

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
27. Januar 2022 (27.01.2022)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2022/016204 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

F16C 33/12 (2006.01) *C23C 14/35* (2006.01)
C23C 14/02 (2006.01) *C23C 28/02* (2006.01)
C23C 14/04 (2006.01) *C23C 30/00* (2006.01)
C23C 14/16 (2006.01) *C22C 21/00* (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01)

(74) **Anwalt: ANWÄLTE BURGER UND PARTNER RECHTSANWALT GMBH**; Rosenauerweg 16, 4580 Windischgarsten (AT).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT2021/060255

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Juli 2021 (20.07.2021)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
A50629/2020 21. Juli 2020 (21.07.2020) AT

(71) **Anmelder: MIBA GLEITLAGER AUSTRIA GMBH** [AT/AT]; Dr. Mitterbauer-Straße 3, 4663 Laakirchen (AT).

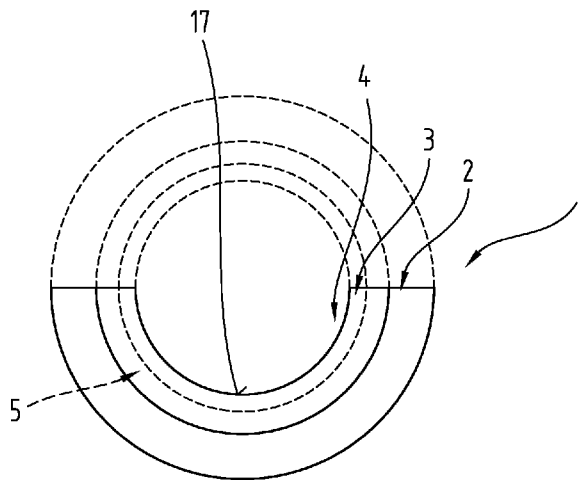
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,

(72) **Erfinder: HELD, Christoph**; Looh 83, 4861 Aurach am Hongar (AT).

(54) **Title:** METHOD FOR PRODUCING A MULTI-LAYERED SLIDING BEARING ELEMENT

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES MEHRSCHICHTIGEN GLEITLAGERELEMENTES

Fig.1



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for producing a multi-layered sliding bearing element (1), comprising the steps of providing a substrate (12) having a carrier layer (2), depositing a running layer (3) on the substrate (12) by means of high-power impulse magnetron sputtering.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines mehrschichtigen Gleitlagerelementes (1) umfassend die Schritte Bereitstellen eines Substrates (12) umfassend eine Trägerschicht (2), Abscheiden einer Laufschicht (3) auf dem Substrat (12) mittels Hochleistungsimpulsmagnetronsputtern.



WO 2022/016204 A2

LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES MEHRSCHICHTIGEN GLEITLAGERELEMENTES

5 Die Erfindung betrifft Verfahren zur Herstellung eines mehrschichtigen Gleitlagerelementes umfassend die Schritte: Bereitstellen eines Substrates umfassend eine Trägerschicht, Abscheiden einer Laufschrift auf dem Substrat mittels Magnetronspattern.

Weiter betrifft die Erfindung ein Gleitlagerelement umfassend eine Trägerschicht und eine Laufschrift, die metallische Teilchen umfasst bzw. aus metallischen Teilchen besteht, und ge-
10 gebenenfalls zwischen der Trägerschicht und der Laufschrift eine Lagermetallschicht, umfasst.

Die Herstellung von Laufschriften für Gleitlager mittels PVD-Verfahren ist aus dem Stand der Technik bekannt. So beschreibt beispielsweise die AT 414 128 B ein Verfahren zur Herstellung eines Gleitlagers aus zumindest einem Träger und einer darauf angeordneten Randschicht aus einer Aluminiumlegierung. Die Randschicht wird gemäß einer Ausführungsvariante mit einem Sputterverfahren, insbesondere einem Gleichstrommagnetronspatterverfahren, hergestellt werden.
15

Auch die AT 517 717 B1 beschreibt ein Verfahren zur Abscheidung einer Schicht auf einem Gleitlagerelementrohling aus der Gasphase in einem Prozessgas, nach dem die Schicht aus zumindest einem Target, das eine Metallkombination mit einem metallischen Basiselement umfasst oder daraus besteht, durch zumindest teilweises Zerstäuben des Targets und anschließendes Niederschlagen der zerstäubten Targetbestandteile auf dem Gleitlagerelementrohling hergestellt wird.
20

Obwohl Sputterschichten an sich sehr gute Eigenschaften aufweisen, die damit hergestellten Gleitlager demnach sehr hochwertig sind, besteht ein Bedarf zur weiteren Verbesserung derartiger Gleitlager, insbesondere wenn diese unter sehr widrigen Bedingungen betrieben werden.
25

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, Gleitlagerelemente mit Sputterlaufschichten bzw. deren Herstellung zu verbessern.

- 2 -

Die Aufgabe der Erfindung wird mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, wonach vorgesehen ist, dass die Laufschrift mittels Hochleistungsimpulsmagnetronspütern abgeschieden wird.

5 Weiter wird die Aufgabe bei dem eingangs genannte Gleitlagerelement dadurch gelöst, dass die Laufschrift eine Oberflächenrauigkeit Ra nach DIN EN ISO 4287:1984 von maximal 10 µm aufweist.

Von Vorteil ist dabei, dass das durch die mit dem Hochleistungsimpulsmagnetronspütern aus dem zumindest einen Target erzeugten geladenen Teilchen eine sehr glatte Oberfläche erzeugt werden kann. In der Folge kann damit die Reibung zwischen dem Gleitlagerelement und dem damit im tribologisch Bezug stehenden Bauteil bzw. dem vom Gleitlagerelement gelagerten Bauteil reduziert werden, sodass das Gleitlagerelement über einen längeren Zeitraum einsetzbar bleibt. Zudem können damit sehr dichte Laufschriften erzeugt werden. Dies wiederum reduziert das Eindiffundieren von korrosiven Medien in das Gleitlagerelement, sodass eine unterhalb der Laufschrift angeordnete Schicht des Gleitlagerelementes, wie beispielsweise eine Lagermetallschicht, besser vor korrosiven Angriffen geschützt ist, womit in weiterer Folge die Verwendungsdauer des Gleitlagerelementes ebenfalls erhöht werden kann.

10
15

Gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Laufschrift direkt auf der Trägerschicht abgeschieden wird. Es kann damit ein vereinfachter Schichtaufbau erreicht werden. Zudem ist damit eine verbesserte Haftung der Laufschrift auf der Trägerschicht erreichbar, da hochenergetische Teilchen des Targets in die Trägerschicht zumindest teilweise eindringen, also in die Trägerschicht implantiert werden, womit eine Art Verkrallung bzw. eine Art Formschluss zwischen der Laufschrift und der Trägerschicht erreicht werden kann. Aus dem gleichen Grund kann gemäß einer Ausführungsvariante des Gleitlagerelementes vorgesehen sein, dass Teilchen der Laufschrift zumindest teilweise in das Substrat eingedrungen angeordnet sind.

20
25

Nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Trägerschicht während der Abscheidung der Laufschrift in-situ gereinigt wird. Der Begriff „während“ ist dabei nicht zwangsweise so zu verstehen, dass die Reinigung der Oberfläche des Substrats bzw. der Trägerschicht gleichzeitig mit der Abscheidung der Laufschrift erfolgt. Die Abscheidung kann auch an die Reinigung (unmittelbar) anschließend durchgeführt

30

- 3 -

werden. Bei dieser Ausführungsvariante wird das zu beschichtende Substrat, also insbesondere die Trägerschicht, mit den vom Target verdampften Teilchen gereinigt. Ein Targetwechsel oder das Reinigen in einer anderen Anlage ist daher nicht notwendig, womit die Herstellung des Gleitlagerelementes durch Einsparung von Prozessschritten vereinfacht werden
5 kann.

Wie bereits voranstehend angedeutet, kann nach einer anderen Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass auf die Trägerschicht vor der Abscheidung der Laufschrift eine Lagermetallschicht aufgebracht wird. Das Mehrschichtgleitlagerelement weist damit entsprechende Notlaufeigenschaften auf, falls die Laufschrift beginnt zu verschleifen, wobei bis da-
10 hin die Laufschrift die darunter angeordnete Lagermetallschicht besser vor Korrosion schützen kann, wie dies voranstehend ausgeführt wurde.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen werden, dass das Substrat während der Abscheidung der Laufschrift bewegt, insbesondere gedreht, wird, womit eine gleichmäßigere Schichtdicke der Laufschrift erreicht werden kann.

15 Nach weiteren Ausführungsvarianten der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Laufschrift aus mehreren Teillaufschriften mit unterschiedlicher Zusammensetzung aufgebaut wird und dass gegebenenfalls die mehreren Teillaufschriften alternierend abgeschieden werden. Die Laufschrift ist damit besser an die Erfordernisse im Lauf des Gleitlagers anpassbar, insbesondere kann damit eine Teillaufschrift eine Haftungsvermittlungsrolle zwischen der ei-
20 gentlichen Laufschrift und der Trägerschicht haben, wobei diese Teillaufschrift Teilchen aufweisen kann, die besser in das darunter liegenden Substrat implantiert werden können. Mit der alternierenden Anordnung der Teillaufschriften können Diffusionswege weiter verringert werden, womit eine Verbesserung des Korrosionsschutzes des Substrates erreicht werden kann, also beispielsweise der Lagermetallschicht und/oder der Trägerschicht.

25 Zur weiteren Verbesserung der voranstehend genannten Effekte kann gemäß zumindest einer der folgenden Ausführungsvarianten der Erfindung vorgesehen sein:

- dass zur Erzeugung der Laufschrift zumindest ein Target verwendet wird, wobei das Target mit einer Pulsfrequenz betrieben wird, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 100 Hz bis 1500 Hz oder aus einem Bereich von 500 Hz bis 2500Hz, und/oder

- 4 -

- dass für die Abscheidung Pulse mit einer Pulslänge zwischen 10 μs und 100 μs eingesetzt werden, und/oder
 - dass die Targets mit einer Leistung betrieben werden, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 W/cm^2 bis 50 W/cm^2 ; und/oder
- 5 - dass ein Tastverhältnis zwischen 0,01 und 0,5 angewandt wird.

Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Laufschrift eine kolumnare Struktur mit Säulen aufweist, wobei die Säulen einen Winkel zu einer Oberfläche des Substrates, auf der die Laufschrift angeordnet ist, einnehmen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 80 ° bis 110 °. Durch die Längserstreckung der Säulen in Belastungsrichtung kann die Tragfähigkeit der Laufschrift verbessert werden. Zudem können Belastungen unmittelbarer in die unter der Laufschrift angeordnete Schicht eingeleitet werden, wenn sich zumindest einzelne der Säulen durchgehend durch die gesamte Dicke der Laufschrift erstrecken.

10

Zur weiteren Verbesserung zumindest eines dieser Effekte kann gemäß einer Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass die Säulen in Draufsicht auf die Laufschrift einen maximalen Durchmesser aufweisen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,5 nm bis 300 nm

15

Vorzugsweise kann nach einer weiteren Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass die Laufschrift eine Schichtdicke zwischen 10 μm bis 100 μm aufweist.

Zur weiteren Verbesserung des Schutzes von einer unter der Laufschrift angeordneten Schicht des Gleitlagerelementes kann nach einer anderen Ausführungsvariante vorgesehen sein, dass die Laufschrift eine Härte zwischen 10 HV 0,01 und 800 HV 0,1 aufweist.

20

Wie voranstehend ausgeführt, kann zur besseren Anpassbarkeit der Laufschrift an die Einsatzbedingungen und der Schutzfunktion der Laufschrift nach Ausführungsvarianten der Erfindung vorgesehen sein, dass die Laufschrift als Gradientenschicht mit einem Konzentrationsgradienten zumindest eines Bestandteils der Laufschrift ausgebildet ist, oder dass die Laufschrift als Abfolge von mehreren Teillaufschriften mit unterschiedlicher Zusammensetzung ausgebildet ist.

25

- 5 -

Ein schnellerer Einlauf der Laufschrift kann erreicht werden, wenn gemäß einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen ist, dass die Laufschrift eine Schichtdickentoleranz zwischen $\pm 1 \mu\text{m}$ und $\pm 10 \mu\text{m}$ aufweist.

5 Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 ein mehrschichtiges Gleitlagerelement in Seitenansicht;

Fig. 2 einen schematischen Aufbau einer Beschichtungsvorrichtung;

Fig. 3 einen Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante eines Gleitlagerelementes;

10 Fig. 4 einen Ausschnitt aus einer Laufschrift.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

15

Angaben zu den Legierungszusammensetzungen sind so zu verstehen, dass diese übliche Verunreinigungen, wie sie in großtechnisch eingesetzten Rohstoffen auftreten, mitumfassen. Es besteht aber im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass Rein- bzw. Reinstmetalle bzw. Rein- oder Reinststoffe eingesetzt werden.

20

Weiter sind Angaben zu Zusammensetzungen in Gew.-% zu verstehen, sofern nicht etwas anderes ausdrücklich angegeben ist.

Fig. 1 zeigt ein Gleitlagerelement 1 (auch als Mehrschichtgleitlagerelement bezeichnenbar) in Form einer Gleitlagerhalbschale. Dargestellt ist eine zweischichtige Variante des Gleitlagerelements 1, bestehend aus einer Trägerschicht 2 (auch als Stützschrift bezeichnenbar) und

25

- 6 -

einer Laufschrift 3, die auf einer Vorderseite 4 (radial inneren Seite) des Gleitlagerelements 1, die einem zu lagernden Bauteil zuwendbar ist, angeordnet ist.

Gegebenenfalls kann eine Lagermetallschicht 5 zwischen der Laufschrift 3 und der Trägerschicht 2 angeordnet sein, wie dies in Fig. 1 strichliert angedeutet ist.

5 Der prinzipielle Aufbau derartiger Gleitlagerelemente 1, wie sie z.B. in Verbrennungskraftmaschinen Verwendung finden, ist aus dem Stand der Technik bekannt, sodass sich weitere Ausführungen hierzu erübrigen. Es sei jedoch erwähnt, dass weitere Schichten angeordnet werden können, also beispielsweise zwischen der Lagermetallschicht 5 und der Trägerschicht 1 eine Haftvermittlerschicht und/oder eine Diffusionssperrschicht, etc., wengleich dies nicht
10 notwendig ist, wie im Folgenden bzw. im Voranstehenden ausgeführt wird bzw. ist. Bevorzugt kann also vorgesehen sein, dass die Laufschrift 3 direkt auf der Trägerschicht 1 angeordnet ist, oder gegebenenfalls die Lagermetallschicht 5 direkt auf der Trägerschicht 1 und die Laufschrift 3 direkt auf der Lagermetallschicht 5 angeordnet sind.

15 Im Rahmen der Erfindung kann das Mehrschichtgleitlager 1 auch anders ausgeführt sein, beispielsweise als Lagerbuchse, wie dies in Fig. 1 strichliert angedeutet ist. Ebenso sind andere Ausführungsformen von Mehrschichtgleitlagern 1 möglich.

Die Trägerschicht 2 ist aus einem metallischen Werkstoff hergestellt. Insbesondere kann sie aus Stahl bestehen. Sie kann aber auch aus einem anderen Werkstoff, der dem Gleitlagerelement 1 die erforderliche Strukturfestigkeit verleiht, bestehen. Derartige Werkstoffe sind aus
20 dem Stand der Technik bekannt. Beispielsweise kann die Trägerschicht 2 aus einer Kupferbronze bestehen.

Für die Lagermetallschicht 5 sowie die Zwischenschichten können (auch) die aus dem einschlägigen Stand der Technik bekannten Legierungen bzw. Werkstoffe verwendet werden, und sei diesbezüglich darauf verwiesen. Beispielsweise kann die Lagermetallschicht 5 kann
25 aus einer (bleifreien) Kupfer- oder Aluminium- oder Silber- oder Bismut- oder Zinnbasislegierung bestehen. Beispiele hierfür sind:

1. Lagermetalle auf Aluminiumbasis (nach DIN ISO 4381 bzw. 4383):

Al-Sn-Legierungen, Al-Sn-Cu-Legierungen, Al-Sn-Ni-Mn-Legierungen, Al-Sn-Si-Legierungen, Al-Sn-Si-Cu-Legierungen,

- 7 -

z.B. AlBi₁₅Mo₂, Al-Bi₁₁Cu_{0,5}Ni_{0,5}, AlBi₂₅Cu, AlSn₂₅Si_{7,5}, AlSn₂₀, AlSn₂₀Cu, AlSn₂₀Sb₁₀; AlSn₆CuNi, AlSn₂₀Cu, AlSi₄Cd, AlCd₃CuNi, AlSi₁₁Cu, AlSn₆Cu, AlSn₄₀, AlSn₂₅CuMn, AlSi₁₁CuMgNi;

2. Lagermetalle auf Kupferbasis (nach DIN ISO 4383):

5 CuSn₈₋₁₀, CuAl₁₀Fe₅Ni₅, CuZn₃₁Si₁, CuPb₂₄Sn₂, CuSn₈Bi₁₀, CuBi₄₀, CuBi₂₀, CuAg₂₀;

3. Lagermetalle auf Zinnbasis:

SnSb₈Cu₄, SnSb₁₂Cu₆Pb, SnCu₁₀, SnAg₂₀, SnSb₂₀Cu₅;

4. Lagermetalle auf Silberbasis:

10 AgSn₁₀₋₄₀, AgCuSn, AgSn₂₀, AgBi₁₅, AgCu₂₀;

5. Lagermetalle auf Bismutbasis:

BiCu_{0,1-10}Sn_{0,5-10}, BiAg₂₀, BiCu₂₀.

Für den Fall, dass eine Lagermetallschicht 5 angeordnet wird, kann diese mit üblichen Methoden auf der Trägerschicht 2 angeordnet bzw. abgeschieden werden. Beispielsweise kann sie
15 walzplattiert oder schmelzmetallurgisch oder galvanisch abgeschieden werden.

Die Laufschrift 3 besteht vorzugsweise aus einer Basislegierung die als Hauptlegierungselement ein Element aus einer Al, Cu, Ag, Sn, Bi, Sb umfassenden Elementgruppe aufweist. Das Basiselement stellt dabei (wie auch generell in der Beschreibung) - verglichen mit den weiteren Legierungselementen - mengenmäßig den größten Anteil dar. Die Laufschrift 3 kann
20 ebenfalls aus den voranstehend genannten Legierungen ausgewählt sein, beispielsweise durch AlSn₂₀Cu₁ oder AlSn₄₀ oder eine Legierung auf Zinnbasis oder auf Bismutbasis oder auf Silberbasis oder durch eine Schicht aus Reinsilber mit den erschmelzungs- und/oder abscheidungsbedingten Verunreinigungen oder aus Reinkupfer oder aus CuSn oder CuAl gebildet sein. Die Zusammensetzung der Laufschrift 3 ist aber jedenfalls unterschiedlich zu jener der
25 Lagermetallschicht 5, falls diese vorhanden ist.

- 8 -

Die Diffusionssperrschicht und/oder Bindschicht kann z.B. durch Al, Mn, Ni, Fe, Cr, Co, Cu, Ag, Mo, Pd sowie NiSn- bzw. NiCr- bzw. CuSn-Legierungen gebildet sein. Andere bekannte Metalle und metallische Legierungen sind ebenfalls denkbar.

5 Es besteht weiter die Möglichkeit, dass auf der Laufschrift 3 eine Schicht angeordnet ist bzw. wird. Diese weitere Schicht kann die Funktion einer Einlaufschrift haben. Beispielsweise kann diese weitere Schicht Zinn oder eine Gleitlackschicht bzw. generell Polymerschicht mit Festschmierstoffpartikeln sein.

10 Es ist vorgesehen, dass die Laufschrift 3 mittels Hochleistungsimpulsmagnetronsputtern (Hi-PIMS) auf dem Substrat, also gemäß Ausführungsvarianten der Erfindung insbesondere entweder direkt auf der Trägerschicht 2 oder der Lagermetallschicht 5, abgeschieden wird. Dabei lässt man während des Sputtervorgangs kurze Spannungsimpulse auf das Target (Kathode) einwirken und erhält mit einer hohen Plasma-Elektronendichte hohe Elektronenstoß-Ionisierungsraten, die zu einem hohen Ionisierungsanteil der gesputterten Spezies führt.

Fig. 2 zeigt einen schematischen Aufbau einer Sputteranlage 6.

15 Beim angewandten Verfahren werden geladene metallische Teilchen 7 in einem Feld einer entsprechenden magnetischen Quelle 3 beschleunigt und auf eine Zielelektrode bzw. zumindest ein Target 9 gelenkt. Das Target 9 ist zugleich die Kathode.

20 Als Quelle der Teilchen 7 dient ein ionisiertes Edelgas bzw. ein Plasma 10. Die beschleunigten Teilchen 7 schlagen beim Auftreffen auf das Target 9 Atome 11 aus der Oberfläche des Targetmaterials heraus. Weiter kommt es durch den hohen Ionisierungsgrad in der Abscheidungskammer der Sputteranlage 6 ebenfalls zur Ionisierung von Metallteilchen (Atomen 11). Die Atome 11 bewegen sich mit hoher Geschwindigkeit und Energiedichte in Richtung auf das Substrat 12 und schlagen sich dort als Laufschrift 3 nieder.

Das Target 9 wird während des Verfahrens mit hoch energetischen Impulsen beaufschlagt.

25 Das Substrat 12 soll nicht auf die in Fig. 2 dargestellte Plattenform beschränkt sein, sondern können erfindungsgemäß auch davon abweichende Formen, beispielsweise Lagerhalbschalen, verwendet werden.

- 9 -

Das Prozessgas, also insbesondere das Inertgas, wie beispielweise Argon, kann über zumindest einen Einlass 13 zugeführt werden.

Das Target 9 kann die gewünschte Zusammensetzung der Laufschrift 3 aufweisen. Es ist aber auch möglich mehrere Targets 9 einzusetzen, die jeweils unterschiedlich zusammengesetzt sind, und die Zusammensetzung der Laufschrift 3 aus diesen mehreren Targets 9 herzustellen. Dazu können die Abdampfraten der Targets 9 der gewünschten Zusammensetzung der Laufschrift 3 entsprechend unterschiedlich gestaltet werden.

Für die Abscheidung der Laufschrift 3 auf dem Substrat 12 können folgende Parameter angewandt werden:

- 10 Prozessdruck: 30×10^{-2} mbar bis 1×10^{-3} mbar
- Prozesstemperatur: 50 °C bis 200 °C
- Pulsstrom: 10 A und 100 A
- Pulsfrequenz: 500 Hz und 2500 Hz
- Pulslänge: 10 μ s - 100 μ s.
- 15 Targetleistung: 2 W/cm² - 50W/cm²

Gemäß einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Trägerschicht 2 als Substrat 12 zur Direktbeschichtung mit der Laufschrift 3 während der Abscheidung der Laufschrift 3 in-situ gereinigt wird. Dazu wird die Trägerschicht 2, die gegebenenfalls vorgereinigt worden ist, in der Beschichtungskammer 14 angeordnet, beispielsweise auf einem geeigneten Substratträger (wie auch bei voranstehend angeführter Verfahrensvariante), und nach Herstellung der geeigneten Atmosphäre in-situ gereinigt. Hierfür können die folgenden Parameter angewandt werden:

- Prozessdruck: 90×10^{-2} mbar bis 1×10^{-3} mbar
- Prozesstemperatur: 25 °C bis 150 °C
- 25 Spitzenstrom: 50 A bis 1000 A
- Pulsfrequenz: 100 Hz und 1000 Hz
- Pulslänge: 10 μ s bis 100 μ s
- Targetleistung: 0,1W/cm² bis 10 W/cm²

- 10 -

Unterstützend zum Target 9 kann das Substrat 12 mit einer Bias-Spannung zwischen 100 V bis 1500 V beaufschlagt werden.

Danach kann die Abscheidung der Laufschrift 3 unmittelbar an diese Reinigung anschließend mit den voranstehend genannten Parametern erfolgen.

- 5 Es wird also bei dieser Ausführungsvariante der Prozessschritt „Abscheidung der Laufschrift 2“ auf mehrere Teilschritte aufgeteilt. Die Angabe „während der Abscheidung der Laufschrift 3“ ist in diesem Sinne zu verstehen.

Der Substratträger kann während der Behandlung bzw. Abscheidung stillstehend verbleiben. Nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann aber auch vorgesehen sein, das Substrat bewegt, insbesondere gedreht, wird. Der Substrathalter kann also beispielsweise ein Drehteller sein. Andere Bewegungsabläufe während der Abscheidung der Laufschrift 3 sind ebenfalls denkbar.

In Fig. 3 ist ein Ausschnitt aus einer Ausführungsvariante des Gleitlagerelementes 1 dargestellt. Bei dieser Ausführungsvariante weist die Laufschrift 3 ein Aufbau aus mehreren Teillaufschriften 15, 16 auf. Die Teillaufschrift 15 weist dabei eine zur Zusammensetzung der Teillaufschrift 16 unterschiedliche Zusammensetzung auf. Beispielsweise kann die Teillaufschrift 15 aus einer Kupferbasislegierung oder einer Aluminiumbasislegierung oder aus Silber bestehen, und die Teillaufschrift 16 aus einem der Elemente Nickel, Kobalt, Chrom, Molybdän, Titan, Edelstahl, Kupfer, Aluminium oder deren Legierungen, wobei das genannten Element das Basiselement (Element mit dem höchsten Anteil) bildet, gebildet sein.

Im einfachsten Fall ist die Laufschrift 3 nur aus einer Teillaufschrift 15 und einer Teillaufschrift 16 gebildet. Nach einer anderen Ausführungsvariante des Verfahrens kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die mehreren Teillaufschriften 15, 16 alternierend abgeschieden werden, sodass eine vielschichtige Laufschrift 3 entsteht, wie diese aus Fig. 3 zu ersehen ist.

25 Es sei dazu angemerkt, dass weder die Anzahl der einzelnen Teillaufschriften 15, 16 noch deren konkrete in Fig. 3 dargestellte Anordnung beschränkend zu verstehen ist. Die Fig. 3 soll lediglich das Prinzip verdeutlichen.

Die Teillaufschriften 15, 16 stehen bevorzugt in direkten Kontakt miteinander.

- 11 -

Es besteht weiter die Möglichkeit, dass die Laufschrift 3 aus mehr als zwei unterschiedlichen Teillaufschichten 15, 16 aufgebaut wird.

Zur Herstellung des mehrschichtigen Laufschriftaufbaus kann eine der Anzahl der unterschiedlichen Teillaufschichten 15, 16 entsprechende Anzahl an unterschiedlichen Targets 9 eingesetzt werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, die unterschiedliche Zusammensetzung über die Abdampfrate(n) an Targetmaterial aus einem Target 9 oder mehreren Targets 9 zu erhalten.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Laufschrift 3 so abgeschieden wird, dass Teilchen der Laufschrift 3 zumindest teilweise in das Substrat 12, also beispielsweise die Trägerschicht 2 oder die Lagermetallschicht 5, eindringen, also implantiert werden. Für diese Ausführungsvariante können folgende Prozessparameter angewandt werden:

Prozessdruck: 30×10^{-2} mbar bis 1×10^{-3} mbar

Prozesstemperatur: 50 °C bis 150 °C

15 Pulsstrom: 10 A bis 500 A

Pulsfrequenz: 100 Hz bis 1500 Hz

Pulslänge: 10 μ s bis 100 μ s

Targetleistung: 2 W/cm² bis 20 W/cm²

20 Unterstützend zum Target 9 kann das Substrat mit einer Bias-Spannung zwischen 10 V bis 500 V beaufschlagt werden.

Bei sämtlichen Ausführungsvarianten des Verfahrens kann es von Vorteil sein, wenn gemäß einer weiteren Ausführungsvariante ein Tastverhältnis zwischen 0,01 und 0,5 angewandt wird. Das Tastverhältnis beschreibt dabei das Ein-Aus-Verhältnis der Pulse.

25 Mit dem beschriebenen Verfahren kann ein Gleitlagerelement 1 mit einer Laufschrift 3 hergestellt werden, die eine Oberfläche 17 mit einer Oberflächenrauigkeit Ra nach DIN EN ISO 4287:1984 von maximal 8 μ m aufweist. Insbesondere kann die Oberflächenrauigkeit Ra zwischen 1 μ m und 8 μ m betragen.

Weiter kann die gemittelte Rauhtiefe Rz nach DIN EN ISO 4287:1984 zwischen 1 μ m und 10 μ m betragen.

- 12 -

Die Laufschrift 3 kann dabei gemäß einer Ausführungsvariante eine Schichtdickentoleranz zwischen 10 µm und 100 µm aufweisen.

5 Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante, die in Fig. 4 dargestellt ist, kann vorgesehen sein, dass die Laufschrift 3 eine kolumnare Struktur mit Säulen 18 aufweist, wobei die Säulen 18 einen Winkel zu einer Oberfläche 19 des Substrates, also beispielsweise der Trägerschicht 3, auf der die Laufschrift 3 angeordnet ist, einnehmen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 80 ° bis 110 °. Beispielsweise können die Säulen 18 zumindest annähernd rechtwinklig zu dieser Oberfläche 19 angeordnet sein.

10 Der Winkel wird dabei zwischen der Höhe der Säulen 18 und der Oberfläche 19 ausgebildet. Die Höhe der Säulen 18 ist bevorzugt (deutlich) größer, als ein Durchmesser 20 der Säulen 18. Dieser Durchmesser 20 der Säulen 18 kann nach einer weiteren Ausführungsvariante einen Wert aufweisen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,5 nm bis 300 nm. Der Durchmesser 20 ist dabei der maximale Durchmesser, als der Durchmesser eines Hüllkreises, der die jeweilige Säule 18 an der Oberfläche 19 gerade umgibt.

15 Die Laufschrift 3 kann generell eine Schichtdicke 21 zwischen 10 µm bis 100 µm aufweisen.

Weiter kann die Laufschrift 3 gemäß einer anderen Ausführungsvariante eine Härte zwischen 10 HV 0,01 und 800 HV 0,1 aufweisen.

20 Wie bereits voranstehend ausgeführt, kann vorgesehen sein, dass die Laufschrift 3 als Abfolge von mehreren Teillaufschriften 15, 16 mit unterschiedlicher Zusammensetzung ausgebildet ist. Gemäß einer Ausführungsvariante dazu kann vorgesehen sein, dass die Laufschrift 3 als Gradientenschicht mit einem Konzentrationsgradienten zumindest eines Bestandteils der Laufschrift 3 ausgebildet ist. Die Konzentration dieses Bestandteils kann dabei in Richtung auf die Trägerschicht 2 zunehmen oder abnehmen. Die Teillaufschrift 15 kann aus einer Kupferbasislegierung oder einer Aluminiumbasislegierung oder aus Silber bestehen, und die Teillaufschrift 25 laufschrift 16 aus einem der Elemente Nickel, Kobalt, Chrom, Molybdän, Titan, Edelstahl, Kupfer, Aluminium oder deren Legierungen, wobei das genannte Element das Basiselement (Element mit dem höchsten Anteil) bildet, bestehen.

Beispiele:

- 13 -

Auf konventionellen Bleibronzen Trägerschicht 2 in Form von Lagerschalen mit und ohne Lagermetallschicht 5 als Substrat 12 wurde nach der Formgebung, Reinigung, etc., eine Laufschi-
5 chicht 3 aus AlSn20Cu1 so abgeschieden, dass Teilchen der Laufschi-
chicht 3 zumindest teilweise in das Substrat 12, also die Trägerschicht 2 oder eine Lagermetallschicht 5, eindringen,
also implantiert werden. Für diese Ausführungsvariante wurden folgende Prozessparameter
angewandt:

Prozessdruck: $1,5 \times 10^{-2}$ mbar bis $9,5 \times 10^{-3}$ mbar

Prozesstemperatur: 25 °C bis 80 °C

Pulsstrom: 50 A bis 70 A

10 Pulsfrequenz: 1200 Hz bis 1500 Hz

Pulslänge: 25 μ s bis 35 μ s

Targetleistung: 3 W/cm² bis 4 W/cm²

Unterstützend dazu wurde das Substrat 12 mit einer Bias-Spannung zwischen 600 V bis 700
V beaufschlagt.

15 Anschließend wurde nach etwa 15 Minuten die Bias-Spannung vom Substrat 12 abgeschaltet
und der Pulsstrom auf 40 A bis 50 A sowie die Pulsfrequenz auf 600 Hz bis 800 Hz reduziert
um eine gute Beschichtungsrate mit erhöhter Targetleistung, welche zw. 8 W/cm² bis 12
W/cm² lag, zu erreichen.

20 Im Querschliff sind bei dem erfindungsgemäßen Gleitlagerelement 1 im Unterschied zu mit
einem konventionellen Sputterverfahren AT 414 128 B auf einer Bleibronze abgeschiedenen
Laufschi-
chicht 3 nahezu keine Fehlstellen zwischen der Laufschi-
chicht 3 und dem Substrat 12 er-
kennbar.

25 Die beschichteten Lagerschalen wurden einem Korrosionstest unterzogen, um die Dichtheit
der Laufschi-
chicht 3 prüfen zu können. Auch hier zeigten die erfindungsgemäßen Gleitlagerele-
mente 1 bessere Werte als herkömmlich mittels einem konventionellen Sputterverfahren ge-
mäß AT 414 128 B beschichtete Gleitlagerelemente.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle be-
merkt sei, dass auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander mög-
lich sind.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus das Gleitlagerelement 1 und die Sputteranlage 6 nicht notwendigerweise maßstäblich dargestellt sind.

5

10

15

20

25

Bezugszeichenaufstellung

- 1 Gleitlagerelement
- 2 Trägerschicht
- 3 Laufschrift
- 4 Vorderseite
- 5 Lagermetallschicht
- 6 Sputteranlage
- 7 Teilchen
- 8 Quelle
- 9 Target
- 10 Plasma
- 11 Atom
- 12 Substrat
- 13 Einlass
- 14 Beschichtungskammer
- 15 Teillaufschicht
- 16 Teillaufschicht
- 17 Oberfläche
- 18 Säule
- 19 Oberfläche
- 20 Durchmesser
- 21 Schichtdicke

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Herstellung eines mehrschichtigen Gleitlagerelementes (1) umfassend die Schritte:
 - 5 - Bereitstellen eines Substrates (12) umfassend eine Trägerschicht (2),
 - Abscheiden einer Laufschrift (3) auf dem Substrat (12) mittels Magnetronspütern; dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) mittels Hochleistungsimpulsmagnetronspütern abgeschieden wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) direkt auf der Trägerschicht (2) abgeschieden wird.
10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägerschicht (2) während der Abscheidung der Laufschrift (3) in-situ gereinigt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass auf die Trägerschicht (2) vor der Abscheidung der Laufschrift (3) eine Lagermetallschicht (5) aufgebracht wird.
15
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (12) während der Abscheidung der Laufschrift (3) bewegt, insbesondere gedreht, wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) aus mehreren Teillaufschriften (15, 16) mit unterschiedlicher Zusammensetzung aufgebaut wird.
20
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die mehreren Teillaufschriften (15, 16) alternierend abgeschieden werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Laufschrift (3) zumindest ein Target (9) verwendet wird, wobei das Target (9)
25

mit einer Pulsfrequenz betrieben wird, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 100 Hz bis 1500 Hz oder aus einem Bereich von 500 Hz bis 2500Hz.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass für die Abscheidung der Laufschrift (3) Pulse mit einer Pulslänge zwischen 10 μ s und 100 μ s eingesetzt werden.
- 5
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest eine Target (9) mit einer Leistung betrieben werden, die ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 W/cm² bis 50 W/cm².
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Tastverhältnis zwischen 0,01 und 0,5 angewandt wird.
- 10
12. Gleitlagerelement (1) umfassend eine Trägerschicht (2) und eine Laufschrift (3), die metallische Teilchen, und gegebenenfalls zwischen der Trägerschicht (2) und der Laufschrift (3) eine Lagermetallschicht (5), umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) eine Oberflächenrauigkeit Ra nach DIN EN ISO 4287:1984 von maximal 8 aufweist.
- 15
13. Gleitlagerelement (1) nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass Teilchen der Laufschrift (3) zumindest teilweise in die Trägerschicht (2) oder die Lagermetallschicht (5) eingedrungen angeordnet sind.
14. Gleitlagerelement (1) nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) eine kolumnare Struktur mit Säulen (18) aufweist, wobei die Säulen (18) einen Winkel zu einer Oberfläche (19) der Trägerschicht (2) oder der Lagermetallschicht (5), auf der die Laufschrift (3) angeordnet ist, einnehmen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 80 ° bis 110 °.
- 20

- 18 -

15. Gleitlagerelement (1) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Säulen (18) in Draufsicht auf die Laufschrift (3) einen maximalen Durchmesser (20) aufweisen, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,5 nm bis 300 nm.

16. Gleitlagerelement (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) eine Schichtdicke (21) zwischen 10 μm bis 100 μm aufweist.

17. Gleitlagerelement (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) eine Härte zwischen 10 HV 0,01 und 800 HV 0,1 aufweist.

18. Gleitlagerelement (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) als Gradientenschicht mit einem Konzentrationsgradienten zumindest eines Bestandteils der Laufschrift (3) ausgebildet ist.

19. Gleitlagerelement (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) als Abfolge von mehreren Teillaufschriften (15, 16) mit unterschiedlicher Zusammensetzung ausgebildet ist.

20. Gleitlagerelement (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Laufschrift (3) eine Schichtdickentoleranz zwischen $\pm 1 \mu\text{m}$ und $\pm 10 \mu\text{m}$ aufweist.

20

25

Fig.1

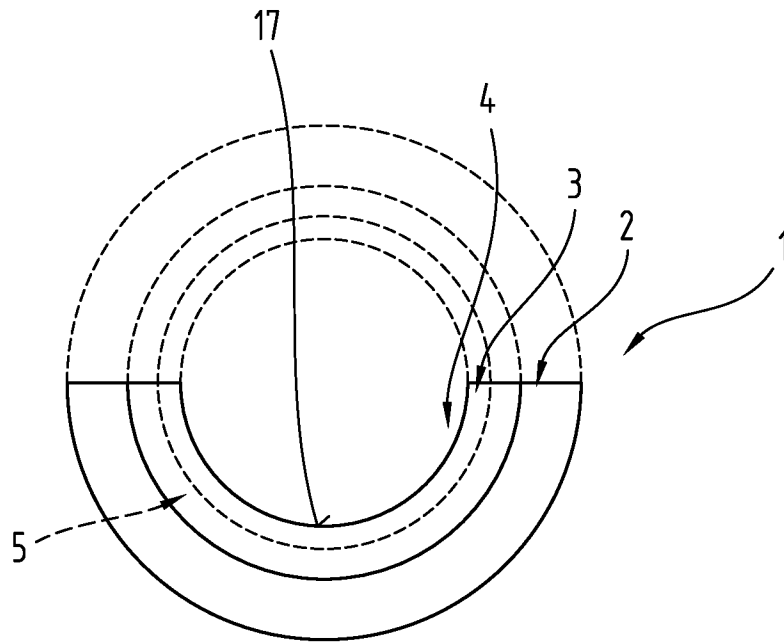


Fig.2

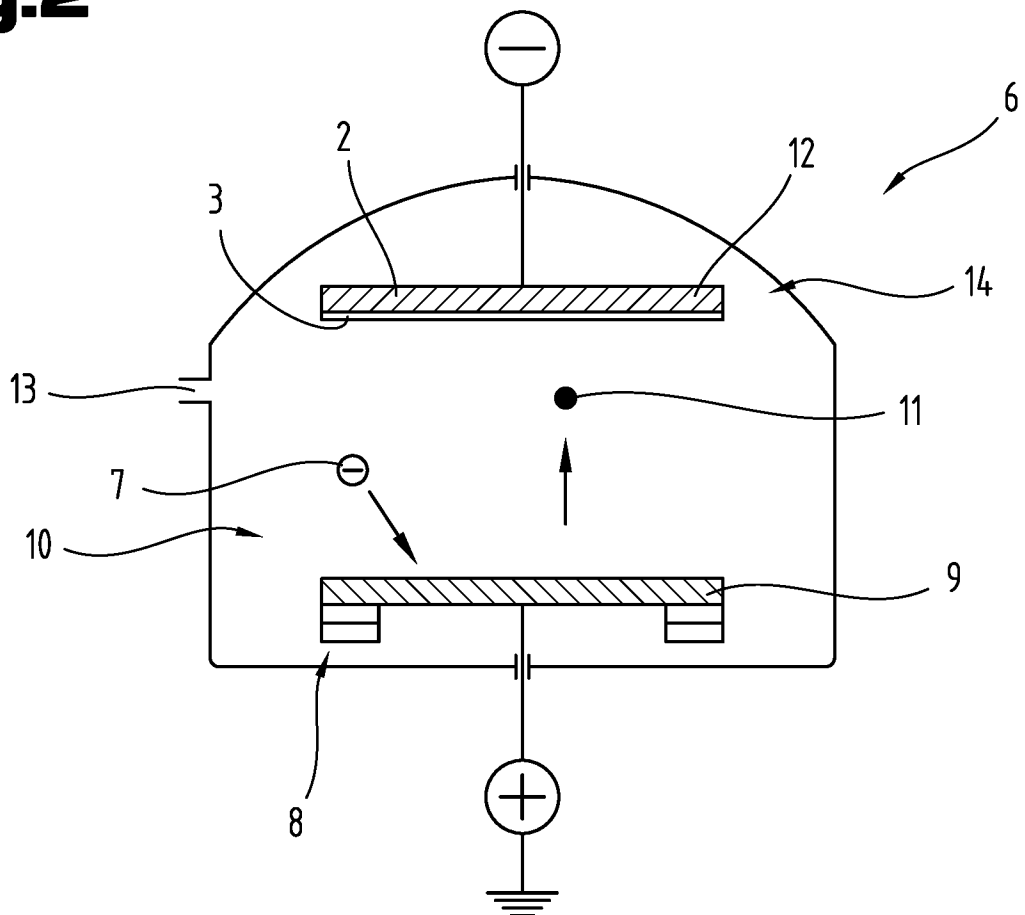


Fig.3

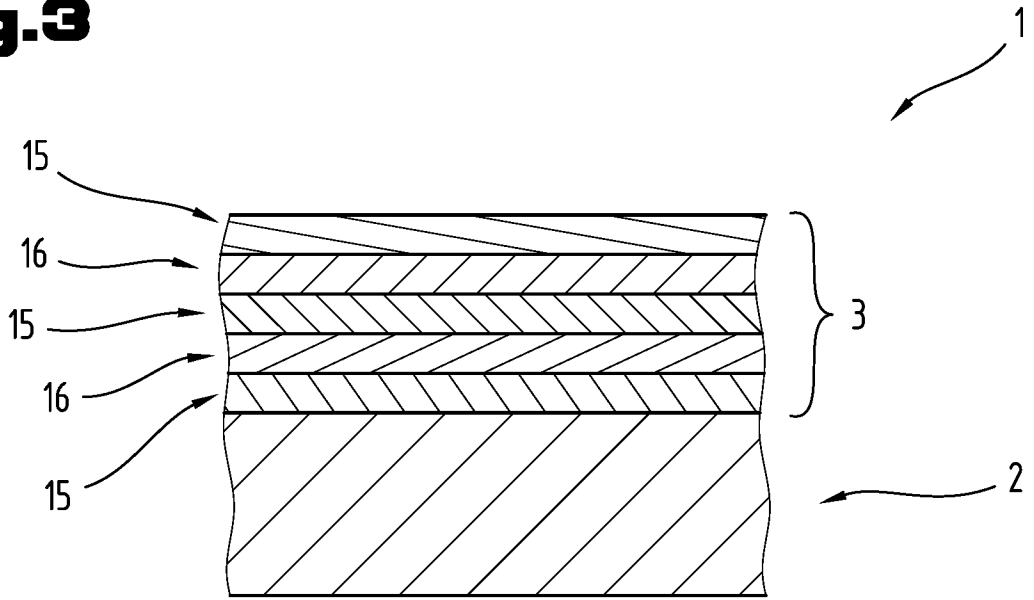


Fig.4

