

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 353 746 B1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der Patentschrift: **23.03.94**

(51) Int. Cl.⁵: **B05B 7/18**, B05B 7/22,
B05B 7/14

(21) Anmeldenummer: **89114303.4**

(22) Anmeldetag: **03.08.89**

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen eines Feststoffaerosols.**

(30) Priorität: **04.08.88 DE 8809948 U**
07.09.88 DE 8811320 U

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.02.90 Patentblatt 90/06

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
23.03.94 Patentblatt 94/12

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT SE

(56) Entgegenhaltungen:
CH-A- 281 749
US-A- 1 795 707
US-A- 2 488 861
US-A- 3 358 114

**PLASMA CHEMISTRY AND PLASMA PRO-
CESSING**, Band 5, Nr. 1, März 1985, Seiten
1-37, New York, US; R.M. YOUNG et al.: "Ge-
neration and behavior of fine particles in
thermal plasmas - A review"

(73) Patentinhaber: **Palas GmbH Partikel-und La-
sermesstechnik**
Haid- und Neu-Strasse 7-9
D-76131 Karlsruhe(DE)

(72) Erfinder: **Helsper, Christoph, Dr.**
Walther-Bothe-Strasse 2
D-7500 Karlsruhe 41(DE)
Erfinder: **Munzinger, Friedrich**
Kriegstrasse 79
D-7500 Karlsruhe 1(DE)
Erfinder: **Mölter, Leander**
Körnerstrasse 7
D-7513 Stutensee 5(DE)
Erfinder: **Sturn, Werner**
Ludwigsstrasse 97
D-6729 Jockgrim(DE)

(74) Vertreter: **Dipl.-Ing. Heinert Lichti Dr. rer. nat**
Dipl.-Phys. Jost Lempert Dipl.-Ing. Hartmut
Lasch
Postfach 41 07 60
D-76207 Karlsruhe (DE)

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 0 353 746 B1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Erzeugen von Feststoffpartikeln durch Funkenentladung zwischen teilchenabgebenden Elektroden, die über Vorschubantriebe bewegbar sind, wobei die erzeugten Partikel durch einen Gasstrom mitgeführt werden.

Es sind verschiedene Einrichtungen zur Erzeugung von Feststoffpartikeln wie eines Feststoffaerosols bekannt. So können Partikel von einer Säule aus verdichteten Kohlenstoffteilchen mittels einer Bürste abgenommen und in einen Gasstrom eingebracht werden, von dem sie ausgetragen werden. Zur Erzeugung eines Kohlenstoffaerosols wurde eine Entladung über zwei mit Abstand zueinander angeordnete Kohlenstoffelektroden vorgeschlagen. Bei der Funkenentladung verdampft das Elektrodenmaterial und im Zwischenraum zwischen den Elektroden kondensieren einzelne Teilchen. Die Elektroden werden von einem Gasstrom umspült, der die kondensierten Teilchen mitnimmt und als Aerosol aus der Vorrichtung austrägt. Bei der letztgenannten Vorrichtung können nur Aerosole mit niedriger Konzentration über eine kurze Zeit im Labormaßstab erzeugt werden, da die Elektroden "abbrennen" und sich damit die Arbeitsbedingungen ändern, wodurch kein konstanter Betrieb erreichbar ist.

Die US-A-3 358 114 betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum elektrischen Sprühschichten eines Substrats. Hierzu wird zwischen Elektroden mit angespitzten vorderen Enden, die zueinander unter einem endlichen Winkel ausgerichtet sind, ein Lichtbogen erzeugt, indem die Elektroden einander angenähert werden, bis eine Entladung aufgrund einer angelegten Hochfrequenz stattfindet. Die Entladungsfrequenz beträgt dabei etwa 10.000 Hz bei einer geringen Spannung von 50 V und bei einer hohen Stromstärke von 100 A. Hierdurch bleiben die Elektroden permanent weißglühend, wodurch ein hoher Elektrodenmaterialabtrag möglich ist und eine Beschichtung in wenigen Sekunden erfolgen kann. Eine hohe Konstanz der Massenpartikelkonzentration ist nicht erforderlich.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung dahingehend weiterzuentwickeln, daß - einstellbar über eine große Zeit - äußerst konstante Partikelkonzentrationen erreicht werden, so daß eine derartige Vorrichtung zur Kalibrierung von Ruß-Meßgeräten, für Filtertests und für Inhalationsexperimente geeignet ist.

Erfindungsgemäß wird die genannte Aufgabe mittels einer Vorrichtung zum Erzeugen eines Feststoffaerosols gelöst, welche dadurch gekennzeichnet ist, daß zu Versuchs-, Meß- und Eichzwecken Feststoffaerosole mit hoher Massenkonzanz, konstanten Partikelkonzentrationen und kleinen repro-

duzierbaren Partikelgrößen, wie eines Kohlenstoffaerosols erzeugt werden, wobei die Elektroden axial gegeneinanderführbar sind und parallele benachbarte Stirnflächen aufweisen, eine Einrichtung zur Erzeugung einzelner Spannungsspitzen mit einer Wiederholungsfrequenz von weniger als 1000 Hz zum Verdampfen von Elektrodenmaterial in einzelnen Funkenentladungen mit einer Hochspannungsquelle für mehr als 1000 V vorgesehen ist, Einrichtungen zum Führen eines Stromes eines inerten Gases zwischen den Elektroden hindurch vorgesehen sind, um die erzeugten Aerosolteilchen mitzuführen, an einer Elektrode ein Spannungsmeßgerät zur Messung der Überschlagespannung anliegt und mit einer Regeleinrichtung für den die Elektroden synchron gegeneinanderbewegenden, geregelten Vorschubantrieb verbunden ist. Ein erfindungsgemäßes Verfahren sieht vor, daß zu Versuchs-, Meß- und Eichzwecken Feststoffaerosole mit hoher Massenkonzanz, konstanter Partikelkonzentration und mit kleinen reproduzierbaren Partikelgrößen, wie eines Kohlenstoffaerosols, erzeugt werden, wobei die Elektroden mit einander benachbarten parallelen Stirnflächen axial gegeneinander geführt werden, einzelne elektrische Funken mit einer Wiederholungsfrequenz von weniger als 1000 Hz durch an die Elektroden angelegte Spannungsspitzen von mehr als 1000 V erzeugt werden, durch die einzelnen Spannungsspitzen-Funkenentladungen Elektrodenmaterial von den ebenen, parallelen benachbarten Stirnflächen der Elektroden verdampft wird und durch Kondensation kleinste Aerosolteilchen bildet, die Aerosolteilchen durch einen zwischen den Elektroden hindurchgeführten Gasstrom eines inerten Gases mitgeführt werden, die Überschlagespannung zwischen den Elektroden gemessen und die Elektroden aufgrund der gemessenen Überschlagespannung geregelt synchron gegeneinanderbewegt werden.

Die Erfindung zeichnet sich insbesondere durch an den Elektroden anliegende Hochspannung mit einzelnen Spannungsspitzen hoher Wiederholungsfrequenz zur Verdampfung des Elektrodenmaterials aus. Das Elektrodenmaterial wird durch wiederholt zwischen den Elektroden überschlagende, einzelne elektrische Funken verdampft und anschließend zu kleinen Teilchen kondensiert.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung kann erreicht werden, daß der Abstand zwischen den einander parallel gegenüberliegenden vorderen Stirnseiten der Elektroden über eine lange Zeit automatisch konstant gehalten wird. Es wird so eine konstante Überschlagespannung und damit ein konstanter Partikelgeneratorbetrieb erreicht. Insbesondere wird durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung sichergestellt, daß die Elektroden immer symmetrisch in einen Gas- und Partikelzuführungskanal ragen und damit der Abbrand der Elektroden

mittig in einer Entladungskammer erfolgt.

In einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, daß die Elektroden über Spindeln mit gegeneinanderlaufenden Gewinden angetrieben sind, wobei insbesondere die Elektroden an Laufblöcken festgelegt sind, die mit den Spindeln im Eingriff stehen und die Spindeln von einem als Elektrodenantriebsmotor dienenden Motor über einen Zahnriemen angetrieben sind. Durch diese Ausgestaltung wird eine gleichmäßige Führung der Elektroden erzielt, was für einen gleichmäßigen Abbrand derselben und die Sicherstellung einer minimalen Veränderung der Überschlagsspannung wichtig ist.

Während grundsätzlich die Elektrodenabbrate konstant ist, so daß ein gesteuerter Antrieb vorgesehen sein könnte, wird durch die erfindungsgemäße Ausbildung eine mit der Regeleinrichtung für den Vorschubantrieb weite Einstellbarkeit der Partikelkonzentrationen ermöglicht, indem der Vorschub - abhängig von jeweils gewünschter Partikelkonzentration - automatisch geregelt ist und hier nicht verschiedene externe Steuerprogramme vorgesehen sein müssen.

Durch die Messung der Überschlagsspannung wird genau diese, deren Konstanz angestrebt wird, zur Regelung des Elektrodenabstandes und damit der gewünschten Konstanthaltung der Überschlagsspannung selbst als Meßgröße bzw. Istwertvorgabe genommen.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß ein Gaszuführungskanal für Trägergas und Teilchenstrom in einem als Funktionsblock dienenden PTFE-Körper ausgebildet ist. Durch diese Ausgestaltung wird erreicht, daß möglichst wenig Teilchen im Gaszuführungskanal haften bleiben, wodurch die ausgetragene Partikelkonzentration verändert werden könnte.

Insgesamt wird durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung ein Aerosolgenerator, insbesondere zum Erzeugen von reinem Kohlenstoffaerosol, aber auch zur Erzeugung von Aerosolen aus Metallen bzw. Inertgas oder Metalloxiden bei Verwendung von entsprechenden Metallelektroden, deren Abbrand im letzten Falle in einer Sauerstoffatmosphäre als Treibgas oxidiert, geschaffen, mit dem Kalibrierungen von Meßgeräten, Filtertests und Inhalationsexperimente bequem und mit hoher Genauigkeit durchgeführt werden können.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung, in der ein Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung im einzelnen erläutert ist. Dabei zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung des Antriebs für die Elektroden in Seitenansicht;

Figur 2 eine Sicht auf die Vorrichtung ent-

sprechend dem Pfeil II der Figur 1;
Figur 3 eine Darstellung des Funktionsblocks mit Elektroden und Gaszuführungskanal in einem Schnitt senkrecht zu derselben;

Figur 4 einen Schnitt entsprechend IV-IV der Figur 3;

Figur 5 eine konkrete Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

Figur 6 eine Prinzipdarstellung der elektrischen Schaltung.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 zum Erzeugen eines Feststoffaerosols weist einen Funktionsblock 2 aus PTFE oder einem entsprechenden Material mit schlechten Hafteigenschaften auf. In dem Funktionsblock 2 ist ein Gaszuführungskanal 3, vorzugsweise für ein inertes Trägergas wie Argon oder dergleichen, ausgebildet. An den Gaszuführungskanal 3 schließt sich eine Überschlags- oder Entladungskammer 3a an, in die senkrecht zu ihr, diagonal in diese zentral mündend Führungsdurchbrüche 4 für Feststoffelektroden 6 ausgebildet sind. Die Elektroden 6 sind im dargestellten Ausführungsbeispiel Graphitelektroden. Es können aber grundsätzlich auch andere Elektroden eingesetzt werden, wie beispielsweise einzelne Metallelektroden, wobei das Trägergas dann ein sauerstoffhaltiges Trägergas sein kann, um entsprechende Oxid-Aerosole zu erzeugen.

Auf dem Funktionsblock 2 ist ein Gasführungsflansch 5 befestigt (Fig.3), der mit einem Gaseinlaß 5a (Fig. 4) versehen ist, der über eine Querbohrung 5b und Gaszuführungsbohrungen 5c zu dem Gaszuführungskanal 3 im Funktionsblock 2 eine Gasverbindung herstellt. Die mehreren kleinen Gaszuführungsbohrungen 5c ergeben eine gleichmäßige Strömungsverteilung der Gasströmung. Der Gaszuführungskanal 3 weist einen im wesentlichen rechteckigen Querschnitt auf. Das Verhältnis von Querschnittsbreite in Erstreckungsrichtung der Elektrode zur Querschnittslänge senkrecht hierzu liegt vorzugsweise unter 1:10, wobei die Breite geringer als 1 mm und geringer als der Elektrodenabstand sein sollte. Vor den Elektroden 6 verbreitert sich der Gaszuführungskanal 3 zur Entladungskammer 3a, deren Querschnittsbreite und -länge etwa in der gleichen Größenordnung liegen. Durch diese Ausgestaltung kann das Trägergas im wesentlichen laminar ohne große Turbulenzbildung zwischen den Elektroden 6 hindurchströmen und nach einer Entladung zwischen den Elektroden 6, wobei sich von diesen Partikel lösen, die die Aerosolteilchen bilden, diese schnell aus der Überschlagskammer 3a ausräumen, was eine hohe Entladungsfrequenz und damit eine hohe Aerosolteilchenrate ermöglicht.

Die Entladungskammer 3a mündet bei 3b in einen Aerosolaußlaßkanal 3c (Fig. 5), in dem im

Einmündungsbereich 3b eine Verdünnungsgasdüse 10 (Fig. 4) angeordnet ist. Hierdurch kann unter Beibehaltung der durch die mögliche hohe Entladungsfrequenz erzeugten hohen Teilchenrate die strömende Gasmenge vergrößert werden. Gleichzeitig kann die Konzentration der Aerosolpartikel in der vergrößerten Gasmenge über die gesamte Querschnittsbreite des Aerosolaußkanals 3c abgesenkt werden, wodurch ein Agglomerieren der Aerosolteilchen zu größeren Gebilden (Ketten, Flocken oder ähnliches) zuverlässig verhindert wird.

Insbesondere kann hier ein anderes Gas zugemischt werden. Beispielsweise ist es möglich Luft zuzumischen, die nicht direkt mit oder statt des Trägergases Argon durch die Entladungskammer 3a geführt werden kann, da die bei der Entladung sich lösenden Teilchen (Kohlenstoff aber auch Metallteilchen bei Metallelektroden, wenn ein entsprechendes Aerosol gewünscht wird) im Entladungsplasma oxidieren (verbrennen) würden. Eine spätere Zumischung von Sauerstoff ist insofern problemlos und gegenüber der Verwendung ausschließlich eines inerten Edelgases als Träger preiswerter. Durch die Ausbildung der Zuführung für das Mischgas als Verdünnungsgasdüse 10 wird ein Eindringen des Mischgases in den Bereich zwischen den Elektroden 6 zuverlässig verhindert.

Die Elektroden 6 weisen flache, parallel zueinander gerichtete, einander gegenüberliegende Stirnseiten 7 auf, die einander in geringem Abstand von wenigen mm, vorzugsweise ca. 1,5 mm, gegenüberstehen. Die Elektroden 6 sind in Halteböcken 8 festgehalten. Die Halteböcke 8 weisen Führungsdurchbrüche 9 mit einem Innengewinde 11 auf und sitzen mit diesen Führungsdurchbrüchen 9 auf Spindeln 12, die den Funktionsblock 2 frei drehbar durchsetzen, ihn beidseitig überragen und an ihren überragenden Enden mit jeweils entgegengesetzten Gewinden 13,14 versehen sind, wobei im dargestellten Ausführungsbeispiel der Figur 1 die Gewinde 13 links des Funktionsblocks 2 Linksgewinde und die Gewinde 14 rechts des Funktionsblock 2 Rechtsgewinde sind.

Auf beiden Spindeln 12 sitzen Zahnscheiben 16,17, über die gemeinsam ein Zahnriemen 18 geführt ist, der ebenfalls über eine Zahnscheibe 19 (Fig. 2) eines Antriebsmotors 21 läuft. Die Spindeln 12 sind in ihren inneren und äußeren Endstellungen mittels Endschalter abschaltbar.

Bei der Ausgestaltung der Figur 5 ist der Funktionsblock 2 in einem Gehäuse 15 angeordnet. Die Elektroden 6 werden durch Elektrodenhülsen 6a gehalten, die rückseitig durch Schraubkappen 6b abgedeckt sind, durch die die Elektrodenhülsen 6a die Elektroden 6 sicher halten.

Die Elektroden 4 sind über ein Speicherglied 22 (Fig. 6) wie beispielsweise ein RC-Glied, mit

einem Hochspannungsnetzteil 23, das gegebenenfalls einen Transformator T aufweist, verbunden (eine der Elektroden 6 über "Erde", die andere mit dem weiteren Pol des Hochspannungsnetzteils 23 über das Speicherglied 22 direkt). Durch die angelegte Hochspannung werden Spannungsspitzen erzeugt, die zu einer Funkenbildung zwischen den Elektroden 6 führen. Es wird mit einer konstanten Hochspannung von mehr als 1000 Volt, beispielsweise von ca. 3000 Volt, gearbeitet. Mittels eines Stromreglers 25 wird der Ausgangsstrom der Hochspannungsversorgung und damit die Funkenfrequenz eingestellt. Die Höhe des Ausgangsstroms bestimmt die Aufladezeit des Speicherglieds 22 und damit die Funkenfrequenz. Diese kann zwischen 3 Hz und ca. 1000 Hz gewählt werden.

Weiter liegt an der direkt mit dem Hochspannungsnetzteil 23 verbundenen Elektrode 6 ein Hochspannungsmeßgerät 24 an, das zu einem Eingang 26 eines Komparators 27 führt, an dessen anderem Eingang 28 eine für den gewünschten (Soll-) Abstand der Elektroden 6 repräsentative Referenzspannung einer Sollspannungsquelle 29 (relativ zur "Erde") anliegt. Der Komparator 27 vergleicht die beiden an seinen Eingängen 26,28 anliegenden Spannungen und regelt entsprechend deren Differenz den Elektrodenantriebsmotor 21. Derart wird die Überschlagsspannung zwischen den Elektroden 6 gemessen und mittels ihres Wertes der Elektrodenabstand zwischen den Stirnseiten 7 der Elektroden 6 automatisch geregelt. Steigt die Überschlagsspannung durch zunehmenden Abstand der Elektroden 6, dann setzt die Ausgangsspannung des Komparators 27 den Elektrodenantriebsmotor 21 in Betrieb, bis der Abstand und damit die Überschlagsspannung wieder ihren Sollwert erreicht haben. Hierdurch wird eine konstante Überschlagsspannung und ein konstanter Generatorbetrieb erreicht.

Der GFG 1000 erzeugt kleinste Kohlenstoffpartikel durch Hochspannungsfunken zwischen zwei Graphitelektroden. Um Oxidation des Kohlenstoffs zu vermeiden, wird die Strecke zwischen den Elektroden mit Argon gespült. Der in der Funkenstrecke verdampfte Kohlenstoff wird von dem Argonstrom aus dem Bereich zwischen den Elektroden heraus transportiert und kondensiert zu kleinsten Primärpartikeln, die je nach Konzentration mehr oder weniger große Agglomerate bilden. Über die Stromstärke und damit die Frequenz des Funkens läßt sich der Partikelmassenstrom in weiten Grenzen weitgehend linear variieren, wobei der Massenstrom bevorzugterweise im Bereich von 0 bis ca. 0,1 mg/min. liegt.

Der Elektrodenabbrand wird durch eine automatische Nachführung der Elektroden kompensiert. Damit wird ein sehr konstanter Betrieb des Genera-

tors gewährleistet. Durch gezielte Verdünnung des Aerosols direkt nach der Entstehung kann die Agglomeratbildung verringert werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen von Feststoffpartikeln durch Funkenentladung zwischen teilchenabgebenden Elektroden, die über Vorschubantriebe bewegbar sind, wobei die erzeugten Partikel durch einen Gasstrom mitgeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß zu Versuchs-, Meß- und Eichzwecken Feststoffaerosole mit hoher Massenkonzanz, konstanten Partikelkonzentrationen und kleinen reproduzierbaren Partikelgrößen, wie eines Kohlenstoffaerosols, erzeugt werden, wobei die Elektroden (6) axial gegeneinanderführbar sind und parallele benachbarte Stirnflächen (7) aufweisen, eine Einrichtung (22, 23) zur Erzeugung einzelner Spannungsspitzen mit einer Wiederholungsfrequenz von weniger als 1000 Hz zum Verdampfen von Elektrodenmaterial in einzelnen Funkenentladungen mit einer Hochspannungsquelle für mehr als 1000 V vorgesehen ist, Einrichtungen (3) zum Führen eines Stromes eines inerten Gases zwischen den Elektroden (6) hindurch vorgesehen sind, um die erzeugten Aerosolteilchen mitzuführen, an einer Elektrode (6) ein Spannungsmeßgerät (24) zur Messung der Überschlagespannung anliegt und mit einer Regeleinrichtung (26, 27, 28, 29) für den die Elektroden (6) synchron gegeneinanderbewegenden, geregelten Vorschubantrieb verbunden ist. 10 15 20 25 30 35
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (6) über Spindeln (12) mit gegeneinanderlaufenden Gewinden (13,14) angetrieben sind. 40
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektroden (6) an Laufblöcken (8) festgelegt sind, die mit den Spindeln (12) im Eingriff stehen. 45
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Spindeln (12) von einem als Elektrodenantriebsmotor dienenden Motor (21) über einen Zahnriemen (18) angetrieben sind. 50
5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gaszuführungskanal (3) für Trägergas und Teilchenstrom in einem als Funktionsblock dienenden PTFE-Körper (2) ausgebildet ist. 55
6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß hinter den Elektroden (6) im Aerosolauslaß an einem Aerosolauslaßkanal (3c) eine Verdünnungsgasdüse (10) angeordnet ist. 5
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Aerosolauslaßkanal (3c) sich quer zum Gaszuführungskanal (3,3a) im Bereich der Elektroden (6) erstreckt. 10
8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mündung der Verdünnungsgasdüse (10) stromab eines Einmündungsbereichs (3b) des Gaszuführungskanals (3,3a) in den Aerosolauslaßkanal (3c) mündet. 15
9. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Gaszuführungskanal (3) vor den Elektroden (6) als Schlitz mit einer gegenüber dem Abstand der Elektroden (6) geringeren Breite ausgebildet ist. 20
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von Querschnittsbreite zu Querschnittslänge des Gaszuführungskanals (3) kleiner als 1:10 ist. 25
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Gaszuführungskanal (3) eine Querschnittsbreite in Erstreckungsrichtung der Elektroden (6) von weniger als 1 mm aufweist. 30
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Gaszuführungskanal (3) kontinuierlich vor den Elektroden (6) in eine Überschlages- oder Entladungskammer (3a), in welche die Elektroden (6) ragen, übergeht. 35
13. Verfahren zum Erzeugen von Feststoffpartikeln durch Funkenentladung zwischen teilchenabgebenden Elektroden, die über Vorschubantriebe bewegbar sind, wobei die erzeugten Partikel durch einen Gasstrom mitgeführt werden, dadurch gekennzeichnet, daß zu Versuchs-, Meß- und Eichzwecken Feststoffaerosole mit hoher Massenkonzanz, konstanter Partikelkonzentration und mit kleinen reproduzierbaren Partikelgrößen, wie eines Kohlenstoffaerosols, erzeugt werden, wobei die Elektroden (6) mit einander benachbarten parallelen Stirnflächen (7) axial gegeneinander geführt werden, einzelne elektrische Funken mit einer Wiederholungsfrequenz von weniger als 1000 Hz durch an die Elektroden (6) angelegte Spannungs- 40 45 50 55

spitzen von mehr als 1000 V erzeugt werden, durch die einzelnen Spannungsspitzen-Funkenentladungen Elektrodenmaterial von den ebenen, parallelen benachbarten Stirnflächen (7) der Elektroden (6) verdampft wird und durch Kondensation kleinste Aerosolteilchen bildet, die Aerosolteilchen durch einen zwischen den Elektroden (6) hindurchgeführten Gasstrom eines inerten Gases mitgeführt werden, die Überschlagespannung zwischen den Elektroden (6) gemessen und die Elektroden (6) aufgrund der gemessenen Überschlagespannung geregelt synchron gegeneinanderbewegt werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die einander gegenüberliegenden Stirnseiten (7) der Elektroden (6) trotz ihres Abbrandes auf konstanten Abstand geregelt werden.

Claims

1. Apparatus for producing solid particles by a spark discharge between electrodes giving off particles and movable by means of feed drive, the particles produced being entrained through a gas stream, characterized in that for testing, measuring and calibration purposes solid-particle aerosols are produced with a high mass constancy, constant particle concentrations and small reproducible particle sizes, such as a carbon aerosol, the electrodes (6) being axially guidable in opposition to one another and have parallel, adjacent faces (7), a device (22, 23) for producing individual voltage glitches with a recurrence frequency of less than 1000 Hz is provided for vaporizing electrode material in individual spark discharges with a high voltage source for more than 1000 V, devices (3) for guiding a stream of an inert gas between the electrodes (6) is provided so as to entrain the aerosol particles produced, applies to an electrode (6) a voltage measuring device (24) for measuring the flashover voltage and connected to a regulating device (26, 27, 28, 29) for the regulated feed drive synchronously moving the electrodes (6) against one another.
2. Apparatus according to claim 1, characterized in that the electrodes (6) are driven by means of spindles (12) with oppositely directed threads (13, 14).
3. Apparatus according to claim 2, characterized in that the electrodes (6) are fixed on running blocks (8), which are in engagement with the spindles (12).

4. Apparatus according to claim 2 or 3 characterized in that the spindles (12) are driven by means of a toothed belt (18) by a motor (21) serving as the electrode drive motor.
5. Apparatus according to one of the preceding claims, characterized in that a gas supply channel (3) for carrier gas and the particle flow is constructed in a PTFE body (2) serving as a function block.
6. Apparatus according to one of the preceding claims, characterized in that a diluting gas nozzle (10) is placed on an aerosol outlet channel (c) in the aerosol outlet behind the electrodes (6).
7. Apparatus according to claim 6, characterized in that the aerosol outlet channel (3c) extends transversely to the gas supply channel (3, 3a) in the vicinity of the electrodes (6).
8. Apparatus according to claim 6, characterized in that the opening of the diluting gas nozzle (10) issues downstream of an issuing area (3b) of the gas supply channel (3, 3a) into the aerosol outlet channel (3c).
9. Apparatus according to one of the preceding claims characterized in that, upstream of the electrodes (6), the gas supply channel (3) is constructed as a slot with a smaller width than the spacing of the electrodes (6).
10. Apparatus according to claim 9, characterized in that the ratio of the cross-sectional width to the cross-sectional length of the gas supply channel (3) is smaller than 1:10.
11. Apparatus according to claim 9 or 10, characterized in that the gas supply channel (3) has a cross-sectional width in the extension direction of the electrodes (6) of less than 1 mm.
12. Apparatus according to one of the claims 9 to 11, characterized in that, upstream of the electrodes (6), the gas supply channel (3) passes continuously into a flashover or discharge chamber (3), into which project the electrodes (6).
13. Process for producing solid particles by a spark discharge between electrodes giving off particles and which are movable by means of feed drives, the particles produced being entrained through a gas stream, characterized in that for testing, measuring and calibration pur-

poses solid-particle aerosols are produced having a high mass constancy, constant particle concentration and small, reproducible particle sizes, such as a carbon aerosol, the electrodes (6) being guided axially in opposition to one another with adjacent, parallel faces (7), individual electrical sparks are produced with a recurrence frequency of less than 1000 Hz by voltage glitches of more than 1000 V applied to the electrodes (6), as a result of the individual voltage glitch spark discharges electrode material is vaporized from the planar, parallel, adjacent faces (7) of the electrodes (6) and ultra-small aerosol particles are formed by condensation, the aerosol particles are entrained by an inert gas stream passed between the electrodes (6), the flashover voltage between the electrodes (6) is measured and as a result of the measurement flashover voltage the electrodes (6) are moved against one another in regulated synchronous manner.

14. Process according to claim 13, characterized in that the facing faces (7) of the electrodes (6) are set to a constant spacing, despite the burn-off thereof.

Revendications

1. Dispositif de production d'un aérosol de particules solides par décharge à étincelles entre des électrodes libérant des particules, ces électrodes étant mobiles par l'intermédiaire d'entraînements d'avance, dispositif dans lequel les particules produites sont emportées par un flux gazeux, caractérisé en ce que l'on produit à des fins de test, de mesure et d'étalonnage des aérosols de particules solides à grande constance de masse, à concentrations en particules constantes, et à tailles de particules petites et reproductibles, comme celles d'un aérosol de carbone, les électrodes étant mobiles axialement l'une vers l'autre et présentant des surfaces frontales (7) voisines et parallèles, et en ce qu'il est prévu un dispositif (22,23) pour la génération de pics individuels de tension selon une fréquence de récurrence inférieure à 1000 Hz pour vaporiser la matière de l'électrode par des décharges individuelles à étincelles au moyen d'une source de haute tension de plus de 1000 V, des dispositifs (3) pour le passage d'un flux d'un gaz inerte entre les électrodes (6) afin d'emporter les particules d'aérosol produites, et un appareil de mesure de tension (24) placé sur une électrode (6) pour mesurer la tension d'amorçage, cet appareil de mesure étant relié à un dispositif de régulation (26,27,28, 29) de l'entraînement

d'avance régulé déplaçant les électrodes (6) l'une vers l'autre de manière synchrone.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les électrodes (6) sont actionnées par l'intermédiaire de tiges (12) présentant des filetages en sens opposés (13,14).
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que les électrodes (6) sont fixées sur des blocs mobiles (8) qui sont montés en coopération sur les tiges (12).
4. Dispositif selon l'une des revendications 2 ou 3, caractérisé en ce que les tiges (12) sont entraînées par un moteur (21) faisant fonction de moteur d'entraînement des électrodes par l'intermédiaire d'une crémaillère (18).
5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un conduit de circulation gazeuse (13) pour le gaz de transport et le flux de particules est conformé à partir d'une pièce de PTFE (2) servant de bloc fonctionnel.
6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une buse de gaz de dispersion (10) est disposée derrière les électrodes (6) au niveau de la sortie de l'aérosol débouchant dans un conduit de sortie de l'aérosol (3c).
7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le conduit de sortie de l'aérosol (3c) s'étend transversalement au conduit d'alimentation en gaz (3,3a) au niveau des électrodes (6).
8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'ouverture de sortie de la buse de gaz d'appoint (10) débouche en aval d'une zone d'entrée (3b) du conduit d'alimentation en gaz (3,3a) dans le conduit de sortie de l'aérosol.
9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le conduit d'alimentation en gaz (3) est conformé avant les électrodes (6) en lente présentant une largeur réduite par rapport à l'écartement des électrodes (6).
10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que le rapport entre la longueur et la largeur de la section transversale du conduit d'alimentation en gaz (3) est inférieur à 1 pour 10.

11. Dispositif selon l'une des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que le conduit d'alimentation en gaz (3) présente une largeur de section transversale inférieure à 1 mm dans la direction longitudinale des électrodes (6). 5
12. Dispositif selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que le conduit d'alimentation en gaz (3) se prolonge avant les électrodes (6) de façon continue dans une chambre à amorçage ou à décharge (3a) à l'intérieur de laquelle les électrodes (6) font saillie. 10
13. Procédé pour la production de particules solides par décharge à étincelles entre des électrodes libérant des particules, ces électrodes étant mobiles par l'intermédiaire d'entraînements d'avance, procédé dans lequel on emporte les particules produites dans un flux gazeux, caractérisé en ce que l'on produit à des fins de test, de mesure et d'étalonnage des aérosols solides de grande constance en masse, de concentrations en particules constantes et de tailles de particules petites et reproductibles, comme des aérosols de carbone, en ce que l'on déplace axialement les électrodes (6) l'une vers l'autre au niveau de leurs surfaces frontales (7) voisines et parallèles, on produit des étincelles électriques selon une fréquence de répétition inférieure à 1000 Hz en transmettant des pics de tension supérieure à 1000 V aux électrodes (6), les décharges à étincelles des pics individuels de tension provoquant la vaporisation sur les surfaces frontales (7) voisines et parallèles des électrodes (6) de matériau d'électrode qui forme par condensation de minuscules particules d'aérosol, les particules d'aérosol sont entraînées par le flux d'un gaz inerte qu'on fait passer entre les électrodes (6), on mesure la tension d'amorçage entre les électrodes (6) et on déplace les électrodes l'une vers l'autre de manière synchrone et de façon régulée en fonction de la tension d'amorçage mesurée. 15
20
25
30
35
40
45
14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'on maintient les surfaces frontales (7) en regard des électrodes (6) à un écartement constant malgré leur usure. 50

55

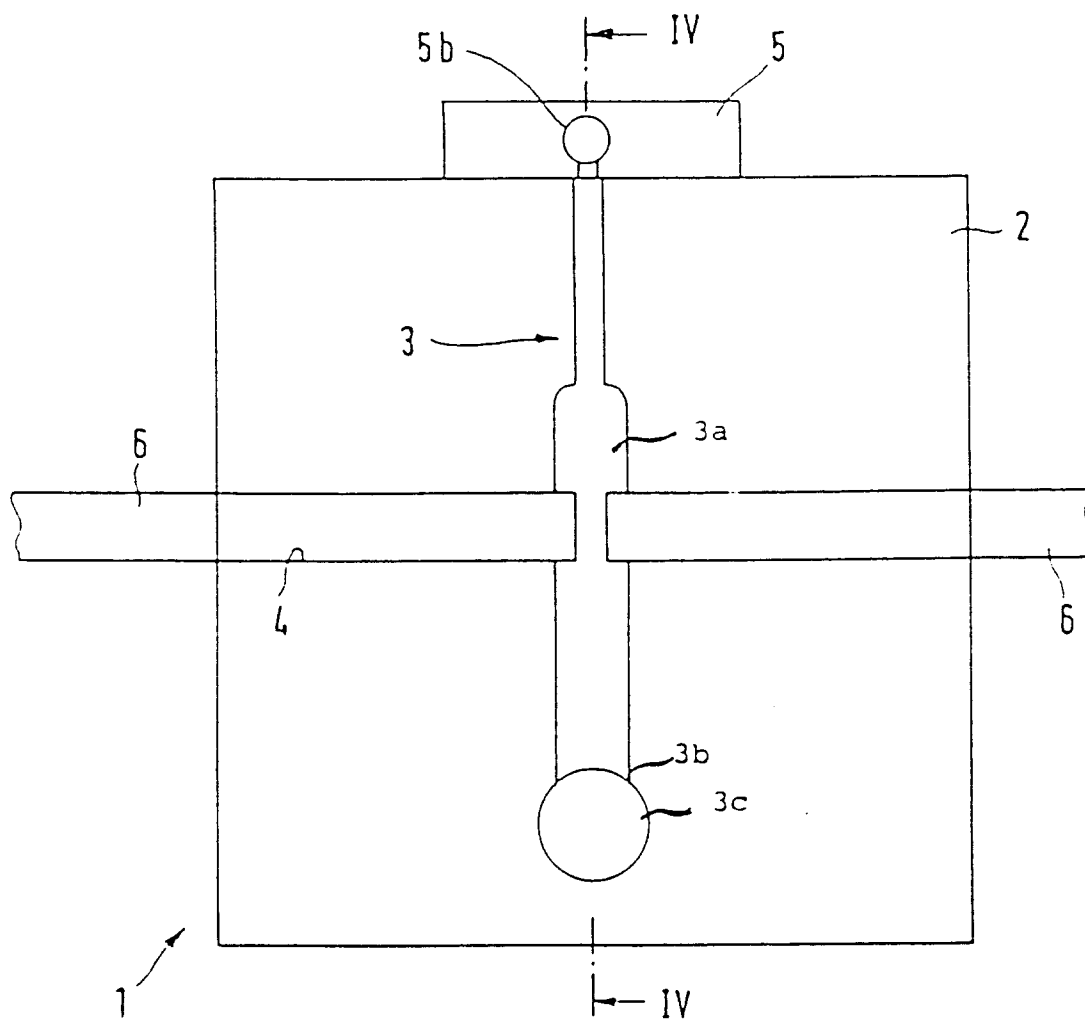


FIG. 3

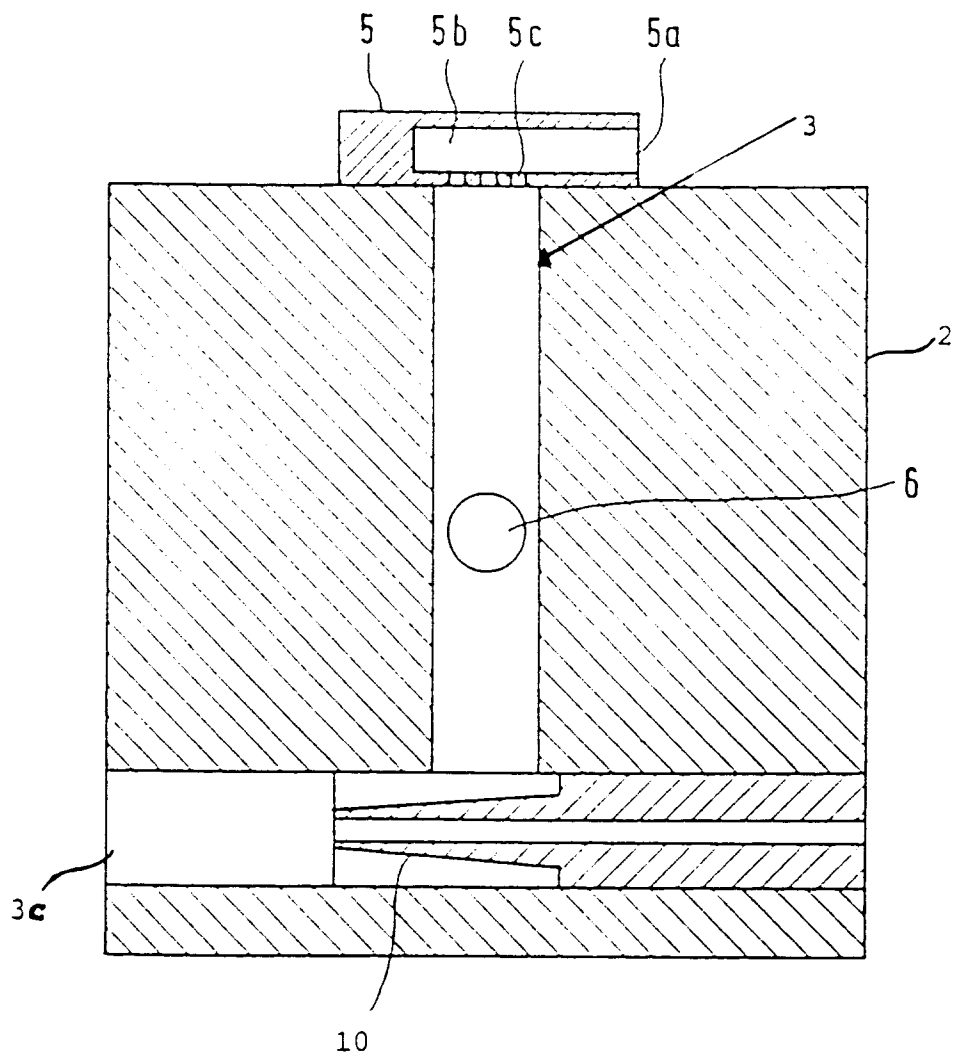


FIG. 4

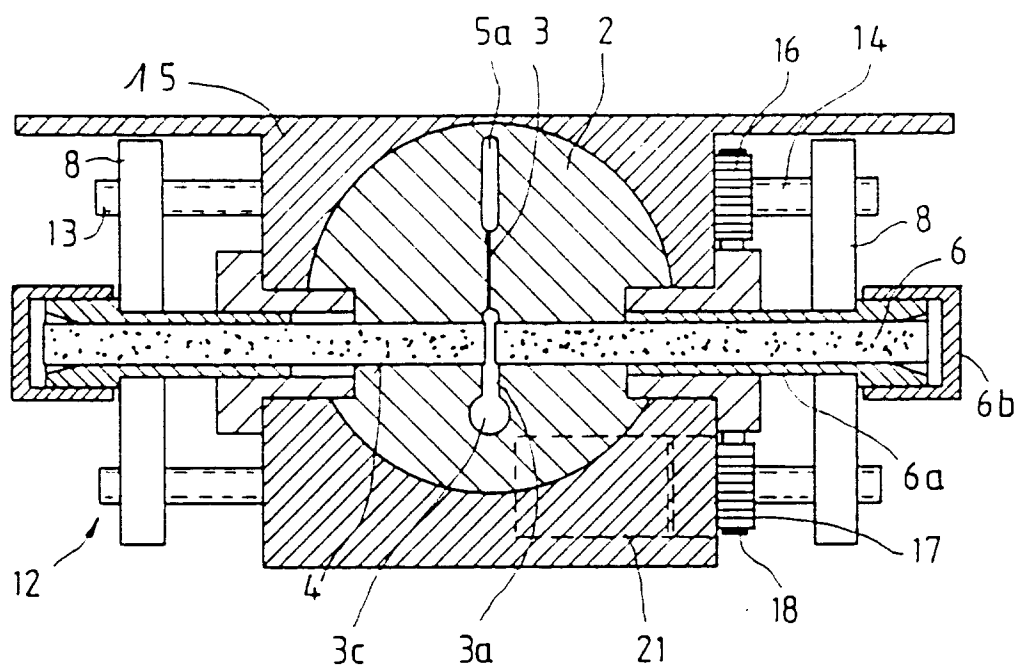


Fig. 5