

(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
10. November 2011 (10.11.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/138331 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation: Nicht klassifiziert
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/057064
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. Mai 2011 (03.05.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2010 028 558.7 4. Mai 2010 (04.05.2010) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **WALTER AG** [DE/DE]; Derendinger Straße 53, 72072 Tübingen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ENGELHART, Wolfgang** [DE/DE]; Im Baumgarten 12, 72555 Metzingen (DE). **SCHIER, Veit** [DE/DE]; Obere Gärten 21/1, 70771 Leinfelden-Echterdingen (DE).
- (74) Anwälte: **WEBER, Roland** et al.; WSL Patentanwalt, Postfach 61 45, 65051 Wiesbaden (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

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

(54) Title: PVD HYBRID METHOD FOR DEPOSITING MIXED CRYSTAL LAYERS

(54) Bezeichnung : PVD-HYBRIDVERFAHREN ZUM ABSCHIEDEN VON MISCHKRISTALLSCHICHTEN

(57) Abstract: The present invention relates to a method for depositing mixed crystal layers having at least two different metals (M1, M2) on a substrate by means of a PVD method. In order to provide a method for depositing mixed crystal layers having at least two different metals on a substrate by means of a PVD method, by means of which mixed crystal layers that are as free as possible from macroparticles (droplets) and that have as great a proportion as possible of a desired crystalline phase and that are highly crystalline are obtained, the deposition of the mixed crystal layer is performed while simultaneously applying i) the cathode sputtering method of dual magnetron sputtering or high power impulse magnetron sputtering (HIPIMS) and ii) arc vaporization (arc PVD).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abscheiden von Mischkristallschichten mit wenigstens zwei verschiedenen Metallen (M1, M2) auf einem Substrat mittels PVD-Verfahren. Um ein Verfahren zum Abscheiden von Mischkristallschichten mit wenigstens zwei verschiedenen Metallen auf einem Substrat mittels PVD-Verfahren bereitzustellen, mit dem man Mischkristallschichten erhält, die möglichst frei sind von Makropartikeln (Droplets) und die einen möglichst hohen Anteil einer gewünschten kristallinen Phase aufweisen und hochkristallin sind, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass das Abscheiden der Mischkristallschicht unter gleichzeitiger Anwendung i) des Kathodenzerstäubungsverfahrens duales Magnetronspattern oder High Power Impulse Magnetronspattern (HIPIMS) und ii) Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD) durchgeführt wird.



WO 2011/138331 A2

PVD-Hybridverfahren zum Abscheiden von Mischkristallschichten

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abscheiden von Mischkristallschichten mit wenigstens zwei Metallen (M1, M2) auf einem Substrat mittels PVD-Verfahren.

5

Stand der Technik

Schneidwerkzeuge, die beispielsweise zur spanabhebenden Metallbearbeitung eingesetzt werden, bestehen in der Regel aus einem Grundkörper (Substrat) aus Hartmetall, Cermet, Stahl oder Schnellarbeitsstahl mit einer verschleißbeständigen ein- oder mehrlagigen Beschichtung aus metallischen Hartstoffschichten, Oxidschichten und dergleichen. Zum Aufbringen solcher Beschichtungen werden CVD-Verfahren (Chemische Gasphasenabscheidung) und/oder PVD-Verfahren (Physikalische Gasphasenabscheidung) angewendet. Bei den PVD-Verfahren unterscheidet man zwischen verschiedenen Varianten, beispielsweise Kathodenzerstäubung (Sputter-Abscheidung), Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD), Ionenplattierung, Elektronenstrahlverdampfung und Laserablation. Kathodenzerstäubung, wie Magnetronspütern, reaktives Magnetronspütern oder High Power Impulse Magnetronspütern (HIPIMS), und das Lichtbogenverdampfen zählen zu den am häufigsten für die Beschichtung von Schneidwerkzeugen angewendeten PVD-Verfahren.

20

Beim Sputtern (Kathodenzerstäubung) werden aus dem Target durch Beschuss mit energiereichen Ionen Atome oder Moleküle herausgelöst und in die Gasphase überführt, wo sie dann entweder direkt oder nach Umsetzung mit einem Reaktionsgas auf dem Substrat abgeschieden werden. Beim Lichtbogenverdampfen brennt zwischen der Kammer und dem Target ein Lichtbogen, der das Targetmaterial schmilzt und verdampft. Dabei wird ein großer Teil des verdampften Materials ionisiert und zu dem mit einem negativen Potential belegten Substrat hin beschleunigt und auf der Substratoberfläche abgeschieden.

25

Sowohl durch Magnetronspütern als auch Lichtbogenverdampfen können Metalloxidschichten auf einem Substrat abgeschieden werden. Durch Lichtbogenverdampfen werden üblicherweise höhere Abscheidungsgeschwindigkeiten erzielt. Die Varianten des einfachen und

30

des dualen Magnetronspütern haben den Nachteil, dass viele Oxide in der besonders stabilen und daher erwünschten Alpha-Phase nicht oder höchstens teilweise erzielt werden können, wie beispielsweise beim Aluminiumoxid oder beim Aluminium-Chrom-Mischoxid. Beim Lichtbogenverdampfen kann man einen sehr hohen Anteil an Alpha-Phase der Metalloxide erreichen. Ein Nachteil des Lichtbogenverdampfens ist allerdings, dass verfahrensbedingt sehr viele Makropartikel (Droplets) mit abgeschieden werden, deren Vermeidung äußerst aufwendig ist. Die nach den vorgenannten Verfahren abgeschiedenen Schichten haben aufgrund der Abscheidung als instabile Phasen oder Mischphasen und/oder der Abscheidung mit sehr vielen Makropartikeln häufig nicht die ausreichend hohe Härte und niedrige Wärmeleitfähigkeit für bestimmte Anwendungen, bei denen diese Eigenschaften erforderlich sind.

Die DE 44 05 477 und Die DE 43 31 890 beschreiben die Herstellung von Nitridschichten, bei dem die Abscheidung eines Grundmaterials mittels unbalanciertem Magnetronspütern (einfaches Magnetronspütern) gestartet wird. Im späteren Verlauf der Schichtabscheidung wird dann kathodische Bogenentladung zugeschaltet, um zusätzliche Metalle (Einbaumaterial) in die Schicht des abgeschiedenen Grundmaterials einzubauen. Es ergibt sich eine mehrlagige Beschichtung, wobei davon auszugehen ist, dass aufgrund der niedrigen Plasmaenergien beim unbalancierten Magnetronspütern mehrphasige Schichten entstehen.

Die US 2005/0284747 beschreibt die Herstellung siliziumhaltiger Mehrlagenbeschichtungen mittels Magnetronspütern und Lichtbogenverdampfen, wobei die Beschichtungen ein mehrphasiges Gefüge mit Alpha-Siliziumnitrid und Beta-Siliziumnitrid aufweisen. Es wird kein Mischkristallgefüge erzielt. Aluminium und Legierungen davon werden im Lichtbogen abgeschieden, was zur Bildung von Makropartikeln (Droplets) führt.

Die EP 0 306 612 beschreibt die Herstellung von Beschichtungen auf Substraten mittels Kathodenzerstäubung und Bogenverdampfung, um gegenüber reiner Kathodenzerstäubung kompaktere, dichtere Schichten zu erhalten. Die abgeschiedenen Schichten weisen mit Nachteil in der Regel Mischphasen und viele Makropartikeln auf.

Aufgabe

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung bestand daher darin, ein Verfahren zum Abscheiden von Mischkristallschichten mit wenigstens zwei verschiedenen Metallen auf einem Substrat mittels PVD-Verfahren bereitzustellen, mit dem man Mischkristallschichten erhält, die möglichst frei sind von Makropartikeln (Droplets) und die einen möglichst hohen Anteil einer ge-

wünschten kristallinen Phase aufweisen, insbesondere einphasigen Mischkristallschichten, und die hochkristallin sind.

Beschreibung der Erfindung

5

Gelöst wird diese Aufgabe erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art, bei dem das Abscheiden der Mischkristallschicht unter gleichzeitiger Anwendung i) des Kathodenzerstäubungsverfahrens duales Magnetronspütern oder High Power Impulse Magnetronspütern (HIPIMS) und ii) Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD) durchgeführt wird.

10

Durch die erfindungsgemäße gleichzeitige Anwendung von dualem Magnetronspütern oder HIPIMS und Lichtbogenverdampfen lassen sich mit Vorteil hochkristalline einphasige Mischkristallschichten herstellen, die im Wesentlichen frei sind von Makropartikeln (Droplets), zumindest aber eine deutlich geringere Anzahl von Makropartikeln aufweisen als nach bekannten Verfahren hergestellte Schichten. Es wird angenommen, dass sich die im Wesentlichen einphasige Mischkristallstruktur aufgrund der beim dualen Magnetronspütern oder HIPIMS gegenüber einfachem Magnetronspütern deutlich höheren Plasmaenergien ausbildet. Dies war überraschend. Gleichzeitig zeichnen sich die erfindungsgemäß hergestellten Schichten aufgrund Ihrer besonderen Gefügeeigenschaften durch vorteilhafte Härte und Wärmeleitfähigkeit aus.

20

Erfindungsgemäß besonders bevorzugte Mischkristallschichten sind Schichten von einphasigen Mischkristallen von Aluminium-Chrom-Oxid $(\text{AlCr})_2\text{O}_3$. Schichten dieser Zusammensetzung können sowohl durch Lichtbogenverdampfen als auch durch einfaches oder duales Magnetronspütern von beispielsweise einem $\text{AlCr}(70/30)$ at%-Target abgeschieden werden. Bei der PVD-Abscheidung durch Lichtbogenverdampfen alleine erhält man zwar einen hohen Anteil der thermodynamischen stabilen Alpha-Phase des Mischkristalls, aber gleichzeitig auch einen sehr hohen Anteil an mit abgeschiedenen Makropartikeln (Droplets), welche die Qualität der Mischkristallschicht erheblich verschlechtern. Bei der Abscheidung durch Magnetronspütern wird zwar die Anzahl der mit abgeschiedenen Makropartikel (Droplets) gegenüber dem Lichtbogenverdampfen vermindert, jedoch erhält man kaum thermodynamisch stabile Alpha-Phase des Mischkristalls. Es konnte nun überraschend gezeigt werden, dass man durch das erfindungsgemäße Verfahren, welches gleichzeitige Anwendung von dualem Magnetronspütern oder HIPIMS und Lichtbogenverdampfen einsetzt, Mischkristallschichten abscheiden kann, bei denen man gleichzeitig hochkristalline Mischkristallschichten erhält, die nahezu frei von Makropartikeln (Droplets) sind und die einphasig sind oder zumin-

35

dest einen sehr hohen Anteil einer gewünschten Phase, z. B. stabile Alpha-Phase im Falle von Aluminium-Chrom-Oxid, und allenfalls geringe Anteile weiterer Phasen, z. B. Gamma-Phase im Falle von Aluminium-Chrom-Oxid, besitzen. Die Anwendung von einfachem Magnetronspotten und Lichtbogenverdampfen, wie sie auch im Stand der Technik beschrieben ist, führt nicht zu dem gewünschten Ergebnis.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden wenigstens zwei verschiedene Targets eingesetzt, nämlich ein Target mit wenigstens einem ersten Metall (M1) als Kathode im Lichtbogenverfahren und ein weiteres Target mit wenigstens einem weiteren Metall für die Kathodenzerstäubung im dualen Magnetronverfahren oder HIPIMS.

Als Targets können die reinen Metalle eingesetzt werden, beispielsweise reine Aluminium-Targets oder Chrom-Targets, oder gemischt metallische Targets, wie beispielsweise Aluminium/Chrom(70/30) at%-Targets. Alternativ können auch keramische Targets eingesetzt werden, welche die abzuscheidenden Verbindungen bereits enthalten, beispielsweise Metalloxide, Metallnitride, Metallecarbide oder Metallboride. Zweckmäßigerweise setzt man das höher schmelzende Targetmaterial im Lichtbogenverfahren und das niedriger schmelzende Targetmaterial im dualen Magnetronverfahren oder HIPIMS ein. Ein erfindungsgemäß vorteilhaftes Beispiel ist die Verwendung eines metallischen Chrom-Targets im Lichtbogenverfahren und eines metallischen Aluminium-Targets im dualen Magnetronverfahren oder HIPIMS. Setzt man die vorgenannten Targets umgekehrt ein, erhält man eine höhere Abscheidung von Makropartikeln (Droplets) und einen geringeren Grad an Kristallinität der Mischkristallschichten.

In einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens sind die Mischkristallschichten einphasige oder im Wesentlichen einphasige Mischkristallschichten aus gemischten Oxiden, Carbiden, Nitriden, Carbonitriden, Oxinitriden, Oxicarbiden, Oxicarbonitriden, Boriden, Boronitriden, Borocarbiden, Borocarbonitriden, Borooxinitriden, Borooxocarbiden, Borooxocarbonitriden, Oxoboronitriden der wenigstens zwei verschiedenen Metalle (M1, M2). Vorzugsweise bestehen die Mischkristallschichten jedoch aus gemischten Oxiden der wenigstens zwei verschiedenen Metalle (M1, M2). Ein ganz besonders bevorzugtes System sind Mischkristallschichten aus Aluminium-Chrom-Oxid.

Für das erfindungsgemäße Verfahren eignen sich duales Magnetronspotten und High Power Impulse Magnetronspotten (HIPIMS). Ganz besonders bevorzugt ist reaktives duales

Magnetronspattern, beispielsweise unter Verwendung rein metallischer Targets und Sauerstoff als Reaktivgas.

5 In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird für die Anwendung des dualen Magnetronverfahrens oder HIPIMS wenigstens ein Target verwendet, welches wenigstens das erste Metall (M1) enthält. Alternativ können für die Anwendung des dualen Magnetronverfahrens oder HIPIMS aber auch gemischt metallische Targets verwendet werden, die sowohl das erste Metall (M1) als auch das zweite Metall (M2) und gegebenenfalls weitere Metalle enthalten. Ein Beispiel für ein gemischt metallisches Target in dem bereits genannten
10 Aluminium-Chrom-Oxid-System wäre ein Aluminium/Chrom(70/30) at%-Target.

Für die Anwendung des Lichtbogenverdampfens (Arc-PVD) wird wenigstens ein Target verwendet, welches wenigstens das zweite Metall (M2) enthält.

15 Wenn im Zusammenhang mit dieser Anmeldung angegeben ist, dass ein Target ein Metall oder mehrere Metalle enthält, so umfasst dies sowohl rein metallische Targets als auch keramische Targets, in denen das Metall oder die Metalle beispielsweise als Oxid, Nitrid, Carbid oder Borid vorliegt bzw. vorliegen.

20 Generell eignet sich nahezu jedes Metall zum Abscheiden der erfindungsgemäßen Mischkristallschichten. In einer Ausführungsform der Erfindung sind das erste Metall und das zweite Metall unter den Elementen der Nebengruppen IVa bis VIIa des Periodensystems, Lithium, Bor, Aluminium und Silizium ausgewählt. Vorzugsweise sind jedoch das erste Metall und das zweite Metall Aluminium und Chrom. Eine Aluminium-Chrom-Mischoxidschicht innerhalb einer Werkzeugbeschichtung hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen. Diese Beschichtungen weisen eine sehr hohe Härte und Verschleißbeständigkeit auf.
25

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden für die Herstellung von Aluminium-Chrom-Mischoxidschichten für die Anwendung des dualen Magnetronverfahrens oder
30 HIPIMS zwei Aluminium-Targets oder ein Aluminium-Target und ein gemischtes Aluminium-Chrom-Target verwendet. Für das Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD) werden ein oder zwei Chrom-Targets verwendet. Innerhalb der PVD-Vorrichtung sind für das gleiche PVD-Verfahren vorgesehenen Targets auf einander gegenüberliegenden Seiten der Substrathalter angeordnet.

35

In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden die Mischkristallschichten in Schichtdicken von 0,2 nm bis 10 µm, vorzugsweise von 5 nm bis 1 µm, besonders bevorzugt 10 nm bis 100 nm abgeschieden. Zu große Schichtdicken haben den Nachteil, dass die Lagen aufgrund ungünstiger Spannungszustände abplatzen können. Zudem nimmt die Abscheidungsgeschwindigkeit mit zunehmender Schichtdicke ab, so dass die Abscheidung aufgrund sehr geringer Abscheidungsgeschwindigkeit unwirtschaftlich werden kann.

Die Mischkristalloxidschichten der vorliegenden Erfindung können in sich eine Lagenstruktur aufweisen, die aufgrund der Rotation der Substrate bei der Abscheidung in der PVD-Apparatur in Abhängigkeit von der Rotationsgeschwindigkeit entstehen kann. Die übereinander angeordneten Lagen können dabei gemäß der Target-Zusammensetzung unterschiedliche Chemische Zusammensetzung und/oder unterschiedliche Orientierungen der Kristalle aufweisen, wobei das Kristallsystem der übereinander angeordneten Lagen innerhalb einer Mischkristalloxidschicht das gleiche ist. Die Dicke der einzelnen Lagen innerhalb einer Mischkristalloxidschicht kann von 0,1 nm bis 1 µm, vorzugsweise 2 nm bis 500 nm, besonders bevorzugt 3 nm bis 50 nm, ganz besonders bevorzugt 5 nm bis 15 nm betragen.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist das Substrat für die Abscheidung der Mischkristallschichten aus Hartmetall, Cermet, Stahl oder Schnellarbeitsstahl (HSS) hergestellt. Besonders bevorzugt ist das Substrat aus Hartmetall oder Cermet hergestellt.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird für das Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD) Targetmaterial mit einem Schmelzpunkt über 700 °C, vorzugsweise über 1000 °C, besonders bevorzugt über 1500 °C verwendet. Die Verwendung eines Targetmaterials mit einem hohen Schmelzpunkt im Lichtbogenverfahren hat den Vorteil, dass gegenüber einem niedrig schmelzenden Targetmaterial erheblich weniger Makropartikel (Droplets) mit abgeschieden werden.

Die vorliegende Erfindung umfasst auch ein Schneidwerkzeug mit einem Substrat und einer darauf aufgebracht ein- oder mehrlagigen Beschichtung, wobei wenigstens eine Schicht der mehrlagigen Beschichtung eine unter Anwendung des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche hergestellte Mischkristallschicht ist.

Bevorzugt ist die wenigstens eine Mischkristallschicht der mehrlagigen Beschichtung eine Aluminium-Chrom-Oxid-Mischkristallschicht, welche vollständig oder wenigstens 90 Vol.-% davon in der Alpha-Phase vorliegt.

- 5 Die erfindungsgemäße Mischkristallschicht hat den Vorteil, dass sie ein besonders hohes Maß an Kristallinität und einen geringen Anteil an abgeschiedenen Makropartikeln (Droplets) aufweist. Im System der Aluminium-Chrom-Mischoxide und in vergleichbaren Systemen mit ähnlicher Kristallstruktur erhält man unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ein besonders hohen Anteil der thermodynamisch stabilen Alpha-Phase des Mischkristalls.
- 10 Die Vorteile sind hohe Härte, hohe Verschleißbeständigkeit, hohe Temperaturbeständigkeit, hohe Temperaturwechselbeständigkeit,

Beispiele

- 15 In einer PVD-Apparatur wurden Hartmetallsubstrate gemäß der vorliegenden Erfindung (Beispiele 1 und 2) sowie konventionell (Vergleichsbeispiele 1 und 2) mittels dualen Magnetronspütern alleine (Vergleichsbeispiele) oder in Kombination mit Lichtbogenverdampfung (erfindungsgemäße Beispiele) mit Aluminium-Chrom-Mischoxidschichten bzw. Aluminiumoxid beschichtet. Anschließend wurden die Vickers-Härte (HV) und das reduzierte
- 20 E-Modul ($EIT/(1-\nu^2)$) bestimmt. Die Versuchsparmeter und Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabellen wiedergegeben.

- Durch Röntgenbeugungsuntersuchungen wurde bestätigt, dass die Schichten der Beispiele 1 und 2 einphasige Mischkristallschichten aus Alpha-Aluminium-Chrom-Oxid waren, wogegen
- 25 Vergleichsbeispiel 1 nur ein Gemisch aus Gamma-Aluminiumoxid und amorphem Aluminiumoxid und Vergleichsbeispiel 2 eine Mischung aus Alpha- und Gamma-Phasen lieferten. Alle Schichten waren im Wesentlichen frei von Makropartikeln (Droplets).

Prozessparameter	Beispiel 1	Beispiel 2	Vergleichs- beispiel 1	Vergleichs- beispiel 2
duales Magnetron	Al- Rechtecktargets (81cm x 16cm)	Al- und AlCr(70/30) at%- Rechtecktargets (81cm x 16cm)	Al- Rechtecktargets (81cm x 16cm)	AlCr(70/30) at%- Rechtecktargets (81cm x 16cm)
Lichtbogenverdampfung	4 Cr- Rundquellen (Ø 63mm) mit je 75A	4 Cr- Rundquellen (Ø 63mm) mit je 75A		
Substratvorspannung	120V (unipolar gepulst Fre- quenz 100Hz)	60V (unipolar gepulst Fre- quenz 100Hz)	150V	150V
Leistung (duales Magnetron)	20kW	20kW	20kW	20kW
Argonfluss	180sccm	180sccm	500sccm	500sccm
Sauerstofffluss	500sccm	500sccm	100sccm	100sccm

	Beispiel 1	Beispiel 2	Vergleichs- beispiel 1	Vergleichs- beispiel 2
Vickers-Härte (HV)	2438	2270	2101	2602
EIT/(1-v ²)	328 GPa	280 GPa	315 GPa	339 GPa

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Abscheiden von Mischkristallschichten mit wenigstens zwei verschiedenen Metallen (M1, M2) auf einem Substrat mittels PVD-Verfahren, dadurch gekennzeichnet, dass das Abscheiden der Mischkristallschicht unter gleichzeitiger Anwendung i) des Kathodenzerstäubungsverfahrens duales Magnetronspütern oder High Power Impulse Magnetronspütern (HIPIMS) und ii) Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD) durchgeführt wird.
- 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mischkristallschichten einphasige Mischkristallschichten aus gemischten Oxiden, Carbiden, Nitriden, Carbo-
- 15 nitriden, Oxinitriden, Oxicarbiden, Oxicarbonitriden, Boriden, Boronitriden, Borocarbiden, Borocarbonitriden, Borooxinitriden, Borooxocarbiden, Borooxocarbonitriden, Oxoboronitriden der wenigstens zwei verschiedenen Metalle (M1, M2) sind, vorzugsweise einphasige Mischkristallschichten aus gemischten Oxiden der wenigstens zwei verschiedenen Metalle (M1, M2).
- 20 3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Metall und das zweite Metall ausgewählt sind unter den Elementen der Nebengruppen IVa bis VIIa des Periodensystems, Lithium, Bor, Aluminium und Silizium.
- 25 4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei verschiedenen Metalle (M1, M2) Aluminium und Chrom sind.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die Anwendung des Kathodenzerstäubungsverfahrens duales Magnetronspütern oder High Power Impulse Magnetronspütern (HIPIMS) wenig-
- 30stens ein Target verwendet wird, welches wenigstens das erste Metall (M1) enthält und gegebenenfalls zusätzlich das zweite Metall (M2) und gegebenenfalls weitere Metalle enthält, und für die Anwendung des Lichtbogenverdampfens (Arc-PVD) wenigstens ein Target verwendet wird, welches wenigstens das zweite Metall (M2) enthält.
- 35

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass für die Anwendung des Kathodenzerstäubungsverfahrens duales
Magnetronspütern oder High Power Impulse Magnetronspütern (HIPIMS) mit zwei
Aluminium-Targets oder einem Aluminium-Target und einem gemischten Aluminium-
Chrom-Target verwendet wird und für das Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD) wenigstens ein Chrom-Target verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass die Mischkristallschichten in Schichtdicken von 0,2 nm bis 10 µm, vorzugsweise von 5 nm bis 1 µm, besonders bevorzugt von 10 nm bis 100 nm abgeschieden werden.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass das Substrat aus Hartmetall, Cermet, Stahl oder Schnellarbeitsstahl (HSS) hergestellt ist.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
dass für das Lichtbogenverdampfen (Arc-PVD) Targetmaterial mit einem Schmelzpunkt über 700 °C, vorzugsweise über 1000 °C, besonders bevorzugt über 1500 °C verwendet werden.
10. Schneidwerkzeug mit einem Substrat und einer darauf aufgetragenen ein- oder mehrlagigen Beschichtung, wobei wenigstens eine Schicht der mehrlagigen Beschichtung eine unter Anwendung des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche hergestellte Mischkristallschicht ist.
11. Schneidwerkzeug nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Mischkristallschicht der mehrlagigen Beschichtung eine Aluminium-Chrom-Oxid-Mischkristallschicht ist, welche vollständig oder wenigstens 90 Vol.-% davon in der Alpha-Phase vorliegt.