



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 24 786 T2** 2005.07.14

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 874 404 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 24 786.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 107 132.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **20.04.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.10.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **30.06.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.07.2005**

(51) Int Cl.7: **H01L 31/048**

H01L 31/18

(30) Unionspriorität:

10322597 **21.04.1997** **JP**

25853297 **24.09.1997** **JP**

(73) Patentinhaber:

Canon K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

TBK-Patent, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

CH, DE, ES, FR, IT, LI, NL, SE

(72) Erfinder:

Komori, Ayako, Ohta-ku, Tokyo, JP; Fukae, Kimitoshi, Ohta-ku, Tokyo, JP; Takabayashi, Akiharu, Ohta-ku, Tokyo, JP; Mimura, Toshihiko, Ohta-ku, Tokyo, JP; Mori, Masahiro, Ohta-ku, Tokyo, JP; Takada, Takeshi, Ohta-ku, Tokyo, JP

(54) Bezeichnung: **Solarzellenmodul und Verfahren zu dessen Herstellung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Solarzellenmoduls, genauer gesagt einer großen Vielzahl von Solarzellenmodulen mit hoher Zuverlässigkeit, bei dem ein Bereich, der ein photovoltaisches Element umfasst, bearbeitet wird.

[0002] Die gegenwärtig häufig eingesetzten Solarzellen verwenden Silicium auf Kristallbasis und amorphes Silicium. U. a. sind die Solarzellen aus amorphem Silicium, bei denen Silicium auf einem leitenden Metallsubstrat abgeschieden und eine transparente leitende Schicht darauf ausgebildet ist, deswegen vielversprechend, weil sie billig und leichter sind als Solarzellen aus Silicium auf Kristallbasis und eine gute Schlagbiegefestigkeit sowie eine hohe Flexibilität besitzen. In neuerer Zeit werden die Solarzellen aus amorphem Silicium auf Dächern und Wänden von Gebäuden montiert, wobei deren geringes Gewicht, deren gute Schlagbiegefestigkeit und gute Flexibilität, die für die Solarzellen aus amorphem Silicium charakteristisch sind, ausgenutzt werden. In diesem Fall wird ein Lagerelement (Verstärkungslage) mit einem Kleber an einer Nichtlichtempfangsfläche einer Solarzelle angebracht und der gebildete Verbund als Baumaterial verwendet. Durch dieses Verkleben mit einem Lagerelement wird die mechanische Festigkeit eines Solarzellenmoduls verbessert, so dass auf diese Weise ein Verwerfen und eine Verformung durch Temperaturänderung vermieden wird. Insbesondere deswegen, weil die Module mehr Sonnenlicht einfangen können, wird zweckmäßigerweise eine Dachinstallation durchgeführt. Bei der Aufbringung auf Dächer wird bei herkömmlichen Verfahren ein Rahmen auf einer Solarzelle montiert, ein Gestell auf dem Dach angeordnet, und werden die Solarzellen darauf installiert. Demgegenüber können die Solarzellenmodule mit dem angebrachten Lagerelement als Dachmaterialien direkt auf dem Dach durch Biegen des Lagerelementes installiert werden. Hierdurch werden große Kostenreduzierungen für Rohmaterialien und in bezug auf die Anzahl der Bearbeitungsschritte erreicht, so dass billige Solarzellenmodule hergestellt werden können. Des weiteren werden die Solarzellen sehr leicht, da weder ein Rahmen noch ein Gestell benötigt wird. Die Solarzellen können als metallische Dachmaterialien gehandhabt werden, die wegen ihrer ausgezeichneten Montagefähigkeit, ihres geringen Gewichtes und ihrer ausgezeichneten Erdbebenfestigkeit in neuerer Zeit besondere Beachtung gefunden haben.

[0003] Beispielsweise besitzt der in der offengelegten japanischen Patentanmeldung 7-302924 beschriebene Dachmaterial- und Solarzellenkombinationsmodul eine ausgezeichnete Montagefähigkeit, da er in der gleichen Weise wie die üblichen Dachmaterialien bearbeitet wird. Er kann ferner in einfacher Weise gehandhabt werden, da zur Bearbeitung herkömmliche Maschinen eingesetzt werden können. Dieser Solarzellenmodul ist jedoch so konstruiert, dass sich das photovoltaische Element in einem flachen Abschnitt eines seitlich gedeckten Flachnahtdachmaterials befindet und überhaupt nicht verformt ist. Das deutsche Gebrauchsmuster DE 93 12 618 U und die europäische Patentanmeldung EP 0 768 721 A beschreiben in entsprechender Weise Solarzellenmodule, die an einem Abschnitt gebogen sind, an dem keine photovoltaischen Elemente vorhanden sind.

[0004] In neuerer Zeit wird jedoch auf die Originalität von Gegenständen zunehmend Wert gelegt, wobei diese Tendenz auch bei Baumaterialien und Solarzellen zu beobachten ist. Um Solarzellen oder Baumaterialien herzustellen, die verschiedenartige Bedürfnisse erfüllen und eine große Vielzahl von Formen besitzen, ist es erforderlich, eine Bearbeitbarkeit sämtlicher Bereiche einschließlich der photovoltaischen Elemente sicherzustellen und nicht die Bereiche über den photovoltaischen Bereiche immer flach zu halten.

[0005] Die offengelegte japanische Patentanmeldung 8-222752 oder 8-222753 oder die japanische Patentveröffentlichung 6-5769 beschreibt einen gewellten Solarzellenmodul als ein Beispiel, das den Bedürfnissen nach Vielseitigkeit nachkommt. In jedem Fall ist das photovoltaische Element in einer gewellten Weise angeordnet, um die Nutzungseffizienz des Lichtes zu erhöhen, wobei das Herstellverfahren hiervon ein Verfahren zum Verkleben der photovoltaischen Elemente mit einem Stahlblech o. ä., das in eine gewellte Form gebracht worden ist, umfasst.

[0006] Die offengelegte japanische Patentanmeldung 4-266069 beschreibt ein Verfahren zum Herstellen von Solarzellenmodulen mit verschiedenartigen Formen. Zuerst wird ein photovoltaisches Element hergestellt, das eine Schicht aus amorphem Silicium auf einem flexiblen Stahlsubstrat, das auf seiner Oberfläche uneben ist, umfasst. Dann wird das photovoltaische Element darauf angeordnet und mit Harz auf einem aus Metall oder Harz bestehenden Lagerelement, das eine komplizierte gekrümmte Oberfläche besitzt, verkapselt. Auf diese Weise wird das auf dem flexiblen Stahlsubstrat ausgebildete photovoltaische Element verformt und gebrauchsfertig gemacht.

[0007] Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung von gebogenen Solarzellenmodulen mit einer

großen Vielzahl von Formen mit hoher Zuverlässigkeit bei höherer Geschwindigkeit zu schaffen.

[0008] Während ihrer Forschungen haben die Erfinder auch Berichte über Untersuchungen der Beziehung zwischen Schichten aus a-Si:H (hydriertem amorphen Silicium) und der Beanspruchung bzw. Verformung dieser Schichten berücksichtigt.

[0009] Beispielsweise wird in Appl. Phys. Lett. 54 (17), 1989, S. 1678–1680 „Electrical properties of hydrogenated amorphous silicon layers on polymer film substrate under tensile stress“ von einer Änderung des Widerstandes in einem Dunkelzustand berichtet, wenn eine Zugkraft auf einen Einzelfilm aus a-Si:H (0,5 µm dick und hauptsächlich vom i-Typ a-Si:H), der auf einem PET-Substrat (100 µm dick) abgeschieden ist, aufgebracht wird. Der detaillierte Inhalt dieses Berichtes ist wie folgt.

[0010] Unter der Zugkraft ändert die a-Si:H-Schicht allmählich ihren Widerstand (reversibel), wegen des Piezowiderstandseffektes vor dem Erreichen von 0,7% Verformung. Es tritt jedoch wieder ein rascher Anstieg (irreversibel) des Widerstandes auf, nachdem 0,7% Verformung überschritten worden sind, da schwache Si-Si-Bindungen aufgebrochen werden. Die a-Si:H-Schicht mit erhöhtem Widerstand infolge 0,7% oder mehr Verformung kann jedoch durch Glühen bei 150°C über eine Stunde wiederhergestellt werden.

[0011] Des weiteren wird in J. Appl. Phys. 66 (1), 1989, S. 308–311 „Effect of mechanical strain on electrical characteristics of hydrogenated amorphous silicon junctions“ vom Piezoübergangseffekt von a-Si:H mit pin-Übergang berichtet. Der detaillierte Inhalt dieses Berichtes ist wie folgt.

[0012] Wenn a-Si:H mit pin-Übergang parallel zum pin-Übergang verformt wird, tritt ein Stromabfall von 8% sowohl in Vorwärtsrichtung als auch in umgekehrter Richtung unter der Zugbeanspruchung von 7.500 µε (im Dunkelzustand) auf. Des weiteren tritt ein Stromanstieg von 8% unter einer Druckspannung von 7.500 µε auf.

[0013] Bei den vorstehend beschriebenen herkömmlichen Techniken wird jedoch nichts über die spezielle Beanspruchung des photovoltaischen Elementes beim Biegen desselben in die Wellenform o. ä. ausgesagt. Es wird weder eine Verschiebungsgröße des Substrates noch eine Verschiebungsgröße des photovoltaischen Elementes oder Solarzellenmoduls erwähnt. Darüber hinaus wird nichts über den Effekt der Beanspruchung und Verformung und überhaupt über die Zuverlässigkeit ausgesagt.

[0014] Unter diesen Umständen wurde die Herstellung von Solarzellenmodulen, bei denen die photovoltaischen Elemente so geformt werden, dass sie beansprucht oder verformt werden, vermieden. Wenn ein Modul geformt wird, muss die Zuverlässigkeit dieser Form immer überprüft werden. Da viele Zuverlässigkeitstests gewöhnlich für ein Produkt (eine spezielle Form) durchgeführt werden müssen, ist sehr viel Zeit erforderlich, um ein Produkt in einen für die Praxis geeigneten Zustand zu bringen. Dieses Verfahren ist nicht geeignet, um das Produkt mit einer Geschwindigkeit in einen für den Handel geeigneten Zustand zu bringen, die dem gegenwärtigen Bedarf nach Solarzellen und Baumaterialien, um eine große Vielzahl von Produkten vorzusehen, gerecht wird.

[0015] Wie vorstehend beschrieben, müssen die folgenden Anforderungen erfüllt werden, um eine große Vielzahl von Solarzellenmodulen mit hoher Zuverlässigkeit bei höherer Geschwindigkeit herstellen zu können.

- (1) Bei der Bearbeitung des Bereiches, der das photovoltaische Element einschließt, muss ein spezieller verformbarer Bereich des photovoltaischen Elementes definiert werden.
- (2) Bei der Verformung des photovoltaischen Elementes muss eine Zuverlässigkeit über einen langen Zeitraum sichergestellt werden.

[0016] Die Erfinder stellten nach intensiven und ausführlichen Untersuchungen und Entwicklungen zum Erfüllen der obigen Anforderungen fest, dass das Verfahren gemäß Patentanspruch 1 hierfür am besten geeignet ist.

[0017] Vorteilhafte Weiterentwicklungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0018] Es folgt nunmehr eine Kurzbeschreibung der Zeichnungen. Hiervon zeigen:

[0019] [Fig. 1A](#) eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Solarzellenmoduls, [Fig. 1B](#) einen Schnitt entlang Linie 1B-1B in [Fig. 1A](#) und [Fig. 1C](#) eine vergrößerte Ansicht des Abschnittes [1C](#) der [Fig. 1B](#);

[0020] [Fig. 2A](#) eine Draufsicht eines Beispiels eines photovoltaischen Elementes, das bei dem obigen Solarzellenmodul Anwendung finden kann, [Fig. 2B](#) eine Schnittansicht entlang Linie 2B-2B in [Fig. 2A](#) und [Fig. 2C](#) eine Schnittansicht entlang Linie 2C-2C in [Fig. 2A](#);

[0021] [Fig. 3](#) eine Ansicht, die während der Herstellung eines Solarzellenmoduls aufeinandergestapelte Schichten zeigt;

[0022] [Fig. 4A](#) eine perspektivische Ansicht eines Solarzellenmoduls, dessen Ränder gebogen sind, und [Fig. 4B](#) eine perspektivische Ansicht des Solarzellenmoduls nach der Endbearbeitung;

[0023] [Fig. 5A](#) eine Draufsicht eines Beispiels eines Zellenblocks, der bei dem obigen Solarzellenmodul Verwendung finden kann, [Fig. 5B](#) eine vergrößerte Ansicht des Abschnittes **5B** der [Fig. 5A](#) und [Fig. 5C](#) eine Schnittansicht entlang Linie 5C-5C in [Fig. 5B](#);

[0024] [Fig. 6A](#) eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Solarzellenmoduls, [Fig. 6B](#) eine Schnittansicht entlang Linie 6B-6B in [Fig. 6A](#) und [Fig. 6C](#) eine vergrößerte Ansicht des Abschnittes **6C** der [Fig. 6B](#);

[0025] [Fig. 7](#) eine Schnittansicht des Solarzellenmoduls beim Biegen mit einer Biegevorrichtung;

[0026] [Fig. 8](#) eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Solarzellenmoduls;

[0027] [Fig. 9](#) eine Schnittansicht des Solarzellenmoduls beim Krümmen mit einer Presse;

[0028] [Fig. 10A](#) eine Draufsicht eines erfindungsgemäß hergestellten Solarzellenmoduls und [Fig. 10B](#) eine Schnittansicht entlang Linie 10B-10B in [Fig. 10A](#);

[0029] [Fig. 11](#) eine Ansicht, die in einem Solarzellenmodul eines Vergleichsbeispiels übereinander angeordnete Schichten zeigt;

[0030] [Fig. 12](#) eine schematische Ansicht eines Kratzwiderstandstests;

[0031] [Fig. 13](#) eine Schnittansicht eines flachen plattenförmigen Solarzellenmoduls;

[0032] [Fig. 14](#) ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem auf das photovoltaische Element ausgeübten Maximaldruck und der Änderung der photoelektrischen Umwandlungseffizienz vor und nach der Bearbeitung zeigt, wobei die photoelektrische Umwandlungseffizienz vor der Bearbeitung 1 beträgt;

[0033] [Fig. 15](#) ein Diagramm, das ein Beispiel der Beanspruchung während der Bearbeitung des photovoltaischen Elementes zeigt; und

[0034] [Fig. 16](#) ein Diagramm, das die Beziehung zwischen der Spitzenbeanspruchung von a-Si:H und F. F. zeigt.

[0035] Die [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) sind eine perspektivische Ansicht, eine Schnittansicht und eine teilweise vergrößerte Ansicht eines erfindungsgemäß hergestellten Solarzellenmoduls. In den [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) sind mit **101** photovoltaische Elemente, mit **102** eine anorganische Faserverbindung, mit **103** eine transparente organische Polymerverbindung als Vorderflächenfüllmaterial, mit **104** ein transparenter Harzfilm, der am weitesten außen angeordnet ist, mit **105** eine transparente organische Polymerverbindung als Rückseitenfüllmaterial, mit **106** ein Rückseitenisolationsfilm und mit **107** ein Lagerelement bezeichnet.

[0036] Es wird eine durch die erfindungsgemäße Bearbeitung hergestellte Form beschrieben. Zuerst wird ein flacher plattenförmiger Solarzellenmodul hergestellt und danach so gebogen, dass er einen kontinuierlich gebogenen Abschnitt besitzt, wie in den [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) gezeigt. Obwohl die [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) ein Bearbeitungsbeispiel eines Solarzellenmoduls mit kontinuierlich gebogenem Abschnitt zeigen, ist die Erfindung nicht auf dieses Beispiel beschränkt. Vielmehr kann der Solarzellenmodul auch so bearbeitet werden, dass er einen gebogenen Abschnitt nur in einem Teil desselben besitzt oder viele vertiefte und vorstehende Abschnitte aufweist.

[0037] Durch das Herstellverfahren der vorliegenden Erfindung können die photovoltaischen Elemente ohne

Beschädigung bearbeitet werden. Speziell umfasst das Herstellverfahren ein Verfahren zum Reduzieren des Biegedrucks beim Schritt der Ausbildung des gebogenen Abschnittes, so dass der Solarzellenmodul ohne Beschädigung der photovoltaischen Elemente und somit der gesamte Solarzellenmodul mit hoher Zuverlässigkeit hergestellt werden kann.

[0038] Wie in den [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) gezeigt, kann der große Solarzellenmodul zu einem Dachmaterial mit Stufen einer geringen Breite verarbeitet werden. Daher kann aus dem Solarzellenmodul ein Dachmaterial hergestellt werden, das auch im ästhetischen Sinn und in der Montagefähigkeit ausgezeichnet ist, da weniger Verbindungsabschnitte benötigt werden, weil nicht jede Stufe mit einem Verbindungsabschnitt versehen werden muss. Des weiteren können die photovoltaischen Elemente unabhängig von der Verarbeitungsbreite auf dem Lagerelement angeordnet werden, so dass der Anteil der photovoltaischen Elemente pro Flächeneinheit ebenfalls erhöht werden kann, wodurch die Leistung der Solarzellen effizient genutzt werden kann.

[0039] Des weiteren erhöht die Fähigkeit der Bearbeitung des Lagerelementes einschließlich der Abschnitte, die mit den photovoltaischen Elementen versehen sind, die Vielzahl der äußeren Konfigurationen, ohne auf die in den [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) gezeigte Form beschränkt zu sein, und ermöglicht die Herstellung von Originalbaumaterialien, die eine ausgezeichnete ästhetische Form besitzen.

[0040] Da das Lagerelement selbst mit den photovoltaischen Elementen in den gleichen Schritten wie Baumaterialien unter Verwendung von normalem Stahlblech verarbeitet werden kann, kann eine herkömmliche Herstellvorrichtung ohne zu große Änderungen eingesetzt werden. Hierdurch werden die Herstellkosten gesenkt.

Verfahren zum Formen des gebogenen Abschnittes

[0041] Da die Abschnitte, in denen die photovoltaischen Elemente vorhanden sind, gebogen werden, ist es erforderlich, die Zuverlässigkeit der photovoltaischen Elemente sicherzustellen. Die Erfinder stellten fest, dass es wünschenswert ist, Mittel vorzusehen, um den Biegedruck, der normalerweise auf die Oberfläche der photovoltaischen Elemente während der Bearbeitung ausgeübt wird, zu reduzieren. Genauer gesagt, es wurde festgestellt, dass der auf das photovoltaische Element ausgeübte Druck nicht mehr als 49 Mpa (500 kgf/cm²) betragen sollte.

[0042] [Fig. 14](#) ist ein Diagramm, das die Beziehung zwischen dem auf das photovoltaische Element ausgeübten Maximaldruck und der Änderung der photoelektrischen Umwandlungseffizienz vor und nach der Bearbeitung zeigt, wobei die photoelektrische Umwandlungseffizienz vor der Bearbeitung 1 beträgt. Man erkennt, dass durch Aufbringung eines Drucks von mehr als 49 Mpa (500 kgf/cm²) die Beschädigungen des photovoltaischen Elementes ansteigen, was zu einer signifikanten Erniedrigung der Umwandlungseffizienz führt, so dass die für einen Solarzellenmodul erforderliche Zuverlässigkeit nicht mehr sichergestellt werden kann.

[0043] Ein denkbare Verfahren zur Herstellung des Solarzellenmoduls ohne Ausübung des Bearbeitungsdrucks auf das photovoltaische Element ist ein Verfahren zum Kleben von Solarzellenmodulen auf ein vorher bearbeitetes Lagerelement. Dieses Bearbeitungsverfahren unterscheidet sich jedoch von dem ursprünglichen Bearbeitungsschritt, bei dem übliches Stahlblech Verwendung findet, so dass dieses Herstellverfahren eine geringere Produktivität aufweist. Des weiteren werden durch dieses Bearbeitungsverfahren die Kosten erhöht, da ein anderes Material, wie ein Kleber, erforderlich ist.

[0044] Die vorstehend beschriebene Bearbeitung des gebogenen Abschnittes wird daher vorzugsweise wie folgt durchgeführt: Zuerst wird ein flacher plattenförmiger Solarzellenmodul hergestellt, wie in [Fig. 13](#) gezeigt, der danach mit einer Pressformmaschine, einer Walzenformmaschine oder einer Biegeformmaschine gebogen wird.

[0045] Mit der Pressformmaschine können ohne weiteres beliebige Formen bearbeitet werden, selbst unregelmäßige Formen, wenn die Formen zuerst hergestellt worden sind. Eine Pressformmaschine ist somit zur Bearbeitung des in [Fig. 9](#) gezeigten Baumaterials geeignet. Beim Formen durch Pressen wird der Solarzellenmodul bearbeitet, während er zwischen einer oberen Form und einer unteren Form angeordnet ist. Wenn in diesem Fall ein Druck über 49 Mpa (500 kgf/cm²) auf das photovoltaische Element ausgeübt wird, wird das photovoltaische Element beschädigt und die Zuverlässigkeit der Solarzelle beeinträchtigt. Vorzugsweise sollten die folgenden Verfahren Anwendung finden, um den Druck zu reduzieren.

[0046] Ein erstes Verfahren ist ein Verfahren zur Aufbringung des Drucks nur auf den Bereich des Lagerele-

menten, in dem das photovoltaische Element des Solarzellenmoduls nicht vorhanden ist, geeignet, um auf diese Weise einen Teil des Lagerelementes oder das gesamte Lagerelement plastisch zu verformen und auf diese Weise den gebogenen Abschnitt zu formen. Hierdurch kann der Solarzellenmodul bearbeitet werden, ohne die Bereiche über den photovoltaischen Elementen überhaupt zu berühren.

[0047] Ein anderes Verfahren ist ein Verfahren zum Anordnen eines Puffermaterials einer Lage aus Gummi, Urethan, Schaum, ungewebtem textilen Material, Polymerharz o. ä. zwischen die Pressformen und den Solarzellenmodul. Hierdurch wird der Druck der Pressformen verteilt, so dass auf diese Weise der auf die photovoltaischen Elemente ausgeübte Druck verringert wird.

[0048] Ein weiteres wirksames Verfahren ist ein Verfahren zur Anordnung eines Spaltes zwischen dem Solarzellenmodul und der Bearbeitungsmaschine am unteren Totpunkt der Presse. Hierbei kann der Solarzellenmodul bearbeitet werden, ohne dass der Druck auf den gesamten Solarzellenmodul ausgeübt wird. Wenn der Schritt zur Ausbildung des gebogenen Abschnittes durch Pressformen durchgeführt wird, wird das Bearbeitungsvermögen verbessert. Da es sich hierbei generell um die Bearbeitung von Stahlblech handelt, kann der Solarzellenmodul in einfacher Weise bearbeitet werden.

[0049] Eine Walzenformmaschine eignet sich besonders gut zur Bearbeitung in Längsrichtung. Dabei ist die gleiche Formmaschine für Stahlbleche unterschiedlicher Längen geeignet. Insbesondere kann die Walzenformmaschine zum Biegen eines langen Stahlbleches und zur Durchführung eines komplizierten Biegevorganges eingesetzt werden und ist für eine Hochgeschwindigkeitsbearbeitung geeignet, so dass sich ein Verfahren mit hoher Produktivität ergibt. Auch in diesem Fall wird bevorzugt, die in der Walzenformmaschine verwendeten Walzen mit einem Puffermaterial aus einer Lage aus Gummi, Urethan, Schaum, ungewebtem textilen Material, Polymerharz o. ä. zu umhüllen, um den Druck auf das photovoltaische Element zu reduzieren.

[0050] Mit einer Biegemaschine kann ein Material mit einer einfach ausgebildeten Vorrichtung gebogen werden. Eine solche Maschine ist für einfache Biegevorgänge und das Biegen eines relativ kleine Stahlbleches geeignet. Da jedoch der Krümmungsradius eines Blattes der Biegemaschine normalerweise klein ist, wird der Druck während des Biegevorganges auf das photovoltaische Element konzentriert. Zur Reduzierung des Drucks wird daher vorzugsweise ein Puffermaterial zwischen dem Blatt der Biegemaschine und dem Solarzellenmodul verwendet. Bevorzugte Puffermaterialien sind Lagen aus Gummi, Urethan, Schaum, nichtgewebtem textilen Material, Polymerharz u. ä., wie oben. Ein anderes Mittel besteht darin, den Krümmungsradius des Blattes der Biegemaschine auf nicht weniger als 100 mm zu erhöhen. Wenn der Schritt des Formens des gebogenen Abschnittes durch Biegen mit der Biegemaschine durchgeführt wird, kann der gebogene Abschnitt auf billige und einfache Weise geformt werden. Insbesondere ist dieses Verfahren zur Bearbeitung eines kurzen Solarzellenmoduls geeignet.

[0051] In dem Fall, in dem der Solarzellenmodul zur Verwendung als Dachmaterial gebogen wird, wird das Lagerelement manchmal an Randabschnitten des Solarzellenmoduls gebogen. Die [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) zeigen ein derartiges Beispiel, bei dem einer von zwei gegenüberliegenden Randabschnitten zur Lichtempfangsseite gebogen wird, während der andere zur Nichtlichtempfangsseite gebogen wird. Durch dieses Biegen wird die Montagefähigkeit stark verbessert, da im Fall von Kombinationsmodulen aus Dachmaterial und Solarzellen, die vom Dachfuß aus montiert werden, diese in einfacher Weise montiert werden können, da die gebogenen Abschnitte der oberen und unteren Solarzellenmodule benachbart zueinander auf Verbindungsbasis eingebaut werden können. Da durch dieses Biegen kein Rahmen und Gestell benötigt wird, die bei herkömmlichen Montageverfahren gebraucht werden, um die Solarzellen auf das Dach zu legen, können mit diesem Verfahren die Kosten stark reduziert werden. Ferner kann das Gewicht verringert werden. Wenn dieser Biegevorgang mit Hilfe der Walzenformvorrichtung durchgeführt wird, kann die Bearbeitungsgeschwindigkeit erhöht und eine weitere Kostenreduzierung erreicht werden.

[0052] Wenn der erfindungsgemäß hergestellte Solarzellenmodul mit einem herkömmlichen Modul eines Typs, bei dem der Solarzellenmodul auf dem Baumaterial montiert ist, verglichen wird, benötigt der auch als Baumaterial funktionierende Solarzellenmodul kein gesondertes Baumaterial und kann somit mit geringen Kosten hergestellt werden.

Beziehung zwischen dem photovoltaischen Element und der Belastung

[0053] Nachfolgend wird ein Versuch im einzelnen beschrieben, um die Beziehung zwischen dem photovoltaischen Element und der Belastung darzulegen. Das verwendete photovoltaische Element besitzt eine Konfiguration, bei der eine Rückflächenreflexionsschicht, eine photoaktive Schicht aus Halbleitern aus amorphem

Silicium vom pin-Übergangs-Typ, eine transparente leitende Schicht und eine Sammelelektrode übereinander auf einem Substrat angeordnet sind. Der Versuch wurde unter Verwendung dieses photovoltaischen Elementes durchgeführt. Nachfolgend werden die Ergebnisse dieses Versuches beschrieben. Zuerst wurde ein Dehnungsmessgerät an der Nichtlichtempfangsfläche des Substrates des photovoltaischen Elementes angebracht. Danach wurden die Anfangseigenschaften gemessen. Die Probe wurde einer Zugbeanspruchung (Dehnung) ausgesetzt, wobei das photovoltaische Element von einer Zugbeanspruchungsvorrichtung in der Richtung parallel zur Oberfläche des Substrates gezogen wurde. In diesem Fall wurde eine Messung bei jeder Spitzenbelastung bis zu 12.000 $\mu\epsilon$ (1,2% Dehnung) des Substrates durchgeführt. Die Eigenschaften von Proben mit unterschiedlichen Belastungen wurden auf diese Weise wieder gemessen, und die Oberflächen der photovoltaischen Elemente wurden schließlich mit einem SEM (Rasterelektronenmikroskop) beobachtet.

[0054] Die Beanspruchung kann in zwei Typen klassifiziert werden, nämlich eine Spitzenbeanspruchung während der Aufbringung der Zugkraft und eine Restbeanspruchung, die selbst nach dem Abbau der Zugkraft verbleibt ([Fig. 15](#)). Wenn in einem a-Si:H-Material Defekte, wie Risse, am Punkt der Spitzenbeanspruchung während der Zugkraftaufbringung auftreten, werden diese Defekte auch nicht durch eine nachfolgende Beseitigung der gesamten Restbeanspruchung kompensiert. Wenn daher die Beziehung zwischen dem verformbaren Bereich eines photovoltaischen Elementes und der Beanspruchung betrachtet wird, ist die Spitzenbelastung signifikant.

[0055] Die Ergebnisse des obigen Versuches sind in [Fig. 16](#) wiedergegeben. Zuerst wird anhand [Fig. 16](#) die Definition der kritischen Beanspruchung, bei der der Wert F. F. des photovoltaischen Elementes absinkt, erläutert. Das Diagramm zeigt die Beziehung zwischen der Beanspruchung des photovoltaischen Elementes und der Änderung des F. F.-Wertes. Wie in [Fig. 16](#) gezeigt, beginnt das Absinken des F. F.-Wertes an einem Punkt einer gewissen Beanspruchung. Da dieses Absinken des F. F.-Wertes in der Form einer sanften Kurve erfolgt, wird die kritische Beanspruchung, bei der der F. F.-Wert absinkt, als Schnittpunkt von zwei Tangenten definiert, die in der Darstellung gezeigt sind. Im Fall der [Fig. 16](#), bei dem a-Si:H verwendet wird, liegt der Schnittpunkt zwischen den beiden Tangenten bei 7.000 $\mu\epsilon$ (0,7% Dehnung). Das bedeutet, dass der F. F.-Wert abzusinken beginnt, wenn die Spitzenbeanspruchung 7.000 $\mu\epsilon$ oder mehr beträgt. Somit sollte zur Bearbeitung des photovoltaischen Elementes und zur Sicherung der Zuverlässigkeit desselben die Spitzenbeanspruchung im photovoltaischen Element auf wünschenswerte Weise geringer sein als die kritische Beanspruchung, bei der eine Absenkung des F. F.-Wertes während der Bearbeitung stattfindet (0,7% im Fall von a-Si:H). Um das photovoltaische Element unter diesen Bedingungen zu verformen, wird das flexible Substrat aus einem Material hergestellt, das einen plastischen Verformungsbereich besitzt, der geringer ist als die kritische Beanspruchung, bei der eine Absenkung des F. F.-Wertes stattfindet (0,7% im Fall von a-Si:H). Das photovoltaische Element wird verformt, während das Substrat unter einer Beanspruchung verformt wird, die geringer ist als die kritische Beanspruchung, bei der eine Absenkung des F. F.-Wertes stattfindet (0,7% im Fall von a-Si:H). Hierdurch wird eine Verformung des photovoltaischen Elementes erreicht, ohne dass das Verhalten der photoaktiven Halbleiterschicht auf dem Substrat beeinträchtigt wird.

[0056] Der F. F.-Wert wird hier wie folgt definiert: $F. F. = \text{Maximalstrom } (P_m) / \text{Kurzschlussstrom } (I_{sc}) \times \text{Leerlaufspannung } (V_{oc})$. Die physikalische Bedeutung hiervon ist das Verhältnis zwischen dem tatsächlich erzeugten Strom P_m und dem Produkt aus V_{oc} , bei dem es sich um einen Wert handelt, bei dem nur die Spannung ein Maximum besitzt, und I_{sc} , bei dem es sich um einen Wert handelt, bei dem nur der Strom einen Maximalwert besitzt. Der tatsächliche Wert von F. F. wird bestimmt durch die Vorwärtseigenschaften eines pn-Überganges, so dass F. F. abfällt, wenn ein Leckstrom durch Defekte, die im verwendeten Halbleitersubstrat enthalten sind, und Defekte, die während der Herstellung des pn-Überganges oder während Herstellschritten danach erzeugt werden, fließt. Dies führt zu einem Absinken der ursprünglich erwarteten Ausgangsleistung. Daher bedeutet ein Absinken des F. F.-Wertes nach dem Zugkraftaufbringungstest das Auftreten von Defekten in der Halbleiterschicht infolge des Zugversuches.

[0057] Wie man ferner dem Vorstehenden entnehmen kann, wird im Fall von a-Si:H davon ausgegangen, dass Defekte im photovoltaischen Element erzeugt worden sind, wenn die Spitzenverformung nicht geringer ist als 0,7%, d.h. wenn ein photovoltaisches Element eine Beanspruchung aufweist, die nicht geringer ist als die kritische Beanspruchung, bei der ein Absinken des F. F.-Wertes stattfindet.

[0058] Als das photovoltaische Element von der Lichtempfangsseite aus mit einem SEM beobachtet wurde, wurden viele Risse in der Normalrichtung zum flexiblen Substrat in Abschnitten festgestellt, in denen die Beanspruchung nicht geringer war als die kritische Beanspruchung, bei der ein Absinken des F. F.-Wertes stattfindet. Aus der Verschlechterung der Eigenschaften der Solarzelle zu diesem Zeitpunkt wird angenommen, dass die Möglichkeit besteht, dass auch eine Grenzflächentrennung zwischen Filmen in der Konfiguration der

Substrat/Metallschicht/transparenten Elektrodenschicht/aktiven Halbleiterschichten/transparenten Elektrode oder innerhalb der aktiven Halbleiterschichten stattfindet.

[0059] Bereiche, in denen die Beanspruchung beim Biegen auftritt, sind die oberen und unteren Abschnitte in der Stufenform, wie in den [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) gezeigt. Die maximale Beanspruchung tritt an den oberen Abschnitten der Stufenform auf. Die Beanspruchung tritt auch in den unteren Abschnitten auf, ist jedoch dort sehr klein.

[0060] Die [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) zeigen ein Beispiel, bei dem der Solarzellenmodul in eine kontinuierliche Stufenform gebogen ist. Die Erfindung ist jedoch in keiner Weise auf dieses Beispiel beschränkt. Beispielsweise kann nur ein Teil des Solarzellenmoduls gebogen werden, kann der Solarzellenmodul so gebogen werden, dass er viele vertiefte und vorstehende Abschnitte aufweist, oder kann ein flacher plattenförmiger Solarzellenmodul so bearbeitet werden, dass er die Zugbeanspruchung in der flachen Form aufnimmt, so lange wie durch die Bearbeitung eine plastische Verformung verursacht wird, während die Beanspruchung des flexiblen Substrates geringer gehalten wird als die kritische Beanspruchung, bei der ein Absinken des F. F.-Wertes stattfindet. Da der Solarzellenmodul unabhängig vom Vorhandensein oder Fehlen des photovoltaischen Elementes bearbeitet werden kann, kann ein großer Solarzellenmodul beispielsweise zu einem Dachmaterial mit Stufenform mit einer schmalen Bearbeitungsbreite verarbeitet werden, wie in den [Fig. 1A](#) bis [Fig. 1C](#) gezeigt, wobei das unter Verwendung von solchen Solarzellenmodulen hergestellte Dach eine ausgezeichnete ästhetische Erscheinungsform und ein ausgezeichnetes Montagevermögen mit weniger Verbindungsabschnitten besitzt, da pro Stufe kein Verbindungsabschnitt vorgesehen sein muss. Des weiteren muss die Anordnung der photovoltaischen Elemente in Abhängigkeit von der Konfiguration des Solarzellenmoduls nicht verändert werden, und der gleiche flache plattenförmige Solarzellenmodul kann in eine Vielzahl von Formen verarbeitet werden. Daher besitzt der Solarzellenmodul eine ausgezeichnete Be- bzw. Verarbeitbarkeit und Produktivität. Was speziell die Bearbeitung des mit dem Lagerelement versehenen Solarzellenmoduls anbetrifft, so besteht das Lagerelement oft aus einem Material, das eine höhere Steifigkeit besitzt als das Substrat, so dass es daher schwierig ist, die bearbeitete Form des Solarzellenmoduls nur durch plastische Verformung des flexiblen Substrates aufrechtzuerhalten. In diesem Fall ist ein Beispiel der Bearbeitung der Form des Solarzellenmoduls ein Verfahren zum plastischen Verformen nur von Abschnitten, in denen kein photovoltaisches Element auf dem Lagerelement vorhanden ist, um auf diese Weise die Form des gesamten Lagerelementes beizubehalten. Durch dieses Verfahren kann der mit dem Lagerelement versehene Solarzellenmodul als Solarzellenmodul bearbeitet werden, während die Beanspruchung des flexiblen Substrates geringer gehalten wird als die kritische Beanspruchung, bei der ein Absinken des F. F.-Wertes stattfindet, und kann die Form desselben auf diese Weise aufrechterhalten werden. Daher kann der Solarzellenmodul sowohl in bezug auf die Zuverlässigkeit als auch in bezug auf seine ästhetische Erscheinungsform ausgezeichnete Eigenschaften besitzen.

[0061] Nachfolgend werden das erfindungsgemäß verwendete photovoltaische Element und die zum Abdecken des photovoltaischen Elementes verwendeten Materialien beschrieben.

Photovoltaisches Element **101**

[0062] die [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2C](#) zeigen ein Beispiel eines photovoltaischen Elementes, das bei dem erfindungsgemäß hergestellten Solarzellenmodul Verwendung finden kann. Mit **201** sind ein leitendes Substrat, mit **202** ein Rückseitenreflexionsschicht, mit **203** eine photoaktive Halbleiterschicht, mit **204** eine transparente leitende Schicht, mit **205** eine Kollektorelektrode und mit **206** Ausgangsklemmen bezeichnet.

[0063] Das leitende Substrat **201** funktioniert als Substrat des photovoltaischen Elementes und funktioniert auch als untere Elektrode. Es kann aus einem Material hergestellt sein, das aus Silicium, Tantal, Molybdän, Wolfram, rostfreiem Stahl, Aluminium, Kupfer, Titan, einer Carbonlage, einem mit Blei plattierten Eisenblech und einem Harz- oder Keramikfilm mit einer darauf ausgebildeten leitenden Schicht ausgewählt ist.

[0064] Als Rückseitenreflexionsschicht **202** auf dem vorstehend erwähnten leitenden Substrat **201** kann eine Metallschicht, eine Metalloxidschicht oder eine Kombination aus einer Metallschicht und einer Metalloxidschicht ausgebildet sein. Die Metallschicht ist beispielsweise aus Ti, Cr, Mo, W, Al, Ag oder Ni und die Metalloxidschicht beispielsweise aus ZnO, TiO₂ oder SnO₂ hergestellt. Ein Verfahren zur Ausbildung der vorstehend genannten Metallschicht und Metalloxidschicht wird aus Widerstandserhitzungsbedampfen, Elektronenstrahlbedampfen, Sputtern etc. ausgewählt.

[0065] Die photoaktive Halbleiterschicht **203** bildet einen Abschnitt zur Durchführung einer photoelektrischen Umwandlung. Spezielle Beispiele von Materialien für die photoaktive Halbleiterschicht **203** sind polykristallines

Silicium vom pin-Übergangs-Typ, amorphes Silicium vom pin-Übergangs-Typ und Verbundhalbleiter einschließlich CuInSe_2 , CuInS_2 , GaAs , $\text{CdS/Cu}_2\text{S}$, CdS/CdTe , CdS/InP und $\text{CdTe/Cu}_2\text{Te}$. Die photoaktive Halbleiterschicht wird hergestellt, indem im Fall von polykristallinem Silicium geschmolzenes Silicium in Lagenform gebracht oder amorphes Silicium einer Wärmebehandlung unterzogen wird oder indem im Fall von amorphem Silicium ein plasmaverstärktes CVD-Verfahren unter Verwendung von Silangas o. ä. als Rohmaterial durchgeführt wird oder indem im Fall von Verbundhalbleitern eine Ionenplattierung, eine Ionenstrahlabscheidung, ein Vakuumbedampfen, ein Sputtern oder eine galvanische Abscheidung durchgeführt wird.

[0066] Die transparente leitende Schicht **204** dient als obere Elektrode der Solarzellen. Sie wird aus einem Material hergestellt, das beispielsweise aus In_2O_3 , SnO_2 , $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$ (ITO), ZnO , TiO_2 , Cd_2SnO_4 und kristallinen Halbleiterschichten, die mit einer hohen Konzentration an Verunreinigungen dotiert sind, ausgewählt sind. Ein Verfahren zum Formen der transparenten leitenden Schicht **204** wird aus Widerstandserhitzungsbedampfen, Sputtern, Sprühen, CVD und Verunreinigungsdiffusionsverfahren ausgewählt.

[0067] Auf der transparenten leitenden Schicht kann die Kollektorelektrode **205** (Gitter) eines Gittermusters vorgesehen sein, um auf wirksame Weise elektrische Ströme zu sammeln. Spezielle Materialien für die Kollektorelektrode **205** sind beispielsweise Ti, Cr, Mo, W, Al, Ag, Ni, Cu, Sn und leitende Pasten einschließlich einer Silberpaste. Ein Verfahren zum Formen der Kollektorelektrode **205** kann aus den folgenden Verfahren ausgewählt werden: Sputtern mit einem Maskenmuster, Widerstandserhitzen, CVD, ein Verfahren zum Bedampfen eines Metallfilmes über die gesamte Fläche und danach Mustern desselben durch Entfernen von überflüssigen Abschnitten durch Ätzen, ein Verfahren zum direkten Ausbilden des Gitterelektrodenmusters durch Photo-CVD, ein Verfahren zum Ausbilden einer Maske eines Negativmusters des Gitterelektrodenmusters und dann zur Durchführung einer Plattierung hierauf und ein Verfahren zum Bedrucken mit einer leitenden Paste. Die leitende Paste wird üblicherweise aus solchen ausgewählt, bei denen ein feines Pulver aus Silber, Gold, Kupfer, Nickel, Kohlenstoff o. ä. in einem Bindemittelpolymer dispergiert ist. Als Bindemittelpolymer können beispielsweise Verwendung finden: Polyester-, Epoxid-, Acryl-, Alkyd-, Polyvinylacetat-, Kautschuk-, Urethan- und Phenolharze.

[0068] Schließlich werden die Plus-Ausgangsklemme **206a** und die Minus-Ausgangsklemme **206b** an der Kollektorelektrode und dem leitenden Substrat befestigt, um die elektromotorische Kraft abführen zu können. Die Ausgangsklemme wird am leitenden Substrat über ein Verfahren befestigt, bei dem ein Metallelement, beispielsweise eine Kupferfahne, durch Punktschweißen oder Löten daran befestigt wird. Die Ausgangsklemme wird an der Kollektorelektrode über ein Verfahren zum elektrischen Anschließen eines Metallelementes mit einer leitenden Paste **207** oder Lötmaterial befestigt. Nach der Befestigung an der Kollektorelektrode **205** wird vorzugsweise ein Isolationselement **208** vorgesehen, um zu verhindern, dass die Ausgangsklemme das leitende Metallsubstrat und die Halbleiterschicht berührt, so dass Kurzschlüsse entstehen können.

[0069] Die über die obigen Techniken hergestellten photovoltaischen Elemente werden in Abhängigkeit von der gewünschten Spannung oder dem gewünschten elektrischen Strom in Reihe oder parallel geschaltet. Wenn sie in Reihe geschaltet werden, wird die Plus-Ausgangsklemme einer Zelle an die Minus-Ausgangsklemme der nächsten Zelle angeschlossen. Wenn sie parallel geschaltet werden, werden die Ausgangsklemmen des gleichen Pols miteinander verbunden. Abgesehen von diesen Beispielen ist es auch möglich, photovoltaische Elemente auf einem isolierten Substrat zu integrieren, um eine gewünschte Spannung oder einen gewünschten Strom zu erzielen.

[0070] Ein Material für das Metallelement, das zum Verbinden der Ausgangsklemmen und Elemente verwendet wird, wird in geeigneter Weise aus Kupfer, Silber, Lötmaterial, Nickel, Zink und Zinn ausgewählt, wobei eine hohe Leitfähigkeit, die Löteigenschaften und die Kosten berücksichtigt werden.

Anorganische Faserverbindung **102**

[0071] Als nächstes wird die anorganische Faserverbindung **102** beschrieben, die in das Oberflächenfüllmaterial eingebettet wird. Zuerst wird die Oberfläche der Solarzellen aus amorphem Silicium mit einem Kunststofffilm bedeckt, um den vollen Vorteil seiner Flexibilität auszunutzen. In diesem Fall ist jedoch die Oberfläche sehr viel schwächer gegenüber Kratzer von der Außenseite als im Fall der Bedeckung der äußersten Fläche mit Glas.

[0072] Die Solarzellenmodule, insbesondere Module, die auf dem Dach oder Wand eines Hauses montiert werden, müssen feuerfest sein. Das Oberflächenabdeckmaterial brennt jedoch sehr leicht mit einer großen Menge an transparentem organischen Polymerharz, kann jedoch andererseits die inneren photovoltaischen

Elemente gegenüber Schlageinwirkungen von außen nicht schützen, wenn die Menge des Polymerharzes gering ist. Um die photovoltaischen Elemente in ausreichender Weise gegenüber der äußeren Umgebung mit einer geringen Harzmenge zu schützen, wird als Oberflächenabdeckmaterial das transparente organische Polymerharz verwendet, in das die anorganische Faserverbindung eingebettet ist.

[0073] Die anorganische Faserverbindung wird insbesondere aus ungewebtem Glasfasermaterial, gewebtem Glasfasermaterial, Glasfüllmaterial etc. ausgewählt. Vorzugsweise wird ungewebtes Glasfasermaterial verwendet. Es ist teuer und schwierig, Glasfasergewebe zu imprägnieren. Wenn Glasfüllmaterial verwendet wird, wird die Kratzfestigkeit nur geringfügig erhöht, und es ist nicht einfach, die photovoltaischen Elemente mit einer geringeren Menge des transparenten organischen Polymerharzes abzudecken. Hinsichtlich eines Langzeitgebrauches ist es auch wünschenswert, anorganische Faserverbindungen mit einem Silankopplungsmittel oder einer organischen Titanatverbindung, wie sie in entsprechender Weise bei einem transparenten organischen Polymerharz Verwendung finden, zu behandeln, um ein ausreichendes Haftungsvermögen zu erzielen.

Füllmaterial 103

[0074] Das für das Oberflächenfüllmaterial 103 verwendete transparente organische Polymerharz ist erforderlich, um Unebenheiten der photovoltaischen Elemente mit dem Harz abzudecken, die photovoltaischen Elemente gegenüber harten externen Bedingungen, wie Temperaturveränderungen, Feuchtigkeit und Schlagwirkungen, zu schützen und um Adhäsion zwischen dem Oberflächenfilm und den Elementen sicherzustellen. Das Harz muss daher eine ausgezeichnete Wetterfestigkeit, Adhäsion, Fülleigenschaft, Hitzebeständigkeit, Niedrigtemperaturfestigkeit und Schlagfestigkeit besitzen. Harze, die diese Anforderungen erfüllen, umfassen Harze auf Polyolefinbasis, wie Ethylen-vinylacetatcopolymere (EVA), Ethylen-methylacrylatcopolymere (EMA), Ethylen-ethylacrylatcopolymere (EEA) und Butyralharze, Urethanharze, Siliconharze etc. Hiervon wird EVA bevorzugt verwendet, da dieses Material gut ausgeglichene physikalische Eigenschaften zur Verwendung in einer Solarzelle besitzt.

[0075] Da das EVA, wenn es nicht vernetzt ist, im Gebrauch bei hohen Temperaturen aufgrund seiner niedrigen thermischen Verformungstemperatur sofort verformt wird oder kriecht, sollte es vorzugsweise vernetzt sein, um die Hitzefestigkeit zu verbessern. Bei EVA ist es üblich, eine Vernetzung unter Verwendung eines organischen Peroxides durchzuführen. Die Vernetzung mit dem organischen Peroxid wird so durchgeführt, dass freie Radikale, die aus dem organischen Peroxid erzeugt werden, Wasserstoff- und Halogenatome aus dem Harz herausziehen, um C-C-Bindungen zu bilden. Die bekannten Verfahren zum Aktivieren des organischen Peroxides umfassen eine thermische Zersetzung, eine Redoxzersetzung und eine ionische Zersetzung. Generell wird das thermische Zersetzungsverfahren bevorzugt verwendet. Spezielle Beispiele der chemischen Struktur des organischen Peroxides werden grob klassifiziert in Hydroperoxid, Dialkyl(Allyl)peroxid, Diacylperoxid, Peroxyketal, Peroxyester, Peroxycarbonat und Ketonperoxid.

[0076] Die Menge des zugesetzten organischen Peroxides liegt in einem Bereich von 0,5 bis 5 Gewichtsteilen pro 100 Gewichtsteile des Füllmaterialharzes.

[0077] Wenn das vorstehend genannte organische Peroxid in Kombination mit dem Füllmaterial verwendet wird, kann die Vernetzung und Thermokompressionsbindung unter Erhitzen und Druckaufbringung erreicht werden. Die Erhitzungstemperatur und Erhitzungszeit können in Abhängigkeit von den thermischen Zersetzungstemperaturcharakteristiken der entsprechenden organischen Peroxide festgelegt werden. Generell wird die Aufbringung von Wärme bei der Temperatur und bei dem Zeitpunkt gestoppt, bei der bzw. dem die thermische Zersetzung um 90%, vorzugsweise nicht weniger als 95%, fortgeschritten ist. Der hierdurch erreichte Gelprozentsatz des Füllmaterials ist vorzugsweise nicht geringer als 80%. Der Gelprozentsatz wird durch die folgende Gleichung ermittelt:

$$\text{Gelprozentsatz} = (\text{Gewicht des ungelösten Anteiles/Originalgewicht der Probe}) \times 100 (\%)$$

[0078] Wenn das transparente organische Polymerharz mit einem Lösungsmittel aus Xylol o. ä. extrahiert wird, wird der durch Vernetzung gelierte Anteil nicht eluiert, sondern es wird nur der nichtvernetzte Solanteil eluiert. Ein Gelprozentsatz von 100% bedeutet die Vervollständigung einer perfekten Vernetzung. Nur der ungelöste Gelanteil kann erhalten werden, wenn die nach der Extraktion und dem Verdampfen des Xylols bleibende Probe entnommen wird.

[0079] Wenn der Gelprozentsatz geringer ist als 80%, besitzt das entstandene Harz eine verschlechterte Hitzefestigkeit und einen verschlechterten Kriechwiderstand, so dass beim Gebrauch unter hohen Temperaturen,

beispielsweise im Sommer, Probleme entstehen.

[0080] Für ein effizientes Fördern der vorstehend erwähnten Vernetzungsreaktion ist es wünschenswert, Triallylisocyanurat (TAIC) zur verwenden, bei dem es sich um ein Vernetzungshilfsmittel handelt. Die Menge des zugesetzten Vernetzungshilfsmittels liegt normalerweise in einem Bereich von 1 bis 5 Gewichtsteilen pro 100 Gewichtsteile des Füllmittelharzes.

[0081] Das erfindungsgemäß verwendete Füllmaterial besitzt eine ausgezeichnete Wetterfestigkeit. Es kann jedoch auch ein UV-Absorptionsmittel zugesetzt werden, um die Wetterfestigkeit weiter zu verbessern oder die unter dem Füllmaterial angeordnete Schicht zu schützen. Das UV-Absorptionsmittel kann aus bekannten Verbindungen ausgewählt werden und wird vorzugsweise aus geringflüchtigen UV-Absorbern ausgewählt, wobei die Gebrauchsumgebungen der Solarzellenmodule berücksichtigt werden. Wenn zusammen mit dem UV-Absorber auch ein Lichtstabilisator zugesetzt wird, wird das Füllmaterial noch beständiger gegenüber Licht. Die speziellen chemischen Strukturen der UV-Absorber werden grob klassifiziert in Absorber auf Salicylsäurebasis, Benzophenonbasis, Benzotriazolbasis und Cyanoacrylatbasis. Es wird bevorzugt, mindestens einen dieser UV-Absorber zuzusetzen.

[0082] Als ein anderes Verfahren zum Verbessern der Wetterfestigkeit als die Verwendung des vorstehend genannten UV-Absorbers ist es bekannt, einen gehemmten Lichtstabilisator auf Aminbasis einzusetzen. Dieser gehemmte Lichtstabilisator auf Aminbasis absorbiert im Gegensatz zum UV-Absorber das UV-Licht nicht, kann jedoch einen großen synergistischen Effekt zeigen, wenn er zusammen mit einem UV-Absorber eingesetzt wird. Die Menge des zugesetzten Stabilisators beträgt normalerweise etwa 0,1–0,4 Gewichtsteile pro 100 Gewichtsteile des Harzes. Es gibt natürlich auch andere Lichtstabilisatoren als die gehemmten Stabilisatoren auf Aminbasis. Die meisten dieser Stabilisatoren sind jedoch farbig und somit nicht zur Verwendung im Füllmaterial der vorliegenden Erfindung wünschenswert.

[0083] Des weiteren kann ein Antioxidationsmittel zugesetzt werden, um die thermische Festigkeit und das thermische Bearbeitungsvermögen zu verbessern. Die Menge des zugesetzten Antioxidationsmittels beträgt vorzugsweise 0,1–1 Gewichtsteile pro 100 Gewichtsteile des Harzes. Die chemischen Strukturen der Antioxidationsmittel werden grob in Inhibitoren auf Monophenolbasis, Bisphenolbasis, Polymertyp-Phenolbasis, Schwefelbasis und Phosphorsäurebasis klassifiziert.

[0084] Wenn davon ausgegangen wird, dass die Solarzellenmodule unter harten Bedingungen eingesetzt werden, wird vorzugsweise die Adhäsionsfestigkeit zwischen dem Füllmaterial und den photovoltaischen Elementen oder dem Oberflächenfilm verbessert. Diese Adhäsionsfestigkeit kann verbessert werden, indem dem Füllmaterial ein Silankopplungsmittel oder eine organische Titanatverbindung zugesetzt wird. Die Menge des Additivs beträgt vorzugsweise 0,1 bis 3 Gewichtsteile pro 100 Gewichtsteile des Füllmaterialharzes, bevorzugter 0,25 bis 1 Gewichtsteil pro 100 Gewichtsteile des Füllmaterialharzes. Darüber hinaus wird durch die Zugabe des Silankopplungsmittels oder der organischen Titanatverbindung zum transparenten organischen Polymer die Adhäsionsfestigkeit zwischen der transparenten organischen Polymerverbindung und der darin enthaltenen anorganischen Faserverbindung verbessert.

[0085] Andererseits muss das Oberflächenfüllmaterial transparent sein, um einen Abfall der Lichtmenge, die die photovoltaischen Elemente erreicht, so weit wie möglich zu verhindern. Speziell beträgt die Lichtdurchlässigkeit desselben vorzugsweise 80% oder mehr, bevorzugter 90% oder mehr, im Wellenlängenbereich sichtbaren Lichtes von 400 nm bis 800 nm. Um den Lichteinfall von der Atmosphäre zu erleichtern, beträgt der Brechungsindex des Füllmaterialies bei 25°C vorzugsweise 1,1 bis 2,0, bevorzugter 1,1 bis 1,6.

Oberflächenharzfilm 104

[0086] Da der erfindungsgemäß verwendete Oberflächenharzfilm 104 in der äußersten Schicht des Solarzellenmoduls angeordnet ist, muss er eine Langzeitzuverlässigkeit im Außenbereichseinsatz des Solarzellenmoduls sicherstellen, einschließlich Wetterfestigkeit, Umweltverschmutzungsfestigkeit und mechanische Festigkeit. Der erfindungsgemäß verwendete Harzfilm umfasst einen Fluorharzfilm, einen Acrylharzfilm etc. Von diesen werden Fluorharzfilme bevorzugt verwendet, da sie eine ausgezeichnete Wetterfestigkeit und Umweltverschmutzungsfestigkeit besitzen. Spezielle Beispiele von Fluorharzen sind Polyvinylidenfluoridharze, Polyvinylfluoridharze, Tetrafluorethylen-ethylencopolymere etc. Die Polyvinylidenfluoridharze besitzen eine ausgezeichnete Wetterfestigkeit, während die Tetrafluorethylen-ethylencopolymere eine ausgezeichnete Kompatibilität der Wetterfestigkeit und mechanischen Festigkeit sowie eine ausgezeichnete Transparenz besitzen.

[0087] Um die Adhäsion am Füllmaterial zu verbessern, wird der Oberflächenfilm vorzugsweise einer Oberflächenbehandlung, wie einer Koronabehandlung, Plasmabehandlung, Ozonbehandlung, UV-Bestrahlung, Elektronenstrahlbestrahlung oder Flammbehandlung, unterzogen. Der Benetzungsindex der Oberfläche auf der Seite des photovoltaischen Elementes beträgt vorzugsweise 34 dyn bis 45 dyn. Wenn der Benetzungsindex nicht größer ist als 34 dyn, ist die Adhäsionsfestigkeit zwischen dem Harzfilm und dem Füllmaterial nicht ausreichend, und es tritt eine Trennung zwischen dem Füllmaterial und dem Harzfilm auf. Wenn der Harzfilm ein Tetrafluorethylen-ethylencopolymerfilm ist, ist es schwierig, einen Benetzungsindex über 45 dyn zu erzielen.

[0088] Wenn es sich bei dem Harzfilm um einen orientierten Film handelt, treten Risse auf. In dem Fall, in dem die Randabschnitte des Solarzellenmoduls wie bei der vorliegenden Erfindung gebogen sind, bricht der Film an den gebogenen Abschnitten, so dass das Abblättern des Abdeckmaterials und das Eindringen von Wasser in diese Abschnitte gefördert und auf diese Weise die Zuverlässigkeit verringert wird. Aus diesem Grund ist der Harzfilm vorzugsweise ein nichtorientierter Film. Die Zugdehnungen beim Bruch gemäß dem ASTM D-882-Testverfahren betragen vorzugsweise 200% bis 800% sowohl in Längsrichtung als auch in Querrichtung.

Rückseitenfüllmaterial 105

[0089] Das Rückseitenfüllmaterial **105** wird vorgesehen, um eine Adhäsion zwischen den photovoltaischen Elementen **101** und dem Isolationsfilm **106** auf der Rückseite zu erzielen. Bevorzugte Materialien für das Rückseitenfüllmaterial **105** sind diejenigen, die eine ausreichende Adhäsion am leitenden Substrat sicherstellen können, eine ausgezeichnete Langzeithaltbarkeit besitzen, widerstandsfähig gegenüber thermischer Expansion und thermischer Kontraktion sind und flexibel sind. Ein geeignetes Material hierfür wird von den Heißschmelzmaterialien, wie EVA, Ethylen-methylacrylatcopolymer (EMA), Ethylen-ethylacrylatcopolymer (EEA), Polyethylen oder Polyvinylbutyral, einem zweiseitigen Klebeband, einem Epoxidkleber mit Flexibilität etc., ausgewählt. Ferner kann zum Verbessern der Adhäsionsfestigkeit am Lagerelement und am Isolationsfilm die Oberfläche dieser Klebemittel mit einem Harz zur Erhöhung der Klebrigkeit beschichtet werden. Diese Füllmaterialien sind oft die gleichen Materialien wie die für das Oberflächenfüllmaterial **103** verwendeten transparenten Polymerharze. Zur Vereinfachung der Schritte ist es auch möglich, ein Material zu verwenden, bei dem die vorstehend beschriebene Klebeschicht vorher einstückig auf beide Seiten des Isolationsfilmes aufgebracht wird.

Isolationsfilm 106

[0090] Der Isolationsfilm **106** ist erforderlich, um die elektrische Isolation zwischen dem leitenden Metallsubstrat des photovoltaischen Elementes **101** und der Außenseite aufrechtzuerhalten. Bevorzugte Materialien sind diejenigen, mit denen eine ausreichende elektrische Isolation in bezug auf das leitende Metallsubstrat aufrechterhalten werden kann, die eine ausgezeichnete Langzeithaltbarkeit besitzen, widerstandsfähig sind gegenüber einer thermischen Expansion und thermischen Kontraktion und flexibel sind. Ein geeigneter Film wird aus Polyamid, Polyethylenterephthalat, Polycarbonat etc. ausgewählt.

Lagerelemente 107

[0091] An der Außenseite des Rückseitenabdeckfilmes ist das Lagerelement **107** angebracht, um die mechanische Festigkeit des Solarzellenmoduls zu erhöhen und eine Verformung oder Verwerfung infolge einer Temperaturänderung zu verhindern oder um einen Solarzellenmodul zu verwirklichen, der auch als Dachmaterial funktioniert. Ein bevorzugtes Material für das Lagerelement **107** wird beispielsweise aus einem lackierten galvanisierten Eisenblech, das mit einem organischen Polymerharz beschichtet ist und eine ausgezeichnete Wetterfestigkeit und Rostfestigkeit aufweist, einer Kunststoffolie, einer FRP-Folie (glasfaserverstärkten Kunststoffolie) etc. ausgewählt.

Ausbildung des Moduls

[0092] **Fig. 3** zeigt eine Stapelanordnung von Schichten zur Herstellung des Solarzellenmoduls. Das photovoltaische Element **301**, das anorganische Füllmaterial **302**, das Oberflächenfüllmaterial **303**, der Oberflächenharzfilm **304**, das Rückseitenfüllmaterial **305**, der Isolationsfilm **306** und das Lagerelement **307** werden in der in der Figur dargestellten Reihenfolge oder in der umgekehrten Reihenfolge übereinander angeordnet und unter Wärme von einer Vakuum laminationsvorrichtung zusammengepresst, um auf diese Weise den Solarzellenmodul **308** zu erhalten. Die Erhitzungstemperatur und Erhitzungsdauer während des Pressvorganges werden

so festgelegt, dass eine Temperatur und eine Zeitdauer erreicht werden, die ausreichend sind für einen Fortschritt der Vernetzungsreaktion.

[0093] Da der Schritt des Verkapselns des photovoltaischen Elementes gleichzeitig mit dem Schritt des Fixierens des verkapselten photovoltaischen Elementes am Lagerelement durchgeführt wird, kann ein Solarzellenmodul mit geringen Kosten erhalten werden. Der Abdeckschritt des Solarzellenmoduls kann in einfacher Weise mit einer einfachen Vorrichtung durchgeführt werden, so dass auf diese Weise die Produktivität erhöht wird.

[0094] Der auf diese Weise hergestellte Solarzellenmodul **308** wird von der Pressformmaschine, der Walzenformmaschine oder der Biegeformmaschine so bearbeitet, dass er den gebogenen Abschnitt erhält.

[0095] Die Solarzellenmodule werden zusammen mit einer Energieumwandlungsvorrichtung verwendet, um ein Energieerzeugungssystem zu bilden. Die Energieumwandlungsvorrichtung führt eine Steuerung durch, um die Abgabeleistung von den Solarzellenmodulen immer zu maximieren. Das Energieerzeugungssystem kann eine Verbindungsfunktion zu einem üblichen Stromversorgungssystem besitzen.

Beispiele

Beispiel 1-1

Photovoltaisches Element

[0096] Zuerst werden Solarzellen (photovoltaische Elemente) aus amorphem Silicium (a-Si) hergestellt. Die Herstellvorgänge werden anhand der [Fig. 2A](#) bis [Fig. 2C](#) erläutert.

[0097] Auf einem gereinigten Substrat **201** aus rostfreiem Stahl werden eine Al-Schicht (5.000 Å dick) und eine ZnO-Schicht (5.000 Å dick) nacheinander durch Sputtern ausgebildet, um eine Rückseitenreflexionsschicht **202** zu erzeugen. Dann wird eine a-Si-Halbleiterschicht **203** vom Tandemtyp zur photoelektrischen Umwandlung in der Schichtstruktur einer n-Schicht 150 Å dick/i-Schicht 4.000 Å dick/p-Schicht 100 Å dick/n-Schicht 100 Å dick/i-Schicht 800 Å dick/p-Schicht 100 Å dick ausgebildet, indem die a-Si-Schichten vom n-Typ aus einem Gasgemisch aus SiH₄, PH₃ und H₂, die a-Si-Schichten vom i-Typ aus einem Gasgemisch aus SiH₄ und H₂ und die Schichten aus mikrokristallinem Si (d. h. µc-Si) vom p-Typ aus einem Gasgemisch aus SiH₄, BF₃ und H₂ über das Plasma-CVD-Verfahren hergestellt werden. Als nächstes wird ein In₂O₃-Dünnschicht (700 Å dick) als transparente leitende Schicht **204** durch Verdampfen von Indium (In) in einer O₂-Atmosphäre über das Widerstandsheizverfahren ausgebildet. Des Weiteren wird eine Gitterelektrode **205** zur Stromsammmlung durch Siebdruck einer Silberpaste ausgebildet, und in einem Endschrift wird eine Kupferfahne als Minus-Ausgangsklemme **206b** mit Lötmaterial **207** am Substrat auf rostfreiem Stahl befestigt, während ein Band aus einer Zinnfolie als Plus-Ausgangsklemme **206a** mit Lötmaterial **207** an der Kollektorelektrode **205** befestigt wird, um auf diese Weise die Ausgangsklemmen herzustellen. Somit wird ein photovoltaisches Element erhalten.

Zellenblock

[0098] Ein Verfahren zur Herstellung eines Solarzellenblocks durch Verbinden der vorstehend beschriebenen Zellen in einer Konfiguration 5 seriell × 2 parallel wird nachfolgend in Verbindung mit den [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5C](#) beschrieben.

[0099] Als erstes werden zwei Sätze von 5-Reihen-Zellenblöcken hergestellt. Fünf Zellen werden auf einer horizontalen Linie angeordnet, wonach die Plus-Klemme **503a** einer der benachbarten Zellen über die Kupferfahne **504** mit Lötmaterial **505** an die Minus-Klemme **503b** der anderen Zelle angeschlossen wird. Hierdurch werden fünf Zellen in Reihe geschaltet, so dass auf diese Weise ein in Reihe geschalteter Zellenblock hergestellt wird. Die mit der Ausgangsklemme der Endzelle verbundene Kupferfahne wird zur Rückseite zurückgeführt, um eine Rückseitenkollektorelektrode zu bilden, so dass die Stromabgabe über ein Loch in der Rückseitenabdeckschicht erfolgt, wie nachfolgend beschrieben. In [Fig. 5C](#) sind mit **502** Isolationsfilme zur elektrischen Isolation bezeichnet. Dann werden zwei in Reihe geschaltete Zellenblöcke benachbart zueinander angeordnet, und die gleichen Pole der Rückseitenkollektorelektroden der in Reihe geschalteten Zellenblöcke werden unter Verwendung von Kupferfahnen und Lötmaterial parallel geschaltet. Auf diese Weise wird ein Solarzellenblock vervollständigt.

Ausbildung des Moduls

[0100] Die [Fig. 6A](#) bis [Fig. 6C](#) zeigen ein Verfahren zum Ausbilden des Solarzellenmoduls durch Abdecken der photovoltaischen Elemente (Zellenblöcke), die parallel und in Reihe geschaltet sind. Der Solarzellenmodul wird hergestellt, indem der Zellenblock **601**, die anorganische Faserverbindung (40 g/m²) **602**, das Oberflächenfüllmaterial **603**, der Oberflächenharzfilm **604**, die anorganische Faserverbindung (20 g/m²) **605**, der Rückseitenlaminatfilm **606** und das Lagerelement **607** erzeugt und in der in [Fig. 6C](#) gezeigten Reihenfolge aufeinander angeordnet werden. Ein dekoratives Band **608** wird auf die Plus-Ausgangsklemme gelegt, um die Plus-Ausgangsklemme **609** des Zellenblocks **601** zu verbergen.

Anorganische Faserverbindung **602**

[0101] Hergestellt wird ein ungewebtes Glasfasermaterial mit einem Basisgewicht von 40 g/m², einer Dicke von 200 µm, einem Faserdurchmesser von 10 µm und einem Gehalt von 4,0% Acrylharz als Bindemittel.

Anorganische Faserverbindung **605**

[0102] Hergestellt wird ein ungewebtes Glasfasermaterial mit einem Basisgewicht von 20 g/m², einer Dicke von 100 µm, einem Faserdurchmesser von 10 µm und einem Gehalt von 4,0% an Acrylharz als Bindemittel.

Oberflächenfüllmaterial **603**

[0103] Hergestellt wird eine EVA-Folie mit einer Dicke von 460 µm, die durch Vermischen eines Etylen-vinylacetatcopolymers (25 Gew.-% Vinylacetat), eines Vernetzungsmittels, eines UV-Absorbers, eines Antioxidationsmittels und eines Lichtstabilisators formuliert wird.

Oberflächenharzfilm **604**

[0104] ein nichtorientierter Ethylen-tetrafluorethylen(ETFE)-Film mit einer Dicke von 50 µm wird als Oberflächenharzfilm hergestellt. Eine Oberfläche des Filmes zur Kontaktierung des Füllmaterials **603** wird vorher durch Plasmabehandlung bearbeitet.

Rückseitenlaminatfilm **606**

[0105] Als Laminatfilm **606** wird ein Laminatfilm mit einer Gesamtdicke von 500 µm hergestellt, der durch einstückiges Laminieren eines Ethylen-ethylacrylatcopolymers (EEA) (200 µm dick) und eines Polyethylenharzes (PE) (25 µm dick) als Klebeschicht und eines biaxial orientierten Polyethylenterephthalatfilmes (PET) (50 µm dick) als Isolationsfilm in der Reihenfolge EEA/PE/PET/PE/EEA erhalten wird.

Lagerelement **607**

[0106] Als Lagerelement **607** wird ein Stahlblech hergestellt, das durch Beschichten einer Oberfläche eines Galvaliumblechions (eines mit einer Aluminium-Zinklegierung plattierten Stahlbleches aus 55% Aluminium, 43,4% Zink und 1,6% Silicium) mit einem Lack auf Polyesterbasis und der anderen Oberfläche mit einem Glasfasern enthaltenden Lack auf Polyesterbasis erhalten wird. Die Dicke des Stahlbleches beträgt 400 µm.

Dekoratives Band **608**

[0107] Als dekoratives Band **608** wird ein Film aus EVA/PET/EVA hergestellt, der durch einstückiges Laminieren von EVA-Filmen (460 µm dick) auf beide Seiten des Polyethylenterephthalatfilmes (PET) (50 µm dick und schwarz gefärbt) erhalten wird.

Ausbildung des Moduls

[0108] Diese Laminat wird im Vakuum unter Verwendung einer Laminierungsvorrichtung eines Einzelvakuumsystems erhitzt, um auf diese Weise einen flachen plattenförmigen Solarzellenmodul herzustellen. Dabei wird mit einer Evakuierungsrate von 76 Torr/sec und bei einem Unterdruck von 5 Torr über 30 min gearbeitet. Hiernach wird die Laminierungsvorrichtung in einen Heißluftofen bei 160°C eingebracht, um 50 min lang erhitzt zu werden. Hierbei wird das EVA über 15 min oder mehr auf 140°C gebracht. Das EVA wird auf diese Weise geschmolzen und vernetzt.

Bearbeitung mit Walzenformeinrichtung

[0109] Wie in [Fig. 4A](#) gezeigt, werden als nächstes zwei gegenüberliegende Ränder des Solarzellenmoduls von der Walzenformeinrichtung gebogen, um Nahtverbindungsabschnitte herzustellen und auf diese Weise die Eingriffsfunktion des Dachmaterials zu realisieren. In diesem Fall wird der Solarzellenmodul gebogen, wobei verhindert wird, dass die Walzen die Abschnitte der photovoltaischen Elemente berühren.

Bearbeitung mit Biegevorrichtung

[0110] Wie in [Fig. 4B](#) gezeigt, wird als nächstes das Lagerelement mit der Biegevorrichtung unabhängig vom Vorhandensein oder Fehlen des photovoltaischen Elementes gebogen.

[0111] [Fig. 7](#) ist eine Darstellung, die die Einzelheiten der von der Biegevorrichtung durchgeführten Biegearbeit zeigt. Eine Urethanfolie **702** wird als Puffermaterial zwischen einem unteren Blatt **704** der Biegevorrichtung und dem Solarzellenmodul **701** und zwischen einem oberen Blatt **703** der Biegevorrichtung und dem Solarzellenmodul **701** verwendet. Die Dicke der verwendeten Urethanfolie **702** beträgt 2 mm, und der Spalt zwischen dem oberen Blatt **703** und dem unteren Blatt **704** beträgt 8 mm.

[0112] Der Biegevorgang wird so durchgeführt, dass die bearbeitete Form eine Bearbeitungsbreite von 180 mm und eine Höhe von 30 mm erhält.

[0113] Im letzten Schritt werden Drähte zur Stromabgabe an der Rückseite des Solarzellenmoduls befestigt. Das Lagerelement wird in den Klemmenabschnitten der Solarzellengruppe perforiert, und die Plus- und Minusausgangsklemmen werden durch die Löcher herausgeführt. Ferner wird jeder Klemmenausgangsabschnitt mit einer Polycarbonatverbindungsbox **610** aus Isolationsschutz- und Wasserfestigkeitsgründen versehen. Bei den verwendeten Kabeln handelt es sich um Kabelleitungen, die jeweils einen Verbinder an der Spitze besitzen.

Beispiel 1-2

[0114] Der Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 1-1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass als Blatt der Biegevorrichtung ein solches mit einem Krümmungsradius von 300 mm verwendet wird, um den Druck während des Biegens der Bereiche über den photovoltaischen Elementen zu reduzieren.

Beispiel 1-3

[0115] Das Solarzellenmodul von Beispiel 1-3 ist in [Fig. 8](#) gezeigt.

[0116] Die photovoltaischen Elemente werden in der gleichen Weise wie in Beispiel 1-1 hergestellt, und die anderen Schritte werden nachfolgend beschrieben.

Zellenblock **801**

[0117] Die vorstehend beschriebenen fünf Zellen werden in Reihe geschaltet, um einen Solarzellenblock **801** herzustellen. Das Verfahren zur Herstellung des Blocks ist das gleiche wie in Beispiel 1-1.

Ausbildung des Moduls

[0118] Der plattenförmige Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 1-1 aus den obigen fünf in Reihe geschalteten Solarzellenblöcken hergestellt.

Biegen der Randabschnitte

[0119] Die vier Ecken des flachen plattenförmigen Solarzellenmoduls werden mit Eckscheren abgetrennt. Hiernach werden die kürzeren Ränder um 180° gefaltet, um gebogene Abschnitte **802** mit kürzeren Rändern auszubilden und auf diese Weise die kürzeren Ränder zu verstärken. Die längeren Ränder werden mit der Biegevorrichtung auf der Lichtempfangsseite um 90° gebogen, um gebogene Abschnitte **803** mit längerem Rand auszubilden. Die Höhe der aufrechten Teile der gebogenen Abschnitte **803** mit längerem Rand beträgt 25 mm.

Pressbearbeitung

[0120] Der gebogene Abschnitt wird durch die in [Fig. 9](#) gezeigte Pressbearbeitung hergestellt. Diese Pressbearbeitung wird durchgeführt, indem der Solarzellenmodul **901** zwischen einer unteren Form **904** mit einem vorstehenden Abschnitt und einer oberen Form **903** mit einem vertieften Abschnitt angeordnet wird. Hierbei wird eine Urethanfolie **902** mit einer Dicke von 5 mm zwischen den Formen und dem Solarzellenmodul angeordnet, um den auf die photovoltaischen Elemente von der Presse ausgeübten Vertikaldruck zu reduzieren. Bei der Pressbearbeitung sind die Teile in folgender Reihenfolge übereinander angeordnet: untere Form **904**/Urethanfolie **902**/Solarzellenmodul **901**/Urethanfolie **902**/obere Form **903**.

Beispiel 1-4

[0121] Der Solarzellenmodul von Beispiel 1-4 ist in den [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) dargestellt.

[0122] Der flache plattenförmige Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 1-3 hergestellt.

Pressbearbeitung

[0123] Durch Pressen werden vertiefte Abschnitte **1002** hergestellt. Der Solarzellenmodul wird einer Pressbearbeitung unterzogen, während er zwischen einer unteren Form mit vertieften Abschnitten und einer oberen Form mit vorstehenden Abschnitten angeordnet ist. Die vertieften Abschnitte und vorstehenden Abschnitte sind in einer Matrix von 4 × 7 Quadraten angeordnet, die jeweils eine Größe von 150 mm × 150 mm besitzen, wie in den [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) gezeigt. Hierbei wird eine Urethanfolie mit einer Dicke von 5 mm zwischen den Formen und dem Solarzellenmodul angeordnet, um den Vertikaldruck, der von der Presse auf die photovoltaischen Elemente ausgeübt wird, zu reduzieren. Bei der Pressbearbeitung sind die Teile in folgender Reihenfolge übereinander angeordnet: untere Form/Urethanfolie/Solarzellenmodul/Urethanfolie/obere Form.

Vergleichsbeispiel 1-1

[0124] Dieser Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 1-1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Urethanfolie zur Reduzierung des von der Biegevorrichtung ausgeübten Drucks nicht verwendet wird.

Vergleichsbeispiel 1-2

[0125] Dieser Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 1-3 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Urethanfolie zur Reduzierung des von der Presse ausgeübten Drucks nicht verwendet wird.

Vergleichsbeispiel 1-3

[0126] Dieser Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 1-4 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Urethanfolie zur Reduzierung des von der Presse ausgeübten Drucks nicht verwendet wird.

Vergleichsbeispiel 1-4

[0127] Der Zellenblock wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 1-1 bis zur Ausbildung des Zellenblocks hergestellt. Die Schritte nach der Ausbildung des Zellenblocks werden nachfolgend im einzelnen beschrieben.

Ausbildung des Moduls

[0128] Der Solarzellenmodul wird ohne Verwendung des Lagerelementes gemäß Beispiel 1-1 hergestellt. Wie in [Fig. 11](#) gezeigt, wird der Solarzellenmodul durch Anfertigung eines Zellenblocks **1101**, einer anorganischen Faserverbindung (40 g/m²) **1102**, eines transparenten organischen Polymerharzes **1103** auf der Lichtempfangsseite, eines Oberflächenharzfilmes **1104**, einer anorganischen Faserverbindung (20 g/m²) **1105**, eines Rückseitenklebers **1106** und eines Isolationsfilmes **1107** und Anordnen dieser Teile aufeinander, wie dargestellt, hergestellt.

Rückseitenkleber **1106**

[0129] Bei dem verwendeten Rückseitenkleber handelt es sich um das gleiche Harz wie das organische Polymerharz auf der Lichtempfangsseite.

Isolationsfilm **1107**

[0130] Bei dem verwendeten Isolationsfilm handelt es sich um einen Polyethylterephthalatfilm (PET) (50 µm dick).

Anbringung

[0131] Der flache plattenförmige Solarzellenmodul wird nach der Ausbildung des Moduls an einem Stahlblech angebracht, das vorher als Dachmaterial so bearbeitet wurde, dass es einen gebogenen Abschnitt aufwies. Auf diese Weise wird der Solarzellenmodul hergestellt.

[0132] Die Solarzellenmodule der entsprechenden Beispiele werden in bezug auf die nachfolgenden Parameter ausgewertet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 1 aufgeführt.

TABELLE 1

	Anfangs		Nach Test mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit		Nach Temperatur/Feuchtigkeits-Zyklustest		Kratzfestigkeit
	Bearbeitungsvermögen	Äußere Erscheinungsfarm	Äußere Erscheinungsfarm	Umwandlungseffizienz	Äußere Erscheinungsfarm	Umwandlungseffizienz	
Beispiel 1-1	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Beispiel 1-2	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Beispiel 1-3	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Beispiel 1-4	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Vergleichsbeispiel 1-1	⊙	x	x	Δ	x	Δ	⊙
Vergleichsbeispiel 1-2	⊙	x	x	Δ	x	Δ	⊙
Vergleichsbeispiel 1-3	⊙	x	x	Δ	x	Δ	⊙
Vergleichsbeispiel 1-4	x	⊙	x	⊙	x	⊙	⊙

- Bearbeitungsvermögen

[0133] Das Bearbeitungsvermögen wird hinsichtlich der Bearbeitungsgeschwindigkeit und Funktionsfähigkeit bei der Ausbildung des bearbeiteten Solarzellenmoduls, so dass dieser den gebogenen Abschnitt in einem Teil des Lagerelementes einschließlich der photovoltaischen Elemente oder im gesamten Teil aufweist, untersucht.

Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt und basieren auf den folgenden Kriterien.

[0134] ☉: Die zur Bearbeitung eines Moduls erforderliche Zeit beträgt 1 sec bis 30 sec. Der Modul wird somit mit einer sehr hohen Massenproduktivität und einer guten Funktionsfähigkeit eingestuft.

[0135] ○: Die zur Bearbeitung eines Moduls erforderliche Zeit beträgt 30 sec bis 60 sec, und der Modul wird mit einer geringfügig schlechteren Massenproduktivität und Funktionsfähigkeit, jedoch für eine Massenproduktion geeignet, eingestuft.

[0136] x: Die zur Bearbeitung eines Moduls erforderliche Zeit ist länger als 60 sec, und der Modul wird mit einer schlechten Massenproduktivität und Funktionsfähigkeit und nicht für eine Massenproduktion geeignet eingestuft.

– Anfängliche äußere Erscheinungsform

[0137] Die Solarzellenmodule mit dem gebogenen Abschnitt (in der Endform) werden in bezug auf die anfängliche äußere Erscheinungsform einschließlich Fehlern beim Füllen und Rissen auf den Oberflächen der Solarzellen ausgewertet. Die Auswertungsergebnisse sind in Tabelle 1 auf der Basis der nachfolgenden Kriterien aufgeführt.

[0138] ☉: Kein Defekt in der äußeren Erscheinungsform vorhanden.

[0139] ○: Einige Defekte in der äußeren Erscheinungsform vorhanden, die jedoch im praktischen Gebrauch kein Problem aufwerfen.

[0140] x: Fehler beim Füllen und Risse auf der Oberfläche sind extrem, so dass sehr große Defekte in der äußeren Erscheinungsform vorhanden sind.

[0141] Wenn irgendein anderer Defekt beobachtet wird, wird in jedem Fall eine Kommentierung abgegeben.

– Test mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit

[0142] Die Solarzellenmodule werden in eine Umgebung von 85°C/85% (relative Feuchtigkeit) über 3.000 h eingebracht und danach aus dieser Umgebung genommen. Änderungen der Erscheinungsform werden visuell beobachtet. Ferner wird die Umwandlungseffizienz unter Bestrahlung von Licht AM 1,5: 100 mW/cm² gemessen, und die Änderungsrate wird aus dem Anfangswert vor dem Test berechnet. Die Auswertungsergebnisse sind auf der Basis der folgenden Kriterien in Tabelle 1 aufgeführt.

Erscheinungsform

[0143] ○: Kein Defekt bei der äußeren Erscheinungsform vorhanden.

[0144] Δ: Einige Defekte in der äußeren Erscheinungsform vorhanden, die jedoch kein Problem im praktischen Gebrauch bilden.

[0145] x: Es ist eine beträchtliche Abblätterung o. ä. vorhanden, und die äußere Erscheinungsform weist extrem große Defekte auf.

Umwandlungseffizienz

[0146] ☉: Die Änderung der Umwandlungseffizienz ist geringer als 1,0%.

[0147] ○: Die Änderung der Umwandlungseffizienz ist nicht geringer als 1,0% und geringer als 3,0%.

[0148] Δ: Die Änderung der Umwandlungseffizienz ist nicht geringer als 3,0% und geringer als 5,0%.

[0149] x: Die Änderung der Umwandlungseffizienz ist nicht geringer als 5,0%.

– Temperatur/Feuchtigkeitszyklustest

[0150] Die Solarzellenmodule werden 100 Temperatur/Feuchtigkeitszyklustests von $-40^{\circ}\text{C}/0,5\text{ h}$: $85^{\circ}\text{C}/85\%$ (relative Feuchtigkeit)/20 h unterzogen, wonach die Solarzellenmodule dieser Umgebung entnommen werden. Die Änderung der äußeren Erscheinungsform wird visuell beobachtet. Die Umwandlungseffizienz wird unter einer Bestrahlung von Licht AM 1,5: $100\text{ mW}/\text{cm}^2$ gemessen, und die Änderungsrate wird aus dem Anfangswert vor dem Test berechnet. Die Auswertungsergebnisse auf der Basis der nachfolgenden Kriterien sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Erscheinungsform

[0151] o: Die äußere Erscheinungsform weist keinen Defekt auf.

[0152] Δ: Die äußere Erscheinungsform besitzt einige Defekte, was jedoch keine Probleme im praktischen Gebrauch bedeutet.

[0153] x: Es tritt eine beträchtliche Abblätterung o. ä. auf, und die äußere Erscheinungsform besitzt extrem große Defekte.

Umwandlungseffizienz

[0154] ⊙: Die Änderung der Umwandlungseffizienz ist geringer als 1,0%.

[0155] o: Die Änderung der Umwandlungseffizienz ist nicht geringer als 1,0% und geringer als 3,0%.

[0156] Δ: Die Änderung der Umwandlungseffizienz ist nicht geringer als 3,0% und geringer als 5,0%.

[0157] x: Die Änderung der Umwandlungseffizienz ist nicht geringer als 5,0%.

– Kratzfestigkeit

[0158] Mit dem in [Fig. 12](#) gezeigten Verfahren wird ein Abschnitt, der die größte Unebenheit auf der Oberfläche des an einem Metallelement montierten Solarzellenmoduls **1201** zu besitzen scheint, unter einem Gewicht von 2 Pfund und 5 Pfund mit einem Testmesser **1202** zerkratzt. Die Solarzellenmodule werden ausgewertet, ob das dem Kratzvorgang ausgesetzte Oberflächenabdeckmaterial die Isolierung zur Außenseite hin aufrechterhalten kann. Die Ermittlung wird wie folgt durchgeführt: Der Modul wird in eine Elektrolytlösung mit einer Leitfähigkeit von $3.000\ \Omega\cdot\text{cm}$ eingetaucht, und es wird eine Spannung von 2.200 V zwischen das Element und die Lösung gelegt. Wenn der Leckstrom $50\ \mu\text{A}$ übersteigt, wird festgestellt, dass der Modul zurückzuweisen ist. Die Auswertungsergebnisse sind auf Basis der folgenden Kriterien in Tabelle 1 aufgeführt.

[0159] ⊙: Akzeptanz beim 5-Pfund-Test.

[0160] o: Akzeptanz beim 2-Pfund-Test.

[0161] x: Zurückweisung im 2-Pfund-Test.

[0162] Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, besitzen die Solarzellenmodule der Beispiele der Erfindung ein ausgezeichnetes Bearbeitungsvermögen und eine ausreichende Eignung zur Massenproduktion. Was die anfängliche Erscheinungsform anbetrifft, so haben sie keine Defekte, wie Fehler beim Füllen, Weißfärbung oder Risse des Oberflächenfilms, und sind in ästhetischem Sinn und als Baumaterial in ausgezeichneter Weise geeignet. Da der auf die photovoltaischen Elemente ausgeübte Druck reduziert wird, sind die Solarzellenmodule der Beispiele der vorliegenden Erfindung nicht nur in bezug auf die anfänglichen elektrischen Eigenschaften, sondern auch in bezug auf die elektrischen Eigenschaften nach einem Test mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit und nach dem Temperatur/Feuchtigkeitszyklustest ausgezeichnet, da sie eine geringere Änderung der Umwandlungseffizienz besitzen, die in jedem Fall geringer ist als 1%. Die Zuverlässigkeit als Solarzellenmodul ist daher ausreichend. Ferner treten nach den diversen Tests keine Änderungen der äußeren Erscheinungsform auf, so dass auch die äußere Erscheinungsform gut ist. Was die Kratzfestigkeit anbetrifft, so bestehen alle Module der Beispiele der Erfindung dem 5-Pfund-Test, so dass daher eine ausreichende Festigkeit gegenüber Zerkratzen von außen besteht. Alle Solarzellenmodule der Beispiele sind Baumaterialien mit einem Bearbeitungsvermögen, das dem von üblichen Stahlblech entspricht, und besitzen die entsprechenden Eigen-

schaften, die an Dachmaterialien und Wandmaterialien gestellt werden. Sie haben darüber hinaus ausgezeichnete ästhetische Eigenschaften. Des Weiteren besitzen sie eine gute Zuverlässigkeit über einen langen Zeitraum.

[0163] Auch die Vergleichsbeispiele 1-1, 1-2 und 1-3 zeigen ein ausgezeichnetes Bearbeitungsvermögen, das dem der Beispiele entspricht. Bei Vergleichsbeispiel 1-1 sind jedoch die photovoltaischen Elemente stark beschädigt, da die Bereiche über den photovoltaischen Elementen direkt vom Blatt der Biegevorrichtung bei der Bearbeitung mit der Biegevorrichtung einer Pressung ausgesetzt wurden. Bei dem Modul von Vergleichsbeispiel 1-1 ist daher die Umwandlungseffizienz stark verringert. Was die anfängliche Erscheinungsform von Vergleichsbeispiel 1-1 anbetrifft, so wird bei dem Oberflächenabdeckmaterial eine starke Weißfärbung beobachtet. Diese Weißfärbung wird nach den diversen Tests schlechter, wodurch eine Absenkung der Umwandlungseffizienz gefördert wird.

[0164] Auch bei den Vergleichsbeispielen 1-2 und 1-3 sind die Elemente stark beschädigt, da bei der Pressbearbeitung ein hoher Druck auf die photovoltaischen Elemente ausgeübt wird, so dass eine Absenkung der Umwandlungseffizienz auftritt. Da die Form die Oberfläche direkt berührt, sind Risse in der Oberfläche des Solarzellenmoduls ausgebildet. Insbesondere sind große Risse in Abschnitten ausgebildet, die mit dem Rand der Form in Kontakt treten, wobei eine Abtrennung (ein Ablättern) von derartigen Abschnitten nach dem Umwelttest beobachtet wird.

[0165] Bei Vergleichsbeispiel 1-1, bei dem der flache plattenförmige Solarzellenmodul nach der Ausbildung des Moduls an vorher bearbeitetem Stahlblech als Dachmaterial angebracht wird, um den gebogenen Abschnitt vorzusehen, wird die Zahl der Arbeitsschritte erhöht und dadurch das Bearbeitungsvermögen verschlechtert. Bei dem Test mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit tritt später ein Ablättern an der Grenzfläche des Klebers auf, so dass sich große Defekte in der Erscheinungsform ergeben.

Beispiel 2-1

[0166] Der flache plattenförmige Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 1-1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass der Rückseitenlaminatfilm **606** durch einen Laminationsfilm mit einer Gesamtdicke von 550 µm ersetzt wird, der durch integriertes Aufeinanderanordnen eines Ethylen-vinylacetatcopolymers (Vinylacetat 25 Gew.-%, Dicke 225 µm) als Klebeschicht, bei dem es sich um das gleiche Harz wie das organische Polymerharz auf der Lichtempfangsseite handelt, und eines biaxial orientierten Polyethylenterephthalatfilmes (PET) (100 µm dick) als Isolationsfilm in der Reihenfolge EVA/PET/EVA erhalten wurde.

Bearbeitung mit Walzenformvorrichtung

[0167] Dann werden die Randabschnitte des Solarzellenmoduls in den Bereichen, die die photovoltaischen Elemente nicht aufweisen, mit der Walzenformmaschine der [Fig. 4A](#) gebogen. Hierbei wird der Solarzellenmodul geformt, während eine Berührung der Walzen mit den Abschnitten der photovoltaischen Elemente verhindert wird.

Pressbearbeitung

[0168] Dann wird das Lagerelement unabhängig von der Anwesenheit oder dem Fehlen des photovoltaischen Elementes von der Pressformmaschine gebogen, wie in [Fig. 4B](#) gezeigt. Die Pressbearbeitung wird durchgeführt, indem der Solarzellenmodul zwischen die untere Form mit dem vorstehenden Abschnitt und die obere Form mit dem vertieften Abschnitt angeordnet wird. Hierbei werden die Pressbedingungen so eingestellt, dass die Spitzenverformung des flexiblen Substrates des photovoltaischen Elementes 0,6% (Restverformung 0,4%) beträgt.

[0169] Im letzten Schritt werden Drähte zur Stromabführung an der Rückseite des Solarzellenmoduls befestigt. Das Lagerelement wird in Klemmenausgangsabschnitten der Solarzellengruppe vorher perforiert, und die Plus- und Minusausgangsklemmen werden durch die Löcher herausgeführt. Ferner wird jeder Klemmenausgangsabschnitt mit einer Polycarbonatverbindungsbox zu Isolationsschutz- und Wasserfestigkeitszwecken versehen. Bei den verwendeten Kabeln handelt es sich um Kabellösungen, die jeweils einen Verbinder an der Spitze besitzen.

Beispiel 2-2

[0170] Die Pressbedingungen werden gegenüber denen in Beispiel 2-1 modifiziert, so dass die Spitzenverformung des flexiblen Substrates des photovoltaischen Elementes 0,3% (Restverformung 0,1%) beträgt. Der Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-1 hergestellt, mit der Ausnahme der Pressbedingungen.

Beispiel 2-3

[0171] Der Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass ein Polyimidfilm für das Substrat der photovoltaischen Elemente verwendet wird.

Beispiel 2-4

[0172] Der Solarzellenmodul von Beispiel 2-4 ist in [Fig. 8](#) gezeigt. Die photovoltaischen Elemente werden in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-1 hergestellt, und die anderen Schritte sind nachfolgend beschrieben.

Zellenblock

[0173] Fünf der vorstehend hergestellten Elemente werden in Reihe geschaltet, um den Solarzellenblock herzustellen. Das Verfahren zur Herstellung des Solarzellenblocks ist das gleiche wie in Beispiel 2-1.

Flacher plattenförmiger Solarzellenmodul

[0174] Der flache plattenförmige Solarzellenmodul wird unter Verwendung des obigen 5-Reihen-Solarzellenblocks in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-1 hergestellt.

Biegen der Randabschnitte

[0175] Die vier Ecken des flachen Solarzellenmoduls werden mit Eckscheren abgetrennt. Hiernach werden die kürzeren Ränder um 180° gefaltet, während die längeren Ränder auf der Lichtempfangsseite durch Bearbeitung mit der Biegemaschine um 90° gebogen werden. Die Höhe der aufrechten Abschnitte in den gebogenen Abschnitten der längeren Ränder beträgt 25 mm.

Pressbearbeitung

[0176] Ein gekrümmter Abschnitt wird durch Pressbearbeitung vorgesehen. Dieser gekrümmte Abschnitt wird hergestellt, indem der Solarzellenmodul zwischen die untere Form mit dem vorstehenden Abschnitt und die obere Form mit dem vertieften Abschnitt angeordnet wird. Die Pressbearbeitung wird so durchgeführt, dass die Spitzenverformung des Substrates des photovoltaischen Elementes 0,6% (Restverformung 0,4%) beträgt.

Beispiel 2-5

[0177] Dieser Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-4 hergestellt, mit der Ausnahme, dass ein Polyimidfilm für das Substrat des photovoltaischen Elementes verwendet wird.

Vergleichsbeispiel 2-1

[0178] Dieser Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Pressbearbeitung so durchgeführt wird, dass die Spitzenverformung des Substrates des photovoltaischen Elementes 0,9% (Restverformung 0,7%) beträgt.

Vergleichsbeispiel 2-2

[0179] Dieser Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Pressbearbeitung so durchgeführt wird, dass die Spitzenverformung des Substrates des photovoltaischen Elementes 1,4% (Restverformung 1,2%) beträgt.

Vergleichsbeispiel 2-3

[0180] Dieser Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-1 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Pressbearbeitung so durchgeführt wird, dass die Spitzenverformung des Substrates des photovoltaischen Elementes 4,8% (Restverformung 4,4%) beträgt.

Vergleichsbeispiel 2-4

[0181] Dieser Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-3 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Pressbearbeitung so durchgeführt wird, dass die Spitzenverformung des Substrates des photovoltaischen Elementes 1,4% (Restverformung 1,2%) beträgt.

Vergleichsbeispiel 2-5

[0182] Dieser Solarzellenmodul wird in der gleichen Weise wie in Beispiel 2-4 hergestellt, mit der Ausnahme, dass die Pressbearbeitung so durchgeführt wird, dass die Spitzenverformung des Substrates des photovoltaischen Elementes 1,4% (Restverformung 1,2%) beträgt.

[0183] Die Solarzellenmodule werden in bezug auf die folgenden Parameter ausgewertet. Die Ergebnisse sind in der nachfolgenden Tabelle 2 aufgeführt.

TABELLE 2

	Anfängliche Erscheinungsform	Nach Test mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit		Nach Temperatur-/Feuchtigkeits-Zyklus		HFB	HFB	Außenbelichtung			Beobachtung mit SEM
		Äußere Erscheinungsform	Umwandlungseffizienz	Äußere Erscheinungsform	Umwandlungseffizienz			3 Monate	6 Monate	12 Monate	
Beisp.2-1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Beisp.2-2	○	○	•	○	•	•	•	•	•	•	•
Beisp.2-3	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Beisp.2-4	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Beisp.2-5	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Vergl.-Beisp.2-1	•	○	○	○	○	△	△	○	△	○	x
Vergl.-Beisp.2-2	○	○	○	○	○	x	x	△	x	x	x
Vergl.-Beisp.2-3	x	x	△	x	△	x	x	x	x	x	x
Vergl.-Beisp.2-4	•	○	○	○	○	x	x	△	x	x	x
Vergl.-Beisp.2-5	•	○	○	○	○	x	x	△	x	x	x

- Anfängliche Erscheinungsform

[0184] Die Solarzellenmodule (in der Endform) werden in bezug auf ihre anfängliche Erscheinungsform ein-

schließlich von Fehlern beim Füllen und Rissen in der Oberfläche der Solarzelle ausgewertet. Gleichzeitig werden sie in bezug auf ihr ästhetisches Aussehen als Baumaterial und Dachmaterial des Solarzellenmoduls nach der Bearbeitung ausgewertet. Die Auswertungsergebnisse sind in Tabelle 2 auf Basis der nachfolgenden Kriterien aufgeführt.

[0185] ☉: In bezug auf die äußere Erscheinungsform sind keine Defekte vorhanden, und der Modul besitzt eine ausgezeichnete ästhetische Erscheinungsform als Baumaterial und Dachmaterial.

[0186] ○: In bezug auf die äußere Erscheinungsform sind einige Defekte vorhanden, die jedoch im praktischen Gebrauch kein Problem darstellen.

[0187] x: In bezug auf die äußere Erscheinungsform sind sehr große Defekte mit großen Fehlern beim Füllen und Risse in der Oberfläche vorhanden, oder der Modul ist im ästhetischen Sinn als Baumaterial oder Dachmaterial extrem beschädigt.

[0188] – Der Test mit hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit und der Temperatur/Feuchtigkeitszyklustest werden unter den gleichen Testbedingungen und Auswertungskriterien wie vorstehend beschrieben durchgeführt.

– Vorwärtsgerichtete Vorspannung unter Lagerung bei hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit (HHFB-Test)

[0189] Die Solarzellenmodule werden in einer Umgebung mit 85°C/85% (relative Feuchtigkeit) angeordnet. In diesem Fall wird Licht daran gehindert, in die Proben einzudringen, indem entweder das Innere der Testmaschine in einem Lichtauffangzustand gehalten oder die Lichtempfangsflächen der Proben abgeschirmt werden. Hierbei wird die Verdrahtung so gewählt, dass die optimale Betriebsspannung (V_{mp}) in Vorwärtsrichtung der internen PV-Schaltung (Diodenkomponente) in den Solarzellen angelegt werden kann, die Spannung über 2.000 h aufrechterhalten wird, dann die Solarzellenmodule herausgenommen werden, die Niedrigilluminanz-Voc (Leerlaufspannung (Voc) bei einer Illuminanz von 200 Lx) für jede Zelle der photovoltaischen Elemente gemessen wird, und die Änderungsrate hiervon aus dem Anfangswert vor dem Beginn des Tests berechnet wird. Das Absinken der Niedrigilluminanz-Voc zeigt ein Absinken des Nebenschlusswiderstandes infolge von Übergangsdefekten innerhalb des photovoltaischen Elementes an. Ein Absinken bedeutet einen Anstieg von internen Defekten.

[0190] Die Auswertungsergebnisse sind auf der Basis der nachfolgenden Kriterien in Tabelle 2 angeführt.

[0191] ☉: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist geringer als 1,0%.

[0192] ○: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist nicht geringer als 1,0% und geringer als 3,0%.

[0193] △: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist nicht geringer als 3,0% und geringer als 5,0%.

[0194] x: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist nicht geringer als 5,0%.

– Umkehrvorspannung bei Lagerung bei hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit (HHRB-Test)

[0195] Die Solarzellenmodule werden in einer Umgebung von 85°C/85% (relative Feuchtigkeit) eingebracht. Hierbei wird verhindert, dass Licht in die Proben eindringt, indem entweder das Innere der Testmaschine in einem Lichtauffangzustand gehalten wird oder die Lichtempfangsflächen der Proben abgeschirmt werden. Hierbei wird die Verdrahtung so ausgewählt, dass die Betriebsspannung (V_f) der Bypass-Diode in Umkehrrichtung der internen PV-Schaltung (Diodenkomponente) der Solarzelle angelegt werden kann, die Spannung über 2.000 h aufrechterhalten wird, die Solarzellenmodule dann herausgenommen werden, die Niedrigilluminanz-Voc (Leerlaufspannung (Voc) bei einer Illuminanz von 200 Lx) für jede Zelle der photovoltaischen Elemente gemessen wird, und die Änderungsrate hiervon aus dem Anfangswert vor dem Beginn des Tests berechnet wird. Das Absinken der Niedrigilluminanz-Voc zeigt ein Absinken des Nebenschlusswiderstandes infolge von Übergangsdefekten innerhalb der photovoltaischen Elemente an. Dieses Absinken bedeutet einen Anstieg von internen Defekten.

[0196] Die Auswertungsergebnisse sind auf Basis der nachfolgenden Kriterien in Tabelle 2 aufgeführt.

[0197] ☉: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist geringer als 1,0%.

[0198] o: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist nicht geringer als 1,0% und geringer als 3,0%.

[0199] Δ: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist nicht geringer als 3,0% und geringer als 5,0%.

[0200] x: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist nicht geringer als 5,0%.

– Außenbelichtung

[0201] Die Solarzellenmodule werden außen angeordnet (in einem Außenbelichtungsbereich im Ecology Research Center der Firma CANON KABUSHIKI KAISHA, 1-1 Kizugawadai 4-chome, Kizu-cho, Soraku-gun, Kyoto) und nach drei Monaten, sechs Monaten und zwölf Monaten ausgewertet. Die Niedrigilluminanz-Voc (Leerlaufspannung (Voc) bei einer Illuminanz von 200 Lx) wird für jedes photovoltaische Element gemessen, und die Änderungsrate hiervon wird aus dem Anfangswert vor dem Beginn des Tests berechnet.

[0202] Die Auswertung basiert auf den folgenden Kriterien.

[0203] ⊙: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist geringer als 1,0%.

[0204] o: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist nicht geringer als 1,0% und geringer als 3,0%.

[0205] Δ: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist nicht geringer als 3,0% und geringer als 5,0%.

[0206] x: Die Änderung der Niedrigilluminanz-Voc ist nicht geringer als 5,0%.

– Beobachtung durch SEM

[0207] Abschnitte, die die höchste Beanspruchung aufweisen, werden aus den Solarzellenmodulen herausgeschnitten und über ein Rasterelektronenmikroskop (SEM) beobachtet.

[0208] Die Auswertung basiert auf den folgenden Kriterien.

[0209] o: In der Oberfläche des photovoltaischen Elementes werden keine Risse beobachtet.

[0210] x: In der Oberfläche des photovoltaischen Elementes werden Risse beobachtet.

[0211] Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, weisen die Solarzellenmodule der Beispiele der Erfindung eine gute anfängliche Erscheinungsform und eine gute Erscheinungsform selbst nach dem Test bei hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit und nach dem Temperatur/Feuchtigkeitszyklustest auf. Bei Beispiel 2-2, bei dem die restliche Verformung auf einen Wert von 0,1% eingestellt ist, erweckt der Solarzellenmodul den Eindruck, dass die Bearbeitung ein bisschen schlecht ist, jedoch immer noch auf einem Niveau liegt, das keine Problem aufwirft. Was die elektrischen Eigenschaften anbetrifft, so zeigen die Module kein Absinken der Niedrigilluminanz-Voc selbst nach den Vorwärtsspannungs- und Umkehrvorspannungstests (HHFB und HHRB) bei hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit. Sie zeigen keine Verhaltensverschlechterung und keinen Defekt selbst nach Belichtung über 12 Monate im Außenbereich. Wenn die Oberflächen der photovoltaischen Elemente in den Solarzellenmodulen der Beispiele durch SEM beobachtet werden, werden keine Risse festgestellt, was eine Bestätigung der obigen Testergebnisse bedeutet. Daher werden die Solarzellenmodule mit hoher Zuverlässigkeit hergestellt.

[0212] Andererseits werden bei Beobachtung durch SEM des Solarzellenmoduls von Vergleichsbeispiel 2-1, bei dem die Spitzenverformung bei der Bearbeitung 0,9% und die Restverformung 0,7% betragen, Risse festgestellt. Diese Risse werden auf der Oberfläche des Elementes ausgebildet, wenn die photovoltaischen Elemente einer Verformung von 0,9% bei der Bearbeitung ausgesetzt werden. Wenn diese Probe den Vorwärts- und Umkehrvorspannungstests unterzogen wird, tritt eine Absenkung der Niedrigilluminanz-Voc in der Nähe von 1.500 h auf. Bei der Außenbelichtung tritt das Absinken der Niedrigilluminanz-Voc allmählich nach sechs Monaten vom Beginn der Belichtung an auf.

[0213] Ferner werden bei der SEM-Beobachtung der Solarzellenmodule der Vergleichsbeispiele 2-2, 2-4 und 2-5, bei denen die Spitzenverformung bei der Bearbeitung 1,4% und die Restverformung 1,2% beträgt, wieder Risse festgestellt. Bei den HHFB- und HHRB-Tests tritt ein Absinken der Niedrigilluminanz-Voc in der Nähe von 1.200 h auf. Beim Außenbelichtungstest tritt ein Absinken der Niedrigilluminanz-Voc drei Monate nach dem

Beginn der Belichtung auf. Was die Erscheinungsform nach dem Test bei hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit und nach dem Temperatur/Feuchtigkeitszyklustest anbetrifft, so wird eine geringfügige Weißfärbung des Abdeckmaterials beobachtet, obwohl dies kein Problem darstellt. Bei dem Solarzellenmodul von Vergleichsbeispiel 2-3, bei dem die Spitzenverformung bei der Bearbeitung 4,8% und die Restverformung 4,4% beträgt, wird eine Änderung der anfänglichen Erscheinungsform nach der Bearbeitung auf den photovoltaischen Elementen (Änderung der Farbe) visuell beobachtet. Natürlich wird auch bei der Beobachtung durch SEM eine Menge Risse festgestellt. Bei dem HHFB- und HHRB-Tests wird das Absinken der Niedrigilluminanz-Voc vor 1.000 h beobachtet, womit die Beobachtung von Rissen bestätigt wird. Was das Aussehen des Abdeckmaterials anbetrifft, bestehen Probleme im ästhetischen Sinn bei der Verwendung als Dachmaterial, da in den bearbeiteten Abschnitten vom Ausgangsstadium an eine Weißfärbung beobachtet wird und da diese Weißfärbung nach dem Test bei hoher Temperatur und hoher Feuchtigkeit und nach dem Temperatur/Feuchtigkeitszyklustest stärker wird.

[0214] Da erfindungsgemäß der verformbare Bereich des photovoltaischen Elementes klar wird, kann die Produktentwicklungsgeschwindigkeit einer großen Vielzahl von Solarzellenmodulen stark erhöht werden. Da ferner die Bereiche über den photovoltaischen Elementen frei bearbeitet werden können, ohne dass hierdurch die Eigenschaften der Solarzelle beeinträchtigt werden, können Solarzellenmodule zur Verfügung gestellt werden, die eine ausgezeichnete Konstruktion und ästhetische Erscheinungsform besitzen. Die auf diese Weise bearbeiteten Solarzellenmodule werden zu Solarzellenmodulen, die über einen langen Zeitraum eine hohe Zuverlässigkeit besitzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines gebogenen Solarzellenmoduls mit den folgenden Schritten:
Herstellen eines Solarzellenmoduls (**308**), der ein mit einem Harz (**303, 305**) auf einem Lagerelement (**307**) verkapseltes photovoltaisches Element (**301**) aufweist, wobei das photovoltaische Element (**301**) eine nicht-monokristalline Halbleiterschicht (**203**) auf einem flexiblen Substrat (**201**) besitzt; und
danach Ausbilden eines permanent gebogenen Abschnittes im Solarzellenmodul (**308**), wo das photovoltaische Element (**301**) vorhanden ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Ausbildung des gebogenen Abschnittes durchgeführt wird, während der Arbeitsdruck in Normalrichtung auf eine Fläche des photovoltaischen Elementes (**301**) verringert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Arbeitsdruck in Normalrichtung nicht mehr als 49 Mpa (500 kgf/cm²) auf dem photovoltaischen Element (**301**) beträgt.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem das Verringern des Arbeitsdrucks das plastische Verformen eines Teiles des Lagerelementes (**307**) oder des gesamten Lagerelementes durch Aufbringung des Drucks nur auf einen Abschnitt des Lagerelementes, an dem das photovoltaische Element (**301**) des Solarzellenmoduls (**308**) nicht montiert ist, umfasst.
5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Ausbildung des gebogenen Abschnittes durch Pressformen durchgeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Verringerung des Arbeitsdrucks das Vorsehen eines Puffermaterials (**902**) zwischen einer Form (**903, 904**) zum Pressformen und dem Solarzellenmodul (**901**) umfasst.
7. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das Verringern des Arbeitsdrucks das Vorsehen eines Abstandes zwischen einer Form für das Pressformen und dem Solarzellenmodul umfasst.
8. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Ausbildung des gebogenen Abschnittes durch Arbeit mit einer Walzenformeinrichtung durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Verringerung des Arbeitsdrucks das Wickeln eines Puffermaterials um eine Walze umfasst.
10. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem die Ausbildung des gebogenen Abschnittes durch Biegen mit einer Biegevorrichtung durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Verringerung des Arbeitsdrucks das Vorsehen eines Puffermaterials (**702**) zwischen einem Blatt (**703, 704**) der Biegevorrichtung und dem Solarzellenmodul (**701**) umfasst.
12. Verfahren nach Anspruch 10, bei dem die Verringerung des Arbeitsdrucks die Verwendung einer Biegevorrichtung mit einem Blatt (**703, 704**) mit einem Krümmungsradius von nicht weniger als 100 mm umfasst.
13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das einen Arbeitsschritt umfasst, um den gebogenen Abschnitt mit einem kontinuierlichen vertieften Abschnitt (**1002**) und/oder einem kontinuierlichen vorstehenden Abschnitt zu versehen.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem das Harz (**303, 305**) eine geringere Dicke am gebogenen Abschnitt als an den anderen Abschnitten besitzt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem das Harz (**303, 305**) eine anorganische Faserbindung (**302**) enthält.
16. Verfahren nach Anspruch 15, bei dem die anorganische Faserverbindung (**302**) im gebogenen Abschnitt fehlt.
17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem das Lagerelement (**307**) aus Metall besteht.
18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Halbleiterschicht (**203**) aus amorphem Silicium besteht.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem das flexible Substrat (**201**) ein leitendes Substrat ist.
20. Verfahren nach Anspruch 19, bei dem das flexible Substrat (**201**) aus rostfreiem Stahl besteht.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, bei dem das flexible Substrat (**201**) ein Harzfilm ist.
22. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem die Ausbildung des gebogenen Abschnittes durchgeführt wird, indem mindestens ein Teil des flexiblen Substrates (**201**) einer Zugverformung in einer Richtung parallel zu einer Fläche des Substrates mit einer Beanspruchung ausgesetzt wird, die geringer ist als die kritische Beanspruchung zur Absenkung des Füllfaktors des photovoltaischen Elementes, um auf diese Weise das photovoltaische Element (**301**) zu verformen.
23. Verfahren nach Anspruch 22, bei dem die kritische Beanspruchung zur Absenkung des Füllfaktors 0,7% beträgt.
24. Verfahren nach Anspruch 22 oder 23, das das Beaufschlagen des Lagerelementes (**307**) mit einer Beanspruchung innerhalb eines plastischen Verformungsbereiches umfasst.
25. Verfahren nach Anspruch 24, bei dem der plastische Verformungsbereich nicht geringer ist als 0,2%.
26. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei dem der Solarzellenmodul (**308**) auch als Baumaterial funktioniert.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

FIG. 1A

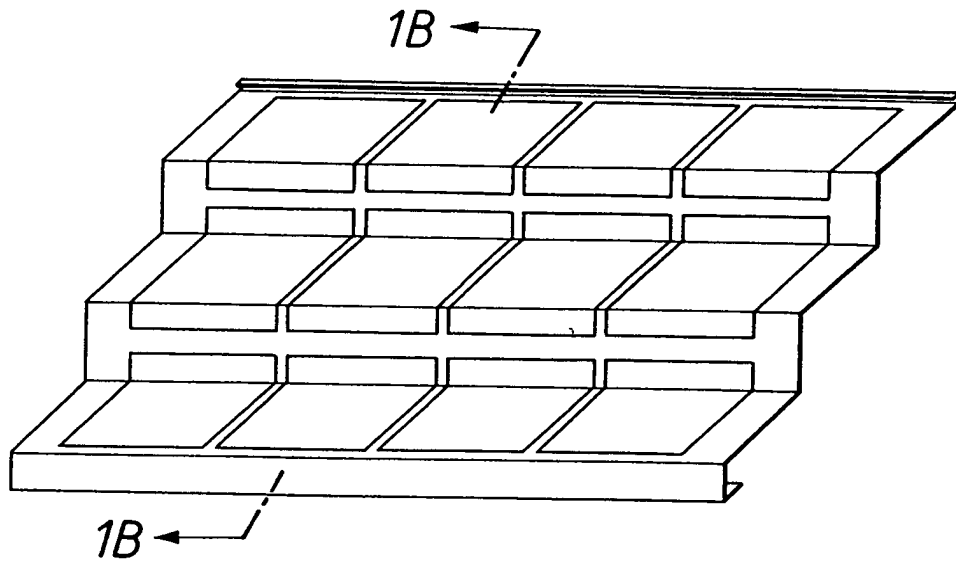


FIG. 1B

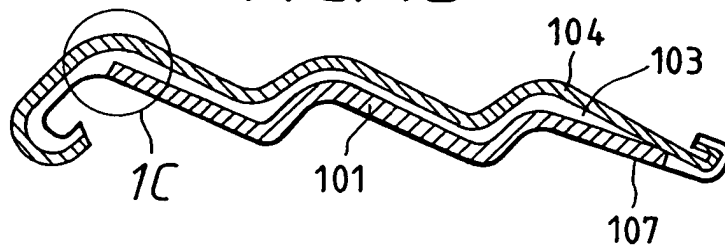


FIG. 1C

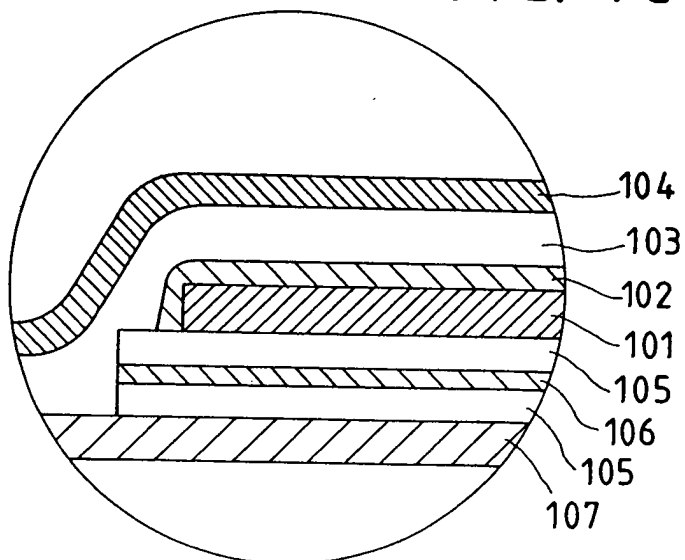


FIG. 2A

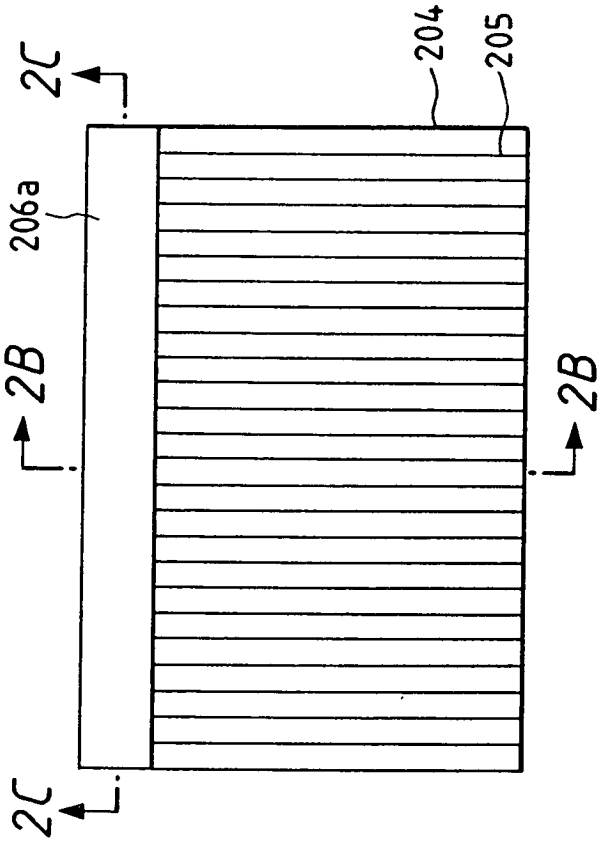


FIG. 2C

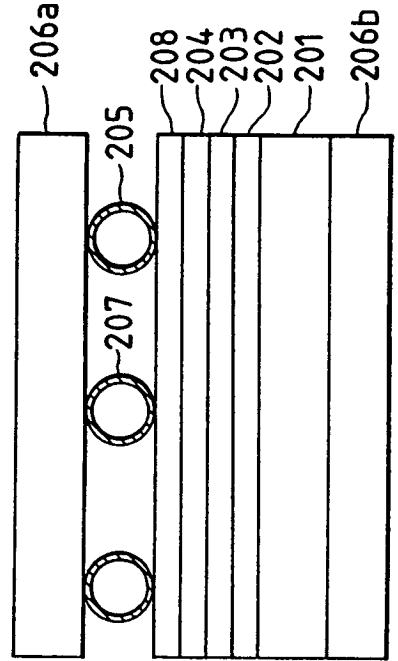


FIG. 2B

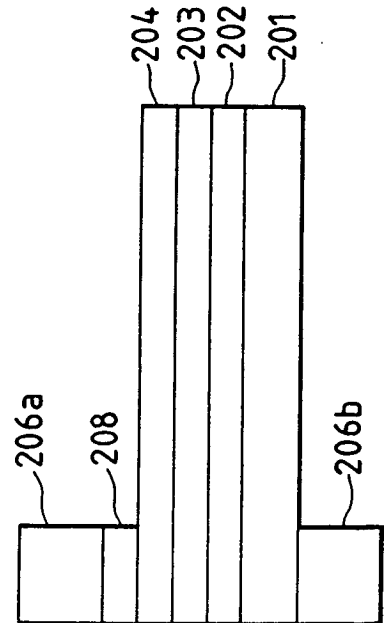
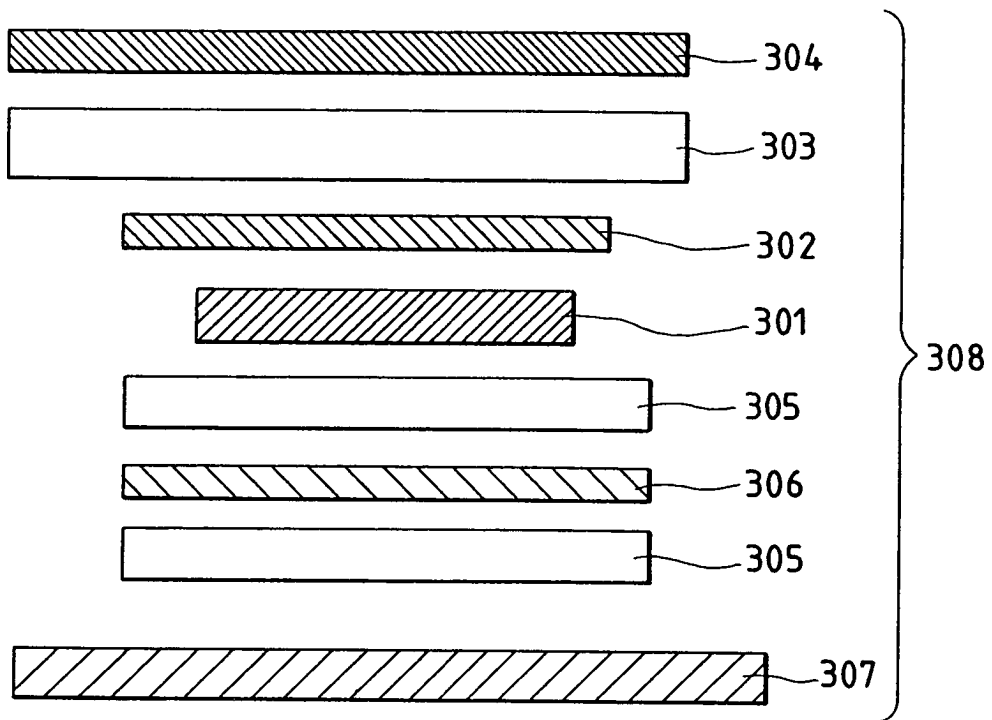


FIG. 3



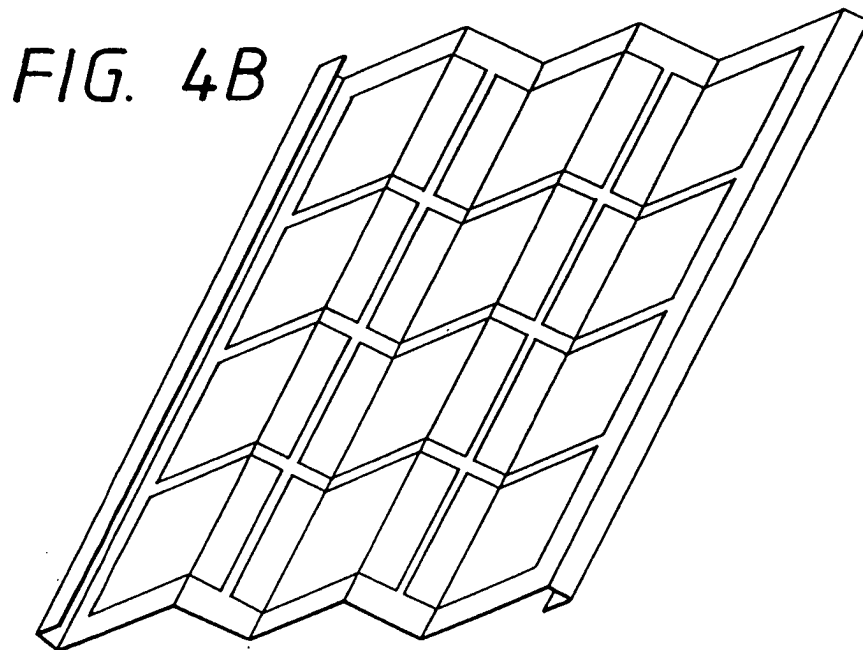
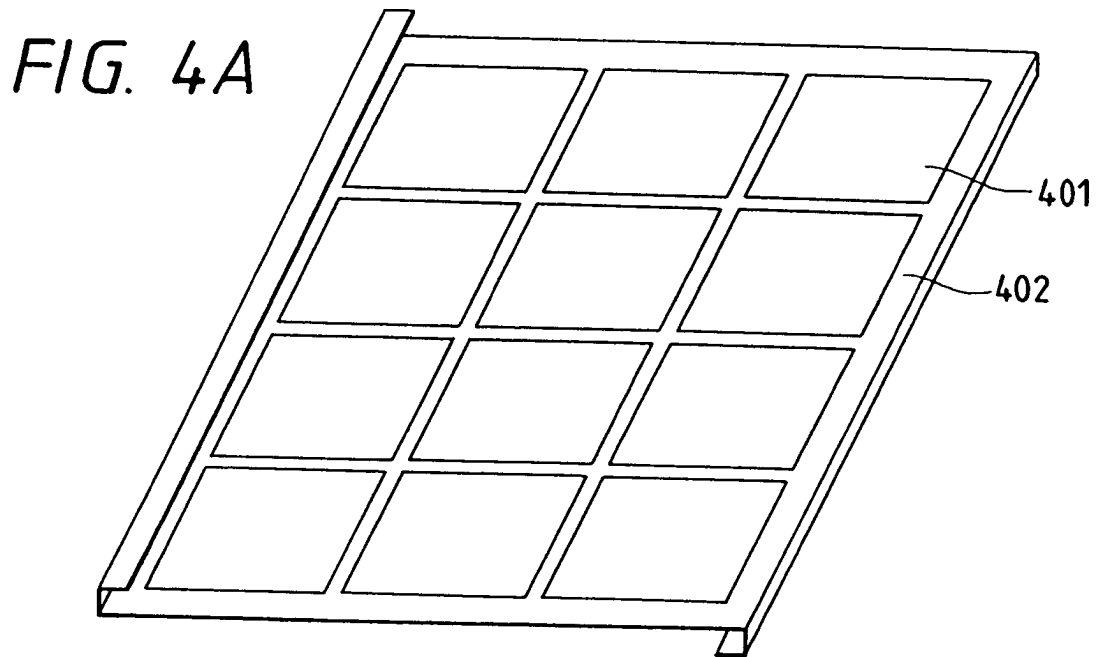
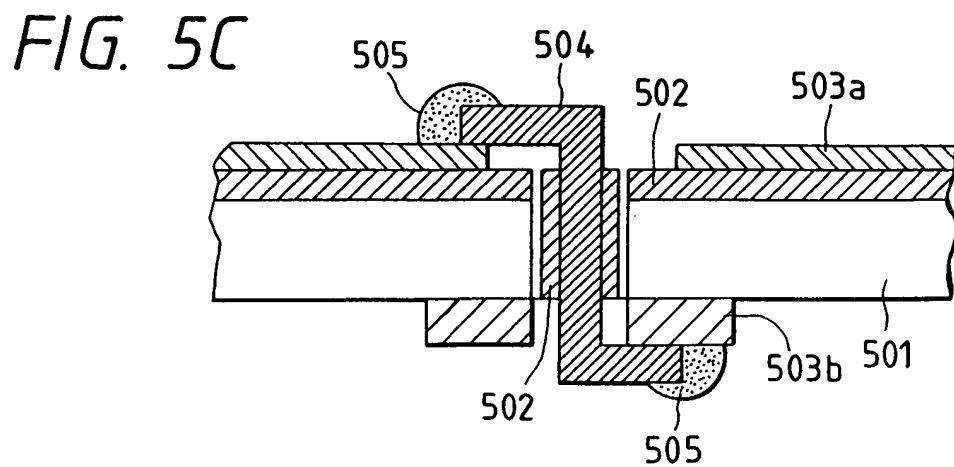
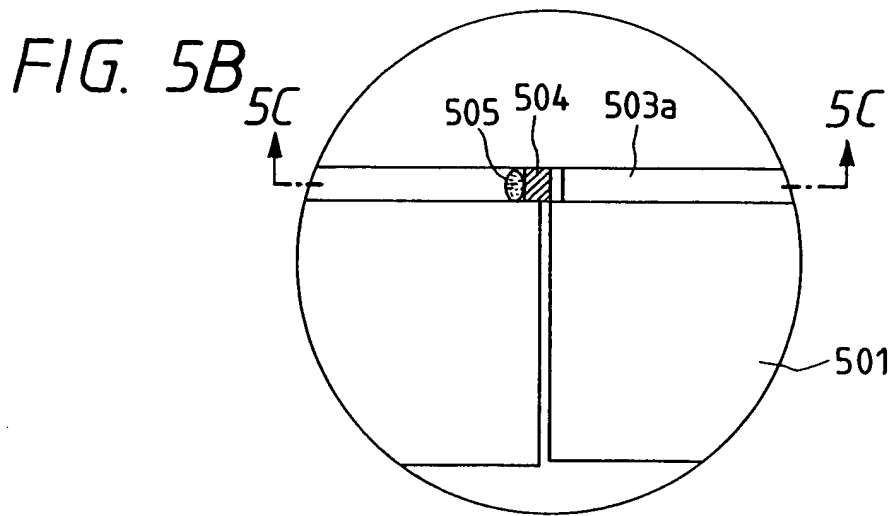
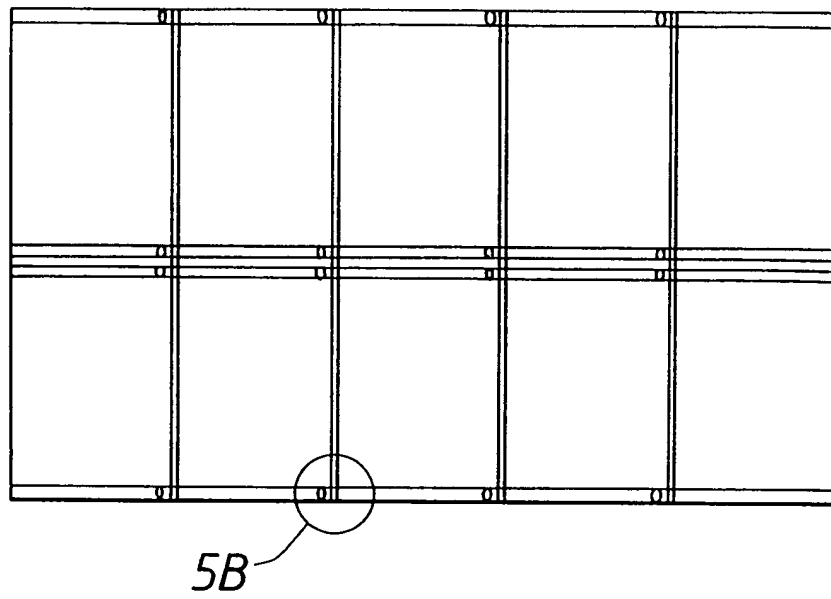


FIG. 5A



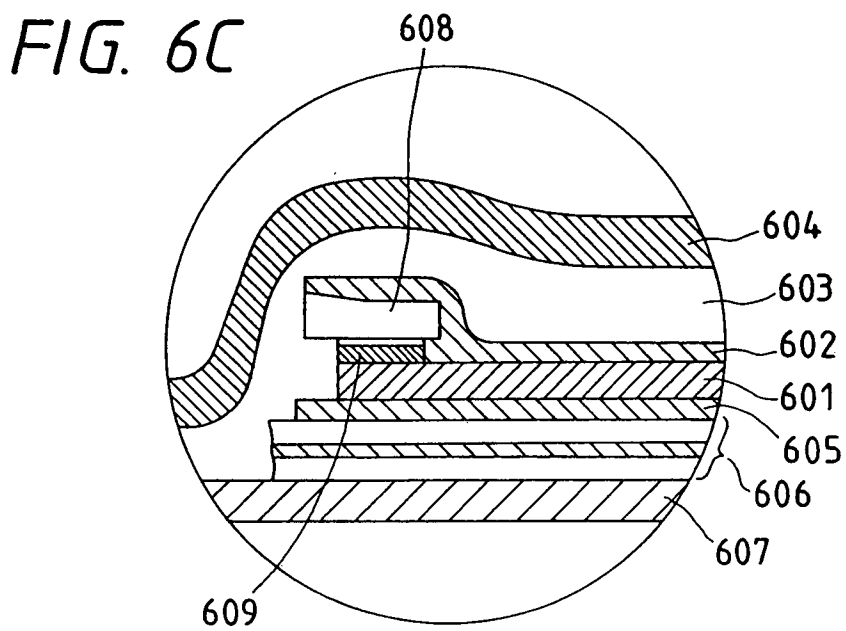
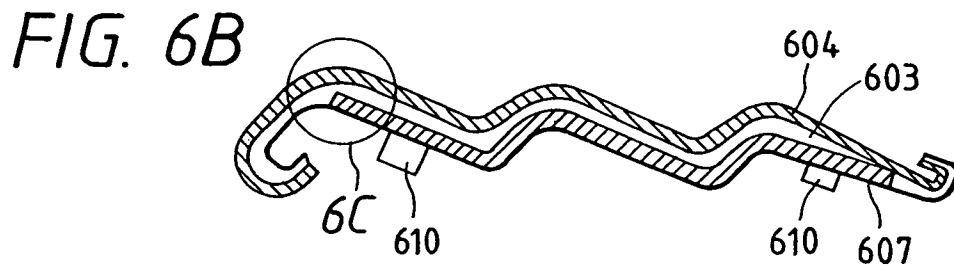
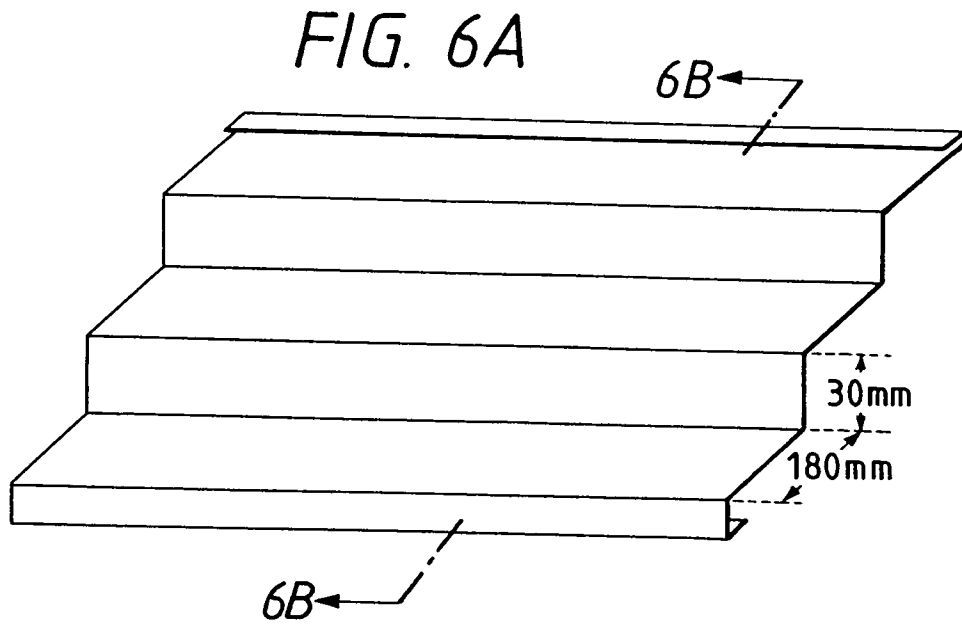


FIG. 7

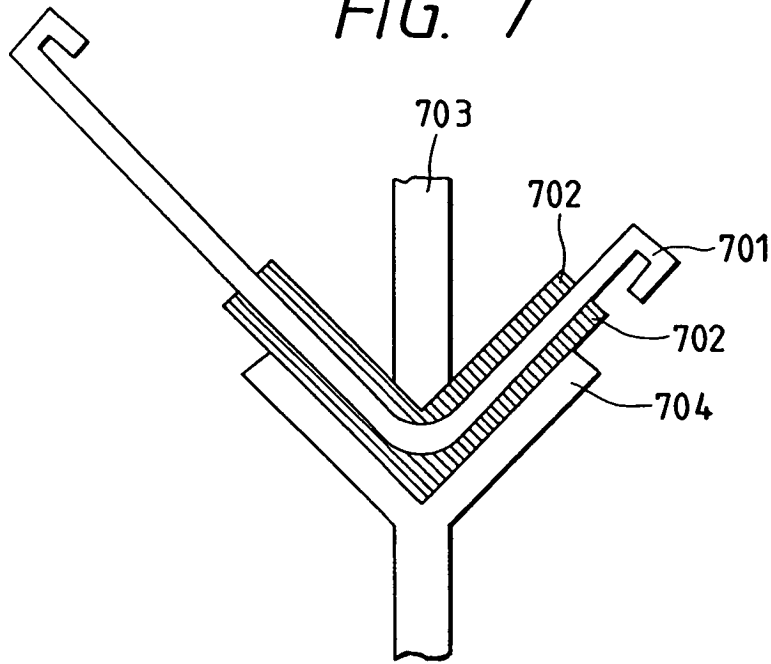


FIG. 8

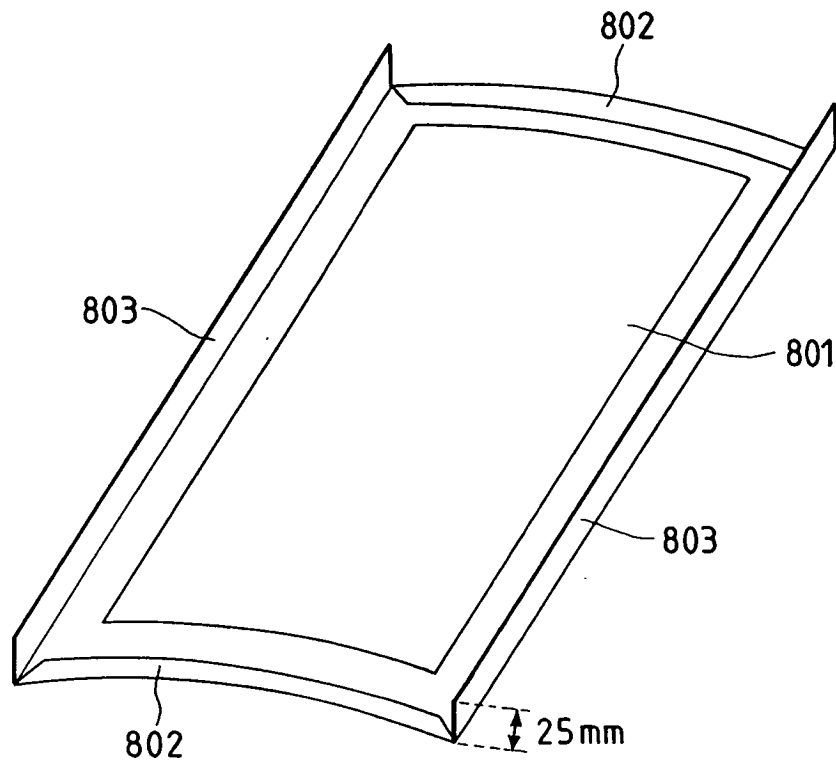


FIG. 9

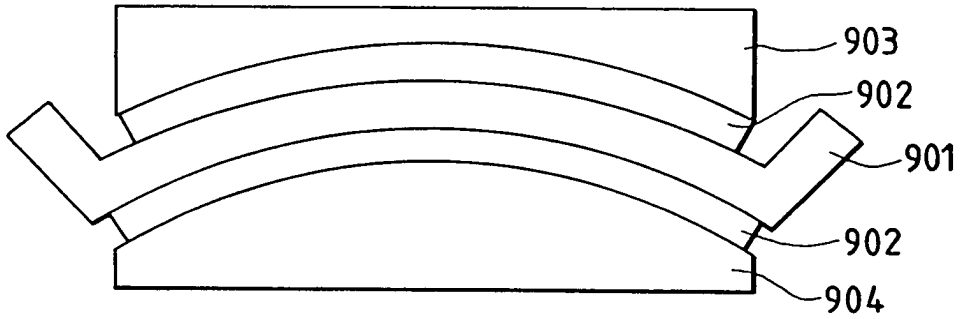


FIG. 10A

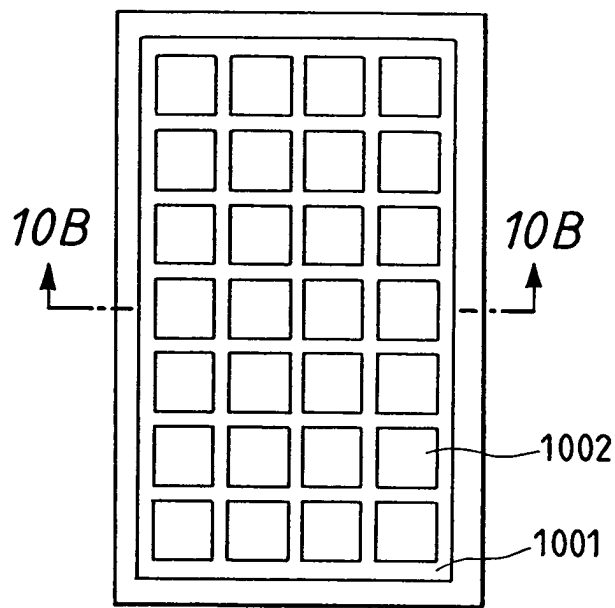


FIG. 10B

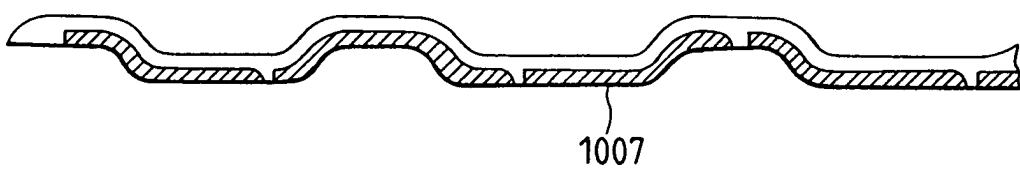


FIG. 11

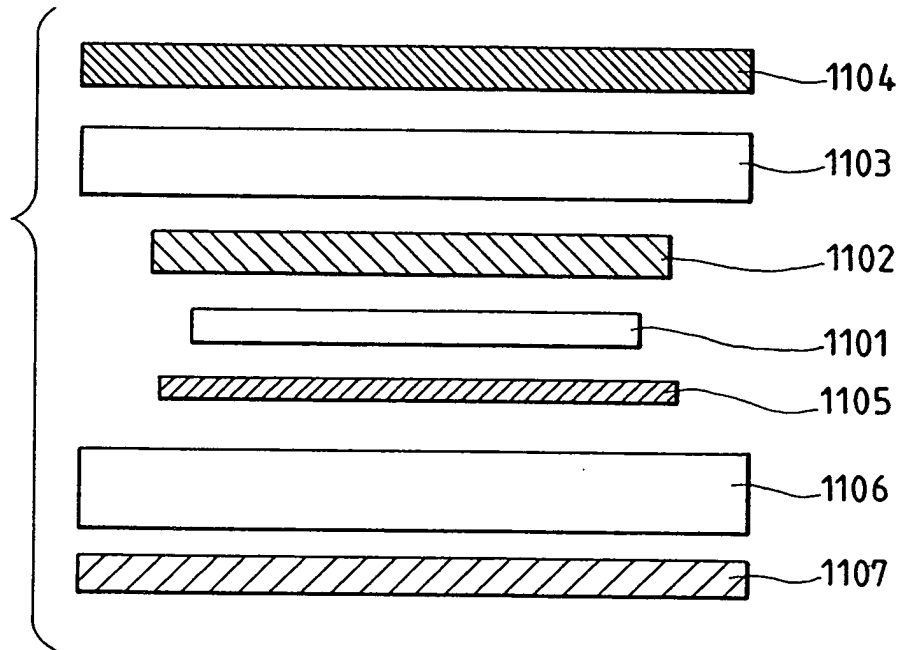


FIG. 12

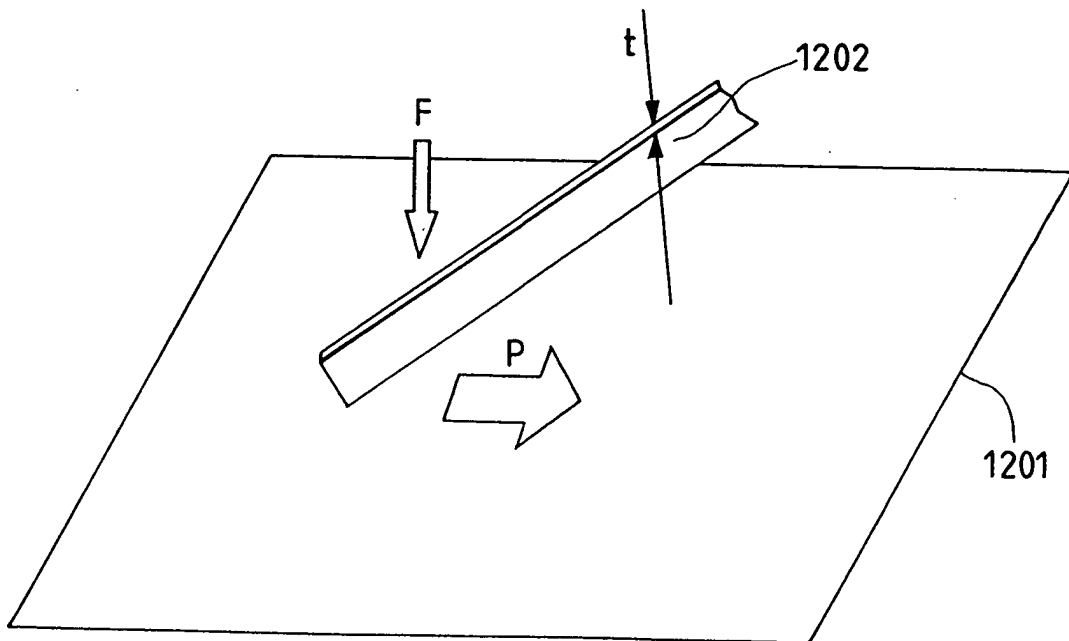


FIG. 13

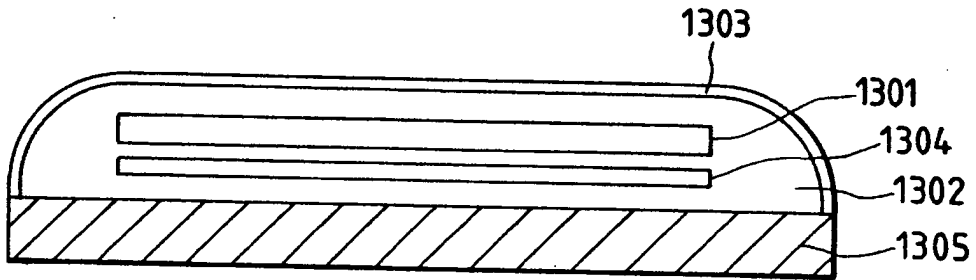


FIG. 14

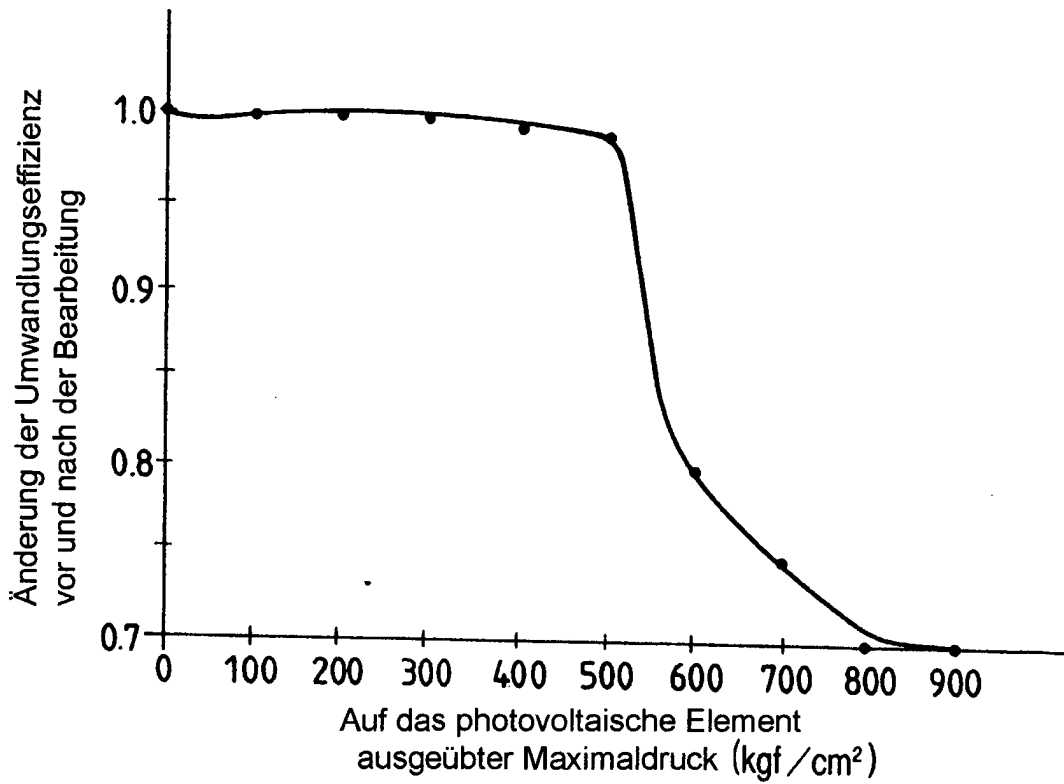


FIG. 15

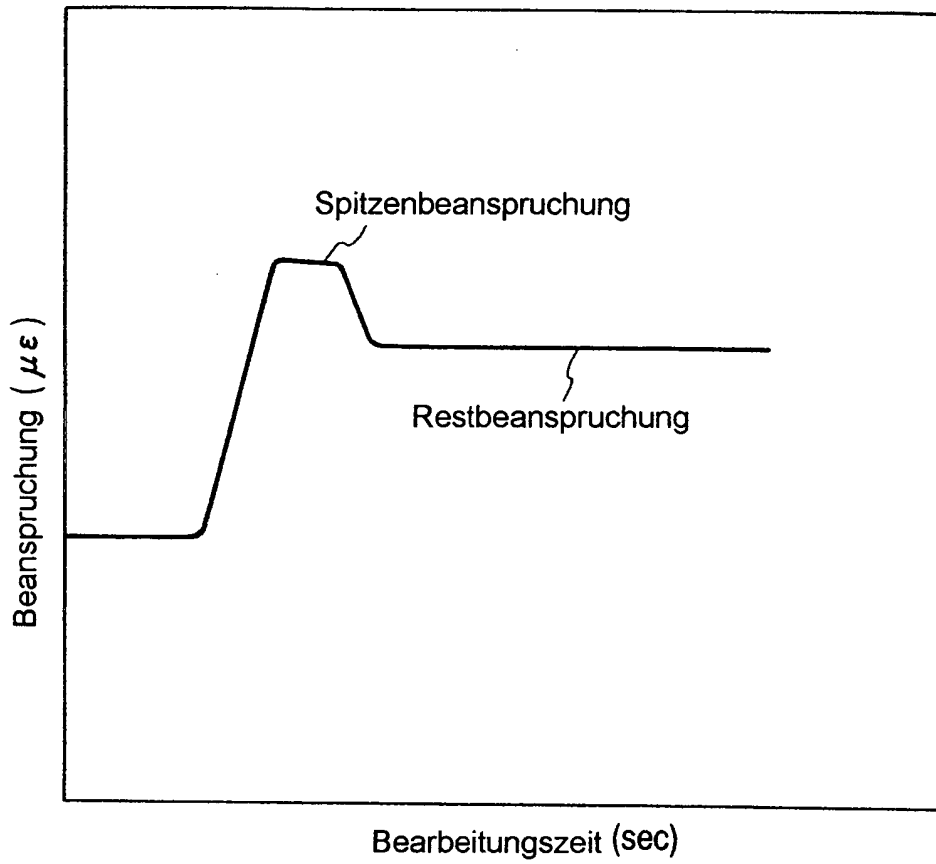


FIG. 16

