

(12)

# Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50809/2019 (51) Int. Cl.: **H01L 31/048** (2014.01)  
(22) Anmeldetag: 18.09.2019  
(45) Veröffentlicht am: 15.05.2023

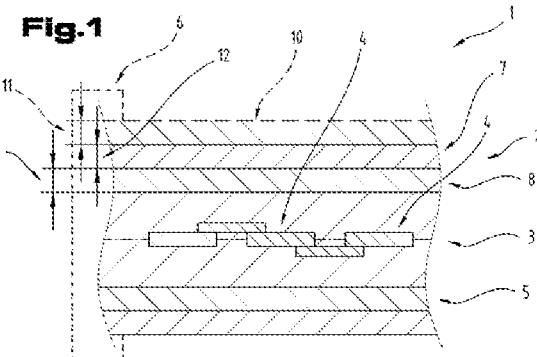
---

(56) Entgegenhaltungen: EP 0769818 A2 WO 2016183604 A1 US 2011023943 A1 DE 102011053030 A1 WO 2013119113 A1 KR 20160120950 A US 6114046 A	(73) Patentinhaber: Lenzing Plastics GmbH & Co KG 4860 Lenzing (AT)
	(72) Erfinder: Brandstätter Andreas Dipl.Ing. Dr. 4851 Gampern (AT)
	(74) Vertreter: Fabian & Schögl Patentanwälte OG 4814 Neukirchen bei Altmünster (AT)

---

## (54) Photovoltaikelement

(57) Die Erfindung betrifft ein Photovoltaikelement (1) umfassend ein oberes Einbettfolienmaterial (2) und ein unteres Einbettfolienmaterial (5), wobei zwischen dem oberen und dem unteren Einbettfolienmaterial (2, 5) Photovoltaikzellen (4) eingebettet sind, und das obere Einbettfolienmaterial (2) durch ein Verbundmaterial gebildet ist, das eine Kunststoffschicht (7) und transparente Fasern umfasst. Die Kunststoffschicht (7) weist einen physikalisch vernetzten Kunststoff auf. Die Photovoltaikzellen (4) sind in einem Kunststoff und den Photovoltaikzellen (4) mit deren elektrischen Kontaktierungen gebildeten Photovoltaikschicht (3) eingebettet.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Photovoltaikelement umfassend ein oberes Einbettfolienmaterial und ein unteres Einbettfolienmaterial, wobei zwischen dem oberen und dem unteren Einbettfolienmaterial Photovoltaikzellen eingebettet sind, und das obere Einbettfolienmaterial durch ein Verbundmaterial gebildet ist, das eine Kunststoffschicht und transparente Fasern umfasst.

**[0002]** Ein handelsübliches Photovoltaikmodul besteht an der Vorderseite (der der Sonne zugewandten Seite) aus einer Glasscheibe, einer darunter liegenden transparenten Einbettfolie, um die PV-Zellen und deren elektrische Verdrahtung (Lötbändchen) zum Glas hin einzubetten. Unterhalb der Elektronik mit den PV-Zellen befindet sich typischerweise wieder eine Einbettfolie und der rückseitige Abschluss bildet ein Folienlaminat, die sogenannte Rückseitenfolie, die beispielsweise aus einem PVF-PET-PVF-Laminat (Polyvinylfluorid-Polyethylenterephthalat-Polyvinylfluorid-Laminat) gebildet ist. Die Einbettfolien sind typischerweise aus EVA (Polyethylen-Vinylacetat) aufgebaut. Alle Schichten werden beim Zusammenbau der Module übereinandergelegt und miteinander thermisch laminiert. Das EVA wird chemisch vernetzt. Beim Laminieren bildet sich aus der bis dahin milchigen EVA-Folie eine klare, dreidimensional vernetzte und nicht mehr aufschmelzbare Kunststoffschicht, in der die PV-Zellen eingebettet sind und die fest mit der Glasscheibe und der Rückseitenfolie verbunden ist.

**[0003]** Es gibt aber auch flexible Photovoltaikelemente bei denen die Glasscheibe durch ein Polymermaterial ersetzt ist. Beispielsweise zeigt die EP 2 863 443 A1 ein Photovoltaik-Panel mit zumindest einer Solarzelle, welche zumindest an ihrer dem Licht zugewandten Seite und ihrer gegenüberliegenden, dem Licht abgewandten Seite mit einem transparenten Verbundmaterial bedeckt ist, das ein mit Glasfasern verstärkter Kunststoff auf Basis eines Acrylats enthaltend Epoxigruppen ist. Auf der lichtzugewandten Seite sind die Solarzellen in eine Schicht aus EVA (Ethylenvinylacetat) eingebettet. Es wird damit nicht nur ein möglichst flexibles Panel zur Verfügung gestellt, sondern weist dieses auch ein relativ geringes Gewicht auf.

**[0004]** Aus der EP 0 769 818 A2 ist ein Solarzellenmodul bekannt, umfassend ein Solarzellelement und mindestens ein oberflächenseitiges Abdeckmaterial, das auf der lichtempfangsseitigen Seite des Solarzellelementes positioniert ist, wobei die oberflächenseitige Abdeckung mindestens ein Einkapselungselement, ein Glasfaservlies und eine Oberflächenschutzfolie umfasst, wobei das Glasfaservlies eine Textur aufweist, die mit einem Acrylharz gebunden ist.

**[0005]** Die WO 2016/183604 A1 beschreibt ein Photovoltaikelement umfassend ein oberes Einbettfolienmaterial und ein unteres Einbettfolienmaterial, wobei zwischen dem oberen und dem unteren Einbettfolienmaterial Photovoltaikzellen eingebettet sind, sowie ein Rückseitenfolienmaterial, das in Einbaurage des Photovoltaikelements unterhalb des unteren Einbettfolienmaterials angeordnet ist, und das durch eine Verbundfolie gebildet ist, die zumindest eine Kunststoffschicht und zumindest eine Faserverstärkung umfasst. Zumindest eines der beiden Einbettfolienmaterialien kann einen physikalisch vernetzten Kunststoff aufweisen.

**[0006]** Die US 2011/023943 A1 beschreibt eine Mischungszusammensetzung, die als vernetzbare Einkapselungsschicht verwendbar ist und im Wesentlichen aus zwei Ethylencopolymeren und gegebenenfalls einem oder mehreren Additiven besteht. Das erste Ethylencopolymer umfasst copolymerisierte Ethyleneinheiten, gegebenenfalls ein erstes Olefin mit der Formel  $CH_2 = C (R1) CO_2 R2$  und ein zweites Olefin mit der Formel  $CH_2 = C (R3) COOH$ . Das zweite Ethylencopolymer besteht im Wesentlichen aus copolymerisierten Ethyleneinheiten, gegebenenfalls einem ersten Olefin mit der Formel  $CH_2 = C (R1) CO_2 R2$  und einem dritten Olefin mit der Formel  $CH_2 = C (R4) D$ . R1, R3 und R4 sind Wasserstoff oder eine Alkylgruppe, R2 ist eine Alkylgruppe, und D eine Einheit, die eine Epoxygruppe enthält. Weiterhin sind Solarzellenmodule vorgesehen, die die Einkapselungsschicht umfassen. Die Einkapselungsschicht umfasst die Mischungszusammensetzung oder das Produkt der Vernetzung der Mischungszusammensetzung, in der einige Säuregruppen des zweiten Olefins mit einigen Epoxygruppen des dritten Olefins reagiert haben.

**[0007]** Aus der DE 10 2011 053 030 A1 ist ein Solarmodul bekannt, umfassend eine erste

Schicht, eine über der ersten Schicht angeordnete Solarzelle und eine über der Solarzelle angeordnete zweite Schicht, wobei die erste und/oder die zweite Schicht einen Faserverbundwerkstoff umfassen, welcher ein thermisch und mittels elektromagnetischer Strahlung vernetztes Polyurethanpolymer umfasst und wobei das Material der Fasern des Faserverbundwerkstoffes wenigstens im Bereich des sichtbaren Lichts transparent ist.

**[0008]** Die WO 2013/119113 A1 beschreibt ein Photovoltaikmodul, umfassend eine Platte, die mindestens eine Photovoltaikzelle umfasst, und eine Schicht aus Einkapselungsmaterial, die mindestens die lichteinfallende Seite der Platte bedeckt, wobei das Einkapselungsmaterial ein transparentes Verbundmaterial umfasst, das ein faserverstärktes thermoplastisches Polymer umfasst.

**[0009]** Die KR 2016-0120950 A betrifft ein Einkapselungsmaterial für ein Photozellenmodul, ein Herstellungsverfahren dafür und ein Photozellenmodul, das ein Einkapselungsmaterial enthält. Das Einkapselungsmaterial umfasst eine Schicht, die Glasfasern enthält, um damit den Flammenschutz zu verbessern.

**[0010]** Die US 6,114,046 A beschreibt u.a. ein Verfahren zur Herstellung eines Einbettmaterials, bei dem man eine Folie aus Metallocen-Polyethylen bereitstellt, eine erste Schicht aus einem Ionomer an eine vordere Oberfläche der Folie aus Metallocen-Polyethylen anlegt, und eine zweite Schicht aus einem Ionomer an eine rückseitige Oberfläche der Folie aus Metallocen-Polyethylen anlegt, wobei jede der beiden Ionomerschichten zumindest 4 Gew.-% freien Säureanteil aufweisen.

**[0011]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Photovoltaikelement hinsichtlich seiner Eigenschaft als gebäudeintegriertes Element (BIPV) zu verbessern.

**[0012]** Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Photovoltaikelement dadurch gelöst, dass die Kunststoffschicht des oberen Einbettfolienmaterials einen physikalisch vernetzten Kunststoff aufweist und dass die Photovoltaikzellen in einer aus einem Kunststoff und den Photovoltaikzellen mit deren elektrischen Kontaktierungen gebildeten Photovoltaikschicht eingebettet sind.

**[0013]** Von Vorteil ist dabei, dass durch die Verwendung des oberen Einbettfolienmaterials keine Glasscheibe mehr zur Abdeckung nach außen erforderlich ist, wobei durch den physikalisch vernetzten Kunststoff die Entstehung von Spaltprodukten aus dem Polymer während der Verwendung des Photovoltaikelements vermieden werden. Darüber hinaus kann damit auch der Laminationsprozess an sich vereinfacht werden. Durch die Verwendung eines physikalisch vernetzten Kunststoffes kann die Laminationszeit reduziert werden, da keine chemische Vernetzungsreaktion notwendig ist. Durch die Faserschicht an sich können die Photovoltaikzellen nach außen hin abgedeckt werden, womit das äußere Erscheinungsbild des Photovoltaikelements verändert werden kann, da die Photovoltaikzellen nicht mehr sichtbar sind bzw. in der Durchsicht durch die Faserschicht ein anderes Aussehen aufweisen. Durch diese Veränderung kann das Photovoltaikelement besser in eine Gebäudefassade oder in ein Gebäudeelement integriert werden. Es kann damit ein der Sonne zugewandtes oberes Einbettfolienmaterial zur Verfügung gestellt werden, das trotz der Abdeckung der Photovoltaikzellen eine relative hohe Transmission für Sonnenlicht aufweist.

**[0014]** Der physikalisch vernetzte Kunststoff der Kunststoffschicht des Einbettfolienmaterials kann gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante ein Ionomer sein. Es können damit die optischen Eigenschaften, wie Brechungsindex und Transmissionsgrad, über die gesamte Lebensdauer des Photovoltaikelements verbessert werden. Insbesondere können die optischen Eigenschaften der Faserschicht nicht bzw. nur geringfügig verändert erhalten bleiben. Darüber hinaus kann damit dem oberen Einbettfolienmaterial eine bessere Kratzfestigkeit verliehen werden, womit das Photovoltaikelement besser an die Umweltbelastungen angepasst werden kann. Die verbesserte Kratzfestigkeit trägt ebenfalls zum Erhalt der optischen Eigenschaften des Photovoltaikelements über einen längeren Zeitraum bei.

**[0015]** Bevorzugt ist das Ionomer gemäß einer Ausführungsvariante des Photovoltaikelements ein Zink-Ionomer auf Basis Ethylen/ Metacrylsäure-Copolymer. Im Vergleich zu anderen Ionomer-

ren weist dieses Ionomer gute Fließeigenschaften, eine hohe Schlagzähigkeit und eine geringe Feuchtigkeitsaufnahme auf. Darüber hinaus kann damit auch eine verbesserte Haftung an der Faserschicht erreicht werden.

**[0016]** Nach einer anderen Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes kann vorgesehen sein, dass die transparenten Fasern eine eigene Faserschicht bilden, womit eine bessere Anbindung des oberen Einbettfolienmaterials an die Schicht mit den Photovoltaikzellen erreicht werden kann.

**[0017]** Es kann dabei nach einer weiteren Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes vorgesehen sein, dass die Faserschicht einen Anteil an dem Kunststoff der Kunststoffschicht des oberen Einbettfolienmaterials von maximal 10 Gew.-% aufweist. Durch die Vermeidung der Durchdringung der Faserschicht mit dem Kunststoff der Kunststoffschicht des oberen Einbettfolienmaterials, kann eine weitere Verbesserung der voranstehend genannten Effekte betreffend die Veränderung der die optischen Eigenschaften der Faserschicht erreicht werden.

**[0018]** Nach einer Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes kann vorgesehen sein, dass der Kunststoff der Kunststoffschicht des oberen Einbettfolienmaterials bis zu einer Dicke der Faserschicht enthalten ist, die maximal 20 % der Gesamtdicke der Faserschicht beträgt. Es können damit die voranstehend genannten Effekte verbessert werden, wobei gleichzeitig bei einem geringfügigen Eindringen des Kunststoffes der Kunststoffschicht in die Faserschicht die Anbindung der Kunststoffschicht an die Faserschicht verbessert werden kann.

**[0019]** Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes kann vorgesehen sein, dass die Faserschicht ein Flächengewicht von mindestens 100 g/m<sup>2</sup> und maximal 150 g/m<sup>2</sup> aufweist. Es sind damit relativ hohe Lichtausbeuten der Photovoltaikzellen erreichbar, da mit einem Gewebe dieses Flächengewichts Werte für die Transmission von deutlich mehr als 50 % erhalten werden können.

**[0020]** Von Vorteil kann weiter sein, wenn nach einer anderen Ausführungsvariante das Gewebe der Faserschicht ein Glasfilamentgewebe ist. Es kann damit die strukturelle Festigkeit des Einbettfolienmaterials verbessert werden, sodass ein damit ausgerüstetes Photovoltaikelement den Umweltbedingungen besser standhalten kann.

**[0021]** Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass das untere Einbettfolienmaterial gleich ausgebildet ist, wie das obere Einbettfolienmaterial. Es kann damit nicht nur die Herstellung des Photovoltaikelementes vereinfacht werden, sondern ist damit das Photovoltaikelement besser als Bifacial-Photovoltaikelement einsetzbar, da damit die Rückseite des Photovoltaikelementes eine relativ hohe Durchlässigkeit für Sonnenlicht aufweist, das von unterhalb des Photovoltaikelementes sich befindenden Oberflächen reflektiert wird.

**[0022]** Gemäß einer anderen Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes kann vorgesehen sein, dass der Kunststoff der Photovoltaikschicht ein physikalisch vernetzter Kunststoff ist. Durch die Verwendung eines physikalisch vernetzten Kunststoffes kann die Laminationszeit weiter reduziert werden, da keine chemische Vernetzungsreaktion notwendig ist.

**[0023]** Nach einer Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes dazu kann vorgesehen sein, der Kunststoff der Photovoltaikschicht gleich ist, dem Kunststoff der Kunststoffschicht des oberen Einbettfolienmaterials, womit die Systemintegrität verbessert werden kann.

**[0024]** Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figur näher erläutert.

**[0025]** Es zeigt teilweise in vereinfachter, schematischer Darstellung:

**[0026]** Fig. 1 einen Ausschnitt aus einem Photovoltaikelement im Querschnitt;

**[0027]** Fig. 2 das Transmissionsspektrum von Einbettfolienmaterialien;

**[0028]** Fig. 3 das Reflexionsspektrum von Einbettfolienmaterialien.

**[0029]** Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsfor-

men gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

**[0030]** In Fig. 1 ist ein Ausschnitt aus einer ersten Ausführungsvariante eines Photovoltaikelements 1 im Querschnitt dargestellt.

**[0031]** Dieses Photovoltaikelement 1 umfasst ein oberes Einbettfolienmaterial 2, eine darunter angeordnete und mit dem oberen Einbettfolienmaterial 2 verbundene Photovoltaikschicht 3, in der mehrere Photovoltaikzellen 4 enthalten bzw. eingebettet sind, und ein unteres Einbettfolienmaterial 5, das mit der Photovoltaikschicht 3 verbunden und unterhalb von diesem angeordnet ist, bzw. besteht aus diesen Bestandteilen. Eingefasst kann dieser Schichtaufbau von einem Rahmen 6 werden, der vorzugsweise das obere Einbettfolienmaterial 2 und das untere Einbettfolienmaterial 5 überdeckend angeordnet ist.

**[0032]** Die Photovoltaikzellen 4 und deren in Fig. 1 nur andeutungsweise dargestellte elektrische Kontaktierung bzw. Verdrahtung sind in einem Kunststoff eingebettet, der zusammen mit den Photovoltaikzellen die Photovoltaikschicht 3 bildet.

**[0033]** Der Kunststoff der Photovoltaikschicht 3 kann gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante des Photovoltaikelements 1 ein physikalisch vernetzter Kunststoff sein, sodass dieser frei ist von Vernetzungsmitteln oder Spaltprodukten davon. Beispielsweise kann der Kunststoff ein Ionomer sein. Es kann aber auch ein Vinyl-Copolymer, wie z.B. Polyvinylbutyral, oder ein thermoplastisches Elastomer, etc., eingesetzt werden. Das Ionomer kann ausgewählt sein aus einer Gruppe umfassend bzw. bestehend aus ionomeren (Co)polymeren aus Ethylen und einer  $\alpha, \beta$ -ungesättigten Carbonsäure oder einem Carbonsäureanhydrid dieser Carbonsäure, insbesondere (Co)polymeren von Ethylen und Methacrylsäure.

**[0034]** Die physikalische Vernetzung kann über ionische Bindungen im Ionomer erfolgen, wobei  $Zn^{2+}$  oder  $Ca^{2+}$  oder  $Mg^{2+}$  oder  $Na^+$  oder  $K^+$  oder andere Metallionen als Kation und Carboxylgruppen des Kunststoffes als Anion wirken.

**[0035]** Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass prinzipiell auch Polymere eingesetzt werden können, die sich durch entsprechende Anregung erweichen lassen und durch die Erwärmung oder nach anschließender Abkühlung dreidimensional vernetzen.

**[0036]** Der Kunststoff der Photovoltaikschicht 3 kann zur Herstellung des Photovoltaikelements 1 als ein- oder mehrschichtige Folie eingesetzt werden.

**[0037]** Bevorzugt werden solche Polymere, deren Anregung thermisch möglich ist, da sich dann die physikalische Vernetzung besser in einen Laminationsprozess zur Herstellung des Photovoltaikelements 1 einbinden lässt.

**[0038]** Bezuglich des Laminationsverfahrens an sich sei auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

**[0039]** Bezuglich weiterer Details zu den Photovoltaikzellen 4 sei auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

**[0040]** Das obere Einbettfolienmaterial 2 ist durch ein Verbundmaterial, beispielsweise eine Verbundfolie, gebildet, die zumindest eine Kunststoffschicht 7 und zumindest eine Faserschicht 8 umfasst oder daraus gebildet ist.

**[0041]** Die Faserschicht 8 kann gemäß einer Ausführungsvariante als eigene Schicht ausgebildet sein, die zwischen der Kunststoffschicht 7 und den Photovoltaikzellen 4 angeordnet ist, wobei in der Ausführungsvariante des Photovoltaikelements 1 nach Fig.1 zwischen der Faserschicht 8 und den Photovoltaikzellen 4 noch der Kunststoff der Photovoltaikschicht 3, in den die Photovoltaikzellen 4 eingebettet sind, angeordnet ist. Sollten in der Faserschicht 8 Hohlräume ausgebildet

sein, können diese zu zumindest 30 %, insbesondere zu zumindest 50 %, jeweils bezogen auf das gesamte Hohlraumvolumen, nicht mit dem Kunststoff der Kunststoffschicht 7 und/oder dem Kunststoff der Photovoltaikschicht 3 ausgefüllt sein.

**[0042]** Gemäß einer Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 kann die Faserschicht 8 einen Anteil an dem Kunststoff der Kunststoffschicht 7 von maximal 10 Gew.-%, insbesondere maximal 8 Gew.-%, bevorzugt maximal 6,5 Gew.-%, aufweisen. Die Faserschicht 8 kann auch vollkommen frei von dem Kunststoff der Kunststoffschicht 7 sein.

**[0043]** Zudem kann die Faserschicht 8 in der Ausführungsvariante mit in den Kunststoff der Photovoltaikschicht 3 eingebetteten Photovoltaikzellen 4 einen Anteil an diesem Kunststoff der Photovoltaikschicht 3 von maximal 10 Gew.-%, insbesondere maximal 8 Gew.-%, bevorzugt maximal 6,5 Gew.-%, aufweisen.

**[0044]** Gemäß einer Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 kann vorgesehen sein, dass der Kunststoff der Kunststoffschicht 7 bis zu einer Dicke der Faserschicht 8 enthalten ist, die maximal 20 %, insbesondere maximale 15 %, vorzugsweise maximal 10 %, der Gesamtdicke 9 der Faserschicht 8 beträgt.

**[0045]** Der Kunststoff der Photovoltaikschicht 3 kann bis zu einer Dicke in der Faserschicht 8 enthalten sein, die maximal 20 %, insbesondere maximale 15 %, vorzugsweise maximal 10 %, der Gesamtdicke 9 der Faserschicht 8 beträgt.

**[0046]** Dabei wird die Dicke der Teilschicht mit dem Kunststoff der Kunststoffschicht 7 bzw. dem Kunststoff der Photovoltaikschicht 3 von der jeweils zugehörigen Oberfläche der Faserschicht 8 aus gemessen.

**[0047]** Die Faserschicht 8 ist aus transparenten Fasern und/oder Fäden gebildet bzw. besteht daraus. Die Fasern und/oder Fäden können ausgewählt sein aus einer Gruppe umfassend oder bestehend aus Glasfasern, organische Fasen, insbesondere Polymerfasern, und Kombinationen daraus.

**[0048]** Bevorzugt werden ausschließlich Glasfasern für die Faserschicht 8 eingesetzt.

**[0049]** Die Fasern und/oder Fäden können in der Faserschicht 8 als Gelege, beispielsweise als Vlies, vorliegen. Bevorzugt wird jedoch ein Gewebe oder ein Gestrick aus den Fasern und/oder Fäden eingesetzt, insbesondere gemäß einer Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 ein Glasfilamentgewebe.

**[0050]** Bei Verwendung eines Gewebes sind unterschiedliche Bindungsarten, insbesondere Leinwand-, Köper- oder Atlasbindung, möglich. Bevorzugt wird eine Leinwandbindung eingesetzt.

**[0051]** Das Flächengewicht der Faserschicht 8 kann zwischen 10 g/m<sup>2</sup> und 1000 g/m<sup>2</sup> betragen. Bevorzugt wird gemäß einer Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 aus voranstehenden Gründen eine Faserschicht 8 mit einem Flächengewicht zwischen 100 g/m<sup>2</sup> und 150 g/m<sup>2</sup> eingesetzt. Es kann damit eine geschlossene Schicht erzeugt werden, welche eine einheitliche Materialanbindung an den Kunststoff der Kunststoffschicht 7 ermöglicht. Zudem können damit Eigenschaften des Verbundmaterials, wie Wärmeausdehnung oder Kriechneigung, beeinflusst werden.

**[0052]** Es ist aber auch möglich, ein offenmaschiges Glasgewebe oder Glasgelege mit einem Flächengewicht zwischen 10 g/m<sup>2</sup> bis 90 g/m<sup>2</sup> zu verwenden, wenngleich dies nicht die bevorzugte Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 ist.

**[0053]** Die Faserschicht 8 kann als Einzelschicht ausgebildet sein. Es ist aber auch möglich, dass die Faserschicht 8 mehrere Einzelschichten aufweist, beispielsweise zwei oder drei, wobei zumindest einzelne der mehreren Einzelschichten zumindest bereichsweise, vorzugsweise zur Gänze, auch aus zum Rest der Einzelschichten unterschiedlichen Fasern und/oder Fäden bestehen können.

**[0054]** Nach einer anderen Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 kann vorgesehen sein, dass die Fasern der Faserschicht 8 teilweise oder zur Gänze in den Kunststoff der Kunst-

stoffschicht 7 des oberen Einbettfolienmaterials 2 eingebettet sind.

**[0055]** Die Kunststoffschicht 7 des oberen Einbettfolienmaterials 5 besteht zu zumindest 80 Gew.-%, insbesondere zu zumindest 90 Gew.-%, vorzugsweise zu 100 Gew.-%, aus einem physikalisch vernetzten Kunststoff. Sofern die Faserschicht 8 zumindest teilweise in die Kunststoffschicht 7 eingebettet ist, reduziert sich der Anteil des Kunststoffes in der Kunststoffschicht 7 entsprechend. Sofern sich die Faserschicht 8 nur über einen Teilbereich der Schichtdicke der Kunststoffschicht 7 erstreckt, gelten die voranstehenden Werte des Anteils des Kunststoffes an der Kunststoffschicht 7 für jenen Teilbereich der Schichtdicke, in dem keine Fasern bzw. Fäden vorhanden sind, also kein Mischbereich vorhanden ist.

**[0056]** Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass unter einem Kunststoff ein synthetisches oder natürliches Polymer verstanden wird, das aus entsprechenden Monomeren hergestellt ist.

**[0057]** Zur Vernetzung des Kunststoffes der Kunststoffschicht 7 wird also kein chemisches Vernetzungsmittel zugesetzt, sodass der fertige Kunststoff im Photovoltaikelement 1 auch frei ist von derartigen chemischen Vernetzungsmitteln oder Spaltprodukten davon ist.

**[0058]** Gemäß der bevorzugten Ausführungsvariante ist der physikalisch vernetzte Kunststoff der Kunststoffschicht 7 ein Ionomer, gemäß einer Ausführungsvariante dazu ein Zink-Ionomer auf Basis Ethylen/ Metacrylsäure-Copolymer. Dabei erfolgt die physikalische Vernetzung über ionische Bindungen im Ionomer, wobei  $Zn^{2+}$  als Kation und die Carboxylgruppe der Hauptkette als Anion wirkt.

**[0059]** Als physikalisch vernetzter Kunststoff können auch Vinyl-Copolymere, wie z.B. Polyvinylbutyral, oder thermoplastische Elastomere eingesetzt werden.

**[0060]** Es ist auch möglich, dass das Photovoltaikelement 1 mehr als eine Schicht aus einem Ionomer aufweist. Beispielsweise kann auch das untere Einbettfolienmaterial 5 ein (anderes) Ionomer aufweisen. Ebenso kann, wie dies bereits voranstehend ausgeführt wurde, auch der Kunststoff der Photovoltaikschicht 3 ein Ionomer umfassen.

**[0061]** Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, dass da obere Einbettfolienmaterial 2 das gleiche Ionomer aufweisen kann, wie die Photovoltaikschicht 3. Die voranstehenden Ausführungen zum Ionomer der Photovoltaikschicht 3 können daher auch auf das Ionomer des oberen Einbettfolienmaterials angewandt werden bzw. können umgekehrt die Ausführungen zum Ionomer des oberen Einbettfolienmaterials 2 auf das Ionomer der Photovoltaikschicht 3 angewandt werden.

**[0062]** Das Ionomer des oberen Einbettfolienmaterials 2 kann ausgewählt sein aus einer Gruppe umfassend bzw. bestehend aus ionomeren (Co)polymeren aus Ethylen und einer  $\alpha,\beta$ -ungesättigten Carbonsäure oder einem Carbonsäureanhydrid dieser Carbonsäure, insbesondere (Co)polymeren von Ethylen und Methacrylsäure.

**[0063]** Vorzugsweise enthält das Ionomer Carbonsäuregruppen, die mit Metallionen ausgewählt aus der Gruppe Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Zink zumindest teilweise neutralisiert sind.

**[0064]** Wie bereits ausgeführt ist bevorzugt das Ionomer ein Zink-Ionomer auf Basis Ethylen/ Metacrylsäure-Copolymer, welches durch Copolymerisation von Ethylen mit polaren Acrylmonomeren hergestellt wird. Im Vergleich zu anderen Ionomeren kann damit die Haftung zu Glas verbessert werden. Andererseits weist dieses Ionomer aber auch gute Fließeigenschaften, eine hohe Schlagzähigkeit und eine geringe Feuchtigkeitsaufnahme auf.

**[0065]** Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass prinzipiell auch Polymere eingesetzt werden können, die sich durch entsprechende Anregung erweichen lassen und durch die Erwärmung oder nach anschließender Abkühlung dreidimensional vernetzen.

**[0066]** Bevorzugt werden solche Polymere, bei denen eine thermische Anregung möglich ist, da sich dann die physikalische Vernetzung besser in den Laminationsprozess zur Herstellung des Photovoltaikelementes 1 einbinden lässt, insbesondere kein zusätzlicher Verarbeitungsschritt zur

Herstellung des vernetzten Kunststoffes erforderlich ist.

**[0067]** Bezuglich des Laminationsverfahrens an sich sei auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

**[0068]** Das Verbundmaterial des oberen Einbettfolienmaterials 2 kann nach einer weiteren Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 neben der Faserschicht 8 und der Kunststoffschicht 7 zumindest eine weitere Kunststoffschicht 10 aufweisen (in Fig. 1 strichiert dargestellt), wobei die weitere Kunststoffschicht 10 gegen UV-Strahlenbelastungen stabiler ist, als die an der Faserschicht 8 anliegende Kunststoffschicht 7. Dazu kann diese weitere Kunststoffschicht 10 mit einem UV-Stabilisator versehen sein. Als UV-Stabilisator kann ein in der Kunststoffindustrie üblicherweise verwendeter UV-Stabilisator eingesetzt werden.

**[0069]** Die Kunststoffschicht 10 kann beispielsweise zu zumindest 80 Gew.-%, insbesondere zu zumindest 90 Gew.-%, vorzugsweise zu zumindest 95 Gew.-%, aus einem physikalisch vernetzten Kunststoff bestehen. Bezuglich des physikalisch vernetzten Kunststoffes der Kunststoffschicht 10 sei auf die Ausführungen zum physikalisch vernetzten Kunststoff des oberen Einbettfolienmaterials 2 verwiesen, die entsprechend auf den Kunststoff der Kunststoffschicht 10 übertragen werden können.

**[0070]** Bevorzugt wird nach einer Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 als Kunststoff für die weitere Kunststoffschicht 10 das Polymer der an der Faserschicht 8 anliegende Kunststoffschicht 7 verwendet, also insbesondere ein Ionomer. Damit ist gemeint, dass das Polymer die gleichen Monomereinheiten aufweist. Allerdings können die Kunststoffe unterschiedliche Eigenschaften aufweisen, die aus unterschiedlichen Polymerisationsgraden resultieren.

**[0071]** Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 dazu kann vorgesehen sein, dass die weitere Kunststoffschicht 10 eine Schichtdicke 11 aufweist, die zwischen 10 % und 50 %, insbesondere zwischen 10 % und 20 %, einer Schichtdicke 12 der darunter angeordneten Kunststoffschicht 7 entspricht.

**[0072]** Die Kunststoffschicht 7 kann eine Schichtdicke 12 aufweisen, die zwischen 10 µm und 300 mm beträgt.

**[0073]** Im Rahmen der Erfindung kann generell das untere Einbettfolienmaterial 5 nach einer Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 gleich ausgebildet sein, wie das obere Einbettfolienmaterial 2, wenngleich unter Umständen beim unteren (hinteren) Einbettfolienmaterial 5 auf die weitere, UV-stabilisierte Kunststoffschicht 10 verzichtet werden kann.

**[0074]** Bei sämtlichen Ausführungsvariante des Photovoltaikelementes 1 kann das Gewebe der Faserschicht 8 aus Glasfasern bestehen, wobei die Glasfasern aus einem Aluminiumborsilikatglas oder Borsilikatglas bestehen. Insbesondere können die Glasfasern aus einem Glas bestehen, das zumindest für sichtbares Licht (380 nm bis 750 nm) einen Transmissionsgrad von zumindest 50 %, insbesondere zumindest 60 %, aufweist.

**[0075]** Generell kann/können die Schichten des oberen Einbettfolienmaterials 2 und/oder des unteren Einbettfolienmaterials 5 untereinander über einen Klebstoff verbunden werden. Hierzu eignen sich einerseits 2 Komponenten Klebstoffsysteme auf Polyurethanbasis oder auch Heißklebesysteme. Neben Klebstoffen kann auch die Coextrusion und die Extrusionsbeschichtung als Verbindungsmöglichkeit zumindest der beiden Kunststoffschichten 7, 10 miteinander und/oder der Kunststoffschichten 7 mit der Faserschicht 8 eingesetzt werden. Selbstverständlich ist auch eine Kombination möglich, bei der Kunststoffe coextrudiert und mit einer extrusionsbeschichteten Faserschicht 8 miteinander klebekaschiert werden.

**[0076]** Gemäß einer anderen Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass das untere Einbettfolienmaterial 5 eine Barrièreschicht aufweist, die insbesondere durch zumindest eine Metallfolie, insbesondere eine Aluminiumfolie, gebildet sein kann. Es kann damit nicht nur die primäre Barrierefunktion zur Verfügung gestellt werden, sondern kann damit zusätzlich das Reflexionsverhalten des unteren Einbettfolienmaterials 5 verbessert werden, wodurch die Energieausbeute des Photovoltaikelementes 1 verbessert werden kann. Durch die Verwendung einer Metallfolie

kann darüber hinaus eine verbesserte Wärmeleitfähigkeit des unteren Einbettfolienmaterials 5 erreicht werden, wodurch Hot Spots im Betrieb des Photovoltaikelementes 1 besser verhindert werden können. Die Barrièreschicht kann zwischen der Faserschicht und der Kunststoffschicht des unteren Einbettfolienmaterials 5 angeordnet sein.

**[0077]** Ein möglicher Schichtaufbau für das Photovoltaikelement 1 kann wie folgt aussehen:

- oberes Einbettfolienmaterial 2 mit einem Ionomer als Kunststoff der Kunststoffschicht 7 und einem Glasfilamentgewebe;
- Photovoltaikschicht 3 mit den Photozellen 4, die in einem Ionomer eingebettet sind;
- Unteres Einbettfolienmaterial 5, das vorzugsweise ebenfalls ein Ionomer als Kunststoff und einem Glasfilamentgewebe aufweist.

**[0078]** Zur Evaluierung der Werkstoffe wurden verschiedene Tests durchgeführt.

**[0079]** In den Fig. 2 und 3 ist das Transmissionsspektrum bzw. Reflexionsspektrum des oberen Einbettungsfolienmaterials 2 mit dem Aufbau Glasfaser-Faserschicht 8 / Zink-Ionomer auf Basis Ethylen/ Metacrylsäure-Copolymer mit einer Schichtdicke 12 von 250 µm zur elektrischen Isolation / UV stabilisierte Kunststoffschicht 10 aus einem Zink-Ionomer auf Basis Ethylen/ Metacrylsäure-Copolymer mit einer Schichtdicke 12 von 19 µm (Wellenlänge auf der Abszisse aufgetragen) dargestellt. Die Verbindung der Schichten erfolgte über einen Polyurethan basierten Klebstoff, wobei für die Verbindung der Faserschicht 8 mit der Ionomer-Kunststoffschicht 7 in etwa die doppelte Menge Klebstoff verwendet wurde, als für die Verbindung der Ionomer-Kunststoffschicht 7 mit der Ionomer-Kunststoffschicht 10. Die Messung erfolgte mittels UV-VIS-NIR-Spektrometer mit 150 mm Ulbricht-Kugel. Die gerichtet-hemisphärischen Transmissionss- (T) und Reflexionsgrade (R) wurden im Wellenlängenbereich von 250 nm bis 2500 nm aufgezeichnet. Die Gewichtung der Spektren erfolgte mit dem terrestrischen Solarspektrum AM1,5 im Integrationsbereich von 400 nm bis 1100 nm.

**[0080]** Im für Photovoltaikelemente 1 relevanten Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1100 nm weist ein Glasfasergewebe an sich mit einem Flächengewicht von 100 g/m<sup>2</sup> (Kurve 14 in Fig. 2 und Kurve 15 in Fig. 3) eine Lichttransmission T von ca. 60 % und eine Lichtreflexion R von ca. 18 % auf, ein Glasfasergewebe an sich mit einem Flächengewicht von 200 g/m<sup>2</sup> (Kurve 16 in Fig. 2 und untere Kurve 17 in Fig. 3) eine Lichttransmission T von ca. 30 % und eine Lichtreflexion R von ca. 62 % auf.

**[0081]** Eine Kunststoffschicht aus dem Zink-Ionomer auf Basis Ethylen/ Metacrylsäure-Copolymer alleine (Kurve 18 in Fig. 2 und untere Kurve 19 in Fig. 3) eine Lichttransmission T von ca. 90 % und eine Lichtreflexion R von ca. 10 % auf.

**[0082]** Das obere Einbettfolienmaterial 2 weist bei einem Flächengewicht der Glasfaser Faserschicht 8 von 100 g/m<sup>2</sup> (Kurve 20 in Fig. 2 und untere Kurve 21 in Fig. 3) eine Lichttransmission T von ca. 50 % - 55 % und eine Lichtreflexion R von ca. 40 % auf. Bei einem Flächengewicht der Glasfaser Faserschicht 8 von 200 g/m<sup>2</sup> (Kurve 22 in Fig. 2 und untere Kurve 23 in Fig. 3) weist das obere Einbettfolienmaterial 2 eine Lichttransmission T von ca. 30 % und eine Lichtreflexion R von ca. 63 % auf.

**[0083]** Generell kann das Gewebe der Faserschicht 8 ein Flachgewebe sein.

**[0084]** Weiter kann das Gewebe der Faserschicht 8 auch aus einer Mischung aus Fasern oder Fäden aus verschiedenen Werkstoffen bestehen, sodass im Gewebe der Faserschicht 8 gegebenenfalls auch Verstärkungsfasern enthalten sind. Die Verstärkungsfasern sind vorzugsweise ebenfalls transparent. Die Verstärkungsfasern können auch ausgewählt sein aus einer Gruppe umfassend oder bestehend aus Glasfasern, Aramidfasern, Kohlenstofffasern, Mineralfasern, wie beispielsweise Basaltfasern, Naturfasern, wie z.B. Hanf, Sisal, und Kombinationen daraus. Die Verstärkungsfasern können in einem Anteil in der Faserschicht 8 enthalten sein, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 2 Gew.-% bis 6 Gew.-%. Die Verstärkungsfasern können in dem Gewebe der Faserschicht 8 mitverwoben sein. Es ist jedoch auch möglich, dass alternativ oder zusätzlich dazu die Kunststoffschicht 7 die Verstärkungsfasern (in dem angegebenen Anteil) ent-

hält.

**[0085]** Sofern das Photovoltaikelement den Rahmen 6 aufweist, kann dieser durch Umformung aus dem Verbundwerkstoff des oberen und/oder unteren Folienmaterials 2, 5 hergestellt und insbesondere einstückig damit ausgebildet sein.

**[0086]** In der bevorzugten Ausführungsvariante weist das Photovoltaikelement 1 oberhalb des oberen Einbettfolienmaterials 2 keine weitere Abdeckung mehr auf, insbesondere keine Glasscheibe.

**[0087]** Weiter kann bei allen Ausführungsvarianten der Erfindung von Vorteil sein, wenn das Glasfilamentgewebe aus Garnen aus Glasfäden gebildet ist, wobei das Garn für die Kettfäden eine höhere Fadendichte aufweist als für die Schußfäden, insbesondere eine um mindestens 10 % höhere Fadendichte, bezogen auf die Fadendichte der Schußfäden. Das Glasfilamentgewebe bzw. die Faserschicht 8 kann zudem mit einer Silanschicht oder einer Textilschicht versehen sein.

**[0088]** Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Photovoltaikelements 1 dieses bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

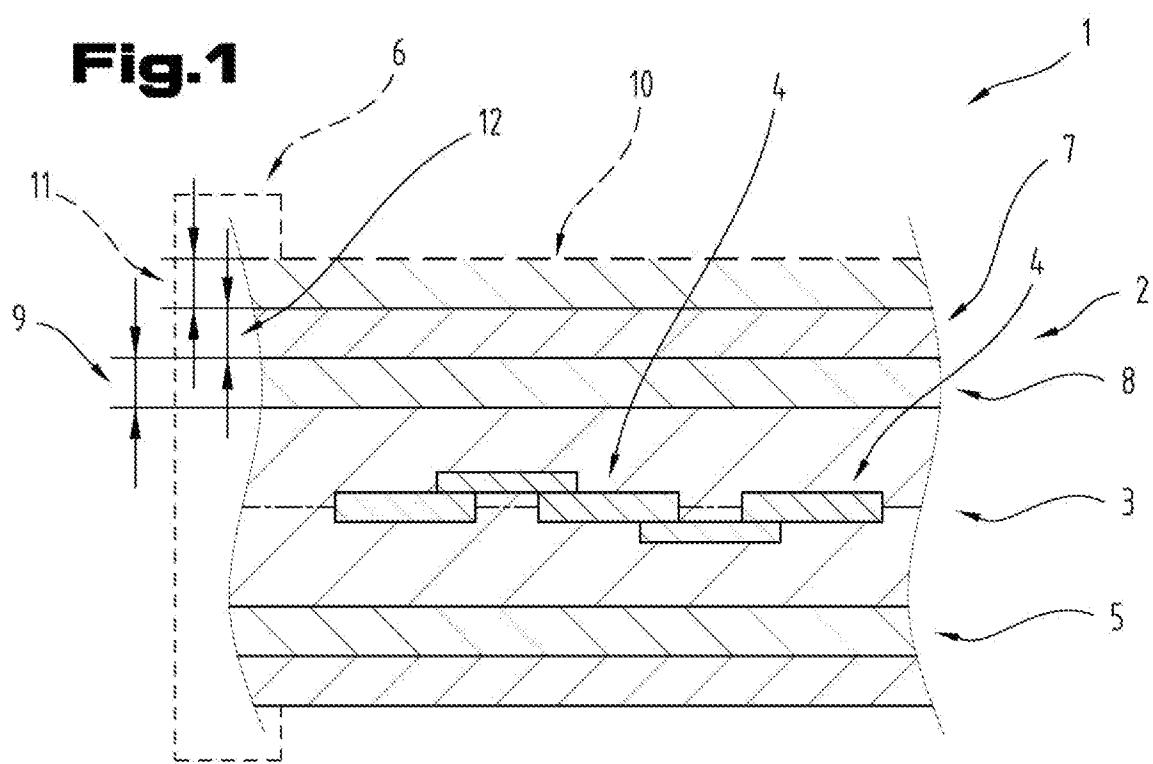
## BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Photovoltaikelement
- 2 Einbettfolienmaterial
- 3 Photovoltaikschicht
- 4 Photovoltaikzelle
- 5 Einbettfolienmaterial
- 6 Rahmen
- 7 Kunststoffschicht
- 8 Faserschicht
- 9 Gesamtdicke
- 10 Kunststoffschicht
- 11 Schichtdicke
- 12 Schichtdicke
- 13
- 14 Kurve
- 15 Kurve
- 16 Kurve
- 17 Kurve
- 18 Kurve
- 19 Kurve
- 20 Kurve
- 21 Kurve
- 22 Kurve
- 23 Kurve

## Patentansprüche

1. Photovoltaikelement (1) umfassend ein oberes Einbettfolienmaterial (2) und ein unteres Einbettfolienmaterial (5), wobei zwischen dem oberen und dem unteren Einbettfolienmaterial (2, 5) Photovoltaikzellen (4) eingebettet sind, und das obere Einbettfolienmaterial (2) durch ein Verbundmaterial gebildet ist, das eine Kunststoffschicht (7) und transparente Fasern umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kunststoffschicht (7) des oberen Einbettfolienmaterials (5) einen physikalisch vernetzten Kunststoff aufweist und dass die Photovoltaikzellen (4) in einer aus einem Kunststoff und den Photovoltaikzellen (4) mit deren elektrischen Kontaktierungen gebildeten Photovoltaikschicht (3) eingebettet sind.
2. Photovoltaikelement (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der physikalisch vernetzte Kunststoff der Kunststoffschicht (7) ein Ionomer ist.
3. Photovoltaikelement (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ionomer ein Zink-Ionomer auf Basis Ethylen/ Metacrylsäure-Copolymer ist.
4. Photovoltaikelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die transparenten Fasern eine eigene Faserschicht (8) bilden.
5. Photovoltaikelement nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserschicht (8) einen Anteil an dem Kunststoff der Kunststoffschicht (7) des oberen Einbettfolienmaterials von maximal 10 Gew.-% aufweist.
6. Photovoltaikelement (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kunststoff der Kunststoffschicht (7) bis zu einer Dicke der Faserschicht enthalten ist, die maximal 20 % der Gesamtdicke (9) der Faserschicht (8) beträgt.
7. Photovoltaikelement (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserschicht (8) ein Flächengewicht von mindestens 100 g/m<sup>2</sup> und maximal 150 g/m<sup>2</sup> aufweist.
8. Photovoltaikelement (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Faserschicht (8) ein Glasfilamentgewebe ist.
9. Photovoltaikelement (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das untere Einbettfolienmaterial (5) gleich ausgebildet ist, wie das obere Einbettfolienmaterial (2).
10. Photovoltaikelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kunststoff der Photovoltaikschicht (3) ein physikalisch vernetzter Kunststoff ist.
11. Photovoltaikelement nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kunststoff der Photovoltaikschicht (3) gleich ist, dem Kunststoff der Kunststoffschicht (7) des oberen Einbettfolienmaterials (2).

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

**Fig.1**

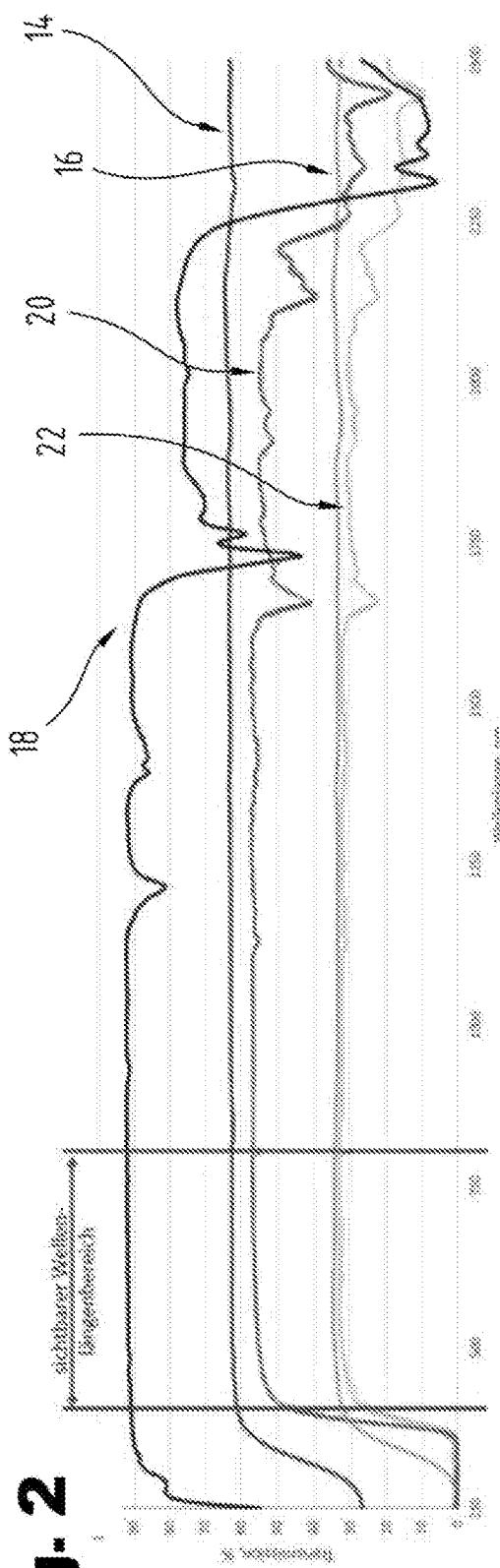
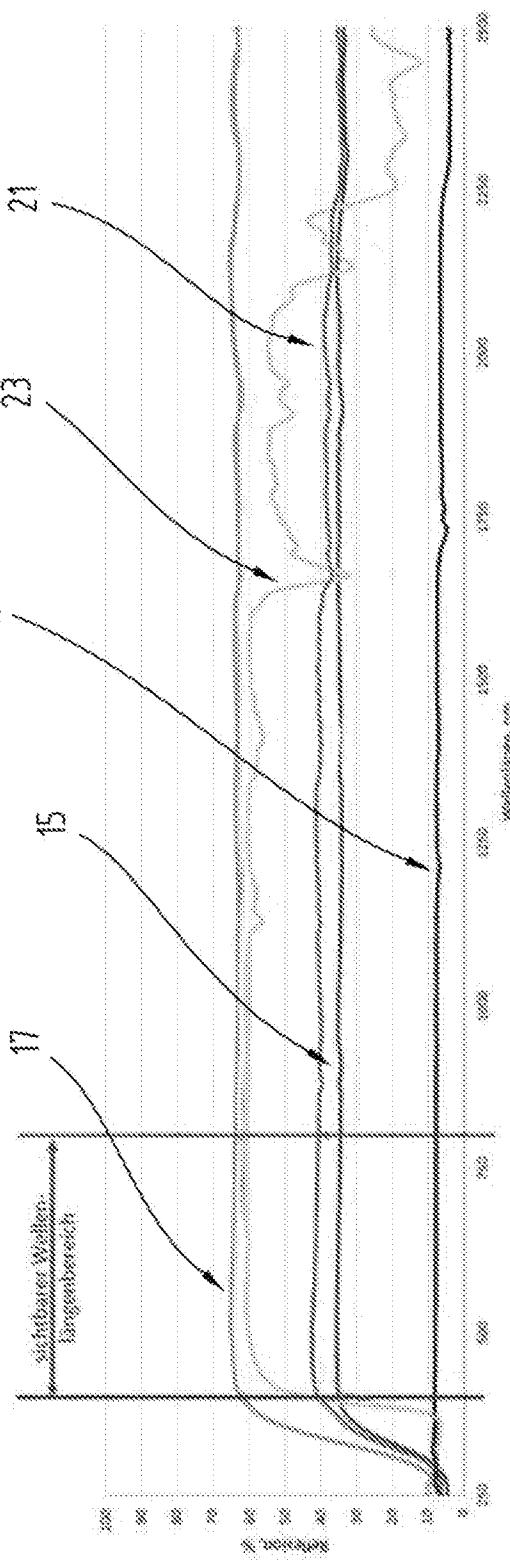


Fig. 2



੩