(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 20 2011 110 944 U1** 2017.09.14

(12) # Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2011 110 944.9**
(22) Anmeldetag: **09.12.2011**
(67) aus Patentanmeldung: **EP 11 79 4167.4**
(47) Eintragungstag: **09.08.2017**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **14.09.2017**

(51) Int Cl.: ***G02B 1/11*** (2015.01)
G02B 3/00 (2006.01)
C03C 17/34 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

61/421,956	**10.12.2010**	**US**
1060394	**10.12.2010**	**FR**
61/541,724	**30.09.2011**	**US**

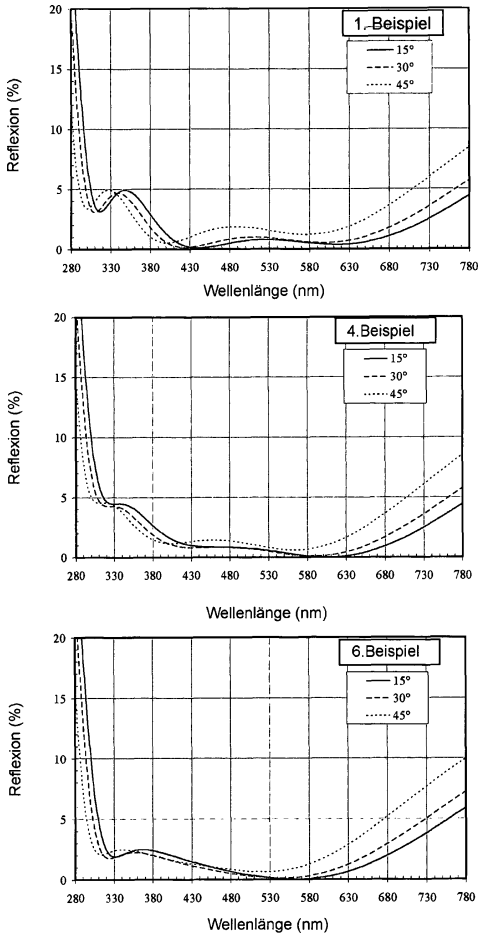
(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
Essilor International (Compagnie Generale d'Optique), Charenton-le-Pont, FR

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
Lang, Johannes, Dipl.-Ing., 81675 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optischer Gegenstand mit einer Antireflexionsbeschichtung mit niedriger Reflexion sowohl im ultravioletten Bereich als auch im sichtbaren Bereich**

(57) Hauptanspruch: Ophthalmische Linse, die ein Substrat mit einer vorderen Hauptseite und einer rückseitigen Hauptseite aufweist, wobei die rückseitige Hauptseite mit einer mehrschichtigen Antireflexionsbeschichtung beschichtet ist, die einen Stapel von wenigstens einer Schicht mit einem Brechungsindex von größer als 1,6 und von wenigstens einer Schicht mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 aufweist, wobei:
– der mittlere Reflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_m kleiner als oder gleich 1,15% ist,
– der mittlere Lichtreflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_v kleiner oder gleich 1% ist,
– der mittlere Reflexionsfaktor R_{uv} an der Rückseite zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die im ISO 13666: 1998-Standard definierte Funktion W(λ) gewichtet ist, für einen Einfallswinkel von 30° und für einen Einfallswinkel von 45° unter 5% liegt,
– die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung eine Anzahl von Schichten größer oder gleich 3, bevorzugt größer oder gleich 4, und kleiner oder gleich 7, bevorzugt kleiner oder gleich 6, bevorzugter kleiner oder gleich 5, aufweist,
– die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung keine Schicht mit einer Dicke größer oder gleich 20 nm basierend auf Indiumoxid aufweist,
– die Außenschicht der Antireflexionsbeschichtung eine Siliziumdioxid-basierte Schicht ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen optischen Gegenstand, der an seiner Rückseite und optional an seiner Vorderseite eine Antireflexionsbeschichtung aufweist, die in hohem Maß die Reflexion im UVA- und UVB-Strahlungsbereich und im sichtbaren Bereich reduziert. Der optische Gegenstand kann im Besonderen eine ophthalmische Linse sein, im Besonderen eine getönte Sonnenlinse.

[0002] Das Sonnenspektrum weist elektromagnetische Strahlungen mit verschiedenen Wellenlängen auf, im Besonderen ultraviolette Strahlung (UV). Das UV-Spektrum verfügt über viele Bänder, im Besonderen die UVA-, UVB- und UVC-Bänder. Von denjenigen UV-Bändern, die die Erdoberfläche erreichen, sind das UVA-Band im Bereich von 315 nm bis 380 nm und das UVB-Band im Bereich von 280 nm bis 315 nm für die Retina besonders schädlich.

[0003] Herkömmliche Antireflexionsbeschichtungen sind zur Verringerung der Reflexion an der Linsenoberfläche im sichtbaren Bereich, in der Regel im Spektrumsbereich von 380 bis 780 nm, ausgestaltet und optimiert. In der Regel wird die Reflexion im ultraviolettem Bereich (280 bis 380 nm) nicht optimiert, und wird häufig durch die herkömmliche Antireflexionsbeschichtung selbst verstärkt. Der Artikel „Anti-reflective coatings reflect ultraviolet radiation", Citek, K. Optometry 2008, 79, S. 143–148, unterstreicht dieses Phänomen.

[0004] Die mittlere Reflexion im UVA- und UVB-Bereich kann dadurch bei herkömmlichen Antireflexionslinsen einen hohen Grad (bis zu 60%) erreichen. Zum Beispiel beträgt für nicht sonnenspezifische Antireflexionsgegenstände, die von den meisten Herstellern im Laufe der letzten Jahre vermarktet wurden, die mittlere UV-Reflexion zwischen 10 und 25% für einen Einfallswinkel zwischen 30 bis 45%. Dies stellt an der Vorderseite der Linse kein Problem dar, da der Großteil der UV-Strahlung, die von der Vorderseite des Trägers kommt und in das Auge des Trägers gelangen kann (normaler Einfall, 0 bis 15°) im Allgemeinen von dem ophthalmischen Linsensubstrat absorbiert wird. Einen besseren Schutz gegen die Übertragung der UV-Strahlung kann durch ophthalmische Sonnenlinsen erhalten werden, die untersucht und dazu ausgelegt sind, die Lichtstärke des sichtbaren Spektrums zu verringern, UVB vollständig zu absorbieren und UVA vollständig oder teilweise zu absorbieren.

[0005] Andererseits kann die UV-Strahlung, die von Lichtquellen stammt, die sich hinter dem Träger befinden, auf der Rückseite der Linse reflektieren und das Auge des Trägers erreichen, wenn die Linse nicht mit einer Antireflexionsbeschichtung versehen ist, die im ultravioletten Bereich wirksam ist, was möglicherweise die Gesundheit des Trägers beeinträchtigt. Ein solches Phänomen wird durch den Trend verstärkt, dass modische Sonnenbrillen große Durchmesser haben, was das Risiko für in das Auge gelangende Streureflexionen erhöht.

[0006] Es ist anerkannt, dass die Lichtstrahlen, die auf der Rückseite der Linse reflektieren und das Auge des Trägers erreichen können, einen engeren Einfallswinkelbereich haben, der zwischen 30 bis 45° liegt (schräger Einfall). Es gibt derzeit keinen Standard bezüglich der UV-Strahlungsreflexion von der Rückseite aus.

[0007] Es gibt verschiedene Patente, die sich mit Verfahren zur Herstellung von Antireflexionsbeschichtungen befassen, die im ultravioletten Bereich wirksam wären, die UV-Strahlung übertragen und/oder absorbieren, anstatt sie zu reflektieren. Die Optimierung der Antireflexionsleistungen über den gesamten ultravioletten Bereich zeigt sich jedoch im Allgemeinen abträglich für die Antireflexionsleistungen im sichtbaren Bereich. Demgegenüber stellt die Optimierung nur der Antireflexionsleistungen im sichtbaren Bereich nicht sicher, dass zufriedenstellende Antireflexionseigenschaften im ultravioletten Bereich erhalten werden können.

[0008] Die Anmeldung EP 1174 734 offenbart ein Brillenglas, das an seiner Rückseite eine mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung aufweist, die derart ausgestaltet ist, dass die Reflexion an der Oberfläche der Antireflexionsbeschichtung im Vergleich zu einer an einer Oberfläche eines ungeschützten optischen Gegenstands im Wellenlängenbereich zwischen 280 bis 700 nm geringer ist. Die Funktion dieser Antireflexionsbeschichtung besteht in der Minimierung der Reflexion der UV-Strahlung, die hinter dem Träger entsteht oder vom Gesicht des Trägers reflektiert wird, auf die Rückseite der Linse, um so zu verhindern, dass sie das Auge des Trägers erreicht.

[0009] Die in dieser Anmeldung beschriebenen Antireflexionsbeschichtungen sind im ultravioletten Bereich sehr wirksam. Es ist aber angeraten, die mittleren Reflexionsfaktoren davon im sichtbaren Bereich zu verbessern. Darüber hinaus sind die konzipierten Stapel manchmal ziemlich ausgeklügelt, da sie bis zu zehn Schichten umfassen können.

[0010] Je höher die Anzahl der Schichten, umso einfacher ist die Herstellung einer wirksamen Antireflexionsbeschichtung in einem breiten Wellenlängenbereich. Die Herstellung einer solchen komplizierten Antireflexionsbeschichtung ist aber vom wirtschaftlichen Standpunkt her nicht so interessant, da sie mehr Materialien erfordert und den Herstellungsprozess verlängert.

[0011] Die Anmeldung WO 97/28467 offenbart einen transparenten fotochromen Artikel, der ein mit einem 4-Schicht-Antireflexionsstapel HI/LI/HI/LI beschichtetes fotochromes Substrat aufweist, wobei HI sich auf eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex und LI sich auf eine Schicht mit einem niedrigen Brechungsindex bezieht. Eine solche Beschichtung ist dazu ausgelegt, dass sie nicht mit dem Verhalten der fotochromen Komponenten in Konflikt kommt, die in oder auf dem Substrat vorhanden sind, durch Minimierung der Reflexion zwischen 350 und 400 nm, was der Wellenlängenbereich ist, der deren Aktivierung ermöglicht. Die so hergestellten Antireflexionsbeschichtungen sind im UVA-Bereich wirksam, aber diese Eigenschaft geht mit einer erheblichen Verringerung bei den Antireflexionsleistungen im sichtbaren Bereich einher.

[0012] Das Patent US 4,852,974 offenbart einen optischen Gegenstand mit einem fotochromen Substrat und einer mehrschichtigen Antireflexionsbeschichtung mit einem mittleren Reflexionsfaktor zwischen 290 nm und 330 nm über 15% und einem mittleren Reflexionsfaktor zwischen 330 nm und 380 nm, der unter 4% für einen nicht näher beschriebenen Einfallswinkel liegt. Eine solche Antireflexionsbeschichtung ermöglicht die Verlängerung der Lebenszeit der im Substrat enthaltenen fotochromen Komponenten, ist aber in einem Bereich, in dem die relative Wirksamkeit der UV-Strahlung am höchsten ist (290 bis 300 nm), relativ unwirksam. Darüber hinaus wäre es wünschenswert, die Leistungen davon im sichtbaren Bereich zu verbessern.

[0013] Die Anmeldung WO 2010/125 667 offenbart ein Brillenglas, das an seiner Rückseite mit einer Antireflexionsbeschichtung versehen ist, die die Verringerung der Reflexion an der Linsenrückseite der hinter dem Träger entstehenden UV-Strahlung ermöglicht, sodass sie das Auge nicht erreichen kann.

[0014] Es ist daher ein Ziel der vorliegenden Erfindung, einen transparenten optischen Gegenstand vorzusehen, im Besonderen eine ophthalmische Linse, die ein Substratmaterial aus Mineral- oder organischem Glas aufweist, das an der Rückseite davon eine Anti-UV-Antireflexionsbeschichtung mit sehr guten antireflektierenden Leistungen im sichtbaren Bereich aufweist, und die zur gleichen Zeit dazu ausgebildet ist, die Reflexion der UV-Strahlung wesentlich zu verringern, im Besonderen ultraviolette A- und ultraviolette B-Strahlen, im Vergleich zu einem ungeschützten Substrat oder einem Substrat, das eine herkömmliche Antireflexionsbeschichtung aufweist, und deren Produktion im industriellen Maßstab einfach ist.

[0015] Die vorliegende Erfindung sieht eine Antireflexionsbeschichtung mit einer verbesserten Konzeption vor, die einen Stapel aus dünnen Schichten aufweist, wobei die Dicken und die Materialien davon so ausgewählt wurden, dass sie sowohl im sichtbaren Bereich als auch im ultravioletten Bereich zufriedenstellende antireflektierende Leistungen erzielen.

[0016] Die Verteilung der ultravioletten Sonnenstrahlung wird durch die relative Spektraleffizienz der UV-Sonnenstrahlung abgeschwächt, die null oder nahezu null im Bereich von 280 bis 295 nm ist (was zum Bereich der ultravioletten B-Strahlen gehört). Die vorliegende Erfindung sieht eine Antireflexionsbeschichtung mit geringeren Antireflexionsleistungen innerhalb dieses Wellenlängenbereichs vor, wodurch eine Antireflexionsbeschichtung erhalten werden kann, die im sichtbaren Bereich und in dem Teil des ultravioletten Bereichs sehr wirksam ist, in dem die Verteilung der durch die relative Spektralwirksamkeit einer solchen Strahlung abgeschwächten Sonnenstrahlung für den Träger hoch ist (300 bis 320 nm). Die Antireflexionsbeschichtungen gemäß der Erfindung tolerieren somit eine höhere Spektralreflexion im Bereich von 280 bis 295 nm ohne Folgen für den Träger.

[0017] Die Erfindung bezieht sich daher auf einen optischen Gegenstand, bevorzugt eine ophthalmische Linse, die ein Substrat mit einer vorderen Hauptseite und mit einer rückseitigen Hauptseite aufweist, wobei die rückseitige Hauptseite mit einer mehrschichtigen Antireflexionsbeschichtung beschichtet ist, die einen Stapel von wenigstens einer Schicht mit einem Brechungsindex höher als 1,6 und wenigstens einer Schicht mit einem Brechungsindex unter 1,5 aufweist. Weitere Merkmale ergeben sich aus den in den unabhängigen und abhängigen Ansprüchen definierten Gegenständen.

[0018] Gemäß bevorzugten Ausführungsformen

– ist der mittlere Reflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_m kleiner oder gleich 1,15%,
– ist der mittlere Lichtreflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_v kleiner oder gleich 1%,
– ist der mittlere Reflexionsfaktor R_{UV} an der Rückseite zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die im ISO 13666:1998 definierten Standard Funktion W(λ) gewichtet ist, kleiner als 5% für einen Einfallswinkel von 30% und für einen Einfallswinkel von 45%,
– weist die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung eine Anzahl von Schichten größer oder gleich 3 und kleiner oder gleich 7, bevorzugt kleiner oder gleich 6, bevorzugter kleiner oder gleich 5 auf,
– weist die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung keine beliebige elektrisch leitfähige Schicht mit einer Dicke größer oder gleich 20 nm basierend auf Indiumoxid, auf,
– ist die Außenschicht der Antireflexionsbeschichtung eine Siliziumdioxid-basierte Schicht.

[0019] Die vorliegende Erfindung wird ausführlicher mit Bezugnahme auf die Zeichnungen im Anhang beschrieben, wobei **Fig.** 1 bis **Fig.** 4 die Variation als eine Funktion der Reflexionswellenlänge auf der Oberfläche der Rückseite von einigen in Beispielen der vorliegenden Anmeldung hergestellten Linsen für einen Einfallswinkel von 15°, 30° und 45° zeigt.

[0020] In der vorliegenden Anmeldung, soll der Ausdruck „eine Schicht oder eine Beschichtung auf dem Artikel auftragen" bedeuten, wenn ein optischer Gegenstand eine oder mehrere Beschichtungen auf seiner Oberfläche aufweist, dass eine Schicht oder eine Beschichtung auf der äußeren (freigelegten) Oberfläche der äußeren Beschichtung des Gegenstands aufgetragen wird, d. h., der Beschichtung, die vom Substrat am weitesten entfernt ist.

[0021] Eine Beschichtung, die als „auf" einem Substrat befindlich oder „auf" einem Substrat aufgetragen beschrieben wird, ist als eine Beschichtung definiert, die (i) über dem Substrat angeordnet ist, (ii) nicht notwendigerweise in Kontakt mit dem Substrat steht, das heißt, eine oder mehrere Zwischenbeschichtungen können zwischen dem Substrat und der betreffenden Beschichtung angeordnet sein, und (iii) das Substrat nicht notwendigerweise vollständig bedeckt.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform steht die Beschichtung auf einem Substrat oder eine auf dem Substrat aufgetragene Beschichtung in direktem Kontakt mit dem Substrat.

[0023] Wenn „eine Schicht 1 unter einer Schicht 2 liegt", soll es bedeuten, dass Schicht 2 weiter von dem Substrat entfernt ist als Schicht 1.

[0024] Wie hier verwendet, soll die rückseitige(oder die Innen-)Seite des Substrats die Seite bezeichnen, die sich bei Verwendung des Gegenstands am nächsten zum Auge des Trägers befindet. Es ist im Allgemeinen eine konkave Fläche. Demgegenüber ist die Vorderseite des Substrats die Seite, die bei Verwendung des Gegenstands am weitesten vom Auge des Trägers entfernt ist. Es ist im Allgemeinen eine konvexe Fläche.

[0025] Allgemein gesprochen, kann die Antireflexionsbeschichtung des optischen Gegenstands gemäß der Erfindung, die als die „Anti-UV-Antireflexionsbeschichtung" bezeichnet wird, auf einem beliebigen Substrat aufgetragen werden, und bevorzugt auf organischen Linsensubstraten, zum Beispiel einem thermoplastischen oder wärmehärtbaren Kunststoffmaterial.

[0026] Zu den thermoplastischen Materialien, die in geeigneter Weise für Substrate verwendbar sind, gehören (Meth-)acryl-(Co-)Polymere, vor allem Poly-Methyl-(methacrylat) (PMMA), Thio-(meth-)acryl-(Co-)Polymere, Polyvinylbutyral (PVB), Polycarbonate (PC), Polyurethane (PU), Poly-(thiourethane), Polyol-(allylcarbonat) -(Co-)Polymere, thermoplastische Copolymere von Ethylen/Vinylacetat, Polyester wie Polyethylenterephthalat (PET) oder Polybutylenterephthalat (PBT), Polyepisulfide, Polyepoxide, Polycarbonat/Polyester-Copolymere, Cycloolefin-Copolymere wie Copolymere von Ethylen/Norbornen oder Ethylen/Cyclopentadien und Kombinationen davon.

[0027] Gemäß der Verwendung im vorliegenden Dokument soll ein (Co-)Polymer ein Copolymer oder ein Polymer bezeichnen. Gemäß der Verwendung im vorliegenden Dokument soll ein (Meth-)Acrylat ein Acrylat oder ein Methacrylat bezeichnen. Gemäß der Verwendung im vorliegenden Dokument soll ein Polycarbonat (PC) entweder Homopolycarbonate oder Copolycarbonate und Blockcopolycarbonate bezeichnen.

[0028] Zu den besonders empfohlenen Substraten gehören diejenigen Substrate, die erhalten werden durch (Co-)Polymerisation von Diethylenglykol-Bis-Allyl-Carbonat, das zum Beispiel unter dem Handelsnamen CR-39® von dem Unternehmen PPG Industries (ORMA®-Linsen, ESSILOR) vermarktet wird, oder durch Polymeri-

sation von Thio-(Meth-)Acrylatmonomeren, wie den in der Anmeldung des französischen Patents FR 2 734 827 beschriebenen. Die Substrate können durch Polymerisation der obigen Monomerkombinationen erhalten werden, oder können weiterhin Mischungen von solchen Polymeren und (Co-)Polymeren aufweisen.

[0029] Vor der Auftragung der Antireflexionsbeschichtung auf dem optional beschichteten Substrat, zum Beispiel mit einer abriebfesten Schicht und/oder einer kratzfesten Beschichtung oder mit einer Unterschicht, wird die Oberfläche des optional beschichteten Substrats in der Regel einer physikalischen oder chemischen Oberflächenaktivierungsbehandlung unterzogen, um so die Haftung der Antireflexionsbeschichtung zu verstärken. Eine solche Vorbehandlung wird im Allgemeinen im Vakuum durchgeführt. Dies kann ein Bombardement mit energetischen und/oder reaktiven Spezies sein, zum Beispiel mit einem Ionenstrahl (Ionen-Vorreinigung oder "IPC", Ion Pre-Cleaning) oder mit einem Elektronenstrahl, eine Korona-Entladungsbehandlung, eine Ionenspallationsbehandlung, eine ultraviolette Behandlung oder eine plasmagestützte Behandlung im Vakuum, im Allgemeinen unter Verwendung eines Sauerstoff- oder eines Argon-Plasmas. Es kann auch eine Säure- oder basische Behandlung und/oder eine lösungsmittelbasierte Behandlung (Wasser, Wasserstoffperoxid und ein beliebiges organisches Lösungsmittel) sein.

[0030] In der vorliegenden Anmeldung entspricht der „mittlere Reflexionsfaktor", der als R_m angegeben ist, dem im ISO 13666:1998-Standard definierten und wird gemäß dem ISO 8980-4-Standard gemessen (für einen Einfallswinkel kleiner 17°, in der Regel von 15°), d. h., es ist der (nicht gewichtete) Spektralreflexionsdurchschnitt über das gesamte sichtbare Spektrum zwischen 400 und 700 nm.

[0031] Der „mittlere Lichtreflexionsfaktor", der als R_v angegeben ist, entspricht dem im ISO 13666:1998-Standard definierten und wird gemäß dem ISO 8980-4-Standard gemessen (für einen Einfallswinkel kleiner 17°, in der Regel von 150), d. h. es ist der (nicht gewichtete) Spektralreflexionsdurchschnitt über das gesamte sichtbare Spektrum zwischen 380 und 780 nm.

[0032] Der mittlere Reflexionsfaktor zwischen 290 und 330 nm, der als $R_{m\text{-}UV1}$ bezeichnet wird, kann analog definiert werden, was der mittleren Spektralflexion zwischen 290 und 330 nm entspricht. Gemäß der Erfindung kann dieser Faktor bei einem Einfallswinkel gemessen werden, der zwischen 30 und 45° liegen kann. Ebenso werden die mittleren Reflexionsfaktoren im UVA- und UVB-Bereich, die als $R_{m\text{-}UVA}$ und $R_{m\text{-}UVB}$ bezeichnet werden, definiert, wobei die Summe davon dem mittleren Reflexionsfaktor im ultravioletten Bereich (280 bis 380 nm) entspricht, der als $R_{m\text{-}UV}$ bezeichnet wird.

[0033] Zuletzt kann der mittlere Reflexionsfaktor zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die gemäß dem ISO 13666:1998-Standard definierte W(λ)-Funktion gewichtet ist und als R_{uv} bezeichnet wird, durch die folgende Beziehung definiert werden:

$$R_{UV} = \frac{\int_{280}^{380} W(\lambda).R(\lambda).d\lambda}{\int_{280}^{380} W(\lambda).d\lambda}$$

wobei R(λ) den Spektalreflexionsfaktor der Linse bei einer gegebenen Wellenlänge darstellt, und W(λ) eine Gewichtungsfunktion darstellt, die gleich dem Produkt der Strahlungsintensität des Sonnenspektrums Es(λ) und der effizienzrelativen Spektralfunktion S(λ) ist.

[0034] Die Spektralfunktion W(λ), die die Berechnung der Faktoren zur Übertragung der ultravioletten Strahlung ermöglicht, ist laut dem ISO 13666:1998-Standard definiert. Dadurch kann die Verteilung der ultravioletten Sonnenstrahlung, abgeschwächt durch die relative Spektraleffizienz einer solchen Strahlung, für den Träger ausgedrückt werden, da sie gleichzeitig sowohl die Sonnenspektralenergie Es(λ) berücksichtigt, die insgesamt weniger UVB-Strahlen im Vergleich zu UVA-Strahlen abstrahlt, und die Spektraleffizienz S(λ), wobei UVB-Strahlen schädlicher sind als UVA-Strahlen. Die Werte für diese drei Funktionen im ultravioletten Bereich werden in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Wellenlänge λ (nm)	Strahlungsintensität des Sonnenspektrums Es(λ) ($mW/m^2 \cdot nm$)	Effizienzrelative Spektralfunktion S(λ)	Gewichtungsfunktion W (λ) = Es(λ)·S(λ)
280	0	0,88	0
285	0	0,77	0

290	0	0,64	0
295	$2{,}09 \times 10^{-4}$	0,54	0,00011
300	$8{,}10 \times 10^{-2}$	0,30	0,0243
305	1,91	0,060	0,115
310	11,0	0,015	0,165
315	30,0	0,003	0,09
320	54,0	0,0010	0,054
325	79,2	0,00050	0,04
330	101	0,00041	0,041
335	128	0,00034	0,044
340	151	0,00028	0,042
345	170	0,00024	0,041
350	188	0,00020	0,038
355	210	0,00016	0,034
360	233	0,00013	0,03
365	253	0,00011	0,028
370	279	0,000093	0,026
375	306	0,000077	0,024
380	336	0,000064	0,022

[0035] Es ist hervorzuheben, dass die Gewichtungsfunktion W(λ) zwischen 280 nm und 295 nm null oder fast null ist, was bedeutet, dass der gewichtete mittlere Reflexionsfaktor in diesem Wellenlängenbereich ebenso null ist. Dies bedeutet, dass, selbst wenn der Reflexionsgrad über diesen Spektralbereich hoch ist, hat dies keine Folge für den gewichteten mittleren Reflexionsfaktorwert R_{UV}, der zwischen 280 und 380 nm berechnet wurde.

[0036] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Antireflexionsbeschichtung, die auf der Rückseite des Substrats abgeschieden wird, dergestalt, dass:

– der mittlere Reflexionsfaktor R_{UV} an der Rückseite zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die im ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion W(λ) gewichtet ist, kleiner als 5% für einen Einfallswinkel von 30° und für einen Einfallswinkel von 45° ist. Für diese Einfallswinkel ist er bevorzugt kleiner als oder gleich einem der folgenden Werte: 4,5%, 4%, 3,5%, 3%, 2,5%, 2%, 1,5%.

– der mittlere Reflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_m des optischen Gegenstands kleiner oder gleich 1,15% ist, bevorzugt ≤ 1%, bevorzugter ≤ 0,75%.

– der mittlere Lichtreflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_v des optischen Gegenstands kleiner oder gleich 1% ist, bevorzugt ≤ 0,90%, bevorzugter ≤ 0,85%.

[0037] Die Anti-UV-Antireflexionsbeschichtung gemäß der Erfindung ist im Besonderen dazu ausgestaltet, die Reflexion der ultravioletten Strahlung mit einem Einfallswinkel auf die Linsen im Bereich von 30 bis 45° in Richtung des Auges zu minimieren und die bevorzugten Eigenschaften werden im Folgenden beschrieben.

[0038] Bevorzugt ist der mittlere Reflexionsfaktor $R_{m\text{-}UV1}$ an der Rückseite zwischen 290 nm und 330 nm kleiner als 15% für einen Einfallswinkel von 15°, bevorzugt kleiner 10%.

[0039] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der mittlere Reflexionsfaktor größer als 5%, bevorzugter größer als 6%, noch bevorzugter größer als 8% über wenigstens 20% des Wellenlängenbereichs von 280 bis 295 nm für einen Einfallswinkel von 30° und für einen Einfallswinkel von 45°.

[0040] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist der mittlere Reflexionsfaktor über wenigstens 70%, bevorzugter wenigstens 80% und noch bevorzugter über 100% des Wellenlängenbereichs von 280 bis 295 nm für einen Einfallswinkel von 15° größer als 10%, bevorzugt größer als 15%.

[0041] In einer anderen Ausführungsform ist der mittlere Reflexionsfaktor an der Rückseite über wenigstens 70%, bevorzugter wenigstens 80% und noch bevorzugter über 100% des Wellenlängenbereichs von 280 bis 290 nm für einen Einfallswinkel von 15°, größer als 10%, bevorzugt größer als 15%.

[0042] In einem solchen Wellenlängenbereich ist die Gewichtungsfunktion W(λ) null oder nahezu null. In einer anderen Ausführungsform ist der mittlere Reflexionsfaktor größer als 5%, bevorzugter größer als 6%, noch bevorzugter größer als 10% für wenigstens eine Wellenlänge im Wellenlängenbereich von 280 bis 295 nm für einen Einfallswinkel von 30° und für einen Einfallswinkel von 45°.

[0043] Da der mittlere Reflexionsfaktor im Wellenlängenbereich von 280 bis 295 nm oder im Wellenlängenbereich 280 bis 290 nm höher ist, können die Antireflexionseigenschaften in einem anderen Teil des Spektralbereichs verbessert werden, d. h. im sichtbaren Bereich.

[0044] Bevorzugt ist der mittlere Reflexionsfaktor $R_{m\text{-}UV2}$ an der Rückseite zwischen 300 nm und 320 nm kleiner als 4%, bevorzugter kleiner als 3%, für einen Einfallswinkel von 15° und/oder 30° und/oder 45°. Dies ist vor allem für den Träger der Linse interessant, da die gemäß dem ISO 13666:1998-Standard definierte Gewichtungsfunktion W(λ) in einem Wellenlängenbereich im ultravioletten Bereich sehr hoch ist und ein maximales Niveau bei 310 nm erreicht.

[0045] Bevorzugt ist der mittlere Reflexionsfaktor $R_{m\text{-}UV3}$ an der Rückseite zwischen 300 nm und 380 nm kleiner als 5%, bevorzugter kleiner als 4,5%, für einen Einfallswinkel von 15°.

[0046] Ein Fachmann mit allgemeinem Wissen ist vollständig dazu in der Lage, geeignete Materialien und Dicken für die verschiedenen Schichten der Antireflexionsbeschichtung zu wählen, sodass die verschiedenen gewünschten Parameter $R_{m\text{-}UV1}$, $R_{m\text{-}UV2}$, $R_{m\text{-}UV3}$, R_{UV}, R_m und R_v bestehen.

[0047] Die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung der Erfindung umfasst einen Stapel von wenigstens einer Schicht mit einem hohen Brechungsindex und von wenigstens einer Schicht mit einem niedrigen Brechungsindex. Bevorzugter weist sie wenigstens zwei Schichten mit einem niedrigen Brechungsindex (LI) und wenigstens zwei Schichten mit einem hohen Brechungsindex (HI) auf. Es ist hier ein einfacher Stapel, da die Gesamtanzahl der Schichten in der Antireflexionsbeschichtung größer als oder gleich 3, bevorzugt größer als oder gleich 4, und kleiner als oder gleich 7, bevorzugter kleiner als oder gleich 6, noch bevorzugter kleiner als oder gleich 5, und am meisten bevorzugt gleich 5 Schichten ist.

[0048] Wie hier verwendet, ist eine Schicht der Antireflexionsbeschichtung als mit einer Dicke höher oder gleich 1 nm definiert. Somit wird eine jede Schicht mit einer Dicke unter 1. nm beim Zählen der Anzahl der Schichten in der Antireflexionsbeschichtung nicht berücksichtigt. Die Unterschicht wird beim Zählen der Anzahl der Schichten der Antireflexionsbeschichtung nicht berücksichtigt.

[0049] Sofern nicht an anderer Stelle angegeben, beziehen sich alle in der vorliegenden Anmeldung offengelegten Dicken auf physikalische Dicken.

[0050] Die Schichten HI und BI müssen sich gemäß einer Ausführungsform der Erfindung im Stapel nicht abwechseln, obwohl dies der Fall sein kann. Zwei HI-Schichten (oder mehr) können aufeinander aufgetragen sein, wie auch zwei LI-Schichten (oder mehr) auf einander aufgetragen sein können.

[0051] In der vorliegenden Anmeldung wird eine Antireflexionsbeschichtung als eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex (HI) betrachtet, wenn der Brechungsindex über 1,6 liegt, bevorzugt größer als oder gleich 1, 65, noch bevorzugter größer als oder gleich 1,7, noch bevorzugter größer oder gleich 1,8 und am meisten bevorzugt größer als oder gleich 1,9. Die HI-Schicht hat bevorzugt einen Brechungsindex unter 2,1. Eine Schicht einer Antireflexionsbeschichtung gilt als eine Schicht mit niedrigem Brechungsindex (LI), wenn der Brechungsindex kleiner oder gleich 1,50, bevorzugt kleiner oder gleich 1,48, bevorzugter kleiner oder gleich 1,47 ist. Die LI-Schicht hat bevorzugt einen Brechungsindex größer als 1,1.

[0052] Sofern nicht anders angegeben werden, die Brechungsindizes, auf die in der vorliegenden Anmeldung Bezug genommen wird, bei einer Wellenlänge von 550 nm bei 25°C ausgedrückt.

[0053] Die HI-Schicht ist eine Schicht mit einem herkömmlicherweise hohen Brechungsindex, die im Stand der Technik wohl bekannt ist. Sie umfasst im Allgemeinen ein oder mehrere Metalloxide, wie ohne Einschränkung, Zirkoniumdioxid (ZrO_2), Titandioxid (TiO_2), Aluminiumoxid (AL_2O_3), Tantalpentoxid (Ta_2O_5), Neodymoxid

(Nd_2O_5), Praseodymoxid (Pr_2O_3), Praseodymtitanat ($PrTiO_3$), La_2O_3, Nb_2O_5, Y_2O_3. Optional können die HI-Schichten weiterhin Siliziumdioxid oder andere Materialien mit einem geringen Brechungsindex enthalten, vorausgesetzt dass sie einen Brechungsindex höher als 1,6 haben, wie oben angegeben. Zu den bevorzugten Materialien gehören TiO_2, $PrTiO_3$, ZrO_2, Al_2O_3, Y_2O_3 und Mischungen davon.

[0054] Die LI-Schicht ist ebenso wohl bekannt und kann ohne Einschränkung SiO_2 oder eine Mischung aus Siliziumdioxid und Aluminiumoxid, im Besonderen Siliziumdioxid dotiert mit Aluminiumoxid, aufweisen, wobei das Letztere zur Erhöhung der Wärmebeständigkeit der Antireflexionsbeschichtung beiträgt. Die LI-Schicht ist bevorzugt eine Schicht, die wenigstens 80 Gewichtsprozent Siliziumdioxid aufweist, bevorzugter wenigstens 90% Siliziumdioxid relativ zum Gesamtgewicht der Schicht und noch bevorzugter aus einer Siliziumdioxidschicht besteht. Bevorzugterweise sind die LI-Schichten in der Antireflexionsbeschichtung keine MgF_2-Schichten.

[0055] Optional können die LI-Schichten weiterhin Materialien mit einem hohen Brechungsindex enthalten, vorausgesetzt, dass der Brechungsindex der resultierenden Schicht kleiner als oder gleich 1,5 ist.

[0056] Wenn eine LI-Schicht verwendet wird, die eine Mischung aus SiO_2 und AL_2O_3 aufweist, weist sie bevorzugt 1 bis 10%, bevorzugter zwischen 1 bis 8% und noch bevorzugter zwischen 1 und 5% nach Gewicht von Al_2O_3 bezüglich des Gesamtgewichts von Sio_2 + Al_2O_3 in einer solchen Schicht auf.

[0057] Zum Beispiel kann SiO_2 dotiert mit 4 Gewichtsprozent Al_2O_3 oder weniger, oder SiO_2 dotiert mit 8% AL_2O_3 verwendet werden. Auf dem Markt erhältliche Sio_2/Al_2o_3-Mischungen können verwendet werden, wie LIMA®, das von dem Unternehmen Umicore Materials AG vermarktet wird (Brechungsindex n = 1,48 bis 1, 50 bei 550 nm), oder L5®, das von dem Unternehmen Merck KGaA vermarktet wird (Brechungsindex n = 1, 48 bei 500 nm).

[0058] Die Außenschicht der Antireflexionsbeschichtung ist notwendigerweise eine Siliziumdioxid-basierte Schicht, die wenigstens 80 Gewichtsprozent Siliziumdioxid, bevorzugter wenigstens 90 Gewichtsprozent Siliziumdioxid (zum Beispiel eine mit Aluminiumoxid dotierte Siliziumdioxidschicht) relativ zum Gesamtgewicht der Schicht aufweist und noch bevorzugter aus einer Siliziumdioxidschicht besteht.

[0059] Im Allgemeinen weisen HI-Schichten eine physikalische Dicke im Bereich von 10 bis 120 nm auf, und die LI-Schichten weisen eine physikalische Dicke im Bereich von 10 bis 100 nm auf.

[0060] Im Allgemeinen ist die Gesamtdicke der Antireflexionsbeschichtung kleiner als 1 µm, bevorzugt kleiner als oder gleich 800 nm, bevorzugter kleiner als oder gleich 500 nm und noch bevorzugter kleiner als oder gleich 250 nm. Die Gesamtdicke der Antireflexionsbeschichtung ist im Allgemeinen höher als 100 nm, bevorzugt höher als 150 nm.

[0061] Bevorzugt weist die Antireflexionsbeschichtung keine Schicht auf, die Titanoxid mit einer Dicke größer als 90 nm, bevorzugt größer als 70 nm aufweist. Wenn verschiedene Schichten, die Titanoxid aufweisen, in der Antireflexionsbeschichtung vorhanden sind, ist ihre Gesamtdicke bevorzugt kleiner als 90 nm, bevorzugter kleiner als 70 nm. Am meisten bevorzugt weist die Antireflexionsbeschichtung keine Titanoxid-enthaltende Schicht auf. Die Schichten mit Titanoxid sind tatsächlich anfällig für eine Fotodegradation. Wie hier verwendet, soll Titanoxid für Titandioxid oder ein substöchiometrisches Titanoxid (TiOx, mit x kleiner 2) stehen.

[0062] In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird die Antireflexionsbeschichtung auf einer Unterschicht aufgetragen. Es ist hervorzuheben, dass eine solche Antireflexionsbeschichtungs-Unterschicht nicht zur Antireflexionsbeschichtung gehört.

[0063] Wie im vorliegenden Dokument verwendet, soll eine Antireflexionsbeschichtungs-Unterschicht oder eine Adhäsionsschicht eine relativ dicke Beschichtung bezeichnen, die zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, wie der Abriebfestigkeit und/oder der Kratzfestigkeit der Beschichtung verwendet wird und/oder um die Haftung auf dem Substrat oder der zugrunde liegenden Beschichtung zu verstärken.

[0064] Aufgrund der relativ hohen Dicke davon ist die Unterschicht im Allgemeinen nicht an der optischen Antireflexionsaktivität beteiligt, im Besonderen wenn sie einen Brechungsindex nahe dem der zugrunde liegenden Beschichtung hat (was im Allgemeinen die Anti-Abrieb- und Anti-Kratzbeschichtung ist) oder auf die des Substrats, wenn die Unterschicht direkt auf dem Substrat aufgetragen wird.

[0065] Die Unterschicht sollte eine Dicke aufweisen, die zur Förderung der Abriebfestigkeit der Antireflexionsbeschichtung ausreichend ist, aber bevorzugt nicht in einem solchen Umfang, dass dies zu einer Lichtabsorption führen kann, die abhängig von der Natur der Unterschicht, den relativen Übertragungsfaktor τ_v erheblich verringern kann. Die Dicke davon liegt im Allgemeinen unter 300 nm, bevorzugt unter 200 nm und ist im Allgemeinen höher als 90 nm, bevorzugter höher als 100 nm.

[0066] Die Unterschicht weist bevorzugt eine SiO_2-basierte Schicht auf, die wenigstens 80 Gewichtsprozent Siliziumdioxid aufweist, bevorzugter wenigstens 90 Gewichtsprozent Siliziumdioxid relativ zum Gesamtgewicht der Schicht und noch bevorzugter aus einer Siliziumdioxidschicht besteht. Die Dicke einer solchen Siliziumdioxid-basierten Schicht liegt im Allgemeinen unter 300 nm, bevorzugter unter 200 nm, und ist im Allgemeinen höher als 90 nm, bevorzugter höher als 100 nm.

[0067] In einer anderen Ausführungsform ist die SiO_2-basierte Schicht eine mit Aluminiumoxid dotierte Siliziumdioxidschicht, in Mengen wie oben definiert, und besteht bevorzugt aus einer Siliziumdioxidschicht dotiert mit Aluminiumoxid.

[0068] In einer bestimmten Ausführungsform besteht die Unterschicht aus einer SiO_2-Schicht.

[0069] Bevorzugt wird eine Unterschicht des einschichtigen Typs verwendet. Die Unterschicht kann jedoch laminiert (mehrschichtig) sein, vor allem, wenn die Unterschicht und die zugrunde liegende Beschichtung (oder das Substrat, wenn die Unterschicht direkt auf das Substrat aufgetragen wird) einen im Wesentlichen unterschiedlichen Brechungsindex haben. Dies gilt im Besonderen, wenn die zugrunde liegende Beschichtung, die im Allgemeinen eine Antiabrieb- und/oder Antikratzbeschichtung ist, oder das Substrat einen hohen Brechungsindex haben, d. h. einen Brechungsindex höher oder gleich 1,55, bevorzugt höher als oder gleich 1,57.

[0070] In diesem Fall kann die Unterschicht zusätzlich zu einer 90 bis 300 nm dicken Schicht, die als Hauptschicht bezeichnet wird, bevorzugt maximal drei weitere Schichten, bevorzugter maximal zwei weitere Schichten, aufweisen, die zwischen dem optional beschichteten Substrat und einer solchen 90 bis 300 nm dicken Schicht eingefügt sind, die im Allgemeinen eine Siliziumdioxid-basierte Schicht ist. Diese weiteren Schichten sind bevorzugt dünne Schichten, deren Funktion auf die Begrenzung von Reflexionen an der Unterschicht/zugrunde liegenden Beschichtungsschnittstelle oder Unterschicht/Substratschnittstelle, wie jeweils anwendbar, ausgerichtet ist.

[0071] Eine mehrschichtige Unterschicht weist bevorzugt zusätzlich zur Hauptschicht eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex und mit einer Dicke kleiner als oder gleich 80 nm, bevorzugter kleiner als oder gleich 50 nm und am meisten bevorzugt kleiner als oder gleich 30 nm auf. Eine solche Schicht mit einem hohen Brechungsindex steht in direktem Kontakt mit dem Substrat mit einem hohen Brechungsindex oder der zugrunde liegenden Beschichtung mit einem hohen Brechungsindex, wie jeweils anwendbar. Diese Ausführungsform kann natürlich sogar dann verwendet werden, wenn das Substrat (oder die zugrunde liegende Beschichtung) einen Brechungsindex unter 1,55 hat.

[0072] Als eine Alternative weist die Unterschicht zusätzlich zur Hauptschicht und zur oben erwähnten Schicht mit einem hohen Brechungsindex eine aus SiO_2-basiertem Material hergestellte Schicht auf (d. h., sie umfasst bevorzugt wenigstens 80 Gewichtsprozent Siliziumdioxid) mit einem Brechungsindex kleiner als oder gleich 1, 55, bevorzugt kleiner als oder gleich 1,52, bevorzugter kleiner als oder gleich 1,50, und mit einer Dicke kleiner als oder gleich 80 nm, bevorzugter kleiner als oder gleich 50 nm und noch bevorzugter kleiner als oder gleich 30 nm, auf die die Schicht mit einem hohen Brechungsindex aufgetragen wird. In der Regel weist in diesem Fall die Unterschicht, die in dieser Reihenfolge auf dem optional beschichteten Substrat aufgetragen wurde, eine 25 nm dicke SiO_2-Schicht auf, eine 10 nm dicke ZrO_2- oder Ta_2O_5-Schicht und danach die Unterschicht-Hauptschicht auf.

[0073] Der optische Gegenstand der Erfindung kann antistatisch gemacht werden, d. h. dass er keine grundlegende statische Ladung behält und/oder entwickelt, indem wenigstens eine elektrisch leitfähige Schicht in den auf der Oberfläche des Gegenstands vorhandenen Stapel integriert wird.

[0074] Die Fähigkeit eines Glases, eine statische Ladung, die nach Reiben mit einem Stück Tuch oder mithilfe einer anderen Prozedur zum Erzeugen einer statischen Ladung (Ladung, die durch die Korona angewendet wird...) zu entladen, kann durch das Messen der zum Abklingen der Ladung benötigten Zeit quantifiziert werden. Somit haben antistatische Gläser eine Entladungszeit von ca. einigen wenigen 100 ms, bevorzugt 500 ms oder weniger, wohingegen dies bei einem statischen Glas einige Zehntelsekunden dauert. In der vorliegenden

Anmeldung werden die Entladungszeiten gemäß dem Verfahren gemessen, das in der französischen Anmeldung FR 2 943 798 offenbart wurde.

[0075] Wie im vorliegenden Dokument verwendet, soll eine „elektrisch leitfähige Schicht" oder eine „antistatische Schicht" eine Schicht bezeichnen, die aufgrund des Vorhandenseins auf der Oberfläche eines nicht-antistatischen Substrats (d. h. mit einer Entladungszeit höher als 500 ms) eine Entladungszeit von 500 ms oder weniger ermöglicht, nachdem eine statische Ladung auf die Oberfläche davon angewendet wurde.

[0076] Die elektrisch leitfähige Schicht kann sich an verschiedenen Stellen im Stapel befinden, im Allgemeinen in oder in Kontakt mit der Antireflexionsbeschichtung, unter der Voraussetzung, dass die Antireflexionseigenschaften davon nicht beeinträchtigt werden. Sie befindet sich bevorzugt zwischen zwei Schichten der Antireflexionsbeschichtung und/oder ist an eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex einer solchen Antireflexionsbeschichtung angrenzend. Die elektrisch leitfähige Schicht ist bevorzugt direkt unter einer Schicht mit einem niedrigen Brechungsindex der Antireflexionsbeschichtung angeordnet, am meisten bevorzugt ist die vorletzte Schicht der Antireflexionsbeschichtung, die direkt unter der Siliziumoxid-basierenden Außenschicht der Antireflexionsbeschichtung angeordnet ist.

[0077] Die elektrisch leitfähige Schicht sollte ausreichend dünn sein, um die Transparenz der Antireflexionsbeschichtung nicht zu ändern. Die elektrisch leitfähige Schicht ist bevorzugt aus einem elektrisch leitfähigen und hoch transparenten Material hergestellt, im Allgemeinen ein optional dotiertes Metalloxid. In diesem Fall variiert die Dicke davon bevorzugt zwischen 1 und 15 nm, bevorzugter zwischen 1 und 10 nm. Die elektrisch leitfähige Schicht weist bevorzugt ein optional dotiertes Metalloxid auf, das ausgewählt ist aus Indium, Zinn, Zinkoxiden und Mischungen davon. Zinn-Indiumoxid (In_2O_3:Sn, Zinn-dotiertes Indiumoxid), Aluminium-dotiertes Zinkoxid (ZnO:Al), Indiumoxid (In_2O_3) und Zinnoxid (SnO_2) sind bevorzugt. In einer am meisten bevorzugten Ausführungsform ist die elektrisch leitfähige und optisch transparente Schicht eine Zinn-Indiumoxid-Schicht, die als ITO-Schicht oder eine Zinnoxidschicht bezeichnet wird.

[0078] Im Allgemeinen trägt die elektrisch leitfähige Schicht im Stapel – aufgrund jedoch der geringen Dicke in beschränkter Weise – zum Erhalt der Antireflexionseigenschaften bei und stellt eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex in der Antireflexionsbeschichtung dar. Das ist für diejenigen Schichten der Fall, die aus einem elektrisch leitfähigen und hochtransparenten Material hergestellt sind, wie die ITO-Schichten.

[0079] Die Antireflexionsbeschichtung weist keine Schicht mit einer Dicke größer als oder gleich 20 nm auf, bevorzugt größer als 15 nm, basierend auf Indiumoxid. Wenn eine Vielzahl von Indiumoxid-basierten Schichten in der Antireflexionsbeschichtung vorhanden sind, ist ihre Gesamtdicke bevorzugt kleiner als 20 nm, bevorzugter kleiner als 15 nm. Wie hier verwendet, soll eine Indiumoxid-basierte Schicht eine Schicht bezeichnen, die wenigstens 50 Gewichtsprozent Indiumoxid im Bezug zum Gesamtgewicht der Schicht aufweist.

[0080] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die Antireflexionsbeschichtung keine Schicht mit einer Dicke größer als oder gleich 20 nm auf, bevorzugt größer als 15 nm, die Indiumoxid, Zinnoxid oder Zinkoxid aufweist. Wenn eine Vielzahl von Schichten, die Indiumoxid, Zinnoxid oder Zinkoxid aufweisen, in der Antireflexionsbeschichtung vorhanden sind, ist ihre Gesamtdicke bevorzugt kleiner als 20 nm, bevorzugter kleiner als 15 nm. Die verschiedenen Schichten der Antireflexionsbeschichtung und der optionalen Unterschicht werden bevorzugt durch chemische Dampfabscheidung unter Vakuum gemäß einer beliebigen der folgenden Verfahren aufgetragen: i) durch optionale Ionenstrahl-unterstützte Verdampfung; ii) durch Ionenstrahlsputtern; iii) durch Kathodenzerstäubung; iv) durch plasmagestützte chemische Dampfabscheidung. Diese verschiedenen Verfahren werden jeweils in den folgenden Referenzen beschrieben "Thin Film Processes" und "Thin Film Processes II", Vossen & Kern, Ed., Academic Press, 1978 und 1991. Ein besonders empfohlenes Verfahren ist die Verdampfung unter Vakuum.

[0081] Die Aufgetragung wird bevorzugt auf einer jeder der Schichten der Antireflexionsbeschichtung und der optionalen Unterschicht durch Verdampfung unter Vakuum durchgeführt.

[0082] Bevorzugt weist die Antireflexionsbeschichtung der Erfindung eine erste Schicht oder eine Überlagerung der Schichten bestehend aus ein, zwei oder drei Schichten mit einem Brechungsindex höher als 1,6 auf, die mit einer zweiten Schicht oder einer Überlagerung von Schichten bestehend aus ein oder zwei Schichten mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 beschichtet ist/sind. Optional ist die zweite Schicht oder Überlagerung mit einer dritten Schicht oder Überlagerung der Schichten bestehend aus ein oder zwei Schichten mit einem Brechungsindex höher als 1,6 beschichtet, die wiederum mit einer vierten Schicht oder einer Überlagerung von Schichten bestehend aus ein oder zwei Schichten mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 beschichtet

ist/sind. Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Anti-UV-Antireflexionsbeschichtung ab der Oberfläche des Substrats, das optional mit einer oder mehreren Funktionsbeschichtungen beschichtet ist und bevorzugt mit einer 100 bis 200 nm dicken Unterschicht beschichtet ist, bevorzugt aus Siliziumdioxid, eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex mit einer Dicke von 8 bis 25 nm, bevorzugt von 8 bis 20 nm, bevorzugt aus Zirkondioxid, eine Schicht mit einem niedrigen Brechungsindex mit einer Dicke von 10 bis 35 nm, bevorzugt von 15 bis 25 nm, bevorzugt aus Siliziumdioxid, eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex mit einer Dicke von 75 bis 105 nm, bevorzugt von 75 bis 100 nm, bevorzugter von 85 bis 100 nm, noch bevorzugter zwischen 90 und 100 nm, bevorzugt aus Zirkoniumdioxid, optional eine elektrisch leitfähige Schicht mit einer Dicke von 3 bis 10 nm, bevorzugt von 4 bis 8 nm, und eine Schicht mit einem niedrigen Brechungsindex mit einer Dicke von 60 bis 95 nm, bevorzugt von 65 bis 90 nm, bevorzugter von 70 bis 85 nm, bevorzugt aus Siliziumdioxid, auf.

[0083] In einer anderen Ausführungsform weist die Anti-UV-Antireflexionsbeschichtung ab der Oberfläche des Substrats, das optional mit einer oder mehreren Funktionsbeschichtungen beschichtet ist und bevorzugt mit einer 100 bis 200 nm dicken Unterschicht beschichtet ist, bevorzugt aus Siliziumdioxid, eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex mit einer Dicke von 20 bis 65 nm, bevorzugt aus Zirkoniumdioxid, eine Schicht mit einem niedrigen Brechungsindex mit einer Dicke von 10 bis 35 nm, bevorzugt aus Siliziumdioxid, eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex mit einer Dicke von 5 bis 75 nm, bevorzugt aus Zirkoniumdioxid, eine Schicht mit einem hohen Brechungsindex mit einer Dicke von 20 bis 75 nm, bevorzugt aus Titan, optional eine elektrisch leitfähige Schicht mit einer Dicke von 3 bis 10 nm, bevorzugt von 4 bis 8 nm, und eine Schicht mit einem niedrigen Brechungsindex mit einer Dicke von 60 bis 85 nm, bevorzugt aus Siliziumdioxid, auf.

[0084] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Vorderseite des optischen Gegenstands der Erfindung ebenso mit einer herkömmlichen Antireflexionsbeschichtung beschichtet, die sich von der an der Rückseite vorgesehenen unterscheidet.

[0085] In diesem Fall kann die Vorderseite des optischen Gegenstands mit einer Antireflexionsbeschichtung beschichtet sein, die im sichtbaren Bereich effizienter ist als die auf der Rückseite des Substrats. Somit ist in einer bevorzugten Ausführungsform die Vorderseite des optischen Gegenstands mit einer Antireflexionsbeschichtung beschichtet, sodass der mittlere Reflexionsfaktor Rom, im sichtbaren Bereich an dieser Vorderseite kleiner als 0,8%, bevorzugter kleiner als 0,5% ist. Bevorzugt ist der mittlere Lichtreflexionsfaktor R_v an dieser Vorderseite kleiner als 0,8%, bevorzugter kleiner als 0,5%. Weiterhin bevorzugt ist der mittlere Reflexionsfaktor R_{UV} zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die nach dem ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion gewichtet ist, an der Vorderseite höher (bevorzugt > 5%) als an der Rückseite des optischen Gegenstands.

[0086] In einer bevorzugten Ausführungsform ist für die Vorderseite (konvex) des optischen Gegenstands der mittlere Reflexionsfaktor R_{UV} zwischen 280 und 380 nm für einen Einfallswinkel von 45°, der durch die gemäß dem ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion W (λ) gewichtet ist, größer als 7%, bevorzugter größer als 8%, noch bevorzugter größer als 10% und am meisten bevorzugt größer als 12%.

[0087] Der mittlere Reflexionsfaktor R_{UV} zwischen 280 und 380 nm für die Vorderseite (konvex) des optischen Gegenstands und für einen Einfallswinkel von 45°, der durch die gemäß dem ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion W(λ) gewichtet ist, kann bevorzugt Werte größer als 15%, bevorzugt größer als 20%, noch bevorzugter größer als 30% aufweisen.

[0088] Wird eine Beschichtung verwendet, die an der Vorderseite einen mittleren Reflexionsfaktor R_{UV} zwischen 280 und 380 nm für einen Einfallswinkel von 45° hat, der durch die gemäß dem ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion gewichtet ist und der höher als 5% ist und innerhalb der oben erwähnten bevorzugten Bereiche liegt, ist es bevorzugt, die Antireflexionsbeschichtung der Erfindung damit an der Rückseite zu kombinieren, die darüber hinaus die folgenden bevorzugten Eigenschaften aufweist:
Der mittlere Reflexionsfaktor an der Rückseite ist höher als 5%, bevorzugter höher als 6%, noch bevorzugter höher als 8% über wenigstens 20% des Wellenlängenbereichs von 280 bis 295 nm für einen Einfallswinkel von 30° und für einen Einfallswinkel von 45°.

[0089] In einer anderen bevorzugten Ausführungsform ist an der Rückseite der mittlere Reflexionsfaktor über wenigstens 70%, bevorzugt über wenigstens 80 und noch bevorzugter über 100% des Wellenlängenbereichs von 280 bis 295 nm für einen Einfallswinkel von 15° größer als 10%, bevorzugt größer als 15%.

[0090] In einer wiederum anderen Ausführungsform ist an der Rückseite der mittlere Reflexionsfaktor über wenigstens 70%, bevorzugt über wenigstens 80% und noch bevorzugter über 100% des Wellenlängenbereichs von 280 bis 290 nm für einen Einfallswinkel von 15° größer als 10%, bevorzugt größer als 15%.

[0091] Die Antireflexionsbeschichtung der Vorderseite umfasst einen Stapel von wenigstens einer Schicht mit einem hohen Brechungsindex und von wenigstens einer Schicht mit einem niedrigen Brechungsindex.

[0092] Es ist jedoch möglich, eine Anti-UV-Antireflexionsbeschichtung wie in der vorliegenden Erfindung beschrieben an der Vorderseite des optischen Gegenstands aufzutragen. Die Anti-UV-Antireflexionsbeschichtungen der Vorderseite und der Rückseite können dann gleich oder verschieden sein. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Vorderseite des optischen Gegenstands nicht mit einer Anti-UV-Antireflexionsbeschichtung gemäß der Erfindung beschichtet.

[0093] Die Anti-UV-Antireflexionsbeschichtung kann direkt auf dem reinen Substrat aufgetragen werden. In einigen Anwendungen ist es bevorzugt, dass die Hauptseite des Substrats mit einer oder mehreren Funktionsbeschichtungen beschichtet wird, bevor die Antireflexionsbeschichtung der Erfindung aufgetragen wird. Diese traditionellerweise in der Optik verwendeten Funktionsbeschichtungen können, ohne Einschränkung, eine stoßfeste Grundierungsschicht, eine abriebfeste Beschichtung und/oder eine kratzfeste Beschichtung, eine Polarisationsbeschichtung, eine fotochrome Beschichtung oder eine getönte Beschichtung sein.

[0094] Bevorzugt weist die ophthalmische Linse keine fotochrome Beschichtung auf und/oder weist kein fotochromes Substrat auf.

[0095] Im Allgemeinen ist die vordere und/oder die hintere Hauptseite des Substrats, auf dem eine Antireflexionsbeschichtung aufgetragen wird, mit einer stoßfesten Grundierungsschicht, mit einer abriebfesten und/oder einer kratzfesten Beschichtung oder mit einer stoßfesten Grundierungsschicht, die mit einer abriebfesten und/oder kratzfesten Beschichtung beschichtet ist, beschichtet.

[0096] Die Anti-UV-Antireflexionsbeschichtung der Erfindung wird bevorzugt auf einer abriebfesten und/oder kratzfesten Beschichtung aufgetragen. Die abriebfeste und/oder kratzfeste Beschichtung kann eine beliebige Schicht sein, die herkömmlicherweise als eine abriebfeste und/oder kratzfeste Beschichtung im Bereich der ophthalmischen Linsen verwendet wird.

[0097] Die abriebfesten und/oder kratzfesten Beschichtungen sind bevorzugt harte Beschichtungen basierend auf Poly-(meth-)Acrylaten oder Silanen, weisen im Allgemeinen einen oder mehrere Mineralfüller auf, die zur Erhöhung der Härte und/oder des Brechungsindex der Beschichtung nach dem Aushärten konzipiert sind.

[0098] Harte abriebfeste und/oder kratzfeste Beschichtungen werden bevorzugt aus Zusammensetzungen hergestellt, die wenigstens ein Alkoxysilan und/oder ein Hydrolysat davon aufweisen, zum Beispiel über Hydrolyse mit einer Salzsäurelösung, und optional Kondensations- und/oder Aushärtungskatalysatoren erhalten.

[0099] Geeignete Beschichtungen, die für die vorliegende Erfindung empfohlen sind, umfassen Beschichtungen basierend auf Epoxysilanhydrolyzaten, wie die in den Patenten FR 2 702 486 (EP 0 614 957), US 4 211 823 und US 5 015 523 beschriebenen.

[0100] Eine bevorzugte abriebfeste und/oder kratzfeste Beschichtungszusammensetzung ist die, die im Patent FR 2 702 486 im Namen des Anmelders offen gelegt wurde. Sie umfasst ein Hydrolysat von Epoxytrialkoxysilan und Dialkyl-Dialkoxysilan, kolloidalem Siliziumoxid und einer katalytischen Menge eines aluminiumbasierten Härtungskatalysators wie Aluminiumacetylacetonat, wobei der Rest im Wesentlichen aus Lösungsmitteln hergestellt ist, die herkömmlicherweise für Formeln solcher Kompositionen verwendet werden. Das verwendete Hydrolysat ist bevorzugt ein Hydrolysat von γ-Glycidoxypropyltrimethoxysilan (GLYMO) und Dimethyldiethoxysilan (DMDES).

[0101] Die abriebfeste und/oder kratzfeste Beschichtungszusammensetzung kann auf der Hauptseite des Substrats durch Tauchbeschichtung oder Rotationsbeschichtung aufgetragen werden. Sie wird dann durch ein geeignetes Verfahren ausgehärtet (bevorzugt unter Verwendung von Wärme oder ultravioletter Strahlung).

[0102] Die Dicke der abriebfesten und/oder kratzfesten Beschichtung variiert im Allgemeinen zwischen 2 bis 10 µm, bevorzugt zwischen 3 bis 5 µm.

[0103] Vor Auftragung der abriebfesten Beschichtung und/oder der kratzfesten Beschichtung kann auf dem Substrat eine Grundierungsbeschichtung aufgetragen werden, um die Stoßfestigkeit und/oder die Haftung der nachfolgenden Schichten für das Endprodukt zu verbessern. Diese Beschichtung kann eine stoßfeste Grundierungsschicht sein, die in herkömmlicher Weise für Gegenstände in einem transparenten Polymermaterial, wie ophthalmische Linsen, verwendet wird.

[0104] Zu den bevorzugten Grundierungszusammensetzungen gehören Zusammensetzungen basierend auf thermoplastischen Polyurethanen, wie die in den japanischen Patenten JP 63-141001 und JP 63-87223 beschriebenen, Poly(meth-)acryl-Grundierungszusammensetzungen, wie diejenigen im Patent US 5,015,523 beschriebenen, Kompositionen basierend auf wärmehärtbaren Polyurethanen, wie die im Patent EP 0 404111 beschriebenen, und Kompositionen basierend auf Poly-(meth-)acryl-Latexen oder Latexen vom Polyurethan-Typ, wie diejenigen in den Patenten US 5,316,791 und EP 0 680 492 beschriebenen.

[0105] Bevorzugte Grundierungszusammensetzungen sind Zusammensetzungen basierend auf Polyurethanen und Zusammensetzungen basierend auf Latexen, im Besonderen Latexe vom Polyurethan-Typ, die optional Polyestereinheiten enthalten.

[0106] Im Handel erhältliche Grundierungszusammensetzungen, die in geeigneter Weise in der vorliegenden Erfindung verwendet werden, umfassen Zusammensetzungen, wie Witcobond® 232, Witcobond® 234, Witcobond® 240, Witcobond® 242, Neorez® R-962, Neorez® R-972, Neorez® R-986 und Neorez® R-9603.

[0107] Kombinationen solcher Latexe können auch in der Grundierung verwendet werden, vor allem Latexe des Polyurethan-Typs und Poly-(meth-)acryl-Latexe.

[0108] Solche Grundierungszusammensetzungen können auf die Seiten des Gegenstands durch Tauch- oder Rotationsbeschichtung aufgetragen werden, danach bei einer Temperatur von wenigstens 70°C und bis zu 100°C getrocknet werden, bevorzugt bei etwa 90°C für eine Zeitspanne zwischen 2 Minuten bis 2 Stunden, im Allgemeinen um 15 Minuten, um Grundierungsschichten mit einer Dicke nach dem Härten zwischen 0,2 bis 2, 5 µm, bevorzugt zwischen 5 bis 1,5 µm zu bilden.

[0109] Der optische Gegenstand gemäß der Erfindung kann ebenso Beschichtungen aufweisen, die auf der Antireflexionsbeschichtung ausgebildet sind und dazu ausgestaltet sind, die Oberflächeneigenschaften davon zu modifizieren, wie wasserabweisende und/oder ölabweisende Beschichtungen (oberste Antifouling-Beschichtung). Diese Beschichtungen werden bevorzugt auf der Außenschicht der Antireflexionsbeschichtung aufgetragen. In der Regel ist ihre Dicke kleiner oder gleich 10 nm, liegt bevorzugt zwischen i bis 10 nm, bevorzugter zwischen 1 bis 5 nm.

[0110] Es sind in der Regel Beschichtungen vom Typ Fluorsilan oder Fluorsilasan (Fluorsilazane). Sie können durch Abscheidung eines Fluorsilan- oder Fluorsilasan-Vorprodukts erhalten werden, dass bevorzugt wenigstens zwei hydrolisierbare Gruppen pro Molekül aufweist. Fluorosilan-Vorprodukte umfassen bevorzugt Fluorpolyether-Teile und bevorzugter Perfluorpolyether-Teile. Diese Fluorsilane sind wohl bekannt und werden unter anderem in den Patenten US 5,081,192, US 5,763,061, US 6,183,872, US 5,739,639, US 5,922,787, US 6,337,235, US 6,277,485 und EP 0 933 377 beschrieben.

[0111] Eine bevorzugte wasserabweisende und/oder ölabweisende Zusammensetzung wird von Shin-Etsu Chemical unter dem Handelsnamen KP 801M® vermarktet. Eine bevorzugte wasserabweisende und/oder ölabweisende Zusammensetzung wird von Daikin Industries unter dem Handelsnamen OPTOOL DSX® vermarktet. Es handelt sich um ein fluoriertes Harz, das Perflourpropylen-Gruppen aufweist.

[0112] Anstelle der wasserabweisenden Beschichtung kann auch eine wasseranziehende Beschichtung verwendet werden, die Anti-Beschlageigenschaften vorsieht, wenn sie mit einem oberflächenaktiven Stoff in Kontakt kommt. Beispiele solcher Anti-Beschlag-Vorprodukt-Beschichtungen werden in der Patentanmeldung WO 2011/086472 beschrieben. In der Regel weist eine ophthalmische Linse gemäß der Erfindung ein Substrat auf, das nacheinander an der Rückseite davon mit einer stoßfesten Grundierungsschicht, einer abriebfesten und kratzfesten Schicht, einer Anti-UV-Anti-Reflexionsbeschichtung gemäß der Erfindung und mit einer wasserabweisenden und/oder ölabweisenden Beschichtung oder mit einer wasseranziehenden Beschichtung, die Anti-Beschlageigenschaften vorsieht, oder einer Anti-Beschlag-Vorprodukt-Beschichtung beschichtet wird. Die ophthalmische Linse gemäß der Erfindung ist bevorzugt eine ophthalmische Linse für Brillen (Brillenglas) oder ein Rohling für ophthalmische Linsen. Die Linse kann eine polarisierte Linse, eine fotochrome Linse oder eine Sonnenlinse sein, die getönt, korrigierend sein kann oder nicht.

[0113] Die Vorderseite des Substrats des optischen Gegenstands kann nacheinander mit einer stoßfesten Grundierungsschicht, einer abriebfesten Schicht und/oder einer kratzfesten Schicht, einer Antireflexionsbeschichtung, die eine Anti-UV-Anti-Reflexionsbeschichtung gemäß der Erfindung sein kann oder nicht, und mit einer wasserabweisenden und/oder ölabweisenden Beschichtung beschichtet werden.

[0114] In einer Ausführungsform absorbiert der optische Gegenstand gemäß der Erfindung nichts im sichtbaren Bereich bzw. nicht viel, was im Kontext der vorliegenden Erfindung bedeutet, dass der Übertragungsfaktor im sichtbaren Bereich τ_v, der auch als relativer Übertragungsfaktor im sichtbaren Bereich bezeichnet wird, größer ist als 90%, bevorzugter größer als 95%, noch bevorzugter größer als 96% und am meisten bevorzugt größer als 97 Der Faktor τ_v sollte als durch die internationale Normungsdefinition (ISO 13666:1998-Standard) definiert betrachtet werden und wird gemäß dem ISO 8980-3-Standard gemessen. Er ist im Wellenlängenbereich von 380 bis 780 nm definiert.

[0115] Bevorzugt ist die Lichtabsorption des gemäß der Erfindung beschichteten Gegenstands kleiner oder gleich 1%.

[0116] Die colorimetrischen Koeffizienten des optischen Gegenstands der Erfindung im internationalen colorimetrischen CIE L*a*b* werden zwischen 380 und 780 nm berechnet, wobei die Standardlichtquelle D 65 und der Betrachter berücksichtigt werden (Einfallswinkel: 15°). Es können Antireflexionsbeschichtungen ohne Einschränkung bezüglich des Farbtonwinkels davon hergestellt werden. Der Farbtonwinkel h variiert jedoch bevorzugt zwischen 120 bis 150, was in einer Beschichtung mit einer grünen Reflexion resultiert, und die Farbsättigung C* bevorzugt kleiner als 15, bevorzugter kleiner als 10 ist. Es ist viel schwieriger, eine Antireflexionsbeschichtung zu erhalten, deren Leistungen im sichtbaren Bereich und dem ultravioletten Bereich optimiert wurden, wenn der Farbtonwinkel im Bereich von 120 bis 150° (grün) bezüglich des Bereichs von 235 bis 265° (blau) liegt.

[0117] In einer Ausführungsform ist die Farbsättigung C* höher als 9. Die Erfinder haben im diesen Fall beobachtet, dass die ophthalmische Linse eine sehr große colorimetrische Verlässlichkeit aufweist, d. h. der Farbtonwinkel h und die Farbsättigung C* waren über den Zeitverlauf besonders stabil.

[0118] Die folgenden Beispiele veranschaulichen die vorliegende Erfindung in einer detaillierteren, aber nicht einschränkenden Weise.

BEISPIELE

1. Allgemeine Verfahren

[0119] Die in den Beispielen verwendeten optischen Gegenstände umfassen ein ORMA®-Linsensubstrat von ESSILOR mit einem Durchmesser von 65 mm, einem Brechungsindex von 1,50 und einer Stärke von minus 2 Dioptrien und einer Dicke von 1,2 mm, die an der Rückseite davon mit einer abriebfesten und kratzfesten Beschichtung (harte Beschichtung), die im Beispiel 3 vom Patent EP o 614 957 (Brechungsindex gleich 1, 47 und Dicke 3,5 µm), basierend auf einem Hydrolysat bestehend aus GLYMO und DMDES, aus kolloidalem Siliziumdioxid und Aluminiumacetylacetonat und danach einer Antireflexionsbeschichtung gemäß der vorliegenden Erfindung beschichtet wird.

[0120] Die abriebfeste und kratzfeste Beschichtung wurde durch Auftragen und Härten einer Zusammensetzung erzielt, die nach Gewicht 224 Teile GLYMO, 80,5 Teile HCl 0,1 N, 120 Teile DMDES, 718 Teile 30 Gewichtsprozent kolloidalem Siliziumdioxid in Methanol, 15 Teile Aluminiumacetonat und 44 Teile Ethylcellosolve aufweist. Die Zusammensetzung enthielt auch 0,1 Gewichtsprozent bezüglich des Gesamtgewichts der Zusammensetzung der von 3M hergestellten oberflächenaktiven Substanz FLUORAD™ FC-430®. Die Schichten der Antireflexionsbeschichtung wurden ohne Erhitzen der Substrate durch Aufdampfen unter Vakuum aufgetragen (Aufdampfquelle: Elektronenkanone).

[0121] Der Auftragungsrahmen ist eine Leipold 1104-Maschine, die mit einer Elektronenkanone (ESV14 (8 kV)) zum Verdampfen von Oxiden ausgestattet ist, und mit einer Ionenkanone (Commonwealth Mark II) für die Vorbereitungsphase zur Herstellung der Oberfläche des Substrats unter Verwendung von Argonionen (IPC) vorgesehen ist.

[0122] Die Dicke der Schichten wurde mit einer Quarzwaage kontrolliert. Die Spektakelmessungen wurden auf einem Spektralfotometer für variablen Einfall Perkin-Elmer Lambda 850 mit einem URA-Zubehör (Universal Reflectance Accessory) durchgeführt.

2. Testverfahren

[0123] Das Verfahren zur Herstellung von optischen Gegenständen weist den Schritt der Einführung des Substrats auf, das an der Rückseite davon mit einer abriebfesten und kratzfesten Beschichtung beschichtet ist, in eine Vakuum-Auftragungskammer, einen Pumpschritt, bis ein hohes Vakuum erzielt wird, einen Schritt der Oberflächenaktivierung des Substrats durch einen Argonionenstrahl (Anodenstrom: 1 A, Anodenspannung: 100 V, Neutralisierungsstrom: 130 mA), Abschalten der Ionenbestrahlung, Ausbilden der Unterschicht auf der abriebfesten und kratzfesten Beschichtung, darauf folgend die verschiedenen Schichten der Antireflexionsbeschichtung durch aufeinanderfolgendes Aufdampfen und zum Schluss einen Ventilationsschritt.

3. Ergebnisse

[0124] Die Struktureigenschaften und die optischen Leistungen der ophthalmischen Linsen, die in den Beispielen I bis 26 erhalten wurden, werden im Folgenden ausführlicher dargestellt. Die Farbe der Unterschicht ist grau. Die Reflexionsgraphen zwischen 280 und 780 nm von einigen hergestellten Gegenständen werden in **Fig.** 1 bis **Fig.** 4 mit verschiedenen Einfallswinkeln veranschaulicht.

[0125] Die mittleren Reflexionsfaktorwerte sind die der Rückseite. Die Faktoren R_m und R_v werden für einen Einfallswinkel von 15° angegeben.

Beispiel 1

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	19 nm
SiO_2	23 nm
ZrO_2	93 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	82 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.59 (30°) 3.10 (45°)
h (°)	135
C*	7
R_m (%)	0.58
R_v (%)	0.59

Beispiel 2

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	17 nm
SiO_2	23 nm
ZrO_2	96 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	75 nm
Luft	

R_{UV} (%)	1.28 (30°) 1.64 (45°)
h (°)	135
C*	6.9
R_m (%)	1.02
R_v (%)	0.85

Beispiel 3

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	13 nm
SiO_2	14 nm
ZrO_2	95 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	76 nm
Luft	

R_{UV} (%)	3.68 (30°) 3.10 (45°)
h (°)	250
C*	12
R_m (%)	1.04
R_v (%)	0.68

Beispiel 4

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	14 nm
SiO_2	25 nm
ZrO_2	93 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	88 nm
Luft	

R_{UV} (%)	4.26 (30°) 3.91 (45°)
h (°)	250
C*	8.5
R_m (%)	0.62
R_v (%)	0.40

Beispiel 5

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	13 nm
SiO_2	31 nm
ZrO_2	87 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	86 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.92 (30°) 3.15 (45°)
h (°)	300
C*	12
R_m (%)	0.73
R_v (%)	0.23

Beispiel 6

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	11 nm
SiO_2	33 nm
ZrO_2	90 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	84 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.62 (30°) 2.30 (45°)
h (°)	300
C*	15
R_m (%)	0.84
R_v (%)	0.26

Beispiel 7

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	10 nm
SiO_2	24 nm
ZrO_2	93 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	78 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.32 (30°) 1.90 (45°)
h (°)	300
C*	12
R_m (%)	0.98
R_v (%)	0.40

Beispiel 8

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	9 nm
SiO_2	22 nm
ZrO_2	94 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	76 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.54 (30°) 2.00 (45°)
h (°)	300
C*	15
R_m (%)	1.13
R_v (%)	0.45

Beispiel 9

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	16 nm
SiO_2	28 nm
ZrO_2	87 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	77 nm
Luft	

R_{UV} (%)	1.85 (30°) 2.53 (45°)
h (°)	45
C*	7
R_m (%)	0.87
R_v (%)	0.55

Beispiel 10

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	14 nm
SiO_2	30 nm
ZrO_2	93 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	75 nm

Luft

R_{UV} (%)	0.89 (30°) 1.35 (45°)
h (°)	45
C*	7
R_m (%)	0.96
R_v (%)	0.65

Beispiel 11

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	14 nm
SiO_2	32 nm
ZrO_2	93 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	74 nm

Luft

R_{UV} (%)	1.31 (30°) 0.82 (45°)
h (°)	45
C*	9
R_m (%)	1.06
R_v (%)	0.74

Beispiel 12

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	14 nm
Al_2O_3	33 nm
ZrO_2	87 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	81 nm

Luft

R_{UV} (%)	2.72 (30°) 3.22 (45°)
h (°)	135
C*	7
R_m (%)	0.61
R_v (%)	0.60

Beispiel 13

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
Y_2O_3	39 nm
Al_2O_3	16 nm
ZrO_2	85 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	81 nm

Luft

R_{UV} (%)	3.13 (30°) 3.44 (45°)
h (°)	135
C*	7
R_m (%)	0.61
R_v (%)	0.60

Beispiel 14

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
$PrTiO_3$	20 nm
SiO_2	21 nm
$PrTiO_3$	88 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	78 nm

Luft

R_{UV} (%)	2.63 (30°) 3.06 (45°)
h (°)	135
C*	7
R_m (%)	0.73
R_v (%)	0.64

Beispiel 15

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
Y_2O_3	42 nm
SiO_2	10 nm
Y_2O_3	90 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	82 nm

Luft

R_{UV} (%)	2.86 (30°) 3.10 (45°)
h (°)	135
C*	7
R_m (%)	0.59
R_v (%)	0.60

Beispiel 16

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	35 nm
SiO_2	16 nm
TiO_2	62 nm
ZrO_2	23 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	64 nm

Luft

R_{UV} (%)	3.87 (30°) 4.71 (45°)
h (°)	45
C*	7
R_m (%)	1.07
R_v (%)	0.60

Beispiel 17

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
Al_2O_3	19 nm
ZrO_2	15 nm
SiO_2	20 nm
ZrO_2	91 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	82 nm

Luft

R_{UV} (%)	3.15 (30°) 3.63 (45°)
h (°)	135
C*	7
R_m (%)	0.57
R_v (%)	0.59

Beispiel 18

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	24 nm
SiO_2	27 nm
TiO_2	9 nm
ZrO_2	69 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	82 nm

Luft

R_{UV} (%)	2.23 (30°) 2.37 (45°)
h (°)	135
C*	7
R_m (%)	0.62
R_v (%)	0.60

Beispiel 19

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	26 nm
SiO_2	27 nm
TiO_2	10 nm
ZrO_2	60 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	81 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.14 (30°) 2.63 (45°)
h (°)	135
C*	5.5
R_m (%)	0.66
R_v (%)	0.55

Beispiel 20

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	40 nm
SiO_2	11 nm
TiO_2	65 nm
ZrO_2	25 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	66 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.66 (30°) 4.27 (45°)
h (°)	135
C*	6.9
R_m (%)	0.80
R_v (%)	0.68

Beispiel 21

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	33 nm
SiO_2	14 nm
TiO_2	62 nm
ZrO_2	28 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	72 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.20 (30°) 3.66 (45°)
h (°)	250
C*	9
R_m (%)	0.79
R_v (%)	0.48

Beispiel 22

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	61 nm
SiO_2	29 nm
TiO_2	14 nm
ZrO_2	11 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	72 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.47 (30°) 2.29 (45°)
h (°)	250
C*	9
R_m (%)	1.05
R_v (%)	0.59

Beispiel 23

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	38 nm
SiO_2	14 nm
TiO_2	70 nm
ZrO_2	30 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	75 nm
Luft	

R_{UV} (%)	1.71 (30°) 3.07 (45°)
h (°)	300
C*	15
R_m (%)	0.94
R_v (%)	0.65

Beispiel 24

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
ZrO_2	29 nm
SiO_2	16 nm
TiO_2	57 nm
ZrO_2	27 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	70 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.68 (30°) 4.05 (45°)
h (°)	300
C*	15
R_m (%)	1.14
R_v (%)	0.36

Beispiel 25

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
Y_2O_3	62 nm
ZrO_2	74 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	77 nm
Luft	

R_{UV} (%)	3.79 (30°) 3.81 (45°)
h (°)	135
C*	7
R_m (%)	0.92
R_v (%)	0.86

Beispiel 26

Substrat und harte Beschichtung	
SiO_2	150 nm
Y_2O_3	46 nm
ZrO_2	84 nm
ITO	6.5 nm
SiO_2	75 nm
Luft	

R_{UV} (%)	2.97 (30°) 2.57 (45°)
h (°)	250
C*	8.9
R_m (%)	1.07
R_v (%)	0.74

[0126] Es konnte beobachtet werden, dass die optischen Gegenstände der Erfindung sehr gute Antireflexionseigenschaften im sichtbaren Bereich (R_V < 0,86%) aufweisen, ohne negativen Einfluss auf die Antireflexionseigenschaften im ultravioletten Bereich $R_{UV} \leq 4{,}26\%$ für einen Einfallswinkel von 30° und $R_{UV} \leq 4{,}71\%$ für einen Einfallswinkel von 45°). Der Reflexionsgrad im ultravioletten Bereich der Linsen der Erfindung bleibt unter dem eines reinen ORMA®-Substrats für einen Einfallswinkel von 30° oder 45° (siehe die Vergleichsbeispiele im Folgenden).

[0127] Darüber hinaus haben die in den Beispielen 1 bis 26 erhaltenen Linsen herausragende Transparenzeigenschaften, eine gute Beständigkeit gegenüber Abrieb und Kratzern und eine gute Beständigkeit gegen-

über Heißwasser-Eintauchbehandlungen, gefolgt von einer mechanischen Belastung an der Oberfläche. Die Haftung der Beschichtungen an dem Substrat war ebenso sehr zufriedenstellend.

[0128] Ein weiteres Beispiel gemäß der Erfindung ist ein Stapel von ZrO_2 (18,9 nm)/L5-Substanz (22,5 nm)/ ZrO_2 (94,7 nm)/(ITO) 6,5 nm)/L5-Substanz (77,4 nm). (R_m = 0,77%; R_v = 0,80%, R_{uv} (45°) = 3,5%).

Vergleichsbeispiele

[0129] Die Antireflexionsleistungen an der Rückseite von vier mit einer Antireflexionsbeschichtung vorgesehenen Linsen, die heute im Markt sehr weitverbreitet sind, wurden in der folgenden Tabelle bestimmt und werden hier dargestellt:

Vergleichsbeispiele	R_v (%)	R_{UV} (%)
A	0,78 (30°)	26,02 (30°) 19,89 (45°)
B	0,66 (30°)	10,47 (30°) 8,25 (45°)
C	0,39 (30°)	18,15 (30°) 15,35 (45°)
D	0,56 (30°)	6,58 (30°) 5,51 (45°)
Ungeschütztes ORMA®-Substrat	3,94 (15°) 4,08 (30°)	4,46 (30°) 5,35 (45°)

[0130] Es konnte beobachtet werden, dass die kommerziell verfügbaren Antireflexionslinsen zur Minimierung der Reflexion im sichtbaren Bereich ausgelegt wurden, ohne die Reflexion im ultravioletten Bereich zu berücksichtigen, die sehr hohe Werte erreichen kann. Darüber hinaus haben alle untersuchten Antireflexionsbeschichtungen die von hinter dem Träger einfallende UV-Strahlung (Einfallswinkel zwischen 30 und 45°) im Vergleich zu einer ungeschützten Linse ohne Antireflexionsbeschichtung stärker reflektiert.

ZITATE ENTHALTEN 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

- EP 1174734 [0008]
- WO 97/28467 [0011]
- US 4852974 [0012]
- WO 2010/125667 [0013]
- FR 2734827 [0028]
- FR 2943798 [0074]
- FR 2702486 [0099, 0100]
- EP 0614957 [0099]
- US 4211823 [0099]
- US 5015523 [0099, 0104]
- JP 63-141001 [0104]
- JP 63-87223 [0104]
- EP 0404111 [0104]
- US 5316791 [0104]
- EP 0680492 [0104]
- US 5081192 [0110]
- US 5763061 [0110]
- US 6183872 [0110]
- US 5739639 [0110]
- US 5922787 [0110]
- US 6337235 [0110]
- US 6277485 [0110]
- EP 0933377 [0110]
- WO 2011/086472 [0112]
- EP 614957 [0119]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Artikel „Anti-reflective coatings reflect ultraviolet radiation”, Citek, K. Optometry 2008, 79, S. 143–148 [0003]
- ISO 13666:1998 [0018]
- ISO 13666:1998-Standard [0030]
- ISO 8980-4-Standard [0030]
- ISO 13666:1998-Standard [0031]
- ISO 8980-4-Standard [0031]
- ISO 13666:1998-Standard [0033]
- ISO 13666:1998-Standard [0034]
- ISO 13666:1998-Standard [0036]
- ISO 13666:1998-Standard [0044]
- ”Thin Film Processes” und ”Thin Film Processes II”, Vossen & Kern, Ed., Academic Press, 1978 und 1991 [0080]
- ISO 13666:1998-Standard [0085]
- ISO 13666:1998-Standard [0086]
- ISO 13666:1998-Standard [0087]
- ISO 13666:1998-Standard [0088]
- ISO 13666:1998-Standard [0114]
- ISO 8980-3-Standard [0114]

Schutzansprüche

1. Ophthalmische Linse, die ein Substrat mit einer vorderen Hauptseite und einer rückseitigen Hauptseite aufweist, wobei die rückseitige Hauptseite mit einer mehrschichtigen Antireflexionsbeschichtung beschichtet ist, die einen Stapel von wenigstens einer Schicht mit einem Brechungsindex von größer als 1,6 und von wenigstens einer Schicht mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 aufweist, wobei:
– der mittlere Reflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_m kleiner als oder gleich 1,15% ist,
– der mittlere Lichtreflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_v kleiner oder gleich 1% ist,
– der mittlere Reflexionsfaktor R_{uv} an der Rückseite zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die im ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion W(λ) gewichtet ist, für einen Einfallswinkel von 30° und für einen Einfallswinkel von 45° unter 5% liegt,
– die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung eine Anzahl von Schichten größer oder gleich 3, bevorzugt größer oder gleich 4, und kleiner oder gleich 7, bevorzugt kleiner oder gleich 6, bevorzugter kleiner oder gleich 5, aufweist,
– die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung keine Schicht mit einer Dicke größer oder gleich 20 nm basierend auf Indiumoxid aufweist,
– die Außenschicht der Antireflexionsbeschichtung eine Siliziumdioxid-basierte Schicht ist.

2. Linse nach Anspruch 1, wobei die Antireflexionsbeschichtung wenigstens zwei Schichten mit einem Brechungsindex höher als 1,6 und wenigstens zwei Schichten mit einem Brechungsindex unter 1,5 aufweist.

3. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antireflexionsbeschichtung auf einer Siliziumdioxid-basierten Unterschicht-Schicht mit einer Dicke von 100 bis 300 nm aufgetragen ist.

4. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antireflexionsbeschichtung wenigstens eine elektrisch leitfähige Schicht aufweist.

5. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mittlere Reflexionsfaktor $R_{m\text{-}UV1}$ an der Rückseite zwischen 290 nm und 330 nm unter 15% für einen Einfallswinkel von 15°, bevorzugt unter 10%, liegt.

6. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mittlere Reflexionsfaktor $R_{m\text{-}UV2}$ an der Rückseite zwischen 300 nm und 320 nm kleiner als 4%, bevorzugter kleiner als 3% für einen Einfallswinkel von 15° und/oder 30° und/oder 45° ist.

7. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mittlere Reflexionsfaktor $R_{m\text{-}UV3}$ an der Rückseite zwischen 300 nm und 380 nm für einen Einfallswinkel von 15° kleiner als 5%, bevorzugter kleiner als 4,5% ist.

8. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mittlere Reflexionsfaktor größer als 5%, bevorzugter größer als 6%, über wenigstens 20% des Wellenlängenbereichs von 280 bis 295 nm, für einen Einfallswinkel von 30° und für einen Einfallswinkel von 45° ist.

9. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mittlere Reflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_m kleiner als oder gleich 1%, bevorzugter ≤ 0,75% ist.

10. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mittlere Lichtreflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_v kleiner als oder gleich 0,90%, bevorzugter ≤ 0,85% ist.

11. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mittlere Reflexionsfaktor R_{UV} an der Rückseite zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die im ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion W(λ) gewichtet ist, kleiner als 4,5% für einen Einfallswinkel von 30° und für einen Einfallswinkel von 45°, bevorzugt ≤ 4%, ist.

12. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antireflexionsbeschichtung in der vom Substrat weg verlaufenden Richtung eine Schicht mit einem Brechungsindex größer als 1,6 mit einer Dicke von 8 bis 25 nm, einer Schicht mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 mit einer Dicke von 10 bis 35 nm, eine Schicht mit einem Brechungsindex größer als 1,6 mit einer Dicke von 75 bis 105 nm, bevorzugter von 75 bis 100 nm, optional eine elektrisch leitfähige Schicht mit einer Dicke von 3 bis 10 nm und eine Schicht mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 mit einer Dicke von 60 bis 95 nm aufweist.

13. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung keine MgF_2-Schicht aufweist.

14. Linse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Linse eine getönte Sonnenlinse ist.

15. Ophthalmische Linse, die ein Substrat mit einer vorderen Hauptseite und einer rückseitigen Hauptseite aufweist, wobei die rückseitige Hauptseite mit einer mehrschichtigen Antireflexionsbeschichtung beschichtet ist, die einen Stapel von wenigstens einer Schicht mit einem Brechungsindex von größer als 1,6 und von wenigstens einer Schicht mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 aufweist, wobei:
– der mittlere Reflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_m kleiner als oder gleich 1,15% ist,
– der mittlere Lichtreflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_v kleiner oder gleich 1% ist,
– der mittlere Reflexionsfaktor R_{uv} an der Rückseite zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die im ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion W(λ) gewichtet ist, für einen Einfallswinkel von 30° und für einen Einfallswinkel von 45° unter 5 liegt,
– die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung mindestens drei Schichten aufweist,
– die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung keine Schicht mit einer Dicke größer oder gleich 15 nm basierend auf Indiumoxid aufweist,
– die Außenschicht der Antireflexionsbeschichtung eine Siliziumdioxid-basierte Schicht ist,
wobei
(a) der mittlere Spektralreflexionsfaktor an der Rückseite für mindestens eine Wellenlänge im Bereich zwischen 280 nm und 295 nm sowohl für einen Einfallswinkel von 30° als auch einen Einfallswinkel von 45° höher als 5% ist oder
(b) der mittlere Spektralreflexionsfaktor an der Rückseite über mindestens 70% des Wellenlängenbereichs von 280 nm bis 298 nm für einen Einfallswinkel von 15° höher als 10% ist.

16. Linse nach Anspruch 15, wobei der mittlere Spektralreflexionsfaktor an der Rückseite im Bereich zwischen 280 nm und 295 nm sowohl für einen Einfallswinkel von 30° als auch einen Einfallswinkel von 45° höher als 6% ist.

17. Linse nach Anspruch 16, wobei der mittlere Spektralreflexionsfaktor an der Rückseite im Bereich zwischen 280 nm und 295 nm sowohl für einen Einfallswinkel von 30° als auch einen Einfallswinkel von 45° höher als 10% ist.

18. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 17, wobei die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung mindestens 4 Schichten umfasst.

19. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 18, wobei die Antireflexionsbeschichtung in der vom Substrat weg verlaufenden Richtung Folgendes umfasst: eine Schicht mit einem Brechungsindex größer als 1,6 mit einer Dicke von 8 bis 25 nm, eine Schicht mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 mit einer Dicke von 10 bis 35 nm, eine Schicht mit einem Brechungsindex größer als 1,6 mit einer Dicke von 75 bis 105 nm und eine Schicht mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 mit einer Dicke von 70 bis 95 nm oder die Antireflexionsbeschichtung in der vom Substrat weg verlaufenden Richtung Folgendes umfasst: eine Schicht mit einem Brechungsindex größer als 1,6 mit einer Dicke von 20 bis 65 nm, eine Schicht mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 mit einer Dicke von 10 bis 30 nm, eine Schicht mit einem Brechungsindex größer als 1,6 mit einer Dicke von 5 bis 75 nm, eine Schicht mit einem Brechungsindex größer als 1,6 mit einer Dicke von 20 bis 75 nm und eine Schicht mit einem Brechungsindex kleiner als 1,5 mit einer Dicke von 60 bis 85 nm.

20. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 19, wobei der mittlere Spektralreflexionsfaktor an der Rückseite über mindestens 20% des Wellenlängenbereichs von 280 nm bis 295 nm sowohl für einen Einfallswinkel von 30° als auch einen Einfallswinkel von 45° höher als 5% ist.

21. Linse nach Anspruch 20, wobei der mittlere Spektralreflexionsfaktor an der Rückseite über mindestens 20% des Wellenlängenbereichs von 280 nm bis 295 nm sowohl für einen Einfallswinkel von 30° als auch einen Einfallswinkel von 45° höher als 6% ist.

22. Linse nach Anspruch 21, wobei der mittlere Spektralreflexionsfaktor an der Rückseite über mindestens 20% des Wellenlängenbereichs von 280 nm bis 295 nm sowohl für einen Einfallswinkel von 30° als auch einen Einfallswinkel von 45° höher als 8% ist.

23. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 22, wobei der mittlere Spektralreflexionsfaktor über mindestens 70%, bevorzugt über mindestens 80%, besonders bevorzugt über 100% des Wellenlängenbereichs von 280 nm bis 295 nm für einen Einfallswinkel von 15° höher als 10% ist.

24. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 23, wobei der mittlere Spektralreflexionsfaktor über mindestens 70%, bevorzugt über mindestens 80%, besonders bevorzugt über 100% des Wellenlängenbereichs von 280 nm bis 290 nm für einen Einfallswinkel von 15° höher als 10% ist.

25. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 24, wobei der mittlere Spektralreflexionsfaktor über mindestens 70%, bevorzugt über mindestens 80%, besonders bevorzugt über 100% des Wellenlängenbereichs von 280 nm bis 295 nm für einen Einfallswinkel von 15° höher als 15% ist.

26. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 15, wobei die Antireflexionsbeschichtung wenigstens zwei Schichten mit einem Brechungsindex höher als 1,6 und wenigstens zwei Schichten mit einem Brechungsindex unter 1,5 aufweist.

27. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 26, wobei die Antireflexionsschicht auf einer Unterschicht aufgetragen ist, die eine auf Siliziumdioxid-basierende Schicht umfasst.

28. Linse nach Anspruch 27, wobei die auf Siliziumdioxid-basierende Schicht mindestens 80 Gew.-% Siliziumdioxid umfasst.

29. Linse nach Anspruch 28, wobei die auf Siliziumdioxid-basierende Schicht eine Dicke von 100 bis 300 nm aufweist.

30. Linse nach einem der Ansprüche 27 bis 29, wobei die Unterschicht auf einer abriebfesten Beschichtung aufgebracht ist, die vorzugsweise eine Dicke im Bereich von 2 bis 10 µm aufweist.

31. Linse nach Anspruch 30, wobei die abriebfeste Beschichtung aus einer Zusammensetzung, die mindestens ein Alkoxysilan und/oder ein Hydrolysat davon umfasst, hergestellt ist.

32. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 31, wobei die Antireflexionsbeschichtung wenigstens eine elektrisch leitfähige Schicht aufweist.

33. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 32, wobei der mittlere Reflexionsfaktor $R_{m\text{-}UV1}$ an der Rückseite zwischen 290 nm und 330 nm für einen Einfallswinkel von 15° unter 15%, bevorzugt unter 10%, liegt.

34. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 33, wobei der mittlere Reflexionsfaktor $R_{m\text{-}UV2}$ an der Rückseite zwischen 300 nm und 320 nm für einen Einfallswinkel von 15° und/oder 30° und/oder 45° kleiner als 4%, bevorzugt kleiner als 3% ist.

35. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 34, wobei der mittlere Reflexionsfaktor $R_{m\text{-}UV3}$ an der Rückseite zwischen 300 nm und 380 nm für einen Einfallswinkel von 15° kleiner als 5% ist.

36. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 35, wobei der mittlere Reflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_m kleiner als oder gleich 1%, bevorzugt ≤ 0,75 ist.

37. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 36, wobei der mittlere Lichtreflexionsfaktor an der Rückseite im sichtbaren Bereich R_v kleiner als oder gleich 0,90% ist.

38. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 37, wobei der mittlere Reflexionsfaktor R_{UV} an der Rückseite zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die im ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion W(λ) gewichtet ist, sowohl für einen Einfallswinkel von 30° als auch für einen Einfallswinkel von 45° < 4,5%, ist.

39. Linse nach Anspruch 38, wobei der mittlere Reflexionsfaktor R_{UV} an der Rückseite zwischen 280 nm und 380 nm, der durch die im ISO 13666:1998-Standard definierte Funktion W(λ) gewichtet ist, sowohl für einen Einfallswinkel von 30° als auch für einen Einfallswinkel von 45° ≤ 4%, bevorzugt 3,5% ist.

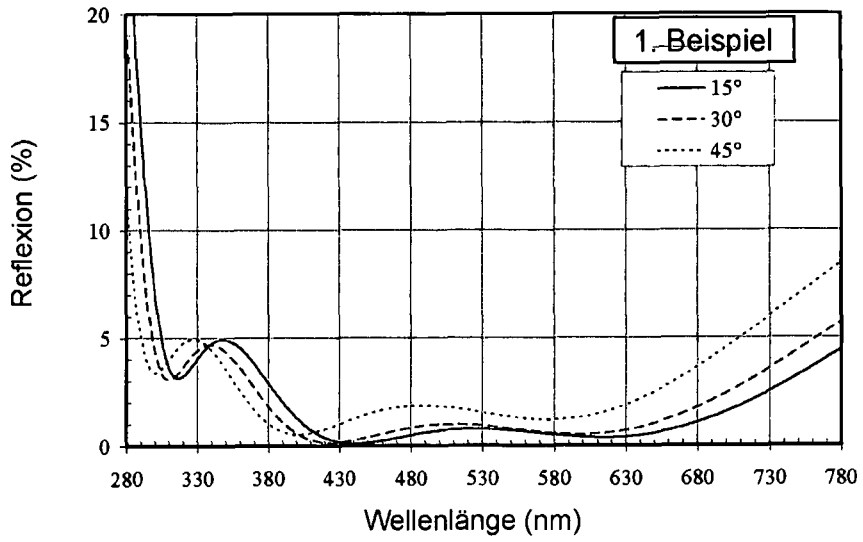
40. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 39, wobei die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung keine MgF_2-Schicht aufweist.

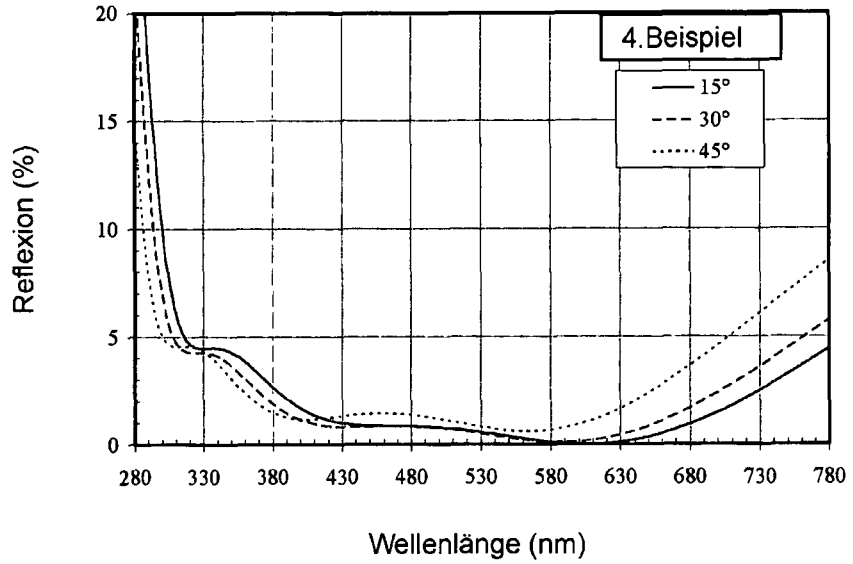
41. Linse nach einem der Ansprüche 15 bis 40, wobei die mehrschichtige Antireflexionsbeschichtung 7 oder weniger Schichten, bevorzugt 5 oder weniger Schichten, umfasst.

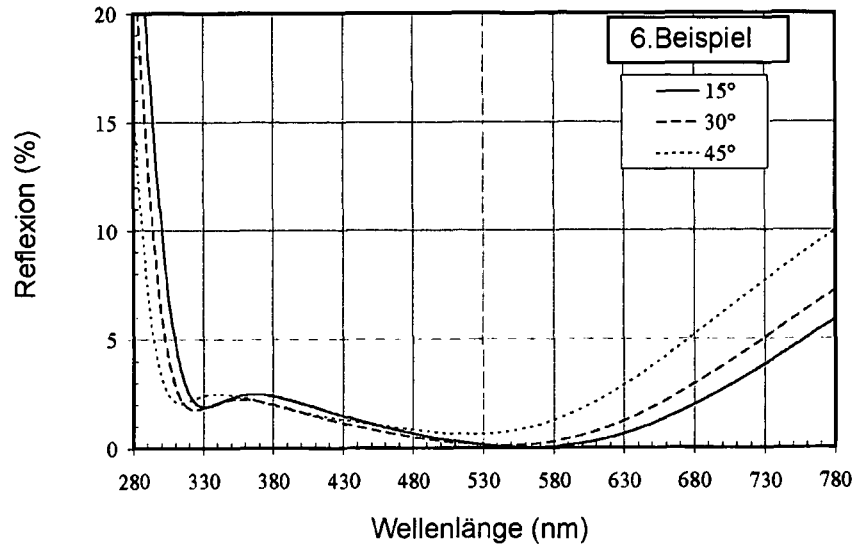
Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

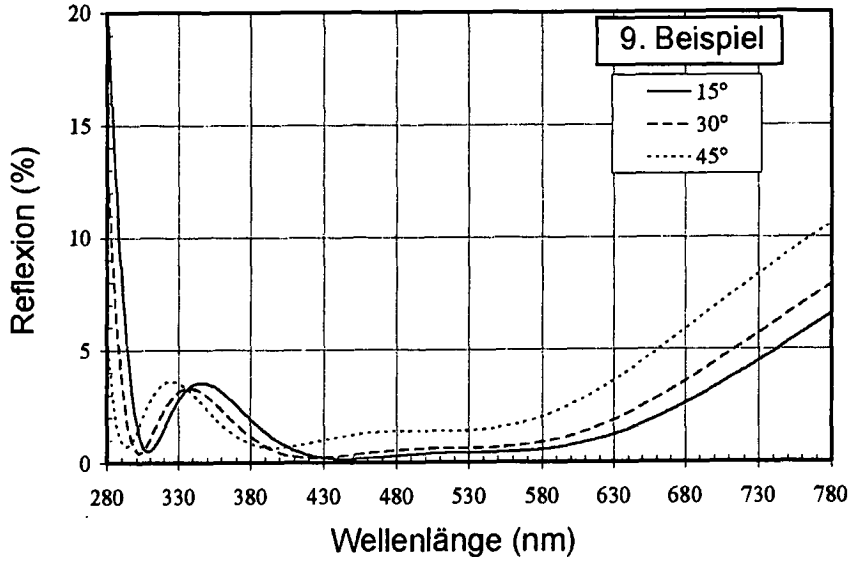
Figur 1

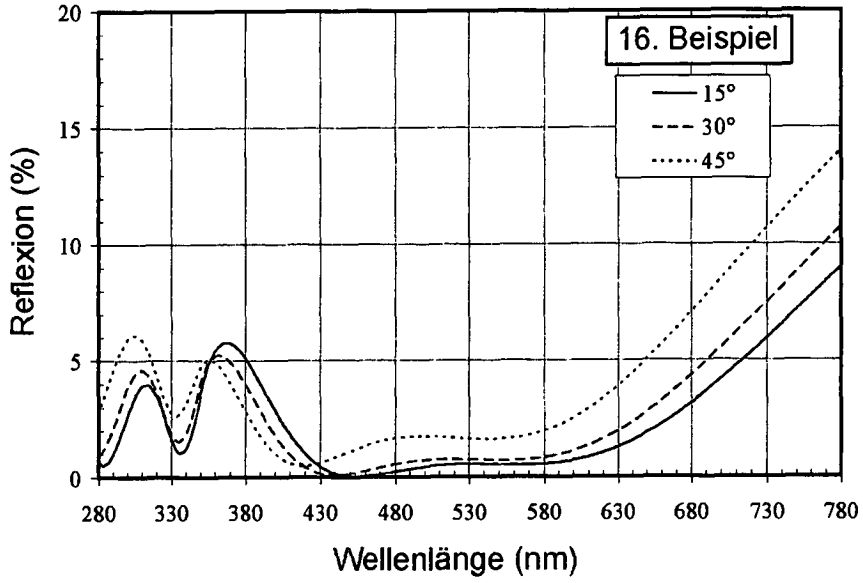


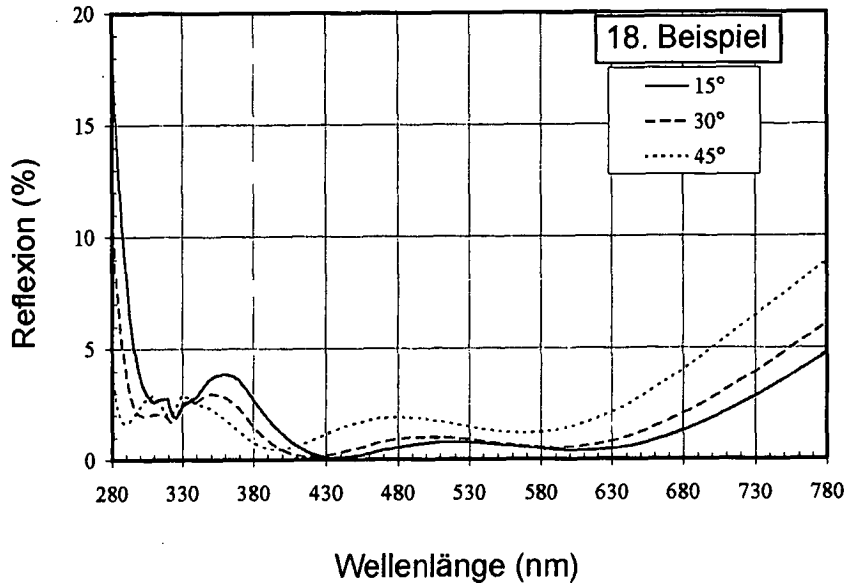




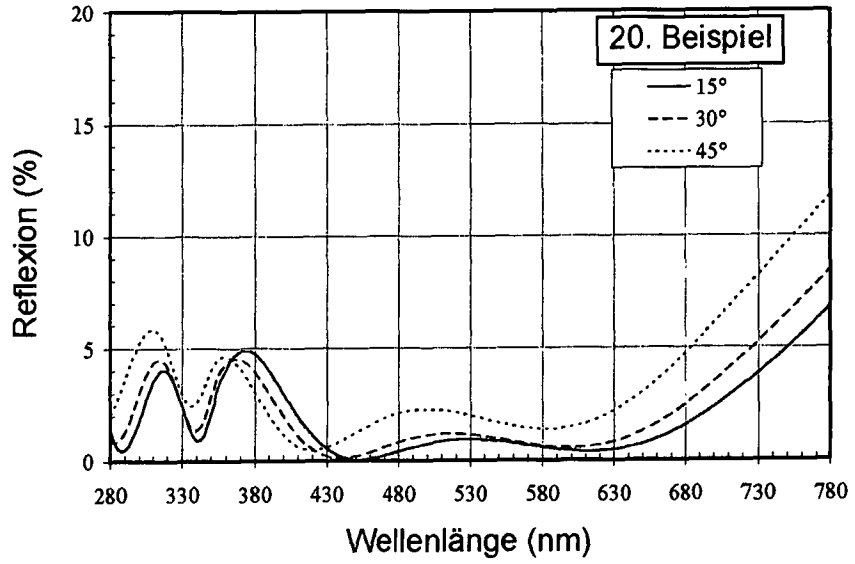
FIGUR 2

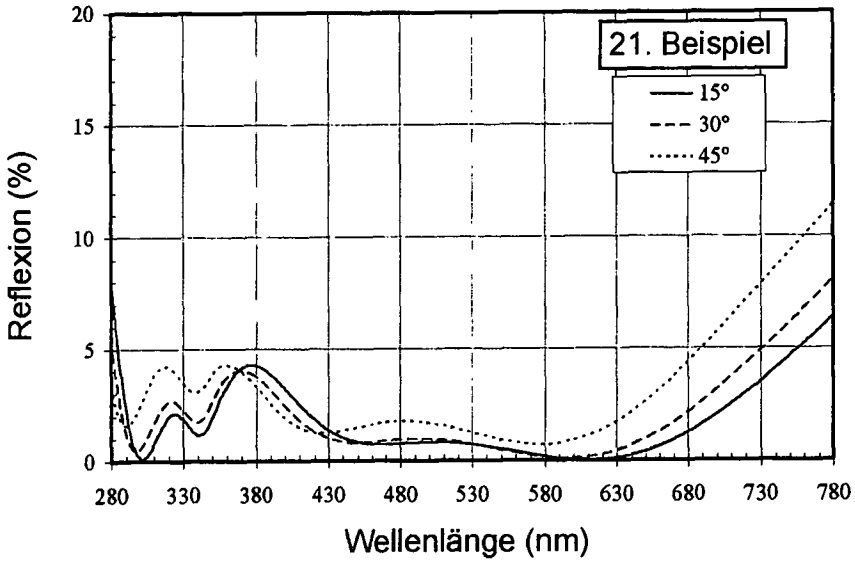

9. Beispiel
15°
30°
45°
Reflexion (%)
0
5
10
15
20
280
330
380
430
480
530
580
630
680
730
780
Wellenlänge (nm)

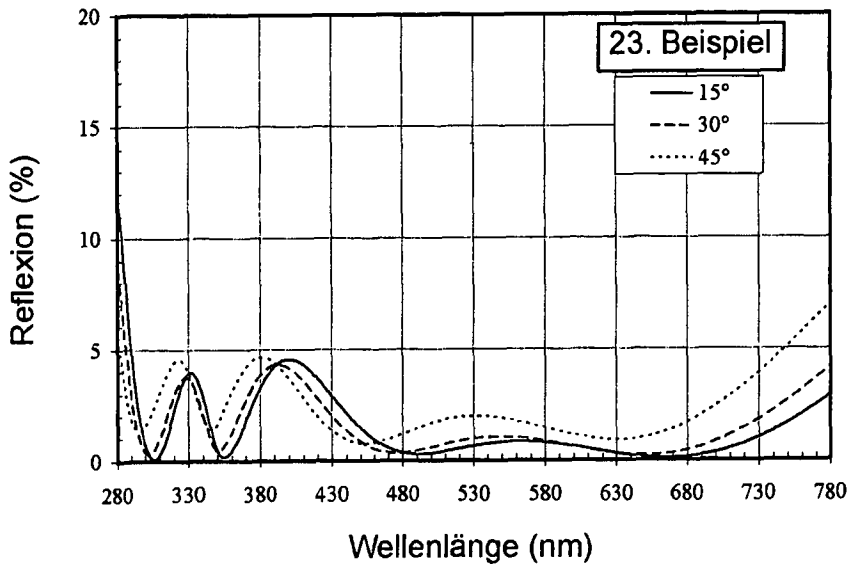

16. Beispiel
15°
30°
45°
Reflexion (%)
0
5
10
15
20
280
330
380
430
480
530
580
630
680
730
780
Wellenlänge (nm)


18. Beispiel
15°
30°
45°
Reflexion (%)
0
5
10
15
20
280
330
380
430
480
530
580
630
680
730
780
Wellenlänge (nm)

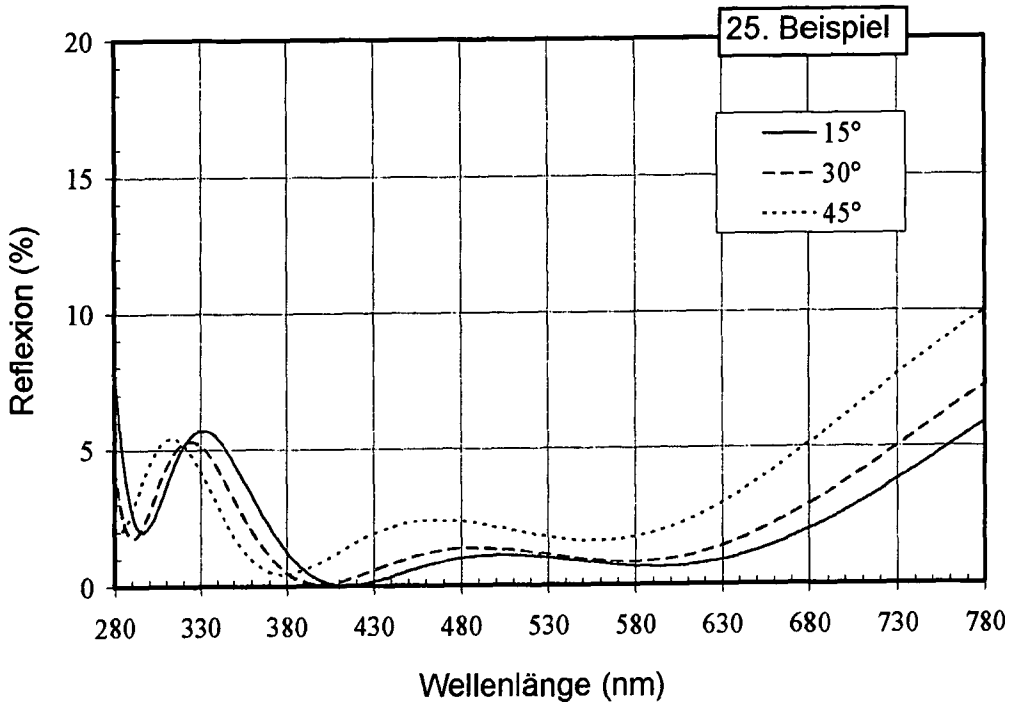
FIGUR 3


20. Beispiel
15°
30°
45°
Reflexion (%)
0
5
10
15
20
280
330
380
430
480
530
580
630
680
730
780
Wellenlänge (nm)


21. Beispiel
15°
30°
45°
Reflexion (%)
0
5
10
15
20
280
330
380
430
480
530
580
630
680
730
780
Wellenlänge (nm)


23. Beispiel
15°
30°
45°
Reflexion (%)
0
5
10
15
20
280
330
380
430
480
530
580
630
680
730
780
Wellenlänge (nm)

FIGUR 4


25. Beispiel
15°
30°
45°
Reflexion (%)
0
5
10
15
20
280
330
380
430
480
530
580
630
680
730
780
Wellenlänge (nm)