



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 291 421 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) H 01 J 27/02

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD H 01 J / 336 696 1	(22)	29.12.89	(44)	27.06.91
(71)	Akademie der Wissenschaften, Otto-Nuschke-Straße 22/23, O - 1080 Berlin, DE				
(72)	Hentschel, Reinhard, Dr.; Henke, Dietmar, Dipl.-Phys., DE				
(73)	Akademie der Wissenschaften, Zentralinstitut für Kernforschung, Patentbüro, PSF 19, O - 8051 Dresden, DE				
(74)	siehe (73)				
(54)	Verfahren zur Erzeugung von Ionen reaktiver Substanzen				

(55) Ionenquellen; Gasentladungsprinzip; Lebensdauererhöhung; reaktive Einsatzsubstanzen; Sauerstoff; hohe Stromdichte; Implantationsanlagen; Beschleuniger; Plasmaanlagen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Ionen reaktiver Substanzen. Mit der Erfindung soll die Verfügbarkeit von Implantaten und Beschleunigern mit Bogenentladungsenquellen beim Betrieb mit chemisch aggressiven Einsatzsubstanzen, insbesondere Sauerstoff, durch Erhöhung der Ionenquellenlebensdauer verbessert werden. Die Konkurrenzfähigkeit von Ionenquellen mit Gleichstromanregung soll gegenüber solchem mit HF-Anregung beim Betrieb mit aggressiven Substanzen verbessert werden, um für die vielfältigen Problemstellungen der Industrie und Forschung alternative Lösungsmöglichkeiten bereitzustellen. Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, daß eine Katode mit einer Emissionsschicht aus dem Oxid, Borid oder Karbid von Strontium, Barium, Kalzium, Lanthan, Yttrium oder einem Lanthanid oder einer Mischung derselben auf einem Träger aus einem Platinmetall oder einer Platinmetall-Legierung bei einer Arbeitstemperatur oberhalb 1100°C eingesetzt wird. Im Widerspruch zur bisherigen Auffassung der Fachwelt zum Problem der Katodenvergiftung konnte nachgewiesen werden, daß der Effekt der Vergiftung dieser Emissionsschichten für den Einsatz der Katode in einer Ionenquelle keine Bedeutung besitzt, und unter den genannten Bedingungen eine ausreichende Elektronenemission bei wesentlich erhöhter Lebensdauer der Katode (> 50 h) möglich ist.

Patentanspruch:

Verfahren zur Erzeugung von Ionen reaktiver Einsatzsubstanzen, insbesondere Sauerstoffionen, in einer Gasentladungsenquelle, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Katode mit einer Emissionsschicht aus einem Oxid, Borid oder Karbid von Strontium, Barium, Kalzium, Lanthan, Yttrium oder einem Lanthanid oder einer Mischung derselben auf einem Träger aus einem Platinmetall oder einer Platinmetall-Legierung bei einer Arbeitstemperatur oberhalb 1100°C verwendet wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist bei Auslegung und Betrieb von Ionenquellen in Implantationsanlagen, Beschleunigern und Plasmaanlagen anwendbar.

Beschreibung des Standes der Technik

Die Verfügbarkeit von Implantern und Beschleunigern, in der Regel sehr kostenintensiven Anlagen, wird bei Verwendung reaktiver Einsatzsubstanzen, insbesondere Sauerstoff, durch die Lebensdauer der Ionenquelle bestimmt und auf einem niedrigen Niveau gehalten. Zur Erzeugung von Ionenstrahlen aus gas- oder dampfförmigen Einsatzsubstanzen werden für industrielle Zwecke ausschließlich Ionenquellen eingesetzt, welche nach dem Gasentladungsprinzip arbeiten; für Ionenstrahlen hoher Stromdichte ist dabei eine intensive Entladung, vorzugsweise eine Bogenentladung erforderlich. Bei der Bogenentladung muß die Katode als Ganzes oder stellenweise so heiß sein, daß eine thermische Emission der für die Aufrechterhaltung der Entladung erforderlichen Primärelektronen erfolgt. Werden reaktive Einsatzsubstanzen verwendet, reagieren diese auf Grund der hohen Arbeitstemperatur mit dem Katodenmaterial, wodurch beispielsweise die Lebensdauer von Drahtkathoden aus hochschmelzenden Metallen wie Wolfram oder Tantal im Sauerstoffbereich auf wenige Stunden (< 10h) begrenzt wird und damit für die Mehrzahl der Anwendungen zu gering ist. Edelmetalle haben eine zu hohe Austrittsarbeit, um, als Drahtkatode eingesetzt, unterhalb ihres Schmelzpunktes für Ionenquellen ausreichende Elektronenstromdichten abzugeben. Bereits seit den grundlegenden Untersuchungen zur Elektronenemission aus Festkörpern in den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts ist bekannt, daß eine Reihe von Emissionsstoffen, insbesondere Erdalkalioxide, bessere Emissionseigenschaften aufweisen als Metalle. Die niedrigste Emissionstemperatur für technisch verwertbare Elektronenstromdichten (800°C für 10 mA/cm²) wurde mit Barium-Strontium-Kalzium-Mischoxid auf einem Nickelträger erreicht, wodurch dieses System zur Grundlage der gesamten Elektronenröhrentechnik wurde. Es ist auch bekannt, daß die niedrige Emissionstemperatur bzw. kleine Austrittsarbeit bei diesem System insbesondere durch eine Aktivierung des Oxids, d.h. die Ausbildung eines elementaren Bariumfilms auf der Oberfläche, zustandekommt. Solche Kathoden sind nur im Hochvakuum oder in inerten Atmosphären einsetzbar, da einerseits reaktive Einsatzsubstanzen mit dem Bariumfilm reagieren und damit die Aktivierung aufheben (Vergiftung der Katode) und andererseits der Nickelträger bei hoher Temperatur und Anwesenheit reaktiver Substanzen schnell korrodiert. Aktivierungs- und Vergiftungseffekte sind bei verschiedenen Emissionsstoffen verschieden stark ausgeprägt. Für sauerstoffste Ionisationsvakuummeter-Meßröhren wurde eine Oxidkatode mit einer Thoriumoxidschicht auf einem Iridiumträger entwickelt [Guarnieri, C. R., J. Vac. Sci. Technol. A6 (1988) 2582], bei der die Vergiftung nur eine geringe Rolle spielt. Das Platinmetall Iridium (Schmelzpunkt $T_p = 2454^\circ\text{C}$) ist selbst bei der erforderlichen Arbeitstemperatur um 1800°C gegen Oxidation weitgehend beständig. Kathoden dieser Art wurden auch in Sauerstoffionenquellen eingesetzt und erreichten Lebensdauern von mehreren zehn Stunden [Guarnieri, C. R., Vac. Sci. Technol. A6 (1988) 2582]. Nachteilig ist bei dieser Katode, daß Iridium hart und spröde und dadurch nur in einfachen Halbzugformen lieferbar ist, woraus eine geringe Variabilität beim Einsatz in Ionenquellen resultiert. Das in der Emissionsschicht enthaltene Thorium ist schwach radioaktiv, bei seiner Verschleppung z. B. auf zu implantierende Halbleiter sind Probleme nicht auszuschließen. Alternative Möglichkeiten für die Erzeugung von Ionen reaktiver Einsatzsubstanzen sind

- die Verwendung einer Schutzgas-Hilfsentladung als Elektronenspender [Shubaly, M. R., et al., IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-32 (1985) 1751] und
- der Übergang von der Gleichstromanregung zur hochfrequenten Wechselstromanregung, insbesondere mittels Mikrowellen unter Einsatz von Resonanzmagnetfeldern [DE-PS 2 621 824].

Da diese alternativen Ionenquellen wiederum spezielle technische Probleme beinhalten und andererseits die Mehrzahl der existierenden Anlagen mit Bogenentladungsenquellen ausgerüstet sind, wird weiterhin nach chemisch inerten Elektroden für den Einsatz zur Erzeugung reaktiver Ionen in diesen Anlagen gesucht.

Ziel der Erfindung

Es ist ein Ziel der Erfindung, die Verfügbarkeit von Implantern und Beschleunigern, welche mit Bogenentladungsenquellen ausgerüstet sind, beim Betrieb mit chemisch aggressiven Einsatzsubstanzen, insbesondere Sauerstoff, durch Erhöhung der Ionenquellenlebensdauer zu verbessern bzw. einen solchen Betrieb erst zu ermöglichen oder sinnvoll werden zu lassen. Es ist ein weiteres Ziel der Erfindung, die Konkurrenzfähigkeit von Ionenquellen mit Gleichstromanregung gegenüber solchen mit HF-Anregung beim Betrieb mit aggressiven Substanzen zu verbessern, um für die vielfältigen Problemstellungen der Industrie und Forschung alternative Lösungsmöglichkeiten bereit zu haben.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, durch komplexe Auswahl von Parametern ein Verfahren zu entwickeln, mit dem eine relativ einfache, sichere und langzeitstabile Erzeugung von Ionen reaktiver Gase in Gasentladungslampenquellen möglich wird. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß eine Katode mit einer Emissionschicht aus einem Oxid, Borid oder Karbid von Strontium, Barium, Kalzium, Lanthan, Yttrium oder einem Lanthanid oder einer Mischung derselben auf einem Träger aus einem Platinmetall oder einer Platinmetall-Legierung bei einer Arbeitstemperatur oberhalb 1100°C eingesetzt wird. Im Widerspruch zur bisherigen Auffassung der Fachwelt zum Problem der Katodenvergiftung konnte nachgewiesen werden, daß der Effekt der Vergiftung dieser Emissionschichten für den Einsatz der Katode in einer Ionenquelle keine Bedeutung besitzt, und unter den genannten Bedingungen eine ausreichende Elektronenemission bei wesentlich erhöhter Lebensdauer der Katode (> 50 h) möglich ist.

Insbesondere durch eine Beschichtung der Katode mit Strontiumoxid wird die für die Freisetzung eines ausreichend großen Primärelektronenstroms erforderliche Betriebstemperatur (ca. 1300°C) gegenüber Thoriumoxid (ca. 1800°C) deutlich herabgesetzt. Dadurch wird es möglich, Platin ($F_p = 1773^\circ\text{C}$) als Trägermaterial zu verwenden. Platin wird in einer Vielzahl von Halbzeugformen, darunter Netze, produziert. Es läßt sich wegen seiner Weichheit leicht in beliebige Formen bringen. Als Träger können auch höherschmelzende Platinmetalle wie Rhodium ($F_p = 1960^\circ\text{C}$), Ruthenium ($F_p = 2450^\circ\text{C}$), Iridium ($F_p = 2454^\circ\text{C}$), Osmium ($F_p = 2700^\circ\text{C}$) oder Legierungen aus Platinmetallen eingesetzt werden. Sie ergeben mit einer Strontiumoxidbeschichtung wesentlich höhere Emissionsstromdichten als mit einer Thoriumoxidbeschichtung bei gleicher Einsatztemperatur. Legierungen lassen die Optimierung der mechanischen Eigenschaften des Trägers zu.

Durch die Erfindung kann die Lebensdauer der an Implantaten und Beschleunigern eingesetzten Bogenentladungslampenquellen beim Betrieb mit reaktiven Einsatzsubstanzen wesentlich vergrößert und damit die Verfügbarkeit der Anlagen deutlich erhöht bzw. für reaktive Einsatzsubstanzen überhaupt erst möglich bzw. sinnvoll werden.

Ausführungsbeispiel

Für die Katode einer Duoplasmatronenquelle wird beispielsweise als Träger ein Platinnetz mit einer Gitterkonstante von 0,625 mm und 0,12 mm dicken Drähten in den Abmessungen 33 mm × 55 mm verwendet. Das Netz wird parallel zur langen Kante zweimal gefaltet, so daß ein dreischichtiges, 11 mm breites Band entsteht. Dieses Band wird an den Enden etwa 5 mm tief in gutgekühlte Stahlträger eingespannt, wobei es U-förmig nach unten hängt, so daß eine Verformung durch sein Eigengewicht während des Betriebes ausgeschlossen ist. Die Beschichtung erfolgt nach bekanntem Verfahren [v. Ardenne, M., Tabellen der Elektronenphysik, Ionenphysik, Ionenphysik und Übermikroskopie, 1. Band, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1956, S. 83] mit einer Suspension aus Strontiumkarbonat und Bindemitteln. Anstelle des Strontiumkarbonates kann vorteilhaft gleich Strontiumoxid verwendet werden, dadurch entfällt die Umwandlung des Strontiumkarbonates beim Ausheizen der Katode und die Ausgaszeit wird stark verkürzt. Nach dem Ausgasen bis zur Betriebstemperatur (ca. 1300°C) ist die Katode betriebsbereit. Die so bestückte Ionenquelle hält bei 8 A Entladungsstrom in reinem Sauerstoff mit dem Druck 6 Pa länger als 60 Stunden. Die Katode verschleißt, wie in nichtreaktiven Gasen auch, durch physikalische Zerstäubung und Verdampfung. Eine Vergrößerung der Lebensdauer durch Verwendung anderer Netze und/oder andere Abmessungen ist ohne weiteres möglich. Neben Strontiumoxid ergibt auch Bariumoxid bereits unterhalb des Platinschmelzpunktes gute Elektronenausbeuten, die Lebensdauer ist dabei jedoch durch schnelleres Verdampfen des Bariumoxids geringer. Barium-Strontium-Kalzium-Mischoxid ist ebenso geeignet wie Strontiumoxid, es hat im Sauerstoffbetrieb diesem gegenüber keine Vorteile. Für andere Emissionsstoffe müssen höherschmelzende Trägermaterialien wie z. B. Rhodium, Ruthenium, Iridium, Osmium oder höherschmelzende Legierungen eingesetzt werden, um technisch verwertbare Elektronenausbeuten zu erhalten.