



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 108 483.3**

(22) Anmeldetag: **07.04.2022**

(43) Offenlegungstag: **12.10.2023**

(51) Int Cl.: **H01L 31/048** (2014.01)

**C03C 3/089** (2006.01)

(71) Anmelder:

**SCHOTT AG, 55122 Mainz, DE**

(74) Vertreter:

**Blumbach Zinngrebe Patentanwälte PartG mbB,  
65187 Wiesbaden, DE**

(72) Erfinder:

**Gäckle, Lutz, 37075 Göttingen, DE; Glacki,  
Alexander, Dr., 30173 Hannover, DE; Götze,  
Tilmann, Dr., 37574 Einbeck, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

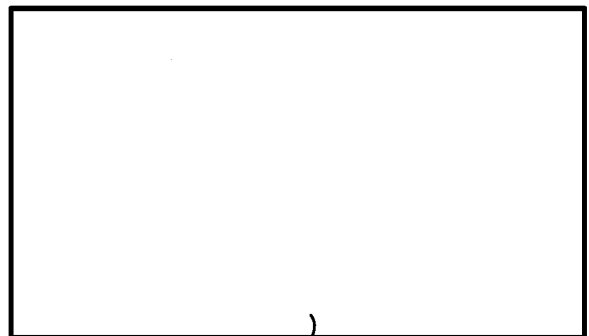
<b>US</b>	<b>2016 / 0 300 969</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2017 / 0 233 587</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2011- 181 671</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>2004- 281 976</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>2013- 145 807</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>2010- 232 589</b>	<b>A</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Vorderseitensubstrat für ein Solarmodul**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Vorderseitensubstrat für ein Solarmodul, insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte, wobei das Vorderseitensubstrat ein Flächengewicht von unter  $500 \text{ g/m}^2$  aufweist und ein Material umfasst, welches bei einer Referenzdicke von  $100 \mu\text{m}$  eine Transmissionskurve  $T(\lambda)$  aufweist, welche einen Übergang von einer unteren Transmission  $T_{\text{low}}$  zu einer oberen Transmission  $T_{\text{up}}$  ausbildet und eine dazwischen befindliche Übergangstransmission  $T_{\text{tr}} = 50\%$  in einem Wellenlängenbereich von  $302 \text{ nm}$  bis  $322 \text{ nm}$  aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Vorderseitensubstrat für ein Solarmodul, insbesondere für mobile Anwendungen.

**[0002]** Solarmodule sind häufig aufgebaut mit einem rückseitigen Element, welches auch als Backpanel bezeichnet werden kann, einem vorderseitigen Element, welches auch als Cover oder Vorderseitensubstrat bezeichnet werden kann, und der Solarzelle selbst, welche zum Schutz vor unerwünschten Einflüssen sowie zur Erhöhung der Stabilität zwischen dem Backpanel und dem Cover angeordnet ist.

**[0003]** Die einzelnen Komponenten des Solarmoduls können im Hinblick auf die gewünschte Anwendung optimiert werden. Hierbei kann dem Vorderseitensubstrat eine besondere Bedeutung zukommen, wobei dieses jeweils auch für die relevante Strahlung transparent auszubilden ist.

**[0004]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Vorderseitensubstrat bereitzustellen, welches für verschiedenartige mobile Anwendungen optimiert und demnach vielseitig einsetzbar ist, insbesondere für mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte, zugleich möglichst preisgünstig herstellbar ist, und auch einen möglichst kostengünstigen Aufbau des Solarmoduls bzw. eine Reduktion der Kosten weiterer Komponenten des Solarmoduls erlaubt. Ein Aspekt der Aufgabe ist auch eine hohe Solarisationsbeständigkeit.

**[0005]** Zur Lösung der Aufgabe wird ein Vorderseitensubstrat für ein Solarmodul offenbart, welches ein Flächengewicht von unter  $500 \text{ g/m}^2$  aufweist und welches ein Material umfasst, welches bei einer Referenzdicke von  $100 \mu\text{m}$  eine Transmissionskurve  $T(\lambda)$  aufweist, welche einen Übergang von einer unteren Transmission  $T_{\text{low}}$  zu einer oberen Transmission  $T_{\text{up}}$  ausbildet und eine dazwischen befindliche Übergangstransmission  $T_{\text{tr}} = 50\%$  in einem Wellenlängenbereich von  $302 \text{ nm}$  bis  $322 \text{ nm}$  aufweist.

**[0006]** Das Vorderseitensubstrat ist insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte vorgesehen.

**[0007]** Mit einem Flächengewicht von unter  $500 \text{ g/m}^2$  kann das Vorderseitensubstrat zu einer Gewichtsreduktion des Solarmoduls beitragen, was für einige mobile Anwendungen vorteilhaft sein kann. Ein gewichtsreduziertes Solarmodul kann insbesondere für bemannte oder unbemannte Flugobjekte, z.B. für Passagierflugzeuge, Segelflugzeuge, Drohnen, ggf. auch Raketen, Satelliten, etc., und

auch für Fahrzeuge oder für mobile Geräte vorteilhaft sein.

**[0008]** Bei einigen dieser Anwendungen, z.B. bei Drohnen oder mobilen Geräten, kann zudem Batteriegewicht eingespart werden, wenn eine Stromversorgung teilweise über ein Solarmodul erfolgen kann.

**[0009]** Bei einigen Anwendungen, insbesondere bei Flugzeugen bzw. Flugobjekten, kann zudem ein hohes UV-Strahlungsniveau oder auch eine Partikelstrahlung herrschen.

**[0010]** Da das Vorderseitensubstrat bei einer Referenzdicke von  $100 \mu\text{m}$  eine Transmissionskurve  $T(\lambda)$  aufweist, welche einen Übergang von einer unteren Transmission  $T_{\text{low}}$  zu einer oberen Transmission  $T_{\text{up}}$  ausbildet und eine dazwischen befindliche Übergangstransmission  $T_{\text{tr}} = 50\%$  in einem Wellenlängenbereich von  $302 \text{ nm}$  bis  $322 \text{ nm}$  aufweist, kann insbesondere für einen kurzwelligen Bereich eine Schutzwirkung für die Solarzelle ermöglicht werden. Insbesondere kann die Transmissionskurve  $T(\lambda)$  eine Schutzwirkung auch für Anwendungen bei Flugzeugen oder Flugobjekten gewährleisten, bei welchen ein hohes UV-Strahlungsniveau herrschen kann. Insgesamt wird damit eine vielseitige Anwendbarkeit für unterschiedlichste mobile Anwendungen ermöglicht.

**[0011]** Indem die Transmissionskurve  $T(\lambda)$  eine Schutzwirkung gezielt gegenüber kurzwelliger Strahlung ermöglicht, können mitunter weitere Filter als Komponenten des Solarmoduls eingespart werden und somit wiederum eine Reduktion des Gewichts und der Kosten erzielt werden.

**[0012]** Gegebenenfalls können zudem in Solarmodulen, welche eine Klebeschicht zur Verbindung des Vorderseitensubstrats mit der Solarzelle bzw. zum Laminieren der Solarzelle umfassen, kostengünstigere Klebermaterialien eingesetzt werden.

**[0013]** Erwähnenswert ist, dass gerade die Kombination aus dem genannten Flächengewicht und der Übergangstransmission, welche eine relativ hohe UV-Kante definiert, derart zusammenwirken, dass sowohl Einsparungen beim Material anderer Komponenten, z.B. des Klebers, des Solarmoduls, möglich werden als auch dessen Gesamtgewicht reduziert werden kann.

**[0014]** Grundsätzlich bezieht sich die o.g. Transmissionskurve  $T(\lambda)$  auf eine Referenzdicke von  $100 \mu\text{m}$ . Eine Umrechnung einer anderen Dicke ist möglich indem für das Glas der abweichenden Dicke eine Dickenmessung, eine Transmissionsmessung sowie eine Dispersionsmessung, also eine Bestimmung des wellenlängenabhängigen Brechungsindex, durchgeführt werden, woraus die Reintransmis-

sion und der Absorptionskoeffizient berechnet werden. Anschließend kann die Reintransmission für die Referenzdicke von 100µm sowie unter Berücksichtigung der Reflektionsverluste die Transmission für die Referenzdicke von 100µm berechnet werden.

**[0015]** In einer Weiterbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Vorderseitensubstrat ein Flächengewicht von unter 400 g/m<sup>2</sup> aufweist, vorzugsweise von unter 300 g/m<sup>2</sup> aufweist, besonders bevorzugt von unter 250 g/m<sup>2</sup> aufweist, nochmals bevorzugter von unter 200 g/m<sup>2</sup> aufweist. Ein Flächengewicht von unter 275 g/m<sup>2</sup> kann ebenfalls bevorzugt sein.

**[0016]** Ferner kann in einer Weiterbildung vorgesehen sein, dass die Übergangstransmission  $T_{tr} = 50\%$  in einem Wellenlängenbereich von 304 nm bis 318 nm liegt, vorzugsweise in einem Wellenlängenbereich von 306 nm bis 314 nm liegt, bevorzugt in einem Wellenlängenbereich von 308 nm bis 312 nm liegt.

**[0017]** Das Vorderseitensubstrat kann insbesondere eine Dicke aufweisen, welche geringer ist als 150pm, vorzugsweise geringer ist als 100µm, besonders bevorzugt geringer ist als 80µm, nochmals bevorzugter geringer ist als 60µm, nochmals bevorzugter geringer ist als 40µm.

**[0018]** Das Vorderseitensubstrat kann somit insbesondere als Ultradünnglas (UTG) ausgebildet sein.

**[0019]** Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Transmissionskurve  $T(\lambda)$  unter einen Wert von  $T_{tr} = 10\%$  sinkt bei einer Wellenlänge in einem Wellenlängenbereich von 288 nm bis 312 nm, vorzugsweise in einem Wellenlängenbereich von 294 nm bis 306 nm, besonders bevorzugt in einem Wellenlängenbereich von 298 bis 302 nm.

**[0020]** Ferner kann bevorzugt vorgesehen sein, dass die Transmissionskurve  $T(\lambda)$  über einen Wert von  $T_{tr} = 90\%$  steigt bei einer Wellenlänge in einem Wellenlängenbereich von 322 nm bis 400 nm, vorzugsweise in einem Wellenlängenbereich von 330 nm bis 380 nm, besonders bevorzugt in einem Wellenlängenbereich von 335 bis 360 nm.

**[0021]** Grundsätzlich kann hierdurch erreicht werden, dass die Transmission im Arbeitsbereich typischer Solarzellen möglichst hoch ist. Beispielsweise kann die Transmission für VIS und NIR größer gleich 91% betragen. Eine hohe Transmission für VIS und NIR ist insbesondere für mobile Anwendungen in größerer Höhe, z.B. bei Flugzeugen bzw. Flugobjekten besonders vorteilhaft. Dies insbesondere im Zusammenhang mit der oben genannten Übergangstransmission, welche für kurzwelligere Strahlung eine relativ hohe UV-Kante ermöglicht.

**[0022]** In einer Weiterbildung kann die untere Transmission  $T_{low}$  kleiner sein als 5%, vorzugsweise kleiner sein als 2,5%, besonders bevorzugt kleiner sein als 1%.

**[0023]** Alternativ oder zusätzlich kann die obere Transmission  $T_{up}$  größer sein als 85%, vorzugsweise größer sein als 87,5%, besonders bevorzugt größer sein als 90%.

**[0024]** In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass die untere Transmission  $T_{low}$  bei einer Wellenlänge von mindestens 250nm vorliegt, vorzugsweise bei einer Wellenlänge von mindestens 275nm vorliegt, besonders bevorzugt bei einer Wellenlänge von mindestens 285nm vorliegt, nochmals bevorzugter bei einer Wellenlänge von mindestens 290nm vorliegt.

**[0025]** Alternativ oder zusätzlich kann in einer Ausführungsform vorgesehen sein, dass die obere Transmission  $T_{up}$  bei einer Wellenlänge von höchstens 375nm vorliegt, vorzugsweise bei einer Wellenlänge von höchstens 350nm vorliegt, besonders bevorzugt bei einer Wellenlänge von höchstens 340nm vorliegt, nochmals bevorzugter bei höchstens 335nm vorliegt.

**[0026]** Beispielsweise kann die Transmissionskurve an zumindest einer Stelle eine Steigung von 2,8 Prozentpunkte/nm aufweisen, insbesondere an einer Stelle zwischen der unteren Transmission  $T_{low}$  und der oberen Transmission  $T_{up}$ , vorzugsweise zwischen einer Transmission von 10% und 80%.

**[0027]** Durch Wahl einer geeigneten Solarisationsbeständigkeit kann das Glas eines Vorderseitensubstrats unter UV-Bestrahlung möglichst transmissionsstabil bleiben, so dass sich die Transmissionskurve, insbesondere die Übergangstransmission möglichst wenig verschiebt.

**[0028]** Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Transmissionskurve, insbesondere die Übergangstransmission  $T_{tr} = 50\%$ , nach einer Bestrahlung für 7 Stunden mit Licht im Wellenlängenbereich von 250nm bis 600nm, insbesondere mit einem Spektrum gemäß **Fig. 5**, eine Verschiebung von weniger als 5,0 nm aufweist, vorzugsweise eine Verschiebung von weniger als 3,0 nm aufweist, besonders bevorzugt eine Verschiebung von weniger als 1,0 nm aufweist, nochmals bevorzugter eine Verschiebung von weniger als 0,5 nm aufweist

**[0029]** Alternativ oder zusätzlich kann gemäß einer weiteren Definition vorgesehen sein, dass die Transmissionskurve, insbesondere die Übergangstransmission  $T_{tr} = 50\%$ , nach einer Bestrahlung für 100 Stunden mit UV-A-Licht mit 210 W/m<sup>2</sup>, UV-B-Licht mit 170 W/m<sup>2</sup> sowie UV-C-Licht mit 250 W/m<sup>2</sup>, insbe-

sondere mit einem Spektrum gemäß **Fig. 6**, eine Verschiebung von weniger als 5,0 nm aufweist, vorzugsweise eine Verschiebung von weniger als 3,0 nm aufweist, besonders bevorzugt eine Verschiebung von weniger als 1,0 nm aufweist, nochmals bevorzugter eine Verschiebung von weniger als 0,5 nm aufweist

**[0030]** In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Material des Vorderseitensubstrats ein Glas umfasst, insbesondere ein Borosilikatglas umfasst, welches eine Glaszusammensetzung aufweist, welche kein  $\text{LiO}_2$  enthält oder  $\text{LiO}_2$  mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält.  $\text{Li}_2\text{O}$  ist eine Komponente im Glas, welche relativ leicht diffundieren kann, und dadurch Halbleiter wie Solarzellen schädigen kann.

**[0031]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Glaszusammensetzung kein  $\text{CaO}$  enthält oder  $\text{CaO}$  mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält. Dies kann insbesondere im Hinblick auf den Elastizitätsmodul bzw. die Flexibilität des Glases gewünscht bzw. vorteilhaft sein.

**[0032]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Glaszusammensetzung kein  $\text{MgO}$  enthält oder  $\text{MgO}$  mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält. Dies kann insbesondere im Hinblick auf den Elastizitätsmodul bzw. die Flexibilität des Glases gewünscht bzw. vorteilhaft sein.

**[0033]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Glaszusammensetzung kein  $\text{BaO}$  enthält oder  $\text{BaO}$  mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält.

**[0034]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Glaszusammensetzung kein  $\text{SrO}$  enthält oder  $\text{SrO}$  mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält.

**[0035]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Glaszusammensetzung kein Antimon ( $\text{Sb}$ ) enthält oder Antimon ( $\text{Sb}$ ) mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger

als 1ppm enthält. Dies kann insbesondere im Hinblick auf die Toxizität bzw. Arbeitssicherheit gewünscht bzw. vorteilhaft sein. Ferner können polyvalente Ionen wie  $\text{Sb}_2\text{O}_3$  sich je nach Glasmatrix mitunter negativ auf die Solarisationsbeständigkeit auswirken.

**[0036]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Glaszusammensetzung kein Arsen ( $\text{As}$ ) enthält oder Antimon ( $\text{As}$ ) mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält. Dies kann insbesondere im Hinblick auf die Toxizität bzw. Arbeitssicherheit gewünscht bzw. vorteilhaft sein. Ferner können polyvalente Ionen wie  $\text{As}_2\text{O}_3$  sich je nach Glasmatrix mitunter negativ auf die Solarisationsbeständigkeit auswirken.

**[0037]** In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Material des Vorderseitensubstrats ein Glas umfasst, insbesondere ein Borosilikatglas umfasst, welches eine Glaszusammensetzung aufweist, welche kein Cer-Oxid enthält oder Cer-Oxid mit einem Anteil von weniger als 500ppm enthält. Dies kann insbesondere im Hinblick auf die Lage der Übergangstransmission und/oder der Effizienz im VIS-NIR-Transmissionsspektrum gewünscht bzw. vorteilhaft sein. Insbesondere kann eine höhere Transmission für blaues Licht erreichbar sein.

**[0038]** Auf Cer-Oxid kann insbesondere je nach Anwendung bewusst verzichtet werden, um eine weitere Kostenreduktion zu ermöglichen, obwohl Cer-Oxid grundsätzlich im Hinblick auf eine Solarisationsbeständigkeit auch vorteilhaft sein kann. Dies kann bei mobilen Anwendungen, insbesondere bei einem zeitlich begrenzten Einsatz, ein besonders vorteilhafter Kompromiss sein.

**[0039]** Cer-Oxid ist ein Element, welches einerseits einer Solarisation des Glases entgegenwirken kann und andererseits die Transmission für blaues Licht verringern kann. Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass eine ausreichende Solarisationsstabilität gegenüber UV-Strahlung auch mit einem Glas erreicht werden kann, welches kein Cer-Oxid enthält oder Cer-Oxid mit einem Anteil von weniger als 500ppm enthält.

**[0040]** In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass das Material des Vorderseitensubstrats ein Glas umfasst, welches eine Glaszusammensetzung aufweist, welche  $\text{TiO}_2$  in einem Anteil von 0,5 bis 10 Gewichtsprozent, vorzugsweise 2 bis 8 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 3 bis 5 Gewichtsprozent enthält.

**[0041]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Glaszusammensetzung  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in einem Anteil von 0 bis 15

Gewichtsprozent, vorzugsweise 3,5 bis 15 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 3,5 bis 4,5 Gewichtsprozent enthält.

**[0042]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Glaszusammensetzung  $\text{SiO}_2$  in einem Anteil von 30 bis 80 Gewichtsprozent, vorzugsweise 50 bis 75 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 60 bis 70 Gewichtsprozent enthält.

**[0043]** Ferner kann vorgesehen sein, dass die Glaszusammensetzung  $\text{B}_2\text{O}_3$  in einem Anteil von 3 bis 20 Gewichtsprozent, vorzugsweise 5,5 bis 9,5 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 7,5 bis 8,8 Gewichtsprozent enthält.

**[0044]** Das Material des Vorderseitensubstrats kann eine Dichte aufweisen, welche geringer ist als  $3,25\text{g/cm}^3$ , vorzugsweise geringer ist als  $3\text{g/cm}^3$ , besonders bevorzugt geringer ist als  $2,75\text{g/cm}^3$ .

**[0045]** In einer Ausführungsform kann das Vorderseitensubstrat einen Elastizitätsmodul aufweisen, welcher höher ist als 68GPa, vorzugsweise höher ist als 70GPa, besonders bevorzugt höher ist als 72GPa und/oder einen Elastizitätsmodul aufweisen, welcher niedriger ist als 78GPa, vorzugsweise niedriger ist als 76GPa, besonders bevorzugt niedriger ist als 74GPa.

**[0046]** Das Material des Vorderseitensubstrats kann einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten in einem Temperaturbereich von  $20^\circ\text{C}$  bis  $300^\circ\text{C}$  aufweisen, welcher größer ist als  $4 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ , vorzugsweise größer ist als  $5 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ , besonders bevorzugt größer ist als  $6 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ , nochmals bevorzugter größer ist als  $7 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ .

**[0047]** Der thermische Ausdehnungskoeffizient kann damit z.B. in vorteilhafter Weise an denjenigen eines Solarmoduls, insbesondere an denjenigen einer Klebeschicht, einer Solarzelle und/oder eines Rückseitenelements angepasst sein oder umgekehrt. Z.B. können Kosteneinsparungen bei einem Rückseitenelement durch günstigere Materialien in Betracht kommen.

**[0048]** Das Vorderseitensubstrat kann eine Abmessung aufweisen, welche größer ist als 35cm, vorzugsweise größer ist als 45cm, besonders bevorzugt größer ist als 60cm, und/oder eine, insbesondere zweite, bspw. orthogonale, Abmessung aufweisen, welche größer ist als 65cm, vorzugsweise größer ist als 75cm, besonders bevorzugt größer ist als 90cm. Möglich ist beispielsweise ein Vorderseitensubstrat mit Abmessungen von  $55 \times 80$  cm.

**[0049]** Ein Vorteil der genannten, relativ großen Abmessungen ist es, dass die Solarzellen in einem Solarmodul mit möglichst wenigen Vorderseiten-

substraten abdeckbar sind, so dass der Handling- und Klebeaufwand reduziert werden kann. Die genannten, relativ großen Abmessungen können insbesondere erst im Zusammenhang mit den o.g. Glasdicken, z.B. UTG, technisch standardmäßig und kostengünstig realisierbar sein.

**[0050]** Die Erfindung betrifft ferner eine Vorderseiteneinheit für ein Solarmodul, insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte, umfassend ein Vorderseitensubstrat wie vorstehend beschrieben und eine Klebeschicht, welche flächig auf dem Vorderseitensubstrat aufgebracht ist.

**[0051]** Die Erfindung betrifft ferner ein Solarmodul, insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte, umfassend ein Vorderseitensubstrat wie vorstehend beschrieben, vorzugsweise ein Rückseitenelement, welches insbesondere als Modulrahmen ausgebildet ist, eine Solarzelle, welche vorzugsweise zwischen dem Rückseitenelement und dem Vorderseitensubstrat angeordnet ist, und eine Klebeschicht, welche das Vorderseitensubstrat mit der Solarzelle verbindet.

**[0052]** Eine Klebeschicht kann zumindest eines der folgenden Materialien umfassen: Butylpolymer, EVA, PVB, SMP (silyl-modified polymer), transparentes Silikon.

**[0053]** Ferner betrifft die Erfindung die Verwendung eines Vorderseitensubstrats wie vorstehend beschrieben oder einer Vorderseiteneinheit wie vorstehend beschrieben für ein Solarmodul, insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte.

**[0054]** Schließlich betrifft die Erfindung noch die Verwendung eines Solarmoduls wie vorstehend beschrieben für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte.

**[0055]** Die Erfindung wird nachfolgend näher unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben. Dabei zeigen:

**Fig. 1:** eine schematische Darstellung in Aufsicht eines Vorderseitensubstrats,

**Fig. 2:** eine schematische Darstellung in Schnittansicht einer Vorderseiteneinheit mit einem Vorderseitensubstrat und einer Klebeschicht,

**Fig. 3:** eine schematische Darstellung in Schnittansicht eines Solarmoduls,

**Fig. 4:** einen Graphen der Transmissionskurve eines Vorderseitensubstrats mit einer Dicke von 100µm vor und nach Solarisationsbestrahlung mit einem Strahler mit einer Energieverteilung gemäß **Fig. 6**,

**Fig. 5:** einen Graphen einer relativen spektralen Energieverteilung eines Strahlers zur Untersuchung der Solarisationsbeständigkeit,

**Fig. 6:** einen Graphen einer relativen spektralen Energieverteilung eines weiteren Strahlers zur Untersuchung der Solarisationsbeständigkeit.

**[0056]** **Fig. 1-3** zeigen ein Vorderseitensubstrat 100 (**Fig. 1**), eine Vorderseiteneinheit 10 mit einem Vorderseitensubstrat 100 und einer auf einer Seite des Vorderseitensubstrats 100 flächig aufgetragenen Klebeschicht 110 (**Fig. 2**) sowie ein Solarmodul 1 mit einer Solarzelle 200 welche zwischen einem Vorderseitensubstrat 100 (bzw. einer Vorderseiteneinheit 10) und einem Rückseitenelement 300 angeordnet ist, wobei die Vorderseiteneinheit 100 mittels der Klebeschicht 110 flächig mit einer Oberfläche der Solarzelle 200 verklebt ist (**Fig. 3**).

**[0057]** Das Vorderseitensubstrat weist hierbei ein Flächengewicht von unter 500 g/m<sup>2</sup> auf, beispielsweise ein Flächengewicht von 251 g/m<sup>2</sup> und eine Dicke von 100µm. Ferner weist das Vorderseitensubstrat z.B. eine Glaszusammensetzung auf, welche folgende Anteile in Gewichtsprozent enthält:

SiO <sub>2</sub>	63,8 - 64,8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,2 - 4,4
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,4 - 8,6
Na <sub>2</sub> O	5,5 - 6,7
K <sub>2</sub> O	6,3 - 7,3
ZnO	5,2 - 6,7
TiO <sub>2</sub>	3,6 - 4,6
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,4 - 1,2
Cl	0,05 - 1,3

**[0058]** **Fig. 4** zeigt Transmissionskurven eines solchen beispielhaften Vorderseitensubstrats mit einer Dicke von 100µm vor und nach einem Solarisationstest in welchem das Substrat für 100 Stunden mit UV-A-Licht mit 210 W/m<sup>2</sup>, UV-B-Licht mit 170 W/m<sup>2</sup> sowie UV-C-Licht mit 250 W/m<sup>2</sup> bestrahlt wurde. Das Bestrahlungsspektrum ist in **Fig. 6** gezeigt. Es zeigt sich, dass die Transmissionskurve und die Übergangstransmission  $T_{tr} = 50\%$  eine Verschiebung von weniger als 1nm aufweisen.

**[0059]** Eine weitere beispielhafte Glaszusammensetzung umfasst folgende Anteile in Gewichtspro-

zent, wobei eine Verunreinigung mit Eisen im Bereich von ≤ 50ppm liegt:

SiO <sub>2</sub>	63,4 - 64,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,3 - 4,4
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,2 - 8,6
Na <sub>2</sub> O	5,7 - 6,7
K <sub>2</sub> O	6,4 - 7,4
ZnO	4,8 - 6,5
TiO <sub>2</sub>	3,2 - 4,3
Se	0,005 - 0,1

**[0060]** Für die beiden genannten Glaszusammensetzungen wurden zudem Solarisationsuntersuchungen für ein Vorderseitensubstrat mit einer Dicke von 1mm durchgeführt, wobei alternativ eine Bestrahlung mit einem Spektrum gemäß **Fig. 5** für 7 Stunden angewendet wurde. Auch hierbei zeigte sich, dass die Transmissionskurve und die Übergangstransmission  $T_{tr} = 50\%$  eine Verschiebung von weniger als 1nm aufweisen.

**[0061]** Eine weitere beispielhafte Glaszusammensetzung umfasst folgende Anteile in Gewichtsprozent:

SiO <sub>2</sub>	61,5 - 65,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,8 - 4,5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,5 - 10,5
Na <sub>2</sub> O	6,0 - 7,0
K <sub>2</sub> O	6,6 - 7,7
ZnO	6,0 - 8,5
TiO <sub>2</sub>	3,0 - 4,0

**[0062]** Eine weitere beispielhafte Glaszusammensetzung umfasst folgende Anteile in Gewichtsprozent:

SiO <sub>2</sub>	61 - 71
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5 - 8
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9 - 14
Na <sub>2</sub> O	9 - 10
CaO	2 - 3,5
ZnO	0 - 1
TiO <sub>2</sub>	0,0 - 6,0
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0 - 1

wobei insbesondere eine Glaszusammensetzung vorgesehen sein kann, welche folgende Anteile in

Gewichtsprozent umfasst:

SiO <sub>2</sub>	62,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,7
Na <sub>2</sub> O	9,1
CaO	3
ZnO	0,8
TiO <sub>2</sub>	4
Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,1

**[0063]** Insbesondere kann eine Glaszusammensetzung wie vorstehend beschrieben, aber auch eine Glaszusammensetzung unabhängig von den anderen vorstehend genannten Komponenten, einen Anteil von Titanoxid umfassen, welcher im Bereich von 0-6, insbesondere im Bereich von 3-5, z.B. bei 4 liegt. Ferner kann die Glaszusammensetzung alternativ oder zusätzlich zu einem solchen Anteil oder einem in der oder den Tabellen genannten Anteil von Titanoxid eine Komponente umfassen, welche vorzugsweise als UV-Absorber wirkt. In Betracht kommt beispielsweise ein im Hinblick auf die UV-Absorption wirksamer Anteil eines oder mehrerer der folgenden Komponenten: Cer (z.B. in Form von CeO<sub>2</sub>), Antimon (z.B. in Form von Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), wobei ein Antimon-Gehalt bevorzugt einen Anteil von 1 Gewichtsprozent nicht übersteigen sollte, Zinn (z.B. in Form von SnO<sub>2</sub>), Niob (z.B. in Form von Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Eisen (in Form von Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), insbesondere mit einem entsprechend eingestellten Fe<sup>2+</sup>/Fe<sup>3+</sup>-Redoxverhältnis.

**[0064]** Eine nochmals weitere beispielhafte Glaszusammensetzung umfasst folgende Anteile in Gewichtsprozent:

SiO <sub>2</sub>	58,0 - 59,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,5 - 5,5
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,5 - 15,5
K <sub>2</sub> O	9,5 - 10,5
BaO	9,5 - 10,5
TiO <sub>2</sub>	0,08 - 0,12
CeO <sub>2</sub>	0,5 - 1,5

**[0065]** Insbesondere bei den beispielhaften Gläsern ohne Cer-Oxid können die Rohglaskosten geringgehalten werden, so dass ein Vorderseitensubstrat mit den genannten Eigenschaften kostengünstig herstellbar ist. In Zusammenhang mit einem Flächengewicht von unter 500 g/m<sup>2</sup>, z.B. unter 300 g/m<sup>2</sup>, kann somit sowohl eine Reduktion des Gewichts als auch der Kosten eines Solarmoduls erzielt werden und

zudem aufgrund der Übergangstransmission eine geeignete Schutzwirkung für Komponenten des Solarmoduls, wie bspw. einer Klebeschicht, auch unter Bedingungen hoher UV-Strahlung erzielt werden, wodurch wiederum kostengünstigere Klebeschichten verwendet werden können, so dass sich insgesamt an mehreren Stellen ein Kosteneinsparungspotenzial und eine besonders geeignete Anwendung für mobile Anwendungen wie beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte ergibt.

### Patentansprüche

1. Vorderseitensubstrat für ein Solarmodul, insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte, wobei das Vorderseitensubstrat ein Flächengewicht von unter 500 g/m<sup>2</sup> aufweist, und wobei das Vorderseitensubstrat ein Material umfasst, welches bei einer Referenzdicke von 100µm eine Transmissionskurve T(λ) aufweist, welche einen Übergang von einer unteren Transmission T<sub>low</sub> zu einer oberen Transmission T<sub>up</sub> ausbildet und eine dazwischen befindliche Übergangstransmission T<sub>tr</sub> = 50% in einem Wellenlängenbereich von 302 nm bis 322 nm aufweist.

2. Vorderseitensubstrat gemäß dem vorstehenden Anspruch, wobei das Vorderseitensubstrat ein Flächengewicht von unter 400 g/m<sup>2</sup> aufweist, vorzugsweise von unter 300 g/m<sup>2</sup> aufweist, besonders bevorzugt von unter 250 g/m<sup>2</sup> aufweist, nochmals bevorzugter von unter 275 g/m<sup>2</sup> aufweist, nochmals bevorzugter von unter 200 g/m<sup>2</sup> aufweist, und/oder wobei die Übergangstransmission T<sub>tr</sub> = 50% in einem Wellenlängenbereich von 304 nm bis 318 nm liegt, vorzugsweise in einem Wellenlängenbereich von 306 nm bis 314 nm liegt, bevorzugt in einem Wellenlängenbereich von 308 nm bis 312 nm liegt.

3. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Vorderseitensubstrat eine Dicke aufweist, welche geringer ist als 150µm, vorzugsweise geringer ist als 100µm, besonders bevorzugt geringer ist als 80µm, nochmals bevorzugter geringer ist als 60µm, nochmals bevorzugter geringer ist als 40µm.

4. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Transmissionskurve T(λ) unter einen Wert von T<sub>tr</sub> = 10% sinkt bei einer Wellenlänge in einem Wellenlängenbereich von 288 nm bis 312 nm, vorzugsweise in einem Wellenlängenbereich von 294 nm bis 306 nm, besonders bevorzugt in einem Wellenlängenbereich von 298 bis 302 nm, und/oder

wobei die Transmissionskurve  $T(\lambda)$  über einen Wert von  $T_{tr} = 90\%$  steigt bei einer Wellenlänge in einem Wellenlängenbereich von 322 nm bis 400 nm, vorzugsweise in einem Wellenlängenbereich von 330 nm bis 380 nm, besonders bevorzugt in einem Wellenlängenbereich von 335 bis 360 nm.

5. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die untere Transmission  $T_{low}$  kleiner ist als 5%, vorzugsweise kleiner ist als 2,5%, besonders bevorzugt kleiner ist als 1%, und/oder wobei die obere Transmission  $T_{up}$  größer ist als 85%, vorzugsweise größer ist als 87,5%, besonders bevorzugt größer ist als 90%.

6. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die untere Transmission  $T_{low}$  bei einer Wellenlänge von mindestens 250nm vorliegt, vorzugsweise bei einer Wellenlänge von mindestens 275nm vorliegt, besonders bevorzugt bei einer Wellenlänge von mindestens 285nm vorliegt, nochmals bevorzugter bei einer Wellenlänge von mindestens 290nm vorliegt und/oder wobei die obere Transmission  $T_{up}$  bei einer Wellenlänge von höchstens 375nm vorliegt, vorzugsweise bei einer Wellenlänge von höchstens 350nm vorliegt, besonders bevorzugt bei einer Wellenlänge von höchstens 340nm vorliegt, nochmals bevorzugter bei höchstens 335nm vorliegt.

7. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Transmissionskurve an zumindest einer Stelle eine Steigung von 2,8 Prozentpunkte/nm aufweist, insbesondere an einer Stelle zwischen der unteren Transmission  $T_{low}$  und der oberen Transmission  $T_{up}$ , vorzugsweise zwischen einer Transmission von 10% und 80%.

8. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Transmissionskurve, insbesondere die Übergangstransmission  $T_{tr} = 50\%$ , nach einer Bestrahlung für 7 Stunden mit Licht im Wellenlängenbereich von 250nm bis 600nm, insbesondere mit einem Spektrum gemäß **Fig. 5**, eine Verschiebung von weniger als 5,0 nm aufweist, vorzugsweise eine Verschiebung von weniger als 3,0 nm aufweist, besonders bevorzugt eine Verschiebung von weniger als 1,0 nm aufweist, nochmals bevorzugter eine Verschiebung von weniger als 0,5 nm aufweist und/oder wobei die Transmissionskurve, insbesondere die Übergangstransmission  $T_{tr} = 50\%$ , nach einer Bestrahlung für 100 Stunden mit UV-A-Licht mit 210 W/m<sup>2</sup>, UV-B-Licht mit 170 W/m<sup>2</sup> sowie UV-C-Licht mit 250 W/m<sup>2</sup>, insbesondere mit einem Spektrum gemäß **Fig. 6**, eine Verschiebung von weniger

als 5,0 nm aufweist, vorzugsweise eine Verschiebung von weniger als 3,0 nm aufweist, besonders bevorzugt eine Verschiebung von weniger als 1,0 nm aufweist, nochmals bevorzugter eine Verschiebung von weniger als 0,5 nm aufweist.

9. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Material des Vorderseitensubstrats ein Glas umfasst, insbesondere ein Borosilikatglas umfasst, welches eine Glaszusammensetzung aufweist, welche kein LiO<sub>2</sub> enthält oder LiO<sub>2</sub> mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält und/oder

wobei die Glaszusammensetzung kein CaO enthält oder CaO mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält und/oder

wobei die Glaszusammensetzung kein MgO enthält oder MgO mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält und/oder

wobei die Glaszusammensetzung kein BaO enthält oder BaO mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält und/oder

wobei die Glaszusammensetzung kein SrO enthält oder SrO mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält und/oder

wobei die Glaszusammensetzung kein Antimon (Sb) enthält oder Antimon (Sb) mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält und/oder

wobei die Glaszusammensetzung kein Arsen (As) enthält oder Arsen(As) mit einem Anteil von weniger als 50ppm enthält, vorzugsweise von weniger als 10ppm enthält, besonders bevorzugt von weniger als 5ppm enthält, nochmals bevorzugter von weniger als 1ppm enthält.

10. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Material des Vorderseitensubstrats ein Glas umfasst, insbesondere ein Borosilikatglas umfasst, welches eine Glaszusammensetzung aufweist, welche kein Cer-Oxid

enthält oder Cer-Oxid mit einem Anteil von weniger als 500ppm enthält.

11. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Material des Vorderseitensubstrats ein Glas umfasst, welches eine Glaszusammensetzung aufweist, welche  $\text{TiO}_2$  in einem Anteil von 0,5 bis 10 Gewichtsprozent, vorzugsweise 2 bis 8 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 3 bis 5 Gewichtsprozent enthält und/oder wobei die Glaszusammensetzung  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in einem Anteil von 0 bis 15 Gewichtsprozent, vorzugsweise 3,5 bis 15 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 3,5 bis 4,5 Gewichtsprozent enthält und/oder wobei die Glaszusammensetzung  $\text{SiO}_2$  in einem Anteil von 30 bis 80 Gewichtsprozent, vorzugsweise 50 bis 75 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 60 bis 70 Gewichtsprozent enthält und/oder wobei die Glaszusammensetzung  $\text{B}_2\text{O}_3$  in einem Anteil von 3 bis 20 Gewichtsprozent, vorzugsweise 5,5 bis 9,5 Gewichtsprozent, besonders bevorzugt 7,5 bis 8,8 Gewichtsprozent enthält.

12. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Material des Vorderseitensubstrats eine Dichte aufweist, welche geringer ist als  $3,25\text{g/cm}^3$ , vorzugsweise geringer ist als  $3\text{g/cm}^3$ , besonders bevorzugt geringer ist als  $2,75\text{g/cm}^3$ .

13. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Material des Vorderseitensubstrats einen Elastizitätsmodul aufweist, welcher höher ist als 68GPa, vorzugsweise höher ist als 70GPa, besonders bevorzugt höher ist als 72GPa, und/oder wobei das Material des Vorderseitensubstrats einen Elastizitätsmodul aufweist, welcher niedriger ist als 78GPa, vorzugsweise niedriger ist als 76GPa, besonders bevorzugt niedriger ist als 74GPa.

14. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Material des Vorderseitensubstrats einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten in einem Temperaturbereich von  $20^\circ\text{C}$  bis  $300^\circ\text{C}$  aufweist, welcher größer ist als  $4 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ , vorzugsweise größer ist als  $5 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ , besonders bevorzugt größer ist als  $6 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ , nochmals bevorzugter größer ist als  $7 \times 10^{-6}\text{K}^{-1}$ .

15. Vorderseitensubstrat gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Vorderseitensubstrat eine Abmessung aufweist, welche größer ist als 35cm, vorzugsweise größer ist als 45cm, besonders bevorzugt größer ist als 60cm, und/oder wobei das Vorderseitensubstrat eine, insbesondere zweite, Abmessung aufweist, welche größer ist als

65cm, vorzugsweise größer ist als 75cm, besonders bevorzugt größer ist als 90cm.

16. Vorderseiteneinheit für ein Solarmodul, insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte, umfassend: ein Vorderseitensubstrat gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 und eine Klebeschicht, welche flächig auf dem Vorderseitensubstrat aufgebracht ist.

17. Solarmodul, insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte, umfassend: ein Vorderseitensubstrat gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, vorzugsweise ein Rückseitenelement, welches insbesondere als Modulrahmen ausgebildet ist, eine Solarzelle, welche vorzugsweise zwischen dem Rückseitenelement und dem Vorderseitensubstrat angeordnet ist, und eine Klebeschicht, welche das Vorderseitensubstrat mit der Solarzelle verbindet.

18. Vorderseiteneinheit gemäß Anspruch 16 oder Solarmodul gemäß Anspruch 17, wobei die Klebeschicht zumindest eines der folgenden Materialien umfasst: Butylpolymer, EVA, PVB, SMP (silyl-modified polymer), transparentes Silikon.

19. Verwendung eines Vorderseitensubstrats gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 oder einer Vorderseiteneinheit gemäß Anspruch 16 für ein Solarmodul, insbesondere für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte.

20. Verwendung eines Solarmoduls gemäß Anspruch 16 für mobile Anwendungen, beispielsweise mobile Geräte, Verkehrsmittel, Transportmittel oder bemannte oder unbemannte Flugobjekte.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

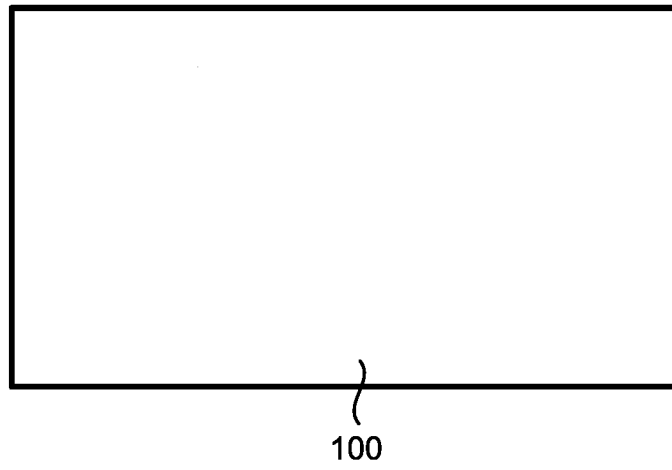


Fig. 2



Fig. 3

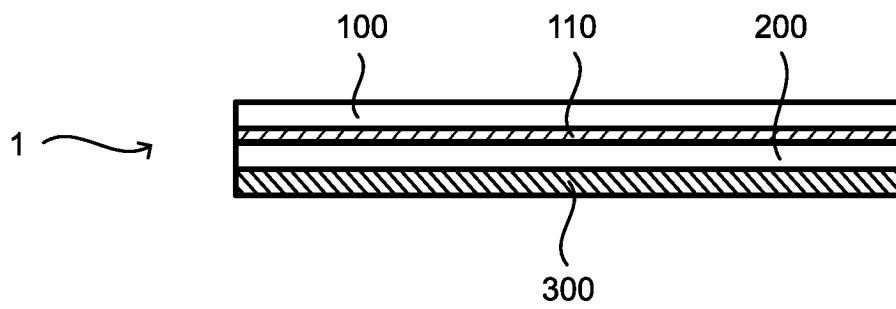


Fig. 4

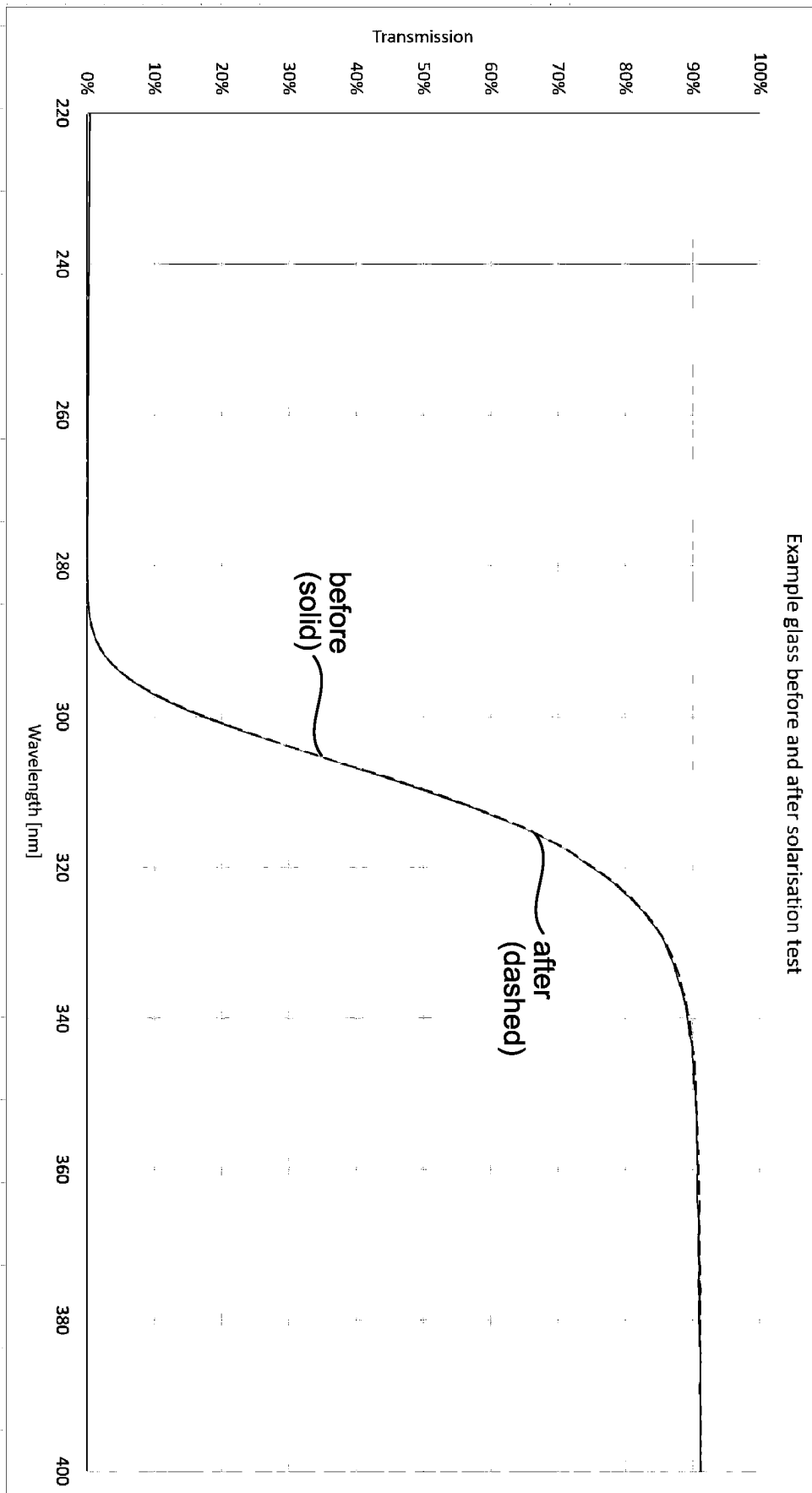


Fig. 5

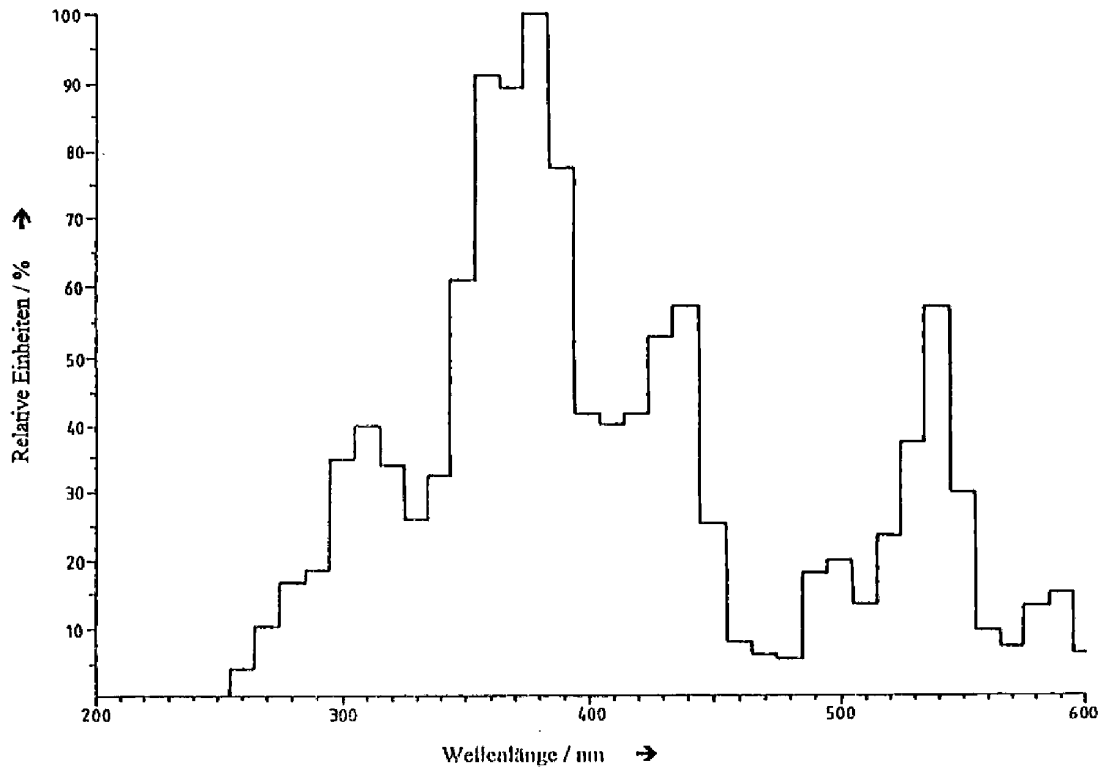


Fig. 6

