

(12)

Patentschrift

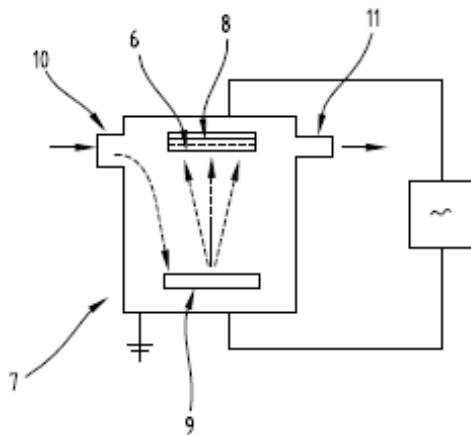
(21) Anmeldenummer: A 50039/2017 (51) Int. Cl.: **C23C 14/24** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 23.01.2017 **C23C 14/34** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2018

(56) Entgegenhaltungen: DE 3404880 A1 DE 4027362 A1 DE 3629451 A1 US 4595483 A JP 2007157972 A CN 101798679 A	(73) Patentinhaber: Miba Gleitlager Austria GmbH 4663 Laakirchen (AT)
	(72) Erfinder: Nagl Johann Dipl.Ing. Dr. 4651 Stadl-Paura (AT)
	(74) Vertreter: ANWÄLTE BURGER UND PARTNER RECHTSANWALT GMBH 4580 WINDISCHGARSTEN (AT)

(54) Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtgleitlagerelementes

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtgleitlagerelementes (1), nach dem in einer Kammer einer Kathodenzerstäubungsanlage auf einem Substrat eine metallische Schicht mittels Kathodenzerstäubung zumindest eines Targets abgeschieden wird, umfassend die Schritte: Einbringen eines Substrats in die Kammer der Kathodenzerstäubungsanlage; Ionenätzen der zu beschichtenden Oberfläche des Substrats durch Ionenbeschuss, wodurch aus der Oberfläche des Substrats Substratteilchen entfernt werden; Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Substrat, wozu aus zumindest einem, als Kathode geschalteten Target Targetteilchen erzeugt werden, die auf dem Substrat niederschlagen werden. In dem Schritt des Ionenätzens des Substrats wird das Target als Anode geschaltet und werden zumindest ein Teil der Substratteilchen auf dem Target abgeschieden. Danach wird das Target für die Abscheidung der metallischen Schicht auf der Oberfläche des Substrats umgepolt.

Fig.2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtgleitlagerelementes, nach dem in einer Kammer einer Kathodenerstäubungsanlage auf einem Substrat eine metallische Schicht mittels Kathodenerstäubung zumindest eines Targets abgeschieden wird, umfassend die Schritte:

[0002] - Einbringen eines Substrats in die Kammer der Kathodenerstäubungsanlage;

[0003] - Ionenätzen der zu beschichtenden Oberfläche des Substrats durch Ionenbeschuss, wodurch aus der Oberfläche des Substrats Substratteilchen entfernt werden;

[0004] - Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Substrat, wozu aus zumindest einem, als Kathode geschalteten Target Targetteilchen erzeugt werden, die auf dem Substrat niederschlagen werden.

[0005] Weiter betrifft die Erfindung ein Mehrschichtgleitlagerelement umfassend eine Stützschicht und eine darauf angeordnete metallische Schicht, wobei die metallische Schicht nach einem Kathodenerstäubungsverfahren hergestellt ist.

[0006] Der Einsatz von Kathodenerstäubungsverfahren in der Gleitlagertechnik ist bereits aus dem Stand der Technik, beispielsweise der DE 36 29 451 A1, bekannt. Materialabhängig, insbesondere wenn für das Substrat und die abzuscheidende Schicht Werkstoffe verwendet werden, die schlecht mischbar sind, kann die Haftfestigkeit der abgeschiedenen Schicht auf dem Substrat ungenügend sein.

[0007] Um diesem Problem zu begegnen wurde in der DE 40 27 362 A1 ein Verfahren zum Herstellen eines Gleitlagers beschrieben, das eine ausgezeichnete Bindung zwischen einer Gleitlagerlegierungsschicht und einer Oberflächenschicht desselben hat, und folgende Verfahrensschritte umfasst:

[0008] - Entfernen von wenigstens einem Teil von sowohl dem Oxidfilm als auch der modifizierten Oberflächenschichten, die auf der Gleitlagerlegierungsschicht vorhanden sind, unter Vakuum mittels Ionenbombardierung durch Argongas;

[0009] - dann Erhitzen der Gleitlagerlegierungsschicht in einen aktivierte Zustand; und

[0010] - Ausbilden eines dünnen Films einer Oberflächenschichtlegierung bzw. Oberflächenlegierungsschicht, die eine Dicke von 3 bis 60 µm hat, auf der Gleitlagerlegierungsschicht durch physikalische Dampfablagerung.

[0011] Für die Reinigung des zu beschichtenden Substrats wird dieses in einem ersten Schritt als Kathode geschaltet und ein Potential von 500 Volt zwischen dieser Kathode und einer zusätzlichen Anode angelegt. Auf diese Weise werden die positiv geladenen Argonionen in Kollision gegen das Substrat gebracht, mit der der Oberflächenoxidfilm und die modifizierte Oberflächenschicht auf dem Substrat entfernt wurden. Danach wird die Beschichtungskammer wieder evakuiert, um diese zu reinigen. Dann wird Argongas erneut in die Vakuumkammer eingeleitet. Von einem gesonderten Target, das für die Beschichtung des Substrats als Kathode geschaltet wird, werden über eine Glimmentladung zwischen der Anode und diesem Target, und dem dadurch bewirkten Beschuss des Targets mit Argonionen Teilchen aufgrund der Auf treffenergie erzeugt und diese auf dem Substrat abgeschieden. Die Verdampfung des Targets erfolgt erst nach der Erhitzung des Substrats, sodass die Reaktionsenergie zwischen der Lagerlegierung und der Oberflächenschicht erhöht und dadurch die Legierungsbildung bzw. das Legieren derselben beschleunigt wurde. Infolgedessen wird ein höheres Niveau an Adhäsion bzw. Bindekraft zwischen den beiden erhalten, und zusätzlich wird die Bindung zwischen den Teilchen der Oberflächenschichtlegierung erhöht, wodurch eine fest haftende Oberflächenschicht erzeugt wird.

[0012] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, ein Mehrschichtgleitlagerelement mit einer hohen Haftfestigkeit einer mittels Kathodenerstäubungsverfahren auf einer Stützschicht nie-

dergeschlagenen metallischen Schicht bereitzustellen.

[0013] Die Aufgabe wird mit dem eingangs genannten Verfahren gelöst, nach dem vorgesehen ist, dass in dem Schritt des Ionenätzens des Substrats das Target als Anode geschaltet wird und zumindest ein Teil der Substratteilchen auf dem Target abgeschieden werden und danach das Target für die Abscheidung der metallischen Schicht auf der Oberfläche des Substrats umgepolt wird.

[0014] Weiter wird die Aufgabe der Erfindung mit dem eingangs genannten Mehrschichtgleitlagerelement gelöst, bei dem zwischen der metallischen Schicht und der Stützschicht eine Übergangszone ausgebildet ist, in der sowohl ein Anteil des Materials der Stützschicht als auch ein Anteil des Materials der metallischen Schicht vorhanden ist, wobei beginnend an der Oberfläche der Stützschicht der Anteil des Materials der metallischen Schicht innerhalb der Übergangszone zunimmt.

[0015] Indem Substratteilchen während des Ionenätzens auf dem Target niedergeschlagen werden, wird bereits auf dem Target eine Mischung aus Substratteilchen und Targetteilchen erreicht, die anschließend gemeinsam auf dem Substrat abgeschieden werden können. Je nach Menge an Substratteilchen, die auf dem Target abgeschieden wird, kann auch eine Schicht auf dem Target vorhanden sein, die nur aus Substratteilchen besteht. In der Folge wird das Target zerstäubt und die Targetteilchen auf dem Substrat niedergeschlagen. Die Targetteilchen umfassen nun auch die vorher abgeschiedenen Substratteilchen, sodass eine Mischung aus den beiden Teilchenarten niedergeschlagen wird. Dies wiederum verbessert die Haftfestigkeit der metallischen Schicht auf dem Substrat, da der Übergang von Substrat auf metallische Schicht nicht abrupt erfolgt. Als Zusatzeffekt kann mit diesem Verfahren eine effizientere Herstellung des Mehrschichtgleitlagerelementes realisiert werden, da eine Reinigung der Beschichtungskammer von vom Substrat stammenden Teilchen, wie diese im voranstehend angeführten Stand der Technik durchgeführt wird, nicht mehr zwingend erforderlich ist.

[0016] Nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass der Verfahrensschritt der Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Substrat unmittelbar anschließend an den Schritt des Ionenätzens der Oberfläche des Substrats durchgeführt wird. Es kann damit eine Verfahrensvereinfachung und somit eine Zeitsparnis in der Herstellung der Mehrschichtgleitlagerelemente realisiert werden, da ein Zwischenpulung der Beschichtungskammer entfällt. Eine räumliche Trennung zwischen der Kammer für die Vorreinigung und der Prozesskammer ist nicht erforderlich.

[0017] Nach einer anderen Ausführungsvariante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass durch das Ionenätzen der Oberfläche des Substrats von diesem Substratteilchen bis zu einer Schichtdicke von zumindest bereichsweise von 0,3 µm bis 5 µm abgetragen werden. Damit kann die Haftfestigkeit weiter verbessert werden, da während des Ionenätzens relativ viel Substratmaterial entfernt wird, das für die anschließende Abscheidung der metallischen Schicht zur Verfügung steht, wodurch die Schichtdicke der Übergangszone verbreitert und damit der Übergang vom Material der Übergangszone auf die metallische Schicht sanfter gestaltet werden kann. Es kann damit eine stärkere mechanische Verklammerung der Komponenten und somit eine Verstärkung der Haftung der metallischen Schicht auf dem Substrat erreicht werden.

[0018] Vorzugsweise wird nicht nur ein Gemisch aus Substratteilchen und Targetteilchen auf dem Substrat niedergeschlagen sondern werden während der Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Substrat zumindest aus einem Teil der Substratteilchen und einem Teil der Targetteilchen Legierungsteilchen gebildet. Auch mit dieser Ausführungsvariante ist eine weitere Verbesserung der Haftfestigkeit der metallischen Schicht auf dem Substrat erreichbar.

[0019] Gleichzeitig mit dem Ionenätzen kann auch die zu beschichtende Oberfläche des Substrats gereinigt werden, beispielsweise von Oxiden, also nichtmetallischen Teilchen. Wiederum ist damit eine Verfahrensverkürzung erreichbar. Die nichtmetallischen Teilchen können in diesem Verfahrensschritt ebenfalls auf dem zumindest einen Target niedergeschlagen werden, sodass sie in während der Abscheidung der metallischen Schicht zumindest teilweise wieder

auf das Substrat rückübertragen werden.

[0020] Gemäß einer Ausführungsvariante des Mehrschichtgleitlagerelementes sind in der Übergangszone nichtmetallische Teilchen enthalten, die auch auf anderen, nicht mit der metallischen Schicht versehenen Oberflächen der Stützschicht vorhanden sind. Überraschenderweise stören diese Teilchen den Beschichtungsprozess und die Haftfestigkeit der metallischen Schicht auf dem Substrat nicht. Vermutlich liegt dies daran, dass diese nichtmetallischen Teilchen, die auf dem Substrat auf die relativ dünne Oberflächenschicht konzentriert waren, während der Abscheidung der metallischen Schicht auf ein größeres Volumen bzw. eine größere Schichtdicke verteilt werden. Es wird mit dieser Ausführungsvariante nicht nur die Zwischensspülung der Beschichtungskammer zur Entfernung von oxidischen Bestandteilen vermieden, sondern können diese nichtmetallischen Teilchen, beispielsweise keramischen Teilchen, gegebenenfalls auch verstärkend in der Übergangszone wirken.

[0021] Es kann auch vorgesehen sein, dass die Übergangszone eine Schichtdicke zwischen 0,3 µm und 5 µm aufweist, wodurch wiederum ein mehr oder weniger sanfter Übergang vom Substrat auf die metallische Schicht erreicht werden kann.

[0022] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0023] Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0024] Fig. 1 ein Mehrschichtgleitlagerelement in Seitenansicht;

[0025] Fig. 2 eine Sputterkammer.

[0026] 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 bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0027] Wenn im Folgenden bzw. generell Legierungszusammensetzungen angegeben sind, sind diese - sofern nichts anderes angegeben ist - so zu verstehen, dass die Anteile jeweils in Gew.-% angegeben sind.

[0028] Zahlenangaben zur Zusammensetzung der Legierung beziehen sich immer auf die gesamte Legierung, sofern nichts anderes angegeben ist.

[0029] Weiter sind die Angaben zu den Legierungszusammensetzungen so zu verstehen, dass diese üblichen Verunreinigungen, wie sie in großtechnisch eingesetzten Rohstoffen auftreten, mitumfassen. Es besteht aber im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass Rein- bzw. Reinstmetalle eingesetzt werden.

[0030] Fig. 1 zeigt ein Mehrschichtgleitlagerelement 1 in Form einer Gleitlagerhalbschale. Dargestellt ist eine zweischichtige Variante des Mehrschichtgleitlagerelements 1, bestehend aus einer Stützschicht 2 und einer Gleitschicht 3, die auf einer Vorderseite 4 (radial innere Seite) des Mehrschichtgleitlagerelements 1, die einem zu lagernden Bauteil zuwendbar ist, angeordnet ist.

[0031] Gegebenenfalls kann eine Lagermetallschicht 5 zwischen der Gleitschicht 3 und der Stützschicht 2 angeordnet sein, wie dies in Fig. 1 strichliert angedeutet ist.

[0032] Der prinzipielle Aufbau derartiger Mehrschichtgleitlagerelemente 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 Gleitschicht 4 und der Lagermetallschicht 5 eine Haftvermittlerschicht und/oder eine Diffusionssperrsicht, ebenso kann zwischen der Lagermetallschicht 3 und der Stützschicht 2 eine Haftmittelschicht angeordnet wer-

den.

[0033] Im Rahmen der Erfindung kann das Mehrschichtgleitlagerelement 1 auch anders ausgeführt sein, beispielsweise als Lagerbuchse, wie dies in Fig. 1 strichiert angedeutet ist. Ebenso sind Ausführungen wie Anlaufringe, axial laufende Gleitschuhe, oder dergleichen möglich.

[0034] Die Stützschicht 2 besteht bevorzugt aus Stahl, kann aber auch aus einem Werkstoff, der dem Mehrschichtgleitlagerelement 1 die erforderliche Strukturfestigkeit verleiht, bestehen. Derartige Werkstoffe sind aus dem Stand der Technik bekannt.

[0035] Für die Lagermetallschicht 5 sowie die Zwischenschichten können die aus dem einschlägigen Stand der Technik bekannten Legierungen bzw. Werkstoffe verwendet werden, und sei diesbezüglich darauf verwiesen.

[0036] Die Gleitschicht 3 kann aus einer Legierung mit einem Element aus der Gruppe umfassend bzw. bestehend aus Zinn, Aluminium, Kupfer, Silber, Kohlenstoff, Molybdän, Indium als Basiselement, das den Hauptbestandteil der Legierung bildet, bestehen. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die Gleitschicht 3 nur aus einem Element besteht, beispielsweise aus Silber, Zinn, Kohlenstoff, Indium. Besonders bevorzugt wird die Gleitschicht 3, bzw. generell die metallische Schicht, nur aus Silber oder aus einer bzw. als Silberbasislegierung hergestellt.

[0037] Zur Herstellung des Mehrschichtgleitlagerelementes 1 wird ein Gleitlagerelementrohling 6 vorbereitet. Der Gleitlagerelementrohling 6 besteht zumindest aus der Stützschicht 2, kann jedoch auch zumindest eine weitere der voranstehend genannten Schichten aufweisen, insbesondere die Lagermetallschicht 5. Die Herstellung dieses Gleitlagerelementrohlings 6 (Fig. 2) kann dem Stand der Technik entsprechend erfolgen, indem beispielsweise auf eine Stahlplatine eine Lagermetallschicht aufgebracht und damit durch Walzen verbunden wird. Auch andere bekannte Verfahren sind anwendbar. Gegebenenfalls erfolgt eine mechanische Bearbeitung dieses Gleitlagerelementrohlings 6.

[0038] Es sei jedoch noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das Mehrschichtgleitlagerelement 1 auch nur aus der Stützschicht 2 und der Gleitschicht 3 bestehen kann.

[0039] Der Gleitlagerelementrohling 6 kann durch umformen bereits in die entsprechende Form, beispielsweise die Form einer Halbschale, gebracht werden, bevor die Gleitschicht 3 darauf abgeschieden wird.

[0040] Die Gleitschicht 3 wird aus der Gasphase nach einem Kathodenserstäubungsverfahren (Kathodensputterverfahren) auf dem Gleitlagerelementrohling 6 abgeschieden. Da dieses Verfahren prinzipiell aus dem Stand der Technik bekannt ist, sei zur Vermeidung von Wiederholungen darauf verwiesen.

[0041] Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es im Rahmen der Erfindung möglich ist, auch andere Schichten des Mehrschichtgleitlagerelementes 1 durch Gasphasenabscheidung nach einem Kathodensputterverfahren auf dem Gleitlagerelementrohling 6 abzuscheiden, beispielsweise die Lagermetallschicht 5.

[0042] Zur Abscheidung wird zumindest ein Gleitlagerelementrohling 6 in eine Abscheidekammer 7 gegeben, die in Fig. 2 schematisch dargestellt ist. Beispielsweise kann der Gleitlagerelementrohling 6 in die Abscheidekammer 7 über eine Schleuse eingeschleust werden. Der Gleitlagerelementrohling 6 kann während der Abscheidung der Gleitschicht 3 auf einem Träger 8 angeordnet und von diesem gehalten werden.

[0043] Der ein- oder mehrschichtige Gleitlagerelementrohling 6 bildet das Substrat für die nachfolgende Abscheidung der metallischen Schicht.

[0044] Es ist auch möglich, dass mehrere Gleitlagerelementrohlinge 6 gleichzeitig beschichtet werden, wofür ein entsprechend geformter Träger 8 verwendet werden kann.

[0045] Wenn im Folgenden auf einen Gleitlagerelementrohling 6 Bezug genommen wird, dann gelten diese Ausführungen auch für die gleichzeitige Beschichtung mehrerer Gleitlagerelementrohlinge 6, auch wenn dies nicht explizit erwähnt wird.

[0046] Obwohl in Fig. 2 der Gleitlagerelementrohling 6 ebenflächig dargestellt ist, kann dieser - wie voranstehend beschrieben - bereits umgeformt sein, also beispielsweise die Form einer Halbschale aufweisen, sodass also der zu beschichtende Gleitlagerelementrohling 6 eine gekrümmte zu beschichtende Oberfläche aufweisen kann.

[0047] In diesem Fall kann bevorzugt vorgesehen werden, dass das Target 9 für die Abscheidung der metallischen Schicht, insbesondere der Gleitschicht 3, koaxial mit dieser Halbschale angeordnet ist.

[0048] Die Gleitschicht 3 kann bevorzugt mit einer Schichtdicke von mindestens 5 µm, vorzugsweise mindestens 15 µm, und maximal 60 µm, vorzugsweise maximal 50 µm, erzeugt werden, sofern eine Lagermetallschicht 3 angeordnet wird. Bei Fehlen einer Lagermetallschicht 3 werden bevorzugt Schichtdicken von mindestens 20 µm, vorzugsweise mindestens 50 µm, und maximal 500 µm, vorzugsweise maximal 200 µm erzeugt.

[0049] In der Abscheidekammer 7 ist zumindest ein Target 9 angeordnet. Es können auch mehrere Targets 9 angeordnet werden.

[0050] Das Target 9 weist vorzugsweise die gleichen Metalle auf, aus denen auch die abzuscheidende Gleitschicht 3 hergestellt wird, beispielsweise die voranstehend genannten Elemente der genannten Basislegierungen. Insbesondere enthält das Target 9 diese Metalle in den gleichen relativen Mengen zueinander, sodass also das Target 9 zumindest annähernd die gleiche, insbesondere genau die gleiche, Zusammensetzung aufweisen kann, wie die herzstellende Gleitschicht 3.

[0051] Falls mehrere Targets 9 verwenden werden, können alle die gleiche Zusammensetzung aufweisen. Es ist aber auch möglich, unterschiedlich zusammengesetzte Targets 9 zu verwenden, wobei die Summe der Targets 9 qualitativ die Summe der abzuscheidenden Metalle ergeben.

[0052] Das oder die Target(s) 9 und der oder die Gleitlagerelementrohling(e) 6 werden entsprechend elektrisch kontaktiert, sodass zwischen diesen ein elektrisches Potential vorherrscht.

[0053] Falls notwendig, wird die Abscheidekammer 7 gespült und evakuiert, nachdem der Gleitlagerelementrohling 6 darin für die Abscheidung platziert wurden. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn der Gleitlagerelementrohling 6 nicht eingeschleust wird, sondern die Abscheidekammer 7 hierfür geöffnet wird.

[0054] Als Spülgas kann das auch während der Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Gleitlagerelementrohling 6 eingesetzte Prozessgas, beispielsweise Argon, verwendet werden. Der Druck für die nachfolgende Behandlung des Gleitlagerelementrohlings 6 kann zwischen 5.e⁻³ mbar und 0,1 mbar betragen.

[0055] Vor der Abscheidung der eigentlichen metallischen Schicht auf dem Gleitlagerelementrohling 6, also der Gleitschicht 3 im betrachteten Ausführungsbeispiel, wird dieser einer Vorbehandlung unterzogen. Dazu wird der Gleitlagerelementrohling 6 als Kathode geschaltet und das zumindest eine Target 9 als Anode. Durch den Beschuss der zu beschichtenden Oberfläche des Gleitlagerelementrohlings 6 mit Ionen aus dem (Inert)Gas in der Abscheidekammer 7 wird ein Teil des Gleitlagerelementrohlings 6 in Form von Substratteilchen von diesem entfernt. Diese bewegen sich dann zur Anode, also zum Target 9, hin und schlagen sich auf deren Oberfläche zumindest zum Teil, insbesondere zur Gänze, nieder.

[0056] Für dieses Ionenäten können folgende Parameter angewandt werden:

[0057] Potentialdifferenz zwischen dem Gleitlagerelementrohling 6 und dem Target 9 oder den Targets 9: -1700 V bis -400 V

[0058] Prozessgas: Argon

[0059] Prozessgas-Druck: 5.e⁻³ mbar bis 0,1 mbar

[0060] Temperatur: 90 °C bis 190 °C

[0061] Behandlungsdauer: 2 Minuten bis 60 Minuten

[0062] Vorzugsweise kann das Ionenätzen der Oberfläche des Substrats, also des Gleitlagerelementrohlings 6, nach einer Ausführungsvariante des Verfahrens so lange durchgeführt werden, dass von diesem Substratteilchen bis zu einer Schichtdicke zumindest bereichsweise von 0,3 µm bis 5 µm, insbesondere von 0,5 µm bis 1,5 µm, abgetragen. Anders ausgedrückt wird die Schichtdicke des Gleitlagerelementrohlings 6 ausgehend von der zu beschichtenden Oberfläche zumindest bereichsweise, insbesondere zur Gänze, um 0,3 µm bis 5 µm, insbesondere um 0,5 µm bis 1,5 µm, verringert.

[0063] Nach einer weiteren Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass nicht nur metallische Bestandteile des Gleitlagerelementrohlings 6 abgetragen werden, sondern dass gleichzeitig auch daran anhaftende Verunreinigungen, insbesondere in Form von keramischen Partikel, wie beispielsweise Oxiden, entfernt werden. Es kann also auf eine gesonderte Reinigung des Gleitlagerelementrohlings 6 von diesen Überzügen verzichtet werden. Auch diese keramischen Partikel können auf der Oberfläche des Targets 9 zumindest teilweise niedergeschlagen werden, sodass sie in weiterer Folge während des eigentlichen Beschichtungsschrittes wieder auf den Gleitlagerelementrohling 6 gelangen. Der Begriff Substratteilchen umfasst bei dieser Ausführungsvariante auch diese Teilchen, die aus Verunreinigungen stammen.

[0064] Gemäß einer Ausführungsvariante dazu kann vorgesehen sein, dass die abgetragenen Partikel mittels eines Prozessgasgemisches (z.B. ein Argon/Sauerstoff-Gemisch) während der Reinigung des Substrats (während des Ionenätzens) oxidiert werden, und diese dann auf dem Target 9 niederschlagen werden. Es können damit keramische Partikel, beispielsweise Oxide, in einem größeren Ausmaß erzeugt werden, z.B. zur Verstärkung der metallischen Schicht.

[0065] Alternativ oder zusätzlich dazu können Teilchen beim Beschichtungsprozess mittels eines Gasgemisches reaktiv gesputtert werden, wodurch ebenfalls keramische Partikel erzeugt werden können.

[0066] Der Einbau von keramischen Partikeln kann auch dazu genutzt werden, um im Mehrschichtgleitlagerelement 1 eine elektrisch isolierender Schicht auszubilden. Dazu kann beispielsweise am Beginn der Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Gleitlagerelementrohling 6 ein Prozessgasgemisch, beispielsweise Argon mit Sauerstoff, verwendet werden, sodass die abzuscheidenden Partikel oxidiert werden. Nach Erhalt der gewünschten Schichtdicke kann für den weiteren Verlauf der Abscheidung auf reines Inertgas umgestellt werden. Reste des vorher vorhandene Zusatzgases werden dabei noch verbraucht. Diese Verfahrensweise kann generell für den Einbau keramischer Partikel angewandt werden, also nicht nur für die Ausbildung einer elektrisch isolierenden Schicht.

[0067] Nach dieser Vorbehandlung des Gleitlagerelementrohlings 6 kann die Abscheidekammer 7 bei Bedarf gereinigt, also insbesondere mit einem Inertgas ein- oder mehrmals gespült und für die Abscheidung der Gleitschicht 3 evakuiert werden.

[0068] In der bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens erfolgt die Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Substrat, also in diesem Beispiel der Gleitschicht 3 auf dem Gleitlagerelementrohling 6 unmittelbar anschließend an das Ionenätzen in der selben Abscheidekammer 7.

[0069] Die Abscheidung der metallischen Schicht, also insbesondere der Gleitschicht 3, erfolgt in einem Prozessgas, beispielsweise bestehend aus oder umfassend Argon. Für die Abscheidung werden der Gleitlagerelementrohling 6 und das Target 9 umgepolt, sodass also während der Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Gleitlagerelementrohling 6 dieser die Anode und das Target die Kathode bilden.

[0070] Nur der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass zur Einführung des Prozessgases die Abscheidekammer 7 zumindest einen Einlass 10 und zu dessen Abfuhr zumindest einen Auslass 11 aufweisen kann.

[0071] Für die Abscheidung mittels Sputterverfahren (Kathodenzerstäubungsverfahren) können

folgende Parameter angewandt werden:

[0072] Potentialdifferenz zwischen dem Gleitlagerelementrohling 6 und dem Target 9 oder den Targets 9: -300 V bis 850 V

[0073] Prozessgas(gemisch): Argon, (Sauerstoff)

[0074] Prozessgas-Druck: 2×10^{-3} mbar bis 0,1 mbar,

[0075] Temperatur: 80 °C bis 240°C

[0076] Beschichtungsrate: 0,1 µm/Minute bis 5 µm/Minute

[0077] Beschichtungsdauer: 5 Minuten bis 380 Minuten

[0078] Bekanntlich werden beim Sputtern Prozessgasionen auf das Target 9 beschleunigt und schlagen aus diesem die abzuscheidenden Metallatome (d.h. die Targetteilchen) heraus, die in weiterer Folge in Richtung auf den Gleitlagerelementrohling 6 beschleunigt werden und sich auf dessen Oberfläche niederschlagen, sodass die Gleitschicht 3 aufgebaut wird.

[0079] Mit dem Kathodenerstüubbungsverfahren kann also die metallische Schicht, insbesondere die Gleitschicht 3, auf dem Gleitlagerelementrohling 6 aus der Gasphase in einem Prozessgas abgeschieden werden. Dazu wird die metallische Schicht aus einem Target 9, das eine Metallkombination mit einem metallischen Basiselement umfasst oder daraus besteht (bezogen auf die Metallkombination), durch zumindest teilweises Zerstäuben des Targets 9 und anschließendes Niederschlagen der zerstäubten Targetteilchen auf dem Gleitlagerrohling 6 hergestellt.

[0080] Nachdem während der Vorbehandlung Substratteilchen auf dem Target 9 niederschlagen wurden, werden diese während des zumindest teilweisen Zerstäubens des Targets 9 ebenfalls wieder zerstäubt und gelangen so zumindest zum Teil zurück auf die zu beschichtende Oberfläche des Gleitlagerelementrohlings 6. Je nachdem, wie lange die Vorbehandlung durchgeführt wurde, werden zu Beginn der Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Gleitlagerelementrohling 6 entweder nur diese Substratteilchen auf dem Gleitlagerelementrohling 6 oder bereits eine Mischung aus den Substratteilchen und den Targetteilchen niederschlagen. Mit vorschreitender Dauer der Abscheidung der metallischen Schicht nimmt der Anteil der Substratteilchen an der Mischung aus Substrat- und Targetteilchen ab, bis die Substratteilchen zur Gänze aufgebraucht sind und sich in der Folge nur mehr die Targetteilchen auf dem Gleitlagerelementrohling 6 zur Ausbildung der metallischen Schicht niederschlagen.

[0081] Es entsteht auf diese Weise zwischen dem Substrat, also dem Gleitlagerelementrohling 6, und der metallischen Schicht, also beispielsweise der Gleitschicht 3, eine Übergangszone 12 (Fig. 1), in der sowohl der Werkstoff des Substrats als auch der Werkstoff der metallischen Schicht vorhanden sind.

[0082] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante des Mehrschichtgleitlagerelementes 1 wird die Dauer der Vorbehandlung (die u.a. für die Menge an Substratteilchen auf dem Target 9 verantwortlich ist), so gewählt, dass die Übergangszone 12 eine Schichtdicke zwischen 0,3 µm und 5 µm, insbesondere zwischen 0,5 µm und 3 µm, aufweist. Mit Schichtdicke der Übergangszone 12 auf dem Mehrschichtgleitlagerelement 1 ist dabei jene Schichtdicke gemeint, die mittels EDX nach folgendem Verfahren bestimmt wird. Es wird ein radialer Line Scan über die Bindezone durchgeführt und das Röntgensignal für Substrat (A) und Gleitschichtmaterial (B) gemessen. Die Signalstärken (Anstieg von A bei gleichzeitigem Abfall von B u.u.) folgen einer logistischen Funktion. Die Schichtdicke ist nun der Abstand zwischen zwei Punkten, wo die Signalstärke B von 10 % auf 90 % zunimmt.

[0083] Gemäß einer anderen Ausführungsvariante des Verfahrens zur Herstellung des Mehrschichtgleitlagerelementes 1 kann vorgesehen sein, dass während der Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Substrat zumindest aus einem Teil der Substratteilchen und einem Teil der Targetteilchen Legierungsteilchen gebildet werden. Mit anderen Worten wird also die metallische Schicht mit dem Werkstoff des Substrates, also des zu beschichtenden Werkstoffes des Mehrschichtgleitlagerelementes 1, legiert. Beispiele hierfür sind Silber mit Eisen. Es ist aber

auch die Bildung von intermetallischen Phasen aus dem Werkstoff des Gleitlagerelementrohlings 6 und der metallischen Schicht möglich, wie beispielsweise Cu_6Sn_5 , wodurch die Haftfestigkeit der metallischen Schicht auf dem Gleitlagerelementrohling 6 weiter verstärkt werden kann.

[0084] Mit dem Verfahren kann ein Mehrschichtgleitlagerelement 1 hergestellt werden, umfassend eine Stützschicht 2 und eine darauf angeordnete Gleitschicht 3, wobei die Gleitschicht 3 nach einem Kathodenzerstäubungsverfahren hergestellt ist, und zwischen der Gleitschicht 3 und der Stützschicht 2 eine Übergangszone 12 ausgebildet ist, in der sowohl ein Anteil des Materials der Stützschicht 2 als auch ein Anteil des Materials der Gleitschicht 3 vorhanden ist, wobei beginnend an der Oberfläche der Stützschicht 2 der Anteil des Materials der Gleitschicht 3 innerhalb der Übergangszone 12 zunimmt.

[0085] Sofern die Reinigung des Gleitlagerelementrohlings 6 ebenfalls in der selben Abscheidekammer 7 erfolgt, kann ein Mehrschichtgleitlagerelement 1 hergestellt werden, bei dem in der Übergangszone 12 nichtmetallische Teilchen enthalten sind, die auch auf anderen, nicht mit der Gleitschicht 3 versehenen Oberflächen der Stützschicht 2 als Oberflächenverunreinigungen vorhanden sind.

[0086] Nach der Abscheidung der metallischen Schicht, also insbesondere der Gleitschicht 3, auf dem Gleitlagerelementrohling 6, kann auf die freie Oberfläche der metallischen Schicht noch eine weitere tribologisch wirksame Schicht aufgebracht werden, wie beispielsweise eine Einlaufschicht oder eine Gleitlackschicht.

[0087] Folgende Gleitschichten 3 wurden mittels des beschriebenen Verfahrens hergestellt. Dabei wurden als Gleitlagerelementrohlinge 6 Halbschalen bestehend aus einer Stützschicht 2 aus Stahl eingebracht, wobei eine Gleitschicht 3 mit einer Dicke von etwa 20 μm aufgebracht wurde. Die Erzeugung der Gleitschicht 3 kann sowohl von einer einzelnen Quelle (Target 9), als auch gleichzeitig von mehreren Quellen (Targets 9) gleicher oder unterschiedlicher Zusammensetzung erfolgen. Als Gleitschicht 3 wurden Legierungen in folgenden Varianten der Zusammensetzung hergestellt.

[0088] Für die Beurteilung der Haftfestigkeit (a) nach Beschichtung und (b) nach Wärmeauslagerung in Stickstoffatmosphäre bei 180°C für 1000h: wurden Querschliffe angefertigt. Es wurden (1) sichtbare Ablösung in % im Querschliff nach Beschichtung und (2) Ablösungen nach Schabetest mittels Hartmetallmeißel bestimmt. Die Beurteilung der Haftung erfolgt nach dem Notensystem, wobei 1 für exzellente Haftung und 5 für vollständige Schichtablösung steht.

[0089] Ausführungsbeispiel 1:

[0090] Rohling: Stahl mit Lagermetall CuZn5Sn

[0091] Gleitschicht: AlSn20Cu1

[0092] Vorbehandlung:

[0093] Potentialdifferenz zwischen Gleitlagerelementrohling 6 und Target 9 -1150 V

[0094] Prozessgas: Argon

[0095] Prozessgas-Druck: 2×10^{-2} mbar,

[0096] Temperatur: 120°C

[0097] Behandlungsdauer: 6 Minuten

[0098] Abscheidung:

[0099] Potentialdifferenz zwischen Gleitlagerelementrohling und Target 620 V

[0100] Prozessgas: Argon

[0101] Prozessgas-Druck: 1×10^{-2} mbar,

[0102] Temperatur: 130°C

[00103] Spannung an dem oder den Targets 9: 0 V

[00104] Beschichtungsrate: 1,19 µm/Minute

[00105] Beschichtungsdauer: 21 Minuten

[00106] Ergebnisse:

[00107] Schichtdicke der Übergangszone: 0,8µm

[00108] Schichtdicke der Gleitschicht gesamt: 25µm

[00109] Haftung

	(1) Ablösung	(2) Schabetest
(a) nach Beschichtung	0 %	1,0
(b) nach Wärmeauslagerung	0 %	1,2

[00110] Ausführungsbeispiel 3:

[00111] Rohling: Stahl

[00112] Gleitschicht: AgCu6

[00113] Vorbehandlung:

[00114] Potentialdifferenz zwischen Gleitlagerelementrohling 6 und Target 9 -1290 V

[00115] Prozessgasgemisch: Argon + 0,5% Sauerstoff

[00116] Prozessgas-Druck: 1e^{-2} mbar,

[00117] Temperatur: 240°C

[00118] Behandlungsdauer: 20 Minuten

[00119] Abscheidung:

[00120] Potentialdifferenz zwischen Gleitlagerelementrohling 6 und Target 9: 550 V

[00121] Prozessgas: Argon

[00122] Prozessgas-Druck: 10e^{-2} mbar,

[00123] Temperatur: 130°C

[00124] Beschichtungsrate: 2,4 µm/Minute

[00125] Beschichtungsdauer: 42 Minuten

[00126] Ergebnisse:

[00127] Schichtdicke der Übergangszone: 1,7 µm

[00128] Schichtdicke der Gleitschicht gesamt: 100µm

[00129] Haftung

	(1)	(2)
(a) nach Beschichtung	0 %	1,0
(b) nach Wärmeauslagerung	0 %	1,0

[00130] Variante 3 - Stand der Technik - ohne Vorbehandlung, Ionenätzen in separater Prozesskammer:

[00131] Rohling: Stahl mit Lagermetall CuZn5Sn

[00132] Gleitschicht: AlSn20Cu1

[00133] Abscheidung:

[00134] Potentialdifferenz zwischen Gleitlagerelementrohling 6 und Target 9: 550 V

[00135] Prozessgas: Argon

[00136] Prozessgas-Druck: $10e^{-2}$ mbar,

[00137] Temperatur: 130°C

[00138] Beschichtungsrate: 1,19 µm/Minute

[00139] Beschichtungsdauer: 21 Minuten

[00140] Ergebnisse:

[00141] Schichtdicke der Übergangszone: 0µm - nicht vorhanden

[00142] Schichtdicke der Gleitschicht gesamt: 25µm

[00143] Haftung

	(1)	(2)
(a) nach Beschichtung	0 %	1,2
(b) nach Wärmauslagerung	75 %	4,4

[00144] Es sei darauf hingewiesen, dass auch andere Legierungen als Gleitschicht 3 hergestellt werden können, wie beispielsweise beispielsweise SnCu9Sb4Bi1, CuAl10Fe3, Ag, AlSn20Fe1. Die angeführten Legierungszusammensetzungen haben daher nur beispielhaften und keinen einschränkenden Charakter.

[00145] Die Ausführungsbeispiele zeigen bzw. beschreiben mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

[00146] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Mehrschichtgleitlagerelementes 1 bzw. der Kathodenerstäubungsanlage diese nicht zwingenderweise maßstäblich dargestellt wurden.

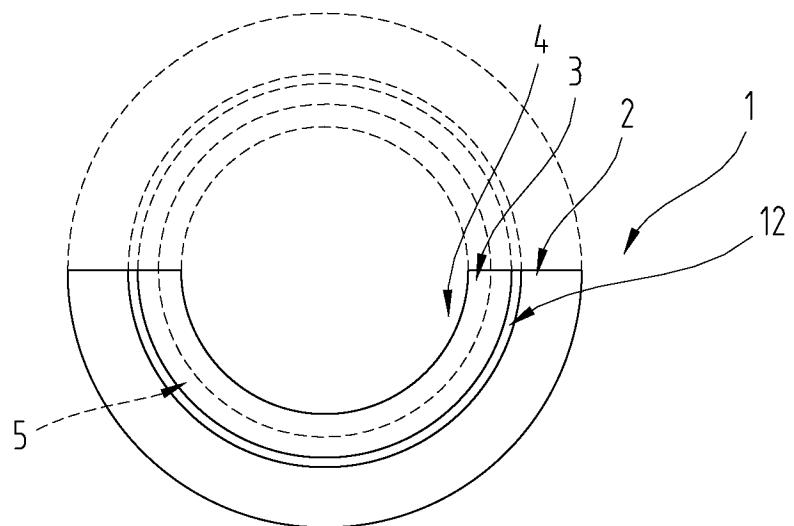
BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Mehrschichtgleitlagerelement
- 2 Stützschicht
- 3 Gleitschicht
- 4 Vorderseite
- 5 Lagermetallschicht
- 6 Gleitlagerelementrohling
- 7 Abscheidekammer
- 8 Träger
- 9 Target
- 10 Einlass
- 11 Auslass
- 12 Übergangszone

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Mehrschichtgleitlagerelementes (1), nach dem in einer Kammer einer Kathodenerstäubungsanlage auf einem Substrat eine metallische Schicht mittels Kathodenerstäubung zumindest eines Targets abgeschieden wird, umfassend die Schritte:
 - Einbringen eines Substrats in die Kammer der Kathodenerstäubungsanlage;
 - Ionenätzen der zu beschichtenden Oberfläche des Substrats durch Ionenbeschuss, wodurch aus der Oberfläche des Substrats Substratteilchen entfernt werden;
 - Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Substrat, wozu aus zumindest einem, als Kathode geschalteten Target Targetteilchen erzeugt werden, die auf dem Substrat niederschlagen werden,**dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Schritt des Ionenätzens des Substrats das Target als Anode geschaltet wird und zumindest ein Teil der Substratteilchen auf dem Target abgeschieden werden und danach das Target für die Abscheidung der metallischen Schicht auf der Oberfläche des Substrats umgepolt wird und dabei auf dem Substrat eine Übergangszone (12) ausgebildet wird, in der sowohl ein Anteil des Materials der Stützschicht (2) als auch ein Anteil des Materials der metallischen Schicht vorhanden ist, wobei beginnend an der Oberfläche der Stützschicht (2) der Anteil des Materials der metallischen Schicht innerhalb der Übergangszone (12) zunimmt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verfahrensschritt der Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Substrat unmittelbar anschließend an den Schritt des Ionenätzens der Oberfläche des Substrats durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch das Ionenätzen der Oberfläche des Substrats von diesem Substratteilchen bis zu einer Schichtdicke von zumindest bereichsweise von 0,3 µm bis 5 µm abgetragen werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Abscheidung der metallischen Schicht auf dem Substrat zumindest aus einem Teil der Substratteilchen und einem Teil der Targetteilchen Legierungsteilchen gebildet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass gleichzeitig mit dem Ionenätzen auch die zu beschichtende Oberfläche des Substrats gereinigt wird.
6. Mehrschichtgleitlagerelement (1) umfassend eine Stützschicht (2) und eine darauf angeordnete metallische Schicht, wobei die metallische Schicht nach einem Kathodenerstäubungsverfahren hergestellt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der metallischen Schicht und der Stützschicht (2) eine Übergangszone (12) ausgebildet ist, in der sowohl ein Anteil des Materials der Stützschicht (2) als auch ein Anteil des Materials der metallischen Schicht vorhanden ist, wobei beginnend an der Oberfläche der Stützschicht (2) der Anteil des Materials der metallischen Schicht innerhalb der Übergangszone (12) zunimmt.
7. Mehrschichtgleitlagerelement (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Übergangszone (12) nichtmetallische Teilchen enthalten sind, die auch auf anderen, nicht mit der metallischen Schicht versehenen Oberflächen der Stützschicht (2) vorhanden sind.
8. Mehrschichtgleitlagerelement (1) nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Übergangszone (12) eine Schichtdicke zwischen 0,3 µm und 5 µm aufweist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Fig.1**Fig.2**