



(10) **DE 10 2013 206 871 A1** 2014.10.16

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 206 871.9**

(22) Anmeldetag: **16.04.2013**

(43) Offenlegungstag: **16.10.2014**

(51) Int Cl.: **H02S 40/10** (2014.01)

F16M 13/00 (2006.01)

H01L 31/042 (2006.01)

H02S 20/30 (2014.01)

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:

**PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 80339
München, DE**

(72) Erfinder:

Wirth, Harry, 79249 Merzhausen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2011 / 0 303 282 A1

US 2013 / 0 047 978 A1

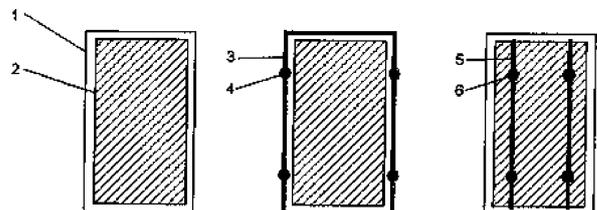
**BULLIS, K.: Self-Cleaning Solar Panels. MIT
Technology Review, August 2010. URL: [http://
www.technologyreview.com/news/420524/self-
cleaning-solar-panels/](http://www.technologyreview.com/news/420524/self-cleaning-solar-panels/) [abgerufen am 16.01.2014]**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Selbstreinigendes PV-Modul und Verfahren zur Reinigung von PV-Modulen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein selbstreinigendes Photovoltaik(PV)-Modul, das mindestens eine Trägerplatte mit einer aktiven, mit Solarzellen versehenen Fläche sowie mindestens eine Fixierungsstruktur aufweist, sowie ein Verfahren zur Reinigung von PV-Modulen unter Ausnutzung von Vibrationen, insbesondere ausgelöst durch Wind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein selbstreinigendes Photovoltaik(PV)-Modul, das mindestens eine Trägerplatte mit einer aktiven, mit Solarzellen versehenen Fläche sowie mindestens eine Fixierungsstruktur aufweist, sowie ein Verfahren zur Reinigung von PV-Modulen unter Ausnutzung von Vibrationen, insbesondere ausgelöst durch Wind.

[0002] Photovoltaische Module bestehen in der Regel aus mindestens einer steifen Platte, meistens Glas, die eine aktive Schicht Solarzellen als Super- oder Substrat trägt, aus weiteren Schichten, die v.a. der Einkapselung dienen, und weiteren Elementen. Häufig wird die Platte durch einen umlaufenden Rahmen oder durch rückseitig aufgebrachte Schienen ausgesteift. Wenn diese aussteifenden Elemente vorhanden sind, werden sie zur Fixierung des Moduls an die Unterkonstruktion genutzt. Die Fixierpunkte liegen aus statischen Gründen in einiger Entfernung von der kurzen Modulkante. Sie leiten Kräfte (Eigen-gewicht, Wind, Schnee) in die Unterkonstruktion. Der Übergang von Platte zu Aussteifung (meist geklebt) und von Aussteifung zu Unterkonstruktion (meist geschraubt) werden als starre Verbindungen ausgeführt.

[0003] Photovoltaische (PV) Module sind an vielen sonnenreichen, aber regenarmen Standorten einer starken Verschmutzung, insbesondere durch Ablagerung (Soiling) von Sand, Staub und Meersalzaerosolen ausgesetzt, (Renewable and Sustainable Energy Reviews 14 (2010) 3124–3131, Prog. Photovolt: Res. Appl. 2011; 19:211–217). Wenn eine regelmäßige Reinigung ausbleibt, können bereits nach wenigen Wochen Ertragseinbußen von 50% und mehr auftreten. Besonders kritisch ist die Kombination von Ablagerung und nächtlicher Betauung, weil dadurch stabile Schichten entstehen, die sich durch Wind nicht mehr wirksam abtragen lassen.

[0004] Für betroffene Gebiete wird eine häufige mechanische oder pneumatische Reinigung der Module empfohlen, bis hin zur täglichen Reinigung. Um die Haftung von Ablagerungen auf Moduloberflächen zu reduzieren, wurden verschiedene Anti-Soiling-Beschichtungen für Glasoberflächen vorgeschlagen. Diese Beschichtungen haben jedoch keinen Einfluss auf die Temperatur- und Tauproblematik, sondern sie verändern lediglich die Oberflächenenergie hin zu sehr kleinen (hydrophob) oder sehr großen Werten (hydrophil).

[0005] Die WO/2012/028712 A2, US 2004/0055632 A1 und US 6,911,593 B2 beschreiben eine Reinigung der Moduloberfläche durch elektrische Felder.

[0006] Ausgehend hiervon war es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein photovoltaisches Modul bereitzustellen, die die Anlagerung von Schmutz aus der Umgebungsluft im wesentlichen vermeidet, so dass eine aufwendige mechanische Reinigung der photovoltaischen Module vermieden werden können.

[0007] Diese Aufgabe wird durch wird durch das Photovoltaik-Modul mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und das Verfahren zur Reinigung von Photovoltaik-Modulen mit den Merkmalen des Anspruchs 11 gelöst. Die weiteren abhängigen Ansprüchen zeigen vorteilhafte Weiterbildungen auf.

[0008] Erfindungsgemäß wird ein selbstreinigendes Photovoltaik-(PV)-Modul bereit gestellt, das mindestens eine Trägerplatte mit einer aktiven, mit Solarzellen versehenen Fläche sowie mindestens eine Fixierungsstruktur aufweist. Die Trägerplatte ist dabei über Verbindungselemente an der Fixierungsstruktur befestigt.

[0009] Wesentliches Merkmal des erfindungsgemäßen PV-Moduls ist dabei, dass jeder Punkt in der durch die aktive Fläche aufgespannten Ebene in der zu dieser Ebene senkrechten Richtung (z-Richtung) beweglich ist. Die Bewegung wird durch federnde, dämpfende und/oder begrenzende Elemente auf ein sinnvolles Maß eingeschränkt.

[0010] Die erfindungsgemäße Beweglichkeit in der z-Richtung ermöglicht insbesondere eine Vibration der aktiven Fläche, wodurch die Ablagerung von Schmutz aus der Umgebungsluft drastisch reduziert werden kann bzw. bereits abgelagerter Schmutz abgetragen werden kann.

[0011] Unter Beweglichkeit in z-Richtung ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verstehen, dass diese Beweglichkeit auf eine bestimmte Distanz limitiert ist, die beispielsweise durch Anschläge o.ä. festgelegt werden kann.

[0012] Eine erfindungsgemäße Ausführungsform sieht vor, dass die aktive Fläche, d.h. die mit den Solarzellen versehene Fläche des PV-Moduls frei von festgelagerten Punkten in der Ebene der aktiven Fläche ist. Durch die erfindungsgemäße freie Lagerung der aktiven Fläche ist es möglich, dass durch Vibrationen, z.B. durch Windeinfluss, niederfrequente Eigenschwingungsmoden des PV-Moduls angeregt werden.

[0013] Eine erfindungsgemäße Ausführungsform des PV-Moduls sieht vor, dass die Verbindungselemente in der Ebene des PV-Moduls außerhalb der aktiven Fläche angeordnet sind. Die Verbindungselemente sind dabei vorzugsweise in einem Abstand von mindestens 20 mm zur aktiven Fläche angeordnet.

[0014] Eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform sieht vor, dass die Verbindungselemente zwischen Trägerplatte und Fixierungsstruktur eine Drehbewegung zulassen, sodass durch Vibration, insbesondere Windeinfluss, in definierten Grenzen eine Auslenkung des PV-Moduls ermöglicht wird. Hierfür dienen insbesondere Drehlager oder Drehgelenke.

[0015] Eine weitere erfindungsgemäße Variante sieht vor, dass die Verbindungselemente eine translatorische Bewegung in z-Richtung oder in einem Winkel $< 90^\circ$ zur Trägerplatte zulassen. Die translatorische Bewegung ist dabei vorzugsweise mittels eines Anschlages auf einen kleiner 50 mm, bevorzugt kleiner 10 mm beschränkt.

[0016] Vorzugsweise weist die Fixierungsstruktur mindestens einen außerhalb der aktiven Fläche angeordneten Rahmen und/oder mindestens eine Schiene auf. Die Schienen können hierbei auf der der aktiven Fläche abgewandten Seite des PV-Moduls angeordnet sein. Es ist weiter bevorzugt, dass die Trägerplatte aus Glas besteht.

[0017] Eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform sieht vor, dass das PV-Modul mit einem Abschirmungselement gekoppelt ist, wobei das Abschirmungselement einen Transmissionsgrad von $\leq 90\%$ im Bereich der thermischen Strahlung im Wellenlängenbereich von 3–20 μm aufweist, das die thermische Abstrahlung des PV-Moduls an mindestens einer Oberfläche des PV-Moduls reduziert.

[0018] Vorzugsweise weist das Abschirmungselement einen Transmissionsgrad $\leq 50\%$, bevorzugt $\leq 15\%$ auf.

[0019] Weiterhin ist es wichtig, dass das Abschirmungselement – im Fall einer Anordnung auf der Empfangsfläche des Moduls – eine hohe Transmission der Solarstrahlung zulässt. Hierbei ist es bevorzugt, dass das Abschirmungselement einen mittleren Transmissionsgrad im Wellenlängenbereich von 380 nm bis 1200 nm von mindestens 80%, besonders bevorzugt mindestens 90% aufweist.

[0020] Das Abschirmungselement kann vorzugsweise eine Platte, Folie und/oder Beschichtung sein. Im Falle einer Beschichtung werden bevorzugt gesputterte, pyrolysierte oder aufgedampfte Schichten eingesetzt. Besonders bevorzugt sind hierbei sogenannte Low-E-Schichten, die einen geringen Emissionsgrad aufweisen. Das Abschirmungselement enthält dabei vorzugsweise metallische Anteile bzw. enthält Metallverbindungen. Besonders bevorzugt enthält das Abschirmungselement Silber oder Zinn in metallischer Form oder in Form einer Verbindung. Vorzugsweise wird die Beschichtung auf der Rück-

seite und/oder Vorderseite des PV-Moduls abgetrennt.

[0021] Wenn das Abschirmungselement eine Platte ist, werden hierbei vorzugsweise Platten mit einem Wärmedurchlasskoeffizienten von maximal 500 W/m²K, besonders bevorzugt maximal 50 W/m²K eingesetzt.

[0022] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Platte zum PV-Modul beabstandet, wobei der Abstand zwischen Platte und PV-Modul bevorzugt mindestens 1 cm, besonders bevorzugt mindestens 3 cm, beträgt. Der maximale Abstand beträgt bevorzugt 50 cm.

[0023] Vorzugsweise ist die Platte zusammen mit dem PV-Modul drehbar gelagert.

[0024] Eine weitere bevorzugte Variante sieht vor, dass die Platte mit einer Beschichtung versehen ist, die einen niedrigen Emissionsgrad im Bereich der thermischen Strahlung im Wellenlängenbereich von 3 bis 20 μm aufweist. Bei dieser Beschichtung handelt es sich vorzugsweise um eine Low-E-Schicht.

[0025] Erfindungsgemäß wird ebenso ein Verfahren zur Reinigung von PV-Modulen bereit gestellt, bei dem ein Photovoltaik(PV)-Modul enthaltend mindestens eine Trägerplatte mit einer aktiven, mit Solarzellen versehenen Fläche mit mindestens einer Fixierungsstruktur über Verbindungselemente so fixiert wird, dass jeder Punkt in der Ebene der aktiven Fläche in zur Ebene senkrechter z-Richtung beweglich ist und durch Windeinfluss die aktive Fläche in Schwingung versetzt wird und so ein Abtrag von Ablagerungen auf der aktiven Fläche erfolgt.

[0026] Vorzugsweise sind die Verbindungselemente in der Ebene des PV-Moduls außerhalb der aktiven Fläche angeordnet, wobei der Abstand zur aktiven Fläche vorzugsweise mindestens 20 mm beträgt.

[0027] Durch den Einfluss von Vibration, insbesondere durch Wind, können vorzugsweise niederfrequente Eigenschwingungsmoden des PV-Moduls angeregt werden, sodass eine Ablagerung von Schmutz auf der aktiven Fläche im Wesentlichen verhindert werden kann oder dass sich auf der aktiven Fläche befindliche Ablagerungen von Schmutz durch die Vibration, insbesondere Wind, wieder gelöst und abgetragen werden können.

[0028] Eine bevorzugte Variante des Verfahrens sieht vor, dass durch eine Drehbewegung der Verbindungselemente eine translatorische Bewegung der Trägerplatte ermöglicht wird.

[0029] Eine weitere erfindungsgemäße Variante des Verfahrens sieht vor, dass durch die Verbindungsele-

mente eine translatorische Bewegung der Trägerplatte in z-Richtung oder in einem Winkel $< 90^\circ$ zur Trägerplatte ermöglicht wird. Das PV-Modul kann dann durch Windeinfluss in im Wesentlichen zur Ebene des PV-Moduls senkrechter z-Richtung bis zu einem Anschlag bewegt wird und anschließend aufgrund des Eigengewichtes des PV-Moduls in die Ausgangsposition oder aufgrund federnder Elemente zurückfallen.

[0030] Eine weitere Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das PV-Modul mit einem Abschirmungselement gekoppelt ist, wobei das Abschirmungselement einen Transmissionsgrad von $\leq 90\%$ im Bereich der thermischen Strahlung im Wellenlängenbereich von 3 bis 20 μm aufweist, so kombiniert wird, dass die Wärmeabstrahlung des PV-Moduls gegenüber der Umgebung so reduziert wird, dass im wesentlichen keine Betauung des PV-Moduls auftritt.

[0031] Anhand der nachfolgenden Figuren soll der erfindungsgemäße Gegenstand näher erläutert werden, ohne diesen auf die hier gezeigten spezifischen Ausführungsformen einschränken zu wollen.

[0032] Fig. 1 zeigt PV-Module, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind.

[0033] Fig. 2 zeigt erfindungsgemäße PV-Module.

[0034] Fig. 3 zeigt ein erfindungsgemäßes PV-Modul mit translatorischer Beweglichkeit.

[0035] Fig. 4 zeigt ein erfindungsgemäßes PV-Modul, das eine translatorische Bewegung aufgrund drehbarer Lagerung in den Befestigungspunkten zulässt.

[0036] In Fig. 1a ist ein PV-Modul mit einer steifen Trägerplatte **1**, in der Regel aus Glas, sowie einer aktiven Schicht mit Solarzellen **2** als Super- oder Substrat dargestellt. Fig. 1b und Fig. 1c zeigen Fixierungsmöglichkeiten für diese aus dem Stand der Technik bekannten PV-Module. In Fig. 1b weist das PV-Modul einen die aktive Fläche umlaufenden Rahmen **3** auf, der vier Fixierpunkte **4** aufweist. Die zur Fixierung des Moduls an einer Unterkonstruktion (hier nicht dargestellt) befestigt sind. Die Fixierpunkte liegen aus statischen Gründen in einiger Entfernung von der kurzen Kante des PV-Moduls. Sie leiten Kräfte, z.B. Eigengewicht, Wind oder Schnee in die Unterkonstruktion. Der Übergang von der Trägerplatte **1** zur Aussteifung, der meist geklebt ist, und von der Aussteifung zur Unterkonstruktion, der meist geschraubt ist, werden als starre Verbindung ausgeführt. Dies hat zur Folge, dass die Trägerplatte kein Eigenschwingverhalten entwickeln kann, das durch Wind angeregt wird, und das eine Bewegung an allen Stellen der aktiven Fläche ermöglicht. In Fig. 1c

weist die Trägerplatte **1** rückseitig Schienen **5** mit jeweiligen Fixierpunkten **6** auf.

[0037] In Fig. 2 sind erfindungsgemäße Abwandlungen der Systeme aus dem Stand der Technik gemäß Fig. 1b und Fig. 1c dargestellt. In Fig. 2a ist ein PV-Modul mit umlaufenden Rahmen **3** dargestellt, wobei hier die Fixierpunkte **4** in einem Abstand von etwa 20 mm von der aktiven Fläche angeordnet sind. In Fig. 2b ist die Variante mit Schienen **5** so abgewandelt, dass auch hier die Fixierpunkte **6** mit gewissem Abstand vom oberen bzw. unteren Rand des PV-Moduls angeordnet sind.

[0038] In Fig. 3 ist eine Variante des erfindungsgemäßen PV-Moduls im Querschnitt dargestellt. Mindestens ein Fixierpunkt erlaubt hier einen begrenzten translatorischen Spielraum, z.B. in der Größenordnung von 1 bis 10 mm senkrecht oder schräg zur Plattenfläche. Falls alle Fixierungen diesen translatorischen Spielraum aufweisen, kann Wind die Module leicht anheben, beim oberen Anschlag und beim Rückfall in die Ausgangsposition entsteht eine stoßartige Abbremsung der Bewegung, die die Ablösung von Ablagerungen fördert. Fixierungen des beschriebenen Typs können auch an weiteren Kanten des Moduls vorgesehen werden, beispielsweise nahe der Mitte der Kantenlänge. Sie begrenzen dort die Durchbiegung unter Last und erzeugen einen kontrollierten Anschlag.

[0039] In Fig. 4 ist eine erfindungsgemäße Variante des PV-Moduls im Querschnitt dargestellt, wobei zwei Fixierpunkte **4** in einer Entfernung von (mindestens) 20 mm von der aktiven Fläche **2** angeordnet sind. Wenn sämtliche Fixierungen an der Unterkonstruktion derart ausgestaltet sind, kann Wind die Platten zur Schwingung anregen, wobei sich in der ersten Eigenschwingungsmode die gesamte aktive Fläche des Moduls senkrecht zur Zeichenebene bewegt, mit dem Schwingungsbauch nahe des Zentrums der aktiven Fläche. An diesem mindestens einen Fixierpunkt kann zusätzlich ein translatorischer Spielraum vorgesehen werden, der über einen Anschlag begrenzt wird. Weiterhin ist ein Fixierpunkt mit einem Drehlager ausgestattet, der die Schwingung des Moduls erleichtert.

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

- WO 2012/028712 A2 [0005]
- US 2004/0055632 A1 [0005]
- US 6911593 B2 [0005]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Renewable and Sustainable Energy Reviews
14 (2010) 3124–3131, Prog. Photovolt: Res.
Appl. 2011; 19:211–217 [0003]

Patentansprüche

1. Selbstreinigendes Photovoltaik(PV)-Modul enthaltend mindestens eine Trägerplatte (1) mit einer aktiven, mit Solarzellen versehenen Fläche (2) sowie mindestens einer Fixierungsstruktur (3, 5), die mit der Trägerplatte (1) über Verbindungselemente verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Punkt in der durch das PV-Modul aufgespannten Ebene der aktiven Fläche (2) in zu dieser Ebene senkrechter Richtung (z-Richtung) beweglich ist.

2. PV-Modul nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die aktive Fläche (2) frei von festgelagerten Punkten ist.

3. PV-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindungselemente in der Ebene des PV-Moduls außerhalb der aktiven Fläche (2) angeordnet sind, insbesondere in einem Abstand zur aktiven Fläche von mindestens 20 mm.

4. PV-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindungselemente eine Drehbewegung zulassen und insbesondere ein Drehlager oder Drehgelenk aufweisen und/oder dass die Verbindungselemente eine translatorische Bewegung in z-Richtung oder in einem Winkel $< 90^\circ$ zur Trägerplatte zulassen.

5. PV-Modul nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die translatorische Bewegung durch mindestens einen Anschlag auf einen Bereich von kleiner 50 mm, bevorzugt kleiner 10 mm beschränkt wird.

6. PV-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Fixierungsstruktur mindestens einen Rahmen (3) und/oder mindestens eine Schiene (5) aufweist.

7. PV-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Trägerplatte (1) aus Glas besteht.

8. PV-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das PV-Modul mit einem Abschirmungselement gekoppelt ist, wobei das Abschirmungselement einen Transmissionsgrad von $\leq 90\%$ im Bereich der thermischen Strahlung im Wellenlängenbereich von 3–20 μm aufweist, das die thermische Abstrahlung des PV-Moduls an mindestens einer Oberfläche des PV-Moduls reduziert.

9. PV-Modul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Abschirmungselement eine Platte, eine Folie und/oder eine Beschichtung, bevorzugt eine gesputterte, pyro-

lisierte oder aufgedampfte Schicht, besonders bevorzugt eine Low-E-Schicht ist, wobei das Material des Abschirmungselementes bevorzugt metallische Anteile oder deren Verbindungen enthält, insbesondere Silber oder Zinn.

10. PV-Modul nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Platte zum PV-Modul beabstandet ist und die Platte zusammen mit dem PV-Modul bewegbar ist, wobei der Abstand zwischen Platte und PV-Modul bevorzugt mindestens 1 cm, besonders bevorzugt mindestens 3 cm beträgt.

11. Verfahren zur Reinigung von PV-Modulen, bei dem ein Photovoltaik (PV)-Modul enthaltend mindestens eine Trägerplatte (1) mit einer aktiven, mit Solarzellen versehenen Fläche (2) mit mindestens einer Fixierungsstruktur (3, 5) über Verbindungselemente so fixiert wird, dass jeder Punkt in der Ebene der aktiven Fläche (2) in zur Ebene senkrechter z-Richtung frei beweglich ist und durch Windeinfluss die aktive Fläche in Bewegung und/oder Schwingung versetzt wird und so ein Abtrag von Ablagerungen auf der aktiven Fläche erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbindungselemente in der Ebene des PV-Moduls außerhalb der aktiven Fläche (2) angeordnet sind, insbesondere in einem Abstand zur aktiven Fläche von mindestens 20 mm.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch den Windeinfluss niederfrequente Eigenschwingungsmoden des PV-Moduls angeregt werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Verbindungselemente eine translatorische Bewegung der Trägerplatte (1) in z-Richtung oder in einem Winkel $< 90^\circ$ zur Trägerplatte ermöglicht wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das PV-Modul durch Windeinfluss in im Wesentlichen zur Ebene des PV-Moduls senkrechter z-Richtung bis zu einem Anschlag bewegt wird und anschließend aufgrund federnder Elemente und/oder des Eigengewichts des PV-Moduls in die Ausgangsposition zurückfällt.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

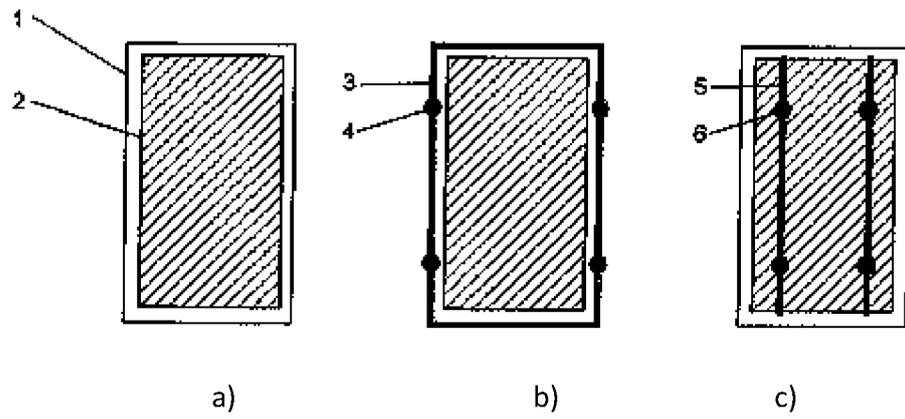


Fig. 2

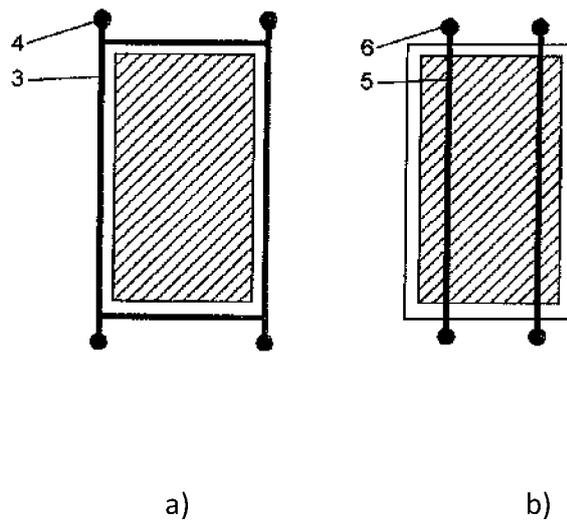


Fig. 3

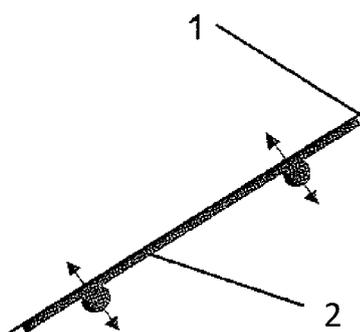


Fig. 4

