



(10) **DE 101 21 895 B4** 2012.05.24

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **101 21 895.8**  
(22) Anmeldetag: **03.05.2001**  
(43) Offenlegungstag: **06.12.2001**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **24.05.2012**

(51) Int Cl.: **H01L 31/05 (2012.01)**  
**H01L 31/18 (2012.01)**  
**H01L 27/142 (2012.01)**  
**H01L 31/0224 (2012.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**09/576,651                      22.05.2000      US**

(73) Patentinhaber:  
**The Boeing Co., Seattle, Wash., US**

(74) Vertreter:  
**Witte, Weller & Partner, 70173, Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Glenn, Gregory S., Pacific Palisades, Calif., US**

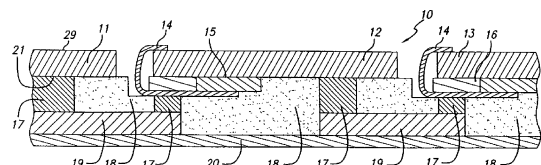
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

<b>DE</b>	<b>35 20 423</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>4 019 924</b>	<b>A</b>
<b>US</b>	<b>4 481 378</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>59- 214 270</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>7 202 241</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>5 152 596</b>	<b>A</b>

**GEE, J. M. [u.a.]: Simplified module assembly  
using back-contact crystalline-silicon solar  
cells. In: Conference Record of the 26th IEEE  
Photovoltaic Specialists Conference, 1997, S.  
1085 – 1088.**

(54) Bezeichnung: **Solarzellenmodul und Verfahren zur Herstellung**

(57) Hauptanspruch: Solarzellenmodul (10; 30), mit einem Substrat (20; 40); einer ersten Solarzelle (11; 31), die mittels des Substrates (20; 40) gelagert ist und eine erste Oberseite (29) und eine erste Rückseite (21; 42) aufweist; einer zweiten Solarzelle (12; 32), die mittels des Substrates (20; 40) gelagert ist und eine zweite Oberseite (29) und eine zweite Rückseite (21; 42) aufweist, wobei die zweite Solarzelle (12; 32) benachbart zu der ersten Solarzelle (11; 31) angeordnet ist; einem leitenden Streifen (14; 34), der an der ersten oder der zweiten Oberseite (29) derart festgelegt ist, dass der Streifen (14; 34) eine Seitenkante zwischen der Oberseite (29) und der Rückseite (21; 42) einer der Solarzellen berührungslos umgreift und eine Schnittstelle zu der Rückseite (21; 42) der benachbarten Solarzelle bildet; und einer Metallbahn (19; 39a) zum elektrischen Verbinden der ersten Solarzelle (11; 31) mit der zweiten Solarzelle (12; 32), die unmittelbar zwischen dem...



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft generell Solarzellenmodule. Insbesondere betrifft die Erfindung ein verbessertes Solarzellenmodul, das kostengünstig und leichtgewichtig ist, als auch ein Verfahren zum Herstellen desselben.

**[0002]** Aufgrund der ständigen Verfügbarkeit von Solarenergie im äußeren Weltraum für einen Weltraumflugkörper wie einen Satelliten ist die Umwandlung von Solarenergie in elektrische Energie mittels photovoltaischer Zellen eine naheliegende Wahl zum Erzeugen von Leistung. Solarenergie ist auch beim Erzeugen von elektrischer Leistung in terrestrischen Anwendungen von grundsätzlichem Belang, da die mit traditionelleren Kraftwerken einhergehenden Kosten jährlich ansteigen. Ein höherer Wirkungsgrad bei der Umwandlung von Sonnenlichtleistung in Elektrizität ist gleichzusetzen entweder mit einem leichtgewichtigeren Weltraumflugkörper oder mit einer höheren Nutzlast, wobei diese beiden Aspekte jeweils geldwerte Vorteile mit sich bringen. Ein höherer Wirkungsgrad in terrestrischen Systemen ist gleichzusetzen mit einem höheren Systemwirkungsgrad, was den Rest der Systemkosten reduziert, wie benötigte Landefläche, Trägerstrukturen und Verdrahtung. Ein Verfahren zum Steigern des Wirkungsgrades besteht darin, Solarzellen mit mehrfachen Übergängen herzustellen, oder mit Schichten, die unterschiedliche Energiebandlücken besitzen, und gestapelt sind, so, daß jede Zelle oder Schicht einen unterschiedlichen Teil der breiten Energieverteilung im Sonnenlicht absorbieren kann. Aufgrund der hohen Spannung dieser Zellen verglichen mit Silizium und ihrer Empfindlichkeit gegenüber Durchbrüchen der Vorspannung in Sperrichtung ist es erforderlich, jede Zelle mit einer Bypass-Diode zu schützen. Das Anbringen der Diode erfolgt zusätzlich zu der Anbringung von Verbindungselementen zum Zwecke der Steigerung der Spannung in einer Solarzellenschaltung mittels einer Reihenschaltung, wie beispielsweise in der US 4 481 378 A, der JP 05-152 596 A und der JP 59-214 270 A beschrieben.

**[0003]** Frühere Verbindungen von Zellen bedingten noch mehrfache Verbindungselemente und Diodenstreifen. Der Diodenstreifen war bislang herkömmlich ein separater Streifen aus Metall, der die Zelle von ihrer Ober- zu ihrer Rückseite umgriff. Dies erforderte eine aufwendige Handhabung, Anbringung und Reinigungsvorgänge, was die Kosten bei der Herstellung der Solarmodule ansteigen ließ und zu Solarzellenverschleiß aufgrund der Handhabung führte.

**[0004]** Einige Verbindungsverfahren verwendeten monolithische metallisierte Umgriff- oder Durchgriffbereiche ("wrap around bzw. wrap through areas"), die es ermöglichten, daß sowohl auf die positiven als auch die negativen Zellpole an der Rückseite

der Zelle zugegriffen werden konnte. Dieses Verfahren beinhaltete den Schritt, den metallischen Umgriff oder Durchgriff in einer Verdampfungskammer aufzudampfen. Ein Nachteil dieses metallischen Umgriffs lag in den zuzuordnenden Kosten des Laserns oder Mikro-Durchschießens ("microblasting") eines Durchkontaktierungsloches ("via") für die Metall, des Ätzens und der photolithographischen Schritte, was erforderlich war, um das metallische Umgriffelement an der Zelle anzubringen und gegenüber dieser zu isolieren. Ein weiterer Nachteil des Herstellens von Umgriffelementen liegt in der Tendenz, die Zelle aufgrund von Defekten in dem dünnen Dielektrikum kurzzuschließen, das dazu verwendet wird, um das aufgedampfte metallische Umgriffelement zu isolieren.

**[0005]** Sobald die einzelnen Solarzellen als Kette miteinander verbunden worden sind, war es traditionell so, daß die Kette an ein zweiseitiges Wabenmuster-Substrat ("2-facesheet honeycomb substrate") gebondet worden ist. Das Verdrahten der Zellketten in Reihenschaltung zum Erzielen höherer Spannungen oder in Parallelschaltung zum Erzielen höherer Ströme wurde typischerweise erreicht, indem man isolierten Draht und Lötverbindungen verwendete. Dieses Verfahren des Lötens bedingt jedoch einen Satz von zeitaufwendigen manuellen Verarbeitungsschritten, die eine Inspektion, eine Nacharbeitung und Reinigung erfordern. Abgesehen davon, daß sie zeitaufwendig sind, führen diese Schritte auch zu einem Verschleiß der fragilen und teuren Solarzellen.

**[0006]** Ferner müssen Solarzellen-Paneele robust ausgelegt sein, damit sie den Widrigkeiten der Umgebung im Weltraum widerstehen können. Die einzelnen Solarzellen und ihr Substrat können während des Hachschießens in den Weltraum signifikanten mechanischen Vibrationen ausgesetzt sein, als auch während der Mission des Weltraumflugkörpers im Weltraum thermischen Zyklen. Die thermischen Zyklen wiederum führen zu einer thermischen Expansion und Kontraktion der verschiedenen Materialien. Dies kann auf die Komponenten des Solarzellen-Panels Belastungen bzw. Spannungen ausüben, wenn eine Fehlanpassung der thermischen Ausdehnungskoeffizienten (CTE) der Verbundmaterialien vorliegt.

**[0007]** Bei größeren Belastungen hinsichtlich Frequenz und Amplitude kann sich die Lebenserwartung des Panels verkürzen. Daraus folgt, daß der Weltraumflugkörper, an dem das Solarzellen-Panel verwendet wird, eine kürzere Lebensdauer hat, mit der Folge, daß größere Kosten erforderlich sind, um den Weltraumflugkörper zu ersetzen.

**[0008]** Es gibt eine Vielzahl von bekannten Konstruktionen von Solarzellen-Panellen, die versuchen, eines oder mehrere der obigen Probleme hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Herstellung anzuge-

hen, einschließlich US 4 083 097 A. In diesem US-Patent ist ein Verfahren offenbart zum Herstellen von verkapselten Solarzellen-Modulen, die einen Polymerdeckfilm beinhalten, der so geformt ist, daß er eine geprägte Oberfläche besitzt, mit in einer Reihe angeordneten Vertiefungen. Jede Vertiefung besitzt dieselbe Konfiguration wie eine Solarzelle. Solarzellen mit positiven und negativen Kontakten an der Rückseite sind von Vorzug und können in den Vertiefungen angeordnet werden, wobei die Vorderseiten der Zellen, die zur Lichtquelle hin zeigen, den Boden der Vertiefungen kontaktieren. Ein zweiter Polymerfilm mit einer eine Verbindungsschaltung bildenden Metallisierung wird über den Rückseiten der Zellen angeordnet, so daß die Zellen elektrisch miteinander verbunden werden. Ein Nachteil besteht hierbei jedoch darin, daß eine direkte Kontaktierung ("Bond") zwischen den Rückseiten der Zellen und dem zweiten Polymerfilm nicht vorliegt, wodurch es wahrscheinlicher ist, daß eine Ablösung von der Metallisierung erfolgt. Ein weiterer Nachteil ist es, daß die Vorrichtung in rauen thermischen Umgebungen nicht arbeitet, wie im äußeren Weltraum, wo die thermische Ausdehnung dazu führen kann, daß sich elektrische Verbindungen lösen.

**[0009]** Ein Solarzellen-Paneel, das ein Leiterplatten-Substrat verwendet, ist in US 5 185 042 A offenbart. Solarzellen werden physikalisch und elektrisch über Verbindungs-Pads mit einem Substrat verbunden. Positive und negative Anschlüsse an der Rückseite der Zellen sind vorzugsweise durch Löten mit den Verbindungs-Pads verbunden. Wenn die Anschlüsse auf gegenüberliegenden Seiten der Zellen liegen, können metallische Verbindungsglieder dazu verwendet werden, die Anschlüsse an den Oberseiten, über die Zellkanten hinweg, und mit den Verbindungs-Pads zu verbinden, obgleich die bestimmte Art und Weise nicht beschrieben ist, wie dies geschehen soll. Ein Klebstoff kann optional die Zellen an dem Substrat festlegen, obgleich die bestimmte Art und Weise hierfür wiederum nicht beschrieben ist. Die Verbindungs-Pads werden mittels Spannungsentlastungsschleifen mit elektrischen Bahnen verbunden, die in dem Substrat verkapselt sind. Dies führt dazu, daß die Solarzellen an dem Substrat effektiv montiert werden, und zwar auf Schraubenfedern. Auf der Rückseite des Substrates ermöglichen elektrisch leitende Montage-Pads das Anbringen von Elementen wie Sperr- und Nebenschluß-Dioden. Wenn die Zelle an den federförmigen Leiter gelötet ist, kann das Lot eine Brücke über die Feder bilden, wodurch der Vorteil als Absorber für thermische Belastungen verlorenggeht. Ein weiterer Nachteil ist es, daß die Konfiguration einer gewickelten Schleife eine relativ schwache Struktur bietet, die für strukturelles Versagen bei Belastungen empfänglich ist, und somit für Ausfälle der elektrischen Verbindung. Noch ein weiterer Nachteil besteht darin, daß die Konstruktion entweder eine metallische Umgriff-Konfiguration erfordert, um bei

de Zellkontakte auf die Rückseite der Solarzellen zu bringen, oder einen Streifen ("tab"). Der in dem Patent beschriebene Typ von Streifen bildet eine Brücke ausgehend von der Zelle auf ein benachbartes leitendes Pad, was die Fläche erhöht, die ein Solar-Array für eine Konstruktion einer vorgegebenen Leistung erfordert. Die metallische Umgriff-Konfiguration weist Nachteile auf, wie sie oben beschrieben wurden.

**[0010]** Es läßt sich erkennen, daß ein Bedarf besteht nach einem verbesserten Solarzellenmodul und nach einem Verfahren zum Herstellen desselben. Weiterhin besteht Bedarf nach einem Solarzellenmodul, das leichtgewichtig und dennoch kostengünstig herzustellen ist. Ferner besteht Bedarf nach einem Solarzellenmodul, das eine kostengünstige Verbindung von Ober- zu Rückseite von Zellen bereitstellt, die eine Bypass-Diode aufweisen. Auch besteht Bedarf nach einem Verfahren zum Herstellen von Solarzellen-Paneelen, wobei die Notwendigkeit von Handhabungs-, Anbringungs- und Reinigungsoperationen verringert ist, um die Automation zu erleichtern. Es wird ein Verfahren benötigt zum Herstellen von Solarzellen-Paneelen, bei dem die Notwendigkeit eliminiert ist, eine Laserbestrahlung oder Mikro-Durchschießen, Ätzen und photolithographische Schritte durchzuführen, die ansonsten erforderlich sind, um ein metallisches Umgriffelement an der Zelle monolithisch anzubringen und dieser gegenüber zu isolieren. Es besteht ferner Bedarf nach einer Vorrichtung und einem Verfahren, die das Potential minimieren, daß Zellen durch Defekte in dem Dielektrikum kurzgeschlossen werden, das das metallische Umgriffelement gegenüber dem Zellsubstrat isoliert.

**[0011]** In der JP 59-214 270 A ist ein Solarzellenmodul beschrieben, welches eine Mehrzahl von benachbart angeordneten und elektrisch isolierten Solarzellen aufweist, wobei jeder Solarzelle eine Bypass-Diode zugeordnet ist.

**[0012]** In der JP 05-152 596 A ist ein Solarzellenmodul mit einer Mehrzahl von benachbart angeordneten Solarzellen beschrieben, wobei jede Solarzelle ein Bypass-Elektrode zur Stabilisierung des Ausgangssignals aufweist.

**[0013]** Die US 4 481 378 A zeigt ein Solarzellenmodul mit einer Mehrzahl von benachbart angeordneten Solarzellen, die in Reihe geschaltet sind und jeweils an der Rückseite der Solarzellen angeordnete Bypass-Dioden aufweisen.

**[0014]** Die JP 07-202 241 A zeigt eine Solarbatterie mit einzelnen benachbart angeordneten Solarzellen, wobei ein elektrisch leitender Streifen eine Rückseite der jeweiligen Solarzelle mit der Vorderseite der jeweiligen Solarzelle verbindet, wobei die Solarzelle durch ein isolierendes Element, welches zwischen

dem Streifen und der Solarzelle angeordnet ist, verhindert, dass die Solarzelle kurzgeschlossen wird. Benachbart angeordnete Solarzellen sind mittels Metallbahnelementen elektrisch verbunden, wobei das eine Ende des Metallbahnelements an dem Streifen der ersten Solarzelle angeordnet ist und das andere Ende des Metallbahnelementes an einer an der Unterseite der Solarzelle angeordneten Elektrode.

**[0015]** In der US 4 019 924 A ist ein Solarzellenmodul beschrieben, welches eine Mehrzahl von Solarzellen aufweist, die auf einem Laminat angeordnet sind. Das Laminat umfasst ein elektrisch isolierendes Substrat und eine elektrisch leitende Schicht, die auf dem Substrat angeordnet ist, wobei die elektrisch leitende Schicht ein Muster zur Bereitstellung von einer ersten und einer zweiten Solarzellenverbindung aufweist. Eine zweite isolierende Schicht mit einer Mehrzahl von Öffnungen ist zwischen der elektrisch leitenden Schicht und der Rückseite der jeweiligen Solarzelle angeordnet. Jedes Laminat ist mit einer Mehrzahl von gebogenen Streifen ausgestattet, die an der elektrisch leitenden Schicht angeordnet sind und die von der Rückseite der jeweiligen Solarzelle zur Oberseite der jeweiligen Solarzelle reichen.

**[0016]** Der Artikel "Simplified module assembling using back-contact crystalline-silicon solar cells" von J. M. Gee (Conference Record of the 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, 1997, S. 1085-1088) offenbart eine Solarzelle.

**[0017]** In der DE 35 20 423 A1 wird ein Solarzellenmodul offenbart.

**[0018]** Erfindungsgemäß ist hinsichtlich eines Solarzellenmoduls das Banelement ferner zwischen dem Substrat und dem Streifen angeordnet.

**[0019]** Die vorliegende Erfindung ist gerichtet auf ein verbessertes Solarzellenmodul, mit einem Substrat und einer ersten Solarzelle, die mittels des Substrates gelagert ist, wobei die erste Solarzelle eine erste Oberseite und eine erste Rückseite aufweist. Eine zweite Solarzelle ist mittels des Substrates gelagert und weist eine zweite Oberseite und eine zweite Rückseite auf, wobei die zweite Solarzelle betriebsmäßig benachbart zu der ersten Solarzelle angeordnet ist. Ein erster Streifen ("tab") ist entweder an der ersten oder der zweiten Oberseite festgelegt und bildet betriebsmäßig eine Schnittstelle entweder zu der ersten oder der zweiten Rückseite. Ein Bond-Element ist zwischen Substrat und der ersten und der zweiten Rückseite angeordnet. Das Bond-Element verbindet unmittelbar (a) das Substrat mit der ersten bzw. der zweiten Rückseite und (b) das Substrat mit dem Streifen. Ein erstes Metallbahnelement ist zwischen dem Substrat und der ersten und zweiten Solarzelle angeordnet, wobei die Metallbahn die erste bzw. zwei-

te Oberseite elektrisch mit der ersten bzw. zweiten Rückseite verbindet.

**[0020]** Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren vorgeschlagen zum Herstellen eines Solarzellenmoduls, mit dem Schritt, eine erste Solarzelle benachbart zu einer zweiten Solarzelle anzuordnen. Eine Vielzahl von leitenden Elementen wird in einem ersten Muster an der ersten Solarzelle angebracht. Eine weitere Vielzahl von leitenden Elementen wird in einem zweiten Muster an der zweiten Solarzelle angebracht. Ein Bond-Element wird auf die erste und zweite Solarzelle befestigt, insbesondere angeklebt, wobei das Bond-Element eine Vielzahl von Öffnungen aufweist, die gemäß dem ersten und zweiten Muster angeordnet sind. Die leitenden Elemente sind mit den Öffnungen ausgerichtet. Eine Vielzahl von Metallbahnelementen wird auf einem Substrat angeordnet und die Metallbahnelemente werden dann mit den leitenden Elementen kontaktiert.

**[0021]** Diese und weitere Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich unter Bezugnahme auf die nachstehende Beschreibung in Verbindung mit der Zeichnung, sowie den beigefügten Ansprüchen.

**[0022]** Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

**[0023]** [Fig. 1](#) eine schematische Querschnittsansicht eines Solarzellenmoduls gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0024]** [Fig. 2](#) eine schematische Querschnittsansicht eines Solarzellenmoduls gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0025]** [Fig. 3A–B](#) Darstellungen eines Abschnittes eines Prozesses gemäß der vorliegenden Erfindung zum Herstellen des in [Fig. 1](#) gezeigten Solarzellenmoduls;

**[0026]** [Fig. 4](#) eine Darstellung eines weiteren Abschnittes eines Prozesses gemäß der vorliegenden Erfindung zum Herstellen des in [Fig. 1](#) gezeigten Solarzellenmoduls;

**[0027]** [Fig. 5A–B](#) Darstellungen eines weiteren Abschnittes eines Prozesses gemäß der vorliegenden Erfindung zum Herstellen des in [Fig. 1](#) gezeigten Solarzellenmoduls; und

**[0028]** [Fig. 6](#) eine Darstellung eines Abschnittes eines Prozesses gemäß der vorliegenden Erfindung zum Herstellen des in [Fig. 2](#) gezeigten Solarzellenmoduls.

**[0029]** Ein verbessertes Solarzellenmodul und ein Verfahren zum Herstellen desselben werden nachstehend in verschiedenen bevorzugten Ausführungsformen beschrieben. Es werden jedoch auch weitere Ausführungsformen erwogen. Ferner werden sowohl terrestrische als auch nicht-terrestrische Anwendungen erwogen, obgleich die vorliegende Erfindung insbesondere nutzbringend ist in Verbindung mit einem Weltraumflugkörper, wie in einem Solarzellen-Paneel eines Satelliten.

**[0030]** **Fig. 1** ist eine schematische seitliche Querschnittansicht einer ersten Ausführungsform eines Solarzellenmoduls **10**. Aus Darstellungsgründen sind nur drei Solarzellen dargestellt, eine erste Solarzelle **11**, eine zweite Solarzelle **12** und eine dritte Solarzelle **13**. Die Anzahl von Solarzellen kann natürlich gemäß der bestimmten Anwendung des Moduls **10** variieren. Wie es in **Fig. 1** gezeigt ist, sind die Solarzellen **11–13** generell in einer gemeinsamen Ebene angeordnet und betriebsmäßig benachbart zueinander ausgerichtet. Die Solarzellen **11–13** sind konstruiert in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik, wie er beispielsweise gezeigt ist in US 5 800 630 A und US 5 407 491 A. Obgleich dies variieren kann, ist jede der Solarzellen **11–13** durch eine Rückseite **21** und eine Oberseite **29** definiert. Die Solarzellen **11–13** haben typischerweise eine Dicke in der Größenordnung von etwa 0,1778 mm.

**[0031]** Eine Bypass-Diode **15** (oder eine Schalteinrichtung im Falle von intelligenten Solarzellen-Paneele) ist vorzugsweise durch Löten oder leitenden Klebstoff an der Rückseite **21** von jeder der Solarzellen **11–13** angebracht, um die Wirkungen einer Vorspannung in Sperrichtung zu minimieren. Die Verwendung von Bypass-Dioden ist im Stand der Technik bekannt und beispielsweise gezeigt in der US 5 616 185 A. Nichtsdestotrotz wird gemäß der vorliegenden Erfindung erwogen, daß nicht alle Solarzellen **11–13** eine zugeordnete Bypass-Diode **15** aufweisen.

**[0032]** Jede Bypass-Diode **15** ist mittels eines ebenen Streifens ("planar tab") **14** gelagert. Wie es besser in **Fig. 3** gezeigt ist, weist der Streifen **14** vorzugsweise eine Maschenkonfiguration auf, um während Wärmezyklen eine Spannungsentlastung bereitzustellen, und ist aus einem leitenden Material hergestellt wie Silber-beschichtetes Kovar<sup>TM</sup>, Invar<sup>TM</sup> oder Molybdän. Eine bevorzugte Konfiguration des Streifens **14** weist generell einen rechteckförmigen Hauptabschnitt auf, wobei an einer der Kanten des Hauptabschnittes ein kleinerer rechteckiger Nebenabschnitt vorgesehen ist. Der Hauptabschnitt des Streifens **14** ist an einem leitenden Element, oder einer leitenden Schiene (nicht gezeigt) an der Oberseite **29** der Zellen **11–13** festgelegt, beispielsweise durch Schweißen. Der Hauptabschnitt des Streifens **14** umgreift, ausgehend von der Oberseite **29**,

die Kante der jeweiligen Zellen **11–13**, berührt diese jedoch nicht. Der Nebenabschnitt bzw. Diodenabschnitt des Streifens **14** bildet eine Schnittstelle zu der Rückseite **21**. Der Nebenabschnitt ist ebenfalls festgelegt an einer Seite der Bypass-Diode **15**, und zwar auf der gegenüberliegenden Seite wie die Rückseite **21**, beispielsweise durch Schweißen. Die Diode **15** wird an der Rückseite der Zelle elektrisch angebracht durch Löten, durch leitenden Klebstoff oder andere leitende Mittel. Folglich ist die Diode **15** direkt zwischen dem Streifen **14** und der Rückseite **21** der jeweiligen Zellen **11–13** angeordnet.

**[0033]** Obgleich bei dieser bevorzugten Ausführungsform ein Umgriff-Streifen **14** an jeder Zelle **11–13** festgelegt ist, wird auch erwogen, daß nicht jede Zelle **11–13** einen Streifen **14** aufweist. Beispielsweise kann in einer Kette von Zellen **11–13** eine Zelle an dem Ende der Kette einen Streifen aufweisen, der keinen Umgriff um eine Kante bildet. Zellen, die aus einem Material wie Silizium hergestellt sind, benötigen nicht notwendigerweise eine Bypass-Diode an jeder Zelle, diese können vielmehr in der Schaltung enthalten sein in Intervallen von beispielsweise zehn Zellen. Folglich kann die Endzelle einen "geraden" Streifen aufweisen, der die Endzelle elektrisch mit einem Röhrchen ("tube") **26** verbindet, das den elektrischen Strom wegführt, wie unten beschrieben.

**[0034]** Wie es in **Fig. 1** gezeigt ist, ist ein isolierendes oder dielektrisches Element **16** direkt benachbart zu der Bypass-Diode **15** angeordnet und unmittelbar zwischen dem Streifen **14** und der Rückseite **21** der jeweiligen Zellen **11–13**. Obgleich die Dicke des Isolierelementes **16** variieren kann, beträgt diese vorzugsweise etwa 0,0127 mm bis 0,0635 mm. Das Isolierelement **16** verhindert einen elektrischen Kurzschluß der Zelle **11–13** aufgrund des Umgriffes des Streifens **14** um die jeweilige Zelle **11–13** herum. Demgemäß kann das Isolierelement **16** aus verschiedenen dielektrischen Materialien hergestellt sein, wie Polyimid-Film oder Kapton<sup>TM</sup> von Dupont.

**[0035]** Ein Bond-Element ("bonding element") **18** ist unmittelbar unterhalb von Abschnitten der Rückseite **21** der jeweiligen Zelle **11–13** und von Abschnitten des Streifens **14** angeordnet und befestigt, wie es in **Fig. 1** zu sehen ist. Das Bond-Element **18** ist ferner festgelegt an einem flexiblen Substrat **20**, das die Solarzellen **11–13** lagert, wie es nachstehend beschrieben ist. Folglich liegt das Bond-Element **18** direkt zwischen dem Substrat **20** und dem Streifen **14** als auch zwischen dem Substrat **20** und der Rückseite **21**, und verbindet diese Elemente jeweils unmittelbar ("direct band"). Die allgemeine Funktion des Bond-Elementes **18** besteht darin, die Solarzellen **11–13** miteinander als auch mit dem Substrat **20** mechanisch zu verbinden. Genauer gesagt verbindet das Bond-Element **18** mechanisch den Streifen **14** an einer Zelle mit einer benachbarten Zelle **11–13** an der Rückseite **21**,



den Streifen **14** mit dem Substrat **20**, den Streifen **14** mit Metallbahnen **19**, die nachstehend beschrieben sind, und die Rückseite **21** der jeweiligen Zelle **11–13** mit dem Substrat **20**.

**[0036]** Wie es besser in **Fig. 3B** zu sehen ist, hat das Bond-Element **18** vorzugsweise den Aufbau einer Schichtlage und weist eine Vielzahl von Öffnungen **22** auf, die in einem bestimmten Muster angeordnet sind. Die Funktion der in einem Muster angeordneten Öffnungen wird nachstehend im Detail beschrieben werden. Aufgrund der allgemeinen Verbindungs-Funktion kann das Bond-Element **18** aus Klebstoffmaterialien wie Silikon, Urethan oder Epoxy hergestellt sein. Obgleich das Bond-Element eine variierende Dicke besitzen kann, in Abhängigkeit von der jeweiligen Anwendung, liegt die Dicke typischerweise im Bereich von etwa 0,1016 bis 0,381 mm.

**[0037]** Unmittelbar unterhalb und in Kontakt mit dem jeweiligen Streifen **14** und der jeweiligen Rückseite **21** der Zellen **11–13** ist jeweils eine Vielzahl von leitenden Elementen **17** angeordnet, wie es in **Fig. 1** zu sehen ist. In **Fig. 3** ist erkennbar, daß die leitenden Elemente **17** an der ersten Solarzelle **11** als Punkte in einem leitenden Muster vorgesehen sind, das vorzugsweise einen Teil des Musters der Öffnungen **22** in dem Bond-Element **18** entspricht. Der verbleibende Teil des Musters der Öffnungen **22** ist vorzugsweise angepaßt an die anderen leitenden Muster, die den verbleibenden Solarzellen zugeordnet sind, wie es in **Fig. 4** gezeigt ist. Es ist jedoch festzustellen, daß **Fig. 4** eine vierte Solarzelle **23** aus Darstellungszwecken zeigt. Um eine elektrische Verbindung herzustellen, können die leitenden Elemente **17** aus einem leitenden Material wie einem metallhaltigen leitenden Klebstoff oder Lötzinn hergestellt sein. Die Dicke der leitenden Elemente **17** sollte wenigstens der Dicke des Bond-Elementes **18** entsprechen, so daß sich die leitenden Elemente **17** durch die Öffnungen **22** hindurch erstrecken können und einen elektrischen Kontakt herstellen können zu den Metallbahnen **19**, die nachstehend beschrieben sind. Folglich stellen die leitenden Elemente **17** eine elektrische Verbindung zwischen den Metallbahnen **19** und den Rückseiten **21** her.

**[0038]** Obgleich in **Fig. 4** gezeigt ist, daß jedes leitende Element **17** bei dieser Ausführungsform die Konfiguration eines Punktes bzw. einen kreisförmigen Querschnitt besitzt, können auch andere Konfigurationen verwendet werden. Ferner zeigen zwar die **Fig. 3B** und **Fig. 4**, daß jedem leitenden Element **17** eine Öffnung **22** in dem Bond-Element **18** zugewiesen ist bzw. damit korreliert; gemäß der vorliegenden Erfindung wird jedoch auch erwogen, daß nicht jedes leitende Element **17** einer Öffnung **22** zugewiesen ist. Ferner sind die leitenden Muster von jeder der Zellen **11–13, 23** in **Fig. 4** zwar jeweils identisch ausgebildet, es wird von der vorliegenden Erfindung

jedoch in Betracht gezogen, daß die leitenden Muster sämtlich unterschiedlich sein können oder nur einige identisch sein können.

**[0039]** Wie es in den **Fig. 1, Fig. 3A–B, Fig. 4** und **Fig. 5A** gezeigt ist, sind an dem Substrat **20** Metallbahnen **19** vorgesehen, derart, daß die distalen Enden der Bahnen **19** vorzugsweise mit dem Muster der Öffnungen **22** an dem Bond-Element **18** und dem Muster der leitenden Elemente **17** übereinstimmen bzw. daran angepaßt sind. Im Ergebnis ist ein distales Ende einer Metallbahn **19** an ein leitendes Element **17** angepaßt, das an der Rückseite **21** einer Zelle **11–13, 23** festgelegt ist. Das andere distale Ende der betreffenden Metallbahn **19** ist an ein leitendes Element **17** angepaßt, das an dem Streifen **14** festgelegt ist. Auf diese Weise wird durch die drei Metallbahnen **19** bei der in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsform eine Zelle elektrisch mit einer jeweiligen benachbarten Zelle **11–13, 23** verbunden. Genauer gesagt verbinden die drei Metallbahnen **19** einen Abschnitt des Streifens **14**, der eine Schnittstelle zu der Rückseite **21** von einer Zelle bildet, elektrisch mit der Rückseite **21** einer benachbarten Zelle **11–13, 23**. Demzufolge erfolgt eine elektrische Verbindung von Oberseite zu Unterseite von einer Zelle zur nächsten, was für sämtliche Zellen gilt. Die Metallspuren **19** können hergestellt werden, indem eine Metallage an dem Substrat festgelegt wird, und dann ein Muster in diese hinein geätzt wird unter Verwendung eines Photoresists und eines Ätzmittels. Beispielsweise können die drei Metallbahnen **19** zwischen jeweils zwei Zellen **11–13** als Maschenmuster geätzt werden, um rauen thermischen Umgebungen besser widerstehen zu können (**Fig. 5B**).

**[0040]** Unbeschadet der vorstehenden Ausführungen wird durch die vorliegende Erfindung ebenfalls erwogen, daß nicht jedes der distalen Enden der Metallbahnen **19** an eine Öffnung **22** und/oder an ein jeweiliges leitendes Element **17** angepaßt ist. Es wird ferner erwogen, daß mehr oder weniger als drei Metallbahnen **19** dazu verwendet werden, eine Zelle mit der nächsten elektrisch zu verbinden.

**[0041]** An einer Busschiene **26** ist ein Röhrchen angeformt, wobei eine Busschiene **26** jeweils an gegenüberliegenden Enden des Substrates **20** vorgesehen ist, wie es in den **Fig. 4** und **Fig. 5A–B** gezeigt ist. Ähnliche Röhrchen sind beispielsweise in der US 5 961 737 A offenbart, dessen Gesamtoffenbarung vorliegend durch Bezugnahme enthalten sein soll. Jede Busschiene **26** ist an dem Substrat **20** festgelegt, beispielsweise durch Schweißen oder leitenden Klebstoff, ist hergestellt aus einem elektrisch leitenden Material und ist elektrisch verbunden mit unmittelbar benachbarten Bahnen **19**. Folglich wird der von den Zellen **11–13, 23** erzeugte elektrische Strom durch die Metallbahnen **19** hindurchgeführt und durch

Drähte **27** weggeführt, die an den Röhren festgelegt sind, die an der Busschiene **26** ausgebildet sind.

**[0042]** Das Substrat **20**, das neben dem Bond-Element **18** vorgesehen ist, lagert die vorstehenden Elemente des Solarzellenmoduls **10** und ist vorzugsweise aus einem leichtgewichtigen, dielektrischen Material hergestellt. Das Substrat ist leichtgewichtig, um die Kosten für das Hochschießen in den Weltraum gering zu halten, und besteht aus einem Dielektrikum, um elektrische Kurzschlüsse zu vermeiden. Bei der in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsform beinhaltet das Substrat **20** einen relativ steifen Rahmen **24**, der ein flexibles Maschenelement **25** hält. Der Rahmen **24** kann aus Materialien wie Graphit hergestellt sein, wohingegen das Maschenelement **25** aus Materialien hergestellt sein kann wie Glasfasern oder gewebten bzw. gewirkten Fasern wie Kevlar™ von Dupont. Bei einer weiteren Ausführungsform, die in den **Fig. 5A–B** gezeigt ist, ist das Substrat **20** aus einem Material hergestellt wie einem dielektrischen Film **28**, beispielsweise aus Kapton™ von Dupont, der an ein festeres Substrat angebracht ist wie Graphit oder Kevlar™, imprägniert mit Epoxidharz.

**[0043]** Eine zweite Ausführungsform eines Solarzellenmoduls **30** gemäß der vorliegenden Erfindung ist in **Fig. 2** gezeigt. Generell ist der Aufbau der zweiten Ausführungsform derselbe wie bei der ersten Ausführungsform, die in **Fig. 1** gezeigt ist, mit der Ausnahme hauptsächlich der Position einer Bypass-Diode **35**. Bei der zweiten Ausführungsform ist die Bypass-Diode **35** auf einer den Solarzellen gegenüberliegenden Seite des Substrates **40** angeordnet. Bei der ersten Ausführungsform ist die Bypass-Diode **15** auf derselben Seite des Substrates **20** angeordnet wie die Solarzellen, d. h. zwischen dem Streifen **14** und der Rückseite **21**.

**[0044]** Genauer gesagt beinhaltet die zweite Ausführungsform des Solarzellenmoduls **30** eine Vielzahl von Solarzellen, nämlich eine erste Solarzelle **31**, eine zweite Solarzelle **32** und eine dritte Solarzelle **33**. Die Solarzellen **31–33** sind ähnlich aufgebaut wie die Solarzellen **11–13** der ersten Ausführungsform gemäß **Fig. 1**. Ein Umgriff-Streifen **34** ist aufgebaut wie der Streifen **14** der ersten Ausführungsform, so daß der Streifen **34** die jeweilige Zelle **31–33** von einer Vorderseite um ihre Kante herum auf die Rückseite **42** umgreift. Im Gegensatz zur ersten Ausführungsform stützt der Streifen **34** die Bypass-Diode **35** jedoch nicht gegen die Rückseite **42** der jeweiligen Zelle **31–33**. Statt dessen ist der Streifen **34** der Rückseite **42** nebengeordnet, wobei nur ein Isolierelement **36** dazwischen liegt. Das Isolierelement **36** ist ähnlich aufgebaut wie das Isolierelement **16** der ersten Ausführungsform.

**[0045]** Wie das oben genannte Bond-Element **18** ist ein jeweiliges Bond-Element **38** unmittelbar unterhalb

von Abschnitten der Rückseite **42** der jeweiligen Zelle **31–33** und von Abschnitten des Streifens **34** angeordnet und hiermit jeweils verbunden, wie es aus der Darstellung der **Fig. 2** zu ersehen ist. Das Bond-Element **38** ist ferner mit einem Substrat **40** verbunden, wie in der ersten Ausführungsform. Demzufolge ist das Bond-Element **38** genauso aufgebaut und funktioniert genauso wie das Bond-Element **18**.

**[0046]** Ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform der **Fig. 1** ist eine Vielzahl von leitenden Elementen **37** (genauer ein leitender Abschnitt **37a** des Elementes **37**) unmittelbar unterhalb eines jeweiligen Streifens **34** und einer jeweiligen Rückseite **42** der Zellen **31–33** angeordnet und steht in Kontakt mit dem jeweiligen anderen Element **34**, **42**, wie es in **Fig. 2** zu erkennen ist. Genauso wie bei der Ausführungsform der **Fig. 1** sind die leitenden Elemente **37** als Punkte eines leitenden Musters vorgesehen, deren Gesamtheit an das Muster von Öffnungen in dem Bond-Element **38** angepaßt ist.

**[0047]** Das Substrat **40** der **Fig. 2** ist wie das Substrat der **Fig. 1** aufgebaut und ausgelegt. Bei der Ausführungsform der **Fig. 2** sind Metallbahnen **39a** auf eine Weise ähnlich wie die Metallbahnen **19** der **Fig. 1** vorgesehen. Mit anderen Worten sind die Metallbahnen **39a** auf einer Seite des Substrates **40** gelagert, die zur Rückseite **42** der Zellen **31–33** hinweist. Im Gegensatz zur ersten Ausführungsform stellt die zweite Ausführungsform jedoch zusätzlich ein Paar von Metallbahnen **39b** bereit, die der jeweiligen Zelle **31–33** zugeordnet sind. Diese Metallbahnen **39b** sind auf einer der Rückseite der jeweiligen Zelle **31–33** gegenüberliegenden Seite des Substrates **40** elektrisch festgelegt.

**[0048]** Die zweite Ausführungsform läßt sich anhand von **Fig. 2** ferner wie folgt beschreiben. Ein leitender Abschnitt **37b** des leitenden Elementes **37** erstreckt sich über eine Unterseite der Metallbahnen **39b**, wie es in **Fig. 2** zu sehen ist. Ein leitender Abschnitt **37c** des jeweiligen leitenden Elementes **37** erstreckt sich von dem leitenden Abschnitt **37b** nach oben durch die jeweilige Metallbahn **39b**, ferner durch das Substrat **40** und hin zu dem jeweiligen leitenden Abschnitt **37a**. Die Bypass-Diode **35** befindet sich unterhalb von einem der leitenden Abschnitte **37b**. Die Bypass-Diode **35** ist elektrisch mit dem anderen leitenden Abschnitt **37b** über einen Streifen **41** verbunden.

**[0049]** Ein bevorzugtes Verfahren zum Herstellen der ersten Ausführungsform des Solarzellenmoduls **10** ist in den **Fig. 3–Fig. 5B** gezeigt. Bei diesem Verfahren wird der Hauptabschnitt des Maschenstreifens **14** an der leitenden Schiene (nicht gezeigt) an der Oberseite **29** der jeweiligen Zelle **11–13**, **23** festgelegt, beispielsweise durch Schweißen. Die Bypass-Diode **15** wird dann an dem Neben- oder Diodenabschnitt des Maschenstreifens **14** festgelegt, bei-

spielsweise durch Schweißen. Ein (nicht gezeigtes) Filter-Abdeckglas wird dann auf die Vorderseite **29** der Solarzelle befestigt ("gebondet"), und zwar mit einem durchsichtigen Klebstoff (nicht gezeigt). Das Isolierelement **16** wird dann auf die Rückseite **21** der jeweiligen Zelle **11–13, 23** aufgebracht. Ausgehend von der Oberseite **29** wird der Maschenstreifen **14** dann umgebogen, hin zu der Rückseite **21**. Die Bypass-Diode **15** wird dann an der Rückseite angebracht, beispielsweise durch eine Lötpaste oder ein wärmeaushärtendes leitendes Epoxidharz. Die obigen Schritte werden für jede der Zellen **11–13, 23** wiederholt.

**[0050]** Die Endbusstreifen bzw. -schienen **26** werden an dem Substrat **20** festgelegt, beispielsweise durch Schweißen. Die Solarzellen **11–13, 23** werden dann in eine Teileinrichtung bzw. Ausrichtungseinrichtung ("indexing fixture") gesetzt, wobei die Rückseite **21** nach oben weist. Die Teileinrichtung kann von beliebiger Konstruktion sein, sofern sie es ermöglicht, daß die Zellen in einer festgelegten Position relativ zueinander angeordnet und gehalten werden können. Beispielsweise kann die Teileinrichtung einen maschinell bearbeiteten Block aus Delrin-Kunststoff oder Aluminium aufweisen, der Ausnehmungen aufweist, in die die Solarzellenanordnungen passen.

**[0051]** Wenn die Zellen **50** in der Teileinrichtung positioniert sind, werden die leitenden Elemente **17**, in der Form beispielsweise von leitendem Kunststoff oder Lötpaste, auf die Rückseiten **21** der jeweiligen Zelle **11–13, 23** aufgebracht. Alternativ hierzu können die leitenden Elemente auf die leitenden Bahnen **19** aufgebracht werden. Vorzugsweise wird eine automatisierte X-Y-Z-Abgabereinrichtung dazu verwendet, die leitenden Elemente **17** in einem vorausgewählten leitenden Muster abzugeben bzw. zu dispensieren und aufzubringen. Wie oben angegeben, ist das leitende Muster vorzugsweise dasselbe für jede der Zellen **11–13, 23**, obgleich die Muster unterschiedlich sein können.

**[0052]** Ein Bond-Element **18**, vorzugsweise in der Form einer wärmeaushärtbaren Schichtlage, wie ein Klebstoff im B-Zustand, wird dann aber die leitenden Elemente **17** angeordnet, so, daß die Öffnungen **22** in dem Öffnungsmuster an die Positionen der leitenden Elemente **17** in dem leitenden Muster angepaßt sind. Alternativ hierzu kann ein Bond-Element **18** in der Form eines aushärtbaren Klebstoffes mittels einer Ausrüstung zur automatisierten Abgabe abgegeben werden. Das Substrat **20** wird dann relativ zu den Solarzellenschaltungen positioniert, so daß die leitenden Bahnen **19** mit den leitenden Elementen **17** ausgerichtet ("indexed") werden. Die obigen Komponenten einschließlich dem Substrat **20**, den Buschienen **26**, den leitenden Bahnen **19**, dem Bond-Element **18**, den leitenden Elementen **17**, den Dioden **15**, den Streifen **14** und den Zellen **11–13, 23** werden dann in eine Wärmevakuumschale verbracht und un-

ter Druck erwärmt. Wärme und Druck werden so ausgewählt, daß das Bond-Element **18** aushärtet und mit den Zellen verbunden wird. Zur selben Zeit kann der leitende Klebstoff **17** gleichzeitig mit dem nichtleitenden Bond-Klebstoff **18** aushärten oder das Lötzinn **17** kann schmelzen.

**[0053]** Die Solarzellenanordnung in Form einer flexiblen Schaltung wird dann aus der Wärmevakuumschale entnommen und am Rahmen **24** (**Fig. 4**) angebracht oder mit einem steiferen Substrat (nicht gezeigt) verbunden. Dann werden Drähte **27** in die Röhren eingesetzt, die an den Endschiene **26** ausgebildet sind, und verschweißt. Alternativ hierzu können die Drähte **27** direkt auf freiliegende leitende Bahnen **19** an den Enden der Solarzellenketten festgelötet werden. Die Drähte **27** können dann zu anderen Solarzellen-Panelen geroutet werden, um eine serielle parallele Verdrahtung zu bewirken oder können direkt mit der elektrischen Last verbunden werden.

**[0054]** Der Ansatz mit einer vorab ausgestanzten Klebstofflage im "B"-Zustand der vorliegenden Erfindung ist eine Verbesserung gegenüber dem herkömmlichen Misch- und Verteilprozeß, der etwa 24 Stunden dazu benötigt, um zwischen Sektor-Bond-Vorgängen eine Aushärtung zu bewirken. Der schnelle Wärmeaushärtungsprozeß der vorliegenden Erfindung würde beispielsweise erlauben, daß ein gesamtes Panel mit beispielsweise drei separaten Bond-Sektoren in einem Tage gebondet wird.

**[0055]** Eine zweite bevorzugte Methode der vorliegenden Erfindung (**Fig. 6**) erzeugt die zweite Ausführungsform des Solarzellenmoduls **30**, das in **Fig. 2** dargestellt ist. Das zweite Verfahren ist im wesentlichen identisch zu dem oben erwähnten, ersten bevorzugten Verfahren, mit der Ausnahme, daß die Bypass-Diode **35** unterschiedlich positioniert wird. Demgemäß werden bei dem zweiten Verfahren die obigen Schritte des Anbringens einer Diode an dem Streifen und des Anbringens der Diode an der Rückseite der jeweiligen Solarzellen weggelassen. Statt dessen werden Metallbahnen **39a** und **39b** auf beiden Seiten des Substrates **40** ausgebildet, beispielsweise durch Ätzen eines Musters aus einer Metallage, die an beide Seiten des dielektrischen Substrates **40** festgelegt worden ist. Die Bypass-Diode **35** wird an dem Streifen **41** festgelegt, beispielsweise durch Schweißen, wonach der Streifen **41** und die Bypass-Diode **35** jeweils an einem leitenden Abschnitt **37b** festgelegt werden, beispielsweise mit Lötpaste oder einem leitenden Klebstoff. Das leitende Element **37** wird auf die obere Fläche der leitenden Bahnen **39a** benachbart zu Löchern durch die leitenden Bahnen **39a** und das dielektrische Substrat **40** hindurch aufgebracht. Wenn die in **Fig. 2** gezeigte Anordnung unter Wärme zusammengedrückt wird, wie beispielsweise in einer Wärmevakuumschale, fließt das leitende



de Element **37** durch die Löcher, bildet die leitenden Abschnitte **37a-37c** und vollzieht einen elektrischen Kontakt mit der Diode **35** bzw. dem Dioden-Streifen **41**. Der leitende Klebstoff **37** härtet dann aus (oder das Lötzinn **37** schmilzt dann) und verfestigt sich, wodurch eine elektrische Verbindung hergestellt wird zwischen den leitenden Bahnen **39a** und **39b**, dem Umgriff-Streifen **34** und dem Dioden-Streifen **41**, als auch zwischen den Bahnen **39a** und **39b**, der Rückseite der jeweiligen Solarzellen **31-33** und der Oberseite der Bypass-Diode **35**.

**[0056]** Es ist zu erkennen, daß die vorliegende Erfindung ein verbessertes Solarzellenmodul und ein verbessertes Verfahren zum Herstellen desselben bereitstellt, wobei das Solarzellenmodul sowohl terrestrisch als auch nicht-terrestrisch verwendet werden kann. Das Solarzellenmodul gemäß der vorliegenden Erfindung ist leichtgewichtig, und dennoch kostengünstig herzustellen. Die vorliegende Erfindung schafft eine Verbindung von Oberseite zu Rückseite über die Seitenkante der Solarzellen, einschließlich solcher Solarzellen, die eine Bypass-Diode aufweisen. Die vorliegende Erfindung stellt zusätzlich ein Verfahren zum Herstellen von Solarzellen-Panelen bereit, das Handhabungsvorgänge, Anbringungsvorgänge und Reinigungsvorgänge wesentlich verringert. Das Verfahren eliminiert ferner die Notwendigkeit, Laservorgänge oder Mikrodurchschußvorgänge, ätz- und photolithographische Schritte durchführen zu müssen, wie sie ansonsten erforderlich sind, um einen leitenden Umgriff-Streifen monolithisch an der Zelle anzubringen und gegenüber dieser zu isolieren. Da die vorliegende Erfindung die Zellen gleichzeitig elektrisch miteinander verbindet als auch sie mit einem Substrat verbindet ("bonded"), wird die Notwendigkeit für herkömmliche Lötprozesse zur Herstellung einer Reihenschaltung vermieden, was mit einem zeitaufwendigen Satz von manuellen Vorgängen einherginge, die eine Inspektion, eine Nachbearbeitung und Reinigung erfordern. Derartige Schritte führen abgesehen davon, daß sie zeitaufwendig sind, zu einem Verschleiß der fragilen Wafer. Im Gegensatz hierzu kann die vorliegende Erfindung unter Verwendung einer elektromechanischen Roboter-Abgabereinrichtung ausgeübt werden, um abgemessene Mengen von leitendem Klebstoff genau abzugeben, angepaßt an die leitenden Pads bzw. Muster des Substrates.

**[0057]** Dies kann schnell und präzise erfolgen, ohne den fragilen Wafer direkt zu kontaktieren und ohne die Notwendigkeit, Nachbearbeitungen oder Schaltungsreinigungen durchzuführen. Der Ansatz mit einer vorab ausgestanzten Klebstofflage im "B"-Zustand stellt eine Verbesserung gegenüber herkömmlichen Misch- und Verteilungsprozessen dar, die eine etwa 24-stündige Aushärtung zwischen einzelnen Sektor-Bond-Vorgängen benötigen. Der schnelle Wärmeaushärtungsprozeß der vorliegenden Erfin-

dung würde beispielsweise zulassen, daß ein gesamtes Panel mit beispielsweise drei separaten Bond-Sektoren innerhalb von einem Tag verbunden wird. Der vorliegende Maschen-Umgriffstreifen kann beispielsweise drei Verbindungselemente und zwei Dioden-Streifen einer herkömmlichen Struktur ersetzen, die unter Verwendung eines herkömmlichen Prozesses hergestellt wird. Folglich ist die Anzahl der Handhabungs-, Anbringungs- und Reinigungsvorgänge reduziert. Da die Erfindung ausgeübt werden kann mit einem leitenden Epoxy bzw. Epoxidharz oder einer Hochtemperatur-Lötpaste ohne Reinigungsflußmittel, sind Reinigungsvorgänge nicht erforderlich, wie sie typischerweise erforderlich sind, wenn ein Lötmittel mit RMA-Flußmittel verwendet wird. Eine Vorrichtung und ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung minimieren das Potential, Zellen aufgrund von Defekten im Dielektrikum kurz-zuschließen, das den leitenden Umgriff-Streifen gegenüber dem Zellsubstrat isoliert.

**[0058]** Solarzellen-Panale werden mehr und mehr "intelligent", wobei elektronische Schalter und Leistungsregelschaltkreise als Komponenten an dem Solarzellen-Panel verwendet werden. Die vorliegende Erfindung ist auch auf derartige "intelligente" Panale anwendbar. Es wird erwogen, daß anstelle von Bypass-Dioden 35 Elemente in Form von Schalteinrichtungen vorgesehen werden. Demzufolge sollen vorliegende Bezugnahmen auf Bypass-Dioden sich generell auf Elemente wie Schalteinrichtungen beziehen.

**[0059]** Bezugnahmen auf "oben" oder "unten" beziehen sich auf die in den Figuren gezeigten Ansichten und sollen nicht einschränkend sein.

### Patentansprüche

1. Solarzellenmodul (**10; 30**), mit einem Substrat (**20; 40**); einer ersten Solarzelle (**11; 31**), die mittels des Substrates (**20; 40**) gelagert ist und eine erste Oberseite (**29**) und eine erste Rückseite (**21; 42**) aufweist; einer zweiten Solarzelle (**12; 32**), die mittels des Substrates (**20; 40**) gelagert ist und eine zweite Oberseite (**29**) und eine zweite Rückseite (**21; 42**) aufweist, wobei die zweite Solarzelle (**12; 32**) benachbart zu der ersten Solarzelle (**11; 31**) angeordnet ist; einem leitenden Streifen (**14; 34**), der an der ersten oder der zweiten Oberseite (**29**) derart festgelegt ist, dass der Streifen (**14; 34**) eine Seitenkante zwischen der Oberseite (**29**) und der Rückseite (**21; 42**) einer der Solarzellen berührungslos umgreift und eine Schnittstelle zu der Rückseite (**21; 42**) der benachbarten Solarzelle bildet; und einer Metallbahn (**19; 39a**) zum elektrischen Verbinden der ersten Solarzelle (**11; 31**) mit der zweiten Solarzelle (**12; 32**), die unmittelbar zwischen dem Sub-

strat (20; 40) und einem nichtleitenden Bondelement (18; 38) angeordnet ist;

wobei

das Bondelement (18; 38) ferner unmittelbar zwischen dem Substrat (20; 40) und dem Streifen (14; 34) angeordnet ist,

das Bondelement (18; 38) eine Vielzahl von Öffnungen (22) gemäß einem ersten Muster aufweist, und eine Vielzahl von leitenden Elementen (17; 37) vorgesehen ist, die gemäß einem zweiten Muster zwischen der Metallbahn (19; 39a) und den Solarzellen (11–13; 31–33) sowie zwischen den Rückseiten (21; 42) der Solarzellen und dem Substrat (20; 40) angeordnet sind, wobei das erste Muster an das zweite Muster angepasst ist.

– Anbringen von leitenden Elementen (17; 37) gemäß einem ersten Muster auf die Solarzellen (11; 31) und den Streifen (14; 34);

– Befestigen eines Bondelements (18; 38) mit Öffnungen (22), die gemäß einem zweiten Muster angeordnet sind, das an das erste Muster angepasst ist, auf der ersten und zweiten Solarzelle durch Ausrichten der Öffnungen (22) mit den leitenden Elementen (17; 37);

– Anordnen des Substrats (20; 40) auf dem Bondelement (18; 38), so dass die Metallbahn (19; 39a; 39b) mit den leitenden Elementen (17; 37, 37a, 37b, 37c) ausgerichtet und kontaktiert ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

2. Solarzellenmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine erste Bypass-Diode (15), die an wenigstens einer Rückseite (21) angeordnet ist, und zwar benachbart zu einer Oberseite des Substrates (20), die der Rückseite (21) der jeweiligen Solarzelle (11) näher ist als die andere Seite des Substrates (20), vorgesehen ist.

3. Solarzellenmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine erste Bypass-Diode (35), die benachbart zu einer Seite des Substrates (40) angeordnet ist, die der Rückseite (42) einer jeweiligen Solarzelle (31–33) abgewandt ist, vorgesehen ist.

4. Solarzellenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Isolierelement (16; 36) zwischen dem Streifen (14; 34) und einer jeweiligen Rückseite (21; 42) angeordnet ist.

5. Solarzellenmodul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein weiterer Streifen (14), der an der anderen Oberseite (29) festgelegt ist, vorgesehen ist.

6. Verfahren zum Herstellen eines Solarzellenmoduls (10; 30) unter Druck mittels einer Vakuumwärmetasche aufweisend die folgenden Schritte:

– Bereitstellen eines Substrates (20; 40) mit einer darauf angeordneten Metallbahn (19, 39a, 39b),

– Anordnen einer ersten Solarzelle (11; 31) mit einer ersten Oberseite (29) und einer ersten Rückseite (21; 42), benachbart zu einer zweiten Solarzelle (12; 32) mit einer zweiten Oberseite (29) und einer zweiten Rückseite (21; 42);

– Festlegen eines leitenden Streifens (14; 34) an der ersten oder zweiten Oberseite (29) derart, dass der Streifen (14; 34) eine Seitenkante zwischen der Oberseite (29) und der Rückseite (21; 42) einer der Solarzellen berührungslos umgreift und eine Schnittstelle zu der Rückseite (21; 42) der benachbarten Solarzelle bildet;

gekennzeichnet durch die weiteren Schritte:

Anhängende Zeichnungen

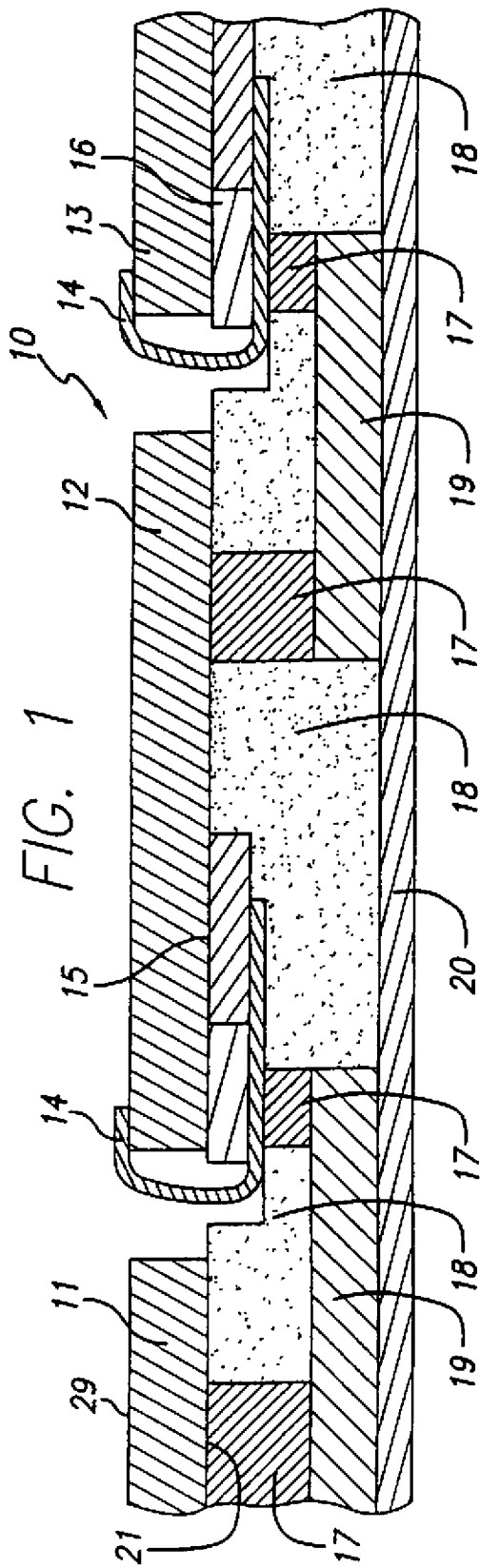


FIG. 1

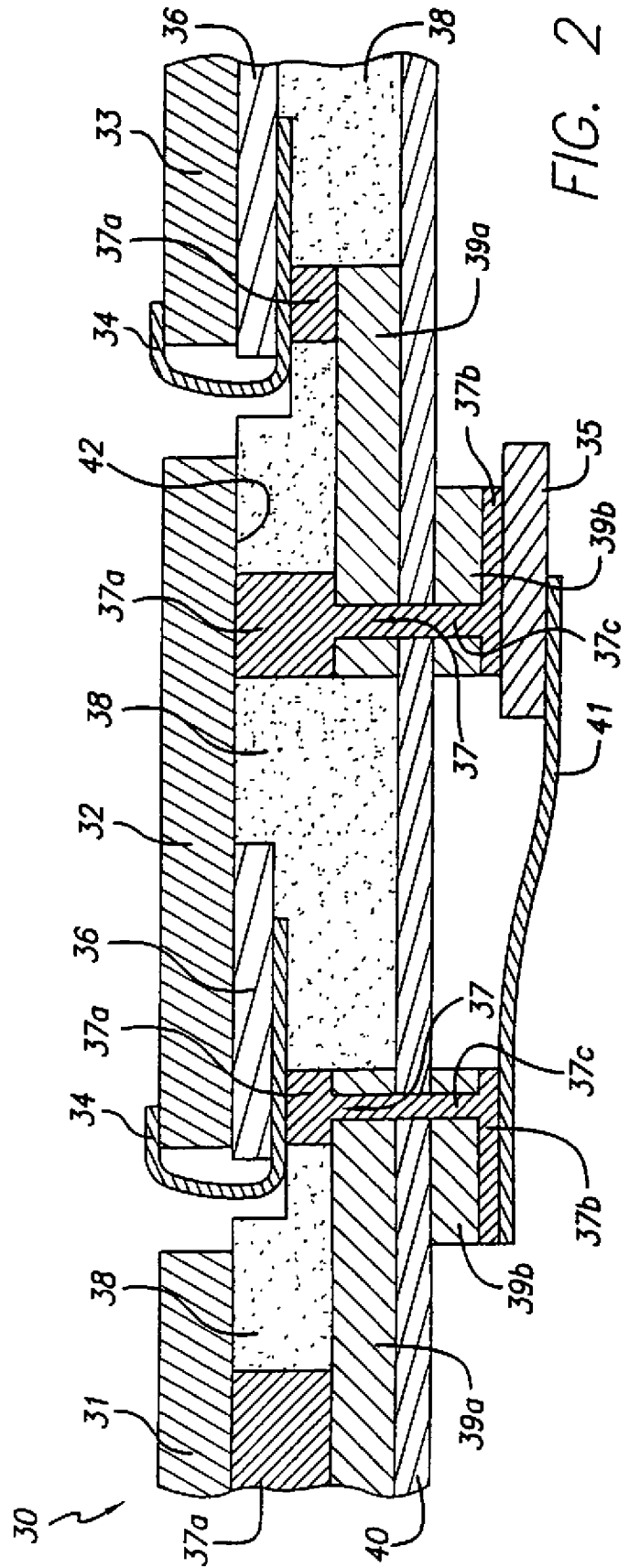


FIG. 2

FIG. 3A

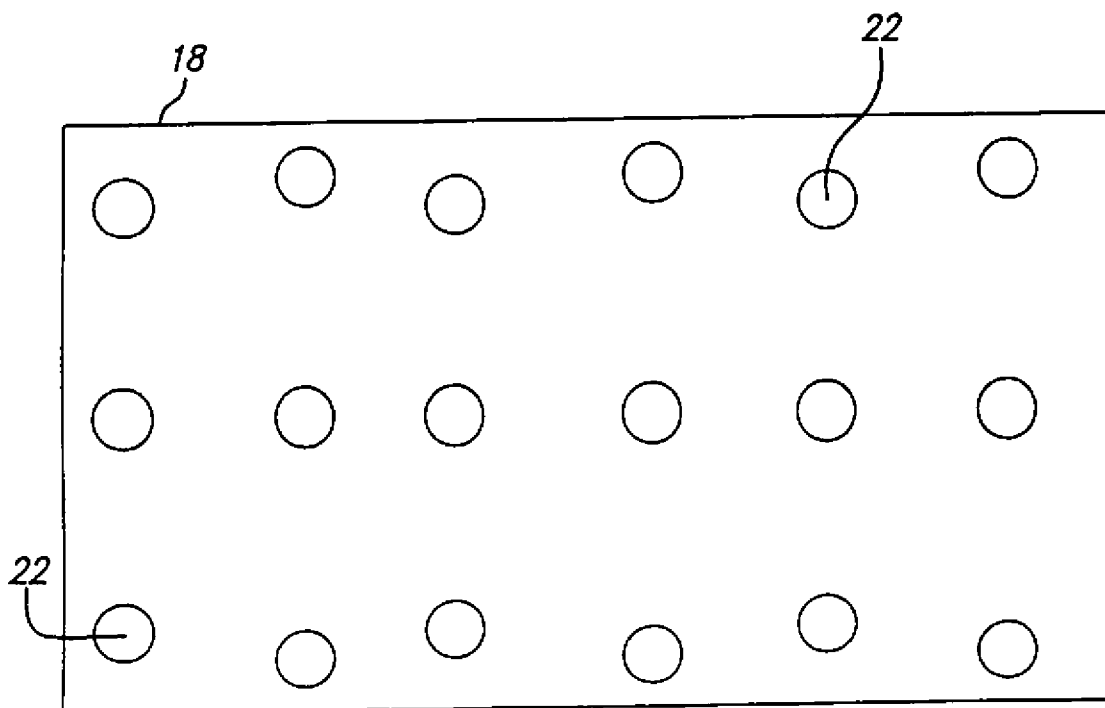
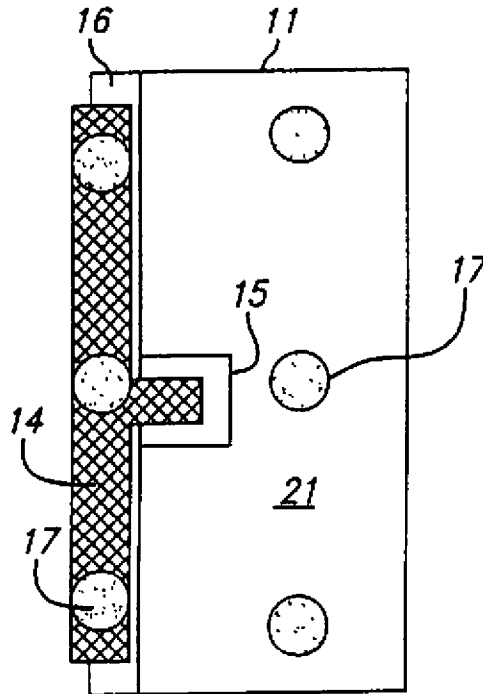


FIG. 3B

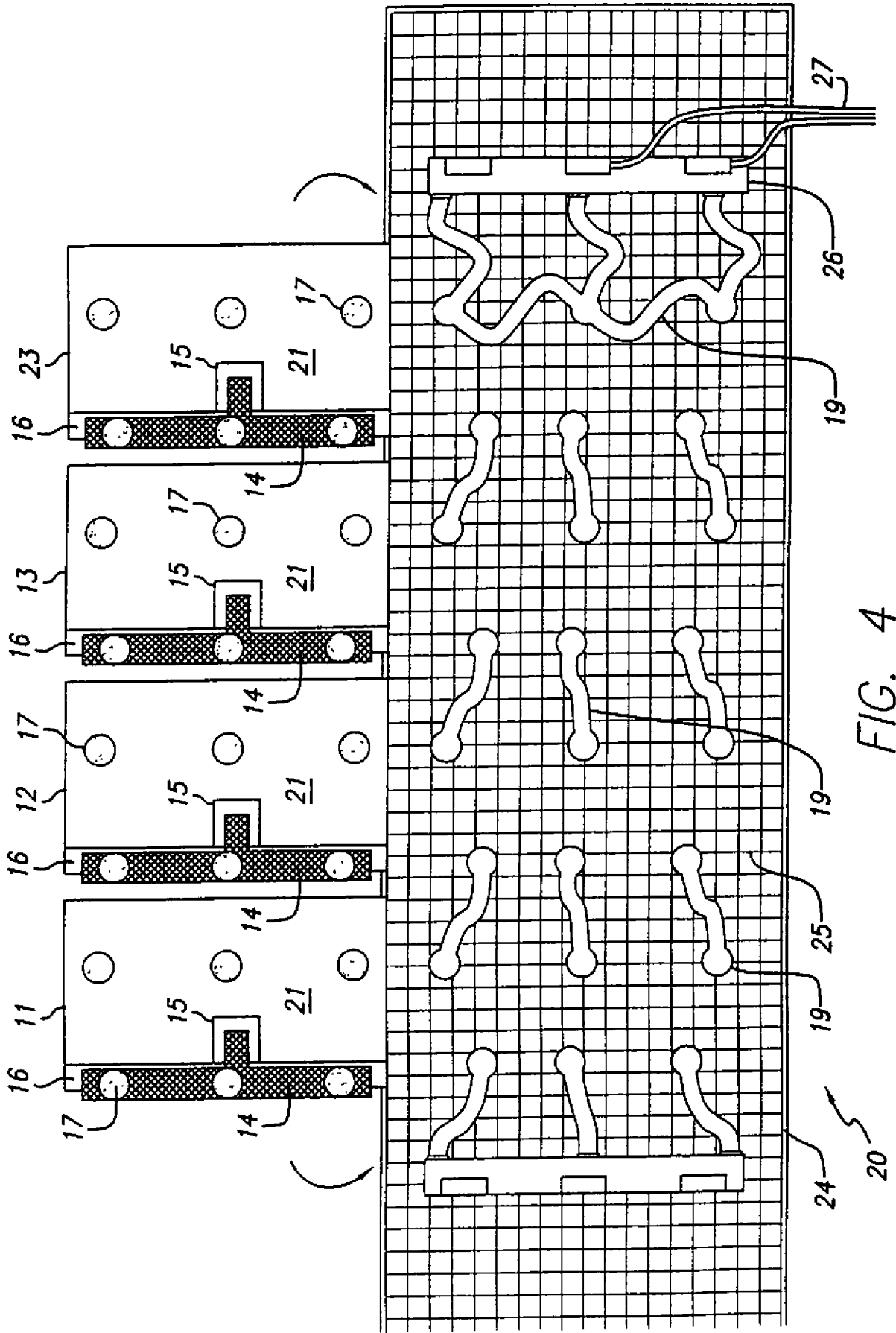


FIG. 4





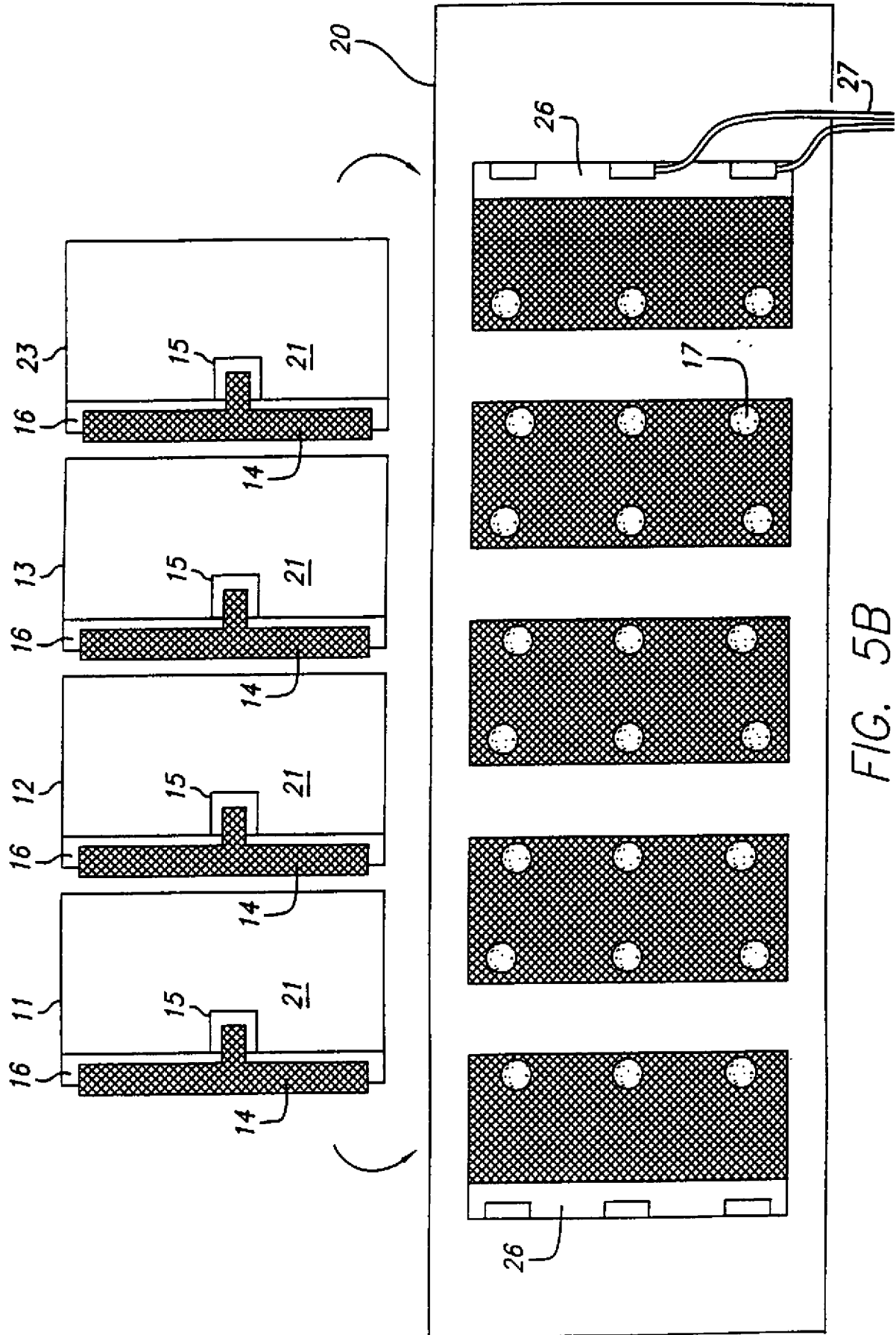


FIG. 5B

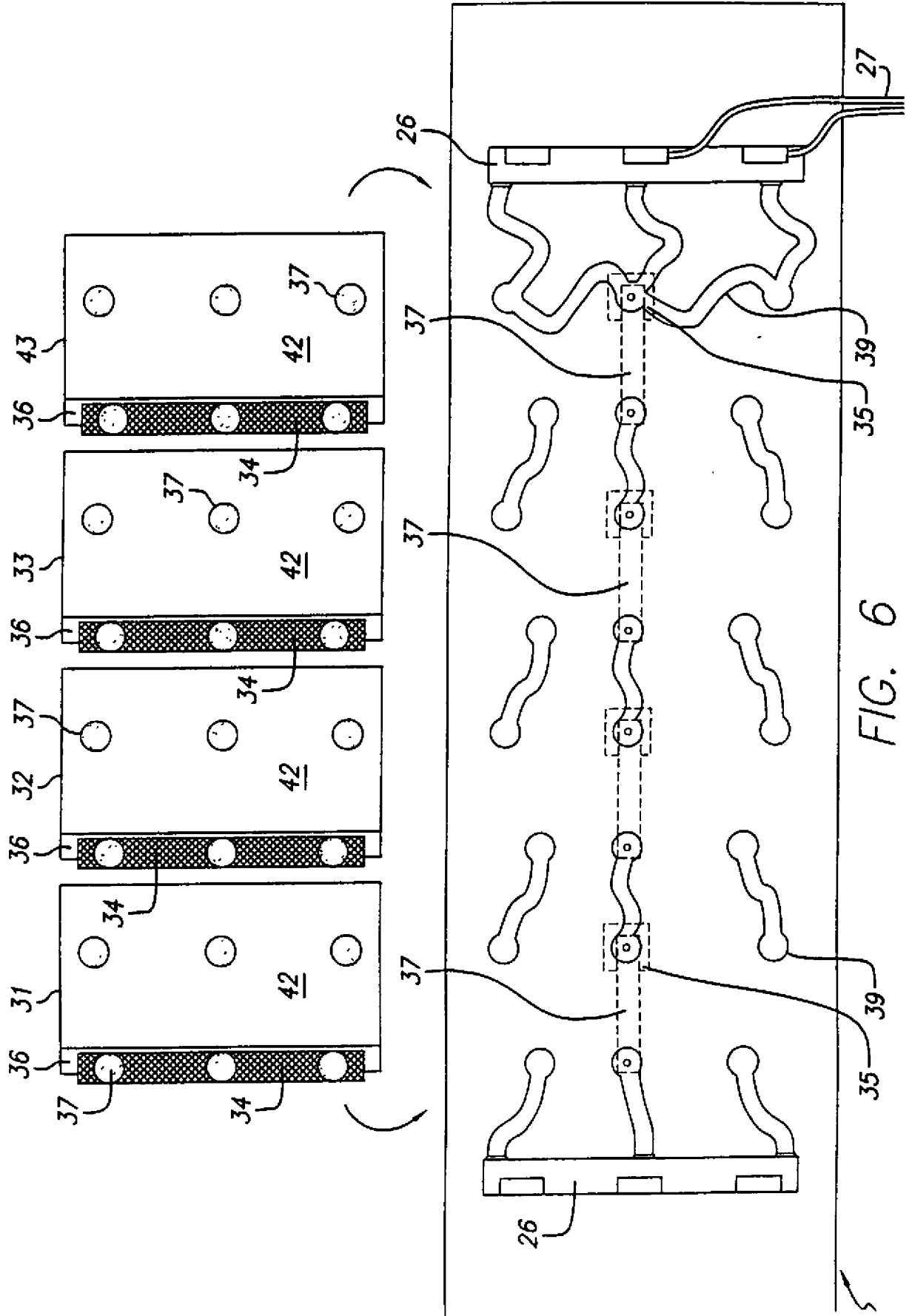


FIG. 6