(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
06. April 2023 (06.04.2023)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/051996 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
C03C 17/34 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/073137

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. August 2022 (19.08.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
21199695.4 29. September 2021 (29.09.2021) EP

(71) Anmelder: **SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE** [FR/FR]; Tour Saint-Gobain, 12 Place de l'Iris, 92400 Courbevoie (FR).

(72) Erfinder: **HAGEN, Jan**; Glasstraße 1, 52134 Herzogenrath (DE). **MOTEMANI SHARABIANI, Yahya**; Glasstraße 1, 52134 Herzogenrath (DE). **BESLER, Robert**; Glasstraße 1, 52134 Herzogenrath (DE).

(74) Anwalt: **FEIST, Florian Arno**; Saint-Gobain Sekurit Deutschland GmbH, Glasstraße 1, 52134 Herzogenrath (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) **Title:** VEHICLE WINDOW HAVING AN ANTI-REFLECTION COATING HAVING A TITANIUM NITRIDE LAYER

(54) **Bezeichnung:** FAHRZEUGSCHEIBE MIT EINER ANTIREFLEKTIERENDEN BESCHICHTUNG MIT EINER TITANNITRID-SCHICHT

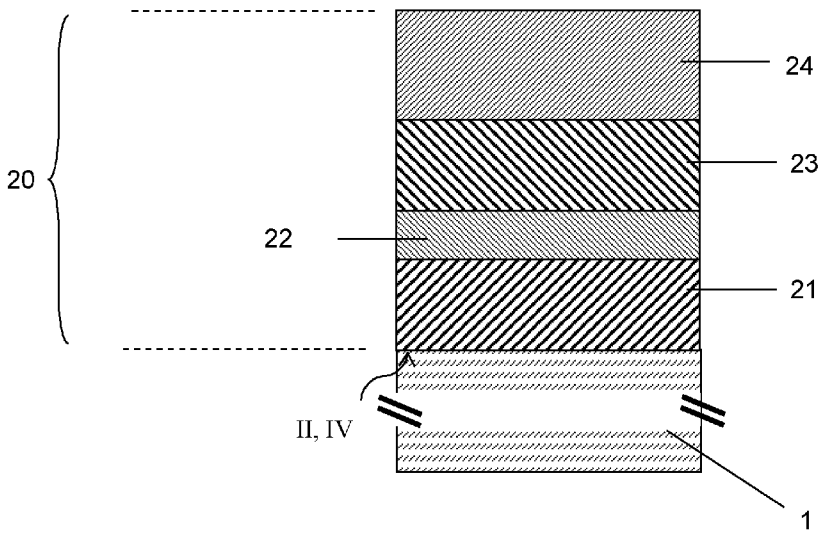


Fig. 3

(57) **Abstract:** The present invention relates to a vehicle window, comprising: - at least one transparent glass pane (1) having an external surface (I, III) and an interior surface (II, IV), wherein the interior surface (II, IV) of the glass pane (1) forms an exposed interior surface of the vehicle window; and - an anti-reflection coating (20) on the interior surface (II, IV) of the glass pane (1), wherein the anti-reflection coating (2) comprises, starting from the glass pane (1), in the following sequence: - a lower high-refractive dielectric layer (21) or layer sequence (21a, 21b) having a refractive index greater than 1.9; - an IR-reflecting layer (22) based on titanium nitride; - an upper high-refractive dielectric layer (23) or layer sequence having a refractive index greater than 1.9 and; - a low-refractive dielectric layer (24) or layer sequence having a refractive index less than 1.6. The specific resistance of the IR-reflecting layer (22) is less than 100 μΩ cm.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Fahrzeugscheibe, umfassend - mindestens eine transparente Glasscheibe (1) mit einer außenseitigen Oberfläche (I, III) und einer innenraumseitigen Oberfläche (II, IV), wobei die innenraumseitige Oberfläche (II, IV) der Glasscheibe (1) eine exponierte innenraumseitige Oberfläche der Fahrzeugscheibe bildet, und - eine antireflektierende Beschichtung (20) auf der innenraumseitigen Oberfläche (II, IV) der Glasscheibe (1), wobei die antireflektierende Beschich-

WO 2023/051996 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)*

— *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.*

tung (20) ausgehend von der Glasscheibe (1) in der folgenden Reihenfolge umfasst: - eine untere hochbrechende dielektrische Schicht (21) oder Schichtenfolge (21a, 21b) mit einem Brechungsindex größer 1,9, - eine IR-reflektierende Schicht (22) auf Basis von Titannitrid, - eine obere hochbrechende dielektrische Schicht (23) oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex größer 1,9 und - eine niedrigbrechende dielektrische Schicht (24) oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex von kleiner 1,6. Der spezifische Widerstand der IR-reflektierenden Schicht (22) beträgt weniger als 100 μΩ cm.

Fahrzeugscheibe mit einer antireflektierenden Beschichtung mit einer Titannitrid-Schicht

Die Erfindung betrifft eine Fahrzeugscheibe mit einer antireflektierenden Beschichtung, ihre Herstellung und Verwendung.

Es ist bekannt, Glasscheiben mit antireflektierenden Beschichtungen zu versehen. Dadurch kann die Reflexion von Licht an der betreffenden Oberfläche der Glasscheibe signifikant reduziert werden. Es sind verschiedene Arten antireflektierender Beschichtungen bekannt. Sie sind häufig aus einer Mehrzahl dünner Schichten ausgebildet, wobei alternierend Schichten mit hohem und niedrigem Brechungsindex angeordnet sind und die antireflektierende Wirkung durch Interferenzeffekte bewirkt wird. Solche antireflektierenden Beschichtungen sind beispielsweise aus EP0490613A2, US6068914A und WO2019/179682A1 bekannt. Alternativ sind antireflektierende Beschichtungen aus nanoporösem Siliziumoxid bekannt, wobei die antireflektierende Wirkung durch Vermeidung einer Grenzfläche mit einer abrupten und starken Änderung des Brechungsindex erzeugt wird. Eine solche Beschichtung, die im Sol-Gel-Verfahren erzeugt wird, ist beispielsweise aus WO2008059170A2 bekannt. Antireflektierende Beschichtungen können auch auf Fahrzeugscheiben verwendet werden, beispielsweise um deren Lichttransmission zu erhöhen oder um störende Reflexionen in den Fahrzeuginnenraum hinein zu vermeiden.

Weiter sind IR-reflektierende Beschichtungen bekannt, die als Sonnenschutzbeschichtungen den IR-Anteil der Sonnenstrahlung im nahen Infrarotbereich reflektieren oder als sogenannte Low-E-Beschichtungen die Wärmestrahlung der Glasscheibe in einen Innenraum reduzieren. Auch solche Beschichtungen werden verbreitet bei Fahrzeugscheiben eingesetzt, um den thermischen Komfort im Fahrzeuginnenraum zu verbessern. Dabei sind Low-E-Beschichtungen und Sonnenschutzbeschichtungen mit funktionellen Schichten auf Basis von Titannitrid bekannt, beispielweise aus WO2018129135A1 und WO2020128327A1. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Beschichtungen korrosionsstabil sind, so dass sie auf der gegenüber dem Innenraum exponierten Oberfläche der Fahrzeugscheibe eingesetzt werden können. Dies ist bei Low-E-Beschichtungen erforderlich. Sonnenschutzbeschichtungen können bei Verbundscheiben zwischen den beiden Einzelscheiben angeordnet werden, so dass sie keinen Kontakt zur Atmosphäre haben und als korrosionsanfällige Silberbeschichtungen ausgebildet werden können. Im Falle von monolithischen

Fahrzeugscheiben stehen aber ausschließlich exponierte Oberfläche zur Verfügung, so dass in diesem Fall korrosionsbeständige Sonnenschutzbeschichtungen erforderlich sind.

Aus EP3124449A1 ist eine antireflektierende Beschichtung bekannt, welche ausgehend vom Substrat eine untere hochbrechende Schicht, eine Schicht auf Basis von Titannitrid, eine obere hochbrechende Schicht und eine niedrigbrechende Schicht umfasst. Die Schicht auf Basis von Titannitrid ist nicht elektrisch leitfähig, weist daher keine IR-reflektierenden Eigenschaften auf.

Aus JPS63206333A ist eine IR-reflektierende Beschichtung bekannt, welche ausgehend vom Substrat eine untere hochbrechende Schicht, eine Schicht auf Basis von Titannitrid, eine obere hochbrechende Schicht und eine dicke Schicht aus Siliziumoxid mit einer Dicke von mindestens 1 µm umfasst. Die Beschichtung weist keine antireflektierenden Eigenschaften auf.

Soll die Fahrzeugscheibe sowohl mit IR-reflektierenden als auch mit antireflektierenden Eigenschaften versehen werden, so sind zwei Beschichtungen erforderlich. Dies erhöht den Aufwand der Herstellung der Fahrzeugscheibe und stellt insbesondere bei monolithischen Fahrzeugscheiben eine Herausforderung dar, da die Anzahl zur Verfügung stehender Oberflächen stark begrenzt ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Fahrzeugscheibe mit einer verbesserten Beschichtung bereitzustellen, welche antireflektierende und IR-reflektierende Eigenschaften aufweist. Die Beschichtung soll außerdem nicht korrosionsanfällig sein, so dass sie auf einer exponierten Oberfläche mit direktem Kontakt zur Umgebung eingesetzt werden kann.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird erfindungsgemäß durch eine Fahrzeugscheibe gemäß Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungen gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die Fahrzeugscheibe ist dafür vorgesehen, in einer Fensteröffnung eines Fahrzeugs den Innenraum gegenüber der äußeren Umgebung abzutrennen. Die erfindungsgemäße Fahrzeugscheibe umfasst mindestens eine transparente Glasscheibe und eine antireflektierende Beschichtung. Die Glasscheibe weist zwei Oberflächen (Hauptflächen) auf,

nämlich eine außenseitige Oberfläche und eine innenraumseitige Oberfläche, und eine umlaufende Kantenfläche zwischen den beiden Hauptflächen. Mit der außenseitigen Oberfläche wird diejenige Hauptfläche bezeichnet, die in Einbaulage der äußeren Umgebung zugewandt ist. Mit der innenraumseitigen Oberfläche wird diejenige Hauptfläche bezeichnet, die in Einbaulage dem Fahrzeuginnenraum zugewandt ist. Die innenraumseitige Oberfläche der Glasscheibe bildet gleichermaßen die exponierte innenraumseitige Oberfläche der Fahrzeugscheibe. Die antireflektierende Beschichtung ist auf der besagten innenraumseitigen Oberfläche der Glasscheibe und der Fahrzeugscheibe angeordnet. Unter einer exponierten Oberfläche wird dabei eine externe oder freiliegende Oberfläche bezeichnet, die eine Grenzfläche zur umgebenden Atmosphäre bildet und für Personen zugänglich und berührbar ist. Im Falle einer Einzelglasscheibe sind deren beide Hauptflächen exponierte Oberflächen. Im Falle einer Verbundscheibe sind die von der Zwischenschicht und der jeweils anderen Scheibe abgewandten Oberflächen der Außen- und der Innenscheibe exponierte Oberflächen.

Die antireflektierende Beschichtung umfasst erfindungsgemäß ausgehend von der Glasscheibe in der folgenden Reihenfolge mindestens:

- eine untere (optisch) hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex größer 1,9,
- eine IR-reflektierende Schicht auf Basis von Titannitrid (TiN),
- eine obere (optisch) hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex größer 1,9 und
- eine (optisch) niedrigbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex von kleiner 1,6.

Der große Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die erfindungsgemäße Beschichtung neben ihren antireflektierenden Eigenschaften im sichtbaren Spektralbereich auch Infrarot (IR)-reflektierende Eigenschaften aufweist. Die antireflektierende Wirkung beruht insbesondere auf der Kombination der oberen hochbrechenden dielektrischen Schicht oder Schichtenfolge und der niedrigbrechenden dielektrischen Schicht oder Schichtenfolge, wobei auch die untere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge eine diesbezügliche Wirkung entfaltet. Die IR-reflektierenden Eigenschaften werden insbesondere durch die IR-reflektierende Schicht auf Basis von Titannitrid bereitgestellt. Die Beschichtung reduziert also die Lichtreflexion an der innenraumseitigen Oberfläche der Glasscheibe (Primärfunktion) und auch den Wärmeeintrag in den Fahrzeuginnenraum (Sekundärfunktion).

Die IR-reflektierenden Eigenschaften betreffen den nahen Infrarotbereich, so dass die Beschichtung als Sonnenschutzbeschichtung (*solar control coating*) wirkt und die IR-Anteile der Sonnenstrahlung (teilweise) reflektiert. Die IR-reflektierenden Eigenschaften betreffen auch Wärmestrahlung im mittleren IR-Bereich, so dass sie auch als emissivitätsmindernde Beschichtung (Low-E-Beschichtung) wirkt und die Abstrahlung von Wärme der Fahrzeugscheibe in den Fahrzeuginnenraum reduziert. Sie ist zudem nicht korrosionsanfällig, so dass sie auf einer exponierten Oberfläche eingesetzt werden kann, was bei emissivitätsmindernde Beschichtungen erforderlich ist (innenraumseitige exponierte Oberfläche) und bei monolithischen Fahrzeugscheiben ohnehin unvermeidlich ist, weil ausschließlich exponierte Oberflächen zur Verfügung stehen. Darüber hinaus ist die Beschichtung vorteilhaft transparent, so dass (je nach verwendeter Glasscheibe und deren Tönungsgrad) Fahrzeugscheiben mit einer Lichttransmission von mindestens 70% realisierbar sind, wie es insbesondere für Windschutzscheiben und vordere Seitenscheiben erforderlich ist. Im Vergleich zu herkömmlichen antireflektierenden Beschichtungen (aus alternierenden dielektrischen optisch hoch- und niedrigbrechenden Schichten) sind vergleichsweise geringe Schichtdicken erforderlich, wodurch Material eingespart werden kann und die Kosten reduziert werden.

Die antireflektierende Beschichtung ist bevorzugt vollflächig auf der besagten Oberfläche angeordnet, so dass die gesamte Oberfläche ausnahmslos von der Beschichtung bedeckt ist. Es ist aber auch möglich, dass Bereiche der Oberfläche nicht mit der Beschichtung versehen sind, beispielsweise ein umlaufender Randbereich oder lokaler unbeschichteter Bereich, der als Datenübertragungsfenster die Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung (Antennensignale) verbessert. Ein solches Datenübertragungsfenster kann nötig oder hilfreich sein, um die Durchlässigkeit für elektromagnetische Strahlung zu gewährleisten (beispielsweise Antennensignale), welche durch die elektrisch leitfähige Schicht auf Basis von TiN gedämpft oder blockiert werden kann. Bevorzugt sind mindestens 80% der Oberfläche von der Beschichtung bedeckt, besonders bevorzugt mindestens 90%.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist die Fahrzeugscheibe als Verbundscheibe ausgebildet. Eine Verbundscheibe umfasst eine Außenscheibe und eine Innenscheibe, welche über eine thermoplastische Zwischenschicht miteinander verbunden sind. Mit Innenscheibe wird im Sinne der Erfindung die dem Fahrzeuginnenraum zugewandte Scheibe der Verbundscheibe bezeichnet. Mit Außenscheibe wird die der äußeren Umgebung zugewandte Scheibe bezeichnet. Die erfindungsgemäße Glasscheibe mit der

antireflektierenden Beschichtung ist dabei die Innenscheibe der Verbundscheibe und ihre innenraumseitige Oberfläche ist von der Zwischenschicht abgewandt. Solche Verbundscheiben werden im Fahrzeugbereich als sogenanntes Verbundsicherheitsglas (VSG) eingesetzt. Die Fahrzeugscheibe kann beispielweise eine Windschutzscheibe, Seitenscheibe, Heckscheibe oder Dachscheibe sein.

In einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung ist die erfindungsgemäße Fahrzeugscheibe eine monolithische Fahrzeugscheibe, welche als Einzelglasscheibe ausgebildet ist. Außer der Glasscheibe mit der antireflektierenden Beschichtung ist also keine weitere Scheibe vorhanden. Die Fahrzeugscheibe ist insbesondere ein sogenanntes Einscheibensicherheitsglas (ESG) eingesetzt, wobei die Glasscheibe thermisch vorgespannt ist. Die monolithische Fahrzeugscheibe kann beispielweise eine Seitenscheibe, Heckscheibe oder Dachscheibe sein.

Die IR-reflektierende Schicht auf Basis von Titannitrid ist bevorzugt eine dünne Schicht (Dünnschicht) und weist in einer vorteilhaften Ausgestaltung eine Schichtdicke von 10 nm bis 20 nm auf, bevorzugt von 12 nm bis 18 nm, besonders bevorzugt von 13 nm bis 17 nm. Damit werden gute IR-reflektierende Eigenschaften erreicht und die Lichttransmission der Glasscheibe nur geringfügig herabgesetzt. Bevorzugt wird das Titannitrid im Wesentlichen stöchiometrisch abgeschieden, also mit einem Atomverhältnis des Titans zum Stickstoff von etwa 1:1. Titannitrid gehört zu den wenigen leitfähigen Nitriden, weist also eine gewisse elektrische Leitfähigkeit auf, worauf auch die IR-reflektierende Wirkung zurückzuführen ist. Der spezifische elektrische Widerstand dünner Schichten liegt in der Regel höher als die tabellierten Werte für den Festkörper (*bulk*-Werte). Der spezifische Widerstand der erfindungsgemäßen IR-reflektierenden Schicht auf Basis von Titannitrid beträgt bevorzugt weniger als 100 µΩ cm. Der spezifische Widerstand hängt entscheidend ab vom Anteil an Stickstoff der IR-reflektierenden Schicht, daneben haben Schichtparameter wie Dichte und Kristallinität einen Einfluss. Der spezifische Widerstand äußert sich im Brechungsindex der IR-reflektierenden Schicht. Mit dem spezifischen Widerstand ist genau genommen der spezifische elektrische Widerstand gemeint, der häufig auch als Resistivität bezeichnet wird. Sein Kehrwert ist die elektrische Leitfähigkeit.

Der Brechungsindex (Realteil des komplexen Brechungsindexes) der IR-reflektierenden Schicht auf Basis von Titannitrid liegt bevorzugt im Bereich von 0,5 von 1,4, besonders bevorzugt von 0,5 bis 1,3. Der Extinktionskoeffizient (Imaginärteil des komplexen

Brechungsindexes, ebenfalls bei einer Wellenlänge von 550 nm bestimmt) der IR-reflektierenden Schicht auf Basis von Titannitrid liegt bevorzugt im Bereich von 1,0 bis 5,0.

Bevorzugt weist die Schicht auf Basis von Titannitrid einen geringen Brechungsindex auf als die niedrigbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge.

Ist eine Schicht der erfindungsgemäßen antireflektierenden Beschichtung auf Basis eines Materials ausgebildet, so besteht die Schicht mehrheitlich aus diesem Material, insbesondere im Wesentlichen aus diesem Material neben etwaigen Verunreinigungen oder Dotierungen. Die genannten dielektrischen Materialien (Oxide, Nitride) können stöchiometrisch, unterstöchiometrisch oder überstöchiometrisch abgeschieden sein. Daher wird bei der Angabe der Summenformeln auf stöchiometrische Koeffizienten verzichtet. Die Summenformeln dienen lediglich der Abkürzung, sie enthalten keinerlei Informationen über die Stöchiometrie.

Durch Dotierungen, beispielsweise Aluminium, Zirkonium, Titan oder Bor, können an sich dielektrische Materialien mit einer gewissen elektrischen Leitfähigkeit versehen werden. Der Fachmann wird sie hinsichtlich Ihrer Funktion dennoch als dielektrische Schichten identifizieren, wie es im Bereich der dünnen Schichten üblich ist. Das Material der dielektrischen Schichten weist bevorzugt eine elektrische Leitfähigkeit (Kehrwert des spezifischen Widerstands) von kleiner 10^{-4} S/m auf.

Soweit nicht anders angegeben ist mit der Dicke oder Schichtdicke einer Schicht im Sinne der vorliegenden Erfindung stets die geometrische Dicke gemeint. Wird stattdessen auf die optische Dicke Bezug genommen, welche sich als Produkt aus der geometrischen Dicke und dem Brechungsindex ergibt, so ist dies jeweils explizit angegeben.

Die angegebenen Werte für Brechungsindizes sind bei einer Wellenlänge von 550 nm gemessen. Der Brechungsindex kann beispielsweise mittels Ellipsometrie bestimmt werden. Ellipsometer sind kommerziell erhältlich, beispielsweise von der Firma Sentech.

Die untere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge weist erfindungsgemäß einen Brechungsindex von mehr als 1,9 auf, beispielsweise zwischen 1,9 und 2,5. Sie kann als einzelne Schicht ausgebildet sein (in diesem Fall liegt eine untere hochbrechende dielektrische Schicht vor) oder als Stapel mehrerer Schichten (in diesem Fall liegt eine untere

hochbrechende dielektrische Schichtenfolge vor). Im Fall einer Schichtenfolge weisen sämtliche Schichten einen Brechungsindex von mehr als 1,9 auf.

Die untere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge weist bevorzugt eine optische Dicke von 20 nm bis 120 nm auf, besondere bevorzugt von 40 nm bis 100 nm. Damit werden besonders gute antireflektierende Eigenschaften erreicht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung enthält die untere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge eine Schicht auf Basis eines Nitrids oder ist daraus ausgebildet. Damit ist gemeint, dass, wenn eine untere dielektrische Schicht vorhanden ist, diese auf Basis eines Nitrids ausgebildet ist, und wenn eine untere dielektrische Schichtenfolge vorhanden ist, diese mindestens eine Schicht auf Basis eines Nitrids enthält. Das Nitrid ist bevorzugt Siliziumnitrid (SiN) oder ein Silizium-Metall-Mischnitrid, beispielsweise Siliziumzirkoniumnitrid (SiZrN), Siliziumhafniumnitrid (SiHfN), Siliziumtitannitrid (SiTiN) oder Siliziumaluminiumnitrid (SiAlN). Diese weisen geeignete Brechungsindizes auf (SiN: 2,0; SiZrN: 2,2), sind vergleichsweise einfach und kostengünstig zu erzeugen und für Dünnschicht-Beschichtungen auf Glasscheiben gebräuchlich. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung enthält die untere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge eine Schicht auf Basis eines Oxids oder ist daraus ausgebildet, insbesondere Titanoxid (TiO, Brechungsindex 2,3). Dadurch kann der (gemittelte) Brechungsindex der unteren hochbrechenden Schicht(enfolge) weiter erhöht werden, was für die antireflektierende Wirkung vorteilhaft ist.

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist diejenige Schicht der unteren hochbrechenden Schicht oder Schichtfolge, welche in direktem Kontakt zur IR-reflektierenden Schicht auf Basis von TiN steht, auf Basis eines Nitrids ausgebildet, insbesondere auf Basis von SiN oder SiZrN. Dadurch kann vermieden werden, dass die IR-reflektierende Schicht beim Abscheiden oder bei einer nachgelagerten Wärmebehandlung oxidiert wird, wie es bei Kontakt zu einer oxidischen Schicht auftreten könnte. Das kann dadurch realisiert werden, dass eine untere hochbrechende dielektrische Schicht vorhanden ist, welche auf Basis des Nitrids ausgebildet ist, oder dass eine untere hochbrechende dielektrische Schichtenfolge vorhanden ist, deren oberste (das heißt am weitesten von der Glasscheibe entfernte) Schicht auf Basis des Nitrids ausgebildet ist.

In einer Ausgestaltung ist eine einzelne untere hochbrechende dielektrische Schicht vorhanden auf Basis eines Nitrids, insbesondere auf Basis von Siliziumnitrid (SiN) mit einer

Schichtdicke von 10 nm bis 60 nm, besonders bevorzugt von 20 nm bis 50 nm, beispielsweise von 35 nm bis 45 nm, oder auf Basis von Siliziumzirkoniumnitrid (SiZrN) mit einer Schichtdicke von 10 nm bis 50 nm, besonders bevorzugt von 15 nm bis 45 nm. Bei anderen Silizium-Metall-Mischnitriden können im Wesentlichen die gleichen Schichtdicken verwendet werden wie bei SiZrN.

In einer ganz besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist eine untere hochbrechende dielektrische Schichtenfolge vorhanden, welche ausgehend von der Glasscheibe in der folgenden Reihenfolge umfasst:

- eine erste Schicht auf Basis eines Oxids, insbesondere Titanoxid (TiO) und
- eine zweite Schicht auf Basis eines Nitrids, insbesondere Siliziumnitrid (SiN), oder Silizium-Metall-Mischnitrids, insbesondere Siliziumzirkoniumnitrid (SiZrN).

Die zweite Schicht steht bevorzugt in direktem Kontakt zur IR-reflektierenden Schicht und verhindert deren Oxidation. Die erste Schicht erhöht den gemittelten Brechungsindex der Schichtenfolge. Die erste Schicht auf Basis von TiO weist bevorzugt eine Schichtdicke auf von 5 nm bis 25 nm, besonders bevorzugt von 10 nm bis 20 nm oder von 10 nm bis 18 nm. Die zweite Schicht weist bevorzugt eine Schichtdicke auf von 10 nm bis 40 nm, besonders bevorzugt von 15 nm bis 35 nm, insbesondere von 25 nm bis 35 nm oder von 30 nm bis 35 nm, wenn sie auf Basis von SiN ausgebildet ist. Die zweite Schicht weist bevorzugt eine Schichtdicke auf von 10 nm bis 35 nm, besonders bevorzugt von 15 nm bis 30 nm, wenn sie auf Basis von SiZrN ausgebildet ist.

Die obere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge weist erfindungsgemäß einen Brechungsindex von mehr als 1,9 auf, beispielsweise zwischen 1,9 und 2,5. Sie kann ebenfalls als einzelne Schicht ausgebildet sein (in diesem Fall liegt eine obere hochbrechende dielektrische Schicht vor) oder als Stapel mehrerer Schichten (in diesem Fall liegt eine obere hochbrechende dielektrische Schichtenfolge vor). Im Fall einer Schichtenfolge weisen sämtliche Schichten einen Brechungsindex von mehr als 1,9 auf.

Die obere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge weist bevorzugt eine optische Dicke von 40 nm bis 120 nm auf, besondere bevorzugt von 60 nm bis 100 nm. Damit werden besonders gute antireflektierende Eigenschaften erreicht.

Die Materialen der unteren und der oberen hochbrechenden dielektrischen Schichten oder Schichtenfolge können unabhängig voneinander gewählt werden. In einer vorteilhaften

Ausgestaltung enthält die obere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge eine Schicht auf Basis eines Nitrids oder ist daraus ausgebildet. Das Nitrid ist bevorzugt Siliziumnitrid (SiN) oder ein Silizium-Metall-Mischnitrid, beispielsweise Siliziumzirkoniumnitrid (SiZrN), Siliziumhafniumnitrid (SiHfN), Siliziumtitannitrid (SiTiN) oder Siliziumaluminiumnitrid (SiAlN). In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung enthält die obere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge eine Schicht auf Basis eines Oxids oder ist daraus ausgebildet, insbesondere Titanoxid (TiO).

In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist diejenige Schicht der oberen hochbrechenden Schicht oder Schichtfolge, welche in direktem Kontakt zur IR-reflektierenden Schicht auf Basis von TiN steht, auf Basis eines Nitrids ausgebildet, insbesondere auf Basis von SiN oder SiZrN. Dadurch kann vermieden werden, dass die IR-reflektierende Schicht beim Abscheiden der darüberliegenden dielektrischen Schicht oder bei einer nachgelagerten Wärmebehandlung oxidiert wird, wie es bei Kontakt zu einer oxidischen Schicht auftreten könnte. Das kann dadurch realisiert werden, dass eine obere hochbrechende dielektrische Schicht vorhanden ist, welche auf Basis des Nitrids ausgebildet ist, oder dass eine obere hochbrechende dielektrische Schichtenfolge vorhanden ist, deren unterste (das heißt am nächsten zur IR-reflektierenden Schicht gelegene) Schicht auf Basis des Nitrids ausgebildet ist.

In einer ganz besonders vorteilhaften Ausgestaltung ist eine einzelne obere hochbrechende dielektrische Schicht vorhanden auf Basis eines Nitrids, insbesondere auf Basis von Siliziumnitrid (SiN) mit einer Schichtdicke von 20 nm bis 60 nm, besonders bevorzugt von 30 nm bis 50 nm, insbesondere von 35 nm bis 50 nm oder von 40 nm bis 50 nm, oder auf Basis von Siliziumzirkoniumnitrid (SiZrN) mit einer Schichtdicke von 15 nm bis 55 nm, besonders bevorzugt von 20 nm bis 45 nm. Eine einzelne Schicht ist einfacher herzustellen als eine Schichtenfolge, und die Aufteilung auf verschiedene Einzelschichten einer Schichtenfolge bringt beim oberen hochbrechenden Modul optisch weniger Vorteile als beim unteren hochbrechenden Modul.

Es kann aber auch eine obere dielektrische Schichtenfolge vorhanden sein. Diese umfasst „von unten nach oben“ (also in der Richtung ausgehend von der Glasscheibe) in der folgenden Reihenfolge bevorzugt:

- eine erste Schicht auf Basis eines Nitrids, insbesondere Siliziumnitrid (SiN), oder Silizium-Metall-Mischnitrids, insbesondere Siliziumzirkoniumnitrid (SiZrN), und

- eine zweite Schicht auf Basis eines Oxids, insbesondere Titanoxid (TiO).

Die erste Schicht steht bevorzugt in direktem Kontakt zur IR-reflektierenden Schicht und verhindert deren Oxidation. Die zweite Schicht erhöht den gemittelten Brechungsindex der Schichtenfolge. Die zweite Schicht auf Basis von TiO weist bevorzugt eine Schichtdicke eine Schichtdicke auf von 5 nm bis 25 nm, besonders bevorzugt von 10 nm bis 20 nm. Die erste Schicht weist bevorzugt eine Schichtdicke auf von 10 nm bis 30 nm, besonders bevorzugt von 15 nm bis 25 nm, wenn sie auf Basis von SiN ausgebildet ist. Die erste Schicht weist bevorzugt eine Schichtdicke eine Schichtdicke auf von 10 nm bis 25 nm, besonders bevorzugt von 15 nm bis 20 nm, wenn sie auf Basis von SiZrN ausgebildet ist.

Die niedrigbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge weist erfindungsgemäß einen Brechungsindex von weniger als 1,6 auf, beispielsweise zwischen 1,2 und 1,6, bevorzugt weniger als 1,5. Sie kann als einzelne Schicht ausgebildet sein (in diesem Fall liegt eine niedrigbrechende dielektrische Schicht vor) oder als Stapel mehrerer Schichten (in diesem Fall liegt eine niedrigbrechende dielektrische Schichtenfolge vor). Im Fall einer Schichtenfolge weisen sämtliche Schichten einen Brechungsindex von weniger als 1,6 auf.

Die niedrigbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge weist bevorzugt eine optische Dicke von 40 nm bis 130 nm auf, besondere bevorzugt von 55 nm bis 115 nm. Damit werden besonders gute antireflektierende Eigenschaften erreicht.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung enthält die niedrigbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge eine Schicht auf Basis eines Oxids oder ist daraus ausgebildet. Das Oxid ist bevorzugt Siliziumoxid (SiO). Dies weist einen geeigneten Brechungsindex auf (1,45), ist durch Dünnschichttechnologie, aber auch nasschemisch erzeugbar und für Beschichtungen auf Glasscheiben gebräuchlich.

In einer bevorzugten Ausgestaltung ist eine einzelne niedrigbrechende dielektrische Schicht vorhanden, insbesondere auf Basis von SiO mit einer Schichtdicke von 30 nm bis 90 nm, besonders bevorzugt von 40 nm bis 80 nm.

Die niedrigbrechende dielektrische Schicht (insbesondere SiO-Schicht) ist in einer Ausgestaltung der Erfindung eine Dünnschicht, die durch Gasphasenabscheidung erzeugt ist.

Die niedrigbrechende dielektrische Schicht (insbesondere SiO-Schicht) ist in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung eine nanoporöse Sol-Gel-Schicht, insbesondere eine Sol-Gel-Schicht auf Basis von nanoporösem Siliziumoxid. Durch die Porosität wird der Brechungsindex der SiO-Schicht weiter erniedrigt. Gegenüber einer Dünnschicht aus Gasphasenabscheidung weist eine solche Sol-Gel-Schicht zum einen den Vorteil auf, dass sie kostengünstiger herstellbar ist. Zum anderen hat sich überraschend gezeigt, dass dadurch bessere optische Eigenschaften der Fahrzeugscheibe erreicht werden, weil die antireflektierende Beschichtung dann ein glatteres Reflexionsspektrum im sichtbaren Spektralbereich aufweist, wodurch ein geringer ausgeprägter Farbstich hervorgerufen wird.

Die antireflektierende Wirkung einer solchen Sol-Gel-Schicht wird einerseits durch den Brechungsindex und andererseits durch die Dicke der Schicht bestimmt. Der Brechungsindex hängt wiederum von der Porengröße und die Dichte der Poren ab. In einer bevorzugten Ausgestaltung sind die Poren derart abgemessen und verteilt, dass der Brechungsindex von 1,2 bis 1,4, besonders bevorzugt von 1,25 bis 1,35 beträgt. Die Dicke der Sol-Gel-Schicht beträgt bevorzugt von 30 nm bis 200 nm, besonders bevorzugt von 50 nm bis 150 nm, insbesondere 50 nm bis 80 nm. Damit werden gute antireflektierende Eigenschaften erreicht. Das Siliziumoxid kann dotiert sein, beispielsweise mit Aluminium, Zirkonium, Titan, Bor, Zinn oder Zink. Durch Dotierungen können insbesondere die optischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften der Beschichtung angepasst werden.

Die Poren des nanoporösen SiO sind insbesondere geschlossene Nanoporen, können aber auch offene Poren sein. Unter Nanoporen werden Poren verstanden, die Größen im Nanometerbereich aufweisen, also von 1 nm bis weniger als 1000 nm (1 µm). Die Poren weisen bevorzugt einen im Wesentlichen kreisförmigen Querschnitt auf (sphärische Poren), können aber auch andere Querschnitte aufweisen, beispielsweise einen elliptischen, ovalen oder elongierten Querschnitt (ellipsoide oder ovoide Poren). Bevorzugt weisen mindestens 80% aller Poren im Wesentlichen die gleiche Querschnittsform auf. Es kann vorteilhaft sein, wenn die Porengröße mindestens 20 nm oder sogar mindestens 40 nm beträgt. Die durchschnittliche Größe der Poren beträgt bevorzugt von 1 nm bis 500 nm, besonders bevorzugt von 1 nm bis 100 nm, ganz besonders bevorzugt von 20 nm bis 80 nm. Unter der Größe der Poren wird bei kreisförmigen Poren der Durchmesser verstanden, bei Poren anderer Gestalt die größte Längenausdehnung. Bevorzugt weisen mindestens 80% aller Poren Größen in den angegebenen Bereichen auf, besonders bevorzugt liegen die Größen sämtlicher Poren in den angegebenen Bereichen. Der Anteil an Porenvolumen am

Gesamtvolumen liegt bevorzugt zwischen 10% und 90%, besonders bevorzugt unter 80%, ganz besonders bevorzugt kleiner als 60 %.

Statt einer einzelnen niedrigbrechenden Schicht kann auch eine niedrigbrechende dielektrische Schichtenfolge vorhanden sein aus mehreren Einzelschichten. Die Schichtenfolge kann beispielsweise eine Schicht auf Basis von SiO enthalten, die durch Gasphasenabscheidung erzeugt ist, und eine Sol-Gel-Schicht auf Basis von nanoporösem SiO. In diesem Fall ist die Sol-Gel-Schicht bevorzugt die obere der beiden Schichten, also diejenige mit einem größeren Abstand zur Glasscheibe. Ebenso ist es möglich, dass eine niedrigbrechende dielektrische Schichtenfolge mehrere Sol-Gel-Schichten umfasst, die sich beispielsweise hinsichtlich der Porosität (Größe und/oder Dichte der Poren) unterscheiden.

Die erfindungsgemäße antireflektierende Beschichtung wurde vorstehend derart beschrieben, dass sie bestimmte Schichten enthält oder umfasst. Damit ist gemeint, dass außer den genannten Schichten weitere Schichten vorhanden sein können, beispielsweise zwischen den einzelnen Schichten beziehungsweise Schichtenfolgen oder als Teil einer oder mehrerer Schichtenfolgen. Es ist aber bevorzugt, dass die Beschichtung nur aus der unteren hochbrechenden Schicht(enfolge), der IR-reflektierenden Schicht, der oberen hochbrechenden Schicht(enfolge) und der niedrigbrechenden Schicht(enfolge) besteht und dazwischen, darüber und darunter keine weiteren Schichten vorhanden sind. Es ist weiterhin bevorzugt, dass die einzelnen Schichten(folgen) nur aus den vorstehend explizit genannten Schichten bestehen und keine weiteren Schichten enthalten. Die genannten Schichten sind ausreichend zur Erzeugung einer guten antireflektierenden und IR-abschirmenden Wirkung. Weitere Schichten würden Kosten und Aufwand der Herstellung erhöhen. die Außerdem würden weitere Schichten die Lichttransmission herabsetzen, was nachteilhaft ist und eventuell sogar bestimmte Anwendungen ausschließen würde, für die eine Mindest-Lichttransmission vorgeschrieben ist.

Die Glasscheibe ist bevorzugt aus Kalk-Natron-Glas gefertigt, was für Fensterscheiben üblich ist. Grundsätzlich kann sie aber auch aus anderen Glassorten gefertigt sein, beispielsweise Borosilikatglas, Quarzglas oder Aluminosilikatglas. Selbiges gilt für die Außenscheibe, falls die Fahrzeugscheibe eine Verbundscheibe ist. Die Dicke der Glasscheibe kann den Erfordernissen im Anwendungsfall entsprechend frei gewählt werden. Typischerweise liegt die Dicke im Bereich von 0,5 mm bis 10 mm, insbesondere von 1 mm bis 5 mm.

Die Glasscheibe (und/oder die Außenscheibe im Falle einer Verbundscheibe kann aus Klarglas oder aus getöntem oder gefärbtem Glas gefertigt sein. Unter einem Klarglas wird eine solche Glasscheibe verstanden, welche eine integrierte Lichttransmission nach ISO 9050 von mindestens 90% aufweist. Getönte oder gefärbte Glasscheiben weisen eine geringer integrierte Lichttransmission auf.

Die Fahrzeugscheibe ist bevorzugt in einer oder in mehreren Richtungen des Raumes gebogen, wie es für Kraftfahrzeugscheiben üblich ist, wobei typische Krümmungsradien im Bereich von etwa 10 cm bis etwa 40 m liegen. Die innenraumseitige Oberfläche der Fahrzeugscheibe ist dabei in der Regel konkav gekrümmt. Die Fahrzeugscheibe kann aber auch plan sein, beispielsweise wenn sie als Scheibe für Busse, Züge oder Traktoren vorgesehen ist.

Die erfindungsgemäße Fahrzeugscheibe weist bevorzugt eine innenraumseitige Emissivität von weniger als 40 % auf, besonders bevorzugt weniger als 35 %, ganz besonders bevorzugt weniger als 30 %. Mit innenraumseitiger Emissivität wird dabei das Maß bezeichnet, welches angibt, wie viel Wärmestrahlung die Scheibe in Einbaulage im Vergleich zu einem idealen Wärmestrahler (einem schwarzen Körper) in einen Innenraum, beispielsweise eines Gebäudes oder eines Fahrzeugs abgibt. Unter Emissivität wird im Sinne der Erfindung der normale Emissionsgrad bei 283 K nach der Norm EN 12898 verstanden.

Die erfindungsgemäße Fahrzeugscheibe weist bevorzugt einen TTS-Wert von weniger als 65 % auf, besonders bevorzugt weniger als 60%. Dies gilt für den Fall, dass die Glasscheibe aus Klarglas gefertigt ist (und im Falle einer Verbundscheibe ebenso die Außenscheibe, wobei die thermoplastische Zwischenschicht ebenfalls klar und ungetönt ist). Durch Verwendung von getönten Glasscheiben kann der TTS-Wert weiter reduziert werden. Der TTS-Wert beschreibt die totale solare Energietransmission und ist ein Maß für die Menge der Wärme, welche durch die Fahrzeugscheibe hindurch in das Fahrzeug eintritt. Sie wird nach ISO 13837 bestimmt.

Die erfindungsgemäße Fahrzeugscheibe weist bevorzugt eine Lichttransmission von mehr als 70 % auf. Dies gilt wiederum für den Fall, dass die Glasscheibe aus Klarglas gefertigt ist (und im Falle einer Verbundscheibe ebenso die Außenscheibe, wobei die thermoplastische Zwischenschicht ebenfalls klar und ungetönt ist). Mit Lichttransmission ist dabei die integrierte Lichttransmission nach ISO 9050 gemeint, gemessen mit einer Lichtquelle der Lichtart A.

Die erfindungsgemäße Fahrzeugscheibe weist bevorzugt einen innenraumseitigen Reflexionsgrad von weniger als 5 % auf, bevorzugt weniger als 4,5 %. Der innenraumseitige Reflexionsgrad ist dabei die integrierte Lichtreflexion bei Bestrahlung der innenraumseitigen Oberfläche mit der erfindungsgemäßen Beschichtung, gemessen mit einer Lichtquelle der Lichtart A bei einem Einfallswinkel von 8° und einem Beobachtungswinkel von 2° zur innenraumseitigen Flächennormalen.

Die erfindungsgemäße antireflektierende Beschichtung weist aufgrund der Schicht auf Basis von TiN eine elektrische Leitfähigkeit auf, so dass sie auch als Heizbeschichtung verwendet werden kann. Sie wird dazu mit sogenannten Stromsammelschienen (*busbars*) versehen, die sich entlang zweier einander gegenüberliegenden Seitenkanten der Fahrzeugscheibe erstrecken und an die Pole einer Spannungsquelle angeschlossen sind, so dass ein Strom durch die Beschichtung fließen die Fahrzeugscheibe dabei erwärmen kann. Aufgrund des Flächenwiderstands werden besonders vorteilhafte Heizwirkungen erreicht, wenn die Spannungsquelle eine Spannung von 42 Volt bis 48 Volt oder sogar von 300 V bis 400 V aufweist. Solche Spannungen stehen insbesondere in Elektrofahrzeugen zur Verfügung.

Die Erfindung umfasst außerdem ein Verfahren zur Herstellung einer Fahrzeugscheibe, wobei

(a) eine transparente Glasscheibe bereitgestellt wird mit einer außenseitigen Oberfläche und einer innenraumseitigen Oberfläche, wobei die innenraumseitige Oberfläche der Glasscheibe dafür vorgesehen ist, eine exponierte innenraumseitige Oberfläche der Fahrzeugscheibe zu bilden,

(b) eine antireflektierende Beschichtung auf der innenraumseitigen Oberfläche der Glasscheibe aufgebracht wird, indem in der folgenden Reihenfolge abgeschieden werden:
   - eine untere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex größer 1,9,
   - eine IR-reflektierende Schicht auf Basis von Titannitrid,
   - eine obere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex größer 1,9 und
   - eine niedrigbrechende Schicht oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex von kleiner 1,6.

Die untere und die obere hochbrechende dielektrische Schicht oder Schichtenfolge werden bevorzugt durch Gasphasenabscheidung abgeschieden, beispielsweise durch chemische

Gasphasenabscheidung (CVD), plasmagestützte chemische Gasphasenabscheidung (PECVD), Atomlagenabscheidung (*atomic layer deposition*, ALD). Besonders bevorzugt ist die physikalische Gasphasenabscheidung (PVD), beispielsweise das Aufdampfen, ganz besonders bevorzugt die Kathodenzerstäubung („Sputtern") und insbesondere die magnetfeldunterstütze Kathodenzerstäubung („Magnetronsputtern").

Auch die IR-reflektierende Schicht auf Basis von TiN kann mit den genannten Methoden abgeschieden werden, wobei auch hier die magnetfeldunterstütze Kathodenzerstäubung besonders bevorzugt ist. In einer besonders vorteilhaften Ausführung wird die IR-reflektierende Schicht durch Hochleistungsimpulsmagnetronsputtern (*High Power Impulse Magnetron Sputtering*, HiPIMS) abgeschieden. Es hat sich gezeigt, dass dadurch IR-reflektierende Schichten mit besonders vorteilhafter Kristallinität erzeugt werden können, was sich in einer besonders hohen Lichttransmission und besonders guten IR-reflektierenden Eigenschaften äußert.

Das Hochleistungsimpulsmagnetronsputtern ist eine spezielle Variante des Magnetron-Sputterns, welches wiederum einer Variante des Sputterns ist. Beim Sputtern wird ein Target (Kathode) mit Ionen beschossen, woraufhin Material aus dem Target herausgelöst wird, welches sich dann auf der zu beschichtenden Oberfläche ablagert. Während bei der einfachen Kathodenzerstäubung lediglich ein elektrisches Feld angelegt wird, ist beim Magnetronsputtern hinter der Kathodenplatte ein zusätzliches Magnetfeld angeordnet. Durch die Überlagerung von elektrischem Feld und magnetischem Feld bewegen sich die Ladungsträger nicht mehr parallel zu den elektrischen Feldlinien, sondern kreisen auf einer Schraubenlinie über der Target-Oberfläche. Dadurch wird ihr Weg verlängert und die Zahl der Stöße pro Elektron erhöht. Das effektiv höhere Ionisierungsvermögen der Elektronen führt zu einer Erhöhung der Sputterrate. Somit können bei gleichem Prozessdruck deutlich höhere Beschichtungsraten erreicht werden. Außerdem können dichtere Schichten erzeugt werden. Das Hochleistungsimpulsmagnetronsputtern ist ein darauf aufbauendes, weiterentwickeltes Verfahren, das die Wirkung von pulsartigen Entladungen (Pulsdauer sehr viel kleiner als 1 µs, beispielsweise einige zehn µs) mit Leistungen größer 1 MW nutzt, um einen deutlich erhöhten Ionisierungsgrad zu erreichen. Der hohe Grad der Ionisierung kann über einen geänderten Wachstumsmechanismus die Eigenschaften der aufwachsenden Schicht erheblich verändern und führt beispielsweise zu einer höheren Haftfestigkeit Abscheidung und zu einer höheren Mikrostrukturdichte. Es wird insbesondere ein vergleichsweise geringes Tastverhältnis (Ein-Aus-Verhältnis) von kleiner als 10 % verwendet. Da die Pulse nur für eine sehr kurze Zeit auf

das Target wirken und sich daran eine relativ lange „Aus-Zeit“ anschließt, ergeben sich niedrige durchschnittliche Kathodenleistungen (beispielsweise 1 bis 10 kW). So kann das Targetmaterial in den Aus-Zeiten abkühlen, was die Prozessstabilität gewährleistet. HiPIMS erzeugt eine hohe Plasmadichte mit einem hohen Anteil an Ziel-Metallionen.

Im vorliegenden Fall kann ein Titannitrid-Target verwendet werden. Alternativ kann ein Titantarget verwendet werden, wobei dem Arbeitsgas Stickstoff als Reaktivgas zugesetzt werden, welcher neben dem Titan in die Schicht eingebaut wird, wodurch die Schicht auf Basis von TiN entsteht (reaktives Sputtern). Das Target und die gesputterte Schicht können mit weiteren Materialien dotiert sein, beispielsweise Bor oder Aluminium, wodurch die mechanischen Eigenschaften der Schicht beeinflusst werden können und/oder die Abscheidegeschwindigkeit erhöht werden kann.

Die niedrigbrechende dielektrische Schicht wird in einer Ausführung der Erfindung ebenfalls durch die genannten Methoden der Gasphasenabscheidung abgeschieden, wobei auch hier die magnetfeldunterstütze Kathodenzerstäubung besonders bevorzugt ist. In einer weiteren Ausgestaltung wird die niedrigbrechende dielektrische Schicht durch ein Sol-Gel-Verfahren hergestellt, insbesondere als nanoporöse Schicht, bevorzugt auf Basis von SiO. Liegt eine niedrigbrechende dielektrische Schichtenfolge vor, so besteht diese bevorzugt aus einer unteren Schicht und einer oberen Schicht, wobei die untere durch Gasphasenabscheidung erzeugt wird (insbesondere magnetfeldunterstütze Kathodenzerstäubung) und die obere durch ein Sol-Gel-Verfahren als nanoporöse Schicht.

Die Sol-Gel-Schicht wird in einem Sol-Gel-Prozess auf der innenraumseitigen Oberfläche der Glasscheibe abgeschieden. Zunächst wird ein Sol, welches die Präkursoren der Beschichtung enthält, bereitgestellt und gereift. Die Reifung kann eine Hydrolyse der Präkursoren beinhalten und/oder eine (partielle) Reaktion zwischen den Präkursoren. Dieses Sol wird im Sinne der Erfindung als Präkursoren-Sol bezeichnet und enthält Siliziumoxid-Präkursoren in einem Lösungsmittel. Die Präkursoren sind bevorzugt Silane, insbesondere Tetraethoxy-Silane oder Methyltriethoxysilan (MTEOS). Alternativ können aber auch Silikate als Präkursoren eingesetzt werden, insbesondere Natrium-, Lithium- oder Kaliumsilikate, beispielsweise Tetramethylorthosilikat, Tetraethylorthosilikat (TEOS), Tetraisopropylorthosilikat, oder Organosilane der allgemeinen Form $R^2_nSi(OR^1)_{4-n}$. Dabei ist bevorzugt R^1 eine Alkylgruppe, R^2 eine Alkyl-, Epoxy-, Acrylat-, Methacrylat-, Amin-, Phenyl- oder Vinylgruppe, und n eine ganze Zahl von 0 bis 2. Es können auch Silizium-halogenide oder –alkoxide eingesetzt

werden. Das Lösungsmittel ist bevorzugt Wasser, Alkohol (insbesondere Ethanol) oder ein Wasser-Alkohol-Gemisch.

Das Präkursoren-Sol wird dann mit einem Porenformer vermischt, der ein einer wässrigen Phase dispergiert ist. Aufgabe des Porenformers ist es, gleichsam als Platzhalter bei der Erzeugung der Antireflexionsbeschichtung die Poren in der Siliziumoxidmatrix zu erzeugen. Durch Form, Größe und Konzentration des Porenformers werden Form, Größe und Dichte der Poren bestimmt. Durch den Porenformer können Porengröße, Porenverteilung und Porendichte gezielt gesteuert werden und es werden reproduzierbare Ergebnisse sichergestellt. Als Porenformer können beispielsweise Polymer-Nanopartikel eingesetzt werden, bevorzugt PMMA-Nanopartikel (Polymethylmethacrylat), alternativ aber auch Nanopartikel aus Polycarbonaten, Polyestern oder Polystyrolen, oder Copolymeren aus Methyl(meth)acrylaten und (Meth)acrylsäure. Anstatt Polymer-Nanopartikeln können auch Nanotropfen eines Öls in Form einer Nanoemulsion verwendet werden. Natürlich ist es auch denkbar, verschiedene Porenformer einzusetzen.

Die so erhaltene Lösung wird auf die innenraumseitige Oberfläche der Glasscheibe aufgebracht. Dies erfolgt sinnvollerweise durch nasschemische Verfahren, beispielsweise durch Tauchbeschichtung (*dip coating*), Schleuderbeschichtung (*spin coating*), Flutbeschichtung (*flow coating*), durch Auftragen mittels Rollen oder Pinseln oder durch Sprühbeschichtung (*spray coating*). Im Anschluss kann eine Trocknung erfolgen, wobei Lösungsmittel verdampft wird. Diese Trocknung kann bei Umgebungstemperatur oder durch gesonderte Beheizung erfolgen (beispielsweise mit einer Temperatur bis zu 120 °C). Vor dem Aufbringen der Beschichtung auf das Substrat wird die Oberfläche typischerweise gereinigt durch an sich bekannte Verfahren.

Anschließend wird das Sol kondensiert. Dabei bildet sich die Siliziumoxid-Matrix um die Porenformer aus. Die Kondensation kann eine Temperaturbehandlung umfassen, beispielsweise bei einer Temperatur von beispielsweise bis zu 350 °C. Weisen die Präkursoren UV-vernetzbare funktionelle Gruppen auf (beispielsweise Methacrylat-, Vinyl- oder Acrylatgruppe), so kann die Kondensation eine UV-Behandlung umfassen. Die Kondensation kann alternativ bei geeigneten Präkursoren (beispielsweise Silikate) eine IR-Behandlung umfassen. Optional kann Lösungsmittel bei einer Temperatur von bis zu 120 °C verdampft werden.

Dann wird der Porenformer optional wieder entfernt. Dazu wird das beschichtete Substrat bevorzugt einer Hitzebehandlung bei einer Temperatur von mindestens 400 °C unterzogen, bevorzugt mindestens 500 °C, wobei sich die Porenformer zersetzen. Organische Porenformer werden dabei insbesondere verkohlt (karbonisiert). Die Hitzebehandlung kann im Rahmen eines Biegeprozesses oder thermischen Vorspannprozesses erfolgen. Die Hitzebehandlung wird bevorzugt über einen Zeitraum von höchstens 15 min durchgeführt, besonders bevorzugt höchstens 5 min. Neben der Entfernung der Porenformer kann die Hitzebehandlung auch dazu dienen, die Kondensation zu komplettieren und die Beschichtung dadurch zu verdichten, was ihre mechanischen Eigenschaften verbessert, insbesondere ihre Stabilität.

Statt mittels der Hitzebehandlung kann der Porenformer auch durch Lösungsmittel aus der Beschichtung herausgelöst werden. Im Falle von Polymer-Nanopartikeln muss das entsprechende Polymer in dem Lösungsmittel löslich sein, beispielweise kann im Falle von PMMA-Nanopartikeln Tetrahydrofuran (THF) verwendet werden.

Das Entfernen des Porenformers ist bevorzugt, wodurch leere Poren erzeugt werden. Prinzipiell ist es aber auch möglich, den Porenformer in den Poren zu belassen. Sofern er einen anderen Brechungsindex aufweist als das Siliziumoxid, wird auch so eine antireflektierende Wirkung erreicht. Die Poren sind dann mit dem Porenformer gefüllt, beispielsweise mit PMMA-Nanopartikeln. Es können auch hohle Partikel als Porenformer verwendet werden, beispielsweise hohle Polymernanopartikel wie PMMA-Nanopartikel oder hohle Siliziumoxid-Nanopartikel. Wird ein solcher Porenformer in den Poren belassen und nicht entfernt, so weisen die Poren einen hohlen Kern und einen mit dem Porenformer gefüllten Randbereich auf.

Das beschriebene Sol-Gel-Verfahren ermöglicht die Herstellung einer niedrigbrechenden dielektrischen Schicht mit einer regelmäßigen, homogenen Verteilung der Poren. Die Porenform, -größe und –dichte können gezielt eingestellt werden und die Beschichtung weist eine geringe Tortuosität auf.

Nach dem Aufbringen der antireflektierenden Beschichtung wird die Glasscheibe bevorzugt einer Temperaturbehandlung unterzogen, wodurch die Kristallinität der Schichten verbessert wird und die Lichttransmission und optischen Eigenschaften der Fahrzeugscheibe regelmäßig verbessert werden. Die Temperaturbehandlung kann beispielsweise bei einer Temperatur von

mindestens 500 °C erfolgen. Die Temperaturbehandlung kann auch im Rahmen eines Biege- und/oder Vorspannverfahrens erfolgen.

Nach dem Aufbringen der antireflektierenden Beschichtung kann die Glasscheibe einem Biegeprozess unterzogen werden, um sie in eine zylindrisch oder sphärisch gebogene Form zu bringen, wie es für Fahrzeugscheiben üblich ist, insbesondere für Fahrzeugscheiben von Personenkraftwagen oder Lastkraftwagen. Zum Biegen wird die Glasscheibe durch Erhitzen erweicht, so dass sie plastische formbar wird, und dann durch an sich bekannte Methoden, beispielsweise Schwerkraftbiegen, Pressbiegen und/oder Saugbiegen, geformt. Typische Temperaturen für Glasbiegeprozesse betragen beispielsweise von 500°C bis 700°C.

Soll die Fahrzeugscheibe als Verbundscheibe ausgebildet werden, so wird die beschichtete (und bevorzugt gebogene) Glasscheibe über eine thermoplastische Zwischenschicht mit der Außenscheibe verbunden. Hierbei kommen an sich bekannte Laminationsverfahren zum Einsatz, beispielsweise Autoklavverfahren, Vakuumsackverfahren, Vakuumringverfahren, Kalanderverfahren, Vakuumlaminatoren oder Kombinationen davon. Die Verbindung der Scheiben über die Zwischenschicht erfolgt dabei üblicherweise unter Einwirkung von Hitze, Vakuum und/oder Druck. Die thermoplastische Zwischenschicht wird bevorzugt aus mindestens einer thermoplastischen Folie ausgebildet, bevorzugt einer PVB-Folie, EVA-Folie oder PU-Folie. Typische Dicken für solche Folien liegen im Bereich von 0,2 mm bis 2 mm, insbesondere von 0,3 mm bis 1 mm.

Die Erfindung umfasst außerdem die Verwendung einer erfindungsgemäßen Fahrzeugscheibe als Fensterscheibe eines Fortbewegungsmittels zu Lande, zu Wasser oder in der Luft, bevorzugt als Seitenscheibe, Heckscheibe, Windschutzscheibe oder Dachscheibe. Das Fahrzeug ist bevorzugt ein Kraftfahrzeug, insbesondere ein Personenkraftwagen, Bus oder Lastkraftwagen, oder ein Schienenfahrzeug.

Es sind verschiedene konkrete Anwendungen der erfindungsgemäße Fahrzeugscheibe denkbar:

- So kann die antireflektierende Beschichtung dazu dienen, Reflexionen von Anzeigeelementen, Beleuchtungseinrichtungen oder anderen Gegenständen im Fahrzeuginneren an der innenraumseitigen Oberfläche zu verringern. Durch solche Reflexionen können die Fahrzeuginsassen gestört werden, insbesondere der Fahrer.

- Die Fahrzeugscheibe kann als Projektionsfläche eines Head-Up-Displays (HUD) dienen und zur Erzeugung eines Anzeigebildes von einem Projektor bestrahlt werden. Dies ist insbesondere für Windschutzscheiben relevant. Bei Verwendung von s-polarisierter Projektorstrahlung wird diese grundsätzlich an beiden externen Oberflächen der Fahrzeugscheibe reflektiert, was zu einer doppelten Darstellung führt (Hauptbild und Geisterbild). Die Reflexion an der innenraumseitigen Oberfläche wird durch die erfindungsgemäße Beschichtung reduziert, so dass das Geisterbild weniger stark in Erscheinung tritt.
- Die Fahrzeugscheibe kann mit einer Kamera oder einem anderen optischen Sensor ausgestattet sein, der Licht detektiert, welches von außen durch die Fahrzeugscheibe tritt. Dies ist ebenfalls insbesondere für Windschutzscheiben relevant, welche häufig optische Sensoren aufweisen. Insbesondere bei Kameras ist es häufig nötig, Windschutzscheiben als Verbundscheibe mit zwei Klarglasscheiben zu fertigen, um die geforderten Spezifikationen zu erreichen. Eine solche klare Windschutzscheibe weist aber schlechte thermische Eigenschaften auf. Durch die antireflektierende Beschichtung werden die thermischen Eigenschaften einer solchen Scheibe verbessert. Die Beschichtung kann optional im Kamera- oder Sensorbereich entfernt werden, um die Darstellungsqualität und/oder Detektionseffizienz zu verbessern.

In einer besonders vorteilhaften Anwendung ist die Fahrzeugscheibe eine Seitenscheibe oder Heckscheibe als Einzelglasscheibe. Solche Scheiben waren bislang nur schwer mit verbesserten thermischen Eigenschaften zu versehen, weil sie nur exponierte Oberflächen aufweisen und typische IR-reflektierende Beschichtungen, insbesondere Silberbeschichtungen, korrosionsanfällig sind. Die erfindungsgemäße antireflektierende Beschichtung ist dagegen korrosionsbeständig und versieht die Fahrzeugscheibe auch mit IR-reflektierenden Eigenschaften.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer Zeichnung und Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnung ist eine schematische Darstellung und nicht maßstabsgetreu. Die Zeichnung schränkt die Erfindung in keiner Weise ein.

Es zeigen:

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Fahrzeugscheibe,

Fig. 2 einen Querschnitt durch eine weitere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Fahrzeugscheibe,

Fig. 3 einen Querschnitt durch eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen antireflektierenden Beschichtung auf einer Glasscheibe,

Fig. 4 einen Querschnitt durch eine weitere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen antireflektierenden Beschichtung auf einer Glasscheibe und

Fig. 5 ein Flussdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Figur 1 zeigt eine Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Fahrzeugscheibe. Die Fahrzeugscheibe ist beispielhaft als Seitenscheibe eines Personenkraftwagens vorgesehen. Sie ist eine monolithische Fahrzeugscheibe (Einzelglasscheibe) und umfasst eine einzelne Glasscheibe 1 aus thermisch vorgespanntem Kalk-Natron Glas mit einer Dicke von 3,85 mm. Die Glasscheibe 1 weist eine außenseitige Oberfläche I auf, welche in Einbaulage der äußeren Umgebung zugewandt ist, und eine innenraumseitige Oberfläche II, welche in Einbaulage dem Fahrzeuginnenraum zugewandt ist. Die innenraumseitige Oberfläche II ist vollständig mit einer erfindungsgemäßen antireflektierenden Beschichtung 20 versehen.

Die erfindungsgemäße antireflektierende Beschichtung 20 reduziert Reflexionen an der innenraumseitigen Oberfläche II. Sie erhöht dadurch die Lichttransmission der Fahrzeugscheibe und verringert für die Fahrzeuginsassen störende Reflexionen von beispielsweise Anzeigevorrichtungen des Fahrzeugs. Der Vorteil der erfindungsgemäße antireflektierende Beschichtung 20 liegt insbesondere darin, dass sie neben den antireflektierenden Eigenschaften auch IR-reflektierende Eigenschaften aufweist. Sie fungiert dadurch auch als Sonnenschutzbeschichtung und emissivitätsmindernde Beschichtung (Low-E-Beschichtung). Somit wird nicht nur die Transparenz der Fahrzeugscheibe verbessert, sondern auch der thermische Komfort im Fahrzeug gesteigert, dessen Innenraum sich weniger stark aufheizt.

Beide Oberflächen I, II einer solchen Einzelglasscheibe sind exponiert, haben also Kontakt zur Atmosphäre. Sie könnten mit herkömmlichen, korrosionsanfälligen (beispielsweise silberbasierten) IR-reflektierenden Beschichtungen nicht beschichtet werden. Da die erfindungsgemäße antireflektierende Beschichtung 20 mit zusätzlich IR-reflektierender Wirkung nicht korrosionsanfällig ist, ist eine solche Beschichtung problemlos möglich.

Figur 2 zeigt eine weitere Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Fahrzeugscheibe. Die Fahrzeugscheibe ist als Verbundscheibe ausgebildet, wobei eine Glasscheibe 1 als Innenscheibe fungiert und über eine thermoplastische Zwischenschicht 3 mit einer Außenscheibe 2 verbunden ist. Die Außenscheibe 2 ist in Einbaulage der äußeren Umgebung zugewandt. Die Glasscheibe 1 ist in Einbaulage dem Fahrzeuginnenraum zugewandt. Die Außenscheibe 2 weist eine außenseitige Oberfläche I und eine innenraumseitige Oberfläche II auf. Die Glasscheibe 1 weist ebenfalls eine außenseitige Oberfläche III und eine innenraumseitige Oberfläche IV auf. Die Glasscheibe 1 und die weitere Scheibe 2 bestehen beispielhaft aus Kalk-Natron-Glas mit einer Dicke von 2,1 mm. Die thermoplastische Zwischenschicht 3 ist beispielhaft aus einer Folie auf Basis von Polyvinylbutyral (PVB) mit einer Dicke von 0,76 mm ausgebildet. Die Fahrzeugscheibe ist beispielhaft als Windschutzscheibe eines Personenkraftwagens vorgesehen.

Die innenraumseitige Oberfläche IV der Glasscheibe 1 bildet die exponierte innenraumseitige Oberfläche der Verbundscheibe und ist mit einer erfindungsgemäßen antireflektierenden Beschichtung 20 versehen.

Figur 3 zeigt eine Ausgestaltung der erfindungsgemäßen antireflektierenden Beschichtung 20 auf einer Glasscheibe 1. Die Beschichtung 20 ist auf der innenraumseitigen Oberfläche (II im Falle einer Einzelglasscheibe, IV im Falle einer Verbundscheibe) der Glasscheibe 1 angeordnet. Die Beschichtung 20 besteht aus einer unteren hochbrechenden dielektrischen Schicht 21, einer IR-reflektierenden Schicht 22 auf Basis von Titannitrid, einer oberen hochbrechenden dielektrischen Schicht 23 und einer niedrigbrechenden dielektrischen Schicht 24, die in dieser Reihenfolge auf der Glasscheibe 1 angeordnet sind, ausgehend von deren Oberfläche II, IV.

Beispielhafte Materialen und Schichtdicken einer solche Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Beschichtung 20 sind der Tabelle 1 zu entnehmen (Beispiele 1, 2, 4 und 5).

Die antireflektierende Wirkung der Beschichtung 20 wird in erster Linie durch die obere hochbrechende dielektrische Schicht 23 und die niedrigbrechende dielektrische Schicht 24 bereitgestellt. Auch die untere hochbrechende dielektrische Schicht 21 hat einen Einfluss. Die IR-reflektierende Wirkung dagegen wird durch die IR-reflektierende Schicht 22 auf Basis von Titannitrid bereitgestellt. Im Vergleich zu herkömmlichen antireflektierenden Beschichtungen sind bei der erfindungsgemäßen Beschichtung 20 nur geringe Schichtdicken erforderlich, so dass ihre Herstellung vereinfacht, beschleunigt und kostengünstiger gestaltet wird.

Figur 4 zeigt eine weitere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen antireflektierenden Beschichtung 20 auf einer Glasscheibe 1. Sie unterscheidet sich von der Ausgestaltung der Figur 3 dadurch, dass statt einer einzelnen unteren hochbrechenden dielektrischen Schicht 21 eine untere hochbrechende dielektrische Schichtenfolge vorhanden ist. Die Schichtenfolge besteht aus einer ersten hochbrechenden dielektrischen Schicht 21a und einer zweiten hochbrechenden dielektrischen Schicht 21b, die in dieser Reihenfolge auf der Glasscheibe 1 angeordnet sind, ausgehend von deren Oberfläche II, IV.

Die erste Schicht 21a ist eine oxidische Schicht mit einem besonders hohen Brechungsindex, was vorteilhaft für die antireflektierenden Eigenschaften ist. Die zweite Schicht 21b ist eine nitridische Schicht und steht in direktem Kontakt zur IR-reflektierenden Schicht 22. Durch die zweite Schicht 21b wird ein Kontakt der IR-reflektierenden Schicht 22 mit der oxidischen ersten Schicht 21a verhindert, der beim Abscheiden der Schichten oder bei einer zeitlich nachgelagerten Temperaturbehandlung zu einer unerwünschten Oxidation der metallhaltigen IR-reflektierenden Schicht 22 führen könnte.

Beispielhafte Materialen und Schichtdicken einer solche Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Beschichtung 20 sind der Tabelle 1 zu entnehmen (Beispiel 3).

Figur 5 zeigt eine beispielhafte Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Fahrzeugscheibe mit antireflektierender Beschichtung 20 anhand eines Flussdiagramms.

Beispiele

Es wurden verschiedene erfindungsgemäße Fahrzeugscheiben hergestellt. Sie waren als Einzelglasscheiben ausgebildet und umfassten eine Glasscheibe 1 aus Kalk-Natron-Glas, auf deren Oberfläche eine erfindungsgemäße antireflektierende Beschichtung 20 aufgebracht war. Die Schichtenfolgen, Materialien und Schichtdicken können Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1

Bezugs-zeichen		Material und Schichtdicke				
		Beispiel 1	Beispiel 2	Beispiel 3	Beispiel 4	Beispiel 5
20	24	SiO 67 nm	SiO 58 nm	SiO 50 nm	SiO 67 nm	nanoporöses SiO 60 nm
	23	SiN 50 nm	SiN 46 nm	SiN 40 nm	SiN 50 nm	SiN 30 nm
	22	TiN 13 nm	TiN 15 nm	TiN 18 nm	TiN 13 nm	TiN 15 nm
	21	SiN 40 nm	SiN 53 nm	-	SiN 40 nm	SiN 37 nm
	21b	-	-	SiN 30 nm		-
	21a	-	-	TiO 15 nm		-
1		Klarglas 3,85 mm	Klarglas 3,85 mm	Klarglas 3,85 mm	Getöntes Glas 3,85 mm	Klarglas 3,85 mm

Die Glasscheiben 1 waren teils aus klarem Kalk-Natron-Glas (Lichttransmission TL 90 % bei einer Dicke von 4 mm), teils aus stark getöntem Kalk-Natron-Glas (Lichttransmission TL 10 % bei einer Dicke von 4 mm) ausgebildet. Die untere hochbrechende dielektrische Schicht 21 beziehungsweise die untere hochbrechende dielektrische Schichtenfolge 21a, 21b sowie die obere hochbrechende dielektrische Schicht 23 wurden jeweils durch magnetfeldunterstützte

Kathodenzerstäubung abgeschieden. Die IR-reflektierende Schicht 22 wurde durch Hochleistungsimpulsmagnetronsputtern abgeschieden. In den Beispielen 1-4 wurde auch die niedrigbrechende dielektrische Schicht 24 durch magnetfeldunterstützte Kathodenzerstäubung abgeschieden, im Beispiel 5 war sie als nanoporöse Sol-Gel-Schicht ausgebildet. Die beschichteten Glasscheiben 1 wurden jeweils einer Temperaturbehandlung bei einer Temperatur von 640°C über einen Zeitraum von 8 min unterzogen. Die Brechungsindizes der verwendeten dielektrischen Materialien sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2

Material	SiN	TiO	SiO	nanoporöses SiO
Brechungsindex	2,0	2,3	1,5	1,35

In Tabelle 3 sind einige Beobachtungen an den Beispielscheiben zusammengefasst. Dabei ist

- TL(A) die integrierte Lichttransmission nach ISO 9050 (Lichtart A);
- RL(A) die integrierte Lichtreflexion, innenraumseitig gemessen mit einem Einstrahlwinkel von 8° und einem Beobachtungswinkel von 2° (Lichtart A);
- a* und b* die Werte der innenraumseitigen Reflexionsfarbe im L*a*b*-Farbraum, gemessen unter den gleichen Bedingungen wie RL;
- ε der innenraumseitige normale Emissionsgrad bei 283 K nach der Norm EN 12898,
- TTS die insgesamt eingestrahlte Sonnenenergie gemessen nach ISO 13837.

Tabelle 3

	TL(A)	RL(A)	a*	b*	ε	TTS
Beispiel 1	72,9 %	3,9 %	+0,2	-15,2	42 %	67,0 %
Beispiel 2	70,6 %	4,7 %	-1,6	-19,4	34 %	63,7 %
Beispiel 3	71,7 %	4,0 %	+2,5	-25,5	30 %	61,4 %
Beispiel 4	8.1 %	3,3 %	+4,7	-20,1	42 %	25,1 %
Beispiel 5	71,3 %	1,8 %	+0,7	+0,0	34 %	64,0 %

Eine unbeschichtete Vergleichsscheibe aus 3,85 mm dickem, klarem Kalk-Natron-Glas weist eine Lichttransmission TL(A) von 90 % auf und eine innenraumseitige integrierte Reflexion RL von 8 %. Eine unbeschichtete Vergleichsscheibe aus 3,85 mm dickem, getöntem Kalk-Natron-Glas weist eine Lichttransmission TL(A) von 10 % auf und eine innenraumseitige integrierte Reflexion von 4 %.

Es ist deutlich zu erkennen, dass durch die erfindungsgemäße antireflektierende Beschichtung 20 die Lichttransmission TL(A) signifikant gesteigert wird und die innenraumseitige integrierte Reflexion RL signifikant reduziert. Als besonders effektiv erweist sich dabei das Beispiel 3 mit der unteren dielektrischen Schichtenfolge 21a, 21b, welche durch die TiO-Schicht 21a einen besonders hohen Brechungsindex aufweist, so dass hier eine vergleichsweise dicke IR-reflektierende Schicht 22 eingesetzt werden kann, welche ihrerseits die Lichttransmission herabsetzt. Durch die dickere IR-reflektierende Schicht 22 können bessere thermische Eigenschaften erreicht werden.

Die thermischen Eigenschaften sind durch die innenraumseitige Emissivität ε und den TTS-Wert charakterisiert. Eine unbeschichtete Vergleichsscheibe aus 3,85 mm dickem, klarem Kalk-Natron-Glas weist eine Emissivität ε von 83,7 % auf und einen TTS-Wert von 88 %. Eine unbeschichtete Vergleichsscheibe aus 3,85 mm dickem, getöntem Kalk-Natron-Glas weist eine Emissivität ε von 83,7 % auf und einen TTS-Wert von 32,7 %. Beide Werte können durch die erfindungsgemäße antireflektierende Beschichtung 20 signifikant reduziert werden. Der thermische Komfort wird somit durch eine erfindungsgemäße Fahrzeugscheibe erhöht – im Sommer heizt sich der Fahrzeuginnenraum weniger stark auf und im Winter kühlt er weniger stark aus.

Es ist außerdem zu erkennen, dass die niedrigbrechende dielektrische Schicht 24 des Beispiels 5, die als Sol-Gel-Schicht aus nanoporösem SiO ausgebildet war, zu neutraleren Farbwerten a* und b* führte als die gesputterten niedrigbrechenden dielektrische Schicht 24. Der Grund ist ein glatteres Reflexionsspektrum. Die Reflexionsfarbe weist einen geringeren Farbstich auf, was an den a*- und b*-Werten nahe 0 zu erkennen ist.

Bezugszeichenliste:

(1) Glasscheibe
(2) Außenscheibe
(3) thermoplastische Zwischenschicht

(20) antireflektierende Beschichtung
(21) untere hochbrechende dielektrische Schicht
(21a) erste Schicht einer unteren dielektrischen Schichtenfolge
(21b) zweite Schicht einer unteren dielektrischen Schichtenfolge
(22) IR-reflektierende Schicht auf Basis von Titannitrid
(23) obere hochbrechende dielektrische Schicht
(24) niedrigbrechende dielektrische Schicht

(I) außenseitige Oberfläche der Glasscheibe 1 im Falle einer Einzelglasscheibe / außenseitige Oberfläche der Außenscheibe 2 im Falle einer Verbundscheibe
(II) innenraumseitige Oberfläche der Glasscheibe 1 im Falle einer Einzelglasscheibe / innenraumseitige Oberfläche der Außenscheibe 2 im Falle einer Verbundscheibe
(III) außenseitige Oberfläche der Glasscheibe 1 im Falle einer Verbundscheibe
(IV) innenraumseitige Oberfläche der Glasscheibe 1 im Falle einer Verbundscheibe

Patentansprüche

1. Fahrzeugscheibe, umfassend
   - mindestens eine transparente Glasscheibe (1) mit einer außenseitigen Oberfläche (I, III) und einer innenraumseitigen Oberfläche (II, IV), wobei die innenraumseitige Oberfläche (II, IV) der Glasscheibe (1) eine exponierte innenraumseitige Oberfläche der Fahrzeugscheibe bildet, und
   - eine antireflektierende Beschichtung (20) auf der innenraumseitigen Oberfläche (II, IV) der Glasscheibe (1),

   wobei die antireflektierende Beschichtung (20) ausgehend von der Glasscheibe (1) in der folgenden Reihenfolge umfasst:
   - eine untere hochbrechende dielektrische Schicht (21) oder Schichtenfolge (21a, 21b) mit einem Brechungsindex größer 1,9,
   - eine IR-reflektierende Schicht (22) auf Basis von Titannitrid,
   - eine obere hochbrechende dielektrische Schicht (23) oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex größer 1,9 und
   - eine niedrigbrechende dielektrische Schicht (24) oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex von kleiner 1,6,

   wobei die IR-reflektierende Schicht (22) einen spezifischen Widerstand von weniger als 100 µΩ cm aufweist.

2. Fahrzeugscheibe nach Anspruch 1, wobei der Brechungsindex der IR-reflektierenden Schicht (22) kleiner ist als der Brechungsindex der niedrigbrechenden dielektrischen Schicht (24) oder Schichtenfolge und wobei die IR-reflektierende Schicht (22) bevorzugt einen Brechungsindex aufweist von 0,5 bis 1,4 und einen Extinktionskoeffizienten von 1,0 bis 5,0.

3. Fahrzeugscheibe nach Anspruch 1 oder 2, wobei die IR-reflektierende Schicht (22) eine Schichtdicke von 10 nm bis 20 nm aufweist.

4. Fahrzeugscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die untere hochbrechende dielektrische Schicht (21) oder Schichtenfolge (21a, 21b) und die obere hochbrechende dielektrische Schicht (23) oder Schichtenfolge unabhängig voneinander eine Schicht auf Basis von Siliziumnitrid (SiN), Silizium-Metall-Mischnitrid oder Titanoxid (TiO) enthalten oder daraus ausgebildet sind.

5. Fahrzeugscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die untere hochbrechende dielektrische Schichtenfolge (21a, 21b) ausgehend von der Glasscheibe (1) in der folgenden Reihenfolge umfasst:
   (a) eine erste Schicht (21a) auf Basis von Titanoxid (TiO) und
   (b) eine zweite Schicht (21b) auf Basis von Siliziumnitrid (SiN) oder Silizium-Metall-Mischnitrid.

6. Fahrzeugscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die niedrigbrechende dielektrische Schicht (24) oder Schichtenfolge eine Schicht auf Basis von Siliziumoxid (SiO) enthält oder daraus ausgebildet ist.

7. Fahrzeugscheibe nach Anspruch 6, wobei die niedrigbrechende Schicht (24) oder Schichtenfolge eine Sol-Gel-Schicht auf Basis von nanoporösem Siliziumoxid enthält oder daraus ausgebildet ist.

8. Fahrzeugscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die untere hochbrechende dielektrische Schicht (21) oder Schichtenfolge (21a, 21b) eine optische Dicke von 20 nm bis 120 nm aufweist.

9. Fahrzeugscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die obere hochbrechende dielektrische Schicht (23) oder Schichtenfolge eine optische Dicke von 40 nm bis 120 nm aufweist.

10. Fahrzeugscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die niedrigbrechende dielektrische Schicht (24) oder Schichtenfolge eine optische Dicke von 40 nm bis 130 nm aufweist.

11. Fahrzeugscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, welche als Verbundscheibe ausgebildet ist, wobei die Glasscheibe (1) über eine thermoplastische Zwischenschicht (3) mit einer Außenscheibe (2) verbunden ist.

12. Fahrzeugscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, welche als Einzelglasscheibe ausgebildet ist.

13. Verfahren zur Herstellung einer Fahrzeugscheibe, wobei
    (a) eine transparente Glasscheibe (1) bereitgestellt wird mit einer außenseitigen Oberfläche (I, III) und einer innenraumseitigen Oberfläche (II, IV), wobei die innenraumseitige Oberfläche (II, IV) der Glasscheibe (1) dafür vorgesehen ist, eine exponierte innenraumseitige Oberfläche der Fahrzeugscheibe zu bilden,
    (b) eine antireflektierende Beschichtung (20) auf der innenraumseitigen Oberfläche (II, IV) der Glasscheibe (1) aufgebracht wird, indem in der folgenden Reihenfolge abgeschieden werden:
        - eine untere hochbrechende dielektrische Schicht (21) oder Schichtenfolge (21a, 21b) mit einem Brechungsindex größer 1,9,
        - eine IR-reflektierende Schicht (22) auf Basis von Titannitrid,
        - eine obere hochbrechende dielektrische Schicht (23) oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex größer 1,9 und
        - eine niedrigbrechende Schicht (24) oder Schichtenfolge mit einem Brechungsindex von kleiner 1,6.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die IR-reflektierende Schicht (22) durch Hochleistungsimpulsmagnetronsputtern (HiPIMS) abgeschieden wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, wobei die niedrigbrechende Schicht (24) oder Schichtenfolge als nanoporöse Schicht durch ein Sol-Gel-Verfahren erzeugt wird.

16. Verwendung einer Fahrzeugscheibe nach einem der Ansprüche 1 bis 12 als Fensterscheibe eines Fortbewegungsmittels zu Lande, zu Wasser oder in der Luft, insbesondere eines Kraftfahrzeugs oder Schienenfahrzeugs, bevorzugt als Seitenscheibe, Heckscheibe, Windschutzscheibe oder Dachscheibe.

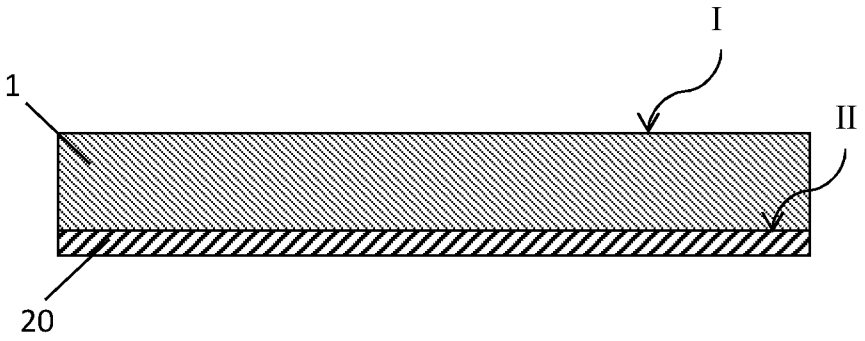


Fig. 1

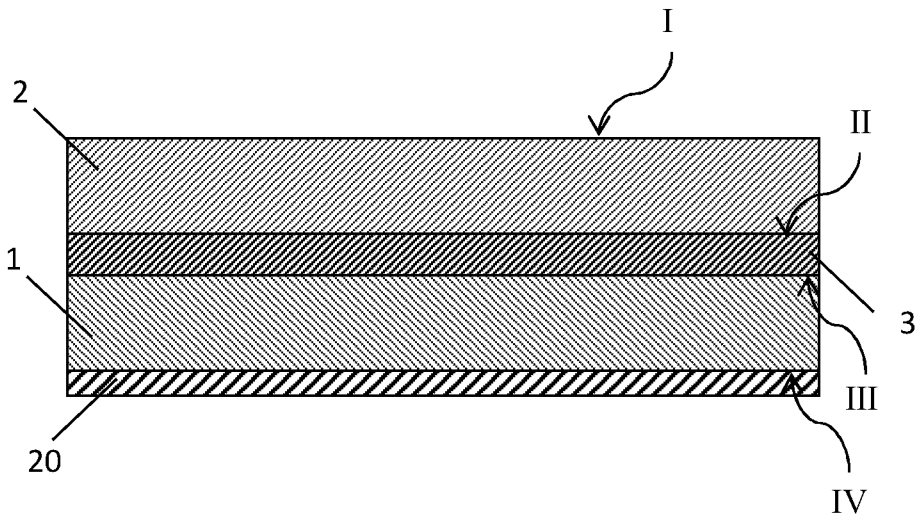


Fig. 2

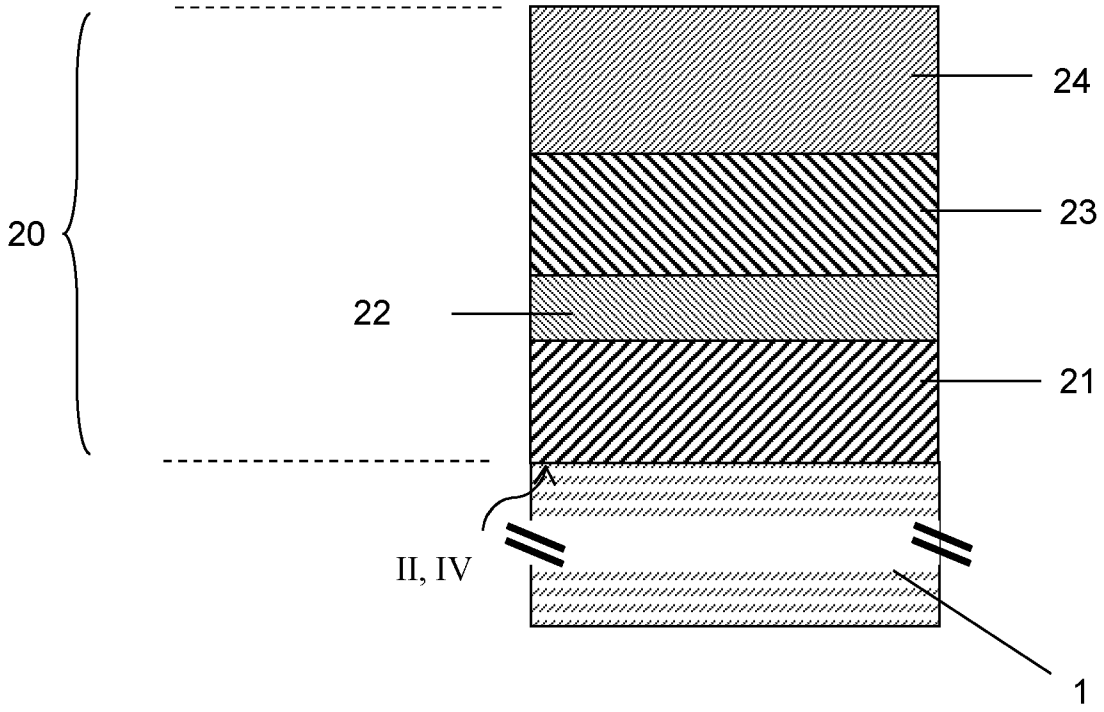


Fig. 3

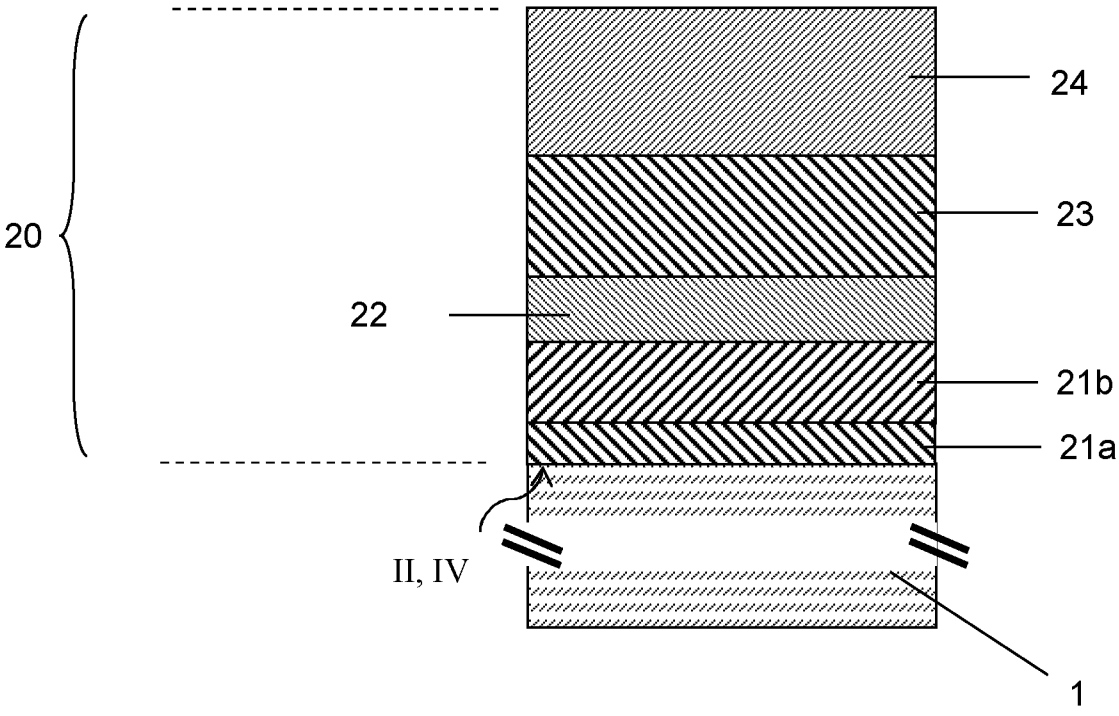


Fig. 4

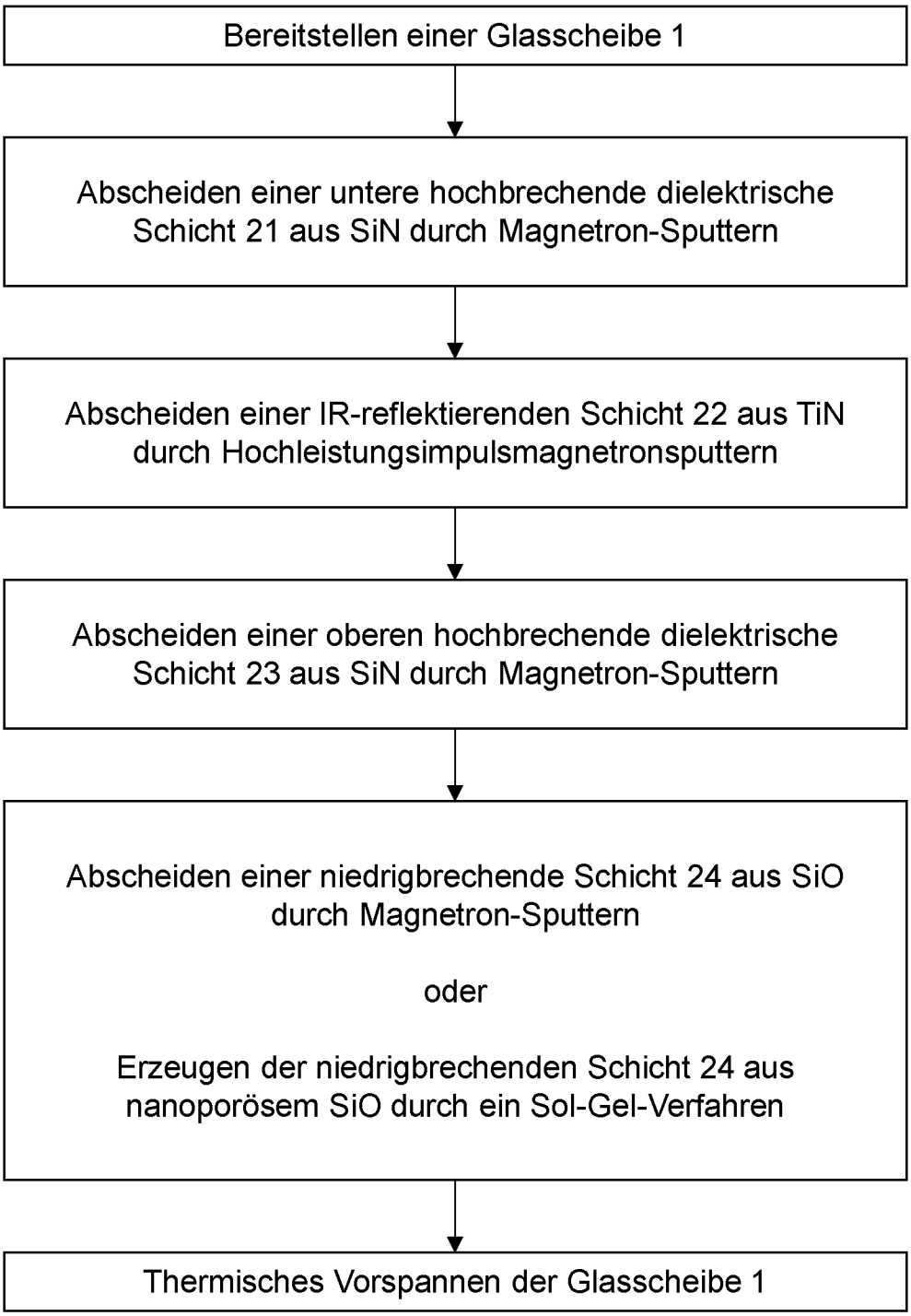

Bereitstellen einer Glasscheibe 1
Abscheiden einer untere hochbrechende dielektrische Schicht 21 aus SiN durch Magnetron-Sputtern
Abscheiden einer IR-reflektierenden Schicht 22 aus TiN durch Hochleistungsimpulsmagnetronsputtern
Abscheiden einer oberen hochbrechende dielektrische Schicht 23 aus SiN durch Magnetron-Sputtern
Abscheiden einer niedrigbrechende Schicht 24 aus SiO durch Magnetron-Sputtern
oder
Erzeugen der niedrigbrechenden Schicht 24 aus nanoporösem SiO durch ein Sol-Gel-Verfahren
Thermisches Vorspannen der Glasscheibe 1

Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2022/073137

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C03C 17/34(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C03C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP S63206333 A (ASAHI GLASS CO LTD) 25 August 1988 (1988-08-25) the whole document	1-4,6,8-14,16 5,7,15
Y	DE 19541014 A1 (LEYBOLD AG [DE]) 07 May 1997 (1997-05-07) paragraph [0026]	5
Y	WO 2021156023 A1 (SAINT GOBAIN [FR]) 12 August 2021 (2021-08-12) page 12, line 12 - page 13, line 24	7,15
A	EP 3124449 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]; KCC CORP [KR]) 01 February 2017 (2017-02-01) paragraphs [0013], [0049], [0053] - [0055], [0059] - [0064], [0069]; figure 1	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 November 2022	**21 November 2022**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**King, Ruth** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2022/073137

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	S63206333	A	25 August 1988	JP	H0684256	B2	26 October 1994
				JP	S63206333	A	25 August 1988
DE	19541014	A1	07 May 1997	NONE			
WO	2021156023	A1	12 August 2021	CN	113508098	A	15 October 2021
				EP	4100375	A1	14 December 2022
				KR	20220135240	A	06 October 2022
				WO	2021156023	A1	12 August 2021
EP	3124449	A1	01 February 2017	CN	106405690	A	15 February 2017
				EP	3124449	A1	01 February 2017
				ES	2899195	T3	10 March 2022
				JP	6727927	B2	22 July 2020
				JP	2017030349	A	09 February 2017
				KR	20170014882	A	08 February 2017
				US	2017031063	A1	02 February 2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2022/073137

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. C03C17/34
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
C03C

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	JP S63 206333 A (ASAHI GLASS CO LTD) 25. August 1988 (1988-08-25) das ganze Dokument -----	1-4,6, 8-14,16 5,7,15
Y	DE 195 41 014 A1 (LEYBOLD AG [DE]) 7. Mai 1997 (1997-05-07) Absatz [0026] -----	5
Y	WO 2021/156023 A1 (SAINT GOBAIN [FR]) 12. August 2021 (2021-08-12) Seite 12, Zeile 12 - Seite 13, Zeile 24 -----	7,15
A	EP 3 124 449 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]; KCC CORP [KR]) 1. Februar 2017 (2017-02-01) Absätze [0013], [0049], [0053] - [0055], [0059] - [0064], [0069]; Abbildung 1 -----	1-16

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung;; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. November 2022	21/11/2022

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	King, Ruth

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/073137

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP S63206333 A	25-08-1988	JP H0684256 B2	26-10-1994
		JP S63206333 A	25-08-1988
DE 19541014 A1	07-05-1997	KEINE	
WO 2021156023 A1	12-08-2021	CN 113508098 A	15-10-2021
		KR 20220135240 A	06-10-2022
		WO 2021156023 A1	12-08-2021
EP 3124449 A1	01-02-2017	CN 106405690 A	15-02-2017
		EP 3124449 A1	01-02-2017
		ES 2899195 T3	10-03-2022
		JP 6727927 B2	22-07-2020
		JP 2017030349 A	09-02-2017
		KR 20170014882 A	08-02-2017
		US 2017031063 A1	02-02-2017