

(19)



(11)

EP 2 849 185 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
18.03.2015 Patentblatt 2015/12

(51) Int Cl.:
H01B 1/02 (2006.01) H01H 33/59 (2006.01)
H05H 1/36 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14002972.9**

(22) Anmeldetag: **28.08.2014**

(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

(71) Anmelder: **Airbus Defence and Space GmbH**
85521 Ottobrunn (DE)

(72) Erfinder:
• **Steinwandel, Jürgen**
88690 Uhltingen-Mühlhofen (DE)
• **Jonke, Dietrich P.**
82024 Taufkirchen (DE)
• **Piringer, Helmut**
85598 Baldham (DE)

(30) Priorität: **11.09.2013 DE 102013014915**

(54) **Kontaktwerkstoffe für Hochspannungs- Gleichstrombordsysteme**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kontaktelement für Hochspannungs-Gleichstromschalter, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Kontaktelements sowie die Verwendung des Kontaktelements in einem Hochspannungs-Gleichstromschalter.

EP 2 849 185 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kontaktelement für Hochspannungs-Gleichstromschalter, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Kontaktelements sowie die Verwendung des Kontaktelements in einem Hochspannungs-Gleichstromschalter.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Kontaktelemente und Verbindungsstellen für Hochspannungs-Gleichstromkreise (100 - 1000 V) sind potentielle Schwachstellen bzgl. Plasmaüberschlägen. Aufgrund der Ausbildung stationärer elektrischer Felder ist eine Plasmaausbildung bei Gleichströmen kritischer im Vergleich zu den alternierenden Wechselstromfeldern, die eine Plasmaausbildung erschweren. Plasmaüberschläge sollten vermieden werden, da diese ein erhebliches Sicherheitsrisiko darstellen und eine Ursache von Kurzschlüssen sein können, mit der Gefahr eines Totalausfalls des elektrischen Systems und ggf. eines Brandschadens. Dieses gilt unabhängig von der jeweiligen Gleichstromquelle (Batterien, Brennstoffzellen oder Wechselstrom-Gleichrichtung).

[0003] Derzeit eingesetzte Kontaktelemente bzw. Verbindungsstellen sind vorwiegend aus Wechselstromkreisen bekannt. Die bekannten Kontaktmaterialien sind z.B. Silber/Zinnoxid, welche sich für die Verwendung bei Strömen bis 50A eignen. Hochstromschalter auf der anderen Seite sind Plasmaschalter, wie diese z.B. in Kraftwerken zum Einsatz kommen. Für Hochspannungs-Gleichstromschalter werden üblicherweise elektronische Schaltelemente verwendet. Es ist jedoch in solchen Kreisen erforderlich zusätzlich mechanische oder plasmabasierte Schalter mit kompletter galvanischer Abtrennung einzusetzen.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Kontaktelement bzw. eine Verbindungsstelle zur Verfügung zu stellen, das/die in einem Hochspannungs-Gleichstromschalter verwendet werden kann und im Vergleich zu herkömmlichen Kontaktelementen bzw. Verbindungsstellen eine geringere Ausbildung von Plasmaüberschlägen erzielt wird, die zu einem geringeren Sicherheitsrisiko führt. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Kontaktelements für Hochspannungs-Gleichstromschalter zur Verfügung zu stellen. Insbesondere soll dieses Verfahren einen niedrigen Fertigungsaufwand aufweisen.

[0005] Diese Aufgaben werden durch die in den Ansprüchen definierten Gegenstände gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand von Unteransprüchen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0006] Ein erster Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist dementsprechend ein Kontaktelement für Hoch-

spannungs-Gleichstromschalter, das Kontaktelement umfassend

- a) eine Matrix aus einem ersten Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel, Gold und Legierungen von diesen, und
- b) eine in der Matrix verteilte Fremdphase aus einem zweiten Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen,

wobei das Kontaktelement eine Porosität von ≤ 1.0 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, aufweist.

[0007] Das erfindungsgemäße Kontaktelement ist zur Verwendung in einem Hochspannungs-Gleichstromschalter geeignet. Ein weiterer Vorteil ist, dass das Kontaktelement eine stark reduzierte Neigung zur Ausbildung von Plasmaüberschlägen bzw. keine Plasmaüberschläge aufweist und so ein geringes Sicherheitsrisiko bietet.

[0008] Beispielsweise umfasst das Kontaktelement die Matrix in einer Menge von 75.0 bis 99.9 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, und/oder das Kontaktelement umfasst die Fremdphase in einer Menge von 0.1 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements.

[0009] Beispielsweise ist die Fremdphase homogen in der Matrix verteilt.

[0010] Beispielsweise umfasst die in der Matrix verteilte Fremdphase Nanopartikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 100.0 bis 1000.0 nm, bevorzugt in einem Bereich von 100.0 bis 750.0 nm und weiter bevorzugt in einem Bereich von 100.0 bis 500.0 nm.

[0011] Beispielsweise weist das Kontaktelement eine Porosität von ≤ 0.5 Vol.-% und bevorzugt ≤ 0.1 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, auf.

[0012] Beispielsweise ist das Kontaktelement ein thermisch gespritztes Kontaktelement.

[0013] Beispielsweise weist das Kontaktelement eine Schichtdicke zwischen 100.0 μm und 5.0 mm, bevorzugt zwischen 200.0 μm und 3.0 mm, weiter bevorzugt zwischen 250.0 μm und 2.0 mm und insbesondere zwischen 300.0 μm und 1.0 mm auf.

[0014] Die vorliegende Erfindung stellt ferner ein Verfahren zur Herstellung eines Kontaktelements für Hochspannungs-Gleichstromschalter, das Verfahren umfassend

- a) Bereitstellen eines ersten Materials ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel, Gold und Legierungen von diesen,
- b) Bereitstellen eines zweiten Materials ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff,

Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen,

c) Inkontaktbringen des ersten Materials aus Schritt a) mit dem zweiten Material aus Schritt b) zur Herstellung einer Vorlegierung umfassend das erste Material und das zweite Material, und
d) Thermisches Spritzen der in Schritt c) erhaltenen Vorlegierung zur Herstellung des Kontaktelements umfassend eine Matrix aus dem ersten Material und eine in der Matrix verteilte Fremdphase aus dem zweiten Material.

[0015] Beispielsweise umfasst das erste Material in Schritt a) Partikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 5.0 bis 100.0 μm , bevorzugt in einem Bereich von 5.0 bis 50.0 μm und weiter bevorzugt in einem Bereich von 5.0 bis 25.0 μm und/oder das zweite Material in Schritt b) umfasst Nanopartikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 100.0 bis 1000.0 nm, bevorzugt in einem Bereich von 100.0 bis 750.0 nm und weiter bevorzugt in einem Bereich von 100.0 bis 500.0 nm.

[0016] Beispielsweise ist das zweite Material Kohlenstoff und ist ausgewählt aus der Gruppe umfassend Fullerene, Kohlenstoff-Nanotubes, Graphen, Graphit und Gemische von diesen.

[0017] Beispielsweise wird das erste Material in einer Menge von 75.0 bis 99.9 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, bereitgestellt und/oder das zweite Material in einer Menge von 0.1 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, bereitgestellt.

[0018] Beispielsweise erfolgt das Inkontaktbringen in Schritt c) durch Vermahlen des ersten Materials mit dem zweiten Material.

[0019] Beispielsweise erfolgt das thermische Spritzen in Schritt d) durch Kaltgasspritzen oder Plasmaspritzen oder Flamspritzen.

[0020] Ebenso betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung des Kontaktelements in einem Hochspannungs-Gleichstromschalter. Beispielsweise in einem elektrischen Leistungsantrieb, bevorzugt in einem Luftfahrzeug.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0021] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Kontaktelement für Hochspannungs-Gleichstromschalter, das Kontaktelement umfassend

a) eine Matrix aus einem ersten Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel, Gold und Legierungen von diesen, und
b) eine in der Matrix verteilte Fremdphase aus einem zweiten Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen,

wobei das Kontaktelement eine Porosität von ≤ 1.0 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, aufweist.

[0022] Ein Erfordernis der vorliegenden Erfindung ist demnach, dass das Kontaktelement eine Matrix aus einem ersten Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel, Gold und Legierungen von diesen umfasst.

[0023] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst, vorzugsweise besteht, das erste Material aus Molybdän oder Kupfer.

[0024] In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das erste Material Silber oder Gold oder Palladium. Beispielsweise umfasst das erste Material Silber oder Gold, vorzugsweise Silber.

[0025] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht das erste Material aus Silber oder Gold oder Palladium. Beispielsweise besteht das erste Material aus Silber oder Gold, vorzugsweise Silber. Eine Matrix aus einem ersten Material umfassend, vorzugsweise bestehend aus, Silber hat insbesondere den Vorteil, dass ein Kontaktelement umfassend eine solche Matrix eine hohe elektrische Leitfähigkeit aufweist.

[0026] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das erste Material eine Legierung, wobei das Basismetall ausgewählt ist aus einem der oben genannten Elemente. Dementsprechend umfasst die Legierung vorzugsweise ein erstes Element ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel und Gold als Basismetall. Weiterhin umfasst die Legierung mindestens ein zweites Element oder eine zweite Verbindung ausgewählt aus der Gruppe umfassend Palladium, Wolfram, Wolframcarbid, Carbid, Nickel, Nickelcarbid, Ruthenium, Iridium, SilberKupfer, SilberNickel, Cobalt, Kupfer, Kohlenstoff, Silber und Gemische von diesen. Hierbei ist festzuhalten, dass sich das erste Element chemisch von dem zweiten Element oder der zweiten Verbindung unterscheidet. Beispielsweise, ist das erste Element der Legierung, d.h. das Basismetall, Silber, ist das zweite Element oder die zweite Verbindung der Legierung ausgewählt aus der Gruppe umfassend Palladium, Wolfram, Wolframcarbid, Carbid, Nickel, Nickelcarbid, Ruthenium, Iridium, SilberKupfer, SilberNickel, Cobalt, Kupfer, Kohlenstoff und Gemische von diesen.

[0027] Ist das zweite Element der Legierung Kohlenstoff, ist der Kohlenstoff vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe umfassend Fullerene, Kohlenstoff-Nanotubes, Graphen, Graphit und Gemische von diesen.

[0028] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Matrix eine Legierung wie beispielsweise Ag-Pd, Ag-Cd, AgC, Ag-WC, Ag-WC-C, Ag-Ni, Ag-NiC, AgCu, Ag-W, Au-Ni, Au-Co, AuAg, AuAgCu, AuAgNi, Pd-Ag, PdCu, PdRu, PtIr, PtRu, PtW, W-Cu, Cu-W, Cu-Ag etc.

[0029] Umfasst das erste Material eine Legierung, umfasst die Legierung das erste Element vorzugsweise in

einer Menge von 50.0 bis 97.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung. Beispielsweise umfasst die Legierung das erste Element in einer Menge von 60.0 bis 95.0 Gew.-% oder in einer Menge von 70.0 bis 90.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung. Zusätzlich oder alternativ umfasst die Legierung das zweite Element oder die zweite Verbindung in einer Menge von 3.0 bis 50.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung. Beispielsweise umfasst die Legierung das zweite Element oder die zweite Verbindung in einer Menge von 5.0 bis 40.0 Gew.-% oder in einer Menge von 10.0 bis 30.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung.

[0030] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Matrix eine Legierung wie beispielsweise AgNi10, AgNi15, AgNi40, AgCu3, AgCu10, AgCu20, AgCu28, AgPd30, AgPd50, PdCu15 oder PdCu40.

[0031] Die Menge der Matrix in dem Kontaktelement kann in einem weiten Bereich variieren.

[0032] Insbesondere umfasst das Kontaktelement die Matrix in einer Menge von 75.0 bis 99.9 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements. Beispielsweise umfasst das Kontaktelement die Matrix in einer Menge von 75.0 bis 90.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Kontaktelement die Matrix in einer Menge von 80.0 bis 90.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements.

[0033] Zusätzlich oder alternativ, umfasst das Kontaktelement die Fremdphase in einer Menge von 0.1 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements. Beispielsweise umfasst das Kontaktelement die Fremdphase in einer Menge von 10.0 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Kontaktelement die Fremdphase in einer Menge von 10.0 bis 20.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements.

[0034] Beispielsweise umfasst das Kontaktelement die Matrix in einer Menge von 75.0 bis 99.9 Gew.-% und die Fremdphase in einer Menge von 0.1 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements. Beispielsweise umfasst das Kontaktelement die Matrix in einer Menge von 75.0 bis 90.0 Gew.-% und die Fremdphase in einer Menge von 10.0 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das Kontaktelement die Matrix in einer Menge von 80.0 bis 90.0 Gew.-% und die Fremdphase in einer Menge von 10.0 bis 20.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements.

[0035] In einer Ausführungsform besteht das Kontaktelement aus der Matrix in einer Menge von 75.0 bis 99.9 Gew.-% und der Fremdphase in einer Menge von 0.1 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements. Beispielsweise besteht das Kontaktelement

aus der Matrix in einer Menge von 75.0 bis 90.0 Gew.-% und der Fremdphase in einer Menge von 10.0 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht das Kontaktelement aus der Matrix in einer Menge von 80.0 bis 90.0 Gew.-% und der Fremdphase in einer Menge von 10.0 bis 20.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements.

[0036] Ein weiteres Erfordernis der vorliegenden Erfindung ist, dass das Kontaktelement eine in der Matrix verteilte Fremdphase aufweist. Dabei umfasst die Fremdphase ein zweites Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen. Vorzugsweise besteht die Fremdphase aus einem zweiten Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen. Die Verwendung von Nickel als zweites Material hat den Vorteil, dass das erhaltene Kontaktelement eine gute Lichtbogenlöseigenschaft aufweist. Die Verwendung von Kohlenstoff und/oder Zinn(II)-oxid als zweites Material hat den Vorteil, dass das erhaltene Kontaktelement einen hohen Abbrandschutz aufweist und so eine gleichmäßige Abnutzung der Kontakte gewährleistet ist.

[0037] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das zweite Material Kohlenstoff oder Zinn(II)-oxid. Beispielsweise umfasst das zweite Material Zinn(II)-oxid.

[0038] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht das zweite Material aus Kohlenstoff oder Zinn(II)-oxid. Beispielsweise besteht das zweite Material aus Zinn(II)-oxid.

[0039] Ist das zweite Material Kohlenstoff, ist der Kohlenstoff vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe umfassend Fullerene, Kohlenstoff-Nanotubes, Graphen, Graphit und Gemische von diesen.

[0040] Hierbei ist festzuhalten, dass sich das zweite Material chemisch von dem ersten Material unterscheidet. Beispielsweise, ist das erste Material Wolfram, ist das zweite Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Nickel und Gemische von diesen.

[0041] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das erste Material des Kontaktelements Silber und das zweite Material ist ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen. Beispielsweise umfasst das erste Material des Kontaktelements Silber und das zweite Material umfasst Kohlenstoff oder Zinn(II)-oxid, vorzugsweise Zinn(II)-oxid. Vorzugsweise besteht das erste Material des Kontaktelements aus Silber und das zweite Material besteht aus Kohlenstoff oder Zinn(II)-oxid, vorzugsweise Zinn(II)-oxid.

[0042] Für das Kontaktelement ist es besonders vorteilhaft, wenn die Fremdphase homogen in der Matrix verteilt ist.

[0043] Beispielsweise umfasst die in der Matrix verteilte Fremdphase Nanopartikel.

[0044] Unter "Nanopartikel" sind gemäß der vorliegenden Erfindung Partikel mit Teilchengrößen im Nanometer- bis Mikrometerbereich zu verstehen. In einer Ausführungsform umfasst die in der Matrix verteilte Fremdphase Nanopartikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 100.0 bis 1000.0 nm. Beispielsweise umfasst die in der Matrix verteilte Fremdphase Nanopartikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 100.0 bis 750.0 nm oder in einem Bereich von 100.0 bis 500.0 nm. Die Verwendung von Nanopartikeln hat den Vorteil, dass dies zu einer homogenen Verteilung der Fremdphase in der Matrix beiträgt.

[0045] Gemäß der vorliegenden Erfindung weist das Kontaktelement eine Porosität von ≤ 1.0 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, auf. Eine geringe Porosität ist vorteilhaft, da dies zur Verringerung oder Vermeidung einer Lichtbogenbildung führt und das erhaltene Kontaktelement einen hohen Abbrandschutz aufweist und so ein geringeres Sicherheitsrisiko bietet. Des Weiteren kann durch Aufmahlen von Graphit auf den Matrixwerkstoff eine gleichmäßige Verteilung des Graphits in der Matrix erzielt werden.

[0046] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist das Kontaktelement eine Porosität von ≤ 0.5 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, auf. Beispielsweise weist das Kontaktelement eine Porosität von ≤ 0.1 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, auf.

[0047] Eine Porosität von ≤ 1.0 Vol.-%, bevorzugt ≤ 0.5 Vol.-% und weiter bevorzugt ≤ 0.1 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, in dem Kontaktelement wird vorzugsweise erhalten, in dem dieses in einem thermischen Spritzverfahren hergestellt wird. Demnach ist das erfinderische Kontaktelement vorzugsweise ein thermisch gespritztes Kontaktelement.

[0048] Die Schichtdicke des Kontaktelements liegt in für diese Elemente typischen Bereichen. Beispielsweise weist das Kontaktelement eine Schichtdicke zwischen 100.0 μm und 5.0 mm auf. In einer weiteren Ausführungsform weist das Kontaktelement eine Schichtdicke zwischen 200.0 μm und 3.0 mm, weiter bevorzugt zwischen 250.0 μm und 2.0 mm und insbesondere zwischen 300.0 μm und 1.0 mm auf.

[0049] Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung eines Kontaktelements für Hochspannungs-Gleichstromschalter. Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Kontaktelements für Hochspannungs-Gleichstromschalter wie vorstehend beschrieben, umfasst mindestens die Schritte:

- a) Bereitstellen eines ersten Materials ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel, Gold und Legierungen von diesen,
- b) Bereitstellen eines zweiten Materials ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff,

Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen,

c) Inkontaktbringen des ersten Materials aus Schritt a) mit dem zweiten Material aus Schritt b) zur Herstellung einer Vorlegierung umfassend das erste Material und das zweite Material, und
d) Thermisches Spritzen der in Schritt c) erhaltenen Vorlegierung zur Herstellung des Kontaktelements umfassend eine Matrix aus dem ersten Material und eine in der Matrix verteilte Fremdphase aus dem zweiten Material.

[0050] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht das Verfahren zur Herstellung eines Kontaktelements für Hochspannungs-Gleichstromschalter aus den Schritten:

- a) Bereitstellen eines ersten Materials ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel, Gold und Legierungen von diesen,
- b) Bereitstellen eines zweiten Materials ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen,
- c) Inkontaktbringen des ersten Materials aus Schritt a) mit dem zweiten Material aus Schritt b) zur Herstellung einer Vorlegierung umfassend das erste Material und das zweite Material, und
d) Thermisches Spritzen der in Schritt c) erhaltenen Vorlegierung zur Herstellung des Kontaktelements umfassend eine Matrix aus dem ersten Material und eine in der Matrix verteilte Fremdphase aus dem zweiten Material.

[0051] Dieses Verfahren bietet im Vergleich zu den bisher üblichen schmelzmetallurgischen und pulvermetallurgischen Verfahren den Vorteil, dass eine aufwendige Herstellung von Vorprodukten, wie z.B. Sinterblöcken, und deren aufwendige Weiterverarbeitung durch Walzen, Ziehen und/oder Strangpressen entfallen. Des Weiteren kann das Kontaktelement direkt auf dem verwendeten Träger aufgespritzt werden, so dass das Auflöten des Kontaktelements auf dem entsprechenden Träger bzw. das Stanzen und Prägen zur Herstellung von Einzelteilen entfällt. Das vorliegende Verfahren weist daher nur einen geringen Fertigungsaufwand auf. Weiterhin ist ein Vorteil von gespritzten Kontaktelementen im Vergleich zu stranggepressten Kontaktelementen, dass Zwischenglüh Schritte entfallen, um die Kaltverfestigungen, die durch hohe Verformungs- und Reckgrade entstehen, wieder aufzulösen, damit das Material wieder "fließfähig" wird. Beim Spritzverfahren entfallen diese Schritte, da das Kontaktelement generativ Lage für Lage aufgebaut wird und dies nicht durch Umformschritte mit Werkzeugen erfolgt.

[0052] In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst Schritt a) das Bereitstellen eines

ersten Materials wie oben beschrieben.

[0053] Ein Erfordernis der vorliegenden Erfindung ist demnach, dass ein erstes Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel, Gold und Legierungen von diesen bereitgestellt wird.

[0054] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst, vorzugsweise besteht, das erste Material aus Molybdän oder Kupfer.

[0055] In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das erste Material Silber oder Gold oder Palladium. Beispielsweise umfasst das erste Material Silber oder Gold, vorzugsweise Silber.

[0056] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht das erste Material aus Silber oder Gold oder Palladium. Beispielsweise besteht das erste Material aus Silber oder Gold, vorzugsweise Silber.

[0057] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das erste Material eine Legierung, wobei das Basismetall ausgewählt ist aus einem der oben genannten Elemente. Dementsprechend umfasst die Legierung vorzugsweise ein erstes Element ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel und Gold als Basismetall. Weiterhin umfasst die Legierung mindestens ein zweites Element oder eine zweite Verbindung ausgewählt aus der Gruppe umfassend Palladium, Wolfram, Wolframcarbid, Carbid, Nickel, Cobalt, Kupfer, Kohlenstoff, Silber und Gemische von diesen. Hierbei ist festzuhalten, dass sich das erste Element chemisch von dem zweiten Element oder der zweiten Verbindung unterscheidet. Beispielsweise, ist das erste Element der Legierung, d.h. das Basismetall, Silber, ist das zweite Element oder die zweite Verbindung der Legierung ausgewählt aus der Gruppe umfassend Palladium, Wolfram, Wolframcarbid, Carbid, Nickel, Nickelcarbid, Ruthenium, Iridium, Silberkupfer, Silbernickel, Cobalt, Kupfer, Kohlenstoff und Gemische von diesen.

[0058] Ist das zweite Element der Legierung Kohlenstoff, ist der Kohlenstoff vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe umfassend Fullerene, Kohlenstoff-Nanotubes, Graphen, Graphit und Gemische von diesen.

[0059] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Legierung beispielsweise Ag-Pd, Ag-Cd, Ag-C, Ag-WC, Ag-WC-C, Ag-Ni, AgNiC, AgCu, Ag-W, Au-Ni, Au-Co, AuAg, AuAgCu, AuAgNi, Pd-Ag, PdCu, PdRu, PtIr, PtRu, PtW, W-Cu, Cu-W, Cu-Ag etc.

[0060] Umfasst das erste Material eine Legierung, umfasst die Legierung das erste Element vorzugsweise in einer Menge von 50.0 bis 97.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung. Beispielsweise umfasst die Legierung das erste Element in einer Menge von 60.0 bis 95.0 Gew.-% oder in einer Menge von 70.0 bis 90.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung. Zusätzlich oder alternativ umfasst die Legierung das zweite Element oder die zweite Verbindung in einer Menge von 3.0 bis 50.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung. Beispielsweise umfasst die

Legierung das zweite Element oder die zweite Verbindung in einer Menge von 5.0 bis 40.0 Gew.-% oder in einer Menge von 10.0 bis 30.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Legierung.

[0061] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst die Matrix eine Legierung wie beispielsweise AgNi10, AgNi15, AgNi40, AgCu3, AgCu10, AgCu20, AgCu28, AgPd30, AgPd50, PdCu15 oder PdCu40.

[0062] Zusätzlich oder alternativ, weist das erste Material eine bestimmte Partikelgröße auf. Gemäß dieser Ausführungsform umfasst das erste Material in Schritt a) Partikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 5.0 bis 100.0 μm . Beispielsweise umfasst das erste Material in Schritt a) Partikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 5.0 bis 50.0 μm oder von 5.0 bis 25.0 μm .

[0063] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht das erste Material in Schritt a) aus Partikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 5.0 bis 100.0 μm . Beispielsweise besteht das erste Material in Schritt a) aus Partikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 5.0 bis 50.0 μm oder von 5.0 bis 25.0 μm .

[0064] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das erste Material als Pulver bereitgestellt.

[0065] Das erste Material wird vorzugsweise in einer Menge von 75.0 bis 99.9 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, bereitgestellt. Beispielsweise wird das erste Material in einer Menge von 75.0 bis 90.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, bereitgestellt. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das erste Material in einer Menge von 80.0 bis 90.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, bereitgestellt.

[0066] Ein Erfordernis gemäß Schritt b) des erfindnerischen Verfahrens ist ferner, dass ein zweites Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen bereitgestellt wird.

[0067] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst das zweite Material Kohlenstoff oder Zinn(II)-oxid. Beispielsweise umfasst das zweite Material der Fremdphase Zinn(II)-oxid.

[0068] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung besteht das zweite Material aus Kohlenstoff oder Zinn(II)-oxid. Beispielsweise besteht das zweite Material aus Zinn(II)-oxid.

[0069] Ist das zweite Material Kohlenstoff, ist der Kohlenstoff vorzugsweise ausgewählt aus der Gruppe umfassend Fullerene, Kohlenstoff-Nanotubes, Graphen, Graphit und Gemische von diesen.

[0070] Zusätzlich oder alternativ, weist das zweite Material eine bestimmte Partikelgröße auf. Gemäß dieser Ausführungsform umfasst das zweite Material in Schritt b) Nanopartikel. Beispielsweise umfasst das zweite Material in Schritt b) Partikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 100.0 bis 1000.0 nm. Beispielsweise

umfasst das zweite Material in Schritt b) Partikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 100.0 bis 750.0 nm oder von 100.0 bis 500.0 nm.

[0071] Es ist festzuhalten, dass sich das zweite Material chemisch von dem ersten Material unterscheidet. Beispielsweise, wird Wolfram als erstes Material bereitgestellt, wird als zweites Material ein Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Nickel und Gemische von diesen bereitgestellt.

[0072] Zusätzlich oder alternativ, wird das zweite Material in einer Menge von 0.1 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, bereitgestellt. Beispielsweise wird das zweite Material in einer Menge von 10.0 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements bereitgestellt. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das zweite Material in einer Menge von 10.0 bis 20.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, bereitgestellt.

[0073] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das zweite Material als Pulver bereitgestellt. Vorzugsweise wird das erste Material und das zweite Material als Pulver bereitgestellt.

[0074] Wie bereits oben erwähnt, ist es besonders vorteilhaft, wenn die Fremdphase aus dem zweiten Material, vorzugsweise homogen, in der Matrix, d.h. dem ersten Material, verteilt ist. Dies wird insbesondere dadurch erzielt, dass das erste Material mit dem zweiten Material zur Herstellung einer Vorlegierung umfassend das erste Material und das zweite Material, vorzugsweise bestehend aus dem ersten Material und dem zweiten Material, in Kontakt gebracht wird.

[0075] Eine Verteilung, vorzugsweise eine homogene Verteilung, der Fremdphase, d.h. dem zweiten Material, in der Matrix, d.h. dem ersten Material, wird vorzugsweise dadurch erzielt, dass das Inkontaktbringen des ersten Materials mit dem zweiten Material in Schritt c) durch Vermahlen des ersten Materials mit dem zweiten Material erfolgt.

[0076] Verfahren zum Vermahlen von Materialien sind im Stand der Technik bekannt. Beispielsweise kann das Vermahlen des ersten Materials mit dem zweiten Material in einer dafür geeigneten Mühle, wie z.B. Attritormühle, Kugelmühle etc., erfolgen. Mit Hilfe dieses Schrittes kann das zweite Material auf die Partikel des ersten Materials aufgerieben werden und so zu einer homogenen Verteilung Fremdphase in der Matrix führen. Dies geschieht üblicherweise bei Temperaturen von vorzugsweise nicht mehr als 100 °C für vorzugsweise weniger als 10 Minuten. Beispielsweise erfolgt dies bei Raumtemperatur, d.h. ca. 18 bis 24 °C, für vorzugsweise weniger als 10 Minuten.

[0077] Alternativ kann das Inkontaktbringen des ersten Materials mit dem zweiten Material in Schritt c) durch chemische Anbindung des zweiten Materials an das erste Material über übliche Hilfsstoffe erfolgen. Solche sogenannten "Cladding-Verfahren" sind im Stand der Tech-

nik bekannt.

[0078] Das Inkontaktbringen des ersten Materials mit dem zweiten Material in Schritt c) dient insbesondere zur Herstellung einer Vorlegierung umfassend das erste Material und das zweite Material, vorzugsweise bestehend aus dem ersten Material und dem zweiten Material. Dabei ist festzuhalten, dass die in diesem Schritt erhaltene Vorlegierung eine vorzugsweise homogene Verteilung des zweiten Materials in dem ersten Material aufweist.

[0079] Gemäß Schritt d) der vorliegenden Erfindung wird die Vorlegierung zur Herstellung des Kontaktelements thermisch gespritzt. Beispielsweise erfolgt das thermische Spritzen durch Kaltgasspritzen oder Plasmaspritzen oder Flammsspritzen.

[0080] Beispielsweise erfolgt das thermische Spritzen in Schritt d) durch Flammsspritzen. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erfolgt das Flammsspritzen durch Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzen. Flammsspritzverfahren und Hochgeschwindigkeits-Flammsspritzverfahren sind im Stand der Technik bekannt. Insbesondere geschieht dies bei Temperaturen von vorzugsweise mehr als 800 °C. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, ist die Prozesstemperatur $\geq$ der Schmelztemperatur des zu verarbeitenden Pulverwerkstoffes.

[0081] Alternativ erfolgt das thermische Spritzen in Schritt d) durch Plasmaspritzen. Plasmaspritzverfahren sind im Stand der Technik bekannt. Insbesondere geschieht dies im Normal- oder Niederdruckbereich. Das thermische Spritzen im Niederdruckbereich hat den Vorteil, dass eine homogenere Verteilung der Fremdphase, d.h. des zweiten Materials, in der Matrix, d.h. dem ersten Material, erzielt werden kann. Wird das Plasmaspritzverfahren im Niederdruckbereich ausgeführt, erfolgt dies vorzugsweise in einem Bereich von 0.01 bis 1 bar. Das Plasma wird vorzugsweise dadurch erzeugt, dass durch einen innerhalb des Plasmabrenners kontinuierlich brennenden Lichtbogen ein Prozessgas geführt wird. Als Prozessgas wird vorzugsweise ein Gas ausgewählt aus der Gruppe umfassend Argon, Stickstoff, Helium, Wasserstoff oder Gemische von diesen eingesetzt. Beispielsweise wird als Prozessgas eine Mischung aus Argon und Helium und optional Stickstoff verwendet. Alternativ wird als Prozessgas eine Mischung aus Argon und Wasserstoff und optional Stickstoff verwendet. Das Plasmaspritzverfahren erfolgt bei Temperaturen von vorzugsweise mehr als 800 °C.

[0082] Alternativ erfolgt das thermische Spritzen in Schritt d) durch Kaltgasspritzen. Kaltgasspritzverfahren sind im Stand der Technik bekannt. Dabei wird ein Schutzgas auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt und die Vorlegierung umfassend das erste Material und das zweite Material in den Gasstrahl injiziert. Dies führt dazu, dass die in den Gasstrahl injizierte Vorlegierung auf eine so hohe Geschwindigkeit beschleunigt wird, dass ein vorangehendes An- oder Aufschmelzen der Vorlegierung nicht erforderlich ist. Als Schutzgas wird vorzugsweise ein Gas ausgewählt aus der Gruppe um-

fassend Stickstoff, Helium, Druckluft oder Gemische von diesen eingesetzt. Beispielsweise wird als Schutzgas Druckluft verwendet. Die Verwendung von Druckluft erfolgt vorzugsweise in einem Druckbereich von 30 bis 70 bar, beispielsweise in einem Druckbereich von 30 bis 60 bar. Alternativ wird als Schutzgas eine Mischung aus Stickstoff und Helium verwendet. Das Kaltgasspritzen bietet mehrere Vorteile. Zum einen werden Kontaktelemente mit einer sehr geringen Porosität erhalten, vorzugsweise mit einer Porosität von ≤ 0.5 Vol.-% und weiter bevorzugt ≤ 0.1 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements. Zum anderen weisen die so hergestellten Kontaktelemente eine sehr dichte Schicht mit einer hohen Härte auf, mit denen zusätzlich eine hohe Haftung auf Trägerwerkstoffen erzielt werden kann. Des Weiteren wird durch das Kaltgasspritzen eine Oxidation des ersten und/oder zweiten Materials in der Vorlegierung vermieden. Ein weiterer Vorteil des Kaltgasspritzens ist, dass ein Kontaktelement mit einem graduellen Anteil des zweiten Materials in dem ersten Material hergestellt werden kann.

[0083] Aufgrund der Vorteile, die das erfindungsgemäße Kontaktelement bietet, betrifft die vorliegende Erfindung auch die Verwendung des Kontaktelements in einem Hochspannungs-Gleichstromschalter. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird das Kontaktelement in einem elektrischen Leistungsantrieb verwendet. Beispielsweise wird das Kontaktelement in einem elektrischen Leistungsantrieb eines Luftfahrzeugs verwendet. Wie vorstehend ausgeführt kann durch das erfindungsgemäße Kontaktelement die Ausbildung von Plasmaüberschlägen stark reduziert werden bzw. das erfindungsgemäße Kontaktelement weist keine Plasmaüberschläge auf. Dadurch wird das Sicherheitsrisiko bei Verwendung des Kontaktelements reduziert.

Beispiele

[0084] Ein Kontaktelement umfassend eine Matrix aus Silber und eine in der Matrix verteilte Fremdphase aus Zinn(II)-oxid wurde wie nachfolgend erläutert hergestellt.

[0085] 80 Vol.-% Silberpulver und 20 Vol.-% Zinn(II)-oxidpulver, bezogen auf das Gesamtvolumen der Mischung, wurden trocken durch Vermahlen gemischt. Die Mischung wurde mit Hilfe einer Kaltgasspritzanlage mit 40 bar und Stickstoff als Prozessgas auf ein Kontaktträgerband aus Kupfer aufgespritzt. Das Kupferträgerband wurde vor dem Aufspritzen der Silber/Zinn(II)-oxid-Mischung zunächst geschliffen und dann gebürstet. Das Aufspritzen der Silber/Zinn(II)-oxid-Mischung als Kontaktelement erfolgte zur homogenen Verteilung der Fremdphase, d.h. Zinn(II)-oxid, in der Silbermatrix unter Vakuum. Das erhaltene Kontaktelement wurde anschließend ausgestanzt oder geprägt.

[0086] Die visuelle Überprüfung des Kontaktelementes mittels Schliiffbildanalyse ergab, dass das Kontaktelement eine Porosität von ≤ 1.0 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, aufwies; siehe

auch Fig. 1. Die Partikel der Fremdphase haben einen Durchmesser von 5-35 μm . Ferner wurde für das Kontaktelement eine Haftung von ca. 80 MPa auf dem Trägerband ermittelt, so dass eine sehr hohe Haftung auf dem Trägerwerkstoff gegeben ist. Die Haftung wurde mittels der AQL-Methode (statistische Kontrolle) gemäß Din 50014 bestimmt.

10 Patentansprüche

1. Kontaktelement für Hochspannungs-Gleichstromschalter, das Kontaktelement umfassend

- 15 a) eine Matrix aus einem ersten Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel, Gold und Legierungen von diesen, und
20 b) eine in der Matrix verteilte Fremdphase aus einem zweiten Material ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen,

25 wobei das Kontaktelement eine Porosität von ≤ 1.0 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, aufweist.

30 2. Das Kontaktelement gemäß Anspruch 1, wobei das Kontaktelement die Matrix in einer Menge von 75.0 bis 99.9 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, umfasst und/oder das Kontaktelement die Fremdphase in einer Menge von 0.1 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, umfasst.

35 3. Das Kontaktelement gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Fremdphase homogen in der Matrix verteilt ist.

40 4. Das Kontaktelement gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei die in der Matrix verteilte Fremdphase Nanopartikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 100.0 bis 1000.0 nm, bevorzugt in einem Bereich von 100.0 bis 750.0 nm und weiter bevorzugt in einem Bereich von 100.0 bis 500.0 nm umfasst.

45 5. Das Kontaktelement gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Kontaktelement eine Porosität von ≤ 0.5 Vol.-% und bevorzugt ≤ 0.1 Vol.-%, bezogen auf das Gesamtvolumen des Kontaktelements, aufweist.

50 6. Das Kontaktelement gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Kontaktelement ein thermisch gespritztes Kontaktelement ist.

7. Das Kontaktelement gemäß einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Kontaktelement eine Schichtdicke zwischen 100.0 μm und 5.0 mm, bevorzugt zwischen 200.0 μm und 3.0 mm, weiter bevorzugt zwischen 250.0 μm und 2.0 mm und insbesondere zwischen 300.0 μm und 1.0 mm aufweist. 5
8. Verfahren zur Herstellung eines Kontaktelements für Hochspannungs-Gleichstromschalter, das Verfahren umfassend 10
- a) Bereitstellen eines ersten Materials ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kupfer, Silber, Palladium, Platin, Wolfram, Molybdän, Rhenium, Nickel, Gold und Legierungen von diesen, 15
- b) Bereitstellen eines zweiten Materials ausgewählt aus der Gruppe umfassend Kohlenstoff, Zinn(II)-oxid, Zinn(IV)-oxid, Zink(II)-oxid, Wolfram, Nickel und Gemische von diesen, 20
- c) Inkontaktbringen des ersten Materials aus Schritt a) mit dem zweiten Material aus Schritt b) zur Herstellung einer Vorlegierung umfassend das erste Material und das zweite Material, und 25
- d) Thermisches Spritzen der in Schritt c) erhaltenen Vorlegierung zur Herstellung des Kontaktelements umfassend eine Matrix aus dem ersten Material und eine in der Matrix verteilte Fremdphase aus dem zweiten Material. 30
9. Verfahren gemäß Anspruch 8, wobei das erste Material in Schritt a) Partikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 5.0 bis 100.0 μm , bevorzugt in einem Bereich von 5.0 bis 50.0 μm und weiter bevorzugt in einem Bereich von 5.0 bis 25.0 μm umfasst und/oder das zweite Material in Schritt b) Nanopartikel mit einem Durchmesser in einem Bereich von 100.0 bis 1000.0 nm, bevorzugt in einem Bereich von 100.0 bis 750.0 nm und weiter bevorzugt in einem Bereich von 100.0 bis 500.0 nm umfasst. 35 40
10. Verfahren gemäß Anspruch 8 oder 9, wobei das zweite Material Kohlenstoff ist und ausgewählt ist aus der Gruppe umfassend Fullerene, Kohlenstoff-Nanotubes, Graphen, Graphit und Gemische von diesen. 45
11. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 10, wobei das erste Material in einer Menge von 75.0 bis 99.9 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, bereitgestellt wird und/oder das zweite Material in einer Menge von 0.1 bis 25.0 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht des Kontaktelements, bereitgestellt wird. 50 55
12. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 11, wobei das Inkontaktbringen in Schritt c) durch Vermahlen des ersten Materials mit dem zweiten Material erfolgt.
13. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 12, wobei das thermische Spritzen in Schritt d) durch Kaltgasspritzen oder Plasmaspritzen oder Flamspritzen erfolgt.
14. Verwendung eines Kontaktelements gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 in einem Hochspannungs-Gleichstromschalter.
15. Verwendung gemäß Anspruch 14 in einem elektrischen Leistungsantrieb, bevorzugt in einem Luftfahrzeug.

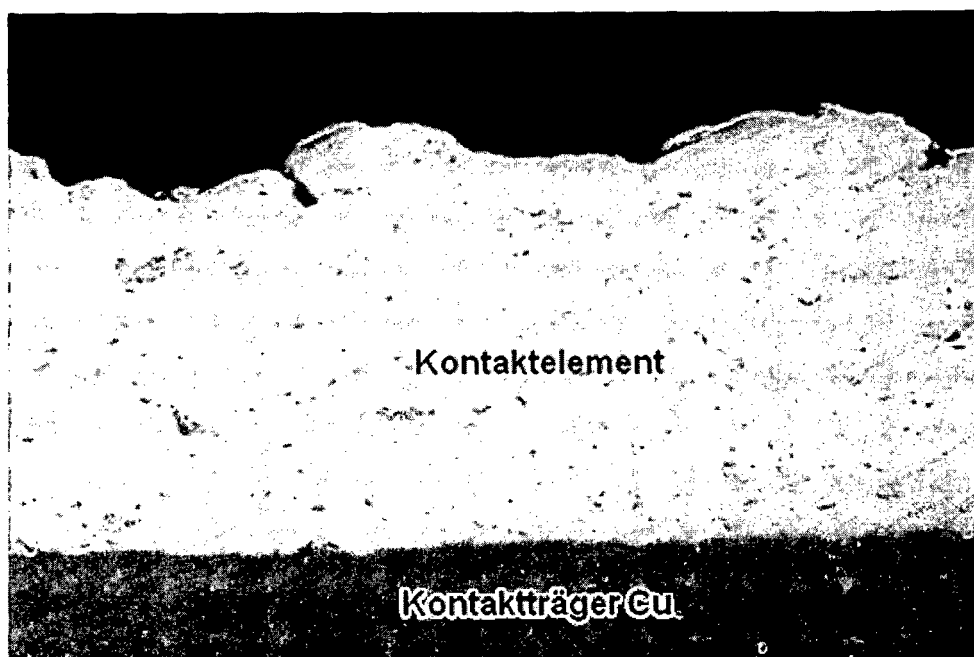


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 00 2972

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	LU WANG ET AL: "A New Silver-Based Graded Composite as Electrical Contact Material", KEY ENGINEERING MATERIALS, Bd. 336-338, 1. Januar 2007 (2007-01-01), Seiten 2616-2618, XP055165744, DOI: 10.4028/www.scientific.net/KEM.336-338.2616	1-9, 11-15	INV. H01B1/02 H01H33/59 H05H1/36
A	* Abbildung 1 * * das ganze Dokument *	10	
X	F.L. MIGUEL ET AL: "Electroless deposition of a Ag matrix on semiconducting one-dimensional nanostructures", THIN SOLID FILMS, Bd. 536, 2. April 2013 (2013-04-02), Seiten 54-56, XP055165650, ISSN: 0040-6090, DOI: 10.1016/j.tsf.2013.03.054	1-9, 11-15	
A	* Absätze [02.1], [02.2], [03.2], [0004] * * das ganze Dokument *	10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) H01B H01H H05H
A	US 4 452 651 A (SHIBATA AKIRA [JP]) 5. Juni 1984 (1984-06-05) * Beispiele 1-5 *	1-15	
A	GB 2 123 033 A (CHUGAI ELECTRIC IND CO LTD) 25. Januar 1984 (1984-01-25) * Anspruch 1 *	1-15	
A	US 4 131 458 A (SATO MITSUNORI ET AL) 26. Dezember 1978 (1978-12-26) * Anspruch 1 * * Beispiel 1 * * das ganze Dokument *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 29. Januar 2015	Prüfer Ziegler, Jan
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 : mündliche 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			

1

50

55

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 14 00 2972

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

29-01-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4452651 A	05-06-1984	JP H0135914 B2	27-07-1989
		JP S5920445 A	02-02-1984
		US 4452651 A	05-06-1984

GB 2123033 A	25-01-1984	CA 1236318 A1	10-05-1988
		DE 3324181 A1	12-01-1984
		FR 2530066 A1	13-01-1984
		GB 2123033 A	25-01-1984
		US 4452652 A	05-06-1984

US 4131458 A	26-12-1978	JP S5351128 A	10-05-1978
		JP S5517093 B2	09-05-1980
		US 4131458 A	26-12-1978

EPO FORM P0461

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