



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.09.2020 Patentblatt 2020/36

(51) Int Cl.:
B22F 3/03 (2006.01) **B22F 3/105** (2006.01)
B22F 3/14 (2006.01) **C22C 1/04** (2006.01)
C22C 9/00 (2006.01) **H01H 1/02** (2006.01)
H01H 33/664 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19160068.3**

(22) Anmeldetag: **28.02.2019**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

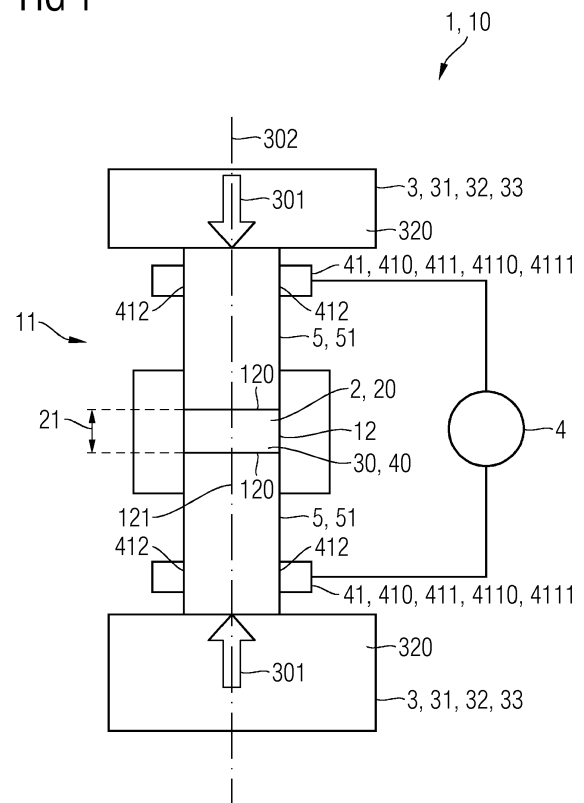
(72) Erfinder:
• **Bödinge, Hermann**
81243 München (DE)
• **Karmazin, Roman**
81829 München (DE)
• **Kupka, Daniel**
92224 Amberg (DE)
• **Schuh, Carsten**
85598 Baldham (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(54) **SINTER-VORRICHTUNG MIT VONEINANDER ENTKOPPELTEM SINTER-DRUCK UND SINTER-STROM, VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES ELEKTRISCHEN KONTAKT-WERKSTOFFS UNTER VERWENDUNG DER SINTER-VORRICHTUNG, ELEKTRISCHER KONTAKT-WERKSTOFF UND VERWENDUNG DES ELEKTRISCHEN KONTAKT-WERKSTOFFS**

(57) Die Erfindung betrifft eine Sinter-Vorrichtung mit mindestens einer Sinter-Einheit zum Sintern von Sinter-Gut. Das Sinter-Gut weist Pulver-Partikel auf. Ausgestattet ist die Sinter-Einheit mit mindestens einem Sinter-Behälter zur Aufnahme des Sinter-Guts, mit mindestens einer Druck-Quelle zum Ausüben von Sinter-Druck auf das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut während des Sinterns, und mit mindestens einer Strom-Quelle zum Einleiten von elektrischem Sinter-Strom während des Sinterns in den Sinter-Behälter und/oder in das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut. Dabei ist zumindest eine Sinter-Komponente für das Ausüben des Sinter-Drucks und für das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms vorhanden. Die Druck-Quelle und/oder die Strom-Quelle und/oder die Sinter-Komponente sind dabei derart ausgestaltet und ansteuerbar, dass das Ausüben des Sinter-Drucks und das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms während des Sinterns voneinander entkoppelt durchgeführt werden können. Neben der Sinter-Vorrichtung wird ein Verfahren zum Herstellen eines elektrischen Kontakt-Werkstoffs unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung angegeben, sowie ein auf diese Weise hergestellter elektrischer Kontakt-Werkstoff und dessen Verwendung für mindestens einen elektrischen Kontakt einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltöhre.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Sinter-Vorrichtung mit mindestens einer Sinter-Einheit zum Sintern von Sinter-Gut mit elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln und ein Verfahren zum Herstellen eines elektrischen Kontakt-Werkstoffs unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung. Daneben wird ein elektrischer Kontakt-Werkstoff, der gemäß dem Verfahren hergestellt wird, sowie eine Verwendung des elektrischen Kontakt-Werkstoffs angegeben.

[0002] Der elektrische Kontakt-Werkstoff ist beispielsweise ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff (Cu-Cr-Kontakt-Werkstoff), der für einen elektrischen Kontakt in einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre eingesetzt wird. Ein solcher Kontakt-Werkstoff wird beispielsweise pulvermetallurgisch durch Sintern hergestellt. Dazu wird beispielsweise eine Spark-Plasma-Sinter(SPS) - Anlage verwendet. Eine solche Sinter-Vorrichtung weist beispielsweise eine Sinter-Einheit zum Sintern von Sinter-Gut (Sinter-Körper) mit elektrisch leitfähigen und/oder nicht leitfähigen Pulver-Partikeln auf. Die Pulver-Partikel sind im Fall des Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoffs elektrisch leitfähige Pulver-Partikel aus Chrom und elektrisch leitfähige Pulver-Partikel aus Kupfer.

[0003] Das Sinter-Gut wird in einem Sinter-Behälter angeordnet. Zum Sintern wird unter Sinter-Druck (z.B. uniaxialer Press-Druck) thermische Sinter-Energie in das Sinter-Gut eingebracht. Während des Sinterns wird der Sinter-Druck auf das Sinter-Gut ausgeübt. Zusätzlich wird elektrischer Sinter-Strom durch den Sinter-Behälter und/oder durch das Sinter-Gut geleitet. Der Sinter-Behälter und/oder das Sinter-Gut wirken als Widerstands-Heizung. Damit wird Joule'scher Wärme homogen im Sinter-Gut verteilt und es werden sehr hohe Aufheizraten erzielt. Der Sinter-Vorgang findet relativ schnell statt. Durch das zusätzliche Einwirken des Sinter-Drucks resultiert zudem ein gesinterter Körper mit hoher Verdichtung.

[0004] Zum Ausüben des Sinter-Drucks auf das Sinter-Gut wird ein Press-Werkzeug mit Press-Stempel verwendet. Um während des Sinterns eine Deformation des Press-Stempels unter der mechanischen Belastung zu verhindern, wird der Press-Stempel gekühlt. Die Kühlung des Press-Stempels verursacht einen hohen thermischen Gradienten zwischen dem Sinter-Gut und dem Press-Stempel. In Folge davon kommt es während des Sinterns zu einer sehr großen Wärme-Abfuhr aus dem Sinter-Gut. Speziell bei Verwendung von Sinter-Gut mit elektrisch/thermisch gut leitenden Materialien sowie bei Verwendung von elektrisch/thermisch gut leitenden Materialien für die Sinter-Komponente, für den Sinter-Behälter und/oder für den Press-Stempel können hohe thermische Verluste während des Sinterns auftreten.

[0005] Um das Spark-Plasma-Sinter-Verfahren mit geringen thermischen Verlusten zu ermöglichen, wurde vorgeschlagen, Sinter-Behälter mit Behälter-Materialien mit mittelmäßigen elektrischen und thermischen Leitfähigkeiten zu verwenden. Damit kann der thermische Gra-

dient während des Sinterns begrenzt werden. Damit werden auch die thermischen Verluste während des Sinterns begrenzt. Allerdings sind damit einhergehende Prozess-Kosten nicht unerheblich. So müssen beispielsweise bei der Verwendung von geeigneten Materialien entsprechend hohe Sinter-Dauern einkalkuliert werden. Eine Reduzierung der Sinter-Dauer des Sinter-Prozesses ist limitiert.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Möglichkeit aufzuzeigen, wie die thermischen Verluste in einer eingangs beschriebenen Sinter-Vorrichtung begrenzt und die damit verbundenen Prozess-Kosten eingegrenzt werden können.

[0007] Zur Lösung der Aufgabe wird eine Sinter-Vorrichtung mit mindestens einer Sinter-Einheit zum Sintern von Sinter-Gut angegeben. Das Sinter-Gut weist Pulver-Partikel auf. Ausgestattet ist die Sinter-Einheit mit mindestens einem Sinter-Behälter zur Aufnahme des Sinter-Guts, mit mindestens einer Druck-Quelle zum Ausüben von Sinter-Druck auf das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut während des Sinterns, und mit mindestens einer Strom-Quelle zum Einleiten von elektrischem Sinter-Strom während des Sinterns in den Sinter-Behälter und/oder in das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut. Dabei ist zumindest eine Sinter-Komponente für das Ausüben des Sinter-Drucks und für das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms vorhanden. Die Druck-Quelle und/oder die Strom-Quelle und/oder die Sinter-Komponente sind dabei derart ausgestaltet und ansteuerbar, dass das Ausüben des Sinter-Drucks und das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms während des Sinterns voneinander entkoppelt durchgeführt werden können. Das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms während des Sinterns in den Sinter-Behälter und/oder das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms in das im Sinter-Behälter aufgenommene Sinter-Gut erfolgt unabhängig vom Ausüben des Sinter-Drucks.

[0008] Neben der Sinter-Vorrichtung wird ein Verfahren zum Herstellen eines elektrischen Kontakt-Werkstoffs unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung angegeben. Mit dem Verfahren wird ein Sinter-Werkstoff in Form eines elektrischen Kontakt-Werkstoffs hergestellt. Das Verfahren weist folgenden Verfahrensschritte auf: a) Anordnen von Sinter-Gut mit elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln im Sinter-Behälter und b) Sintern des im Sinter-Behälter angeordneten Sinter-Guts, wobei während des Sinterns mit Hilfe der Sinter-Komponente ein Ausüben des Sinter-Drucks auf das Sinter-Gut und ein Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms voneinander entkoppelt durchgeführt werden.

[0009] Weitere Aspekte der Erfindung sind ein auf diese Weise hergestellter elektrischer Kontakt-Werkstoff und dessen Verwendung für mindestens einen elektrischen Kontakt einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre. Der elektrische Kontakt-Werkstoff ist insbesondere ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff.

[0010] Die Sinter-Vorrichtung ist eine Spark-Plasma-Sinter-Anlage. In der Spark-Plasma-Sinter-Anlage

kann ein Sinter-Gut (Sinter-Körper) mit elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln gesintert werden. Während des Sinterns wird Strom durch das Sinter-Gut hindurchgeleitet. Die elektrisch leitfähigen Pulver-Partikel des Sinter-Guts sind vorzugsweise Pulver-Partikel mindestens eines Metalls oder Mischungen von Pulver-Partikeln verschiedener Metalle. Beispielsweise sind die Metalle Kupfer und Chrom und das Sinter-Gut weist Kupfer-Pulver-Partikel und Chrom-Pulver-Partikel auf. Der resultierende gesinterte Körper ist aus einem Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff.

[0011] Der Sinter-Behälter (Sinter-Form, Sinter-Kammer, Sinter-Matrize) zur Aufnahme des Sinter-Guts mit den Pulver-Partikeln dient einer Form-Gebung (Formung) des Sinter-Guts. Es wird ein Grünkörper mit den Pulver-Partikeln gebildet. Vorzugsweise findet dabei eine Vor-Verdichtung des Sinter-Guts statt. Der resultierende Grünkörper kann dabei eine relativ einfache Form aufweisen. Beispielsweise liegt der Grünkörper als Scheibe vor. Ein Grünkörper mit einer komplexen Geometrie ist aber auch denkbar.

[0012] Die grundlegende Idee der Erfindung ist es, während des Sinterns Sinter-Druck auf das Sinter-Gut und das Einleiten des Sinter-Stroms unabhängig voneinander durchzuführen. Der Sinter-Druck und der Sinter-Strom können unabhängig voneinander eingestellt werden. Durch das Entkoppeln der Sinter-Freiheits-Grade "Sinter-Strom" und "Sinter-Druck" resultiert eine flexible Sinter-Möglichkeit.

[0013] Während des Sinterns wird thermische Energie in das Sinter-Gut eingebracht. Mit Blick auf den einzubringenden Sinter-Strom wird vorzugsweise Sinter-Gut mit metallischen Pulver-Partikeln verwendet. Denkbar ist aber auch die Verwendung eines Sinter-Guts mit elektrisch nicht leitenden (elektrisch isolierenden) Pulver-Partikeln.

[0014] Im Hinblick auf den erwähnten Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff wird das Sintern vorzugsweise bei einer Temperatur durchgeführt, die aus dem Bereich von 100°C bis 1100°C und insbesondere aus dem Bereich von 200°C bis 1050°C ausgewählt ist. Das Sintern erfolgt bei einer Sinter-Temperatur unter der Schmelz-Temperatur von reinem Kupfer (1.085 °C).

[0015] Gemäß einer besonderen Ausgestaltung weist die Druck-Quelle mindestens ein Press-Werkzeug zum Ausüben des Sinter-Drucks auf die Sinter-Komponente auf. Über die Sinter-Komponente wird der Sinter-Druck auf das Sinter-Gut weitergeleitet. Vorzugsweise weist dazu das Press-Werkzeug mindestens einen Press-Stempel auf. Während des Sinterns wird mit Hilfe des auf den oder die Press-Stempel ausgeübten Drucks das im Sinter-Behälter angeordnete Sinter-Gut mit den Pulver-Partikeln zusammengepresst. Dabei wird beispielsweise ein Sinter-Druck (Press-Druck) auf das Sinter-Gut ausgeübt, der aus dem Bereich von 300 N/mm² - 800 N/mm² ausgewählt ist.

[0016] Insbesondere weist der Press-Stempel elektrisch isolierendes Material zum voneinander elektrisch

isolieren des Press-Stempels und der Pulver-Partikel des Sinter-Guts auf. Dies ist insbesondere bei Verwendung elektrisch leitfähiger Pulver-Partikel vorteilhaft. Dabei kann der Press-Stempel komplett aus dem elektrisch isolierenden Material bestehen. Denkbar ist auch, dass der Press-Stempel lediglich eine Isolations-Schicht mit dem elektrisch isolierenden Material aufweist. Der Press-Stempel oder die Isolations-Schicht des Press-Stempels ist beispielsweise aus einem thermisch leitfähigen aber elektrisch isolierenden Material wie Aluminiumoxid (Al₂O₃). Mit dem elektrisch isolierenden Material können das Ausüben des Sinter-Drucks auf das Sinter-Gut und das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms in das Sinter-Gut unabhängig voneinander erfolgen.

[0017] Während des Sinterns kann isostatischer Sinter-Druck auf das Sinter-Gut ausgeübt werden. Vorzugsweise wird aber uniaxialer Sinter-Druck während des Sinterns eingebracht. In einer besonderen Ausgestaltung ist daher der Sinter-Druck ein uniaxialer Press-Druck, der entlang einer Press-Achse auf das Sinter-Gut ausgeübt werden kann.

[0018] Zum Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms in das Sinter-Gut können elektrisch leitfähige Pulver-Partikel beliebig über die Sinter-Komponente elektrisch kontaktiert werden. In einer besonderen Ausgestaltung weist die Sinter-Komponente elektrisch leitfähiges Material auf und die Sinter-Komponente und die Strom-Quelle sind mit Hilfe mindestens einer elektrischen Kontaktierung derart elektrisch leitend miteinander verbunden, so dass der elektrische Sinter-Strom mittelbar über die Sinter-Komponente in das Sinter-Gut eingeleitet werden kann. Gleichzeitig wird dafür gesorgt, dass über mindestens einen weiteren elektrischen Kontakt (beispielsweise zu einer Behälter-Wandung aus elektrisch leitendem Material oder zu einer weiteren Sinter-Komponente aus elektrisch leitendem Material) der Sinter-Strom wieder abfließen kann. Dieser weitere elektrische Kontakt ist vom elektrischen Kontakt elektrisch isoliert. Durch die elektrische Isolierung ist sichergestellt, dass der elektrische Sinter-Strom durch das Sinter-Gut hindurch geleitet wird. Es resultiert während des Sinterns ein Strompfad durch das Sinter-Gut hindurch.

[0019] Grundsätzlich ist jede beliebige Form für den Sinter-Behälter denkbar. Vorzugsweise ist dabei der Sinter-Behälter zumindest teilweise als Hohl-Zylinder mit Stirn-Seite und mit Zylinder-Längs-Achse ausgestaltet. Die Stirn-Seite des Hohl-Zylinders weist dabei die Sinter-Komponente auf. Darüber hinaus sind die Press-Achse und die Zylinder-Längs-Achse derart aneinander angeordnet, dass der uniaxiale Press-Druck mittelbar über die Sinter-Komponente entlang der Zylinder-Längs-Achse auf das Sinter-Gut ausgeübt werden kann. Die Stirn-Seite des Hohl-Zylinders wird von der Sinter-Komponente begrenzt. Die Press-Achse und die Zylinder-Längs-Achse sind derart zueinander ausgerichtet, dass der uniaxiale Press-Druck entlang der Zylinder-Längs-Achse auf das Sinter-Gut ausgeübt werden kann. Die Zylinder-Längs-Achse und die Press-Achse fallen zusammen.

Das Sinter-Gut wird in den Hohl-Zylinder eingefüllt. Das eingefüllte Sinter-Gut wird verpresst durch Ausüben eines uniaxialen Press-Drucks entlang der Zylinder-Längs-Achse. Es findet ein Vor-Verpressen statt.

[0020] Nachfolgend wird gesintert. Dabei wird ebenfalls entlang der Zylinder-Längs-Achse uniaxialer Sinter-Druck (Press-Druck) auf das Sinter-Gut ausgeübt. Während des Sinterns wird elektrischer Sinter-Strom in den Sinter-Behälter oder in das Sinter-Gut mit elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln eingeleitet. Dies ist dabei während des gesamten Sinter-Prozesses gewährleistet. Dazu weist gemäß einer besonderen Ausgestaltung die elektrische Kontaktierung mindestens eine elastisch deformierbare Kontaktierung auf, so dass bei einer durch das Sintern induzierten Änderung einer Abmessung des Sinter-Guts die elektrische Kontaktierung und die Sinter-Komponente elektrisch kontaktiert bleiben. Eine durch das Sintern induzierte Änderung einer Abmessung des Sinter-Guts kann ausgeglichen werden. Während des Sinterns findet eine Verdichtung des Grünkörpers statt. Damit einhergehen Längenänderungen des Grünkörpers. Diese Längenänderungen werden mit Hilfe der elastisch deformierbaren elektrischen Kontaktierung überbrückt.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung sind die Sinter-Komponente und die elastische deformierbare Kontaktierung mittels Kraft-Schluss (Reib-Schluss) miteinander verbunden. Dazu ist beispielsweise die eine Oberfläche der Sinter-Komponente aufgeraut, so dass während des Sinterns die Sinter-Komponente und die elastische Kontaktierung derart verbunden bleiben, dass der elektrische Sinter-Strom an den Sinter-Behälter und/oder an das Sinter-Gut mit den elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln weitergeleitet werden kann. Denkbar ist aber auch, dass die elektrische Kontaktierung und die Sinter-Komponente bzw. eine Oberfläche der Sinter-Komponente durch einen Stoff-Schluss mit einander verbunden sind. Der Stoff-Schluss umfasst beispielsweise eine Löt- oder Schweiß-Verbindung.

[0022] Vorzugsweise weist die elastisch deformierbare Kontaktierung mindestens eine elektrische leitfähige Ummantelung (Umhüllung) der Sinter-Komponente auf. Die elektrisch leitfähige Ummantelung umschließt die Sinter-Komponente. Denkbar ist beispielsweise eine elektrisch leitfähige Ummantelung in Form eines Strumpfs aus elektrisch leitfähigem Fasern. Insbesondere weist die elektrisch leitfähige Ummantelung mindestens eine Manschette mit einer Vielzahl von (geeignet dimensionierten) Manschetten-Litzen auf. Durch die Manschette wird ein Nachsetzen des Press-Stempels berücksichtigt, dass durch das während des Sinterns stattfindende Verdichten des Sinter-Guts (Änderung der Abmessung des Sinter-Guts) hervorgerufene wird. Damit ist sichergestellt, dass die Manschette während des Sinterns nicht von der Sinter-Komponente abgestreift wird. Der elektrische Kontakt bleibt während des Sinter-Prozesses bestehen.

[0023] Die Manschette ist mit ausreichend dimensio-

nierten Litzen mit der Stromquelle verbunden, wodurch die Bewegung der Manschette während des Sinter-Prozesses nicht beeinträchtigt wird. Mit Hilfe der Manschette wird erreicht, dass Änderungen einer Abmessung des Sinter-Guts bzw. eines Grün-Körpers mit dem Sinter-Gut ausgeglichen werden. Durch den reibschlüssigen Kontakt zwischen der Manschette und dem Sinter-Behälter ist gewährleistet, dass die Manschette während des Sinterns nicht abgestreift werden kann.

[0024] Die Sinter-Vorrichtung kann eine einzige Sinter-Einheit aufweisen. Denkbar ist insbesondere, dass die Sinter-Vorrichtung eine Vielzahl von Sinter-Einheiten aufweist. Die Sinter-Einheiten sind dabei derart angeordnet, dass mehrere Sinter-Chargen (Grünkörper) in mehreren Sinter-Behältern parallel (also gleichzeitig) oder seriell (also zeitlich nacheinander) gesintert werden können. Dabei können die Sinter-Einheiten gemeinsame Sinter-Bestandzeile (z.B. eine Wärme-Quelle zum Einbringen von thermischer Energie) aufweisen.

[0025] Mit Hilfe der Sinter-Vorrichtung bzw. mit Hilfe des Verfahrens können verschiedenste Bauteile aus verschiedensten Werkstoffen bzw. aus verschiedenen Kontakt-Werkstoffen hergestellt werden. Insbesondere ist mit dem Verfahren als elektrischer Kontakt-Werkstoff ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff zugänglich. Dabei ist ein Gewichts-Anteil des Chroms an dem Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff aus dem Bereich von 10 Gew.% bis 80 Gew.% und insbesondere aus dem Bereich von 20 Gew.% bis 60 Gew.% gewählt. Vorzugsweise liegt der Gewichts-Anteil des Chroms unter 50 Gew.%. Ein Gewichts-Anteil des Kupfers ist entsprechend aus dem Bereich von 90 Gew.% bis 20 Gew.% und insbesondere aus dem Bereich von 80 Gew.% bis 40 Gew.% ausgewählt. Der Gewichts-Anteil des Kupfers liegt vorzugsweise über 50 Gew.%, beispielsweise zwischen 55 Gew.% bis 75 Gew.%. Ein Anteil an Verunreinigungen im Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff ist dabei möglichst gering. Beispielsweise liegen Verunreinigungen im elektrischen Kontakt-Werkstoff und/oder in den verschiedenen Phasen mit einem Gewichts-Anteil von unter 1 Gew.% und vorzugsweise von unter 0,1 Gew.% vor.

[0026] Zusammenfassend ergeben sich mit der Erfindung folgende besonderen Vorteile:

- Durch die Trennung (Entkopplung) des Ausübens des Sinter-Drucks auf das Sinter-Gut und des Einlebens des elektrischen Sinter-Stroms in das Sinter-Gut resultiert eine im Vergleich zum Stand der Technik flexiblere Spark-Plasma-Sinter-Anlage.
- Mit der Entkopplung können für das Sintern verwendete Press-Stempel aus einem Material hergestellt werden, das keine Restriktionen hinsichtlich der elektrischen Leitfähigkeit aufweist. Damit kann zum Beispiel eine mit dem Einleiten des Sinter-Stroms verbundene Verlust-Leistung deutlich reduziert werden. Gleichzeitig kann während des Sinterns ein im Vergleich zum Stand der Technik wesentlich homo-

generes Temperatur-Feld innerhalb eines Sinter-Aufbaus aus Sinter-Behälter und Sinter-Gut erreicht werden.

- Durch die Erzielung von homogenen Temperatur-Feldern können größere Sinter-Formen (z.B. Höhe der Sinter-Form, mehrere über einander angeordnete Sinter-Einheiten und/oder mehrere über einander angeordnete Bestandteile der Sinter-Einheiten) verwendet werden.
- Sinter-Werkstoffe, z.B. Kontakt-Werkstoffe für Mittelspannungs-Anwendungen, sind kostengünstig zugänglich.

[0027] Anhand eines Ausführungsbeispiels und der dazugehörigen Figuren wird die Erfindung näher beschrieben. Die Figuren sind schematisch und stellen keine maßstabsgetreuen Abbildungen dar.

Figur 1 zeigt einen Ausschnitt einer Sinter-Vorrichtung.

Figur 2 zeigt ein Verfahren zum Sintern von Sinter-Gut unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung.

Figur 3 zeigt einen Ausschnitt einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre mit elektrischem Kontakt.

[0028] Die Sinter-Vorrichtung 1 ist zur Herstellung eines Bauteils in Form eines elektrischen Kontakts 2001 einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre 2000 geeignet. Der elektrische Kontakt 2001 weist den elektrischen Kontakt-Werkstoff 2002 auf. Der elektrische Kontakt-Werkstoff 2002 ist ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff. Der Gewichtsanteil von Kupfer beträgt 50 Gew.% und der Gewichtsanteil von Chrom 50 Gew.%. Alternativ betragen der Gewichtsanteil von Kupfer 55 Gew.% und der des Chroms 45 Gew.%.

[0029] Die Sinter-Vorrichtung 1 weist eine oder mehrere Sinter-Einheiten 10 zum Sintern 1002 von Sinter-Gut 2 auf. Für die Herstellung des Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoffs bilden metallische Chrom-Partikel und metallische Kupfer-Partikel die elektrisch leitfähigen Pulver-Partikel 20 des Sinter-Guts 2.

[0030] Die Sinter-Einheit 10 umfasst einen Sinter-Behälter 11 zur Aufnahme des Sinter-Guts 2, eine Druck-Quelle 3 zum Ausüben von Sinter-Druck 30 auf das im Sinter-Behälter 11 aufgenommene Sinter-Gut 2 mit den elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln 20 während des Sinterns 1002 und eine elektrische Strom-Quelle 4 zum Einleiten von elektrischem Sinter-Strom 40 in das im Sinter-Behälter 11 aufgenommene Sinter-Gut 2 mit den elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln 20 während des Sinterns 1002. Zudem sind zwei Sinter-Komponenten 5 für das Ausüben des Sinter-Drucks 30 und für das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms 40 vorhanden. Die

Sinter-Komponenten 5 bestehen aus elektrisch leitfähigem Material 51.

[0031] Die Druck-Quelle 3, die Strom-Quelle 4 und die Sinter-Komponente 5 sind derart angeordnet und ansteuerbar, dass das Ausüben des Sinter-Drucks 30 und das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms 40 während des Sinterns 1002 voneinander entkoppelt durchgeführt werden können. Das Ausüben des Sinter-Drucks 30 und das Einleiten des Sinter-Stroms 40 können unabhängig voneinander durchgeführt werden.

[0032] Die Druck-Quelle 3 umfasst ein Press-Werkzeug 31 zum Ausüben des Sinter-Drucks 30 auf das im Sinter-Behälter 11 angeordnete Sinter-Gut 2. Das Press-Werkzeug 31 weist einen Press-Stempel 32 auf. Der Press-Stempel 32 umfasst elektrisch isolierendes Material 320 zum elektrischen voneinander Isolieren des Press-Stempels 32 und der elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln 20 des Sinter-Guts 2.

[0033] Mit Hilfe des Press-Werkzeugs 31 mit dem Press-Stempel 32 wird während des Sinterns 1002 entlang der Press-Achse 302 ein uniaxialer Sinter-Druck 301 auf das Sinter-Gut 2 ausgeübt. Der Press-Stempel 32 zum Ausüben des Sinter-Drucks 30 besteht aus thermischen isolierendem Material 330 wie elektrischen Isolator (z.B. Al_2O_3).

[0034] Der Sinter-Behälter 11 ist zumindest teilweise als Hohl-Zylinder 12 mit Stirn-Seiten 120 und mit Zylinder-Längs-Achse 121 ausgestaltet. Die Stirn-Seiten 120 des Hohl-Zylinders 12 weisen die Sinter-Komponenten 5 auf. Die Stirnseiten 120 werden von den Sinter-Komponenten 5 gebildet. Dabei sind die Press-Achse 302 und die Zylinder-Längs-Achse 121 sind derart aneinander angeordnet, dass der uniaxiale Press-Druck 301 mittelbar über die Sinter-Komponenten 5 entlang der Zylinder-Längs-Achse 121 auf das Sinter-Gut 2 ausgeübt werden kann. Die Press-Achse 302 und die Zylinder-Längs-Achse 121 fallen zusammen.

[0035] Die Sinter-Komponenten 5 sind als jeweils als Voll-Zylinder aus elektrisch leitfähigem Material 51 ausgebildet. Die Sinter-Komponenten 5 und die Strom-Quelle 4 sind mit Hilfe von elektrischen Kontaktierungen 41 elektrisch leitend miteinander verbunden, so dass der elektrische Sinter-Strom 40 mittelbar über eine der Sinter-Komponenten 5 während des Sinterns 1002 in das Sinter-Gut 2 eingeleitet und über die weitere Sinter-Komponente 5 aus dem Sinter-Gut 2 wieder abgeleitet werden kann.

[0036] Die elektrischen Kontaktierungen 41 weisen elastisch deformierbaren elektrischen Kontaktierungen 410 auf. Die elastisch deformierbaren elektrischen Kontaktierungen 410 werden von elektrisch leitfähigen Ummantelungen 411 der Sinter-Komponenten 5 gebildet. Die Ummantelungen 411 weisen wiederum Manschetten 4110 mit einer Vielzahl von geeignet dimensionierten Manschetten-Litzen 4111 aus elektrisch leitendem Material auf.

[0037] Mit Hilfe der Manschetten 4110 ist sichergestellt, dass eine durch das Sintern induzierte Änderung

einer Abmessung 21 des Sinter-Guts 2 ausgeglichen werden kann. Bei der durch das Sintern induzierten Änderung der Abmessung 21 des Sinter-Guts 2 bleiben die elektrische Kontaktierungen 41 und die Sinter-Komponenten 5 elektrisch kontaktiert. Dazu sind die Sinter-Komponenten 5 und die elektrischen Kontaktierungen 41 mittels Kraft-Schluss bzw. Reib-Schluss 412 miteinander verbunden.

[0038] Gemäß dem Verfahren 1000 zum Herstellen eines elektrischen Kontaktwerk-Stoffs 2002 unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung 1 werden folgende Verfahrensschritte durchgeführt: a) Anordnen 1001 des Sinter-Guts 2 mit den elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln 20 im Sinter-Behälter 10 und b) Sintern 1002 des im Sinter-Behälter 10 angeordneten Sinter-Guts 2, wobei während des Sinterns 1002 mit Hilfe der Sinter-Komponenten 5 ein Ausüben des Sinter-Drucks 30 auf das Sinter-Gut 2 und ein Einleiten des elektrischer Sinter-Stroms 40 in das Sinter-Gut 2 voneinander entkoppelt durchgeführt werden.

[0039] Es wird ein Spark-Plasma-Sinter-Verfahren durchgeführt, bei dem das Ausüben des Sinter-Drucks 30 auf das Sinter-Gut 2 und das Einleiten des Sinter-Stroms 40 in das Sinter-Gut 2 unabhängig voneinander erfolgen.

[0040] Gemäß einer nicht dargestellten Ausführungsform verfügt die Sinter-Vorrichtung 1 über eine Vielzahl der beschriebenen Sinter-Einheiten 10. Damit kann eine Vielzahl der Kontakt-Werkstoffe parallel hergestellt werden.

Patentansprüche

1. Sinter-Vorrichtung (1) mit mindestens einer Sinter-Einheit (10) zum Sintern (1002) von Sinter-Gut (2), das Pulver-Partikel (20) aufweist, mit

- mindestens einem Sinter-Behälter (11) zur Aufnahme des Sinter-Guts (2),
- mindestens einer Druck-Quelle (3) zum Ausüben von Sinter-Druck (30) auf das im Sinter-Behälter (11) aufgenommene Sinter-Gut (2) während des Sinterns (1002) und
- mindestens einer Strom-Quelle (4) zum Einleiten von elektrischem Sinter-Strom (40) während des Sinterns (1002) in den Sinter-Behälter (11) und/oder in das im Sinter-Behälter (11) aufgenommene Sinter-Gut (2), wobei
- zumindest eine Sinter-Komponente (5) für das Ausüben des Sinter-Drucks (30) und für das Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms (40) vorhanden ist und
- die Druck-Quelle (3) und/oder die Strom-Quelle (4) und/oder die Sinter-Komponente (5) derart ausgestaltet und ansteuerbar sind, dass das Ausüben des Sinter-Drucks (30) und das Einleiten des elektrischen Sinter-

Stroms (40) während des Sinterns (1002) voneinander entkoppelt durchgeführt werden können.

2. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Druck-Quelle (3) mindestens ein Press-Werkzeug (31) zum Ausüben des Sinter-Drucks (30) auf die Sinter-Komponente (5) aufweist.
3. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei das Press-Werkzeug (31) mindestens einen Press-Stempel (32) aufweist.
4. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Press-Stempel (32) elektrisch isolierendes Material (320) zum voneinander elektrisch Isolieren des Press-Stempels (32) und der Pulver-Partikel (20) des Sinter-Guts (2) aufweist.
5. Sinter-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei der Sinter-Druck (30) ein uniaxialer Press-Druck (301) ist, der entlang einer Press-Achse (302) auf das Sinter-Gut (2) ausgeübt werden kann.
6. Sinter-Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei - die Sinter-Komponente (5) elektrisch leitfähiges Material (51) aufweist und

- die Sinter-Komponente (5) und die Strom-Quelle (4) mit Hilfe mindestens einer elektrischen Kontaktierung (41) derart elektrisch leitend miteinander verbunden sind, dass der elektrische Sinter-Strom (40) mittelbar über die Sinter-Komponente (5) in das Sinter-Gut (2) eingeleitet werden kann.

7. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, wobei
 - der Sinter-Behälter (11) zumindest teilweise als Hohl-Zylinder (12) mit Stirn-Seite (120) und mit Zylinder-Längs-Achse (121) ausgestaltet ist,
 - die Stirn-Seite (120) des Hohl-Zylinders (12) die Sinter-Komponente (5) aufweist und
 - die Press-Achse (322) und die Zylinder-Längs-Achse (121) derart aneinander angeordnet sind, dass der uniaxiale Press-Druck (301) mittelbar über die Sinter-Komponente (5) entlang der Zylinder-Längs-Achse (121) auf das Sinter-Gut (2) ausgeübt werden kann.
8. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, wobei die elektrische Kontaktierung (41) mindestens eine elastisch deformierbare Kontaktierung (410) aufweist, so dass bei einer durch das Sintern induzierten Änderung einer Abmessung (21) des Sinter-Guts (2) die elektrische Kontaktierung (41) und die

Sinter-Komponente (5) elektrisch kontaktiert bleiben.

9. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 8,
wobei die Sinter-Komponente (5) und die elastisch deformierbare Kontaktierung (410) mittels Kraftschluss (412) miteinander verbunden sind. 5
10. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 9,
wobei die elastisch deformierbare Kontaktierung (410) mindestens eine elektrische leitfähige Ummantelung (411) der Sinter-Komponente (5) aufweist. 10
11. Sinter-Vorrichtung nach Anspruch 10,
wobei die elektrisch leitfähige Ummantelung (411) mindestens eine Manschette (4110) mit einer Vielzahl von Manschetten-Litzen (4111) aufweist. 15
12. Sinter-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 mit einer Vielzahl von Sinter-Einheiten (10). 20
13. Verfahren (1000) zum Herstellen eines elektrischen Kontaktwerk-Stoffs (2002) unter Verwendung der Sinter-Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 mit folgenden Verfahrensschritten: 25
 - a) Anordnen (1001) von Sinter-Gut (2) mit elektrisch leitfähigen Pulver-Partikeln (20) im Sinter-Behälter (10) und 30
 - b) Sintern (1002) des im Sinter-Behälter (10) angeordneten Sinter-Guts (2), wobei während des Sinterns (1002) mit Hilfe der Sinter-Komponente (5) ein Ausüben des Sinter-Drucks (30) auf das Sinter-Gut (2) und ein Einleiten des elektrischen Sinter-Stroms (40) voneinander entkoppelt durchgeführt werden. 35
14. Elektrischer Kontakt-Werkstoff, wobei der elektrische Kontakt-Werkstoff (2002) nach einem Verfahren gemäß Anspruch 13 hergestellt wird. 40
15. Elektrischer Kontakt-Werkstoff nach Anspruch 14, wobei der elektrische Kontakt-Werkstoff (2002) ein Kupfer-Chrom-Kontakt-Werkstoff ist. 45
16. Verwendung des elektrischen Kontakt-Werkstoffs nach Anspruch 13 oder 14 für mindestens einen elektrischen Kontakt (2001) einer Mittelspannungs-Vakuum-Schaltröhre (2000). 50

55

FIG 1

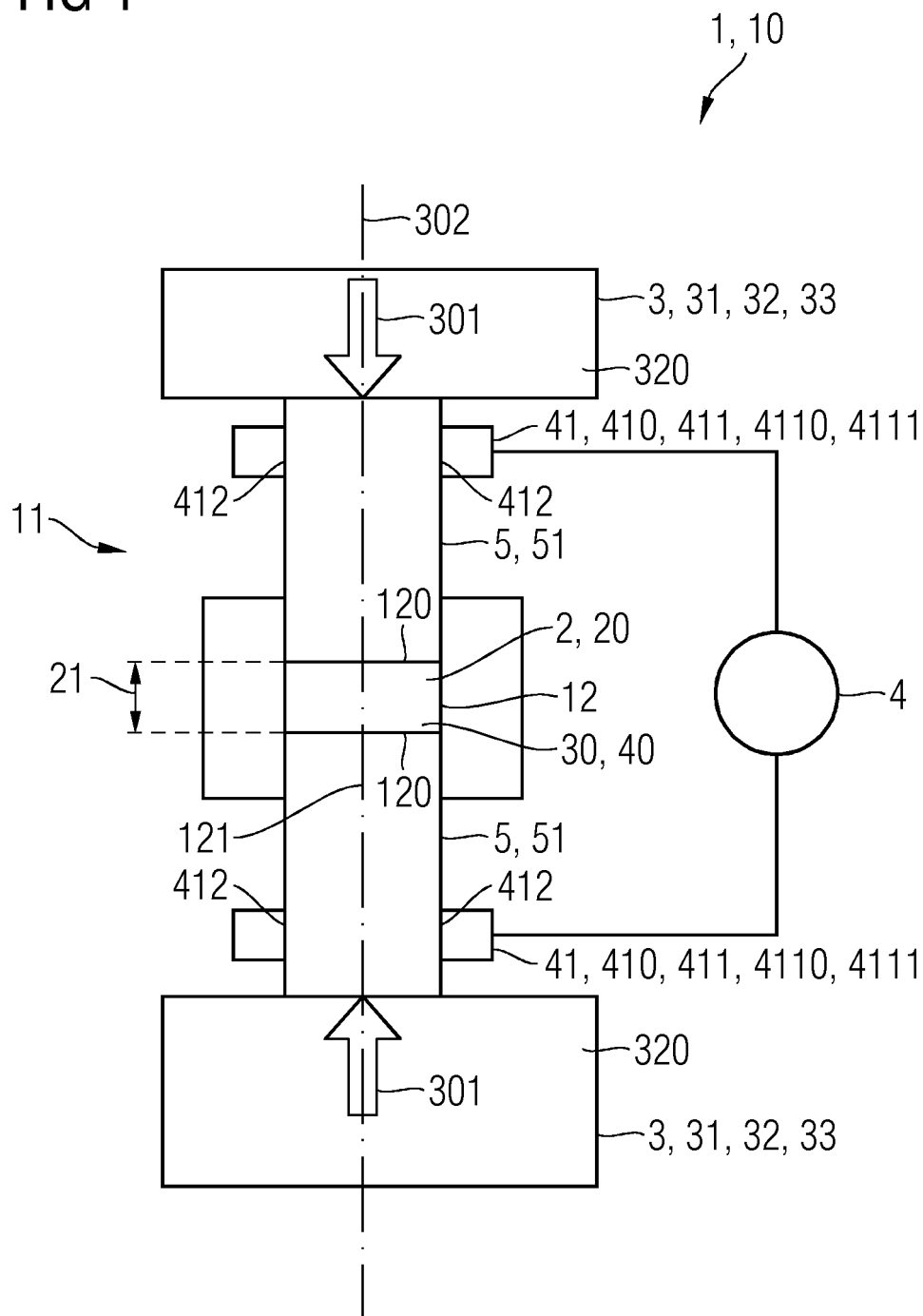


FIG 2

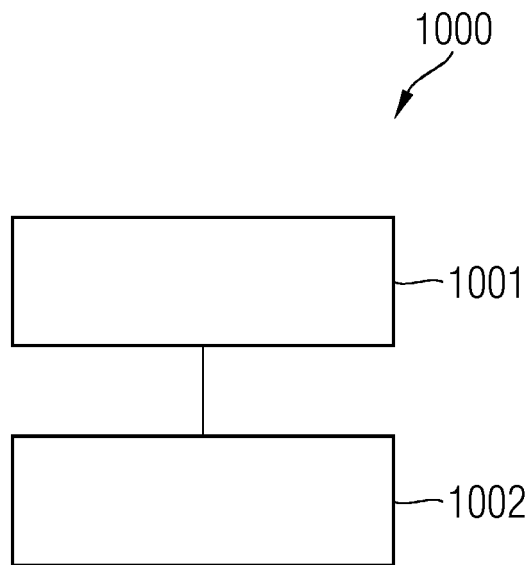
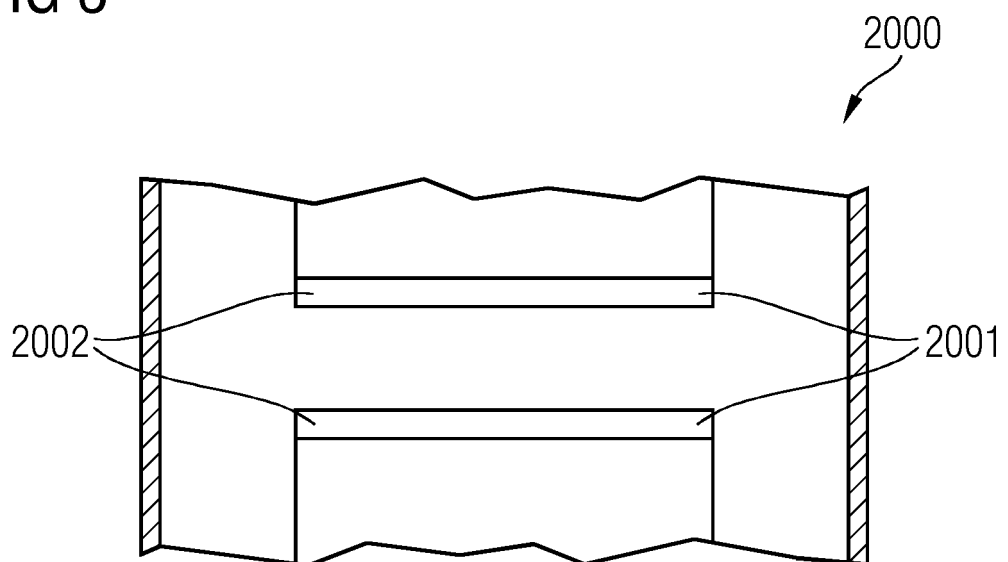


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 16 0068

5

10

15

20

25

30

35

40

45

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 198 993 A1 (EPOS S R L [IT]) 23. Juni 2010 (2010-06-23) * Anspruch 1 * * Absätze [0018] - [0022], [0027], [0029] * * Abbildungen 1, 2 *	1-6, 8-11,13 7,12	INV. B22F3/03 B22F3/105 B22F3/14 C22C1/04 C22C9/00 H01H1/02 H01H33/664
Y	-----		
X	EP 3 208 015 A1 (FUNDACIÓN TECNALIA RES & INNOVATION [ES]; UNIV SEVILLA [ES]) 23. August 2017 (2017-08-23) * Absätze [0033] - [0039] * * Abbildungen 1-2 *	1-6,13	
X	US 5 794 113 A (MUNIR ZUHAIR ABDUL RAZZAK [US] ET AL) 11. August 1998 (1998-08-11) * Abbildungen 1-2 * * Spalte 5, Zeilen 40-60 *	1-6,13	
X	DIMOS PARASKEVAS ET AL: "Spark Plasma Sintering As a Solid-State Recycling Technique: The Case of Aluminum Alloy Scrap Consolidation", MATERIALS, Bd. 7, Nr. 8, 6. August 2014 (2014-08-06), Seiten 5664-5687, XP055598065, DOI: 10.3390/ma7085664 * Seite 5671; Abbildung 3 *	1-6,13	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B22F C22C H01H
X	WO 2014/202389 A1 (SIEMENS AG [DE]) 24. Dezember 2014 (2014-12-24) * Anspruch 1 * * Seite 20, Zeilen 22-34 *	14-16	
Y	WO 2019/002777 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 3. Januar 2019 (2019-01-03) * Anspruch 1 * * Abbildungen 1-2 *	7,12	
	----- -/-		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 20. Juni 2019	Prüfer Traon, Nicolas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 16 0068

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	WO 2018/083325 A1 (UNIV PIERRE ET MARIE CURIE PARIS 6 [FR]) 11. Mai 2018 (2018-05-11) * Anspruch 1 * * Abbildungen 1-2 * -----	7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 20. Juni 2019	Prüfer Traon, Nicolas
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 16 0068

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-06-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2198993 A1	23-06-2010	CN 102325615 A	18-01-2012
		EP 2198993 A1	23-06-2010
		US 2011316202 A1	29-12-2011
		WO 2010070623 A2	24-06-2010
EP 3208015 A1	23-08-2017	CN 107096919 A	29-08-2017
		EP 3208015 A1	23-08-2017
		US 2017259336 A1	14-09-2017
US 5794113 A	11-08-1998	KEINE	
WO 2014202389 A1	24-12-2014	EP 2992541 A1	09-03-2016
		US 2016133402 A1	12-05-2016
		WO 2014202389 A1	24-12-2014
WO 2019002777 A1	03-01-2019	FR 3068272 A1	04-01-2019
		WO 2019002777 A1	03-01-2019
WO 2018083325 A1	11-05-2018	CA 3042996 A1	11-05-2018
		FR 3058340 A1	11-05-2018
		WO 2018083325 A1	11-05-2018

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82