

(19)



(11)

**EP 4 111 481 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

**24.04.2024 Patentblatt 2024/17**

(21) Anmeldenummer: **21715148.9**

(22) Anmeldetag: **12.03.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**H01H 33/664<sup>(2006.01)</sup>**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**H01H 33/664; H01H 11/043**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2021/056295**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2021/197803 (07.10.2021 Gazette 2021/40)**

(54) **VERFAHREN ZUM ZWEISTUFIGEN FORMIEREN VON KONTAKTEN EINER VAKUUMSCHALTVORRICHTUNG**

METHOD FOR THE TWO-STAGE FORMATION OF CONTACTS OF A VACUUM SWITCHING DEVICE

PROCÉDÉ DE FORMATION EN DEUX ÉTAPES DE CONTACTS DE DISPOSITIF DE COMMUTATION SOUS VIDE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **02.04.2020 DE 102020204312**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.01.2023 Patentblatt 2023/01**

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft 80333 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **GRASKOWSKI, Frank 16348 Wandlitz (DE)**

• **HARZ, Steve**

**14641 Wustermark (DE)**

• **SCHÜMANN, Ulf**

**14624 Dallgow-Döberitz (DE)**

• **STIEHLER, Christian**

**12049 Berlin (DE)**

• **ULBRICH, Frank**

**15848 Rietz-Neuendorf Ortsteil Groß Rietz (DE)**

(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**

**Postfach 22 16 34**

**80506 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**CH-A5- 661 616**

**DE-A1- 19 714 655**

**DE-A1- 19 942 971**

**EP 4 111 481 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Technisches Gebiet der vorliegenden Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Formieren von Kontakten einer Vakuumschaltvorrichtung, insbesondere einer Vakuumschaltröhre. Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Vakuumschaltvorrichtung, die dazu konfiguriert ist, das Verfahren auszuführen. Aus der DE 197 14 655 A1 ist ein Verfahren zum Konditionieren von Kontakten einer Vakuumschaltröhre mittels einer Beaufschlagung mit einem Gleichstrom bekannt, wobei der Hub zwischen den Schaltkontakten variierbar ist.

**[0002]** Fig. 11 zeigt ein Beispiel einer herkömmlichen Vakuumschaltröhre, die eine Kontaktanordnung aufweist, die aus einem feststehenden Kontakt 1 und einem axial bewegbaren Kontakt 2 besteht, wobei diese Kontakte mit Kontaktbolzen 3 bzw. 4 versehen sind. Die Kontakte 1, 2 sind üblicherweise als Kontaktscheiben jeweils mit einer ebenen Kontaktfläche ausgebildet. Diese Kontaktanordnung ist in einem vakuumdichten Gehäuse eingeschlossen, das aus einem Mittelteil 5, zum Beispiel aus einem metallischen Material, daran angrenzenden Keramisolatoren 6 und 7, zwei Endflanschen 8 und 9 sowie einem Faltenbalg 10 besteht. Mit dem Gehäuse verbunden sind des Weiteren Schirme 11 und 12, die an dem Mittelteil 5 befestigt sind, sowie Schirme 13 und 14, die zugleich Teile von Endflanschen 8 und 9 sind.

**[0003]** Zur Erreichung der dielektrischen Anforderungen von Vakuumschaltröhren werden die Kontaktscheiben 1, 2 formiert bzw. konditioniert. Klassischerweise werden dazu u.a. die Oberflächen der Kontaktscheiben 1, 2 bei verschiedenen Hüben ausschließlich mit einer Wechselspannung beaufschlagt. Während dieses Prozesses werden Unebenheiten auf den Kontaktscheiben 1, 2 (wie bspw. Mikrospitzen oder Mikropartikel) beseitigt und die Oberflächen der Kontaktscheiben 1, 2 homogenisiert. Zwischen den Mikrospitzen auf den Oberflächen der Kontaktscheiben 1, 2 baut sich ein elektrisches Feld auf, welches, wenn die angelegte Wechselspannung groß genug ist, zu einem Lichtbogen bzw. einem Überschlag führt und somit das Kontaktscheibenmaterial vornehmlich in z-Richtung, d.h. orthogonal zu den Oberflächen der Kontaktscheiben 1, 2, homogenisiert. Dieser Prozess führt zu einer Erhöhung der dielektrischen Festigkeit der Vakuumschaltröhre.

**[0004]** Insbesondere kurz vor dem Überschlag kommt es aufgrund der sich ändernden Beschleunigungsrichtung der Elektronen im elektrischen Feld jedoch zur Emission von schädlicher Röntgenstrahlung (X-Ray), insbesondere Röntgenbremsstrahlung.

**[0005]** Fig. 12 zeigt eine Oberfläche von Kontaktscheiben 1, 2 nach reiner Wechselspannungsformierung gemäß dem Stand der Technik. Dort zeigt sich nur in Teilbereichen eine Änderung der Oberfläche.

**[0006]** Durch stromloses sowie stromdurchflossenes Schalten kann darüber hinaus der formierte Konditionier-

zustand wieder verschlechtert werden, und es können sich erneut Mikropartikel und Mikrospitzen auf den Oberflächen der Kontaktscheiben 1, 2 ausbilden.

## 5 Kurzfassung der Erfindung

**[0007]** Es besteht ein Bedarf an einem Verfahren zum Formieren von Kontakten einer Vakuumschaltvorrichtung, durch das die Oberflächen der Kontakte nachhaltig und genauer formiert werden können und durch das die Röntgenstrahlung reduziert werden kann. Dieser Bedarf kann durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 1 erfüllt werden. Die vorliegende Erfindung ist entsprechend den abhängigen Ansprüchen weitergebildet.

**[0008]** Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung hat ein Verfahren zum Formieren von Kontakten einer Vakuumschaltvorrichtung die folgenden Schritte: S1) Erzeugen eines Lichtbogens zwischen den Oberflächen der Kontakte mittels einer Gleichstromquelle, die vorzugsweise eine bestimmte Stromstärke einstellt, für eine erste Zeitdauer; S2) Löschen des Lichtbogens durch Verringern der Stromstärke der Gleichstromquelle oder durch Einstellen eines Hubes zwischen den Kontakten auf Null; und S3) nachfolgendes Anlegen einer Wechselspannung für eine zweite Zeitdauer auf die Kontakte. Sofern im Schritt S2) der Hub zwischen den Kontakten auf Null eingestellt wurde, wird dieser Hub im Schritt S3) anschließend wieder auf einen Wert größer als Null eingestellt, bevor die Wechselspannung angelegt wird.

**[0009]** Die Formierung erfolgt mindestens zweistufig, d.h. zunächst mit einem Gleichstrom und nachfolgend mit einer Wechselspannung. Vor dem klassischen Formierungsprozess der Kontakte mit der Wechselspannung werden die Kontakte mit dem Gleichstrom vorformiert. Bei diesem neuartigen Prozess der Vorformierung kann die Vakuumschaltvorrichtung in einen Stromkreis zum Beispiel mit einem Schweißtransformator installiert werden, und es kann der Gleichstrom mit einer tendenziell eher geringen Stromstärke (zum Beispiel einige 100 Ampere) angelegt werden. Dieser Strom kann für eine definierte Zeitdauer von zum Beispiel mehreren Sekunden fließen.

**[0010]** Es ist selbstverständlich möglich, vor dem Schritt S1), nach dem Schritt S3) oder dazwischen zusätzliche Formierungsmaßnahmen durchzuführen, wie zum Beispiel eine Wechselspannungsformierung o.ä.

**[0011]** Durch das Anlegen des Gleichstroms, ggf. in beiden Polaritäten, kann durch die gleichmäßige Belastung der Kontakte ein optimaler Effekt erzielt werden. Aufgrund der Erwärmungsproblematik der Kontakte und der daraus resultierenden potenziellen Metaldampffreisetzung kann der Vorgang einige Male (inkl. Pausenzeiten) wiederholt werden. Ebenso kann sich ein im Vergleich mit dem Stand der Technik relativ kleiner Hub positiv auf die Metaldampfausbreitung außerhalb des Kontaktpaltes auswirken.

**[0012]** Durch die Schritte S1) und S2) des Vorformie-

rens vor dem klassischen Schritt S3) des Kontaktformierens mit der Wechselfspannung wird ein erheblicher Teil der Unebenheiten auf den Oberflächen der Kontakte beseitigt, Mikropartikel werden gebunden und die gesamte Materialstruktur kann vorteilhaft verändert werden.

**[0013]** Durch den Schritt S1) kann grundsätzlich eine dielektrische Stabilisierung gegen mechanische Einflüsse wie zum Beispiel stromloses Schalten erzielt werden.

**[0014]** Darüber hinaus können Vorteile für die nachfolgende, klassische Kontakt-Endformierung mit der Wechselfspannung erzielt werden. Erstens können höhere Grenzwerte der Spannungsfestigkeit erreicht werden, zweitens treten weniger Überschläge bis zum Erreichen des Endwertes der Spannungsfestigkeit auf (d.h. es wird eine Reduzierung der Prozesszeit erreicht), und drittens wird die Strahlungsbelastung durch die vorbehandelten Oberflächen der Kontakte reduziert.

**[0015]** Im Vergleich mit der konventionellen Formierung kann darüber hinaus die Durchführung der erfindungsgemäßen Formierung bei kleineren Hübem erfolgen, und sie führt daher zu einer geringen Bedampfung des Rückraums bzw. der Keramiken in der Vakuumschaltvorrichtung. Die geringe Bedampfung hat positive Auswirkungen auf das dielektrische Verhalten der Vakuumschaltvorrichtung.

**[0016]** Die Durchführung des Gleichstromformierens erfolgt mit überschaubarem Aufwand und geringem Einsatz unter anderem der Sicherheitseinrichtungen. Der Prozess des Gleichstromformierens lässt in eine Einrichtung für Wechselfspannungs-Kontaktformieren ohne großen Aufwand mit integrieren.

**[0017]** Bei einem Ausführungsbeispiel wird der Gleichstrom mit einer Stromstärke in einem Bereich zwischen 10 und 800 A, vorzugsweise zwischen 80 und 200 A gewählt.

**[0018]** Bei einem Ausführungsbeispiel werden die Schritte S1) und S2) vor der Ausführung des Schritts S3) zwischen 1 und 60 Mal, vorzugsweise zwischen 1 und 30 Mal, weiter bevorzugt zwischen 1 und 12 Mal wiederholt. Es ist möglich, dabei die Polarität bez. die Stromflussrichtung umzukehren.

**[0019]** Bei einem Ausführungsbeispiel wird die Wechselfspannung in einem Frequenzband zwischen 1 Hz und 1 kHz mit einer Stromstärke in einem Bereich zwischen 10 und 800 A, vorzugsweise zwischen 80 und 200 A angelegt.

**[0020]** Bei einem Ausführungsbeispiel ist die erste und/oder die zweite Stromfluss-Zeitdauer in einem Bereich zwischen 1 und 100 s, vorzugsweise zwischen 10 und 50 s.

**[0021]** Bei einem Ausführungsbeispiel wird der Schritt S3) zwischen 3 und 15 Mal, vorzugsweise zwischen 5 und 12 Mal nacheinander wiederholt.

**[0022]** Die vorstehend genannten Parameter haben zu guten Ergebnissen geführt, die in der Figurenbeschreibung in weiteren Einzelheiten beschrieben werden.

**[0023]** Bei einem Ausführungsbeispiel werden die Kontakte in einem Schritt S10) vor dem Schritt S1) so

zueinander bewegt, dass sie sich berühren. Nach dem Schritt S10) wird der Schritt S1) ausgeführt, wobei die Kontakte währenddessen um einen Hub voneinander getrennt werden, so dass ein Lichtbogen zwischen den Kontakten gezogen wird. Nachfolgend werden die Schritte S2) und S3) ausgeführt. Bevorzugt werden die Schritte S10), S1) und S2) mindestens einmal nacheinander wiederholt, bevor der Schritt S3) ausgeführt wird. Es ist möglich, dabei die Polarität umzukehren.

**[0024]** Dieses Ausführungsbeispiel kann als "berührendes Zünden" bezeichnet werden. Dabei werden die Kontakte unter Strombelastung auf einen kleinen Hub von zum Beispiel einigen Millimetern gezogen, wodurch der Lichtbogen zwischen den Kontakten gezogen wird. Der Lichtbogen breitet sich normalerweise nicht über die gesamte Oberfläche aus; vielmehr existieren mehrere kleine Teillichtbögen, die aufgrund ihrer Eigenbewegung (und weiterer komplexer Vorgänge) die ganze oder teilweise ganze Oberfläche überstreichen. Zumindest ein Lichtbogen entsteht an den beiden letzten Berührungspunkten der Oberflächen der Kontakte. Die Lichtbogenfußpunkte bewegen sich von dort aus über den gesamten Bereich der Oberflächen der Kontakte aus. Nach Verstreichen der ersten Zeitdauer wird der Strom ausgeschaltet und der Kontakthub zurück auf Nullstellung gefahren (bei der sich die Kontakte berühren). Der Prozess kann beliebig oft und in beiden Polaritäten wiederholt werden. Das Produkt der ersten Zeitdauer mit der Anzahl der Zyklen wird als Wirkzeit bezeichnet und kann im Bereich zwischen 1 s und 100 s liegen. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist zu erwähnen, dass es vorteilhaft sein kann, für verschiedene Kontaktgeometrien die Zündpunkte auf den Oberflächen der Kontakte selektiv einzustellen.

**[0025]** Durch die Implementierung einer zusätzlichen Steuerung, zum Beispiel durch elektromagnetische Felder, kann die Fußpunktausbreitung gezielt gesteuert werden. Dadurch kann eine optimierte Ausnutzung der Oberflächen der Kontakte während der Gleichstromformierung erzielt werden, d.h. der Flächenausnutzungskoeffizient kann erhöht werden. Ebenfalls kann durch den Einsatz der Steuerung die Prozesszeit in Abhängigkeit des Stroms verkürzt werden.

**[0026]** Bei einem anderen Ausführungsbeispiel werden die Kontakte in einem Schritt S11) vor dem Schritt S1) um einen Hub getrennt. Nach dem Schritt S11) wird der Schritt S1) ausgeführt, wobei die Kontakte währenddessen um einen Hub weiter voneinander getrennt werden, wobei ein Lichtbogen zwischen den Kontakten gezogen wird. Nachfolgend werden die Schritte S2) und S3) ausgeführt. Bevorzugt werden die Schritte S11), S1) und S2) mindestens einmal nacheinander wiederholt, bevor der Schritt S3) ausgeführt wird. Es ist möglich, dabei die Polarität umzukehren.

**[0027]** Dieses Ausführungsbeispiel kann als "berührloses Zünden" bezeichnet werden. Gegenüber dem vorherigen Ausführungsbeispiel des "berührenden Zündens" wird beim berührlosen Zünden zunächst ein defi-

nierter kleiner Kontakthub von einigen Millimetern eingestellt. Im Anschluss erfolgt die Zündung eines Lichtbogens zum Beispiel mittels eines HF-Transformators. Der oder die Lichtbögen entstehen an den Punkten mit der geringsten Entfernung zueinander und breiten sich, wie auch beim berührenden Zünden, von dort aus teilweise oder über den gesamten Bereich der Oberflächen der Kontakte aus. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist zu erwähnen, dass es vorteilhaft sein kann, für verschiedene Kontaktgeometrien die Zündpunkte auf den Oberflächen der Kontakte selektiv einzustellen.

**[0028]** Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel sind die Kontakte während des Formierens in der Vakuumschaltvorrichtung eingebaut. Dies hat wirtschaftliche Vorteile, da das Vakuum in der Vakuumschaltvorrichtung gleichzeitig als Prozessmedium Anwendung findet. Die Durchführung des Gleichstromformierens erfolgt mit überschaubarem Aufwand und sehr geringem Einsatz unter anderem der Sicherheitseinrichtungen. Der Prozess des Gleichstromformierens lässt in eine Einrichtung für ein Wechselspannungsformieren ohne größeren Aufwand mit integrieren.

**[0029]** Die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele sind anwendbar für alle Kontaktmaterialien und deren Herstelltechnologien, für alle Spannungsebenen (Hoch-, Mittel- und Niederspannung) sowie für alle Kontaktgeometrien.

**[0030]** Gemäß einem Vergleichsbeispiel der Erfindung ist eine Vakuumschaltvorrichtung dazu konfiguriert, das vorstehend beschriebene Verfahren auszuführen.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0031]** Die vorstehend definierten Aspekte und weitere Aspekte der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen. Die Erfindung wird für ihre Ausführbarkeit im Folgenden anhand der Ausführungsbeispielen näher beschrieben, auf die die Erfindung jedoch nicht beschränkt ist.

Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Formieren von Kontakten einer Vakuumschaltvorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel;

Fig. 2 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Formieren von Kontakten einer Vakuumschaltvorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;

Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Formieren von Kontakten einer Vakuumschaltvorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 zeigt eine Oberfläche von Kontakten vor dem Formieren;

Fig. 5 zeigt eine Mikroskopieaufnahme eines Schliffes quer zur Oberfläche des Kontakts der Fig. 4;

5 Fig. 6 zeigt eine Mikroskopieaufnahme eines Schliffes quer zur Oberfläche eines nur mit Gleichstrom formierten Kontakts;

10 Fig. 7 zeigt eine Oberfläche des mit Gleichstrom formierten Kontakts ohne anschließender Kontaktformierung mit Wechselspannung;

15 Fig. 8 zeigt die Oberfläche des mit Gleichstrom formierten Kontakts der Fig. 7 mit anschließender Kontaktformierung mit Wechselspannung;

20 Fig. 9 zeigt eine Draufsicht auf einen Kontakt, der eine Teilbelastung von einigen kA für einige ms erfahren hat;

Fig. 10 zeigt ein Schlibbild des Kontakts der Fig. 9, der die Teilbelastung von einigen kA für einige ms erfahren hat;

25 Fig. 11 zeigt ein Beispiel einer herkömmlichen Vakuumschaltvorrichtung in Gestalt einer Vakuumschaltröhre;

30 Fig. 12 zeigt eine Oberfläche von Kontakten nach reiner Wechselspannungsformierung gemäß dem Stand der Technik.

#### Figurenbeschreibung

35 **[0032]** Die Zeichnungen sind schematisch dargestellt. Es wird darauf hingewiesen, dass in verschiedenen Figuren ähnliche oder identische Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen sind.

40 **[0033]** Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Formieren von Kontakten 1, 2 einer Vakuumschaltvorrichtung 100 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Die Kontakte 1, 2 sind vorzugsweise als Kontaktscheibe ausgebildet, die eine ebene Kontaktfläche haben.

45 **[0034]** In einem Schritt S1) wird ein Lichtbogen zwischen den Oberflächen der Kontakte mittels einer Gleichstromquelle erzeugt, die vorzugsweise eine bestimmte Stromstärke einstellt, und es fließt ein Gleichstrom durch die Kontakte 1, 2 für eine erste Zeitdauer. Die erste Zeitdauer kann 1 s bis 100 s betragen. Durch den Schritt S1) kann grundsätzlich eine dielektrische Stabilisierung gegen mechanische Einflüsse wie zum Beispiel stromloses Schalten erzielt werden. In einem Schritt S2) wird der Lichtbogen nach Ablauf der ersten Zeitdauer gelöscht, indem die Stromstärke der Gleichstromquelle reduziert bzw. ganz abgeschaltet wird. Alternativ kann ein Hub zwischen den Kontakten 1, 2 auf Null eingestellt werden

(Nullhub). In einem Schritt S3) wird nachfolgend eine Wechsellspannung für eine zweite Zeitdauer auf die Kontakte 1, 2 angelegt. Sofern im Schritt S2) der Hub zwischen den Kontakten auf Null eingestellt wurde, wird dieser Hub im Schritt S3) anschließend wieder auf einen Wert größer als Null eingestellt, bevor die Wechsellspannung angelegt wird.

**[0035]** In dem Schritt S1) kann der Gleichstrom mit einer Stromstärke in einem Bereich zwischen 10 und 800 A, vorzugsweise zwischen 80 und 200 A angelegt werden. Die Schritte S1) und S2) können vor der Ausführung des Schritts S3) zwischen 1 und 60 Mal, vorzugsweise zwischen 1 und 30 Mal, weiter bevorzugt zwischen 1 und 12 Mal wiederholt werden, wie dies durch einen gestrichelten Pfeil im oberen Bereich der Fig. 1 dargestellt ist. Es ist möglich, dabei die Polarität umzukehren.

**[0036]** In dem Schritt S3) kann die Wechsellspannung in einem Frequenzband zwischen 1 Hz und 1 kHz mit einer Stromstärke in einem Bereich zwischen 10 und 800 A, vorzugsweise zwischen 80 und 200 A angelegt werden. Die zweite Zeitdauer kann in einem Bereich zwischen 1 und 100 s, vorzugsweise zwischen 10 und 50 s sein. Der Schritt S3) kann zwischen 3 und 15 Mal, vorzugsweise zwischen 5 und 12 Mal nacheinander wiederholt werden, wie dies durch einen gestrichelten Pfeil im unteren Bereich der Fig. 1 dargestellt ist.

**[0037]** Fig. 2 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Formieren von Kontakten 1, 2 einer Vakuumschaltvorrichtung 100 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Die Schritte S1), S2) und S3) sind ähnlich wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel.

**[0038]** In einem Schritt S10) vor dem Schritt S1) werden die Kontakte 1, 2 so zueinander bewegt, dass sie sich berühren. Nach dem Schritt S10) wird der Schritt S1) ausgeführt, wobei die Kontakte 1, 2 währenddessen um einen Hub voneinander getrennt werden, so dass ein oder mehrere Lichtbögen zwischen den Kontakten 1, 2 gezogen werden. Nachfolgend werden die Schritte S2) und S3) ausgeführt. Der Hub definiert grundsätzlich einen Abstand zwischen den Kontakten 1, 2. Als Nullhub ist jener Hub definiert, bei dem die Kontakte 1, 2 miteinander mechanisch in Kontakt sind.

**[0039]** Die Schritte S10), S1) und S2) können mindestens einmal nacheinander wiederholt werden, bevor der Schritt S3) ausgeführt wird, wie dies durch einen gestrichelten Pfeil im oberen Bereich der Fig. 2 dargestellt ist. Es ist möglich, dabei die Polarität umzukehren. Auch der Schritt S3) kann wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel wiederholt werden, wie dies durch einen gestrichelten Pfeil im unteren Bereich der Fig. 2 dargestellt ist.

**[0040]** Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Formieren von Kontakten 1, 2 einer Vakuumschaltvorrichtung 100 gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel. Die Schritte S1), S2) und S3) sind ähnlich wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel.

**[0041]** In einem Schritt S11) werden die Kontakte 1, 2 vor dem Schritt S1) um einen Hub getrennt, der größer ist als der Nullhub. Nach dem Schritt S11) wird der Schritt

S1) ausgeführt, wobei die Kontakte 1, 2 währenddessen um einen Hub weiter voneinander getrennt werden, wobei ein Lichtbogen zwischen den Kontakten 1, 2 gezogen wird. Der beim Schritt S1) eingestellte Hub ist größer als der Hub beim Schritt S11). Nachfolgend werden die Schritte S2) und S3) ausgeführt.

**[0042]** Die Schritte S11), S1) und S2) können mindestens einmal nacheinander wiederholt werden, bevor der Schritt S3) ausgeführt wird, wie dies durch einen gestrichelten Pfeil im oberen Bereich der Fig. 3 dargestellt ist. Es ist möglich, dabei die Polarität umzukehren. Auch der Schritt S3) kann wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel wiederholt werden, wie dies durch einen gestrichelten Pfeil im unteren Bereich der Fig. 3 dargestellt ist.

**[0043]** Die Vakuumschaltvorrichtung 100 kann dazu konfiguriert ist, das Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche auszuführen. Die Kontakte 1, 2 sind also während des Formierens in der Vakuumschaltvorrichtung 100 eingebaut. Vorzugsweise ist die Vakuumschaltvorrichtung 100 eine Vakuumschaltröhre. Die Vakuumschaltvorrichtung 100 kann dabei die Merkmale der Vakuumschaltröhre der Fig. 11 aufweisen, sie ist jedoch nicht darauf beschränkt.

**[0044]** Bei dritten Ausführungsbeispiel kann es vorteilhaft sein, für verschiedene Kontaktgeometrien die räumlichen Zündpunkte auf den Oberflächen der Kontakte 1, 2 selektiv einzustellen.

**[0045]** Fig. 4 zeigt eine Oberfläche der Kontakte 1, 2 vor dem Formieren. Die Oberfläche dient als eine Referenz im Vergleich mit den formierten Oberflächen in den nachfolgenden Zeichnungen.

**[0046]** Fig. 5 zeigt eine Mikroskopieaufnahme eines Schliffes quer zur Oberfläche des Kontakts 1, 2 der Fig. 4. Der Kontakt 1, 2 besteht aus CuCr50. Das Bezugszeichen 20 bezeichnet eine Kupfermatrix, und das Bezugszeichen 21 bezeichnet eingebettetes Chrom in der Kupfermatrix 20. Die Oberfläche ist nicht überschmolzen und die Kornstruktur aus CuCr50 ist relativ glatt abgeschnitten.

**[0047]** Fig. 6 zeigt eine Mikroskopieaufnahme eines Schliffes quer zur Oberfläche der nur mit Gleichstrom formierten Kontakte 1, 2 der Fig. 5. Im Bereich A ist das CuCr50 Kontaktmaterial mit der Kupfermatrix 20 und dem eingebetteten Chrom 21 gezeigt. Im Bereich B ist eine umgeschmolzene Kupfer-Chrom-Schicht 22 des Kontaktmaterials mit einer Dicke von etwa 6 µm gezeigt. Im Bereich C ist ein Einbettungsmaterial für die Schliifprobe gezeigt. Der Bereich B zeigt eine deutliche Glättung bzw. Homogenisierung der Oberfläche der Kontakte 1, 2. Der überschmolzene Bereich von Kontaktmaterial erfolgt ebenso an den Rändern und Schlitzen der Kontakte 1, 2 (d.h. im kompletten feldbetreffenden Bereich). Die durch das Stromformieren umgeschmolzene Kupfer-Chrom-Schicht 22 ist gekennzeichnet durch eine deutlich feinere Gefügeverteilung im Vergleich mit der Kupfermatrix 20 und dem dort eingebetteten Chrom 21.

**[0048]** Fig. 7 zeigt eine Oberfläche des mit Gleichstrom formierten Kontakts 1, 2 ohne anschließende Kontakt-

formierung mit Wechselspannung. Die Oberfläche hat einen stromformierten Bereich 23 und einen nicht stromformierten Bereich 24. Es ist deutlich gezeigt, dass der stromformierte Bereich 23 den überwiegenden Teil der Oberfläche des mit Gleichstrom formierten Kontakts 1, 2 ausmacht. Es hat sich herausgestellt, dass sich die Oberfläche jenes Kontakts 1, 2, welcher bei der Gleichstromformierung (zuletzt) Anode war, ein anderes optisches Erscheinungsbild als jener Kontakt 1, 2 hat, welcher bei der Gleichstromformierung (zuletzt) Kathode war. Die Anode wirkt optisch matter und hat ein optisches Erscheinungsbild, das einer bedampften Oberfläche ähnelt. Dahingegen hat die Kathode ein optisches Erscheinungsbild mit sichtbaren, typischen topologischen Schmelzstrukturen, die durch einzelne Lichtbogenfußpunkte verursacht werden, die auf der Oberfläche wirken.

**[0049]** Fig. 8 zeigt die Oberfläche des mit Gleichstrom formierten Kontakts der Fig. 7 mit anschließender Kontaktformierung mit Wechselspannung. Im Vergleich mit der Fig. 7 zeigen sich deutliche Veränderungen an der Oberfläche des Kontakts 1, 2, die durch die Wechselspannungsformierung im Schritt S3) bewirkt werden. Die Oberfläche der Kontakte 1, 2 ist noch besser geglättet bzw. homogenisiert. Das Bezugszeichen 25 bezeichnet typische topologische Strukturen. Die typische topologische Strukturen 25 sind jeweils gekennzeichnet durch eine innere und eine äußere Struktur, die im Wesentlichen konzentrisch sind. Sowohl die innere als auch die äußere Struktur haben einen im Wesentlichen runden oder kreisförmigen Umfang. Die topologischen Strukturen 25 können sich teilweise oder ganz überlagern.

**[0050]** Figuren 9 und 10 zeigen eine Draufsicht bzw. ein Schliffbild auf einen Kontakt 1, 2, der eine Teilbelastung von einigen kA für einige ms erfahren hat. Dort hat sich auf der Oberfläche eine Schmelzschicht von ca. einigen 10 µm Dicke ausgebildet.

**[0051]** Die Erfinder haben zudem durch Messungen herausgefunden, dass durch das Verfahren des erfindungsgemäßen Stromformierens eine Reduktion der Röntgenstrahlungs-Dosisleistung im Vergleich zu einer herkömmlichen reinen Wechselspannungsformierung etwa um den Faktor 5 oder höher erreicht werden kann. Diese Tatsache ist insbesondere für Hochspannungsvakuumschaltröhren von essenzieller Bedeutung, da die Röntgenstrahlung im Hochspannungsbereich üblicherweise stark ansteigt.

Bezugszeichenliste

**[0052]**

1	Kontakt
2	Kontakt
3	Kontaktbolzen
4	Kontaktbolzen
5	Mittelteil
6	Keramikisolator

7	Keramikisolator
8	Endflansch
9	Endflansch
10	Faltenbalg
5	11 Schirm
	12 Schirm
	13 Schirm
	14 Schirm
	20 Kupfermatrix
10	21 eingebettetes Chrom
	22 umgeschmolzene Kupfer-Chrom-Schicht
	23 stromformierter Bereich
	24 nicht stromformierter Bereich
	25 typische topologische Struktur nach Stromformieren
15	
100	Vakuumschaltvorrichtung

**Patentansprüche**

- 20
1. Verfahren zum Formieren von Kontakten (1, 2) einer Vakuumschaltvorrichtung (100), mit den folgenden Schritten:
    - 25 S1) Erzeugen eines Lichtbogens zwischen den Oberflächen der Kontakte (1, 2) mittels einer Gleichstromquelle für eine erste Zeitdauer, **gekennzeichnet durch das**
    - 30 S2) Löschen des Lichtbogens durch Verringern der Stromstärke der Gleichstromquelle oder durch Einstellen eines Hubes zwischen den Kontakten (1, 2) auf Null; und
    - 35 S3) nachfolgendes Anlegen einer Wechselspannung für eine zweite Zeitdauer auf die Kontakte (1, 2).
  2. Verfahren gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei der Gleichstrom mit einer Stromstärke in einem Bereich zwischen 10 und 800 A, vorzugsweise zwischen 80 und 200 A angelegt wird.
  - 40 3. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Schritte S1) und S2) vor der Ausführung des Schritts S3) zwischen 1 und 60 Mal, vorzugsweise zwischen 1 und 30 Mal, weiter bevorzugt zwischen 1 und 12 Mal wiederholt werden, wobei das Wiederholen vorzugsweise mit einem Umkehren der Polarität geschieht.
  - 45 4. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Wechselspannung in einem Frequenzband zwischen 1 Hz und 1 kHz mit einer Stromstärke in einem Bereich zwischen 10 und 800 A, vorzugsweise zwischen 80 und 200 A angelegt wird.
  - 50 5. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche,

wobei die erste und/oder die zweite Zeitdauer in einem Bereich zwischen 1 und 100 s, vorzugsweise zwischen 10 und 50 s ist.

6. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Schritt S3) zwischen 3 und 15 Mal, vorzugsweise zwischen 5 und 12 Mal nacheinander wiederholt wird.
7. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontakte (1, 2) in einem Schritt S10) vor dem Schritt S1) so zueinander bewegt werden, dass sie sich berühren; nach dem Schritt S10) der Schritt S1) ausgeführt wird, wobei die Kontakte (1, 2) währenddessen um einen Hub voneinander getrennt werden, so dass ein Lichtbogen zwischen den Kontakten (1, 2) gezogen wird; und nachfolgend die Schritte S2) und S3) ausgeführt werden.
8. Verfahren gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei die Schritte S10), S1) und S2) mindestens einmal nacheinander, vorzugsweise mit einem Umkehren der Polarität, wiederholt werden, bevor der Schritt S3) ausgeführt wird.
9. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontakte (1, 2) in einem Schritt S11) vor dem Schritt S1) um einen Hub getrennt werden; nach dem Schritt S11) der Schritt S1) ausgeführt wird, wobei die Kontakte (1, 2) währenddessen um einen Hub weiter voneinander getrennt werden, wobei ein Lichtbogen zwischen den Kontakten (1, 2) gezogen wird; und nachfolgend die Schritte S2) und S3) ausgeführt werden.
10. Verfahren gemäß dem vorherigen Anspruch, wobei die Schritte S11), S1) und S2) mindestens einmal nacheinander, vorzugsweise mit einem Umkehren der Polarität, wiederholt werden, bevor der Schritt S3) ausgeführt wird.
11. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Kontakte (1, 2) während des Formierens in der Vakuumschaltvorrichtung (100) eingebaut sind.
12. Verfahren gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei durch den Schritt S1) eine dielektrische Stabilisie-

rung gegen mechanische Einflüsse wie zum Beispiel stromloses Schalten erzielt wird.

## 5 Claims

1. Method for the formation of contacts (1, 2) of a vacuum switching device (100), having the following steps:

S1) generating an electric arc between the surfaces of the contacts (1, 2) by means of a direct current source for a first period of time, **characterized by**

S2) extinguishing the electric arc by reducing the current strength of the direct current source or by adjusting a distance between the contacts (1, 2) to zero; and

S3) subsequently applying an AC voltage to the contacts (1, 2) for a second period of time.

2. Method according to the preceding claim, wherein the direct current is applied at a current strength in a range between 10 and 800 A, preferably between 80 and 200 A.

3. Method according to either of the preceding claims, wherein steps S1) and S2) are repeated between 1 and 60 times, preferably between 1 and 30 times, further preferably between 1 and 12 times, before step S3) is executed, wherein the repetition preferably occurs with a reversal of the polarity.

4. Method according to one of the preceding claims, wherein the AC voltage is applied in a frequency range between 1 Hz and 1 kHz at a current strength in a range between 10 and 800 A, preferably between 80 and 200 A.

5. Method according to one of the preceding claims, wherein the first and/or the second period of time is in a range between 1 and 100 s, preferably between 10 and 50 s.

6. Method according to one of the preceding claims, wherein step S3) is repeated between 3 and 15 times, preferably between 5 and 12 times, in succession.

7. Method according to one of the preceding claims, wherein the contacts (1, 2) are moved towards one another in a step S10) before step S1) so that they touch each other; step S1) is executed after step S10), wherein the contacts (1, 2) are separated from one another by a distance during said step so that an electric arc is drawn between the contacts (1, 2); and steps S2) and S3) are subsequently executed.

8. Method according to the preceding claim, wherein steps S10), S1) and S2) are repeated at least once in succession, preferably with a reversal of the polarity, before step S3) is executed.
9. Method according to one of the preceding claims, wherein the contacts (1, 2) are separated by a distance in a step S11) before step S1);
- step S1) is executed after step S11), wherein the contacts (1, 2) are separated from one another by a distance during said step, wherein an electric arc is drawn between the contacts (1, 2); and
- steps S2) and S3) are subsequently executed.
10. Method according to the preceding claim, wherein steps S11), S1) and S2) are repeated at least once in succession, preferably with a reversal of the polarity, before step S3) is executed.
11. Method according to one of the preceding claims, wherein the contacts (1, 2) are installed in the vacuum switching device (100) during formation.
12. Method according to one of the preceding claims, wherein dielectric stabilization against mechanical influences such as, for example, no-load switching, is achieved by way of step S1).

### Revendications

1. Procédé de formation de contacts (1, 2) d'un dispositif (100) de commutation sous vide, comprenant les stades suivants :
- S1) production d'un arc électrique entre la surface des contacts (1, 2) au moyen d'une source de courant continu pendant une première durée, **caractérisé par**
- S2) extinction de l'arc électrique par diminution de l'intensité du courant de la source de courant électrique ou par réglage à zéro d'une course entre les contacts (1, 2) ; et
- S3) application ensuite aux contacts (1, 2) d'une tension alternative pendant une deuxième durée.
2. Procédé suivant la revendication précédente, dans lequel on applique le courant continu à une intensité du courant dans une plage comprise entre 10 et 800 A, de préférence entre 80 et 200 A.
3. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on répète les stades S1) et S2) avant l'exécution du stade S3), entre 1 et 60 fois, de préférence entre 1
- et 30 fois, d'une manière encore plus préférée entre 1 et 12 fois, la répétition s'effectuant, de préférence, avec une inversion de la polarité.
4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on applique la tension alternative dans une bande de fréquences comprises entre 1 Hz et 1 kHz à une intensité du courant dans une plage comprise entre 10 et 800 A, de préférence entre 80 et 200 A.
5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel la première et/ou la deuxième durée est dans une plage comprise entre 1 et 100 s, de préférence entre 10 et 50 s.
6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on répète le stade S3) entre 3 et 15 fois, de préférence entre 5 et 12 fois l'un après l'autre.
7. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on déplace les contacts (1, 2) dans un stade S10) avant le stade S1), l'un par rapport à l'autre de manière à ce qu'ils se touchent ; après le stade S10), on exécute le stade S1), dans lequel, pendant celui-ci, on sépare l'un de l'autre les contacts (1, 2) d'une course, de manière à tirer un arc électrique entre les contacts (1, 2) ; et on exécute ensuite les stades S2) et S3).
8. Procédé suivant la revendication précédente, dans lequel on répète les stades S10), S1) et S2) au moins une fois l'un après l'autre, de préférence avec une inversion de polarité, avant d'exécuter le stade S3).
9. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on sépare d'une course les contacts (1, 2) dans un stade S11) avant le stade S1) ; après le stade S11), on exécute le stade S1), dans lequel, pendant celui-ci, on continue à séparer l'un de l'autre les contacts (1, 2) d'une course, dans lequel on tire un arc électrique entre les contacts (1, 2) ; et on exécute ensuite les stades S2) et S3).
10. Procédé suivant la revendication précédente, dans lequel on répète les stades S11), S1) et S2) au moins une fois les uns après les autres, de préférence avec une inversion de la polarité, avant d'exécuter le stade S3).
11. Procédé suivant l'une des revendications précédentes,

tes, dans lequel  
on monte les contacts (1, 2) dans le dispositif (100)  
de commutation sous vide pendant la formation.

12. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel  
on obtient, par le stade S1), une stabilisation diélectrique à l'encontre d'influences mécaniques, comme par exemple d'une connexion sans courant.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

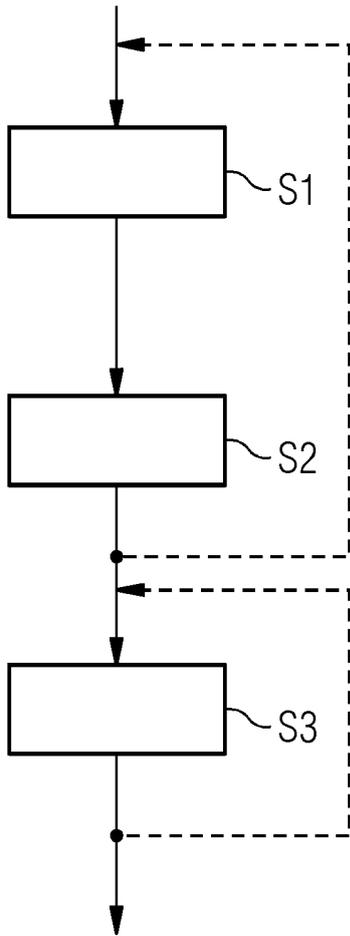


FIG 2

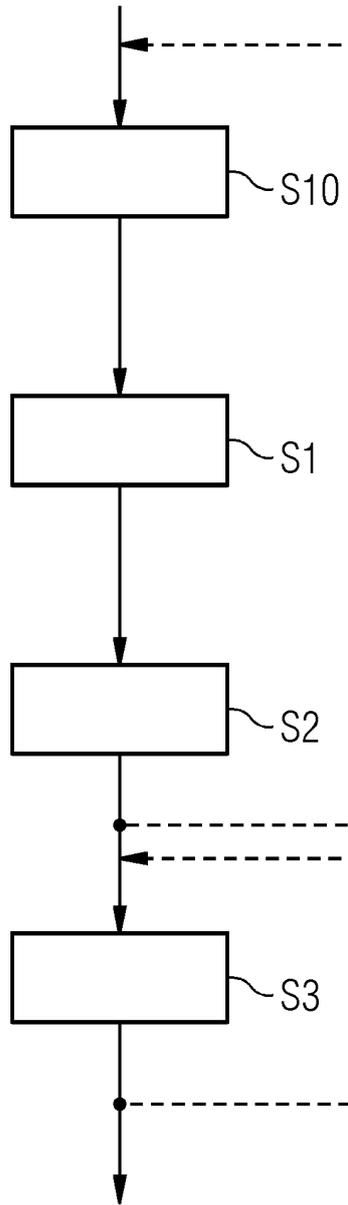


FIG 3

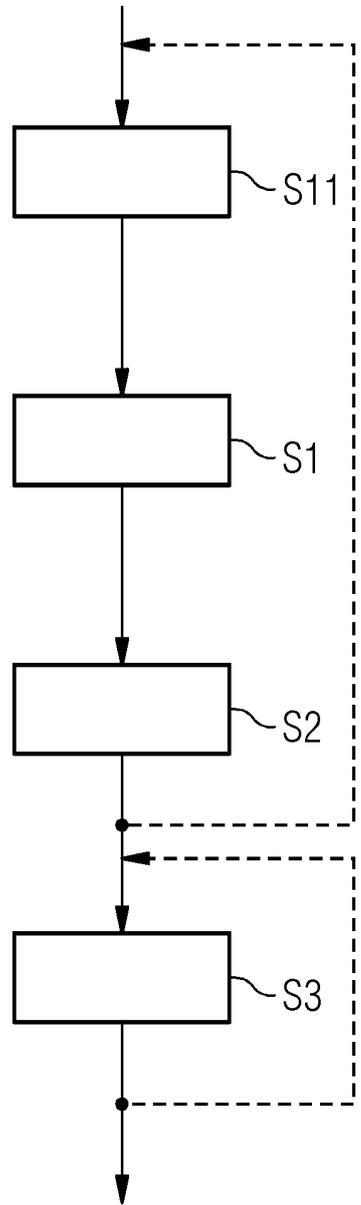


FIG 4

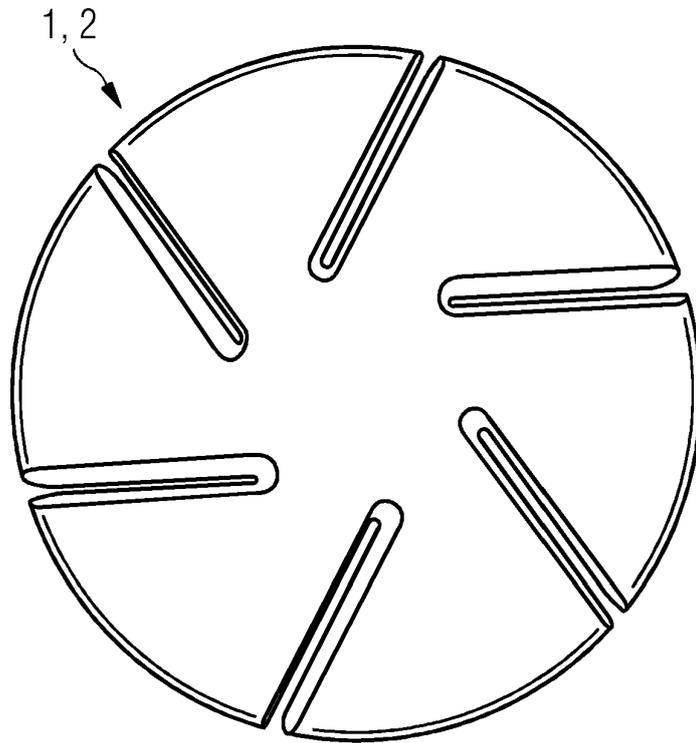


FIG 5

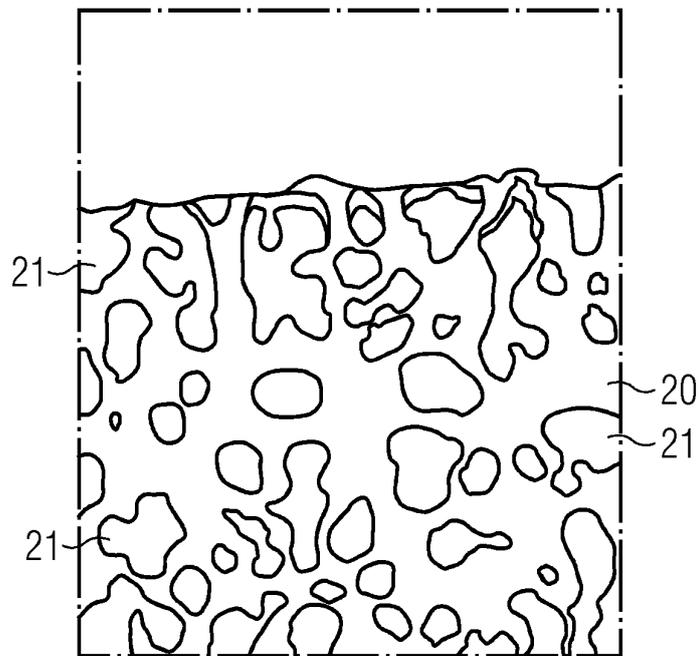


FIG 6

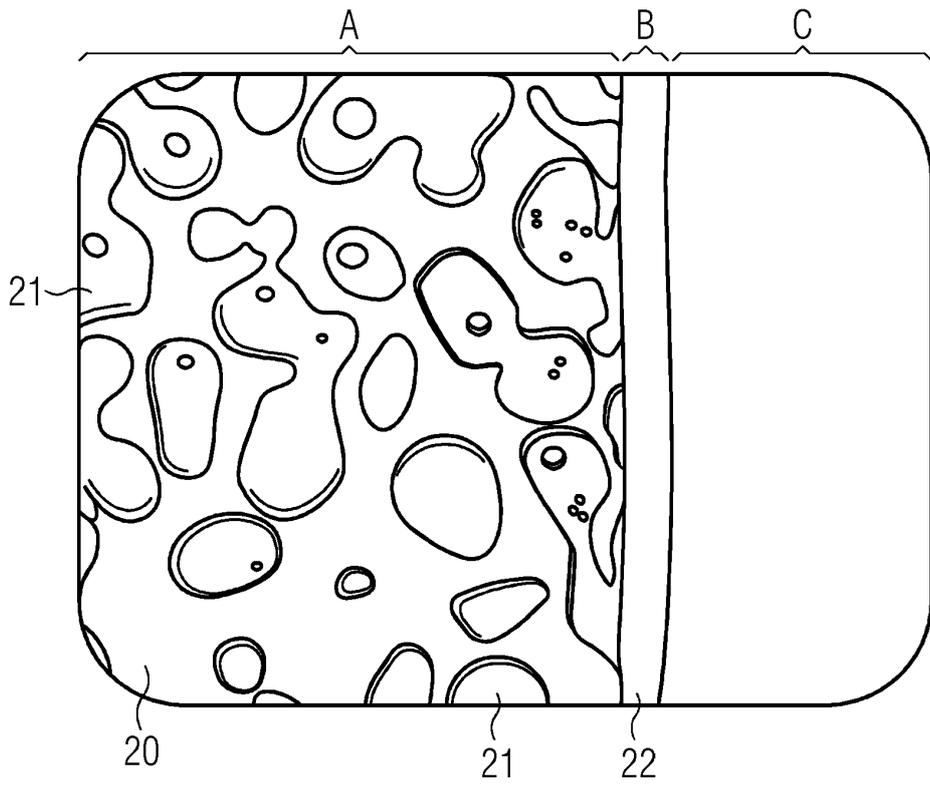


FIG 7

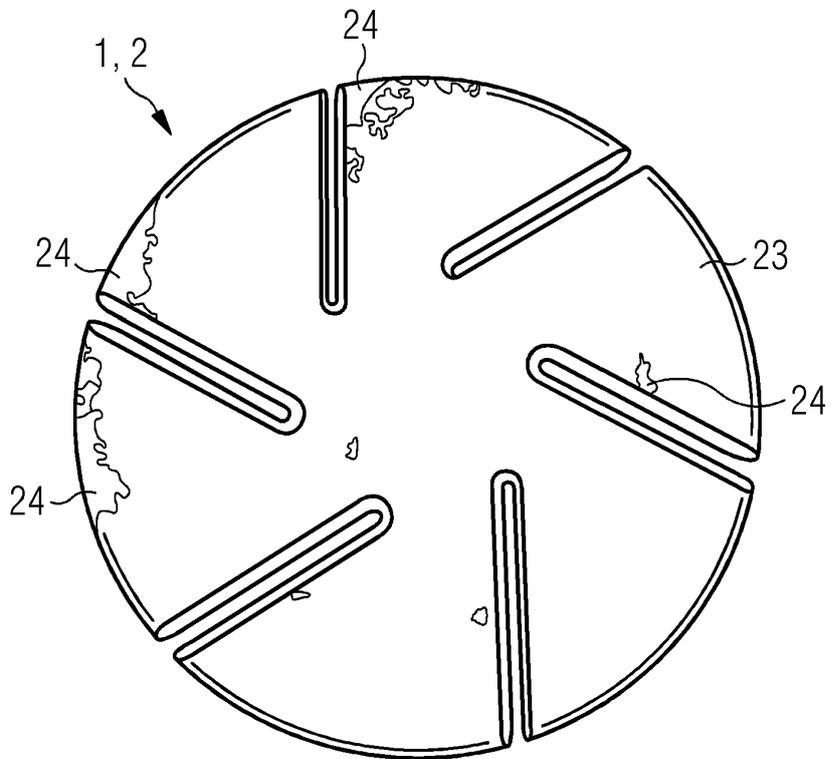


FIG 8

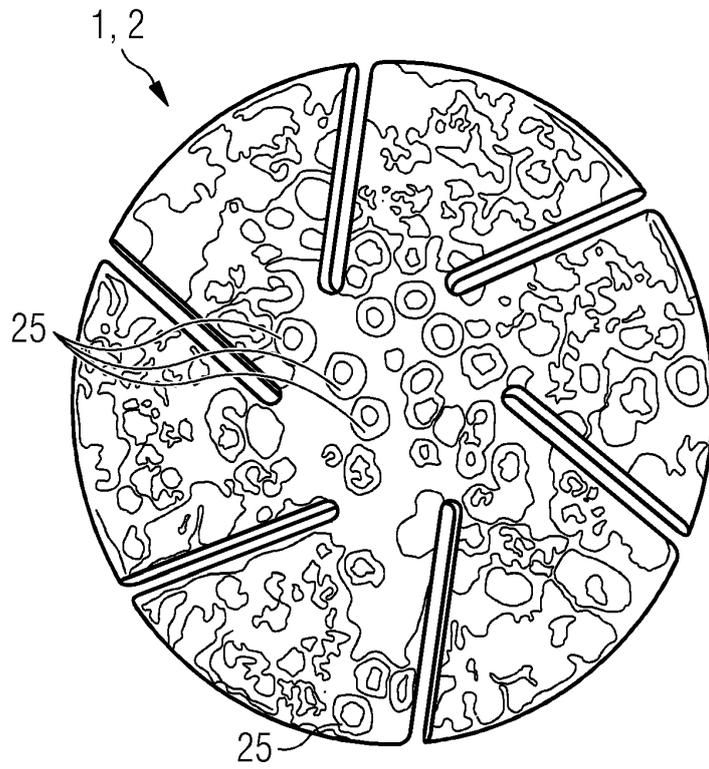


FIG 9

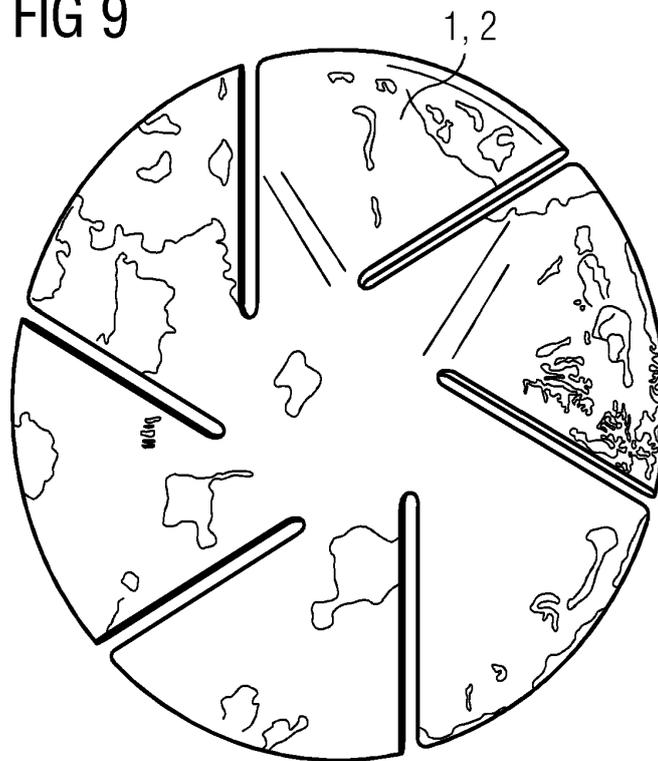


FIG 10

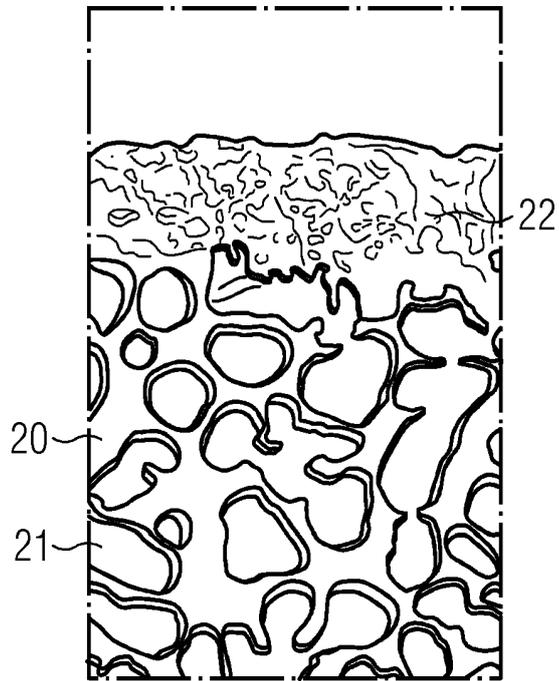


FIG 11

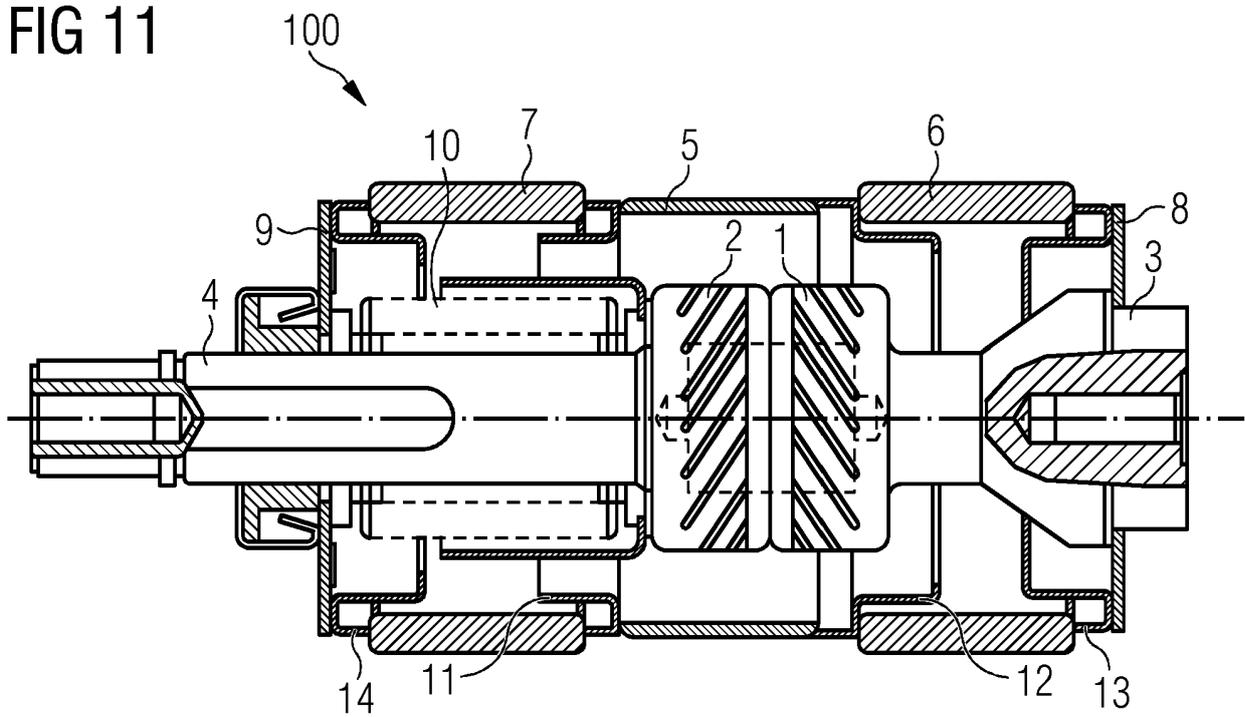
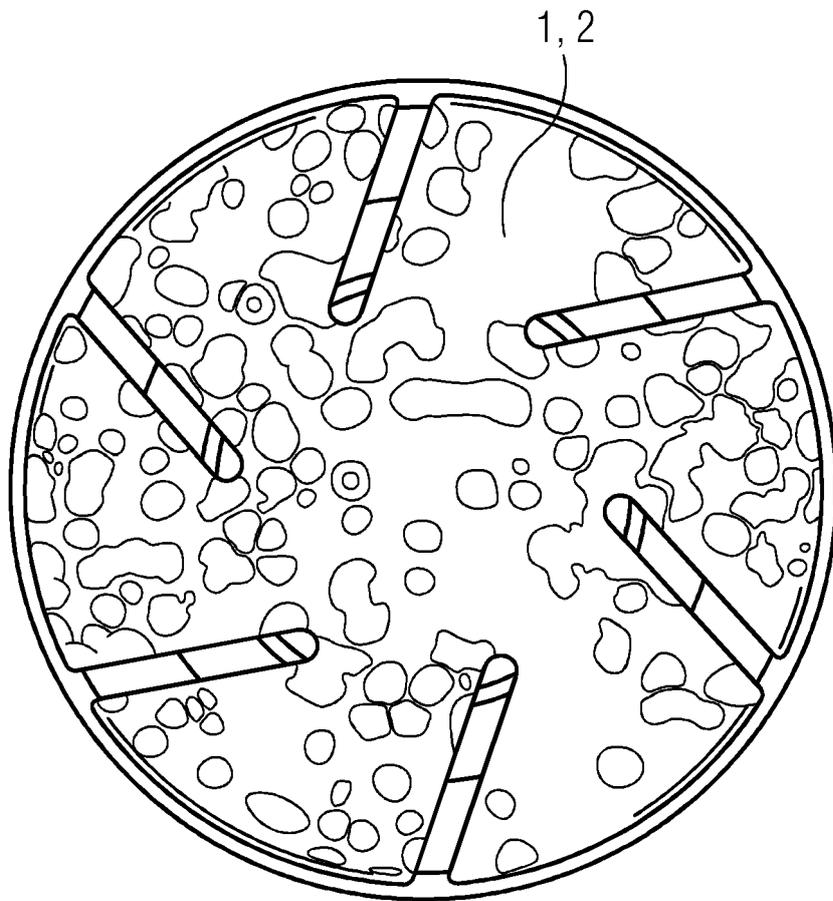


FIG 12 STAND DER TECHNIK



**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 19714655 A1 [0001]