

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902097361A1

Publication Date

20140430

Applicant

EBFOIL S.R.L.

Title

METODO DI PRODUZIONE DI UN BACK-CONTACT BACK-SHEET PER
MODULI FOTOVOLTAICI

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale avente titolo
“METODO DI PRODUZIONE DI UN BACK-CONTACT
BACK-SHEET PER MODULI FOTOVOLTAICI” di EBFOIL

5 S.r.l., Via Luigi Carlo Farini 11, 40124, Bologna. Inventori
designati: Elisa BACCINI, Luigi MARRAS, Bruno BUCCI

CAMPO TECNICO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione riguarda il campo dei moduli
fotovoltaici. In particolare, la presente invenzione riguarda

10 back-contact back-sheet di nuova concezione per un modulo
fotovoltaico e metodi di produzione di tali back-contact back-
sheet. Ancora più in particolare, la presente invenzione
riguarda un metodo di produzione di un back-contact back-
sheet in cui viene praticata un'ablazione meccanica, ottenuta

15 per esempio mediante fresatura, al fine di formare il circuito
di collegamento nella faccia interna del back-contact back-
sheet. La presente invenzione riguarda inoltre un metodo di

20 produzione di un back-contact back-sheet in cui una tecnica
di ablazione viene impiegata al fine di aprire una pluralità di
finestre attraverso il substrato isolante del back-contact back-
sheet in modo da mettere in comunicazione il circuito di
collegamento con l'esterno del modulo fotovoltaico. Tale
tecnica di ablazione impiegata per l'apertura delle finestre
nel substrato isolante del back-contact back-sheet può

25 vantaggiosamente comprendere una fresatura meccanica.

STATO DELLA TECNICA

Le celle solari sono utilizzate per convertire la luce solare in energia elettrica per mezzo dell'effetto fotovoltaico. Le celle solari rappresentano, quindi, una delle fonti di energia alternativa più promettenti per sostituire i combustibili fossili. Le celle solari sono formate da materiali semiconduttori e vengono assemblate per formare i cosiddetti moduli fotovoltaici che, a loro volta, vengono raggruppati per formare gli impianti fotovoltaici tipicamente installati sui tetti di abitazioni o simili.

Per formare i moduli fotovoltaici, gruppi di celle solari sono tipicamente incapsulati per mezzo di un materiale incapsulante, come ad esempio una miscela di polietilene (PE) con un contenuto variabile di vinil acetato (VA), comunemente denominata EVA. Il materiale incapsulante racchiudente le celle solari viene quindi inserito tra uno strato di superficie ed una base o back-sheet in modo da completare il modulo fotovoltaico. Lo strato di superficie, o superficie principale del modulo, tipicamente realizzato in vetro, copre la superficie del modulo esposta al sole e permette alla luce solare di raggiungere le celle. Il back-sheet, d'altro canto, esegue una molteplicità di compiti. Esso assicura protezione per il materiale incapsulante e per le celle solari da agenti ambientali, impedendo al contempo l'ossidazione dei collegamenti elettrici. In particolare, il

back-sheet impedisce che umidità, ossigeno ed altri fattori legati alle condizioni atmosferiche danneggino il materiale encapsulante, le celle ed i collegamenti elettrici. Il back-sheet fornisce anche isolamento elettrico per le celle ed i 5 corrispondenti circuiti elettrici. Inoltre, il back-sheet deve presentare alta opacità per scopi estetici e alta riflettività nella parte orientata verso il sole per scopi funzionali.

Il collegamento elettrico nei moduli fotovoltaici comprendenti celle solari tradizionali avviene sia sul lato 10 anteriore che su quello posteriore della cella, creando problemi di ombreggiatura. In particolare l'elettrodo anteriore, cioè l'elettrodo esposto alla radiazione luminosa, viene contattato elettricamente attraverso una tecnica chiamata "H-patterning" che crea problemi di 15 ombreggiamento della superficie esposta alla radiazione luminosa, dovuti alla presenza di tracce metalliche che schermano la luce incidente sulla superficie anteriore della cella. I contatti elettrici tradizionali portano pertanto ad una riduzione dell'efficienza delle celle e dei moduli solari.

20 Le celle contattate posteriormente (back contact cells) sono una nuova, più efficiente ed economica generazione di celle fotovoltaiche in cui i contatti con entrambi gli elettrodi della cella vengono trasferiti sul lato posteriore della cella, cioè sul lato non esposto alla radiazione luminosa. Un tipo di cella 25 contattata posteriormente particolarmente efficiente e

conveniente da realizzare è dato dalle celle del tipo Metallization Wrap Through (MWT), in cui il contatto all'elettrodo anteriore viene trasferito sul lato posteriore della cella tramite un foro passante praticato attraverso lo 5 spessore del substrato semiconduttivo.

Le celle contattate posteriormente pongono nuovi problemi tecnologici riguardanti la progettazione e la struttura dei moduli destinati ad accoglierle. Per esempio, il back-sheet deve essere concepito in modo da supportare un circuito di 10 collegamento che viene posto in contatto elettrico con i contatti ohmici sul lato posteriore della cella. Tali contatti ohmici sono collegati ad entrambi gli elettrodi (base ed emettitore). Una delle soluzioni elaborate al fine di far fronte a questo problema è il cosiddetto back-contact back-sheet, 15 un'evoluzione del back-sheet tradizionale in cui il circuito di collegamento è realizzato direttamente sulla faccia del backsheet rivolta verso la cella.

Nella figura 1 è mostrata la struttura di un modulo 20 fotovoltaico comprendente celle solari contattate posteriormente. La cella solare 600 contattata posteriormente è posta tra uno strato di materiale incapsulante superiore 450 e uno strato di materiale incapsulante inferiore 400. La cella 600 e gli strati 400 e 450 di materiale incapsulante sono poi racchiusi fra uno strato superficiale 800 tipicamente 25 realizzato in vetro o in un materiale trasparente e

antiriflettente e il back-sheet 200, che può essere un back-contact back-sheet. Nella figura 1 sono visibili le piste di materiale conduttivo costituenti il circuito di collegamento 220c agli elettrodi delle celle solari. Se il back-sheet 200 è 5 un back-contact back-sheet, il circuito di collegamento 220c è formato direttamente sulla superficie del substrato sottostante ed è fermamente fissato ad esso.

Il circuito di collegamento 220c è impiegato al fine di assicurare il contatto elettrico con entrambi gli elettrodi, cioè 10 con la base e l'emettitore, della cella solare 600. In particolare, le piste o tracce di materiale conduttivo presentano delle piazzole o pad 222, che segnano i punti del circuito di collegamento da porre in collegamento elettrico con un contatto ad uno degli elettrodi formato sulla superficie 15 della cella 600.

L'assemblaggio di un modulo fotovoltaico del tipo di quello illustrato nella figura 1 avviene tipicamente secondo il procedimento descritto di seguito.

Lo strato di materiale incapsulante inferiore 400, forato in modo che i fori praticati nello strato di materiale incapsulante inferiore 400 corrispondano alle aree in cui sono disposte le piazzole 222 per il contatto con gli elettrodi, viene posto sopra la faccia interna del back-sheet o al back-contact back-sheet 200, cioè la faccia del back-sheet o del back-contact back-sheet 200 esposta verso l'interno del

modulo fotovoltaico. Durante l'applicazione dello strato di materiale incapsulante inferiore 400, il foglio di materiale incapsulante è allineato al back-sheet o back-contact back-sheet in modo che i fori dello strato di materiale incapsulante inferiore 400 corrispondano o siano allineati alle piazzole 222.

5

Un grumo o una goccia di materiale conduttivo all'elettricità, quale ad esempio una pasta conduttiva del tipo noto come "Electrically Conductive Adhesive" (ECA), viene quindi 10 depositato sulle piazzole 222 delle piste conduttrive del circuito di collegamento 220c.

Successivamente, le celle 600 da incorporare nel modulo vengono poste sullo strato di materiale incapsulante inferiore 400 in modo che ciascun elemento di contatto con gli 15 elettrodi formato sulla superficie posteriore della cella venga a contatto con un grumo di pasta conduttiva applicato su una delle piazzole 222 ed esposto al contatto con le celle 600 attraverso uno dei fori praticati sullo strato di materiale incapsulante inferiore 400. Lo strato di materiale 20 incapsulante superiore 450 viene poi posto sulla superficie superiore della cella 600, opposta alla superficie posteriore a contatto con la pasta conduttiva applicata sulle piazzole 222. Infine uno strato di materiale trasparente e antiriflettente 800 viene posto sopra lo strato di materiale incapsulante 25 superiore 450.

Una volta che la struttura sia stata preparata come appena descritto, essa viene capovolta e quindi laminata sotto vuoto ad una temperatura compresa tra 145 °C e 165 °C per un tempo variabile tra 8 e 18 minuti.

5 La figura 2a mostra la struttura del modulo prima del processo di laminazione. I componenti del modulo, impilati come descritto precedentemente, sono singolarmente distinguibili. In particolare la figura 2a mostra una pila comprendente, partendo dal basso e andando verso l'alto della 10 figura, il back-sheet o back-contact back-sheet 200 con le piazzole conduttrive 222 su cui è stata apposta la pasta conduttriva 300, lo strato di materiale incapsulante inferiore 400, le celle 600, lo strato di materiale incapsulante superiore 450 e lo strato superficiale 800. Il collegamento elettrico agli 15 elettrodi (base ed emettitore) della cella 600 è assicurato dai punti di contatto 620 e 640 posti sul lato posteriore della cella 600, cioè sul lato esposto verso il circuito di collegamento 220c e il backsheet 200. I punti di contatto 620 e 640 possono essere collegati, rispettivamente, all'elettrodo 20 positivo e all'elettrodo negativo della cella fotovoltaica.

La figura 2b mostra schematicamente la struttura del modulo dopo il processo di laminazione. Nella prima fase della laminazione, la struttura viene posta in una camera a vuoto da cui l'aria viene evacuata mediante pompe. Sulla struttura 25 viene quindi applicata una pressione tale da compattare i

diversi strati di cui la struttura del modulo è composta, mantenendo nel contempo il vuoto nell'area in cui il modulo è localizzato. L'intero ciclo ha preferibilmente durata totale inferiore a 18 minuti. Il ciclo avviene preferibilmente ad una 5 temperatura compresa tra 140 °C e 165 °C.

La laminazione produce l'indurimento della pasta conduttiva 300 tramite la sua polimerizzazione, causando in tal modo il fissaggio delle celle 600 al back-sheet o backcontact-backsheet 200. Inoltre, il processo di laminazione ha anche il 10 compito di far fondere e successivamente polimerizzare gli strati di materiale incapsulante superiore 450 e inferiore 400.

Una volta che il modulo fotovoltaico sia stato assemblato impiegando il procedimento appena descritto, si applicano dei terminali di interconnessione, o busbar, tra il modulo 15 assemblato e gli altri moduli presenti nell'impianto fotovoltaico. A questo scopo, si praticano dei fori o "finestre" nella faccia del substrato isolante del back-sheet o del back-contact back-sheet esposta verso il lato-aria. Tali fori attraversano l'intero spessore del substrato isolante del 20 back-sheet o del back-contact back-sheet fino a raggiungere la superficie inferiore del circuito di collegamento rivolta verso il substrato isolante del back-sheet su cui il circuito di collegamento è applicato. I fori o finestre lasciano così la superficie inferiore del circuito di collegamento esposta verso 25 il lato-aria del modulo fotovoltaico e devono essere

5 posizionati opportunamente per consentire l'accesso al circuito di collegamento in posizioni volute. Le finestre aperte sono generalmente in numero di quattro: una per l'ingresso, una per l'uscita, e le due rimanenti per permettere il collegamento a più rispettivi diodi di bypass.

10 Si introduce poi in ciascuna finestra un rispettivo elemento o terminale di interconnessione (busbar). Una porzione di ciascun busbar viene poi fissata mediante saldatura alla superficie del circuito di collegamento lasciata esposta dal foro praticato nel substrato del back-sheet o back-contact back-sheet.

15 Si fa osservare che il back-sheet o back-contact back-sheet 200 rappresenta la base della pila di componenti rappresentata nelle figure 1, 2a e 2b. Affinché tutti i componenti del modulo fotovoltaico si possano impilare e assemblare efficacemente mediante la laminazione, è essenziale che il back-sheet o back-contact back-sheet 200 abbia caratteristiche di planarità più spiccate possibile. Eventuali curvature del back-sheet o back-contact back-sheet 200 avrebbero infatti conseguenze negative sulla stabilità della pila di elementi (strato di materiale incapsulante inferiore 400, celle 600, strato di materiale incapsulante superiore 450, strato superficiale protettivo 800) formata sopra di esso. Inoltre, se il back-sheet o back-contact back-sheet 200 fosse 25 incurvato, si potrebbero creare tensioni lungo la superficie e

all'interno delle celle solari 600 oppure dello strato protettivo superiore 800 che, in genere, non sono flessibili.

Tradizionalmente, il back-contact back-sheet si produce realizzando il substrato isolante 200 e applicando

5 successivamente alla sua superficie interna il circuito di collegamento 220c. In genere, si fissa un foglio di materiale conduttivo elettrico continuo e privo di canali o meandri alla superficie interna del substrato 200, dopodiché si forma il circuito di collegamento 220c.

10 La lavorazione dello strato pieno e continuo di materiale conduttivo elettrico comprende tipicamente un processo di definizione basato su una tecnica fotolitografica, seguito da un attacco chimico (etching). Ora, l'etching chimico delle parti dello strato conduttivo da asportare si esegue tipicamente a temperature comprese tra 40 °C e 60 °C e, comunque, a temperature decisamente superiori alla temperatura ambiente. La temperatura a cui si esegue l'etching deve essere tanto più alta quanto più si desidera aumentare il tasso di produzione.

15 Tuttavia, a causa della dilatazione termica e, in particolare, a causa dei differenziali dei coefficienti di dilatazione tra i diversi strati, le alte temperature impiegate durante l'attacco chimico provocano in genere deformazioni del back-contact back-sheet con conseguente perdita di planarità. Questo 20 compromette la qualità e l'affidabilità del back-contact back-

sheet prodotto secondo il metodo tradizionale.

In vista dei problemi citati e degli svantaggi precedentemente descritti, un oggetto della presente invenzione è quello di fornire un metodo per la realizzazione di un back-contact back-sheet in cui il circuito di collegamento sia formato in modo preciso, efficiente e veloce, evitando così i problemi sopra accennati legati alle tecniche note.

BREVE DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE

Secondo la presente invenzione, è provvisto un metodo di produzione di un back-contact back-sheet per un modulo fotovoltaico basato sul concetto nuovo ed inventivo che il circuito di collegamento agli elettrodi delle celle solari può essere formato mediante una tecnica eseguita a freddo. In particolare, al fine di formare il circuito di collegamento, la presente invenzione propone di impiegare una tecnica di ablazione meccanica o fresatura di uno strato di materiale conduttivo elettrico saldamente fissato alla faccia interna del supporto del back-contact back-sheet ed inizialmente continuo. Tale tecnica è indicata dal momento che la quantità di materiale da asportare dallo strato conduttivo è inferiore alla quantità di materiale rimanente nello strato conduttivo una volta che il circuito di collegamento sia stato formato. Inoltre, la fresatura non causa un riscaldamento eccessivo dello strato di materiale conduttivo lavorato.

Sulla base di queste considerazioni si propone il metodo di

produzione di un back-contact back-sheet per moduli fotovoltaici secondo la rivendicazione principale 1.

Forme di realizzazione preferite della presente invenzione sono fornite dalle rivendicazioni dipendenti e dalla 5 descrizione seguente.

Secondo una forma di realizzazione della presente invenzione si possono realizzare mediante ablazione meccanica o fresatura una pluralità di finestre nel substrato del back-contact back-sheet in modo da mettere il circuito di collegamento in comunicazione con l'esterno. Ciò è vantaggioso in quanto la stessa macchina fresatrice o, in genere, lo stesso apparato di fresatura si può utilizzare per la lavorazione dello strato conduttivo al fine di formare il circuito di collegamento e per l'apertura delle finestre. In tal modo si possono definire nell'apparato di fresatura o nel foglio da lavorare riferimenti relativi di posizione che permettono di aprire le finestre nel substrato del back-contact back-sheet nelle posizioni volute.

Secondo una forma di realizzazione, le finestre nel substrato vengono aperte prima che il back-contact back-sheet venga assemblato nel modulo fotovoltaico. Ciò rende l'operazione di apertura più agevole che se fosse eseguita sul modulo fotovoltaico finito e assemblato.

Secondo una forma di realizzazione, i fori o finestre vengono praticati nel substrato prima della fresatura dello strato di

materiale conduttivo elettrico eseguita al fine di formare il circuito di collegamento. Secondo una forma di realizzazione alternativa, i fori o finestre vengono praticati nel substrato dopo la fresatura dello strato di materiale conduttivo 5 elettrico.

Secondo una ulteriore forma di realizzazione della presente invenzione si possono applicare al circuito di collegamento i busbar di interconnessione agli altri moduli fotovoltaici dopo aver aperto le finestre nel substrato del back-contact back-sheet 10 e prima di aver assemblato il back-contact back-sheet nel modulo fotovoltaico. Ciò è vantaggioso in quanto permette di utilizzare una tecnica di saldatura a caldo per fissare i busbar al circuito di collegamento.

BREVE DESCRIZIONE DELLE FIGURE

15 Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione appariranno più chiari dalla descrizione seguente delle forme di realizzazione del dispositivo secondo la presente invenzione rappresentate nelle tavole di disegno. Nelle tavole di disegno parti identiche e/o simili e/o corrispondenti 20 sono identificate dagli stessi numeri o lettere di riferimento.

In particolare, nelle figure:

Figura 1 mostra una vista esplosa di una porzione di un modulo fotovoltaico comprendente celle contattate posteriormente;

25 Figura 2a mostra la struttura di un modulo fotovoltaico del

tipo mostrato nella Figura 1 precedentemente al processo di laminazione;

Figura 2b mostra la struttura di un modulo fotovoltaico del tipo mostrato nella Figura 1 successivamente al processo di

5 laminazione;

Figura 3 mostra una sezione trasversale di un back-contact back-sheet realizzato seguendo il metodo secondo una forma di realizzazione della presente invenzione;

Figura 4 mostra una sezione trasversale di un back-contact

10 back-sheet realizzato seguendo il metodo secondo una ulteriore forma di realizzazione della presente invenzione;

Figura 5 mostra una sezione trasversale di un back-contact back-sheet realizzato seguendo il metodo secondo una ulteriore forma di realizzazione della presente invenzione, in

15 cui il substrato comprende una pluralità di finestre che mettono in comunicazione il circuito di collegamento con l'esterno del modulo fotovoltaico.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA

Nel seguito, la presente invenzione verrà descritta con

20 riferimento a particolari forme di realizzazione come mostrato nelle figure indicate. Tuttavia, la presente invenzione non è limitata alle forme di realizzazione particolari descritte nella seguente descrizione dettagliata e mostrate nelle figure ma, piuttosto, le forme di realizzazione 25 descritte mostrano semplicemente diversi aspetti della

presente invenzione il cui ambito e la cui portata sono definiti dalle rivendicazioni.

Ulteriori modifiche e variazioni della presente invenzione saranno chiare per la persona del mestiere. Di conseguenza,

5 la presente descrizione deve essere considerata come comprendente tutte le modifiche e/o variazioni della presente invenzione, il cui ambito di protezione è definito dalle rivendicazioni.

Nel seguito le espressioni “al di sopra di” o “al di sotto di” si

10 intendono sempre riferite ad un immaginario piano del suolo.

Con l'espressione “punto A al di sopra (al di sotto) del punto B”, si intende qui esprimere il concetto che la distanza del punto A dal piano del suolo è maggiore (minore) della distanza del punto B dal piano del suolo. In modo analogo, ci 15 si riferirà ad una direzione “orizzontale” (“verticale”) nel caso di una direzione sostanzialmente parallela (ortogonale) al piano del suolo.

Come in precedenza accennato, la produzione di un back-

contact back-sheet comprende la realizzazione di un substrato

20 isolante, l'applicazione di uno strato conduttivo elettrico alla faccia interna del substrato isolante e la lavorazione dello strato di materiale conduttivo al fine di formare in esso il circuito di collegamento.

Un esempio di un back-contact back-sheet è mostrato nella

25 figura 3. In generale, i back-contact back-sheet prodotti

seguendo il metodo secondo la presente invenzione sono stati descritti, ad esempio, nelle domande precedenti di brevetto italiano a cui sono stati assegnati i numeri di deposito, rispettivamente, di VI2012A000132 e VI2012A000264.

5 Il lato-aria del modulo fotovoltaico è quello posto in basso, al di sotto del back-contact back-sheet 200 illustrato nella figura 3.

Il back-contact back-sheet 200 comprende una faccia esterna 200of rivolta verso il lato-aria del modulo fotovoltaico e una 10 faccia interna 200if opposta alla faccia esterna ed esposta verso l'interno del modulo fotovoltaico.

Il back-contact back-sheet 200 comprende inoltre un complesso o substrato isolante 210 esposto al lato-aria del modulo fotovoltaico e uno strato di materiale conduttivo 15 elettrico 220.

Il metodo secondo la presente invenzione prevede inizialmente la realizzazione del substrato isolante 210.

Il substrato 210 isolante ha una superficie esterna 210os rivolta verso il lato-aria del modulo fotovoltaico e sostanzialmente coincidente con la faccia esterna 200of del back-contact back-sheet 200. Inoltre, il substrato isolante 210 ha una superficie interna 210is opposta alla superficie esterna 210os e rivolta verso l'interno del modulo fotovoltaico.

Nella realizzazione del back-contact back-sheet mostrata 25 nella figura 3, il substrato isolante 210 comprende un primo

strato isolante 212, uno strato intermedio 214 e un secondo strato isolante 216.

Secondo il metodo secondo la presente invenzione, si realizza inizialmente il primo strato isolante 212 che presenta una 5 superficie esposta verso il lato-aria del modulo fotovoltaico sostanzialmente coincidente con la superficie esterna 210os del substrato 210. Il primo strato isolante 212 è impiegato come barriera contro umidità, raggi UV, ossigeno e agenti esterni che potrebbero penetrare nel modulo e danneggiarne 10 alcune delle parti componenti o fare degradare l'adesivo di natura poliuretanica o poliestere ingiallendolo. Il primo strato isolante 212 può comprendere un polimero quale polivinilfluoruro (PVF), polivinildenfluoruro (PVDF), polietilene tereftalato (PET) o altri polimeri. Il primo strato 15 isolante 212 può altresì comprendere altri materiali noti nello stato della tecnica. Il primo strato isolante 212 può essere realizzato in modo da avere uno spessore di approssimativamente 25-75 μm o superiore.

Sulla superficie interna del primo strato isolante 212 opposta 20 alla superficie esposta al lato-aria si applica poi lo strato intermedio 214, che funge da barriera contro l'umidità e il vapore acqueo. Lo strato intermedio 214 è realizzato tipicamente in un materiale non trasparente al vapore acqueo, per esempio alluminio. Tale strato intermedio 214 ha uno spessore compreso preferibilmente tra 8 e 25 μm . Lo strato 25

intermedio 214 si può applicare al primo strato isolante per esempio mediante l'uso di un adesivo.

In alcune forme di realizzazione lo strato intermedio 214 può essere anche omesso.

- 5 Sulla superficie interna dello strato intermedio 214, opposta alla superficie con rivolta verso il primo strato isolante 212, è poi applicato il secondo strato isolante 216, che funge da isolante elettrico e da ulteriore barriera. Il secondo strato isolante 216 comprende tipicamente un polimero quale, ad esempio, polietilene tereftalato (PET), polietilene (PE), polivinilfluoruro (PVF), polivinildenfluoruro (PVDF), polietilene naftalato (PEN), poliammide (PI) o simili. Il secondo strato isolante 216 può avere uno spessore compreso nell'intervallo tra 125 e 350 μm oppure superiore.
- 10
- 15 In realizzazioni alternative del back-contact back-sheet non mostrate nelle figure, il substrato isolante 210 viene realizzato in modo da comprendere soltanto un primo strato isolante 212 e un secondo strato isolante 216, applicato direttamente sulla superficie interna del primo strato isolante 212, senza la presenza dello strato intermedio 214. Inoltre, come mostrato nella figura 5, è possibile realizzare back-contact back-sheet in cui il substrato isolante 210 sia composto da un unico strato comprendente, per esempio, uno o più polimeri quali PET, PE, PVF, PVDF, PEN, PI, simili polimeri e combinazioni dei precedenti.
- 20
- 25

Secondo un'ulteriore forma di realizzazione del metodo secondo la presente invenzione schematicamente illustrata nella figura 4, il substrato 210 del back-contact back-sheet 200 viene realizzato in modo da comprendere una porzione isolante 211 e uno strato primer 218 applicato alla porzione isolante 211. Lo strato primer 218 e la porzione isolante 211 del substrato 210 sono stati descritti nella precedente domanda italiana di brevetto a cui è stato assegnato il numero di deposito VI2012A000264. Di seguito, si daranno solo alcune indicazioni sommarie di questa forma di realizzazione.

La porzione isolante 211 del substrato 210 comprende una faccia inferiore 211lf esposta verso il lato-aria del modulo fotovoltaico e sostanzialmente coincidente con la superficie esterna 210os del substrato 210 e, quindi, con la faccia esterna 200of del back-contact back-sheet. La porzione isolante 211 comprende poi una faccia superiore opposta alla faccia inferiore 211lf. La porzione isolante 211 può essere realizzata in ciascuno dei diversi modi in cui si realizza il substrato 210 secondo le forme di realizzazione precedentemente descritte.

In particolare, secondo la forma di realizzazione mostrata nella figura 4, la porzione isolante comprende un primo strato isolante 212, uno strato intermedio 214 e un secondo strato isolante 216. Gli strati 212, 214 e 216 secondo la forma di realizzazione mostrata nella figura 4 hanno caratteristiche e

funzionalità analoghi o identici agli strati, rispettivamente, 212, 214 e 216 descritti con riferimento alla forma di realizzazione mostrata nella figura 3. Analogamente a quanto precedentemente detto a proposito della forma di 5 realizzazione della figura 3, secondo altre forme di realizzazione la porzione isolante può comprendere il primo strato isolante 212 e il secondo strato isolante 216 direttamente applicato sul primo strato isolante, senza la presenza dello strato intermedio 214. In alternativa, la 10 porzione isolante 211 può comprendere un unico strato. L'unico strato o uno o più di uno dei molteplici strati di cui è composta la porzione isolante 211 possono comprendere uno o più polimeri quali, ad esempio, PET, PE, PVF, PVDF, PEN, PI, simili polimeri e combinazioni dei materiali precedenti.

15 Lo strato primer 218 è applicato alla faccia superiore della porzione isolante 211 opposta alla faccia esterna 211lf, in modo tale che la faccia interna dello strato primer 218 opposta alla faccia rivolta verso la porzione isolante 211 coincide sostanzialmente con la superficie interna 210is del substrato 210. Quando il back-contact back-sheet sarà stato 20 ultimato, lo strato primer 218 sarà posto tra la porzione isolante inferiore del substrato 210 e lo strato di materiale conduttivo 220 in cui sarà stato formato il circuito di collegamento 220c.

25 Lo strato primer può essere depositato per extrusion coating

sulla faccia superiore della porzione isolante inferiore oppure può essere fissato mediante l'uso di un sistema adesivo.

Lo strato primer 218 ha uno spessore compreso tra 50 e 350 μm e, preferibilmente, tra 50 e 150 μm .

5 Lo strato primer 218 svolge il compito principale di assicurare una adesione migliorata della faccia interna 200if del back-contact back-sheet con i fogli di materiale encapsulante 400 e 450 mostrati nella figura 1 e/o con uno strato di materiale termoadesivo che vi debbano essere
10 applicati. Tale adesione è raggiunta in seguito al processo di laminazione del modulo fotovoltaico descritto in precedenza con riferimento alle figure 1, 2a e 2b.

La temperatura di laminazione causa la fusione dei materiali encapsulanti o termoadesivi di cui sono composti lo strato
15 encapsulante 400 o lo strato inferiore della struttura multistrati posti a contatto con la faccia interna 200if del backcontact-backsheet. Secondo la forma di realizzazione mostrata nella figura 4, oltre alla superficie metallica dello strato conduttivo elettrico 220, la faccia interna 200if del
20 backcontact-backsheet secondo la presente invenzione comprende la superficie dello strato primer 218 lasciata esposta dal circuito di collegamento 220c. Pertanto, durante la laminazione, lo strato di materiale encapsulante o termoadesivo parzialmente fuso entra in contatto con lo strato primer 218. Il materiale o la miscela di materiali di cui lo
25

strato primer 218 è composto sono tali da fondere parzialmente o rammollire durante il processo di laminazione. Ora, lo strato primer 218 comprende uno o più materiali “compatibili” e “chimicamente affini” ai materiali 5 incapsulanti o termoplastici dello strato posto al di sopra del back-contact back-sheet. Pertanto, quando il sistema si sarà raffreddato successivamente alla laminazione, lo strato incapsulante 400 oppure la struttura multistrati aderiranno saldamente non solo alla superficie del circuito di 10 collegamento 220c, ma anche alla porzione dello strato primer 218 lasciata esposta dal circuito di collegamento 220c. La laminazione causa pertanto una perfetta adesione tra lo strato primer 218 e lo strato superiore incapsulante o termoadesivo con la conseguenza che tutti gli elementi 15 conduttori sono perfettamente inglobati nella e fissati alla faccia interna 200if del back-contact back-sheet.

Lo strato primer 218 comprende quindi materiali che siano chimicamente affini e, comunque, funzionalmente affini ai materiali di cui sono composti gli strati di materiale 20 incapsulante 400 e 450. Lo strato primer 218 può quindi comprendere EVA (per esempio EVA con un contenuto di vinil acetato variabile tra 3% e 5%), polietilene lineare a bassa densità (LLDPE), polietilene lineare ad alta densità (LHDPE), poliolefine o combinazioni degli stessi. In 25 alternativa, lo strato primer può comprendere uno o più

materiali termoadesivi. Per esempio, lo strato primer può comprendere almeno uno dei materiali termoadesivi seguenti: copolimeri acrilici o poliuretani caricati con additivi, terpolimeri acrilici graffati con anidride maleica.

5 Una volta realizzato il substrato 210, sulla sua superficie interna 210is, opposta alla superficie esterna 210os esposta verso il lato-aria, viene poi applicato uno strato di materiale conduttivo elettrico 220 in modo che lo strato 220 sia fissato saldamente alla superficie interna 201is del substrato isolante
10 210.

Lo strato di materiale conduttivo elettrico può essere fissato alla superficie interna 210is del substrato 210 mediante l'uso di adesivi. Se la superficie interna 210is del substrato 210 comprende un materiale termoadesivo, come per esempio nel
15 caso di una delle forme di realizzazione descritte con riferimento alla figura 4, allora lo strato di materiale conduttivo elettrico 220 si può applicare alla superficie interna 210is e fissare ad essa semplicemente scaldando il sistema in modo da attivare la funzione adesiva del materiale
20 termoadesivo. Per esempio, il sistema si può scaldare a temperature che vanno da 80 °C a 140 °C al fine di fissare lo strato 220 alla superficie interna 201is del substrato 210 comprendente un materiale termoadesivo.

Lo strato conduttivo 220 può avere uno spessore
25 approssimativamente compreso tra 25 e 70 µm. Lo strato di

materiale conduttivo 220 comprende un metallo ad alta conducibilità elettrica quale ad esempio rame oppure alluminio.

Lo strato di materiale conduttivo 220, al momento 5 dell'applicazione sulla superficie interna 210is del substrato 210, è generalmente sotto forma di un foglio pieno e continuo e la sua superficie laterale non presenta canali, né rientranze, né meandri. Lo strato di materiale conduttivo 220 viene successivamente lavorato in modo da formare un motivo 10 comprendente per esempio elementi di forma allungata quali tracce, piste, percorsi, ecc. Tale motivo forma il circuito di collegamento 220c con gli elettrodi delle celle solari.

Secondo una forma di realizzazione della presente invenzione, quando il foglio di materiale conduttivo elettrico 15 220 viene applicato al substrato 210, preferibilmente sotto forma di foglio omogeneo e continuo, senza che la sua superficie laterale definisca rientranze né meandri, il foglio 220 e il substrato 210 hanno dimensioni laterali leggermente superiori rispetto alle dimensioni del prodotto finito.

20 Tipicamente, le dimensioni laterali finali del prodotto sono di circa 1050 mm (larghezza) x 1650 mm (lunghezza).

Secondo una forma di realizzazione, le dimensioni laterali del substrato 210 e del foglio di materiale conduttivo 220 precedentemente alla lavorazione del foglio metallico 220 25 sono di 1100 mm x 1700 mm. Secondo tale forma di

realizzazione, l'applicazione del foglio conduttivo 220 al substrato 210 viene eseguita preferibilmente mediante un processo del tipo roll-to-roll. Pertanto, una delle dimensioni (larghezza) del complesso comprendente il substrato 210 e il 5 foglio conduttivo 220 applicato al substrato 210 corrisponde alla larghezza dei rotoli usati nel processo.

Generalmente, il circuito di collegamento 220c viene formato nello strato di materiale conduttivo 220 per mezzo di una delle tecniche comunemente usate per la produzione di 10 circuiti stampati. Per esempio, il circuito di collegamento viene formato nello strato conduttivo 220 per mezzo di una tecnica litografica ottica, in cui uno strato di photoresist viene uniformemente applicato alla superficie dello strato conduttivo 220, esposto secondo il motivo da riprodurre e 15 quindi sviluppato. La superficie comprendente il photoresist sviluppato è quindi sottoposta ad un attacco chimico (etching) che produce il motivo voluto. Infine, il photoresist residuo viene rimosso. In alternativa, il circuito di collegamento si può formare sullo strato di materiale 20 conduttivo per mezzo di un processo di ablazione termica impiegando un laser.

Tuttavia, come precedentemente descritto, sia l'attacco chimico che segue la fotolitografia che l'ablazione laser sono tecniche di lavorazione del foglio di materiale conduttivo 220 25 che, per essere efficaci, devono avvenire a temperature

sensibilmente superiori alla temperatura ambiente. Dal momento che lo strato di materiale conduttivo elettrico 220 e il substrato 210 hanno coefficienti di dilatazione termica diversi, il riscaldamento del sistema produrrà una diversa 5 dilatazione del substrato 210 e dello strato di materiale conduttivo elettrico 220. Ciò provoca a sua volta tensioni nel sistema tali da far incurvare il substrato 210 e/o lo strato di materiale conduttivo 220. Il substrato 210 e/o lo strato conduttivo elettrico 220 del back-contact back-sheet si 10 deformano così incurvandosi sotto l'effetto del calore, con conseguente perdita di planarità del complesso che dovrà costituire il back-contact back-sheet finito. Questo effetto è altamente indesiderato in quanto, come esposto in precedenza, è essenziale che il back-contact back-sheet abbia 15 configurazione più planare possibile affinché l'operazione di assemblaggio del modulo fotovoltaico sia resa possibile ed agevole.

Inoltre, gli apparati impiegati durante la fase di definizione mediante litografia a radiazione ultravioletta sono in genere 20 concepiti e realizzati per la produzione di dispositivi elettronici e non di moduli fotovoltaici. Pertanto, le dimensioni di questi apparati non sono generalmente adeguate al trattamento di un foglio delle dimensioni tipiche di un modulo fotovoltaico (circa 1,1 m x 1,7 m).

25 Un'altra soluzione comunemente adottata nello stato della

tecnica consiste nell'applicazione al substrato isolante di un foglio di materiale conduttivo elettrico in cui il circuito elettrico sia stato precedentemente formato. Il foglio prestampato in forma di circuito viene quindi fissato alla 5 superficie interna del substrato isolante del back-contact back-sheet. Questa soluzione non è tuttavia conveniente in quanto richiede di allineare precisamente il foglio di materiale conduttivo elettrico prestampato al substrato. Inoltre, l'impiego di fogli prestampati permette soltanto la 10 ripetizione periodica di un motivo predeterminato e non consente, per esempio, la realizzazione di circuiti che non abbiano una simmetria o per cui non si possa individuare un motivo base periodicamente ripetuto nel piano.

Ancora un altro metodo di formazione del circuito di 15 collegamento prevede l'applicazione di una serie di conduttori in forma discreta disposti in posizioni predeterminate sulla superficie interna del substrato del back-contact back-sheet in modo da formare il motivo del circuito di collegamento. Tuttavia, questa soluzione è poco pratica in quanto richiede il posizionamento preciso di ciascun 20 conduttore sulla superficie interna del substrato.

Al fine di ovviare a questi problemi, la presente invenzione propone una tecnica di lavorazione dello strato di materiale conduttivo 220 fissato al substrato 210 che avviene a freddo, 25 senza bisogno e senza sviluppo eccessivo di calore.

Secondo il metodo di produzione secondo la presente invenzione, una volta che il foglio di materiale conduttivo 220 sia stato fissato alla superficie interna 210is del substrato 210, esso viene lavorato al fine di ottenere il circuito di collegamento 220c per mezzo di ablazione meccanica. Secondo una forma di realizzazione della presente invenzione, l'ablazione meccanica è eseguita mediante l'uso di una macchina fresatrice.

La fresatrice è dotata di una o più fresa libere di muoversi lungo un piano, identificato come piano xy. Il piano xy può, per esempio, essere un piano orizzontale parallelo al piano del suolo. In alternativa, il piano xy può essere verticale e ortogonale al piano del suolo. Il piano xy può anche essere obliquo e formare un angolo predeterminato col piano del suolo. Secondo una forma di realizzazione della presente invenzione, ciascuna fresa ha una corsa di lunghezza pari a 1200 mm lungo l'asse x e 2100 mm lungo l'asse y. Secondo una forma di realizzazione, la precisione di posizionamento di ciascuna fresa lungo ciascuno dei due assi x e y è di 0,05 mm.

La fresatrice dispone anche di un meccanismo di regolazione della posizione delle fresa lungo l'asse z, ortogonale al piano xy. Se il piano xy è orizzontale, l'asse z giace lungo la direzione verticale.

Secondo una forma di realizzazione, la fresatrice dispone di

un sistema CAD/CAM per il posizionamento preciso delle frese in ciascun punto del piano xy. Il sistema CAD/CAM è capace di interpretare un disegno realizzativo libero nelle sue forme.

5 Preferibilmente, la fresatrice è una fresatrice a portale. Sulla fresatrice possono essere montate una o più frese ad alta velocità.

Secondo la presente invenzione, il complesso comprendente il substrato 210 e lo strato 220 fissato alla faccia interna 210is 10 del substrato 210 viene posto su di un piano di supporto situato al di sotto della fresa o delle frese della macchina fresatrice. Questo piano definisce il piano xy lungo cui le frese sono libere di muoversi.

Il supporto su cui si pone il complesso può comprendere un 15 tavolo a vuoto. In questo caso il piano di supporto corrisponde al piano del tavolo a vuoto. L'uso di un tavolo a vuoto permette di mantenere il complesso di substrato 210 e strato di materiale conduttivo 220 fisso in posizione durante 20 le fasi della lavorazione dello strato di materiale conduttivo elettrico 220. Il complesso viene infatti posto sul piano del tavolo, al di sotto del quale è presente una camera a vuoto da cui l'aria viene evacuata. Il complesso è mantenuto fisso in posizione dalla differenza di pressione tra la colonna d'aria 25 al di sopra del complesso e il vuoto al di sotto, insieme alla forza di attrito statico tra il piano del tavolo a vuoto e la

superficie del complesso a contatto con il piano.

Preferibilmente, il complesso comprendente il substrato 210 e lo strato 220 fissato alla faccia interna 210is del substrato 210 viene posto sul piano di supporto in modo che la superficie interna 210is e la superficie esterna 210os del substrato 210 siano parallele al piano di supporto. In tal modo, l'asse z è ortogonale alle superfici interna 210is e alla superficie esterna 210os del substrato 210, come mostrato nelle figure da 3 a 5.

10 Più specificamente, il complesso viene posto sul piano di supporto in modo che la superficie esterna 210os del substrato 210 sia rivolta verso il piano del supporto e sia parallela allo stesso piano. Di conseguenza, quando il complesso è posto sul piano di supporto, la superficie esposta 15 verso l'esterno dello strato di materiale conduttivo 220 è rivolta verso l'unica fresa o le molteplici fresa della fresatrice. In particolare, la superficie esterna 210os può essere a contatto con il piano di supporto o con uno strato protettivo o di copertura posto direttamente sul piano di supporto.

20 Le fresa vengono poi movimentate lungo l'asse z in modo da avvicinarsi allo strato conduttivo 220. Le fresa vengono traslate lungo l'asse z fino a raggiungere un livello tale da incidere lo strato di materiale conduttivo 220 senza intaccare 25 la superficie interna 210is del substrato 210. Il livello del

piano su cui giace la superficie esposta dello strato di materiale conduttivo 220 viene considerato come livello di riferimento lungo l'asse z per determinare il livello appropriato delle frese lungo l'asse z.

5 Il posizionamento lungo l'asse z di ciascuna fresa viene eseguito prendendo come riferimento la superficie superiore dell'elemento conduttivo. La posizione delle frese lungo l'asse z può essere mantenuta mediante l'ausilio di un pattino oppure tramite una lettura continua con sensori laser del 10 livello delle superfici. Se la precisione degli spessori dei materiali lo consente, la posizione delle frese lungo l'asse z si può anche mantenere riferendosi alla superficie del piano di lavoro.

Lo strato di materiale conduttivo 220 viene quindi lavorato 15 dalle frese in modo da formare nello strato 220 il motivo di cui si compone il circuito di collegamento 220c. Porzioni dello strato di materiale conduttivo 220 vengono quindi rimosse in modo da formare i canali, le rientranze e i meandri definiti dalla superficie laterale del circuito di collegamento 20 220c.

Secondo una forma di realizzazione della presente invenzione, un sistema CAD/CAM può comandare il movimento delle frese lungo il piano xy in modo da ablare le porzioni del circuito di collegamento 220 appropriate e 25 formare così il circuito di collegamento 220c.

Secondo una forma di realizzazione, opportuni aspiratori che circondano le frese eliminano i trucioli formati durante la lavorazione.

Le frese operanti sullo strato di materiale conduttivo 220 fissato alla superficie 210is del substrato 210 devono essere 5 capaci di intaccare il materiale conduttivo elettrico di cui è composto lo strato 220 senza danneggiare la parte immediatamente sottostante, cioè la superficie interna 210is del substrato, che può comprendere ad esempio un materiale 10 polimerico, incapsulante oppure termoadesivo.

Si fa osservare che nel caso della forma di realizzazione mostrata nella figura 4 e che prevede la presenza dello strato primer 218 nel substrato 210, il posizionamento lungo l'asse z delle frese è meno critico che in assenza dello strato primer 15 218. Essendo il posizionamento delle frese lungo l'asse z preciso a meno di 1 μm circa, la porzione di superficie interna 210is del substrato 210 erroneamente asportata dalle frese può avere uno spessore dell'ordine di 1 μm circa. Tuttavia, lo strato primer 218 ha uno spessore decisamente 20 superiore ad 1 μm e, comunque, non inferiore a 50 μm . Pertanto, l'asportazione accidentale di uno strato superficiale sottile dello strato primer 218, con spessore non superiore a pochi micrometri, non avrà conseguenze particolarmente negative sulle fasi successive del processo di assemblaggio 25 del modulo fotovoltaico. In particolare, essendo la

lavorazione per fresatura dello strato di materiale conduttivo elettrico 220 eseguita precedentemente all'assemblaggio del back-contact back-sheet nel modulo fotovoltaico, il processo di laminazione seguirà la fresatura dello strato conduttivo 5 elettrico 220. In fase di laminazione lo strato primer 218 fonde parzialmente o rammollisce, cancellando così eventuali incisioni troppo profonde erroneamente prodotte durante la fresatura nella superficie interna dello strato primer 218.

Secondo una forma di realizzazione della presente 10 invenzione, ciascuna fresa operante sullo strato di materiale conduttivo elettrico 220 pratica intagli lungo lo spessore dello strato 220 ad una velocità uguale o superiore a 20 m/minuto. Secondo questa forma di realizzazione la velocità di rotazione di ciascuna fresa è superiore a 40000 15 giri/minuto, in modo tale da permettere la velocità di intaglio desiderata.

Secondo una forma di realizzazione, ciascuna fresa ha la stessa larghezza del canale da formare nello strato di materiale conduttivo 220. A seconda della larghezza del 20 canale da formare nello strato conduttivo 220, si può scegliere una fresa del diametro adeguato. Inoltre, le diverse fresa montate nella macchina fresatrice possono avere diametro diverso l'una dall'altra, così da permettere l'ottimizzazione della larghezza del canale ablato e la 25 ablazione della massa laterale.

Le frese utilizzate per la lavorazione dello strato di materiale conduttivo 220 possono essere orizzontali oppure verticali, a seconda delle esigenze. La scelta è dettata dalla velocità di taglio prescelta secondo metodologie note.

5 Secondo una forma di realizzazione del metodo secondo la presente invenzione, le frese operanti sullo strato conduttivo 220 lavorano in parallelo e si raccordano sul piano xy. Tale modo di operare consente di migliorare la velocità di lavorazione del foglio completo avendo più unità che
10 lavorano in parallelo e si raccordano tra di loro. Ciò permette tra l'altro di centrare l'obiettivo industriale di ottenere un foglio completamente realizzato come circuito tra i 60 e i 180 secondi.

Una volta che le porzioni desiderate dello strato di materiale 220 siano state ablare in modo da formare il circuito di collegamento 220c, la macchina fresatrice viene impiegata per asportare una porzione di estremità del complesso di substrato e foglio conduttivo lavorato in modo da rendere le dimensioni laterali del sistema uguali a quelle del prodotto finito. Per esempio, se il complesso di substrato isolante 210 e foglio conduttivo 220 ha dimensioni laterali di 1100 mm x 1700 mm e il back-contact back-sheet finito deve avere dimensioni di 1050 mm x 1650, si può asportare una striscia da ciascuno dei quattro lati della proiezione del complesso 20 lungo il piano xy, con la larghezza di ciascuna striscia pari a
25

25 mm.

Nel seguito, la porzione di estremità o la porzione laterale del complesso asportata verrà indicata anche come “cornice”.

È consigliabile eseguire l’operazione di asportazione dei 5 bordi o della cornice del complesso di substrato 210 e foglio conduttivo 220 dopo aver lavorato il foglio conduttivo 220 mediante fresatura. Infatti, questa operazione separa due 10 porzioni del foglio (parte centrale da mantenere e cornice da eliminare) e quindi potrebbe rendere critico il fissaggio del foglio sul piano di supporto, per esempio sul piano di un 15 tavolo a vuoto.

L’asportazione dei bordi del complesso completa il processo secondo una forma di realizzazione della presente invenzione e il back-contact back-sheet si può considerare nella forma 15 finale.

Si è quindi proposto un metodo in cui il circuito di collegamento 220c viene formato sul foglio conduttivo 220 fissato al substrato 210 impiegando una tecnica a freddo come la fresatura. Il substrato 210 non viene pertanto 20 eccessivamente scaldato durante la lavorazione dello strato conduttivo 220, evitando così deformazioni indesiderate e/o perdita di planarità del substrato 210. Inoltre, la fresatura eseguita mediante una macchina opportuna offre un controllo 25 molto preciso del posizionamento e della movimentazione delle fresa, permettendo quindi un altrettanto preciso

controllo della forma e della quantità della porzione di strato conduttivo 220 ablata.

Secondo una ulteriore forma di realizzazione, il metodo di produzione del back-contact back-sheet secondo la presente 5 invenzione comprende un passo ulteriore. Secondo questa forma di realizzazione e con riferimento alla figura 5, dopo aver prodotto il substrato isolante 210 ed aver fissato lo strato di materiale conduttivo elettrico 220 alla superficie interna 210is del substrato 210, una tecnica di ablazione 10 viene impiegata per aprire una pluralità di finestre 215 che attraversano lo spessore del substrato isolante 210 ed espongono verso il lato-aria del back-contact back-sheet la superficie dello strato conduttivo elettrico 220 rivolta verso la superficie interna 210is del substrato 210.

15 Secondo una forma di realizzazione, l'apertura delle finestre 215 è eseguita successivamente alla formazione del circuito di collegamento 220c nello strato di materiale conduttivo 220. Secondo una forma di realizzazione alternativa 20 l'apertura delle finestre 215 è eseguita precedentemente alla formazione del circuito di collegamento 220c nello strato di materiale conduttivo 220.

Secondo una forma di realizzazione, l'apertura delle finestre 215 nel substrato 210 viene eseguita precedentemente all'assemblaggio del back-contact back-sheet nel modulo 25 fotovoltaico e, quindi, precedentemente alla laminazione

della pila di elementi 200, 300, 400, 600, 450, 800 mostrata nella figura 2a.

Preferibilmente, le finestre 215 vengono aperte in modo da avere asse longitudinale perpendicolare ai piani su cui 5 giacciono la superficie interna 210is e la superficie esterna 210os del substrato 210. In altre parole, le finestre 215 vengono aperte in modo da attraversare lo spessore del substrato 210 lungo una direzione che va dalla superficie esterna 210os alla superficie interna 210is. Questa direzione 10 è preferibilmente ortogonale alle superfici 210os e 210is. Nelle forme di realizzazione mostrate nelle figure da 3 a 5, l'asse delle finestre è lungo l'asse z.

Secondo una forma di realizzazione della presente invenzione, le finestre 215 vengono aperte nel substrato 210 per mezzo di un processo di fresatura eseguito impiegando un apparato comprendente una macchina fresatrice. Secondo una forma di realizzazione, l'apparato di fresatura impiegato per l'apertura delle finestre 215 nel substrato 210 ha caratteristiche analoghe oppure uguali all'apparato di fresatura impiegato per la lavorazione dello strato di materiale conduttivo 220 al fine di formare il circuito 220c. Secondo una forma di realizzazione particolare, lo stesso apparato viene impiegato per la lavorazione dello strato di materiale conduttivo 220 al fine di formare il circuito di collegamento 220c e per l'apertura delle finestre 215 nel

substrato 210 del back-contact back-sheet 200.

Secondo una delle due forme di realizzazione precedenti e analogamente a quanto descritto con riguardo alla lavorazione dello strato conduttivo 220, il complesso comprendente il

5 substrato 210 e lo strato 220 fissato alla faccia interna 210is del substrato 210 viene posto su di un piano di supporto situato al di sotto della fresa o delle frese della macchina fresatrice. Il piano di supporto definisce il piano xy lungo cui le frese sono libere di muoversi.

10 Il supporto su cui si pone il complesso può comprendere un tavolo a vuoto. Il complesso viene posto sul piano, preferibilmente orizzontale, del supporto in modo che la superficie esterna 210os del substrato 210 sia rivolta verso l'unica fresa o le molteplici frese della fresatrice. In tal modo 15 la superficie esposta dello strato di materiale conduttivo 220 e la porzione di superficie interna 210is sono rivolte verso il piano di supporto. In altre parole, il complesso da fresare è posto sul piano di supporto in modo tale che la faccia che a back-contact back-sheet finito costituirà la faccia interna 200if del back-contact back-sheet sia rivolta verso il piano di supporto. In tal modo, la faccia esterna 200of del back-contact back-sheet è rivolta verso le frese.

20 Se lo stesso apparato viene utilizzato per l'apertura delle finestre 215 e per la lavorazione dello strato conduttivo 220, 25 il complesso di substrato 210 e strato conduttivo 220

appoggiato sul piano di supporto è capovolto durante l'apertura delle finestre 215 rispetto alla configurazione assunta durante la lavorazione per fresatura dello strato conduttivo elettrico 220.

5 La fresa o le fresa della macchina fresatrice vengono poi traslate lungo l'asse z in modo da avvicinarsi al substrato 210. L'altezza lungo l'asse z del piano su cui giace la superficie esterna 210os del substrato 210 viene considerata come livello di riferimento lungo l'asse z per determinare il
10 livello appropriato delle fresa lungo lo stesso asse.

Le finestre 215, preferibilmente in numero di quattro, vengono quindi aperte nel substrato isolante 210 mediante fresatura.

Il corretto posizionamento delle fresa lungo l'asse z è
15 un'operazione critica durante l'apertura delle finestre 215 nel substrato 210, in quanto il substrato 210 deve essere ablato per una lunghezza lungo l'asse z esattamente uguale al suo spessore. In tal modo, il substrato viene ablato per una profondità tale da esporre lo strato di materiale conduttivo 220 all'esterno del modulo fotovoltaico, senza però asportare porzioni dello strato di materiale conduttivo 220. Pertanto, se le fresa fossero posizionate troppo vicino allo strato di materiale conduttivo 220, si avrebbe un eccesso di ablazione con porzioni di strato di materiale conduttivo 220
20 probabilmente danneggiate o erose, dal momento che lo
25

spessore dello strato conduttivo 220 è tipicamente compreso tra 25 µm e 70 µm. D'altra parte, se le fresa fossero troppo lontane dallo strato di materiale conduttivo 220, il substrato isolante 210 non verrebbe ablato per l'intero spessore in corrispondenza delle finestre 215 e uno strato polimerico isolante residuo rimarrebbe in corrispondenza delle finestre 215 sulla superficie dello strato conduttivo 220 rivolta verso il substrato 210, ostacolando così il contatto elettrico con lo strato di materiale conduttivo 220.

Al fine di ovviare a questo problema e portare la fresa o le fresa a lavorare con sufficiente precisione lungo l'asse z, secondo una forma di realizzazione della presente invenzione si fornisce alla macchina fresatrice un sistema di controllo a circuito chiuso nel quale si misura la resistenza elettrica tra una o più fresa e lo strato di materiale di conduttivo elettrico 220. Una fresa su cui si effettua la misura di resistenza elettrica si fa quindi penetrare gradualmente nel substrato 210 fino a quando la misura di resistenza elettrica non mostra una condizione di conducibilità elettrica. A quel punto si arresta la penetrazione della fresa interrompendone la traslazione lungo l'asse z. La posizione così raggiunta dalla fresa lungo l'asse z viene mantenuta durante la fresatura impiegata per l'apertura delle finestre 215.

Secondo una forma di realizzazione ulteriore, si può ablare parzialmente il substrato 210 in corrispondenza delle finestre

215 e eliminare successivamente il residuo polimerico sulla superficie dello strato di materiale conduttivo. Secondo questa forma di realizzazione, si fresa il substrato 210 per una profondità inferiore al suo spessore. In particolare, la 5 fresatura si interrompe ad un livello di sicurezza predeterminato lungo l'asse z. Il livello di sicurezza è posto tra il livello lungo l'asse z della superficie dello strato di materiale conduttivo 220 rivolta verso il substrato 210 e il livello lungo l'asse z della superficie esterna 210os del 10 substrato 210. Una porzione residua del substrato 210 rimane così fissata alla superficie da esporre dello strato di materiale conduttivo 220.

Secondo una forma di realizzazione particolare, la porzione residua di substrato 210 non asportata dalla finestra 215 dopo 15 la fresatura viene rimossa mediante ablazione laser.

Secondo una ulteriore forma di realizzazione particolare, la porzione residua di substrato 210 non asportata dalla finestra 215 viene tagliata in fette sottili successivamente eliminate mediante un soffio d'aria. Queste piccole fette vengono prodotte mediante incisione laser che realizza una serie di tagli paralleli e ravvicinati, tipicamente distanti tra 1,5 e 2,0 20 mm l'uno dall'altro. L'azione del laser che incide lo strato polimerico residuo, grazie al riscaldamento locale, riduce la forza di coesione dell'adesivo e quindi genera un 25 sollevamento delle piccole fette, rendendone semplice la

eliminazione, ad esempio attraverso un getto d'aria compressa.

Secondo una forma di realizzazione alternativa o complementare a quelle sopra descritte, l'apertura delle 5 finestre 215 nel substrato 210 può essere praticata mediante ablazione laser.

Si fa notare che le tecniche di apertura delle finestre 215 sopra descritte possono essere combinate tra loro. Per esempio, si possono aprire una o più finestre per fresatura e 10 altre per ablazione laser. Alcune delle finestre formate mediante fresatura possono essere state aperte asportando tutto il materiale con una o più fresa, mentre altre possono essere state prodotte ablando parzialmente il substrato 210 con una fresa e rimuovendo il materiale residuo del substrato 15 210 mediante ablazione laser oppure taglio in fette sottili. In genere, qualunque combinazione delle tecniche precedenti è possibile.

La presente invenzione fornisce quindi anche un metodo pratico e preciso per l'apertura delle finestre 215 nel 20 substrato 210 di un back-contact back-sheet 200.

L'apertura delle finestre, in genere in numero di 4 (una di ingresso, una di uscita, una per un primo diodo di bypass, una per un secondo diodo di bypass), è una operazione critica ed è preferibile che sia eseguita prima della laminazione del 25 modulo in quanto, una volta che il modulo sia stato laminato,

si trovano al suo interno le celle che sono relativamente fragili. Le finestre devono essere posizionate opportunamente in modo tale da consentire l'accesso al circuito in posizione volute. Inoltre, è consigliabile che l'apertura delle finestre 5 sia eseguita durante la fabbricazione del back-contact back-sheet piuttosto che dopo la laminazione del modulo. Ciò è dovuto anche al fatto che una volta che il modulo sia stato assemblato si perdono i riferimenti fisici dei punti del lato-aria 200of del back-contact back-sheet in cui le finestre 10 devono essere aperte.

La presente invenzione propone un metodo preciso e conveniente per l'apertura delle finestre durante la produzione del back-contact back-sheet e precedentemente alla fase di assemblaggio del back-contact back-sheet nel 15 modulo fotovoltaico. La presente invenzione propone di usare un processo di fresatura che permette un controllo molto preciso della posizione sulla faccia 200of del back-contact back-sheet esposta verso il lato-aria in cui le finestre devono essere aperte. Inoltre, la presente invenzione propone anche 20 di impiegare macchine fresatrici simili o la stessa macchina fresatrice per l'apertura delle finestre nel substrato 210 del back-contact back-sheet e per la lavorazione dello strato di materiale conduttivo elettrico 220 al fine di formare il circuito di collegamento 220c. In tal modo si possono 25 realizzare riferimenti relativi di posizione nella macchina

fresatrice impiegata o nel complesso da lavorare in modo da aprire le finestre in punti prefissati del circuito di collegamento.

Tali riferimenti possono essere realizzati tramite fori passanti 5 fatti nella cornice esterna del complesso di substrato 210 e foglio di materiale conduttivo 220 fissato al substrato 210. I riferimenti sono quindi al di fuori dalla parte di circuito o di foglio che sarà inclusa nel prodotto finito e sono in genere impostati durante la realizzazione del motivo di cui si 10 compone il circuito di collegamento 220c. In questa forma di realizzazione, risulta evidente che l'operazione vista precedentemente di asportazione dei bordi (eliminazione della cornice) dal complesso di substrato 210 e foglio conduttivo 220 dovrà essere eseguita successivamente ad entrambe le 15 operazioni di lavorazione del foglio conduttivo 220 al fine di formare il circuito 220c e di apertura delle finestre 215 nel substrato 210.

I fori passanti avranno quindi come riferimento il circuito 220c che forma un motivo predeterminato. I fori passanti 20 usati come riferimento sul foglio si possono impegnare su opportuni perni o spine solidali alla macchina fresatrice. In tal modo, il sistema di riferimento sul foglio da lavorare sarà correlato ad un sistema di riferimento interno alla macchina fresatrice. Tale correlazione tra sistemi di riferimento sul foglio e sulla macchina fresatrice sarà particolarmente 25

vantaggiosa nel caso in cui il foglio da lavorare venga capovolto tra l'operazione di lavorazione dello strato di materiale conduttivo 220 al fine di formare il circuito 220c e l'operazione di apertura delle finestre 215 nel substrato 210.

5 Secondo una forma di realizzazione della presente invenzione mostrata ancora nella figura 5, dopo che le finestre 215 sono state aperte nel substrato 210, si applicano dei terminali di interconnessione 700, o busbar, alle porzioni di circuito di collegamento 220c esposte verso l'esterno del modulo
10 fotovoltaico attraverso le finestre 215.

Ciascun busbar 700 viene portato a contatto con la superficie inferiore esposta dello strato conduttivo 220 o del circuito di collegamento 220c dopo averlo introdotto all'interno di una finestra 215 corrispondente dalla faccia esterna 200of del
15 back-contact back-sheet . Ciascun busbar 700 viene poi fissato alla porzione di strato conduttivo 220 contattata in modo da assicurare un collegamento elettrico tra lo strato conduttivo 220 e il busbar 700.

I busbar 700 hanno uno spessore compreso tra 300 μm e 700
20 μm , con spessore tipico di 700 μm circa.

I busbar 700 possono avere diverse forme. Per esempio i busbar 700 possono essere filiformi oppure essere realizzati in forma di "nastri" con larghezza che può variare tra 4,0 mm e 10,0 mm.

25 Secondo una forma di realizzazione, i busbar 700

comprendono rame e vengono collegati elettricamente al circuito di collegamento 220c o allo strato di materiale conduttivo 220, preferibilmente comprendenti rame, mediante saldatura o saldobrasatura. E' conveniente eseguire questa 5 operazione sul back-contact back-sheet non assemblato in modulo in quanto l'operazione di saldatura o comunque di collegamento elettrico del busbar al circuito di collegamento 220c o allo strato di materiale conduttivo 220 può essere fatta vantaggiosamente a caldo.

10 Secondo una ulteriore forma di realizzazione, i busbar 700 comprendono alluminio e vengono fissati alla superficie dello strato di materiale conduttivo 220 esposta attraverso le finestre 215 precedentemente all'assemblaggio del back-contact back-sheet nel modulo fotovoltaico. Secondo una 15 forma di realizzazione particolare e preferita, lo strato di materiale conduttivo 200 e i busbar 700 comprendono entrambi alluminio.

Tradizionalmente, componenti distinti di alluminio si saldano mediante brasatura, operazione che si deve eseguire ad 20 elevata temperatura (circa 450 °C). Nel caso del collegamento dei busbar 700 realizzati in alluminio allo strato di materiale conduttivo 220 o al circuito di collegamento 220c, la brasatura non è quindi una tecnica indicata, in quanto le alte temperature necessarie 25 rischierebbero di produrre curvature dello strato di materiale

conduttivo 220 o del substrato 210 risultanti dai differenti coefficienti di dilatazione dello strato conduttivo elettrico 220 e del substrato 210, come precedentemente illustrato. Le 5 alte temperature raggiunte durante la brasatura dell'alluminio rischierebbero addirittura di far fondere parzialmente il substrato 210 a contatto con lo strato di materiale conduttivo 220.

Dato il problema di collegare elettricamente un busbar 700 comprendente alluminio al circuito di collegamento 220, 10 preferibilmente comprendente alluminio e fissato alla superficie interna 210is del substrato 210, una forma di realizzazione della presente invenzione propone di impiegare una tecnica di saldatura per punti (spot welding).

La saldatura per punti di componenti in alluminio è impiegata 15 nell'industria automobilistica, in cui tuttavia si saldano tra loro componenti di alluminio aventi spessori simili e generalmente dell'ordine di diversi millimetri. La saldatura di un busbar, dello spessore tipico di 700 μm , su un foglio conduttivo avente uno spessore compreso tra 25 e 70 μm è un 20 compito tecnicamente impegnativo.

Secondo una forma di realizzazione della presente invenzione, il complesso di strato di materiale conduttivo 220 e substrato 210 in cui sono state aperte le finestre 215 viene posto su di un piano di supporto in maniera analoga a quanto 25 descritto in relazione all'operazione di apertura delle finestre

- 215 nel substrato 210. Il piano di supporto deve essere elettricamente conduttivo. Il complesso è appoggiato sul piano di supporto elettricamente conduttivo in modo che la superficie esposta dello strato di materiale conduttivo 220 sia 5 rivolta verso il piano e che la superficie esterna 210is del substrato 210 sia esposta verso l'esterno. La configurazione del complesso sul piano di supporto è analoga o uguale alla configurazione assunta dal complesso sul piano di supporto durante l'operazione di apertura delle finestre 215.
- 10 Il piano di supporto può essere per esempio il piano di un tavolo a vuoto. Il piano di appoggio del tavolo a vuoto deve essere in questo caso elettricamente conduttivo. Il tavolo a vuoto può essere lo stesso tavolo sul cui piano è stata precedentemente eseguita l'operazione di apertura delle 15 finestre 215.

La saldatura per punti necessita di due elettrodi. Secondo la forma di realizzazione della presente invenzione qui descritta, un primo elettrodo (elettrodo superiore), opportunamente formato, viene applicato al busbar 700 da saldare. Il secondo elettrodo (elettrodo inferiore) è dato dal piano di supporto che, come detto, è elettricamente conduttivo ed è collegato elettricamente allo strato di materiale conduttivo 220. L'elettrodo superiore, applicato al busbar 700 preferibilmente dall'alto, è posizionato in modo 20 da esercitare una pressione tale da mantenere il busbar 700 25

compresso verso la superficie esposta dello strato di materiale conduttivo 220. L'elettrodo superiore è strutturato in modo tale da localizzare la pressione in una zona molto limitata, quasi puntiforme, della porzione del busbar 700 da 5 saldare su cui l'elettrodo è applicato. Il piano di supporto è tale da contrastare la forza di pressione esercitata dall'elettrodo superiore o primo elettrodo sul busbar 700 e da mantenere così tutto il sistema fisso nella posizione iniziale. 10 Queste forze di pressione esercitate dall'elettrodo superiore, così come la reazione ad esse esercitata dal piano di supporto, sono preferibilmente dirette lungo l'asse z mostrato 15 nella figura 5.

Si fa poi scorrere una corrente tra l'elettrodo superiore e l'elettrodo inferiore tra cui sono poste le parti in alluminio da 20 congiungere. La resistenza al passaggio della corrente opposta dalle parti in alluminio ne provoca la fusione localizzata nei punti di pressione. Il busbar si salda così allo strato di materiale conduttivo 220 nei punti in cui viene esercitata la pressione e attraverso cui scorre la corrente. 25 Al fine di favorire la saldatura per punti, secondo una forma particolare di realizzazione il busbar 700 è realizzato in modo da comprendere piccole punte nella porzione da saldare. Le punte sono tali da favorire la fusione della porzione del busbar 700 da saldare.

In questo modo, le alte pressioni richieste dallo spot welding

possono essere esercitate, essendo contrastate dal piano di supporto. Inoltre, la superficie dello strato di materiale conduttivo 220 mantiene forma planare e rimane a temperatura ambiente ovunque, ad eccezione della porzione 5 puntiforme in cui avviene la saldatura. Ciò evita di portare ad alte temperature porzioni estese dello strato di materiale conduttivo 220 durante la saldatura del busbar 700. La configurazione sopra descritta offre il vantaggio ulteriore che il materiale più sottile dello strato di materiale conduttivo 10 elettrico 220 posto inferiormente è a contatto con il piano conduttivo il quale, essendo metallico, fornisce anche un raffreddamento dello strato 220 sottile di materiale conduttivo 220.

Secondo una ulteriore forma di realizzazione, il busbar 700 15 viene saldato allo strato di materiale conduttivo mediante saldatura a ultrasuoni. Secondo questa forma di realizzazione i busbar 700 e lo strato di materiale conduttivo 220 comprendono preferibilmente alluminio. Un sonotrodo ad ultrasuoni viene posto a contatto con il busbar 700 da saldare 20 che, a sua volta, è stato posto a contatto con la superficie dello strato di materiale conduttivo esposta verso l'esterno tramite una finestra 215. In altre parole, la porzione del busbar 700 da saldare allo strato di materiale conduttivo 220 25 si trova tra la superficie esposta dello strato di materiale conduttivo 220 e il sonotrodo.

Il sonotrodo viene quindi fatto vibrare con frequenza ultrasonora, generando calore prodotto dall'attrito dovuto allo sfregamento contro la superficie della porzione del busbar 700 da saldare. Il calore prodotto dall'attrito causa la 5 fusione della porzione del busbar su cui è applicato il sonotrodo e, quindi, la sua saldatura allo strato di materiale conduttivo 220.

Anche questa tecnica permette di applicare calore, seppur in quantità limitata, ad una zona molto ristretta del circuito di 10 collegamento 220c o dello strato conduttivo elettrico 220, evitando così il riscaldamento di zone estese della superficie dello strato conduttivo 220. Tale riscaldamento esteso ad aree più vaste dello strato conduttivo 220 potrebbe portare alla flessione dello strato conduttivo 220 o del substrato 210. Un 15 ulteriore vantaggio della saldatura ad ultrasuoni consiste nel fatto che l'azione vibrante del sonotrodo distrugge lo strato di ossido di alluminio presente naturalmente sulle superfici di alluminio mettendo a nudo il metallo puro.

In alternativa oppure in aggiunta alla saldatura o 20 saldobrasatura, i busbar 700 possono essere collegati elettricamente al circuito di collegamento 220c o allo strato di materiale conduttivo 220 mediante adesivi elettricamente conduttrivi come, ad esempio, ECA (Electrically Conductive Adhesive) o con nastri adesivi ad alta conducibilità elettrica. 25 Secondo questa forma di realizzazione, sia i busbar 700 che

lo strato di materiale conduttivo 220 possono comprendere rame oppure alluminio. Lo strato di materiale conduttivo 220 non deve necessariamente comprendere lo stesso materiale del busbar 700. Per esempio, si può avere il busbar 700 di 5 alluminio e lo strato conduttivo 220 comprendente rame, oppure viceversa.

Si fa osservare che le tecniche di saldatura o di collegamento dei busbar 700 appena descritte possono essere combinate nello stesso back-contact back-sheet. Ad esempio, uno o più 10 busbar possono essere saldati mediante saldatura per punti, mentre altri busbar possono essere saldati mediante saldatura a ultrasuoni. Altri busbar ancora possono invece essere collegati al circuito 220c mediante l'uso di un adesivo elettricamente conduttivo.

15 Le forme di realizzazione della presente invenzione appena descritte permettono così di collegare elettricamente i busbar 700 allo strato di materiale conduttivo 220 o al circuito di collegamento 220c prima che il back-contact back-sheet sia 20 stato assemblato nel modulo fotovoltaico. Ciò permette al produttore di moduli fotovoltaici più libertà nella fase di saldatura dei busbar 700 al circuito 220c. Per esempio, la saldatura può essere eseguita a caldo senza il pericolo di danneggiare altri componenti del modulo quali le celle, gli strati incapsulanti o lo strato superiore di protezione. Inoltre, 25 la saldatura può essere eseguita per punti oppure ad

ultrasuoni, tecniche che non potrebbero essere impiegate sul modulo assemblato. Se queste operazioni fossero eseguite sul modulo assemblato si potrebbero creare danneggiamenti alle celle e i riscaldamenti localizzati potrebbero modificare il
5 comportamento degli incapsulanti. Inoltre, dato che il complesso del pannello è costituito da diversi strati, non sarebbe possibile applicare con sufficiente contrasto le pressioni necessarie all'uso di un sonotrodo o di un elettrodo per la saldatura per punti, senza evitare il rischio di
10 danneggiamento degli strati più fragili del modulo. Ancora, se il modulo fotovoltaico fosse assemblato, non sarebbe possibile realizzare semplicemente una saldatura per punti in quanto non si avrebbe a disposizione il secondo elettrodo, dal momento che la superficie del substrato conduttivo esposta
15 verso l'interno del modulo fotovoltaico non sarebbe raggiungibile.

Dopo che i busbar 700 siano stati collegati elettricamente e fissati allo strato di materiale conduttivo 220 o al circuito di collegamento 220c, si può depositare una resina nelle finestre
20 215 in modo da proteggere la connessione elettrica tra i busbar 700 e lo strato conduttivo 220 da agenti esterni (potting).

Secondo altre forme di realizzazione, dopo aver formato il circuito di collegamento 220c nello strato di materiale
25 conduttivo 220 si può depositare uno strato protettivo

organico (OSP, Organic Surface Protection) sulla superficie del circuito 220c esposta verso l'esterno. La deposizione può avvenire, per esempio, per spalmatura, serigrafia, immersione, ecc. Lo strato protettivo è stato descritto nella 5 precedente domanda italiana di brevetto avente numero di deposito VI2012A000132.

Secondo ulteriori forme di realizzazione, dopo aver formato il circuito di collegamento 220c nello strato di materiale conduttivo 220, si può depositare uno strato di materiale 10 dielettrico (ILD, Inter Layer Dielectric) sulla superficie del circuito 220c esposta verso l'esterno. Sulla superficie esposta del circuito 220c può essere stato precedentemente depositato uno strato organico protettivo. La deposizione dello strato di materiale dielettrico, tipicamente una resina, può avvenire 15 per spalmatura full web o, preferibilmente, per serigrafia. Le funzionalità e le caratteristiche dello strato di materiale dielettrico sono state anch'esse descritte nella domanda italiana di brevetto numero VI2012A000132.

Una volta che la realizzazione del back-contact back-sheet sia 20 stata completata, il processo di assemblaggio del modulo fotovoltaico procede come descritto con riferimento alle figure 1, 2a e 2b.

Ancora con riferimento alle figure 1, 2a e 2b, uno strato di materiale incapsulante inferiore 400, opportunamente forato, 25 viene allineato e applicato alla faccia interna del back-

contact back-sheet, cioè alla faccia che comprende il circuito di collegamento 220c. Lo strato di materiale incapsulante inferiore 400 può essere sostituito da una struttura multistrati, anch'essa opportunamente forata, descritta nelle 5 domande di brevetto italiane a cui sono stati assegnati i numeri di deposito VI2012A000133 e VI2012A000169. Se la struttura multistrati è utilizzata al posto dello strato di materiale incapsulante inferiore, lo strato di materiale dielettrico depositato sulla faccia interna del back-contact 10 back-sheet non è necessario.

Sullo strato di materiale incapsulante inferiore 400 o sulla struttura multistrati opportunamente forati vengono quindi poste le celle, dopo aver deposto un grumo di pasta conduttriva 300 sopra ciascun punto di contatto 222 nel 15 circuito di collegamento 220c. Le celle vengono quindi poste sullo strato di materiale incapsulante inferiore 400 o sulla struttura multistrati in modo che i suoi elettrodi 620 e 640 siano collegati elettricamente ai punti di contatto 222 del circuito di collegamento 220c mediante i grumi di pasta 20 conduttriva 300.

Lo strato di materiale incapsulante superiore 450, posto al di sopra delle celle e lo strato protettivo superiore 800, posto al di sopra dello strato incapsulante superiore 450, completano la pila. La pila così formata viene poi laminata come 25 descritto in precedenza al fine di ottenere il modulo

fotovoltaico assemblato.

Sebbene la presente invenzione sia stata descritta con riferimento alle forme di realizzazione descritte sopra, è chiaro per l'esperto del ramo che è possibile realizzare diverse modifiche, variazioni e miglioramenti della presente invenzione alla luce dell'insegnamento descritto sopra e nell'ambito delle rivendicazioni allegate senza allontanarsi dall'oggetto e dall'ambito di protezione dell'invenzione. Oltre a ciò, quegli ambiti che si ritengono conosciuti da parte degli esperti del ramo non sono stati descritti per evitare di mettere eccessivamente in ombra in modo inutile l'invenzione descritta. Di conseguenza, l'invenzione non è limitata alle forme di realizzazione descritte sopra, ma è limitata esclusivamente dall'ambito di protezione delle rivendicazioni allegate.

20

25

RIVENDICAZIONI

1. Metodo per la produzione di un back-contact back-sheet per un modulo fotovoltaico comprendente celle solari contattate posteriormente, detto back-contact back-sheet comprendendo una faccia esterna (200of) rivolta verso il lato-aria di detto modulo fotovoltaico e una faccia interna (200if) opposta a detta faccia esterna ed esposta verso l'interno di detto modulo fotovoltaico, detto metodo comprendendo:
 - 10 realizzazione di un substrato (210) avente una superficie esterna (210os) esposta verso il lato-aria di detto modulo fotovoltaico e coincidente con detta faccia esterna (200of) di detto back-contact back-sheet e una superficie interna (210is) opposta a detta superficie esterna (210os) ed esposta verso 15 l'interno di detto modulo fotovoltaico,
 - applicazione a detto substrato (210) di uno strato di materiale conduttivo elettrico (220) atto ad essere formato come circuito di collegamento (220c) agli elettrodi di dette celle solari, detta applicazione a detto substrato (210) di detto strato di materiale conduttivo elettrico (220) essendo eseguita 20 in modo tale che detto strato di materiale conduttivo (220) sia fissato a detta superficie interna (210is) di detto substrato (210),
 - lavorazione di detto strato di materiale conduttivo elettrico 25 (220) al fine di formare detto circuito di collegamento

(220c), detta lavorazione comprendendo una fresatura meccanica di detto strato materiale conduttivo elettrico (220), essendo detta lavorazione eseguita successivamente a detta applicazione di detto strato di materiale conduttivo elettrico (220) a detto substrato (210).

2. Metodo secondo la rivendicazione 1 in cui detta fresatura meccanica è eseguita per mezzo di una fresatrice a portale.

3. Metodo secondo una delle rivendicazioni 1 oppure 2 in cui detta fresatura meccanica è eseguita per mezzo di una macchina fresatrice comprendente una o più frese, avendo ciascuna di dette una o più frese diametro uguale alla larghezza del canale da aprire nello strato di materiale conduttivo elettrico (220) al fine di formare il motivo di cui si compone il circuito di collegamento (220c).

4. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 3 in cui detto strato di materiale conduttivo (220) viene applicato a detto substrato (210) sotto forma di un foglio continuo, la cui superficie laterale non forma rientranze, canali o meandri.

5. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 4 in cui detto strato di materiale conduttivo elettrico (220) comprende rame oppure alluminio.

6. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 5 in cui detto substrato (210) di detto back-contact back-sheet

comprende almeno uno dei materiali seguenti: polivinilfluoruro (PVF), polietilene (PE), polivinildenfluoruro (PVDF), polietilene tereftalato (PET), polietilene naftalato (PEN).

5 7. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 6 in cui detto substrato (210) di detto back-contact back-sheet comprende:

10 un primo strato isolante (212) di un primo materiale polimerico avente una superficie esterna rivolta verso il lato-aria del modulo fotovoltaico e una superficie interna opposta a detta superficie esterna,

15 uno strato intermedio (214) di un materiale impermeabile al vapore accoppiato a detta superficie interna di detto primo strato isolante (212), detto strato intermedio avendo una superficie inferiore rivolta verso detto primo strato isolante (212) e una superficie superiore opposta a detta superficie inferiore,

20 un secondo strato isolante (216) di un secondo materiale polimerico accoppiato a detta superficie superiore di detto strato intermedio (214).

8. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 7 in cui detto substrato comprende:

25 una porzione isolante (211) comprendente una superficie inferiore rivolta verso il lato-aria del modulo fotovoltaico e sostanzialmente coincidente con detta superficie esterna

(210os) di detto substrato (210) e una superficie superiore opposta a detta superficie inferiore,

uno strato primer (218) saldamente fissato a detta superficie superiore di detta porzione isolante (211), detto strato primer

5 (218) comprendendo una superficie inferiore rivolta verso detta superficie superiore di detta porzione isolante (211) e una superficie superiore opposta a detta superficie inferiore di detto strato primer (218) e sostanzialmente coincidente con detta superficie interna (210is) di detto substrato (210).

10 9. Metodo secondo la rivendicazione 8 in cui detto strato primer (218) comprende almeno uno dei seguenti materiali: EVA, poliolefine, polietilene lineare a bassa densità (LLDPE), polietilene lineare ad alta densità (LHDPE), un materiale termoadesivo quale, ad esempio, 15 copolimeri acrilici o poliuretani caricati con additivi, terpolimeri acrilici graffati con anidride maleica, o combinazioni dei materiali precedenti.

10. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 1 a 9 comprendente inoltre l'apertura di una pluralità di finestre 20 (215) in detto substrato (210) di detto back-contact back-sheet, detta apertura di detta pluralità di finestre (215) essendo eseguita successivamente a detta applicazione di detto strato di materiale conduttivo elettrico (220) a detto substrato (210), ciascuna di dette finestre (215) essendo 25 praticata in una posizione di detto substrato (210) tale da

lasciare esposta verso l'esterno una porzione predeterminata della superficie di detto strato di materiale conduttivo elettrico (220) rivolta verso detta superficie interna (210is) di detto substrato (210).

5 11. Metodo secondo la rivendicazione 10 in cui detta apertura di almeno una delle finestre (215) di detta pluralità di finestre (215) viene eseguita mediante fresatura, essendo detta faccia interna (200if) di detto back-contact back-sheet appoggiata ad un piano di supporto durante detta 10 fresatura eseguita al fine di aprire almeno una delle finestre (215) di detta pluralità di finestre (215) in detto substrato (210).

12. Metodo secondo la rivendicazione 11 in cui detta apertura di detta pluralità di finestre (215) viene 15 eseguita impiegando lo stesso apparato di fresatura impiegato per detta lavorazione di detto strato di materiale conduttivo elettrico (220) al fine di formare detto circuito di collegamento (220c).

13. Metodo secondo una delle rivendicazioni 11 20 oppure 12 in cui l'apparato impiegato per l'esecuzione di detta apertura di detta pluralità di finestre (215) mediante fresatura comprende una macchina fresatrice comprendente una o più frese, essendo la posizione di almeno una di dette frese lungo un asse (z) normale a detto piano di supporto 25 regolata mediante un sistema di controllo a circuito chiuso

che misura la resistenza elettrica tra detta almeno una di dette una o più frese e detto strato di materiale conduttivo elettrico (220).

14. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 11

5 a 13 in cui detta apertura di almeno una di dette finestre (215) in detto substrato (210) di detto back-contact back-sheet viene eseguita in modo da fresare detto substrato (210) per una profondità inferiore al suo spessore, in modo tale che la fresatura lasci una porzione residua di detto substrato 10 (210) sulla superficie di detto strato di materiale conduttivo elettrico (220) rivolta verso detto substrato (210).

15. Metodo secondo la rivendicazione 14 in cui detta porzione residua di detto substrato (210) viene rimossa mediante ablazione laser.

16. Metodo secondo la rivendicazione 14 in cui detta porzione residua di detto substrato (210) viene rimossa mediante un taglio in fette sottili eseguito impiegando un raggio laser, detto taglio in fette sottili essendo seguito dall'applicazione di un soffio d'aria tale da rimuovere detta porzione residua di detto substrato (210) tagliata in fette sottili.

17. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 10 a 16 in cui detta apertura di almeno una finestra (215) di detta pluralità di finestre (215) viene eseguita mediante ablazione laser.

18. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 10
a 17 comprendente inoltre una saldatura di uno o più
terminali di interconnessione o busbar (700) a detto strato di
materiale conduttivo elettrico (220), essendo detta saldatura
5 eseguita successivamente a detta apertura di detta pluralità di
finestre (215) in detto substrato (210) di detto back-contact
back-sheet, essendo ciascuno di detti terminali di
interconnessione o busbar (700) portato a contatto con una
porzione predeterminata di detto strato di materiale
10 conduttivo elettrico (220) attraverso una di dette finestre
(215) aperte in detto substrato (210).

19. Metodo secondo la rivendicazione 18 in cui
almeno uno di detti busbar (700) comprende alluminio.

20. Metodo secondo una delle rivendicazioni 18
15 oppure 19 in cui detta saldatura di almeno uno di detti uno o
più terminali di interconnessione o busbar (700) a detto strato di
materiale conduttivo elettrico (220) comprende una
saldatura per punti.

21. Metodo secondo una delle rivendicazioni da 18
20 a 20 in cui detta saldatura di almeno uno di detti uno o più
terminali di interconnessione o busbar (700) a detto strato di
materiale conduttivo elettrico (220) comprende una saldatura
ad ultrasuoni.

22. Metodo di produzione di un modulo
25 fotovoltaico comprendente celle contattate posteriormente,

detto metodo comprendendo i passi seguenti eseguiti nell'ordine:

realizzazione di un back-contact back-sheet secondo una delle rivendicazioni da 1 a 21,

5 applicazione di uno strato incapsulante inferiore (400) o di una struttura multistrati, opportunamente forati, a detta faccia interna (200if) di detto back-contact back-sheet,

applicazione di una o più celle fotovoltaiche contattate posteriormente (600) alla superficie di detto strato

10 incapsulante inferiore (400) o di detta struttura multistrati opposta alla superficie rivolta verso detta faccia interna (200if) di detto back-contact back-sheet, essendo detta

applicazione di dette una o più celle fotovoltaiche (600) eseguita in modo tale che dette una o più celle fotovoltaiche (600) siano collegate elettricamente a detto circuito di collegamento (220c) di detto back-contact back-sheet,

applicazione di uno strato di materiale incapsulante superiore (450) alla faccia delle celle fotovoltaiche opposta alla faccia rivolta verso detto strato incapsulante inferiore (400) o detta struttura multistrati,

applicazione di uno strato protettivo esterno (800) alla faccia di detto strato di materiale incapsulante superiore (450) opposta alla faccia rivolta verso le celle fotovoltaiche.

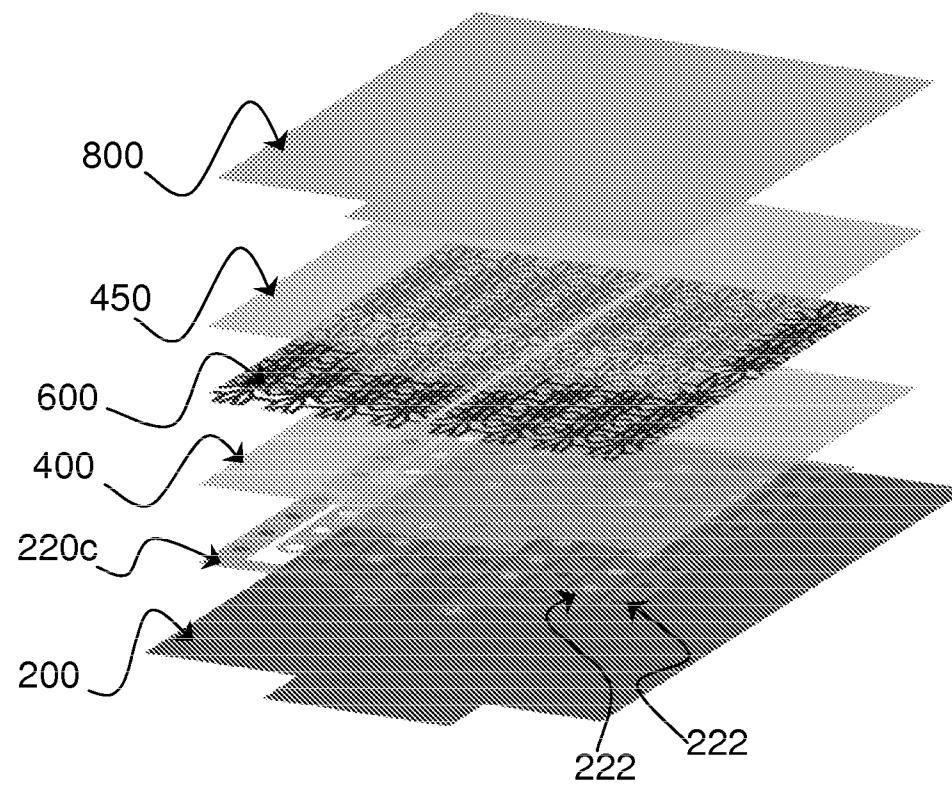


Fig. 1

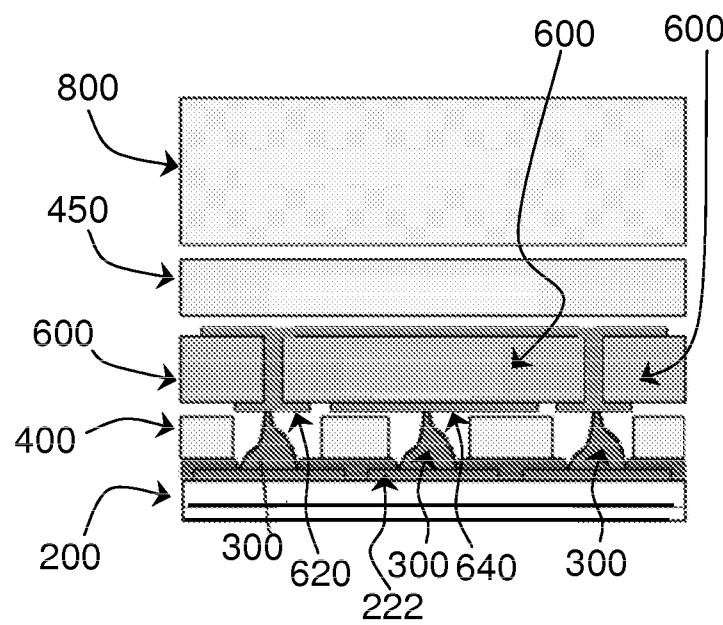


Fig. 2a

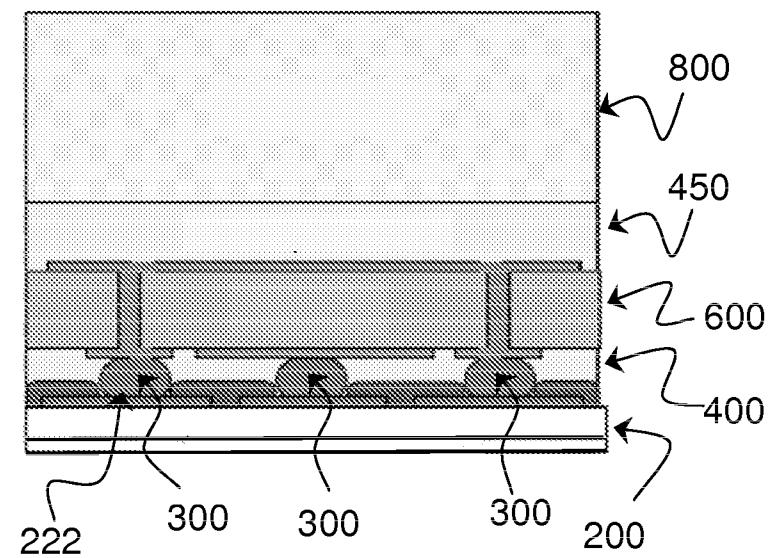


Fig. 2b

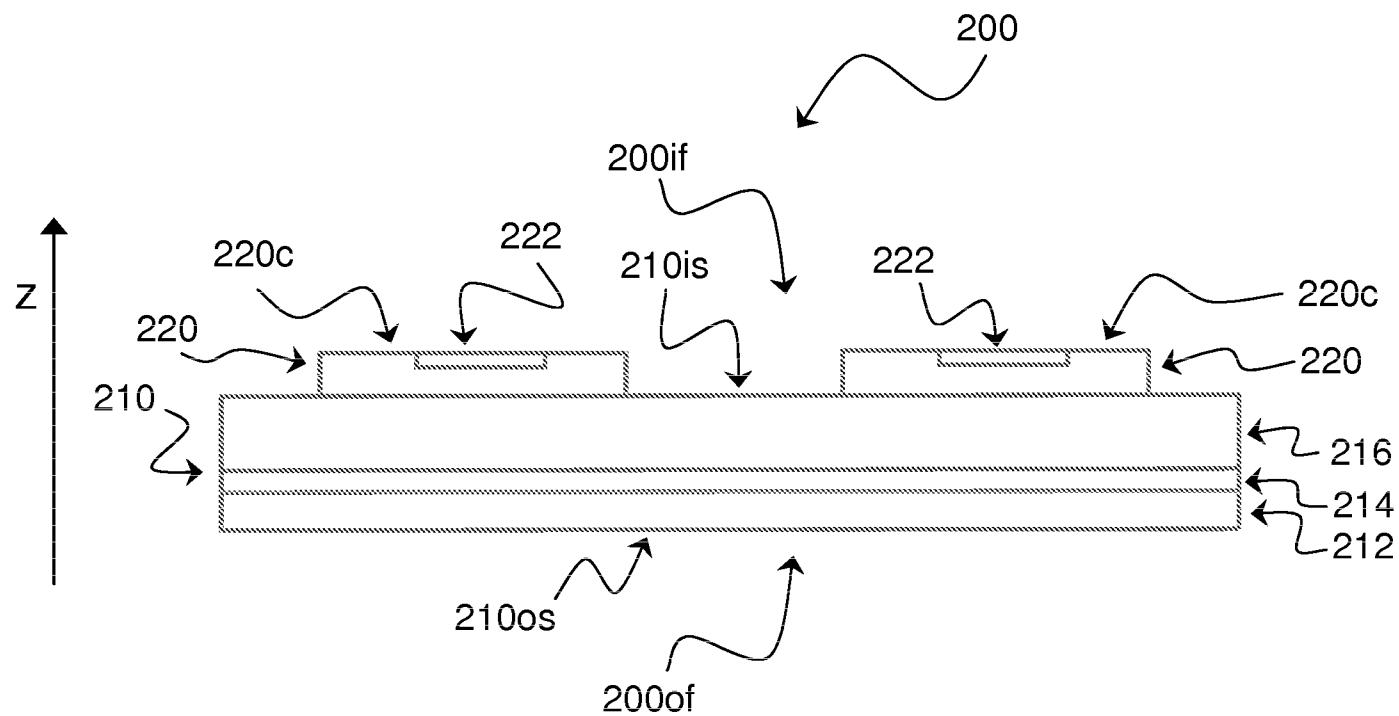


Fig. 3

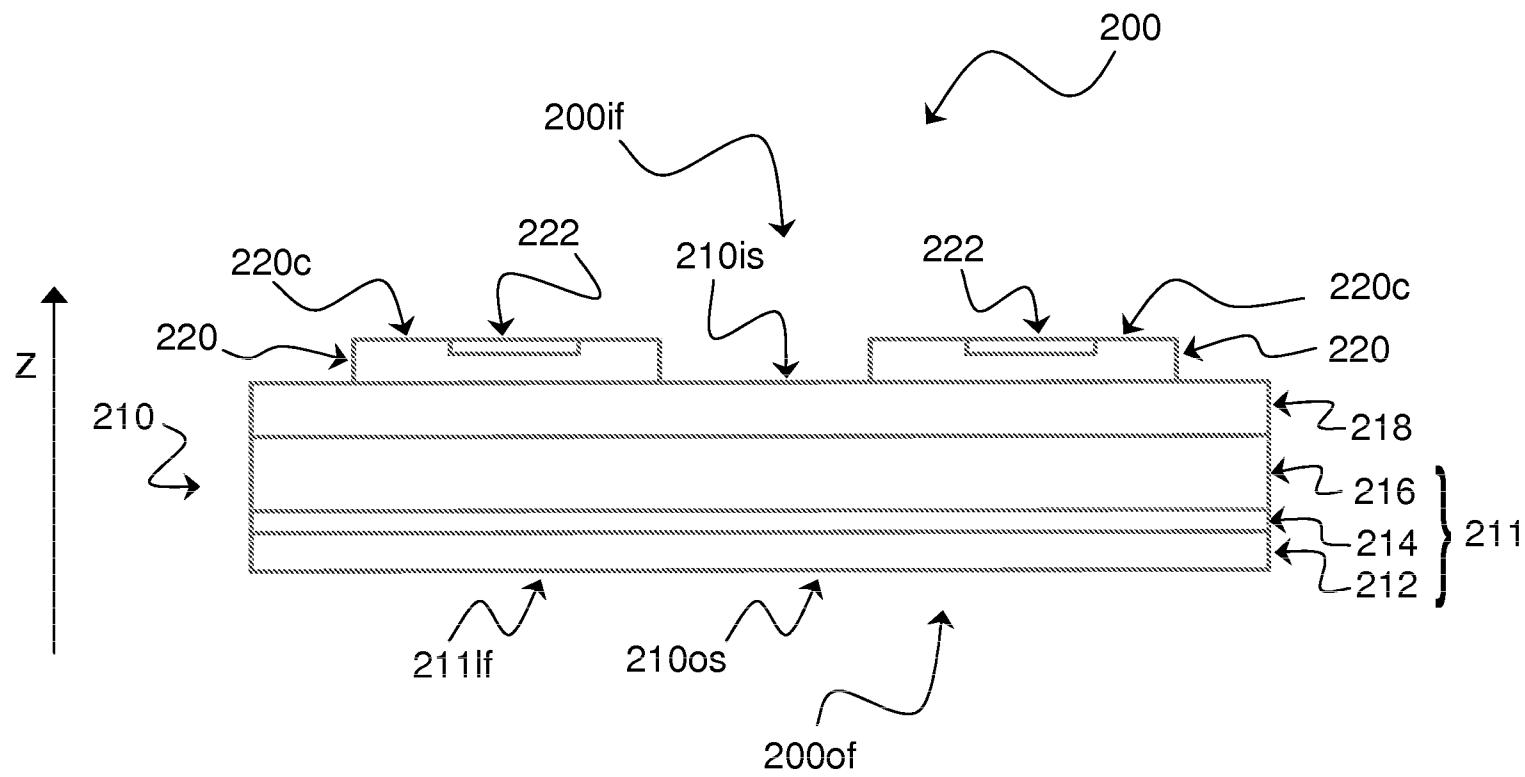


Fig. 4

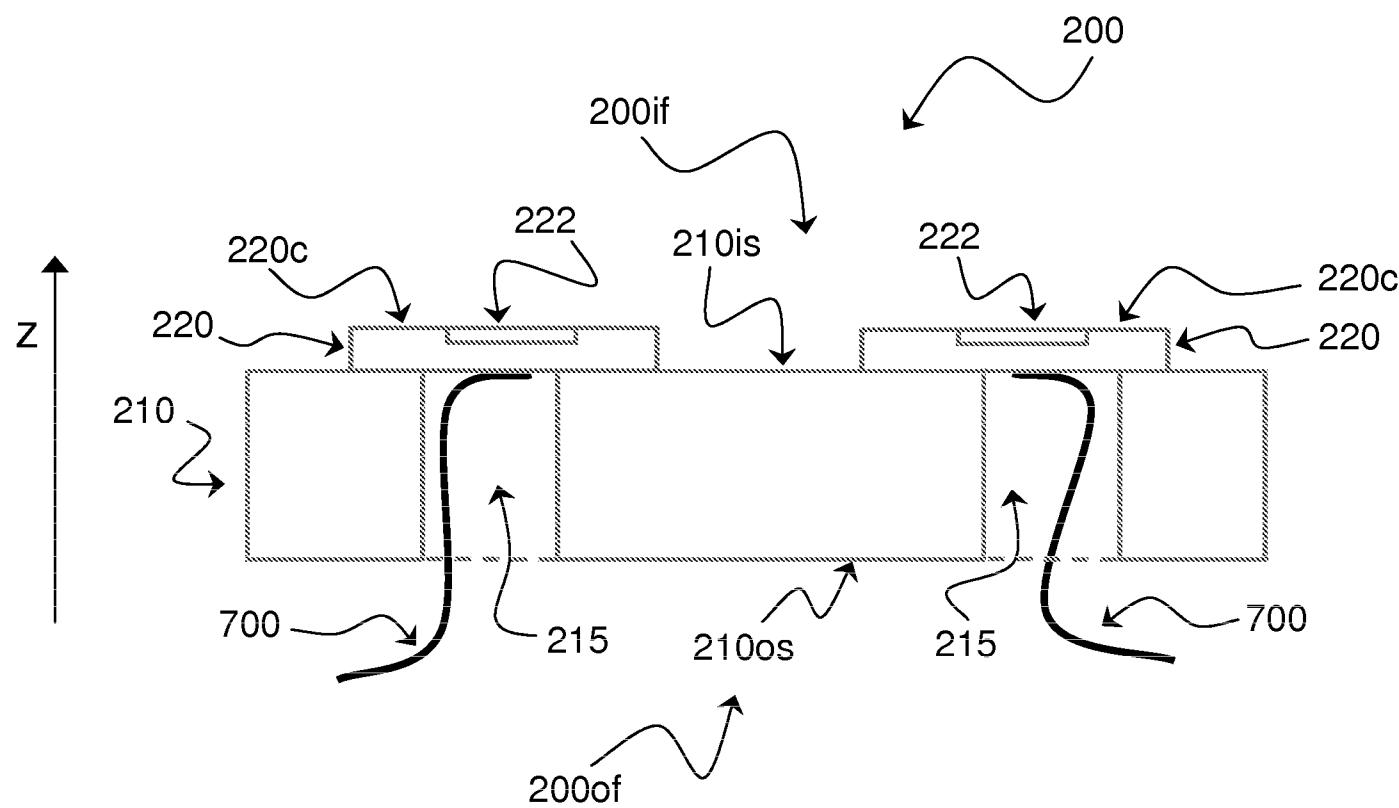


Fig. 5