



(10) **DE 10 2015 009 004 A1** 2016.12.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 009 004.6**

(22) Anmeldetag: **10.07.2015**

(43) Offenlegungstag: **08.12.2016**

(51) Int Cl.: **H01L 31/18 (2006.01)**

H01L 31/05 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

62/171,506 **05.06.2015** **US**

(71) Anmelder:

**SolAero Technologies Corp., Albuquerque,
N.Mex., US**

(74) Vertreter:

**Wagner & Geyer Partnerschaft mbB Patent- und
Rechtsanwälte, 80538 München, DE**

(72) Erfinder:

**Tourino, Cory, Edgewood, N. Mex., US; Yang, Lei,
Albuquerque, N.Mex., US; Richards, Benjamin
C., Albuquerque, N.Mex., US; Aiken, Daniel,**

**Cedar Crest, N.Mex., US; Derkacs, Daniel,
Albuquerque, N.Mex., US; Blumenfeld, Philip
E., Albuquerque, N.Mex., US; Clevenger, Marvin
Bradford, Albuquerque, N. Mex., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2007 / 0 079 863 A1

JP 2002- 343 994 A

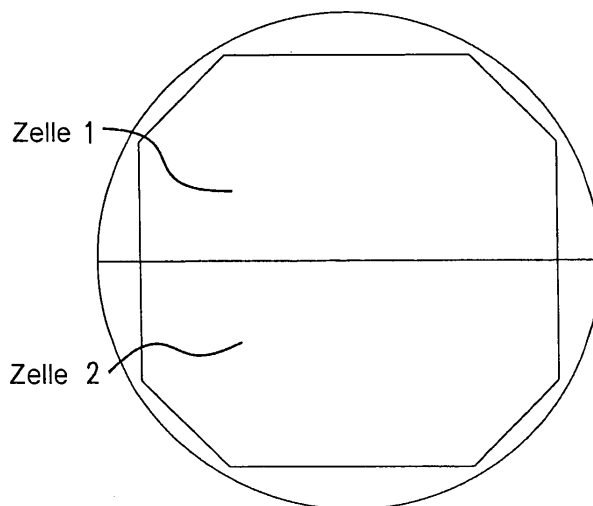
**JP 2002 - 343 994 A (Maschinenübersetzung),
AIPN [online] JPO [abgerufen am 04.03.2016]**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Automatisierte Anordnung und Befestigung von Solarzellen auf Paneelen für Weltraumanwendungen**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Offenbarung sieht Verfahren zur Herstellung einer multijunction Solarzellenpaneelen vor, bei dem ein oder mehrere der Schritte unter Verwendung eines automatisierten Prozesses hergestellt werden. in einem Ausführungsbeispiel eines Prozesses wird Maschinenvision verwendet.



Beschreibung

Hintergrund der Offenbarung

1. Gebiet der Offenbarung

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf das Feld von photovoltaischen Solaranordnungen und insbesondere auf Herstellungsverfahren, die beispielsweise Multijunctionsolarzellen verwenden, und zwar basierend auf III-V-Halbleiterverbindungen, die hergestellt werden in zwischenverbundene CIC Anordnungen (Zellen-Zwischenverbindung-Abdeckglas = Cell-Interconnect-Cover Glass = CIC) und angebracht auf einen Träger oder Substrat unter Verwendung von automatischen Prozessen.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Solarleistung aus photovoltaischen Zellen, auch Solarzellen genannt, wurden vorherrschend vorgesehen durch Lithium-Halbleitertechnologie. In den vergangenen Jahren wurde jedoch die hochvolumige Herstellung von III-V-Verbindungshalbleiter-Multijunctionsolarzellen für Weltraumanwendungen entwickelt und die Entwicklung dieser Technik beschleunigt sich, und zwar nicht nur durch Verwendung im Weltraum, sondern auch für terrestrische Solarleistungsanwendungen. Verglichen mit Lithium haben III-V-Verbindungshalbleiter-multijunctionvorrichtungen größere Energieumwandlungseffizienzen und zeigen im allgemeinen einen größeren Strahlungswiderstand, obwohl sie tendenziell komplizierter in der Herstellung sind. Typische kommerzielle III-V-Verbindungshalbleitermultijunctionsolarzellen besitzen Energieeffizienzen bzw. Wirkungsgrade, die 27% übersteigen, und zwar bei einer Sonnen, Luftmasse 0 (AMO)-Beleuchtung, wohingegen selbst die effizientesten Siliziumtechnologien im Allgemeinen nur 18% Effizient bei vergleichbaren Bedingungen erreichen. Bei hoher Solarkonzentration (beispielsweise 500X) haben verfügbare III-V-Verbindungshalbleitermultijunctionsolarzellen in terrestrischen Anwendungen (bei AM1,5D) Energieeffizienzen, die 37% übersteigen. Die höhere Umwandlungseffizienz von III-V-Verbindungshalbleitersolarzellen verglichen mit Silizium-Solarzellen gründet sich um Teil auf die Fähigkeit eine spektrale Aufspaltung der einfallenden Strahlung zu erreichen, und zwar durch die Verwendung einer Vielzahl von photovoltaischen Zonen mit unterschiedlichen Bandabstandsenergien und des Ansammeln des Stromes von jeder der Zonen.

[0003] Bei Satellitenanwendungen und anderen mit dem Weltraum in Beziehung stehenden Anwendungen sind Größe, Masse und Kosten eines Satellitenleistungssystems abhängig von der Leistungs- und Energieumwandlungseffizienz der verwendeten Solarzellen. Anders ausgedrückt, die Größe der "payload" bzw. Nutzlast und die Verfügbarkeit von Dienstleistungen an Bord sind proportional zur vorgesehenen Leistungsmenge. Wenn somit die payloads komplizierter werden, wird das Leistungs-zu-Gewicht-Verhältnis der Solarzelle ansteigend wichtiger und es gibt ein erhöhtes Interesse an geringerem Gewicht, "Dünnschicht"-Solarzellen mit hoher Effizienz und geringer Masse.

[0004] Weltraumanwendungen verwenden häufig hocheffiziente Solarzellen einschließlich Multijunctionsolarzellen basierend auf III-V-Verbindungshalbleitern. Typische III-V-Verbindungshalbleitersolarzellen werden auf einem Halbleiterwafer in vertikalen Multijunctionstrukturen hergestellt. Die einzelnen Solarzellen oder Wafer werden sodann in Horizontalanordnungen angeordnet, wobei die individuellen Solarzellen miteinander elektrisch in Serie und/oder Parallelschaltungen angeordnet sind. Die Form und Struktur einer Anordnung und auch die Anzahl der Zellen, die die Anordnung enthält werden teilweise bestimmt durch die erwünschte Ausgangsspannung und den erwünschten Ausgangsstrom.

[0005] Konventionelle Raum-Solaranordnungspaneel bestehen derzeit am häufigsten aus einer relativ dicht gepackten Anordnung von großen Solarzellen, geformt von Gruppen von III-V-Verbindungshalbleitervorrichtungen, angebracht auf einer starren Tragpaneel oder Platte und betrieben ohne Linsen für eine optische Konzentration des Sonnenlichts. Eine konventionelle für den Weltraum vorgesehene Solaranordnungspaneel kann einen Träger aufweisen, auf dem Träger angeordnete Weltraumsolarzellen, Zwischenverbindungskomponenten für die Verbindung der Solarzellen und Bypass-Dioden, auch verbunden mit den Solarzellen.

[0006] Solarpaneel werden im Allgemeinen geformt durch die Kombination einer großen Anzahl von Solarzellen in einer Anordnung. Individuelle Solarzellen, häufig mit einer rechteckigen oder im Allgemeinen quadratförmigen Gestalt und manchmal mit abgeschnittenen Ecken werden in Serie verbunden, um eine Kette oder einen Streifen „string“ von Solarzellen zu bilden, wodurch die Anzahl von Solarzellen verwendet in dem Streifen bzw. der Kette die Ausgangsspannung bestimmen. Auf dem Gebiet der Weltraumanwendungen sind individuelle Solarzellen mit Zwischenverbindungen (Interconnects) und Abdeckglas versehen, um so sogenannte

CIC's (Cell-Interconnect-Cover Glass) Anordnungen zu bilden, die sodann zur Bildung einer Anordnung kombiniert werden. Üblicherweise werden diese großen Solarzellen auf einem Träger angebracht und verbunden, und zwar unter Verwendung einer beträchtlichen Menge an manueller Arbeit. Beispielsweise werden zuerst die individuellen CICs hergestellt, wobei jede Zwischenverbindung einzeln an jede Zelle angeschweißt wird und jedes Abdeckglas wird individuell angebracht. Sodann werden die CICs in Serie geschaltet, um Ketten zu bilden, und zwar erfolgt dies im Allgemeinen von Hand, und zwar einschließlich von Schweiß- und Lötsschritten. Sodann werden diese Ketten oder Streifen auf eine Paneele oder Platte oder ein Substrat aufgebracht und miteinander in einem Prozess verbunden, der die Anbringung von Klebemittel, Verdrahtung und anderen Schritten umfasst.

[0007] Die enge Packung der großen Solarzellen auf der Raum-Solar-Anordnungs-paneele ist herausfordernd, und zwar infolge des Erfordernisses für die Zwischenverbindung der Solarzellen zur Bildung einer Serienschaltung und zur Implementierung und Zwischenverbindung der Bypass-Dioden. Eine zusätzliche Herausforderung kann manchmal in dem Bedürfnis vorhanden sein, die Vielzahl von Ketten von in Serie geschalteten Solarzellen parallel zu schalten. All dies wurde traditionell von Hand und im Wesentlichen auf eine arbeitsintensive Art und Weise ausgeführt.

[0008] Es gibt eine ständige Notwendigkeit verbesserte Verfahren der Herstellung vorzusehen und photovoltaische Solaranordnungen zusammenzubauen, wobei sich eine Verminderung der Kosten und/oder eine Erhöhung der Performance ergibt.

Zusammenfassung der Offenbarung

1. Ziele der Offenbarung

[0009] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung einen automatisierten Prozess zur Herstellung von Solarzellenpaneelen für Weltraumanwendungen vorzusehen.

[0010] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ein automatisches Zusammenbauwerkzeug zur Erzeugung von Solarzellenpaneelen für Raumanwendungen vorzusehen.

[0011] Es ist ein Ziel der Offenbarung eine Versorgungskassette vorzusehen, einschließlich einer Vielzahl von Solarzellenanordnungen, die in Serie verbunden werden, wobei diese Versorgungskassette in einem automatisierten Prozess verwendet werden kann, um eine Solaranordnungs-paneele zu formen, und zwar durch automatisches Platzieren und Anbringen der Solarzellenanordnungen an dem Träger.

[0012] Es ist ein weiteres Ziel der Offenbarung, ein Verfahren zur Herstellung eines Solarzellenpaneels d. h. einer Solarzellenplatte vorzusehen.

[0013] Es ist ein weiteres Ziel der Offenbarung, eine Anordnungsstruktur vorzusehen und ein Verfahren, das die Automation von mindestens gewissen Schritten des Verfahrens zur Herstellung der Solarzellenanordnungen oder CIC's und Paneele von zwischenverbundenen CICs vorzusehen.

[0014] Einige Implementierungen der vorliegenden Erfindung können weniger der Aspekte und Merkmale, wie sie in den vorgenannten Zielen erwähnt wurden, aufweisen.

2. Merkmale der Offenbarung

[0015] Kurz und allgemein gesagt sieht die vorliegende Offenbarung ein Verfahren zur Fabrikation bzw. Herstellung einer Solarzellenpaneele bzw. Solarzellenplatte vor, und zwar in einem automatisierten Prozess. Beispielsweise ist hier ein Verfahren zur Herstellung einer Multijunctionsolarzellenanordnungs-paneele vorgesehen, welches einen oder mehrere der folgenden Schritte aufweist: Herstellen eines Wafers unter Verwendung eines Metallorganischen chemischen Dampfabschaltungsreaktors (MOCVD reactor = „metal organic chemical vapor deposition reactor“); Metallisieren der Rückseite des Wafers; lithographisches Mustern und Abscheiden von Metall auf der Vorderseite des Wafers; Bilden einer „Mesa“ auf der Vorderseite des Wafers durch Lithographie und Ätzen; Abscheiden einer antireflektierenden Beschichtung („antireflective coating“, gleich ARC) über dem Wafer; Abtrennen von einer oder mehreren Solarzellen vom Wafer; Testen der Funktionalität der einen oder der mehreren Solarzellen; Anbringen von Zwischenverbindungen (interconnects) an einer oder mehreren Solarzellen; Anbringen eines Abdeckglases an jeder Solarzelle zur Bildung eines Zellen-Zwischenverbindungs-Abdeckglases (CIC gleich Cell-Interconnect-Cover Glass); Bilden einer Kettenkonfiguration oder Reihenkon-

figuration von CICs; Zwischenverbindung von Kettenkonfigurationen der CICs; Verbinden von Kettenkonfigurationen oder zwischenverbundenen Kettenkonfigurationen mit einem Substrat; Konfigurieren und Verdrahten einer Paneelschaltung; Konfigurierung einer Blockierdiode; Verdrahten eines ersten Anschlusses und zweiten Anschlusses erster bzw. zweiter Polaritäten für die Solarzellenpaneele; und Testen der Funktionsfähigkeit der Solarzellenpaneele; wobei mindestens einer der Verfahrensschritte unter Verwendung eines automatisierten Prozesses ausgeführt wird.

[0016] In bestimmten Ausführungsbeispielen sind die Solarzellen III-V Verbindungshalbleitermultijunctionsolarzellen und die Fabrikation des Wafers weist folgendes auf: Vorsehen eines metallorganischen chemischen Dampfabcheidungs-systems (MOCVD, „metal organic chemical vapor deposition“ System) konfiguriert, um unabhängig den Fluss der Quellengase für Gallium, Indium Aluminium und Arsen zu steuern; Auswählen einer Reaktionszeit und Temperatur und einer Strömungsrate für jedes Quellengas zur Bildung der kontinuierlich gradierten Zwischenschicht („continuously graded interlayer“) angeordnet auf der Bodensubzelle oder der unteren Subzelle, wobei das Quellengas Indium Trimethylindium (InMe_3) ist, das Quellengas für Gallium Trimethylgallium (GaMe_3) ist, das Quellengas für Arsen Arsen (AsH_3) ist und das Quellengas für Aluminium Trimethylaluminium (Al_2Me_6) ist.

[0017] In anderen bestimmten Ausführungsbeispielen weist die Herstellung eines Wafers folgendes auf: Vorsehen eines ersten Substrats; Abscheiden auf dem ersten Substrat einer Folge von Schichten aus Halbleitermaterial, welches mindestens erste, zweite und dritte Solarzellen bildet; Formen einer gradierten Zwischenschicht (grading interlayer) auf der erwähnten ersten, zweiten und/oder der dritten Solarzelle; Abscheiden auf der erwähnten gradierten Zwischenschicht einer zweiten Folge von Schichten aus Halbleitermaterial, welches eine vierte Solarzelle bildet, wobei die vierte Solarzelle gitterfehlangepasst an die dritte Solarzelle ist, Anbringen und Verbinden eines Surrogatsubstrats, oben auf der Folge von Schichten; und Entfernen des ersten Substrats, wobei das Formen der gradierten Zwischenschicht folgendes aufweist: Auswählen einer Zwischenschicht bestehend aus InGaAlAs ; Verwenden eines Computerprogramms zur Identifizierung eines Satzes von Zusammensetzungen der Formel $(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{Al}_{1-y}\text{As}$ definiert durch spezifische Werte von x und y , wobei x zwischen 0 und 1 und y zwischen 0 und 1 liegt, wobei jede Zusammensetzung einen konstanten Bandabstand besitzt; Identifizieren einer Gitterkonstanten für eine Seite der gradierten Zwischenschicht, die an die mittlere Subzelle angepasst ist und einer Gitterkonstanten für eine entgegengesetzt liegende Seite der Zwischenschicht, die an die Bodensubzelle angepasst ist; und Identifizieren eines Subsatzes von Zusammensetzungen der Formel $(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{Al}_{1-y}\text{As}$ mit dem konstanten Bandabstand, die definiert sind durch spezielle Werte von x und y , wobei x zwischen 0 und 1 und y zwischen 0 und 1 liegt und wobei der Subsatz von Zusammensetzungen Gitterkonstanten besitzt, die im Bereich von der identifizierten Gitterkonstanten, die an die benachbarte Subzelle angepasst ist, bis zur identifizierten Gitterkonstanten, die an die Bodensubzelle angepasst ist, reicht.

[0018] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung wird ein Verfahren zur Herstellung einer Multijunctionsolarzellenanordnung auf einem Träger vorgesehen, und zwar unter Verwendung von einem oder mehreren automatisierten Prozessen, wobei das Verfahren folgendes aufweist: Vorsehen einer ersten Multijunctionsolarzelle einschließlich eines ersten Kontaktanschlusses und eines zweiten Kontaktanschlusses angeordnet benachbart zu der oberen Oberfläche der Multijunctionsolarzelle entlang einer ersten Umfangskante davon; Anbringen einer ersten elektrischen Zwischenverbindung an der dem ersten Kontaktanschluss der ersten Multijunctionsolarzelle; Anbringen einer zweiten elektrischen Zwischenverbindung an dem zweiten Kontaktanschluss der ersten Multijunctionsolarzelle; Positionieren der ersten Multijunctionsolarzelle über einer Klebezone eines dauerhaften Trägers unter Verwendung einer automatisierten Maschine/Vision-Vorrichtung; Anbringen eines Abdeckglases über der ersten Multijunctionsolarzelle; und Verbinden der ersten Multijunctionsolarzelle mit der Klebezone unter Verwendung von Druck und/oder Wärme.

[0019] In einigen Ausführungsbeispielen der Offenbarung ist der Träger eine KAPTON®-Schicht, das heißt eine Polyamidfilmschicht. KAPTON® ist ein Warenzeichen von E. I. du Pont de Nemours and Company. Der chemische Name für KAPTON® ist Poly(4,4'-Oxydiphenylen-Pyromellitimid). Andere Polyamid-Filmlagen- oder Schichten können auch verwendet werden.

[0020] In einigen Ausführungsbeispielen hat der Träger eine Dicke von zwischen 25 und 100 Mikron oder zwischen 1 Mil (25,4 μm) und 4 Mil (101,6 μm).

[0021] In einigen Ausführungsbeispielen hat der Träger eine Dicke zwischen 10 und 25 Mikron.

[0022] In einigen Ausführungsbeispielen ist eine Metallschicht an der Tragschicht in einer kleberlosen Art und Weise befestigt, um das Abgasen bei Verwendung in einer Weltraumumgebung zu begrenzen.

[0023] In einigen Ausführungsbeispielen ist der Träger auf einer Metallbienenwabenstruktur angebracht.

[0024] Das Substrat kann ein starres Substrat sein, wie beispielsweise ein Aluminiumhonigwabensubstrat mit einem Kohlenstoffkompositstirnflächenlage oder kann ein flexibles Substrat sein, wie beispielsweise ein Polymidfilm.

[0025] In einigen Ausführungsbeispielen werden nach der Herstellung der Klebeverbindung mindestens zwei Solarzellenvorrichtungen automatisch verbunden unter Verwendung eines "pick and place"-Verfahrens zur Positionierung der Zwischenverbindungen, gefolgt von einem automatischen Parallelspaltschweißen.

[0026] In einigen Ausführungsbeispielen werden Kontaktanschlüsse durch einen automatischen Metallplattierprozess erzeugt.

[0027] In einigen Ausführungsbeispielen werden mindestens zwei Solarzellenvorrichtung automatisch elektrisch verbunden, beispielsweise durch Drahtverbindungen miteinander, wobei mindestens zwei Solarzellenvorrichtungen koplanare elektrische Frontseitenkontakte besitzen.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt sieht die Erfindung ein Raumfahrzeug vor und sein Verfahren zur Herstellung weist folgendes auf: eine Nutzlast (pay load) angeordnet auf oder innerhalb des Raumfahrzeugs; und eine Leistungsquelle für Nutzlast einschließlich einer Anordnung von Solarzellenanordnungen angebracht auf einer Platte, wobei mindestens eine Solarzellenplatte oder Solarzellenanordnung, die oben beschriebene Bauart besitzt.

[0029] Einige Implementierungen der vorliegenden Offenbarung können weniger der Aspekte und Merkmale wie sie in den vorstehenden Zusammenfassungen erläutert wurden, umfassen oder implementieren.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0030] Um die Beschreibung zu vervollständigen und ein besseres Verständnis der Offenbarung zu erreichen, ist ein Satz von Zeichnungen vorgesehen. Diese Zeichnungen bilden einen integralen Teil der Beschreibung und veranschaulichen Ausführungsbeispiele der Offenbarung, die den Umfang der Offenbarung nicht einschränkend interpretiert sollen, sondern die eben als Beispiele angesehen werden sollen, wie die Offenbarung ausgeführt werden kann. Die Zeichnungen umfassen die folgenden Figuren:

[0031] Fig. 1A ist eine Draufsicht eines Wafers mit zwei implementierten Solarzellen;

[0032] Fig. 1B ist eine Draufsicht eines Wafers mit einer einzigen implementierten Solarzelle;

[0033] Fig. 2A ist eine Draufsicht eines Teils der Solarzelle gemäß der vorliegenden Offenbarung;

[0034] Fig. 2B ist eine Querschnittsansicht einer Multijunctionsolarzelle in der 2B-2B-Ebene der Solarzelle der Fig. 2A;

[0035] Fig. 2C ist eine Querschnittsansicht der Solarzelle der Fig. 2A längs der 2C-2C-Ebene gezeigt in Fig. 2A;

[0036] Fig. 2D ist eine Draufsicht eines Teils einer Solarzelle mit abgeschnittenen Ecken und Zwischenverbindungselementen;

[0037] Fig. 2E ist eine Draufsicht eines Teils einer Solarzelle mit abgetrennten Ecken der Fig. 2A, die speziell die Zwischenverbindungselemente darstellt.

[0038] Fig. 2F ist eine Querschnittsansicht der Solarzelle der Fig. 2A längs der Ebene 2C-2C gezeigt in der Fig. 2A nach Verbindung mit einem Zwischenverbindungselement;

[0039] Fig. 2G ist eine Draufsicht auf die Solarzelle der Fig. 2A nach der Anbringung eines Abdeckglases, gebildet durch ein Zellenzwischenverbindungsabdeckglas (cell-interconnect-cover glass = CIC).

[0040] Fig. 2H ist eine Querschnittsansicht des Zellenzwischenverbindungsabdeckglases (CIC) der Fig. 2G durch die 2H-2H-Ebene gezeigt in Fig. 2A;

[0041] Fig. 2I ist eine Querschnittsansicht eines Teils der Solarzelle der Fig. 2A, die mit einer benachbarten Solarzelle zwischenverbunden wurde, und zwar unter Verwendung des Zwischenverbindungselements gezeigt in Fig. 2F;

[0042] Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, welches ein Verfahren gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0043] Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht einer Metallbienenwabenstruktur, die zur Anbringung eines Trägers verwendet werden kann;

[0044] Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht eines Aluminiumhonigwabensubstrats mit einem Kohlenstoffkompositstirnflächenelement bzw. Stirnflächenplatte; und

[0045] Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht eines Aluminiumhonigwabensubstrats mit Kohlenstoffkompositstirnflächenelement und einem gemeinsam ausgehärteten Polyimidsubstrat.

Beschreibung von veranschaulichenden Ausführungsbeispielen

[0046] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf Multijunctionsolarzellen, die drei, vier, fünf oder sechs Subzellen aufweisen können, und zwar mit Bandabständen im Bereich von 1,8 bis 2,2 eV (oder höher) für die obere Subzelle; 1,3 bis 1,8 eV und 0,9 bis 1,2 eV für die mittleren Subzellen und 0,6 bis 0,8 eV für die Unter- oder Bodensubzelle.

[0047] Die vorliegende Offenbarung sieht eine Vorrichtung und ein Verfahren vor, um viele der Prozesse und Materialhandhabungsstufen assoziiert mit der Herstellung und dem Zusammenbau abgedeckter Zwischenverbindungs-Zellen oder "CIC" unter Verwendung von Multijunctionsolarzellen zu verbessern und die Anbringung solcher CICs auf Solarplatten (Paneele; Panel) oder Solarträgern zu fördern. Speziell beabsichtigt die vorliegende Offenbarung eine relativ einfache und reproduzierbare Technik vorzusehen, die geeignet ist zur Verwendung in einer hochvolumigen Produktionsumgebung, in der verschiedenen Halbleiterschichten in einem MOCVD Reaktor abgeschieden werden und darauffolgende Arbeitsschritte definiert und ausgewählt sind, um irgendwelchen körperlichen Schaden an der Solarzelle und der Qualität der Halbleitervorrichtungen zu Minimieren, wodurch ein relativ hoher Ertrag an betriebsfähigen Solarzellen erreicht wird, die den Spezifikationen bei Beendigung des Herstellungsprozesses entsprechen.

[0048] Fig. 1A ist eine Draufsicht auf einen Wafer mit zwei implementierten Solarzellen (Zelle 1 und Zelle 2).

[0049] Fig. 1B ist eine Draufsicht auf einen Wafer mit einer einzigen Solarzelle (Zelle 3), die implementiert ist.

[0050] Fig. 2A ist eine Draufsicht auf einen Teil einer Solarzelle **900** gemäß der vorliegenden Offenbarung, wobei Metallgitterschichten **940** und ein Metallverbindungsanschluss **952** benachbart zu Umfangskantenzonen **950** und **951** der Solarzelle **900** gezeigt sind.

[0051] Fig. 2B ist eine Querschnittsansicht einer Multijunctionsolarzelle durch die 2B-2B-Ebene der Solarzelle der Fig. 2A, die als ein Beispiel verwendet werden kann, in dem die Prozesse vorgesehen gemäß der vorliegenden Erfindung implementiert werden. In Fig. 2B zeigt jede gestrichelte Linie die aktive Junctionregion zwischen einer Basisschicht und einer Emitterschicht der Subzelle, an.

[0052] Wie in dem veranschaulichten Beispiel der Fig. 2B gezeigt weist die Bodensubzelle **901** ein Substrat **912** auf, geformt aus p-Typ Germanium ("Ge"), welches auch als eine der Basisschicht dient. Ein Kontaktanschluss **911** kann auf dem Boden Basisschicht **912** gebildet werden, um elektrische Kontakte zur Multijunctionsolarzelle **303** vorzusehen. Die Bodensubzelle **901** weist ferner beispielsweise eine stark dotierte n-Typ Ge Emitterschicht **914** auf und eine n-Typ Indium-Gallium-Arsenid ("InGaAs") Kernbildungsschicht **916**. Die Kernbildungsschicht (Nukleationsschicht) ist über der Basisschichten **912** abgeschieden und die Emitterschicht ist in dem Substrat durch die Fusion und Abscheidungen in das Ge-Substrat geformt, wodurch die n-Typ Ge-Schicht **914** gebildet wird. Stark dotierte p-Typ Aluminium-Gallium-Arsenid ("AlGaAs") und stark dotierte n-Typ Gallium-Arsenid ("GaAs") Tunnelverbindungsschichten **918**, **917** können über der Nukleationsschicht **916** ab-

geschieden werden, um eine Niedrigwiderstandspfad zwischen der Bodenzelle und den Mittelsubzellen vorzusehen.

[0053] In dem dargestellten Beispiel der **Fig. 2B** weist die Mittelsubzelle **902** eine stark dotierte p-Typ-Aluminium-Gallium-Arsenid ("AlGaAs") Rückoberflächenfeld (back surface field ("BSF")) Schicht **920** auf, ferner eine p-Typ InGaAs-Basissschicht **922**, eine hoch dotierte n-Typ Indium-Gallium-Phosphid(InGaP₂)-Emitterschicht **924** und eine hochdotierte n-Typ Indium-Aluminium-Phosphid("AlInP₂")-Fensterschicht **926** auf. Die InGaAs-Basissschicht **922** der mittleren Subzelle **902** kann beispielsweise annähernd 1,5% In aufweisen. Andere Zusammensetzungen können auch verwendet werden. Die Basissschicht **922** wird über der BSF-Schicht **920** geformt, nach dem die BSF-Schicht über den Tunneljunctionsschichten **928** der Bodensubzellen **901** abgeschieden ist.

[0054] Die BSF-Schicht **920** ist zur Reduktion des Rekombinationsverlustes in der mittleren Subzelle **902** vorgesehen. Die BSF-Schicht **920** treibt Minoritätsträger von der hochdotierten Zone nahe der Rückoberfläche zur Minimierung des Effekts des Rekombinationsverlustes. Auf diese Weise reduziert die BSF-Schicht **920** den Rekombinationsverlust an der Rückseite der Solarzelle und reduziert dadurch Rekombination an der Basissschicht/BSF-Schicht-Zwischenfläche. Die Fensterschicht **926** ist auf der Emitterschicht **924** der Mittelsubzelle **902** abgeschieden. Die Fensterschicht **926** in der mittleren Subzelle **902** hilft auch bei der Reduktion des Rekombinationsverlustes und verbessert die Passivierung der Zellenoberfläche der darunter liegenden Junctions (Verbindungen). Vor der Abscheidung der Schichten der oberen Zelle (**903**) können stark dotierte n-Typ InGaP und p-Typ AlGaAs-Tunneljunctionsschichten **927**, **928** über der mittleren Subzelle **902** abgeschieden werden.

[0055] In dem dargestellten Beispiel weist die obere Subzelle **909** eine hochdotierte p-Typ Indium-Gallium-Aluminium-Phosphid ("InGaAlP") BSF-Schicht **930** auf, ferner eine p-Typ InGaP₂ Basissschicht **932**, eine hochdotierte n-Typ InGaP₂-Emitterschicht **934** und eine hoch dotierte n-Typ InAlP₂-Fensterschicht **936**. Die Basissschicht **932** der oberen Subzelle **903** ist über BSF-Schicht **930** abgeschieden, und zwar nachdem die BSF-Schicht **930** über den Tunneljunctionsschichten **928** der mittleren Subzellen **902** geformt ist. Die Fensterschicht **936** ist über der Emitterschicht **934** der oberen Subzelle abgeschieden, und zwar nachdem die Emitterschicht **934** mit der Basissschicht **932** geformt ist. Eine Kappen- oder Kontaktschicht **938** kann abgeschieden sein und in gesonderte Kontaktzonen gemustert sein, und zwar über der Fensterschicht **936** der oberen Subzelle **903**. Die Kappen- oder Kontaktschichten **938** dient als ein elektrischer Kontakt von der oberen Subzelle **903** zu der Metallgitterschicht **940**. Die dotierte Kappen- oder Kontaktschicht **938** kann eine Halbleiterschicht sein, wie beispielsweise eine GaAs oder InGaAs-Schicht.

[0056] Nachdem die Kappen- oder Kontaktschicht **938** abgeschieden ist, werden die Gitterlinien **940** geformt. Die Gitterlinien **940** sind über Verdampfung abgeschieden und lithographisch gemustert und abgeschieden über der Kappen- oder Kontaktschicht **938**. Die Maske wird darauffolgend angehoben, um die fertigen Metallgitterlinien **940** wie in **Fig. 2B** gezeigt zu formen, und der Teil der Kappenschicht der nicht metallisiert wurde wird entfernt, was die Oberfläche der Fensterschicht **936** freilegt.

[0057] In einigen Ausführungsbeispielen ist wie in **Fig. 2C** gezeigt, ein Graben oder Kanal **971** oder Teil der Halbleiterstruktur auch um Solarzellen herum geätzt. Diese Kanäle **971** definieren eine periphere Grenze zwischen der Solarzelle (die später vom Wafer beschrieben wird) und dem Rest des Wafers vorgesehen und lässt eine Mesastruktur (oder eine Vielzahl von Mesas, im Falle von mehr als einer Solarzelle pro Wafer) zurück, die später die vom Wafer abgetrennten Solarzellen bilden.

[0058] Wie im einzelnen in der US Patentanmeldung Nr. 2010/0012175 A1 (Verghese et al) beschrieben ist, sind die Gitterlinien **940** vorzugsweise aus Ti/Au/Ag/Au aufgebaut, obwohl andere geeignete Materialien auch verwendet werden können.

[0059] Während der Bildung der Metallkontaktschicht **940** abgeschieden über der p+ Halbleiterkontaktschicht **938** und während der darauffolgenden Verarbeitungsschritte gehen der Halbleiterkörper und seine zugehörigen Metallschichten und verbundenen Strukturen durch verschiedenen Heiz- und Kühlprozesse, die Beanspruchung auf die Oberfläche des Halbleiterkörpers ausüben können. Demgemäß ist es erwünscht die thermischen Ausdehnungskoeffizienten, die mit den Schichten oder Strukturen assoziiert sind, in Übereinstimmung zu bringen mit dem Ausdehnungskoeffizienten des Halbleiterkörpers, wobei noch immer eine geeignete elektrische Leitfähigkeit und strukturelle Eigenschaften der Schichten und Strukturen aufrecht erhalten werden. Auf diese Weise wird in einigen Ausführungsbeispielen die Metallkontaktschicht **940** so ausgewählt, dass sie ein thermische Expansion (CTE = „coefficient of thermal expansion“) zeigt die im Wesentlichen ähnlich dem des benachbarten Halbleitermaterials ist. Relativ ausgedrückt kann der thermische Ausdehnungskoeffizient (CTE) innerhalb eines Bereichs von 0 bis 15 ppm pro Grad Kelvin unterschiedlich von dem des benachbarten

Halbleitermaterials sein. In dem Fall des unbeschriebenen speziellen Halbleitermaterials würde in absoluten Ausdrücken ein geeigneter thermischer Ausdehnungskoeffizient der Schicht **940** im Bereich von 5 bis 7 ppm pro Grad Kelvin liegen. Eine Verschiedenheit von Metallzusammensetzungen und Mehrschichtstrukturen einschließlich dem Element Molybdän würden derartige Kriterien erfüllen. In einigen Ausführungsbeispielen würde die Schicht **940** vorzugsweise eine Folge von Metallschichten Ti/Au/Mo/Ag/Au, Ti/Au/Mo/Ag oder Ti/Mo/Ag aufweisen, wobei die Dickenverhältnisse jeder Schicht in der Folge eingestellt sind, um die CTE-Fehlpassung an GaAs zu minimieren. Andere geeignete Sequenzen und Materialzusammensetzungen können anstelle der oben angegebenen verwendet werden.

[0060] In einigen Ausführungsbeispielen ist das ausgewählte Metalkontaktschema eines, das eine ebene oder planare Zwischenschicht (interface) mit dem Halbleiter besitzt, und zwar nach der Wärmebehandlung zur Aktivierung des Ohm'schen Kontakts. Diese erfolgt derart, dass (i) eine dielektrische Schicht, die das Metall von dem Halbleiter trennt, nicht abgeschieden und selektiv in den Metallkontaktflächen geätzt werden muss; und (ii) dass die Kontaktschicht spiegelartig reflektiv über interessierenden Wellenlängenbereich angeordnet ist.

[0061] Die als eine Maske verwendeten Gitterlinien, um die Oberfläche hinab zur Fensterschicht **936** zu ätzen, verwendet eine Zitronensäure/Peroxyd-Ätzmischung.

[0062] Eine antireflektive (ARC = „antireflective“) dielektrische Überzugsschicht **942** wird über der gesamten Oberfläche auf der „oberen“ Seite des Wafers mit den Gitterlinien **940** aufgebracht.

[0063] Fig. 2C ist eine stark vereinfachte Querschnittsansicht der Solarzelle der Fig. 2A ähnlich der Fig. 2B, aber in einer Ansicht in Längsrichtung entlang einer Gitterlinie. Die Querschnittsansicht der Solarzelle der Fig. 2A erfolgt durch die 2C-2C-Ebene. Ein Kontaktanschluss **952** ist elektrisch mit dem Gitterlinienmetall **940** verbunden, was dargestellt ist.

[0064] Fig. 2D ist eine Draufsicht auf einen Teil einer Solarzelle **900** mit abgeschnittenen Ecken **991** und **992** nahe einer Umfangskante **990** der Solarzelle **900**. Fig. 2D zeigt auch Zwischenverbindungen oder Interkonnektelemente **962** und **972** und Metallgitterschichten **940**.

[0065] Fig. 2E ist eine perspektivische Ansicht eines Teils einer Solarzelle **900** mit abgeschnittenen Ecken der Fig. 2A und zwar mehr ins einzelne darstellend das Zwischenbindungselement **962** mit Gliedern **315** und **316** verbunden mit dem Metallkontaktanschluss **952**. Fig. 2E zeigt auch Metallgitterschichten **940** der Solarzelle **900**.

[0066] Fig. 2F zeigt die Befestigung eines Zwischenverbindungs- oder Interconnection-Gliedes **960** mit dem Metallkontaktanschluss **952**. Das Zwischenbindungsglied **960** ist eine ebenes, rechteckiges Clip mit einem ersten flachen Endteil **961** angeschweißt an den Metallkontakt **952**, einem zweiten Teil **962** verbunden mit dem ersten Endteil **961** und sich auf der Oberfläche der Solarzelle erstreckend, und schließlich mit einem dritten Teil **962** verbunden mit dem zweiten Teil **962** und von Serpentinform, wobei ferner ein flacher zweiter Endteil **964** sich unterhalb des Bodens der Solarzelle erstreckt und ausgelegt und derart orientiert ist, dass eine flache obere Seitenoberfläche mit dem Bodenmetallkontakt **911** einer benachbarten Solarzelle **800** verschweißt werden kann, wie dies in Fig. 2I gezeigt ist.

[0067] Fig. 2G ist eine Draufsicht auf die Solarzelle der Fig. 2A, und zwar nach der Anbringung eines Abdeckglases **981** oben an der Solarzelle **900**, wodurch ein Cell-Interconnect-Cover Glass (CIC), das heißt ein Zellenzwischenverbindungsabdeckglas gebildet wird. Fig. 2G zeigt auch Zwischenbindungselemente **962** und **972**.

[0068] Fig. 2H ist eine Querschnittsansicht der Solarzelle der Fig. 2F nach dem nächsten Prozessschritt der Anbringung eines Abdeckglases **981** oben oder am Oberteil der Solarzelle, und zwar durch ein Klebemittel **980**. Das Abdeckglas **981** ist typischerweise ungefähr 4 Mils dick (101,6 µm). Obwohl die Verwendung eines Abdeckglases für viele Umgebungsbedingungen und Anwendungen erwünscht ist, ist es nicht notwendig für alle Implementierungen und zusätzliche Schichten oder Strukturen können auch verwendet werden, um eine zusätzliche Halterung oder umweltmäßigen Schutz für die Solarzelle vorzusehen.

[0069] Fig. 2I ist eine Querschnittsansicht der Solarzelle der Fig. 2H, die nunmehr als Zelle **300** bezeichnet wird, und zwar nach dem nächsten Verarbeitungsschritt der Ausrichtung mit der Kante einer benachbarten gleichartigen Solarzelle **800** im Verfahren der Herstellung einer Zwischenverbindungsanordnung oder einer Kette bzw. Reihe von Solarzellen. Die gleichartige Solarzelle **800** weist Schichten **811**, **812** bis **836**, **838** und **840**

ähnlich zu den Schichten **911**, **912**, ... **936**, **938** bzw. **940** entsprechend der Solarzelle **300** auf. Ein Abdeckglas **881** ist durch Klebemittel **880** an der Solarzelle **800** ähnlich befestigt wie das bei der Solarzelle **300** erfolgte.

[0070] Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, welches ein Verfahren entsprechend einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Offenbarung zeigt. Bestimmte Ausführungsbeispiele der Erfindung können einen oder mehrere der Verfahrensschritte der Waferherstellung **101**, umfassen, Rückseitenmetallisierung **102**, Vorderseitenlithographie und Metallabscheidung **103**, Mesalithographie und -Ätzung **104**, antireflektive Beschichtungs(ARC)-Abscheidung **105**, Zellentrennung vom Wafer **106**, Zellentesten **107**, Anbringung von Zwischenverbindungen, Konfigurierung und Anbringung von Bypass-Dioden **108**, Anbringung des Abdeckglases zur Bildung der CIC **109**, Formen der Ketten- oder Reihenkonfiguration **110**, Formen der Kettenverbindung **111**, CIC-Kettenverbindung mit dem Substrat **112**, Platten- oder Paneelenschaltungskonfiguration und -verdrahtung **113**, Blockierdiodenkonfiguration **114**, Anschlussverdrahtung **115** und Funktionstestung **116**.

[0071] In bestimmten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Offenbarung können einer oder mehrere der oben genannten Verfahrensschritte ausgeführt werden unter Verwendung eines automatisierten Prozesses. Exemplarische automatisierte Prozesse für einige der Schritte werden im folgenden diskutiert. Die vorliegende Offenbarung soll alle Alternativen automatisierter Prozesse, die im Stand der Technik bekannt sind, für jeden Verfahrensschritt umfassen. Weitere exemplarische automatisierte Prozesse, die hier diskutiert werden, zum Ausführen eines Verfahrensschritt können verwendet werden, um andere Verfahrensschritte, die hier nicht explizit diskutiert sind zu verwenden. In einigen Ausführungsbeispielen kann eine Vielzahl der genannten Verfahrensschritte ausgeführt werden unter Verwendung von einem oder mehreren automatisierten Prozessen. In bestimmten Ausführungsbeispielen können alle genannten Verfahrensschritte unter Verwendung von einem oder mehreren automatisierten Prozessen ausgeführt werden.

[0072] In einigen Ausführungsbeispielen kann der Prozess einen Roboter (beispielsweise ein "pick and place"-Zusammenbauwerkzeug) verwenden, um konventionelle manuelle Verfahren auszuführen.

[0073] In einigen Ausführungsbeispielen kann eine DrahtverbindungsLaserschweißmaschine verwendet werden, um die Zwischenverbindungen mit einer oder mehreren Solarzellen zu verbinden.

[0074] In einigen Ausführungsbeispielen können der eine oder mehrere automatisierte Prozesse der „machine vision“ bzw. Maschinensicht verwenden. Maschinensicht kann die auf bildbasierende automatische Inspektion umfassen und die Analyse von Anwendungen wie beispielsweise die automatische Inspektion, Prozesssteuerung und Roboterführung. Obwohl die konventionelle (2D sichtbares Licht) Abbildung am üblichsten bei der Maschinensicht verwendet wird, können auch alternative Abbildungen verschiedener Infrarotbänder, Zeilenabtastabbildung, 3D-Abbildung von Oberflächen verwendet werden und auch Röntgenstrahlabbildung. Das am meisten angewandte Verfahren für die 3D-Abbildung ist die auf Abtasten basierende Triangulation, die die Bewegung des Produkts oder Bildes während des Abbildprozesses verwendet. Andere 3D-Verfahren verwendet für die Maschinensicht sind Flugzeit, gitterbasierend und stereoskopisch.

[0075] Für die Maschinenvision kann die Abbildvorrichtung (beispielsweise Kamera) entweder gesondert von der Hauptbildverarbeitungseinheit sein oder kombiniert mit dieser sein, in welchem Falle die Kombination eine Smartkamera und ein Smartsensor sein kann. Bei Trennung kann die Verbindung hergestellt werden mit spezialisierter, dazwischen angeordneter Hardware, wie beispielsweise einem frame grabber unter Verwendung einer standardisierten oder gebräuchlichen Interface. Maschinenvision kann auch digitale Kameras verwenden, die in der Lage sind, direkte Verbindungen (auch ohne einen frame grabber) mit einem Computer herzustellen.

[0076] Obwohl die große Mehrheit der Maschinenvisionsanwendungen die zweidimensionale Abbildung verwenden, sind die Maschinenvisionsanwendungen unter Verwendung der 3D-Abbildung eine zunehmende Alternative. Ein Verfahren sind gitteranordnungsbasierte Systeme unter Verwendung eines pseudozufallsstrukturierten Lichtsystems. Ein anderes Verfahren der Erzeugung eines 3D-Bildes ist es, die Lasertriangulation zu verwenden, wo ein Laser auf die Oberfläche eines Objektes projiziert wird und die Abweichung der Linie verwendet wird, um die Form zu berechnen. Bei der Maschinenvision wird dies erreicht mit einer Abtastbewegung, und zwar entweder durch Bewegung des Werkstückes oder durch Bewegung der Kamera und des Laserabbildsystems. Stereoskopische Vision kann in speziellen Fällen verwendet werden, was einzigartige Merkmale verwendet, die die beiden Sichten eines Paares von Kameras verwendet werden.

[0077] Solarzellenwafer können durch automatische Verfahren des Abscheidens von III-V-Verbindungshalbleiterschichten und anderen Schichten (beispielsweise antireflektive Beschichtung, ARC gleich „antireflective

coating”) auf ein Substrat zur Herstellung eines Wafers hergestellt werden. Solche Verfahren sind ohne weiteres über die Automatisierung anpassbar einschließlich beispielsweise eine teilorganische chemische Dampfabscheidungs (MOCVD, „metal organic chemical wafer deposition“) Verfahren, die im Stand der Technik wohl bekannt sind. Rückseitenmetallisierung einer Zelle kann beispielsweise ausgeführt durch Verdampfung oder durch Elektroabscheidung auf einer Polymidschicht (beispielsweise einer KAPTON®) Schicht.

[0078] Merkmale wie beispielsweise Gitterlinien und Mesas können auf den Vorderseiten der Wafer geformt werden, und zwar unter Verwendung von konventionellen Verfahren wie beispielsweise der Lithographie, der Metallabscheidung und von Ätzverfahren, wobei alle diese Verfahren für die Automatisierung anpassbar sind, beispielsweise die Maschinenvision.

[0079] Solarzellenkonfigurationen, die insbesondere geeignet sind für die automatischen Prozesse sind diejenigen, die in den folgenden US Patentanmeldungsveröffentlichungen beschrieben sind No 14/192,519 eingereicht am 8. Januar 2014; 14/719,911, eingereicht am 21. Mai 2015; 14/729,412, eingereicht am 3. Juni 2015 und 14/729,422, eingereicht am 3. Juni 2015, wobei all diese Referenzen insgesamt in diese Offenbarung aufgenommen werden.

[0080] Eine oder mehrere Solarzellen können aus einem Wafer geformt werden, und zwar unter Verwendung konventioneller Verfahren wie dem Abtrennen, d. h. Dicing oder Scribing. Die Größe und Form der Solarzellen kann nach Wunsch verändert werden für bestimmte Anwendungen wie dies offenbart ist, beispielsweise in der US Patentanmeldung Nr. 14/592,519, eingereicht am 8. Januar 2015, die hier in ihrer Gesamtheit aufgenommen wird. Das „Dicing“ oder „Scribing“ (Abtrennen) von Solarzellen von einem Wafer ist insbesondere geeignet für die Automatisierung unter Verwendung der Maschinenvision.

[0081] Die Funktionalität von einer oder mehreren Solarzellen kann durch konventionellen automatisiertes Testgerät getestet werden.

[0082] Zwischenverbindungen können an einer oder mehreren Solarzellen angebracht werden, und zwar unter Verwendung von beispielsweise automatischem Löt- oder Laserschweißgerät.

[0083] In einigen Ausführungsbeispielen kann ein Ende der Zwischenverbindungen (interconnects) parallele Spaltöffnungen aufweisen und die Zwischenverbindungen können angebracht werden beispielsweise durch einen Parallelspaltschweißwerkzeug.

[0084] In einigen Ausführungsbeispielen können sämtliche elektrische Komponenten in der Solarzellenanordnung kontinuierlich mit CV Grade-Silizium eingekapselt werden, was verwendet werden kann, um großflächiges Abdeckglas auf zahlreichen Zellen zu montieren, oder als eine Oberfläche zum Aufbringen von Beschichtungen wie beispielsweise Abdeckglasersatz (CGR = „Cover Glass Replacement“) oder strahlungsbeständigen Überzügen. Diese Vorgehensweise kann eine Anordnung erzeugen, die elektrisch isoliert ist, die pro Hochspannungsbogenbildungsprobleme vermeiden kann und Risse und Säume eliminiert, um die Notwendigkeit für das teure Zwischenzellengrouting bzw. -verbinden zu vermeiden und elektrostatische Reinlichkeit zu ermöglichen.

[0085] Die Verteilung von Silizium auf die Solarzellen und das Abdeckglas wurde typischerweise ausgeführt unter Verwendung eines gemusterten Seidenabstastprozesses oder durch Rakel- bzw. Squeegee-Verfahren. Diese Prozesse erfordern zusätzliche Materialien und Verarbeitung assoziiert mit der Konstruktion und der Herstellung von Templates und auch die abfallreiche Handmischung und Anbringung. Diese Verfahren sind von Natur aus mit viel Abfall verbunden und mühselig, was die Kosten hochtreibt und niedrige Prozesserträge liefert. Die hier beschriebene Verfahrensweise sieht eine einfache, niedrige Kosten verursachende hochpräzise Anwendung von Siliziumklebemittel für die Solarzellenanordnungen mit standardisierten Trägern vor.

[0086] In einigen Ausführungsbeispielen kann Silizium auf der Solarzelle verteilt werden unter Verwendung von beispielsweise einer automatisierten Asymtek-Maschine mit visueller Erkennung zur Erreichung von maximaler Präzision.

[0087] Ein Abdeckglass kann an jeder Solarzelle angebracht werden, um eine Zellen-Zwischenverbindungs-Abdeck-Glas (CIC gleich Cell-Interconnect-Cover Glass) zu schaffen, und zwar unter Verwendung von automatischen Verfahren. Beispielsweise in einigen Ausführungsbeispielen kann der CIC-Anordnungsprozess vollendet werden mit der Implementierung einer automatisierten Anordnung und Laminierung. Nachdem großflächige oder Präzisionsverteilungen- bzw. Dispensieroperationen ausgeführt wurden, kann ein temporärer Trä-

ger in einer Komponentenplatziermaschine befestigt werden. Unter Verwendung von computerisierter visueller Erkennung von Bezugslokalisierungspunkten kann eine numerisch gesteuerte Komponentenplatziermaschine das großflächige Solarzellenabdeckglas von einem Cartridge-Stapel aufnehmen und dieses auf dem nicht gehärteten Silizium, abgegeben, in dem vorherigen Schritt, platziert, worauf dann ausgehärtet werden kann um die CIC zu bilden.

[0088] In einigen Ausführungsbeispielen kann ein ähnlicher Komponentenplatzierschritt implementiert werden, um sowohl eine Drahtverbindungsmaschine zu beladen und auch die endgültige Submodulplatzierung auf irgendeine Anzahl von Solaranordnungs substraten vorzunehmen wie beispielsweise auf einer flexiblen Membran oder einem starren Komposit-Sandwich-Panel. Solche automatisierten Methoden können arbeitsintensive Handarbeiten von dem gesamten Prozess reduzieren oder eliminieren.

[0089] CICs können auf einem Träger in einer automatisierten Art und Weise positioniert und platziert werden, und zwar durch ein pick-and-place-Anordnungswerkzeug zur Bildung einer Reihen- bzw. Ketten-Konfiguration von CICs wie beschrieben, beispielsweise in der US Patentanmeldung Nr. 14/719,911, eingereicht am 21. Mai 2015 und 14/729,412, eingereicht am 3. Juni 2015, wobei beide Anmeldungen durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit in die Offenbarung aufgenommen werden. Bypass- und Blockierdioden können durch ähnliche Verfahren konfiguriert werden.

[0090] Solarzellen in einer Ketten- oder Reihenanordnung können miteinander verbunden werden unter Verwendung von beispielsweise standardisierter Automationsausrüstung für die Drahtverbindung wie beispielsweise eine automatisierte thermosonische Drahtverbindungsmaschine, die auch offenbart ist beispielsweise in US Patent Anmeldung Nr. 14/719,911, eingereicht am 21. Mai 2015, die hier durch Bezugnahme in ihrer Gesamtheit aufgenommen wird in die Offenbarung.

[0091] Ketten- oder Reihenkonfigurationen oder zwischenverbundene Ketten oder Reihenkonfiguration von Solarzellen können auf einem Träger in einer automatisierten Weise positioniert und platziert werden, beispielsweise durch ein pick-and-plate-Anordnungswerkzeug wie es beispielsweise beschrieben ist in der US Patentanmeldung 14/719,911, eingereicht am 21. Mai 2015 und 14/729,412, eingereicht am 3. Juni 2015, die beide in die Offenbarung hier aufgenommen werden. Bei bestimmten Ausführungsbeispielen können die Ketten- oder Reihenkonfigurationen oder die zwischenverbundenen Ketten- oder Reihenkonfigurationen von Solarzellen mit dem Substrat verbunden werden durch die automatische Anbringung von Druck und/oder Wärme und die Zwischenverbindung kann erfolgen in einer ähnlichen Weise wie dies oben beschrieben wurde.

[0092] Die Konfigurierung und Verdrahtung einer Paneelen- oder Trägerschaltung und von Anschlüssen kann ausgeführt werden unter Verwendung von konventionellem automatisierten Verdrahtungsgerät.

[0093] Das Testen der Funktionalität der Solarzellenpaneele oder -platte kann ausgeführt werden durch automatisierte Verfahren ähnlich denjenigen, die oben diskutiert wurden zum Testen der individuellen Solarzellen. Beispielsweise kann dies geschehen bei 5-Zellen-Submodulen, die hergestellt wurden unter Verwendung der oben beschriebenen Verfahren. Das an Submodulen ausgeführte Testen umfasst das Testen auf elektrische Kontinuität, Erdung und Isolation. Die Submodule wurden dem ausgesetzt durch thermisches Zyklen von -120°C bis $+120^{\circ}\text{C}$, um typische LEO Orbitalbedingungen zu repräsentieren; von -180°C bis $+80^{\circ}\text{C}$ zur Repräsentation typischer GEO Orbitalbedingungen; und in einem in Beziehung stehenden Programm für Plasmaumgebungen bei hoher Spannung als eine anfängliche Qualifikation für den niedrigen Erdumlauf. Alle Tests zeigten gute Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit für die Solarzellenketten oder -linien, und zwar vor und nach Aufsetzen gegenüber diesen Umgebungsbedingungen.

[0094] Es wurde eine ökonomische Ingenieuranalyse der automatisierten Verbindungs- und Anordnungsprozesse ausgeführt, um die Vorteile der Absenkung der Kosten bei den Solarzellenketten-Submodular-Bauelementen zu quantifizieren. Die Daten in der Tabelle I demonstrieren eine substantielle Anordnungsintegrationskostenreduktion. Die Ergebnisse zusammengefasst in der Tabelle 1 sind nur auf einer Vergleichsbasis und Repräsentieren nicht notwendigerweise einen speziellen absoluten Preis für eine photovoltaische Anordnung oder Paneele in einer bestimmten Menge. Laborschätzungen wurden vorgenommen, und zwar basierend auf vollständig umfassenden Arbeitsraten einschließlich von postulierten Gemeinkosten, aber berücksichtigen nicht die potenzielle alternative Herstellung von Zellen und die Teamstrukturen. Die Arbeitslöhne berücksichtigen auch nicht einen möglichen niedrigeren Arbeitspegel, der implementiert werden könnte mit automatischem Gerät verglichen mit dem höhere Anforderungen stellenden, oftmals erforderlichen manuellen Erfordernissen für manuell fixierte oder halbautomatische Anordnungen.

Tabelle 1:

Material & Herstellungskosten			
Traditionelle Integration		THINS automatisierte Integration	
Material	\$/ Watt		\$/ Watt
Zelle	250,00	Zelle	250,00
Zwischenverbindungsfolie	20,73	Golddraht	0,48
individuelles Abdeckglas	5,12	großflächiges Abdeckglas	6,11
Klebstoff	3,70	Klebstoff	1,55
Diode	12,50	Diode	12,50
Draht	1,00	Anschlussstreifen	72
Verbrauchsmittel, Templates usw.	3,00	flexibles Netz	1,96
Gesamtes Material 296,05		Gesamtes Material 285,32	
Integrationsprozess	\$/ Watt	Integrationsprozess	\$/ Watt
Erfahrener Techniker	25%	Erfahrener Techniker	0%

[0095]

Schweißverbindung mit Zelle	6	Pick & Place-Zelle, Diode, Anschlussstreifen	4
Schweißverbindung von Zelle zu Zelle	6	automatischer Drahtbandzwischenverbindung	3
individuelle Silikone	7	automatische Einkapselung	4
Individuelles Abdeckglas	8	Anbringung von Abdeckglas oder CGR	3
Maske und Verteilungssilikone	12	automatisierte Silikonverteilung	3
Transfer	5	automatisiertes Pick & Place Submodul	3
Tiling Flächenelement	5	Vakuumtaschenpressaushärtung	3
Ablage	8	Reinigung (Präzision, Abgabe Nettoprozess)	0
Anordnung und Härtung	8		5
Reinigung	18		3
Panelverdrahtung	12	automatisierte Lotanordnung	10
Löten	5	Lötofenrückfluss	15
Grouting	25	Grouting (Multizellenglas benötigt weniger)	
Dokumentation und Inspektion	35	Dokumentation und Inspektion	
gesamte Arbeit \$/Watt 160 Ertrag 85%		gesamte Arbeit \$/Watt 56 Ertrag 97,5%	
Integrierte Kosten \$/Watt 537		integrierte Kosten \$/Watt 350	
*die Kosten sind relativ belastet mit einer angenommenen Gemeinkostenrate und sie berücksichtigen nicht die Produktionsmengen und den potenziell niedrigeren Erfahrungspegel, der für den automatisierten Aus-rüstungsbetrieb erforderlich ist.			

[0096] Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht einer Metall-Honigwabenstruktur **200**, die verwendet werden kann, um einen Träger anzubringen.

[0097] Fig. 5 ist eine Querschnittsansicht eines Aluminium-Honigwabensubstrats **200** mit einer Kohlenstoff-Komposit-Stirnflächenelement **20** angebracht daran. In einigen Ausführungsbeispielen kann eine doppelseitige Klebeschicht an der oberen Oberfläche des Stirnflächenelements angebracht sein und die Bodenoberfläche des Klebenfilms kann mit der oberen Oberfläche des Stirnflächenelements verbunden sein, beispielsweise durch gemeinsame Aushärtung. In einigen Ausführungsbeispielen kann eine Vielzahl von Schichten aus Kohlenstoff-Komposit-Elementen in einer Matrix aus Zyanat-Ester-Klebstoff eingebettet sein. Das Polyimid kann sodann auf die Oberseite gebracht werden und der ganze Stapel wird gemeinsam ausgehärtet.

[0098] In einigen Ausführungsbeispielen kann eine Sequenz von Solarzellenanordnungen über der Oberfläche des Klebefilms positioniert sein und jede der Folge von Solarzellenanordnungen kann sequentiell mit einer vorbestimmten Zone an der Oberfläche des Klebefilms verbunden sein, beispielsweise durch automatisches Anbringen von Druck und/oder Wärme. In einigen Ausführungsbeispielen enthält die vordefinierte Zone bzw. der vordefinierte Bereich ein druckempfindliches Klebemittel und kein Klebemittel ist in anderen Zonen oder Bereichen auf der oberen Oberfläche des Stirnflächenelements vorhanden.

[0099] Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht eines Aluminium-Honigwaben-Substrats **200** mit einem am Aluminium-Honigwaben-Substrat **200** angebrachten Kohlenstoff-Komposit-Stirnflächenelements **201**, und zwar gemeinsam ausgehärtet mit dem Polyimidsubstrat **202** angebracht an dem Kohlenstoff-Komposit-Stirnflächenelement **201**.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Herstellung einer Multijunction-Solarzellenanordnungspanel bzw. eines Trägers, wobei das Verfahren einen oder mehrere der folgenden Schritte aufweist:
 Vorsehen eines Wafers aufgebaut aus III-V-Verbindungshalbleitersolarzellen;
 Anbringen von Zwischenverbindungen an einer oder mehreren Solarzellen;
 Anbringen eines Abdeckglases an jeder Solarzelle zur Bildung eines Zellen-Zwischenverbindungs-Abdeckglases (CIC, Cell-Interconnect-Cover Glas);
 Formen einer Ketten- oder Reihenkonfiguration von CICs;
 Zwischenverbindung von Ketten- oder Reihenkonfigurationen von CICs;
 Verbindung von Ketten- oder Reihenkonfigurationen oder von Zwischenverbindungskettenkonfigurationen mit einem Substrat;
 Konfigurierung und Verdrahtung einer Panelenschaltung zur Anbringung der Substrate;
 Konfigurierung einer Blockierdiode für die elektrische Verbindung mit einer Kettenkonfiguration;
 Verdrahten eines ersten Anschlusses und eines zweiten Anschlusses einer ersten bzw. zweiten Polarität für die Solarzellenpaneele; und
 Testen der Funktionsfähigkeit der Solarzellenpaneele über eine ausgedehnte Zeit hinweg und mit Temperaturzyklen;
 wobei mindestens einer der Verfahrensschritte unter Verwendung eines automatisierten Prozesses ausgeführt wird;
2. Das Verfahren nach Anspruch 1, welches weiter die Schritte des Herstellens des Wafers umfasst durch:
 Vorsehen eines Wachstumssubstrats;
 Aufwachsen auf der Vorderseite oder Oberfläche des Substrats einer Folge von Schichten aus Halbleitermaterial, das mindestens erste, zweite und dritte Solarzellen bildet;
 Metallisieren der Rückseite des Wafers;
 lithographische Bemusterung und Abscheidung von Metall auf der Vorderseite des Wafers;
 Formen einer Mesa auf der Vorderseite des Wafers durch Lithographie und Ätzen;
 Abscheiden eines antireflektiven Überzugs- oder einer Beschichtung (ARC) über dem Wafer;
 Heraustrennen von einer oder mehreren Solarzellen aus dem Wafer; und
 Testen der Funktionalität einer oder mehrere Solarzellen.
3. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei mindestens einer der automatisierten Prozesse ein Roboter oder ein Maschinensichtsystem verwendet.
4. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei mindestens einer der automatisierten Prozesse ein "pick and place"-Anordnungswerkzeug verwendet; eine Drahtverbindungsmaschine oder eine Laserschweißmaschine zur Anbringung von Zwischenverbindungen an einer oder mehreren Solarzellen; automatische Dampfabscheidungsausrüstung; automatische Metallplatierausrüstung; automatische Lithographieverfahren; automatische Ätzverfahren; automatische Abtrennverfahren; automatische Testausrüstung; automatische Löt- oder Laserschweißausrüstung; automatische Abgabevorrichtung; automatische Verdrahtungsausrüstung und/oder automatische Anwendung von Druck und/oder Wärme bzw. Hitze.
5. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Solarzellen jeweils ein Oberflächengebiet von weniger als 5 cm² besitzen.
6. Das Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Solarzellen III-V-Verbindungshalbleitermultijunctionsolarzellen sind und die Herstellung des Wafers folgendes aufweist:

Vorsehen eines metallorganischen chemischen Dampfabcheidungs(MOCVD)-Systems konfiguriert zur unabhängigen Steuerung der Strömung von Quellengase für Gallium, Indium Aluminium und Arsen;
Auswahl einer Reaktionszeit und Temperatur und einer Strömungsrate für jede Gasquelle zur Bildung der kontinuierlich gradierten Zwischenschicht angeordnet auf der Bodensubzelle, wobei die Gasquelle für Indium Trimethylindium (InMe_3) ist, für Gallium Trimethylgallium (GaMe_3), die Gasquelle für Arsen Arsen (AsH_3) und die Gasquelle für Aluminium Trimethylaluminium (Al_2Me_6) ist.

7. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Panel bzw. der Träger flexibel ist und aufgebaut ist aus Poly (4,4'-Oxydiphenylen-Pyromellitimid)-Material.

8. Das Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritte des Herstellens eines Wafers folgendes aufweist:
Vorsehen eines ersten Substrats;
Abscheiden auf dem ersten Substrat einer Folge von Schichten aus Halbleitermaterial, welches mindestens erste, zweite und dritte Solarzellen bildet;
Formen einer Gradierzwischenschicht auf der ersten, zweiten und/oder der erwähnten dritten Solarzelle;
Abscheiden auf der Gradierzwischenschicht einer zweiten Folge von Schichten aus Halbleitermaterial, die eine vierte Solarzelle bilden, wobei die vierte Solarzelle gitterfehlangepasst ist an die dritte Solarzelle;
Anbringen und Verbinden eines Surrogatsubstrats auf der Oberseite der Sequenz von Schichten; und
Entfernen des ersten Substrats; wobei die Formung der gradierten Zwischenschicht folgendes aufweist:
Aufnehmen (picking) einer Zwischenschicht aufgebaut aus InGaAlAs;
Verwendung eines Computerprogramms zur Identifizierung eines Satzes von Zusammensetzungen der Formel $(\text{In}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{Al}_{1-y}\text{As}$ definiert durch spezielle Werte von x und y, wobei x zwischen 0 und 1 und y zwischen 0 und 1, und wobei der Subset oder Untersatz von Zusammensetzungen Gitterkonstanten besitzt im Bereich von der identifizierten Gitterkonstanten, die der benachbarten Subzelle entspricht bis zu der identifizierten Gitterkonstanten, die der Bodensubzelle entspricht.

9. Verfahren zur Herstellung einer Multijunctionsolarzellenanordnung auf einem Träger unter Verwendung von einem oder mehreren automatisierten Prozessen, wobei das Verfahren folgendes vorsieht:
Vorsehen einer ersten Multijunctionsolarzelle einschließlich eines ersten Kontaktanschlusses und eines zweiten Kontaktanschlusses angeordnet benachbart zu der Oberfläche der Multijunctionsolarzelle entlang einer ersten Umfangskante davon;
Anbringen einer ersten elektrischen Zwischenverbindung an dem ersten Kontaktanschluss, der ersten Multijunctionsolarzelle;
Anbringen eines zweiten elektrischen Zwischenkontakts an dem zweiten Kontaktanschluss der ersten Multijunctionsolarzelle;
Positionieren der ersten Multijunctionsolarzelle über einer Klebezone eines dauerhaften Trägers unter Verwendung einer automatisierten Maschine/Visionvorrichtung;
Anbringung eines Abdeckglases über der ersten Multijunctionsolarzelle; und
Verbinden der ersten Multijunctionsolarzelle mit der Klebezone unter Verwendung von Druck und/oder Wärme.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der mindestens eine automatisierte Prozess Maschinenvision oder einen Roboter verwendet.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

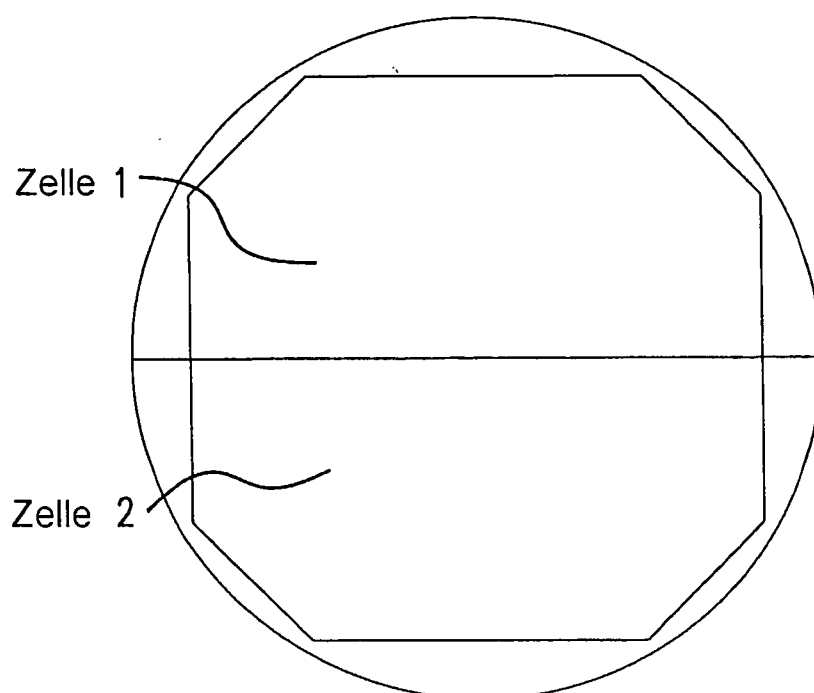


FIG. 1A

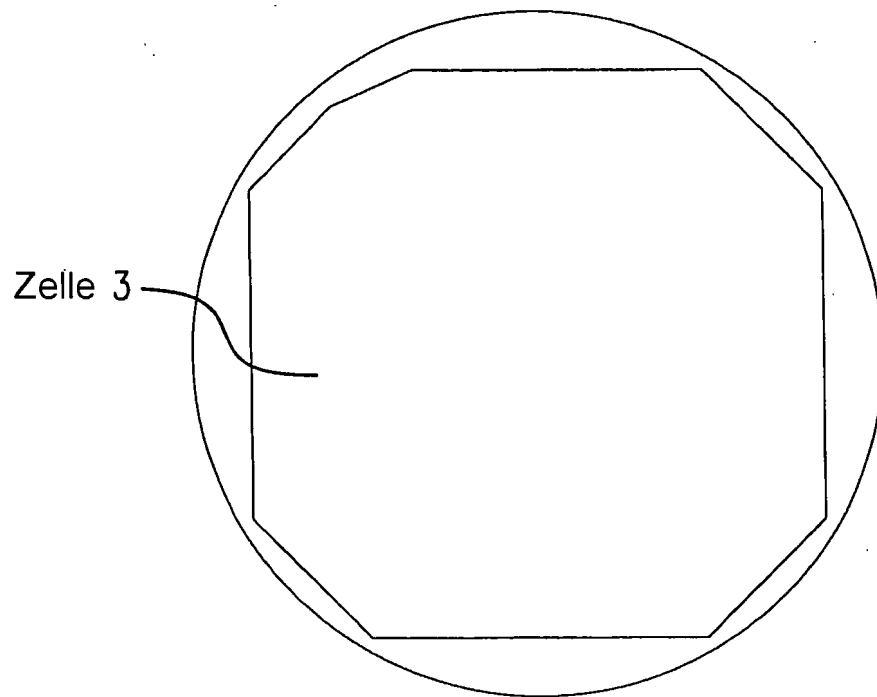


FIG. 1B

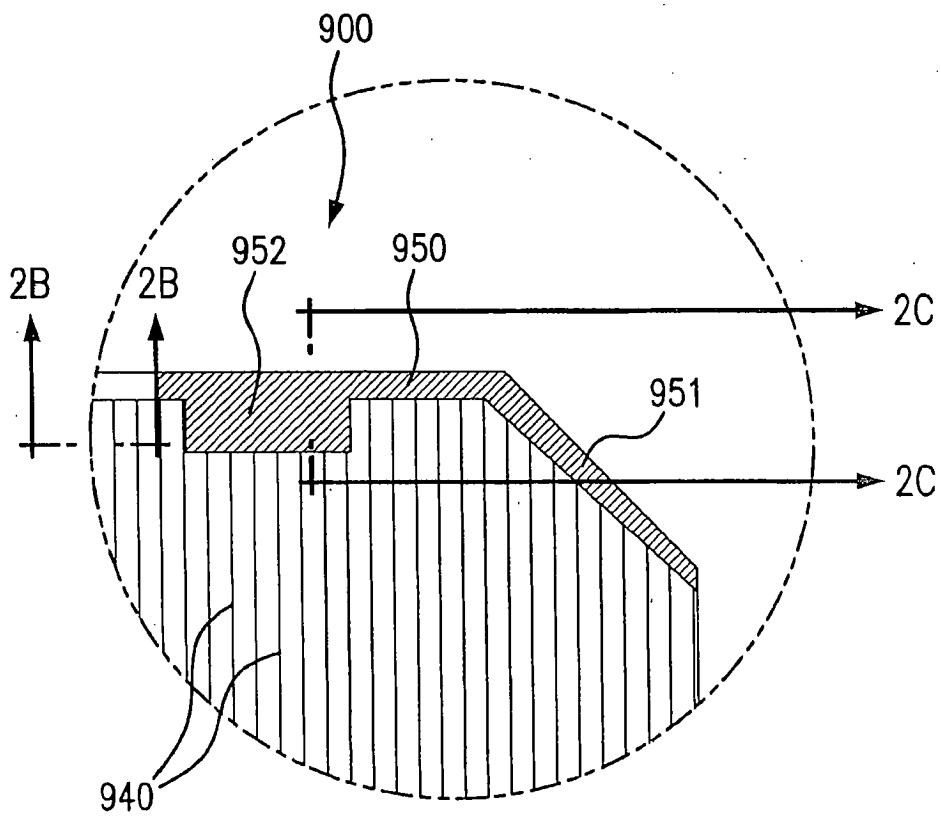


FIG. 2A

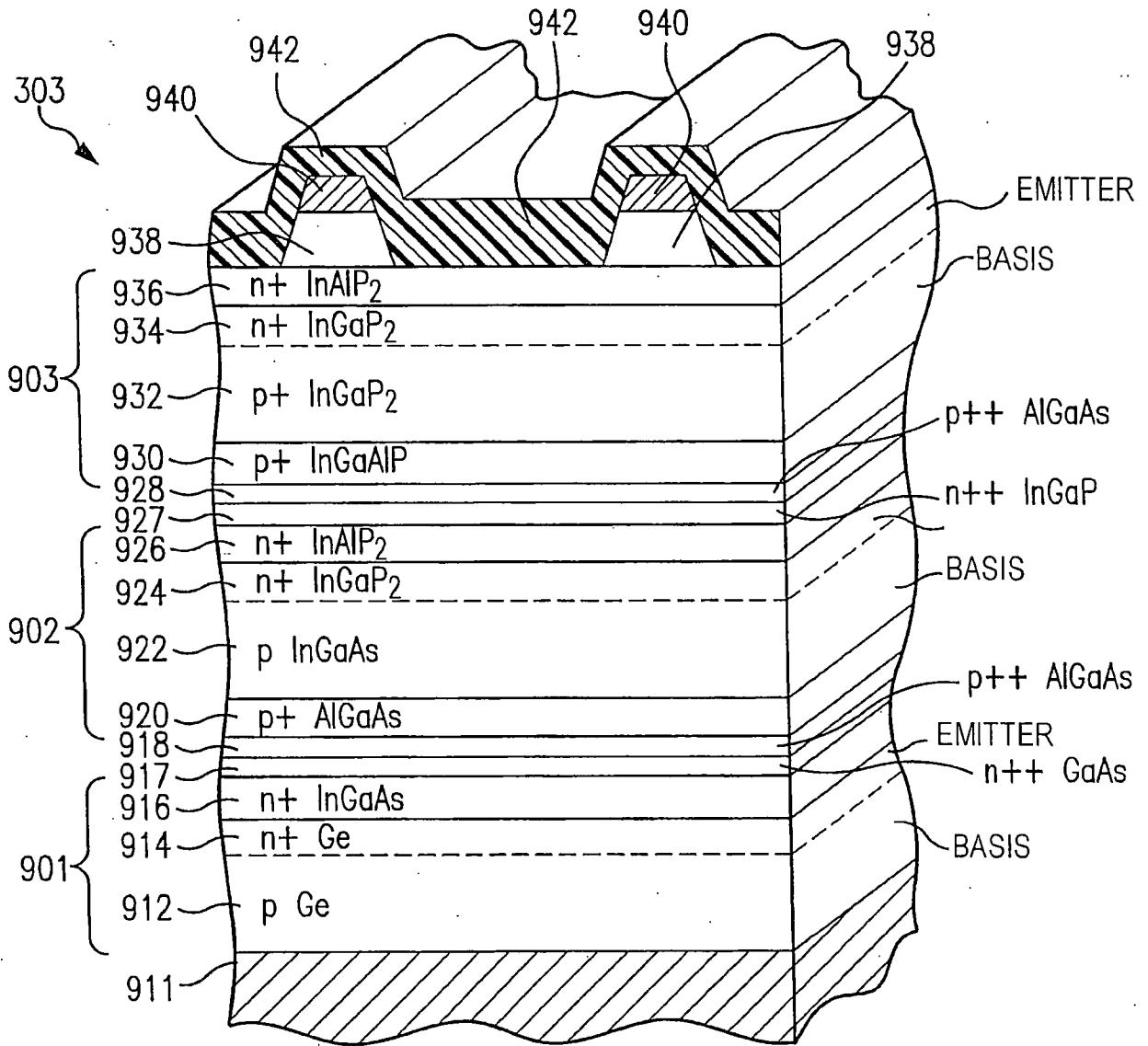


FIG. 2B

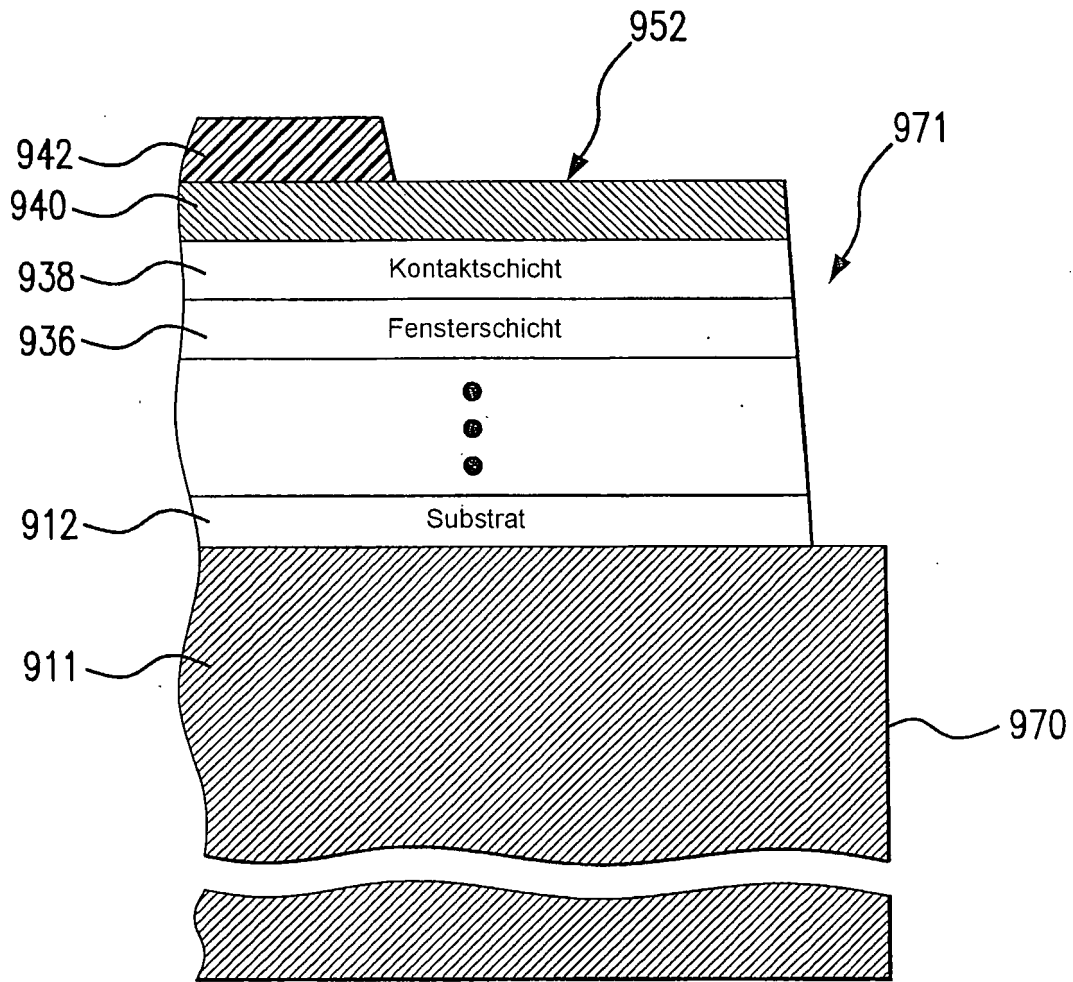
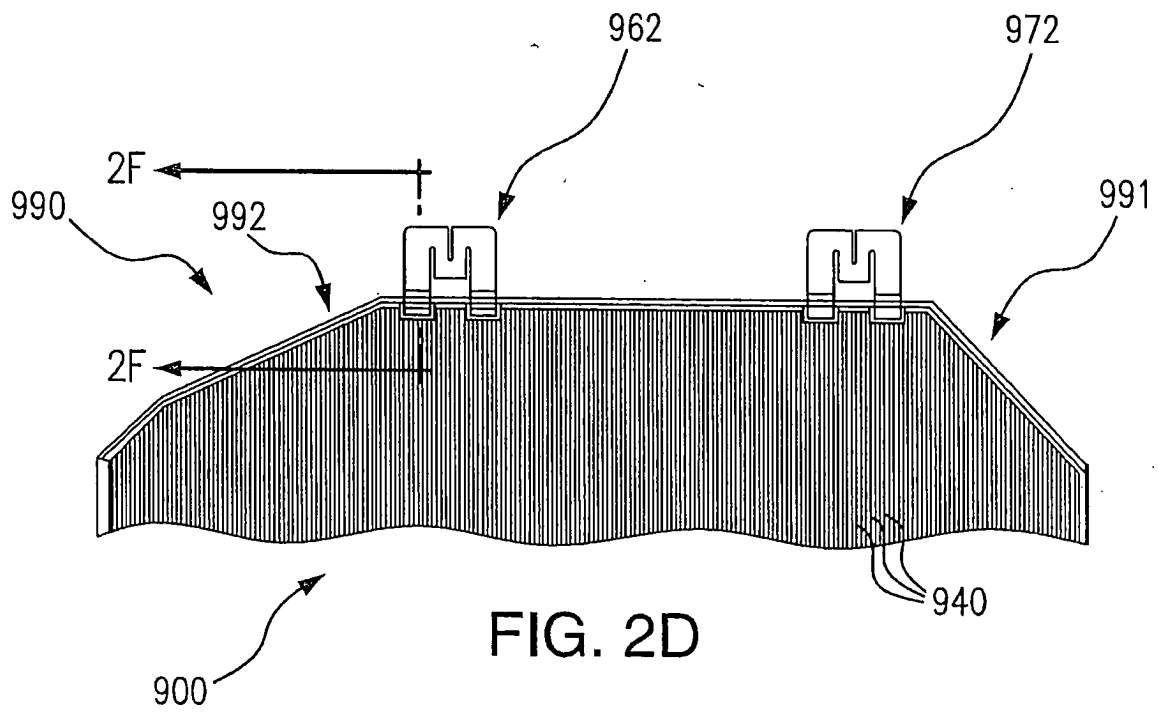


FIG. 2C



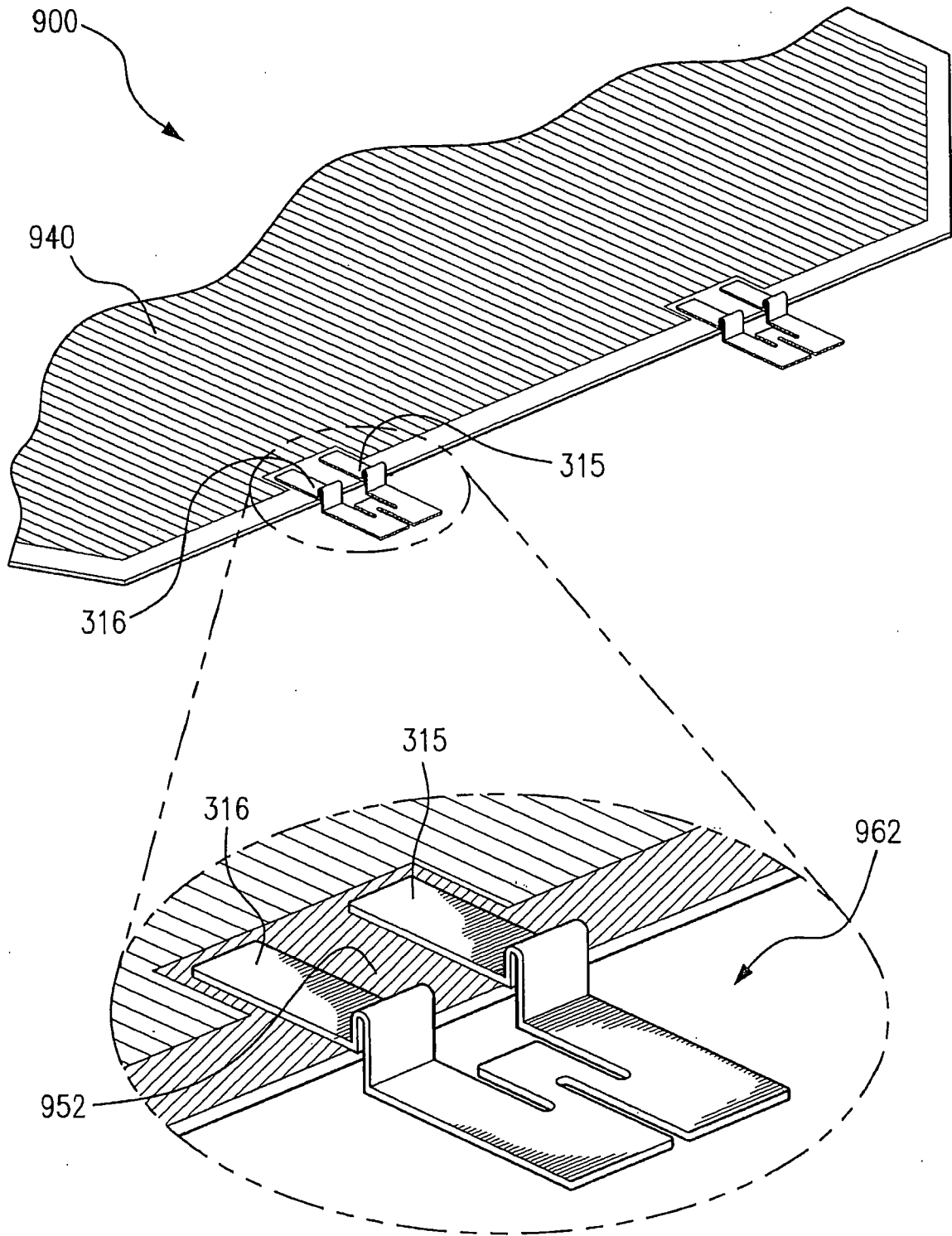


FIG. 2E

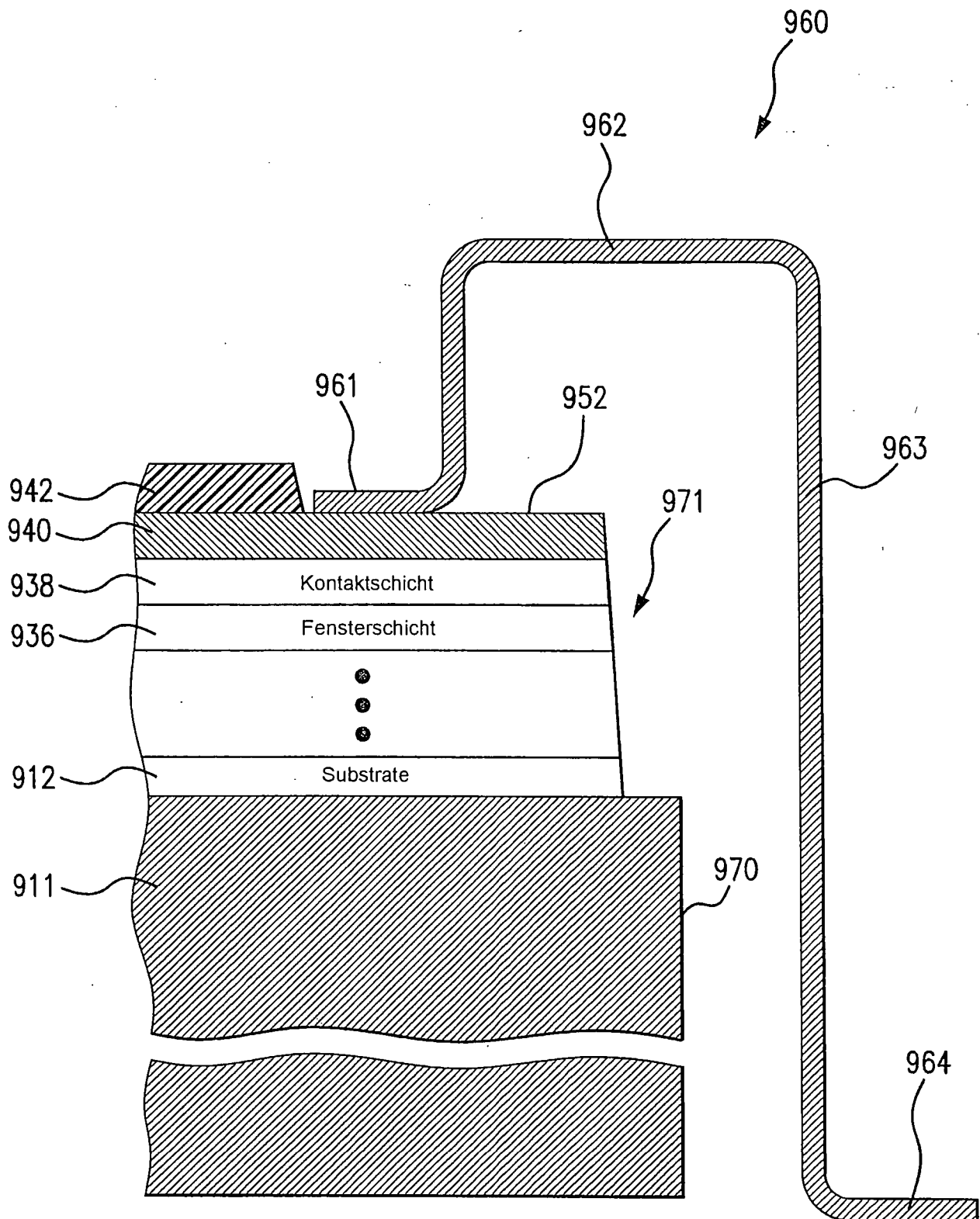


FIG. 2F

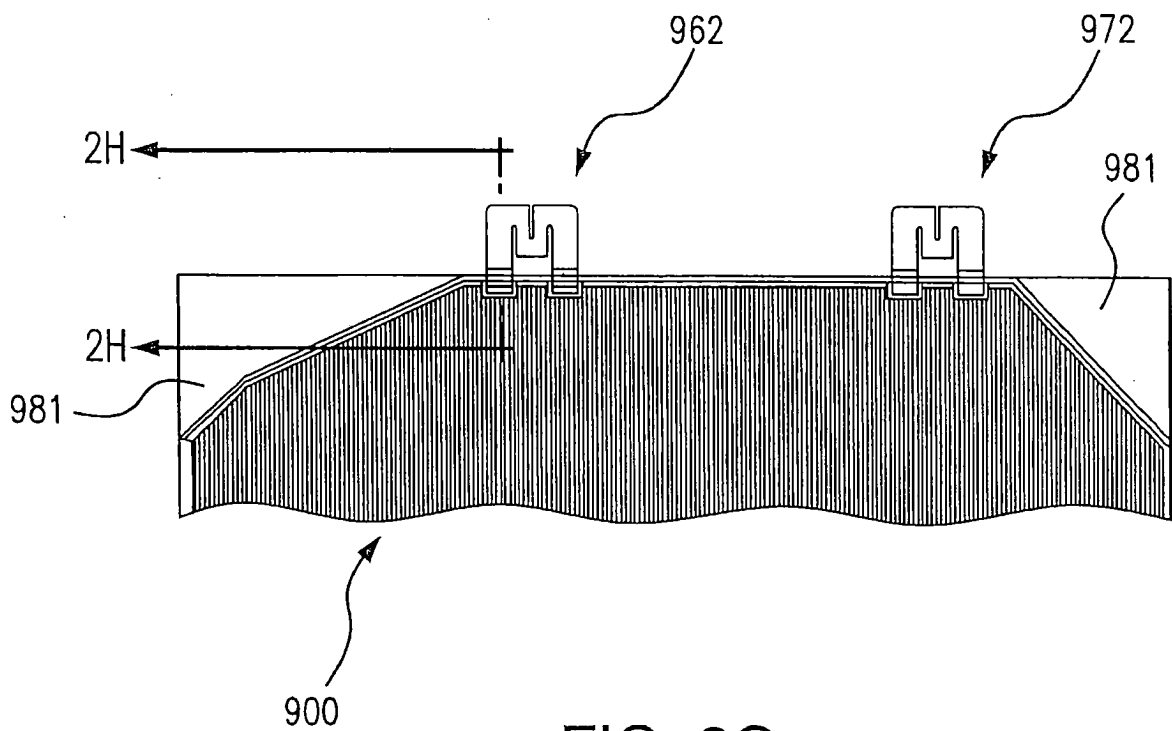


FIG. 2G

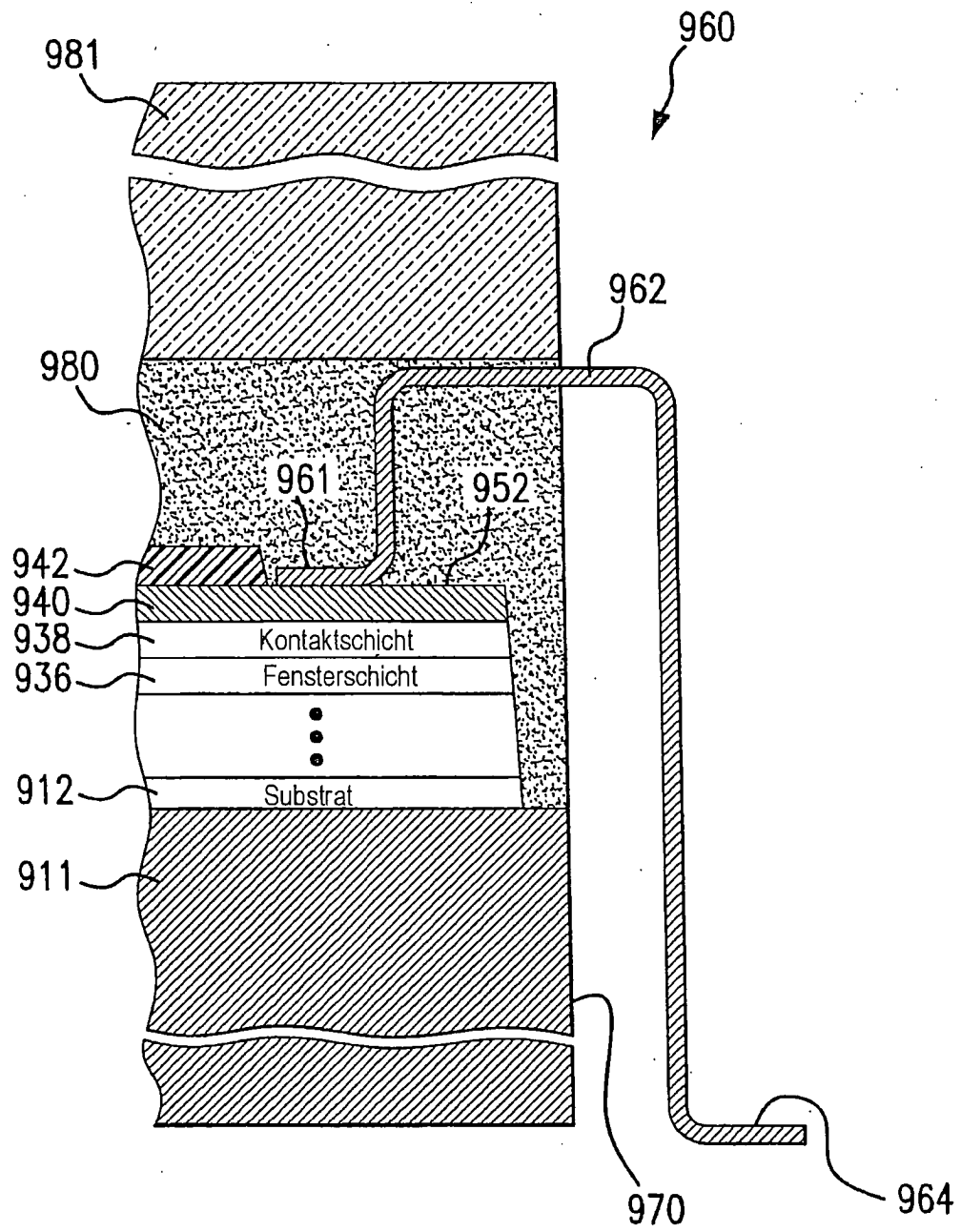


FIG. 2H

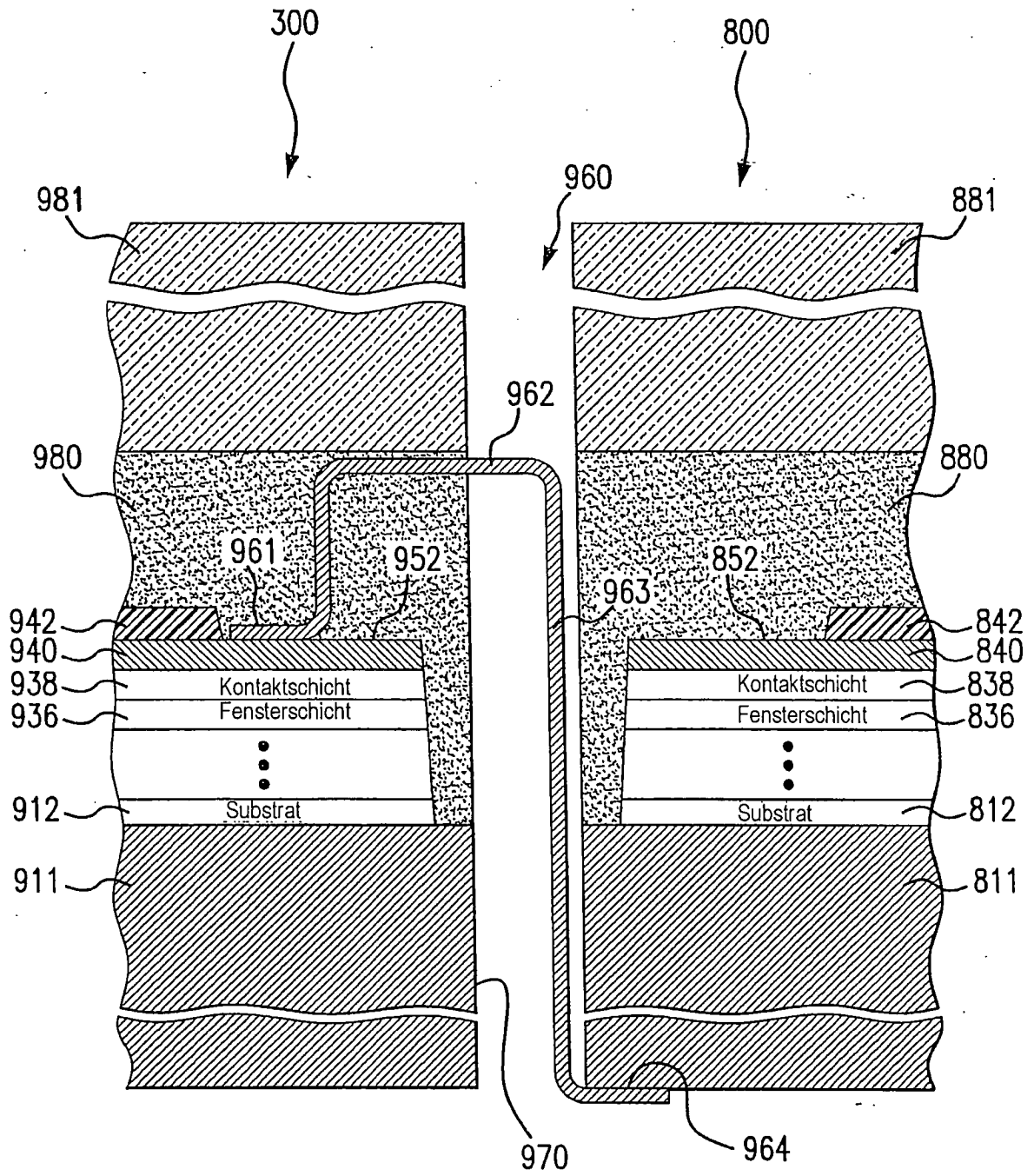


FIG. 2I

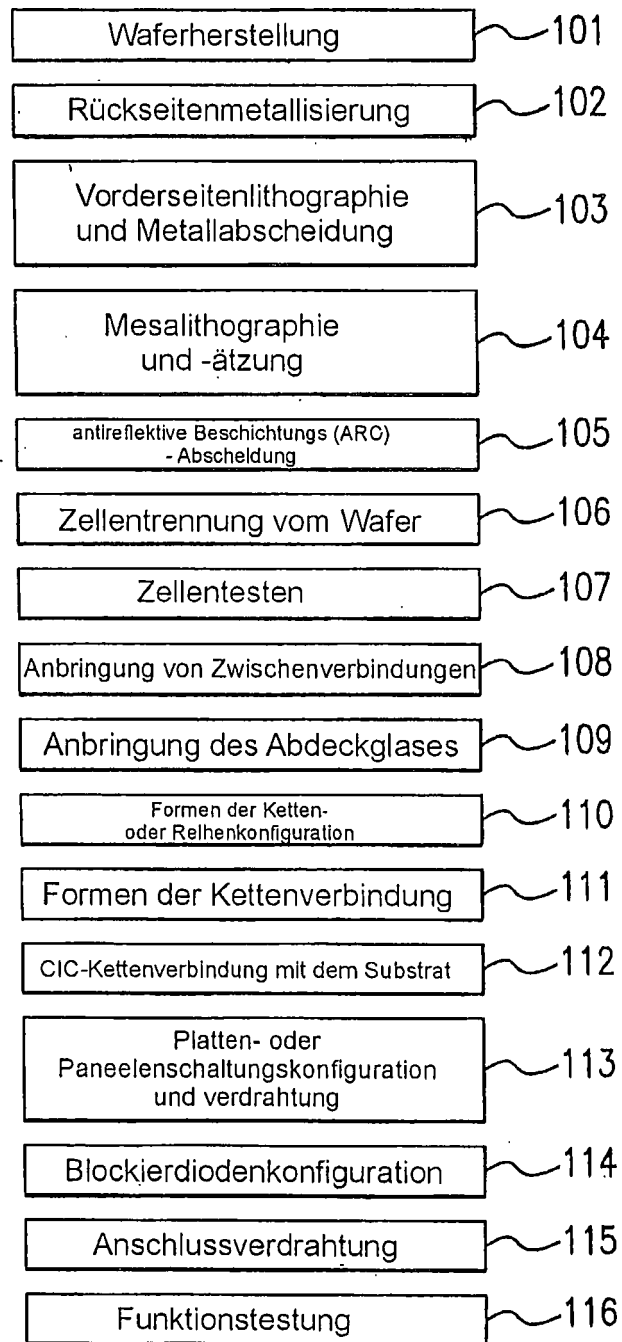


FIG. 3

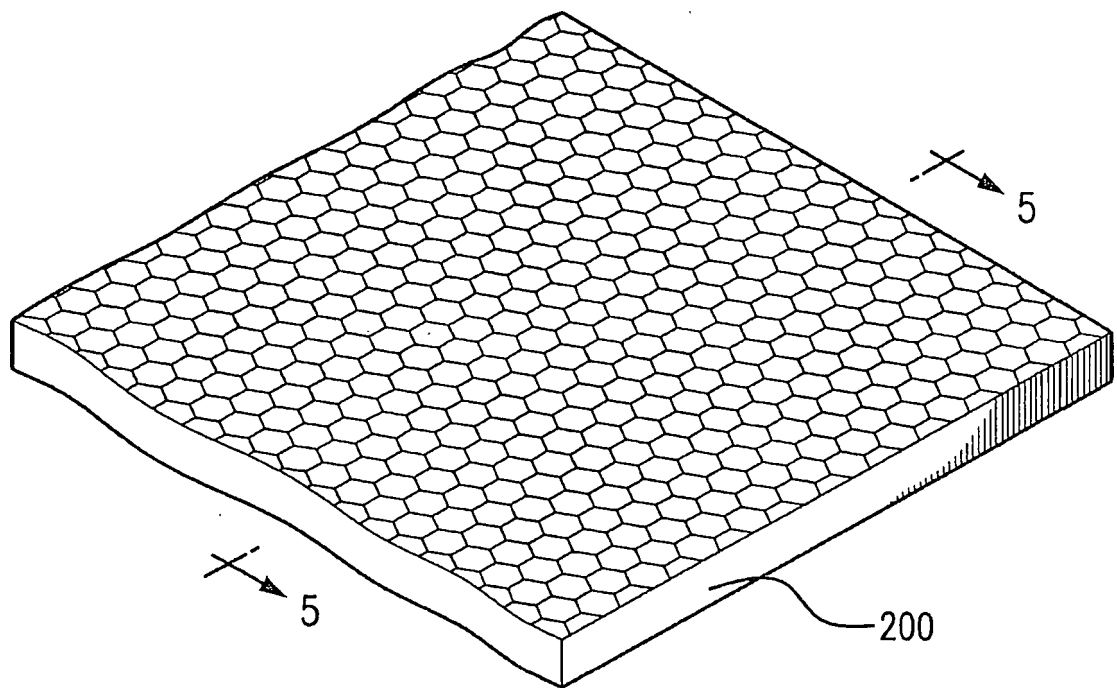


FIG. 4

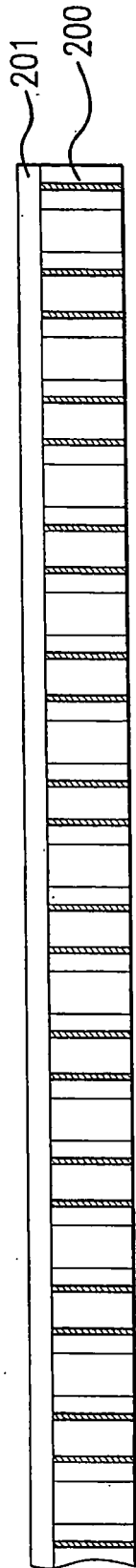


FIG. 5

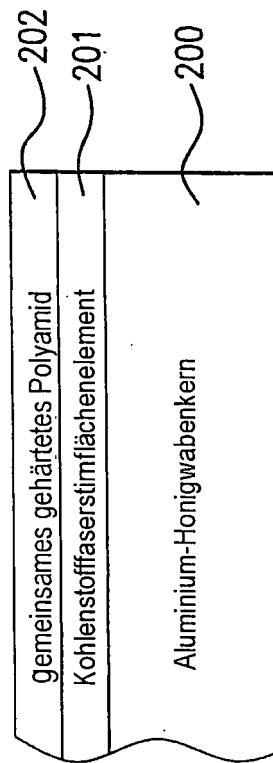


FIG. 6