

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Dezember 2003 (24.12.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/107388 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H01J 61/00
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT03/00153
- (22) Internationales Anmeldedatum:
27. Mai 2003 (27.05.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
GM 371/2002 12. Juni 2002 (12.06.2002) AT
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **PLANSEE AKTIENGESELLSCHAFT** [AT/AT];
A-6600 Reutte (AT).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LEICHTFRIED, Ger-
hard** [AT/AT]; Tränkeweg 20, A-600 Reutte (AT). **SPIEL-
MANN, Wolfgang** [AT/AT]; Hölzli 30a, A-6632 Ehrwald
(AT).
- (74) Anwalt: **LOHNERT, Wolfgang**; Plansee Aktienge-
sellschaft, A-6600 Reutte (AT).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,
SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Veröffentlicht:**
— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: ELECTRODE FOR A HIGH-INTENSITY DISCHARGE LAMP

(54) Bezeichnung: ELEKTRODE FÜR HOCHDRUCKENTLADUNGSLAMPE

(57) Abstract: The invention relates to an electrode for high-intensity discharge lamps, said electrode consisting of tungsten or a tungsten alloy and to a method for producing the same. Inventive electrodes have an average carbon content < 5 µg/g, which permits a high luminous flux constancy in high-intensity discharge lamps. The electrodes are produced by shaping technology using plasticized powdered substances, which permit the production of an approximate final form or a final form. The sinter treatment comprises heat treatment in a first atmosphere composed of 10 per cent by volume = (H₂ + H₂O) = 100 per cent by volume, 0 per cent by volume = (N₂ and/or inert gas) = 90 per cent by volume, whereby the volume ratio of water vapour to hydrogen is 0.003 = H₂O/H₂ = 0.15 and in a second atmosphere composed of 10 per cent by volume = (H₂ + H₂O) = 100 per cent by volume, 0 per cent by volume = (N₂ and/or inert gas) = 90 per cent by volume, where H₂O/H₂ < 0.002, or optionally of a vacuum with a pressure < 0.0001 mbar.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Elektrode für Hochdruckentladungslampen aus Wolfram oder einer Wolfram-
legierung und ein Verfahren zu deren Herstellung. Erfindungsgemäße Elektroden weisen einen mittleren Kohlenstoffgehalt 10 <
5 µg/g auf, wodurch eine hohe Lichtstromkonstanz bei Hochdruckentladungslampen ermöglicht wird. Die Herstellung erfolgt über
Formgebungstechniken unter Verwendung von plastifizierten Pulvermassen, die eine endkonturnahe bzw. eine Endkontur-Fertigung
ermöglichen. Die Sinterbehandlung umfasst eine Wärmebehandlung in einer ersten Atmosphäre der Zusammensetzung 10 Volum-
menprozent ≤ (H₂ + H₂O) ≤ 100 Volumenprozent, 0 Volumenprozent ≤ (N₂ und/oder Edelgas) ≤ 90 Volumenprozent, wobei das
Wasserdampf zu Wasserstoff Volumenverhältnis 0,003 ≤ H₂O/H₂ ≤ 0,15 beträgt und in einer zweiten Atmosphäre der Zusammenset-
zung 10 Volumenprozent ≤ (H₂ + H₂O) ≤ 100 Volumenprozent, 0 Volumenprozent ≤ (N₂ und/oder Edelgas) ≤ 90 Volumenprozent,
mit H₂O/H₂ < 0,002 oder wahlweise Vakuum mit einem Druck < 0,0001 mbar.



WO 03/107388 A2

ELEKTRODE FÜR HOCHDRUCKENTLADUNGSLAMPE

Die Erfindung betrifft eine Elektrode für Hochdruckentladungslampen aus Wolfram oder einer Wolframlegierung und ein Verfahren zu deren Herstellung.

Als Entladungslampen werden Lichtquellen bezeichnet, bei denen aus Elektroden austretende Elektronen Atome des Füllgases zur Abgabe elektromagnetischer Strahlung anregen. Entladungslampen werden je nach Fülldruck in Niederdruck- und Hochdruckentladungslampen eingeteilt. Letztere werden auch als „High Intensity Discharge“ oder abgekürzt HID Lampen bezeichnet. Da bei den meisten Hochdruckentladungslampen eine ausreichende Dichte emittierender Elektronen nur bei hohen Temperaturen erreicht wird, muss das Elektrodenmaterial einen hohen Schmelzpunkt, einen niedrigen Dampfdruck, eine ausreichende Kriechfestigkeit und chemische Beständigkeit gegenüber dem Füllgas aufweisen. Von allen metallischen und keramischen Werkstoffen erfüllen Wolfram und Wolframlegierungen diese Anforderungen am besten. Bei besonders hohen Anforderungen an die Zündfähigkeit und Lichtbogenstabilität werden dem Wolfram Substanzen zugesetzt, die die Elektronenaustrittsarbeit senken. Beispiele für emissionsfördernde Substanzen sind Seltenerdmetall-Oxide, BaO oder ThO₂. Eine Senkung der Elektronenaustrittsarbeit ist besonders bei Lampen erforderlich, bei denen auf die Elektrodenoberfläche keine emissionsfördernden Pasten aufgebracht werden können, da diese mit dem Füllgas reagieren würden. Dies ist beispielsweise bei Metallhalogenid-Lampen der Fall.

In Abhängigkeit vom Lampentyp gibt es eine große Vielfalt an Elektroden-Ausführungsformen. Des weiteren besteht ein Unterschied darin, ob die Lampe mit Wechselstrom oder Gleichstrom betrieben wird. Bei Wechselstrom-Lampen sind beide Elektroden üblicherweise baugleich ausgeführt. Bei Gleichstromlampen weisen Anode und Kathode ein unterschiedliches Design auf. Grob kann zwischen filamentartigen Elektroden, Stiftelektroden, Wickelelektroden und Formelektroden unterschieden werden. Filamentartige Elektroden, Stiftelektroden und Wickelelektroden werden üblicherweise aus gezogenen Drähten, Formelektroden aus gewalzten, gehämmerten oder

- 5 geschmiedeten Stäben gefertigt. Filamentelektroden werden vorzugsweise in Fluoreszenzlampen eingesetzt.
- Wickel- und Stiftelektroden kommen in Natriumdampfhochdruck-Lampen, in Quecksilberdampfhochdruck-Lampen und Metallhalogenid-Lampen zum Einsatz. Ausführungsformen von Wickelelektroden sind beispielsweise in der
- 10 WO 97/16844 oder in der DE 297 22 612 U1 gezeigt. Ein typisches Einsatzgebiet von Formelektroden sind Kurzlichtbogenlampen. Formelektroden werden mittels spanabhebenden Fertigungstechniken aus umgeformtem
- 15 Vormaterial hergestellt. Auch pulvermetallurgische Verfahrenstechniken, die eine endkonturnahe Formgebung ermöglichen, wie beispielsweise Matrizenpressen, isostatisches Pressen, Pulverstrangpressen, heißisostatisches Pressen oder Metallpulverspritzguss sind bekannt und
- beispielsweise in der DE 44 42 161 oder der EP 0 917 179 beschrieben. In diesen Dokumenten sind keine weiterführenden Angaben zur Wärme- / Sinterbehandlung und zum Kohlenstoffgehalt enthalten.
- 20 Verfahrenstechniken, bei denen die Formgebung unter Verwendung von plastifizierten Pulvermassen erfolgt, wie beispielsweise der Metallpulverspritzguss oder das Pulverstrangpressen, wurden bis jetzt unter anderem auch deshalb nicht für Lampenelektroden eingesetzt, weil der Kohlenstoffgehalt der so hergestellten Teile zu hoch liegt.
- 25 Die Entwicklungstrends bei Hochdruckentladungslampen, wie Miniaturisierung, Erhöhung der Lichtabgabe pro eingesetzter Leistungseinheit, Erhöhung der Lebensdauer und Verbesserung der Umweltverträglichkeit, führen zu gesteigerten Anforderungen an die Lampenkomponenten. Es zeigt sich, dass die derzeit verfügbaren Elektroden vielfach diesen Anforderungen nicht mehr
- 30 genügen. Dabei speziell zu nennen sind Wechselwirkungen zwischen den Elektroden und den Füllgaskomponenten, Änderungen im Lichtspektrum, nicht ausreichende Lichtbogenstabilität, Schwankungen im Rückbrandverhalten und Schwärzungen des Entladungsgefäßes. Dies manifestiert sich beispielsweise in einem Rückgang des Lichtstromes während der Einsatzzeit der Lampe.
- 35 Die japanische Anmeldung JP 19950324664 19951213 beschreibt ein Wolfram-Elektrodenmaterial für eine Entladungslampe mit einem Gehalt an Al, Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Si, Sn, Na, K, Mo, U, und Th von jeweils < 0,001%. Die niedrigen Gehalte werden durch eine Glühbehandlung der Elektrode unter

5 Vakuum erreicht. Die dafür erforderlichen hohen Glühtemperaturen bewirken jedoch eine ausgeprägte Kornvergrößerung, was sich nachteilig auf die Lichtbogenstabilität auswirkt.

In der japanische Anmeldung 2001226735 20010821 ist ein umgeformter Ingot aus Wolfram oder einer Wolframlegierung mit einer Reinheit $\geq 99,99\%$
10 beschrieben. Dieser umgeformte Ingot enthält 500 $\mu\text{g/g}$ oder weniger an Stickstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff. Die mittlere Korngröße beträgt 20 - 600 μm , bei einem Umformgrad von zumindest 30 % und einer Endglühtemperatur von 2600°C. Die in dieser Anmeldung angegebenen Werte entsprechen der seit Jahren üblichen Standardspezifikation für Wolfram und
15 bewirken keine Verbesserung des Einsatzverhaltens der Elektrode.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher die Bereitstellung einer Elektrode mit hoher Lichtbogenstabilität für Hochdruckentladungslampen, deren Einsatz zu keiner bzw. einer möglichst geringfügigen Verunreinigung des
20 Füllgases und zu keiner bzw. einer möglichst geringfügigen Schwärzung des Kolbens führt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch eine Elektrode gemäß Anspruch 1 gelöst. Der mittlere Kohlenstoffgehalt beinhaltet dabei sowohl den in der Matrix gelösten bzw. ausgeschiedenen, als auch die oberflächlich adsorbierten bzw.
25 gebundenen Kohlenstoffanteile. Zu berücksichtigen dabei ist, dass der Zustand, in dem die Proben analysiert werden, dem Einsatzzustand der Elektroden in der Lampe entsprechen muss. Die Proben sind daher vor der chemischen Analyse keiner Ätz- oder Beizbehandlung zu unterziehen, da ansonsten die
30 tatsächlichen Gegebenheiten in oberflächennahen Bereichen nicht berücksichtigt würden.

Der Matrix-Kohlenstoffgehalt von Wolframbauteilen, wie sie derzeit Verwendung finden, beträgt 5 bis 15 $\mu\text{g/g}$. Dieser Matrixkohlenstoffgehalt beinhaltet jedoch
35 nicht die Kohlenstoffanteile randnaher Bereiche. Indem die Probe im nicht-geätzten Zustand analysiert wird, erhält man den mittleren Kohlenstoffgehalt. Der Anteil randnaher Bereiche am mittleren Kohlenstoffgehalt hängt vom Probendurchmesser ab. Je kleiner der

- 5 Probanddurchmesser, desto stärker wirkt sich der in randnahen Bereichen
angereicherte Kohlenstoff aus. Die üblichen Elektrodendurchmesser für
Metallhalogenid-, Natriumdampfhochdruck- und
Quecksilberdampfhochdruck-Lampen betragen 0,2 mm bis 3 mm. Der typische
mittlere Kohlenstoffgehalt für Elektroden im elektropolierten Zustand beträgt bei
10 3 mm 11 und bei 0,2 mm 25 $\mu\text{g/g}$. Der im Vergleich zum Matrixgehalt deutlich
höhere mittlere Kohlenstoffgehalt kann damit erklärt werden, dass es beim
Umformprozess zu mikroskopischen Erhebungen kommt, die beim folgenden
Umformschritt wiederum eingeebnet werden. Dadurch werden die C-haltigen
Schmiermittel bzw. auch C-haltige Verunreinigungen in oberflächennahen
15 Bereichen eingeschlossen und sind durch die üblichen Reinigungsschritte nicht
mehr vollständig entfernbar. Des weiteren ist eine mechanische Bearbeitung
nachteilig, da auch dies durch eine Reaktion mit Kühlschmiermittel zu einem
erhöhten Randkohlenstoffgehalt führen kann. Auch durch Glühungen kann eine
ausreichende Reinheit von oberflächennahen Bereichen nicht erreicht werden.
20
- Umfangreiche Versuche, zum Beispiel bei Metallhalogenidlampen mit geringem
Füllgasvolumen, zeigten eine sprunghafte Verbesserung der
Lichtstromkonstanz in Abhängigkeit der Brenndauer der Lampe, wenn die
Elektroden einen mittleren Kohlenstoffgehalt $< 5 \mu\text{g/g}$ aufwiesen. Der Lichtstrom
25 wird dabei im wesentlichen sowohl von der Schwärzung des
Entladungsgefäßes, als auch vom Elektrodenabstand beeinflusst. Letzterer
hängt wiederum vom Rückbrandverhalten der Elektrode ab. Zeigt die Elektrode
keinen Rückbrand, so bleibt auch der Elektrodenabstand konstant. Eine
Schwärzung des Entladungsgefäßes führt immer zu einer Reduzierung des
30 Lichtstromes. Anwendungstechnisch vorteilhaft ist eine hohe
Lichtstromkonstanz während einer möglichst langen Standzeit der Lampe. Die
Lichtstromkonstanz wird üblicherweise durch die Reduktion des Lichtstromes
angegeben. Dieser Wert gibt den prozentuellen Rückgang des Lichtstromes
bezogen auf den Ausgangswert wieder.
- 35 Bei Verwendung von Stand-der-Technik Elektroden mit einem Durchmesser
von 0,8 mm und einem mittleren Kohlenstoffgehalt von 14 $\mu\text{g/g}$ wurde bei
Metallhalogenidlampen mit einem Füllgasvolumen von 150 mm^3 und einer im
Nennbetrieb aufgenommenen Leistung von 150 W eine mittlere Reduktion des

5 Lichtstroms nach 4000 h Testzeit von 24 % ermittelt. Mit erfindungsgemäßen Elektroden mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt von 3 µg/g und wiederum einem Durchmesser von 0,8 mm betrug die mittlere Reduktion des Lichtstroms 9 %.

Ein mittlerer Kohlenstoffgehalt < 5 µg/g wird durch die in Anspruch 1
10 wiedergegebenen Prozessschritte erreicht. Als Rohstoff kann Wolframpulver mit der üblichen metallischen Reinheit von 99,95 % eingesetzt werden, wodurch eine wirtschaftliche Fertigung gewährleistet ist. Für besonders hohe Anforderungen können auch sogenannte UHP-Pulver mit einer Reinheit > 99,999 % eingesetzt werden, wobei die C-, N-, O-, H- und Mo-Gehalte in
15 diesem Wert nicht berücksichtigt sind. Weiters können Wolframpulver mit den üblichen Pulverkorngrößen von 0,3 µm bis 5 µm, jeweils nach Fisher, verwendet werden. Ein wirkungsvoller Kohlenstoffabbau während des Sinterns erfolgt über offene Porosität, da die Diffusionsgeschwindigkeit im Wolframgitter nicht ausreichend hoch ist. Mit zunehmender Dichte erfolgt während des
20 Sinterns ein Übergang von offener zu geschlossener Porosität. Dieser Übergang wird durch eine geringe Dichte im grünen Zustand zu höheren Temperaturen hin verschoben. Die entsprechend geringe Gründichte wird durch die Verarbeitung von plastifizierten Pulvermassen mit einem Anteil an
25 Plastifizierungsmittel von 40 bis 70 Volumsprozent erreicht. Bei Elektroden mit einer maximalen Querschnittsfläche senkrecht zur Elektrodenachse von 30 mm² sind die entsprechende Ausgaswege ausreichend kurz, um den erfindungsgemäßen Kohlenstoffgehalt zu erzielen.

Die endkonturnahe bzw. Endkontur-Formgebung der plastifizierten Pulvermasse kann durch Metallpulverspritzguss, durch Pulverstrangpressen
30 oder ähnlichen Verfahrenstechniken erfolgen. Entscheidend für die Einstellung eines Kohlenstoffgehalts < 5 µg/g wirkt sich die Sinteratmosphäre aus. Die Sinterbehandlung muss dabei zumindest die folgenden Wärmebehandlungsschritte umfassen, die wahlweise in einem Prozessschritt oder in separaten Prozessvorgängen durchgeführt werden können. Der
35 Formkörper wird im grünen Zustand zunächst einer Wärmebehandlung in einer ersten Atmosphäre der Zusammensetzung
10 Volumenprozent ≤ (H₂ + H₂O) ≤ 100 Volumenprozent,
0 Volumenprozent ≤ (N₂ und/oder Edelgas) ≤ 90 Volumenprozent unterzogen,

5 wobei das Wasserdampf zu Wasserstoff Volumenverhältnis
0,003 \leq H₂O/H₂ \leq 0,15 beträgt. Die Temperatur, bei der die
Elektrodenformkörper an der ersten Atmosphäre wärmebehandelt werden,
reicht zumindest von 100°C bis 500°C, bei einer Aufheizgeschwindigkeit von
Raumtemperatur zumindest bis 500°C von kleiner 0,05 °C/s. Danach folgt eine
10 Wärmebehandlung in einer zweiten Atmosphäre der Zusammensetzung
10 Volumenprozent \leq (H₂ + H₂O) \leq 100 Volumenprozent,
0 Volumenprozent \leq (N₂ und/oder Edelgas) \leq 90 Volumenprozent, mit
H₂O/H₂ < 0,002. Wahlweise kann als zweite Atmosphäre auch Vakuum mit
einem Druck < 0,0001 mbar zur Anwendung kommen. Die Temperatur, bei der
15 die Elektrodenformkörper an der zweiten Atmosphäre wärmebehandelt werden,
beträgt in Abhängigkeit von der verwendeten Pulverkorngröße 1700°C bis
2800°C. Da keine weitere umformende Verarbeitung erforderlich ist, erfolgt
auch keine Verunreinigung durch C-haltige Schmierstoffe. Gemäß dieser
Verfahrensrouten hergestellte Elektroden weisen dabei einen deutlich
20 niedrigeren mittleren Kohlenstoffgehalt auf, als Vergleichselektroden, die durch
Walzen / Hämmern, Ziehen, Elektropolieren und Schneiden hergestellt werden,
wie dies im Beispiel dokumentiert ist.

Als Wolframlegierungen haben sich solche bewährt, deren
25 Legierungsbestandteile nicht mit Kohlenstoff während des Sinterns in eine
chemische Wechselwirkung treten. Dies ist bei Wolframlegierungen
gewährleistet, die eine oder mehrere Komponenten mit einer freien
Standard - Bildungsenthalpie von jeweils < -1000 kJ/mol enthalten. Dazu zählen
beispielsweise Oxide und Mischoxide aus der Gruppe HfO₂, ZrO₂, Y₂O₃ und
30 Seltenerdmetall-Oxide. So führen W-1Gew.%HfO₂-0,2Gew.%Lu₂O₃ Elektroden
mit einem C-Gehalt von 12 ppm bei Metallhalogenidlampen mit einem
Füllgasvolumen von 150 mm³ und einer im Nennbetrieb aufgenommenen
Leistung von 150 W zu einer mittleren Reduktion des Lichtstroms nach 4000 h
Testzeit von 29 %. Bei W-1Gew.%HfO₂-0,2Gew.%Lu₂O₃ Elektroden mit einem
35 mittleren Kohlenstoffgehalt von 1,8 µg/g betrug die mittlere Reduktion des
Lichtstroms 15 %.

- 5 Besonders vorteilhaft ist auch eine halbkugelförmige Ausführung des Elektronen emittierenden / absorbierenden Bereiches der Elektrode. Dadurch werden Temperaturspitzen durch einen örtlich ansetzenden Lichtbogen, die zu Abdampfungen führen können, verhindert. Örtliche Abdampfungen werden zudem auf ein Minimum reduziert, wenn der Elektronen emittierende /
- 10 absorbierende Bereich der Elektrode eine Rautiefe $< 1,5 \mu\text{m}$ aufweist. Im folgenden Ausführungsbeispiel ist der mittlere Kohlenstoffgehalt der nach dem Stand der Technik üblicherweise verwendeten Elektroden erfindungsgemäßen Elektroden gegenübergestellt.
- 15 Beispiel:
- Wolframpulver mit einer Korngröße nach Fisher von $2,1 \mu\text{m}$ wurde mit einem Binder auf Wachsbasis mittels eines Schermischers vermennt und homogenisiert, wobei der Bindergehalt 52 Volumenprozent und die Mischzeit 5 h betragen. Dieses Gemenge wurde in einem Schneckenextruder zu einem
- 20 Ausgangsmaterial für den Pulverspritzguss verdichtet. Dieses Ausgangsmaterial wurde auf eine Temperatur von 160°C erwärmt und mit einem Druck von 500 bar in ein Formwerkzeug eingespritzt, wobei die Werkzeugtemperatur 70°C betrug. Das Formwerkzeug war so ausgestaltet, dass die entformten Proben einen Durchmesser von $0,33 \text{ mm}$ und eine Länge
- 25 von 7 mm aufwiesen. Diese zylindrischen Proben wurden in einem widerstandsbeheizten Kaltwandofen in einer $\text{H}_2/\text{N}_2/\text{H}_2\text{O}$ Atmosphäre mit einer Aufheizgeschwindigkeit von $0,009^\circ\text{C}/\text{s}$ auf eine Temperatur von 800°C aufgeheizt. Das H_2/N_2 Volumenverhältnis betrug dabei 5,7 und das $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ Volumenverhältnis 0,01. Bei $T = 800^\circ\text{C}$ wurde die Ofenatmosphäre auf H_2 mit
- 30 einem H_2O Volumengehalt von 0,05% ($\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2 = 0,0005$) umgestellt und die Proben wurden mit einer Aufheizgeschwindigkeit von $0,1^\circ\text{C}/\text{s}$ auf eine Sintertemperatur von 2250°C erhitzt. Die Haltezeit bei $T = 2250^\circ\text{C}$ betrug 2 h. Danach erfolgte eine Ofenabkühlung. Der Elektrodendurchmesser betrug $0,25 \text{ mm}$, die mittlere Dichte 98,9 % und die mittlere Kornzahl $5625 \text{ K}/\text{mm}^2$. In
- 35 analoger Weise wurden Elektroden mit einem Durchmesser von $0,8 \text{ mm}$ und 3 mm gefertigt. Bei den Elektroden mit einem Durchmesser von $0,8 \text{ mm}$ betrug die mittlere Dichte 98,8 % und die mittlere Kornzahl $5700 \text{ K}/\text{mm}^2$, bei den Elektroden mit einem Durchmesser von $3,0 \text{ mm}$ betrug die mittlere Dichte

- 5 98,2 % und die mittlere Kornzahl 5900 K/mm². Der mittlere Kohlenstoffgehalt von diesen Proben und Vergleichsproben, gefertigt mittels Walzen, Ziehen, Elektropolieren und Schneiden, wurde mittels Verbrennungsanalyse bestimmt, wobei die Proben vor der Analyse keiner Beizbehandlung unterzogen wurden. Die ermittelten Werte sind in nachstehender Tabelle wiedergegeben.

10

	Kohlenstoffgehalt herkömmlich gefertigter Elektroden [µg/g]	Kohlenstoffgehalt erfindungsgemäß gefertigter Elektroden [µg/g]
Elektrodendurchmesser 0,25 mm	21	1,3
Elektrodendurchmesser 0,8 mm	14	3
Elektrodendurchmesser 3,0 mm	11	3,5

5

Patentansprüche

1. Elektrode mit einer maximalen Querschnittsfläche senkrecht zur Elektrodenachse von 30 mm^2 für Hochdruckentladungslampen, bestehend aus Wolfram oder einer Wolframlegierung mit einem mittleren Kohlenstoffgehalt $< 5 \text{ } \mu\text{g/g}$, deren Herstellung zumindest folgende Verfahrensschritte umfasst:
- 10
- Herstellen einer plastifizierten Pulvermasse, bestehend aus Wolframpulver oder Pulver einer Wolframlegierung mit einer mittleren Korngröße KG nach Fisher von $0,3 \text{ } \mu\text{m} \leq \text{KG} \leq 5 \text{ } \mu\text{m}$ und einem Plastifizierungsmittel, wobei der Anteil an Plastifizierungsmittel PM bezogen auf die plastifizierte Pulvermasse bei 40 Volumenprozent

15

 - $\leq \text{PM} \leq 70$ Volumenprozent beträgt;
 - Formgebungsprozess unter Verwendung der plastifizierten Pulvermasse;

20

 - Durchführung zumindest folgender Wärmebehandlungsschritte, wahlweise in einem Prozessschritt oder in separaten Prozessvorgängen:
 - Wärmebehandlung zumindest im Temperaturbereich 100°C bis 500°C in einer Atmosphäre folgender Zusammensetzung:

25

 - $10 \text{ Volumenprozent} \leq (\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}) \leq 100 \text{ Volumenprozent}$,
 - $0 \text{ Volumenprozent} \leq (\text{N}_2 \text{ und/oder Edelgas}) \leq 90 \text{ Volumenprozent}$,
 - mit einem Volumenverhältnis $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ von $0,003 \leq \text{H}_2\text{O}/\text{H}_2 \leq 0,15$, wobei die Aufheizgeschwindigkeit zumindest von Umgebungstemperatur bis 500°C kleiner $0,05 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ beträgt;

30

 - Wärmebehandlung in einer Atmosphäre folgender Zusammensetzung:
 - $10 \text{ Volumenprozent} \leq (\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}) \leq 100 \text{ Volumenprozent}$,
 - $0 \text{ Volumenprozent} \leq (\text{N}_2 \text{ und/oder Edelgas}) \leq 90 \text{ Volumenprozent}$,
 - mit einem Volumenverhältnis $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2 < 0,002$ oder wahlweise

35

 - Vakuum mit einem Druck $< 0,0001 \text{ mbar}$, bei einer Wärmebehandlungstemperatur T von $1600^\circ\text{C} \leq T \leq 2800^\circ\text{C}$.

- 5 2. Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass deren
Reinheit, exklusive den Mo-, C-, N-, O- und H-Gehalten, besser als
99,999 % beträgt.
- 10 3. Elektrode einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, dass die Wolframlegierung 0,001 bis 10
Gewichtsprozent einer oder mehrerer Verbindung(en) mit einer freien
Standard - Bildungsenthalpie < -1000 kJ/mol enthält.
- 15 4. Elektrode nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, dass der Elektronen emittierende/ absorbierende
Bereich halbkugelförmig ausgebildet ist.
- 20 5. Elektrode nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
gekennzeichnet, dass der Elektronen emittierende / absorbierende
Bereich eine Rautiefe $< 1,5$ μm aufweist.
- 25 6. Verfahren zur Herstellung einer Elektrode nach einem der
vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dieses
zumindest die folgenden Verfahrensschritte umfasst:
- 30 - Herstellen einer plastifizierten Pulvermasse, bestehend aus
Wolframpulver oder Pulver einer Wolframlegierung mit einer mittleren
Korngröße KG nach Fisher von $0,3 \mu\text{m} \leq \text{KG} \leq 5 \mu\text{m}$ und einem
Plastifizierungsmittel, wobei der Anteil an Plastifizierungsmittel PM
bezogen auf die plastifizierte Pulvermasse bei 40 Volumenprozent
35 $\leq \text{PM} \leq 70$ Volumenprozent beträgt;
- Formgebungsprozess unter Verwendung der plastifizierten
Pulvermasse;
- Durchführung zumindest folgender Wärmebehandlungsschritte,
wahlweise in einem Prozessschritt oder in separaten
40 Prozessvorgängen:
- Wärmebehandlung zumindest im Temperaturbereich 100°C bis
 500°C in einer Atmosphäre folgender Zusammensetzung:
 10 Volumenprozent $\leq (\text{H}_2 + \text{H}_2\text{O}) \leq 100$ Volumenprozent,

- 5 0 Volumenprozent \leq (N₂ und/oder Edelgas) \leq 90 Volumenprozent,
mit einem Volumenverhältnis H₂O/H₂ von $0,003 \leq \text{H}_2\text{O}/\text{H}_2 \leq 0,15$,
wobei die Aufheizgeschwindigkeit zumindest von
Umgebungstemperatur bis 500°C kleiner 0,05 °C/s beträgt;
- Wärmebehandlung in einer Atmosphäre folgender
- 10 Zusammensetzung:
10 Volumenprozent \leq (H₂ + H₂O) \leq 100 Volumenprozent,
0 Volumenprozent \leq (N₂ und/oder Edelgas) \leq 90 Volumenprozent,
mit einem Volumenverhältnis H₂O/H₂ $< 0,002$ oder wahlweise
Vakuum mit einem Druck $< 0,0001$ mbar, bei einer
- 15 Wärmebehandlungstemperatur T von $1600^\circ\text{C} \leq T \leq 2800^\circ\text{C}$.
7. Verfahren zur Herstellung einer Elektrode nach Anspruch 6, dadurch
gekennzeichnet, dass der Formgebungsprozess unter Verwendung einer
plastifizierten Pulvermasse durch Metallpulverspritzguss erfolgt.

20