



(10) **DE 20 2009 018 167 U1** 2011.06.16

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2009 018 167.7**

(22) Anmeldetag: **18.12.2009**

(67) aus Patentanmeldung: **10 2009 058 874.4**

(47) Eintragungstag: **12.05.2011**

(43) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **16.06.2011**

(51) Int Cl.: **H02N 6/00 (2006.01)**

**H01L 31/042 (2006.01)**

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**Ellenberger & Poensgen GmbH, 90518 Altdorf, DE**

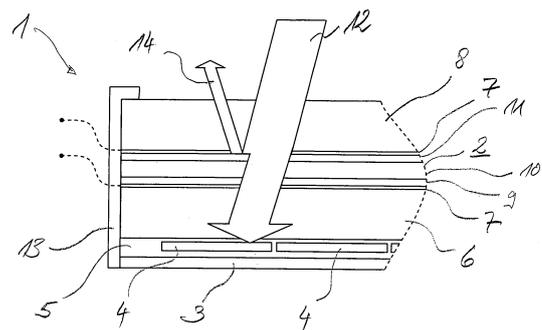
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**FDST Patentanwälte, 90411 Nürnberg**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Photovoltaikmodul**

(57) Hauptanspruch: Photovoltaikmodul (1) mit einer Anzahl von Solarzellen (4) und mit einer Solarglassscheibe (8), gekennzeichnet durch eine lichteinstralseitig angeordnete Funktionsschicht (2), die zwischen einem im Wesentlichen für Sonnenstrahlung durchlässigen Zustand und eifern undurchlässigen Zustand wechselbar ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Photovoltaikmodul mit einer Anzahl von Solarzellen und mit einer Solarglasscheibe. Die Erfindung bezieht sich weiter auf ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Photovoltaikmoduls.

**[0002]** Eine Solarzelle arbeitet nach dem Prinzip des photovoltaischen Effektes und wandelt Licht direkt in elektrische Energie um. In einer Solarzelle werden durch Lichteinstrahlung freie Ladungsträger erzeugt. Ein internes elektrisches Feld, das durch einen p-n-Übergang in der Solarzelle gebildet ist, bewirkt eine Lenkung der Ladungsträger zwischen einer n-dotierten Schicht und einer p-dotierten Schicht. Durch das elektrische Feld werden Elektronen zum p-Material und Löcher zum n-Material beschleunigt. Während der Bewegung rekombiniert ein Teil der Ladungsträger und erzeugen dabei Wärme. Die übrigen Ladungsträger erzeugen einen Photostrom.

**[0003]** Ein Photovoltaikmodul (PV-Modul) mit darin angeordneten Solarzellen ist ein Teil einer Photovoltaikanlage (PV-Anlage). Das Photovoltaikmodul weist eine Trägerplatte auf, die aus einer Schicht aus elastomerem Kunststoff angeschäumt bzw. angespritzt oder angegossen sein kann. Anstelle oder ergänzend zu der Trägerplatte kann das Photovoltaikmodul mit einer witterungsfesten Kunststoff-Verbundfolie, beispielsweise aus Polyvinylfluorid oder PET, kaschiert sein. Lichteinstrahlseitig schließt das Photovoltaikmodul mit einem transparenten Substrat, z. B. einer Solarglasabdeckung ab.

**[0004]** Die Solarzellen sind auf der Trägerplatte angeordnet und in eine transparente Kunststoffschicht, beispielsweise aus EVA (Ethylenvinylacetat) eingebettet. Die Solarzellen sind zwischen der Solarglasabdeckung und der Trägerplatte sowie seitlich entlang der Außenkanten des Photovoltaikmoduls von einem Halterahmen umschlossen. Der Halterahmen kann beispielsweise aus Aluminium oder ebenfalls aus einem elastomeren Kunststoff bestehen. Zwischen dem Rahmen und der Trägerplatte sowie zwischen dem Rahmen und der Solarglasabdeckung ist ein Dichtungsmaterial eingebracht. Die Solarzellen sind durch diesen Umschluss gegen Umwelteinflüsse abgeschlossen.

**[0005]** Ferner sind die Solarzellen innerhalb des Photovoltaikmoduls miteinander verschaltet. Durch die Verschaltung der einzelnen Solarzellen wird an einer Anschlussstelle des Photovoltaikmoduls unter Solareinstrahlung ein für das Photovoltaikmodul charakteristischer Spannungsbereich und Strombereich generiert.

**[0006]** Einzelne Photovoltaikmodule werden üblicherweise zu so genannten Strings verschaltet, an

die typischerweise über Gleichspannungsleitungen ein Wechselrichter angeschlossen ist. Der Wechselrichter wandelt den photovoltaikmodulseitig erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom um und speist diesen in das öffentliche Stromnetz ein. Je nach Anwendung ist es auch Praxis, Strings in einem Inselssystem an ein Energiespeichersystem mit Batterien oder direkt an Maschinen, beispielsweise Pumpen, anzuschließen.

**[0007]** Bei Photovoltaikanlagen ist sowohl gleichstromseitig zwischen dem Photovoltaikmodul und dem Wechselrichter als auch wechselstromseitig zwischen dem öffentlichen Netz und dem Wechselrichter ein Trennschalter eingebaut. Durch die Nutzung der Trennschalter können beispielsweise Wartungs- oder Montagearbeiten an dem Wechselrichter ohne anliegende Spannung und ohne fließenden Strom durchgeführt werden.

**[0008]** Problematisch ist jedoch, dass bei Solareinstrahlung auf ein Photovoltaikmodul generell eine Spannung anliegt und gegebenenfalls ein Strom fließt. Bei defekten Komponenten der Photovoltaikanlage, wie beispielsweise Kabelleitungen, Steckverbindern oder Anschlussdosen, können gefährliche Störlichtbögen entstehen und Spannungen von mehreren hundert Volt anliegen. Störlichtbögen können ein Feuer verursachen und im Brandfall die Löscharbeiten erschweren. Umgekehrt kann ein Brand einzelne Komponenten der Photovoltaikanlage derart in ihrer Funktion und Struktur verändern, dass Störlichtbögen entstehen. Hohe Spannungen an defekten Teilen der Photovoltaikanlage sind bei Montage-, Reparatur- und Löscharbeiten ein Gefahrenpotential.

**[0009]** Im Stand der Technik sind verschiedene Schutzmaßnahmen gegen ungewollte Spannungen und Störlichtbogen vorgesehen. Die Sicherheitsvorrichtung verhindert im Bedarfsfall insbesondere, dass photovoltaikmodulseitig Störlichtbögen auftreten und Spannungen anliegen.

**[0010]** Aus der DE 10 2005 018 173 B4 ist es bekannt, das Photovoltaikmodul im Bedarfsfall kurzzuschließen. Das Kurzschließen erfolgt mittels eines Thyristors, der solange im Durchlassbereich arbeitet, bis das Photovoltaikmodul, z. B. bei Einbruch der Dunkelheit, spannungsfrei wird. Dabei wird der Thyristor über eine zusätzlich verlegte zweiadrige Steuerleitung von einem Steuerschalter gezündet.

**[0011]** In der WO 2009/073868 ist eine Lösung vorgeschlagen, bei der Ausgänge des Photovoltaikmoduls mittels eines 100 Hz-PWM-Signals (Pulsweitenmodulation) freigeschaltet werden. Ein Mikrocontroller am Ausgang des Photovoltaikmoduls überprüft laufend, ob das 100 Hz-Signal vorhanden ist und schaltet den Ausgang ab, sobald das Signal ausfällt. Diese Methode hat den Vorteil, dass keine weiteren

Leitungen benötigt werden, da das Informationssignal über die Gleichspannungsleitungen übertragen werden kann.

**[0012]** Generell ist im Stand der Technik stets eine Maßnahme vorgesehen, bei der an einer Stelle zwischen dem (öffentlichen) Stromnetz und einem Photovoltaikmodul der Solaranlage die elektrische Verbindung getrennt oder das Photovoltaikmodul kurzgeschlossen wird. Bei denjenigen Lösungen, bei denen elektrische Verbindungen getrennt werden, liegt ab einer Stelle oder an einer Stelle in der Photovoltaikanlage dennoch eine Spannung an und/oder es fließt ein Strom, wenn Licht auf das Photovoltaikmodul einstrahlt. Bei der Lösung, bei der jedes Photovoltaikmodul kurzgeschlossen wird, ist insoweit eine Gefahrenstelle gegeben, als dauerhaft ein Kurzschlussstrom in Höhe etwa dem 1,4-fachen des Modulnennstroms fließt.

**[0013]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen möglichst sicheren und zuverlässigen Schutz für Photovoltaikanlagen anzugeben, so dass Gefahren und Zerstörungen infolge anliegender Spannungen und sich bildender Störlichtbögen vermieden sind.

**[0014]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Demnach ist ein Photovoltaikmodul mit einer Anzahl von Solarzellen und mit einer lichteinstrahlseitigen Funktionsschicht vorgesehen. Dabei ist die lichteinstrahlseitige Funktionsschicht zwischen einem im Wesentlichen für Sonnenstrahlung durchlässigen Zustand und einem undurchlässigen Zustand wechselbar. Die im Photovoltaikmodul angeordneten Solarzellen können durch einen Wechsel der Funktionsschicht in einen lichtundurchlässigen Zustand von der Solareinstrahlung abgeschottet werden. Durch die Abschottung werden photovoltaikmodulseitig ein Stromfluss und eine anliegende Spannung vermieden.

**[0015]** Die Lichtdurchlässigkeit einer Funktionsschicht ist abhängig von dem Transmissions-, Reflexions-, Absorptions- und Streuanteilsbeiwert der Funktionsschicht gegenüber einstrahlendem Licht. Zur Modifikation der Beiwerte stehen verschiedene Technologien bereit. Besonders vorteilhaft ist es, die Lichtdurchlässigkeit mit einer elektrochromen Funktionsschicht zu modifizieren. Dabei entsteht unter Einwirkung eines äußeren elektrischen Feldes infolge der äußeren Spannung eine Potentialdifferenz aufgrund von Ladungsverschiebungen, was seinerseits zu einem elektrischen Strom führt. Bei einer kathodischen Reduktion bewirken injizierte Kationen und bei einer anodischen Oxidation Anionen eine Färbung und Änderung der Lichtdurchlässigkeit in zwei komplementären elektrochromen Schichten. Der Färbungsvorgang ist reversibel, indem durch eine Spannung oder ein elektrisches Feld die Ionen in die ionenleitende Schicht zurück befördert werden.

**[0016]** Die Nutzung der Elektrochromie ist besonders vorteilhaft, da bereits mit niedrigen Spannungen ein Ionen transfer und damit einhergehend ein Wechsel der Lichtdurchlässigkeit erzielt werden kann. Vorteilhaft ist auch, dass ohne anliegende Spannung oder elektrisches Feld der Lichtdurchlässigkeitszustand in der elektrochromen Schicht durch Speichereigenschaften der Funktionsschicht bestehen bleibt.

**[0017]** Die Photochromie beruht auf einer reversiblen photochemischen Reaktion von Silberhalogeniden oder organischen Verbindungen. Dabei haben die Reaktionsprodukte ein verändertes Absorptionsverhalten. Die Thermochromie beruht auf reversiblen temperaturabhängigen Änderungen der optischen Eigenschaften eines Funktionsmaterials, wobei durch eine Dotierung des Funktionsmaterials der wirksame Temperaturbereich angepasst werden kann. Durch elektrische Induktion können Orientierungsänderungen in Flüssigkristallsystemen bewirkt werden. Dabei wechseln die Kristalle zwischen einem für Licht stark streuenden und transparenten Zustand.

**[0018]** In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung des Photovoltaikmoduls ist die Funktionsschicht anschließend an die oder jede Solarzelle, erforderlichenfalls unter Zwischenlage einer transparenten Isolierschicht, beispielsweise einer Folie oder einer Lackschicht, aufgebracht. Dabei ist zwischen den zwei zueinander komplementären elektrochromen Schichten eine ionenleitende Schicht angeordnet. Ferner deckt eine transparente Elektroden-schicht die der ionenleitenden Schicht gegenüberliegende Seite der elektrochromen Schichten ab.

**[0019]** Das Aufbringen der Funktionsschicht und der transparenten Elektroden-schichten kann in einem Inline-Prozess erfolgen. Dabei können die Schichten direkt bei der Solarzellenproduktion oder nach dem Aufbringen auf die Trägerplatte beschichtet werden. Durch diese besonders effiziente Produktion können Kosten gespart und spätere aufwändige Montagearbeiten vermieden werden. Ferner kann durch die Verringerung von zu verbauenden Bauteilen eine weitere Kosteneinsparung erreicht werden.

**[0020]** Gemäß einer Variante ist die Funktionsschicht des Photovoltaikmoduls zwischen zwei Solar-glasscheiben angeordnet.

**[0021]** Der Wechsel der Lichtdurchlässigkeit der Funktionsschicht wird geeigneterweise von einem der Funktionsschicht zugeordneten modularen Steuergerät gesteuert. Ferner kann dem Steuergerät ein Energiespeicher zugeordnet sein. Diese vorteilhafte modulare Ausgestaltung erlaubt einen einfachen Austausch oder das Nachrüsten von Bauteilen im Bedarfsfall sowie eine Zuordnung einzelner Steuer-module zu einzelnen oder Gruppen von Funktionsschichten. Der Energiespeicher kann auch beim Aus-

fall der Stromversorgung das Steuergerät bzw. das Steuermodul weiterhin mit Strom versorgen und ermöglicht somit eine besonders zuverlässige Ansteuerung der Funktionsschicht.

**[0022]** Durch die Integration der Funktionsschicht in eine ohnehin benötigte Abdeckung aus Solarglas für das Photovoltaikmodul können Produktionskosten durch Reduzierung von Bauteilen niedrig gehalten werden. Die Beschichtung des Solarglases kann in einem Inline-Verfahren auf Floatglas erfolgen. Ferner kann je nach Bedarf ein Photovoltaikmodul mit herkömmlichem Solarglas oder mit einem mit der Funktionsschicht versehenen Solarglas bestückt werden. Ein weiterer Vorteil der Variante mit zwei Solarglasscheiben ist ein besonders zuverlässiger Schutz der Funktionsschicht vor Umwelteinflüssen.

**[0023]** In einer zweckmäßigen Weiterbildung des Photovoltaikmoduls wird ein Freigabesignal erzeugt. Beim Ausfall des Freigabesignals wird die Funktionsschicht in einen für Licht undurchlässigen Grundzustand überführt. Dabei kann die Ansteuerung der Funktionsschicht von einem Zentralsteuergerät oder vom Steuergerät erfolgen. Ein besonders Vorteil dieser Variante besteht darin, dass ein Maximum an Sicherheit gegeben ist, da bei einem Ausfall einer Komponente bzw. bei einem Defekt einer Kabelleitung, die den Ausfall des Freigabesignals verursacht, quasi eine automatische Abschaltung der Anlage erfolgt.

**[0024]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

**[0025]** [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) in schematischer Schnittdarstellung ein Photovoltaikmodul mit einer Funktionsschicht in einem lichtdurchlässigen bzw. in einem lichtundurchlässigen Zustand,

**[0026]** [Fig. 3](#) in Diagrammdarstellung die Transparenz, den Strom und die Spannung in verschiedenen Lichtdurchlässigkeitszuständen und bei einem Wechsel zwischen den Lichtdurchlässigkeitszuständen,

**[0027]** [Fig. 4](#) in Diagrammdarstellung die prozentuale Transparenz von Solarglas und elektrochromem Glas in lichtdurchlässigem und in lichtundurchlässigem Zustand in einem Spektralbereich des Lichts,

**[0028]** [Fig. 5](#) in schematischer Schnittdarstellung ein Photovoltaikmodul, bei dem die elektrochromatische Funktionsschicht auf den Solarzellen angeordnet ist, und

**[0029]** [Fig. 6](#) schematisch eine Photovoltaikanlage mit einer Anzahl von einzeln steuerbaren Strings.

**[0030]** Die [Fig. 1](#) zeigt schematisch einen Querschnitt durch ein Photovoltaikmodul (Solarmodul) **1**

mit einer Funktionsschicht **2** im lichtdurchlässigen Zustand. Dabei sind auf einer Trägerplatte **3** eine Anzahl von Solarzellen **4** angeordnet und in eine transparente Kunststoffschicht **5**, beispielsweise aus Ethylenvinylacetat (EVA), eingebettet. An die eingebetteten Solarzellen **4** schließt eine elektrochrome Anordnung an, die eine den Solarzellen **4** zugewandte erste Solarglassscheibe **6** und die Funktionsschicht **2** sowie beidseitig der Funktionsschicht **2** vorgesehene transparente Elektrodenschichten (Ansteuer- elektrodenschicht) **7** und eine zweite Solarglassscheibe **8** auf der Sonnen- oder Lichteinstrahlseite umfasst. Die transparente Ansterelektrodenschicht **7** besteht beispielsweise aus Indiumzinnoxid (ITO).

**[0031]** Die Funktionsschicht **2** ist auf der der ersten Solarglassscheibe **6** zugewandten Elektrodenschicht **7** angeordnet und umfasst eine erste elektrochrome Schicht **9**, beispielsweise aus Nickel(II)-oxid (NiO), an die sich eine ionenleitende Polymerschicht **10** anschließt. Die Funktionsschicht **2** schließt mit einer zweiten elektrochromen Schicht **11**, beispielsweise aus Wolfram(VI)-oxid (WO<sub>3</sub>), auf der Einstrahlseite des durch den Pfeil (Einfalllichtstrahl) **12** symbolisierten Sonnenlichtes ab. Auf die zweite elektrochrome Schicht **11** ist die lichteinstrahlseitige Ansterelektrodenschicht **7** aufgebracht. Seitlich ist das Photovoltaikmodul **1** von einem Aluminiumrahmen **13** umschlossen.

**[0032]** Schematisch dargestellt ist das auf das Photovoltaikmodul **1** einfallende Sonnenlicht (Einfalllichtstrahl) **12**, von dem ein kleiner Anteil als Reflektionslichtstrahl **14** lichteinstrahlseitig aus der elektrochromen Anordnung des Photovoltaikmoduls **1** austritt. Ein Großteil des Einfalllichtstrahls **12** durchstrahlt die elektrochrome Anordnung und trifft auf die Solarzelle **4**. Ein weiterer, hier nicht dargestellter Anteil des Einfalllichtstrahls **12** wird absorbiert oder gestreut. Die Funktionsschicht **2** ist in diesem Zustand für Licht bzw. Sonneneinstrahlung durchlässig.

**[0033]** Die [Fig. 2](#) zeigt das Photovoltaikmodul **1** in einem für Licht bzw. Sonneneinstrahlung undurchlässigen Grundzustand. Dabei sind die beiden komplementären elektrochromen Schichten **9**, **11** der Funktionsschicht **2** zuvor durch Anlegen einer Spannung an den Elektrodenschichten **7** in einen lichtundurchlässigen Zustand versetzt worden. Ein Großteil des Einfalllichtstrahls **12** wird dabei als Reflektionslichtstrahl **14** zurückgeworfen und tritt auf der Lichteinstrahlseite aus dem Photovoltaikmodul **1** aus. Lediglich ein kleiner Anteil des Einfalllichtstrahls **12** durchdringt die elektrochrome Anordnung mit den Solarglassscheiben **6**, **8** und der Funktionsschicht **2** sowie den transparenten Elektrodenschichten **7**.

**[0034]** [Fig. 3](#) zeigt übereinander drei Diagramme mit der Transparenz  $\tau$ , dem Strom  $I$  und der Spannung  $U$  als Funktionen der Zeit  $t$  bei einem Wechsel zwi-

schen dem Lichtdurchlässigkeitszustand und dem Lichtdurchlässigkeitszustand der Funktionsschicht **2**. Zu einem Anfangszeitpunkt  $t_0$  ist die Funktionsschicht **2** im Wesentlichen lichtdurchlässig. In einem ersten Intervall  $j_1$  ist eine Spannung  $U$  von  $(+1)$  V an die Elektroden-schichten **7** angelegt. Dabei fließt ein Strom  $I$ , bei dem Kationen und Anionen zwischen den elektrochromen Schichten **9**, **11** und der ionenleitenden Schicht **10** transferiert werden und hierbei eine Änderung der Lichtdurchlässigkeit in der Funktionsschicht **2** bewirken. Mit dem Erreichen des dann lichtundurchlässigen Zustands nimmt der Strom  $I$  unter gleichbleibender Spannung  $U$  ab.

**[0035]** In einem folgenden zweiten Intervall  $j_2$  liegt keine Spannung an und es fließt kein Strom. Dabei verbleibt die Funktionsschicht **2** in dem lichtundurchlässigen Zustand. In einem folgenden dritten Intervall  $j_3$  ist eine Spannung  $U$  von  $-1$  V zwischen den Elektroden-schichten **7** angelegt. Es entsteht ein Strom  $I$ , bei dem Anionen und Kationen entgegengesetzt der Richtung aus dem ersten Intervall  $j_1$  in der Funktionsschicht **2** wandern. Dabei erhöht sich die Lichtdurchlässigkeit der Funktionsschicht **2**. Bei gleich bleibender Spannung  $U$  zwischen den Elektroden-schichten **7** und steigender Transparenz  $\tau$  der Funktionsschicht **2** fällt der Strom ab. In einem folgenden vierten Intervall  $f_4$  sind die Elektroden-schichten **7** spannungsfrei und es fließt kein Strom, während die Funktionsschicht **2** in dem lichtdurchlässigen Zustand verbleibt. Ein folgendes fünftes Intervall  $j_5$  ist identisch mit dem ersten Intervall  $j_1$ .

**[0036]** Fig. 4 zeigt in graphischer Darstellung die Lichtdurchlässigkeitseigenschaften, d. h. die Transparenz  $\tau$  von Solarglas und von der elektrochromen Anordnung mit den Solarglasscheiben **6**, **8** und der Funktionsschicht **2** sowie den transparenten Elektroden-schichten **7** im lichtdurchlässigen und im lichtundurchlässigen Zustand als Funktion der Wellenlänge  $\lambda$  für einen Spektralbereich. Die Solarglaskennlinie **15** zeigt, dass die Transparenz  $\tau$  von Solarglas in einem Wellenlängenbereich  $\lambda$  von 400 nm bis 2200 nm etwa 90% beträgt.

**[0037]** Die Transparenzkennlinie **16** für die elektrochromatische Anordnung **2**, **6**, **7**, **8** im lichtdurchlässigen Zustand zeigt eine stark ansteigende Transparenz  $\tau$  bis zu einer Wellenlänge  $\lambda$  von 500 nm, bei der eine Transparenz  $\tau$  von ca. 80% erreicht wird. Diese Transparenz  $\tau$  bleibt bis zu einer Wellenlänge  $\lambda$  von 2100 nm bestehen. im Wellenlängenbereich  $\lambda$  über 2100 nm fällt die Transparenz  $\tau$  steil ab. Die Transparenzkennlinie **17** für die elektrochrome Anordnung **2**, **6**, **7**, **8** im lichtundurchlässigen Zustand beschreibt im Wesentlichen den Verlauf einer Planckschen Strahlungsverteilungskurve, wobei eine Spitzen-transparenz **18** von  $\tau$  von 30% bei einer Wellenlänge  $\lambda$  von 520 nm erreicht wird. Bei einer Wellen-

länge  $\lambda$  von 750 nm beträgt die Transparenz  $\tau$  etwa 5%.

**[0038]** Fig. 5 zeigt in schematischer Darstellung einen Querschnitt durch das Photovoltaikmodul **1** in einer alternativen Ausgestaltung. Dabei sind auf die Trägerplatte **3** wiederum in eine Kunststoffschicht (EVA) **5** eingebettete Solarzellen **4** angeordnet. Direkt anschließend an die in die Kunststoffschicht **5** eingebetteten Solarzellen **4** ist die transparente Ansteuerelektroden-schicht **7** aus Indiumzinnoxid aufgebracht. Unter direkt anschließend wird auch eine Anordnung verstanden, bei der zwischen die Solarzellen **4** und die Elektroden-schicht **7** eine dünne transparente Isolierschicht, beispielsweise eine Lackschicht eingebracht ist, um einen Kurzschluss der Verbindungen der Solarzellen **4** untereinander zu vermeiden.

**[0039]** Auf die Ansteuerelektroden-schicht **7** ist wiederum die Funktionsschicht **2** mit der ersten elektrochrome Schicht **9** aus Nickel(II)-oxid (NiO) aufgebracht, an die die ionenleitende Polymerschicht **10** anschließt. Die Funktionsschicht **2** schließt auf der Sonneneinstrahlseite wiederum mit der zweiten elektrochromen Schicht **11** aus Wolfram(VI)-oxid ( $\text{WO}_3$ ) ab. Auf die zweite elektrochrome Schicht **11** ist die transparente zweite Ansteuerelektroden-schicht **7** aufgebracht. Das Photovoltaikmodul **1** schließt licht-einstrahlseitig wiederum mit einem Solarglas **8** ab. Seitlich wird das Photovoltaikmodul **1** vom Aluminiumrahmen **13** umschlossen, der mit der Trägerplatte **3** und der Solarglasscheibe **8** verbunden und mit einem Dichtungsmaterial versiegelt ist. Die im Photovoltaikmodul **1** angeordnete Funktionsschicht **2** und die Solarzellen **4** sind durch die Versiegelung gegenüber Umwelteinflüssen, insbesondere vor Feuchtigkeit, geschützt.

**[0040]** Fig. 6 zeigt in schematischer Darstellung eine Photovoltaikanlage **19** mit einer Anzahl von Photovoltaikmodulen **1**, die mit Bypassdioden **20** versehen und zu mehreren Strings  $S_n$  verschaltet sind. Die Strings  $S_n$  sind an einen gemeinsamen Wechselrichter **21** angeschlossen, der den von den Photovoltaikmodulen **1** erzeugten Gleichstrom in Wechselstrom wandelt und diesen in ein (öffentliches) Stromnetz **22** einspeist.

**[0041]** Jedem Photovoltaikmodul **1** ist eine Funktionsschicht **2** zugeordnet. Die Funktionsschichten **2** eines jeden Strings  $S_n$  werden von einem oder mehreren Steuergeräten oder Steuermodulen **23** angesteuert und in einen gewünschten Lichtdurchlässigkeitszustand versetzt. Die Steuermodule **23** sind jeweils an einen Energiespeicher **24** angeschlossen. Ein Zentralsteuergerät **25** sendet dabei konstant ein Freigabesignal  $F$  an die Steuermodule **23**. Bei einem Ausfall des Freigabesignals  $F$  durch Abschalten oder einen Defekt überführen die modularen Steuergeräte **23** automatisch die Funktionsschicht **2** vom licht-

durchlässigen Zustand in den lichtundurchlässigen Grundzustand.

**[0042]** Auch kann jedes Steuergeräte bzw. Steuermodul **23** selbstständig bestimmte Signale oder Parameter, wie z. B. den Strangstrom  $I_n$  und die Strangspannung  $U_n$  überwachen und im Fehlerfall die Funktionsschicht **2** vom lichtdurchlässigen Zustand in den lichtundurchlässigen Zustand überführen. Die Steuergeräte **23** können zudem eine entsprechende Fehlermeldung an das Zentralsteuergerät **25** senden.

**[0043]** In dem lichtundurchlässigen Zustand sind die im Photovoltaikmodul **1** angeordneten Solarzellen **4** von der Solareinstrahlung abgeschottet. Durch die Abschottung der Solarzellen **4** von der Sonneneinstrahlung sind die Photovoltaikmodule **1** strom- und spannungsfrei. Dadurch ist die Erzeugung einer modulseitigen Spannung oder eines Störlichtbogens sicher vermieden.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Photovoltaikmodu
<b>2</b>	Funktionsschicht
<b>3</b>	Trägerplatte
<b>4</b>	Solarzelle
<b>5</b>	Kunststoffschicht (EVA)
<b>6</b>	Solarglas/-scheibe
<b>7</b>	Elektrodenschicht
<b>8</b>	Solarglas/-scheibe
<b>9</b>	erste elektrochrome Schicht
<b>10</b>	ionenleitende Schicht
<b>11</b>	zweite elektrochrome Schicht
<b>12</b>	Einfalllichtstrahl
<b>13</b>	Aluminiumrahmen
<b>14</b>	Reflektionsstrahl
<b>15</b>	Solarglaskennlinie
<b>16</b>	Transparenzkennlinie
<b>17</b>	Transparenzkennlinie
<b>18</b>	Spitzentransparenz
<b>19</b>	Photovoltaikanlage
<b>20</b>	Bypassdiode
<b>21</b>	Wechselrichter
<b>22</b>	Stromnetz
<b>23</b>	Steuergerät
<b>24</b>	Energiespeicher
<b>25</b>	Zentralsteuergerät
<b>F</b>	Freigabesignal
<b>I</b>	Strom
$I_n$	Strangstrom
$S_n$	String
<b>U</b>	Spannung
$U_n$	Strangspannung
$j_n$	Intervall
$t_0$	Anfangszeitpunkt
$\tau$	Transparenz
$\lambda$	Wellenlänge

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 102005018173 B4 [[0010](#)]
- WO 2009/073868 [[0011](#)]

### Schutzansprüche

1. Photovoltaikmodul (1) mit einer Anzahl von Solarzellen (4) und mit einer Solarglasscheibe (8), gekennzeichnet durch eine lichteinstrahlseitig angeordnete Funktionsschicht (2), die zwischen einem im Wesentlichen für Sonnenstrahlung durchlässigen Zustand und eifern undurchlässigen Zustand wechselbar ist.

2. Photovoltaikmodul (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschicht (2) eine erste elektrochrome Schicht (9), eine Ionenleitende Schicht (10) und eine zur ersten elektrochromen Schicht (9) komplementäre zweite elektrochrome Schicht (11) umfasst.

3. Photovoltaikmodul (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass jede elektrochrome Schicht (9, 11) von einer transparenten Elektroden-schicht (7) abgedeckt ist.

4. Photovoltaikmodul (1) nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschicht (2) auf der oder jeder Solarzelle (4) angeordnet ist.

5. Photovoltaikmodul (1) nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschicht (2) zwischen zwei Solarglassscheiben (6, 8) angeordnet ist.

6. Photovoltaikmodul (1) nach Anspruch 1 bis 5, gekennzeichnet durch ein Steuergerät (23) zur Ansteuerung der Funktionsschicht (2).

7. Photovoltaikmodul (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem Steuergerät (23) ein Energiespeicher (24) zugeordnet ist.

8. Photovoltaikmodul (1) nach Anspruch 6 oder 7, gekennzeichnet durch ein Zentralsteuergerät (25) zur Ansteuerung der Funktionsschicht (2) und/oder des Steuergerätes (23).

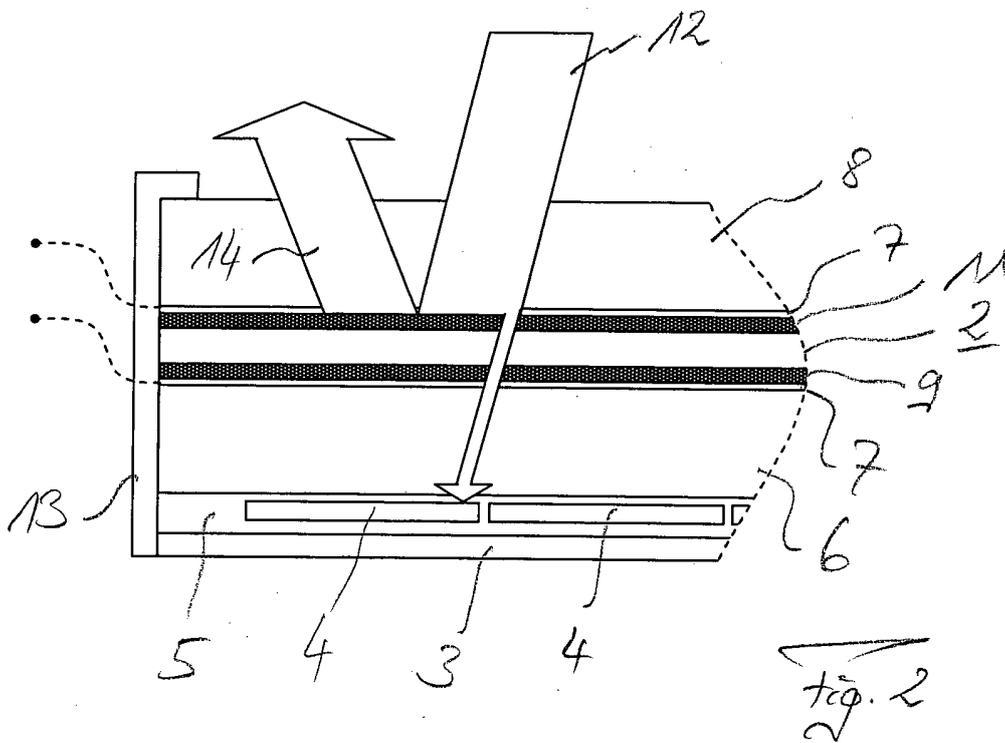
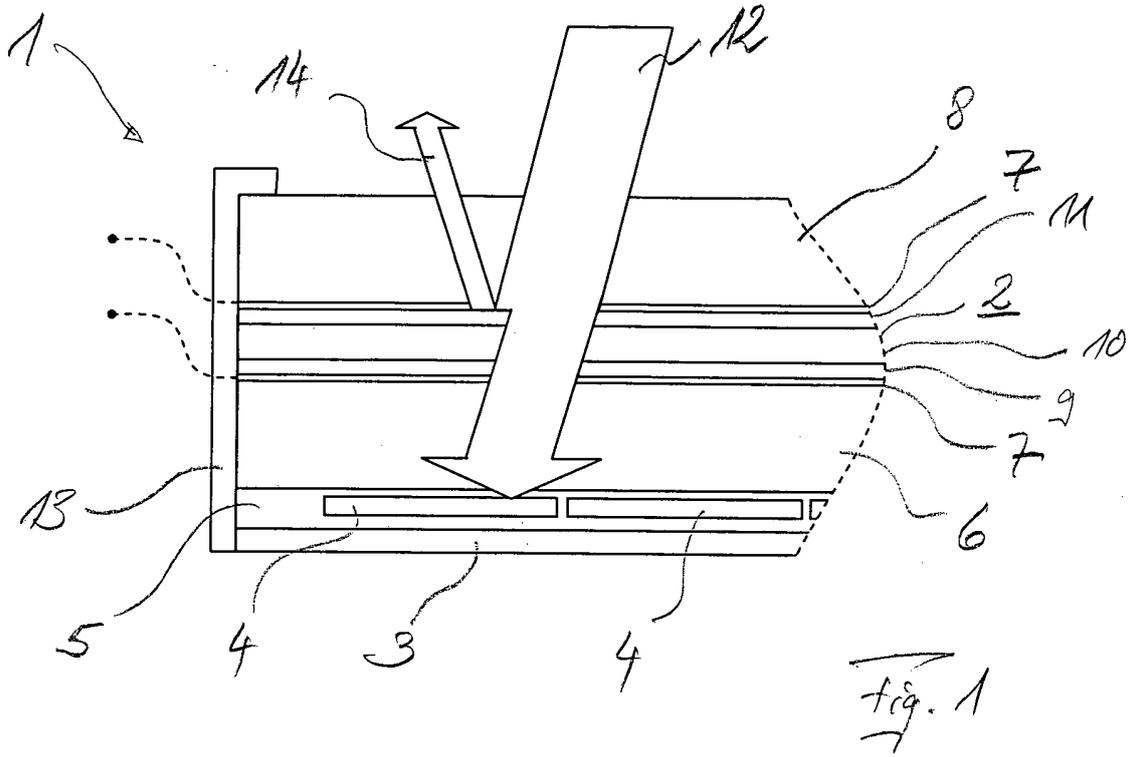
9. Photovoltaikmodul (1) nach Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschicht (2) in einem Grundzustand für Licht undurchlässig ist.

10. Photovoltaikmodul (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, gekennzeichnet durch ein Freigabesignal (F), dessen Ausfall die Überführung der Funktionsschicht (2) in den undurchlässigen Zustand bewirkt.

11. Verwendung einer elektrochromen Funktionsschicht (2) für ein Photovoltaikmodul (1).

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



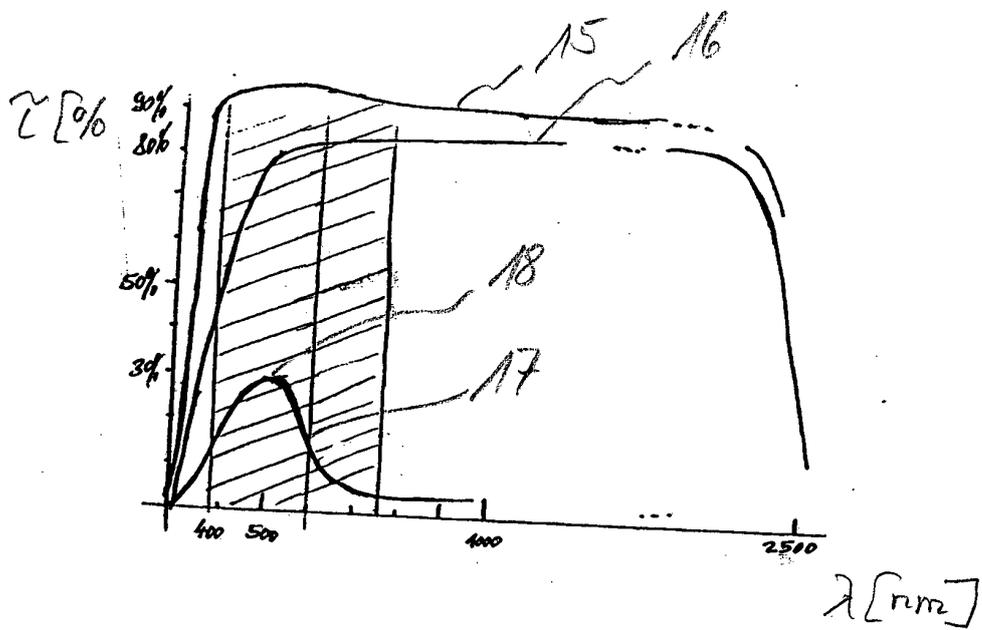
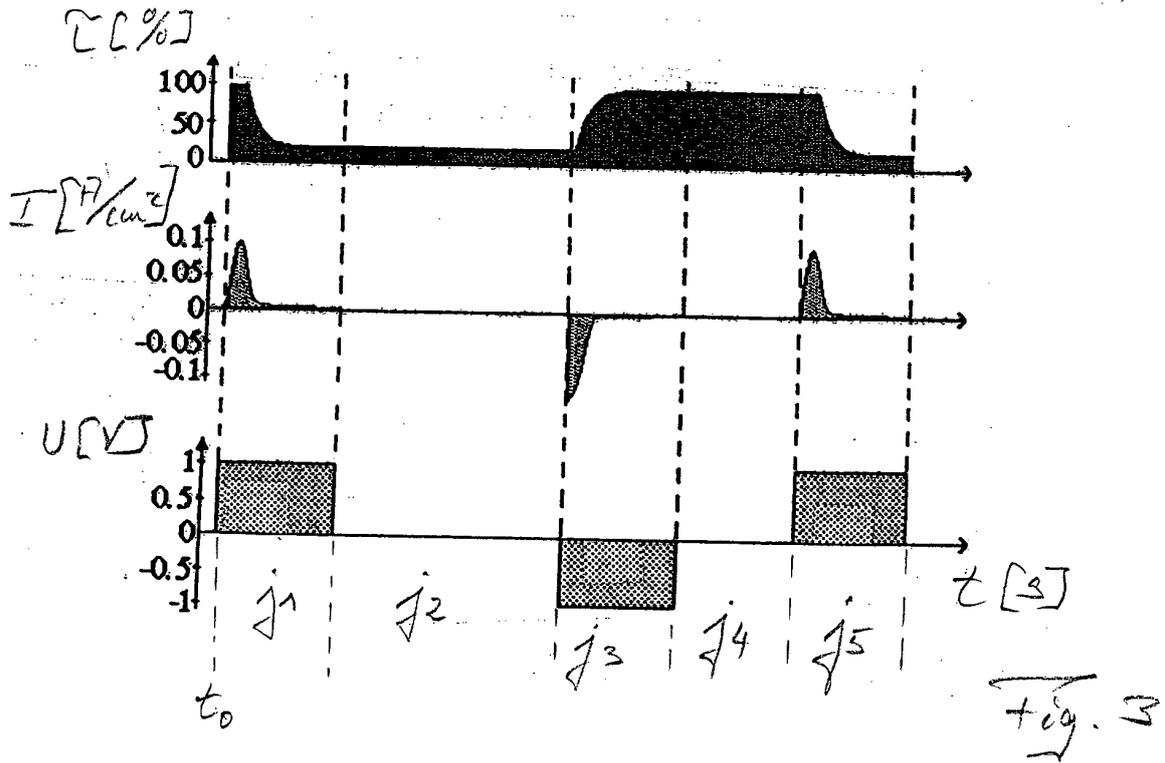


fig. 4

