



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 022 792 A1** 2009.11.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 022 792.7**

(22) Anmeldetag: **08.05.2008**

(43) Offenlegungstag: **26.11.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 21/673** (2006.01)
H01L 21/68 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
 angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:
**PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 80339
 München**

(72) Erfinder:
**Kalkowski, Gerhard, Dr., 07743 Jena, DE; Stenzel,
 Olaf, Dr., 07751 Bucha, DE; Stöckl, Wieland,
 Dipl.-Ing., 07749 Jena, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

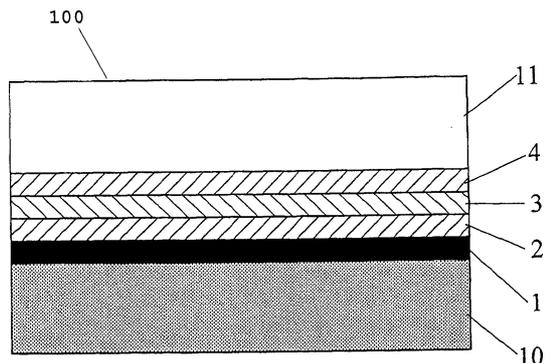
US 69 08 716 B2
DE 44 32 313 A1
US 2007/01 28 528 A1
US 2003/01 80 634 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektrostatisches Halteelement mit Antireflexbeschichtung, Vermessungsverfahren und Verwendung des Halteelementes**

(57) Zusammenfassung: Vorliegende Erfindung betrifft ein elektrostatisches Halteelement bzw. ein optisch strukturiertes Element oder eine optische Maske, das eine auf einem Substrat aufgebrachte Metallschicht sowie eine transparente Abdeckung umfasst. Zwischen der Metallschicht und der Abdeckung sind mindestens zwei Antireflexschichten eingebracht, die die Reflektivität der Metallschicht, von der Oberfläche aus betrachtet, auf nahezu Null reduzieren. Somit wird eine direkte interferometrische Vermessung der Oberflächenstruktur der transparenten Abdeckung möglich.



Beschreibung

[0001] Vorliegende Erfindung betrifft ein elektrostatisches Halteelement bzw. ein optisch strukturiertes Element oder eine optische Maske, das eine auf einem Substrat aufgebrachte Metallschicht sowie eine transparente Abdeckung umfasst. Zwischen der Metallschicht und der Abdeckung sind mindestens zwei Antireflexschichten eingebracht, die die Reflektivität der Metallschicht von der Oberfläche aus betrachtet auf nahezu Null reduzieren. Somit wird eine direkte interferometrische Vermessung der Oberflächenstruktur der transparenten Abdeckung möglich.

[0002] Antireflexbeschichtungen für Glas-Oberflächen durch destruktive Interferenz der Reflexion von dünnen transparenten Schichten sind aus H. A. MacLeod, „Thin-Film Optical Filters“, 3rd Edition, (2001) IOP Publishing Bristol and Philadelphia, bekannt. Grundsätzlich wird die Antireflexwirkung dadurch erzielt, dass abwechselnd Schichten von hoch- und niedrigbrechenden Materialien in geeigneter Dicke übereinander geschichtet werden. (wobei mit „Brechung“ hier der optische Brechungsindex bei der ausgewählten Wellenlänge gemeint ist, der auch komplexwertig sein kann (E. Hecht, A. Zajac „Optics“, Addison-Wesley (1977).

[0003] Als hoch-brechendes Material wird bisher bevorzugt Tantal-Pentoxid (Ta_2O_5) verwendet, während als niedrig-brechendes Material häufig SiO_2 verwendet wird.

[0004] Elektrostatische Chucks (= Halteelemente) aus Glas oder Glaskeramik für Lithographie-Anwendungen weisen eine hochreflektierende Metall-Elektrode, typischerweise eine dünne Cr-Schicht auf, die einige 10 μm bis zu ca. 500 μm unter der Oberfläche liegt. Die Elektrode reflektiert einfallendes Licht stärker als die darüber liegende Glas-Schicht. Strukturen/Eigenschaften der Oberfläche sind somit „schlecht“ visuell erkennbar/optisch messbar, weil sie im Streulicht „untergehen“.

[0005] Bei Beleuchtung mit unpolarisiertem Licht beträgt die Reflektivität der Oberfläche eines SiO_2 -Glaskörpers an Luft ca. 4% im sichtbaren Bereich, während die Reflektivität einer eingebetteten (eingeklebten) metallischen Chrom-Schicht ca. 60% beträgt und damit die Oberfläche um ein vielfaches „überstrahlt“.

[0006] Um der Ebenheit der Chuck-Oberfläche interferometrisch (Fizeau) vermessen zu können, wurde bisher eine möglichst dünne, hoch reflektierende Metallschicht, z. B. aus Silber oder Chrom, auf die (Glas-)Oberfläche gedampft/gesputtert und nach der Messung durch chemische Ätzverfahren wieder entfernt. Dieses Verfahren hat eine Reihe von Nachteilen:

- 1) Die temporäre Metall-Beschichtung erzeugt Spannungen, die zu einer Verzerrung/Krümmung der Oberfläche führen können und daraus abgeleitete Aussagen zur Ebenheit/Form der unbeschichteten Oberfläche verfälschen. Dieser Stör-Einfluss ist insbesondere bei Cr-Beschichtungen bekannt und sehr ausgeprägt, aber auch bei Silber nicht völlig auszuschließen.
- 2) Jede Oberfläche kann nur endlich homogen beschichtet werden. Typischerweise sind für Ebenheitsmessungen Metall-Schichtdicken von ca. 100 nm erforderlich, die bei typischen Schichtdicken-Inhomogenitäten von 5 bis 10% schätzungsweise Messfehler von ca. 5 bis 10 nm induzieren (unabhängig von Schichtspannungen).
- 3) Die Beschichtung und das anschließende Abätzen können zu unerwünschten Veränderungen der ursprünglichen Oberfläche führen. Insbesondere kann die Mikro-Rauhigkeit der Glasoberfläche durch Ätzprozesse zunehmen.
- 4) Der apparative und zeitliche Aufwand im Herstellungsprozess einer definierten Chuck-Oberfläche wird erheblich dadurch beeinträchtigt, dass vor jeder interferometrischen Messung der Oberfläche ein entsprechender Metallisierungsprozess (und danach ein entsprechender Ätzprozess) erfolgen muss, wodurch auch die Kosten erheblich erhöht werden.

[0007] Somit ist es wünschenswert, eine direkte interferometrische Messung, ohne vorherige Metallisierung der Oberfläche vornehmen zu können, indem die eingebettete Metallschicht mit einer Antireflexbeschichtung auf der Oberseite ausgestattet wird. Die Antireflexwirkung muss zumindest für einen engen Bereich um eine ausgewählte Wellenlänge (Messwellenlänge des verwendeten Interferometers) und für den Bereich nahezu senkrechten Lichteinfalls sicherstellen, dass nur vernachlässigbar wenig Licht von der Elektrode zurückgeworfen wird (vernachlässigbar relativ zur Reflexion an der Glasoberfläche von ca. 4%).

[0008] Somit war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein elektrostatisches Halteelement (elektrostatisches Chuck) bzw. eine optische Maske bereitzustellen, dessen Oberflächentopographie und/oder Ebenheit der Oberfläche durch einfache Messverfahren bestimmt werden kann. Weiterhin war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein entsprechendes Messverfahren zur Vermessung der Oberflächentopographie des elektrostati-

schen Halteelementes bereitzustellen. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, Verwendungszwecke des Halteelementes zu benennen.

[0009] Diese Aufgabe wird bezüglich des elektrostatischen Halteelementes bzw. der optischen Maske mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, bezüglich des Verfahrens zur topographischen Vermessung der Oberfläche des Halteelementes mit den Merkmalen des Patentanspruchs 15 sowie bezüglich der Verwendungsmöglichkeiten mit den Merkmalen des Patentanspruchs 16 gelöst. Die jeweiligen abhängigen Ansprüche stellen dabei vorteilhafte Weiterbildungen dar.

[0010] Erfindungsgemäß wird somit ein elektrostatisches Halteelement oder eine optische Maske bereitgestellt, umfassend eine auf einem Substrat aufgebrachte Basisschicht aus Metall, einer Legierung oder einem Halbleiter und eine transparente Abdeckung, wobei als Antireflexschicht auf der Basisschicht mindestens eine erste Schicht aus einem Chromoxid und mindestens eine zweite Schicht aus einem Siliciumoxid und/oder einem Aluminiumoxid aufgebracht ist und die transparente Abdeckung als abschließende Schicht ausgebildet ist. Somit ist der Aufbau des elektrostatischen Halteelementes, dass die erste Schicht auf der Basisschicht und die zweite Schicht wiederum auf der ersten Schicht aufgebracht ist. Die Basisschicht, erste Schicht und die zweite Schicht sind dabei zwischen dem Substrat und der transparenten Abdeckung eingebettet. Die die Antireflexbeschichtung ausmachende mindestens eine erste und mindestens eine zweite Schicht können dabei ganzflächig die Basisschicht aus Metall bedecken, so dass das komplette optische Element ein deutlich reduziertes Reflexionsvermögen aufweist. Alternativ hierzu ist es jedoch ebenso möglich, dass die Antireflexschicht lediglich partiell auf der Basisschicht aufgebracht ist und dort die Reflektivität reduziert, während an den nicht bedeckten Stellen die Basisschicht zu einer hohen Reflektivität führt. Bei der letztgenannten Ausführungsform kann es gegeben sein, dass die Abdeckung vollflächig verklebt ist oder an den Stellen des optischen Elements, die eine Antireflexbeschichtung aufweist über im Detail weiter unten angesprochene Möglichkeiten direkt mit der Basisschicht verbunden ist. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass die Abdeckung nur im Bereich der Antireflexbeschichtung gebondet oder mit dieser verklebt ist, während an den Stellen, an denen das optische Element keine Antireflexbeschichtung aufweist, ein Gap zwischen Abdeckung und der Basisschicht (Substrat) bestehen bleibt.

[0011] Die Antireflexbeschichtung bei Chuck-Elektroden ist bisher nicht üblich, ebenso wenig wie die Verwendung von Chromoxid als hochbrechendes Material für Interferenz-Schichtsysteme. Gelegentlich wurde bereits Chromnitrid verwendet, da es noch einen etwas höhern Brechungsindex als Chromoxid besitzt und damit „wirksamer“ ist. Für die vorliegende Anwendung ist Chromnitrid (ebenso wie Ta_2O_5) aber ungeeignet, weil die elektrische Leitfähigkeit dieser Materialien relativ hoch ist. Dagegen sind Al_2O_3 -Schichten als teilweiser oder kompletter Ersatz für SiO_2 -Schichten prinzipiell geeignet. Für elektrische Anwendungen (insbesondere bei hohen Spannungen wie den hier vorliegenden elektrostatischen Chucks) sind hochisolierende Beschichtungen der Metall-Elektrode wichtig, um „Ladungsträger-Injektion“ ins Glas oder „Ladungsträger-Trapping“ in der Schicht oder gar Überschläge zwischen den einzelnen Elektroden bei multi-polaren Elektroden-Konfigurationen zu vermeiden. Dazu wird bei gesputterten Cr-Metall-Elektroden bisher bereits die natürliche Passivierung (Oxidation) genutzt, die beim Ausschleusen der Schicht aus der Vakuumkammer sofort an Luft erfolgt. Die natürliche Oxidationsschicht ist allerdings sehr dünn und kann bei nachfolgender Beschichtung leicht lokal zerstört werden.

[0012] Die Verwendung von Chromoxid für die Antireflexbeschichtung ist somit besonders vorteilhaft im Hinblick auf die elektrische Funktionalität.

[0013] Die Verwendung von Chromoxid auf der Chrom-Metallschicht ist auch besonders vorteilhaft im Hinblick auf die natürliche chemische Bindung und Haftfestigkeit der Oxid-Schicht auf dem Metall.

[0014] Die Verwendung von SiO_2 oder Al_2O_3 und/oder Al_2O_3 für die jeweiligen Schichten der Antireflexbeschichtung ist ebenfalls im Hinblick auf die elektrische Funktionalität besonders vorteilhaft, da diese Materialien ebenfalls nur eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit aufweisen.

[0015] Die Verwendung von SiO_2 in Verbindung mit Chromoxid ist weiterhin in Bezug auf die Haftfestigkeit der Oxide aufeinander sehr vorteilhaft, da beide Oxide einen kovalenten Bindungscharakter aufweisen.

[0016] Durch eine derartige Ausgestaltung eines elektrostatischen Halteelementes mit der erfindungsgemäßen Antireflexbeschichtung ergibt sich, dass im Wesentlichen nur eine Reflexion des Lichts an der Oberfläche der transparenten Abdeckung erfolgt, aber kaum eine entsprechende Reflexion an der eingebetteten Schichtstruktur zu beobachten ist.

[0017] Ganz im Gegensatz zu der unbeschichteten Cr-Metallfläche, die eine Reflektivität von ca. 60% aufweist, wird die beschichtete Cr-Fläche – je nach Ausführung – nur eine Reflektivität $< 2\%$, vorzugsweise $< 0,2\%$ im entsprechenden Wellenlängenbereich aufweisen.

[0018] Die Herstellung der Antireflexbeschichtung ist z. B. durch PVD oder Sputtern mit dünnen Schichten aus Chromoxid (Cr_2O_3) und Siliciumoxid (SiO_2) und/oder Aluminiumoxid (Al_2O_3) möglich. Diese Oxide sind sowohl elektrisch isolierend wie auch gut haftend auf der Cr-Metallschicht bzw. aufeinander. Auf die Schichtstruktur wird die transparente Abdeckung, die bevorzugt ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Glas (Borfloat, Fused Silica...), Glaskeramik (z. B. ZERODUR), Siliciumdioxid, CaF_2 , ZnSe, nichtlineare optische Kristalle (z. B. Kalium-Titanyl-Phosphat (KTiOPO_4), Lithium-Niobat, Diamant, optischen Kunststoffen (z. B. Poly-Methyl-Metacrylat (PMMA), Poly-Carbonat (PC), Cycloolefin-Polymere und/oder Copolymere („Zeonex“, „Topas“) gebondet. Das Bonden kann z. B. durch Aufkleben, – außer bei den Kunststoffen oder Diamant – unter Umständen aber auch durch andere Verbindungstechniken, wie „Ansprengen“ oder „Silikatisches Bonden“ mit wässrigen Lösungen (Dz-Hung Gwo, Ultra-Precise and Reliable Bonding Method, Sep. 04, 2001, US-6284085), „direktes Bonden“ (beschrieben in M. Alexe, U. Gösele (eds.), „Wafer Bonding-Applications and Technology“, (2004), Springer Verlag) oder „Silikat-Bonden“ (wie beispielsweise beschrieben in US 6,284,085) erfolgen. Beim Klebverfahren ist vorzugsweise ein Klebstoff zu verwenden, der optisch die gleiche Brechzahl aufweist, wie die sich anschließende transparente Abdeckung.

[0019] Beim „Silikatischen Bonden“ und „direkten Bonden“ ist ein Schichtaufbau vorteilhaft, bei dem die letzte (abschließende) Antireflexschicht aus SiO_2 besteht. Damit wird eine relativ „artgleiche“ chemische Verbindung des transparenten Glaskörpers mit der Antireflexschicht ermöglicht. Hierbei ist es insbesondere vorteilhaft, dass im Falle einer Klebeverbindung der Kleber im Wesentlichen den gleichen (d. h. $\pm 1\%$) Brechungsindex aufweist wie die transparente Abdeckung.

[0020] Durch alle genannten Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Antireflexbeschichtung ergeben sich somit haftere und elektrisch isolierende Deckschichten. Unabhängig von der Herstellungsweise ergibt sich der erfindungsgemäße Vorteil, nämlich dass die Reflektivität für eine ausgewählte Wellenlänge nahezu Null wird.

[0021] Damit sind optische Vermessungen, wie z. B. der Ebenheit, Topographie, etc., der Oberfläche der transparenten Abdeckung in der Umgebung der genannten Wellenlänge möglich, ohne dass störende Reflexe/Interferenzen von der Cr-Metallschicht diese Messungen beeinträchtigen oder verfälschen. Stattdessen „überstrahlt“ die Oberfläche deutlich den Restreflex der eingebetteten Metallschicht.

[0022] Die einzelnen Oxidschichten sind hinreichend transparent und ergeben bei geeigneter Schichtdicke und Schichtfolge (aufgrund ihrer stark unterschiedlichen optischen Brechzahlen im sichtbaren Bereich) ein hocheffizientes Antireflex-Interferenzsystem zur Unterdrückung der Reflexion der darunterliegenden Metallschicht.

[0023] In einer vorteilhaften Ausführungsform ist noch eine zusätzliche dritte Schicht aus Chromoxid auf der zweiten Schicht vorgesehen. Weiter vorteilhaft kann auf dieser dritten Schicht noch eine vierte Schicht aus Siliciumoxid und/oder Aluminiumoxid aufgebracht sein. Weitere Schichten in der zuvor genannten alternierenden Schichtabfolge sind ebenso möglich.

[0024] Die Verwendung von SiO_2 für die Schichten der Antireflexbeschichtung, insbesondere in der Weise als letzte (abschließende) Schicht, ist besonders geeignet für nachfolgende Anwendungen der Technologien des „direkten Bondens“ und des „Silikatischen Bondens“, da hiermit die erforderliche chemische Zusammensetzung (Materialeigenschaft) für den Einsatz dieser Verfahren bereitgestellt wird. Somit kann eine effiziente und gute Verbindung der Schichtfolge der Antireflexbeschichtung mit der abschließenden transparenten Abdeckung gewährleistet werden.

[0025] Eine SiO_2 -Schichtdicke von 100 nm bis 200 nm ist nach Erfahrung der Erfinder ausreichend für das nachfolgende „Silikatische Bonden“. Dieser Schichtaufbau erschließt damit Anwendungen, in denen höchste Stabilität oder ein Einsatz bei starken Temperatur-Wechselbelastungen oder Temperaturen weit entfernt von Raumtemperatur gefordert ist, wo Klebeverbindungen versagen.

[0026] Somit liegen unabhängig von den primär angestrebten optischen Antireflex-Vorteilen zusätzliche Vorteile für Aufbau- und Verbindungs-Anwendungen vor, wenn eine abschließende SiO_2 -Beschichtung entweder in Form der oben beschriebenen Multi-Schichtstruktur, oder auch alleine als Beschichtung einer Chrom-Me-

tall-Schicht, oder sogar als Beschichtung anderer Metalle, wie z. B. Ti, Cr, Ni, Mo, Ta, W, Al, Sn und/oder Legierungen etc., oder Halbleiter, wie z. B. Si, Ge, GaAs, etc., oder leitfähigen Oxiden, wie z. B. ITO (Indium-Zinn-Oxid) oder in anderen Schicht-Verbindungen mit haftfesten Zwischen-Schichten vorgenommen wird.

[0027] Das Substrat, auf dem die Basisschicht sowie die Antireflexbeschichtung aufgebracht ist, kann dabei bevorzugt ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus Glas (Borofloat, Fused Silica...), Glaskeramik (z. B. ZERODUR), Siliciumdioxid, CaF_2 , ZnSe, nichtlineare optische Kristalle (z. B. Kalium-Titanyl-Phosphat (KTiOPO_4), Lithium-Niobat (LiNbO_3), Barium-Borat (BaB_2O_4), Lithium-Triborat (LiB_3O_8) etc., Diamant, optischen Kunststoffen (z. B. Poly-Methyl-Metacrylat (PMMA), Poly-Carbonat (PC), Cycloolefin-Polymere und/oder Copolymere („Zeonex“, „Topas“).

[0028] Die jeweiligen bevorzugten Schichtdicken der einzelnen im Voranstehenden beschriebenen Schichten sind dabei die folgenden:

- Basisschicht (aus Metall):
1 bis 10.000 nm, bevorzugt 10 bis 1000 nm, besonders bevorzugt 20 bis 200 nm;
- erste Schicht (Chromoxid):
30 bis 120 nm, bevorzugt 40 bis 90 nm, besonders bevorzugt 50 bis 75 nm;
- zweite Schicht (Silicium- oder Aluminiumoxid):
50 bis 200 nm, bevorzugt 60 bis 150 nm, besonders bevorzugt 70 bis 120 nm;
- dritte Schicht (Chromoxid):
0,1 bis 50 nm, bevorzugt 5 bis 35 nm, besonders bevorzugt 10 bis 20 nm;
- vierte Schicht (Silicium- und/oder Aluminiumoxid):
1 bis 10.000 nm, bevorzugt 10 bis 1000 nm, besonders bevorzugt 20 bis 200 nm;
- transparente Abdeckung (z. B. Glasabdeckung):
1 bis 1.000 μm , bevorzugt 5 bis 500 μm , besonders bevorzugt 10 bis 200 μm .

[0029] Erfindungsgemäß wird ebenso ein Verfahren zur topographischen Vermessung der Oberfläche der transparenten Abdeckung eines Halteelementes oder eines optisch strukturierten Elements nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem Fizeau-Interferometer bereitgestellt. Somit lassen sich alle Unebenheiten oder oberflächlichen Strukturierungen der transparenten Abdeckung des Halteelementes in nur einem einzelnen Verfahrensschritt bewältigen, ohne dass dazu, wie es aus dem Stand der Technik bisher erforderlich war, weitere Metallschichten auf die Oberfläche der transparenten Abdeckung aufgebracht werden müssen. Die Vermessung verläuft dabei prinzipiell derart ab, dass das Halteelement im Wesentlichen in einem senkrechten Winkel von einer Lichtquelle auf die Oberfläche der transparenten Abdeckung angestrahlt wird. Dabei wird die Strahlung im Wesentlichen nur durch die Oberfläche des transparenten Glaskörpers reflektiert. Der durch die transparente Abdeckung hindurchtretende Anteil der Strahlung wird durch destruktive Interferenz an den Antireflexbeschichtungen eliminiert, so dass quasi keine Reflexion von der an sich hochreflektierenden Metallelektrode zu beobachten ist. Die Vermessung der Oberfläche kann demnach gemäß an und für sich aus dem Stand der Technik bekannten interferometrischen Prinzipien, beispielsweise unter Verwendung eines Fizeau-Interferometers, einfach und zuverlässig in einem einzigen Verfahrensschritt erfolgen. Als Lichtquelle kann z. B. ein Helium-Neon-Laser mit einer Wellenlänge von 632,8 nm eingesetzt werden.

[0030] Erfindungsgemäß werden ebenso Verwendungszwecke des Halteelementes bereitgestellt, wie z. B. die Verwendung bei lithographischen Prozessen bei lithographischen Prozessen, bei der Bearbeitung von Silicium- oder GaAs- oder Glas-Wafern, bei der Handhabung (Festhalten, Transportieren...) von derartigen Wafern oder Bauteilen, die aus solchen Wafern gefertigt wurden im Vakuum oder in Schutzgasumgebung oder an Luft und/oder zur strukturierten Beleuchtung.

[0031] Die vorliegende Erfindung wird anhand der nachfolgenden Beispiele sowie der beigefügten Figuren näher erläutert, ohne die Erfindung auf die hier abgebildeten speziellen Parameter beschränken zu wollen.

[0032] Dabei zeigen:

[0033] [Fig. 1](#) einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Halteelement mit einer aus drei Schichten ausgebildeten Antireflexbeschichtung,

[0034] [Fig. 2](#) einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes Halteelement mit einer aus vier Schichten ausgebildeten Antireflexbeschichtung.

[0035] Zur Herstellung der Schichtstrukturen eignet sich beispielsweise das im Folgenden beschriebene Her-

stellungsverfahren:

Die Chrom-Metall-Schicht wird mittels DC-Magnetronspütern ausgehend von einem Chrom-Metalltarget in einem Edelgas-Plasma (z. B. aus Argon) erzeugt.

[0036] Die nachfolgenden Chromoxidschichten werden mittels reaktivem DC-Magnetronspütern, ebenfalls ausgehend von einem Chromtarget, vorzugsweise in einem Argon-Sauerstoffplasma erzeugt. Die Herstellung der Siliciumdioxid-Schichten erfolgt ebenfalls durch reaktives DC-Magnetronspütern. Mittels Dual-Magnetron sind besonders gute Schichteigenschaften der beiden Oxide zu erzielen.

[0037] Alle Schichten werden unmittelbar hintereinander in Vakuumfolge erzeugt. Kritisch sind die Dosierung des Sauerstoff-Partialdrucks und die Einstellung der entsprechenden Leistungs-Parameter bei den reaktiven Sputtervorgängen zur Erzielung definierter Oxidschichten. Die entsprechenden Parameter fallen anlagenspezifisch etwas unterschiedlich aus und sind am besten durch eine vorherige Versuchsreihe zu ermitteln. Grundsätzlich ist die Technologie des DC-Magnetronspüterns bzw. reaktiven DC-Magnetronspüterns von optischen Schichten etablierter Stand der Technik und wird in A. Anders, „Handbook of Plasma Immersion, Ion Implantation & Deposition“, (2000), John Wiley & Sons, New York, umfassend beschrieben.

[0038] Die jeweiligen Schichtdicken sind über die entsprechenden Sputterzeiten einstellbar und sollten durch Testbeschichtungen vorher ermittelt und im Prozess durch die bekannten Verfahren des Schichtdicken-Monitoring überwacht werden.

[0039] Für die nachfolgenden Beispiele zu den Schichtdicken sind spezifische komplexe Berechnungsindizes für Chrom-Metall und Chromoxid (Cr_2O_3) zugrunde gelegt, die je nach Beschichtungsanlage und Prozessführung aber variieren können. Sollten beim Anwender andere Werte vorliegen, so sind diese zu verwenden und die betroffenen Schichtdicken entsprechend H. A. MacLeod, Thin-Film Optical Filters, 3rd Edition, 2001, IOP Publishing Bristol and Philadelphia zu modifizieren.

[0040] Die hier verwendeten Werte für Chromoxid sind bei – Wellenlänge 632 nm – für den Realteil $n = 2,4443$ und für den Imaginärteil $k = 0,2960$. Für Chrom-Metall betragen die entsprechenden Werte $n = 3,5346$ und $k = 4,3614$.

Beispiel 1

Schichtfolge für „dicke“ Cr-Schicht mit folgenden Schichtdicken:

1.1	Basisschicht Cr-Metall	100 nm
1.2	Chromoxid (Cr_2O_3)	68 nm
1.3	Siliciumoxid (SiO_2)	103 nm
1.4	Chromoxid (Cr_2O_3)	16 nm
1.5	ULE-Glas-Abdeckung	(ca. 10 μ oder mehr)

Beispiel 2

Schichtfolge für „dünne“ Cr-Schicht mit folgenden Schichtdicken:

2.1	Basisschicht Cr-Metall	50 nm
2.2	Chromoxid (Cr_2O_3)	68 nm
2.3	Siliciumoxid (SiO_2)	101 nm
2.4	Chromoxid (Cr_2O_3)	17 nm
2.5	ULE-Glas-Abdeckung	(ca. 10 μ oder mehr)

[0041] Diese beiden Schichtfolgen ergeben eine Reflektivität von typischerweise $< 0,2\%$ für den roten Wellenlängenbereich $622 \text{ nm} < \lambda < 643 \text{ nm}$ ($\lambda = \text{Wellenlänge}$). Offensichtlich geht die Schichtdicke der Cr-Metallschicht nicht sehr empfindlich in die Schichtdicken der beiden Oxide ein.

[0042] Zu berücksichtigen ist allerdings, dass diesen Werten spezifische Abscheidebedingungen zugrunde gelegt sind, die je nach Anlage, Targetmaterial und Prozessführung noch variieren können.

[0043] In der Praxis kann die jeweils erzielte Reflektivität einer Schichtfolge empfindlich von den PVD-Ab-

scheidebedingungen abhängen, da diese unmittelbar die chemische Zusammensetzung und optischen Eigenschaften, wie z. B. Brechzahl, etc., der abgeschiedenen Schicht und damit letztlich auch des gesamten Schichtsystems beeinflussen. Dies gilt insbesondere für das Chromoxid, da das Element Chrom bekanntermaßen in verschiedenen Wertigkeiten auftreten kann und somit weitere Oxide neben dem hauptsächlich (dreiwertigen) Cr_2O_3 vorliegen können.

[0044] Der Fachmann weiß, dass er die angegebenen Schichtdicken als Anhaltspunkte zu verstehen hat und gegebenenfalls geringfügig variieren muss, um unter seinen spezifischen Bedingungen das gewünschte Ergebnis der Antireflex-Eigenschaft zu erzielen.

[0045] Für andere Deck-Gläser als das ausgewählte ULE® (Ultra Low Expansion-Glas von Corning) sind je nach Brechungsindex bei der ausgewählten Wellenlänge geringfügig andere Schichtdicken zu wählen. Für SiO_2 (Fused-Silica) statt ULE ist bei 100 nm Cr-Metallisierung folgende Schichtfolge empfehlenswert (die sich kaum von der Schichtfolge gemäß Beispiel 1 unterscheidet):

Beispiel 3

Schichtfolge für „dicke“ Cr-Schicht und Fused-Silica mit folgenden Schichtdicken:

3.1	Basisschicht Cr-Metall	100 nm
3.2	Chromoxid (Cr_2O_3)	67 nm
3.3	Siliciumoxid (SiO_2)	103 nm
3.4	Chromoxid (Cr_2O_3)	16 nm
3.5	Fused-Silica Abdeckung	(ca. 10 μ oder mehr)

[0046] Eine Anpassung der Antireflex-Eigenschaften auf andere Wellenlängen ist durch Variation der Schichtdicken leicht möglich. So hat sich für grünes Licht der Wellenlänge ca. 535 nm folgende Schichtstruktur als geeignet erwiesen:

Beispiel 4

Schichtfolge für „dicke“ Cr-Schicht für grünes Licht mit folgenden Schichtdicken:

4.1	Basisschicht Cr-Metall	100 nm
4.2	Chromoxid (Cr_2O_3)	59 nm
4.3	Siliciumoxid (SiO_2)	79 nm
4.4	Chromoxid (Cr_2O_3)	15 nm
4.5	ULE-Glas-Abdeckung	(ca. 10 μ oder mehr)

[0047] Offensichtlich sind hauptsächlich die Schichtdicken der beiden „inneren“ Oxidschichten (4.2 und 4.3) entsprechend der kürzeren Wellenlänge etwas zu verringern, um eine Reflektivität $< 0,2\%$ für den grünen Wellenlängenbereich $526 \text{ nm} < \lambda < 544 \text{ nm}$ zu erhalten.

Beispiel 5

[0048] Für Verfahren wie das „Silikatische Bonden“ oder das „Direkte Bonden“ ist es sinnvoll, dass die letzte (oberste) Schicht des Schichtsystems aus SiO_2 besteht, um eine gute Verbindung mit dem nachfolgenden Deckglas zu gewährleisten. Hierzu ist der folgende Schichtaufbau besonders geeignet:

Schichtfolge für „dicke“ Cr-Schicht für grünes bzw. rotes Licht der obigen Wellenlängen für das Silikatische oder Direkte Bonden des Deckglases:

		(grün)	(rot)
5.1	Basisschicht Cr-Metall	100 nm	
5.2	Chromoxid (Cr_2O_3)	59 nm	68 nm
5.3	Siliciumoxid (SiO_2)	80 nm	104 nm
5.4	Chromoxid (Cr_2O_3)	14 nm	16 nm
5.5	Siliciumoxid (SiO_2)		100 nm
5.6	ULE-Glas-Abdeckung	(ca. 10 μ oder mehr)	

[0049] Die Abweichungen gegenüber den entsprechenden Schichtfolgen der Beispiele 4 und 1 bestehen im Aufbringen einer zusätzlichen SiO_2 -Schicht von ca. 100 nm, wobei diese Schichtdicke relativ unkritisch ist und insbesondere auch dicker sein kann, um eine gute chemische Anbindung an das Deckglas beim Silikatischen Bonden zu gewährleisten.

[0050] Variationen dieser Schichtstruktur zur Anpassung auf andere Wellenlängen und zur Anpassung an andere Deckgläser erfolgen in Analogie zu den oben beschriebenen Beispielen durch Anpassung der einzelnen Schichtdicken.

[0051] Durch eine noch größere Anzahl alternierender Schichten (mit den richtigen Schichtdicken) kann der Antireflexbereich weiter verbreitert werden und unter Umständen fast den gesamten sichtbaren Wellenlängenbereich abdecken (siehe H. A. MacLeod, „Thin-Film Optical Filters“, 3rd Edition, (2001) IOP Publishing Bristol and Philadelphia).

[0052] Auch ein Ersatz von obigen SiO_2 -Schichten (einzeln oder alle zusammen) durch Al_2O_3 -Schichten ist denkbar. Da der entsprechende Brechungsindex von Al_2O_3 etwas höher ist als jener für SiO_2 , sind dünnere Schichtdicken vorteilhaft.

[0053] [Fig. 1](#) zeigt ein elektrostatisches Halteelement (elektrostatisches Chuck) gemäß der vorliegenden Erfindung, das als Grundstruktur ein Substrat **10** aufweist, das beispielsweise aus Glas oder Keramik gebildet sein kann, wobei die hier beispielhaft genannten Materialien nicht limitierend zu verstehen sind.

[0054] Auf diesem Substrat ist eine Chrom-Metall-Schicht **1** aufgebracht, die beispielsweise als Elektrode fungieren kann. An die Chromschicht schließt sich eine Schicht **2** aus Chromoxid an, die von einer weiteren Schicht **3** aus Siliciumoxid überdeckt ist. Als weitere Schicht **4** ist eine weitere Chromoxid-Schicht vorgesehen. Hierbei bilden die Schichten **2**, **3** und **4** die Antireflexbeschichtung, wobei es erfindungswesentlich ist, dass hier die Materialien alternierend hohe und niedrige Brechungsindizes aufweisen. Als abschließende Abdeckung ist eine Glasschicht vorgesehen, deren Oberfläche dank der Antireflexbeschichtung nun einfach durch optische, interferometrische Messverfahren, auf ihre Ebenheit hin untersucht werden kann.

[0055] In [Fig. 2](#) ist eine weitere beispielhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen elektrostatischen Chucks abgebildet, wobei hier zusätzlich eine weitere Siliciumdioxid-Schicht **5** zwischen der transparenten Abdeckung **11** und der Chromoxid-Schicht **4** eingebracht ist.

[0056] Bei Bedarf (z. B. Für das Silikatische oder Direkte Bonden) kann zwischen Schicht **4** und Schicht **11** noch eine weitere Siliciumoxid-Schicht **5** (Dicke ca. 100 nm) eingebracht werden.

[0057] Diese SiO_2 -Schicht **5** kann auch alleine und direkt auf der Chrom-Metall-Schicht, ohne weitere Schichten **2**, **3** und **4**, aufgebracht werden, wenn lediglich Silikatisches oder Direktes Bonden von Glas oder Glas Keramik **11** ermöglicht werden soll und die Antireflex-Eigenschaft keine Rolle spielt. Statt SiO_2 kann prinzipiell auch Al_2O_3 verwendet werden.

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 6284085 [\[0018, 0018\]](#)

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- H. A. MacLeod, „Thin-Film Optical Filters“, 3rd Edition, (2001) IOP Publishing Bristol and Philadelphia [\[0002\]](#)
- (E. Hecht, A. Zajac „Optics“, Addison-Wesley (1977) [\[0002\]](#)
- Dz-Hung Gwo, Ultra-Precise and Reliable Bonding Method, Sep. 04, 2001 [\[0018\]](#)
- M. Alexe, U. Gösele (eds.), „Wafer Bonding-Applications and Technology“, (2004), Springer Verlag [\[0018\]](#)
- A. Anders, „Handbook of Plasma Immersion, Ion Implantation & Deposition“, (2000), John Wiley & Sons, New York [\[0037\]](#)
- H. A. MacLeod, Thin-Film Optical Filters, 3rd Edition, 2001, IOP Publishing Bristol and Philadelphia [\[0039\]](#)
- H. A. MacLeod, „Thin-Film Optical Filters“, 3rd Edition, (2001) IOP Publishing Bristol and Philadelphia [\[0051\]](#)

Patentansprüche

1. Elektrostatistisches Halteelement (**100**) oder optisch strukturiertes Element (**100**), umfassend eine auf einem Substrat (**10**) aufgebrachte Basisschicht (**1**) aus Metall, einer Legierung oder einem Halbleiter und eine transparente Abdeckung (**11**), **dadurch gekennzeichnet**, dass als zumindest partiell auf der Basisschicht (**1**) aufgebrachte Antireflexschicht mindestens eine erste Schicht (**2**) aus einem Chromoxid und mindestens eine zweite Schicht (**3**) aus einem Siliciumoxid und/oder einem Aluminiumoxid aufgebracht ist, wobei die transparente Abdeckung (**11**) als abschließende Schicht ausgebildet ist.
2. Halteelement (**100**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der zweiten Schicht (**3**) mindestens eine dritte Schicht (**4**) aus einem Chromoxid aufgebracht ist.
3. Halteelement (**100**) nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass auf der dritten Schicht (**4**) mindestens eine vierte Schicht (**5**) aus einem Siliciumoxid und/oder einem Aluminiumoxid aufgebracht ist.
4. Halteelement (**100**) nach vorhergehendem Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass die transparente Abdeckung (**11**) ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Glas (Borofloat, Fused Silica...), Glaskeramik (z. B. ZERODUR), Siliciumdioxid, CaF_2 , ZnSe, nichtlineare optische Kristalle (z. B. Kalium-Titanyl-Phosphat (KTiOPO_4), Lithium-Niobat (LiNbO_3), Barium-Borat (BaB_2O_4), Lithium-TriBorat (LiB_3O_5) etc.), Diamant, optischen Kunststoffen (z. B. Poly-Methyl-Metacrylat (PMMA), Poly-Carbonat (PC), Cycloolefin-Polymere und/oder Copolymere („Zeonex“, „Topas“).
5. Halteelement (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Glas (Borofloat, Fused Silica...), Glaskeramik (z. B. ZERODUR), Siliciumdioxid, CaF_2 , ZnSe, nichtlineare optische Kristalle (z. B. Kalium-Titanyl-Phosphat (KTiOPO_4), Lithium-Niobat (LiNbO_3), Barium-Borat (BaB_2O_4), Lithium-TriBorat (LiB_3O_5) etc.), Diamant, optischen Kunststoffen (z. B. Poly-Methyl-Metacrylat (PMMA), Poly-Carbonat (PC), Cycloolefin-Polymere und/oder Copolymere („Zeonex“, „Topas“).
6. Halteelement (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Basisschicht (**1**) eine Schichtdicke von 1 bis 10.000 nm, bevorzugt von 10 bis 1000 nm, besonders bevorzugt von 20 bis 200 nm aufweist.
7. Halteelement (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Schicht (**2**) eine Schichtdicke von 30 bis 120 nm, bevorzugt von 40 bis 90 nm, besonders bevorzugt von 50 bis 75 nm aufweist.
8. Halteelement (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Schicht (**3**) eine Schichtdicke von 50 bis 200 nm, bevorzugt von 60 bis 150 nm, besonders bevorzugt von 70 bis 120 nm aufweist.
9. Halteelement (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Schicht (**4**) eine Schichtdicke von 0,1 bis 50 nm, bevorzugt von 5 bis 35 nm, besonders bevorzugt von 10 bis 20 nm aufweist.
10. Halteelement (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die vierte Schicht (**5**) eine Schichtdicke von 1 bis 10.000 nm, bevorzugt von 10 bis 1000 nm, besonders bevorzugt von 20 bis 200 nm aufweist.
11. Halteelement (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die transparente Abdeckung (**11**) eine Schichtdicke von 1 bis 1.000 μm , bevorzugt von 5 bis 500 μm , besonders bevorzugt von 10 bis 200 μm aufweist.
12. Halteelement (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Basisschicht aus Materialien, ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus den Metallen Ti, Cr, Ni, Mo, Ta, W, Al, Sn und/oder Legierungen hieraus, Halbleitern, insbesondere Si, Ge, GaAs und/oder elektrisch leitfähigen Oxiden, wie z. B. ITO (Indium-Zinn-Oxid).
13. Halteelement (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die

transparente Abdeckung mit der darunter liegenden Schicht verklebt, silikatisch gebondet und/oder direkt gebondet ist.

14. Halteelement (**100**) nach dem vorhergehenden Anspruch, dadurch gekennzeichnet, dass der Kleber im Wesentlichen den gleichen Brechungsindex aufweist wie die Abdeckung (**11**).

15. Verfahren zur topographischen Vermessung der Oberfläche der transparenten Abdeckung (**11**) eines Halteelementes (**100**) oder optisch strukturierten Elementes (**100**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einem Fizeau-Interferometer.

16. Verwendung eines Halteelementes (**100**) oder optisch strukturierten Elementes (**100**) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 bei lithographischen Prozessen, bei lithographischen Prozessen, bei der Bearbeitung von Silicium- oder GaAs- oder Glas-Wafern, bei der Handhabung (Festhalten, Transportieren...) von derartigen Wafern oder Bauteilen, die aus solchen Wafern gefertigt wurden im Vakuum oder in Schutzgasumgebung oder an Luft und/oder zur strukturierten Beleuchtung.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

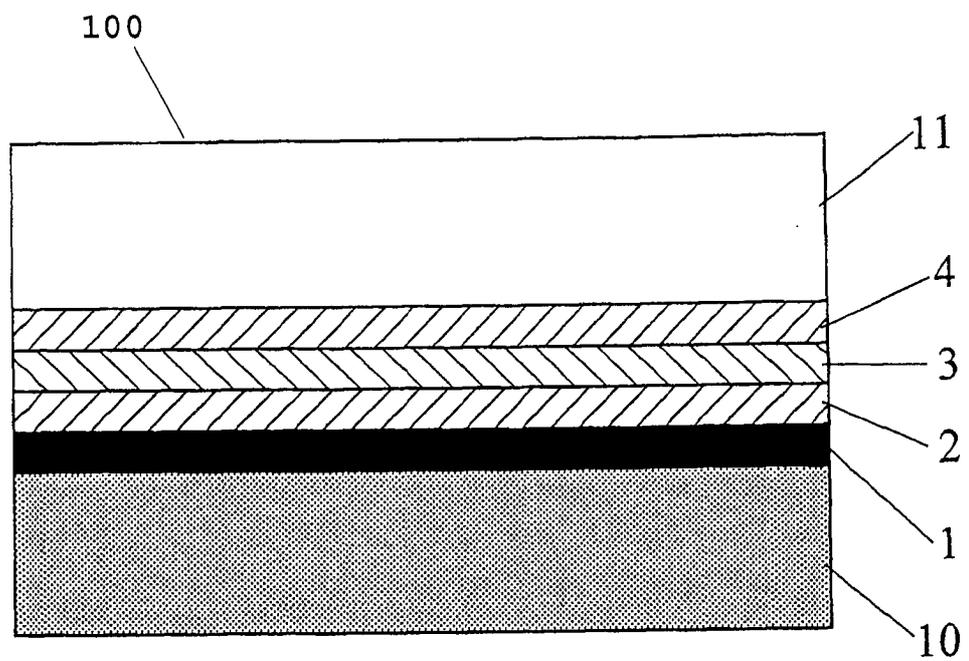


Fig. 2

