

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 433 480 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
12.04.2000 Patentblatt 2000/15

(51) Int. Cl.⁷: **H01T 2/02**

(21) Anmeldenummer: **89123566.5**

(22) Anmeldetag: **20.12.1989**

(54) **Hohlelektrodenschalter**

Hollow electrode switch

Commutateur à électrode creuse

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.06.1991 Patentblatt 1991/26

(73) Patentinhaber:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Rohde, Klaus-D.**
D-8520 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 337 192 WO-A-89/00354
US-A- 4 280 098

- **JOURNAL OF PHYSICS E. SCIENTIFIC INSTRUMENTS**. vol. 19, no. 6, Juni 1986, ISHING, BRISTOL GB Seiten 466 - 470;
MECHTERSHEIMER e.a.: "High repetition rate, fast current rise, pseudo-spark switch."
- **Japanese Journal of Applied Physics** 29 (1990) Febr., No. 2, Part. 2, S. L 371 - L 374, A
Tinschmann et al.: "The Pseudospark Switch - A High-Voltage Gas Discharge Switch for High-Power Applications"

- **Rapport - Bericht R 131/84, G Mechtersheimer, R. Meyer**, "Aufbau und Eigenschaften eines für grosse Stromanstiegsraten und hohe Wiederholfrequenzen geeigneten Pseudofunkenschalters", Saint-Louis, France, 1984
- **Plasma und Lichtbogen**, Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1967, Braunschweig, 1967, W. Rieder, S. 62-65
- **Encyclopedia of Physics**, Edited by S. Flügge, Volume XXII, Gas Discharges II, Springer-Verlag, Berlin, 1956, S. 56,57, Gordon Francis: The Glow Discharge at Low Pressure

Bemerkungen:

Die Akte enthält technische Angaben, die nach dem Eingang der Anmeldung eingereicht wurden und die nicht in dieser Patentschrift enthalten sind.

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 433 480 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Niederdruck-Gasentladungsschalter gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 mit den Merkmalen a) bis d).

[0002] Die Zündspannung für eine vorgegebene Gasentladungsstrecke und ihre übliche graphische Darstellung in Abhängigkeit vom Produkt aus Gasdruck p und Elektrodenabstand D in der Zündkennlinie bildet bekanntlich unter entsprechender Berücksichtigung der Zündwahrscheinlichkeit ein wichtiges Hilfsmittel zur Kennzeichnung von elektrischen Entladungsgeräten. Bei der Ermittlung der elektrischen Spannungsfestigkeit einer vorgegebenen Gasentladungsstrecke wird im allgemeinen der unendlich große Plattenkondensator und seine Zündkennlinie zum Vergleich herangezogen. Die praktische Ausführungsform solcher Entladungsstrecken hat jedoch Elektroden mit endlichen Abmessungen. Umwegentladungen kann man durch eine bekannte Elektrodenkonstruktion mit ebenen Plattenelektroden vermeiden, die coaxial zueinander angeordnet und an ihren Rändern mit einem relativ zum Elektrodenabstand kleinen Krümmungsradius voneinander abgebogen und entlang der inneren zylindrischen Isolatoroberfläche geführt sind. Es wird somit zwischen dem abgebogenen, zylinderförmigen Randgebiet der Elektroden und der Innenwand des hohlzylindrischen Isolators stets ein Spalt gebildet. Mit dieser Ausführungsform einer Niederdruck-Gasentladungsstrecke kann auch im Nahdurchschlagsgebiet, d.h. links vom Minimum der sog. Paschenkurve, die Zündkennlinie beispielsweise für verschiedene Edel- und Molekülgase ermittelt werden.

[0003] Es sind auch Gasentladungsschalter bekannt, die durch eine gepulste Niederdruck-Gasentladung gesteuert werden. Sie schalten beispielsweise Ströme von 18 kA bei einer Spannung von 25 kV. Der Entladungsschalter enthält eine Anode und eine Kathode mit coaxialen Öffnungen für die Niederdruckgasentladung, die am Rande durch einen Isolator voneinander getrennt sind. Die Schaltkammer enthält eine ionisierbare Gasfüllung, deren Druck p so gewählt ist, daß die Zündspannung mit steigendem Produkt $p \cdot d$ abnimmt. Für die Gasentladung ist eine Steuereinrichtung vorgesehen, die einen hutförmigen Kathodenkäfig enthält, der mit der Kathode elektrisch leitend verbunden ist und somit auf dem Kathodenpotential liegt. Er umschließt den Kathodenrückraum und trennt diesen vom Bereich einer Glimmentladung. Die Gasentladung zwischen der Kathode und der Anode wird durch Erhöhen der Elektronendichte im Kathodenraum gezündet (Japanese Journal of Applied Physics 29 (1990), Febr., No. 2, Part. 2, Tokyo, p. L 371 - L 374).

[0004] In einer aus der US-PS 2 900 566 bekannten Ausführungsform eines Gasentladungsschalters ist eine Vielzahl von Elektroden vorgesehen, die coaxial zueinander angeordnet sind und einen gemeinsamen Entladungskanal bilden. Zwischen der Anode und der Kathode sind noch mehrere Zwischenelektroden ange-

ordnet.

[0005] Ein Niederdruck-Gasentladungsschalter kann auch mehrere Entladungskanäle enthalten, die mit einer gemeinsamen Triggereinrichtung versehen sind. Diese Triggereinrichtung enthält eine gemeinsame Hohlelektrode, die mit der gemeinsamen Kathode elektrisch leitend verbunden ist. Die synchrone Zündung der Entladungskanäle wird eingeleitet durch Ladungsträger, die aus einem Vorionisierungsbereich durch Löcher im Boden des Käfigs in den Kathodenrückraum eintreten (J. Phys. E.: Sci. Instr. 20 (1987), S. 270 bis 273).

[0006] Weiterhin ist aus der EP-A-0 337 192 ein Niederdruck-Gasentladungsschalter der gattungsgemäßen Art bekannt, der zwei coaxiale Elektroden enthält, die mit fluchtenden Bohrungen versehen sind und in einem zentralen Entladungsbereich eine Gasentladungsstrecke für eine Niederdruckgasentladung und an ihren Rändern einen Isolationsbereich bilden. Dabei hat die Anode rückseitig jeweils ein Sackloch und die Kathode in der Mehrzahl der Beispiele rückseitig einen Kathodenzylinder bzw. einen sogenannten Käfig. Um den Kathodenkäfig kann eine Triggerelektrode schalen- bzw. hutförmig angeordnet sein, wobei neben einer solchen Hohlelektrode weitere Elektroden vorhanden sein können, die zur Steuerung und/oder Begrenzung des Kathodenrückraumes dienen. Bei einer spezifischen Variante soll auf eine separate Steuerelektrode verzichtet werden können und die Funktion der Vorionisierung und der Triggerung zur Zündung der Gasentladung durch die Hohlelektrode übernommen werden.

[0007] Bei der EP-A-0 337 192 sind Aufbau und Zuordnung von Kathodenkäfig und Hohlelektroden entsprechend den einzelnen Figuren der diesbezüglich relevanten Ausführungsbeispiele vergleichsweise komplex. Daneben ist aus der US 4 280 098 ein coaxial aufgebauter Pseudofunken-Schalter bekannt, bei der im Entladungsraum eine Anode und eine zugehörige Kathode ineinandergreifen und von einer Steuerelektrode umgeben sind.

[0008] Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, letztere bekannte Ausführungsform eines Hohlelektrodenhalters zu verbessern. Insbesondere soll die Zündeinrichtung für den Hohlelektrodenhalter vereinfacht werden.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Gasentladungsschalter mit der Kombination der Merkmale a) bis e) des Patentanspruches 1. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0010] Gemäß der Erfindung wird bei einem Gasentladungsschalter der Abstand zwischen dem Rand der wenigstens schalenförmig ausgebildeten Hohlelektrode von der wirksamen Kathodenbegrenzung mit dem diesbezüglichen Kathodenpotential begrenzt. Insbesondere bei einer hutförmigen Ausbildung der Hohlelektrode lassen sich durch die angegebene Dimensionierungsvorschrift geringe Abstände und damit geeignete Randbedingungen für den Gasentla-

dungsschalter vorgeben.

[0011] Zum Erzeugen der zur Zündung der Entladungsstrecke erforderlichen Raumladung kann beispielsweise eine Glühkathode vorgesehen sein, die zwischen der Bezugsselektrode und dem Boden der Hohlelektrode angeordnet ist. Ferner kann die Raumladung beispielsweise auch durch Mikrowellenanregung oder durch eine optische Zündeinrichtung, insbesondere einem Laserstrahl, erzeugt werden.

[0012] Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform des Hohlelektrodenschalters besteht darin, daß die zum Zünden der Entladungsstrecke erforderliche Raumladung durch eine Glimmentladung bereitgestellt wird. Zu diesem Zweck kann die Hohlelektrode in einfacher Weise an eine Triggerspannungsquelle für eine negative Triggerspannung mit ausreichender Energie angeschlossen sein. Die Hohlelektrode bildet die Anode und die gegenüber der Öffnung der Hohlelektrode angeordnete Bezugsselektrode bildet die Kathode für die Glimmentladung.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform kann die Hohlelektrode noch an eine zusätzliche Spannungsquelle mit einem positiven Potential für eine Vorionisierung angeschlossen sein. Diese Vorionisierung erzeugt innerhalb der Hohlelektrode eine stromschwache Glimmentladung, die noch nicht zum Zünden der Entladungsstrecke führt. Durch diese Glimmentladung wird die Spannungsfestigkeit an der Entladungsstrecke und damit die Stabilität des Schalters verbessert. Die Zündung der Entladungsstrecke wird dann erst durch einen überlagerten negativen Triggerimpuls mit steiler Anstiegsflanke und kurzer Dauer von der Triggerelektrode erzeugt. Die Bezugsselektrode erhält eine doppelte Funktion; sie bildet zugleich eine Kathode für die Gasentladung an der Entladungsstrecke und an ihrer von der Entladungsstrecke abgewandten Rückseite eine Kathode für die Glimmentladung. In dieser Ausführungsform erhält man einen Hohlelektrodenschalter mit sehr geringer Schaltverzögerung (delay) und geringer Streuung (jitter); ferner erhält man bei diesem Hohlelektrodenschalter eine wesentlich geringere Spannungsabhängigkeit bei gleichem Druck.

[0014] Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines Hohlelektrodenschalters gemäß der Erfindung schematisch veranschaulicht ist. In den Figuren 2 und 3 ist jeweils eine besondere Ausführungsform der Hohlelektrode dargestellt.

[0015] Ein Hohlelektrodenschalter gemäß Figur 1 enthält zwei Elektroden, von denen eine als Kathode 2 und die andere als Anode 3 geschaltet sind und von denen wenigstens die Kathode 2 mit mindestens einer Öffnung 4 versehen ist. In gleicher Weise kann auch die Anode 3 mit wenigstens einer Öffnung 5 versehen sein. Durch die beiden Öffnungen 4 und 5 wird eine Entladungsstrecke 8 gezündet. Die Kathode 2 und die Anode 3, die im allgemeinen jeweils einen Rotationskörper bilden, sind in einem vorbestimmten Abstand zueinander

angeordnet, der beispielsweise etwa 1 bis 10, vorzugsweise etwa 2 bis 5 mm, betragen kann. Zwischen den beiden Öffnungen 4 und 5 wird eine Entladungsstrecke 8 gezündet. Die Kathode 2 und die Anode 3 bestehen aus elektrisch leitendem Material, vorzugsweise Edelstahl, und können an der Entladungsstrecke 8 im allgemeinen noch mit besonderen Einsätzen 6 und 7 aus einem hochschmelzenden Metall versehen sein oder auch ganz aus diesem hochschmelzenden Metall bestehen. Der Durchmesser der Bohrungen 4 und 5 wird vorzugsweise höchstens so groß und insbesondere kleiner als der Abstand d der Elektroden 2 und 3 an der Entladungsstrecke 8 gewählt. Vorzugsweise ist die Dicke der Kathode 2 an ihrer Öffnung 4 vermindert, insbesondere kann der obere Rand der Öffnung 4 abgeschrägt sein. Insbesondere kann auch die Dicke der Anode 3 an ihrer Öffnung 5 vermindert sein. Die Kathode 2 und die Anode 3 sind mit einem elektrisch isolierenden Trennkörper verbunden, der einen Teil der Wand einer Schaltkammer 14 bildet, der aus elektrisch isolierendem Material, vorzugsweise Keramik, besteht und mit einem Arbeitsgas gefüllt ist.

[0016] Zur Triggereinrichtung für die Entladungsstrecke 8 gehört eine Hohlelektrode 10, die in der Schaltkammer 14 derart angeordnet ist, daß ihre Öffnung der Entladungsstrecke 8 zugewandt ist. Der Abstand A ihres unteren Randes vom Potential ihrer Bezugsselektrode, das ist in dieser Ausführung mit positiver Schaltspannung U_0 von beispielsweise 40 kV die Kathode 2, ist geringer als die Länge des kathodischen Dunkelraumes einer Glimmentladung des Arbeitsgases. Die Hohlelektrode 10 besteht aus einem elektrisch leitenden Material, beispielsweise Edelstahl, und hat wenigstens die Form einer Schale, vorzugsweise die Form eines Topfes, dessen Tiefe T größer als die Länge des kathodischen Dunkelraumes der Glimmentladung ist. Die Form des Topfes der Hohlelektrode 10 wird vorzugsweise so gewählt, daß das Verhältnis des Durchmessers D zur Topftiefe T etwa 0,2 bis 2, insbesondere etwa 1, beträgt. Der seitlich erweiterte Boden 11 ist mit Ausgleichsöffnungen 15 und 16 versehen, in der Wand der Schaltkammer 14 befestigt und mit einer elektrisch leitenden Verbindung durch die Wand hindurchgeführt.

[0017] Die Gasfüllung besteht aus einem ionisierbaren Gas, vorzugsweise Wasserstoff oder Deuterium oder einer Mischung dieser Gase. Ferner geeignet ist bekanntlich Stickstoff oder Edelgase, wie beispielsweise Argon oder Helium.

[0018] Der Hohlelektrode 10 ist eine Triggerspannungsquelle 17 zugeordnet, die beispielsweise über einen Begrenzungswiderstand 18 und eine Entkopplungskapazität 19 an die Hohlelektrode 10 angeschlossen sein kann. Die Triggerspannungsquelle 17 liefert einen Triggerimpuls mit steiler Anstiegsflanke und einer negativen Spannung von beispielsweise etwa 0,5 bis 10 kV, vorzugsweise etwa 1 bis 5 kV gegenüber dem Bezugspotential der Kathode 2, das beispielsweise Erdpotential sein kann. Die Länge des Triggerimpulses ist

wenigstens so groß wie die Schaltverzögerung der Entladungsstrecke 8 und kann beispielsweise etwa 0,1 bis 2 μ s, vorzugsweise etwa 0,5 bis 1 μ s, betragen.

[0019] Die Schaltkammer 14 enthält im allgemeinen noch einen Gasspeicher 24 für das Arbeitsgas, beispielsweise Wasserstoff oder Deuterium oder einer Mischung dieser Gase. Dieser in der Figur lediglich schematisch angedeutete Gasspeicher 24 ist mit einer in der Figur nicht näher dargestellten Heizeinrichtung versehen, deren elektrische Anschlüsse durch die Wand der Schaltkammer 14 hindurchgeführt und mit 25 und 26 bezeichnet sind. In einer bevorzugten Ausführungsform des Hohlelektrodenschalters kann das Gasreservoir des Gasspeichers 24 vorzugsweise zugleich als Druckregelungssystem für den Hohlelektrodenschalter dienen.

[0020] In einer besonderen Ausführungsform des Hohlelektrodenschalters gemäß der Erfindung kann der Hohlelektrode 10 noch eine zusätzliche Spannungsquelle 21 für eine Vorionisierung zugeordnet sein, deren positive Spannung gegenüber dem Bezugspotential der Kathode 2 beispielsweise etwa 0,1 bis 5 kV betragen kann und die über einen hohen Vorwiderstand 22 von vorzugsweise einigen MOhm an die Hohlelektrode 10 angeschlossen sein kann. Die positive Spannung der Spannungsquelle 21 wird so gewählt, daß sie innerhalb der Hohlelektrode 10 eine stromschwache Glimmentladung im Strombereich von beispielsweise μ A bis zu wenigen mA erzeugt, die noch nicht zum Durchschlag an der Entladungsstrecke 8 führt. Dieser Durchschlag wird erst mit dem Triggerimpuls der Triggerspannungsquelle 17 eingeleitet. Mit diesem Hohlelektrodenschalter, bei dem mit einer Wasserstofffüllung beispielsweise das Produkt $p \times d = 150$ Pa mm beträgt, erhält man bei einer angelegten Spannung U_0 zwischen der Kathode 2 und der Anode 3 von beispielsweise 30 kV und einer Größe der Hohlelektrode 10 mit beispielsweise $T = D = 20$ mm sowie einem Vorionisierungsstrom $I_v = 0,2$ mA und einem negativen Triggerimpuls von -4,5 kV eine Schaltverzögerung (delay) von etwa 50 ns und eine Streuung (jitter), die auf etwa 1 ns begrenzt ist.

[0021] Unter Umständen kann es zweckmäßig sein, insbesondere bei sehr geringem Abstand A der Hohlelektrode 10 von der Kathode 2, im Boden 11 zusätzliche Druckausgleichsöffnungen vorzusehen. Unter Umständen kann auch die hohlzylindrische Seitenwand 12 der Hohlelektrode 10 mit solchen Druckausgleichsöffnungen versehen sein.

[0022] In der dargestellten Ausführungsform gemäß Figur 1 sind die Triggerspannungsquelle 17 und die zusätzliche Spannungsquelle 21 zur Vorionisierung mit dem Boden 11 der Hohlelektrode 10 elektrisch leitend verbunden. Unter Umständen kann es jedoch zweckmäßig sein, die Triggerspannung oder die Vorionisierungsspannung oder beide an der Seitenwand 12 der Hohlelektrode 10 zuzuführen.

[0023] In dieser Ausführungsform des Hohlelektro-

denschalters mit positiver Schaltspannung U_0 bildet die geerdete, obere Bezugselektrode die Kathode 2 und die untere die Anode 3. Wird eine negative Schaltspannung U_0 angelegt, so bildet die obere geerdete Elektrode die Anode der Entladungsstrecke 8. Unabhängig von der Polarität der Schaltspannung U_0 bildet die als Kathode 2 bezeichnete Bezugselektrode das Bezugspotential für die Triggerspannungsquelle 17 und die Spannungsquelle 21.

[0024] Im Ausführungsbeispiel ist ein Hohlelektrodenschalter beschrieben, der nur eine einzige Kathode 2 und eine Anode 3 enthält. Es kann jedoch auch eine Vielelektrodenanordnung mit Zwischenelektroden vorgesehen sein, mit der man eine verminderte Feldstärke zwischen den Elektroden und eine entsprechend erhöhte Spannungsfestigkeit des Hohlelektrodenschalters erhält.

[0025] In einer weiteren Ausführungsform enthält der Hohlelektrodenschalter eine Vielzahl von Einzelentladungsstrecken, die parallel zueinander angeordnet und mit einer gemeinsamen Hohlelektrode, die von ihrer Bezugselektrode elektrisch isoliert ist und mit Mitteln zum Herstellen einer Raumladung, insbesondere einer Glimmentladung, versehen ist. Damit erhält man eine Erhöhung der Stromanstiegsrate und eine Verminderung der Schalterinduktivität und des Schalterwiderstandes sowie eine hohe Lebensdauer und eine hohe Strombelastbarkeit.

[0026] In der Ausführungsform einer Hohlelektrode 10 gemäß Figur 2 ist der Boden 11 der Hohlelektrode mit einem Fortsatz 13 versehen, dessen freies Ende der Entladungsstrecke 8 zugewandt ist. Der Fortsatz 13 hat die Form eines Zylinders, bei dem die Kante des Endes abgerundet ist. Dieser Fortsatz 13 dient zur Beeinflussung der Glimmentladung, insbesondere der Verteilung der Raumladungsdichte, innerhalb der Hohlelektrode.

[0027] Gemäß Figur 3 hat dieser Fortsatz 13 die Form eines Kegels, dessen abgerundete Spitze der Entladungsstrecke 8 zugewandt ist.

Patentansprüche

1. Niederdruck-Gasentladungsschalter mit folgenden Merkmalen:

- a) Es sind Wenigstens zwei in einer Schaltkammer (14) im Abstand d voneinander angeordnete Hauptelektroden (2, 3) vorgesehen, die eine Kathode (2) und eine Anode (3) für eine Niederdruckgasentladung in einem Arbeitsgas bilden, wobei wenigstens die Kathode (2) mit wenigstens einer Öffnung (4) für eine Entladungsstrecke (8) vorgesehen ist,
- b) die Schaltkammer (14) enthält als Arbeitsgas eine ionisierbare Gasfüllung, deren Druck p so gewählt ist, daß die Zündspannung der Gasentladung mit steigendem Produkt $p \times d$ abnimmt,

- c) die Zündung der Gasentladung erfolgt durch Erhöhung der Elektronendichte im Kathodenrückraum, wobei wenigstens eine Hohlelektrode (10) zur Steuerung und Triggerung vorhanden ist, die wenigstens schalenförmig ausgebildet und mit ihrer Öffnung der Entladungsstrecke (8) zwischen Kathode (2) und Anode (3) zugewandt ist, so daß sie wenigstens den Kathodenrückraum umschließt,
- d) die Hohlelektrode (10) übernimmt als Steuerelektrode gleichermaßen die Funktion von Vorionisierung und Triggerung zur Zündung der Gasentladung, wozu Mittel zum Erzeugen einer Raumladung innerhalb der wenigstens schalenförmig ausgebildeten Hohlelektrode (10) vorgesehen sind, **gekennzeichnet** durch das weitere Merkmal:
- e) der Abstand (A) des Randes der wenigstens schalenförmig ausgebildeten Hohlelektrode (10) von der Kathode (2) ist geringer als die Länge des kathodischen Dunkelraums einer Glimmentladung des Arbeitsgases im Kathodenrückraum.
2. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß für die Glimmentladung im Kathodenrückraum die für die Gasentladung wirksame Kathode (2) als Bezugselektrode und die davon elektrisch isolierte, als Hohlelektrode (10) ausgebildete Steuerelektrode als Anode vorgesehen sind.
 3. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hohlelektrode (10) mit einer Triggerspannungsquelle (17) für einen negativen Steuerimpuls elektrisch leitend verbunden ist.
 4. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hohlelektrode (10) über einen Entkopplungswiderstand (18) und eine Entkopplungskapazität (19) an die Steuerspannungsquelle (17) angeschlossen ist.
 5. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hohlelektrode (10) an einen Triggertransformator angeschlossen ist.
 6. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß zusätzliche Mittel vorgesehen sind zum Erzeugen der Vorionisierung innerhalb der Hohlelektrode (10).
 7. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hohlelektrode (10) über einen Entkopplungswiderstand (22) an eine Spannungsquelle (21) für eine positive Gleichspannung angeschlossen ist.
 8. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die wenigstens schalenförmig ausgebildete Hohlelektrode (10) die Form eines Topfes vorgegebenen Durchmessers und Topftiefe mit zugehörigem Topfboden (11) hat.
 9. Niederdruck-Hohlentladungsschalter nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verhältnis des Durchmessers D zur Topftiefe T im Bereich 0,2 bis 2 gewählt ist.
 10. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verhältnis des Durchmessers D zur Topftiefe T etwa 1 beträgt.
 11. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Dicke der Kathode (2) wenigstens an ihrer Öffnung (4) vermindert ist.
 12. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der der Hohlelektrode (10) zugewandte Rand der Öffnung (4) der Kathode (2) mit einer Abschrägung versehen ist.
 13. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Topfboden (11) der Hohlelektrode (10) mit einem Fortsatz (13) versehen ist.
 14. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 13, **gekennzeichnet** durch eine Zylinderform des Fortsatzes (13), dessen der Entladungsstrecke (8) zugewandtes Ende mit einer abgerundeten Kante versehen ist (Figur 2).
 15. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 13, **gekennzeichnet** durch eine Kegelform des Fortsatzes (13), dessen abgerundete Spitze der Entladungsstrecke (8) zugewandt ist (Figur 3).
 16. Niederdruck-Gasentladungsschalter nach Anspruch 1, **gekennzeichnet** durch eine Vielzahl von Einzelentladungsstrecken (8), die parallel zueinander angeordnet und denen gemeinsam die wenigstens schalenförmig ausgebildete Hohlelektrode (10) zugeordnet ist.

Claims

1. Low-pressure gas discharge switch having the fol-

lowing features:

a) at least two main electrodes (2, 3) are provided that are arranged at a distance d from each other in a switching chamber (14) and which constitute a cathode (2) and an anode (3) for a low-pressure gas discharge in a working gas, wherein at least the cathode (2) is provided so as to have at least one opening (4) for a discharge gap (8),

b) the switching chamber (14) contains as a working gas an ionizable gas filling, the pressure p of which is selected so that the firing voltage of the gas discharge decreases with increasing product $p \times d$,

c) the gas discharge is fired by increasing the electron density in the cathode back chamber, wherein for the purposes of control and triggering at least one hollow electrode (10) is provided that has at least the form of a dish and with its opening is turned towards the discharge gap (8) between the cathode (2) and the anode (3) so that it surrounds at least the cathode back chamber,

d) the hollow electrode (10) as the control electrode also takes on the functions of pre-ionization and triggering for the purpose of firing the gas discharge, for which purpose means are provided for generating a space charge within the hollow electrode (10) that has at least the form of a dish, characterised by the further feature:

e) the distance (A) of the edge of the hollow electrode (10), which has at least the form of a dish, from the cathode (2) is less than the length of the cathodic dark space of a glow discharge of the working gas in the cathode back chamber.

2. Low-pressure gas discharge switch according to claim 1, characterised in that for the glow discharge in the cathode back chamber the cathode (2) that is effective for the gas discharge is provided as the reference electrode and the control electrode that is electrically insulated therefrom and is formed as a hollow electrode (10) is provided as the anode.

3. Low-pressure gas discharge switch according to claim 2, characterised in that the hollow electrode (10) is electroconductively connected to a trigger voltage source (17) for a negative control pulse.

4. Low-pressure gas discharge switch according to claim 3, characterised in that the hollow electrode (10) is connected to the control voltage source (17) by way of a decoupling resistor (18) and a decoupling capacitor (19).

5. Low-pressure gas discharge switch according to claim 3, characterised in that the hollow electrode (10) is connected to a trigger transformer.

6. Low-pressure gas discharge switch according to claim 2, characterised in that additional means are provided for the purpose of producing the preionisation within the hollow electrode (10).

7. Low-pressure gas discharge switch according to claim 6, characterised in that the hollow electrode (10) is connected to a voltage source (21) for a positive d.c. voltage by way of a decoupling resistor (22).

8. Low-pressure gas discharge switch according to claim 1, characterised in that the hollow electrode (10), which has at least the form of a dish, has the shape of a pot of a given diameter and a given pot depth with an appropriate pot base (11).

9. Low-pressure hollow (sic) discharge switch according to claim 8, characterised in that the selected ratio of the diameter D to the depth T of the pot lies in the range of 0.2 to 2.

10. Low-pressure gas discharge switch according to claim 9, characterised in that the ratio of the diameter D to the pot depth T amounts to approximately 1.

11. Low-pressure gas discharge switch according to claim 2, characterised in that the thickness of the cathode (2) is reduced at least at its opening (4).

12. Low-pressure gas discharge switch according to claim 11, characterised in that the edge of the opening (4) of the cathode (2) that is turned towards the hollow electrode (10) is bevelled.

13. Low-pressure gas discharge switch according to claim 8, characterised in that the pot base (11) of the hollow electrode (10) is provided with a projection (13).

14. Low-pressure gas discharge switch according to claim 13, characterised by a cylindrical shape of the projection (13), the end of which that is turned towards the discharge gap (8) is provided with an edge that is rounded off (Figure 2).

15. Low-pressure gas discharge switch according to claim 13, characterised by a conical shape of the projection (13), the rounded-off tip of which is turned towards the discharge gap (8) (Figure 3).

16. Low-pressure gas discharge switch according to claim 1, characterised by a plurality of individual

discharge gaps (8) which are arranged so as to be parallel to each other and jointly associated with which there is the hollow electrode (10) that has at least the form of a dish.

Revendications

1. Commutateur à décharge de gaz basse pression ayant les caractéristiques suivantes :

a) il est prévu au moins deux électrodes principales (2, 3) qui sont disposées dans une chambre de commutation (14) à une distance d l'une de l'autre et qui forment l'une une cathode (2) et l'autre une anode (3) pour une décharge de gaz basse pression dans un gaz de travail, au moins la cathode (2) étant munie d'au moins une ouverture (4) pour une voie de décharge (8),

b) la chambre de commutation (14) contient comme gaz de réaction une atmosphère gazeuse ionisable dont la pression p est choisie de telle sorte que la tension d'amorçage de la décharge de gaz diminue lorsque le produit p x d augmente,

c) l'amorçage de la décharge de gaz s'effectue par une augmentation de la densité d'électrons dans l'espace arrière de cathode, au moins une électrode creuse (10) étant présente pour la commande et pour le déclenchement, laquelle électrode creuse est conçue au moins en forme de coque et est tournée par son ouverture vers la voie de décharge (8) entre la cathode (2) et l'anode (3) de telle sorte qu'elle entoure au moins l'espace arrière de cathode, d) l'électrode creuse (10) en tant qu'électrode de commande assure en même temps la fonction de préionisation et la fonction de déclenchement pour l'amorçage de la décharge de gaz, des moyens pour produire une charge spatiale à l'intérieur de l'électrode creuse (10) conçue au moins en forme de coque étant prévus à cet effet,

caractérisé par le fait que :

e) la distance (A) du bord de l'électrode creuse (10) conçue au moins en forme de coque à la cathode (2) est plus petite que la longueur de l'espace sombre cathodique d'une décharge lumineuse dans l'espace arrière de cathode.

2. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 1, caractérisé par le fait que, pour la décharge lumineuse dans l'espace arrière de cathode, la cathode (2) active pour la décharge de gaz est prévue comme électrode de référence et que l'électrode de commande électriquement isolée de celle-ci et conçue comme électrode creuse (10) est prévue comme anode.

3. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'électrode creuse (10) est reliée de façon électriquement conductrice à une source de tension de déclenchement (17) pour une impulsion de commande négative.

4. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 3, caractérisé par le fait que l'électrode creuse (10) est reliée à la source de tension de déclenchement (17) par l'intermédiaire d'une résistance de découplage (18) et d'une capacité de découplage (19).

5. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 3, caractérisé par le fait que l'électrode creuse (10) est raccordée à un transformateur de déclenchement.

6. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'il est prévu des moyens supplémentaires pour produire la préionisation à l'intérieur de l'électrode creuse (10).

7. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 6, caractérisé par le fait que l'électrode creuse (10) est raccordée par l'intermédiaire d'une résistance de découplage (22) à une source de tension (21) pour une tension continue positive.

8. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'électrode creuse (10) conçue au moins en forme de coque a la forme d'un pot ayant un diamètre et une profondeur prédéterminés ainsi qu'un fond de pot (11) associé.

9. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le rapport du diamètre D à la profondeur de pot T est choisi dans une plage comprise entre 0,2 et 2.

10. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 9, caractérisé par le fait que le rapport du diamètre D à la profondeur de pot T vaut environ 1.

11. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'épaisseur de la cathode (2) est réduite au moins à son ouverture (4).

12. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 11, caractérisé par le fait que le bord, proche de l'électrode creuse (10), de l'ouverture (4) de la cathode (2) est muni d'un

biseau.

13. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 8, caractérisé par le fait que le fond de pot (11) de l'électrode creuse (10) est muni d'un prolongement (13). 5
14. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 13, caractérisé par une forme cylindrique du prolongement (13) dont l'extrémité tournée vers la voie de décharge (8) est munie d'une arête arrondie (figure 2). 10
15. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 13, caractérisé par une forme conique du prolongement (13) dont le sommet arrondi est tourné vers la voie de décharge (8) (figure 3). 15
16. Commutateur à décharge de gaz basse pression selon la revendication 1, caractérisé par une multiplicité de voies de décharge individuelles (8) qui sont disposées parallèlement les unes aux autres et auxquelles l'électrode creuse (10) conçue au moins en forme de coque est associée en commun. 20 25

30

35

40

45

50

55

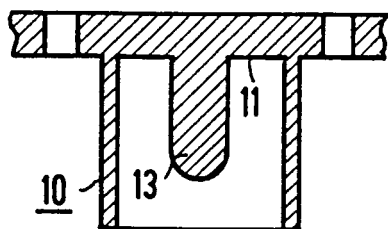
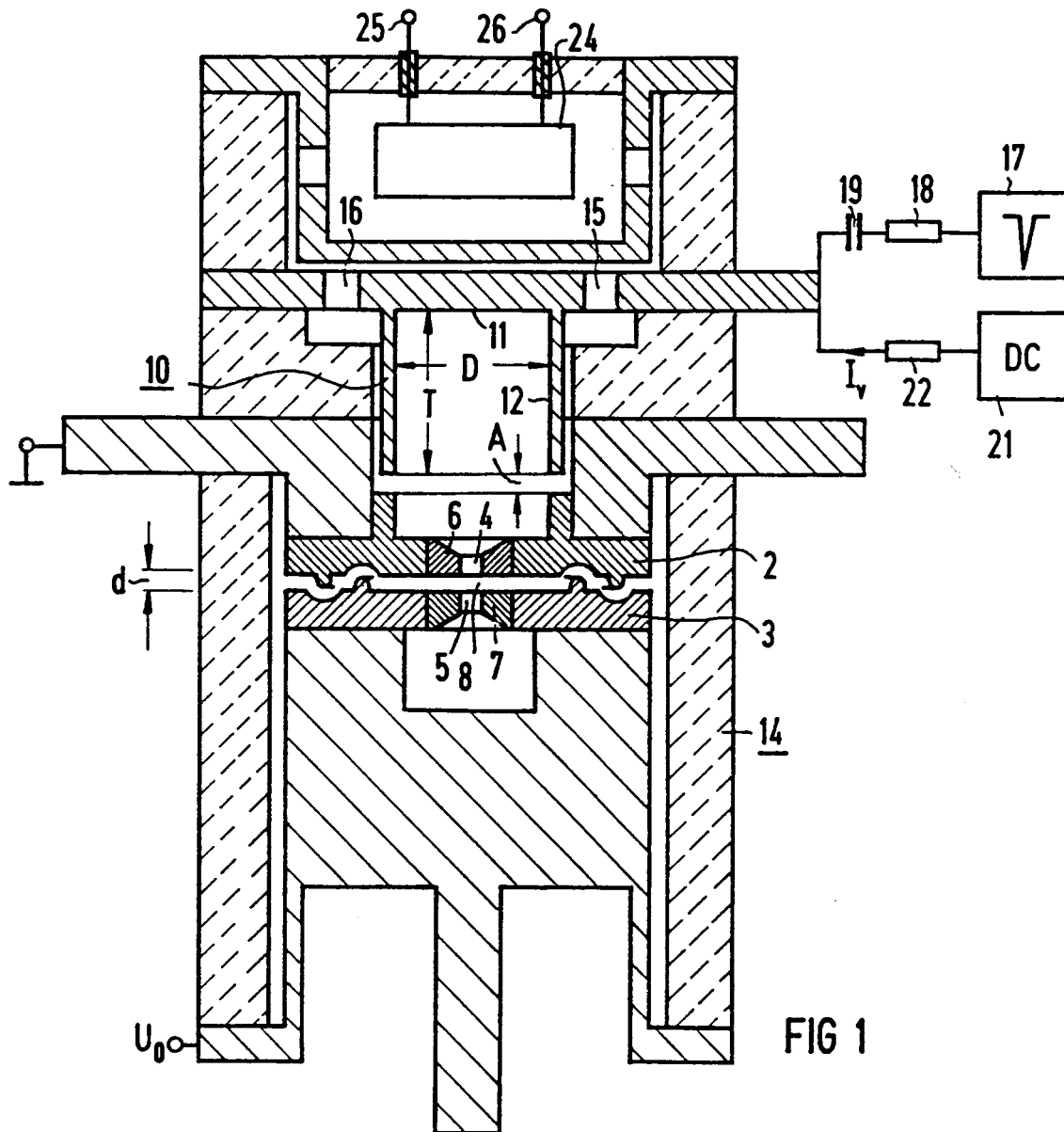


FIG 2

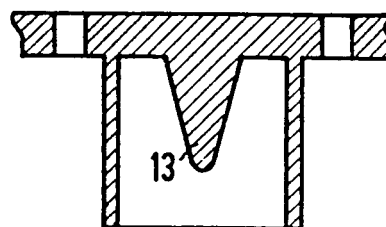


FIG 3