



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 168 895 B9**

(12) **KORRIGIERTE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**
Hinweis: Bibliographie entspricht dem neuesten Stand

(15) Korrekturinformation:
Korrigierte Fassung Nr. 1 (W1 B1)
Korrekturen, siehe Seite(n) 6, 7

(51) Int Cl.7: **H05G 2/00**

(48) Corrigendum ausgegeben am:
14.07.2004 Patentblatt 2004/29

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
06.05.2004 Patentblatt 2004/19

(21) Anmeldenummer: **00113560.7**

(22) Anmeldetag: **27.06.2000**

(54) **Pulsbare Vorrichtung mit einer Anordnung zur Erzeugung von Strahlung sowie Verfahren zur Erzeugung von Strahlung**

Pulse device with a system for radiation generation and method for radiation generation

Dispositif à impulsions avec un système de production de rayonnement et procédé de production de rayonnement

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.01.2002 Patentblatt 2002/01

(73) Patentinhaber: **TuiLaser AG**
82110 Germering (DE)

(72) Erfinder: **Böwering, Norbert, Dr.**
82166 Gräfelfing bei München (DE)

(74) Vertreter: **Schurack, Eduard F. et al**
Hofstetter, Schurack & Skora
Balanstrasse 57
81541 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
SU-A- 1 804 661 **US-A- 4 509 176**
US-A- 4 752 946

- **LEE J H ET AL: "ULTRAVIOLET LASER EXCITATION SOURCE" APPLIED OPTICS,US,OPTICAL SOCIETY OF AMERICA,WASHINGTON, Bd. 19, Nr. 19, 1. Oktober 1980 (1980-10-01), Seiten 3343-3348, XP000709200 ISSN: 0003-6935**
- **AKIYAMA H ET AL: "A SELF-CROWBAR SWITCH FOR A GAS-PUFF Z-PINCH DRIVEN BY A PULSED POWER GENERATOR" REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS,US,AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, Bd. 61, Nr. 4, 1. April 1990 (1990-04-01), Seiten 1344-1346, XP000114735 ISSN: 0034-6748**
- **VELLA M C ET AL: "Plasma pinch for final focus and transport" NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - A: ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT,NL,NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY. AMSTERDAM, Bd. 415, Nr. 1-2, 21. September 1998 (1998-09-21), Seiten 193-199, XP004140729 ISSN: 0168-9002**

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 1 168 895 B9

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine pulsable Vorrichtung mit einer Anordnung zur Erzeugung von Strahlung aus einer magnetisch komprimierten elektrischen Gasentladung und einem Schalter zum Auslösen der Strahlungserzeugung der Anordnung. Sie betrifft weiterhin ein Verfahren zur Erzeugung von Strahlung.

[0002] Derartige Vorrichtungen werden eingesetzt beispielsweise zur Erzeugung von EUV (Extrem-Ultraviolett)- und Röntgenstrahlung, wobei das die Strahlung emittierende Medium ein Plasma ist. Bevorzugtes Anwendungsgebiet sind die Projektionslithographie und Inspektions- und Analyseverfahren in diesem Spektralbereich.

[0003] Der Einsatz eines Plasmas als Quelle für Röntgenlicht ist bekannt. Bei einer Pinch-Entladung wird beispielsweise zwischen zwei Elektroden ein Plasma erzeugt, das zur Emission der gewünschten Strahlung gezündet werden muß. Bei einer sogenannten Z-Pinch-Entladung handelt es sich meist um eine zylindrische, gepulste Hochstrom-Gasentladung, die sich durch magnetische Kompression zu einem Stromfaden zusammenschnürt. Im erzeugten heißen Plasma werden die Atome mehrfach ionisiert und im allgemeinen hohe Ionisationsstufen erreicht. Die verschiedenen angeregten ionischen Zustände geben Strahlung in Form von Linien ab, bei schweren Materialien zum Teil auch in Form von Bändern, die aus vielen Linien bestehen. Zur Verdeutlichung zeigt Fig. 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Schaltungsanordnung zur Zündung einer Gasentladung, die sogenannte Blumlein-Schaltung. Zunächst werden zwei Kondensatorbänke C1, C2 über Ladewiderstände R auf Hochspannung (HV) aufgeladen. Durch den Schalter S, beispielsweise eine Funkenstrecke oder ein Thyatron, werden die Kondensatoren der Kondensatorbank C1 kurzgeschlossen. Dies führt dazu, daß die Kondensatoren der Kondensatorbank C1 umschwingen, d.h. aufgrund des vom System gebildeten, gedämpften elektrischen Schwingkreises, dessen Schwingungsverhalten durch seine Kenngrößen Kapazität, Induktivität und Ohmscher Widerstand bestimmt sind, liegt nach einer Halbwelle nahezu die hinsichtlich der Amplitude gleich große Spannung an C2 an, wie an C1 anliegt, jedoch mit umgekehrter Polarität. Damit liegt an den Eingängen der beiden Anschlüsse des Lasers nahezu die doppelte Hochspannung an. Dies führt zum Zünden der Gasentladung zwischen den Elektroden der Anordnung.

[0004] Die Problematik der in Fig. 1 dargestellten Schaltung liegt darin, daß aufgrund der hohen beteiligten Spannungen beim Schalten der Kondensatorbank C1 die Elektroden des Schalters einen Abbrand erfahren, der nicht nur deren Lebensdauer begrenzt, sondern auch die Zuverlässigkeit der Zündung der Gasentladung beeinträchtigt.

[0005] Zur Vermeidung dieser Problematik ist beispielsweise aus der DE 197 53 696 eine Vorrichtung zur

Erzeugung von Extrem-Ultraviolett-Strahlung bekannt, die im Selbstdurchbruch betrieben wird. Der Selbstdurchbruchbetrieb erlaubt jedoch nicht das zeitlich präzise Schalten der Entladung. Zudem sind dabei für eine gegebene Elektrodenanordnung der Gasdruck und die für den Durchbruch anzulegende Spannung nicht voneinander unabhängig variierbar, sondern sie sind korreliert, d.h. der Arbeitspunkt ist nicht frei wählbar.

[0006] Aus AKIYAMA H. et al.: A SELF-CROWBAR SWITCH FOR A GAS-PUFF Z-PINCH DRIVEN BY A PULSED POWER GENERATOR' REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. Bd. 61, Nr. 4, 1. April 1990 (1990-04-01), Seiten 134-14346, ist bekannt, eine gepulste Pinch-Entladung für weiche Röntgenstrahlung zusammen mit einem crowbar-Schalter zu betreiben. Der Schalter besteht aus einer diffusen Entladung zwischen einer Innenelektrode von 12 cm Durchmesser und einer Außenelektrode von 18 cm Durchmesser. Die Innenelektrode steht also einer magnetischen Kompression im Weg, weshalb es nicht möglich ist, diesen Schalter als magnetisch komprimierte Gasentladung auszuführen. Der von der Hauptentladungsseite her eingelassene Gaspuls erreicht den Schalter zeitlich erst nachdem er den Bereich der Hauptentladung erreicht hat. Die Hauptentladung macht daher die Vorionisation für den Schalter. Dieser schaltet nach dem Einsetzen der Hauptentladung und unterhält sie dann aber dadurch länger.

[0007] Aus VELLA M.C. et al.: Plasma pinch for final focus and transport', NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION A: ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPEMENT, NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY. Bd. 415, Nr. 1-2, 21. September 1998 (1998-09-21), Seiten 193-199, ist eine Pinch-Entladung mit einem zeitlichen Pinch-Vorpuls bekannt. Die dort beschriebene Anordnung hat nur zwei Elektroden, wobei ein Laserstrahl eine Vorentladung zwischen diesen Elektroden aus einem Vorpulskondensator triggert. Erst danach wird die Hauptentladung zwischen den gleichen Elektroden durch Triggern des Puls-generators gezündet. Der Puls-generator hat seinen eigenen Schalter, der als Funkenstrecke ausgebildet ist. Die Vorentladung ist demnach nur eine Art Nebenentladung, und sie dient nicht dazu, die Energie der Hauptentladung zu schalten.

[0008] Aus der US-A-4,509,176 ist eine CO₂ Gaslaseranordnung bekannt, die als Doppelanordnung mit Metallringen ausgeführt ist, jedoch konventionell durch einen Thyatronschalter geschaltet wird.

[0009] Die SU-A-1,804,661 betrifft einen Generator von harter Röntgenstrahlung mit einem Elektronenstrahl, der Bremsstrahlung auf einem Target erzeugt. Als Gas wird Wasserstoff verwendet. Es handelt sich um eine sogenannte Elektronen-Zyklotron-Resonanz, bei der die Bahnen der Elektronen durch Permanentmagnete beeinflusst und eingeeignet werden.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren der eingangs genannten Art zur Verfügung zu stellen, die das Schalten und den Betrieb bei optimalen Druck- und Spannungswerten möglich machen, bei welchen die Beeinträchtigungen durch Abbrand an den Schalterelektroden reduziert sind und Repetitionsraten von mehr als 20 Pulsen pro Sekunde ermöglicht sind.

[0011] Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Patentanspruch 1 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Patentanspruch 15.

[0012] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß, wenn der Schalter zum Auslösen der Strahlungserzeugung der Anmeldung ebenfalls als magnetisch komprimierte elektrische Entladung ausgeführt ist, kein Schalter im herkömmlichen Sinne verwendet werden muß. Die Vorionisation für die Schaltentladung kann beispielsweise durch eine Triggerentladung erfolgen, woraufhin die Vorionisation für die Hauptentladung der eigentlichen Anordnung zur Erzeugung von Strahlung durch die Schaltentladung erfolgt.

[0013] In besonders vorteilhafter Weise ist die Anordnung und der Schalter als Z-Pinch ausgeführt. Hierbei ergeben sich eine sehr geringe Ablation und Erosion nicht nur an den an der Entladung beteiligten Elektroden, sondern auch an den zwischen den Elektroden angeordneten Isolatoren. Ungeachtet dieses besonderen Vorteils ist das Erfindungsprinzip jedoch auch anwendbar auf Gas-Puff-Z-Pinch, Kapillarentladung, Plasmafokulentladung, Pseudofunkenentladung und transiente Hohlraumentladung sowie weitere gepinchte Entladungen. Von der Erfindung mitumfaßt ist die Kombination unterschiedlicher magnetisch komprimierter elektrischer Gasentladungen für Schalter und Anordnung.

[0014] Besonders vorteilhaft ist es, wenn Anordnung und Schalter eine gemeinsame Symmetrieachse aufweisen und von der Anordnung und dem Schalter in denselben Raumbereich emittiert wird. Damit erzeugt der Schalter einerseits zusätzlich nutzbare Strahlung, die zur Lichtemission der gesamten Vorrichtung beiträgt. Die vom Schalter nach dessen Zündung erzeugten Ladungsträger werden andererseits zur Vorionisation der Anordnung verwendet.

[0015] Zur Versorgung von Schalter und Anordnung mit Energie werden vorzugsweise Kondensatorbänke eingesetzt. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfaßt die Vorrichtung mindestens eine Triggerelektrode zur Erzeugung der Triggerentladung, mindestens eine Schaltentladungselektrode zur Erzeugung der Schaltentladung des Schalters, mindestens eine Hauptentladungselektrode zur Erzeugung der Hauptentladung der Anordnung, sowie eine massennahe Elektrode.

[0016] Die Triggerelektrode(n), die Schaltentladungselektrode(n) und die Hauptentladungselektrode(n) sind bevorzugt als Scheiben oder als Hohlzylinder oder als Hohlzylinder mit fluchtenden Blenden ausgeführt. Damit

die Schaltentladung zur Entladung der Anordnung beiträgt, sind die erwähnten Elektroden vorzugsweise entlang einer gemeinsamen Symmetrieachse angeordnet, wobei die Öffnungen der Scheiben und/oder Hohlzylinder fluchtend ausgerichtet sind.

[0017] Die Scheiben und/oder Hohlzylinder sind elektrisch voneinander isoliert angeordnet, insbesondere durch zwischen den Scheiben und/oder den Hohlzylindern angeordnete Scheiben und/oder Hohlzylinder aus elektrisch isolierendem Material. Bevorzugt weist die Vorrichtung eine Kühlvorrichtung, insbesondere als Mikrokanal-Diffusionskühlung ausgebildet, auf, um das System aus Triggerelektrode, Schaltentladungselektrode, Hauptentladungselektrode an der von der Entladungsseite abgewandten Seite zu kühlen.

[0018] Im Hinblick auf die sehr kurze Wellenlänge der erzeugten Strahlung, die insbesondere je nach Gasart auf 13,5 nm, 13,0 nm oder 11,4 nm einstellbar ist, besteht eine besonders bevorzugte Weiterbildung darin, daß die Vorrichtung eine semi-transparente, insbesondere sphärisch gekrümmte Kapillarenanordnung aufweist, insbesondere eine Vielkanal-Kapillarenanordnung, mit der der Schalter und die Anordnung von einer Vakuumanlage eines Benutzers der erzeugten Strahlung trennbar sind, um Absorption der Strahlung im Medium zu reduzieren.

[0019] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0020] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben.

[0021] Es stellen dar:

Fig. 1 Die aus dem Stand der Technik bekannte Blumlein-Schaltung zum Zünden einer elektrischen Gasentladung;

Fig. 2 in schematischer geschnittener Darstellung die Entladungsregion einer erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

Fig. 3 die elektrische Beschaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung von Fig. 2.

[0022] Die vorliegende Erfindung wird nunmehr am Beispiel einer axialen Doppelanordnung zweier Z-Pinche beschrieben, ohne den Erfindungsgedanken auf diese als Beispiel gewählte Ausführungsform einzuschränken.

[0023] Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung einen Querschnitt durch die Entladungsregion einer axialen Doppelanordnung zweier Z-Pinche. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist eine erste Pinch-Elektrode 10, eine zweite Pinch-Elektrode 12 und eine dritte Pinch-Elektrode 14 auf. Die Pinch-Elektroden 10 und 12 sind bei der Schaltentladung beteiligt, während die Hauptentladung von den Pinch-Elektroden 12 und 14 besorgt wird. Eine Trigger-Elektrode 16 dient zur Zündung einer

Trigger-Entladung zur Pinch-Elektrode 10. Die Darstellung von Fig. 2 läßt mehrere Isolatorröhrchen 5a, 5b, 5c, 5d erkennen, die vorzugsweise aus Keramikwerkstoffen, beispielsweise Al_2O_3 , gebildet sind. Die zwei Pinche, d.h. der erste von den Pinch-Elektroden 10 und 12 gebildete Schalter-Pinch und der zweite von den Pinch-Elektroden 12 und 14 gebildete Hauptpinch, sind entlang einer gemeinsamen Symmetrieachse 18 angeordnet. An der von der Gasentladung abgewandten Seite ist eine Kühlvorrichtung 20 vorgesehen, die vorzugsweise als Mikrokanal-Diffusionskühlung ausgebildet ist. Alternativ kann zur Kühlung der Elektroden vorgesehen werden, die Elektroden hohl auszubilden und zur Kühlung direkt mit einem Medium wie Isolieröl in Kontakt zu bringen.

[0024] Die rechte Seite der Anordnung von Fig. 2 ist die zum Benutzer gerichtete Seite, d.h. auf dieser Seite wird die Strahlung aus dem System ausgeleitet und zum Einsatzort transportiert. Wie weiter unten noch detaillierter beschrieben werden wird, ist es erforderlich, in den Entladungsraum 22 Gas einzubringen, damit eine Gasentladung stattfinden kann. Im Hinblick auf die äußerst kurze Wellenlänge der erzeugten Strahlung, die weniger als 100 nm, bevorzugt weniger als 50 nm, insbesondere 13,5 nm, 13,0 nm oder 11,4 nm beträgt, ist es besonders vorteilhaft, den Transportweg von der Anordnung zur Strahlungserzeugung bis zum Einsatzort als Vakuum auszubilden, da ansonsten die erzeugte Strahlung von den Gasatomen auf diesem Weg bereits wieder absorbiert werden kann. Zu diesem Zweck ist in der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine Vielkanal-Kapillaren-Anordnung 24 auf der zum Benutzer gerichteten Seite angeordnet, die zum Ausbilden einer Druckdifferenz geeignet ist und bewirkt, daß nur geringe Gas-mengen in den Transportweg gelangen und die Absorption im Medium deutlich verringert werden kann.

[0025] Eine ähnliche, wenngleich weniger effiziente Maßnahme besteht darin, das Keramikröhrchen 5d als sich in Richtung zur Gasentladung verjüngenden Stopfen auszubilden.

[0026] In Fig. 3 ist die elektrische Beschaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Sie umfaßt neben den erwähnten Pinch-Elektroden 10, 12, 14 die Trigger-Elektrode 16, die jeweils vorzugsweise als Scheiben- oder Hohlzylinder ausgebildet sind, sowie zwei Kondensatorbänke C1, C2, die über Vorwiderstände R an Hochspannung HV angelegt sind. Die Kondensatorbank C2 ist mit ihrem anderen Anschluß direkt mit Masse verbunden, während die Kondensatorbank C1 mit ihrem anderen Anschluß über einen Widerstand R' mit Masse verbunden ist. Die Triggerelektrode 16 ist mit einer niedrigen Hochspannung NHV verbunden, die niedrigere Amplitude und umgekehrte Polarität aufweist als die Hochspannung HV.

Zur Funktionsweise:

[0027] Nach Aufladung der Kondensatorbänke C1,

C2 liegt die Pinch-Elektrode 10 quasi auf Massepotential. Wird nunmehr an die Triggerelektrode 16 eine negative niedrige Hochspannung NHV angelegt, so entsteht eine Entladung von der Elektrode 16 zur ersten Pinch-Elektrode 10. Dadurch werden Ladungsträger am linksseitigen Ende des Entladungsraums 22 bereitgestellt. Diese Ladungsträger wirken als Vorionisation für den Schalter-Pinch, der die Pinch-Elektroden 10 und 12 umfaßt. Hierdurch bildet sich eine Gleitentladung zwischen der Pinch-Elektrode 10 und der Pinch-Elektrode 12 aus, wodurch aufgrund der niedrigen Induktivität schnell großer Strom fließt. Zwischen Pinch-Elektrode 12 und Pinch-Elektrode 14 entsteht keine Gleitentladung, da diese beiden Elektroden auf demselben Potential liegen. Die Gleitentladung zwischen Pinch-Elektrode 10 und Pinch-Elektrode 12 führt zum Kurz-schließen der Kondensatorbank C1 und resultiert in einer Umladung der Pinch-Elektrode 12. Die Zeitdauer bis zur Umladung wird bestimmt von den an diesem Schwingkreis beteiligten Widerständen, Kondensatoren und Induktivitäten. Nach der ersten Halbwelle dieser Schwingung ist die Pinch-Elektrode 12 auf einem Potential, das nahezu gleich groß ist wie die Hochspannung HV, jedoch umgekehrte Polarität aufweist. Zwischen der Pinch-Elektrode 12 und der Pinch-Elektrode 14 liegt daher nahezu die doppelte Hochspannung HV an, was darin resultiert, daß die Hauptentladung durchbricht.

[0028] Nicht dargestellt sind Vorrichtungen zur gepulsten Gaszufuhr in den Entladungsraum, vorzugsweise links in der Darstellung der Fig. 2 angeordnet, sowie Vorrichtungen zum Abpumpen des Gases.

[0029] Bei einem bevorzugten Labormuster kann die Hochspannung HV bis 40 kV, die niedrige Hochspannung NHV -5kV betragen. Die Kondensatorbänke können realisiert werden als 60 in Öl angeordnete Kondensatoren mit einer Kapazität von jeweils 1,7 nF (50 kVDC). Die Keramikröhrchen 5b und 5c haben eine Länge von 30 mm sowie einen Innendurchmesser von 15 mm bei einem Außendurchmesser von 20 mm. Die Elektroden sind ringförmig ausgebildet und aus einem hochschmelzenden Werkstoff, wie z.B. Molybdän. Der Gesamtdurchmesser der Anordnung einschließlich der Kondensatorbänke beträgt 600 mm, während die Gesamtlänge der Anordnung in Richtung der Symmetrieachse, wie in Fig. 2 dargestellt, 90 mm beträgt. Die in den Kondensatoren gespeicherte Energie kann je nach angelegter Hochspannung zwischen 68 und 81 J betragen. Die Hauptentladung dauert ca. 50 ns, wobei der Anteil der vom Schalter-Pinch zur Gesamtstrahlung geleistet wird bis zu ca. 30 % betragen kann. Ein Pulsbetrieb der Anordnung von bis zu 100 Hz ist problemlos möglich. Als Gas eignet sich insbesondere Xenon.

[0030] Im allgemeinen liegt der Abstand und der Innendurchmesser der Elektroden sowie die Länge und der Innendurchmesser der sie trennenden Isolatoren im Millimeter- bis Zentimeterbereich. Die Anordnung und der Schalter werden bevorzugt mit Edelgasen, Sauer-

stoff, Sauerstoff enthaltenden Gasen oder Dämpfen oder Gemischen aus den genannten Gasen bei einem Druck im Bereich von 1 Pa bis 1000 Pa betrieben.

Patentansprüche

1. Pulsbare Vorrichtung mit einer Anordnung, mit zwei Elektroden (12, 14), zur Erzeugung von Strahlung aus einer magnetisch komprimierten elektrischen Gasentladung und einem Schalter zum Auslösen der Strahlungserzeugung der Anordnung, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schalter (10, 12) eine erste und eine zweite Schaltentladungselektrode (10; 12) umfaßt, die in einem vorgegebenen Abstand entlang einer Achse (18) angeordnet sind, so dass sich als Schaltentladung eine sich magnetisch auf der Achse (18) zu einem Stromfaden selbst-komprimierende elektrische Gasentladung erzeugen läßt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Anordnung jeweils als Z-Pinch oder als Gas-Puff Z-Pinch oder als Kapillarentladung oder als Plasmafokulentladung oder als Pseudofunkenentladung oder als transiente Hohlraumentladung ausgeführt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schalter jeweils als Z-Pinch oder als Gas-Puff Z-Pinch oder als Kapillarentladung oder als Plasmafokulentladung oder als Pseudofunkenentladung oder als transiente Hohlraumentladung ausgeführt ist.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Anordnung und der Schalter eine gemeinsame Symmetrieachse (18) aufweisen, wobei die von der Anordnung und dem Schalter emittierte Strahlung in denselben Raumbereich emittierbar ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schalter durch eine Triggerentladung zündbar und/ oder vorionisierbar ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die vom Schalter nach dessen Zündung erzeugten Ladungsträger zur Vorionisation der Anordnung verwendbar sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** Vorrichtung mindestens eine Kondensatorbank (C1, C2) aufweist, wobei durch die mindestens eine Kondensatorbank die Energie für die von dem Schalter und/oder der Anordnung emittierten Strahlung bereitstellbar ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorrichtung weiterhin umfaßt mindestens eine Triggerelektrode (16) zur Erzeugung der Triggerentladung; mindestens eine Hauptentladungselektrode (12, 14) zur Erzeugung der Hauptentladung der Anordnung; und eine massennahe Elektrode.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Triggerelektrode(n) (16), die Schaltentladungselektrode(n) (10, 12) und die Hauptentladungselektrode(n) (12, 14) als Scheiben oder als Hohlzylinder oder als Hohlzylinder mit fluchtenden Blenden ausgeführt sind.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Triggerelektrode(n) (16), die Schaltentladungselektrode(n) (10, 12) und die Hauptentladungselektrode(n) (12, 14) derart entlang einer gemeinsamen Symmetrieachse (18) angeordnet sind, daß die Öffnungen der Scheiben und/oder Hohlzylinder fluchtend ausgerichtet sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Scheiben und/oder Hohlzylinder elektrisch voneinander isoliert angeordnet sind, insbesondere durch zwischen den Scheiben und/oder den Hohlzylindern angeordnete Scheiben und/oder Hohlzylinder (5a, 5b, 5c, 5d) aus elektrisch isolierendem Material, insbesondere Keramikwerkstoffen.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Anordnung eine Kühlvorrichtung (20), insbesondere als Mikrokanaldiffusionskühlung ausgebildet, aufweist, um das System aus Triggerelektrode (16), Schaltentladungselektrode (10, 12) und Hauptentladungselektrode (12, 14) an der von der Entladungsseite abgewandten Seite zu kühlen.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vorrichtung eine semitransparente, insbesondere sphärisch gekrümmte, Kapillarenanordnung (24), insbesondere eine Vielkanal-Kapillaren-

anordnung, aufweist, mit der der Schalter und die Anordnung von einer Vakuumanlage eines Benutzers der erzeugten Strahlung trennbar sind.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die erzeugte Strahlung eine Wellenlänge von weniger als 50 nm aufweist, insbesondere EUV-Strahlung und/oder weiche Röntgenstrahlung ist.

15. Verfahren zur Erzeugung von Strahlung, folgende Schritte aufweisend:

- a) Bewirken einer Schallentladung durch eine sich magnetisch auf eine Achse (18) zu einem Stromfaden selbst-komprimierenden elektrischen Gasentladung in einem Schalter (10, 12) mit einer ersten und einer zweiten Schallentladungselektrode (10; 12), die in einem vorgegebenen Abstand entlang der Achse (18) angeordnet sind;
b) Verwenden der magnetisch selbst-komprimierten elektrischen Gasentladung des Schalters zum Auslösen einer magnetisch komprimierten elektrischen Gasentladung in einer Anordnung (12, 14) zur Erzeugung von Strahlung.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Schritt a) die Gasentladung des Schalters durch eine Triggerentladung gezündet und/oder vorionisiert wird.

Claims

1. Pulsable device including an assembly with two electrodes (12, 14) for generating radiation from a magnetically compressed electrical gas discharge, and a switch for initiating the radiation generation of the assembly, **characterized in that** the switch (10, 12) includes first and second switch discharge electrodes (10; 12) disposed in a preset distance along an axis (18) such that an electrical gas discharge magnetically self-compressing on the axis (18) to a current streamer can be generated as a switch discharge.
2. Device according to claim 1, **characterized in that** the assembly is each designed as a Z pinch or as a gas puff Z pinch or as a capillary discharge or as a plasma focus discharge or as a pseudo spark discharge or as a transient hollow cavity discharge.

3. Device according to claim 1 or 2, **characterized in that** the switch is each designed as a Z pinch or as a gas puff Z pinch or as a capillary discharge or as a plasma focus discharge or as a pseudo spark discharge or as a transient hollow cavity discharge.

4. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the assembly and the switch have a common axis of symmetry (18), wherein the radiation emitted by the assembly and the switch is able to be emitted into the same spatial region.

5. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the switch is ignitable and/or pre-ionizable by a trigger discharge.

6. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the charge carriers generated by the switch after ignition thereof are usable for pre-ionization of the assembly.

7. Device according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the device has at least one capacitor bank (C1, C2), wherein by the at least one capacitor bank the energy for the radiation emitted by the switch and/or the assembly is able to be provided.

8. Device according to any one of claims 5 to 7, **characterized in that** the device further includes at least one trigger electrode (16) for generating the trigger discharge; at least one main discharge electrode (12, 14) for generating the main discharge of the assembly; and an electrode near ground.

9. Device according to claim 8, **characterized in that** the trigger electrode(s) (16), the switch discharge electrode(s) (10, 12) and the main discharge electrode(s) (12, 14) are designed as disks or as hollow cylinders or as hollow cylinders with aligned apertures.

10. Device according to claim 9, **characterized in that** the trigger electrode(s) (16), the switch discharge electrode(s) (10, 12) and the main discharge electrode(s) (12, 14) are disposed along a common axis

of symmetry (18) such that the openings of the disks and/or hollow cylinders are oriented in alignment.

11. Device according to claim 9 or 10,
characterized in that
the disks and/or hollow cylinders are disposed electrically isolated from each other, especially by disks and/or hollow cylinders (5a, 5b, 5c, 5d) of electrically isolating material, especially ceramic raw materials, disposed between the disks and/or the hollow cylinders.
12. Device according to any one of claims 8 to 11,
characterized in that
the assembly has a cooling device (20), especially formed as a microchannel diffusion cooling, for cooling the system of trigger electrode (16), switch discharge electrode (10, 12) and main discharge electrode (12, 14) on the side facing away from the discharge side.
13. Device according to any one of claims 4 to 12,
characterized in that
the device has a semi-transparent, especially spherically curved capillary assembly (24), especially a multi-channel capillary assembly, by which the switch and the assembly are separable from a vacuum equipment of a user of the generated radiation.
14. Device according to any one of the preceding claims,
characterized in that
the generated radiation has a wavelength of less than 50 nm, especially is EUV radiation and/or soft X-ray radiation.
15. Method for generating radiation, comprising the steps of:
 - a) effecting a switch discharge by an electrical gas discharge magnetically self-compressing to an axis (18) to a current streamer in a switch (10, 12) having first and second switch discharge electrodes (10; 12) disposed in a preset distance along the axis (18);
 - b) using the magnetically self-compressed electrical gas discharge of the switch for initiating a magnetically compressed electrical gas discharge in an assembly (12, 14) for generating radiation.
16. Method according to claim 15,
characterized in that
in step a) the gas discharge of the switch is ignited and/or pre-ionized by a trigger discharge.

Revendications

1. Dispositif à impulsions avec un système à deux électrodes (12, 14) permettant la génération d'un rayonnement à partir d'une décharge gazeuse électrique comprimée par voie magnétique et un commutateur prévu pour déclencher la génération du rayonnement du système,
caractérisé en ce que
le commutateur (10, 12) comporte une première et une deuxième électrode de décharge par commutation (10; 12) disposées à intervalle prédéterminé le long d'un axe (18) de manière à permettre la génération en tant que décharge de commutation d'une décharge gazeuse électrique auto-comprimée par voie magnétique en un trajet du courant sur l'axe (18).
2. Dispositif selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le système est réalisé comme striction Z ou striction Z "gas puff" ou comme décharge capillaire ou décharge focale par plasma ou pseudo-décharge à étincelles ou décharge transitoire de cavité.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que
le commutateur est réalisé sous forme de striction Z ou de striction Z "gas puff" ou de décharge capillaire ou de décharge focale par plasma ou de pseudo-décharge à étincelles ou de décharge transitoire de cavité.
4. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le système et le commutateur présentent un axe de symétrie commun (18), le rayonnement émis par le système et le commutateur pouvant être émis vers la même zone spatiale.
5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le commutateur peut être amorcé ou préionisé par une décharge par déclenchement.
6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
les porteurs de charge générés par le commutateur après son amorçage peuvent être utilisés pour préioniser le système.
7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le dispositif comporte au moins un banc de conden-

sateurs (C1, C2), l'énergie nécessaire au rayonnement émis par le commutateur et/ou le système pouvant être mise à disposition par l'au moins un banc de condensateurs.

8. Dispositif selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** le système comprend par ailleurs au moins une électrode de déclenchement (16) destinée à produire la décharge par déclenchement; au moins une électrode de décharge principale (12, 14) destinée à générer la décharge principale du système; et une électrode proche du potentiel de la masse. 5
9. Dispositif selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** (les)l'électrode(s) de déclenchement (16), (les)l'électrode(s) de décharge par commutation (10, 12) et (les)l'électrode(s) de décharge principale (12, 14) sont réalisées sous forme de disques ou de cylindres creux ou de cylindres creux munis de diaphragmes en alignement. 10 20 25
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** (les)l'électrode(s) de déclenchement (16), (les)l'électrode(s) de décharge par commutation (10, 12) et (les)l'électrode(s) de décharge principale (12, 14) sont disposées selon un axe de symétrie commun (16) de manière à assurer l'alignement des ouvertures des disques et/ou des cylindres creux. 30
11. Dispositif selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce que** les disques et/ou cylindres creux sont disposés de manière électriquement isolée les uns des autres, notamment grâce à des disques et/ou cylindres creux (5a, 5b, 5c, 5d) disposés entre les disques et/ou cylindres creux et réalisés en un matériau électriquement isolant, notamment dans des matériaux céramiques. 35 40
12. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** le système comprend un dispositif de refroidissement (20), réalisé notamment sous forme de refroidissement par diffusion à micro-canaux et permettant de refroidir le système composé de l'électrode de déclenchement (16), de l'électrode de décharge par commutation (10, 12) et de l'électrode de décharge principale (12, 14), sur le côté opposé à celui de la décharge. 45 50 55
13. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 12, **caractérisé en ce que** le dispositif comporte un agencement semi-trans-

parent, notamment un agencement capillaire à courbure sphérique (24), notamment un agencement capillaire multi-canaux à l'aide du lequel le commutateur et le système peuvent être séparés d'une installation de génération de vide d'un utilisateur du rayonnement généré.

14. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le rayonnement généré présente une longueur d'onde inférieure à 50 nm, notamment un rayonnement EUV et/ou un rayonnement X doux.
15. Procédé de génération de rayonnement comprenant les étapes suivantes:
- a) Déclenchement d'une décharge par commutation suite à une décharge gazeuse électrique auto-comprimée par voie magnétique en un trajet du courant sur un axe (18) dans un commutateur (10, 12) comportant une première et une deuxième électrode de commutation (10; 12) disposées à intervalle prédéterminé le long de l'axe (18);
- b) Mise en oeuvre de la décharge gazeuse électrique auto-comprimée par voie magnétique du commutateur pour déclencher une décharge gazeuse électrique comprimée par voie magnétique dans un système (12, 14) destiné à la génération d'un rayonnement.
16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** dans l'étape a), la décharge gazeuse du commutateur est amorcée et/ou préionisée par une décharge de déclenchement.

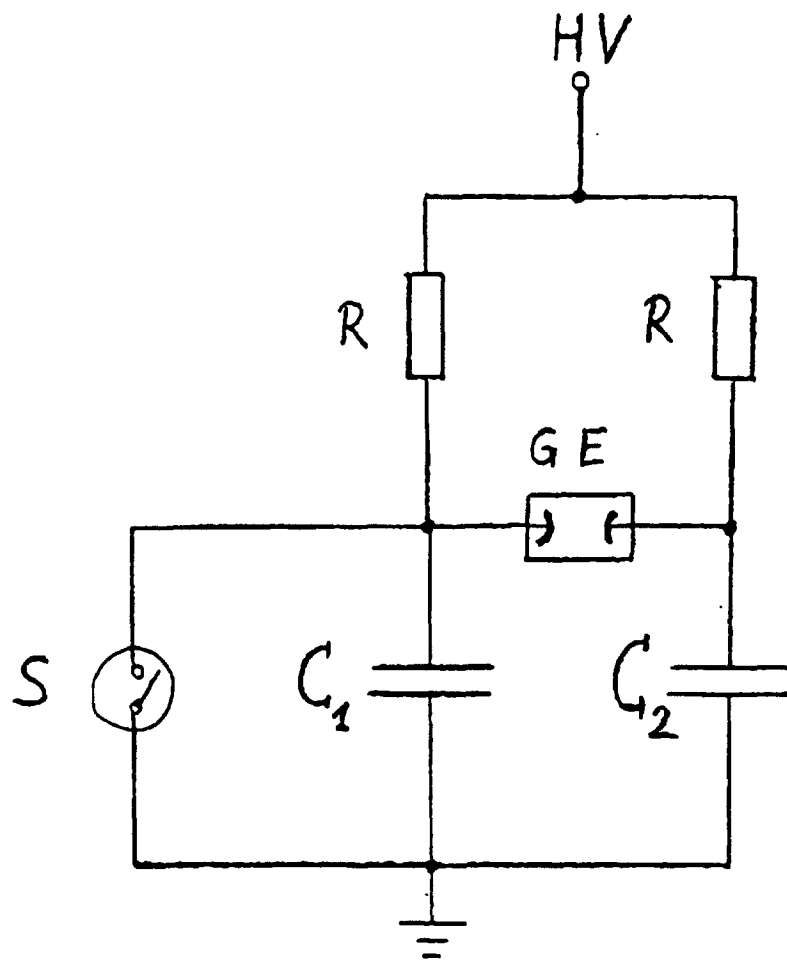


Fig. 1 (SdT)

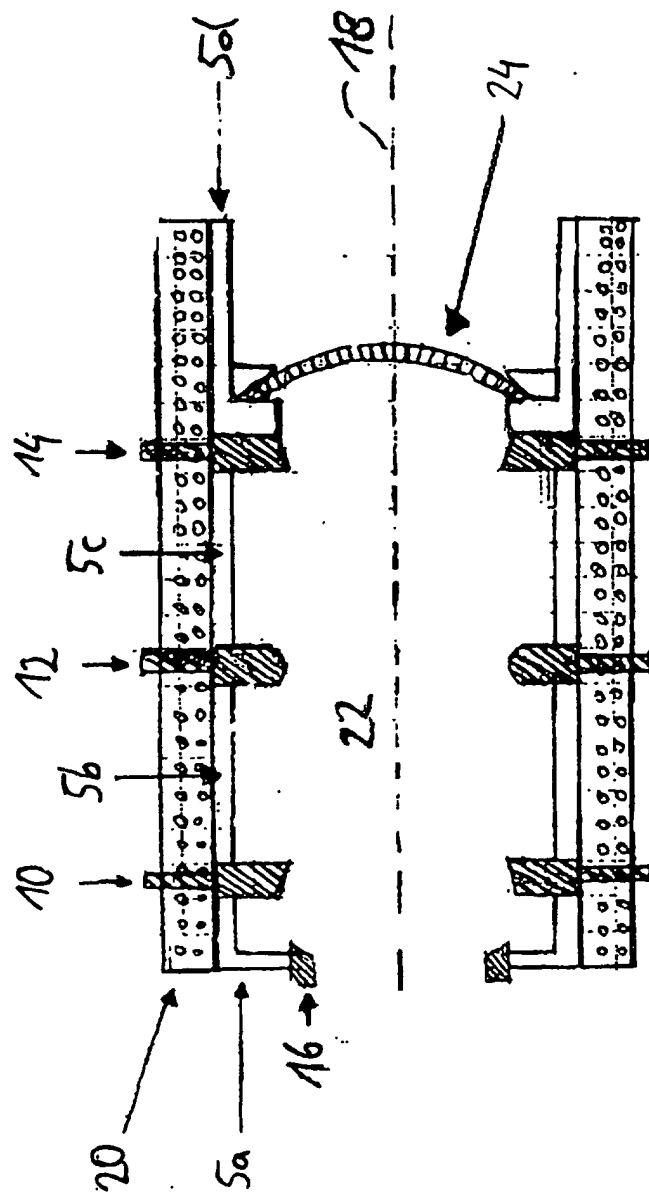


Fig. 2

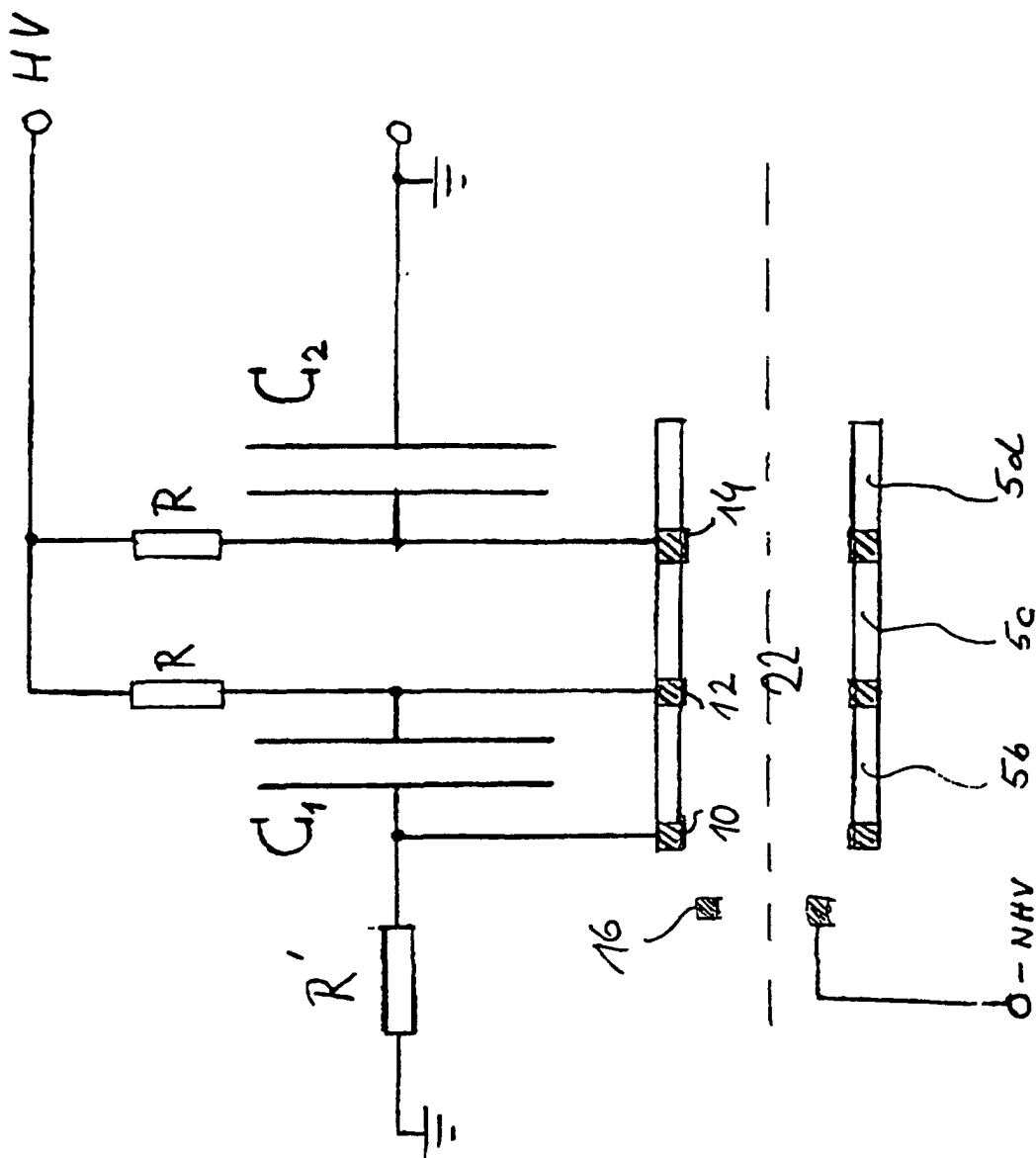


Fig. 3