutlich höher als bei Lampen dieser Leistung bisher zu erwarten war.

In einem ACHTEN Ausführungsbeispiel einer 70 W-Lampe wird ein Entladungsgefäß mit einem Innendurchmesser von 3,7 mm und einem Elektrodenabstand von 37 mm mit Natrium/Quecksilber und Xenon gefüllt. Der Xenonkaltfülldruck beträgt $p_{XeK} = 1,5$ bar, der Natriumbetriebsdruck ist $p_{NaB} = 85$ mb. Dementsprechend ist das Druckverhältnis $p_{XeK} / p_{NaB} = 17,6$. Die Lichtausbeute ist 108 lm/W.

Patentansprüche

1. Natriumhochdruckentladungslampe kleiner Leistung mit einem Entladungsgefäß, das zumindest Natrium und Xenon enthält, wobei p_{NaB} der Betriebsfülldruck des Natriums ist und p_{XeK} der Kaltfülldruck des Xenons ist, dadurch gekennzeichnet, daß

$$p_{NaB} = 20 \text{ bis } 100 \text{ mb,}$$

$$p_{XeK} = 1 \text{ bis } 5 \text{ bar, und}$$

$$p_{XeK} / p_{NaB} \geq 10.$$

2. Natriumhochdruckentladungslampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lampenleistung kleiner gleich 100 W ist.

3. Natriumhochdruckentladungslampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß $p_{XeK} / p_{NaB} \leq 30$.

4. Natriumhochdruckentladungslampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß $p_{XeK} \leq 3$ bar.

5. Natriumhochdruckentladungslampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Füllung zusätzlich Quecksilber enthält.

6. Natriumhochdruckentladungslampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Entladungsgefäß kreiszylindrisch ist.

7. Natriumhochdruckentladungslampe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser des Entladungsgefäßes zwischen 2,5 und 5 mm beträgt.

8. Natriumhochdruckentladungslampe nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Innendurchmesser höchstens 4 mm beträgt.

9. Natriumhochdruckentladungslampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lampe zusätzlich eine kapazitive Zündhilfe enthält.

10. Natriumhochdruckentladungslampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Betrieb der Kuppenabstand der beiden Flügel der Natrium-D-Linie höchstens 12 nm beträgt.

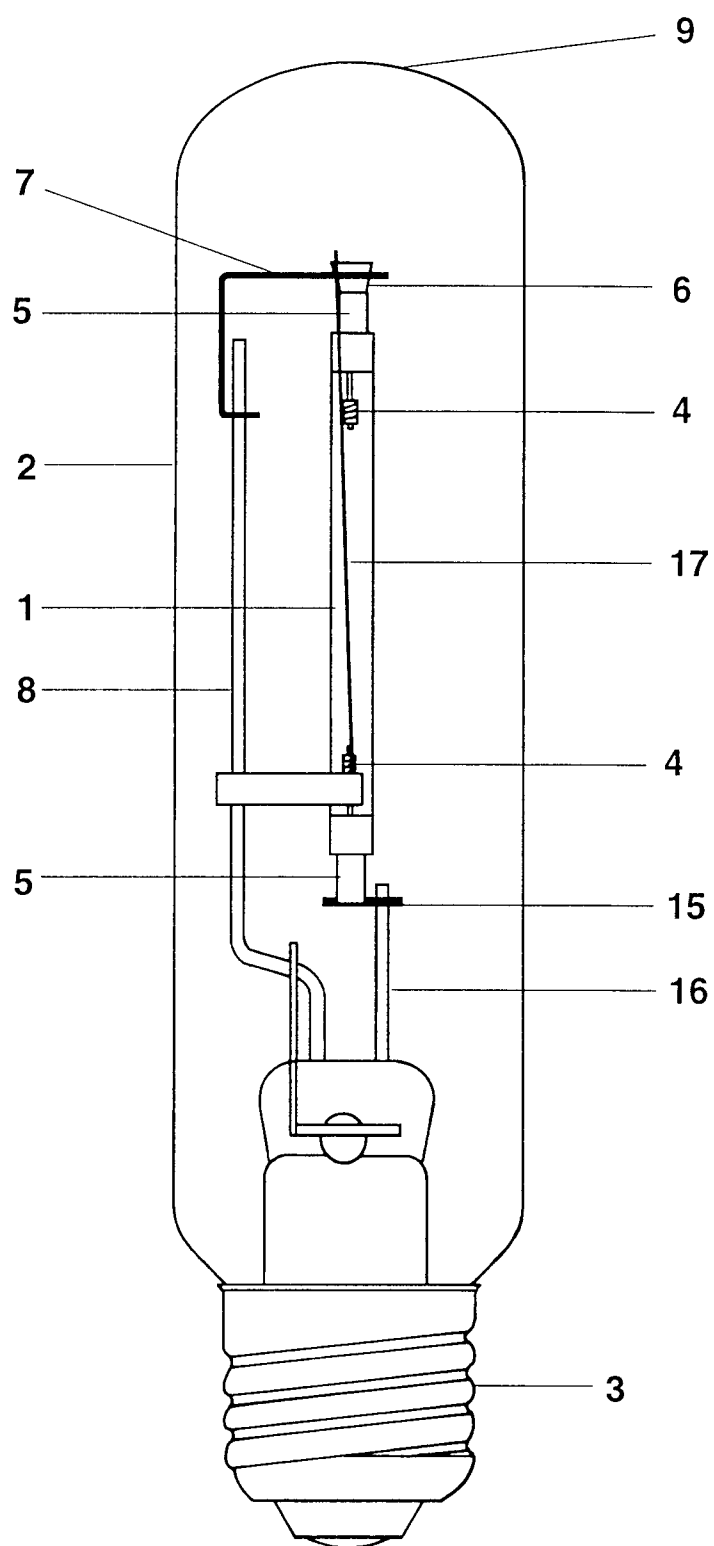


FIG. 1

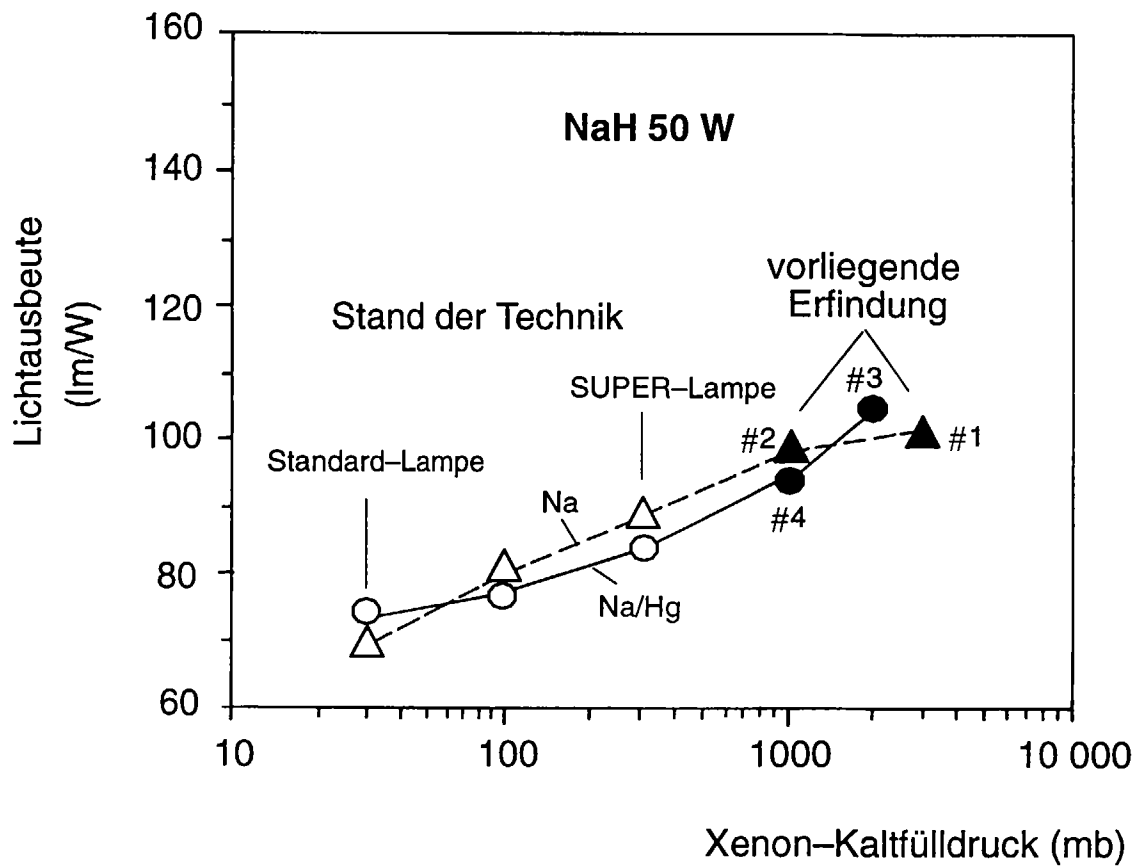


FIG. 2

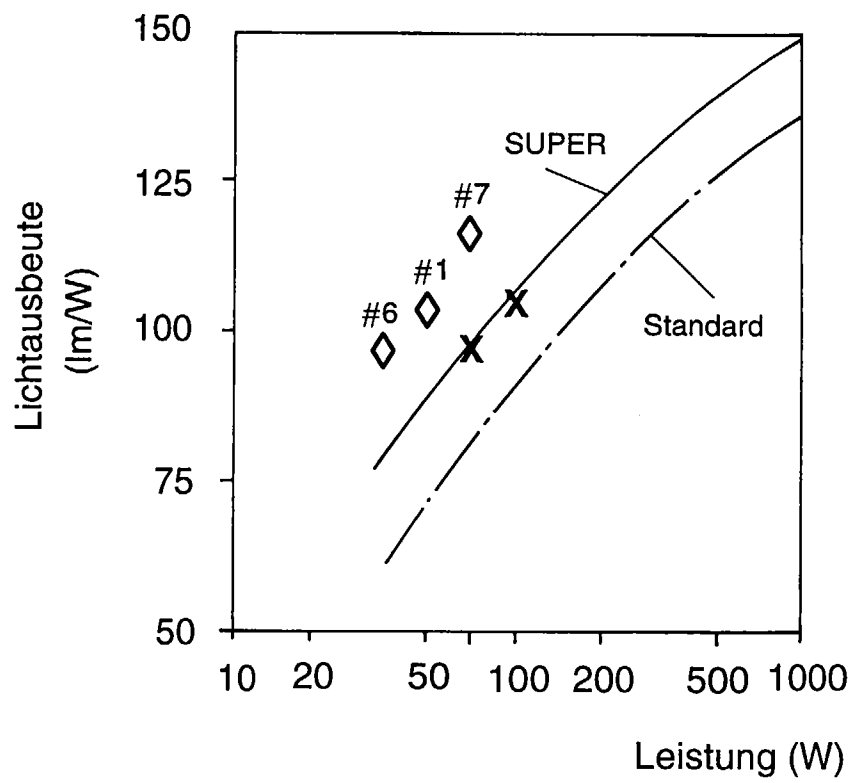


FIG. 3