



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 30 526 T2 2004.08.05**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 834 092 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 30 526.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US96/07772**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 916 669.3**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 96/041215**

(86) PCT-Anmeldetag: **22.05.1996**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **19.12.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **08.04.1998**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **29.10.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.08.2004**

(51) Int Cl.7: **G02B 1/10**
G02B 1/11

(30) Unionspriorität:
487365 07.06.1995 US

(73) Patentinhaber:
Sola International Inc., Menlo Park, Calif., US

(74) Vertreter:
**WUESTHOFF & WUESTHOFF Patent- und
Rechtsanwälte, 81541 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE, DE, FR, GB, IE, IT

(72) Erfinder:
MACHOL, N., Steven, Sebastopol, US

(54) Bezeichnung: **ELEKTRISCH LEITENDER ANTIREFLEXIONSSCHICHT**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Antirefleksionsbeschichtungen für transparente Substrate wie Brillengläser und insbesondere ein Verfahren zur Herstellung von Antirefleksionsbeschichtungen, die antistatisch und leicht zu reinigen sind.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Brillengläser sind üblicherweise als ein einziger integraler Körper aus Glas oder Kunststoff geformt worden. Seit kurzem sind Linsen hergestellt worden, indem zwei dünne Linsenplatten mit einem transparenten Klebstoff laminiert wurden. Ungeachtet dessen, wie sie aufgebaut sind, kann ein Brillenglas eine Antirefleksionsbeschichtung enthalten, um den Transmissionsgrad des sichtbaren Lichtes zu verbessern.

[0003] Herkömmlich Antirefleksionsbeschichtungen enthalten Mehrschichtstrukturen, die beispielsweise in den US-Patenten 3,432,225 und 3,565,509 beschrieben sind. Herkömmliche Antirefleksionsbeschichtungen haben eine hydrophobe Außenschicht, die typischerweise ein Fluoralkylchlorsilan enthält, um den Schmutzwiderstand zu fördern und das Reinigen zu erleichtern. Trotz der Anwesenheit dieser Außenschicht neigen Brillenglasflächen dazu, in der Luft schwebende Partikel anzuziehen. Außerdem neigen Ölverschmutzungen auf der Linsenfläche dazu, zu verschmieren anstatt sauber abgewischt zu werden, wodurch die Linsen schwierig zu pflegen sind.

Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Die vorliegende Erfindung ist auf transparente Gegenstände wie Brillengläser gerichtet, die mit einer Antirefleksionsbeschichtung mit eigenen antistatischen Eigenschaften beschichtet sind. Zusätzlich dazu, daß sie Staub und andere frei schwebende Verunreinigungen nicht anzieht, ist die haltbare erfindungsgemäße Antirefleksionsbeschichtung auch leicht zu reinigen. Antirefleksionsbeschichtungen der vorliegenden Erfindung erfordern nicht eine hydrophobe Außenschicht.

[0005] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes hohen Transmissionsgrades gemäß Patentanspruch 1 und ein Gegenstand eines hohen Transmissionsgrades gemäß Patentanspruch 8. Die abhängigen Ansprüche betreffen bevorzugte Ausführungsformen.

[0006] EP-A-0 203 730 betrifft einen optischen Antirefleksionsgegenstand und ein Verfahren zu dessen Herstellung. Das Verfahren zur Herstellung eines Brillenglases hoher Transmission enthält die Bereitstellung eines transparenten Substrats und der Ausbildung einer transparenten Antirefleksionsbeschichtung auf einer Fläche des Substrats. Um einen antistatischen Effekt und einen Antirefleksionseffekt zu erhalten, sollte wenigstens eine Schicht des Mehrschichtfilms elektrisch leitend sein.

[0007] US-A-5 362 552 betrifft Antirefleksionsbeschichtungen für sichtbares Licht und ein Substrat wie Blendschutzschirme für Videodisplaeinheiten mit einer transparenten, elektrisch leitenden Antirefleksionsbeschichtung. Die elektrisch leitenden Schichten bestehen aus Metalloxiden in stöchiometrischen Verhältnissen, die bevorzugt einen Zusatz von Heteroatomen haben.

[0008] Demnach ist ein Aspekt der Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes hoher Transmission gerichtet, das folgende Schritte enthält:

- Bereitstellen eines transparenten Substrates und
- Ausbilden einer transparenten, elektrisch leitenden Antirefleksionsbeschichtung auf einer Fläche des Substrats, wobei der Schritt des Ausbildens der Beschichtung das Reagieren von Metall mit nicht-stöchiometrischen Mengen von Sauerstoff enthält, so daß die Beschichtung eine der mehrere Schichten aus elektrisch leitendem Metalloxid enthält.

[0009] Gemäß einer Ausführungsform ist die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes hoher Transmission mit folgenden Schritten gerichtet:

- Bereitstellen eines transparenten Substrats und
- Ausbilden einer transparenten mehrschichtigen Antirefleksionsbeschichtung auf einer Fläche des Substrats, wobei wenigstens eine Schicht ein elektrisch leitendes Material mit hohem Brechungsindex oder ein elektrisch leitendes Material mit niedrigem Brechungsindex aufweist.

[0010] Gemäß der Erfindung wird die Beschichtung ausgebildet, indem Metall mit nicht-stöchiometrischen Mengen von Sauerstoff reagiert, so daß die Beschichtung eine oder mehrere Schichten aus elektrisch leitendem Metalloxidmaterial enthält. Die Techniken, um dies zu bewerkstelligen, enthalten Elektronenstrahlreaktionsverdampfung, Ionen-unterstützte Ablagerung und reaktives Zerstäuben von Metalltargets.

[0011] Nach einem weiteren Aspekt ist die Erfindung auf einen Gegenstand hoher Transmission gemäß Patentanspruch 8 gerichtet. In einer Ausführungsform enthält der Gegenstand:

- ein transparentes Substrat und
- einen transparenten Mehrschichtfilm, der abwechselnde Schichten von elektrisch leitenden Materialien mit hohem Brechungsindex und mit niedrigem Brechungsindex enthält.

[0012] In einer weiteren Ausgestaltung ist die Erfindung auf ein im wesentlichen statisch resistentes Brillenglas gerichtet, das durch ein Verfahren hergestellt ist, das die folgenden Schritte enthält:

- Bereitstellen eines transparenten Substrats und
- Ablagern einer transparenten mehrschichtigen Antirefleksionsbeschichtung auf einer Fläche des Substrats, wobei jede Schicht ein elektrisch leitendes Material mit hohem Brechungsindex oder mit niedrigem Brechungsindex enthält.

[0013] In einer Ausführungsform ist die Erfindung auf ein im wesentlichen antistatisches Brillenglas gerichtet, das durch ein Verfahren hergestellt ist, das folgende Schritte enthält:

- Bereitstellen eines transparenten Substrats und
- Ablagern eines transparenten mehrschichtigen Films auf einer Fläche des Substrats, wobei der Film abwechselnde Schichten aus Materialien mit hohem Brechungsindex und niedrigem Brechungsindex enthält, wobei jede Schicht elektrisch leitend ist:

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform enthält der mehrschichtige Film:

- (i) eine erste Schicht mit einem Brechungsindex von etwa 2,0 bis etwa 2,55, die ein erstes Metalloxidmaterial enthält;
- (ii) eine zweite Schicht mit einem Brechungsindex von etwa 1,38 bis etwa 1,5, die ein zweites Metalloxid enthält;
- (iii) eine dritte Schicht mit einem Brechungsindex von etwa 2,0 bis etwa 2,55, die das erste Metalloxidmaterial enthält,
- (iv) eine vierte Schicht mit einem Brechungsindex von etwa 1,38 bis etwa 1,5, die das zweite Metalloxid enthält, wobei die Brechungsindizes bei einer Referenzwellenlänge von 550 nm gemessen werden.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die dritte Schicht elektrisch leitend. In noch einer bevorzugten Ausführungsform enthalten die erste und die dritte Schicht Materialien mit hohem Brechungsindex, die aus der Gruppe ausgewählt sind, die aus Titanoxiden, Nioboxiden und Tantaloxiden besteht, und die zweite und die vierte Schicht enthalten Siliziumdioxid. Bei Substraten, die Brillengläser enthalten, hat die Linsenfläche bevorzugt ein elektrisches Potential, das kleiner ist als etwa 100 V.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0016] **Fig. 1** ist ein Teilquerschnitt eines Brillenglases, das gemäß der Erfindung hergestellt ist.

[0017] **Fig. 2** ist eine schematische Darstellung einer Ionen-gestützten Ablagerungsvorrichtung, die verwendet wird, um die Antirefleksionsbeschichtung herzustellen.

[0018] **Fig. 3** ist ein Diagramm des elektrostatischen Potentials von Schichten in einer Beschichtung.

Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform.

[0019] Die vorliegende Erfindung basiert teilweise auf der Entdeckung, daß eine Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit in einer oder mehreren Schichten einer mehrschichtigen Antirefleksionsbeschichtung diese Beschichtung mit antistatischen Eigenschaften versieht. Selbst wenn sie Reibungskräften ausgesetzt wird, entwickelt die erfindungsgemäße Antirefleksionsbeschichtung keine nennenswerte elektrostatische Ladung.

[0020] Die erfindungsgemäße Antirefleksionsbeschichtung zeigt verbesserte Resistenz gegenüber Schmutz und Flecken, wodurch das Erfordernis entfällt, eine hydrophobe Außenschicht über der Antirefleksionsbeschichtung vorzusehen. Das Vorhandensein dieser hydrophoben Außenschicht kann die optischen Eigenschaften der Brillengläser nachteilig beeinflussen, beispielsweise die Farbkonsistenz und die Reflektivität, und erhöht ihre Produktionskosten.

[0021] Bevor die Erfindung in näheren Einzelheiten beschrieben wird, werden die folgenden Begriffe definiert: Der Begriff „Substrat“ bezieht sich auf ein Material, das bevorzugt überlegene strukturelle und optische Eigenschaften hat. Kristallin Quarz, geschmolzene Kieselerde, Soda-Lime, Silikatglas und Kunststoffe wie Polymere, die auf Allyldiglycolcarbonatmonomeren (erhältlich als CR-39TM von PPG Industries, Inc., Hartford, Conn.) basieren und Polycarbonate wie LexanTM, erhältlich von General Electric Co. sind bevorzugte Substratmaterialien. Die Substrate enthalten Brillengläser (einschließlich Sonnenbrillengläser). Bevorzugte Brillengläser enthal-

ten auch laminierte Gläser, die hergestellt werden, indem zwei dünne Linsenplatten mit einem transparenten Klebemittel verbunden werden (d. h. eine Frontplatte und eine Rückplatte). Laminierte Linsenplatten sind beispielsweise in den US-Patenten 5,149,181, 4,857,553 und 4,645,317 und der UK-Patentanmeldung GB 2,260,937 A beschrieben. Kommerziell erhältliche Kunststoffbrillengläser, die mit einer polymerischen kratzresistenten Beschichtung versehen sind, die etwa 1 µm bis etwa 12 µm dick ist, sind auch geeignete Substrate. Die Dicke der polymerischen Kratzresistenzbeschichtung hängt teilweise von dem Substratmaterial ab. Allgemein erfordern Kunststoffmaterialien wie Polycarbonate dickere Beschichtungen. Geeignete Substrate enthalten ferner gläserne Brillenlinsen, die beispielsweise in den US-Patenten 3,899,315 und 3,899,314 beschrieben sind. Der hier benutzte Terminus „Linse“ bezieht sich sowohl auf einen einzigen integralen Körper als auch auf laminierte Typen.

[0022] Der Begriff „Antirefleksionsbeschichtung“ oder „AR-Beschichtung“ bezieht sich auf einen im wesentlichen transparenten, mehrschichtigen Film, der auf optische Systeme (z. B. auf deren Flächen) aufgebracht wird, um Reflexion über einen relativ breiten Bereich des sichtbaren Spektrums im wesentlichen zu eliminieren und dadurch die Transmission von Licht zu verbessern und Oberflächenreflexion zu reduzieren. Bekannte Antirefleksionsbeschichtungen enthalten mehrschichtige Filme, die abwechselnd Materialien mit hohem und niedrigem Brechungsindex enthalten (z. B. Metalloxid, die beispielsweise in den US-Patenten 3,432,225, 3,565,509, 4,022,947 und 5,332,618 beschrieben sind). Jedoch anders als herkömmliche AR-Beschichtungen verwenden die erfindungsgemäßen AR-Beschichtungen eine oder mehrere elektrisch leitenden Schichten eines hohen und/oder niedrigen Brechungsindex. Die Dicke der AR-Beschichtung hängt von der Dicke jeder einzelnen Schicht in dem Mehrschichtfilm ab und von der gesamten Anzahl von Schichten in dem Mehrschichtfilm. Die erfindungsgemäße AR-Beschichtung kann jede Zahl von Schichten enthalten. Bevorzugt hat die AR-Beschichtung für Brillenlinsen etwa 3 bis etwa 12 Schichten, bevorzugt etwa 4 bis etwa 7 Schichten und am meisten bevorzugt etwa 4 Schichten. Bevorzugt ist die AR-Beschichtung etwa 100 bis etwa 750 nm dick. Zur Verwendung mit Brillengläsern ist die AR-Beschichtung bevorzugt etwa 220 bis etwa 500 nm dick.

[0023] Der Begriff „Klebmittelschicht“ bezieht sich auf einen Film oder eine Beschichtung, der auf dem transparenten Substrat gebildet wird, bevor der Mehrschichtfilm der Antirefleksionsbeschichtung abgelagert wird. Die Klebmittelschicht fördert die Verbindung der Antirefleksionsbeschichtung mit dem Substrat. Jedes geeignete transparente Material kann verwendet werden, um die Klebmittelschicht auszubilden, einschl. Chromoxid. Die Benutzung einer Klebmittelschicht ist optional und die Wahl des verwendeten Materials hängt teilweise von dem Substratmaterial ab und dem Material, das die erste Schicht der mehrschichtigen Antirefleksionsbeschichtung enthält. Die Dicke der Klebmittelschicht ist nicht kritisch, obwohl sie bevorzugt auf einer Dicke gehalten wird, die gerade ausreicht, um das Substrat wirkungsvoll mit der Antirefleksionsbeschichtung zu verbinden, aber sie muß nicht eine signifikante optische Wirkung haben. Wenn das Chrom nicht genügend oxidiert ist oder wenn die Klebmittelschicht nicht zu dick ist, dann wird diese Schicht eine Lichtabsorption verursachen und die Transmission durch die AR-Beschichtung reduzieren. Die Klebmittelschicht kann elektrisch leitend sein, was zusätzlich die antistatischen Eigenschaften der mehrschichtigen Antirefleksionsbeschichtung verbessern kann.

[0024] Der Begriff „Material mit hohem Brechungsindex“ bezieht sich auf Materialien mit einem Brechungsindex (bei einer bevorzugten Wellenlänge von etwa 550 nm), der bevorzugt größer ist als etwa 2,0, weiter bevorzugt zwischen etwa 2,1 und etwa 2,55 liegt, und am meisten bevorzugt zwischen etwa 2,2 bis etwa 2,4.

[0025] Der Begriff „Material mit niedrigem Brechungsindex“ bezieht sich auf Materialien mit einem Brechungsindex (bei einer Bezugswellenlänge von etwa 550 nm), der bevorzugt kleiner ist als etwa 1,5, weiter bevorzugt zwischen etwa 1,38 bis etwa 1,5 und am meisten bevorzugt zwischen etwa 1,45 bis etwa 1,46 liegt.

[0026] Der Begriff „antistatisch“ bezieht sich auf die Fähigkeit eines Materials, keine nennenswerte Größe einer elektrostatischen Ladung zu halten oder zu entwickeln. Bezüglich eines Brillenglases, das mit der Antirefleksionsbeschichtung der vorliegenden Erfindung beschichtet ist, bleibt die Linsenfläche bevorzugt im wesentlichen elektrostatisch neutral, wobei die beschichtete Linsenfläche ein elektrisches Potential hat, das kleiner ist als etwa 100 V, weiter bevorzugt kleiner als etwa 75 V und am meisten bevorzugt kleiner als etwa 50 V, wenn in dem neutralen Zustand oder entladenen Zustand gemessen wird.

[0027] Mit „neutralem Zustand“ oder „entladenen Zustand“ ist gemeint, daß die Linsenfläche keiner Reibung oder einem anderen Prozeß oder Einrichtung, die eine elektrostatische Ladung erzeugt, innerhalb etwa 5 Sekunden vor der Messung ausgesetzt war. Im Gegensatz dazu bezeichnet der „geladene Zustand“ die Bedingung einer Linse unmittelbar oder bis zu etwa 5 Sekunden nachdem sie einer Reibung oder einem anderen Vorgang oder Einrichtung, die eine elektrostatische Ladung erzeugt, ausgesetzt war.

[0028] Bei Brillengläsern, die mit der Antirefleksionsbeschichtung beschichtet sind, hat die beschichtete Linsenfläche bevorzugt ein elektrisches Potential, das kleiner ist als etwa 600 V und bevorzugt etwa 0 bis etwa 500 V, und am meisten bevorzugt etwa 0 bis 300 V oder weniger, wenn unmittelbar nach dem Reiben mit einem Tuch aus synthetischem (z. B. Polyester) oder natürlichem (z. B. Baumwolle) Material gemessen wird. Bei Brillengläsern, die mit der Antirefleksionsbeschichtung versehen sind, hat zudem die beschichtete Linsenfläche bevorzugt ein elektrisches Potential, das kleiner ist als etwa 100 V, weiter bevorzugt etwa 0 bis 75 V oder we-

niger, und am meisten bevorzugt etwa 0 bis 50 V oder weniger innerhalb etwa 5 Sekunden nach dem Reiben. Es ist offensichtlich, daß eines der Merkmale der erfindungsgemäßen AR-Beschichtung die Fähigkeit ist, eine elektrische Ladung zu entladen oder abzuleiten und den Aufbau von Ladung zu verhindern.

[0029] Zu Zwecken dieser Erfindung schließt Volt die Größe sowohl von positiver als auch negativer Spannung ein, so daß eine Linsenfläche mit einem elektrischen Potential von 100 V oder weniger den Bereich von -100 bis +100 V abdeckt.

[0030] Ein bevorzugtes Verfahren zur Herstellung einer leitenden AR-Beschichtung besteht darin, elektrisch leitende Materialien hohen und niedrigen Brechungsindex zu verwenden, die Metalloxide enthalten. Metalloxide mit hohem Brechungsindex enthalten beispielsweise Oxide von Titan, Cer, Bismuth, Zink, Eisen, Niob, Tantal, Zirkonium, Chrom, Zinn, Indium und Gemischen davon. Besonders bevorzugte elektrisch leitende Materialien mit hohem Brechungsindex sind Nioboxide und Titanoxide, die durch reaktives Zerstäuben oder Verdampfen abgeleitet werden. Metalloxide mit niedrigem Brechungsindex enthalten beispielsweise Oxide von Silicium; geeignete Materialien mit niedrigem Brechungsindex enthalten auch Aluminiumoxifluoride und Magnesiumoxifluoride. Alternativ kann eines oder mehrere der Metalloxidmaterialien ersetzt werden durch Nicht-Oxidmaterialien mit dem erforderlichen Brechungsindex. Beispielsweise können Zinksulfide in elektrisch leitendem Material mit hohem Brechungsindex verwendet werden und Magnesiumfluoride und Toriumfluoride können in elektrisch leitende Materialien mit niedrigem Brechungsindex verwendet werden. Diese Nicht-Oxide sind in dem US-Patent 5,332,618 beschrieben.

[0031] Der Mehrschichtfilm, der die erfindungsgemäße AR-Beschichtung bildet, enthält wenigstens eine Schicht, die elektrisch leitend ist. Es wird angenommen, daß das Vorhandensein von einer oder mehreren elektrisch leitenden Schichten wirkungsvoll den Aufbau einer nennenswerten elektrostatischen Ladung verhindert, indem diese stetig entladen wird. Das Ergebnis ist eine AR-Beschichtung, die antistatisch ist.

[0032] Die Begriffe „elektrisch leitendes Material mit hohem Brechungsindex“ und „elektrisch leitendes Material mit niedrigem Brechungsindex“ beziehen sich auf Materialien mit einem hohen und einem niedrigen Brechungsindex, die geeignet sind zur Verwendung in leitenden Antireflektionsbeschichtungen. Bevorzugt enthält ein elektrisch leitendes Material mit hohem Brechungsindex ein Metalloxid mit einem hohen Brechungsindex. Im Gegensatz hierzu enthält ein elektrisch leitendes Material mit niedrigem Brechungsindex ein Metalloxid mit einem niedrigen Brechungsindex.

[0033] Gemäß der Erfindung sieht das Verfahren zur Herstellung solcher Materialien vor, ein Metalloxid in einer Umgebung zu synthetisieren, so daß der hergestellte Metalloxidfilm nicht-stöchiometrisch oder unteroxidiert ist. Der resultierende Metalloxidfilm hat die oben beschriebenen elektrischen Eigenschaften.

[0034] Wie hier ferner beschrieben wird ist in nicht-stöchiometrischen Metalloxiden das Verhältnis von Sauerstoff zu Metall kleiner als das theoretische stöchiometrische Verhältnis für jede bestimmte Struktur (Metalloxide, bei denen das Verhältnis von Metall zu Sauerstoff stöchiometrisch ist, werden allgemein als dielektrische Materialien bezeichnet, die nicht elektrisch leitfähig sind). Die elektrisch leitenden Materialien können aber auch ein Gemisch von (1) stöchiometrischen Metalloxiden und (2) stöchiometrischen Oxiden und/oder nicht-reagierten Metallatomen enthalten. Verfahren zum Synthetisieren nicht-stöchiometrischer Metalloxide enthalten reaktives Zerstäuben und Verdampfen von Metall in unzulänglichen Sauerstoffumgebungen.

[0035] Es ist bekannt, daß stöchiometrisches Titandioxid (d. h. TiO_2) eine spezifische Leitfähigkeit von weniger als 10^{-10} S/cm hat während $\text{TiO}_{1,9995}$ einen Wert von 10^{-1} S/cm erzielt. Es wird somit erwartet, daß geeignete elektrisch leitende Materialien mit hohem Brechungsindex hergestellt werden können, indem Titan mit einer nicht-stöchiometrischen Menge von Sauerstoff reagiert, so daß das erzeugte Titanoxid die Nominalformel TiO_x hat, wobei x kleiner als 2 ist, bevorzugt etwa 1,3 bis etwa 1,9995, weiter bevorzugt etwa 1,5 bis etwa 1,9995, und am meisten bevorzugt etwa 1,7 bis 1,9995.

[0036] Es wird angenommen, daß TiO_2 die prädominante Form des gebildeten Titanoxids ist. Es wird jedoch angenommen, daß auch andere Formen herstellbar sind. Wenn es nicht anders angegeben ist, bezeichnet TiO_x alle Formen des hergestellten Titanoxids. Es wird darauf hingewiesen, daß bei der Verwendung von Titanoxiden als Schicht des elektrisch leitenden Materials mit hohem Brechungsindex die spezielle Struktur der erzeugten Titanoxide solange nicht kritisch ist, wie die Schicht die gewünschten optischen Eigenschaften (Brechungsindex und Transparenz) hat, die für die Antireflektionsbeschichtung erforderlich sind, und daß die beschichteten Brillengläser die oben definierten antistatischen Eigenschaften haben.

[0037] Wenn die erfindungsgemäße AR-Beschichtung ein Mehrschichtfilm ist, der eine Schicht aus einem elektrisch leitenden Material mit niedrigem Brechungsindex enthält, wird erwartet, daß geeignete elektrisch leitende Materialien mit niedrigem Brechungsindex hergestellt werden können, indem Silizium mit einer nicht-stöchiometrischen Menge von Sauerstoff reagiert, so daß das Siliziumoxid die Nominalformel SiO_x hat, wobei x kleiner als 2, bevorzugt etwa 1,5 bis etwa 1,99, weiter bevorzugt etwa 1,7 bis etwa 1,99, und am meisten bevorzugt etwa 1,8 bis etwa 1,99 ist.

[0038] Ebenso wird angenommen, daß SiO_2 die prädominante Form des gebildeten Siliziumoxids ist. Es wird jedoch angenommen, daß andere Formen ebenso hergestellt werden. Wenn dies nicht anders angegeben wird, repräsentiert SiO_x somit alle Formen der hergestellten Siliziumoxide. Wenn Siliziumoxide als Schicht ei-

nes elektrisch leitenden Materials mit niedrigem Brechungsindex verwendet werden, ist die spezielle Struktur der hergestellten Siliziumoxide solange nicht kritisch, wie die Schicht die gewünschten optischen Eigenschaften hat, die für die Antirefleksionsbeschichtung erforderlich sind, und die beschichteten Brillengläser haben die antistatischen Eigenschaften.

[0039] Wenn somit allgemein Metalloxidmaterialien verwendet werden, um entweder eine Schicht eines Materials mit niedrigem oder hohem Brechungsindex auszubilden, ist die spezielle Formel oder Struktur des Metalloxids solange nicht kritisch, wie die Schicht die gewünschten optischen Eigenschaften hat. Wenn eine Schicht aus elektrisch leitendem Material mit niedrigem oder hohem Brechungsindex ausgebildet wird, ist das andere Kriterium, daß die Antirefleksionsbeschichtung die antistatischen Eigenschaften hat.

[0040] Da nur eine oder mehrere Schichten des Mehrschichtfilms der erfindungsgemäßen AR-Beschichtung elektrisch leitend sein muß, versteht es sich, daß mit Ausnahme des Falls, in dem alle Schichten elektrisch leitend sind, die anderen nicht elektrisch leitenden Schichten des Films herkömmliche dielektrische Materialien wie Titandioxid für die Schicht mit hohem Brechungsindex und Siliziumdioxid für die Schicht mit niedrigem Brechungsindex enthalten können. Es versteht sich ferner, daß der Begriff „Metalloxid“ oder „Metalloxide“ sich allgemein sowohl auf elektrisch leitende als auch nicht leitende Metalloxide bezieht. Beispielsweise enthalten Titanoxide elektrisch leitendes TiO_x , wie dies oben angegeben ist, sowie Titandioxid (d. h. TiO_2) ein Dielektrikum. Entsprechend enthalten Siliziumoxide elektrisch leitendes SiO_x , wie oben definiert sowie Siliziumdioxid (d. h. SiO_2), eine Dielektrikum.

[0041] Beim Entwerfen und Herstellen des Mehrschichtfilms einer Antirefleksionsbeschichtung sollte die Auswahl des Materials (Materialien) für die elektrisch leitende Schicht die elektrische Leitfähigkeit der verschiedenen Metalle in Betracht ziehen, die zur Ausbildung von geeigneten Metalloxiden verfügbar sind. Bevorzugt sollten die elektrisch leitfähigen Materialien hoher oder niedriger Brechung aus Materialien gebildet werden, die die höhere elektrische Leitfähigkeit haben.

[0042] Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von elektrisch leitenden Materialien besteht darin, zuerst die dielektrischen Metalloxidfilme herzustellen und danach Dotierungsstoffe in den Film einzubringen. Der Dotierungsstoff wird aus den leitenden Materialien ausgewählt, die dasselbe Material wie das Metall sein können. Diese Technik ist insbesondere geeignet, wenn ein Nicht-Oxid (z. B. MgF_2) verwendet wird. Das Dotierungsmittel kann durch jedes geeignete Mittel einschl. Diffusion und Ionenimplantation eingeführt werden. Siehe beispielsweise Wolf & Tauber, „Silicon Processing for the VLSE Era,“ Band 1, Seiten 242–332 (1986).

Methode

[0043] Die im wesentlichen transparente Mehrschichtfilmstruktur der erfindungsgemäßen AR-Beschichtung kann durch herkömmliche Filmablagerungstechniken (chemisch und physikalisch) hergestellt werden einschl. reaktive Zerstäubungsablagerung, chemische Dampfablagerung und Elektronenstrahlverdampfung, mit und ohne Ionenunterstützung. Diese Techniken sind in „Thin Film Processes“ und „Thin Film Processes II“, Vossen & Kern, Editors (1978 und 1991), Academic Press, beschrieben. Das am meisten geeignete Verfahren hängt u. a. von den Substrat (Material und Größe) und den verwendeten bestimmten leitenden Metalloxiden ab.

[0044] Die Zerstäubungstechniken beinhalten das physikalische Ausstoßen von Material von einer Anode als ein Ergebnis von Ionenbeschuß. Die Ionen werden üblicherweise durch Kollisionen zwischen Gasatomen und Elektronen in einer Glimmentladung erzeugt. Die Ionen werden in die Zielkathode durch ein elektrisches Feld beschleunigt. Ein Substrat wird an einer geeigneten Stelle angeordnet, so daß es einen Teil der ausgestoßenen Atome aufnimmt. Auf diese Weise wird eine Beschichtung auf der Oberfläche des Substrats abgelagert. Beim reaktiven Zerstäuben bildet ein Reaktionsgas eine Verbindung mit dem Material, das von der Anode zerstäubt wird. Wenn die Anode Silizium ist und das Reaktionsgas beispielsweise Sauerstoff, werden Siliziumoxide üblicherweise in der Form von SiO_2 auf der Fläche des Substrats gebildet. Eine andere Zerstäubungstechnik besteht darin, zuerst eine zerstäubte Metallschicht auf einem Substrat auszubilden und danach diese Schicht einem Reaktionsgas (z. B. Sauerstoff) auszusetzen, um ein Metalloxid zu bilden. Zerstäubungsvorrichtungen sind beispielsweise in den US-Patenten 5,047,131, 4,851,095 und 4,166,018 beschrieben.

[0045] Die chemische Dampfablagerung ist die Ausbildung eines nicht-flüchtigen festen Films auf einem Substrat durch die Reaktion von Dampfphasenchemikalien (Reaktionsmittel), die die erforderlichen Bestandteile enthalten. Die Reaktionsgase werden in eine Reaktionskammer eingeführt, zersetzt und durch eine erwärmte Fläche zur Reaktion gebracht, um den dünnen Film auszubilden.

[0046] Die erforderlichen Bedingungen zu Erzielung solcher Ablagerungen sind im Stand der Technik bekannt. Beispielsweise ist die chemische Dampfablagerung einschl. der chemischen Niederdruckdampfablagerung (LPCVD), plasmaverstärkte chemische Dampfablagerung (PECVD), foton-induzierte chemische Dampfablagerung (PHCVD) und dergleichen von Wolf & Tauber, „Silicon Processing for the VLSI Era,“ Band 1, Seiten d161–197 (1986) beschrieben.

[0047] Andere geeignete Filmablagerungstechniken enthalten Dielektronenstrahlverdampfung und Ionen-unterstützte Ablagerung. Bei der Elektronenstrahlverdampfung wird eine Verdampfungsquelle (z. B. Elektronen-

strahl) verwendet, um das gewünschte Zielmaterial zu verdampfen. Die verdampften Atome kondensieren auf einem Substrat, das in einer Vakuumkammer angeordnet ist. Siehe „Thin Film Processes II“, auf den Seiten 79–132. Bei der Ionenunterstützten Ablagerung ruft ein Ionenbeschuß niedriger Energie auf der Substratfläche während der Ablagerung von verdampften Atomen eine Flächenreinigung, verbesserte Nukleierung und Wachstum hervor und in situ Einglühen, wodurch Dampfschichten verbesserter Qualität erzeugt werden. Für eine Diskussionen der Ionen-unterstützten Ablagerung siehe Stelmack, et al., „Review of Ion-Assisted Deposition: Research to Production“ Nuklear Instruments and Methods in Physics Research B37/38 (1989) 787–793.

[0048] Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung ist in **Fig. 1** dargestellt, die ein Brillenglas **10** enthält, das auf einer Fläche eine leitende Antirefleksionsbeschichtung hat. Die Beschichtung enthält vier transparente, im wesentliche farblose Schichten **11** bis **14**, die aus mindestens zwei verschiedenen Materialien gebildet sind, von denen eines ein Material mit hohem Brechungsindex und das andere ein Material mit einem niedrigen Brechungsindex ist. Die Schichten **11** bis **14** enthalten eine Antirefleksionsbeschichtung, die auch als „AR-Stapel“ oder „Stapel“ bezeichnet wird. Bevorzugt wird vor der Ausbildung des AR-Stapels eine Klebemittelschicht **10A**, die Chromoxide enthält, auf der Substratfläche abgelagert.

[0049] Bevorzugt enthält der AR-Stapel oder Beschichtung abwechselnde Materialien mit hohem und niedrigem Brechungsindex, so daß jede Schicht einen Brechungsindex hat, der verschieden ist von demjenigen jeder angrenzenden Schicht. Bevorzugt ist der Brechungsindex jedes Materials mit niedrigem Brechungsindex kleiner als etwa 1,5 bei einer Wellenlänge von etwa 550 nm, die eine bevorzugte Wellenlänge für die sichtbare Lichttransmission ist. Der Index der Brechung jedes Materials mit hohem Brechungsindex ist größer als etwa 2,0 bei einer Wellenlänge von etwa 550 nm, und jede Schicht enthält ein elektrisch leitendes Metalloxid. Die erste Schicht des AR-Stapels, die auf dem Substrat (oder auf der Klebemittelschicht, die optional ist) geformt ist, enthält normalerweise ein Material mit hohem Index.

[0050] In der Ausführungsform, die **Fig. 1** zeigt, enthalten die Schichten **11** und **13** Materialien mit hohem Brechungsindex, wobei die Schicht **11** eine Dicke von etwa 7 nm bis etwa 15 nm, weiter bevorzugt von etwa 9 nm bis etwa 13 nm und am meisten bevorzugt von etwa 10 nm bis etwa 12 nm hat, und wobei die Schicht **13** eine Dicke von etwa 19 nm bis etwa 130 nm, weiter bevorzugt von etwa 100 nm bis etwa 120 nm und am meisten bevorzugt von etwa 105 nm bis etwa 115 nm hat. Die Schicht **11** ist als die erste Schicht dieses 4-Schichtenstapels bestimmt. Die Schichten **12** und **14** enthalten ein Material mit niedrigem Brechungsindex, wobei die Schicht **12** eine Dicke von etwa 15 nm bis etwa 40 nm, weiter bevorzugt zwischen etwa 20 nm und etwa 35 nm und am meisten bevorzugt zwischen etwa 23 nm und etwa 31 nm hat, und wobei die Schicht **14** eine Dicke von etwa 55 nm bis etwa 105 nm, weiter bevorzugt von etwa 65 nm bis etwa 95 nm und am meisten bevorzugt von etwa 75 nm bis etwa 85 nm hat.

[0051] Der Mehrschichtfilm, der die AR-Beschichtung bildet, kann jede geeignete Anzahl von Schichten aus Materialien mit hohem/niedrigem Brechungsindex haben. Für die meisten optischen Anwendungen ist es wünschenswert, daß die AR-Beschichtungen den Oberflächenreflektionsgrad auf einen extrem niedrigen Wert über einen breiten Spektralbereich reduziert, um so eine zufriedenstellende Farbbalance beizubehalten. Die Anzahl der Schichten hängt u. a. von dem Substratmaterial, den gewünschten Antireflectionseigenschaften und der Zusammensetzung der verwendeten Materialien hohen und niedrigen Brechungsindex ab. Allgemein wird eine größere Antirefektion erreicht, indem die Anzahl der Schichten mit abwechselnden Schichten hohen und niedrigen Brechungsindex erhöht wird, jedoch gibt es eine Abnahme in dem Spektralbereich der Antirefektion. Außerdem sind, wie in den US-Patenten 3,432,225 (Dreischichtaufbau), 3,565,509 (Vierschichtaufbau) und 5,332,618 (Achtschichtaufbau) beschrieben, mathematische Formeln entwickelt worden, um die optischen Eigenschaften von mehrschichtigen Antirefleksionsbeschichtungen zu simulieren, so daß ihr Aufbau optimiert werden kann.

Versuch

[0052] Das Ionen-gestützte Elektronenstrahlablagerungsgerät, das verwendet ist, um AR-Stapel gemäß der Erfindung herzustellen, ist in **Fig. 2** gezeigt und enthält eine Vakuumkammer **100**, die einen Ionenerzeuger **102** und eine Elektronenstrahlverdampfungsquelle **106** enthält, die an der Basis der Vakuumkammer positioniert sind. Eine Prallfläche **108** trennt den Ionenerzeuger von der Elektronenstrahlquelle. In dem oberen Teil der Kammer sind eine Linsenkalotte und ein Substrathalter **110** angeordnet. Die Vakuumkammer ist von Balzer Ltd. Balzer, Liechtenstein, als Modell Balzer 1200 Box Coater, erhältlich. Sie ist mit einer Balzer EBS 420 Elektronenstrahlquelle ausgerüstet. Der Ionenerzeuger ist eine Commonwealth Mark II Ion Source von Commonwealth Scientific Corp., Alexandria, Virginia.

[0053] Beim Betrieb wird ein Substrat (z. B. Brillenglas) an dem Substrathalter angeordnet, und danach wird ein Vakuum erzeugt und mit einer Vakuumpumpe **114** aufrecht erhalten. Anfänglich ist eine Ionenerzeugerblende **114** geschlossen, um zu verhindern, daß die Ionenenergie das Substrat trifft, bis der Ionenerzeuger auf einem vorgegebenen Energielevel stabilisiert ist. Die Blende **113** deckt die Elektronenstrahlquelle ab, bis das Ziel zum Bedampfen bereit ist. Argon wird als Ionisierungsgas für den Ionenerzeuger verwendet. Normalerweise

se wird die Substratfläche einer Ionenätzung unterworfen vor der Ablagerung der Chromoxidklebemittelschicht. Um eine Metalloxidschicht zu erzeugen, wird die Elektronenstrahlquelle aktiviert, um eine Metallverdampfung der erforderlichen Konzentration hervorzurufen. Sauerstoff von einer Sauerstoffquelle **116** reagiert mit dem Verdampfungsmittel, um Metalloxid zu bilden, das auf der Substratfläche abgelagert wird. Anschließend werden Metalloxidschichten auf eine gleiche Weise hergestellt.

[0054] AR-Beschichtungen mit der Struktur gemäß **Fig. 1** wurden mit der Vorrichtung der **Fig. 2** erzeugt. Repräsentative Arbeitsparameter bei der Herstellung einer bevorzugten AR-Beschichtung und die Eigenschaften der einzelnen Schichten sind in Tabelle 1 angegeben. Die verwendeten Substrate waren laminierte Einzelsichtlinsen, die jeweils eine kratzbeständige Beschichtung haben.

Tabelle 1

	Material	Dicke nm	Index@550 nm	QWOT*	O ₂ Druck (mbar)	Ablagerungs- geschwindigkeit (nm/sek)
Klebstoff	Chromoxid	< 1,0	-2,50		8×10^{-5}	
Schicht 1	Titanoxid (TiO _x)	11,33	2,271	0,1871	2×10^{-4}	0,3
Schicht 2	Siliziumdioxid (SiO ₂)	27,30	1,461	0,2901		0,8
Schicht 3	Titanoxid (TiO _x)	111,07	2,271	1,8344	2×10^{-4}	0,3
Schicht 4	Siliziumdioxid (SiO ₂)	80,91	1,461	0,8597		0,8

* Viertelwelle optische Dicke

[0055] Vor Beginn der Ablagerung wurden die Linsensubstrate mit Ultraschall gereinigt unter Verwendung von deionisiertem Wasser und dann bei 95°C zwei Stunden lang entgast. Danach wurden die Linsen an der Substrathalterung angebracht, und der Druck in der Kammer wurde auf etwa 6×10^{-6} mbar gesenkt. Die Substratfläche war etwa 4 min lang ionengeätzt, wobei der Ionenerzeuger mit 0,9 A/110 V arbeitete. Bei der Ausbildung der Klebstoffschicht wurde Chromzielmaterial anfänglich mit der Blende **113** abgedeckt, als das Chrom durch den Elektronenstrahl von der Elektronenstrahlverdampfungsquelle erhitzt wurde. Die Blende wurde entfernt, bevor das Chrom verdampfte. Während der Ausbildung und Ablagerung der Chromoxidschicht wurde Sauerstoff im ausreichenden Maße eingeführt, um den Kammerdruck auf 8×10^{-5} mbar anzuheben und zu halten. Es versteht sich, daß die Ionenerzeugerblende ebenfalls während der Ablagerung entfernt wurde. Die vier Schichten, die die AR-Beschichtung enthält, wurden auf eine gleiche Weise abgelagert. Bevorzugt wird der Gesamtdruck bei etwa 2×10^{-4} mbar oder weniger während der Ablagerung jeder der Schichten gehalten. Die zweite Titanoxidschicht (Schicht 3) der hergestellten AR-Beschichtung stellte sich als elektrisch leitend heraus.

[0056] Linsen, die mit der erfindungsgemäßen AR-Beschichtung der Tabelle 1 beschichtet sind, wurden auf antistatische Eigenschaften getestet. Um einen elektrostatischen Ladungsaufbau hervorzurufen, wurden die Beschichtungen mit einem Baumwolltuch und einem 100% Polyesterluminex® Linsenreinigungstuch (Toray Industries, Inc., Tokyo, Japan) gerieben. Messungen wurden in zwei verschiedenen Umgebungen durchgeführt: Mit und ohne Air-Conditioning. Die Klimatisierung reduziert die Feuchtigkeitsmenge in der Luft und beeinträchtigt statische Eigenschaften. Drei Messungen wurden für jede Linse durchgeführt. Vor jedem Reiben wurden die Linsen aus ihrer Verpackung entnommen und in der Umgebung für wenigstens 30 min akklimatisiert. Die Spannungen an den Vorderflächen wurden mit einem TI300 Statikmesser gemessen (Zeile 8, Seite 17, Static Controll Services, Inc., Palm Springs, CA). Als nächstes wurde jede Linse zehnmal gerieben (vorwärts und rückwärts – jedesmal 4 inches) auf dem geeigneten Tuch, und die elektrostatische Messung wurde sofort durchgeführt. Die dritte Messung wurde nach 5 sek durchgeführt nachdem die Linsen gerieben waren. Zwischen jeder Messung wurden die Linsen vor einem Endstat 2000 Deionizier (Static Control Services, Inc.) platziert, um jegliche restliche statische Ladung zu eliminieren.

[0057] Die Messungen, die in Tabelle 2 angegeben sind, zeigen, daß mit der erfindungsgemäßen AR-Beschichtung versehene Linsen eine unsignifikante oder gar keine elektrostatische Ladung entwickeln.

Tabelle 2

	nicht reiben	reiben	reiben + 5 sek
<i>ohne Klimatisierung</i>			
Baumwolltuch	0	-50	0
Polyestertuch	0	100	0
<i>mit Klimatisierung</i>			
Baumwolltuch	0	-100	-25
Polyestertuch	0	0	0

(Messungen wurden in Volt ausgeführt)

[0058] Laminierte Einzelsichtlinsen, die jeweils mit einer kratzbeständigen Beschichtung versehen und mit herkömmlichen Antirefleksionsbeschichtungen versehen sind, die eine hydrophobe Außenschicht enthalten, wurden auch auf antistatische Eigenschaften auf die oben beschriebene Weise getestet. Diese „Stock“-Linsen waren von verschiedenen Brillenglasherstellern verfügbar. Die Ergebnisse sind in den Tabellen 3 bis 6 gezeigt. Der Grad der Hydrophobie der Außenfläche jeder AR-Beschichtung ist proportional zu ihrem Kontaktwinkel, der gemessen wurde mit einem Tante Angle Meter, erhältlich von Tante Inc., Schaumburg, IL.

[0059] Tabelle 3 (Baumwolltuch) und 4 (Polyestertuch) enthalten Messungen, die in einem Raum ohne Klimatisierung durchgeführt wurden. Die Tabellen 5 (Baumwolltuch) und Tabelle 6 (Polyestertuch) enthalten Messungen in einem Raum mit Klimatisierung (Messungen wurden in Volt ausgeführt). Es ist offensichtlich, daß Linse Nr. 1 in jeder der Tabellen 3 bis 6 der erfindungsgemäßen Linse in Tabelle 2 entspricht. Die Linsen 2 bis 7 der Tabelle 3 haben dieselben Antirefleksionsbeschichtungen wie die Linsen 2 bis 7 der Tabelle 4. Auf gleiche Weise haben die Linsen 2 bis 9 der Tabelle 5 dieselben Antirefleksionsbeschichtungen wie die Linsen 2 bis 9 der Tabelle 6.

[0060] Aus den vergleichenden Daten ist ersichtlich, daß die erfindungsgemäße AR-Beschichtung bessere antistatische Eigenschaften hat als die herkömmlichen Antirefleksionsbeschichtungen, die von Brillenglasherstellern erhältlich sind. Außerdem erfordert die erfindungsgemäße AR-Beschichtung keine äußere hydrophobe Beschichtung, die bei allen getesteten herkömmlichen AR-Beschichtungen vorhanden ist.

Tabelle 3

Linsen	nicht reiben	reiben	reiben + 5 sek.	Kontaktwinkel
1	0	-50	0	31°
2	-150	-700	-200	100°
3	0	-950	-300	95°
4	-250	-1000	-500	100°
5	-213	-2375	-1000	95°
6	-350	-3250	-2000	95°
7	-700	-4500	-200	81°

Tabelle 4

Linsen	nicht reiben	reiben	reiben + 5 sek.	Kontaktwinkel
1	0	-50	0	31°
2	-150	-950	-325	100°
3	0	-1350	-150	95°
4	-250	-1000	-500	100°
5	-231	-4500	-2750	95°
6	-350	-5500	-4000	95°
7	-700	-3000	-2250	81°

Tabelle 5

Linsen	nicht reiben	reiben	reiben + 5 sek.	Kontaktwinkel
1	0	-100	-25	31°
2	-100	-800	-500	100°
3	-150	-1750	-850	100°
4	0	-2000	-700	95°
5	-450	-3500	-2250	81°
6	-163	-4500	-3250	95°
7	-500	-6500	-5000	95°
8	-250	-8500	-6000	100°
9	-1250	-10000	-9500	95°

Tabelle 6

Linsen	nicht reiben	reiben	reiben + 5 sek.	Kontaktwinkel
1	0	0	0	31°
2	-100	-2250	-450	95°
3	-150	-1250	-600	100°
4	0	-2750	-650	100°
5	-163	-4500	-2250	81°
6	-500	-5875	-3500	95°
7	-450	-10000	-6000	95°
8	-250	-8000	-5000	100°
9	-1250	-10000	-9500	95°

Schicht-für-Schicht-Analyse der AR-Beschichtung

[0061] Um zu bestimmen, welche signifikante Wirkung, falls überhaupt, die einzelnen Schichten der AR-Beschichtung auf die antistatischen Eigenschaften der AR-Beschichtungen haben, wurde eine Schicht-für-Schicht-Analyse der AR-Beschichtung mit der Fünfschichtstruktur gemäß Tabelle 1 durchgeführt. Bei dieser Analyse wurden fünf Kunststoff-Frontplatten beschichtet, jede mit einer anderen Anzahl von Schichten (die verwendeten Schichten waren aus Kunststoff und mit einer kratzbeständigen Polymerschicht be-

schichtet). Die erste Platte wurde beschichtet mit (1) der Chromoxidklebemittelschicht allein. Die zweite Platte wurde mit (1) der Chromoxidklebemittelschicht und (2) zuerst TiO_x beschichtet und so weiter, so daß die fünfte Platte die Fünfschichtstruktur enthielt.

[0062] Nach der Ausbildung der fünf beschichteten Platten wurde die Spannung auf den Frontflächen jeder Platte mit einem T1300 Statikmesser gemessen. Jede Platte wurde zehnmal gerieben (rückwärts und vorwärts – jedesmal 4 inches) auf einer staubfreien Baumwollgaze, und die Messungen wurden sofort durchgeführt. In dem dritten Test vergingen 5 Sekunden, nachdem die Linsen gerieben wurden, bevor gemessen wurde. Als Kontrolle wurden die elektrostatischen Spannungen der zwei Kunststoff-Frontplatten (z. B. Kontrolle 1 und 2) ebenfalls gemessen.

[0063] Jede Kontrollplatte war mit einer anderen kratzbeständigen Polymerbeschichtung versehen. Die fünf getesteten Platten hatten dieselbe kratzbeständige Polymerbeschichtung wie Kontrolle 1.

[0064] Es wurde gefunden, daß die elektrostatische Ladung bei der ersten, zweiten und dritten Platte hoch blieb, jedoch die vierte Platte, die enthielt (1) die Chromoxidklebemittelschicht, (2) die erste TiO_x Schicht, (3) die erste SiO_2 Schicht und (4) die zweite TiO_x Schicht, zeigte eine dramatische Verringerung der elektrostatischen Ladung. Die Analyse zeigte, daß bei der zweiten TiO_x Schicht x etwa 1,78 war. Somit ist wenigstens bei AR-Beschichtungen mit abwechselnden Materialien mit hohem und niedrigem Brechungsindex, die Titanoxide und Siliziumoxide enthalten, das zweite Materialien mit hohem Brechungsindex bevorzugt TiO_x , wobei x etwa 1,3 bis etwa 1,9995 ist, weiter bevorzugt etwa 1,5 bis 1,9995 und am meisten bevorzugt etwa 1,7 bis etwa 1,9995.

[0065] Während die gezeigten Beispiels nur zwei verschiedene Materialien mit hohem und niedrigem Index haben (d. h. SiO_x und TiO_x) in dem speziellen Design, wird hervorgehoben, daß ähnliche Antirefleksionsbeschichtungsstrukturen aufgebaut sein können aus zwei oder mehr Materialien mit hohem Index und/oder zwei oder mehr Materialien mit niedrigem Index, oder sogar einem Material wie Aluminiumoxid mit einem dazwischenliegenden Brechungsindex.

[0066] Außerdem kann es in manchen Fällen vorteilhaft sein, Gemische von Materialien oder komplexe Verbindungen zu verwenden. Ein Gemisch aus Ceroxid und Zinkoxid könnte für die Filme mit hohem Index verwendet werden, und ein Gemisch von Siliziumdioxid und Magnesiumfluorid für Filme mit niedrigem Index. Andere Gemische können ausgewählt werden, die für eine bestimmte Ablagerungstechnik geeignet sind oder im Hinblick auf eine bestimmte optische oder physikalische Eigenschaft eines Materials vorteilhaft sind.

[0067] Brillengläser mit einer Antirefleksionsbeschichtung haben bevorzugt eine Transmission bei 550 nm zwischen etwa 98,0 bis etwa 99,5%, weiter bevorzugt zwischen etwa 98,5 bis etwa 99,5% und am meisten bevorzugt zwischen etwa 99,0 und etwa 99,5%. Außerdem haben Brillengläser eine Reflektion bei 550 nm zwischen etwa 0,5 und etwa 2,5%, weiter bevorzugt zwischen etwa 0,5 und etwa 1,5%, und am meisten bevorzugt zwischen etwa 0,5 und etwa 1,0%.

[0068] Obwohl nur bevorzugt Ausführungsformen der Erfindung im einzelnen offenbart und oben beschrieben sind, wird hervorgehoben, daß viele Modifikationen und Variationen der vorliegenden Erfindung im Hinblick auf die obige Lehre und im Schutzbereich der beigefügten Ansprüche möglich sind, ohne von dem Schutzbereich der Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Gegenstandes hohen Transmissionsgrades, enthaltend die Schritte: Bereithalten eines transparenten Substrates (**10**) und Ausbilden einer transparenten, elektrisch leitenden Antireflexionsbeschichtung (**11**, **12**) auf einer Fläche des Substrats, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Schritt des Ausbildens der Beschichtung das Reagieren von Metall mit nicht-stöchiometrischen Mengen von Sauerstoff umfaßt, so daß die Beschichtung eine oder mehrere Schichten von elektrisch leitendem Metalloxidmaterial enthält.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die transparente, elektrisch leitende Antireflexionsbeschichtung (**11**, **12**) mehrfache Schichten enthält, wobei wenigstens eine Schicht ein elektrisch leitendes Material (**11**) mit hohem Brechungsindex oder ein elektrisch leitendes Material (**12**) mit niedrigem Brechungsindex enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei jede der elektrisch leitenden Schichten durch Elektronenstrahlionenverdampfung oder reaktives Zerstäuben geformt ist, wobei Metall mit nicht-stöchiometrischen Mengen von Sauerstoff reagiert, so daß jede Schicht ein elektrisch leitendes Metalloxid enthält.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung abwechselnde Materialien eines hohen und eines niedrigen Brechungsindex aufweist, so daß jede Schicht einen Brechungs-

index hat, der verschieden ist von demjenigen jeder anliegenden Schicht, wobei der Brechungsindex jedes Materials mit niedrigem Brechungsindex kleiner ist als 1,5 bei einer Wellenlänge von 550 nm, wobei der Brechungsindex jedes Materials hohen Brechungsindexes größer ist als 2,0 bei einer Wellenlänge von 550 nm, und wobei wenigstens eine Schicht ein elektrisch leitendes Metalloxidmaterial enthält.

5. Verfahren nach jedem der Ansprüche 2 bis 4, wobei die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung enthält:

- (i) eine erste Schicht (**11**) mit einem Brechungsindex von 2,0 bis 2,55, die 7 bis 15 nm dick ist;
- (ii) eine zweite Schicht (**12**) mit einem Brechungsindex von 1,38 bis 1,5, die 15 bis 40 nm dick ist;
- (iii) eine dritte Schicht (**13**) mit einem Brechungsindex von 2,0 bis 2,55, die 90 bis 130 nm dick ist und
- (iv) eine vierte Schicht (**14**) mit einem Brechungsindex von 1,38 bis 1,5, die 55 bis 105 nm dick ist, wobei die Brechungsindizes bei einer Referenzwellenlänge von 550 nm gemessen sind.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die dritte Schicht elektrisch leitend ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, ferner enthaltend den Schritt des Aufbringens einer Klebeschicht (**10A**) auf die Substratfläche vor dem Ausbilden der ersten Schicht.

8. Gegenstand eines hohen Transmissionsgrades enthaltend:
ein transparentes Substrat (**10**) und eine transparente, elektrisch leitende Antireflexionsbeschichtung (**11, 12**), dadurch gekennzeichnet, daß die Antireflexionsbeschichtung eine oder mehrere elektrisch leitende Schichten aus nicht-stöchiometrischem Metalloxidmaterial enthält.

9. Gegenstand nach Anspruch 8, swobei die Antireflexionsbeschichtung ein transparenter Mehrschichtfilm ist mit abwechselnden Schichten von Materialien (**11, 12, 13, 14**) eines hohen Brechungsindex, wobei eine oder mehrere Schichten elektrisch leitend sind und die nicht – stöchiometrischen Metalloxide enthält.

10. Gegenstand nach jedem der vorhergehenden Ansprüche 8 oder 9, wobei die Antireflexionsbeschichtung abwechselnd Materialien eines hohen und eines niedrigen Brechungsindex enthält, so daß jede Schicht einen Brechungsindex hat, der verschieden ist von jeder anliegenden Schicht, wobei der Brechungsindex jedes Materials mit niedrigem Brechungsindex kleiner ist als 1,5 bei einer Wellenlänge von 550 nm, wobei der Brechungsindex eines jeden Materials mit hohem Brechungsindex größer ist als 2,0 bei einer Wellenlänge von 550 nm.

11. Gegenstand nach jedem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 10, wobei die Antireflexionsbeschichtung enthält:

- (i) eine erste Schicht (**11**) mit einem Brechungsindex von 2,0 bis 2,55, die 7 bis 15 nm dick ist,
- (ii) eine zweite Schicht (**12**) mit einem Brechungsindex von 1,38 bis 1,5, die 15 bis 40 nm dick ist,
- (iii) eine dritte Schicht (**13**) mit einem Brechungsindex von 2,0 bis 2,55, die 90 bis 130 nm dick ist und
- (iv) eine vierte Schicht (**14**) mit einem Brechungsindex von 1,38 bis 1,5, die 55 bis 105 nm dick ist, wobei die Brechungsindizes bei einer Referenzwellenlänge von 550 nm gemessen sind.

12. Gegenstand nach Anspruch 11, wobei die dritte Schicht elektrisch leitend ist.

13. Gegenstand nach Anspruch 11 oder 12, ferner enthaltend eine Klebeschicht (**10A**), die sich zwischen der Substratfläche und der ersten Schicht befindet.

14. Gegenstand nach jedem der vorhergehenden Ansprüche 8 bis 13, wobei das transparente Substrat ein Brillenglas enthält.

15. Gegenstand nach Anspruch 14, wobei das Brillenglas in dem neutralen Zustand ein elektrisches Potential 100 V oder weniger hat, wobei der neutrale Zustand bezeichnet, daß die Linse nicht elektrostatischen Ladungserzeugungsprozessen oder Vorrichtungen innerhalb 5 sec bis zu Messung des elektrischen Potentials unterworfen worden ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

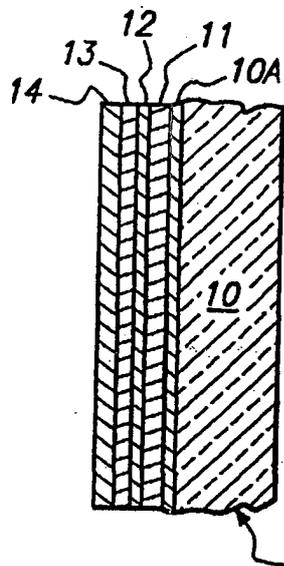


FIG. 1

Transparentes Substrat

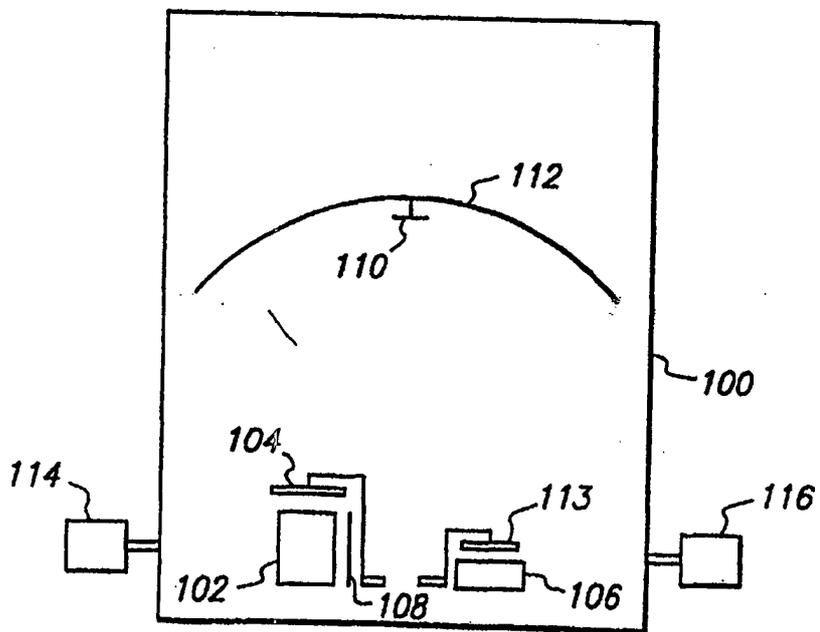


FIG. 2

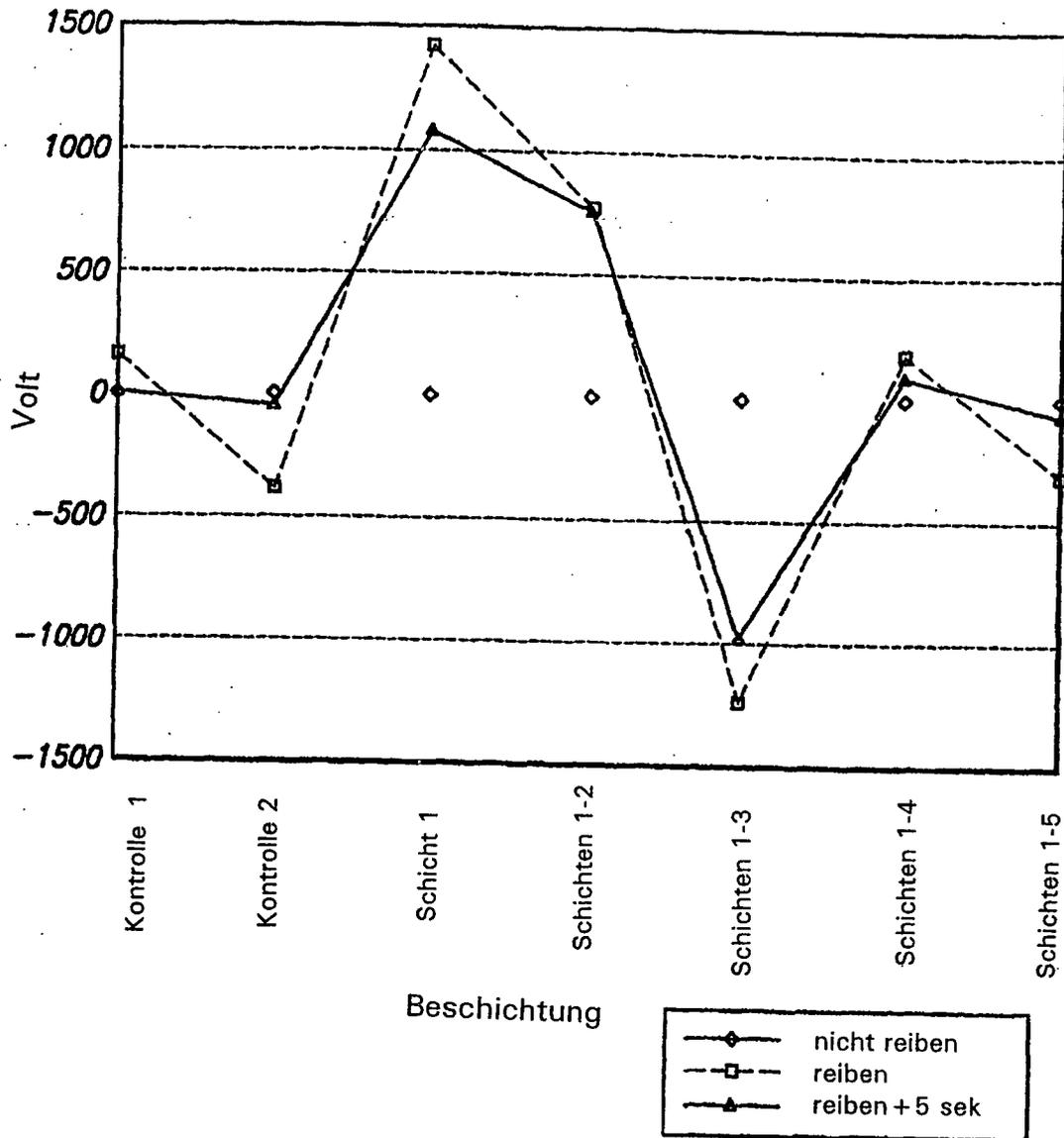


FIG. 3