

(19)



(11)

**EP 1 858 129 A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**21.11.2007 Patentblatt 2007/47**

(51) Int Cl.:  
**H01T 2/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **07004733.7**

(22) Anmeldetag: **08.03.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE  
SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

(71) Anmelder: **Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
76133 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Frey, Wolfgang, Dr.  
76137 Karlsruhe (DE)**  
• **Sack, Martin  
76287 Rheinstetten (DE)**

(30) Priorität: **17.05.2006 DE 102006023392**

(54) **Schaltfunkenstrecke mit einer Koronaelektrode**

(57) Eine gasisolierte Schaltfunkenstrecke ist mit einer Koronaelektrode versehen, die entweder am Zwischenraumbereich der beiden Hauptelektroden als mindestens Spitze endet oder diesen ringförmig umgibt. Die Koronaelektrode ist elektrisch mit einer der beiden

Hauptelektroden verbunden. Sie hält eine geforderte geometrische Lage zu den beiden Hauptelektroden ein und initiiert die Zündung photoelektrisch oder elektrisch.

**EP 1 858 129 A2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Schaltfunkenstrecke aus zwei sich auf einer gemeinsamen Achse spaltbildend gegenüberstehenden Hauptelektroden mit einer Koronaelektrode zur Verringerung der Schaltstreuung.

**[0002]** Aus der Gasentladungsphysik im Zusammenhang mit Hochspannungsschaltanordnungen wie Funkenstrecken ist die Problematik des Durchzündens einer solchen Schaltstrecke bekannt. Ziel ist im freien Durchbruch das Durchzünden bei der Durchbruchfeldstärke zwischen den beiden Hauptelektroden einer Schaltfunkenstrecke zu erreichen.

**[0003]** In dem Lehrbuch "Hochspannungstechnik, Grundlagen - Technologie - Anwendungen von Prof. Dr. - Ing. Andreas Kückler, VDI Verlag werden im Kapitel 3.2.5 Entladungen im inhomogenen Feld in einer Modellvorstellung grundsätzlich abgehandelt.

**[0004]** Schaltfunkenstrecken als Gasentladungsstrecken haben das grundsätzliche Problem der Streuung des Durchzündens, den Jitter im fachlichen Sprachgebrauch. Maßnahmen zur Verringerung dieses Jitters sind technisch unterschiedlich. So gibt es die Triggerung einer Schaltfunkenstrecke über extern angesteuerte Hilfelektroden im Entladungsbereich. Das ist mit einem aufwendigeren baulichen und ansteuerungstechnischen Aufwand verbunden, der sich herstellungswirtschaftlich niederschlägt.

**[0005]** In der DE 3723571 C2 wird eine Hochspannungsfunkenstrecke beschrieben, die aus einem gasgefüllten Gehäuse mit zwei sich gegenüberstehenden Hauptelektroden besteht. Die Gasfüllung besteht aus Stickstoff. Auf zumindest einer Elektrode ist eine nickelhaltige Aktivierungsmasse auf Alkalisilikatbasis angeordnet. Aus der Allgemeinen technischen Information der Siemens Aktiengesellschaft kann der Aufbau eines Ableiters entnommen werden, bei dem die sich gegenüberstehenden wirksamen Elektrodenflächen mit einem emissionsfördernden Überzug versehen sind. Diese Aktivierungsmasse setzt die Austrittsarbeit der Elektronen wesentlich herab und bewirkt dadurch eine stabilere Zündspannung.

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, mit einfachen technischen, baulichen Maßnahmen die Schaltstreuung einer Gasentladungsstrecke in Form einer gasisolierten Schaltfunkenstrecke weiter zu verringern.

**[0007]** Physikalisch liegt damit die Aufgabe vor, die Startelektronenrate zur Initiierung der Hauptentladung zwischen den beiden Hauptelektroden der Schaltfunkenstrecke zu erhöhen. Je höher die Startelektronenrate, umso rascher bildet sich der Plasmakanal zwischen den beiden Hauptelektroden für die Hauptentladung aus. Damit wird beim Laden und damit Erzeugen des elektrischen Potentialunterschieds zwischen den beiden Hauptelektroden das exaktere Durchzünden beim Erreichen der Durchbruchfeldstärke erreicht.

**[0008]** Aus wirtschaftlichen Gründen soll die Lösung

einfach und hoch wirksam sein.

**[0009]** Mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen können Schaltfunkenstrecken hoch jitterarm betrieben werden. Die technischen Maßnahmen an einer Schaltfunkenstrecke bestehen darin, dass eine Koronaelektrode an der Zuleitung zu einer der beiden Hauptelektroden elektrisch angeschlossen ist, also potentialmäßig angebunden ist oder einen Bezug hat. Die Koronaelektrode ist am Rande des Spaltbereichs der beiden Hauptelektroden exponiert und hat zu der Oberfläche dieser Hauptelektrode einen Abstand  $a$  derart hat, dass beim Laden mindestens an einer Stelle auf der Oberfläche der Koronaelektrode die Koronaeinsatzfeldstärke überschritten wird. Der Abstand der Ionisierungsgrenze der Koronaentladung zur Oberfläche der als Gegenelektrode wirkenden Hauptelektrode hat einen Abstand  $d$ , der größer als die Spaltweite  $s$  zwischen den beiden Hauptelektroden ist.

**[0010]** Der Zündmechanismus mit der Koronaelektrode kann zweifacher Natur sein, nämlich photoelektrisch oder elektrisch. Entweder leuchtet die sich an der Koronaelektrode ausbildende Koronaentladung und dadurch erzeugte ionisierende Strahlung, eben Licht, zumindest teilweise hindernisfrei den Volumenbereich zwischen den beiden Hauptelektroden aus und beleuchtet damit die zueinander exponierten Oberflächen der beiden Hauptelektroden, um elektrische Ladungsträger, Elektronen, freizusetzen und im bestehenden elektrischen Feld zu beschleunigen. Das Licht aus der Koronaentladung initiiert gewissermaßen indirekt. Oder freie Elektronen aus der Koronaentladung erreichen zumindest teilweise hindernisfrei den Volumenbereich zwischen den beiden Hauptelektroden und initiieren damit direkt.

**[0011]** In den beiden Unteransprüchen sind die einfachen Formen der Koronaelektrode beschrieben. Nach Anspruch 2 besteht die Koronaelektrode aus mindestens einer Spitzenelektrode, die die geometrischen Verhältnisse aus Anspruch 1 erfüllt und damit an der Randzone des Hauptelektrodenzwischenbereichs sitzt. Mehrere solche Spitzenelektroden können willkürlich oder gleich verteilt um die Achse der beiden Hauptelektroden sitzen, solange eben nur die geometrischen Verhältnisse jeweils eingehalten werden.

**[0012]** Die andere einfache Gestalt der Koronaelektrode ist nach Anspruch 3 der achsenumfassende Ring im Spaltbereich der beiden Hauptelektroden. Der Ring kann kreisförmig sein, muss aber nicht. Er muss lediglich minimal die geometrischen Verhältnisse aus Anspruch 1 wahren. D.h. der Zündvorgang kann zufällig aus irgendeinem Ringbereich sein oder er kann vorzugsweise aus einem Ringbereich sein. Es muss lediglich einer der beiden Zündmechanismen starten können.

**[0013]** An die Kontur der beiden Hauptelektroden wird keine spezielle Anforderung gestellt, so dass die Koronaelektrode durchaus auch nachträglich in eine Schaltfunkenstrecke eingebaut werden kann.

**[0014]** Da zwischen den beiden Hauptelektroden der Schaltfunkenstrecke keine räumlich ausgedehnte, mög-

lichst homogene Entladung erzeugt werden muss, wie beispielsweise bei einem Gasentladungslaser, sondern lediglich ein genauer Schaltzeitpunkt eingestellt werden will, ist die Einbaumaßnahme der Koronaelektrode zur Erzwingung eines exakten oder exakteren Schaltzeitpunktes völlig ausreichend. Eine bei Dreielektrodenfunkenstrecken baulich aufwendige Ansteuerung der Zündelektrode entfällt bei dem Einbau einer Koronaelektrode völlig.

[0015] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 die geometrischen Verhältnisse;  
Figur 2 die Koronaelektrode als Spitzelektrode;  
Figur 3 die Koronaelektrode als Ringelektrode.

[0016] In Figur 1 ist die Lage der Korona-/Hilfselektrode angedeutet, und zwar gleichzeitig für den Fall der Spitz- und den der Ringelektrode dargestellt. In beiden Fällen ist die Korona-/Hilfselektrode im Bild an die untere Hauptelektrode elektrisch angeschlossen, d.h. sie liegt auf deren elektrischen Potential.

[0017] Die geometrischen Verhältnisse bzw. die geometrischen Bedingungen sind folgende:

Der Abstand muss so gewählt werden, dass mindestens an einer Stelle auf der Koronaoberfläche die Koronaeinsatzfeldstärke, bei Luft beispielsweise 30 kV/cm, überschritten wird.

Der Abstand  $d$ , von der Ionisierungsgrenze der Koronaentladung bis zur Oberfläche gemessen, muss größer sein als die Schlagweite  $s$  zwischen den beiden Hauptelektroden. Die Ionisierungsgrenze ist der von der Koronaelektrode ausgehende, bzw. sie zumindest bereichsweise oder örtlich umgebende Bereich, in dem aufgrund der dort herrschenden hohen elektrischen Feldstärke im Gas ionisiert wird.

Die Positionierung der Koronaentladung, die sich innerhalb der Ionisierungsgrenze befindet, ist so gewählt, dass die ionisierende Strahlung, die von der Korona ausgeht, einen möglichst großen Volumenbereich zwischen den beiden Hauptelektroden beleuchtet und damit einen möglichst großen Bereich auf den einander gegenüberstehenden Oberflächen der beiden Hauptelektroden elektronenfrei-setzend beleuchtet.

[0018] Beispielhaft werden Dimension und Position zueinander der beiden Hauptelektroden für zwei Isoliergasverhältnisse angegeben:

Bei Luft als Isoliergas ist beispielsweise der Elektrodendurchmesser 50 mm und der Abstand  $s = 10$  mm.  
Bei SF<sub>6</sub> als Isoliergas ist in einer andern Situation der Elektrodendurchmesser beispielsweise 20 mm und der Abstand  $s$  0,3 mm.

[0019] Figur 2 zeigt den Blick in einen Funkenstrecken-

turm eines Marx-Generators. Die beiden vorderen Elektroden, die horizontal liegen und zueinander stehen, sind die beiden Hauptelektroden einer Schaltfunkenstrecke, sie treten elektrisch isoliert durch die Turmwand und stehen einander mit dem jeweiligen dicken, bordeprofil-ähnlichen Ende spaltbildend gegenüber. Von oben im Bild ragt nach schräg rechts unten die Koronaelektrode als Spitzelektrode in Form eines Drahtstückes an den Rand des Volumens zwischen den beiden Hauptelektroden. Die elektrische Anbindung an eine der beiden Hauptelektroden liegt außerhalb des Turmes. Der Schaltfunkenstreckenturm ist im Betrieb stickstoffgeflutet.

[0020] Figur 3 zeigt eine im Labor zu testende, offene Funkenstrecke. Die beiden Hauptelektroden stehen sich spaltbildend vertikal gegenüber. Die Schaltfunkenstrecke ist luftisoliert. Die Koronaelektrode ist ein geschlossener, einfach aus Draht gebogener Ring, der die Achse der beiden Hauptelektroden umgibt. Die Koronaelektrode ist in diesem Laboraufbau an einen starken, nach oben wegführenden Draht angeklemt, um einerseits potentialmäßig mit einer Hauptelektrode verbunden und andererseits in Position gehalten zu werden. Der Koronaring steht hier auf einem Abstand  $d$  von 10,5 cm zur Hauptelektrode.

[0021] Beide Gestaltungsbeispiele für die Koronaelektrode zeigen den technisch simplen und damit billigen Aufbau der Koronaelektrode, die jedoch hochwirksam im Sinne minimalen Jitters des Durchzündens der Schaltfunkenstrecke ist. Die Koronaelektrode ist materialarm gebaut, da sie keinen nennenswerten elektrischen Strom zu führen hat, sie muss lediglich eine gewisse mechanische Formstabilität zur Aufrechterhaltung der geforderten geometrischen Verhältnisse einhalten.

## Patentansprüche

1. Schaltfunkenstrecke aus zwei sich auf einer gemeinsamen Achse spaltbildend gegenüberstehenden Hauptelektroden mit einer Koronaelektrode zur Verringerung der Schaltstreuung, wobei sich beide Hauptelektroden und die Koronaelektrode in einer gemeinsamen Gasatmosphäre befinden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koronaelektrode an der Zuleitung zu einer der beiden Hauptelektroden elektrisch angeschlossen ist, die Koronaelektrode am Rande des Spaltbereichs der beiden Hauptelektroden exponiert ist und zu der Oberfläche dieser einen Abstand  $a$  derart hat, dass mindestens an einer Stelle auf der Oberfläche der Koronaelektrode die Koronaeinsatzfeldstärke überschritten wird, der Abstand der Ionisierungsgrenze der Koronaentladung zur Oberfläche der als Gegenelektrode wirkenden Hauptelektrode einen Abstand  $d$  hat, der größer als die Spaltweite  $s$  zwischen den beiden Hauptelektroden ist,

entweder die sich an der Koronaelektrode ausbildende Koronaentladung und **dadurch** erzeugte ionisierende Strahlung, Licht, zumindest teilweise hindernisfrei den Volumenbereich zwischen den beiden Hauptelektroden ausleuchtet und die zueinander exponierten Oberflächen der beiden Hauptelektroden beleuchtet,

oder

freie Elektronen aus der Koronaentladung zumindest teilweise hindernisfrei den Volumenbereich zwischen den beiden Hauptelektroden erreichen.

2. Schaltfunkenstrecke mit Koronaelektrode nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koronaelektrode aus mindestens einer Spitzenelektrode besteht.
3. Schaltfunkenstrecke mit Koronaelektrode nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Koronaelektrode aus einem Ring um die Achse im Spaltbereich der beiden Hauptelektroden besteht.

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

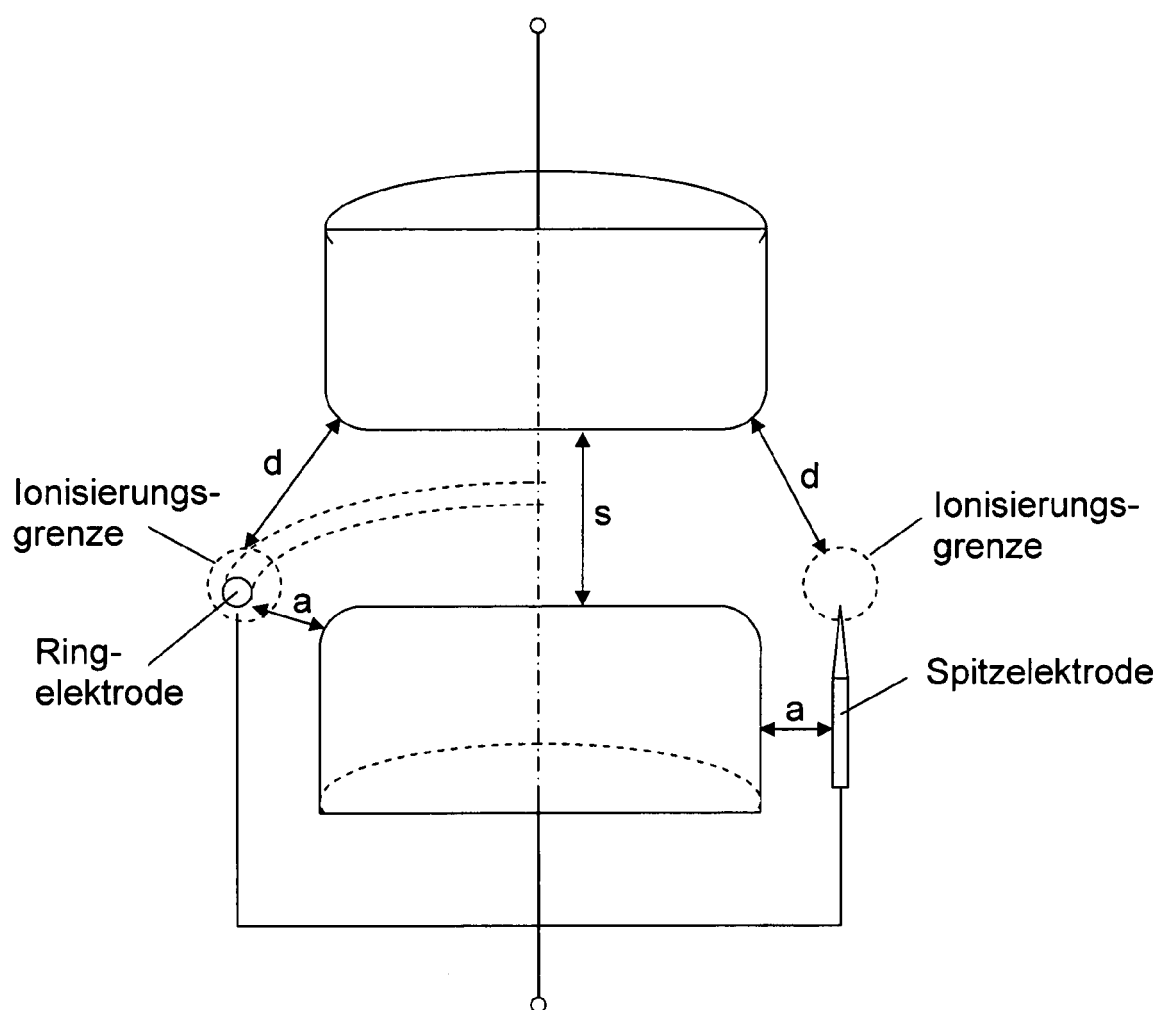


Fig. 2

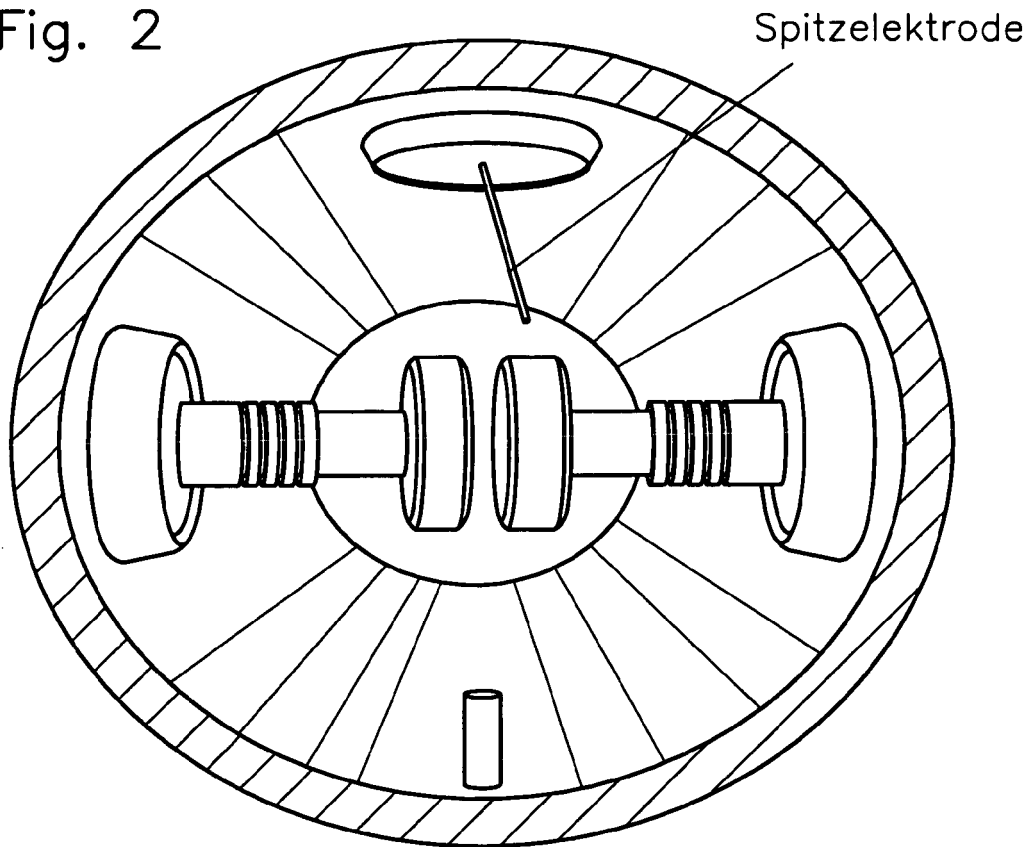
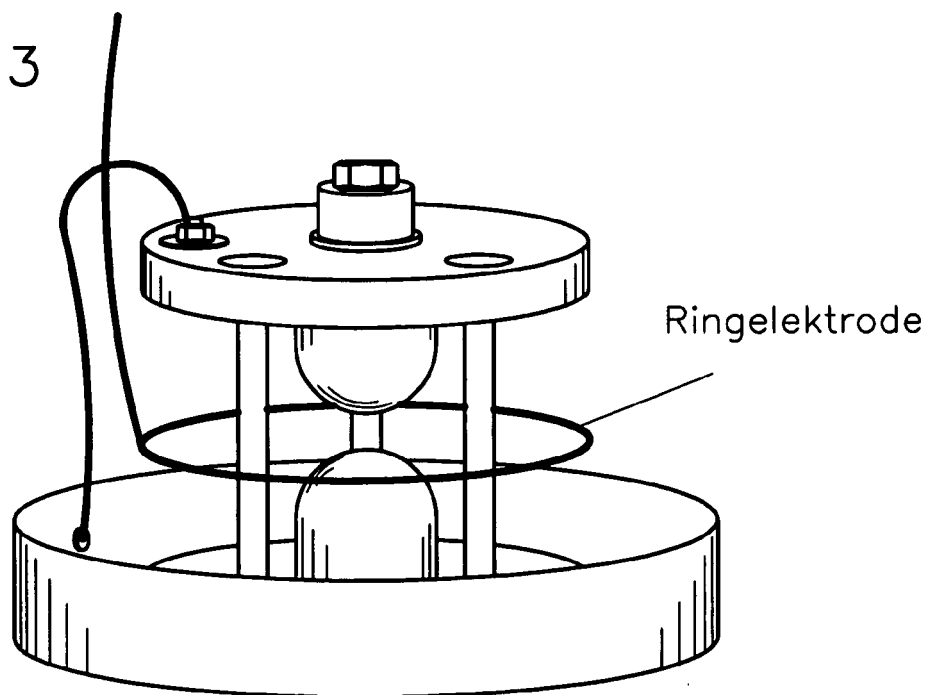


Fig. 3



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 3723571 C2 [0005]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **PROF. DR. - ING. ANDREAS KÜCKLER.** Hochspannungstechnik, Grundlagen - Technologie - Anwendungen. VDI Verlag [0003]