

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
21. Januar 2016 (21.01.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/009019 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 51/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/066356

(22) Internationales Anmeldedatum:
16. Juli 2015 (16.07.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 213 978.3 17. Juli 2014 (17.07.2014) DE

(71) Anmelder: **BELECTRIC OPV GMBH** [DE/DE];
Wadenbrunner Str. 10, 97509 Koltitzheim (DE).

(72) Erfinder: **EGELHAAF, Hans-Joachim**; Am Ölberg 1,
90403 Nürnberg (DE). **HOTH, Claudia**; Mühlenberger
Weg 61, 22587 Hamburg (DE). **MEIER, Sebastian**;
Föhrenstraße 1, 91090 Effeltrich (DE). **PÄTZOLD,**
Ralph; Immelmannstraße 5, 91154 Roth (DE).
SCHILINSKY, Pavel; Solthören 22, 28279 Bremen (DE).
WAGNER, Michael; Pastoriusstr. 12, 90480 Nürnberg
(DE).

(74) Anwalt: **FDST PATENTANWÄLTE**; Nordostpark 16,
90411 Nürnberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING AN ORGANIC SEMICONDUCTOR COMPONENT, AND ORGANIC SEMICONDUCTOR COMPONENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ORGANISCHEN HALBLEITERBAUTEILS UND ORGANISCHES HALBLEITERBAUTEIL

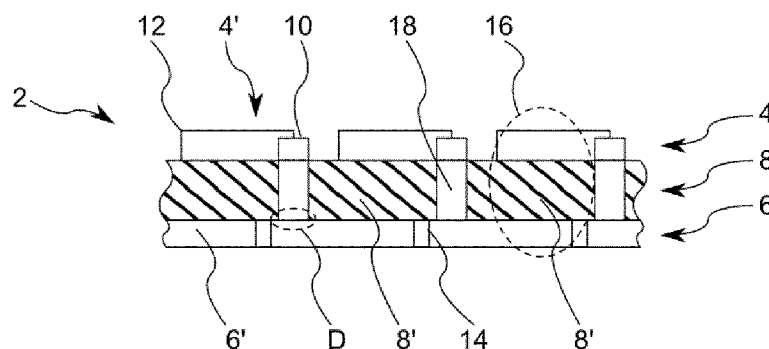


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for manufacturing an organic semiconductor component (2), in particular an OPV module with a multilayered structure, comprising an upper electrode (4), a lower electrode (6) and an active layer (8) located between the electrodes (4, 6), an electrical via (18) being provided for electrically interconnecting the two electrodes (4, 6), the method being characterised in that the electrical via (18) is formed by a conductive ink (22) with which only a predetermined printing zone (D) provided for the via (18) is printed. The invention further relates to an organic semiconductor component (2) manufactured according to this method.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Halbleiterbauteiles (2), insbesondere eines OPV-Moduls, das als Mehrschichtstruktur gefertigt

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2016/009019 A2

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

wird, umfassend eine obere Elektrode (4), eine untere Elektrode (6) und eine zwischen den Elektroden (4, 6) angeordnete aktive Schicht (8), wobei zur elektrischen Verbindung der beiden Elektroden (4, 6) eine Durchkontaktierung (18) ausgebildet wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchkontaktierung (18) durch eine leitfähige Tinte (22) gebildet ist, welche lediglich in einem für die Durchkontaktierung (18) vorgegebenen Druckbereich (D) aufgedruckt wird. Desweiteren betrifft die Erfindung ein mittels eines solchen Verfahrens hergestelltes organisches Halbleiterbauteil (2).

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung eines organischen Halbleiterbauteils und organisches Halbleiterbauteil

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines organischen Halbleiterbauteils, das als Mehrschichtstruktur gefertigt wird, umfassend eine obere Elektrode, eine untere Elektrode und eine zwischen den Elektroden angeordnete aktive Schicht, wobei zur elektrischen Verbindung der beiden Elektroden eine Durchkontaktierung ausgebildet wird. Desweiteren betrifft die Erfindung ein nach einem solchen Verfahren gefertigtes organisches Halbleiterbauteil. Bei dem organischen Halbleiterbauteil handelt es sich insbesondere um ein OPV-Modul.

Ein solches Verfahren und ein solches OPV-Modul sind beispielsweise der US 2011/0277655 A1 oder der US 8,129,616 B2 zu entnehmen.

Ein bevorzugtes Einsatzgebiet eines solchen OPV-Moduls, das heißt eines organischen Photovoltaikelementes ist die Erzeugung elektrischer Energie mittels Sonnenlicht. Dazu weist ein OPV-Modul eine aktive Schicht aus einem organischen Halbleitermaterial auf, in der durch Absorption von Sonnenlicht freie Ladungsträger generiert werden. Die aktive Schicht ist typischerweise als dünne Schicht zwischen einer oberen und einer unteren jeweils als dünne Schicht ausgebildeten Elektrode angeordnet. Dadurch ergibt sich ein Mehrschichtaufbau, der auch noch weitere Schichten umfassen kann. Beispielsweise kann die aktive Schicht zusätzlich zwischen sogenannten Sperrschichten angeordnet sein. Im Folgenden wird daher auch eine solche oder ähnliche Kombination vereinfachend als aktive Schicht bezeichnet.

Die verfügbare Stromstärke und die von dem OPV-Modul zur Verfügung gestellte Spannung sind unter Anderem von dem Aufbau des OPV-Moduls abhängig. Die von einem OPV-Modul generierte Stromstärke ist hierbei im Wesentlichen durch die von dem Halbleitermaterial abgedeckte Fläche definiert; dagegen ist die Spannung im Wesentlichen durch die Bandlücke des Halbleitermaterials definiert

und dementsprechend materialabhängig. Um nun eine bestimmte Spannung zu erzielen umfasst ein OPV-Modul daher häufig mehrere Zellen, die seriell miteinander verschaltet sind. Dazu ist es insbesondere notwendig, zunächst die obere und die untere Elektrode in jeweils voneinander isolierte obere und untere Teilelektroden zu unterteilen und auf diese Weise mehrere Zellen auszubilden. Zur Herstellung einer Serienschaltung wird dann üblicherweise die obere Teilelektrode einer ersten Zellen mit der unteren Teilelektrode einer zweiten Zellen elektrisch leitend verbunden. Dazu weisen die zwischen den Elektroden liegenden Schichten und insbesondere die aktive Schicht eine Anzahl von Unterbrechungen auf, in denen ein geeignetes leitendes Material angeordnet wird, mittels dessen die Teilelektroden entsprechend elektrisch leitend verbunden werden. Auf diese Weise wird zwischen zwei Zellen eine Durchkontaktierung ausgebildet, die von einer unteren Teilelektrode zu einer oberen Teilelektrode durch die dazwischenliegende aktive Schicht hindurch reicht.

Aus der US 2011/0277655 A1 ist ein Verfahren bekannt, bei dem ein Substrat mit einer leitenden Struktur und eine erste dielektrische Schicht bereitgestellt werden. Dabei umfasst die leitende Struktur eine von der einen auf die andere Seite des Substrats reichende Durchkontaktierung. Weiterhin wird auf die erste dielektrische Schicht ein erstes leitendes Muster aufgedruckt und dadurch eine erste vorgedruckte Schicht ausgebildet, die mit der einen Seite des Substrats verbunden wird. Dabei wird ein erstes leitendes Material derart aufgebracht, dass die leitende Struktur mit dem ersten leitenden Muster verbunden ist. In einer Weiterbildung des Verfahrens wird ähnlich der ersten dielektrischen Schicht eine zweite dielektrische Schicht bereitgestellt und mit einem zweiten leitenden Muster bedruckt. Auf diese Weise wird eine zweite vorgedruckte Schicht ausgebildet, die nun mit der anderen Seite des Substrats verbunden wird. Hierbei wird zusätzlich ein zweites leitendes Material derart aufgebracht, dass die leitende Struktur mit dem zweiten leitenden Muster verbunden ist.

Weiterhin ist aus der US 8,129,616 B2 ein Verfahren bekannt, bei dem eine Photovoltaikzelle mit einer halbtransparenten Elektrode, mit einer organischen Halbleiterschicht und mit einer Gegenelektrode mittels eines Rollenauftragsverfahrens

ausgebildet wird. Insbesondere werden mehrere streifenförmige Zellen auf einer Trägerfolie ausgebildet und mittels geeignet aufgebrachten Elektroden in Serie verschaltet. Dazu überlappt die obere Elektrode einer der Zellen mit der unteren Elektrode einer benachbarten Zellen derart, dass eine Serienschaltung realisiert ist. Dabei wird zur Ausbildung dieser Konfiguration zumindest eine Opferschicht ausgebildet, die im weiteren Verlauf des Verfahrens wieder entfernt wird.

In der WO 2013/104514 A1 ist ein Verfahren beschrieben zur Ausbildung einer organischen Halbleiterschicht auf einem Substrat, wobei eine strukturierte, selbst-organisierende Einzellage an vorbestimmten Stellen von ersten Elektroden bereitgestellt wird und eine Schicht aus einem organischen Halbleitermaterial über die selbst-organisierende Einzellage aufgebracht wird. Dabei dient die selbst-organisierende Einzellage als Maske zum Freihalten bestimmter Bereiche auf den ersten Elektroden, sodass bei einer nachfolgenden Ausbildung von zweiten Elektroden diese durch die aktive Schicht hindurchgreifen können, um mit den ersten Elektroden kontaktiert zu werden.

Durch das Ausbilden einer Durchkontaktierung entsteht zwangsläufig ein Totbereich, in dem kein aktives Material vorhanden ist und der somit nicht zur Energieerzeugung nutzbar ist. Das Verhältnis von zur Energieerzeugung nutzbarer Fläche des OPV-Moduls zu nicht-nutzbarer Fläche definiert dabei einen geometrischen Füllfaktor, der insbesondere auch ein Maß für die Effizienz des OPV-Moduls darstellt. Je größer die nutzbare Fläche im Vergleich zur nicht-nutzbaren Fläche ist, desto mehr Energie pro Flächeneinheit kann mit dem OPV-Modul erzeugt werden, das heißt, desto effizienter ist das OPV-Modul.

Hinzu kommt, dass die OPV-Module üblicherweise dünn sind und der Mehrschichtaufbau eine Höhe aufweist, die um mehrere Größenordnungen geringer ist als die Breite und die Länge des OPV-Moduls. Beispielsweise beträgt die Schichtdicke der Elektroden jeweils etwa 0,1 μm bis 10 μm . Solch dünne Schichten weisen jedoch üblicherweise eine im Vergleich zu dickeren Schichten schlechte Leitfähigkeit auf, wodurch wiederum die Größe der einzelnen Zellen eines OPV-Moduls eingeschränkt ist. Um geringere Verluste zu erzielen muss daher die Zell-

größe verringert werden, was sich aufgrund der zusätzlich notwendigen Durchkontaktierungen wiederum negativ auf den Füllfaktor und entsprechend die Effizienz auswirkt. Die Leitfähigkeit zumindest einer der Elektroden ist weiterhin häufig dadurch verringert, dass diese zumindest eine Elektrode aus einem transparenten, leitenden Material gefertigt ist, dessen Leitfähigkeit oft schlecht ist.

Zur Ausbildung einer Unterbrechung der zwischen den Elektroden angeordneten aktiven Schicht zwecks anschließender Ausbildung einer Durchkontaktierung wird die Schicht entweder direkt strukturiert, das heißt mit einer entsprechenden Unterbrechung aufgetragen oder die Unterbrechung wird durch nachträgliches Abtragen von Material aus der Schicht ausgebildet. In einem weiteren Verfahrensschritt wird dann die Durchkontaktierung ausgebildet. Dabei muss die Ausbildung der Durchkontaktierung an der Position der Unterbrechung erfolgen, wodurch sich nachteilig ein entsprechender Justieraufwand hinsichtlich der verschiedenen Prozessschritte ergibt. Alternativ wird die Durchkontaktierung gemeinsam mit der oberen Elektrode ausgebildet und muss folglich aus dem gleichen Material wie diese gefertigt sein.

Zur Ausbildung von Unterbrechungen der aktiven Schicht ist weiterhin die Verwendung eines Lasers bekannt. Hierbei ist allerdings die Auswahl der Betriebsparameter des Lasers, wie beispielsweise Wellenlänge und Leistung kritisch und insbesondere auch materialabhängig. Die Betriebsparameter müssen insbesondere derart gewählt werden, dass gezielt lediglich die zwischen den Elektroden liegende aktive Schicht bearbeitet wird und die Elektroden unversehrt bleiben. Daher ist diese Methode wenig flexibel. Zudem ist die Verwendung eines Lasers häufig kostenintensiv.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein vereinfachtes Verfahren zur Herstellung eines OPV-Moduls anzugeben. Das Verfahren soll zudem die Herstellung eines OPV-Moduls mit einem größeren geometrischen Füllfaktor ermöglichen. Desweiteren soll das Verfahren eine möglichst große Gestaltungsfreiheit hinsichtlich der Fertigung des OPV-Moduls aufweisen. Eine weitere Aufgabe ist es, ein mittels des Verfahrens herstellbares OPV-Modul anzugeben.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein organisches Halbleiterbauteil mit den Merkmalen des Anspruchs 14. Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Varianten sind Gegenstand der Unteransprüche. Dabei gelten die im Zusammenhang mit dem Verfahren angeführten Weiterbildungen und Vorteile sinngemäß auch für das organische Halbleiterbauteil.

Bei einem Verfahren zur Herstellung eines organischen Halbleiterbauteiles wird dieses als Mehrschichtstruktur gefertigt und umfasst eine obere Elektrode, eine untere Elektrode und eine zwischen den Elektroden angeordnete aktive Schicht. Zur elektrischen Verbindung der beiden Elektroden wird eine Durchkontaktierung ausgebildet, die durch eine leitfähige Tinte gebildet ist, welche lediglich in einem für die Durchkontaktierung vorgegebenen Druckbereich aufgedruckt wird. Dabei wird insbesondere zunächst eine der beiden Elektroden als untere Elektrode ausgebildet. Auf diese wird die aktive Schicht aufgetragen. Die Tinte zur Herstellung der Durchkontaktierung wird entweder vor oder nach dem Auftragen der aktiven Schicht aufgedruckt. Dazu wird insbesondere ein Druckverfahren verwendet.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass die Herstellung des organischen Halbleiterbauteiles und insbesondere die Ausbildung der Durchkontaktierung durch das Aufdrucken der Tinte besonders vereinfacht wird. Das Ausbilden der Durchkontaktierung mittels aufgedruckter Tinte ermöglicht insbesondere die Verwendung eines Druckverfahrens mittels dessen eine Durchkontaktierung mit besonders geringen Abmessungen, insbesondere mit besonders geringer Breite und Länge herstellbar ist. Insbesondere ist es damit möglich ein organisches Halbleiterbauteil mit einem verbesserten Füllfaktor und entsprechend mit einer verbesserten Effizienz zu fertigen. Das Aufdrucken der Tinte, das heißt insbesondere das Aufdrucken der Durchkontaktierung ermöglicht zudem vorteilhaft eine freie Gestaltung der Durchkontaktierung, insbesondere deren Form und Verlauf, wodurch das organische Halbleiterbauteil insgesamt besonders frei gestaltbar ist. Weiterhin ist es vorteilhaft möglich, auf die Verwendung eines Lasers zu verzichten.

Mittels der Tinte wird somit die Durchkontaktierung als eine dreidimensionale Verbindung zwischen den beiden Elektroden direkt ausgebildet. Durch die Tinte wird lediglich die Durchkontaktierung ausgebildet, d.h. die Tinte dient nicht zur Ausbildung der Elektroden und allgemeine nicht zur Ausbildung anderer Teile des Halbleiterbauteils. Die _aufgebrachte Tinte erstreckt sich daher lediglich in Richtung zwischen den beiden Elektroden und weist keine seitlich erstreckende Teilbereiche auf. Die Elektroden werden vielmehr separat zu der Durchkontaktierung ausgebildet. Mit dem Aufdrucken der Tinte wird daher lediglich dasjenige Material aufgebracht, welches zur Ausbildung der Durchkontaktierung benötigt wird.

Durch die direkte Ausbildung der Durchkontaktierung entfällt insbesondere die Notwendigkeit einer Maske und/oder einer Opferschicht. Daher wird vorteilhafterweise auf eine Maskierungstechnik verzichtet. Dadurch, d.h. durch den Verzicht auf zusätzliche Maskierungsschritte, weist das Verfahren somit gegenüber herkömmlichen Verfahren eine vorteilhaft reduzierte Anzahl an Fertigungsschritten auf und ist insgesamt weniger aufwendig. Die erforderliche strukturierte Ausbildung der Durchkontaktierungen wird ausschließlich durch das (hochgenaue) ortselektive Aufdrucken der Tinte erzielt. Durch den Verzicht auf eine Opferschicht ist zudem der Materialaufwand bei der Fertigung des Halbleiterbauteils reduziert.

Vorzugsweise ist das organische Halbleiterbauteil ein OPV-Modul, das heißt ein organisches Photovoltaikelement. Dieses eignet sich besonders zur Herstellung mittels des oben angegebenen Verfahrens. Im Folgenden wird daher ohne Beschränkung der Allgemeinheit von einem als OPV-Modul ausgebildeten organischen Halbleiterbauteil ausgegangen. Die Beschreibung gilt dabei sinngemäß für jegliche organischen Halbleiterbauelemente. Denkbar ist beispielsweise eine Ausgestaltung als organische Leuchtdiode, organische elektrochemische Zelle, organischer Feldeffekttransistor, organischer Dünnschichttransistor, organischer Photodetektor, Laserdiode, Schottkydiode, Photoleiter, Photodetektor oder thermoelektrisches Bauteil.

Das OPV-Modul umfasst zumindest zwei Zellen, mit jeweils einer oberen Zellenelektrode und einer unteren Zellenelektrode, wobei die oberen Zellenelektroden als Teilelektroden der oberen Elektrode ausgebildet werden und die unteren Zellenelektroden als Teilelektroden der unteren Elektrode. Insbesondere wird zunächst die untere Elektrode, umfassend eine Anzahl von unteren Teilelektroden ausgebildet. Dies erfolgt vorzugsweise auf einem geeigneten Substrat, beispielsweise PET. Nachfolgend werden die aktive Schicht und die Durchkontaktierung aufgebracht.

Das Aufbringen der Tinte und damit insbesondere der Durchkontaktierung erfolgt dabei mittels eines Druckverfahrens, insbesondere eines hochauflösenden Druckverfahrens, beispielsweise mittels Tintenstrahldruck, Tiefdruck, Flexodruck, Siebdruck, Transferdruck oder Schlitzdüsen-Beschichtung, sogenanntes slot-die coating. Dabei wird die Tinte bevorzugt ausschließlich in einem vorgegebenen Druckbereich aufgedruckt, in dem die Durchkontaktierung ausgebildet werden soll. Anschließend wird die obere Elektrode, umfassend eine Anzahl von oberen Teilelektroden ausgebildet. Dabei werden dann insbesondere die obere Teilelektrode zur Ausbildung einer Serienschaltung einer Anzahl von Zellen geeignet mit der unteren Teilelektrode mittels der Durchkontaktierungen elektrisch leitend verbunden.

Der vorgegebene Druckbereich ist insbesondere exakt derjenige Bereich, in welchem nachfolgend die Durchkontaktierung ausgebildet wird und markiert somit die Ausdehnung der Durchkontaktierung. Der Druckbereich wird insbesondere durch die geplante Verschaltung einzelner Zellen des Halbleiterbauteils vorgegeben, d.h. in welcher Weise die Elektroden miteinander kontaktiert sein sollen.

Das Substrat dient insbesondere der verbesserten Handhabung des OPV-Moduls und ist vergleichsweise dick im Hinblick auf die Elektroden und die aktive Schicht. Die untere Elektrode ist vorzugsweise aus einem transparenten, leitenden Oxid gefertigt, beispielsweise Indiumzinnoxid, die obere Elektrode beispielsweise aus Silber.

Die aktive Schicht wird im Druckbereich vorzugsweise flächig aufgebracht, wodurch insbesondere ein im Vergleich dazu aufwendigeres, strukturiertes Auftragen vermeidbar ist und das OPV-Modul einfacher zu fertigen ist. Dabei wird unter strukturiertem Auftragen verstanden, dass die aktive Schicht nicht als durchgängige Schicht aufgetragen wird, sondern als eine Mehrzahl von voneinander mittels zumindest einer Unterbrechung getrennten Teilbereichen. Die Unterbrechung dient in diesem Fall insbesondere zur Vorbereitung der Ausbildung der Durchkontaktierung. Im Gegensatz dazu wird unter flächig insbesondere verstanden, dass die aktive Schicht auch im Bereich der späteren Durchkontaktierungen durchgängig, das heißt zunächst ohne Unterbrechung aufgetragen wird.

In einer bevorzugten Ausgestaltung wird auf die flächig aufgetragene aktive Schicht zum Drucken der Durchkontaktierung eine Tinte verwendet, welche die aktive Schicht im Druckbereich durchdringt. Dadurch ist es insbesondere möglich, auf ein zusätzliches Strukturieren, das heißt Ausbilden zumindest einer Unterbrechung zum Einbringen der Durchkontaktierung zu verzichten. Stattdessen erfolgt das Ausbilden der Unterbrechung und die Ausbildung der Durchkontaktierung insbesondere gleichzeitig beim Aufdrucken der Tinte. Diese durchdringt die aktive Schicht und insbesondere auch mögliche weitere zwischen den Elektroden vorgesehene und bereits aufgebrachte Schichten, wodurch insbesondere eine Kontaktierung mit der unteren Elektrode erfolgt. Auf diese Weise ist die Herstellung des OPV-Moduls besonders vereinfacht.

Zweckmäßigerweise enthält die Tinte ein Lösungsmittel zum Durchdringen der aktiven Schicht im Druckbereich. Das Lösungsmittel ist insbesondere auch ein Lösungsmittel für das Material der aktiven Schicht und löst diese entsprechend im Druckbereich auf. Auf diese Weise entsteht insbesondere eine Unterbrechung der aktiven Schicht im Druckbereich. Die Tinte umfasst beispielsweise Silberpartikel als leitendes Material und ein Methanol/Anisol-Gemisch als Lösungsmittel.

Um insbesondere nach dem Durchdringen der aktiven Schicht eine besonders gute Benetzung der unteren Elektrode zu erzielen weist die Tinte zweckmäßigerweise eine niedrige Oberflächenspannung auf, vorzugsweise im Bereich von 10

bis 100 mN/m. Eine geeignete Viskosität der Tinte liegt beim Tintenstrahldruck im Bereich von 1 bis 30 mPas. Bei einem anderen Druckverfahren sind jedoch möglicherweise andere Wertebereiche geeigneter. Beispielsweise ist der Wert der Viskosität bei einem Siebdruckverfahren bevorzugterweise deutlich höher als beim Tintenstrahldruck.

In einer alternativen bevorzugten Ausgestaltung wird zunächst vor dem Aufbringen der aktiven Schicht die Tinte in dem für die Durchkontaktierungen vorgesehenen Bereichen aufgedruckt. Aus der aufgedruckten Tinte wird die Durchkontaktierung ausgebildet. Die aktive Schicht wird also nachfolgend und insbesondere flächig über die Tinte aufgetragen. Im Bereich der Tinte wird die aktive Schicht dann durchbrochen, so dass die Durchkontaktierung ausgebildet wird.

Vorzugsweise erfolgt vor dem Aufbringen der aktiven Schicht zunächst eine thermische Behandlung der Tinte, beispielsweise in einem Sinterprozess. Hierbei erfolgt eine Erwärmung auf eine Temperatur im Bereich von beispielsweise 50 bis 200 °C. Diese Temperatur wird für einige Minuten, z.B. 5 min gehalten. Dadurch bildet die Tinte eine etwas gefestigtere Leiterstruktur aus. Insbesondere wird hierbei das Lösungsmittel der Tinte verdampft und die Partikel werden miteinander verbacken, ohne jedoch eine Schmelze zu bilden. Insbesondere wird die Leiterstruktur also direkt auf der unteren Elektrode und noch vor dem Aufbringen der aktiven Schicht sowie der oberen Elektrode ausgebildet. Danach wird die aktive Schicht flächig aufgebracht und im Druckbereich von der Durchkontaktierung verdrängt. Beispielsweise wird die aktive Schicht in einem Tiefdruckverfahren aufgebracht, bei dem überschüssiges Material mittels eines Rakels derart entfernt wird, dass die leitfähige Tinte bzw. die Leiterstruktur freiliegt, dadurch die Durchkontaktierung bildet und im Folgenden mit der oberen Elektrode verbindbar ist. Ein solches Verfahren wird auch als doctor blading bezeichnet. Das OPV-Modul ist dadurch besonders einfach zu fertigen. Zudem ist es insbesondere möglich, auf ein separates Strukturieren der aktiven Schicht, das heißt Ausbilden zumindest einer Unterbrechung zum Einbringen der Durchkontaktierung zu verzichten.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung erfolgt beim Aufbringen der aktiven Schicht im Druckbereich eine Entnetzung, wodurch auf besonders einfache Weise sichergestellt wird, dass die Durchkontaktierung nicht von der aktiven Schicht verdeckt wird.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist die Tinte eine Mehrzahl von Partikeln mit einer vorgegebenen mittleren Partikelgröße auf und die aktive Schicht wird mit einer vorgegebenen Schichtdicke aufgebracht, wobei die mittlere Partikelgröße größer ist als die Schichtdicke. Die Tinte weist beispielsweise Silbercluster auf. Die Partikel weisen eine mittlere Größe von ungefähr zwischen 0,5 μm und 5 μm auf und die aktive Schicht wird mit einer Schichtdicke von etwa zwischen 50 nm und 500 nm aufgetragen. Hierdurch wird insbesondere gewährleistet, dass die mittels der Tinte ausgebildete Leiterstruktur die aktive Schicht hinreichend überragt und nicht von dieser verdeckt wird.

Diese Partikel sind dabei auch im endgefertigten Zustand, also insbesondere nach der Temperaturbehandlung nach dem Aufbringen der Tinte, noch erkennbar und somit ein kennzeichnendes Merkmal der Durchkontaktierungen, die durch Aufdrucken der Tinte gebildet sind.

Die Tinte wird insbesondere lediglich in einem möglichst kleinen Druckbereich aufgebracht, wohingegen die Elektroden insbesondere großflächig ausgebildet werden und sich dabei weite Teile des OPV-Moduls erstrecken. Um nun zum Aufdrucken der Tinte und zum Ausbilden der Elektroden ein jeweils optimal geeignetes Verfahren zu verwenden wird die Tinte vorzugsweise in einem von der Ausbildung der Elektroden separaten Verfahrensschritt aufgebracht. Allgemein werden daher durch das Aufdrucken der Tinte 3-dimensionale Strukturen nach Art einzelner Stelen, Säulen oder durchgehender Streifen oder Wände ausgebildet, die typischerweise in einem Rastermaß zueinander ausgebildet sind.

Zweckmäßigerweise wird eine Tinte verwendet, die ein Material mit einer guten Leitfähigkeit enthält, beispielsweise Silber oder Gold. Da diese Materialien jedoch teuer sind, werden die insbesondere materialintensiveren Elektroden vorzugswei-

se aus einem anderen Material gefertigt als die Durchkontaktierung. Dadurch ist es möglich, die Elektroden insbesondere kostengünstiger zu fertigen als bei Verwendung des gleichen Materials. Auch ist es möglich, für die Elektroden und für die Durchkontaktierung jeweils besonders geeignete Materialien auszuwählen.

Um das Verfahren insbesondere weiter zu vereinfachen werden zusätzlich zur Durchkontaktierung vorteilhafterweise auch die beiden Elektroden und die aktive Schicht jeweils mittels eines Druckverfahrens ausgebildet. In Kombination mit der Ausbildung der Durchkontaktierung mittels Aufdrucken der Tinte ist das Verfahren daher zweckmäßigerweise ein mehrstufiges Druckverfahren, bei dem vorzugsweise alle Schichten jeweils mittels eines Druckverfahrens hergestellt werden. Vorteilhafterweise ist das Verfahren ein Rollenauftragverfahren, wodurch das OPV-Modul besonders kostengünstig fertigbar ist.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- Fig. 1 schematisch den Aufbau eines OPV-Moduls in Schnittansicht,
Fig. 2 schematisch das OPV-Modul gemäß Fig. 1 in Aufsicht,
Fig. 3A
bis C schematisch jeweils einen Verfahrensschritt eines Verfahrens zur
Herstellung des OPV-Moduls gemäß Fig. 1, und
Fig. 4A
bis D schematisch jeweils einen Verfahrensschritt eines weiteren Verfah-
rens zur Herstellung des OPV-Moduls gemäß Fig. 1.

Die Fig. 1 und 2 zeigen ein organisches Halbleiterbauteil 2, das hier als OPV-Modul 2 ausgebildet ist, wobei Fig.1 deutlich dessen Mehrschichtaufbau zeigt. Das OPV-Modul 2 umfasst eine obere Elektrode 4, eine untere Elektrode 6 und eine zwischen den Elektroden 4, 6 angeordnete aktive Schicht 8. Diese steht hier insbesondere allgemein für einen funktionalen Schichtstapel, der zumindest eine aktive Schicht enthält, zusätzlich aber auch hier nicht dargestellte funktionale Schichten, wie beispielsweise Sperrschichten aufweisen kann.

Die obere Elektrode 4 ist in eine Anzahl von oberen Teilelektroden 4' unterteilt, das heißt in Abschnitte, die insbesondere elektrisch voneinander getrennt sind. Jede dieser oberen Teilelektroden 4' umfasst einen schmalen Sammelleiter 10, der beispielsweise aus Silber gefertigt ist und ein entsprechendes Gitter auf der Oberseite O des OPV-Moduls 2 bildet. Alternativ ist der Sammelleiter 10 kein separates Teil sondern ein Bestandteil der oberen Elektrode 4. Desweiteren umfasst jede der oberen Teilelektroden 4' einen im Vergleich zum Sammelleiter 10 breiten Flächenkontakt 12, der sich über einen vorgegebenen Abschnitt 8' der aktiven Schicht 8 erstreckt. Der Flächenkontakt 12 ist dabei beispielsweise als Gitterelektrode ausgebildet. Die untere Elektrode 6 ist mittels einer Anzahl von Isolationsstellen 14 in eine Anzahl von voneinander elektrisch getrennten, unteren Teilelektroden 6' unterteilt.

Jeweils eine der oberen Teilelektroden 4' bildet mit jeweils einer der unteren Teilelektroden 6' und einem Abschnitt 8' der aktiven Schicht 8 eine Zelle 16. Zur Verschaltung mehrerer Zellen 16 miteinander sind in die aktive Schicht 8 eine Anzahl von Durchkontaktierungen 18 eingebracht, die sich durch die gesamte aktive Schicht 8 und von der unteren Elektrode 6 zur oberen Elektrode 4 erstrecken. Dabei verbindet in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel jeweils eine Durchkontaktierung 18 die obere Teilelektrode 4' einer ersten Zelle 16 mit der unteren Teilelektrode 6' einer zur ersten Zelle 16 benachbarten zweiten Zelle 16. Auf diese Weise wird eine Serienschaltung ausgebildet. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich zwei oder mehr Zellen 16 parallel zu verschalten.

In Fig. 2 ist das OPV-Modul 2 gemäß Fig. 1 in Aufsicht dargestellt. Deutlich erkennbar sind die im Vergleich zu den Sammelleitern 10 breiten Flächenelektroden 12. Diese erstrecken sich hier insbesondere in Förderrichtung F einer hier nicht näher gezeigten Rollendruckanlage, die zur Fertigung des OPV-Moduls 2 dient. Alternativ liegt jedoch eine andere Ausrichtung vor. Die Durchkontaktierungen 18 sind hier insbesondere nicht durchgängig in Förderrichtung F ausgebildet, sondern lediglich abschnittsweise. In einer Variante des OPV-Moduls 2 sind die Durchkontaktierungen 18 jedoch durchgängig ausgeführt.

In den Fig. 3A bis C ist jeweils einen Verfahrensschritt eines Verfahrens zur Herstellung des OPV-Moduls 2 gemäß Fig. 1 gezeigt. Dabei wird in einem ersten, in der Fig. 3A dargestellten Schritt ein Halbzeug bereitgestellt, das die untere Elektrode 6 und die darauf aufgetragene aktive Schicht 8 umfasst. Auf eine genauere Darstellung der unteren Teilelektroden 6' ist hierbei verzichtet. Die aktive Schicht 8 ist allerdings flächig ausgebildet, das heißt durchgängig und nicht in voneinander isolierte Abschnitte unterteilt, wodurch die aktive Schicht 8 besonders einfach herstellbar ist. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist die aktive Schicht 8 aus den Polymeren P3HT und PCBM gefertigt, die untere Elektrode 6' aus einem transparenten, leitenden Metalloxid.

In einem zweiten Schritt wird eine Durchkontaktierung 18 aufgedruckt, wie in Fig. 3B dargestellt. Dazu wird in einem Druckbereich D mittels eines Druckerkopfes 20 eine Tinte 22 auf die aktive Schicht 8 gedruckt. Die Tinte 22 enthält insbesondere ein Lösungsmittel, das die aktive Schicht 8 im Druckbereich D auflöst und auf diese Weise die Ausbildung einer durch die aktive Schicht 8 hindurch reichenden Durchkontaktierung 18 ermöglicht. Diese ist somit insbesondere direkt mit der unteren Elektrode 6 verbunden. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel enthält die Tinte 22 als Lösungsmittel ein Gemisch aus Methanol und Anisol. In diesem Gemisch sind Silbercluster dispergiert als leitendes Material. Beim Einbringen der Tinte 22 wird nun eine Unterbrechung der aktiven Schicht 8 geschaffen und insbesondere gleichzeitig ein leitendes Material zur Herstellung der Durchkontaktierung 18 bereitgestellt. Durch das Aufdrucken, beispielsweise mittels eines Tintenstrahldruckverfahrens, auch als inkjet printing bezeichnet ist es insbesondere möglich eine Durchkontaktierung 18 mit besonders geringen Abmessungen zu erzeugen, beispielsweise einer Breite B von etwa 60 µm.

In einem dritten, in der Fig. 3C dargestellten Schritt wird die obere Elektrode 4 aufgetragen und mittels der Durchkontaktierung 18 mit der unteren Elektrode 6 verbunden. Bei entsprechender, hier allerdings nicht näher dargestellter Ausgestaltung der beiden Elektroden 4, 6 als eine Mehrzahl von Teilelektroden 4', 6' ist es dann möglich, mittels mehrerer Durchkontaktierungen 18 die Teilelektroden 4',

6' entsprechend den elektrischen Anforderungen an das OPV-Modul 2 zu verbinden. Zur Herstellung der oberen Elektrode 4 wird beispielsweise Silber aufgedampft. Alternativ ist es möglich, die obere Elektrode 4 insbesondere mittels eines Siebdruckverfahrens in einem geeigneten Gittermuster aufzudrucken.

In den Fig. 4A bis D ist jeweils ein Verfahrensschritt eines alternativen Verfahrens zur Herstellung des OPV-Moduls 2 gezeigt. Dabei wird zunächst, wie in Fig. 4A gezeigt, eine untere Elektrode 6, beispielsweise aus Indiumzinnoxid bereitgestellt, auf die direkt eine Anzahl von Durchkontaktierungen 18 aufgedruckt wird, beispielsweise mittels eines Siebdruckverfahrens. Die Durchkontaktierungen 18 bilden dann auf der unteren Elektrode 6 insbesondere eine freistehende Leiterstruktur 24. Nach dem Aufdrucken der Tinte 22 im Druckbereich D erfolgt geeigneterweise eine thermische Behandlung, beispielsweise ein Sinterprozess mittels dessen insbesondere die elektrische Leitfähigkeit der aufgedruckten Tinte 22 einstellbar ist.

Anschließend wird in einem zweiten Schritt die aktive Schicht 8 aufgetragen. Dies ist in Fig. 4B dargestellt. Dabei wird das zur Ausbildung der aktiven Schicht 8 verwendete Material flächig, das heißt insbesondere durchgängig aufgetragen. In Fig. 4C ist dann das Resultat eines dritten Schrittes gezeigt, in dem die aktive Schicht getrocknet wurde. Da die Lösung einen lediglich geringen Feststoffanteil aufweist, beispielsweise 1 bis 10 %, wird der aufgetragene Film durch Trocknen entsprechend stark reduziert. Beispielsweise ist der die aktive Schicht anfänglich als sogenannter Nassfilm etwa 1 bis 10 µm stark und nach dem Trocknen als sogenannter Trockenfilm lediglich etwa 50 bis 500 nm. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Durchkontaktierungen 18 zudem aus einem Material gefertigt, das von der aktiven Schicht 8 lediglich schlecht benetzbar ist. Es erfolgt demnach eine Entnetzung der Durchkontaktierungen 18 derart, dass diese zumindest teilweise freigelegt werden. Dadurch wird die in Fig. 4D gezeigte anschließende Kontaktierung mit der nun aufgebrachten oberen Elektrode 4 zusätzlich vereinfacht.

In Fig. 4C sind die aktive Schicht 8 und die Durchkontaktierungen 18 zwar gleich hoch, in einer alternativen Ausführung ist jedoch die aktive Schicht 8 derart dünner ausgebildet, dass die Durchkontaktierungen 18 hervorstehen. Dadurch wird insbesondere die anschließende Kontaktierung mit der oberen Elektrode 4 weiter vereinfacht. In einer geeigneten Ausführungsform umfasst die Tinte 22 eine Vielzahl von in einem Lösungsmittel dispergierten Partikeln, die jeweils aus einem leitenden Material gefertigt sind, beispielsweise Silbercluster, mit einem mittleren Durchmesser von etwa 500 nm. In einer Variante ist es dann möglich, die aktive Schicht 8 wie oben beschrieben lediglich mit einer Schichtdicke S aufzubringen, die geringer ist als der mittlere Durchmesser der Partikel. Insbesondere in Kombination mit der oben beschriebenen Entnetzung wird das Material der aktiven Schicht 8 dann von der aufgetragenen Leiterstruktur 24 verdrängt und sammelt sich auf der verbleibenden Fläche.

Grundsätzlich ist es möglich, dass zusätzlich zur aktiven Schicht 8 weitere funktionale Schichten zwischen den beiden Elektroden 4, 6 vorgesehen sind, wie bereits in der Einleitung erwähnt. Diese können dann ähnlich wie die aktive Schicht 8 aufgebracht werden. Zudem wird zweckmäßigerweise ein in den Fig. 1 bis 4 nicht dargestelltes Substrat verwendet, auf dem die Elektroden 4, 6 und die aktive Schicht 8 als Mehrschichtstapel nacheinander aufgedruckt werden.

Bezugszeichenliste

2	OPV-Modul
4	obere Elektrode
4'	obere Teilelektrode
6	untere Elektrode
6'	untere Teilelektrode
8	aktive Schicht
8'	Abschnitt (der aktiven Schicht)
10	Sammelleiter
12	Flächenkontakt
14	Isolationsstelle
16	Zelle
18	Durchkontaktierung
20	Druckerkopf
22	Tinte
24	Leiterstruktur
B	Breite (der Durchkontaktierung)
D	Druckbereich
F	Förderrichtung
S	Schichtdicke

Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines organischen Halbleiterbauteils (2), das als Mehrschichtstruktur gefertigt wird, umfassend eine obere Elektrode (4), eine untere Elektrode (6) und eine zwischen den Elektroden (4, 6) angeordnete aktive Schicht (8), wobei zur elektrischen Verbindung der beiden Elektroden (4, 6) eine Durchkontaktierung (18) ausgebildet wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Durchkontaktierung (18) durch eine leitfähige Tinte (22) ausgebildet wird, welche lediglich in einem für die Durchkontaktierung (18) vorgegebenen Druckbereich (D) aufgedruckt wird.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass das organische Halbleiterbauteil (2) ein OPV-Modul ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die aktive Schicht (8) im Druckbereich (D) flächig aufgebracht wird
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zunächst die aktive Schicht (8) durchgängig ausgebildet wird und zum Drucken der Durchkontaktierung (18) eine Tinte (22) verwendet wird, welche die aktive Schicht (8) im Druckbereich (D) durchdringt.

5. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum Durchdringen der aktiven Schicht (8) im Druckbereich (D) die Tinte (22) ein Lösungsmittel enthält.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass zunächst die Tinte (22) aufgedruckt und danach die aktive Schicht (8) flächig aufgebracht wird und diese im Druckbereich (D) von der Tinte (22) zur Ausbildung der Durchkontaktierung (18) verdrängt wird.
7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Tinte (22) vor dem Aufbringen der aktiven Schicht (8) thermisch behandelt wird.
8. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass beim Aufbringen der aktiven Schicht (8) im Druckbereich (D) eine Entnetzung erfolgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Tinte (22) eine Mehrzahl von Partikeln mit einer vorgegebenen mittleren Partikelgröße aufweist und die aktive Schicht (8) mit einer vorgegebenen Schichtdicke (S) aufgebracht wird, wobei die mittlere Partikelgröße größer ist als die Schichtdicke (S).
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Tinte (22) für die Durchkontaktierung (18) in einem von der Ausbildung der Elektroden (4, 6) separaten Verfahrensschritt aufgebracht wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Durchkontaktierung (18) aus einem anderen Material gefertigt wird
als die Elektroden (4, 6).
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass zusätzlich zur Durchkontaktierung (18) auch die beiden Elektroden (4,
6) und die aktive Schicht (8) jeweils mittels eines Druckverfahrens ausge-
bildet werden.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass dieses ein Rollenauftragverfahren ist.
14. Organisches Halbleiterbauteil (2), insbesondere OPV-Modul, das insbe-
sondere nach einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-
che hergestellt ist, wobei das Halbleiterbauteil (2) als Mehrschichtstruktur
gefertigt ist, umfassend eine obere Elektrode (4), eine untere Elektrode (6)
und eine zwischen den Elektroden (4, 6) angeordnete aktive Schicht (8),
wobei zur elektrischen Verbindung der beiden Elektroden (4, 6) eine
Durchkontaktierung (18) ausgebildet ist, die durch eine im Ausgangszu-
stand leitfähige Tinte (22) gebildet ist, welche lediglich in einem für die
Durchkontaktierung (18) vorgegebenen Druckbereich (D) aufgedruckt ist.
15. Organisches Halbleiterbauteil (2) nach dem vorhergehenden Anspruch,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Durchkontaktierung (18) eine Mehrzahl von Partikeln mit einer
vorgegebenen mittleren Partikelgröße aufweist und die aktive Schicht (8)
mit einer vorgegebenen Schichtdicke (S) aufgebracht wird, wobei die middle-
re Partikelgröße größer ist als die Schichtdicke (S).

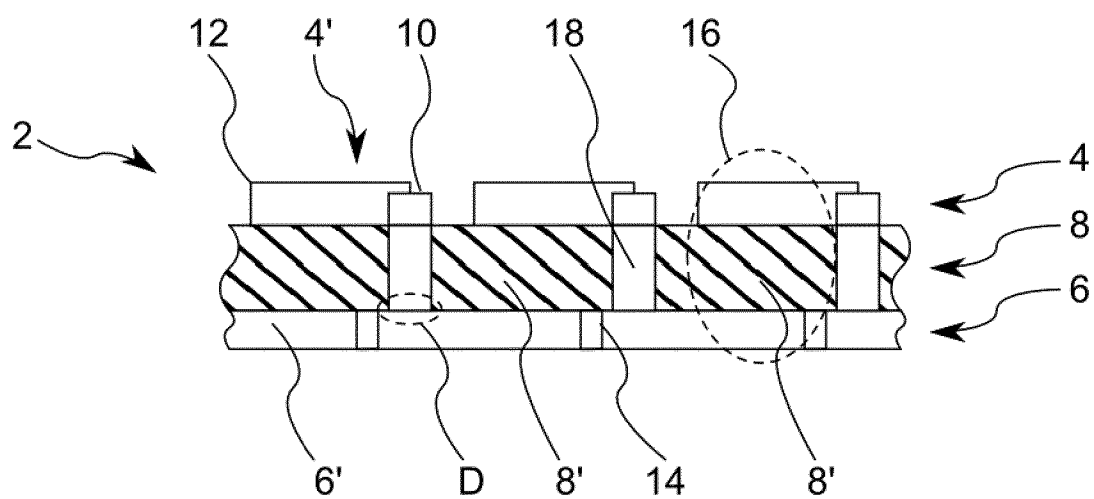


Fig. 1

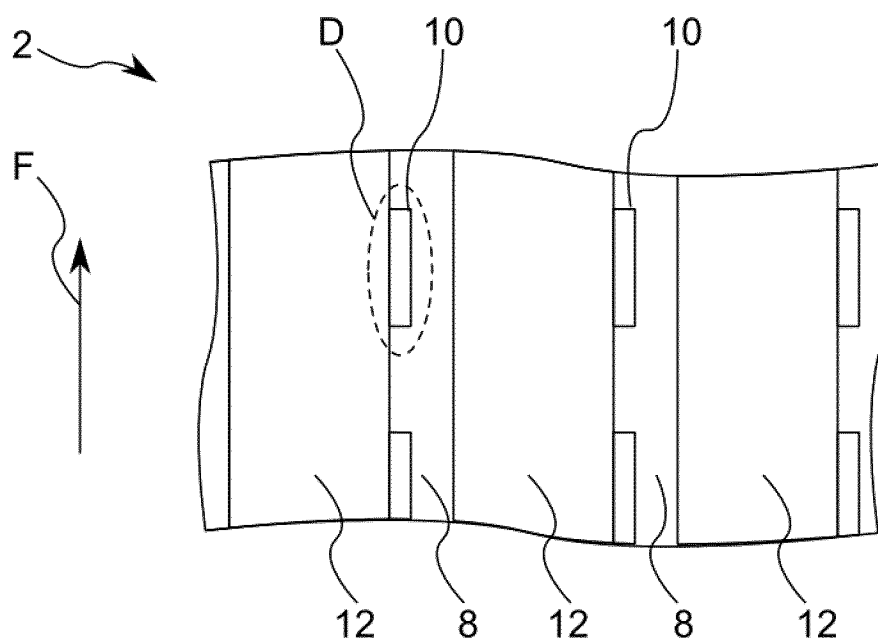


Fig. 2

2/3

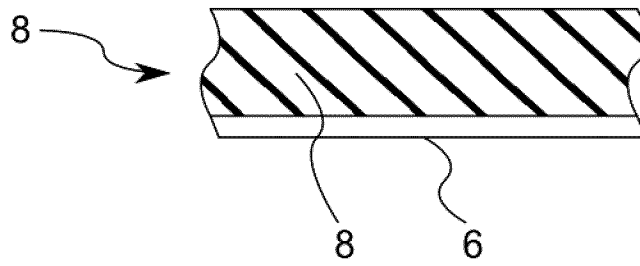


Fig. 3A

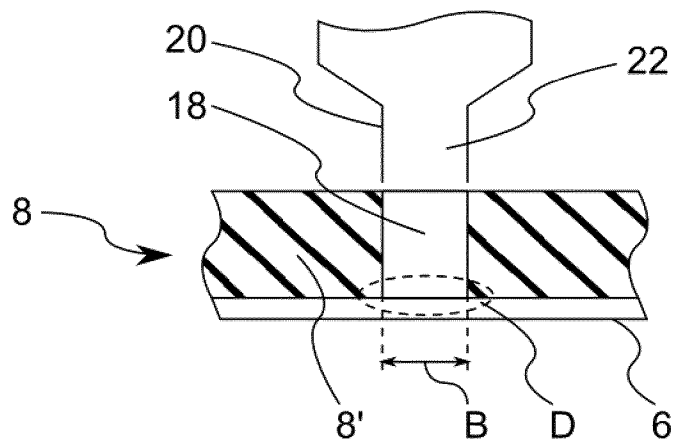


Fig. 3B

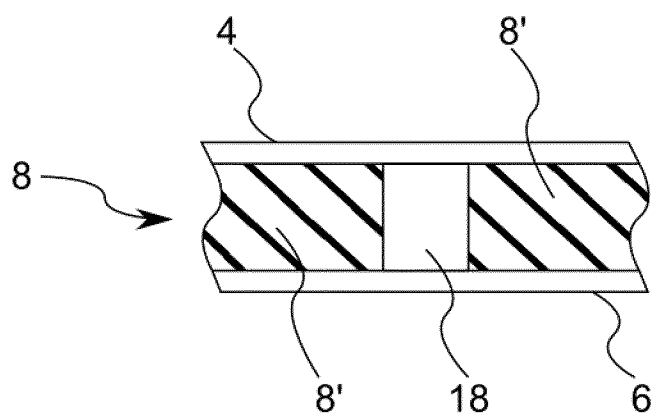


Fig. 3C

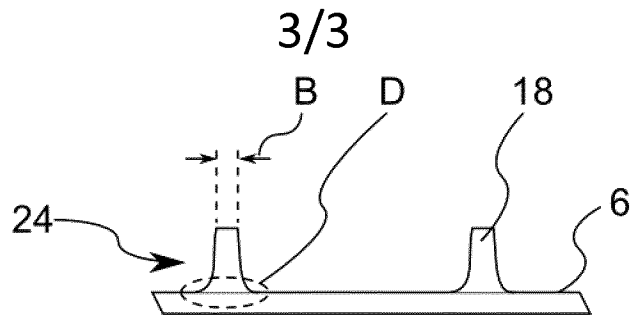


Fig. 4A

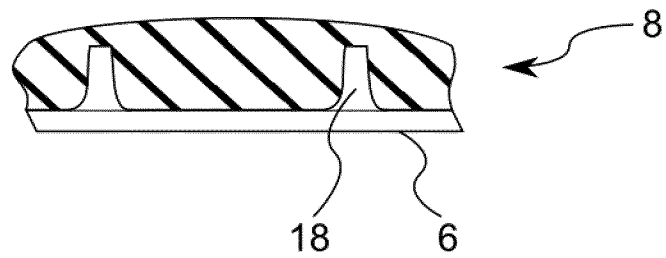


Fig. 4B

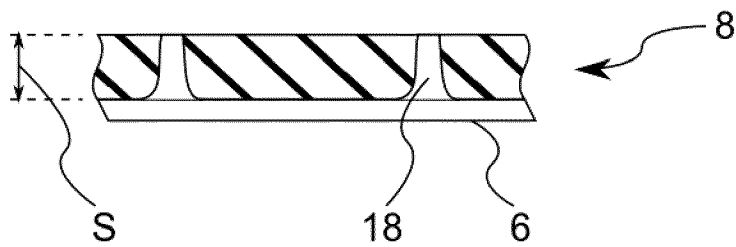


Fig. 4C

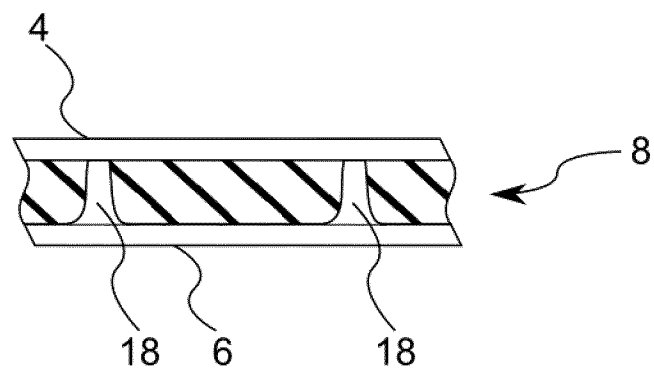


Fig. 4D