



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UTBM

DOMANDA NUMERO	101983900003443
Data Deposito	21/04/1983
Data Pubblicazione	21/10/1984

Priorità	372.937
Nazione Priorità	US
Data Deposito Priorità	29-APR-82

Titolo

BARRIERA DI TIPO MAGNETICO, PER GAS

DOCUMENTAZIONE RILEGATA

Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

"BARRIERA DI TIPO MAGNETICO, PER GAS"

a nome: ENERGY CONVERSION DEVICES, INC.

a : 1675 West Maple Road, Troy

MI 48084 (U.S.A.)

di nazionalità statunitense ed elettivamente domiciliata presso i suoi mandatarî Dr. E. Klausner, Dr. Ing. T. Levrini, p.i. S. Castelli, Dr. R. Rimprocci, p.i. R. Monti, a Milano, Via Dogana 1 (Ufficio Internazionale Brevetti Ing. C. Gregorj di E. Klausner & C. s.n.c.)

depositata il 21 APR 1983

Nr. 20732 A/83

—O—O—O—

RIASSUNTO

La presente invenzione si riferisce ad una barriera unidirezionale per gas, di tipo magnetico, adatta a collegare operativamente due camere per deposizione, adiacenti fra di loro, allo scopo di consentire il deposito di strati successivi su di un nastro di materiale costituente un substrato, partendo da gas introdotti separatamente in ogni camera. Per impedire la contaminazione reciproca delle atmosfere esistenti nelle camere, per diffusione attraverso la barriera unidirezionale per i gas, questa barriera unidirezionale per i gas, proposta dalla

DESCRIZIONE MODIFICATA

(ART. 49, D.P.R. 338/1979)

ISTANZA DEPOSITATA

IL 25-8-83

presente invenzione, utilizza un campo magnetico operante in modo tale da sollecitare la superficie non rivestita del substrato magnetico, in contatto di scorrimento con una delle pareti del passaggio presente nella barriera unidirezionale per i gas, attraverso il quale passa il substrato. Questo consente di ridurre sostanzialmente le dimensioni del passaggio, diminuendo in tal modo, in misura sostanziale, la contaminazione reciproca delle atmosfere di deposizione nelle varie camere.

Inoltre, la barriera unidirezionale per gas, proposta dall'invenzione, riduce l'ondulazione del substrato durante la deposizione.

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un apparato per produrre, in modo continuo, dispositivi fotovoltaici su di un nastro di materiale magnetico, fungente da substrato, mediante deposito di strati successivi di materiali semiconduttori formanti leghe di silicio, di tipo amorfo, in ognuna di almeno due camere adiacenti di deposizione. La composizione di ogni strato amorfo dipende dai particolari costituenti dei gas di reazione introdotti in ognuna delle camere di deposizione. I costituenti introdotti nella prima camera di deposizione vengono accurata-

mente controllati ed isolati dai costituenti introdotti nella camera di deposizione adiacente. In modo più specifico, le camere di deposizione vengono funzionalmente collegate per mezzo di un passaggio relativamente stretto della barriera unidirezionale per gas (1) attraverso il quale passa il nastro di materiale costituente il substrato e (2) adatto ad isolare i costituenti gassosi di reazione introdotti nella prima camera di deposizione, dai costituenti gassosi di reazione introdotti nella camera di deposizione adiacente. Tuttavia, è stato determinato che malgrado le dimensioni relativamente piccole del passaggio della barriera unidirezionale per i gas, i costituenti gassosi droganti introdotti nella seconda camera di deposizione rifluiscono, o si diffondono nella prima camera di deposizione adiacente, contaminando in tal modo lo strato depositato in detta prima camera di deposizione. L'essenza dell'invenzione consiste nel ridurre le dimensioni del passaggio presente nella barriera unidirezionale per gas, in modo tale da consentire di ridurre, in misura corrispondente, il riflusso, o diffusione dei costituenti gassosi di drogaggio, con conseguente possibilità di diminuire la contaminazione dello strato depositato nella prima camera di deposizione.

Recentemente, sono stati condotti vari tentativi per lo sviluppo di processi che consentano di depositare leghe di materiali semiconduttori, di tipo amorfo, ognuna delle quali può delimitare aree relativamente grandi e che possono venire drogate allo scopo di formare materiali di tipo p e di tipo n, per la produzione di dispositivi del tipo p-i-n, sostanzialmente equivalenti a quelli prodotti dai corrispondenti materiali cristallini. Per molti anni, questi lavori condotti con pellicole di silicio, o di germanio, di tipo amorfo, si sono dimostrati sostanzialmente improduttivi a causa della presenza, nelle stesse, di microvuoti e legampendenti che producevano una elevata densità di stati localizzati nell'intervallo di energia proibita. Inizialmente, la riduzione degli stati localizzati è stata ottenuta per deposizione, mediante scarica a bagliore, di pellicole di silicio amorfo in cui il silano gassoso (SiH_4) è stato fatto passare attraverso un tubo di reazione nel quale il gas veniva decomposto per mezzo di una scarica a bagliore a radiofrequenza (r.f.), con deposito su di un substrato in corrispondenza di una temperatura del substrato pari, all'incirca, a 500-600 gradi K (227-327 gradi C). Il materiale in tal modo depositato sul substrato rappresenta un materiale

amorfo intrinseco consistente di silicio ed idrogeno. Per produrre un materiale amorfo drogato, la fosfina gassosa (PH_3), per una conduzione di tipo n o il di-borano gassoso (B_2H_6), per una conduzione di tipo p viene premiscelato con il silano gassoso e la miscela viene fatta passare attraverso il tubo di reazione, del tipo a scarica a bagliore, adottando le stesse condizioni operative. Il materiale in tal modo depositato include droganti supposti sostituzionali, costituiti da fosforo o boro, tale materiale essendo estrinseco e presentante una conduttività di tipo n o di tipo p, rispettivamente. E' stato riscontrato che l'idrogeno, nel silano si combina, in corrispondenza di una temperatura ottimale, con parecchi dei legami pendenti del silicio durante la deposizione mediante scarica a bagliore, con conseguente sostanziale riduzione della densità degli stati localizzati nell'intervallo di energia proibita per cui il materiale amorfo può approssimarsi maggiormente al corrispondente materiale cristallino.

E' ora possibile preparare leghe di silicio amorfo, notevolmente migliorate, presentanti concentrazioni significativamente ridotte di stati localizzati nei corrispondenti intervalli di energia proibita fornendo, nel contempo, elevate proprietà elettroniche.

che per mezzo della scarica a bagliore. Questa tecnica è stata completamente descritta nel brevetto statunitense N. 4.226.898, depositato il 7 Ottobre 1980 a nome Stanford R. Ovshinsky e Arun Madan, intitolato Amorphous Semiconductors Equivalent to Crystalline Semiconductors adottando procedure di deposizione da fase vapore, del tipo descritto, in dettaglio, nel brevetto statunitense N. 4.217.374 depositato il 12 Agosto 1980, con lo stesso titolo, a nome Stanford R. Ovshinsky e Masatsugu Izu. In conformità a quanto descritto nei brevetti precedentemente indicati, il fluoro introdotto nel silicio amorfo, come semiconduttore, opera in modo tale da ridurre, sostanzialmente, la densità degli stati localizzati, facilitando l'aggiunta di altri materiali formanti lega quali, ad esempio, il germanio.

Il fluoro attivo si diffonde prontamente nel silicio amorfo e si lega in un corpo a matrice, allo scopo di diminuire, in misura sostanziale, la densità degli stati localizzati di difetto nello stesso. Questo è dovuto alle piccole dimensioni degli atomi di fluoro le quali consentono, agli stessi, di venire prontamente introdotti in una matrice di silicio amorfo. Il fluoro si lega con i legami pendenti del silicio e forma un legame stabile, parzialmente ioni-

co, con angoli di legame flessibili, ottenendo una compensazione, o alterazione più stabile e più efficiente di quella che potrebbe venire formata da idrogeno o altri agenti di compensazione o di alterazione del tipo impiegato in precedenza. Il fluoro viene considerato come un elemento di compensazione o di alterazione più efficiente dell'idrogeno, quando impiegato da solo o con idrogeno, a causa delle sue dimensioni eccezionalmente piccole, dell'elevata reattività, della specificità nel legame chimico e per il fatto che presenta una maggiore elettronegatività.

La compensazione può venire ottenuta con fluoro, da solo o in combinazione con idrogeno, mediante aggiunta di questo elemento, o di questi elementi, in quantità molto piccole (pari, ad esempio, a frazioni dell'uno per cento atomico). Tuttavia, le quantità di fluoro e di idrogeno più desiderabilmente adottate, sono molto maggiori di queste piccole percentuali, in modo tale da permettere, agli elementi, di formare una lega di silicio-idrogeno-fluoro. Pertanto, le quantità formanti lega, di fluoro e idrogeno possono essere comprese, ad esempio, nella gamma fra lo 0,1 ed il 5 per cento, o superiore. La lega in tal modo formata presenta una minore densità

di stati di difetto nell'intervallo di energia proibita, rispetto a quanto ottenibile per mezzo di una semplice neutralizzazione dei legami pendenti e analoghi stati di difetto. In particolare, è stato riscontrato che l'uso di quantità maggiori di fluoro consente, sostanzialmente, l'ottenimento di una nuova configurazione strutturale di un materiale contenente silicio amorfo, facilitando l'aggiunta di altri materiali formanti lega costituiti, ad esempio, dal germanio. Il fluoro, oltre alle caratteristiche precedentemente indicate, rappresenta un organizzatore della struttura locale nella lega contenente silicio, attraverso effetti induttivi e ionici. Il fluoro influenza pure il legame dell'idrogeno, operando in modo tale da diminuire la densità degli stati di difetto normalmente contribuiti dall'idrogeno. Il ruolo ionico giocato dal fluoro in una lega di questo tipo, rappresenta un fattore importante nei termini delle relazioni con i confinanti più prossimi.

Il concetto dell'utilizzazione di celle multiple per migliorare l'efficienza dei dispositivi fotovoltaici è stato descritto già nel 1955 da E. D. Jackson, nel brevetto statunitense N. 2.949.498, rilasciato il 16 Agosto 1960. Le strutture a celle

multiple descritte nel brevetto precedentemente indicato, utilizzavano dispositivi semiconduttori cristallini, del tipo a giunzione p-n. Essenzialmente, il concetto riguarda l'utilizzazione di dispositivi presentanti un differente intervallo di energia proibita, allo scopo di raccogliere, in modo più efficiente, varie porzioni dello spettro solare e per determinare un aumento della tensione a circuito aperto (Voc.). Il dispositivo a celle in tandem comporta l'impiego di due o più celle in cui la luce viene diretta serialmente attraverso ogni cella, con un materiale presentante un elevato valore dell'intervallo dell'energia proibita seguito da un materiale caratterizzato da un minore valore dell'intervallo di energia proibita, in modo tale da consentire l'assorbimento della luce passante attraverso la prima cella, o strato. Mediante un sostanziale adattamento delle correnti generate da ogni cella, la tensione globale a circuito aperto viene incrementata senza diminuire, in misura sostanziale, la corrente di corto circuito.

Sono state citate varie pubblicazioni riguardanti le celle cristalline accatastate, dopo la scoperta di Jackson e, più recentemente, sono stati pubblicati vari articoli riguardanti materiali del tipo

Si-H presenti in celle accatastate. Marfaing ha proposto l'impiego di leghe di Si-Ge, di tipo amorfo, depositate impiegando silano, in celle accatastate ma, tuttavia, deve essere rilevato che questo autore non ha definito la possibilità di operare in questo modo. (Y. Marfaing, Proc. 2nd European Communities Photovoltaic Solar Energy Conf., Berlino, Germania dell'Ovest, pag. 287, (1979).

Hamakawa et al. hanno riportato la fattibilità dell'impiego di Si-H in una configurazione che viene definita come cella multipla, del tipo in cascata. La cella in cascata viene successivamente considerata come una cella multipla, senza una separazione o uno strato di isolamento tra le stesse. Ognuna delle celle è stata realizzata con l'impiego del materiale Si-H presentante lo stesso intervallo di energia proibita, in una configurazione a giunzione p-i-n. E' stato tentato l'adattamento della corrente di corto circuito (J_{sc}) mediante incremento dello spessore delle celle nel percorso seriale seguito dalla luce. Come previsto, si è riscontrato un aumento della tensione globale Voc. del dispositivo, tale aumento essendo proporzionale al numero di celle.

In una recente memoria riguardante l'aumento dell'efficienza di celle fotovoltaiche a giunzioni

multiple (impilate) di silicio amorfo, depositato da silano nel modo precedentemente indicato, è stato descritto che: "(g) ermanium has been found to be a deleterious impurity in Si:H, lowering its J_{sc} exponentially with increasing Ge ...". ("è stato riscontrato che il germanio rappresenta un impurezza deleteria in Si:H, comportante una diminuzione esponenziale della corrente di corto circuito J_{sc} , in funzione dell'aumento di Ge ..."). Dai loro lavori, come pure dal lavoro di Carlson, Marfaing e Hamakawa, hanno concluso che le leghe di silicio, germanio ed idrogeno, di tipo amorfo "have shown poor photovoltaic properties" ("hanno evidenziato scarse proprietà fotovoltaiche") e, pertanto, che "photovoltaic film cell materials must be found having spectral response at about 1 micron for efficient stacked cell combinations with a Si:H." ("devono venire ricercati materiali per celle pellicolari fotovoltaiche presentanti una risposta spettrale in corrispondenza di 1 micrometro circa, per efficienti combinazioni di celle accatastate con Si:H") (J.J. Hanak, B. Faughnan, V. Korsun, e J.P. Pellican, presentata alla 14th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, San Diego, California, 7-10 Gennaio 1980).

In virtù delle proprietà benefiche ottenute per

mezzo dell'introduzione di fluoro, le leghe amorfe usate per la produzione di celle multiple, del tipo in cascata, possono ora incorporare il fluoro, come un modo possibile di riduzione della densità degli stati localizzati, senza alterare le proprietà elettroniche del materiale. Un ulteriore elemento, o ulteriori elementi per la regolazione dell'intervallo di energia proibita e costituiti, ad esempio, da germanio e carbonio, possono venire attivati e aggiunti nei processi di deposizione da fase vapore, di proiezione molecolare, o "sputtering", o di scarica a bagliore. L'intervallo di energia proibita viene regolato in conformità a quanto richiesto, per specifiche applicazioni del dispositivo, mediante introduzione delle quantità necessarie di uno, o più degli elementi di regolazione nelle celle di leghe depositate, almeno nella regione di generazione della fotocorrente delle stesse. Poichè l'elemento, o gli elementi di regolazione dell'intervallo di energia proibita, sono stati "adattati", nelle celle, senza l'aggiunta di stati deleteri sostanziali, a causa dell'influenza del fluoro, il materiale della cella mantiene elevate qualità elettroniche ed una elevata fotoconduttività, quando l'elemento, o gli elementi di regolazione vengono aggiunti in modo tale da

adattare, o "personalizzare" le caratteristiche di lunghezza d'onda del dispositivo per una specifica applicazione comportante una fotorisposta. L'aggiunta di idrogeno, con fluoro, o dopo la deposizione, consente di migliorare ulteriormente la lega alterata, o compensata con fluoro. L'incorporamento, post-deposizione, dell'idrogeno, risulta vantaggioso quando si desidera utilizzare le maggiori temperature di deposizione del substrato, consentite dall'impiego del fluoro.

Un ovvia importanza commerciale è rappresentata dalla possibilità di produrre, in grandi serie, i dispositivi fotovoltaici. A differenza del silicio cristallino che risulta limitato al trattamento in lotti, per la fabbricazione di celle solari, le leghe di silicio amorfo possono venire depositate in strati multipli entro substrati presentanti notevoli aree, in modo tale da consentire la formazione di celle solari in un sistema di trattamento, di tipo continuo ed in grado di fornire elevati volumi produttivi. I sistemi di trattamento in continuo, appartenenti a questo tipo sono stati descritti, ad esempio, nelle domande di brevetto statunitensi N. 151.301, depositata il 19 Marzo 1980, intitolata A Method of Making P-Doped Silicon Films and Devices Made Therefrom;

N. 244.386, depositata il 16 Marzo 1981 ed intitolata Continuous Systems For Depositing Amorphous Semiconductor Material; N. 240.493, depositata il 16 Marzo 1981, intitolata Continuous Amorphous Solar Cell Production System; N. 306. 146, depositata il 28 Settembre 1981, intitolata Multiple Chamber Deposition and Isolation System and Method; e N. 359.825, deposita il 19 Marzo 1982 ed intitolata Method And Apparatus For Continuously Producing Tandem Amorphous Photovoltaic Cells. In conformità a quanto descritto nelle domande di brevetto precedentemente citate, un substrato può essere fatto avanzare, in modo continuo, attraverso una successione di camere di deposizione, in cui ogni camera è "dedicata" alla deposizione di uno specifico materiale. Nella fabbricazione di una cella solare, presentante una configurazione del tipo p-i-n, la prima camera è dedicata al deposito di una lega di silicio amorfo, di tipo p, la seconda camera è dedicata al deposito di una lega di silicio amorfo, di tipo intrinseco, mentre la terza camera è dedicata alla deposizione di una lega di silicio amorfo, di tipo n. Poichè ogni lega depositata e, in particolare, la lega intrinseca, deve presentare un elevato grado di purezza, l'ambiente di deposizione, in questa camera per la deposizione di uno

strato intrinseco, risulta isolato dai costituenti droganti contenuti nelle altre camere, allo scopo di impedire la diffusione dei costituenti di drogaggio nella camera per la deposizione del materiale intrinseco. Nelle domande di brevetto precedentemente citate, nelle quali i sistemi mirano, prevalentemente, alla produzione di celle fotovoltaiche, l'isolamento fra le camere viene ottenuto impiegando barriere di isolamento per gas le quali consentono il passaggio di un gas inerte attorno al substrato man mano che lo stesso passa attraverso queste barriere, tale gas "sfiorando" il substrato corrispondente oppure, in alternativa, l'isolamento veniva garantito per mezzo di barriere per gas in grado di stabilire un flusso unidirezionale della miscela di gas di reazione introdotta nella camera per la deposizione del materiale intrinseco, nelle camere per la deposizione del materiale drogante. La barriera di tipo magnetico, per gas, proposta dalla presente invenzione comporta l'ottenimento di un passaggio ridotto fra le camere, in modo tale da consentire una sostanziale diminuzione: (1) nella diffusione o retrodiffusione dei contaminanti dalle camere di deposizione dei droganti alla camera di deposizione del materiale intrinseco e (2) nella distorsione del materiale co-

stituente il substrato, riducendo il tal modo le grafiature del substrato e favorendo la produzione di dispositivi fotovoltaici più efficienti. Deve essere rilevato che altre camere possono venire operativamente collegate alle camere utilizzate per la deposizione degli strati amorfi. Ad esempio, una camera nella quale uno strato trasparente di ossido conduttivo, secondo quanto verrà in seguito descritto, viene riportato sulla sommità dello strato superiore di lega amorfa, può venire funzionalmente collegata alla camera di deposizione finale. Poichè è ovviamente indesiderabile (1) che i costituenti dalla camera per la deposizione dello strato di ossido conduttivo trasparente si diffondano nella camera di deposizione degli strati drogati e (2) che il materiale costituente il substrato debba ondularsi nella camera per la deposizione dello strato di ossido conduttivo trasparente, la barriera magnetica per gas, proposta dall'invenzione, dovrebbe pure venire utilizzata fra la camera di deposizione dello strato di ossido conduttivo trasparente e la camera per la deposizione finale dello strato drogato. Per questo scopo, la barriera magnetica per gas viene preferibilmente impiegata fra tutte le camere dell'apparato che risultano operativamente collegate per la produzione, in continuo,

di dispositivi fotovoltaici, di tipo amorfo.

I vari scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno più evidenti dall'analisi della seguente descrizione dettagliata, la quale deve essere considerata in unione ai disegni allegati e dall'analisi delle rivendicazioni riportate in appendice.

Nel corso della presente trattazione verrà descritta una barriera per gas, di tipo perfezionato, utile per ridurre, in misura sostanziale, l'inversione del flusso dei gas di reazione da una di una coppia di camere isolate ed adiacenti di deposizione all'altra camera della coppia. La barriera per gas appartiene ad un tipo generale includente un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale un substrato si sposta dalla prima camera delle camere adiacenti di deposizione, in cui un primo strato viene depositato su di un lato di detto substrato, alla seconda di dette camere di deposizione nella quale un secondo strato viene depositato sulla superficie superiore del primo strato. Il passaggio è definito da pareti allungate superiore ed inferiore e da pareti laterali relativamente corte. La prima camera di deposizione include un primo condotto attraverso il quale almeno un costituente gassoso di reazione viene introdotto adiacentemente alla regione a plasma,

mentre anche la seconda camera di deposizione include un condotto attraverso il quale viene introdotto, adiacentemente alla regione a plasma, un costituente gassoso di reazione, di tipo supplementare, non introdotto nella prima camera di deposizione. La prima camera di deposizione viene pure dotata di un secondo condotto, in corrispondenza dell'entrata del passaggio, per l'introduzione di idrogeno, argo o altro gas inerte di lavaggio, in corrispondenza della parte terminale frontale della porta, o barriera per gas. Una pompa di evacuazione risulta operativamente associata ad ognuna delle camere di deposizione. La pompa della prima camera è adatta a rimuovere sostanzialmente l'intera quantità dell'almeno un costituente gassoso di reazione introdotto nella regione a plasma della stessa. La pompa della seconda camera è adatta a rimuovere sostanzialmente l'intera quantità dell'almeno un costituente gassoso supplementare di reazione introdotto nella regione a plasma della camera. Una seconda pompa di evacuazione può venire disposta adiacentemente all'estremità posteriore della barriera per gas, in modo tale da estrarre i gas di lavaggio.

La barriera per gas viene migliorata per mezzo dell'aggiunta di un meccanismo adatto a sollecitare

la parte non rivestita di un substrato magneticamente attraibile, circolante attraverso il passaggio, senza che si verifichi un contatto fisico della parte dotata di uno strato, del substrato corrispondente, stabilendo un contatto di scorrimento con una delle pareti superiore ed inferiore del passaggio, in modo tale da potere diminuire la distanza fra la parete superiore e la parete inferiore del passaggio, senza che la superficie munita di uno strato, del substrato considerato, debba venire a contatto con l'altra parete costituita dalla parete superiore o dalla parete inferiore del passaggio. La minore apertura del passaggio si traduce in un minore riflusso dei costituenti gassosi di reazione dalla seconda camera di deposizione nella prima camera di deposizione adiacente.

Preferibilmente, la parete del passaggio con la quale viene a contatto il substrato magnetico, è costituita da un foglio di vetro al borosilicato, di basso attrito e presentante una bassa conduttività termica. Il substrato viene realizzato con l'impiego di un materiale magnetico e lo stesso viene sollecitato ad un contatto di scorrimento con il foglio di vetro, per effetto dell'azione esercitata da un campo magnetico, stabilito da una pluralità di magneti

ceramici i quali risultano separati l'uno dall'altro per mezzo di una pluralità di distanziatori non magnetici.

Questi ed altri scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno più evidenti dai disegni, dalle rivendicazioni e dalla seguente descrizione dettagliata, concernente l'invenzione in oggetto.

Conseguentemente, un primo scopo dell'invenzione è quello di fornire una barriera unidirezionale per gas, allo scopo di ridurre, in misura sostanziale, il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas da una camera di un apparato di deposizione ad una camera adiacente. La barriera per gas include un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale un substrato si sposta dalla prima camera, nella quale un primo strato viene depositato su di un lato del substrato, alla seconda camera, nella quale un secondo strato viene depositato sul primo strato. Il passaggio è definito da una coppia di pareti allungate contrapposte, costituenti una parete superiore ed una parete inferiore e da una coppia di pareti laterali contrapposte, relativamente corte. La prima camera include mezzi per introdurre almeno un gas nella stessa, la seconda camera includendo mezzi per introdurre almeno un gas supplementare nella stessa,

mentre vengono previsti mezzi, associati alle camere, per l'evacuazione dei gas dalle camere. La barriera perfezionata, per gas, proposta dall'invenzione è caratterizzata dal fatto che comprende, in combinazione: mezzi (72) per sollecitare il lato non rivestito del substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) a contatto di scorrimento con una delle pareti allungate del passaggio (43a, 43b) in modo tale da consentire una diminuzione della distanza fra la parete superiore (43a) e la parete inferiore (43b) del passaggio, senza portare la superficie del substrato, dotata di uno strato, a contatto con l'altra parete (43b) del passaggio allungato, in modo tale da ridurre il riflusso dei gas dalla seconda camera (30), attraverso il passaggio (43) della barriera per gas.

Un secondo scopo dell'invenzione è quello di fornire una barriera per gas, di tipo perfezionato, adatta a collegare, operativamente, una coppia di camere di deposizione adiacenti, detta barriera per i gas includendo un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale può venire fatto avanzare, in modo continuo, un nastro di materiale costituente un substrato, dalla prima camera di deposizione, nella quale uno strato di lega di silicio amorfo, di ti-

po drogato, viene depositato su di un lato del substrato, alla seconda camera di deposizione, nella quale uno strato di lega di silicio amorfo, di tipo intrinseco, viene depositato sul primo strato. Il passaggio è definito da una coppia di pareti trasversali allungate e contrapposte, costituite da una parete superiore e da una parete inferiore, e da una coppia di pareti laterali contrapposte, relativamente corte. La barriera per gas, di tipo perfezionato, è caratterizzata dal fatto che comprende, in combinazione: mezzi (72) adatti a creare un campo magnetico per sollecitare il lato non rivestito, di un nastro di materiale costituente un substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) in contatto di scorrimento con una delle pareti allungate (43a, 43b), allo scopo di consentire la diminuzione della distanza fra le pareti del passaggio allungato (43a, 43b) senza portare la superficie rivestita del nastro di materiale costituente il substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) a contatto con l'altra parete (43b) del passaggio allungato.

La versione preferita dell'invenzione verrà ora descritta, a titolo di esempio, facendo riferimento ai disegni allegati alla presente trattazione, nei quali:

la figura 1 costituisce una vista frammentaria in sezione di un dispositivo fotovoltaico in tandem, comprendente una pluralità di celle p-i-n, ogni strato delle celle essendo realizzato con l'impiego di una lega di materiale semiconduttore, di tipo amorfo, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione;

la figura 2 costituisce una rappresentazione diagrammatica di un sistema di deposizione, mediante scarica a bagliore, a camere multiple, adatto per la produzione, in continuo, dei dispositivi fotovoltaici rappresentati nella figura 1;

la figura 3 rappresenta una sezione trasversale parziale, di una barriera magnetica per gas, illustrante la disposizione dei magneti ceramici entro un recesso presente nel blocco superiore della barriera per gas, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione;

la figura 4 rappresenta una vista in pianta dall'alto, della barriera per gas schematizzata nella figura 3 illustrante, con linee tratteggiate, i separatori che consentono di favorire la creazione del campo magnetico che viene sfruttato, in modo appropriato, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione; e

la figura 5 rappresenta un diagramma schematico di un nastro di materiale costituente il substrato, circolante attraverso il passaggio della barriera per gas, proposta dall'invenzione ed illustrante la configurazione della parete superiore della barriera per gas.

I. Cella fotovoltaica

Facendo ora riferimento ai disegni allegati e, in particolare, alla figura 1 degli stessi, può essere rilevato che una cella fotovoltaica in tandem, o del tipo in cascata, formata da strati successivi p-i-n, ognuno includente una lega di materiale semiconduttore amorfo, è stata rappresentata genericamente dal numero di riferimento 10. Le barriere perfezionate per gas, proposte dall'invenzione, sono state sviluppate, in modo specifico, per la produzione di questo tipo di dispositivo fotovoltaico, nel quale gli strati di lega amorfa vengono depositati, in continuo, su di un nastro in movimento di un materiale costituente il substrato, attraverso le successive camere isolate di deposizione.

In modo più specifico, la figura 1 illustra una pluralità di dispositivi fotovoltaici del tipo p-i-n costituiti, ad esempio, dalle celle solari 10a, 10b e 10c. Al di sotto della cella inferiore 12a è pre-

sente un substrato 11 il quale può essere trasparente o formato da un foglio rivestito di materiale metallico. Quantunque determinate applicazioni possano richiedere un sottile strato di ossido e/o una serie di contatti di base prima dell'applicazione del materiale amorfo, per gli scopi della presente trattazione, il termine "substrato" includerà non solo una pellicola flessibile ma anche qualsiasi elemento aggiunto alla stessa mediante una lavorazione preliminare. Più comunemente, il materiale costituente il substrato 11 può venire realizzato in acciaio inossidabile, alluminio, tantalio, molibdeno o cromo.

Ognuna delle celle 12a, 12b e 12c viene realizzata con un corpo di lega amorfa contenente almeno una lega di silicio. Ognuno dei corpi di lega include una regione, o strato a conduttività di tipo n, secondo quanto indicato dai riferimenti 20a, 20b e 20c; una regione, o strato, di tipo intrinseco, 18a, 18b e 18c; ed una regione, o strato, a conduttività di tipo p 16a, 16b e 16c. Secondo quanto illustrato, la cella 12b è rappresentata da una cella intermedia e, secondo quanto indicato nella figura 1, ulteriori celle intermedie supplementari possono venire impilate sulle celle illustrate, senza per questo scostarsi dallo spirito o dallo scopo della presen-

te invenzione. Inoltre, quantunque siano state illustrate celle p-i-n collegate in tandem, deve essere rilevato che le barriere per gas, del tipo proposto dall'invenzione, sono ugualmente adatte per l'impiego in un apparato a camere multiple, progettato per la produzione di celle in tandem, del tipo n-i-p, mediante una semplice inversione dell'ordine di deposizione degli strati di tipo n e di tipo p, sul substrato.

Per ognuna delle celle 12a, 12b e 12c, gli strati di tipo p sono caratterizzati dal fatto di essere costituiti da strati di lega, fortemente conduttivi, del tipo fotoassorbente. Gli strati di lega, di tipo intrinseco, sono caratterizzati da una soglia regolata, per quanto concerne la lunghezza d'onda, per una fotorisposta solare, da un elevato assorbimento della luce, da una bassa conduttività al buio e da una elevata fotoconduttività, tali strati includendo quantità di un elemento o di più elementi di regolazione dell'intervallo di energia proibita sufficienti ad ottimizzare l'intervallo di energia proibita o "band gap" per la particolare applicazione della cella. Preferibilmente, gli strati intrinseci sono regolati per quanto concerne l'intervallo di energia proibita, in modo tale da

ottenere una cella 12a con l'intervallo minimo di energia proibita, una cella 12c con un intervallo massimo dell'energia proibita e la cella 12b con un intervallo di energia proibita di valore compreso fra quello delle altre due celle. Gli strati di tipo n sono caratterizzati dal fatto di essere costituiti da strati di lega, ad elevata conduttività e a basso assorbimento della luce. Lo spessore degli strati di tipo n può essere compreso fra circa 25 e circa 100 angstrom. Lo spessore degli strati intrinseci amorfi di lega, regolati come valore dell'intervallo di energia proibita, può essere compreso fra circa 2.000 e circa 3.000 angstrom. Lo spessore degli strati di tipo p può essere compreso tra 50 e 200 angstrom. A causa della minore lunghezza di diffusione dei buchi, gli strati di tipo p presentano, in generale, uno spessore minimo possibile. Inoltre, lo strato più esterno rappresentato, in questo caso, dallo strato 20c di tipo n, presenterà uno spessore minimo possibile, in modo tale da evitare l'assorbimento della luce, mentre non è necessario che questo strato includa un elemento di regolazione della banda proibita.

Deve essere sottolineato il fatto che dopo la deposizione degli strati di lega di materiale semi-

conduttore, può essere richiesta una ulteriore fase di deposizione, operando in un ambiente separato o in un ambiente costituente una parte dell'apparato per la produzione in continuo. In questa fase, viene aggiunto uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO (transparent conductive oxide) 22, tale strato potendo essere costituito, ad esempio, da ossido di indio-stagno ITO (indium tin oxide), stannato di cadmio (Cd_2SnO_4) oppure da ossido di stagno drogato (SnO_2). Quantunque al dispositivo possa venire aggiunta una griglia elettrodica 24, per una cella in tandem presentante un'area sufficientemente piccola, lo strato TCO 22 è generalmente sufficientemente conduttivo per cui non è necessario impiegare la griglia 24. Se la cella in tandem presenta un'area sufficientemente ampia, o se la conduttività dello strato TCO 22 è insufficiente, la griglia 24 può venire collocata sullo strato 22, in modo tale da abbreviare il percorso dei portatori ed aumentare l'efficienza di conduzione dello strato.

II. Camere multiple per la deposizione mediante scarica a bagliore

Facendo ora riferimento specifico alla figura 2, può essere rilevato che nella stessa è stata riportata una rappresentazione diagrammatica di un appa-

rato di deposizione a camere multiple di scarica a bagliore, utilizzato per la produzione, in continuo, delle celle fotovoltaiche in tandem precedentemente descritto, tale apparato essendo stato contraddistinto genericamente dal numero di riferimento 26. L'apparato 26 include una pluralità di camere isolate e dedicate di deposizione, ogni camera essendo interconnessa per mezzo di una barriera per gas, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione.

L'apparato 26 è progettato per la produzione di notevoli volumi di celle fotovoltaiche amorfe, presentanti un'area notevole, caratterizzate da una configurazione p-i-n, sulla superficie di deposizione di un materiale 11 costituente il substrato il quale viene alimentato, in modo continuo, da un nucleo, o anima 11a di alimentazione del substrato, sino ad un nucleo, o anima di avvolgimento del substrato, indicata dal riferimento 11b. Per depositare gli strati di lega amorfa, richiesti per la produzione di una cella in tandem, presentante la configurazione p-i-n, l'apparato 26 include almeno una triade, o terna di camere di deposizione, ogni triade comprendendo: una prima camera di deposizione 28 nella quale uno strato di lega amorfa, a conduttivi-

tà di tipo p, viene depositato sulla superficie di deposizione del substrato 11, man mano che il substrato passa attraverso detta camera; una seconda camera di deposizione 30, nella quale uno strato di lega amorfa, di tipo intrinseco, viene depositato sulla superficie superiore dello strato di lega, di tipo p, sulla superficie di deposizione del substrato 11, man mano che il substrato 11 passa attraverso detta camera; ed una terza camera di deposizione 32 nella quale uno strato di lega, a conduttività di tipo n, viene depositato sulla sommità dello strato intrinseco, sulla superficie di deposizione del substrato 11, man mano che il substrato 11 passa attraverso detta camera.

Deve essere rilevato che: (1) quantunque sia stata descritta una triade di camere di deposizione, ulteriori triadi supplementari o ulteriori camere individuali possono venire aggiunte alla macchina, in modo tale da consentire la produzione, da parte della macchina, di celle fotovoltaiche presentanti qualsiasi numero di strati amorfi; (2) le barriere per gas, proposte dalla presente invenzione trovano applicazione in un ambiente comportante l'impiego di un numero minimo di due camere adiacenti, in cui viene richiesto l'impedimento al riflusso, vale a

dire alla contaminazione reciproca dei gas fra queste camere; (3) quantunque, nella versione preferita, il materiale costituente il substrato sia stato rappresentato e descritto sotto forma di un nastro continuo di materiale magnetico, il concetto della presente invenzione può essere adattato al deposito di strati successivi sulla superficie superiore di piastre discrete, costituenti un substrato, di tipo magnetico, che possono venire alimentate, in continuo, attraverso la pluralità di camere di deposizione;

(4) poichè la lunghezza del percorso di spostamento del substrato attraverso le camere individuali di deposizione risulta proporzionale allo spessore dello strato di tipo p , dello strato intrinseco o dello strato di tipo n , depositato in una data camera, la lunghezza del percorso di spostamento del substrato attraverso una camera individuale di deposizione, può venire aumentata o diminuita per il deposito di uno strato di spessore desiderato, sul substrato; e

(5) quantunque non rappresentato, altre camere costituite, ad esempio, dalla camera per l'aggiunta di uno strato TCO sulla sommità dello strato drogato superiore, del dispositivo fotovoltaico, possono venire funzionalmente collegate all'apparato 26 di scarica a bagliore, con l'ausilio della barriera ma-

gnetica per gas, realizzata in conformità ai principi della presente invenzione.

Quando l'apparato 26 viene utilizzato per produrre celle fotovoltaiche in tandem, del tipo p-i-n o del tipo n-i-p, ulteriori triadi, o terne di camere di deposizione vengono operativamente collegate alla triade, o terna di camere di deposizione del tipo rappresentato nella figura 2. In questi casi, l'apparato 26 dovrebbe includere pure una camera intermedia, non rappresentata, per isolare la miscela dei gas di reazione, di tipo n, circolante attraverso la terza camera di deposizione 32 e la miscela gassosa di reazione, di tipo p, circolante attraverso la prima camera di deposizione della terna successiva di camere.

Ognuna delle camere di deposizione 28, 30 e 32 della terna di camere è adatta a depositare una singola lega di silicio amorfo, per deposizione mediante scarica a bagliore, sul substrato magnetico 11. Per questo scopo, ognuna delle camere di deposizione 28, 30 e 32 include: un catodo 34a, 34b e 34c, rispettivamente; un condotto 36a, 36b e 36c, per l'alimentazione di un gas; un generatore a radiofrequenza 38a, 38b e 38c, rispettivamente, ed una pluralità di elementi riscaldatori radianti 40a, 40b e 40c, rispet-

tivamente.

I condotti di alimentazione 36a-36c risultano operativamente associati ai rispettivi catodi 34a - 34c, in modo tale da alimentare le miscele gassose di reazione alle regioni a plasma create in ogni camera di deposizione 28, 30 e 32 fra detti catodi ed il substrato 11 che scorre di fronte agli stessi. Quantunque la bobina di alimentazione 11a di materiale 11 costituente il substrato magnetico, sia stata rappresentata come posizionata, con possibilità di rotazione, nella prima camera di deposizione 28 e la bobina di avvolgimento 11b del materiale costituente il substrato, sia stata rappresentata come disposta, con possibilità di rotazione, nella terza camera di deposizione 32, è sottinteso che la bobina di alimentazione 11a e la bobina di avvolgimento, o di ricezione 11b possono venire posizionate in altre camere operativamente collegate alla terna illustrata di camere, senza per questo scostarsi dallo spirito, o dallo scopo della presente invenzione.

I generatori a radiofrequenza 38a-38c operano congiuntamente ai catodi 34a-34c, i riscaldatori radianti 40a-40c ed il substrato 11 collegato alla massa circuitale, per la formazione delle regioni a plasma per dissociazione dei gas elementari di rea-

zione che entrano nelle camere di deposizione 28, 30 e 32, in specie di deposizione. Le specie di deposizione vengono quindi depositate sul substrato 11, sotto forma di strati di lega di silicio, di tipo amorfo.

Per formare la cella fotovoltaica 10 illustrata nella figura 1, uno strato di silicio amorfo, di tipo p, viene depositato sul substrato 11, nella camera di deposizione 28, uno strato di lega di silicio amorfo, di tipo intrinseco, viene depositato sulla superficie superiore dello strato di tipo p nella camera di deposizione 30, mentre uno strato di lega di silicio amorfo, di tipo n, viene depositato sulla superficie superiore dello strato intrinseco, nella camera di deposizione 32. Conseguentemente, l'apparato 26 consente il deposito di almeno tre strati di lega di silicio amorfo sul substrato 11, in cui lo strato intrinseco, depositato nella camera di deposizione 30 differisce, come composizione, dagli strati depositati nelle camere di deposizione 28 e 32 per effetto dell'assenza di almeno un elemento che verrà considerato come la specie drogante, o di drogaggio.

E' essenziale che gli strati di lega depositati sul substrato magnetico 11 presentino un elevato grado di purezza, allo scopo di consentire la produzio-

zione di dispositivi fotovoltaici 10 caratterizzati da una efficienza corrispondentemente elevata. Conseguentemente, è necessario impiegare mezzi che consentano di isolare la camera di deposizione 30, utilizzata per la deposizione del materiale intrinseco, nella quale vengono introdotti i soli gas che consentono la formazione di strati intrinseci, per la formazione degli strati di lega, di tipo intrinseco, dalle camere 28 e 32, per la deposizione dei materiali drogati, nelle quali vengono appunto introdotti i gas della specie drogante. Quantunque l'isolamento debba essere sufficiente a garantire un rapporto almeno pari a 10^3 fra la concentrazione dei gas intrinseci nella camera di deposizione 30 e la concentrazione dei gas droganti nelle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati, deve essere rilevato che l'efficienza dei dispositivi aumenta all'aumentare del grado di isolamento.

III. Barriera per i gas

In accordo con i principi caratteristici della presente invenzione, l'isolamento necessario per i gas intrinseci nella camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci, dalle specie gassose nelle camere per la deposizione dei materiali droganti 28 e 32 viene ottenuta, in parte, stabilendo un flusso

unidirezionale, nel senso indicato dalla freccia 44, dalla camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci alle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti. Come risulterà evidente dall'analisi della figura 2, la camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci risulta in comunicazione operativa con le camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, per mezzo di barriere unidirezionali per i gas, illustrate sotto forma di aperture 42a e 42b, dimensionate in modo tale da permettere lo spostamento del substrato 11 attraverso un passaggio 43, quando tale substrato si sposta, in modo continuo, dalla bobina di alimentazione 11a, attraverso le camere di deposizione 28, 30 e 32, alla bobina di ricezione, o di avvolgimento 11b. Conseguentemente, le dimensioni delle barriere per i gas 42a e 42b vengono scelte di valore minimo possibile, in modo tale da impedire la retrodiffusione, vale a dire il flusso inverso dei gas della specie di drogaggio dalle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, mentre le dimensioni vengono simultaneamente selezionate di valore sufficientemente elevato da permettere che la superficie del substrato, dotato di strati, possa passare attraverso l'apertura,

senza che questa superficie debba venire graffiata dalle parete del passaggio. Conseguentemente, la progettazione delle barriere per i gas, indicate in 42a e 42b comporta l'adozione di un equilibrio di interessi. Il passaggio attraverso le barriere per i gas deve essere sufficientemente elevato da permettere (1) il libero passaggio, senza contatto, della superficie dotata degli strati, del substrato 11, attraverso lo stesso e (2) da impedire la diffusione dei gas di reazione dalle camere 28 e 32 per la deposizione del materiale drogante, attraverso detta barriera. L'invenzione in oggetto riguarda la minimizzazione delle dimensioni del passaggio della barriera per i gas, senza che questo comporti una graffiatura della superficie dotata di strati, del substrato. Deve essere nuovamente sottolineato il fatto che quantunque la presente trattazione si riferisca, in modo predominante, all'impedimento della contaminazione dello strato di lega, di tipo intrinseco, da parte dei costituenti di drogaggio della lega, anche gli strati di lega drogata devono venire protetti dalla contaminazione, per mezzo dell'impiego della barriera magnetica per gas, proposta dall'invenzione, allo scopo di consentire il collegamento funzionale delle camere per la deposizione dei materiali intrinseci e

le camere adiacenti nelle quali, ad esempio: (1) uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO viene depositato sulla sommità dello strato drogato superiore o (2) il materiale costituente il substrato magnetico viene pulito prima di entrare nelle camere di deposizione. L'utilizzazione della barriera magnetica per gas consente pure di favorire l'impedimento dell'ondulazione dei substrati in queste altre camere.

Per impedire la diffusione dei gas di drogaggio di reazione dalle camere 28 e 32 per la deposizione dei droganti alla camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, attraverso le barriere per i gas 42a e 42b, la camera 28 per la deposizione del materiale drogato di tipo p e la camera 32 per la deposizione del materiale drogato di tipo n, vengono mantenute ad una pressione interna inferiore alla camera di deposizione del materiale intrinseco 30. Per questo scopo, ogni camera di deposizione può essere dotata di valvole automatiche a farfalla, di pompe e manometri, non illustrati. Ogni valvola a farfalla risulta operativamente collegata ad una rispettiva camera di deposizione e ad una rispettiva pompa, in modo tale da evacuare, dalle camere di deposizione, i costituenti di deposizio-

ne esauriti ed in eccesso. Ogni manometro, per la misura della depressione assoluta, risulta operativamente collegato ad una rispettiva camera di deposizione e ad una rispettiva valvola a farfalla, o di parzializzazione, per controllare la pressione all'interno di dette camere di deposizione. Più preferibilmente, la pressione all'interno delle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati viene preferibilmente mantenuta ad un valore di 0,55 torr, mentre la pressione all'interno della camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, viene preferibilmente mantenuta ad una pressione di 0,6 torr. Conseguentemente, viene stabilito e mantenuto un differenziale di pressione fra le camere di deposizione dei materiali droganti, indicate in 28 e 32, e la camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, in modo tale da garantire un flusso di gas, sostanzialmente unidirezionale, attraverso la camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco.

In accordo con la versione preferita della presente invenzione, i gas intrinseci includono i materiali intrinseci di partenza dai quali vengono derivati i tre strati di lega di silicio amorfo depositati. Ad esempio, i gas intrinseci di partenza

possono includere tetrafluoruro di silicio (SiF_4), più idrogeno gassoso, tetrafluoruro di silicio più silano gassoso (SiH_4), il solo tetrafluoruro di silicio gassoso o il solo silano gassoso. I gas dei materiali intrinseci di partenza vengono alimentati nel condotto 36b, e, pertanto, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, con una portata che, in cooperazione con la portata in corrispondenza della quale viene introdotto il gas inerte, possa garantire (1) un flusso unidirezionale attraverso le barriere per i gas 42a e 42b, (2) possa sostenere i gas intrinseci nelle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati e (3) possa impedire, sostanzialmente, il riflusso o la diffusione dei gas droganti nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco.

I gas delle specie di drogaggio, richiesti per la produzione degli strati di lega di tipo p o di tipo n nelle camere 28 e 32 per la deposizione dei droganti vengono introdotti, rispettivamente, attraverso i condotti 36a e 36c. La concentrazione dei gas delle specie di drogaggio, richiesta nella camera 28 per la deposizione del materiale drogante di tipo p, per la produzione di uno strato di lega di tipo p è pari, all'incirca, allo 0,1 per cento atomico. Que-

sto gas drogante può essere costituito, ad esempio, da boro, introdotto sotto forma di diborano gassoso (B_2H_6). Per produrre uno strato di lega di tipo p presentante un maggiore intervallo di energia proibita, possono pure venire introdotti determinati elementi costituiti, ad esempio, da azoto, carbonio o ossigeno.

La concentrazione dei gas delle specie di drogaggio, richiesti per la camera 32 di deposizione del drogante di tipo n, per la produzione dello strato di lega di tipo n è pari, all'incirca, allo 0,05 per cento atomico. Questa specie di drogaggio, in forma gassosa, può essere costituita, ad esempio, da fosfina gassosa o da arsenico introdotto come arsina gassosa.

Nella versione preferita dell'invenzione, un gas di lavaggio costituito, ad esempio, da idrogeno, argon o da qualsiasi altro gas inerte, viene introdotto in corrispondenza del lato inferiore (lato corrispondente alla camera per la deposizione del materiale intrinseco) delle barriere per i gas 42a e 42b. Il gas di lavaggio entra nella camera intrinseca 30 adiacentemente a dette barriere per i gas 42a e 42b, attraverso i condotti 37a e 37b, rispettivamente, tali condotti 37a e 37b includendo opportune

sto gas drogante può essere costituito, ad esempio, da boro, introdotto sotto forma di diborano gassoso (B_2H_6). Per produrre uno strato di lega di tipo p presentante un maggiore intervallo di energia proibita, possono pure venire introdotti determinati elementi costituiti, ad esempio, da azoto, carbonio o ossigeno.

La concentrazione dei gas delle specie di drogaggio, richiesti per la camera 32 di deposizione del drogante di tipo n, per la produzione dello strato di lega di tipo n è pari, all'incirca, allo 0,05 per cento atomico. Questa specie di drogaggio, in forma gassosa, può essere costituita, ad esempio, da fosfina gassosa o da arsenico introdotto come arsina gassosa.

Nella versione preferita dell'invenzione, un gas di lavaggio costituito, ad esempio, da idrogeno, argon o da qualsiasi altro gas inerte, viene introdotto in corrispondenza del lato inferiore (lato corrispondente alla camera per la deposizione del materiale intrinseco) delle barriere per i gas 42a e 42b. Il gas di lavaggio entra nella camera intrinseca 30 adiacentemente a dette barriere per i gas 42a e 42b, attraverso i condotti 37a e 37b, rispettivamente, tali condotti 37a e 37b includendo opportune

aperture, non rappresentate, per dirigere il gas di lavaggio su entrambi i lati del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato. In virtù del differenziale di pressione fra le camere per la deposizione dei materiali droganti 28 e 22 e la camera intrinseca 30, i gas inerti vengono spostati unidirezionalmente attraverso il passaggio 43 delle barriere per i gas 42a e 42b. Una percentuale sostanziale dei gas di reazione, di tipo intrinseco, introdotti nella camera per la deposizione dei materiali intrinseci, indicata dal numero di riferimento 30, attraverso il condotto 36b, viene preferibilmente ristretta alla regione a plasma della camera 30, mediante introduzione ed estrazione dei gas adiacentemente a detta regione. In modo analogo, una percentuale sostanziale dei costituenti gassosi di reazione, necessari per il deposito degli strati drogati, viene introdotta nelle camere 28 e 32, per il deposito dei materiali drogati, attraverso i condotti 36a e 36c, rispettivamente. I gas droganti vengono pure sostanzialmente limitati alle rispettive regioni a plasma delle camere per il deposito dei materiali drogati, mediante introduzione ed estrazione di queste miscele di gas di reazione adiacentemente a dette regioni. Dopo che i gas inerti sono stati fatti

passare, tramite le barriere per i gas 42a e 42b, nelle rispettive camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, questi gas inerti possono venire sostanzialmente estratti adiacentemente al lato terminale (lato corrispondente alla camera rispettiva di deposito dei materiali droganti) delle barriere per i gas 42a e 42b oppure possono venire evacuati con i gas di reazione utilizzati per il deposito dei materiali drogati. In ogni caso, i gas di lavaggio vengono utilizzati come elementi supplementari che consentono di impedire sostanzialmente la retrodiffusione dei gas di drogaggio dalle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco.

La figura 3 rappresenta una sezione trasversale, su scala maggiore, della configurazione preferita della barriera per i gas, indicata genericamente dal numero di riferimento 42. La barriera per i gas 42, schematizzata nella figura 3, intende rappresentare simbolicamente la disposizione generale di note parti in una tipica barriera per i gas e, pertanto, questa rappresentazione non intende definire tutti i noti elementi strutturali di questa barriera per i gas. La descrizione è completamente dettagliata

soltanto rispetto agli elementi magnetici che formano l'essenza della presente invenzione.

In modo più specifico, può essere rilevato che la barriera per i gas 42 comprende, in generale, un blocco inferiore 44 ed un blocco superiore 46 al cui bordo anteriore è fissato un complesso a rulli cilindrici 48 allungato in senso trasversale, secondo quanto rappresentato nella figura 4. La lunghezza del complesso a rulli cilindrici 48 risulta preferibilmente almeno pari alla larghezza del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, passante attraverso l'apparato a camere multiple 26, in modo tale che l'intera larghezza del substrato 11 possa venire a contatto con una porzione della circonferenza della superficie dei rulli cilindrici. Vari cuscinetti a rullo possono essere impiegati per consentire una rotazione sostanzialmente priva di attrito del complesso a rulli cilindrici 48. Il complesso a rulli cilindrici 48 è adatto a guidare il nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, attraverso una fenditura, o passaggio 43, relativamente stretto, formato tra la superficie superiore del blocco inferiore 44 della barriera per i gas ed una porzione sfinestrata del blocco superiore 46 della barriera per i gas. Stabilendo un

flusso unidirezionale del gas inerte di lavaggio dal lato corrispondente alla camera per la deposizione del materiale intrinseco, della barriera per i gas, nel lato corrispondente alle camere adiacenti per la deposizione dei materiali droganti, della barriera per i gas, viene impedita una sostanziale contaminazione della camera 30 di deposizione del materiale intrinseco altrimenti provocata dalla retrodiffusione dei gas droganti di tipo p e tipo n introdotti nelle camere adiacenti di deposizione 28 e 30. Quantunque la versione preferita utilizzi un singolo complesso a rulli 48 fissato, con possibilità di rotazione, adiacentemente all'estremità anteriore della barriera per i gas 42, un secondo complesso a rulli potrebbe pure venire fissato, con possibilità di rotazione, all'estremità di coda della barriera per i gas, in modo tale da garantire una ulteriore guida per il nastro di materiale 11 costituente il substrato.

La fenditura, vale a dire il passaggio 43 della barriera per i gas, presenta una sezione trasversale genericamente rettangolare e lo stesso è definito da una parete superiore 43a, da una parete inferiore 43b e da due pareti laterali 43c. Come precedentemente indicato, è desiderabile che le pareti 43c

presentino una lunghezza minima possibile, allo scopo di minimizzare il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas attraverso il passaggio 43. Per conseguire questo scopo, la parete superiore 43a del passaggio 43 viene realizzata con l'impiego di un materiale relativamente duro presentante le ulteriori caratteristiche di una bassa resistenza superficiale di attrito e di una bassa conduttività termica. Nella versione preferita dell'invenzione, un foglio di vetro temperato 62 costituito, ad esempio, dal prodotto "PYREX" (marchio registrato della Corning Glass Works per un vetro al borosilicato, presentante una temperatura di rammollimento di 820°C, una temperatura operativa superiore, in esercizio normale, di 230°C ed una durezza allo scleroscopio di 120) presenta le caratteristiche richieste e, di conseguenza, questo materiale viene utilizzato per fabbricare la parete superiore 43a del passaggio. Quantunque nella forma pratica realizzativa, di tipo preferito, la parete superiore 43a venga formata da un materiale presentante una bassa resistenza superficiale all'attrito ed una bassa conduttività termica (per il fatto che la superficie della parete superiore 43a viene a contatto con il lato non rivestito, del substrato 11), anche la parete infe-

riore 43**b** potrebbe venire realizzata in questo modo (se gli strati sono stati depositati sulla superficie superiore del substrato 11), senza per questo scostarsi dallo spirito e dallo scopo della presente invenzione. Come ulteriore forma pratica realizzativa, di tipo preferito, la barriera magnetica per i gas, proposta dall'invenzione, è pure adattabile all'impiego con un complesso catodico orientato verticalmente (anzichè con il catodo orizzontale illustrato e descritto nel corso della presente trattazione). Con un complesso catodico verticale, entrambe le pareti della barriera per i gas potrebbero venire formate con l'impiego di un materiale a basso attrito ed a bassa conduttività termica, senza per questo scostarsi dallo spirito e dallo scopo della presente invenzione.

Facendo ora riferimento specifico alle figure 3 e 5, può essere rilevato che il nastro magnetico costituente il substrato 11, è stato illustrato, diagrammaticamente, come passante attraverso il passaggio 43 di una barriera per i gas rappresentata, ad esempio, dalla barriera 42. In modo più specifico, la figura 5 illustra il nastro di materiale 11, costituente il substrato, in contatto di scorrimento con la parete superiore di vetro 43**a** del passaggio

43. Deve essere rilevato, in particolare, il piccolo raggio 45 presentante un valore pari, approssimativamente, a 3,175 mm ($1/8$ di pollice) che può venire formato in corrispondenza del bordo anteriore della parete superiore di vetro 43a. Lo scopo del raggio 45 è quello di impedire ulteriormente che il bordo anteriore della parete 43a debba tagliare il nastro di materiale 11 costituente il substrato.

Come precedentemente descritto, il passaggio 43 viene parzialmente formato da un recesso 64 presente nel blocco superiore 46, nel quale vengono fissati vari elementi adatti a sollecitare il substrato 11 in contatto di scorrimento con la superficie inferiore del foglio di vetro 62. In modo più specifico, una lastra di alluminio 66 presentante uno spessore di 6,35 mm ($1/4$ di pollice), una larghezza di 419,1 mm (16,5 pollici) ed una profondità di 190,5 mm (7,5 pollici) viene dapprima collocata nel recesso 64. Un contenitore di acciaio inossidabile 304, presentante una larghezza di 406,4 mm (16 pollici), una profondità di 203,2 mm (8 pollici) ed uno spessore di 9,525 mm ($3/8$ di pollice) viene collocato nel recesso 64, a contatto con la piastra di alluminio 66. Infine, la piastra di vetro 62 presentante uno spessore di 6,35 mm ($1/4$ di pollice), una

larghezza di 406,4 mm (16 pollici) ed una profondità di 203,20 mm (8 pollici), viene collocata nel recesso 64, a contatto con il contenitore 68. Due distanziatori allungati, presentanti uno spessore di 3,175 mm (1/8 di pollice), indicati in 70, (1) sporgono dalle pareti laterali 43_c del passaggio 43 e (2) sviluppano e fissano la profondità dell'apertura del passaggio. Deve essere sottolineato il fatto che qualunque l'altezza preferita dei distanziatori risulti pari a 3,175 mm (1/8 di pollice) la dimensione in altezza è stata, in pratica, ridotta ad un valore anche dell'ordine di 1,588 mm (1/16 di pollice).

L'altezza preferita pari a 3,175 mm (1/8 di pollice), rappresenta una riduzione veramente significativa nell'apertura del passaggio poichè le aperture precedenti non presentavano valori inferiori a circa 6,35 mm (1/4 di pollice). Come risulterà del tutto evidente, al diminuire della profondità, può venire corrispondentemente ridotta la quantità di gas droganti che possono retrodiffondersi attraverso il passaggio 43 dalle camere 28 e 32 di deposizione dei droganti. E' stato determinato che una diminuzione nell'apertura del passaggio, dalla dimensione precedente di 6,35 mm (1/4 di pollice) ad un valore di 1,588 mm (1/16 di pollice), resa possi-

bile con l'impiego dell'invenzione in oggetto, si traduce in una diminuzione della diffusione dei contaminanti dalla camera di deposizione 28 nella quale viene depositato il materiale drogante di tipo p o dalla camera di deposizione 32, nella quale viene depositato il materiale drogante di tipo n, nella camera per la deposizione del materiale intrinseco 30, di un fattore almeno pari a 100.

Da quanto precedentemente descritto risulterà evidente l'importanza della formazione della parete superiore 43a del passaggio 43 con l'impiego di un materiale che possa rimanere sostanzialmente planare alle temperature operative, di valore elevato ed in funzione delle variazioni di temperatura richieste per la deposizione. Se la superficie della parete superiore 43a fosse intrinsecamente in grado di ondularsi in funzione delle fluttuazioni della temperatura: (1) parti della superficie a strati del substrato magnetico 11 verrebbero a contatto con la parete inferiore 43b del passaggio 43 quando il substrato passa attraverso detto passaggio, provocando in tal modo la graffiatura o altri inconvenienti su uno o più degli strati amorfi depositati sul substrato, alterando, in modo corrispondente, l'efficienza di un dispositivo fotovoltaico prodotto con l'impiego

di tale substrato, e (2) il substrato magnetico 11 che viene sollecitato contro la parete superiore 43a si conformerebbe alla superficie dello stesso e comporterebbe l'ottenimento di un substrato ondulato, o incurvato, sul quale verrebbero depositati strati di materiale semiconduttore disuguali il che, ovviamente, potrebbe comportare una riduzione dell'efficienza del dispositivo fotovoltaico. Conseguentemente, una ulteriore caratteristica indispensabile conforme all'invenzione è rappresentata dal fatto che il materiale utilizzato per la formazione della parete superiore 43a deve essere relativamente duro, in modo tale che lo stesso possa rimanere sostanzialmente planare in corrispondenza delle elevate temperature di lavoro.

All'interno del contenitore di acciaio inossidabile 68 è disposta una pluralità di magneti 72, tali magneti essendo disposti in file e colonne, per mezzo di una pluralità di separatori 74 disposti orizzontalmente e verticalmente. I magneti 72 vengono preferibilmente realizzati con l'impiego di un materiale ceramico, poichè i materiali ceramici consentono la creazione di magneti leggeri e relativamente economici, stabili alle temperature di valore elevato ed in grado di creare un intenso campo ma-

gnetico. Quantunque i magneti 72 impiegati nella versione preferita dell'invenzione, siano rappresentati da barrette di materiale ceramico, di tipo rettangolare, presentanti una larghezza di 25,4 mm (1 pollice) ed una lunghezza di 50,8 mm (2 pollici), deve essere rilevato che non è necessario che i magneti 72 vengano realizzati con l'impiego di materiali ceramici o che debbano presentare una particolare dimensione o configurazione. Deve essere sottolineato il fatto che è solo necessario che i magneti 72 siano in grado di fornire un intenso campo magnetico alle elevate temperature operative, adottate per i processi di deposizione. E' preferibile l'impiego di una pluralità di magneti a barretta per la creazione del campo magnetico totale. Questo è dovuto al fatto che il massimo flusso magnetico viene sviluppato in corrispondenza delle estremità dei magneti a barretta 72 e, pertanto, all'aumentare del numero dei magneti impiegati aumenterà la forza di attrazione e, di conseguenza, il campo magnetico globale risulterà più uniforme.

I separatori magnetici 74 sono costituiti da elementi non magnetici, di tipo allungato e sostanzialmente piatti, tali elementi essendo rappresentati, ad esempio, da piastre di alluminio presentanti uno spessore di 1,588 mm (1/16 di pollice). I separatori 74

cooperano con la pluralità di magneti 72 in modo tale da intensificare l'uniformità del campo magnetico. Nella versione preferita dell'invenzione, vengono impiegati, in totale, sessantaquattro (64) magneti di materiale ceramico 72 presentanti una larghezza di 25,4 mm (1 pollice) ed una lunghezza di 50,8 mm (2 pollici), tali magneti essendo distanziati per mezzo dei separatori non magnetici 74, in modo tale che le estremità dei magneti periferici 72 possano terminare in coincidenza con il bordo del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, circolante attraverso il passaggio 43. Disponendo i magneti 72, in conformità a quanto descritto, rispetto al substrato magnetico 11, il concetto inventivo descritto nel corso della presente trattazione offre il vantaggio supplementare consistente nello sfruttamento del campo magnetico per centrare il substrato 11 quando lo stesso si sposta attraverso la barriera per i gas 42. Il blocco superiore 46 include un elemento di trattenuta in due pezzi 84, secondo quanto rappresentato nella figura 4, adatto a trattenere i magneti 72 ed i separatori 74 in accordo con una configurazione prestabilita. La porzione superiore del complesso di trattenuta 84 coopera con la porzione laterale dello stesso per mezzo di una

pluralità di viti 86.

L'impiego della barriera magnetica per gas 82 precedentemente descritta offre un ulteriore vantaggio degno di nota. Il complesso a rulli cilindrici 48 è supportato, con possibilità di rotazione, in modo tale da posizionare il nastro di materiale 11, costituente il substrato, circolante attraverso il passaggio 43 del portello per i gas 42, a circa 0,508 mm (0,020 pollici) al di sotto della parete superiore 43a del passaggio. Malgrado il fatto che il substrato 11 sia mantenuto sotto tensione meccanica, il substrato 11 evidenzia una indesiderabile tendenza intrinseca a piegarsi, o incurvarsi attraverso, o lungo la propria lunghezza, a causa delle elevate temperature operative alle quali lo stesso risulta soggetto. Questo crea la possibilità di deposito di strati non uniformi sullo stesso. Per mezzo dello sviluppo di un campo magnetico, in conformità ai principi della presente invenzione, il nastro di materiale 11 costituente il substrato, viene mantenuto sotto una tensione meccanica di valore maggiore per il fatto che viene attratto verso l'alto dal campo magnetico, in modo tale che detto nastro possa venire a contatto con la parete superiore 43a del passaggio. Questa maggiore tensione meccanica riduce, in misura

sostanziale, la piegatura del nastro di materiale 11 costituente il substrato e, di conseguenza, consente il deposito, su detto nastro, di strati più uniformi.

La superficie superiore del blocco inferiore 44 della barriera per i gas 42 forma la parete inferiore 43b del passaggio 43. Nel blocco inferiore 44 vengono pure praticati vari passaggi 76 per la ricezione di elementi riscaldatori allungati, non rappresentati, il cui numero dipende dalla potenza di ogni elemento e dalla temperatura desiderata alla quale deve venire mantenuto il substrato 11 quando lo stesso passa attraverso il passaggio 43. Il blocco inferiore 44 ed il blocco superiore 46 della barriera per i gas 42 includono una pluralità di aperture 78 presenti nei pannelli 80a ed 80b, rispettivamente, usate per montare la barriera per i gas 42 sulle camere di deposizione. Inoltre, una luce 82 provvede allo accesso al blocco superiore 46 ed alla piastra di alluminio 66, in modo tale da stabilire una comunicazione con il recesso 64. In questo modo, il recesso 64 può venire lavato con un gas di lavaggio, secondo quanto precedentemente descritto, dopo che lo apparato a barriera magnetica per i gas è stato inserito nello stesso, tale luce 82 potendo venire sigillata per mezzo di un cappuccio 83 allo scopo di

impedire la contaminazione delle camere di deposizione da parte dei magneti ceramici 72.

IV. Funzionamento

Nel funzionamento, il nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato viene convogliato, sotto tensione meccanica, dalla bobina di alimentazione 11a attraverso: (1) la camera di deposizione 28 utilizzata per la deposizione del drogante di tipo p nella quale viene depositato uno strato di lega di tipo p costituito, ad esempio, dallo strato 16a, sul lato inferiore del nastro; (2) la prima barriera per i gas 42a; (3) la camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, nella quale uno strato di lega, di tipo intrinseco rappresentato, ad esempio, dallo strato 18a viene depositato sullo strato di tipo p; (4) la seconda barriera per i gas 42b; (5) la camera 32 per la deposizione del drogante di tipo n, nella quale uno strato di lega di tipo n rappresentato, ad esempio, dallo strato 20a viene depositato sullo strato intrinseco; e (6) tale nastro venendo infine avvolto sulla bobina di ricezione, o di avvolgimento 11b. Le barriere per i gas 42a e 42b consentono di collegare, operativamente, le camere per la deposizione dei materiali droganti, adiacentemente alla camera 30 per la deposizione del mate-

riale intrinseco mentre impediscono il riflusso, o la diffusione dalla camera 28 di deposizione del drogante del tipo p e dalla camera 32 per la deposizione del drogante di tipo n, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco. Se in altre camere supplementari vengono svolti ulteriori processi rappresentati, ad esempio, dall'applicazione di uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO 22 sulla superficie superiore dello strato drogato 20c di tipo n, in cui tali camere risultano operativamente collegate alla terna di camere di deposizione 28, 30 e 32, le barriere per i gas 42, di tipo perfezionato, proposte dall'invenzione, possono pure venire utilizzate fra queste camere supplementari e le camere di deposizione adiacenti allo scopo di ridurre:

(1) la contaminazione delle camere di deposizione dei materiali droganti e (2) la distorsione del materiale 11 costituente il materiale magnetico del substrato.

Il campo magnetico sviluppato dai magneti ceramici 42, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione, opera in modo tale da sollecitare lo strato non rivestito, del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato (realizzato, ad esempio, con l'impiego di acciaio inossidabile 430), circolante attraverso il passaggio 43

presente nella barriera per i gas 42, in contatto di scorrimento con la superficie della parete superiore 43a. Poichè la parete superiore 43a viene fabbricata con l'impiego di un materiale relativamente duro, a basso coefficiente di attrito e presentante una bassa conduttività termica, costituito, ad esempio, dal prodotto "PYREX" (marchio depositato della Corning Glass Works), sotto forma di un foglio, la superficie inferiore del substrato non verrà negativamente influenzata da questa condizione. I magneti ceramici 72 sviluppano un campo magnetico uniforme con forze particolarmente intense in una direzione perpendicolare alla superficie planare del substrato 11 circolante attraverso il passaggio 43 ma con forze relativamente deboli in una direzione parallela a detta superficie planare del substrato. Il nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, viene quindi simultaneamente (1) sollecitato contro la superficie del foglio di vetro 43a mentre, nel contempo (2) viene permesso lo scorrimento dello stesso contro detto foglio, quando il nastro passa attraverso il passaggio 43.

I magneti 72, sollecitando il substrato magnetico 11 in contatto di scorrimento con la parete superiore 43a, fabbricata in modo speciale, del pas-

saggio 43, consentono una riduzione nella larghezza dell'apertura del passaggio. In altre parole, non sono più necessarie particolari tolleranze per impedire la graffiatura della superficie non rivestita del substrato e poichè viene ridotta la larghezza dell'apertura del passaggio, il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas droganti dalle camere di deposizione dei droganti, viene corrispondentemente ridotta, con una sostanziale diminuzione della contaminazione dello strato intrinseco e con possibilità di produrre un dispositivo fotovoltaico più efficiente.

Deve essere sottolineato il fatto che l'invenzione in oggetto non è limitata alla precisa struttura delle versioni illustrate e descritte. E' sotto inteso che la descrizione precedentemente riportata delle versioni attualmente preferite, deve venire considerata al solo titolo di esempio illustrativo, tale trattazione non dovendo essere considerata come limitativa della presente invenzione. Nelle rivendicazioni riportate in appendice, si intendono includere tutti gli equivalenti che definiscono lo scopo della presente invenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Barriera per i gas, di tipo perfezionato per

ridurre, sostanzialmente, il riflusso, vale a dire la diffusione del gas da una camera dedicata ad una camera dedicata adiacente, detta barriera per i gas includendo un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale si sposta un substrato, dalla prima di dette camere adiacenti dedicate, nella quale un primo strato viene depositato su di un lato di detto substrato, alla seconda camera di dette camere di deposizione, nella quale un secondo strato viene depositato sul primo strato, detto passaggio essendo definito da una parete superiore di tipo allungato, da una parete inferiore di tipo allungato e contrapposta alla prima e pareti relativamente di breve lunghezza; detta prima camera includendo mezzi per introdurre almeno un gas nella stessa; detta seconda camera includendo mezzi per introdurre almeno un gas supplementare nella stessa; e mezzi associati a dette camere per evacuare i gas da dette camere, detta barriera perfezionata per i gas essendo caratterizzata dal fatto che comprende, in combinazione:

mezzi (72) per sollecitare il lato non rivestito del substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) a contatto di scorrimento con una delle pareti allungate del passaggio (43a, 43b), in modo tale da consentire una diminuzione della distanza

fra detta parete superiore e detta parete inferiore del passaggio, senza che la superficie del substrato, dotata di strati, debba venire a contatto con l'altra parete allungata del passaggio, con conseguente possibilità di riduzione del riflusso dei gas verso la seconda camera (30) attraverso il passaggio della barriera per i gas.

2. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 1, ulteriormente caratterizzata dal fatto che la parete del passaggio (43a, 43b) che viene a contatto con il lato non rivestito del substrato (11) viene fabbricata con l'impiego di un materiale a basso coefficiente di attrito e a bassa conduttività termica.

3. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 2, ulteriormente caratterizzata dal fatto che la parete (43a, 43b) che viene a contatto con il substrato, è costituita da un foglio di vetro al borosilicato.

4. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 3, ulteriormente caratterizzata dal fatto che il substrato (11) viene realizzato con l'impiego di un materiale magnetico, detto substrato venendo sollecitato a contatto di scorrimento con il foglio di

vetro (43a, 43b) per mezzo di un processo di attrazione magnetica.

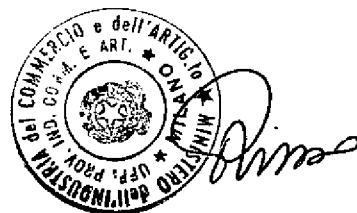
5. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 4, ulteriormente caratterizzata dal fatto che detta attrazione magnetica viene esercitata da una pluralità di magneti (72).

6. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 5, ulteriormente caratterizzata dal fatto che i magneti (72) sono separati da una pluralità di distanziatori non magnetici (74).

7. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 4, ulteriormente caratterizzata dal fatto che camere adiacenti dedicate (28, 30, 32) sono adatte a depositare strati di lega, di tipo amorfo (16a-16c; 18a-18c; 20a-20c) su detto substrato magnetico (11).

8. Barriera per gas, di tipo perfezionato, in accordo con quanto descritto nel corso della presente trattazione, con riferimento ai disegni allegati.
Milano,

Thout



4/69772

20732A/83

REGULAR UTILITY

Modulo PTO-436 - (Rev. 8/78)

Numero di serie: 372.937 (serie del 1979)

Numero di serie: 06/372.937

09460

Data di deposito: 29 aprile 1982

Classe: 116 - Gruppo: 162

Richiedenti: PREM NATH, TROY, MICHIGAN;

DAVID A. GATTUSO, PONTIAC, MICHIGAN.

Dati continuativi: Verificati

Domande depositate all'estero: Verificate

DATI QUALI DEPOSITATI:

Stato o paese: MI - Numero disegni: 2

Totale rivendicazioni: 9

Rivendicazioni indip.: 2

Quota ricevuta per il deposito: \$ 75

Numero registro dell'agente: SO-27

Indirizzo: Lawrence G. Nurris

Vice President, Patent & Legal Affairs

Energy Conversion Devices, Inc.

1675 West Maple Road

Troy, Michigan 48084

Titolo: BARRIERA DI TIPO MAGNETICO, PER GAS

=====

Con la presente si certifica che l'allegato costituisce una copia fedele tratta dalla documentazione dell'ufficio brevetti e marchi statunitense della domanda quale venne originariamente depositata, che è qui sopra identificata.

Per autorità del

COMMISSARIO DI BREVETTI E MARCHI

Firmato: M.R. Johnson

Ufficiale certificante

Data: 14 aprile 1983

SIGILLO.

=====

65.00 - 101

A

10.00 - 102

3 7 2 9 3 7

Timbro dell'ufficio brevetti e marchi statunitense
recante la data del 29 aprile 1982.

3/5/82 372937 1 101 65.00CK

3/5/82 372937 1 102 10.00CK

=====

DOMANDA PER LA CONCESSIONE DI UN

BREVETTO NEGLI STATI UNITI

BARRIERA DI TIPO MAGNETICO, PER GAS

DESCRIZIONE

CASO NO. SO-27

A TUTTI COLORO CHE POSSANO ESSERE INTERESSATI:

Si rende noto che Prem Nath, cittadino dell'India, residente al 245 di Prospect Road, Rochester, Michigan 48063; nella Contea di Oakland e David Attilio Gattuso, cittadino della Gran Bretagna, residente al 506 di Deer Run, Pontiac, Michigan, 48054, nella Contea di Oakland, hanno inventato una nuova ed utile invenzione intitolata "Barriera di tipo magnetico, per gas".

=====

ESTRATTO DELLA SCOPERTA

Barriera di tipo magnetico, per gas, adatta a collegare operativamente due camere per deposizione, adiacenti fra di loro, delle quali nella prima camera viene depositato un primo strato su di un nastro magnetico costituente il materiale di substrato, e nella seconda camera viene depositato un secondo strato sul primo strato. La prima camera prevede l'introduzione di costituenti gassosi impiegati per la formazione del primo strato, mentre la seconda camera (1) prevede l'introduzione nella stessa di costituenti a carattere gassoso impiegati per la formazione del secondo strato, costituenti che includono almeno un gas non introdotto

nella prima camera; e (2) è associata operativamente con un meccanismo atto ad attirare unidirezionalmente i gas dal lato della prima camera della barriera per gas, verso il lato della seconda camera della barriera per gas. E' importante che i costituenti a carattere gassoso della seconda camera siano sostanzialmente prevenuti dal fluire o dal diffondersi in senso inverso, attraverso la barriera per gas, in modo da contaminare i costituenti gassosi contenuti nella prima camera.

Per prevenire la contaminazione dei costituenti gassosi della prima camera da parte dei costituenti gassosi della seconda camera, la presente invenzione riduce sostanzialmente la dimensione del passaggio attraverso la barriera, creando un campo magnetico adatto a sollecitare la superficie non rivestita del substrato magnetico, in contatto di scorrimento con una delle pareti del passaggio.

Dato che la dimensione del passaggio presente nella barriera per i gas è ridotta, il fluire in senso inverso dei costituenti gassosi dalla seconda camera è pure ridotto in modo corrispondente, consentendo così la realizzazione di una produzione di un prodotto più efficiente. La barriera di tipo magnetico per gas della presente invenzione com-

porta, come vantaggio aggiuntivo, la riduzione dell'ondulazione del nastro magnetico del materiale di substrato, la qual cosa porta pure, come risultato, alla produzione di un prodotto più efficiente.

=====

CAMPO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione si riferisce, in senso generale, ad un apparato per produrre dispositivi fotovoltaici e, più in particolare, si riferisce ad una barriera di tipo magnetico, per gas, perfezionata, collegante operativamente camere di deposizione, adiacenti fra di loro, in modo tale da (1) diminuire la contaminazione in una camera di deposizione causata dal ritorno di gas provenienti dalla camera di deposizione adiacente e (2) ridurre sostanzialmente l'ondulazione del materiale di substrato.

GENERALITA' DELL'INVENZIONE

presente invenzione, utilizza un campo magnetico operante in modo tale da sollecitare la superficie non rivestita del substrato magnetico, in contatto di scorrimento con una delle pareti del passaggio presente nella barriera unidirezionale per i gas, attraverso il quale passa il substrato. Questo consente di ridurre sostanzialmente le dimensioni del passaggio, diminuendo in tal modo, in misura sostanziale, la contaminazione reciproca delle atmosfere di deposizione nelle varie camere.

Inoltre, la barriera unidirezionale per gas, proposta dall'invenzione, riduce l'ondulazione del substrato durante la deposizione.

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un apparato per produrre, in modo continuo, dispositivi fotovoltaici su di un nastro di materiale magnetico, fungente da substrato, mediante deposito di strati successivi di materiali semiconduttori formanti leghe di silicio, di tipo amorfo, in ognuna di almeno due camere adiacenti di deposizione. La composizione di ogni strato amorfo dipende dai particolari costituenti dei gas di reazione introdotti in ognuna delle camere di deposizione. I costituenti introdotti nella prima camera di deposizione vengono accurata-

mente controllati ed isolati dai costituenti introdotti nella camera di deposizione adiacente. In modo più specifico, le camere di deposizione vengono funzionalmente collegate per mezzo di un passaggio relativamente stretto della barriera unidirezionale per gas (1) attraverso il quale passa il nastro di materiale costituente il substrato e (2) adatto ad isolare i costituenti gassosi di reazione introdotti nella prima camera di deposizione, dai costituenti gassosi di reazione introdotti nella camera di deposizione adiacente. Tuttavia, è stato determinato che malgrado le dimensioni relativamente piccole del passaggio della barriera unidirezionale per i gas, i costituenti gassosi droganti introdotti nella seconda camera di deposizione rifluiscono, o si diffondono nella prima camera di deposizione adiacente, contaminando in tal modo lo strato depositato in detta prima camera di deposizione. L'essenza dell'invenzione consiste nel ridurre le dimensioni del passaggio presente nella barriera unidirezionale per gas, in modo tale da consentire di ridurre, in misura corrispondente, il riflusso, o diffusione dei costituenti gassosi di drogaggio, con conseguente possibilità di diminuire la contaminazione dello strato depositato nella prima camera di deposizione.

Recentemente, sono stati condotti vari tentativi per lo sviluppo di processi che consentano di depositare leghe di materiali semiconduttori, di tipo amorfo, ognuna delle quali può delimitare aree relativamente grandi e che possono venire drogate allo scopo di formare materiali di tipo p e di tipo n , per la produzione di dispositivi del tipo $p-i-n$, sostanzialmente equivalenti a quelli prodotti dai corrispondenti materiali cristallini. Per molti anni, questi lavori condotti con pellicole di silicio, o di germanio, di tipo amorfo, si sono dimostrati sostanzialmente improduttivi a causa della presenza, nelle stesse, di microvuoti e legami pendenti che producevano una elevata densità di stati localizzati nell'intervallo di energia proibita. Inizialmente, la riduzione degli stati localizzati è stata ottenuta per deposizione, mediante scarica a bagliore, di pellicole di silicio amorfo in cui il silano gassoso (SiH_4) è stato fatto passare attraverso un tubo di reazione nel quale il gas veniva decomposto per mezzo di una scarica a bagliore a radiofrequenza (r.f.), con deposito su di un substrato in corrispondenza di una temperatura del substrato pari, all'incirca, a 500-600 gradi K (227-327 gradi C). Il materiale in tal modo depositato sul substrato rappresenta un materiale

amorfo intrinseco consistente di silicio ed idrogeno. Per produrre un materiale amorfo drogato, la fosfina gassosa (PH_3), per una conduzione di tipo n o il diborano gassoso (B_2H_6), per una conduzione di tipo p viene premiscelato con il silano gassoso e la miscela viene fatta passare attraverso il tubo di reazione, del tipo a scarica a bagliore, adottando le stesse condizioni operative. Il materiale in tal modo depositato include droganti supposti sostituzionali, costituiti da fosforo o boro, tale materiale essendo estrinseco e presentante una conduttività di tipo n o di tipo p, rispettivamente. E' stato riscontrato che l'idrogeno, nel silano si combina, in corrispondenza di una temperatura ottimale, con parecchi dei legami pendenti del silicio durante la deposizione mediante scarica a bagliore, con conseguente sostanziale riduzione della densità degli stati localizzati nell'intervallo di energia proibita per cui il materiale amorfo può approssimarsi maggiormente al corrispondente materiale cristallino.

E' ora possibile preparare leghe di silicio amorfo, notevolmente migliorate, presentanti concentrazioni significativamente ridotte di stati localizzati nei corrispondenti intervalli di energia proibita fornendo, nel contempo, elevate proprietà elettroniche.

che per mezzo della scarica a bagliore. Questa tecnica è stata completamente descritta nel brevetto statunitense N. 4.226.898, depositato il 7 Ottobre 1980 a nome Stanford R. Ovshinsky e Arun Madan, intitolato Amorphous Semiconductors Equivalent to Crystalline Semiconductors adottando procedure di deposizione da fase vapore, del tipo descritto, in dettaglio, nel brevetto statunitense N. 4.217.374 depositato il 12 Agosto 1980, con lo stesso titolo, a nome Stanford R. Ovshinsky e Masatsugu Izu. In conformità a quanto descritto nei brevetti precedentemente indicati, il fluoro introdotto nel silicio amorfo, come semiconduttore, opera in modo tale da ridurre, sostanzialmente, la densità degli stati localizzati, facilitando l'aggiunta di altri materiali formanti lega quali, ad esempio, il germanio.

Il fluoro attivo si diffonde prontamente nel silicio amorfo e si lega in un corpo a matrice, allo scopo di diminuire, in misura sostanziale, la densità degli stati localizzati di difetto nello stesso. Questo è dovuto alle piccole dimensioni degli atomi di fluoro le quali consentono, agli stessi, di venire prontamente introdotti in una matrice di silicio amorfo. Il fluoro si lega con i legami pendenti del silicio e forma un legame stabile, parzialmente ioni-

co, con angoli di legame flessibili, ottenendo una compensazione, o alterazione più stabile e più efficiente di quella che potrebbe venire formata da idrogeno o altri agenti di compensazione o di alterazione del tipo impiegato in precedenza. Il fluoro viene considerato come un elemento di compensazione o di alterazione più efficiente dell'idrogeno, quando impiegato da solo o con idrogeno, a causa delle sue dimensioni eccezionalmente piccole, dell'elevata reattività, della specificità nel legame chimico e per il fatto che presenta una maggiore elettronegatività.

La compensazione può venire ottenuta con fluoro, da solo o in combinazione con idrogeno, mediante aggiunta di questo elemento, o di questi elementi, in quantità molto piccole (pari, ad esempio, a frazioni dell'uno per cento atomico). Tuttavia, le quantità di fluoro e di idrogeno più desiderabilmente adottate, sono molto maggiori di queste piccole percentuali, in modo tale da permettere, agli elementi, di formare una lega di silicio-idrogeno-fluoro. Pertanto, le quantità formanti lega, di fluoro e idrogeno possono essere comprese, ad esempio, nella gamma fra lo 0,1 ed il 5 per cento, o superiore. La lega in tal modo formata presenta una minore densità

di stati di difetto nell'intervallo di energia proibita, rispetto a quanto ottenibile per mezzo di una semplice neutralizzazione dei legami pendenti e analoghi stati di difetto. In particolare, è stato riscontrato che l'uso di quantità maggiori di fluoro consente, sostanzialmente, l'ottenimento di una nuova configurazione strutturale di un materiale contenente silicio amorfo, facilitando l'aggiunta di altri materiali formanti lega costituiti, ad esempio, dal germanio. Il fluoro, oltre alle caratteristiche precedentemente indicate, rappresenta un organizzatore della struttura locale nella lega contenente silicio, attraverso effetti induttivi e ionici. Il fluoro influenza pure il legame dell'idrogeno, operando in modo tale da diminuire la densità degli stati di difetto normalmente contribuiti dall'idrogeno. Il ruolo ionico giocato dal fluoro in una lega di questo tipo, rappresenta un fattore importante nei termini delle relazioni con i confinanti più prossimi.

Il concetto dell'utilizzazione di celle multiple per migliorare l'efficienza dei dispositivi fotovoltaici è stato descritto già nel 1955 da E. D. Jackson, nel brevetto statunitense N. 2.949.498, rilasciato il 16 Agosto 1960. Le strutture a celle

multiple descritte nel brevetto precedentemente indicato, utilizzavano dispositivi semiconduttori cristallini, del tipo a giunzione p-n. Essenzialmente, il concetto riguarda l'utilizzazione di dispositivi presentanti un differente intervallo di energia proibita, allo scopo di raccogliere, in modo più efficiente, varie porzioni dello spettro solare e per determinare un aumento della tensione a circuito aperto (Voc.). Il dispositivo a celle in tandem comporta l'impiego di due o più celle in cui la luce viene diretta serialmente attraverso ogni cella, con un materiale presentante un elevato valore dell'intervallo dell'energia proibita seguito da un materiale caratterizzato da un minore valore dell'intervallo di energia proibita, in modo tale da consentire l'assorbimento della luce passante attraverso la prima cella, o strato. Mediante un sostanziale adattamento delle correnti generate da ogni cella, la tensione globale a circuito aperto viene incrementata senza diminuire, in misura sostanziale, la corrente di corto circuito.

Sono state citate varie pubblicazioni riguardanti le celle cristalline accatastate, dopo la scoperta di Jackson e, più recentemente, sono stati pubblicati vari articoli riguardanti materiali del tipo

Si-H presenti in celle accatastate. Marfaing ha proposto l'impiego di leghe di Si-Ge, di tipo amorfo, depositate impiegando silano, in celle accatastate ma, tuttavia, deve essere rilevato che questo autore non ha definito la possibilità di operare in questo modo. (Y. Marfaing, Proc. 2nd European) Communities Photovoltaic Solar Energy Conf., Berlino, Germania dell'Ovest, pag. 287, (1979).

Hamakawa et al. hanno riportato la fattibilità dell'impiego di Si-H in una configurazione che viene definita come cella multipla, del tipo in cascata. La cella in cascata viene successivamente considerata come una cella multipla, senza una separazione o uno strato di isolamento tra le stesse. Ognuna delle celle è stata realizzata con l'impiego del materiale Si-H presentante lo stesso intervallo di energia proibita, in una configurazione a giunzione p-i-n. E' stato tentato l'adattamento della corrente di corto circuito (J_{sc}) mediante incremento dello spessore delle celle nel percorso seriale seguito dalla luce. Come previsto, si è riscontrato un aumento della tensione globale Voc. del dispositivo, tale aumento essendo proporzionale al numero di celle.

In una recente memoria riguardante l'aumento dell'efficienza di celle fotovoltaiche a giunzioni

multiple (impilate) di silicio amorfo, depositato da silano nel modo precedentemente indicato, è stato descritto che: "(g) ermanium has been found to be a deleterious impurity in Si:H, lowering its J_{sc} exponentially with increasing Ge ...". ("è stato riscontrato che il germanio rappresenta un'impurezza deleteria in Si:H, comportante una diminuzione esponenziale della corrente di corto circuito J_{sc} , in funzione dell'aumento di Ge ..."). Dai loro lavori, come pure dal lavoro di Carlson, Marfaing e Hamakawa, hanno concluso che le leghe di silicio, germanio ed idrogeno, di tipo amorfo "have shown poor photovoltaic properties" ("hanno evidenziato scarse proprietà fotovoltaiche") e, pertanto, che "photovoltaic film cell materials must be found having spectral response at about 1 micron for efficient stacked cell combinations with a Si:H." ("devono venire ricercati materiali per celle pellicolari fotovoltaiche presentanti una risposta spettrale in corrispondenza di 1 micrometro circa, per efficienti combinazioni di celle accatastate con Si:H") (J.J. Hanak, B. Faughnan, V. Korsun, e J.P. Pellican, presentata alla 14th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, San Diego, California, 7-10 Gennaio 1980).

In virtù delle proprietà benefiche ottenute per

mezzo dell'introduzione di fluoro, le leghe amorfe usate per la produzione di celle multiple, del tipo in cascata, possono ora incorporare il fluoro, come un modo possibile di riduzione della densità degli stati localizzati, senza alterare le proprietà elettroniche del materiale. Un ulteriore elemento, o ulteriori elementi per la regolazione dell'intervallo di energia proibita e costituiti, ad esempio, da germanio e carbonio, possono venire attivati e aggiunti nei processi di deposizione da fase vapore, di proiezione molecolare, o "sputtering", o di scarica a bagliore. L'intervallo di energia proibita viene regolato in conformità a quanto richiesto, per specifiche applicazioni del dispositivo, mediante introduzione delle quantità necessarie di uno, o più degli elementi di regolazione nelle celle di leghe depositate, almeno nella regione di generazione della fotocorrente delle stesse. Poiché l'elemento, o gli elementi di regolazione dell'intervallo di energia proibita, sono stati "adattati", nelle celle, senza l'aggiunta di stati deleteri sostanziali, a causa dell'influenza del fluoro, il materiale della cella mantiene elevate qualità elettroniche ed una elevata fotoconduttività, quando l'elemento, o gli elementi di regolazione vengono aggiunti in modo tale da

adattare, o "personalizzare" le caratteristiche di lunghezza d'onda del dispositivo per una specifica applicazione comportante una fotorisposta. L'aggiunta di idrogeno, con fluoro, o dopo la deposizione, consente di migliorare ulteriormente la lega alterata, o compensata con fluoro. L'incorporamento, post-deposizione, dell'idrogeno, risulta vantaggioso quando si desidera utilizzare le maggiori temperature di deposizione del substrato, consentite dall'impiego del fluoro.

Un'ovvia importanza commerciale è rappresentata dalla possibilità di produrre, in grandi serie, i dispositivi fotovoltaici. A differenza del silicio cristallino che risulta limitato al trattamento in lotti, per la fabbricazione di celle solari, le leghe di silicio amorfo possono venire depositate in strati multipli entro substrati presentanti notevoli aree, in modo tale da consentire la formazione di celle solari in un sistema di trattamento, di tipo continuo ed in grado di fornire elevati volumi produttivi. I sistemi di trattamento in continuo, appartenenti a questo tipo sono stati descritti, ad esempio, nelle domande di brevetto statunitensi N. 151.301, depositata il 19 Marzo 1980, intitolata A Method of Making P-Doped Silicon Films and Devices Made Therefrom;

N. 244.386, depositata il 16 Marzo 1981 ed intitolata Continuous Systems For Depositing Amorphous Semiconductor Material; N. 240.493, depositata il 16 Marzo 1981, intitolata Continuous Amorphous Solar Cell Production System; N. 306.146, depositata il 28 Settembre 1981, intitolata Multiple Chamber Deposition and Isolation System and Method; e N. 359.825, deposita il 19 Marzo 1982 ed intitolata Method And Apparatus For Continuously Producing Tandem Amorphous Photovoltaic Cells. In conformità a quanto descritto nelle domande di brevetto precedentemente citate, un substrato può essere fatto avanzare, in modo continuo, attraverso una successione di camere di deposizione, in cui ogni camera è "dedicata" alla deposizione di uno specifico materiale. Nella fabbricazione di una cella solare, presentante una configurazione del tipo p-i-n, la prima camera è dedicata al deposito di una lega di silicio amorfo, di tipo p, la seconda camera è dedicata al deposito di una lega di silicio amorfo, di tipo intrinseco, mentre la terza camera è dedicata alla deposizione di una lega di silicio amorfo, di tipo n. Poichè ogni lega depositata e, in particolare, la lega intrinseca, deve presentare un elevato grado di purezza, l'ambiente di deposizione, in questa camera per la deposizione di uno

strato intrinseco, risulta isolato dai costituenti droganti contenuti nelle altre camere, allo scopo di impedire la diffusione dei costituenti di drogaggio nella camera per la deposizione del materiale intrinseco. Nelle domande di brevetto precedentemente citate, nelle quali i sistemi mirano, prevalentemente, alla produzione di celle fotovoltaiche, l'isolamento fra le camere viene ottenuto impiegando barriere di isolamento per gas le quali consentono il passaggio di un gas inerte attorno al substrato man mano che lo stesso passa attraverso queste barriere, tale gas "sfiorando" il substrato corrispondente oppure, in alternativa, l'isolamento veniva garantito per mezzo di barriere per gas in grado di stabilire un flusso unidirezionale della miscela di gas di reazione introdotta nella camera per la deposizione del materiale intrinseco, nelle camere per la deposizione del materiale drogante. La barriera di tipo magnetico, per gas, proposta dalla presente invenzione comporta l'ottenimento di un passaggio ridotto fra le camere, in modo tale da consentire una sostanziale diminuzione: (1) nella diffusione o retrodiffusione dei contaminanti dalle camere di deposizione dei droganti alla camera di deposizione del materiale intrinseco e (2) nella distorsione del materiale co-

stituente il substrato, riducendo il tal modo le grafiature del substrato e favorendo la produzione di dispositivi fotovoltaici più efficienti. Deve essere rilevato che altre camere possono venire operativamente collegate alle camere utilizzate per la deposizione degli strati amorfi. Ad esempio, una camera nella quale uno strato trasparente di ossido conduttivo, secondo quanto verrà in seguito descritto, viene riportato sulla sommità dello strato superiore di lega amorfa, può venire funzionalmente collegata alla camera di deposizione finale. Poichè è ovviamente indesiderabile (1) che i costituenti dalla camera per la deposizione dello strato di ossido conduttivo trasparente si diffondano nella camera di deposizione degli strati drogati e (2) che il materiale costituente il substrato debba ondularsi nella camera per la deposizione dello strato di ossido conduttivo trasparente, la barriera magnetica per gas, proposta dall'invenzione, dovrebbe pure venire utilizzata fra la camera di deposizione dello strato di ossido conduttivo trasparente e la camera per la deposizione finale dello strato drogato. Per questo scopo, la barriera magnetica per gas viene preferibilmente impiegata fra tutte le camere dell'apparato che risultano operativamente collegate per la produzione, in continuo,

di dispositivi fotovoltaici, di tipo amorfo.

I vari scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno più evidenti dall'analisi della seguente descrizione dettagliata, la quale deve essere considerata in unione ai disegni allegati e dall'analisi delle rivendicazioni riportate in appendice.

Breve sommario dell'invenzione

Nel corso della presente trattazione verrà descritta una barriera per gas, di tipo perfezionato, utile per ridurre, in misura sostanziale, l'inversione del flusso dei gas di reazione da una di una coppia di camere isolate ed adiacenti di deposizione all'altra camera della coppia. La barriera per gas appartiene ad un tipo generale includente un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale un substrato si sposta dalla prima camera delle camere adiacenti di deposizione, in cui un primo strato viene depositato su di un lato di detto substrato, alla seconda di dette camere di deposizione nella quale un secondo strato viene depositato sulla superficie superiore del primo strato. Il passaggio è definito da pareti allungate superiore ed inferiore e da pareti laterali relativamente corte. La prima camera di deposizione include un primo condotto attraverso il quale almeno un costituente gassoso di reazione viene introdotto adiacentemente alla regione a plasma,

mentre anche la seconda camera di deposizione include un condotto attraverso il quale viene introdotto, adiacentemente alla regione a plasma, un costituente gassoso di reazione, di tipo supplementare, non introdotto nella prima camera di deposizione. La prima camera di deposizione viene pure dotata di un secondo condotto, in corrispondenza dell'entrata del passaggio, per l'introduzione di idrogeno, argo o altro gas inerte di lavaggio, in corrispondenza della parte terminale frontale della porta, o barriera per gas. Una pompa di evacuazione risulta operativamente associata ad ognuna delle camere di deposizione. La pompa della prima camera è adatta a rimuovere sostanzialmente l'intera quantità dell'almeno un costituente gassoso di reazione introdotto nella regione a plasma della stessa. La pompa della seconda camera è adatta a rimuovere sostanzialmente l'intera quantità dell'almeno un costituente gassoso supplementare di reazione introdotto nella regione a plasma della camera. Una seconda pompa di evacuazione può venire disposta adiacentemente all'estremità posteriore della barriera per gas, in modo tale da estrarre i gas di lavaggio.

La barriera per gas viene migliorata per mezzo dell'aggiunta di un meccanismo adatto a sollecitare

la parte non rivestita di un substrato magneticamente attraibile, circolante attraverso il passaggio, senza che si verifichi un contatto fisico della parte dotata di uno strato, del substrato corrispondente, stabilendo un contatto di scorrimento con una delle pareti superiore ed inferiore del passaggio, in modo tale da potere diminuire la distanza fra la parete superiore e la parete inferiore del passaggio, senza che la superficie munita di uno strato, del substrato considerato, debba venire a contatto con l'altra parete costituita dalla parete superiore o dalla parete inferiore del passaggio. La minore apertura del passaggio si traduce in un minore riflusso dei costituenti gassosi di reazione dalla seconda camera di deposizione nella prima camera di deposizione adiacente.

Preferibilmente, la parete del passaggio con la quale viene a contatto il substrato magnetico, è costituita da un foglio di vetro al borosilicato, di basso attrito e presentante una bassa conduttività termica. Il substrato viene realizzato con l'impiego di un materiale magnetico e lo stesso viene sollecitato ad un contatto di scorrimento con il foglio di vetro, per effetto dell'azione esercitata da un campo magnetico, stabilito da una pluralità di magneti

ceramici i quali risultano separati l'uno dall'altro per mezzo di una pluralità di distanziatori non magnetici.

Questi ed altri scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno più evidenti dai disegni, dalle rivendicazioni e dalla seguente descrizione dettagliata, concernente l'invenzione in oggetto.

Conseguentemente, un primo scopo dell'invenzione è quello di fornire una barriera unidirezionale per gas, allo scopo di ridurre, in misura sostanziale, il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas da una camera di un apparato di deposizione ad una camera adiacente. La barriera per gas include un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale un substrato si sposta dalla prima camera, nella quale un primo strato viene depositato su di un lato del substrato, alla seconda camera, nella quale un secondo strato viene depositato sul primo strato. Il passaggio è definito da una coppia di pareti allungate contrapposte, costituenti una parete superiore ed una parete inferiore e da una coppia di pareti laterali contrapposte, relativamente corte. La prima camera include mezzi per introdurre almeno un gas nella stessa, la seconda camera includendo mezzi per introdurre almeno un gas supplementare nella stessa,

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

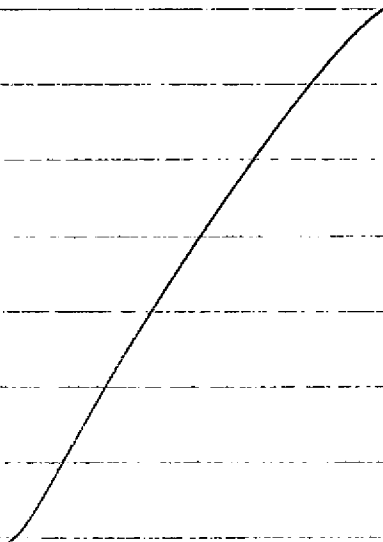
La figura 1 costituisce una vista frammentaria in sezione di un dispositivo fotovoltaico in tandem, comprendente una pluralità di celle p-i-n, ogni strato delle celle essendo formato con l'impiego di una lega di materiale semiconduttore, di tipo amorfo, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione;

La figura 2 costituisce una rappresentazione ~~ax~~ diagrammatica di un sistema di deposizione mediante scarica a bagliore, a camere multiple, adatto per la produzione, in continuo, dei dispositivi fotovoltaici rappresentanti nella figura 1, sistema che include barriera per gas, per isolare sostanzialmente ciascuna camera di deposizione da ~~xi~~ ciascuna camera di deposizione adiacente;

La figura 3 rappresenta una vista in sezione trasversale, presa lungo la linea 3-3 della figura 2, illustrante la disposizione dei magneti ceramici entro un recesso presente nel blocco superiore della barriera per gas, i magneti essendo adatti a sviluppare il campo magnetico in accordo con i principi di base della presente invenzione;

La figura 4 rappresenta una vista in pianta dall'alto della barriera per gas illustra-

ta nelle figura 3, illustrante, con linee tratteggiate, i separatori che consentono di favorire la creazione del campo magnetico che viene sfruttato, in modo vantaggioso, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione; e



la figura 5 rappresenta un diagramma schematico di un nastro di materiale costituente il substrato, circolante attraverso il passaggio della barriera per gas, proposta dall'invenzione ed illustrante la configurazione della parete superiore della barriera per gas.

Descrizione dettagliata dei disegni
I. Cella fotovoltaica

Facendo ora riferimento ai disegni allegati e, in particolare, alla figura 1 degli stessi, può essere rilevato che una cella fotovoltaica in tandem, o del tipo in cascata, formata da strati successivi p-i-n, ognuno includente una lega di materiale semiconduttore amorfo, è stata rappresentata genericamente dal numero di riferimento 10. Le barriere perfezionate per gas, proposte dall'invenzione, sono state sviluppate, in modo specifico, per la produzione di questo tipo di dispositivo fotovoltaico, nel quale gli strati di lega amorfa vengono depositati, in continuo, su di un nastro in movimento di un materiale costituente il substrato, attraverso le successive camere isolate di deposizione.

In modo più specifico, la figura 1 illustra una pluralità di dispositivi fotovoltaici del tipo p-i-n costituiti, ad esempio, dalle celle solari 10a, 10b e 10c. Al di sotto della cella inferiore 12a è pre-

sente un substrato 11 il quale può essere trasparente o formato da un foglio rivestito di materiale metallico. Quantunque determinate applicazioni possano richiedere un sottile strato di ossido e/o una serie di contatti di base prima dell'applicazione del materiale amorfo, per gli scopi della presente trattazione, il termine "substrato" includerà non solo una pellicola flessibile ma anche qualsiasi elemento aggiunto alla stessa mediante una lavorazione preliminare. Più comunemente, il materiale costituente il substrato 11 può venire realizzato in acciaio inossidabile, alluminio, tantalio, molibdeno o cromo.

Ognuna delle celle 12a, 12b e 12c viene realizzata con un corpo di lega amorfa contenente almeno una lega di silicio. Ognuno dei corpi di lega include una regione, o strato a conduttività di tipo n, secondo quanto indicato dai riferimenti 20a, 20b e 20c; una regione, o strato, di tipo intrinseco, 18a, 18b e 18c; ed una regione, o strato, a conduttività di tipo p 16a, 16b e 16c. Secondo quanto illustrato, la cella 12b è rappresentata da una cella intermedia e, secondo quanto indicato nella figura 1, ulteriori celle intermedie supplementari possono venire impilate sulle celle illustrate, senza per questo scostarsi dallo spirito o dallo scopo della presen-

te invenzione. Inoltre, quantunque siano state illustrate celle p-i-n collegate in tandem, deve essere rilevato che le barriere per gas, del tipo proposto dall'invenzione, sono ugualmente adatte per l'impiego in un apparato a camere multiple, progettato per la produzione di celle in tandem, del tipo n-i-p, mediante una semplice inversione dell'ordine di deposizione degli strati di tipo n e di tipo p, sul substrato.

Per ognuna delle celle 12a, 12b e 12c, gli strati di tipo p sono caratterizzati dal fatto di essere costituiti da strati di lega, fortemente conduttivi, del tipo fotoassorbente. Gli strati di lega, di tipo intrinseco, sono caratterizzati da una soglia regolata, per quanto concerne la lunghezza d'onda, per una fotorisposta solare, da un elevato assorbimento della luce, da una bassa conduttività al buio e da una elevata fotoconduttività, tali strati includendo quantità di un elemento o di più elementi di regolazione dell'intervallo di energia proibita sufficienti ad ottimizzare l'intervallo di energia proibita o "band gap" per la particolare applicazione della cella. Preferibilmente, gli strati intrinseci sono regolati per quanto concerne l'intervallo di energia proibita, in modo tale da

ottenere una cella 12a con l'intervallo minimo di energia proibita, una cella 12c con un intervallo massimo dell'energia proibita e la cella 12b con un intervallo di energia proibita di valore compreso fra quello delle altre due celle. Gli strati di tipo n sono caratterizzati dal fatto di essere costituiti da strati di lega, ad elevata conduttività e a basso assorbimento della luce. Lo spessore degli strati di tipo n può essere compreso fra circa 25 e circa 100 angstrom. Lo spessore degli strati intrinseci amorfi di lega, regolati come valore dell'intervallo di energia proibita, può essere compreso fra circa 2.000 e circa 3.000 angstrom. Lo spessore degli strati di tipo p può essere compreso tra 50 e 200 angstrom. A causa della minore lunghezza di diffusione dei buchi, gli strati di tipo p presentano, in generale, uno spessore minimo possibile. Inoltre, lo strato più esterno rappresentato, in questo caso, dallo strato 20c di tipo n, presenterà uno spessore minimo possibile, in modo tale da evitare l'assorbimento della luce, mentre non è necessario che questo strato includa un elemento di regolazione della banda proibita.

Deve essere sottolineato il fatto che dopo la deposizione degli strati di lega di materiale semi-

conduttore, può essere richiesta una ulteriore fase di deposizione, operando in un ambiente separato o in un ambiente costituente una parte dell'apparato per la produzione in continuo. In questa fase, viene aggiunto uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO (transparent conductive oxide) 22, tale strato potendo essere costituito, ad esempio, da ossido di indio-stagno ITO (indium tin oxide), stannato di cadmio (Cd_2SnO_4) oppure da ossido di stagno drogato (SnO_2). Quantunque al dispositivo possa venire aggiunta una griglia elettrodica 24, per una cella in tandem presentante un'area sufficientemente piccola, lo strato TCO 22 è generalmente sufficientemente conduttivo per cui non è necessario impiegare la griglia 24. Se la cella in tandem presenta un'area sufficientemente ampia, o se la conduttività dello strato TCO 22 è insufficiente, la griglia 24 può venire collocata sullo strato 22, in modo tale da abbreviare il percorso dei portatori ed aumentare l'efficienza di conduzione dello strato.

II. Camere multiple per la deposizione mediante scarica a bagliore

Facendo ora riferimento specifico alla figura 2, può essere rilevato che nella stessa è stata riportata una rappresentazione diagrammatica di un appa-

rato di deposizione a camere multiple di scarica a bagliore, utilizzato per la produzione, in continuo, delle celle fotovoltaiche in tandem precedentemente descritto, tale apparato essendo stato contraddistinto genericamente dal numero di riferimento 26. L'apparato 26 include una pluralità di camere isolate e dedicate di deposizione, ogni camera essendo interconnessa per mezzo di una barriera per gas, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione.

L'apparato 26 è progettato per la produzione di notevoli volumi di celle fotovoltaiche amorfe, presentanti un'area notevole, caratterizzate da una configurazione p-i-n, sulla superficie di deposizione di un materiale 11 costituente il substrato il quale viene alimentato, in modo continuo, da un nucleo, o anima 11a di alimentazione del substrato, sino ad un nucleo, o anima di avvolgimento del substrato, indicata dal riferimento 11b. Per depositare gli strati di lega amorfa, richiesti per la produzione di una cella in tandem, presentante la configurazione p-i-n, l'apparato 26 include almeno una triade, o terna di camere di deposizione, ogni triade comprendendo: una prima camera di deposizione 28 nella quale uno strato di lega amorfa, a conduttivi-

tà di tipo p, viene depositato sulla superficie di deposizione del substrato 11, man mano che il substrato passa attraverso detta camera; una seconda camera di deposizione 30, nella quale uno strato di lega amorfa, di tipo intrinseco, viene depositato sulla superficie superiore dello strato di lega, di tipo p, sulla superficie di deposizione del substrato 11, man mano che il substrato 11 passa attraverso detta camera; ed una terza camera di deposizione 32 nella quale uno strato di lega, a conduttività di tipo n, viene depositato sulla sommità dello strato intrinseco, sulla superficie di deposizione del substrato 11, man mano che il substrato 11 passa attraverso detta camera.

Deve essere rilevato che: (1) quantunque sia stata descritta una triade di camere di deposizione, ulteriori triadi supplementari o ulteriori camere individuali possono venire aggiunte alla macchina, in modo tale da consentire la produzione, da parte della macchina, di celle fotovoltaiche presentanti qualsiasi numero di strati amorfi; (2) le barriere per gas, proposte dalla presente invenzione trovano applicazione in un ambiente comportante l'impiego di un numero minimo di due camere adiacenti, in cui viene richiesto l'impedimento al riflusso, vale a

dire alla contaminazione reciproca dei gas fra queste camere; (3) quantunque, nella versione preferita, il materiale costituente il substrato sia stato rappresentato e descritto sotto forma di un nastro continuo di materiale magnetico, il concetto della presente invenzione può essere adattato al deposito di strati successivi sulla superficie superiore di piastre discrete, costituenti un substrato, di tipo magnetico, che possono venire alimentate, in continuo, attraverso la pluralità di camere di deposizione;

(4) poichè la lunghezza del percorso di spostamento del substrato attraverso le camere individuali di deposizione risulta proporzionale allo spessore dello strato di tipo p , dello strato intrinseco o dello strato di tipo n , depositato in una data camera, la lunghezza del percorso di spostamento del substrato attraverso una camera individuale di deposizione, può venire aumentata o diminuita per il deposito di uno strato di spessore desiderato, sul substrato; e

(5) quantunque non rappresentato, altre camere costituite, ad esempio, dalla camera per l'aggiunta di uno strato TCO sulla sommità dello strato drogato superiore, del dispositivo fotovoltaico, possono venire funzionalmente collegate all'apparato 26 di scarica a bagliore, con l'ausilio della barriera ma-

gnetica per gas, realizzata in conformità ai principi della presente invenzione.

Quando l'apparato 26 viene utilizzato per produrre celle fotovoltaiche in tandem, del tipo p-i-n o del tipo n-i-p, ulteriori triadi, o terne di camere di deposizione vengono operativamente collegate alla triade, o terna di camere di deposizione del tipo rappresentato nella figura 2. In questi casi, l'apparato 26 dovrebbe includere pure una camera intermedia, non rappresentata, per isolare la miscela dei gas di reazione, di tipo n, circolante attraverso la terza camera di deposizione 32 e la miscela gassosa di reazione, di tipo p, circolante attraverso la prima camera di deposizione della terna successiva di camere.

Ognuna delle camere di deposizione 28, 30 e 32 della terna di camere è adatta a depositare una singola lega di silicio amorfo, per deposizione mediante scarica a bagliore, sul substrato magnetico 11. Per questo scopo, ognuna delle camere di deposizione 28, 30 e 32 include: un catodo 34a, 34b e 34c, rispettivamente; un condotto 36a, 36b e 36c, per l'alimentazione di un gas; un generatore a radiofrequenza 38a, 38b e 38c, rispettivamente, ed una pluralità di elementi riscaldatori radianti 40a, 40b e 40c, rispet-

tivamente.

I condotti di alimentazione 36a-36c risultano operativamente associati ai rispettivi catodi 34a - 34c, in modo tale da alimentare le miscele gassose di reazione alle regioni a plasma create in ogni camera di deposizione 28, 30 e 32 fra detti catodi ed il substrato 11 che scorre di fronte agli stessi. Quantunque la bobina di alimentazione 11a di materiale 11 costituente il substrato magnetico, sia stata rappresentata come posizionata, con possibilità di rotazione, nella prima camera di deposizione 28 e la bobina di avvolgimento 11b del materiale costituente il substrato, sia stata rappresentata come disposta, con possibilità di rotazione, nella terza camera di deposizione 32, è sottinteso che la bobina di alimentazione 11a e la bobina di avvolgimento, o di ricezione 11b possono venire posizionate in altre camere operativamente collegate alla terna illustrata di camere, senza per questo scostarsi dallo spirito, o dallo scopo della presente invenzione.

I generatori a radiofrequenza 38a-38c operano congiuntamente ai catodi 34a-34c, i riscaldatori radianti 40a-40c ed il substrato 11 collegato alla massa circuitale, per la formazione delle regioni a plasma per dissociazione dei gas elementari di rea-

zione che entrano nelle camere di deposizione 28, 30 e 32, in specie di deposizione. Le specie di deposizione vengono quindi depositate sul substrato 11, sotto forma di strati di lega di silicio, di tipo amorfo.

Per formare la cella fotovoltaica 10 illustrata nella figura 1, uno strato di silicio amorfo, di tipo p, viene depositato sul substrato 11, nella camera di deposizione 28, uno strato di lega di silicio amorfo, di tipo intrinseco, viene depositato sulla superficie superiore dello strato di tipo p nella camera di deposizione 30, mentre uno strato di lega di silicio amorfo, di tipo n, viene depositato sulla superficie superiore dello strato intrinseco, nella camera di deposizione 32. Conseguentemente, l'apparato 26 consente il deposito di almeno tre strati di lega di silicio amorfo sul substrato 11, in cui lo strato intrinseco, depositato nella camera di deposizione 30 differisce, come composizione, dagli strati depositati nelle camere di deposizione 28 e 32 per effetto dell'assenza di almeno un elemento che verrà considerato come la specie drogante, o di drogaggio.

E' essenziale che gli strati di lega depositati sul substrato magnetico 11 presentino un elevato grado di purezza, allo scopo di consentire la produzio-

zione di dispositivi fotovoltaici 10 caratterizzati da una efficienza corrispondentemente elevata. Conseguentemente, è necessario impiegare mezzi che consentano di isolare la camera di deposizione 30, utilizzata per la deposizione del materiale intrinseco, nella quale vengono introdotti i soli gas che consentono la formazione di strati intrinseci, per la formazione degli strati di lega, di tipo intrinseco, dalle camere 28 e 32, per la deposizione dei materiali drogati, nelle quali vengono appunto introdotti i gas della specie drogante. Quantunque l'isolamento debba essere sufficiente a garantire un rapporto almeno pari a 10^3 fra la concentrazione dei gas intrinseci nella camera di deposizione 30 e la concentrazione dei gas droganti nelle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati, deve essere rilevato che l'efficienza dei dispositivi aumenta all'aumentare del grado di isolamento.

III. Barriere per i gas

In accordo con i principi caratteristici della presente invenzione, l'isolamento necessario per i gas intrinseci nella camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci, dalle specie gassose nelle camere per la deposizione dei materiali droganti 28 e 32 viene ottenuta, in parte, stabilendo un flusso

unidirezionale, nel senso indicato dalla freccia 44, dalla camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci alle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti. Come risulterà evidente dall'analisi della figura 2, la camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci risulta in comunicazione operativa con le camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, per mezzo di barriere unidirezionali per i gas, illustrate sotto forma di aperture 42a e 42b, dimensionate in modo tale da permettere lo spostamento del substrato 11 attraverso un passaggio 43, quando tale substrato si sposta, in modo continuo, dalla bobina di alimentazione 11a, attraverso le camere di deposizione 28, 30 e 32, alla bobina di ricezione, o di avvolgimento 11b. Conseguentemente, le dimensioni delle barriere per i gas 42a e 42b vengono scelte di valore minimo possibile, in modo tale da impedire la retrodiffusione, vale a dire il flusso inverso dei gas della specie di drogaggio dalle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, nella camera 28 per la deposizione del materiale intrinseco, mentre le dimensioni vengono simultaneamente selezionate di valore sufficientemente elevato da permettere che la superficie del substrato, dotato di strati, possa passare attraverso l'apertura,

senza che questa superficie debba venire graffiata dalle parete del passaggio. Conseguentemente, la progettazione delle barriere per i gas, indicate in 42a e 42b comporta l'adozione di un equilibrio di interessi. Il passaggio attraverso le barriere per i gas deve essere sufficientemente elevato da permettere (1) il libero passaggio, senza contatto, della superficie dotata degli strati, del substrato 11, attraverso lo stesso e (2) da impedire la diffusione dei gas di reazione dalla camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, attraverso detta barriera. L'invenzione in oggetto riguarda la minimizzazione delle dimensioni del passaggio della barriera per i gas, senza che questo comporti una graffiatura della superficie dotata di strati, del substrato. Deve essere nuovamente sottolineato il fatto che quantunque la presente trattazione si riferisca, in modo predominante, all'impedimento della contaminazione dello strato di lega, di tipo intrinseco, da parte dei costituente di drogaggio della lega, anche gli strati di lega drogata devono venire protetti dalla contaminazione, per mezzo dell'impiego della barriera magnetica per gas, proposta dall'invenzione, allo scopo di consentire il collegamento funzionale delle camere per la deposizione dei materiali intrinseci e

le camere adiacenti nelle quali, ad esempio: (1) uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO viene depositato sulla sommità dello strato drogato superiore o (2) il materiale costituente il substrato magnetico viene pulito prima di entrare nelle camere di deposizione. L'utilizzazione della barriera magnetica per gas consente pure di favorire l'impedimento dell'ondulazione dei substrati in queste altre camere.

Per impedire la diffusione dei gas intrinseci di reazione dalla camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco alle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati, attraverso le barriere per i gas 42a e 42b, la camera 28 per la deposizione del materiale drogato di tipo p e la camera 32 per la deposizione del materiale drogato di tipo n, vengono mantenute ad una pressione interna inferiore alla camera di deposizione del materiale intrinseco 30. Per questo scopo, ogni camera di deposizione può essere dotata di valvole automatiche a farfalla, di pompe e manometri, non illustrati. Ogni valvola a farfalla risulta operativamente collegata ad una rispettiva camera di deposizione e ad una rispettiva pompa, in modo tale da evacuare, dalle camere di deposizione, i costituenti di deposizio-

ne esauriti ed in eccesso. Ogni manometro, per la misura della depressione assoluta, risulta operativamente collegato ad una rispettiva camera di deposizione e ad una rispettiva valvola a farfalla, o di parzializzazione, per controllare la pressione all'interno di dette camere di deposizione. Più preferibilmente, la pressione all'interno delle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati viene preferibilmente mantenuta ad un valore di 0,55 torr, mentre la pressione all'interno della camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, viene preferibilmente mantenuta ad una pressione di 0,6 torr. Conseguentemente, viene stabilito e mantenuto un differenziale di pressione fra le camere di deposizione dei materiali droganti, indicate in 28 e 32, e la camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, in modo tale da garantire un flusso di gas, sostanzialmente unidirezionale, attraverso la camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco.

In accordo con la versione preferita della presente invenzione, i gas intrinseci includono i materiali intrinseci di partenza dai quali vengono derivati i tre strati di lega di silicio amorfo depositati. Ad esempio, i gas intrinseci di partenza

possono includere tetrafluoruro di silicio (SiF_4), più idrogeno gassoso, tetrafluoruro di silicio più silano gassoso (SiH_4), il solo tetrafluoruro di silicio gassoso o il solo silano gassoso. I gas dei materiali intrinseci di partenza vengono alimentati nel condotto 36b, e, pertanto, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, con una portata che, in cooperazione con la portata in corrispondenza della quale viene introdotto il gas inerte, possa garantire (1) un flusso unidirezionale attraverso le barriere per i gas 42a e 42b, (2) possa sostenere i gas intrinseci nelle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati e (3) possa impedire, sostanzialmente, il riflusso o la diffusione dei gas droganti nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco.

I gas delle specie di drogaggio, richiesti per la produzione degli strati di lega di tipo p o di tipo n nelle camere 28 e 32 per la deposizione dei droganti vengono introdotti, rispettivamente, attraverso i condotti 36a e 36c. La ⁰concentrazione dei gas delle specie di drogaggio, richiesta nella camera 28 per la deposizione del materiale drogante di tipo p, per la produzione di uno strato di lega di tipo p è pari, all'incirca, allo 0,1 per cento atomico. Que-

sto gas drogante può essere costituito, ad esempio, da boro, introdotto sotto forma di diborano gassoso (B_2H_6). Per produrre uno strato di lega di tipo p presentante un maggiore intervallo di energia proibita, possono pure venire introdotti determinati elementi costituiti, ad esempio, da azoto, carbonio o ossigeno.

La concentrazione dei gas delle specie di drogaggio, richiesti per la camera 32 di deposizione del drogante di tipo n, per la produzione dello strato di lega di tipo n è pari, all'incirca, allo 0,05 per cento atomico. Questa specie di drogaggio, in forma gassosa, può essere costituita, ad esempio, da fosfina gassosa o da arsenico introdotto come arsina gassosa.

Nella versione preferita dell'invenzione, un gas di lavaggio costituito, ad esempio, da idrogeno, argon o da qualsiasi altro gas inerte, viene introdotto in corrispondenza del lato inferiore (lato corrispondente alla camera per la deposizione del materiale intrinseco) delle barriere per i gas 42a e 42b. Il gas di lavaggio entra nella camera intrinseca 30 adiacentemente a dette barriere per i gas 42a e 42b, attraverso i condotti 37a e 37b, rispettivamente, tali condotti 37a e 37b includendo opportune

aperture, non rappresentate, per dirigere il gas di lavaggio su entrambi i lati del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato. In virtù del differenziale di pressione fra le camere per la deposizione dei materiali droganti 28 e 22 e la camera intrinseca 30, i gas inerti vengono spostati unidirezionalmente attraverso il passaggio 43 delle barriere per i gas 42a e 42b. Una percentuale sostanziale dei gas di reazione, di tipo intrinseco, introdotti nella camera per la deposizione dei materiali intrinseci, indicata dal numero di riferimento 30, attraverso il condotto 36b, viene preferibilmente ristretta alla regione a plasma della camera 30, mediante introduzione ed estrazione dei gas adiacentemente a detta regione. In modo analogo, una percentuale sostanziale dei costituenti gassosi di reazione, necessari per il deposito degli strati drogati, viene introdotta nelle camere 28 e 32, per il deposito dei materiali drogati, attraverso i condotti 36a e 36c, rispettivamente. I gas droganti vengono pure sostanzialmente limitati alle rispettive regioni a plasma delle camere per il deposito dei materiali drogati, mediante introduzione ed estrazione di queste miscele di gas di reazione adiacentemente a dette regioni. Dopo che i gas inerti sono stati fatti

passare, tramite le barriere per i gas 42a e 42b, nelle rispettive camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, questi gas inerti possono venire sostanzialmente estratti adiacentemente al lato terminale (lato corrispondente alla camera rispettiva di deposito dei materiali droganti) delle barriere per i gas 42a e 42b oppure possono venire evacuati con i gas di reazione utilizzati per il deposito dei materiali drogati. In ogni caso, i gas di lavaggio vengono utilizzati come elementi supplementari che consentono di impedire sostanzialmente la retrodiffusione dei gas di drogaggio dalle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco.

La figura 3 rappresenta una sezione trasversale, su scala maggiore, della configurazione preferita della barriera per i gas, indicata genericamente dal numero di riferimento 42. La barriera per i gas 42, schematizzata nella figura 3, intende rappresentare simbolicamente la disposizione generale di note parti in una tipica barriera per i gas e, pertanto, questa rappresentazione non intende definire tutti i noti elementi strutturali di questa barriera per i gas. La descrizione è completamente dettagliata

soltanto rispetto agli elementi magnetici che formano l'essenza della presente invenzione.

In modo più specifico, può essere rilevato che la barriera per i gas 42 comprende, in generale, un blocco inferiore 44 ed un blocco superiore 46 al cui bordo anteriore è fissato un complesso a rulli cilindrici 48 allungato in senso trasversale, secondo quanto rappresentato nella figura 4. La lunghezza del complesso a rulli cilindrici 48 risulta preferibilmente almeno pari alla larghezza del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, passando attraverso l'apparato a camere multiple 26, in modo tale che l'intera larghezza del substrato 11 possa venire a contatto con una porzione della circonferenza della superficie dei rulli cilindrici. Vari cuscinetti a rullo possono essere impiegati per consentire una rotazione sostanzialmente priva di attrito del complesso a rulli cilindrici 48. Il complesso a rulli cilindrici 48 è adatto a guidare il nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, attraverso una fenditura, o passaggio 43, relativamente stretto, formato tra la superficie superiore del blocco inferiore 44 della barriera per i gas ed una porzione sfinestrata del blocco superiore 46 della barriera per i gas. Stabilendo un

flusso unidirezionale del gas inerte di lavaggio dal lato corrispondente alla camera per la deposizione del materiale intrinseco, della barriera per i gas, nel lato corrispondente alle camere adiacenti per la deposizione dei materiali droganti, della barriera per i gas, viene impedita una sostanziale contaminazione della camera 30 di deposizione del materiale intrinseco altrimenti provocata dalla retrodiffusione dei gas droganti di tipo p e tipo n introdotti nelle camere adiacenti di deposizione 28 e 30. Quantunque la versione preferita utilizzi un singolo complesso a rulli 48 fissato, con possibilità di rotazione, adiacentemente all'estremità anteriore della barriera per i gas 42, un secondo complesso a rulli potrebbe pure venire fissato, con possibilità di rotazione, all'estremità di coda della barriera per i gas, in modo tale da garantire una ulteriore guida per il nastro di materiale 11 costituente il substrato.

La fenditura, vale a dire il passaggio 43 della barriera per i gas, presenta una sezione trasversale genericamente rettangolare e lo stesso è definito da una parete superiore 43a, da una parete inferiore 43b e da due pareti laterali 43c. Come precedentemente indicato, è desiderabile che le pareti 43c

presentino una lunghezza minima possibile, allo scopo di minimizzare il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas attraverso il passaggio 43. Per conseguire questo scopo, la parete superiore 43a del passaggio 43 viene realizzata con l'impiego di un materiale relativamente duro presentante le ulteriori caratteristiche di una bassa resistenza superficiale di attrito e di una bassa conduttività termica. Nella versione preferita dell'invenzione, un foglio di vetro temperato 62 costituito, ad esempio, dal prodotto "PYREX" (marchio registrato della Corning Glass Works per un vetro al borosilicato, presentante una temperatura di rammollimento di 820°C, una temperatura operativa superiore, in esercizio normale, di 230°C ed una durezza allo scleroscopio di 120) presenta le caratteristiche richieste e, di conseguenza, questo materiale viene utilizzato per fabbricare la parete superiore 43a del passaggio. Quantunque nella forma pratica realizzativa, di tipo preferito, la parete superiore 43a venga formata da un materiale presentante una bassa resistenza superficiale all'attrito ed una bassa conduttività termica (per il fatto che la superficie della parete superiore 43a viene a contatto con il lato non rivestito, del substrato 11), anche la parete infe-

riore 43b potrebbe venire realizzata in questo modo (se gli strati sono stati depositati sulla superficie superiore del substrato 11), senza per questo scostarsi dallo spirito e dallo scopo della presente invenzione. Come ulteriore forma pratica realizzativa, di tipo preferito, la barriera magnetica per i gas, proposta dall'invenzione, è pure adattabile all'impiego con un complesso catodico orientato verticalmente (anzichè con il catodo orizzontale illustrato e descritto nel corso della presente trattazione). Con un complesso catodico verticale, entrambe le pareti della barriera per i gas potrebbero venire formate con l'impiego di un materiale a basso attrito ed a bassa conduttività termica, senza per questo scostarsi dallo spirito e dallo scopo della presente invenzione.

Facendo ora riferimento specifico alla figura ~~fig~~ 5, può essere rilevato che il nastro magnetico costituente il substrato 11, è stato illustrato, diagrammaticamente, come passante attraverso il passaggio 43 di una barriera per i gas rappresentata, ad esempio, dalla barriera 42. In modo più specifico, la figura 5 illustra il nastro di materiale 11, costituente il substrato, in contatto di scorrimento con la parete superiore di vetro 43a del passaggio

43. Deve essere rilevato, in particolare, il piccolo raggio 45 presentante un valore pari, approssimativamente, a 3,175 mm ($1/8$ di pollice) che può venire formato in corrispondenza del bordo anteriore della parete superiore di vetro 43a. Lo scopo del raggio 45 è quello di impedire ulteriormente che il bordo anteriore della parete 43a debba tagliare il nastro di materiale 11 costituente il substrato.

Come precedentemente descritto, il passaggio 43 viene parzialmente formato da un recesso 64 presente nel blocco superiore 46, nel quale vengono fissati vari elementi adatti a sollecitare il substrato 11 in contatto di scorrimento con la superficie inferiore del foglio di vetro 62. In modo più specifico, una lastra di alluminio 66 presentante uno spessore di 6,35 mm ($1/4$ di pollice), una larghezza di 419,1 mm (16,5 pollici) ed una profondità di 190,5 mm (7,5 pollici) viene dapprima collocata nel recesso 64. Un contenitore di acciaio inossidabile 304, presentante una larghezza di 406,4 mm (16 pollici), una profondità di 203,2 mm (8 pollici) ed uno spessore di 9,525 mm ($3/8$ di pollice) viene collocato nel recesso 64, a contatto con la piastra di alluminio 66. Infine, la piastra di vetro 62 presentante uno spessore di 6,35 mm ($1/4$ di pollice), una

larghezza di 406,4 mm (16 pollici) ed una profondità di 203,20 mm (8 pollici), viene collocata nel recesso 64, a contatto con il contenitore 68. Due distanziatori allungati, presentanti uno spessore di 3,175 mm ($1/8$ di pollice), indicati in 70, (1) sporgono dalle pareti laterali 43c del passaggio 43 e (2) sviluppano e fissano la profondità dell'apertura del passaggio. Deve essere sottolineato il fatto che qualunque l'altezza preferita dei distanziatori risulti pari a 3,175 mm ($1/8$ di pollice) la dimensione in altezza è stata, in pratica, ridotta ad un valore anche dell'ordine di 1,588 mm ($1/16$ di pollice).

L'altezza preferita pari a 3,175 mm ($1/8$ di pollice), rappresenta una riduzione veramente significativa nell'apertura del passaggio poichè le aperture precedenti non presentavano valori inferiori a circa 6,35 mm ($1/4$ di pollice). Come risulterà del tutto evidente, al diminuire della profondità, può venire corrispondentemente ridotta la quantità di gas droganti che possono retrodiffondersi attraverso il passaggio 43 dalle camere 28 e 32 di deposizione dei droganti. E' stato determinato che una diminuzione nell'apertura del passaggio, dalla dimensione precedente di 6,35 mm ($1/4$ di pollice) ad un valore di 1,588 mm ($1/16$ di pollice), resa possi-

Comunque, al fine di usare praticamente un passaggio di un sedicesimo ($1/16$) di pollice, sarebbe necessario impiegare un nastro magnetico del materiale di substrato di qualità molto elevata, in modo tale da realizzare uno spessore molto uniforme. Ciononostante, l'altezza preferita pari a un ottavo ($1/8$) di pollice, rappresenta una riduzione veramente significativa nell'apertura del passaggio poichè le aperture precedenti non presentavano valori inferiori a circa un quarto ($1/4$) di pollice). Come risulterà del tutto evidente, al diminuire della profondità, può venire corrispondentemente ridotta la qualità di gas ~~da~~ droganti che possono retrodiffondersi attraverso il passaggio 43 delle camere 28 e 32 di deposizione dei droganti. E' stato determinato che una diminuzione nell'apertura del passaggio, dalla dimensione presente di $1/4$ di pollice ad un valore di $1/16$ di ~~pollice~~ pollice, resa possi-

bile con l'impiego dell'invenzione in oggetto, si traduce in una diminuzione della diffusione dei contaminanti dalla camera di deposizione 28 nella quale viene depositato il materiale drogante di tipo p o dalla camera di deposizione 32, nella quale viene depositato il materiale drogante di tipo n, nella camera per la deposizione del materiale intrinseco 30, di un fattore almeno pari a 100.

Da quanto precedentemente descritto risulterà evidente l'importanza della formazione della parete superiore 43a del passaggio 43 con l'impiego di un materiale che possa rimanere sostanzialmente planare alle temperature operative, di valore elevato ed in funzione delle variazioni di temperatura richieste per la deposizione. Se la superficie della parete superiore 43a fosse intrinsecamente in grado di ondularsi in funzione delle fluttuazioni della temperatura: (1) parti della superficie a strati del substrato magnetico 11 verrebbero a contatto con la parete inferiore 43b del passaggio 43 quando il substrato passa attraverso detto passaggio, provocando in tal modo la graffiatura o altri inconvenienti su uno o più degli strati amorfi depositati sul substrato, alterando, in modo corrispondente, l'efficienza di un dispositivo fotovoltaico prodotto con l'impiego

di tale substrato, e (2) il substrato magnetico 11 che viene sollecitato contro la parete superiore 43a si conformerebbe alla superficie dello stesso e comporterebbe l'ottenimento di un substrato ondulato, o incurvato, sul quale verrebbero depositati strati di materiale semiconduttore disuguali il che, ovviamente, potrebbe comportare una riduzione dell'efficienza del dispositivo fotovoltaico. Conseguentemente, una ulteriore caratteristica indispensabile conforme all'invenzione è rappresentata dal fatto che il materiale utilizzato per la formazione della parete superiore 43a deve essere relativamente duro, in modo tale che lo stesso possa rimanere sostanzialmente planare in corrispondenza delle elevate temperature di lavoro.

All'interno del contenitore di acciaio inossidabile 68 è disposta una pluralità di magneti 72, tali magneti essendo disposti in file e colonne, per mezzo di una pluralità di separatori 74 disposti orizzontalmente e verticalmente. I magneti 72 vengono preferibilmente realizzati con l'impiego di un materiale ceramico, poichè i materiali ceramici consentono la creazione di magneti leggeri e relativamente economici, stabili alle temperature di valore elevato ed in grado di creare un intenso campo ma-

gnetico. Quantunque i magneti 72 impiegati nella versione preferita dell'invenzione, siano rappresentati da barrette di materiale ceramico, di tipo rettangolare, presentanti una larghezza di 25,4 mm (1 pollice) ed una lunghezza di 50,8 mm (2 pollici), deve essere rilevato che non è necessario che i magneti 72 vengano realizzati con l'impiego di materiali ceramici o che debbano presentare una particolare dimensione o configurazione. Deve essere sottolineato il fatto che è solo necessario che i magneti 72 siano in grado di fornire un intenso campo magnetico alle elevate temperature operative, adottate per i processi di deposizione. E' preferibile l'impiego di una pluralità di magneti a barretta per la creazione del campo magnetico totale. Questo è dovuto al fatto che il massimo flusso magnetico viene sviluppato in corrispondenza delle estremità dei magneti a barretta 72 e, pertanto, all'aumentare del numero dei magneti impiegati aumenterà la forza di attrazione e, di conseguenza, il campo magnetico globale risulterà più uniforme.

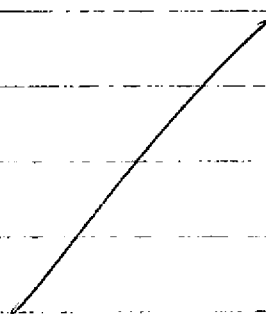
I separatori magnetici 74 sono costituiti da elementi non magnetici, di tipo allungato e sostanzialmente piatti, tali elementi essendo rappresentati, ad esempio, da piastre di alluminio presentanti uno spessore di 1,588 mm (1/16 di pollice). I separatori 74

cooperano con la pluralità di magneti 72 in modo tale da intensificare l'uniformità del campo magnetico. Nella versione preferita dell'invenzione, vengono impiegati, in totale, sessantaquattro (64) magneti di materiale ceramico 72 presentanti una larghezza di 25,4 mm (1 pollice) ed una lunghezza di 50,8 mm (2 pollici), tali magneti essendo distanziati per mezzo dei separatori non magnetici 74, in modo tale che le estremità dei magneti periferici 72 possano terminare in coincidenza con il bordo del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, circolante attraverso il passaggio 43. Disponendo i magneti 72, in conformità a quanto descritto, rispetto al substrato magnetico 11, il concetto inventivo descritto nel corso della presente trattazione offre il vantaggio supplementare consistente nello sfruttamento del campo magnetico per centrare il substrato 11 quando lo stesso si sposta attraverso la barriera per i gas 42. Il blocco superiore 46 include un elemento di trattenuta in due pezzi 84, ~~secondo quanto rappresentato nella figura 4~~, adatto a trattenere i magneti 72 ed i separatori 74 in accordo con una configurazione prestabilita. La porzione superiore del complesso di trattenuta 84 coopera con la porzione laterale dello stesso per mezzo di una

pluralità di viti 86.

L'impiego della barriera magnetica per gas 82 precedentemente descritta offre un ulteriore vantaggio degno di nota. Il complesso a rulli cilindrici 48 è supportato, con possibilità di rotazione, in modo tale da posizionare il nastro di materiale 11, costituente il substrato, circolante attraverso il passaggio 43 del portello per i gas 42, a circa 0,508 mm (0,020 pollici) al di sotto della parete superiore 43a del passaggio. Malgrado il fatto che il substrato 11 sia mantenuto sotto tensione meccanica, il substrato 11 evidenzia una indesiderabile tendenza intrinseca a piegarsi, o incurvarsi attraverso, o lungo la propria lunghezza, a causa delle elevate temperature operative alle quali lo stesso risulta soggetto. Questo crea la possibilità di deposito di strati non uniformi sullo stesso. Per mezzo dello sviluppo di un campo magnetico, in conformità ai principi della presente invenzione, il nastro di materiale 11 costituente il substrato, viene mantenuto sotto una tensione meccanica di valore maggiore per il fatto che viene attratto verso l'alto dal campo magnetico, in modo tale che detto nastro possa venire a contatto con la parete superiore 43a del passaggio. Questa maggiore tensione meccanica riduce, in misura

Malgrado il fatto che il substrato 11 sia mantenuto sotto tensione, il substrato 11 evidenzia una indesiderabile tendenza intrinseca a piegarsi, ovvero a incurvarsi, a causa delle temperature operative elevate, alle quali lo stesso viene sottoposto, creando così la possibilità di un deposito non uniforme di strato sullo stesso. Sviluppando un campo magnetico come suggerito dalla presente invenzione, almeno parte del "gioco" nel nastro costituente il materiale di substrato 11 viene mitigato (il substrato 11 viene tirato verso l'alto dal campo magnetico, in modo tale che esso passa venire a contatto con la parete superiore 43a del passaggio), la tensione aggiunta riducendo sostanzialmente la piegatura del nastro 11 costituente il materiale di substrato, il che consente perciò la deposizione di strati uniformi sullo stesso.



~~sostanziale, la piegatura del nastro di materiale 11
costituente il substrato e, di conseguenza, consente
il deposito, su detto nastro, di strati più uniformi.~~

La superficie superiore del blocco inferiore 44 della barriera per i gas 42 forma la parete inferiore 43_b del passaggio 43. Nel blocco inferiore 44 vengono pure praticati vari passaggi 76 per la ricezione di elementi riscaldatori allungati, non rappresentati, il cui numero dipende dalla potenza di ogni elemento e dalla temperatura desiderata alla quale deve venire mantenuto il substrato 11 quando lo stesso passa attraverso il passaggio 43. Il blocco inferiore 44 ed il blocco superiore 46 della barriera per i gas 42 includono una pluralità di aperture 78 presenti nei pannelli 80_a ed 80_b, rispettivamente, usate per montare la barriera per i gas 42 sulle camere di deposizione. Inoltre, una luce 82 provvede allo accesso al blocco superiore 46 ed alla piastra di alluminio 66, in modo tale da stabilire una comunicazione con il recesso 64. In questo modo, il recesso 64 può venire lavato con un gas di lavaggio, secondo quanto precedentemente descritto, dopo che lo apparato a barriera magnetica per i gas è stato inserito nello stesso, tale luce 82 potendo venire sigillata per mezzo di un cappuccio 83 allo scopo di

impedire la contaminazione delle camere di deposizione da parte dei magneti ceramici 72.

IV. Funzionamento

Nel funzionamento, il nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato viene convogliato, sotto tensione meccanica, dalla bobina di alimentazione 11a attraverso: (1) la camera di deposizione 28 utilizzata per la deposizione del drogante di tipo p nella quale viene depositato uno strato di lega di tipo p costituito, ad esempio, dallo strato 16a, sul lato inferiore del nastro; (2) la prima barriera per i gas 42a; (3) la camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, nella quale uno strato di lega, di tipo intrinseco rappresentato, ad esempio, dallo strato 18a viene depositato sullo strato di tipo p; (4) la seconda barriera per i gas 42b; (5) la camera 32 per la deposizione del drogante di tipo n, nella quale uno strato di lega di tipo n rappresentato, ad esempio, dallo strato 20a viene depositato sullo strato intrinseco; e (6) tale nastro venendo infine avvolto sulla bobina di ricezione, o di avvolgimento 11b. Le barriere per i gas 42a e 42b consentono di collegare, operativamente, le camere per la deposizione dei materiali droganti, adiacentemente alla camera 30 per la deposizione del mate-

riale intrinseco mentre impediscono il riflusso, o la diffusione dalla camera 28 di deposizione del drogante del tipo p e dalla camera 32 per la deposizione del drogante di tipo n, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco. Se in altre camere supplementari vengono svolti ulteriori processi rappresentati, ad esempio, dall'applicazione di uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO 22 sulla superficie superiore dello strato drogato 20c di tipo n, in cui tali camere risultano operativamente collegate alla terna di camere di deposizione 28, 30 e 32, le barriere per i gas 42, di tipo perfezionato, proposte dall'invenzione, possono pure venire utilizzate fra queste camere supplementari e le camere di deposizione adiacenti allo scopo di ridurre:

(1) la contaminazione delle camere di deposizione dei materiali droganti e (2) la distorsione del materiale 11 costituente il materiale magnetico del substrato.

Il campo magnetico sviluppato dai magneti ceramici 42, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione, opera in modo tale da sollecitare lo strato non rivestito, del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato (realizzato, ad esempio, con l'impiego di acciaio inossidabile 430), circolante attraverso il passaggio 43

presente nella barriera per i gas 42, in contatto di scorrimento con la superficie della parete superiore 43a. Poichè la parete superiore 43a viene fabbricata con l'impiego di un materiale relativamente duro, a basso coefficiente di attrito e presentante una bassa conduttività termica, costituito, ad esempio, dal prodotto "PYREX" (marchio depositato della Corning Glass Works), sotto forma di un foglio, la superficie inferiore del substrato non verrà negativamente influenzata da questa condizione. I magneti ceramici 72 sviluppano un campo magnetico uniforme con forze particolarmente intense in una direzione perpendicolare alla superficie planare del substrato 11 circolante attraverso il passaggio 43 ma con forze relativamente deboli in una direzione parallela a detta superficie planare del substrato. Il nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, viene quindi simultaneamente (1) sollecitato contro la superficie del foglio di vetro 43a mentre, nel contempo (2) viene permesso lo scorrimento dello stesso contro detto foglio, quando il nastro passa attraverso il passaggio 43.

I magneti 72, sollecitando il substrato magnetico 11 in contatto di scorrimento con la parete superiore 43a, fabbricata in modo speciale, del pas-

saggio 43, consentono una riduzione nella larghezza dell'apertura del passaggio. In altre parole, non sono più necessarie particolari tolleranze per impedire la graffiatura della superficie non rivestita del substrato e poichè viene ridotta la larghezza dell'apertura del passaggio, il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas droganti dalle camere di deposizione dei droganti, viene corrispondentemente ridotta, con una sostanziale diminuzione della contaminazione dello strato intrinseco e con possibilità di produrre un dispositivo fotovoltaico più efficiente.

Deve essere sottolineato il fatto che l'invenzione in oggetto non è limitata alla precisa struttura delle versioni illustrate e descritte. E' sotto inteso che la descrizione precedentemente riportata delle versioni attualmente preferite, deve venire considerata al solo titolo di esempio illustrativo, tale trattazione non dovendo essere considerata come limitativa della presente invenzione. Nelle rivendicazioni riportate in appendice, si intendono includere tutti gli equivalenti che definiscono lo scopo della presente invenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Barriera per i gas, di tipo perfezionato per

ridurre, sostanzialmente, il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas da una camera dedicata ad una camera dedicata adiacente, detta barriera per i gas includendo un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale si sposta un substrato, dalla prima di dette camere adiacenti dedicate, nella quale un primo strato viene depositato su di un lato di detto substrato, alla seconda camera di dette camere di deposizione, nella quale un secondo strato viene depositato sul primo strato, detto passaggio essendo definito da una parete superiore di tipo allungato, da una parete inferiore di tipo allungato e contrapposta alla prima e pareti relativamente di breve lunghezza; detta prima camera includendo mezzi per introdurre almeno un gas nella stessa; detta seconda camera includendo mezzi per introdurre almeno un gas supplementare nella stessa; e mezzi associati a dette camere per evacuare i gas da dette camere, detta barriera perfezionata per i gas essendo caratterizzata dal fatto che comprende, in combinazione:

mezzi (72) per sollecitare il lato non rivestito del substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) a contatto di scorrimento con una delle pareti allungate del passaggio (43a, 43b), in modo tale da consentire una diminuzione della distanza

fra detta parete superiore e detta parete inferiore del passaggio, senza che la superficie del substrato, dotata di strati, debba venire a contatto con l'altra parete allungata del passaggio, con conseguente possibilità di riduzione del riflusso dei gas dalla seconda camera (30) attraverso il passaggio della barriera per i gas.

2. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 1, ~~ulteriormente~~ caratterizzata dal fatto che la parete del passaggio (43a, 43b) che viene a contatto con il lato non rivestito del substrato (~~41~~) viene fabbricata con l'impiego di un materiale a basso coefficiente di attrito e a bassa conduttività termica.

3. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 2, ~~ulteriormente~~ caratterizzata dal fatto che la parete (43a, 43b) che viene a contatto con il substrato, è costituita da un foglio di vetro al borosilicato.

4. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo ^{la} ~~una qualsiasi delle rivendicazioni~~ ~~da~~ 1, ~~ulteriormente~~ caratterizzata dal fatto che il substrato (~~41~~) viene realizzato con l'impiego di un materiale magnetico, detto substrato venendo sollecitato a contatto di scorrimento con il foglio di

vetro (~~43a, 43b~~) per mezzo di un processo di attrazione magnetica.

5. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 4, ~~ulteriormente~~ caratterizzata dal fatto che detta attrazione magnetica viene esercitata da una pluralità di magneti (~~72~~). *di ceramica*.

6. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 5, ~~ulteriormente~~ *di ceramica* caratterizzata dal fatto che i magneti (~~72~~) sono separati da una pluralità di distanziatori non magnetici (~~74~~).

7. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 4, ~~ulteriormente~~ caratterizzata dal fatto che camere adiacenti dedicate (~~28, 30, 32~~) sono adatte a depositare strati di lega, di tipo amorfo (~~16a-16c; 18a-18c; 20a-20c~~) su detto substrato magnetico (~~11~~).

8. Barriera per gas, di tipo perfezionato, in accordo con quanto descritto nel corso della presente trattazione, con riferimento ai disegni allegati.

~~Milano,~~

8. Barriera per gas, di tipo perfezionato, adatta collegare operativamente una coppia di camere di deposizione, adiacenti fra di loro; la suddetta barriera per gas includendo un passaggio relativamente stretto attraverso il quale un nastro, costituente il materiale di substrato, può essere fatto avanzare in modo continuo dalla prima camera di deposizione in cui uno strato di lega di silicio ~~drogato~~ drogato, di tipo amorfo, viene depositato su un lato del suddetto substrato, alla seconda camera di deposizione in cui uno strato di lega di silicio, di tipo amorfo, intrinseco, viene depositato sul primo strato; il passaggio definito da pareti opposte, trasversalmente allungate e da brevi pareti opposte; la barriera per gas, di tipo perfezionato ~~includendo~~ includendo:

un nastro costituente il materiale di substrato, formato da un materiale magnetico;

mezzi adatti a creare un campo magnetico per sollecitare il lato non rivestito del nastro costituente il materiale di substrato, che si sposta attraverso il passaggio, in contatto di scorrimento con una delle pareti opposte, allungate, per cui la distanza tra le suddette pareti opposte allungate del passaggio può essere diminuita senza portare

la superficie rivestita del nastro costituente il materiale di substrato, attraverso il passaggio, a contatto con l'altra delle suddette pareti superiori e inferiori del passaggio.

9. Barriera per gas, di tipo perfezionato, in accordo con quanto descritto nella rivendicazione 8, caratterizzata dal fatto che la parete del passaggio, che viene a contatto con il lato non rivestito del substrato, è costituita da un foglio di borosilicato; e dal fatto che viene creato un campo magnetico uniforme mediante una pluralità di magneti ceramici.

=====

SO-27

DICHIARAZIONE, LETTERA DI INCARICO

E INDIRIZZO PER LA CORRISPONDENZA

Io, Prem Nath, dichiaro di essere cittadino dell'India, residente al 1104 Woodside Trail, Troy, Michiga, 48098; e io David Attilio Gattuso, dichiaro di essere cittadino della Gran Bretagna, residente al 506 di Deer Run, Pontiac, Michigan 48054; dichiaro di aver letto la descrizione che precede e di ritenere assolutamente di essere

gli inventori originali, primi ed unici dell'invenzione intitolata

"BARRIERA DI TIPO MAGNETICO, PER GAS"

descritta e rivendicata nella stessa; dichiariamo di non sapere e di non ritenere che la presente invenzione sia mai stata nota o usata negli Stati Uniti d'America prima della nostra invenzione in merito o brevettata o descritta in alcuna pubblicazione stampata in alcun paese prima della nostra invenzione in merito o più di un anno prima della presente domanda; o usata in pubblico o in vendita negli Stati Uniti d'America più di un anno prima della presente domanda; che la presente invenzione non è stata brevettata o non ha costituito l'oggetto di alcun certificato di invenzione rilasciato prima della data della presente domanda in alcun paese estero al di fuori degli Stati Uniti d'America su una domanda depositata da noi o dai nostri rappresentanti legali o cessionari più di dodici mesi prima della presente domanda; ⁱdichiarⁱamo di essere a conoscenza del nostro dovere che ci impone di chiarire qualsiasi informazione in nostro possesso che possa essere importante ai fini dell'esame della presente domanda; dichiariamo che nessuna domanda di brevetto o certificato di invenzione relativamente alla

presente invenzione è stata depositata da noi o dai nostri rappresentanti legali o cessionari in alcun paese estero al di fuori degli Stati Uniti d'America; e che non è stato fatto alcun deposito all'estero che si contrario alla voce 35 U.S.C. Section 184.

=====

Con la presente noi nominiamo Marvin S. Siskind, numero di registrazione 28.153, e Lawrence G. Norris, numero di registrazione 18.034, nostri agenti, con pieno potere di sostituzione e di revoca, a proseguire la presente domanda, ad apportare modifiche o rettifiche alla stessa, ~~ad~~ a ricevere il brevetto ed a trattare tutte le operazioni connesse con l'ufficio brevetti e marchi. Chiediamo inoltre che tutta la corrispondenza e le chiamate telefoniche relativamente alla presente domanda siano indirizzate a:

Lawrence G. Norris,

Vice President

Patent & Legal Affairs

Energy Conversion Devices , Inc.

1675 West Maple Road

Troy, Michigan 48084

(313)280-1900.

Noi dichiariamo ⁿoltre che tutte le dichia-

razioni rilasciate in questo modulo di nostra conoscenza sono vere e che tutte le dichiarazioni rilasciate su informazioni e credenze sono ritenute vere; ed inoltre che queste dichiarazioni sono state rilasciate essendo a conoscenza del fatto che le dichiarazioni false intenzionali e simili così rilasciate sono punibili con multa o con prigione, oppure con entrambe in conformità con la Section 1001 dell'articolo 18 del Codice degli Stati Uniti e che tali dichiarazioni false intenzionali possono pregiudicare la validità della domanda, nonchè il rilascio di qualsiasi brevetto in merito.

=====

Firma: Pram Nath

Data: 19/4/82

Firma: David Attilio Gattuso

Data: 19/4/82.

PER TRADUZIONE CONFORME

Handwritten signature

4/69772 AS.



ON. MINISTERO DELL'INDUSTRIA, COMMERCIO ED ARTI-

GIANATO - Ufficio Centrale Brevetti - ROMA

08334

Oggetto: domanda di brevetto N°20732 A/83

depositata il 21 Aprile 1983

a nome: ENERGY CONVERSION DEVICES, INC

(Società organizzata ed esistente
secondo le leggi dello Stato di
Delaware- USA)

a: Troy, MI 48084 (USA)

Con riferimento alla suindicata domanda di
brevetto, ci si permette di chiedere che, nel testo
depositato, vengano effettuate, ai sensi dell'art. 49
del D.P.R. 22/6/1979 N°338, alcune correzioni for-
mali come segue:

- pagina 21, riga 8, si sostituisce "(43a)" con
"(43a, 43b) "
- pagina 22, riga 11, si sostituisce
"(11)" con "(72)"
- pagina 36, riga 21, si sostituisce "28" con "30"
- pagina 37, riga 10, si sostituisce "dalla camera 30"
con "dalle camere 28 e 32"
- pagina 37, riga 11, si sostituisce "intrinseco"
con "drogante"
- pagina 38, righe 10,11,12,13, si cancellano e si
sostituiscono come segue "per impedire la diffusione

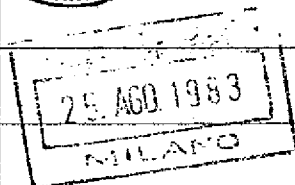
dei gas di drogaggio di reazione dalle camere 28 e 32
per la deposizione dei droganti alla camera 30 per
la deposizione del materiale intrinseco , attraverso
le bar-"

-pagina 61, riga 5, si sostituisce "dalla" con
"verso la"

Con perfetta osservanza.

Thant

Milano, 25 Agosto 1983



Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

"BARRIERA DI TIPO MAGNETICO, PER GAS"

a nome: ENERGY CONVERSION DEVICES, INC.

a : 1675 West Maple Road, Troy

MI 48084 (U.S.A.)

di nazionalità statunitense ed elettivamente domiciliata presso i suoi mandatarî Dr. E. Klausner, Dr. Ing. T. Levrini, p.i. S. Castelli, Dr. R. Rimprocci, p.i. R. Monti, a Milano, Via Dogana 1 (Ufficio Internazionale Brevetti Ing. C. Gregorj di E. Klausner & C. s.n.c.)

depositata il

21 APR. 1983

Nr.

20 732 A/83

-O-O-O-

RIASSUNTO

La presente invenzione si riferisce ad una barriera unidirezionale per gas, di tipo magnetico, adatta a collegare operativamente due camere per deposizione, adiacenti fra di loro, allo scopo di consentire il deposito di strati successivi su di un nastro di materiale costituente un substrato, partendo da gas introdotti separatamente in ogni camera. Per impedire la contaminazione reciproca delle atmosfere esistenti nelle camere, per diffusione attraverso la barriera unidirezionale per i gas, questa barriera unidirezionale per i gas, proposta dalla

presente invenzione, utilizza un campo magnetico operante in modo tale da sollecitare la superficie non rivestita del substrato magnetico, in contatto di scorrimento con una delle pareti del passaggio presente nella barriera unidirezionale per i gas, attraverso il quale passa il substrato. Questo consente di ridurre sostanzialmente le dimensioni del passaggio, diminuendo in tal modo, in misura sostanziale, la contaminazione reciproca delle atmosfere di deposizione nelle varie camere.

Inoltre, la barriera unidirezionale per gas, proposta dall'invenzione, riduce l'ondulazione del substrato durante la deposizione.

DESCRIZIONE DELL'INVENZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un apparato per produrre, in modo continuo, dispositivi fotovoltaici su di un nastro di materiale magnetico, fungente da substrato, mediante deposito di strati successivi di materiali semiconduttori formanti leghe di silicio, di tipo amorfo, in ognuna di almeno due camere adiacenti di deposizione. La composizione di ogni strato amorfo dipende dai particolari costituenti dei gas di reazione introdotti in ognuna delle camere di deposizione. I costituenti introdotti nella prima camera di deposizione vengono accurata-

mente controllati ed isolati dai costituenti introdotti nella camera di deposizione adiacente. In modo più specifico, le camere di deposizione vengono funzionalmente collegate per mezzo di un passaggio relativamente stretto della barriera unidirezionale per gas (1) attraverso il quale passa il nastro di materiale costituente il substrato e (2) adatto ad isolare i costituenti gassosi di reazione introdotti nella prima camera di deposizione, dai costituenti gassosi di reazione introdotti nella camera di deposizione adiacente. Tuttavia, è stato determinato che malgrado le dimensioni relativamente piccole del passaggio della barriera unidirezionale per i gas, i costituenti gassosi droganti introdotti nella seconda camera di deposizione rifluiscono, o si diffondono nella prima camera di deposizione adiacente, contaminando in tal modo lo strato depositato in detta prima camera di deposizione. L'essenza dell'invenzione consiste nel ridurre le dimensioni del passaggio presente nella barriera unidirezionale per gas, in modo tale da consentire di ridurre, in misura corrispondente, il riflusso, o diffusione dei costituenti gassosi di drogaggio, con conseguente possibilità di diminuire la contaminazione dello strato depositato nella prima camera di deposizione.

Recentemente, sono stati condotti vari tentativi per lo sviluppo di processi che consentano di depositare leghe di materiali semiconduttori, di tipo amorfo, ognuna delle quali può delimitare aree relativamente grandi e che possono venire drogate allo scopo di formare materiali di tipo p e di tipo n, per la produzione di dispositivi del tipo p-i-n, sostanzialmente equivalenti a quelli prodotti dai corrispondenti materiali cristallini. Per molti anni, questi lavori condotti con pellicole di silicio, o di germanio, di tipo amorfo, si sono dimostrati sostanzialmente improduttivi a causa della presenza, nelle stesse, di microvuoti e legami pendenti che producevano una elevata densità di stati localizzati nell'intervallo di energia proibita. Inizialmente, la riduzione degli stati localizzati è stata ottenuta per deposizione, mediante scarica a bagliore, di pellicole di silicio amorfo in cui il silano gassoso (SiH_4) è stato fatto passare attraverso un tubo di reazione nel quale il gas veniva decomposto per mezzo di una scarica a bagliore a radiofrequenza (r.f.), con deposito su di un substrato in corrispondenza di una temperatura del substrato pari, all'incirca, a 500-600 gradi K (227-327 gradi C). Il materiale in tal modo depositato sul substrato rappresenta un materiale

amorfo intrinseco consistente di silicio ed idrogeno. Per produrre un materiale amorfo drogato, la fosfina gassosa (PH_3), per una conduzione di tipo n o il diborano gassoso (B_2H_6), per una conduzione di tipo p viene premiscelato con il silano gassoso e la miscela viene fatta passare attraverso il tubo di reazione, del tipo a scarica a bagliore, adottando le stesse condizioni operative. Il materiale in tal modo depositato include droganti supposti sostituzionali, costituiti da fosforo o boro, tale materiale essendo estrinseco e presentante una conduttività di tipo n o di tipo p, rispettivamente. E' stato riscontrato che l'idrogeno, nel silano si combina, in corrispondenza di una temperatura ottimale, con parecchi dei legami pendenti del silicio durante la deposizione mediante scarica a bagliore, con conseguente sostanziale riduzione della densità degli stati localizzati nell'intervallo di energia proibita per cui il materiale amorfo può approssimarsi maggiormente al corrispondente materiale cristallino.

E' ora possibile preparare leghe di silicio amorfo, notevolmente migliorate, presentanti concentrazioni significativamente ridotte di stati localizzati nei corrispondenti intervalli di energia proibita fornendo, nel contempo, elevate proprietà elettroniche.

che per mezzo della scarica a bagliore. Questa tecnica è stata completamente descritta nel brevetto statunitense N. 4.226.898, depositato il 7 Ottobre 1980 a nome Stanford R. Ovshinsky e Arun Madan, intitolato Amorphous Semiconductors Equivalent to Crystalline Semiconductors adottando procedure di deposizione da fase vapore, del tipo descritto, in dettaglio, nel brevetto statunitense N. 4.217.374 depositato il 12 Agosto 1980, con lo stesso titolo, a nome Stanford R. Ovshinsky e Masatsugu Izu. In conformità a quanto descritto nei brevetti precedentemente indicati, il fluoro introdotto nel silicio amorfo, come semiconduttore, opera in modo tale da ridurre, sostanzialmente, la densità degli stati localizzati, facilitando l'aggiunta di altri materiali formanti lega quali, ad esempio, il germanio.

Il Fluoro attivo si diffonde prontamente nel silicio amorfo e si lega in un corpo a matrice, allo scopo di diminuire, in misura sostanziale, la densità degli stati localizzati di difetto nello stesso. Questo è dovuto alle piccole dimensioni degli atomi di fluoro le quali consentono, agli stessi, di venire prontamente introdotti in una matrice di silicio amorfo. Il fluoro si lega con i legami pendenti del silicio e forma un legame stabile, parzialmente ioni-

co, con angoli di legame flessibili, ottenendo una compensazione, o alterazione più stabile e più efficiente di quella che potrebbe venire formata da idrogeno o altri agenti di compensazione o di alterazione del tipo impiegato in precedenza. Il fluoro viene considerato come un elemento di compensazione o di alterazione più efficiente dell'idrogeno, quando impiegato da solo o con idrogeno, a causa delle sue dimensioni eccezionalmente piccole, dell'elevata reattività, della specificità nel legame chimico e per il fatto che presenta una maggiore elettronegatività.

La compensazione può venire ottenuta con fluoro, da solo o in combinazione con idrogeno, mediante aggiunta di questo elemento, o di questi elementi, in quantità molto piccole (pari, ad esempio, a frazioni dell'uno per cento atomico). Tuttavia, le quantità di fluoro e di idrogeno più desiderabilmente adottate, sono molto maggiori di queste piccole percentuali, in modo tale da permettere, agli elementi, di formare una lega di silicio-idrogeno-fluoro. Pertanto, le quantità formanti lega, di fluoro e idrogeno possono essere comprese, ad esempio, nella gamma fra lo 0,1 ed il 5 per cento, o superiore. La lega in tal modo formata presenta una minore densità

di stati di difetto nell'intervallo di energia proibita, rispetto a quanto ottenibile per mezzo di una semplice neutralizzazione dei legami pendenti e analoghi stati di difetto. In particolare, è stato riscontrato che l'uso di quantità maggiori di fluoro consente, sostanzialmente, l'ottenimento di una nuova configurazione strutturale di un materiale contenente silicio amorfo, facilitando l'aggiunta di altri materiali formanti lega costituiti, ad esempio, dal germanio. Il fluoro, oltre alle caratteristiche precedentemente indicate, rappresenta un organizzatore della struttura locale nella lega contenente silicio, attraverso effetti induttivi e ionici. Il fluoro influenza pure il legame dell'idrogeno, operando in modo tale da diminuire la densità degli stati di difetto normalmente contribuiti dall'idrogeno. Il ruolo ionico giocato dal fluoro in una lega di questo tipo, rappresenta un fattore importante nei termini delle relazioni con i confinanti più prossimi.

Il concetto dell'utilizzazione di celle multiple per migliorare l'efficienza dei dispositivi fotovoltaici è stato descritto già nel 1955 da E. D. Jackson, nel brevetto statunitense N. 2.949.498, rilasciato il 16 Agosto 1960. Le strutture a celle

multiple descritte nel brevetto precedentemente indicato, utilizzavano dispositivi semiconduttori cristallini, del tipo a giunzione $p-n$. Essenzialmente, il concetto riguarda l'utilizzazione di dispositivi presentanti un differente intervallo di energia proibita, allo scopo di raccogliere, in modo più efficiente, varie porzioni dello spettro solare e per determinare un aumento della tensione a circuito aperto (Voc.). Il dispositivo a celle in tandem comporta l'impiego di due o più celle in cui la luce viene diretta serialmente attraverso ogni cella, con un materiale presentante un elevato valore dell'intervallo dell'energia proibita seguito da un materiale caratterizzato da un minore valore dell'intervallo di energia proibita, in modo tale da consentire l'assorbimento della luce passante attraverso la prima cella, o strato. Mediante un sostanziale adattamento delle correnti generate da ogni cella, la tensione globale a circuito aperto viene incrementata senza diminuire, in misura sostanziale, la corrente di corto circuito.

Sono state citate varie pubblicazioni riguardanti le celle cristalline accatastate, dopo la scoperta di Jackson e, più recentemente, sono stati pubblicati vari articoli riguardanti materiali del tipo

Si-H presenti in celle accatastate. Marfaing ha proposto l'impiego di leghe di Si-Ge, di tipo amorfo, depositate impiegando silano, in celle accatastate ma, tuttavia, deve essere rilevato che questo autore non ha definito la possibilità di operare in questo modo. (Y. Marfaing, Proc. 2nd European) Communities Photovoltaic Solar Energy Conf., Berlino, Germania dell'Ovest, pag. 287, (1979).

Hamakawa et al. hanno riportato la fattibilità dell'impiego di Si-H in una configurazione che viene definita come cella multipla, del tipo in cascata. La cella in cascata viene successivamente considerata come una cella multipla, senza una separazione o uno strato di isolamento tra le stesse. Ognuna delle celle è stata realizzata con l'impiego del materiale Si-H presentante lo stesso intervallo di energia proibita, in una configurazione a giunzione p-i-n. E' stato tentato l'adattamento della corrente di corto circuito (J_{sc}) mediante incremento dello spessore delle celle nel percorso seriale seguito dalla luce. Come previsto, si è riscontrato un aumento della tensione globale Voc. del dispositivo, tale aumento essendo proporzionale al numero di celle.

In una recente memoria riguardante l'aumento dell'efficienza di celle fotovoltaiche a giunzioni

multiple (impilate) di silicio amorfo, depositato da silano nel modo precedentemente indicato, è stato descritto che: "(g) ermanium has been found to be a deleterious impurity in Si:H, lowering its J_{sc} exponentially with increasing Ge ...". ("è stato riscontrato che il germanio rappresenta un'impurezza deleteria in Si:H, comportante una diminuzione esponenziale della corrente di corto circuito J_{sc} , in funzione dell'aumento di Ge ..."). Dai loro lavori, come pure dal lavoro di Carlson, Marfaing e Hamakawa, hanno concluso che le leghe di silicio, germanio ed idrogeno, di tipo amorfo "have shown poor photovoltaic properties" ("hanno evidenziato scarse proprietà fotovoltaiche") e, pertanto, che "photovoltaic film cell materials must be found having spectral response at about 1 micron for efficient stacked cell combinations with a Si:H." ("devono venire ricercati materiali per celle pellicolari fotovoltaiche presentanti una risposta spettrale in corrispondenza di 1 micrometro circa, per efficienti combinazioni di celle accatastate con Si:H") (J.J. Hanak, B. Faughnan, V. Korsun, e J.P. Pellican, presentata alla 14th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, San Diego, California, 7-10 Gennaio 1980).

In virtù delle proprietà benefiche ottenute per

mezzo dell'introduzione di fluoro, le leghe amorfe usate per la produzione di celle multiple, del tipo in cascata, possono ora incorporare il fluoro, come un modo possibile di riduzione della densità degli stati localizzati, senza alterare le proprietà elettroniche del materiale. Un ulteriore elemento, o ulteriori elementi per la regolazione dell'intervallo di energia proibita e costituiti, ad esempio, da germanio e carbonio, possono venire attivati e aggiunti nei processi di deposizione da fase vapore, di proiezione molecolare, o "sputtering", o di scarica a bagliore. L'intervallo di energia proibita viene regolato in conformità a quanto richiesto, per specifiche applicazioni del dispositivo, mediante introduzione delle quantità necessarie di uno, o più degli elementi di regolazione nelle celle di leghe depositate, almeno nella regione di generazione della fotocorrente delle stesse. Poichè l'elemento, o gli elementi di regolazione dell'intervallo di energia proibita, sono stati "adattati", nelle celle, senza l'aggiunta di stati deleteri sostanziali, a causa dell'influenza del fluoro, il materiale della cella mantiene elevate qualità elettroniche ed una elevata fotoconduttività, quando l'elemento, o gli elementi di regolazione vengono aggiunti in modo tale da

adattare, o "personalizzare" le caratteristiche di lunghezza d'onda del dispositivo per una specifica applicazione comportante una fotorisposta. L'aggiunta di idrogeno, con fluoro, o dopo la deposizione, consente di migliorare ulteriormente la lega alterata, o compensata con fluoro. L'incorporamento, post-deposizione, dell'idrogeno, risulta vantaggioso quando si desidera utilizzare le maggiori temperature di deposizione del substrato, consentite dall'impiego del fluoro.

Un ovvia importanza commerciale è rappresentata dalla possibilità di produrre, in grandi serie, i dispositivi fotovoltaici. A differenza del silicio cristallino che risulta limitato al trattamento in lotti, per la fabbricazione di celle solari, le leghe di silicio amorfo possono venire depositate in strati multipli entro substrati presentanti notevoli aree, in modo tale da consentire la formazione di celle solari in un sistema di trattamento, di tipo continuo ed in grado di fornire elevati volumi produttivi. I sistemi di trattamento in continuo, appartenenti a questo tipo sono stati descritti, ad esempio, nelle domande di brevetto statunitensi N. 151.301, depositata il 19 Marzo 1980, intitolata A Method of Making P-Doped Silicon Films and Devices Made Therefrom;

N. 244.386, depositata il 16 Marzo 1981 ed intitolata Continuous Systems For Depositing Amorphous Semiconductor Material; N. 240.493, depositata il 16 Marzo 1981, intitolata Continuous Amorphous Solar Cell Production System; N. 306. 146, depositata il 28 Settembre 1981, intitolata Multiple Chamber Deposition and Isolation System and Method; e N. 359.825, deposita il 19 Marzo 1982 ed intitolata Method And Apparatus For Continuously Producing Tandem Amorphous Photovoltaic Cells. In conformità a quanto descritto nelle domande di brevetto precedentemente citate, un substrato può essere fatto avanzare, in modo continuo, attraverso una successione di camere di deposizione, in cui ogni camera è "dedicata" alla deposizione di uno specifico materiale. Nella fabbricazione di una cella solare, presentante una configurazione del tipo p-i-n, la prima camera è dedicata al deposito di una lega di silicio amorfo, di tipo p, la seconda camera è dedicata al deposito di una lega di silicio amorfo, di tipo intrinseco, mentre la terza camera è dedicata alla deposizione di una lega di silicio amorfo, di tipo n. Poichè ogni lega depositata e, in particolare, la lega intrinseca, deve presentare un elevato grado di purezza, l'ambiente di deposizione, in questa camera per la deposizione di uno

strato intrinseco, risulta isolato dai costituenti droganti contenuti nelle altre camere, allo scopo di impedire la diffusione dei costituenti di drogaggio nella camera per la deposizione del materiale intrinseco. Nelle domande di brevetto precedentemente citate, nelle quali i sistemi mirano, prevalentemente, alla produzione di celle fotovoltaiche, l'isolamento fra le camere viene ottenuto impiegando barriere di isolamento per gas le quali consentono il passaggio di un gas inerte attorno al substrato man mano che lo stesso passa attraverso queste barriere, tale gas "sfiorando" il substrato corrispondente oppure, in alternativa, l'isolamento veniva garantito per mezzo di barriere per gas in grado di stabilire un flusso unidirezionale della miscela di gas di reazione introdotta nella camera per la deposizione del materiale intrinseco, nelle camere per la deposizione del materiale drogante. La barriera di tipo magnetico, per gas, proposta dalla presente invenzione comporta l'ottenimento di un passaggio ridotto fra le camere, in modo tale da consentire una sostanziale diminuzione: (1) nella diffusione o retrodiffusione dei contaminanti dalle camere di deposizione dei droganti alla camera di deposizione del materiale intrinseco e (2) nella distorsione del materiale co-

stituente il substrato, riducendo il tal modo le grafiature del substrato e favorendo la produzione di dispositivi fotovoltaici più efficienti. Deve essere rilevato che altre camere possono venire operativamente collegate alle camere utilizzate per la deposizione degli strati amorfi. Ad esempio, una camera nella quale uno strato trasparente di ossido conduttivo, secondo quanto verrà in seguito descritto, viene riportato sulla sommità dello strato superiore di lega amorfa, può venire funzionalmente collegata alla camera di deposizione finale. Poichè è ovviamente indesiderabile (1) che i costituenti dalla camera per la deposizione dello strato di ossido conduttivo trasparente si diffondano nella camera di deposizione degli strati drogati e (2) che il materiale costituente il substrato debba ondularsi nella camera per la deposizione dello strato di ossido conduttivo trasparente, la barriera magnetica per gas, proposta dall'invenzione, dovrebbe pure venire utilizzata fra la camera di deposizione dello strato di ossido conduttivo trasparente e la camera per la deposizione finale dello strato drogato. Per questo scopo, la barriera magnetica per gas viene preferibilmente impiegata fra tutte le camere dell'apparato che risultano operativamente collegate per la produzione, in continuo,

di dispositivi fotovoltaici, di tipo amorfo.

I vari scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno più evidenti dall'analisi della seguente descrizione dettagliata, la quale deve essere considerata in unione ai disegni allegati e dall'analisi delle rivendicazioni riportate in appendice.

Nel corso della presente trattazione verrà descritta una barriera per gas, di tipo perfezionato, utile per ridurre, in misura sostanziale, l'inversione del flusso dei gas di reazione da una di una coppia di camere isolate ed adiacenti di deposizione all'altra camera della coppia. La barriera per gas appartiene ad un tipo generale includente un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale un substrato si sposta dalla prima camera delle camere adiacenti di deposizione, in cui un primo strato viene depositato su di un lato di detto substrato, alla seconda di dette camere di deposizione nella quale un secondo strato viene depositato sulla superficie superiore del primo strato. Il passaggio è definito da pareti allungate superiore ed inferiore e da pareti laterali relativamente corte. La prima camera di deposizione include un primo condotto attraverso il quale almeno un costituente gassoso di reazione viene introdotto adiacentemente alla regione a plasma,

mentre anche la seconda camera di deposizione include un condotto attraverso il quale viene introdotto, adiacentemente alla regione a plasma, un costituente gassoso di reazione, di tipo supplementare, non introdotto nella prima camera di deposizione. La prima camera di deposizione viene pure dotata di un secondo condotto, in corrispondenza dell'entrata del passaggio, per l'introduzione di idrogeno, argo o altro gas inerte di lavaggio, in corrispondenza della parte terminale frontale della porta, o barriera per gas. Una pompa di evacuazione risulta operativamente associata ad ognuna delle camere di deposizione. La pompa della prima camera è adatta a rimuovere sostanzialmente l'intera quantità dell'almeno un costituente gassoso di reazione introdotto nella regione a plasma della stessa. La pompa della seconda camera è adatta a rimuovere sostanzialmente l'intera quantità dell'almeno un costituente gassoso supplementare di reazione introdotto nella regione a plasma della camera. Una seconda pompa di evacuazione può venire disposta adiacentemente all'estremità posteriore della barriera per gas, in modo tale da estrarre i gas di lavaggio.

La barriera per gas viene migliorata per mezzo dell'aggiunta di un meccanismo adatto a sollecitare

la parte non rivestita di un substrato magneticamente attraibile, circolante attraverso il passaggio, senza che si verifichi un contatto fisico della parte dotata di uno strato, del substrato corrispondente, stabilendo un contatto di scorrimento con una delle pareti superiore ed inferiore del passaggio, in modo tale da potere diminuire la distanza fra la parete superiore e la parete inferiore del passaggio, senza che la superficie munita di uno strato, del substrato considerato, debba venire a contatto con l'altra parete costituita dalla parete superiore o dalla parete inferiore del passaggio. La minore apertura del passaggio si traduce in un minore riflusso dei costituenti gassosi di reazione dalla seconda camera di deposizione nella prima camera di deposizione adiacente.

Preferibilmente, la parete del passaggio con la quale viene a contatto il substrato magnetico, è costituita da un foglio di vetro al borosilicato, di basso attrito e presentante una bassa conduttività termica. Il substrato viene realizzato con l'impiego di un materiale magnetico e lo stesso viene sollecitato ad un contatto di scorrimento con il foglio di vetro, per effetto dell'azione esercitata da un campo magnetico, stabilito da una pluralità di magneti

ceramici i quali risultano separati l'uno dall'altro per mezzo di una pluralità di distanziatori non magnetici.

Questi ed altri scopi e vantaggi della presente invenzione risulteranno più evidenti dai disegni, dalle rivendicazioni e dalla seguente descrizione dettagliata, concernente l'invenzione in oggetto.

Conseguentemente, un primo scopo dell'invenzione è quello di fornire una barriera unidirezionale per gas, allo scopo di ridurre, in misura sostanziale, il reflusso, vale a dire la diffusione dei gas da una camera di un apparato di deposizione ad una camera adiacente. La barriera per gas include un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale un substrato si sposta dalla prima camera, nella quale un primo strato viene depositato su di un lato del substrato, alla seconda camera, nella quale un secondo strato viene depositato sul primo strato. Il passaggio è definito da una coppia di pareti allungate contrapposte, costituenti una parete superiore ed una parete inferiore e da una coppia di pareti laterali contrapposte, relativamente corte. La prima camera include mezzi per introdurre almeno un gas nella stessa, la seconda camera includendo mezzi per introdurre almeno un gas supplementare nella stessa,

mentre vengono previsti mezzi, associati alle camere, per l'evacuazione dei gas dalle camere. La barriera perfezionata, per gas, proposta dall'invenzione è caratterizzata dal fatto che comprende, in combinazione: mezzi (72) per sollecitare il lato non rivestito del substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) a contatto di scorrimento con una delle pareti allungate del passaggio (43a), in modo tale da consentire una diminuzione della distanza fra la parete superiore (43a) e la parete inferiore (43b) del passaggio, senza portare la superficie del substrato, dotata di uno strato, a contatto con l'altra parete (43b) del passaggio allungato, in modo tale da ridurre il riflusso dei gas dalla seconda camera (30), attraverso il passaggio (43) della barriera per gas.

Un secondo scopo dell'invenzione è quello di fornire una barriera per gas, di tipo perfezionato, adatta a collegare, operativamente, una coppia di camere di deposizione adiacenti, detta barriera per i gas includendo un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale può venire fatto avanzare, in modo continuo, un nastro di materiale costituente un substrato, dalla prima camera di deposizione, nella quale uno strato di lega di silicio amorfo, di ti-

po drogato, viene depositato su di un lato del substrato, alla seconda camera di deposizione, nella quale uno strato di lega di silicio amorfo, di tipo intrinseco, viene depositato sul primo strato. Il passaggio è definito da una coppia di pareti trasversali allungate e contrapposte, costituite da una parete superiore e da una parete inferiore, e da una coppia di pareti laterali contrapposte, relativamente corte. La barriera per gas, di tipo perfezionato, è caratterizzata dal fatto che comprende, in combinazione: mezzi (11) adatti a creare un campo magnetico per sollecitare il lato non rivestito, di un nastro di materiale costituente un substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) in contatto di scorrimento con una delle pareti allungate (43a, 43b), allo scopo di consentire la diminuzione della distanza fra le pareti del passaggio allungato (43a, 43b) senza portare la superficie rivestita del nastro di materiale costituente il substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) a contatto con l'altra parete (43b) del passaggio allungato.

La versione preferita dell'invenzione verrà ora descritta, a titolo di esempio, facendo riferimento ai disegni allegati alla presente trattazione, nei quali:

la figura 1 costituisce una vista frammentaria in sezione di un dispositivo fotovoltaico in tandem, comprendente una pluralità di celle p-i-n, ogni strato delle celle essendo realizzato con l'impiego di una lega di materiale semiconduttore, di tipo amorfo, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione;

la figura 2 costituisce una rappresentazione diagrammatica di un sistema di deposizione, mediante scarica a bagliore, a camere multiple, adatto per la produzione, in continuo, dei dispositivi fotovoltaici rappresentati nella figura 1;

la figura 3 rappresenta una sezione trasversale parziale, di una barriera magnetica per gas, illustrante la disposizione dei magneti ceramici entro un recesso presente nel blocco superiore della barriera per gas, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione;

la figura 4 rappresenta una vista in pianta dall'alto, della barriera per gas schematizzata nella figura 3 illustrante, con linee tratteggiate, i separatori che consentono di favorire la creazione del campo magnetico che viene sfruttato, in modo appropriato, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione; e

la figura 5 rappresenta un diagramma schematico di un nastro di materiale costituente il substrato, circolante attraverso il passaggio della barriera per gas, proposta dall'invenzione ed illustrante la configurazione della parete superiore della barriera per gas.

I. Cella fotovoltaica

Facendo ora riferimento ai disegni allegati e, in particolare, alla figura 1 degli stessi, può essere rilevato che una cella fotovoltaica in tandem, o del tipo in cascata, formata da strati successivi p-i-n, ognuno includente una lega di materiale semiconduttore amorfo, è stata rappresentata genericamente dal numero di riferimento 10. Le barriere perfezionate per gas, proposte dall'invenzione, sono state sviluppate, in modo specifico, per la produzione di questo tipo di dispositivo fotovoltaico, nel quale gli strati di lega amorfa vengono depositati, in continuo, su di un nastro in movimento di un materiale costituente il substrato, attraverso le successive camere isolate di deposizione.

In modo più specifico, la figura 1 illustra una pluralità di dispositivi fotovoltaici del tipo p-i-n costituiti, ad esempio, dalle celle solari 10a, 10b e 10c. Al di sotto della cella inferiore 12a è pre-

sente un substrato 11 il quale può essere trasparente o formato da un foglio rivestito di materiale metallico. Quantunque determinate applicazioni possano richiedere un sottile strato di ossido e/o una serie di contatti di base prima dell'applicazione del materiale amorfo, per gli scopi della presente trattazione, il termine "substrato" includerà non solo una pellicola flessibile ma anche qualsiasi elemento aggiunto alla stessa mediante una lavorazione preliminare. Più comunemente, il materiale costituente il substrato 11 può venire realizzato in acciaio inossidabile, alluminio, tantalio, molibdeno o cromo.

Ognuna delle celle 12a, 12b e 12c viene realizzata con un corpo di lega amorfa contenente almeno una lega di silicio. Ognuno dei corpi di lega include una regione, o strato a conduttività di tipo n, secondo quanto indicato dai riferimenti 20a, 20b e 20c; una regione, o strato, di tipo intrinseco, 18a, 18b e 18c; ed una regione, o strato, a conduttività di tipo p 16a, 16b e 16c. Secondo quanto illustrato, la cella 12b è rappresentata da una cella intermedia e, secondo quanto indicato nella figura 1, ulteriori celle intermedie supplementari possono venire impilate sulle celle illustrate, senza per questo scostarsi dallo spirito o dallo scopo della presen-

te invenzione. Inoltre, quantunque siano state illustrate celle p-i-n collegate in tandem, deve essere rilevato che le barriere per gas, del tipo proposto dall'invenzione, sono ugualmente adatte per l'impiego in un apparato a camere multiple, progettato per la produzione di celle in tandem, del tipo n-i-p, mediante una semplice inversione dell'ordine di deposizione degli strati di tipo n e di tipo p, sul substrato.

Per ognuna delle celle 12a, 12b e 12c, gli strati di tipo p sono caratterizzati dal fatto di essere costituiti da strati di lega, fortemente conduttivi, del tipo fotoassorbente. Gli strati di lega, di tipo intrinseco, sono caratterizzati da una soglia regolata, per quanto concerne la lunghezza d'onda, per una fotorisposta solare, da un elevato assorbimento della luce, da una bassa conduttività al buio e da una elevata fotoconduttività, tali strati includendo quantità di un elemento o di più elementi di regolazione dell'intervallo di energia proibita sufficienti ad ottimizzare l'intervallo di energia proibita o "band gap" per la particolare applicazione della cella. Preferibilmente, gli strati intrinseci sono regolati per quanto concerne l'intervallo di energia proibita, in modo tale da

ottenere una cella 12a con l'intervallo minimo di energia proibita, una cella 12c con un intervallo massimo dell'energia proibita e la cella 12b con un intervallo di energia proibita di valore compreso fra quello delle altre due celle. Gli strati di tipo n sono caratterizzati dal fatto di essere costituiti da strati di lega, ad elevata conduttività e a basso assorbimento della luce. Lo spessore degli strati di tipo n può essere compreso fra circa 25 e circa 100 angstrom. Lo spessore degli strati intrinseci amorfi di lega, regolati come valore dell'intervallo di energia proibita, può essere compreso fra circa 2.000 e circa 3.000 angstrom. Lo spessore degli strati di tipo p può essere compreso tra 50 e 200 angstrom. A causa della minore lunghezza di diffusione dei buchi, gli strati di tipo p presentano, in generale, uno spessore minimo possibile. Inoltre, lo strato più esterno rappresentato, in questo caso, dallo strato 20c di tipo n, presenterà uno spessore minimo possibile, in modo tale da evitare l'assorbimento della luce, mentre non è necessario che questo strato includa un elemento di regolazione della banda proibita.

Deve essere sottolineato il fatto che dopo la deposizione degli strati di lega di materiale semi-

conduttore, può essere richiesta una ulteriore fase di deposizione, operando in un ambiente separato o in un ambiente costituente una parte dell'apparato per la produzione in continuo. In questa fase, viene aggiunto uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO (transparent conductive oxide) 22, tale strato potendo essere costituito, ad esempio, da ossido di indio-stagno ITO (indium tin oxide), stannato di cadmio (Cd_2SnO_4) oppure da ossido di stagno drogato (SnO_2). Quantunque al dispositivo possa venire aggiunta una griglia elettrodica 24, per una cella in tandem presentante un'area sufficientemente piccola, lo strato TCO 22 è generalmente sufficientemente conduttivo per cui non è necessario impiegare la griglia 24. Se la cella in tandem presenta un'area sufficientemente ampia, o se la conduttività dello strato TCO 22 è insufficiente, la griglia 24 può venire collocata sullo strato 22, in modo tale da abbreviare il percorso dei portatori ed aumentare l'efficienza di conduzione dello strato.

II. Camere multiple per la deposizione mediante scarica a bagliore

Facendo ora riferimento specifico alla figura 2, può essere rilevato che nella stessa è stata riportata una rappresentazione diagrammatica di un appa-

rato di deposizione a camere multiple di scarica a bagliore, utilizzato per la produzione, in continuo, delle celle fotovoltaiche in tandem precedentemente descritto, tale apparato essendo stato contraddistinto genericamente dal numero di riferimento 26. L'apparato 26 include una pluralità di camere isolate e dedicate di deposizione, ogni camera essendo interconnessa per mezzo di una barriera per gas, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione.

L'apparato 26 è progettato per la produzione di notevoli volumi di celle fotovoltaiche amorfe, presentanti un'area notevole, caratterizzate da una configurazione p-i-n, sulla superficie di deposizione di un materiale 11 costituente il substrato il quale viene alimentato, in modo continuo, da un nucleo, o anima 11a di alimentazione del substrato, sino ad un nucleo, o anima di avvolgimento del substrato, indicata dal riferimento 11b. Per depositare gli strati di lega amorfa, richiesti per la produzione di una cella in tandem, presentante la configurazione p-i-n, l'apparato 26 include almeno una triade, o terna di camere di deposizione, ogni triade comprendendo: una prima camera di deposizione 28 nella quale uno strato di lega amorfa, a conduttivi-

tà di tipo p, viene depositato sulla superficie di deposizione del substrato 11, man mano che il substrato passa attraverso detta camera; una seconda camera di deposizione 30, nella quale uno strato di lega amorfa, di tipo intrinseco, viene depositato sulla superficie superiore dello strato di lega, di tipo p, sulla superficie di deposizione del substrato 11, man mano che il substrato 11 passa attraverso detta camera; ed una terza camera di deposizione 32 nella quale uno strato di lega, a conduttività di tipo n, viene depositato sulla sommità dello strato intrinseco, sulla superficie di deposizione del substrato 11, man mano che il substrato 11 passa attraverso detta camera.

Deve essere rilevato che: (1) quantunque sia stata descritta una triade di camere di deposizione, ulteriori triadi supplementari o ulteriori camere individuali possono venire aggiunte alla macchina, in modo tale da consentire la produzione, da parte della macchina, di celle fotovoltaiche presentanti qualsiasi numero di strati amorfi; (2) le barriere per gas, proposte dalla presente invenzione trovano applicazione in un ambiente comportante l'impiego di un numero minimo di due camere adiacenti, in cui viene richiesto l'impedimento al riflusso, vale a

dire alla contaminazione reciproca dei gas fra queste camere; (3) quantunque, nella versione preferita, il materiale costituente il substrato sia stato rappresentato e descritto sotto forma di un nastro continuo di materiale magnetico, il concetto della presente invenzione può essere adattato al deposito di strati successivi sulla superficie superiore di piastre discrete, costituenti un substrato, di tipo magnetico, che possono venire alimentate, in continuo, attraverso la pluralità di camere di deposizione;

(4) poichè la lunghezza del percorso di spostamento del substrato attraverso le camere individuali di deposizione risulta proporzionale allo spessore dello strato di tipo p , dello strato intrinseco o dello strato di tipo n , depositato in una data camera, la lunghezza del percorso di spostamento del substrato attraverso una camera individuale di deposizione, può venire aumentata o diminuita per il deposito di uno strato di spessore desiderato, sul substrato; e

(5) quantunque non rappresentato, altre camere costituite, ad esempio, dalla camera per l'aggiunta di uno strato TCO sulla sommità dello strato drogato superiore, del dispositivo fotovoltaico, possono venire funzionalmente collegate all'apparato 26 di scarica a bagliore, con l'ausilio della barriera ma-

gnetica per gas, realizzata in conformità ai principi della presente invenzione.

Quando l'apparato 26 viene utilizzato per produrre celle fotovoltaiche in tandem, del tipo p-i-n o del tipo n-i-p, ulteriori triadi, o terne di camere di deposizione vengono operativamente collegate alla triade, o terna di camere di deposizione del tipo rappresentato nella figura 2. In questi casi, l'apparato 26 dovrebbe includere pure una camera intermedia, non rappresentata, per isolare la miscela dei gas di reazione, di tipo n, circolante attraverso la terza camera di deposizione 32 e la miscela gassosa di reazione, di tipo p, circolante attraverso la prima camera di deposizione della terna successiva di camere.

Ognuna delle camere di deposizione 28, 30 e 32 della terna di camere è adatta a depositare una singola lega di silicio amorfo, per deposizione mediante scarica a bagliore, sul substrato magnetico 11. Per questo scopo, ognuna delle camere di deposizione 28, 30 e 32 include: un catodo 34a, 34b e 34c, rispettivamente; un condotto 36a, 36b e 36c, per l'alimentazione di un gas; un generatore a radiofrequenza 38a, 38b e 38c, rispettivamente, ed una pluralità di elementi riscaldatori radianti 40a, 40b e 40c, rispet-

tivamente.

I condotti di alimentazione 36a-36c risultano operativamente associati ai rispettivi catodi 34a - 34c, in modo tale da alimentare le miscele gassose di reazione alle regioni a plasma create in ogni camera di deposizione 28, 30 e 32 fra detti catodi ed il substrato 11 che scorre di fronte agli stessi. Quantunque la bobina di alimentazione 11a di materiale 11 costituente il substrato magnetico, sia stata rappresentata come posizionata, con possibilità di rotazione, nella prima camera di deposizione 28 e la bobina di avvolgimento 11b del materiale costituente il substrato, sia stata rappresentata come disposta, con possibilità di rotazione, nella terza camera di deposizione 32, è sottinteso che la bobina di alimentazione 11a e la bobina di avvolgimento, o di ricezione 11b possono venire posizionate in altre camere operativamente collegate alla terna illustrata di camere, senza per questo scostarsi dallo spirito, o dallo scopo della presente invenzione.

I generatori a radiofrequenza 38a-38c operano congiuntamente ai catodi 34a-34c, i riscaldatori radianti 40a-40c ed il substrato 11 collegato alla massa circuitale, per la formazione delle regioni a plasma per dissociazione dei gas elementari di rea-

zione che entrano nelle camere di deposizione 28, 30 e 32, in specie di deposizione. Le specie di deposizione vengono quindi depositate sul substrato 11, sotto forma di strati di lega di silicio, di tipo amorfo.

Per formare la cella fotovoltaica 10 illustrata nella figura 1, uno strato di silicio amorfo, di tipo p, viene depositato sul substrato 11, nella camera di deposizione 28, uno strato di lega di silicio amorfo, di tipo intrinseco, viene depositato sulla superficie superiore dello strato di tipo p nella camera di deposizione 30, mentre uno strato di lega di silicio amorfo, di tipo n, viene depositato sulla superficie superiore dello strato intrinseco, nella camera di deposizione 32. Conseguentemente, l'apparato 26 consente il deposito di almeno tre strati di lega di silicio amorfo sul substrato 11, in cui lo strato intrinseco, depositato nella camera di deposizione 30 differisce, come composizione, dagli strati depositati nelle camere di deposizione 28 e 32 per effetto dell'assenza di almeno un elemento che verrà considerato come la specie drogante, o di drogaggio.

E' essenziale che gli strati di lega depositati sul substrato magnetico 11 presentino un elevato grado di purezza, allo scopo di consentire la produzio-

zione di dispositivi fotovoltaici 10 caratterizzati da una efficienza corrispondentemente elevata. Conseguentemente, è necessario impiegare mezzi che consentano di isolare la camera di deposizione 30, utilizzata per la deposizione del materiale intrinseco, nella quale vengono introdotti i soli gas che consentono la formazione di strati intrinseci, per la formazione degli strati di lega, di tipo intrinseco, dalle camere 28 e 32, per la deposizione dei materiali drogati, nelle quali vengono appunto introdotti i gas della specie drogante. Quantunque l'isolamento debba essere sufficiente a garantire un rapporto almeno pari a 10^3 fra la concentrazione dei gas intrinseci nella camera di deposizione 30 e la concentrazione dei gas droganti nelle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati, deve essere rilevato che l'efficienza dei dispositivi aumenta all'aumentare del grado di isolamento.

III. Barriere per i gas

In accordo con i principi caratteristici della presente invenzione, l'isolamento necessario per i gas intrinseci nella camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci, dalle specie gassose nelle camere per la deposizione dei materiali droganti 28 e 32 viene ottenuta, in parte, stabilendo un flusso

unidirezionale, nel senso indicato dalla freccia 44, dalla camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci alle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti. Come risulterà evidente dall'analisi della figura 2, la camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci risulta in comunicazione operativa con le camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, per mezzo di barriere unidirezionali per i gas, illustrate sotto forma di aperture 42a e 42b, dimensionate in modo tale da permettere lo spostamento del substrato 11 attraverso un passaggio 43, quando tale substrato si sposta, in modo continuo, dalla bobina di alimentazione 11a, attraverso le camere di deposizione 28, 30 e 32, alla bobina di ricezione, o di avvolgimento 11b. Conseguentemente, le dimensioni delle barriere per i gas 42a e 42b vengono scelte di valore minimo possibile, in modo tale da impedire la retrodiffusione, vale a dire il flusso inverso dei gas della specie di drogaggio dalle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, nella camera 28 per la deposizione del materiale intrinseco, mentre le dimensioni vengono simultaneamente selezionate di valore sufficientemente elevato da permettere che la superficie del substrato, dotato di strati, possa passare attraverso l'apertura,

senza che questa superficie debba venire graffiata dalle pareti del passaggio. Conseguentemente, la progettazione delle barriere per i gas, indicate in 42a e 42b comporta l'adozione di un equilibrio di interessi. Il passaggio attraverso le barriere per i gas deve essere sufficientemente elevato da permettere (1) il libero passaggio, senza contatto, della superficie dotata degli strati, del substrato 11, attraverso lo stesso e (2) da impedire la diffusione del gas di reazione dalla camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, attraverso detta barriera. L'invenzione in oggetto riguarda la minimizzazione delle dimensioni del passaggio della barriera per i gas, senza che questo comporti una graffiatura della superficie dotata di strati, del substrato. Deve essere nuovamente sottolineato il fatto che quantunque la presente trattazione si riferisca, in modo predominante, all'impedimento della contaminazione dello strato di lega, di tipo intrinseco, da parte dei costituenti di drogaggio della lega, anche gli strati di lega drogata devono venire protetti dalla contaminazione, per mezzo dell'impiego della barriera magnetica per gas, proposta dall'invenzione, allo scopo di consentire il collegamento funzionale delle camere per la deposizione dei materiali intrinseci e

le camere adiacenti nelle quali, ad esempio: (1) uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO viene depositato sulla sommità dello strato drogato superiore o (2) il materiale costituente il substrato magnetico viene pulito prima di entrare nelle camere di deposizione. L'utilizzazione della barriera magnetica per gas consente pure di favorire l'impedimento dell'ondulazione dei substrati in queste altre camere.

Per impedire la diffusione dei gas intrinseci di reazione dalla camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco alle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati, attraverso le barriere per i gas 42a e 42b, la camera 28 per la deposizione del materiale drogato di tipo p e la camera 32 per la deposizione del materiale drogato di tipo n, vengono mantenute ad una pressione interna inferiore alla camera di deposizione del materiale intrinseco 30. Per questo scopo, ogni camera di deposizione può essere dotata di valvole automatiche a farfalla, di pompe e manometri, non illustrati. Ogni valvola a farfalla risulta operativamente collegata ad una rispettiva camera di deposizione e ad una rispettiva pompa, in modo tale da evacuare, dalle camere di deposizione, i costituenti di deposizio-

ne esauriti ed in eccesso. Ogni manometro, per la misura della depressione assoluta, risulta operativamente collegato ad una rispettiva camera di deposizione e ad una rispettiva valvola a farfalla, o di parzializzazione, per controllare la pressione all'interno di dette camere di deposizione. Più preferibilmente, la pressione all'interno delle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati viene preferibilmente mantenuta ad un valore di 0,55 torr, mentre la pressione all'interno della camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, viene preferibilmente mantenuta ad una pressione di 0,6 torr. Conseguentemente, viene stabilito e mantenuto un differenziale di pressione fra le camere di deposizione dei materiali droganti, indicate in 28 e 32, e la camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, in modo tale da garantire un flusso di gas, sostanzialmente unidirezionale, attraverso la camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco.

In accordo con la versione preferita della presente invenzione, i gas intrinseci includono i materiali intrinseci di partenza dai quali vengono derivati i tre strati di lega di silicio amorfo depositati. Ad esempio, i gas intrinseci di partenza

possono includere tetrafluoruro di silicio (SiF_4), più idrogeno gassoso, tetrafluoruro di silicio più silano gassoso (SiH_4), il solo tetrafluoruro di silicio gassoso o il solo silano gassoso. I gas dei materiali intrinseci di partenza vengono alimentati nel condotto 36b, e, pertanto, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, con una portata che, in cooperazione con la portata in corrispondenza della quale viene introdotto il gas inerte, possa garantire (1) un flusso unidirezionale attraverso le barriere per i gas 42a e 42b, (2) possa sostenere i gas intrinseci nelle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati e (3) possa impedire, sostanzialmente, il riflusso o la diffusione dei gas droganti nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco.

I gas delle specie di drogaggio, richiesti per la produzione degli strati di lega di tipo p o di tipo n nelle camere 28 e 32 per la deposizione dei droganti vengono introdotti, rispettivamente, attraverso i condotti 36a e 36c. La concentrazione dei gas delle specie di drogaggio, richiesta nella camera 28 per la deposizione del materiale drogante di tipo p, per la produzione di uno strato di lega di tipo p è pari, all'incirca, allo 0,1 per cento atomico. Que-

sto gas drogante può essere costituito, ad esempio, da boro, introdotto sotto forma di diborano gassoso (B_2H_6). Per produrre uno strato di lega di tipo p presentante un maggiore intervallo di energia proibita, possono pure venire introdotti determinati elementi costituiti, ad esempio, da azoto, carbonio o ossigeno.

La concentrazione dei gas delle specie di drogaggio, richiesti per la camera 32 di deposizione del drogante di tipo n, per la produzione dello strato di lega di tipo n è pari, all'incirca, allo 0,05 per cento atomico. Questa specie di drogaggio, in forma gassosa, può essere costituita, ad esempio, da fosfina gassosa o da arsenico introdotto come arsina gassosa.

Nella versione preferita dell'invenzione, un gas di lavaggio costituito, ad esempio, da idrogeno, argon o da qualsiasi altro gas inerte, viene introdotto in corrispondenza del lato inferiore (lato corrispondente alla camera per la deposizione del materiale intrinseco) delle barriere per i gas 42a e 42b. Il gas di lavaggio entra nella camera intrinseca 30 adiacentemente a dette barriere per i gas 42a e 42b, attraverso i condotti 37a e 37b, rispettivamente, tali condotti 37a e 37b includendo opportune

aperture, non rappresentate, per dirigere il gas di lavaggio su entrambi i lati del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato. In virtù del differenziale di pressione fra le camere per la deposizione dei materiali droganti 28 e 22 e la camera intrinseca 30, i gas inerti vengono spostati unidirezionalmente attraverso il passaggio 43 delle barriere per i gas 42a e 42b. Una percentuale sostanziale dei gas di reazione, di tipo intrinseco, introdotti nella camera per la deposizione dei materiali intrinseci, indicata dal numero di riferimento 30, attraverso il condotto 36b, viene preferibilmente ristretta alla regione a plasma della camera 30, mediante introduzione ed estrazione dei gas adiacentemente a detta regione. In modo analogo, una percentuale sostanziale dei costituenti gassosi di reazione, necessari per il deposito degli strati drogati, viene introdotta nelle camere 28 e 32, per il deposito dei materiali drogati, attraverso i condotti 36a e 36c, rispettivamente. I gas droganti vengono pure sostanzialmente limitati alle rispettive regioni a plasma delle camere per il deposito dei materiali drogati, mediante introduzione ed estrazione di queste miscele di gas di reazione adiacentemente a dette regioni. Dopo che i gas inerti sono stati fatti

passare, tramite le barriere per i gas 42a e 42b, nelle rispettive camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, questi gas inerti possono venire sostanzialmente estratti adiacentemente al lato terminale (lato corrispondente alla camera rispettiva di deposito dei materiali droganti) delle barriere per i gas 42a e 42b oppure possono venire evacuati con i gas di reazione utilizzati per il deposito dei materiali drogati. In ogni caso, i gas di lavaggio vengono utilizzati come elementi supplementari che consentono di impedire sostanzialmente la retrodiffusione dei gas di drogaggio dalle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco.

La figura 3 rappresenta una sezione trasversale, su scala maggiore, della configurazione preferita della barriera per i gas, indicata genericamente dal numero di riferimento 42. La barriera per i gas 42, schematizzata nella figura 3, intende rappresentare simbolicamente la disposizione generale di note parti in una tipica barriera per i gas e, pertanto, questa rappresentazione non intende definire tutti i noti elementi strutturali di questa barriera per i gas. La descrizione è completamente dettagliata

soltanto rispetto agli elementi magnetici che formano l'essenza della presente invenzione.

In modo più specifico, può essere rilevato che la barriera per i gas 42 comprende, in generale, un blocco inferiore 44 ed un blocco superiore 46 al cui bordo anteriore è fissato un complesso a rulli cilindrici 48 allungato in senso trasversale, secondo quanto rappresentato nella figura 4. La lunghezza del complesso a rulli cilindrici 48 risulta preferibilmente almeno pari alla larghezza del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, passante attraverso l'apparato a camere multiple 26, in modo tale che l'intera larghezza del substrato 11 possa venire a contatto con una porzione della circonferenza della superficie dei rulli cilindrici. Vari cuscinetti a rullo possono essere impiegati per consentire una rotazione sostanzialmente priva di attrito del complesso a rulli cilindrici 48. Il complesso a rulli cilindrici 48 è adatto a guidare il nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, attraverso una fenditura, o passaggio 43, relativamente stretto, formato tra la superficie superiore del blocco inferiore 44 della barriera per i gas ed una porzione sfinestrata del blocco superiore 46 della barriera per i gas. Stabilendo un

flusso unidirezionale del gas inerte di lavaggio dal lato corrispondente alla camera per la deposizione del materiale intrinseco, della barriera per i gas, nel lato corrispondente alle camere adiacenti per la deposizione dei materiali droganti, della barriera per i gas, viene impedita una sostanziale contaminazione della camera 30 di deposizione del materiale intrinseco altrimenti provocata dalla retrodiffusione dei gas droganti di tipo p e tipo n introdotti nelle camere adiacenti di deposizione 28 e 30. Quantunque la versione preferita utilizzi un singolo complesso a rulli 48 fissato, con possibilità di rotazione, adiacentemente all'estremità anteriore della barriera per i gas 42, un secondo complesso a rulli potrebbe pure venire fissato, con possibilità di rotazione, all'estremità di coda della barriera per i gas, in modo tale da garantire una ulteriore guida per il nastro di materiale 11 costituente il substrato.

La fenditura, vale a dire il passaggio 43 della barriera per i gas, presenta una sezione trasversale genericamente rettangolare e lo stesso è definito da una parete superiore 43a, da una parete inferiore 43b e da due pareti laterali 43c. Come precedentemente indicato, è desiderabile che le pareti 43c

presentino una lunghezza minima possibile, allo scopo di minimizzare il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas attraverso il passaggio 43. Per conseguire questo scopo, la parete superiore 43a del passaggio 43 viene realizzata con l'impiego di un materiale relativamente duro presentante le ulteriori caratteristiche di una bassa resistenza superficiale di attrito e di una bassa conduttività termica. Nella versione preferita dell'invenzione, un foglio di vetro temperato 62 costituito, ad esempio, dal prodotto "PYREX" (marchio registrato della Corning Glass Works per un vetro al borosilicato, presentante una temperatura di rammollimento di 820°C, una temperatura operativa superiore, in esercizio normale, di 230°C ed una durezza allo scleroscopio di 120) presenta le caratteristiche richieste e, di conseguenza, questo materiale viene utilizzato per fabbricare la parete superiore 43a del passaggio. Quantunque nella forma pratica realizzativa, di tipo preferito, la parete superiore 43a venga formata da un materiale presentante una bassa resistenza superficiale all'attrito ed una bassa conduttività termica (per il fatto che la superficie della parete superiore 43a viene a contatto con il lato non rivestito, del substrato 11), anche la parete infe-

riore 43b potrebbe venire realizzata in questo modo (se gli strati sono stati depositati sulla superficie superiore del substrato 11), senza per questo scostarsi dallo spirito e dallo scopo della presente invenzione. Come ulteriore forma pratica realizzativa, di tipo preferito, la barriera magnetica per i gas, proposta dall'invenzione, è pure adattabile all'impiego con un complesso catodico orientato verticalmente (anzichè con il catodo orizzontale illustrato e descritto nel corso della presente trattazione). Con un complesso catodico verticale, entrambe le pareti della barriera per i gas potrebbero venire formate con l'impiego di un materiale a basso attrito ed a bassa conduttività termica, senza per questo scostarsi dallo spirito e dallo scopo della presente invenzione.

Facendo ora riferimento specifico alle figure 3 e 5, può essere rilevato che il nastro magnetico costituente il substrato 11, è stato illustrato, diagrammaticamente, come passante attraverso il passaggio 43 di una barriera per i gas rappresentata, ad esempio, dalla barriera 42. In modo più specifico, la figura 5 illustra il nastro di materiale 11, costituente il substrato, in contatto di scorrimento con la parete superiore di vetro 43a del passaggio

43. Deve essere rilevato, in particolare, il piccolo raggio 45 presentante un valore pari, approssimativamente, a 3,175 mm ($1/8$ di pollice) che può venire formato in corrispondenza del bordo anteriore della parete superiore di vetro 43a. Lo scopo del raggio 45 è quello di impedire ulteriormente che il bordo anteriore della parete 43a debba tagliare il nastro di materiale 11 costituente il substrato.

Come precedentemente descritto, il passaggio 43 viene parzialmente formato da un recesso 64 presente nel blocco superiore 46, nel quale vengono fissati vari elementi adatti a sollecitare il substrato 11 in contatto di scorrimento con la superficie inferiore del foglio di vetro 62. In modo più specifico, una lastra di alluminio 66 presentante uno spessore di 6,35 mm ($1/4$ di pollice), una larghezza di 419,1 mm (16,5 pollici) ed una profondità di 190,5 mm (7,5 pollici) viene dapprima collocata nel recesso 64. Un contenitore di acciaio inossidabile 304, presentante una larghezza di 406,4 mm (16 pollici), una profondità di 203,2 mm (8 pollici) ed uno spessore di 9,525 mm ($3/8$ di pollice) viene collocato nel recesso 64, a contatto con la piastra di alluminio 66. Infine, la piastra di vetro 62 presentante uno spessore di 6,35 mm ($1/4$ di pollice), una

larghezza di 406,4 mm (16 pollici) ed una profondità di 203,20 mm (8 pollici), viene collocata nel recesso 64, a contatto con il contenitore 68. Due distanziatori allungati, presentanti uno spessore di 3,175 mm ($1/8$ di pollice), indicati in 70, (1) sporgono dalle pareti laterali 43_c del passaggio 43 e (2) sviluppano e fissano la profondità dell'apertura del passaggio. Deve essere sottolineato il fatto che qualunque l'altezza preferita dei distanziatori risulti pari a 3,175 mm ($1/8$ di pollice) la dimensione in altezza è stata, in pratica, ridotta ad un valore anche dell'ordine di 1,588 mm ($1/16$ di pollice).

L'altezza preferita pari a 3,175 mm ($1/8$ di pollice), rappresenta una riduzione veramente significativa nell'apertura del passaggio poichè le aperture precedenti non presentavano valori inferiori a circa 6,35 mm ($1/4$ di pollice). Come risulterà del tutto evidente, al diminuire della profondità, può venire corrispondentemente ridotta la quantità di gas droganti che possono retrodiffondersi attraverso il passaggio 43 dalle camere 28 e 32 di deposizione dei droganti. E' stato determinato che una diminuzione nell'apertura del passaggio, dalla dimensione precedente di 6,35 mm ($1/4$ di pollice) ad un valore di 1,588 mm ($1/16$ di pollice), resa possi-

bile con l'impiego dell'invenzione in oggetto, si traduce in una diminuzione della diffusione dei contaminanti dalla camera di deposizione 28 nella quale viene depositato il materiale drogante di tipo p o dalla camera di deposizione 32, nella quale viene depositato il materiale drogante di tipo n, nella camera per la deposizione del materiale intrinseco 30, di un fattore almeno pari a 100.

Da quanto precedentemente descritto risulterà evidente l'importanza della formazione della parete superiore 43a del passaggio 43 con l'impiego di un materiale che possa rimanere sostanzialmente planare alle temperature operative, di valore elevato ed in funzione delle variazioni di temperatura richieste per la deposizione. Se la superficie della parete superiore 43a fosse intrinsecamente in grado di ondularsi in funzione delle fluttuazioni della temperatura: (1) parti della superficie a strati del substrato magnetico 11 verrebbero a contatto con la parete inferiore 43b del passaggio 43 quando il substrato passa attraverso detto passaggio, provocando in tal modo la graffiatura o altri inconvenienti su uno o più degli strati amorfi depositati sul substrato, alterando, in modo corrispondente, l'efficienza di un dispositivo fotovoltaico prodotto con l'impiego

di tale substrato, e (2) il substrato magnetico 11 che viene sollecitato contro la parete superiore 43a si conformerebbe alla superficie dello stesso e comporterebbe l'ottenimento di un substrato ondulato, o incurvato, sul quale verrebbero depositati strati di materiale semiconduttore disuguali il che, ovviamente, potrebbe comportare una riduzione dell'efficienza del dispositivo fotovoltaico. Conseguentemente, una ulteriore caratteristica indispensabile conforme all'invenzione è rappresentata dal fatto che il materiale utilizzato per la formazione della parete superiore 43a deve essere relativamente duro, in modo tale che lo stesso possa rimanere sostanzialmente planare in corrispondenza delle elevate temperature di lavoro.

All'interno del contenitore di acciaio inossidabile 68 è disposta una pluralità di magneti 72, tali magneti essendo disposti in file e colonne, per mezzo di una pluralità di separatori 74 disposti orizzontalmente e verticalmente. I magneti 72 vengono preferibilmente realizzati con l'impiego di un materiale ceramico, poichè i materiali ceramici consentono la creazione di magneti leggeri e relativamente economici, stabili alle temperature di valore elevato ed in grado di creare un intenso campo ma-

gnetico. Quantunque i magneti 72 impiegati nella versione preferita dell'invenzione, siano rappresentati da barrette di materiale ceramico, di tipo rettangolare, presentanti una larghezza di 25,4 mm (1 pollice) ed una lunghezza di 50,8 mm (2 pollici), deve essere rilevato che non è necessario che i magneti 72 vengano realizzati con l'impiego di materiali ceramici o che debbano presentare una particolare dimensione o configurazione. Deve essere sottolineato il fatto che è solo necessario che i magneti 72 siano in grado di fornire un intenso campo magnetico alle elevate temperature operative, adottate per i processi di deposizione. E' preferibile l'impiego di una pluralità di magneti a barretta per la creazione del campo magnetico totale. Questo è dovuto al fatto che il massimo flusso magnetico viene sviluppato in corrispondenza delle estremità dei magneti a barretta 72 e, pertanto, all'aumentare del numero dei magneti impiegati aumenterà la forza di attrazione e, di conseguenza, il campo magnetico globale risulterà più uniforme.

I separatori magnetici 74 sono costituiti da elementi non magnetici, di tipo allungato e sostanzialmente piatti, tali elementi essendo rappresentati, ad esempio, da piastre di alluminio presentanti uno spessore di 1,588 mm (1/16 di pollice). I separatori 74

cooperano con la pluralità di magneti 72 in modo tale da intensificare l'uniformità del campo magnetico. Nella versione preferita dell'invenzione, vengono impiegati, in totale, sessantaquattro (64) magneti di materiale ceramico 72 presentanti una larghezza di 25,4 mm (1 pollice) ed una lunghezza di 50,8 mm (2 pollici), tali magneti essendo distanziati per mezzo dei separatori non magnetici 74, in modo tale che le estremità dei magneti periferici 72 possano terminare in coincidenza con il bordo del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, circolante attraverso il passaggio 43. Disponendo i magneti 72, in conformità a quanto descritto, rispetto al substrato magnetico 11, il concetto inventivo descritto nel corso della presente trattazione offre il vantaggio supplementare consistente nello sfruttamento del campo magnetico per centrare il substrato 11 quando lo stesso si sposta attraverso la barriera per i gas 42. Il blocco superiore 46 include un elemento di trattenuta in due pezzi 84, secondo quanto rappresentato nella figura 4, adatto a trattenere i magneti 72 ed i separatori 74 in accordo con una configurazione prestabilita. La porzione superiore del complesso di trattenuta 84 coopera con la porzione laterale dello stesso per mezzo di una

pluralità di viti 86.

L'impiego della barriera magnetica per gas 82 precedentemente descritta offre un ulteriore vantaggio degno di nota. Il complesso a rulli cilindrici 48 è supportato, con possibilità di rotazione, in modo tale da posizionare il nastro di materiale 11, costituente il substrato, circolante attraverso il passaggio 43 del portello per i gas 42, a circa 0,508 mm (0,020 pollici) al di sotto della parete superiore 43a del passaggio. Malgrado il fatto che il substrato 11 sia mantenuto sotto tensione meccanica, il substrato 11 evidenzia una indesiderabile tendenza intrinseca a piegarsi, o incurvarsi attraverso, o lungo la propria lunghezza, a causa delle elevate temperature operative alle quali lo stesso risulta soggetto. Questo crea la possibilità di deposito di strati non uniformi sullo stesso. Per mezzo dello sviluppo di un campo magnetico, in conformità ai principi della presente invenzione, il nastro di materiale 11 costituente il substrato, viene mantenuto sotto una tensione meccanica di valore maggiore per il fatto che viene attratto verso l'alto dal campo magnetico, in modo tale che detto nastro possa venire a contatto con la parete superiore 43a del passaggio. Questa maggiore tensione meccanica riduce, in misura

sostanziale, la piegatura del nastro di materiale 11 costituente il substrato e, di conseguenza, consente il deposito, su detto nastro, di strati più uniformi.

La superficie superiore del blocco inferiore 44 della barriera per i gas 42 forma la parete inferiore 43b del passaggio 43. Nel blocco inferiore 44 vengono pure praticati vari passaggi 76 per la ricezione di elementi riscaldatori allungati, non rappresentati, il cui numero dipende dalla potenza di ogni elemento e dalla temperatura desiderata alla quale deve venire mantenuto il substrato 11 quando lo stesso passa attraverso il passaggio 43. Il blocco inferiore 44 ed il blocco superiore 46 della barriera per i gas 42 includono una pluralità di aperture 78 presenti nei pannelli 80a ed 80b, rispettivamente, usate per montare la barriera per i gas 42 sulle camere di deposizione. Inoltre, una luce 82 provvede allo accesso al blocco superiore 46 ed alla piastra di alluminio 66, in modo tale da stabilire una comunicazione con il recesso 64. In questo modo, il recesso 64 può venire lavato con un gas di lavaggio, secondo quanto precedentemente descritto, dopo che lo apparato a barriera magnetica per i gas è stato inserito nello stesso, tale luce 82 potendo venire sigillata per mezzo di un cappuccio 83 allo scopo di

impedire la contaminazione delle camere di deposizione da parte dei magneti ceramici 72.

IV. Funzionamento

Nel funzionamento, il nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato viene convogliato, sotto tensione meccanica, dalla bobina di alimentazione 11a attraverso: (1) la camera di deposizione 28 utilizzata per la deposizione del drogante di tipo p nella quale viene depositato uno strato di lega di tipo p costituito, ad esempio, dallo strato 16a, sul lato inferiore del nastro; (2) la prima barriera per i gas 42a; (3) la camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco, nella quale uno strato di lega, di tipo intrinseco rappresentato, ad esempio, dallo strato 18a viene depositato sullo strato di tipo p; (4) la seconda barriera per i gas 42b; (5) la camera 32 per la deposizione del drogante di tipo n, nella quale uno strato di lega di tipo n rappresentato, ad esempio, dallo strato 20a viene depositato sullo strato intrinseco; e (6) tale nastro venendo infine avvolto sulla bobina di ricezione, o di avvolgimento 11b. Le barriere per i gas 42a e 42b consentono di collegare, operativamente, le camere per la deposizione dei materiali droganti, adiacentemente alla camera 30 per la deposizione del mate-

riale intrinseco mentre impediscono il riflusso, o la diffusione dalla camera 28 di deposizione del drogante del tipo p e dalla camera 32 per la deposizione del drogante di tipo n, nella camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco. Se in altre camere supplementari vengono svolti ulteriori processi rappresentati, ad esempio, dall'applicazione di uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO 22 sulla superficie superiore dello strato drogato 20c di tipo n, in cui tali camere risultano operativamente collegate alla terna di camere di deposizione 28, 30 e 32, le barriere per i gas 42, di tipo perfezionato, proposte dall'invenzione, possono pure venire utilizzate fra queste camere supplementari e le camere di deposizione adiacenti allo scopo di ridurre:

(1) la contaminazione delle camere di deposizione dei materiali droganti e (2) la distorsione del materiale 11 costituente il materiale magnetico del substrato.

Il campo magnetico sviluppato dai magneti ceramici 42, in accordo con i principi caratteristici della presente invenzione, opera in modo tale da sollecitare lo strato non rivestito, del nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato (realizzato, ad esempio, con l'impiego di acciaio inossidabile 430), circolante attraverso il passaggio 43

presente nella barriera per i gas 42, in contatto di scorrimento con la superficie della parete superiore 43a. Poichè la parete superiore 43a viene fabbricata con l'impiego di un materiale relativamente duro, a basso coefficiente di attrito e presentante una bassa conduttività termica, costituito, ad esempio, dal prodotto "PYREX" (marchio depositato della Corning Glass Works), sotto forma di un foglio, la superficie inferiore del substrato non verrà negativamente influenzata da questa condizione. I magneti ceramici 72 sviluppano un campo magnetico uniforme con forze particolarmente intense in una direzione perpendicolare alla superficie planare del substrato 11 circolante attraverso il passaggio 43 ma con forze relativamente deboli in una direzione parallela a detta superficie planare del substrato. Il nastro magnetico di materiale 11 costituente il substrato, viene quindi simultaneamente (1) sollecitato contro la superficie del foglio di vetro 43a mentre, nel contempo (2) viene permesso lo scorrimento dello stesso contro detto foglio, quando il nastro passa attraverso il passaggio 43.

I magneti 72, sollecitando il substrato magnetico 11 in contatto di scorrimento con la parete superiore 43a, fabbricata in modo speciale, del pas-

saggio 43, consentono una riduzione nella larghezza dell'apertura del passaggio. In altre parole, non sono più necessarie particolari tolleranze per impedire la graffiatura della superficie non rivestita del substrato e poichè viene ridotta la larghezza dell'apertura del passaggio, il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas droganti dalle camere di deposizione dei droganti, viene corrispondentemente ridotta, con una sostanziale diminuzione della contaminazione dello strato intrinseco e con possibilità di produrre un dispositivo fotovoltaico più efficiente.

Deve essere sottolineato il fatto che l'invenzione in oggetto non è limitata alla precisa struttura delle versioni illustrate e descritte. E' sotto inteso che la descrizione precedentemente riportata delle versioni attualmente preferite, deve venire considerata al solo titolo di esempio illustrativo, tale trattazione non dovendo essere considerata come limitativa della presente invenzione. Nelle rivendicazioni riportate in appendice, si intendono includere tutti gli equivalenti che definiscono lo scopo della presente invenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Barriera per i gas, di tipo perfezionato per

ridurre, sostanzialmente, il riflusso, vale a dire la diffusione dei gas da una camera dedicata ad una camera dedicata adiacente, detta barriera per i gas includendo un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale si sposta un substrato, dalla prima di dette camere adiacenti dedicate, nella quale un primo strato viene depositato su di un lato di detto substrato, alla seconda camera di dette camere di deposizione, nella quale un secondo strato viene depositato sul primo strato, detto passaggio essendo definito da una parete superiore di tipo allungato, da una parete inferiore di tipo allungato e contrapposta alla prima e pareti relativamente di breve lunghezza; detta prima camera includendo mezzi per introdurre almeno un gas nella stessa; detta seconda camera includendo mezzi per introdurre almeno un gas supplementare nella stessa; e mezzi associati a dette camere per evacuare i gas da dette camere, detta barriera perfezionata per i gas essendo caratterizzata dal fatto che comprende, in combinazione:

mezzi (72) per sollecitare il lato non rivestito del substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) a contatto di scorrimento con una delle pareti allungate del passaggio (43a, 43b), in modo tale da consentire una diminuzione della distanza

fra detta parete superiore e detta parete inferiore del passaggio, senza che la superficie del substrato, dotata di strati, debba venire a contatto con l'altra parete allungata del passaggio, con conseguente possibilità di riduzione del riflusso dei gas dalla seconda camera (30) attraverso il passaggio della barriera per i gas.

2. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 1, ulteriormente caratterizzata dal fatto che la parete del passaggio (43a, 43b) che viene a contatto con il lato non rivestito del substrato (11) viene fabbricata con l'impiego di un materiale a basso coefficiente di attrito e a bassa conduttività termica.

3. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 2, ulteriormente caratterizzata dal fatto che la parete (43a, 43b) che viene a contatto con il substrato, è costituita da un foglio di vetro al borosilicato.

4. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 3, ulteriormente caratterizzata dal fatto che il substrato (11) viene realizzato con l'impiego di un materiale magnetico, detto substrato venendo sollecitato a contatto di scorrimento con il foglio di

vetro (43a, 43b) per mezzo di un processo di attrazione magnetica.

5. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 4, ulteriormente caratterizzata dal fatto che detta attrazione magnetica viene esercitata da una pluralità di magneti (72).

6. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 5, ulteriormente caratterizzata dal fatto che i magneti (72) sono separati da una pluralità di distanziatori non magnetici (74).

7. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 4, ulteriormente caratterizzata dal fatto che camere adiacenti dedicate (28, 30, 32) sono adatte a depositare strati di lega, di tipo amorfo (16a-16c; 18a-18c; 20a-20c) su detto substrato magnetico (11).

8. Barriera per gas, di tipo perfezionato, in accordo con quanto descritto nel corso della presente trattazione, con riferimento ai disegni allegati.
Milano,



A large, stylized handwritten signature in dark ink, likely belonging to the official who signed the stamp.

4/69772 AS.

ALLEGATO A - Rettifiche alla descrizione della

domanda di brevetto N°20732 A/83 depositata il

21 Aprile 1983 - contenute in N° 7 Postille,

richieste con istanza depositata il 25 Agosto 1983

=

POSTILLA 1

-pagina 21, riga 8, si sostituisce "(43a)" con

"(43a, 43b) "

POSTILLA 2

-pagina 22, riga 11, si sostituisce

"(11)" con "(72)"

POSTILLA 3

-pagina 36, riga 21, si sostituisce "28" con "30"

POSTILLA 4

-pagina 37, riga 10, si sostituisce "dalla camera 30"

con "dalle camere 28 e 32"

POSTILLA 5

-pagina 37, riga 11, si sostituisce "intrinseco"

con "dregento"

POSTILLA 6

-pagina 38, righe 10,11,12,13, si cancellano e si

sostituiscono come segue "Per impedire la diffusione

del gas di drogaggio di reazione dalle camere 28 e 32
per la deposizione dei droganti alla camera 30 per
la deposizione del materiale intrinseco , attraverso
le bar-

POSTILLA 7

-pagina 61, riga 5, si sostituisce "dalla" con
"verso la"

Monti

Milano, 25 Agosto 1983



207324/83

mentre vengono previsti mezzi, associati alle camere, per l'evacuazione dei gas dalle camere. La barriera perfezionata, per gas, proposta dall'invenzione è caratterizzata dal fatto che comprende, in combinazione: mezzi (72) per sollecitare il lato non rivestito del substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) a contatto di scorrimento con una delle pareti allungate del passaggio (43a), in modo tale da consentire una diminuzione della distanza fra la parete superiore (43a) e la parete inferiore (43b) del passaggio, senza portare la superficie del substrato, dotata di uno strato, a contatto con l'altra parete (43b) del passaggio allungato, in modo tale da ridurre il riflusso dei gas dalla seconda camera (30), attraverso il passaggio (43) della barriera per gas.

Pos/illa e

Un secondo scopo dell'invenzione è quello di fornire una barriera per gas, di tipo perfezionato, adatta a collegare, operativamente, una coppia di camere di deposizione adiacenti, detta barriera per i gas includendo un passaggio relativamente stretto, attraverso il quale può venire fatto avanzare, in modo continuo, un nastro di materiale costituente un substrato, dalla prima camera di deposizione, nella quale uno strato di lega di silicio amorfo, di ti-

po drogato, viene depositato su di un lato del substrato, alla seconda camera di deposizione, nella quale uno strato di lega di silicio amorfo, di tipo intrinseco, viene depositato sul primo strato. Il passaggio è definito da una coppia di pareti trasversali allungate e contrapposte, costituite da una parete superiore e da una parete inferiore, e da una coppia di pareti laterali contrapposte, relativamente corte. La barriera per gas, di tipo perfezionato, è caratterizzata dal fatto che comprende, in combinazione: mezzi [(11)] adatti a creare un campo magnetico per sollecitare il lato non rivestito, di un nastro di materiale costituente un substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) in contatto di scorrimento con una delle pareti allungate (43a, 43b), allo scopo di consentire la diminuzione della distanza fra le pareti del passaggio allungato (43a, 43b) senza portare la superficie rivestita del nastro di materiale costituente il substrato (11), circolante attraverso il passaggio (43) a contatto con l'altra parete (43b) del passaggio allungato.

Postille 2

La versione preferita dell'invenzione verrà ora descritta, a titolo di esempio, facendo riferimento ai disegni allegati alla presente trattazione, nei quali:

unidirezionale, nel senso indicato dalla freccia 44, dalla camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci alle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti. Come risulterà evidente dall'analisi della figura 2, la camera 30 per la deposizione dei materiali intrinseci risulta in comunicazione operativa con le camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, per mezzo di barriere unidirezionali per i gas, illustrate sotto forma di aperture 42a e 42b, dimensionate in modo tale da permettere lo spostamento del substrato 11 attraverso un passaggio 43, quando tale substrato si sposta, in modo continuo, dalla bobina di alimentazione 11a, attraverso le camere di deposizione 28, 30 e 32, alla bobina di ricezione, o di avvolgimento 11b. Conseguentemente, le dimensioni delle barriere per i gas 42a e 42b vengono scelte di valore minimo possibile, in modo tale da impedire la retrodiffusione, vale a dire il flusso inverso dei gas della specie di drogaggio dalle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali droganti, nella camera [28] per la deposizione del materiale intrinseco, mentre le dimensioni vengono simultaneamente selezionate di valore sufficientemente elevato da permettere che la superficie del substrato, dotato di strati, possa passare attraverso l'apertura,

Postilla 3

senza che questa superficie debba venire graffiata dalle pareti del passaggio. Conseguentemente, la progettazione delle barriere per i gas, indicate in 42a e 42b comporta l'adozione di un equilibrio di interessi. Il passaggio attraverso le barriere per i gas deve essere sufficientemente elevato da permettere (1) il libero passaggio, senza contatto, della superficie dotata degli strati, del substrato 11, attraverso lo stesso e (2) da impedire la diffusione dei gas di reazione [dalla camera 30] per la deposizione del materiale [intrinseco], attraverso detta barriera. L'invenzione in oggetto riguarda la minimizzazione delle dimensioni del passaggio della barriera per i gas, senza che questo comporti una graffiatura della superficie dotata di strati, del substrato. Deve essere nuovamente sottolineato il fatto che quantunque la presente trattazione si riferisca, in modo predominante, all'impedimento della contaminazione dello strato di lega, di tipo intrinseco, da parte dei costituenti di drogaggio della lega, anche gli strati di lega drogata devono venire protetti dalla contaminazione, per mezzo dell'impiego della barriera magnetica per gas, proposta dall'invenzione, allo scopo di consentire il collegamento funzionale delle camere per la deposizione dei materiali intrinseci e

Postilla 4

Postilla 5

le camere adiacenti nelle quali, ad esempio: (1) uno strato di ossido conduttivo trasparente TCO viene depositato sulla sommità dello strato drogato superiore o (2) il materiale costituente il substrato magnetico viene pulito prima di entrare nelle camere di deposizione. L'utilizzazione della barriera magnetica per gas consente pure di favorire l'impedimento dell'ondulazione dei substrati in queste altre camere.

Per impedire la diffusione dei gas intrinseci di reazione dalla camera 30 per la deposizione del materiale intrinseco alle camere 28 e 32 per la deposizione dei materiali drogati, attraverso le barriere per i gas 42a e 42b, la camera 28 per la deposizione del materiale drogato di tipo p e la camera 32 per la deposizione del materiale drogato di tipo n, vengono mantenute ad una pressione interna inferiore alla camera di deposizione del materiale intrinseco 30. Per questo scopo, ogni camera di deposizione può essere dotata di valvole automatiche a farfalla, di pompe e manometri, non illustrati. Ogni valvola a farfalla risulta operativamente collegata ad una rispettiva camera di deposizione e ad una rispettiva pompa, in modo tale da evacuare, dalle camere di deposizione, i costituenti di deposizio-

Postilla 6

207324/83

fra detta parete superiore e detta parete inferiore del passaggio, senza che la superficie del substrato, dotata di strati, debba venire a contatto con l'altra parete allungata del passaggio, con conseguente possibilità di riduzione del riflusso dei gas [dalla] seconda camera (30) attraverso il passaggio della barriera per i gas.

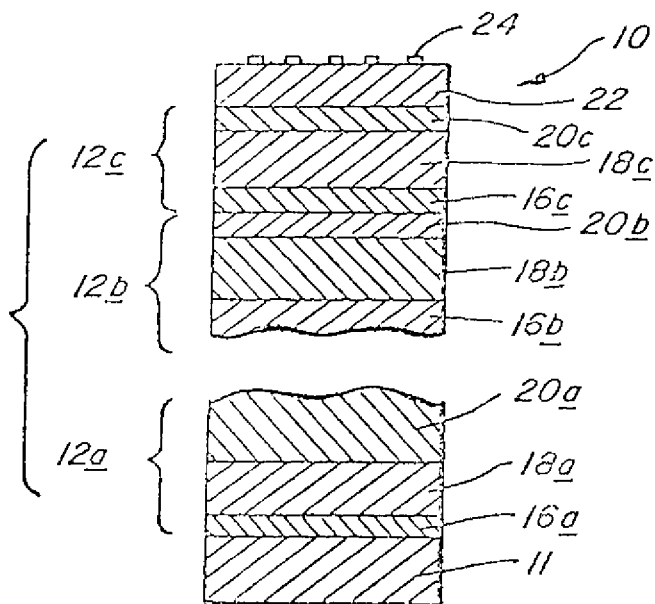
Postilla 2

2. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 1, ulteriormente caratterizzata dal fatto che la parete del passaggio (43a, 43b) che viene a contatto con il lato non rivestito del substrato (11) viene fabbricata con l'impiego di un materiale a basso coefficiente di attrito e a bassa conduttività termica.

3. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo la rivendicazione 2, ulteriormente caratterizzata dal fatto che la parete (43a, 43b) che viene a contatto con il substrato, è costituita da un foglio di vetro al borosilicato.

4. Barriera per gas, di tipo perfezionato, secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 3, ulteriormente caratterizzata dal fatto che il substrato (11) viene realizzato con l'impiego di un materiale magnetico, detto substrato venendo sollecitato a contatto di scorrimento con il foglio di

FIG. 1



20 732A/83

FIG. 5

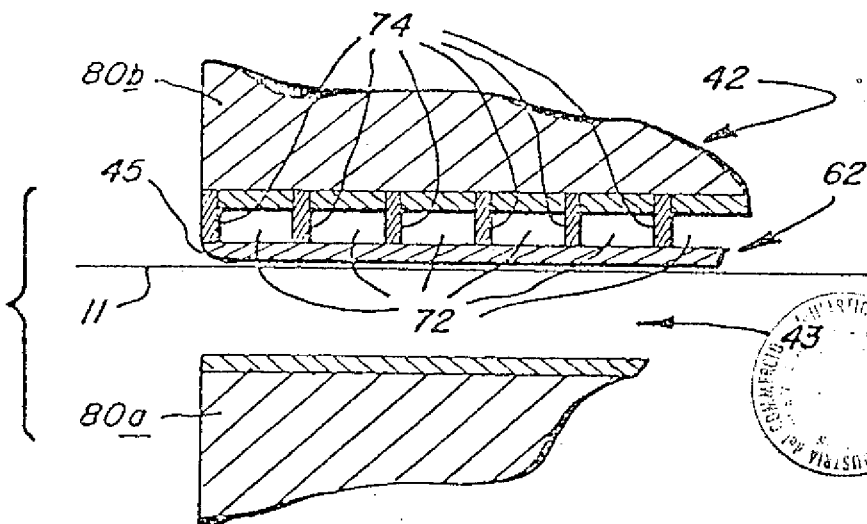
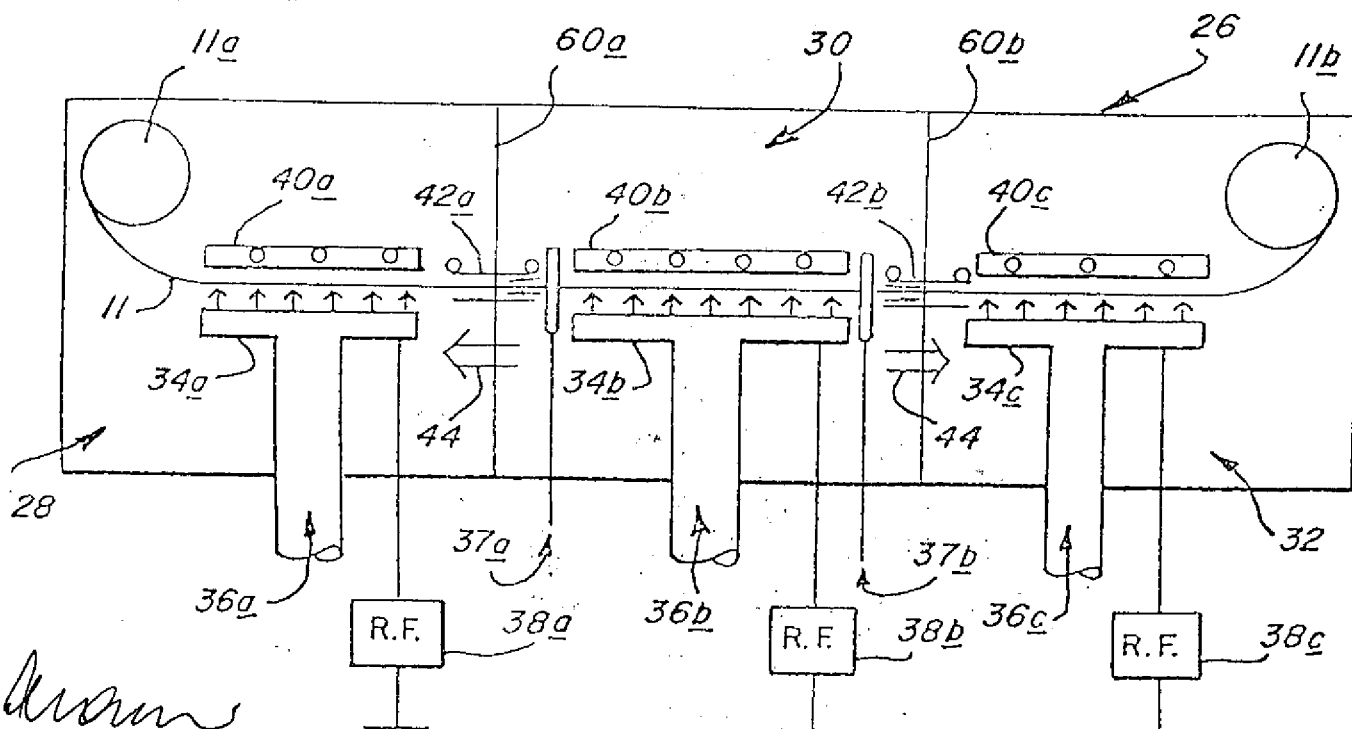


FIG. 2



drawn

20 732A/88

FIG. 3

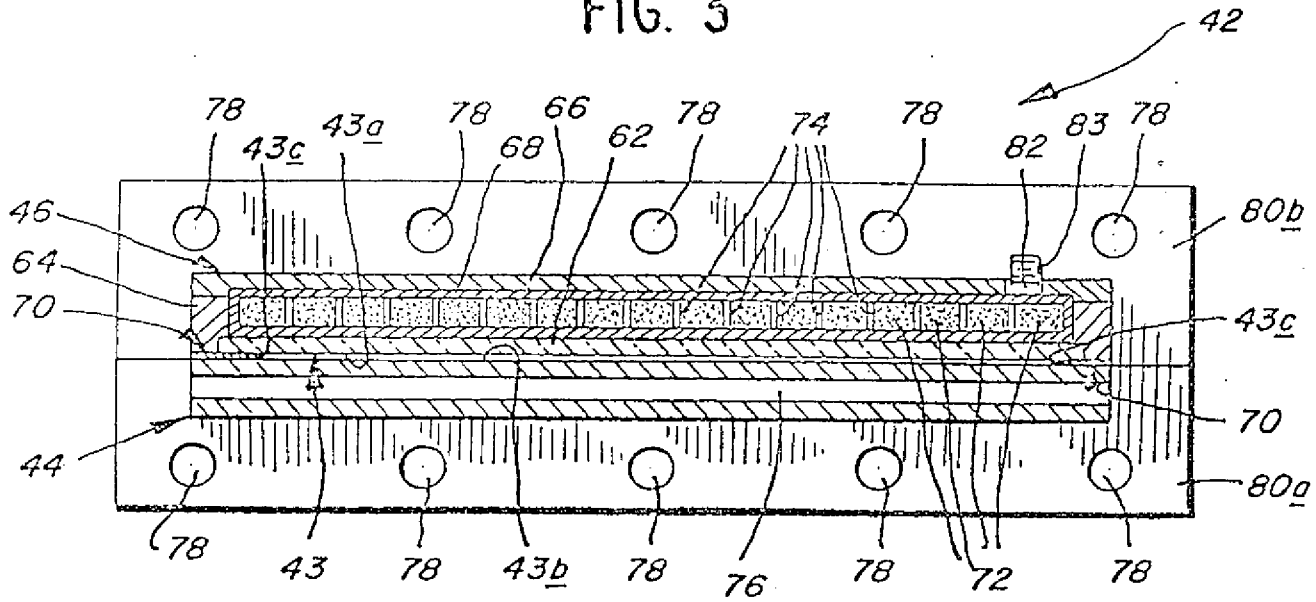
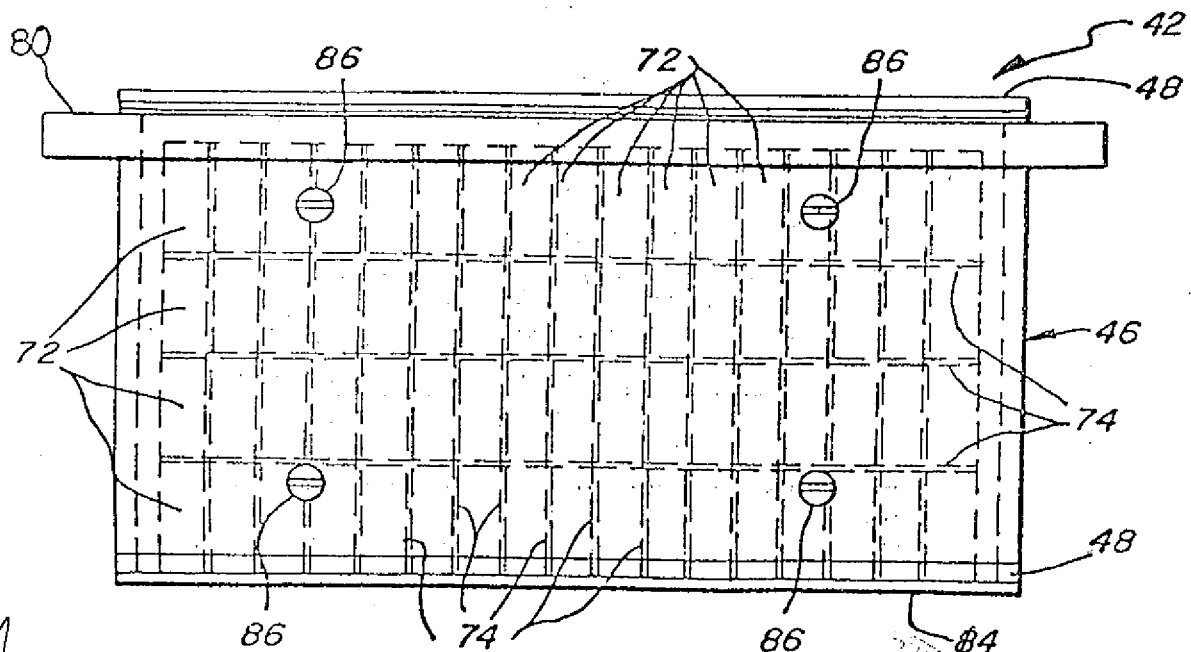


FIG. 4



Wanam

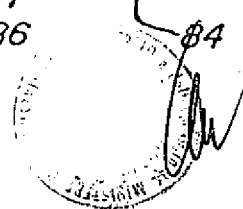
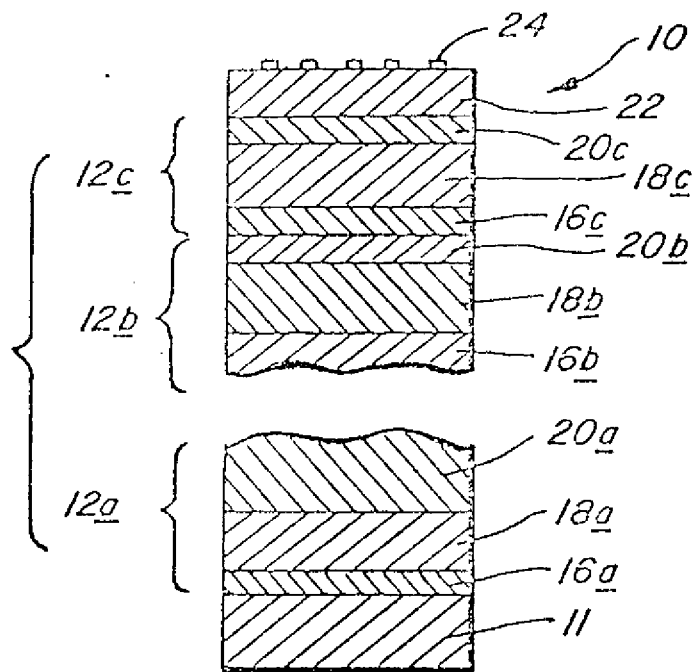


FIG. 1



20732A/83

FIG. 5

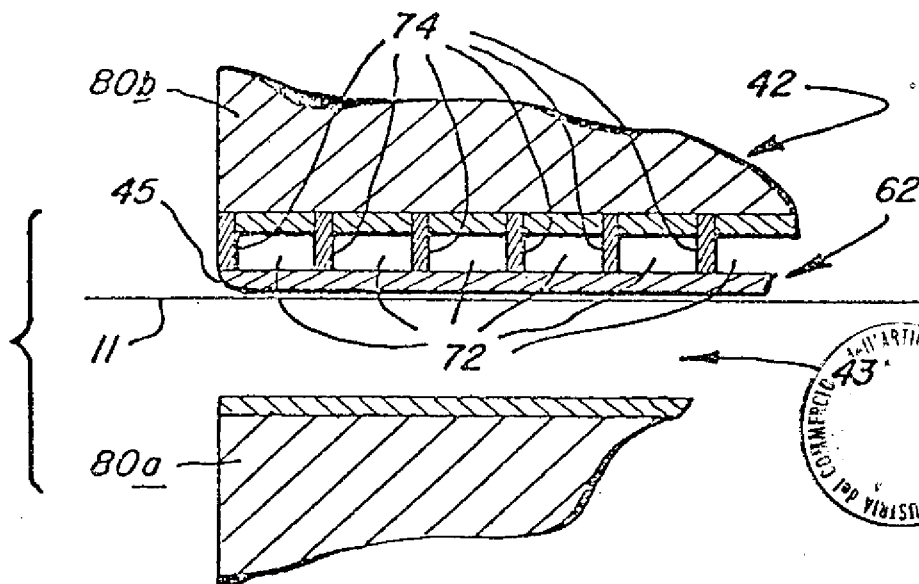
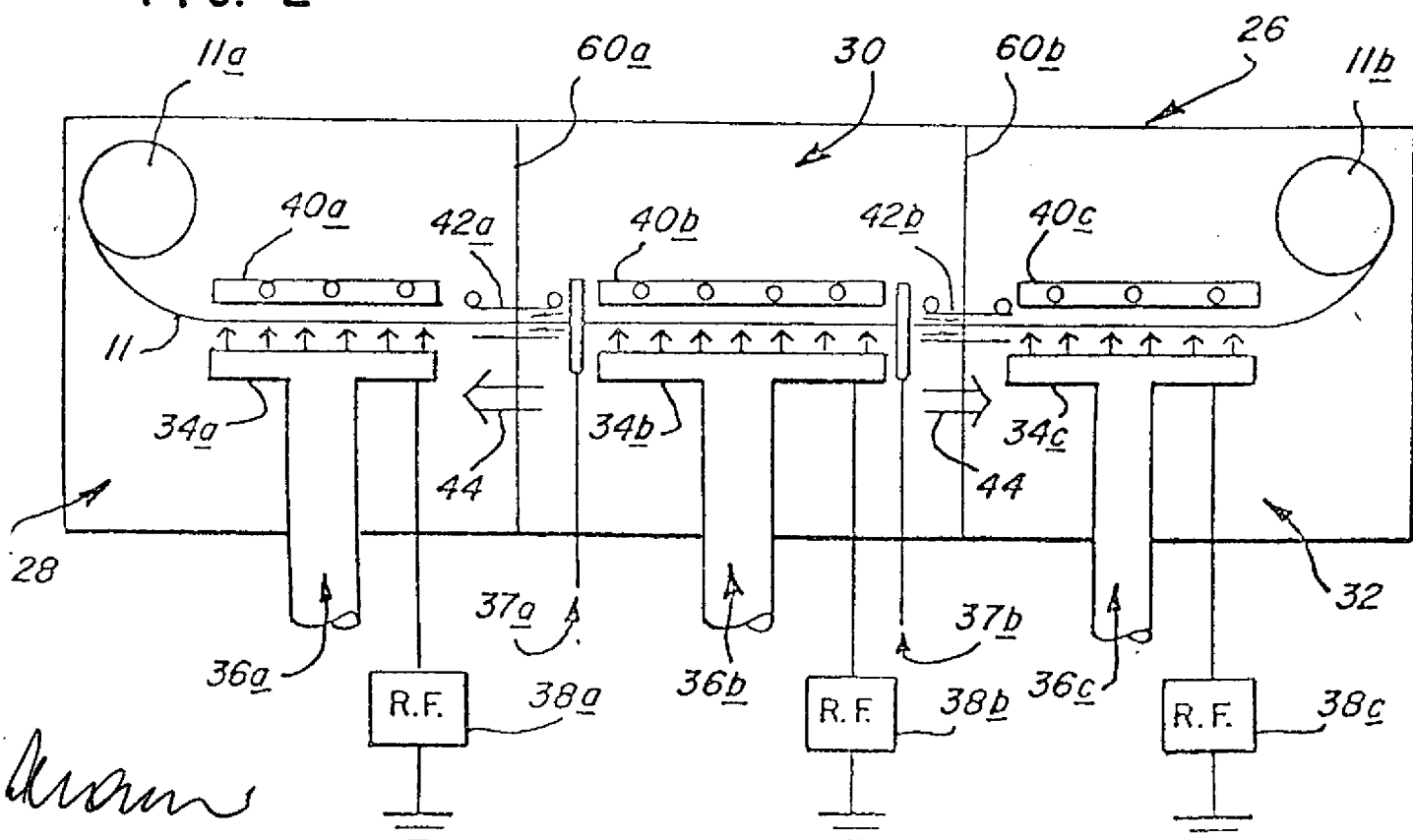


FIG. 2



Drawn

20132A/83

FIG. 3

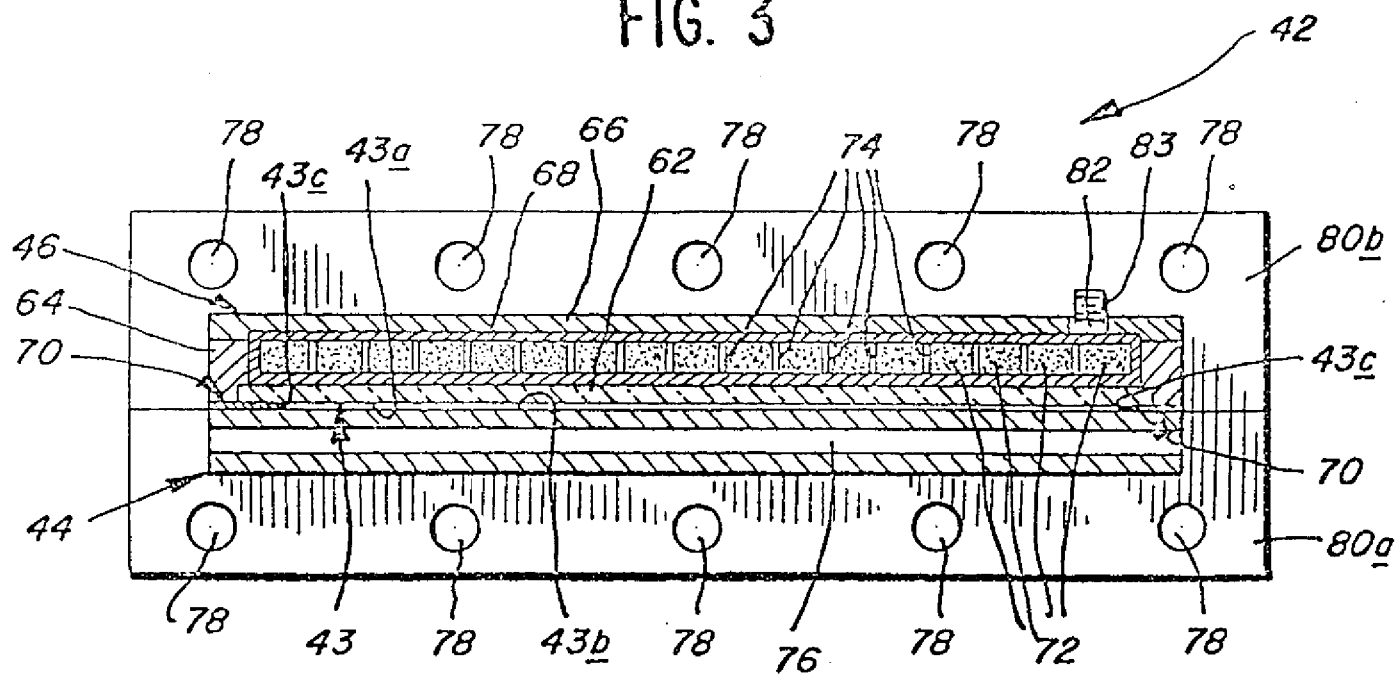
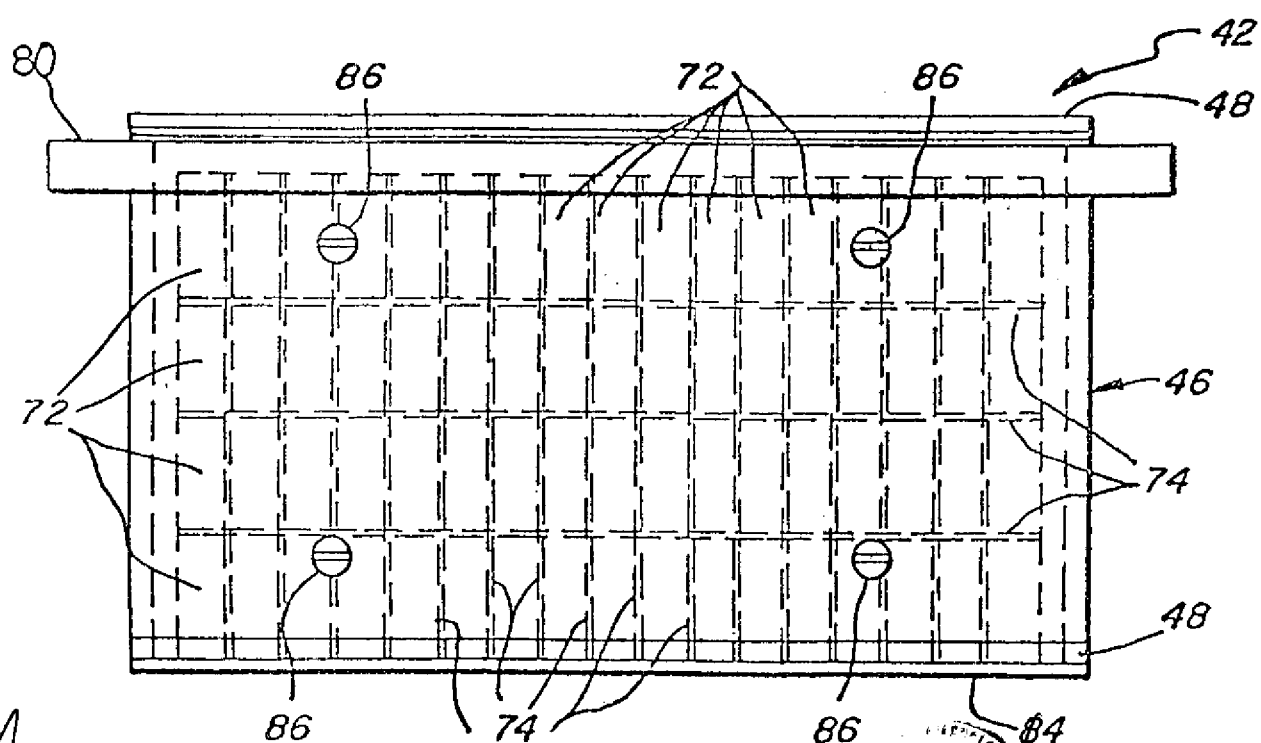


FIG. 4



Wam

