

(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
02. Januar 2025 (02.01.2025)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2025/002865 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B32B 17/10 (2006.01) *G02B 27/01* (2006.01)
B60J 1/02 (2006.01) *H05B 3/86* (2006.01)
B60K 35/00 (2024.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/066721

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Juni 2024 (17.06.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
23182573.8 30. Juni 2023 (30.06.2023) EP

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

(72) Erfinder: RASTEGAR, Hadi; Glasstraße 1, 52134 Her-
zogenrath (DE). MOTEMANI SHARABIANI, Yahya;
Glasstraße 1, 52134 Herzogenrath (DE). GILLESSEN,
Stephan; Glasstraße 1, 52134 Herzogenrath (DE). HA-
GEN, Jan; Glasstraße 1, 52134 Herzogenrath (DE).

(74) Anwalt: SGR GERMANY-PATENTS; Saint-Gobain Se-
kurit 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,

(54) Title: COMPOSITE PANE COMPRISING A HEATABLE, TRANSPARENT FILM AND A REFLECTIVE LAYER FOR P-
POLARISED RADIATION

(54) Bezeichnung: VERBUNDSCHEIBE MIT HEIZBARER, TRANSPARENTER FOLIE UND REFLEXIONSSCHICHT FÜR P-
POLARISIERTE STRAHLUNG

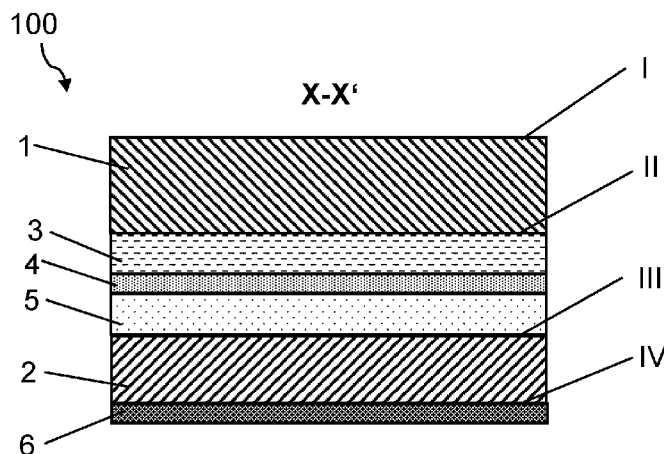


Fig. 2

(57) Abstract: The present invention relates to a composite pane (100) comprising at least, in the following order: an outer pane (1) having an outer surface (I) and an inner surface (II); a first thermoplastic intermediate layer (3); a heatable, transparent film (4); a second thermoplastic intermediate layer (5); an inner pane (2) having an outer surface (III) and an inner surface (IV); and a reflective layer (6) on the outer surface (III) of the inner pane (2) or on the inner surface (IV) of the inner pane (2), wherein the reflective layer (6) is suitable for reflecting p-polarised radiation.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verbundscheibe (100), mindestens umfassend in der folgenden Rei-
henfolge: eine Außenscheibe (1) mit einer Außenfläche (I) und einer Innenfläche (II), eine erste thermoplastische Zwischenschicht (3),

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, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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.

eine heizbare, transparente Folie (4), eine zweite thermoplastische Zwischenschicht (5), eine Innenscheibe (2) mit einer Außenfläche (III) und einer Innenfläche (IV), und eine Reflexionsschicht (6) auf der Außenfläche (III) der Innenscheibe (2) oder auf der Innenfläche (IV) der Innenscheibe (2), wobei die Reflexionsschicht (6) geeignet ist, p- polarisierte Strahlung zu reflektieren.

Verbundscheibe mit heizbarer, transparenter Folie und Reflexionsschicht für p-polarisierte Strahlung

Die Erfindung betrifft eine Verbundscheibe mit einer heizbaren, transparenten Folie und einer Reflexionsschicht für p-polarisierte Strahlung, ein Anzeigesystem, das die Verbundscheibe umfasst, ein Verfahren zur Herstellung der Verbundscheibe und die Verwendung der Verbundscheibe.

Moderne Fahrzeuge werden in zunehmendem Maße mit sogenannten Head-Up-Displays (HUDs) ausgestattet. Mit einem Projektor, typischerweise im Bereich des Armaturenbretts, werden Bilder auf den Durchsichtsbereich der Windschutzscheibe projiziert, dort reflektiert und vom Fahrer als virtuelles Bild (von ihm aus gesehen) hinter der Windschutzscheibe wahrgenommen. So können wichtige Informationen in das Blickfeld des Fahrers projiziert werden, beispielsweise die aktuelle Fahrtgeschwindigkeit, Navigations- oder Warnhinweise, die der Fahrer wahrnehmen kann, ohne seinen Blick von der Fahrbahn wenden zu müssen. Head-Up-Displays können so wesentlich zur Steigerung der Verkehrssicherheit beitragen.

HUD-Projektoren bestrahlen die Windschutzscheibe typischerweise mit einem Einfallswinkel von etwa 65°, was nahe dem Brewster-Winkel für einen Luft-Glas-Übergang liegt (57,2° für Kalk-Natron-Glas). Dieser Umstand kann für eine klare Darstellung der HUD-Projektion ausgenutzt werden: wird der HUD-Projektor mit p-polarisierter Strahlung betrieben, so wird die Strahlung an den externen Glasoberflächen der Windschutzscheibe kaum reflektiert. Stattdessen wird die Windschutzscheibe mit einer Reflexionsschicht ausgestattet, welche geeignet ist, die p-polarisierte Strahlung zur Erzeugung des Anzeigebildes zu reflektieren. Da nur eine einzige signifikante Reflexionsebene vorliegt, nämlich die Reflexionsschicht, wird ein klares Anzeigebild ohne Geisterbilder erzeugt (beziehungsweise mit nur schwach ausgeprägten Geisterbildern, die auf eine Rest-Reflexion an den externen Glasoberflächen zurückzuführen sind, wenn der Einfallswinkel leicht vom Brewsterwinkel abweicht). Beispielhaft sei auf DE102014220189A1, EP3187917B1 und WO2021104800A1 verwiesen.

Es ist wünschenswert, eine für HUD-Projektion geeignete Verbundscheibe bereitzustellen, die zusätzlich beheizbar ist, um ein Beschlagen der Verbundscheibe zu verhindern oder das Enteisen einer befrorenen Verbundscheibe zu erleichtern.

Eine transparente, leitfähige Folie ist beispielsweise aus WO 2016/172315 A1, WO 2020/102392 A1 und WO 2022/081756 A1 bekannt.

5 WO 2023/066378 A1 beschreibt ein HUD-Glas, das eine elektrisch leitfähige Schicht umfassen kann.

WO 2022/106315 A1 beschreibt eine Projektionsanordnung für HUD mit p-polarisierter Strahlung, die Heizdrähte umfasst.

10 WO 2022/050388 A1 beschreibt ein laminiertes Glas, wobei eine funktionelle Schicht zwischen der Außenglasscheibe und der Innenglasscheibe angeordnet ist und eine Bindschicht zur Fixierung der funktionellen Schicht zwischen den beiden Glasscheiben angeordnet ist.

15 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine beheizbare Verbundscheibe mit hoher Transmission im sichtbaren Spektralbereich bereitzustellen, welche für HUD-Projektion unter Verwendung von p-polarisierter Strahlung geeignet ist.

20 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird erfindungsgemäß durch eine Verbundscheibe gemäß Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen gehen aus den Unteransprüchen hervor. Die Erfindung betrifft auch ein Anzeigesystem, das die Verbundscheibe umfasst, ein Verfahren zur Herstellung der Verbundscheibe und die Verwendung der Verbundscheibe als Innenverglasung oder Außenverglasung in einem Fahrzeug oder einem Gebäude.

25 Die erfindungsgemäße Verbundscheibe umfasst mindestens in der folgenden Reihenfolge:

- eine Außenscheibe mit einer Außenfläche und einer Innenfläche,
- eine erste thermoplastische Zwischenschicht,
- eine heizbare, transparente Folie,
- eine zweite thermoplastische Zwischenschicht,
- 30 - eine Innenscheibe mit einer Außenfläche und einer Innenfläche, und
- eine Reflexionsschicht auf der Außenfläche der Innenscheibe oder auf der Innenfläche der Innenscheibe, wobei die Reflexionsschicht geeignet ist, p-polarisierte Strahlung zu reflektieren.

Die Außenscheibe und die Innenscheibe weisen, wie oben beschrieben, jeweils eine außenseitige Oberfläche, d.h. eine Außenfläche, und eine innenraumseitige Oberfläche, d.h. eine Innenfläche, auf und eine dazwischen verlaufende, umlaufende Seitenkante. Mit Außenfläche wird im Sinne der Erfindung diejenige Hauptfläche bezeichnet, welche dafür vorgesehen ist, in Einbaulage der äußeren Umgebung zugewandt zu sein. Mit Innenfläche wird im Sinne der Erfindung diejenige Hauptfläche bezeichnet, welche dafür vorgesehen ist, in Einbaulage dem Innenraum zugewandt zu sein. Die Innenfläche der Außenscheibe und die Außenfläche der Innenscheibe sind in der erfindungsgemäßen Verbundscheibe einander zugewandt.

Die Oberflächen der Verbundscheibe werden typischerweise wie folgt bezeichnet:

Die Außenfläche der Außenscheibe wird als Seite I bezeichnet. Die Innenfläche der Außenscheibe wird als Seite II bezeichnet. Die Außenfläche der Innenscheibe wird als Seite III bezeichnet. Die Innenfläche der Innenscheibe wird als Seite IV bezeichnet.

Ist die Verbundscheibe dafür vorgesehen, in einer Fensteröffnung eines Fahrzeugs oder eines Gebäudes einen Innenraum gegenüber der äußeren Umgebung abzutrennen, so wird mit Innenscheibe im Sinne der Erfindung die dem Innenraum (Fahrzeuginnenraum) zugewandte Scheibe bezeichnet. Mit Außenscheibe wird die der äußeren Umgebung zugewandte Scheibe bezeichnet.

Es versteht sich, dass mit Durchsicht durch die Verbundscheibe die Durchsicht von der äußeren Umgebung aus oder die Durchsicht vom Innenraum aus gemeint ist.

Die Außenscheibe und die Innenscheibe sind bevorzugt aus Glas gefertigt, besonders bevorzugt aus Kalk-Natron-Glas, wie es für Fensterscheiben üblich ist. Die Scheiben können aber auch aus anderen Glassorten gefertigt sein, beispielsweise Quarzglas, Borosilikatglas oder Alumino-Silikat-Glas, oder aus starren klaren Kunststoffen, beispielsweise Polycarbonat oder Polymethylmethacrylat. Die Scheiben können klar oder auch getönt oder gefärbt sein.

Sofern die Verbundscheibe als Windschutzscheibe verwendet wird, sollten die Außenscheibe und die Innenscheibe im zentralen Sichtbereich eine ausreichende Lichttransmission aufweisen, bevorzugt mindestens 70 % im Haupt-Durchsichtsbereich A gemäß ECE-R43. Die Außenscheibe und die Innenscheibe sind bevorzugt gebogen, das heißt sie weisen eine Krümmung auf.

Die Dicke der Außenscheibe und der Innenscheibe kann breit variieren und so den Erfordernissen im Einzelfall angepasst werden. Die Außenscheibe und die Innenscheibe weisen bevorzugt jeweils eine Dicke von 0,5 mm bis 5 mm auf, besonders bevorzugt von 1 mm bis 3 mm, ganz besonders bevorzugt von 1,6 mm bis 2,1 mm. Beispielsweise weist die Außenscheibe eine Dicke von 2,1 mm auf und die Innenscheibe eine Dicke von 1,6 mm auf. Es kann sich bei der Außenscheibe oder insbesondere der Innenscheibe aber auch um Dünnglas mit einer Dicke von beispielsweise 0,55 mm handeln.

Erfindungsgemäß umfasst die Verbundscheibe eine erste thermoplastische Zwischenschicht und eine zweite thermoplastische Zwischenschicht. Bevorzugt enthalten die erste thermoplastische Zwischenschicht und die zweite thermoplastische Zwischenschicht unabhängig voneinander mindestens Polyvinylbutyral (PVB), Ethylenvinylacetat (EVA), thermoplastisches Polyurethan (PU) oder Gemische oder Copolymere, beispielsweise Blockcopolymere, oder Derivate davon, besonders bevorzugt Polyvinylbutyral (PVB), ganz besonders bevorzugt Polyvinylbutyral (PVB) und dem Fachmann bekannte Additive wie beispielsweise Weichmacher.

Weichmacher sind chemische Verbindungen, die Kunststoffe weicher, flexibler, geschmeidiger und/oder elastischer machen. Sie verschieben den thermoelastischen Bereich von Kunststoffen hin zu niedrigeren Temperaturen, so dass die Kunststoffe im Bereich der Einsatz-Temperatur die gewünschten elastischeren Eigenschaften aufweisen. Bevorzugte Weichmacher sind Carbonsäureester, insbesondere schwerflüchtige Carbonsäureester, Fette, Öle, Weichharze und Campher. Weitere Weichmacher sind bevorzugt aliphatische Diester des Tri- bzw. Tetraethylenglykols. Besonders bevorzugt werden als Weichmacher 3G7, 3G8 oder 4G7 eingesetzt, wobei die erste Ziffer die Anzahl der Ethlenglycoleinheiten und die letzte Ziffer die Anzahl der Kohlenstoffatome im Carbonsäureteil der Verbindung bezeichnet. So steht 3G8 für Triethylenglykol-bis-(2-ethylhexanoat), d.h. für eine Verbindung der Formel $C_4H_9CH(CH_2CH_3)CO(OCH_2CH_2)_3O_2CCH(CH_2CH_3)C_4H_9$.

Gemäß einer Ausführungsform enthalten die erste thermoplastische Zwischenschicht und die zweite thermoplastische Zwischenschicht unabhängig voneinander mindestens 3 Gew.-%, beispielsweise mindestens 5 Gew.-%, mindestens 20 Gew.-%, mindestens 30 Gew.-% und mindestens 40 Gew.-% eines Weichmachers.

Weiter bevorzugt enthalten die erste thermoplastische Zwischenschicht und die zweite thermoplastische Zwischenschicht unabhängig voneinander mindestens 60 Gew.-%, besonders bevorzugt mindestens 70 Gew.-%, insbesondere mindestens 90 Gew.-% und beispielsweise mindestens 97 Gew.-% Polyvinylbutyral.

5

Die Dicke der ersten thermoplastischen Zwischenschicht und der zweiten thermoplastischen Zwischenschicht beträgt unabhängig voneinander bevorzugt von 0,2 mm bis 2 mm, besonders bevorzugt von 0,3 mm bis 1 mm, beispielsweise 0,38 mm oder 0,76 mm.

- 10 Erfindungsgemäß umfasst die Verbundscheibe eine heizbare, transparente Folie. Mithilfe der heizbaren, transparenten Folie kann die Verbundscheibe effizient erwärmt werden, da die heizbare, transparente Folie selbst schnell und homogen erwärmt werden kann, ohne dass dabei die Transmission im sichtbaren Spektralbereich der Verbundscheibe nachteilig beeinflusst wird.

15

- Im Sinne der vorliegenden Erfindung bedeutet „transparente Folie“, dass die Folie eine Transmission im sichtbaren Spektralbereich von 380 nm bis 750 nm von mindestens 75 %, bevorzugt von mindestens 80 %, weiter bevorzugt von mindestens 85 %, aufweist. Die Transmission kann mithilfe eines Spektrophotometers (beispielsweise PerkinElmer Lambda 20 900 UV/VIS/NIR) mit der Lichtart D65 gemessen werden. Durch die Verwendung der heizbaren, transparenten Folie wird die Transmission im sichtbaren Spektralbereich der Verbundscheibe nicht nachteilig verringert.

- Die heizbare, transparente Folie erstreckt sich bevorzugt über mindestens 5 %, besonders 25 bevorzugt über mindestens 10 %, ganz besonders bevorzugt über mindestens 50 %, insbesondere über mindestens 90 % der Fläche der Verbundscheibe. Die heizbare, transparente Folie kann sich auch vollflächig über die gesamte Verbundscheibe oder im Wesentlichen vollflächig, d.h. vollflächig abzüglich eines umlaufenden Randbereichs von beispielsweise 20 mm, der in der Regel von einem rahmenartigen dunklen Abdeckdruck 30 verdeckt ist, erstrecken. Eine vollflächige oder im Wesentlichen vollflächige Anordnung der heizbaren, transparenten Folie bietet Vorteile bei der Fertigung und in der Beheizbarkeit der gesamten Verbundscheibe.

- Die Dicke der heizbaren, transparenten Folie ist nicht besonders eingeschränkt. Bevorzugt 35 weist die heizbare, transparente Folie eine Dicke in einem Bereich von 50 µm bis 350 µm auf.

Dadurch kann eine vorteilhafte Transparenz und mechanische Stabilität der heizbaren, transparenten Folie gewährleistet werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die heizbare, transparente Folie mit Sammelschienen versehen, die an die Pole einer Spannungsquelle angeschlossen sind. Dabei sind bevorzugt mindestens zwei zum Anschluss an eine Spannungsquelle vorgesehene äußere Sammelschienen mit der heizbaren, transparenten Folie so verbunden, dass zwischen den Sammelschienen ein Strompfad für einen Heizstrom geformt ist. Das Material für die Sammelschienen ist nicht besonders eingeschränkt, solange es die Bildung des Strompfads ermöglicht.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die heizbare, transparente Folie eine Polymerfolie. Die Polymerfolie kann als Substrat der heizbaren, transparenten Folie dienen und eine Struktur stützen, die die heizbare, transparente Folie heizbar macht. Das Polymer der Polymerfolie ist nicht besonders eingeschränkt, solange die entsprechende Polymerfolie transparent und mechanisch stabil ist. Beispielsweise umfasst das Polymer der Polymerfolie ein Polymer der Gruppe, ausgewählt aus Polyethylenterephthalat, Polycarbonat, Polyarylat, Polyethersulfon, Polypropylen, Polytetrafluoroethylen und Polyimid. Bevorzugt umfasst das Polymer der Polymerfolie oder besteht das Polymer der Polymerfolie aus Polyethylenterephthalat oder Polycarbonat. Eine Polymerfolie mit einem solchen Polymer weist eine besonders vorteilhafte Transparenz und mechanische Stabilität auf.

Die Polymerfolie weist bevorzugt eine Dicke in einem Bereich von 55 μm bis 300 μm , weiter bevorzugt von 75 μm bis 150 μm , auf, wodurch eine gute mechanische Stabilität der heizbaren, transparenten Folie erreicht werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die heizbare, transparente Folie eine Metallnetzschicht oder eine Schicht mit Metallnanodrähten. Die Metallnetzschicht bzw. die Schicht mit Metallnanodrähten verleiht der heizbaren, transparenten Folie elektrische Leitfähigkeit und damit Heizbarkeit.

Bevorzugt besteht die Metallnetzschicht in Draufsicht zu höchstens 40 %, weiter bevorzugt höchstens 25 %, noch weiter bevorzugt höchstens 10 %, aus Metall. „Draufsicht“ bedeutet hier die Blickrichtung in Richtung der Flächennormalen der Metallnetzschicht. Dies bedeutet, dass der übrige Anteil der Metallnetzschicht, der nicht von dem Metall eingenommen wird,

eine freie Fläche darstellt. Dadurch kann eine vorteilhafte Transparenz der heizbaren, transparenten Folie im Vergleich zu einer vollflächig aufgetragenen Metallschicht erreicht werden. Bevorzugt besteht die Metallnetzschicht in Draufsicht zu mindestens 1 %, weiter bevorzugt mindestens 2 %, noch weiter bevorzugt mindestens 3 %, aus Metall, wodurch eine gute elektrische Leitfähigkeit erzielt werden kann.

Bevorzugt weist die Metallnetzschicht eine Dicke in einem Bereich von 0,5 µm bis 10 µm, weiter bevorzugt von 1 µm bis 6 µm, auf, so dass eine gute Transparenz der heizbaren, transparenten Folie erreicht werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Metallnetzschicht aus Metalllinien ausgebildet. „Metalllinien“ bedeutet erfindungsgemäß ein längliches Segment, das aus Metall ausgebildet ist. Bevorzugt beträgt die Linienbreite einer Metalllinie von 1 µm bis 7 µm, weiter bevorzugt von 2 µm bis 6 µm. Die „Linienbreite der Metalllinie“ bezeichnet erfindungsgemäß die Ausdehnung der Metalllinie, die senkrecht zu der Länge der Metalllinie in Erstreckungsrichtung und senkrecht zu der Dicke der Metalllinie ist. Die Dicke der Metalllinie ist die Ausdehnung der Metalllinie parallel zu der Richtung der Dicke der heizbaren, transparenten Folie. Bevorzugt weist eine Metalllinie eine Dicke in einem Bereich von 0,5 µm bis 10 µm, weiter bevorzugt von 1 µm bis 6 µm, auf. Gemäß einer Ausführungsform entspricht die Dicke der Metalllinie der Dicke der Metallnetzschicht. Der Abstand zwischen zwei Metalllinien beträgt bevorzugt von 200 µm bis 400 µm, weiter bevorzugt von 250 µm bis 350 µm. Durch diese geometrische Anordnung und die entsprechenden Abmessungen kann eine mechanisch stabile Metallnetzschicht erhalten werden, während diese eine vorteilhafte Transparenz aufweist.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Metalllinien in einem Muster angeordnet. Bevorzugt sind die Metalllinien in einem Diamantmuster angeordnet, was eine leichte Einstellbarkeit der Transparenz und elektrischen Leitfähigkeit der Metallnetzschicht ermöglicht.

Bevorzugt besteht die Schicht mit Metallnanodrähten in Draufsicht zu höchstens 40 %, weiter bevorzugt höchstens 25 %, noch weiter bevorzugt höchstens 10 %, aus den Metallnanodrähten. „Draufsicht“ bedeutet hier die Blickrichtung in Richtung der Flächennormalen der Schicht mit Metallnanodrähten. Dies bedeutet, dass der übrige Anteil der Schicht mit Metallnanodrähten, der nicht von den Metallnanodrähten eingenommen wird,

eine freie Fläche darstellt oder von einem Material eingenommen wird, das verschieden von den Metallnanodrähten ist. Dadurch kann eine vorteilhafte Transparenz der heizbaren, transparenten Folie im Vergleich zu einer vollflächig aufgetragenen Metallschicht erreicht werden. Bevorzugt besteht die Schicht mit Metallnanodrähten in Draufsicht zu mindestens 1
5 %, weiter bevorzugt mindestens 2 %, noch weiter bevorzugt mindestens 3 %, aus den Metallnanodrähten, wodurch eine gute elektrische Leitfähigkeit erzielt werden kann.

Bevorzugt weist die Schicht mit Metallnanodrähten eine Dicke in einem Bereich von 0,1 µm bis 5 µm auf. Die Metallnanodrähte weisen einen Durchmesser in einem Bereich von 10 nm
10 bis 100 nm und eine Länge in einem Bereich von 5 µm bis 30 µm auf. Dadurch kann eine vorteilhafte Transparenz der heizbaren, transparenten Folie gewährleistet werden. Die Metallnanodrähte sind in der Schicht bevorzugt zufällig angeordnet.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist das Metall der Metallnetzschicht oder der Schicht mit Metallnanodrähten aus Kupfer, Silber oder Aluminium ausgewählt. Bevorzugt
15 ist das Metall der Metallnetzschicht oder der Schicht mit Metallnanodrähten Kupfer oder Silber, da so eine besonders gute elektrische Leitfähigkeit der heizbaren, transparenten Folie erreicht werden kann. Gemäß einer stärker bevorzugten Ausführungsform ist das Metall der Metallnetzschicht Kupfer. Gemäß einer weiteren stärker bevorzugten Ausführungsform ist das
20 Metall der Metallnanodrähte Silber.

Bevorzugt ist die Metallnetzschicht oder die Schicht mit Metallnanodrähten auf der Polymerfolie angeordnet. So kann die Metallnetzschicht bzw. die Schicht mit Metallnanodrähten vorteilhaft durch die Polymerfolie mechanisch stabilisiert werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform bedeckt das Metall der Metallnetzschicht höchstens 40 %, weiter bevorzugt höchstens 25 %, noch weiter bevorzugt höchstens 10 %, der Oberfläche der Polymerfolie in der Draufsicht auf die heizbare, transparente Folie bzw. Polymerfolie, wodurch eine vorteilhafte Transparenz der heizbaren, transparenten Folie
30 gewährleistet werden kann. „Draufsicht“ bedeutet hier die Blickrichtung in Richtung der Flächennormalen der heizbaren, transparenten Folie bzw. der Polymerfolie. Bevorzugt bedeckt das Metall der Metallnetzschicht mindestens 1 %, weiter bevorzugt mindestens 2 %, noch weiter bevorzugt mindestens 3 %, der Oberfläche der Polymerfolie in der Draufsicht auf die heizbare, transparente Folie bzw. Polymerfolie, wodurch eine gute elektrische Leitfähigkeit
35 erzielt werden kann.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform bedecken die Metallnanodrähte der Schicht mit Metallnanodrähten höchstens 40 %, weiter bevorzugt höchstens 25 %, noch weiter bevorzugt höchstens 10 %, der Oberfläche der Polymerfolie in der Draufsicht auf die heizbare, transparente Folie bzw. Polymerfolie, wodurch eine vorteilhafte Transparenz der heizbaren, transparenten Folie gewährleistet werden kann. „Draufsicht“ bedeutet hier die Blickrichtung in Richtung der Flächennormalen der heizbaren, transparenten Folie bzw. Polymerfolie. Bevorzugt bedecken die Metallnanodrähte der Schicht mit Metallnanodrähten mindestens 1 %, weiter bevorzugt mindestens 2 %, noch weiter bevorzugt mindestens 3 %, der Oberfläche der Polymerfolie in der Draufsicht auf die heizbare, transparente Folie bzw. Polymerfolie, wodurch eine gute elektrische Leitfähigkeit erzielt werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung umfasst die heizbare, transparente Folie eine Schicht mit elektrisch leitfähigen Fasern, die die Metallnetzschicht oder die Schicht mit Metallnanodrähten mindestens teilweise bedeckt. Bevorzugt füllt die Schicht mit elektrisch leitfähigen Fasern die freie Fläche der Metallnetzschicht, die nicht von dem Metall der Metallnetzschicht auf der Oberfläche der Polymerfolie eingenommen wird, oder die Freiräume zwischen den Metallnanodrähten der Schicht mit Metallnanodrähten aus. Dadurch kann die elektrische Leitfähigkeit der heizbaren, transparenten Folie erhöht werden.

Bevorzugt weist die Schicht mit elektrisch leitfähigen Fasern eine Dicke in einem Bereich von 5 µm bis 70 µm auf.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Metallnetzschicht oder die Schicht mit Metallnanodrähten zwischen der Polymerfolie und der Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern angeordnet. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern ein Bindemittel.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die elektrisch leitfähigen Fasern Kohlenstoffnanoröhrchen, insbesondere einwandige Kohlenstoffnanoröhrchen mit einem Durchmesser von 0,7 nm bis 1,4 nm und einer Länge von 0,3 µm bis 3 µm. Durch die Verwendung von Kohlenstoffnanoröhrchen kann die Metallnetzschicht oder die Schicht mit Metallnanodrähten besonders vorteilhaft stabilisiert und zudem die elektrische Leitfähigkeit der heizbaren, transparenten Folie verbessert werden. Die Kohlenstoffnanoröhrchen können

insbesondere gemäß dem in WO 2022/081756 A1 beschriebenen Verfahren bereitgestellt werden.

Erfindungsgemäß umfasst die Verbundscheibe eine Reflexionsschicht auf der Außenfläche der Innenscheibe oder auf der Innenfläche der Innenscheibe, wobei die Reflexionsschicht geeignet ist, p-polarisierte Strahlung zu reflektieren.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Reflexionsschicht auf der Innenfläche der Innenscheibe angeordnet. Die Anordnung der Reflexionsschicht auf der Innenfläche der Innenscheibe ist dahingehend vorteilhaft, dass eine besonders klare Darstellung des Anzeigebildes mit einem nur sehr intensitätsschwachen Geisterbild in dem Fall erreicht werden kann, dass der Einfallswinkel der bildgebenden Einheit nicht exakt dem Brewsterwinkel entspricht. Dieses Geisterbild wird durch eine gewisse Rest-Reflexion an der Außenfläche der Außenscheibe hervorgerufen, die aber durch den Durchgang durch die Reflexionsschicht weiter abgeschwächt wird.

In einer weiteren Ausführungsform ist die Reflexionsschicht auf der Außenfläche der Innenscheibe angeordnet. Da die Reflexionsschicht in dieser Anordnung durch die Lage zwischen Außenscheibe und Innenscheibe geschützt ist, können für die Reflexionsschicht auch Materialien verwendet werden, die korrosionsanfällig sind.

Die Reflexionsschicht reflektiert mit einem Reflexionsgrad von vorzugsweise 30 % oder mehr, bevorzugt 50 % oder mehr, ganz besonders 70 % oder mehr und insbesondere 90 % oder mehr des auf die Reflexionsschicht auftreffenden p-polarisierten Lichtes. Der Reflexionsgrad beschreibt den Anteil der insgesamt eingestrahlten Strahlung, der reflektiert wird. Er wird in % angegeben (bezogen auf 100 % eingestrahlte Strahlung) oder als einheitenlose Zahl von 0 bis 1 (normiert auf die eingestrahlte Strahlung). Aufgetragen in Abhängigkeit von der Wellenlänge bildet er das Reflexionsspektrum. Die Ausführungen zum Reflexionsgrad gegenüber p-polarisierter Strahlung beziehen sich im Rahmen der vorliegenden Erfindung auf den Reflexionsgrad gemessen mit einem Einfallswinkel von 65° zur innenraumseitigen Flächennormalen. Die Angaben zum Reflexionsgrad beziehungsweise zum Reflexionsspektrum beziehen sich auf eine Reflexionsmessung mit einer Lichtquelle, die im betrachteten Spektralbereich gleichmäßig abstrahlt mit einer normierten Strahlungsintensität von 100 %.

Die Reflexionsschicht umfasst gemäß einer Ausführungsform mindestens ein Metall, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Aluminium, Zinn, Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob, Tantal, Chrom, Mangan, Eisen, Cobalt, Rhodium, Iridium, Nickel, Palladium, Platin, Kupfer, Silber und Gold oder Legierungen davon. Die Reflexionsschicht kann
5 unabhängig davon oder zusätzlich Siliziumoxid enthalten.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Reflexionsschicht eine Reflexionsbeschichtung, enthaltend einen Dünnschichtstapel, also eine Schichtenfolge dünner Einzelschichten. Dieser Dünnschichtstapel enthält gemäß einer Ausführungsform eine
10 oder mehrere elektrisch leitfähige Schichten auf Basis von Silber. Die elektrisch leitfähige Schicht auf Basis von Silber gemäß dieser Ausführungsform verleiht der Reflexionsbeschichtung die grundlegenden reflektierenden Eigenschaften und außerdem eine IR-reflektierende Wirkung und eine elektrische Leitfähigkeit. Die elektrisch leitfähige Schicht enthält bevorzugt mindestens 90 Gew. % Silber, besonders bevorzugt mindestens 99
15 Gew. % Silber, ganz besonders bevorzugt mindestens 99,9 Gew. % Silber. Die elektrisch leitfähige Schicht auf Basis von Silber kann Dotierungen aufweisen, beispielsweise Palladium, Gold, Kupfer oder Aluminium. Materialien auf Basis von Silber sind besonders geeignet, um p-polarisiertes Licht zu reflektieren. Die Verwendung von Silber in Reflexionsbeschichtungen hat sich als besonders vorteilhaft bei der Reflexion von p-polarisiertem Licht erwiesen. Die
20 Reflexionsbeschichtung weist bevorzugt eine Dicke von 5 µm bis 50 µm, weiter bevorzugt von 8 µm bis 25 µm, auf.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Reflexionsschicht als eine reflektierende Folie ausgebildet, die p-polarisiertes Licht reflektiert.

Die Reflexionsschicht kann eine reflektierende Beschichtung sein. Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Reflexionsschicht eine reflektierende Polymerfolie sein.

Die reflektierende Beschichtung umfasst bevorzugt mindestens eine Schicht auf Basis eines
30 Metalls und/oder eine dielektrische Schichtabfolge mit alternierenden Brechungsindizes. Die Schicht auf Basis eines Metalls enthält bevorzugt Silber und/oder Aluminium, oder besteht daraus. Bevorzugt ist die Reflexionsschicht eine reflektierende Beschichtung, die eine dielektrische Schichtabfolge mit alternierenden Brechungsindizes darstellt. Durch die Verwendung einer reflektierenden Beschichtung, die eine dielektrische Schichtabfolge mit
35 alternierenden Brechungsindizes darstellt, wird die Transmission im sichtbaren

Spektralbereich der Verbundscheibe nicht nachteilig verringert. Insbesondere kann durch die Kombination der heizbaren, transparenten Folie und dieser Art von Reflexionsschicht, die eine reflektierende Beschichtung ist, die eine dielektrische Schichtabfolge mit alternierenden Brechungsindizes darstellt, eine Verbundscheibe mit einer sehr hohen Transmission im sichtbaren Spektralbereich erhalten werden. Im Gegensatz dazu kann bei der Verwendung einer Schicht auf Basis eines Metalls die Transmission im sichtbaren Spektralbereich der Verbundscheibe verringert werden. Die dielektrischen Schichten können beispielsweise auf Basis von Siliziumnitrid, Zinkoxid, Zinn-Zink-Oxid, Silizium-Metall-Mischnitriden wie Silizium-Zirkonium-Nitrid, Siliziumoxid, Zirkoniumoxid, Nioboxid, Hafniumoxid, Tantalexid, Wolframoxid oder Siliziumcarbid ausgebildet sein. Die genannten Oxide und Nitride können stöchiometrisch, unterstöchiometrisch oder überstöchiometrisch abgeschieden sein. Die dielektrischen Schichten können Dotierungen aufweisen, beispielsweise Aluminium, Zirkonium, Titan oder Bor. Für den Fall, dass die Reflexionsschicht auf der Innenfläche der Innenscheibe angeordnet ist, umfasst die dielektrische Schichtfolge bevorzugt, ausgehend von der Innenfläche der Innenscheibe, flächig übereinander in dieser Reihenfolge angeordnet, zumindest eine optisch hochbrechende Schicht mit einem Brechungsindex von größer oder gleich 1,7 und eine optisch niedrigbrechende Schicht mit einem Brechungsindex von kleiner oder gleich 1,6. Methoden zur Bestimmung von Brechungsindizes sind dem Fachmann bekannt. Brechungsindizes sind beispielsweise mittels Ellipsometrie bestimmbar, wobei kommerziell erhältliche Ellipsometer eingesetzt werden können. Die Schichten der dielektrischen Schichtabfolge können mithilfe von physikalischer oder chemischer Gasphasenabscheidung, also mittels PVD- oder CVD-Verfahren (PVD: *physical vapour deposition*, CVD: *chemical vapour deposition*), aufgebracht werden. Entsprechende dielektrische Schichtabfolgen mit alternierenden Brechungsindizes sind beispielsweise aus WO 2023/052065A1 bekannt.

Die reflektierende Polymerfolie umfasst gemäß einer Ausführungsform mindestens eine dielektrische Polymerschicht oder besteht daraus. Die dielektrische Polymerschicht enthält bevorzugt Polyethylenterephthalat oder Polycarbonat. Ist die Reflexionsschicht als eine reflektierende Folie ausgebildet, ist sie bevorzugt von 30 µm bis 300 µm, weiter bevorzugt von 50 µm bis 200 µm, noch weiter bevorzugt von 100 µm bis 150 µm, dick. Beispielsweise ist die Reflexionsschicht eine reflektierende Folie, die auf Basis synergetisch miteinander wirkenden Prismen und reflektierender Polarisatoren funktioniert. Derartige reflektierende Folien zur Verwendung als Reflexionsschicht sind im Handel erhältlich, beispielsweise von der 3M Company.

Die Erfindung betrifft weiter ein Anzeigesystem für ein Fahrzeug, umfassend

- die erfindungsgemäße Verbundscheibe, wobei die Verbundscheibe mindestens einen Anzeigebereich aufweist, und
- 5 - mindestens eine bildgebende Einheit, die auf den Anzeigebereich gerichtet ist und diesen mit p-polarisierter Strahlung bestrahlt.

Wie bei gattungsgemäßen Anzeigesystemen üblich bestrahlt die bildgebende Einheit einen Bereich der Verbundscheibe, wo die Strahlung in Richtung des Betrachters (Fahrers)
10 reflektiert wird, wodurch ein virtuelles Bild erzeugt wird, welches der Betrachter von ihm aus gesehen hinter der Verbundscheibe wahrnimmt. Der durch die bildgebende Einheit bestrahlbare beziehungsweise bestrahlte Bereich der Verbundscheibe wird als Anzeigebereich bezeichnet. Die Verbundscheibe weist mindestens einen solchen Anzeigebereich auf. Die mindestens eine bildgebende Einheit ist also auf den mindestens
15 einen Anzeigebereich gerichtet. Die mindestens eine bildgebende Einheit sendet im Betrieb p-polarisierte Strahlung aus und bestrahlt den mindestens einen Anzeigebereich mit dieser p-polarisierten Strahlung.

Das erfindungsgemäße Anzeigesystem wird mit p-polarisierter Strahlung betrieben. Das
20 bedeutet, dass die Strahlung der mindestens einen bildgebenden Einheit überwiegend p-polarisiert ist, also einen Anteil p-polarisierter Strahlung von mehr als 50 % aufweist, bevorzugt mindestens 80 %, besonders bevorzugt mindestens 95 %. Die Strahlung ist insbesondere im Wesentlichen rein p-polarisiert ist – der p-polarisierte Strahlungsanteil beträgt also 100 % oder weicht nur unwesentlich davon ab. Die Angabe der
25 Polarisationsrichtung bezieht sich dabei auf die Einfallsebene der Strahlung auf der Verbundscheibe. Mit p-polarisierter Strahlung wird eine Strahlung bezeichnet, deren elektrisches Feld in der Einfallsebene schwingt. Mit s-polarisierter Strahlung wird eine Strahlung bezeichnet, deren elektrisches Feld senkrecht zur Einfallsebene schwingt. Die Einfallsebene wird durch den Einfallsvektor und die Flächennormale der Verbundscheibe an
30 einem Punkt innerhalb des Anzeigebereichs, bevorzugt im geometrischen Zentrum des Anzeigebereichs, aufgespannt. Aufgrund der im Fahrzeugbereich üblichen Scheibenkrümmung, die sich auf die Einfallsebene und damit auf die Definition der Polarisation auswirkt, können an anderen Stellen die Polarisationsanteile (insbesondere das Verhältnis von p-polarisierter Strahlung zu s-polarisierter Strahlung oder umgekehrt) von
35 diesem Referenzpunkt verschieden sein. Zur Erzeugung der gewünschten polarisierten

Strahlung kann beispielsweise ein Polarisationsfilter oder ein polarisierender Strahlteiler zwischen bildgebender Einheit und Verbundscheibe im Strahlengang angeordnet sein, falls die bildgebende Einheit nicht schon an sich Strahlung der gewünschten Polarisationsrichtung bereitstellt.

5

Die bildgebende Einheit ist bevorzugt ein Projektor oder ein Bildschirm („Display“, elektronische Anzeige). Grundsätzlich kann jede Art von Bildschirm für das erfindungsgemäße Anzeigesystem verwendet werden, beispielsweise ein Feldemissionsbildschirm (FED), ein Flüssigkristallbildschirm (LCD), ein

10 Dünnschichttransistorbildschirm (TFT-LCD), ein Kathodenstrahlröhrenbildschirm (CRT), ein Plasmabildschirm, eine organische Leuchtdiode (OLED), ein (True-)LED-Bildschirm oder ein Surface-Conduction-Electron-Emitter-Display (SED). Besonders gebräuchlich sind OLED- und LCD-Bildschirme. Projektoren sind insbesondere bei Head-Up-Displays gebräuchlich und bevorzugt.

15

Bei HUD-Projektoren kann die Strahlrichtung typischerweise durch Spiegel variiert werden, insbesondere vertikal, um die Projektion an die Körpergröße des Betrachters anzupassen. Der Bereich, in dem sich die Augen des Betrachters bei gegebener Spiegelstellung befinden müssen, wird als Eyebowfenster bezeichnet. Dieses Eyebowfenster kann durch Verstellung

20 der Spiegel vertikal verschoben werden, wobei der gesamte dadurch zugängliche Bereich (das heißt die Überlagerung aller möglichen Eyebowfenster) als Eyebow bezeichnet wird. Ein innerhalb der Eyebow befindlicher Betrachter kann das virtuelle Bild wahrnehmen. Damit ist natürlich gemeint, dass sich die Augen des Betrachters innerhalb der Eyebow befinden müssen, nicht etwa der gesamte Körper. Die hier verwendeten Fachbegriffe aus dem Bereich

25 der HUDs sind dem Fachmann allgemein bekannt. Für eine ausführliche Darstellung sei auf die Dissertation „Simulationsbasierte Messtechnik zur Prüfung von Head-Up Displays“ von Alexander Neumann am Institut für Informatik der Technischen Universität München (München: Universitätsbibliothek der TU München, 2012) verwiesen, insbesondere auf Kapitel 2 „Das Head-Up Display“.

30

Die mindestens eine bildgebende Einheit ist auf den mindestens einen Anzeigebereich der Windschutzscheibe gerichtet. Sie ist innenraumseitig der Verbundscheibe angeordnet und bestrahlt die Verbundscheibe über die Innenfläche der Innenscheibe. Die von der bildgebenden Einheit ausgesendete Strahlung bestrahlt beim Betrieb des Anzeigesystems

35 den Anzeigebereich zur Erzeugung der Projektion beziehungsweise des Anzeigebildes. Die

Strahlung der bildgebenden Einheit liegt im sichtbaren Spektralbereich des elektromagnetischen Spektrums, insbesondere im Spektralbereich von 450 nm bis 650 nm – typische bildgebende Einheiten arbeiten mit den Wellenlängen 473 nm, 550 nm und 630 nm (RGB). Der Einfallswinkel der Strahlung auf die Verbundscheibe beträgt dabei bevorzugt von 45° bis 70°, besonders bevorzugt von 60° bis 70°, beispielsweise etwa 65°. Diese Einfallswinkel weichen nur geringfügig vom Brewsterwinkel ab. Der Brewsterwinkel für einen Luft-Glas-Übergang im Falle von Kalk-Natron-Glas, das für Fensterscheiben allgemein üblich ist, beträgt 57,2° (bei einem Brechungsindex von Kalk-Natron-Glas von 1,55 bei einer Wellenlänge von 550 nm). Der Einfallswinkel kann auch als Einstrahlwinkel bezeichnet werden. Es ist der Winkel zwischen dem Einfallsvektor der Strahlung und der innenraumseitigen Flächennormale (also die Flächennormale auf die Innenfläche der Innenscheibe) bestimmt an einem Punkt des Anzeigebereichs, bevorzugt im geometrischen Zentrum des Anzeigebereichs. Entspricht der Einfallswinkel genau dem Brewsterwinkel, so wird nur s-polarisierte Strahlung reflektiert, keine p-polarisierte Strahlung. In einer vorteilhaften Ausgestaltung weicht der Einfallswinkel um höchstens 10° vom Brewsterwinkel ab.

Da der Einfallswinkel typischerweise nicht wesentlich vom Brewsterwinkel abweicht, wird p-polarisierte Strahlung grundsätzlich nicht oder nur in geringem Ausmaß an den externen Oberflächen der Verbundscheibe reflektiert (Außenfläche der Außenscheibe und Innenfläche der Innenscheibe). Die Reflexion an der Innenfläche der Innenscheibe geht praktisch allein auf die Reflexionsschicht zurück, insofern diese gemäß einer bevorzugten Ausführungsform dort angeordnet ist. An der Außenfläche der Außenscheibe findet keine (signifikante) weitere Reflexion statt, die bei der Verwendung s-polarisierter Strahlung zu einem Geisterbild führen würde. Es ist daher nicht erforderlich, die externen Oberflächen in einem Winkel zueinander anzuordnen, wie es bei der Verwendung s-polarisierter Strahlung gebräuchlich ist, um die beiden Reflexionen zu überlagern beziehungsweise möglichst in Deckung zu bringen. Stattdessen weisen die Verbundscheibe und ihre Bestandteile (Außenscheibe, Innenscheibe, Zwischenschichten) bevorzugt eine konstante Dicke auf. Die Außenfläche der Außenscheibe und die Innenfläche der Innenscheibe sind bevorzugt parallel zueinander ausgerichtet. Auf den Einsatz von relativ kostspieligen Keilfolien oder keilförmigen Scheiben kann verzichtet werden. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dennoch eine Keilfolie zu verwenden, beispielsweise um ein intensitätsschwaches Geisterbild, welches durch Reflexion an der Außenfläche der Außenscheibe infolge einer Abweichung vom Brewsterwinkel hervorgerufen wird, mit dem Hauptbild in Deckung zu bringen.

Außer der Vermeidung von Geisterbildern hat die Verwendung p-polarisierter Strahlung auch den Vorteil, dass das Anzeigebild für Träger von polarisationsselektiven Sonnenbrillen erkennbar ist, welche typischerweise nur p-polarisierte Strahlung passieren lassen und s-polarisierte Strahlung blocken.

Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Verbundscheibe, wobei zumindest

a) ein Schichtenstapel bereitgestellt wird, der mindestens in der folgenden Reihenfolge umfasst:

- eine Außenscheibe mit einer Außenfläche und einer Innenfläche,
- eine erste thermoplastische Zwischenschicht,
- eine heizbare, transparente Folie,
- eine zweite thermoplastische Zwischenschicht,
- eine Innenscheibe mit einer Außenfläche und einer Innenfläche, und
- eine Reflexionsschicht auf der Außenfläche der Innenscheibe oder auf der Innenfläche der Innenscheibe, und

b) der Schichtenstapel durch Lamination verbunden wird.

Die heizbare, transparente Folie kann, wie in WO 2016/172315 A1, WO 2020/102392 A1 und/oder WO 2022/081756 A1 beschrieben, bereitgestellt werden und in dem Schichtenstapel angeordnet werden.

Ist die Reflexionsschicht gemäß einer Ausführungsform als eine Reflexionsbeschichtung ausgebildet, wird sie bevorzugt durch physikalische Gasphasenabscheidung (PVD), besonders bevorzugt durch Kathodenzerstäubung („Sputtern“) und ganz besonders bevorzugt durch magnetfeldunterstützte Kathodenzerstäubung („Magnetron-Sputtern“) auf die Außenfläche der Innenscheibe oder auf die Innenfläche der Innenscheibe aufgebracht. Grundsätzlich kann die Beschichtung aber auch beispielsweise mittels chemischer Gasphasenabscheidung (CVD), beispielsweise plasmagestützte Gasphasenabscheidung (PECVD), durch Aufdampfen oder durch Atomlagenabscheidung (atomic layer deposition, ALD) aufgebracht werden. Die Beschichtung wird bevorzugt vor der Lamination auf die Innenscheibe aufgebracht.

Handelt es sich gemäß einer weiteren Ausführungsform bei der Reflexionsschicht um eine beschichtete, reflektierende Folie kann zur Herstellung ebenfalls das Beschichtungsverfahren CVD oder PVD angewendet werden.

- 5 Die Lamination des Schichtenstapels kann mittels geläufiger Laminationsverfahren erfolgen. Es können beispielsweise sogenannte Autoklavverfahren bei einem erhöhten Druck von etwa 10 bar bis 15 bar und Temperaturen von 130 °C bis 145 °C über etwa 2 Stunden durchgeführt werden. Alternativ sind auch autoklavfreie Verfahren möglich. An sich bekannte Vakuumsack- oder Vakuumringverfahren arbeiten beispielsweise bei etwa 200 mbar und 80 °C bis 110 °C.
- 10 Der Schichtenstapel kann auch in einem Kalandersystem zwischen mindestens einem Walzenpaar zu einer Verbundscheibe verpresst werden. Anlagen dieser Art sind zur Herstellung von Verbundscheiben bekannt und verfügen normalerweise über mindestens einen Heizzug vor einem Presswerk. Die Temperatur während des Pressvorgangs beträgt beispielsweise von 40 °C bis 150 °C. Kombinationen von Kalandersystem- und Autoklavverfahren haben sich in der
- 15 Praxis besonders bewährt. Alternativ können Vakuumlaminatoren eingesetzt werden. Diese bestehen aus einer oder mehreren beheizbaren und evakuierbaren Kammern, in denen die Außenscheibe und die Innenscheibe innerhalb von beispielsweise etwa 60 Minuten bei verminderten Drücken von 0,01 mbar bis 800 mbar und Temperaturen von 80 °C bis 170 °C laminiert werden.

20

Die vorstehend im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Verbundscheibe beschriebenen Ausgestaltungen gelten in gleicher Weise auch für das erfindungsgemäße Verfahren.

- 25 Die Erfindung betrifft weiter die Verwendung der erfindungsgemäßen Verbundscheibe als Innenverglasung oder Außenverglasung in einem Fahrzeug oder einem Gebäude, insbesondere als Fahrzeugscheibe in Fortbewegungsmitteln für den Verkehr auf dem Land, in der Luft oder zu Wasser, insbesondere in Kraftfahrzeugen und insbesondere als Windschutzscheibe, die als eine Projektionsfläche dient.

30

Die verschiedenen Ausgestaltungen der Erfindung können einzeln oder in beliebigen Kombinationen realisiert sein. Insbesondere sind die vorstehend genannten und nachstehend zu erläuternden Merkmale nicht nur in den angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung einsetzbar, ohne den Rahmen der vorliegenden

- 35 Erfindung zu verlassen.

Die Erfindung wird anhand von Zeichnungen und Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die Zeichnungen sind schematische Darstellungen und nicht maßstabsgetreu. Die Zeichnungen schränken die Erfindung in keiner Weise ein. Es zeigen:

5

Fig. 1 eine Draufsicht auf eine Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Verbundscheibe 100,

Fig. 2 einen Querschnitt durch die in der Fig. 1 gezeigte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Verbundscheibe 100 entlang der gestrichelten Linie X-X',

10 Fig. 3 einen Querschnitt durch eine Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen heizbaren, transparenten Folie 4,

Fig. 4 einen Querschnitt durch eine weitere Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen heizbaren, transparenten Folie 4,

15 Fig. 5 eine Draufsicht auf eine Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Metallnetzscheibe 8,

Fig. 6 einen Querschnitt durch eine weitere Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen heizbaren, transparenten Folie 4,

Fig. 7 einen Querschnitt durch eine weitere Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen heizbaren, transparenten Folie 4,

20 Fig. 8 einen Querschnitt durch eine Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Anzeigesystems 200, das eine Verbundscheibe 100 gemäß Figur 2 umfasst, und

Fig. 9 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens anhand eines Flussdiagramms.

25 Fig. 1 zeigt eine Draufsicht auf eine Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Verbundscheibe 100, und in der Fig. 2 ist der Querschnitt durch die in der Fig. 1 gezeigte Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Verbundscheibe 100 entlang der Schnittlinie X-X' dargestellt. In der in der Fig. 1 gezeigten Ausführungsform weist die Verbundscheibe 100 eine Oberkante O, eine Unterseite U und zwei Seitenkanten S auf. Wie in der Fig. 2 dargestellt, umfasst die
30 Verbundscheibe 100 in dieser Reihenfolge eine Außenscheibe 1 mit einer Außenfläche I und einer Innenfläche II, eine erste thermoplastische Zwischenschicht 3, eine heizbare, transparente Folie 4, eine zweite thermoplastische Zwischenschicht 5, eine Innenscheibe 2 mit einer Außenfläche III und einer Innenfläche IV, und eine Reflexionsschicht 6 auf der Innenfläche IV der Innenscheibe 2. In der in der Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsform ist
35 die heizbare, transparente Folie 4 vollflächig zwischen der ersten thermoplastischen

Zwischenschicht 3 und der zweiten thermoplastischen Zwischenschicht 5 angeordnet und die Reflexionsschicht 6 vollflächig auf der Innenfläche IV der Innenscheibe 2 angeordnet. Gemäß alternativen Ausgestaltungen können die heizbare, transparente Folie 4 und die Reflexionsschicht 6 jedoch jeweils nur abschnittsweise ausgebildet sein.

5

Die Außenscheibe 1 besteht beispielsweise aus Kalk-Natron-Glas und ist 2,1 mm dick. Die Innenscheibe 2 besteht beispielsweise aus Kalk-Natron-Glas und ist 1,6 mm dick.

10

Die erste thermoplastische Zwischenschicht 3 und die zweite thermoplastische Zwischenschicht 5 sind in der in den Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsform beispielsweise aus einer Polyvinylbutyral (PVB)-Folie ausgebildet und jeweils 0,38 mm dick.

15

Die heizbare, transparente Folie 4 besteht in der in den Fig. 1 und 2 gezeigten Ausführungsform beispielsweise aus einer heizbaren, transparenten Folie, die gemäß WO 2016/172315 A1, WO 2020/102392 A1 und/oder WO 2022/081756 A1 hergestellt werden kann. Insbesondere weist die heizbare, transparente Folie 4 bevorzugt eine Dicke in einem Bereich von 50 µm bis 350 µm auf.

20

Die in den Fig. 1 und 2 gezeigte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Verbundscheibe 100 kann beispielsweise als Windschutzscheibe eines Fahrzeugs Verwendung finden.

25

Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch eine Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen heizbaren, transparenten Folie 4. Die gezeigte heizbare, transparente Folie 4 umfasst eine Polymerfolie 7 und eine Metallnetzschicht 8, wobei die Metallnetzschicht 8 auf der Polymerfolie 7 angeordnet ist.

30

In der Ausgestaltung ist die Metallnetzschicht 8 einfachheitshalber als durchgehende Fläche dargestellt. Allerdings bedeckt das Metall der Metallnetzschicht 8 bevorzugt höchstens 40 %, weiter bevorzugt höchstens 25 %, der Oberfläche der Polymerfolie 7 in der Draufsicht auf die heizbare, transparente Folie 4 bzw. Polymerfolie, wodurch eine vorteilhafte Transparenz der heizbaren, transparenten Folie 4 gewährleistet werden kann.

35

Bevorzugt weist die Metallnetzschicht 8 eine Dicke in einem Bereich von 0,5 µm bis 10 µm auf. Das Metall der Metallnetzschicht 8 ist beispielsweise aus Kupfer oder Silber ausgewählt, da so eine besonders gute elektrische Leitfähigkeit erreicht werden kann.

Die Polymerfolie 7 weist bevorzugt eine Dicke in einem Bereich von 55 µm bis 300 µm auf, wodurch eine gute mechanische Stabilität der heizbaren, transparenten Folie 4 erreicht werden kann. Das Polymer der Polymerfolie 7 ist beispielsweise aus Polyethylenterephthalat oder Polycarbonat ausgewählt.

In der Fig. 4 ist ein Querschnitt einer weiteren Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen heizbaren, transparenten Folie 4 dargestellt. Die in der Fig. 4 im Querschnitt dargestellte heizbare, transparente Folie 4 unterscheidet sich von der in der Fig. 3 dargestellten dahingehend, dass sie weiter eine Schicht mit elektrisch leitfähigen Fasern 12 umfasst, die auf der Metallnetzschiicht 8 angeordnet ist. Dementsprechend ist in der Ausgestaltung die Metallnetzschiicht 8 zwischen der Polymerfolie 7 und der Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern 12 angeordnet. Einfachheitshalber sind die Metallnetzschiicht 8 und die Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern 12 als durchgehende Flächen dargestellt. Allerdings füllt gemäß einer bevorzugten Ausführungsform die Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern 12 die freie Fläche der Metallnetzschiicht 8 aus, die nicht von dem Metall der Metallnetzschiicht 8 auf der Oberfläche der Polymerfolie 7 eingenommen wird. Dadurch kann die elektrische Leitfähigkeit der heizbaren, transparenten Folie 4 erhöht werden. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern 12 ein Bindemittel. Bevorzugt sind die elektrisch leitfähigen Fasern 12 Kohlenstoffnanoröhrchen, insbesondere einwandige Kohlenstoffnanoröhrchen mit einem Durchmesser von 0,7 nm bis 1,4 nm und einer Länge von 0,3 µm bis 3 µm. Durch die Verwendung von Kohlenstoffnanoröhrchen kann die Metallnetzschiicht 8 besonders vorteilhaft stabilisiert und zudem die elektrische Leitfähigkeit der heizbaren, transparenten Folie 4 verbessert werden.

Fig. 5 zeigt eine Draufsicht auf eine Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Metallnetzschiicht 8. Die gezeigte Metallnetzschiicht 8 ist aus Metalllinien 9 ausgebildet, die in einem Diamantmuster 10 angeordnet sind. Bevorzugt weist die Metallnetzschiicht 8 eine Dicke in einem Bereich von 0,5 µm bis 10 µm auf. Dies bedeutet, dass auch eine Metalllinie 9 bevorzugt eine Dicke, d.h. eine Höhe, ausgehend von der Oberfläche der Polymerfolie 7, in einem Bereich von 0,5 µm bis 10 µm aufweist. Die Linienbreite einer Metalllinie 9 beträgt bevorzugt von 1 µm bis 7 µm. Der Abstand zwischen zwei Metalllinien 9 beträgt bevorzugt von 200 µm bis 400 µm. Durch diese geometrische Anordnung und die entsprechenden Abmessungen kann eine mechanisch stabile Metallnetzschiicht 8 erhalten werden, während diese eine vorteilhafte Transparenz aufweist.

Fig. 6 zeigt einen Querschnitt durch eine weitere Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen heizbaren, transparenten Folie 4. Die gezeigte heizbare, transparente Folie 4 umfasst eine Polymerfolie 7 und eine Schicht mit Metallnanodrähten 11, wobei die Schicht mit Metallnanodrähten 11 auf der Polymerfolie 7 angeordnet ist.

In der Ausgestaltung ist die Schicht mit Metallnanodrähten 11 einfachheitshalber als durchgehende Fläche dargestellt. Allerdings bedecken die Metallnanodrähte 11 bevorzugt höchstens 40 %, weiter bevorzugt höchstens 25 %, der Oberfläche der Polymerfolie 7 in der Draufsicht auf die heizbare, transparente Folie 4 bzw. Polymerfolie, wodurch eine vorteilhafte Transparenz der heizbaren, transparenten Folie 4 gewährleistet werden kann.

Bevorzugt weist die Schicht mit Metallnanodrähten 11 eine Dicke in einem Bereich von 0,1 µm bis 5 µm auf. Die Metallnanodrähte weisen einen Durchmesser in einem Bereich von 10 nm bis 100 nm und eine Länge in einem Bereich von 5 µm bis 30 µm auf. Dadurch kann eine vorteilhafte Transparenz der heizbaren, transparenten Folie 4 gewährleistet werden. Die Metallnanodrähte sind in der Schicht bevorzugt zufällig angeordnet. Das Metall der Schicht mit Metallnanodrähten 11 ist beispielsweise aus Kupfer oder Silber ausgewählt, da so eine besonders gute elektrische Leitfähigkeit erreicht werden kann.

Die Polymerfolie 7 weist bevorzugt eine Dicke in einem Bereich von 55 µm bis 300 µm auf, wodurch eine gute mechanische Stabilität der heizbaren, transparenten Folie 4 erreicht werden kann. Das Polymer der Polymerfolie 7 ist beispielsweise aus Polyethylenterephthalat oder Polycarbonat ausgewählt.

In der Fig. 7 ist ein Querschnitt einer weiteren Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen heizbaren, transparenten Folie 4 dargestellt. Die in der Fig. 7 im Querschnitt dargestellte heizbare, transparente Folie 4 unterscheidet sich von der in der Fig. 6 dargestellten dahingehend, dass sie weiter eine Schicht mit elektrisch leitfähigen Fasern 12 umfasst, die auf der Schicht mit Metallnanodrähten 11 angeordnet ist. Dementsprechend ist in der Ausgestaltung die Schicht mit Metallnanodrähten 11 zwischen der Polymerfolie 7 und der Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern 12 angeordnet. Einfachheitshalber sind die Schicht mit Metallnanodrähten 11 und die Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern 12 als durchgehende Flächen dargestellt. Allerdings füllt gemäß einer bevorzugten Ausführungsform die Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern 12 die Freiräume zwischen den

Metallnanodrähten der Schicht mit Metallnanodrähten 11 aus. Dadurch kann die elektrische Leitfähigkeit der heizbaren, transparenten Folie 4 erhöht werden. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Schicht mit den elektrisch leitfähigen Fasern 12 ein Bindemittel. Bevorzugt sind die elektrisch leitfähigen Fasern 12 Kohlenstoffnanoröhrchen, insbesondere einwandige Kohlenstoffnanoröhrchen mit einem Durchmesser von 0,7 nm bis 1,4 nm und einer Länge von 0,3 μm bis 3 μm . Durch die Verwendung von Kohlenstoffnanoröhrchen kann die Schicht mit Metallnanodrähten 11 besonders vorteilhaft stabilisiert und zudem die elektrische Leitfähigkeit der heizbaren, transparenten Folie 4 verbessert werden.

Fig. 8 zeigt einen Querschnitt durch eine Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Anzeigesystems 200, das eine Verbundscheibe 100 gemäß Figur 2 umfasst, wobei die Verbundscheibe 100 einen Anzeigebereich A aufweist. Das Anzeigesystem 200 umfasst außerdem eine bildgebende Einheit 13, die auf den Anzeigebereich A der Verbundscheibe 100 gerichtet ist und diesen mit p-polarisierter Strahlung bestrahlt.

Der Anzeigebereich A ist im Durchsichtsbereich der Verbundscheibe 100 angeordnet. Die bildgebende Einheit 13 ist ein Projektor, der mit p-polarisierter Strahlung betrieben wird. Die bildgebende Einheit 13 bestrahlt den Anzeigebereich A, wodurch eine Anzeigebild direkt in das Sichtfeld des Betrachters 14 (Fahrzeugfahrer) als virtuelles Bild auf der von ihm abgewandten Seite der Verbundscheibe 100 projiziert wird, wenn sich seine Augen innerhalb der sogenannten Eyebbox E befinden. Ein solches Anzeigesystem wird auch als „Head-Up-Display“ (HUD) bezeichnet. Dadurch können dem Betrachter 14 insbesondere Statusinformationen (beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit), Navigationshinweise (beispielsweise Geschwindigkeitsbegrenzungen oder Richtungsangaben) oder Warnsymbole angezeigt werden, ohne dass er seinen Blick von der Fahrbahn wenden muss.

Die bildgebende Einheit 13 bestrahlt den Anzeigebereich A mit einem Einfallswinkel α , der zur innenraumseitigen Flächennormalen der Innenscheibe gemessen wird. Der Einfallswinkel α beträgt beispielsweise 65° , was vergleichsweise nahe am Brewsterwinkel (etwa 57° bei einem Übergang Luft – Kalk-Natron-Glas) liegt. Die p-polarisierte Strahlung der bildgebenden Einheit 13 wird daher nicht wesentlich an den Glasoberflächen reflektiert.

Fig. 9 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Verbundscheibe 100 anhand eines Flussdiagramms, wobei zumindest

P1 ein Schichtenstapel bereitgestellt wird, der mindestens in der folgenden Reihenfolge umfasst:

- eine Außenscheibe 1 mit einer Außenfläche I und einer Innenfläche II,
- eine erste thermoplastische Zwischenschicht 3,
- 5 - eine heizbare, transparente Folie 4,
- eine zweite thermoplastische Zwischenschicht 5,
- eine Innenscheibe 2 mit einer Außenfläche III und einer Innenfläche IV, und
- eine Reflexionsschicht 6 auf der Außenfläche III der Innenscheibe 2 oder auf der Innenfläche IV der Innenscheibe 2, und

10 P2 der Schichtenstapel durch Lamination verbunden wird.

Beispiele

15

Beispiel 1: Heizbarkeit der heizbaren, transparenten Folie

Als heizbare, transparente Folie wurde eine CHASM AgeNT®-1-G2-Folie von CHASM™ verwendet. Diese Folie umfasst in der folgenden Reihenfolge:

20

- eine Polymerfolie 7 (aus Polyethylenterephthalat, 100 µm dick),
- eine Metallnetzschicht 8 (aus Kupfer, wobei die Metallnetzschicht 8 aus Metalllinien 9 in einem Diamantmuster 10 ausgebildet ist, wobei die Dicke der Metallnetzschicht 8 2 µm, die Linienbreite einer Metalllinie 9 5 µm und der Abstand zwischen zwei Metalllinien 9
- 25 300 µm beträgt), und
- eine Schicht mit elektrisch leitfähigen Fasern 12 (mit einwandigen Kohlenstoffnanoröhrchen)

30

Für zwei verschiedene Heiz-Layouts wurden für eine Spannung von 14 V bzw. 42 V die in Tabelle 1 gezeigten Werte ermittelt. Das Heiz-Layout „Motorkante bis Dachkante“ bedeutet, dass die Werte an den Rändern der Folie gemessen wurden, die bei Einlaminierung der Folie in die Verbundscheibe 100 in Richtung des Motors bzw. in Richtung des Daches des Fahrzeugs ausgerichtet sind. Bei der Messung mit dem Heiz-Layout „A-Säule zu A-Säule“ wurden die Werte an den Rändern der Folie gemessen, die bei Einlaminierung der Folie in

35 die Verbundscheibe 100 in Richtung der A-Säulen des Fahrzeugs ausgerichtet sind.

Die in Tabelle 1 gezeigten Werte wurden gemäß üblicher Fachpraxis für eine Windschutzscheibe berechnet. Die Windschutzscheibe hatte die folgenden Abmessungen:

Weite (Dachkante): 1264,09 mm

5 Weite (Motorkante): 1482,43 mm

Höhe (Mitte der Dachkante bis Mitte der Motorkante): 1005,28 mm

Insbesondere wird die spezifische Heizleistung für das Heiz-Layout „Motorkante bis Dachkante“ wie folgt berechnet:

10

$$P_{\text{spez}} = U^2 / (R_{\square} \cdot H^2)$$

wobei P_{spez} die spezifische Heizleistung, U die Spannung, $R_{\square}$ der Flächenwiderstand und H die Höhe der Windschutzscheibe zwischen dem oberen Busbar („Sammelschiene“) und dem unteren Busbar (d.h. Busbar an der Motorkante) ist.

15

Die Gesamtheizleistung für das Heiz-Layout „Motorkante bis Dachkante“ wurde wie folgt berechnet:

20 $\text{Gesamtheizleistung} = \text{Heizfläche} \cdot P_{\text{spez}}$

mit der

$$\text{Heizfläche} = |W(\text{oberer Busbar}) - W(\text{unterer Busbar})| / 2 \cdot H$$

25

wobei $W(\text{oberer Busbar})$ die Weite der Windschutzscheibe entlang des oberen Busbars, $W(\text{unterer Busbar})$ die Weite der Windschutzscheibe entlang des unteren Busbars (d.h. Busbar an der Motorkante) und H die Höhe der Windschutzscheibe zwischen den beiden Busbars ist.

30

Die Berechnungen für das Heiz-Layout „A-Säule zu A-Säule“ wurden entsprechend angepasst.

Tabelle 1

Spannung [V]	Flächen- widerstand [$\Omega/\square$]	Heiz-Layout	Spezifische Heizleistung [W/m ²]	Gesamtheiz- leistung [W]	Gesamt- widerstand [Ω]
14	1	Motorkante bis Dachkante	324	349,80	0,56
42	1	A-Säule zu A-Säule	915	975,69	1,81

Wie in der Tabelle 1 zu sehen ist, kann eine gute Heizleistung durch die Verwendung der CHASM Agent®-1-G2-Folie mit einem Flächenwiderstand von 1 $\Omega/\square$ erreicht werden. Für die 14 V-Anwendung wäre die Heizleistung beispielsweise ausreichend, um ein Beschlagen der Verbundscheibe 100 zu vermeiden. Bei höheren Spannungen wie den hier verwendeten 42 V in Kombination mit einem DC/DC-Wandler wird eine sehr gute Heizleistung erreicht.

Beispiel 2: Verbundscheiben mit heizbarer, transparenter Folie

Es wurden Verbundscheiben 1 bis 4 hergestellt. Sie umfassten in der folgenden Reihenfolge:

- eine Außenscheibe 1 (Planiclear® von Saint-Gobain Glass, Kalk-Natron-Glas, Lichttransmission TL von 91 %, Dicke: 2,1 mm),
- eine erste thermoplastische Zwischenschicht 3 (PVB, 0,38 mm),
- eine heizbare, transparente Folie 4 (wie nachfolgend erläutert),
- eine zweite thermoplastische Zwischenschicht 5 (PVB, 0,38 mm), und
- eine Innenscheibe 2 (Planiclear® von Saint-Gobain Glass, Kalk-Natron-Glas, Lichttransmission TL von 91 %, Dicke: 2,1 mm).

Als heizbare, transparente Folie 4 wurden die nachfolgend genannten verwendet. Dabei wurde in eine der Verbundscheiben 1 bis 4 jeweils eine dieser speziellen Folien einlaminert.

Verwendete Folien:

CHASM Agent®-1-G2-Folie von CHASM™:

Vergleiche entsprechende Folie unter Beispiel 1.

CHASM AgeNT®-1-G3-Folie von CHASM™:

Die CHASM AgeNT®-1-G3-Folie von CHASM™ entspricht weitestgehend der oben beschriebenen CHASM AgeNT®-1-G2-Folie von CHASM™ und unterscheidet sich von dieser darin, dass der Abstand zwischen zwei Metalllinien 9 100 µm beträgt.

5

CHASM AgeNT™-30-Folie von CHASM™:

- eine Polymerfolie 7 (aus Polyethylenterephthalat, 127 µm dick),
- eine Schicht mit Metallnanodrähten 11 (Silbernanodrähte, zufällig angeordnet, Dicke der Schicht: 0,3 µm), und
- 10 - eine Schicht mit elektrisch leitfähigen Fasern 12 (mit einwandigen Kohlenstoffnanoröhrchen).

CHASM AgeNT™-75-Folie von CHASM™:

- eine Polymerfolie 7 (aus Polyethylenterephthalat, 127 µm dick),
- 15 - eine Schicht mit Metallnanodrähten 11 (Silbernanodrähte, zufällig angeordnet, Dicke der Schicht: 0,2 µm), und
- eine Schicht mit elektrisch leitfähigen Fasern 12 (mit einwandigen Kohlenstoffnanoröhrchen).

20 Tabelle 2 zeigt die Verbundscheiben 1 bis 4 mit den entsprechenden Folien:

Tabelle 2

Verbundscheibe Nr.	Verwendete Folie
1	CHASM AgeNT®-1-G3
2	CHASM AgeNT®-1-G2
3	CHASM AgeNT™-30
4	CHASM AgeNT™-75

Zusätzlich wurde eine Verbundscheibe als Referenz hergestellt, die keine heizbare, transparente Folie aufwies. Die Referenzverbundscheibe umfasste in der folgenden Reihenfolge:

- eine Außenscheibe 1 (Planiclear® von Saint-Gobain Glass, Kalk-Natron-Glas, Lichttransmission TL von 91 %, Dicke: 2,1 mm),
- eine erste thermoplastische Zwischenschicht 3 (PVB, 0,38 mm),
- 30 - eine zweite thermoplastische Zwischenschicht 5 (PVB, 0,38 mm), und

- eine Innenscheibe 2 (Planiclear® von Saint-Gobain Glass, Kalk-Natron-Glas, Lichttransmission TL von 91 %, Dicke: 2,1 mm).

In Tabelle 3 ist/sind

- 5 - $R_{\square}$ der Flächenwiderstand, gemessen mit einem Vier-Punkt-Widerstandsmessgerät;
- TL(A) die integrierte Lichttransmission nach ISO 9050 (Lichtart A);
- TT905 die integrierte Lichttransmission nach ISO 9050 (Lichtart A) bei einer Wellenlänge von 905 nm;
- TT1550 die integrierte Lichttransmission nach ISO 9050 (Lichtart A) bei einer
- 10 Wellenlänge von 1550 nm;
- $RL(A)_i$ die integrierte Lichtreflexion, innenraumseitig gemessen mit einem Einstrahlwinkel von 8° und einem Beobachtungswinkel von 2° (Lichtart A);
- $RL(A)_a$ die integrierte Lichtreflexion, außenraumseitig gemessen mit einem Einstrahlwinkel von 8° und einem Beobachtungswinkel von 2° (Lichtart A);
- 15 - TTS die insgesamt eingestrahlte Sonnenenergie gemessen nach ISO 13837;
- Tr die Trübung, gemessen mit einem Trübungsmessgerät;
- L^*_i die Helligkeit und a^*_i und b^*_i die Werte der Reflexionsfarbe im $L^*a^*b^*$ -Farbraum, innenraumseitig gemessen mit einem Einstrahlwinkel von 8° und einem Beobachtungswinkel von 2° (Lichtart A); und
- 20 - L^*_a die Helligkeit und a^*_a und b^*_a die Werte der Reflexionsfarbe im $L^*a^*b^*$ -Farbraum, außenraumseitig gemessen mit einem Einstrahlwinkel von 8° und einem Beobachtungswinkel von 2° (Lichtart A).

Wie in Tabelle 3 gezeigt, weisen alle Verbundscheiben 1 bis 4 vorteilhafte optische

25 Eigenschaften auf. Insbesondere erfüllen alle Verbundscheiben 1 bis 4 eine Lichttransmission von mindestens 70 % gemäß ECE-R43, zeigen eine geringe Trübung, eine ähnliche Innen- und Außenreflexion und neutrale Farbwerte a^* und b^* .

Durch die Verwendung der heizbaren, transparenten Folie können zudem, wie in Tabelle 3

30 gezeigt, die thermischen Eigenschaften der Verbundscheibe verbessert werden. Insbesondere weisen die Verbundscheiben 1 bis 4 im Vergleich zur Referenz-Verbundscheibe geringere TTS-Werte auf.

Tabelle 3

Verbund- scheibe	R _□ [Ω/□]	TL(A) [%]	TT905 [%]	TT1550 [%]	RL(A) _i [%]	RL(A) _a [%]	TTS [%]	Tr [%]	L* _i	a* _i	b* _i	L* _a	a* _a	b* _a
Referenz	0	90,2	83	81	8,3	8,3	83,3	0,22	34,71	-0,46	-0,16	34,71	-0,46	-0,16
1	0,2	75	70	69	7,6	13,3	72,1	3,51	33,42	-2,13	-0,19	42,34	4,04	4,56
2	1	85	79	78	7,8	9,3	79,5	1,18	33,63	-0,87	-0,01	36,25	1,10	1,47
3	30	84,7	78	71	8,7	8,6	78,5	1,1	35,39	-0,14	0,03	35,29	-0,13	0,1
4	75	86,6	80	76	7,8	7,9	80,6	0,88	33,67	-0,33	0,26	33,71	-0,27	0,23

Bezugszeichenliste:

	1	Außenscheibe
	2	Innenscheibe
5	3	erste thermoplastische Zwischenschicht
	4	heizbare, transparente Folie
	5	zweite thermoplastische Zwischenschicht
	6	Reflexionsschicht
	7	Polymerfolie
10	8	Metallnetzschrift
	9	Metalllinien
	10	Diamantmuster
	11	Schicht mit Metallnanodrähten
	12	elektrisch leitfähige Fasern
15	13	bildgebende Einheit
	14	Betrachter / Fahrzeugfahrer
	100	Verbundscheibe
	200	Anzeigesystem
20		
	I	Außenfläche der Außenscheibe 1
	II	Innenfläche der Außenscheibe 1
	III	Außenfläche der Innenscheibe 2
	IV	Innenfläche der Innenscheibe 2
25		
	A	Anzeigebereich
	E	Eyebox
	O	Oberkante
	U	Unterkante
30	S	Seitenkante
	α	Einfallswinkel
	X-X'	Schnittlinie

Patentansprüche

1. Verbundscheibe (100), mindestens umfassend in der folgenden Reihenfolge:
 - eine Außenscheibe (1) mit einer Außenfläche (I) und einer Innenfläche (II),
 - 5 - eine erste thermoplastische Zwischenschicht (3),
 - eine heizbare, transparente Folie (4),
 - eine zweite thermoplastische Zwischenschicht (5),
 - eine Innenscheibe (2) mit einer Außenfläche (III) und einer Innenfläche (IV), und
 - eine Reflexionsschicht (6) auf der Außenfläche (III) der Innenscheibe (2) oder
 - 10 auf der Innenfläche (IV) der Innenscheibe (2), wobei die Reflexionsschicht (6) geeignet ist, p-polarisierte Strahlung zu reflektieren.
2. Verbundscheibe (100) nach Anspruch 1, wobei die Reflexionsschicht (6) eine
15 reflektierende Beschichtung ist, die eine dielektrische Schichtabfolge mit alternierenden Brechungsindizes darstellt.
3. Verbundscheibe (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die heizbare, transparente Folie (4) eine Polymerfolie (7) umfasst.
- 20 4. Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die heizbare, transparente Folie (4) eine Metallnetzschrift (8) umfasst.
5. Verbundscheibe (100) nach Anspruch 4, wobei die Metallnetzschrift (8) aus
25 Metalllinien (9) ausgebildet ist und die Linienbreite einer Metalllinie (9) von 1 μm bis 7 μm beträgt.
6. Verbundscheibe (100) nach Anspruch 5, wobei die Metalllinien (9) in einem
Diamantmuster (10) angeordnet sind.
- 30 7. Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die heizbare, transparente Folie (4) eine Schicht mit Metallnanodrähten (11) umfasst, wobei die Metallnanodrähte einen Durchmesser in einem Bereich von 10 nm bis 100 nm und eine Länge in einem Bereich von 5 μm bis 30 μm aufweisen.

8. Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die heizbare, transparente Folie (4) eine Schicht mit elektrisch leitfähigen Fasern (12) umfasst, die die Metallnetzschicht (8) oder die Schicht mit Metallnanodrähten (11) mindestens teilweise bedeckt.

5

9. Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 4 bis 8, wobei das Metall der Metallnetzschicht (8) oder der Schicht mit Metallnanodrähten (11) aus Kupfer oder Silber ausgewählt ist.

10. Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 3 bis 9, wobei das Polymer der Polymerfolie (7) Polyethylenterephthalat oder Polycarbonat umfasst.

11. Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei die elektrisch leitfähigen Fasern (12) Kohlenstoffnanoröhrchen, bevorzugt einwandige Kohlenstoffnanoröhrchen mit einem Durchmesser von 0,7 nm bis 1,4 nm und einer Länge von 0,3 µm bis 3 µm, umfassen.

15

12. Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Reflexionsschicht (6) auf der Innenfläche (IV) der Innenscheibe (2) angeordnet ist.

20

13. Anzeigesystem (200) für ein Fahrzeug, umfassend
- die Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Verbundscheibe (100) mindestens einen Anzeigebereich (A) aufweist, und
 - mindestens eine bildgebende Einheit (13), die auf den Anzeigebereich (A) gerichtet ist und diesen mit p-polarisierter Strahlung bestrahlt.

25

14. Verfahren zur Herstellung einer Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei zumindest

- a) ein Schichtenstapel bereitgestellt wird, der mindestens in der folgenden Reihenfolge umfasst:

30

- eine Außenscheibe (1) mit einer Außenfläche (I) und einer Innenfläche (II),
- eine erste thermoplastische Zwischenschicht (3),
- eine heizbare, transparente Folie (4),
- eine zweite thermoplastische Zwischenschicht (5),

- eine Innenscheibe (2) mit einer Außenfläche (III) und einer Innenfläche (IV), und
- eine Reflexionsschicht (6) auf der Außenfläche (III) der Innenscheibe (2) oder auf der Innenfläche (IV) der Innenscheibe (2), und

5 b) der Schichtenstapel durch Lamination verbunden wird.

15. Verwendung einer Verbundscheibe (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 12 als Innenverglasung oder Außenverglasung in einem Fahrzeug oder einem Gebäude, insbesondere als Fahrzeugscheibe in Fortbewegungsmitteln für den Verkehr auf dem
- 10 Land, in der Luft oder zu Wasser, insbesondere in Kraftfahrzeugen und insbesondere als Windschutzscheibe, die als eine Projektionsfläche dient.

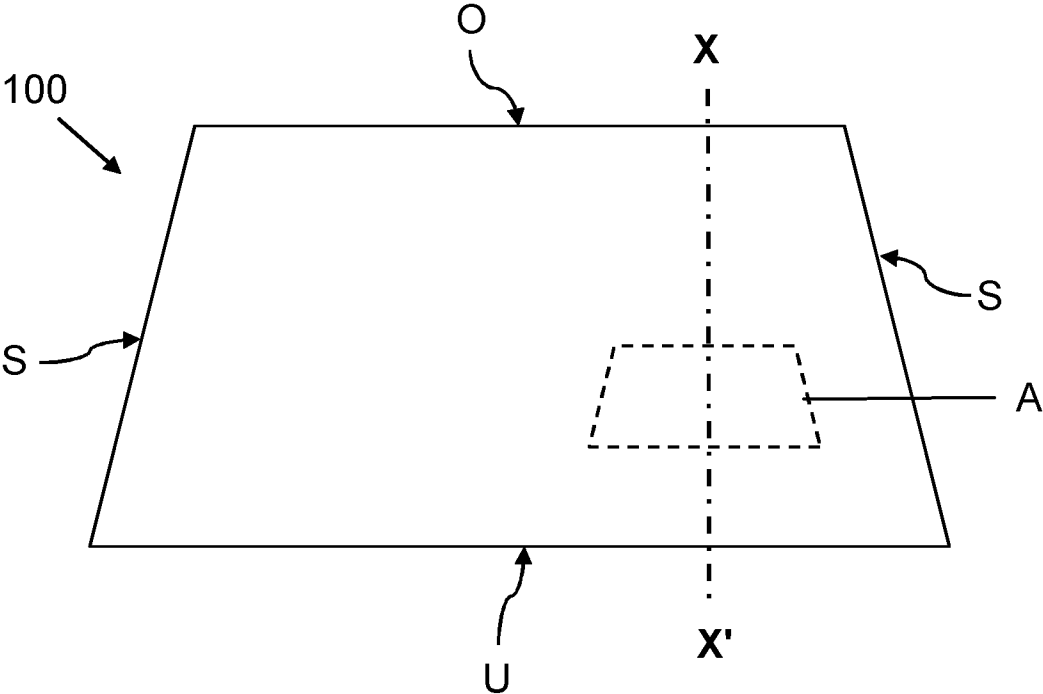


Fig. 1

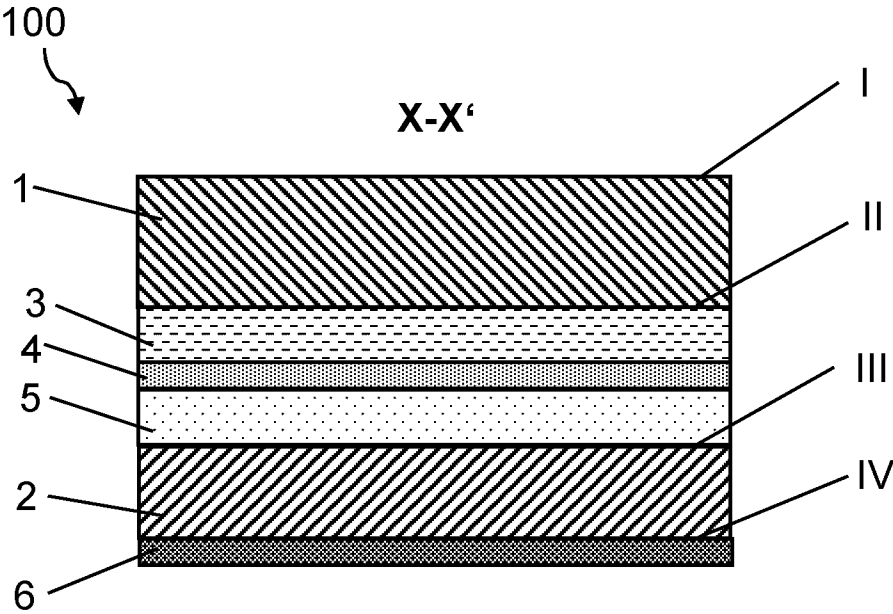


Fig. 2

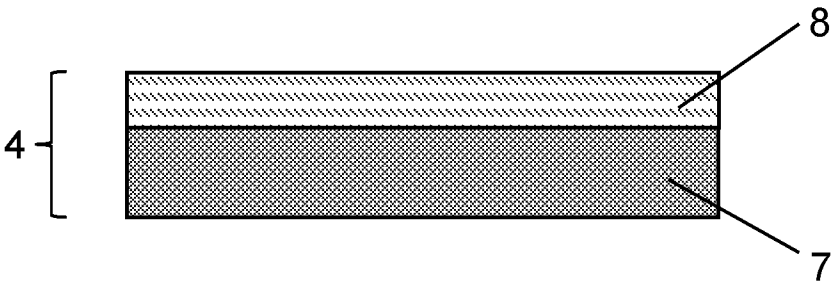


Fig. 3

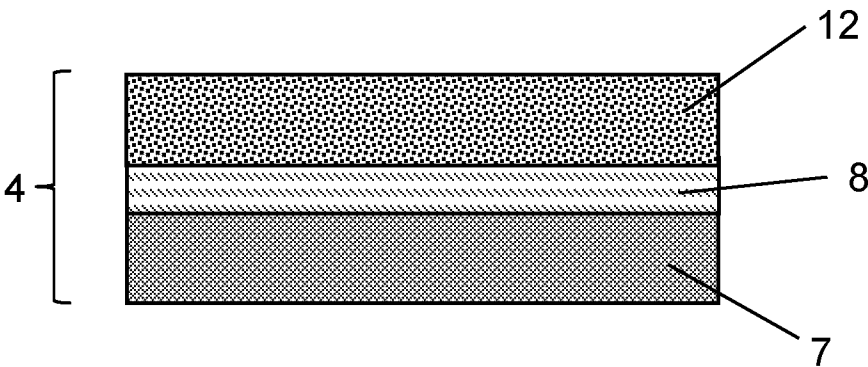


Fig. 4

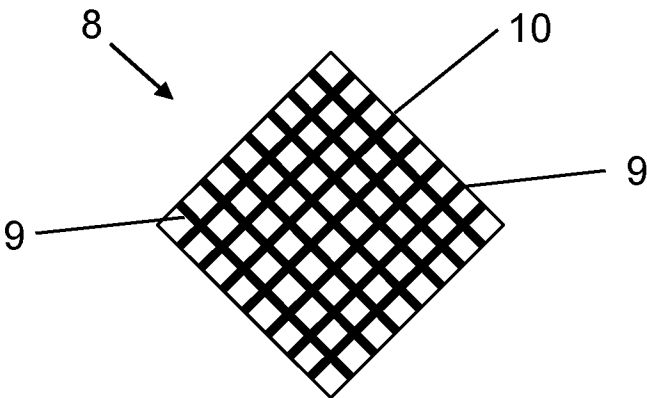


Fig. 5

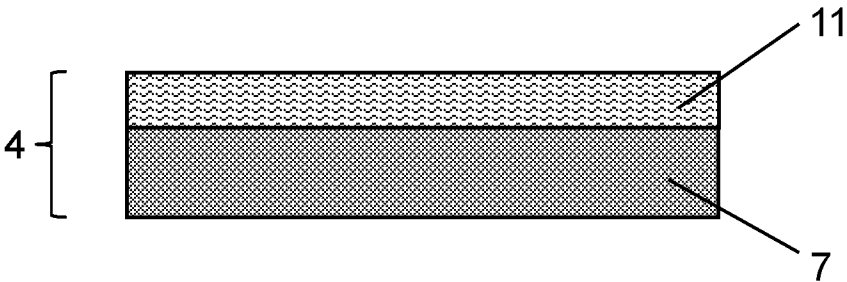


Fig. 6

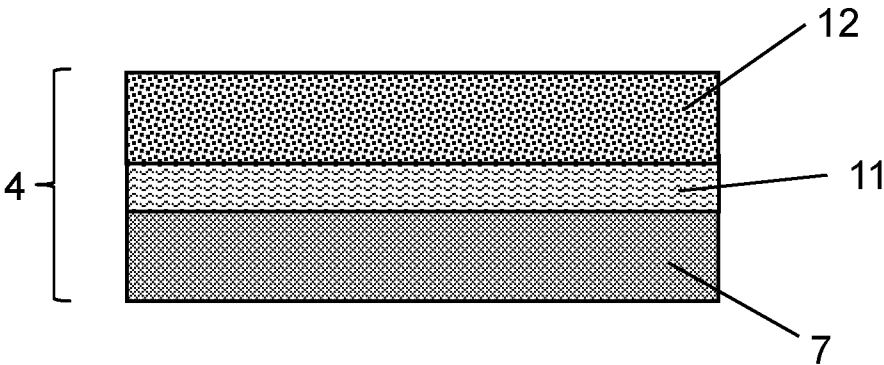


Fig. 7

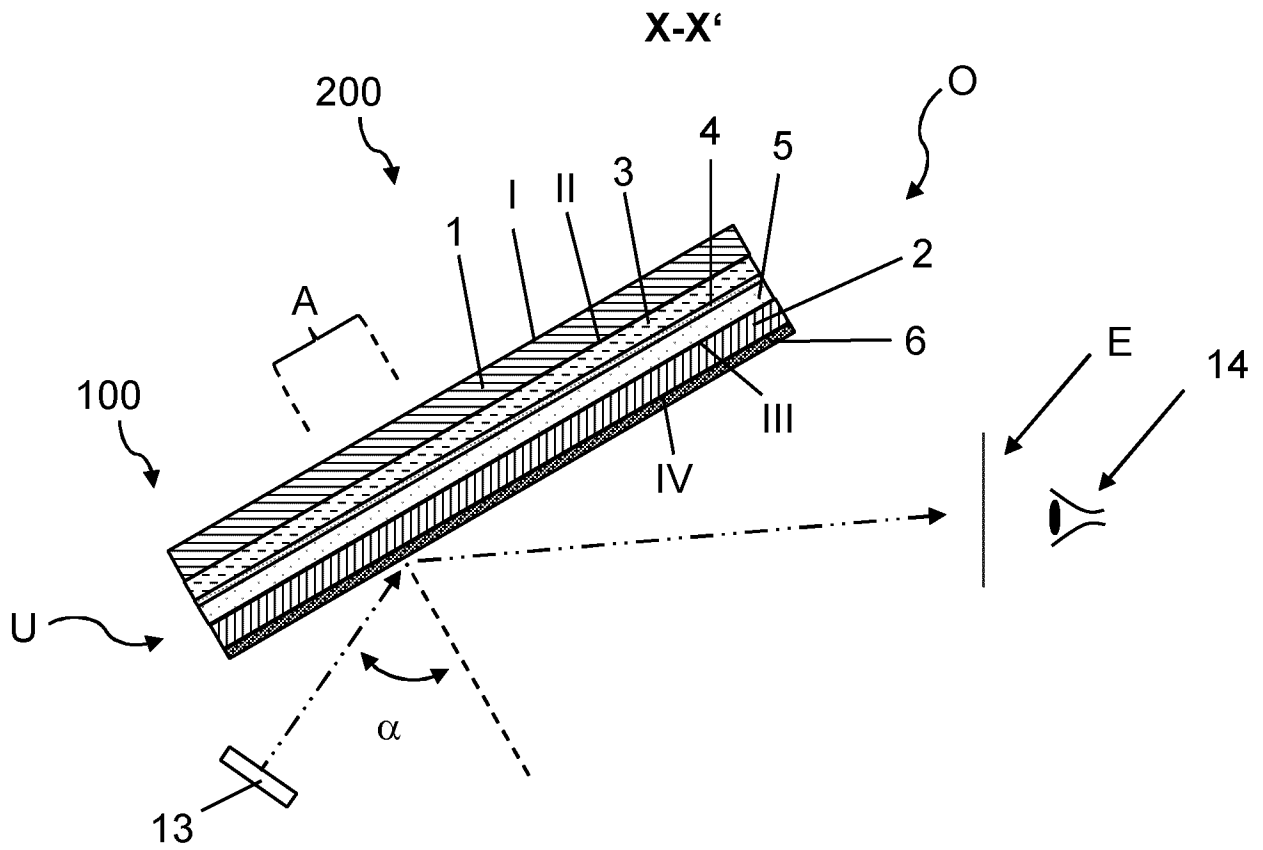


Fig. 8

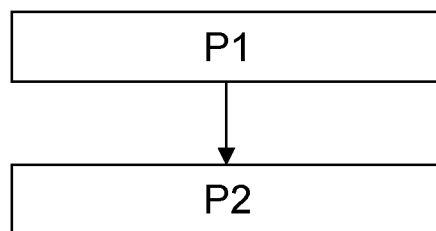


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/066721

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B32B 17/10**(2006.01)i; **B60J 1/02**(2006.01)i; **B60K 35/00**(2024.01)i; **G02B 27/01**(2006.01)i; **H05B 3/86**(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)

B32B; B60J; B60K; C03C; G02B; H05B

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2023066378 A1 (FUYAO GLASS IND GROUP CO LTD [CN]) 27 April 2023 (2023-04-27) cited in the application page 1, line 8 - line 29 page 3, line 27 - page 4, line 2 page 8, line 10 - line 18	1-15
Y	WO 2022106315 A1 (SAINT GOBAIN [FR]) 27 May 2022 (2022-05-27) cited in the application page 2, line 31 - page 3, line 30 page 8, line 5 - line 27	1-15
Y	WO 2022050388 A1 (NIPPON SHEET GLASS CO LTD [JP]) 10 March 2022 (2022-03-10) cited in the application paragraph [0002] - paragraph [0005] paragraph [0033] - paragraph [0044]	1-15



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

05 July 2024

Date of mailing of the international search report

15 July 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Lichau, Holger

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/066721

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2023066378	A1	27 April 2023	CN	114035322	A	11 February 2022
				EP	4382990	A1	12 June 2024
				US	2024210688	A1	27 June 2024
				WO	2023066378	A1	27 April 2023
WO	2022106315	A1	27 May 2022	CN	114793449	A	26 July 2022
				EP	4248259	A1	27 September 2023
				WO	2022106315	A1	27 May 2022
WO	2022050388	A1	10 March 2022	CN	116075422	A	05 May 2023
				EP	4209344	A1	12 July 2023
				JP	2022043382	A	16 March 2022
				US	2024025239	A1	25 January 2024
				WO	2022050388	A1	10 March 2022

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. B32B17/10 B60J1/02 B60K35/00 G02B27/01 H05B3/86 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) B32B B60J B60K C03C G02B H05B		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2023/066378 A1 (FUYAO GLASS IND GROUP CO LTD [CN]) 27. April 2023 (2023-04-27) in der Anmeldung erwähnt Seite 1, Zeile 8 - Zeile 29 Seite 3, Zeile 27 - Seite 4, Zeile 2 Seite 8, Zeile 10 - Zeile 18 -----	1 - 15
Y	WO 2022/106315 A1 (SAINT GOBAIN [FR]) 27. Mai 2022 (2022-05-27) in der Anmeldung erwähnt Seite 2, Zeile 31 - Seite 3, Zeile 30 Seite 8, Zeile 5 - Zeile 27 -----	1 - 15
Y	WO 2022/050388 A1 (NIPPON SHEET GLASS CO LTD [JP]) 10. März 2022 (2022-03-10) in der Anmeldung erwähnt Absatz [0002] - Absatz [0005] Absatz [0033] - Absatz [0044] -----	1 - 15
☐ 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 5. Juli 2024		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 15/07/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Lichau, Holger

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/066721

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2023066378	A1	27-04-2023	CN	114035322 A	11-02-2022
			EP	4382990 A1	12-06-2024
			US	2024210688 A1	27-06-2024
			WO	2023066378 A1	27-04-2023

WO 2022106315	A1	27-05-2022	CN	114793449 A	26-07-2022
			EP	4248259 A1	27-09-2023
			WO	2022106315 A1	27-05-2022

WO 2022050388	A1	10-03-2022	CN	116075422 A	05-05-2023
			EP	4209344 A1	12-07-2023
			JP	2022043382 A	16-03-2022
			US	2024025239 A1	25-01-2024
			WO	2022050388 A1	10-03-2022
