

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102009901743539A1

Publication Date

20101222

Applicant

APPLIED MATERIALS, INC.

Title

SISTEMA DI VISIONE MIGLIORATO PER L'ALLINEAMENTO DI UNO SCHEMA
DI STAMPA SERIGRAFICA

Classe Internazionale: H 01 L 021/0000

Descrizione del trovato avente per titolo:

"SISTEMA DI VISIONE MIGLIORATO PER L'ALLINEAMENTO
DI UNO SCHEMA DI STAMPA SERIGRAFICA"

5 a nome APPLIED MATERIALS, INC., di nazionalità
americana con sede legale in 3050 Bowers Avenue,
Santa Clara, California 95054 USA

dep. il al n.

* * * * *

10 STATO DELL'INVENZIONE

CAMPO DI APPLICAZIONE

Forme di realizzazione della presente invenzione
si riferiscono generalmente ad un sistema e a un
processo per la realizzazione di uno strato secondo
15 uno schema su desiderate regioni di una superficie
di un substrato.

DESCRIZIONE DELLO STATO DELLA TECNICA

Le celle solari sono dispositivi fotovoltaici
(FV) che convertono la luce solare direttamente in
20 energia elettrica. Il mercato FV ha vissuto
un'espansione con tassi di crescita annuali
superiori al 30% negli ultimi dieci anni. Alcuni
articoli hanno ipotizzato che la produzione
mondiale di energia da celle solari potrebbe
25 superare i 10 GWp nel prossimo futuro. È stato

Il mandatario
STEFANO LIGI
(per sé e per gli altri)
STUDIO GLP S.r.l.
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

stimato che più del 95% di tutti i moduli solari sono a base di wafer di silicio. L'elevato tasso di crescita del mercato, combinato alla necessità di ridurre sostanzialmente i costi dell'elettricità solare, ha determinato una quantità di sfide serie per la creazione a basso costo di celle solari di alta qualità. Pertanto, uno dei maggiori fattori nel rendere commercialmente percorribile la via delle celle solari risiede nella riduzione dei costi di produzione richiesti per realizzare le celle solari, migliorando la resa del dispositivo e aumentando la capacità produttiva dei substrati.

Le celle solari presentano tipicamente una o più giunzioni p-n. Ciascuna giunzione p-n comprende due diverse zone all'interno di un materiale semiconduttore, in cui un lato è identificato come la zona di tipo p e l'altro come la zona di tipo n. Quando la giunzione p-n di una cella solare è esposta alla luce solare (consistente in energia derivante da fotoni), la luce solare viene convertita direttamente in elettricità attraverso l'effetto FV. Le celle solari generano una specifica quantità di energia elettrica e vengono impilate in moduli dimensionati in modo da erogare il quantitativo desiderato di energia di sistema. I

moduli solari sono collegati in pannelli con specifici telai e connettori. Le celle solari sono comunemente formate su substrati di silicio, i quali possono essere substrati di silicio singoli o multicristallini. Una tipica cella solare comprende un wafer, substrato o lamina di silicio, di spessore tipicamente inferiore a circa 0,3 mm, con un sottile strato di silicio del tipo n sulla sommità di una zona del tipo p formata sul substrato.

Le figure 1A e 1B illustrano schematicamente una cella solare standard in silicio fabbricata su un wafer 11. Il wafer 11 comprende una regione base 21 di tipo p, una regione emettitore 22 di tipo n, e una regione giunzione p-n 23 disposta fra di loro. Una regione di tipo n, o semiconduttore di tipo n, viene realizzata drogando il semiconduttore con certi tipi di elementi (ad esempio fosforo (P), arsenico (As), o antimonio (Sb)) al fine di aumentare il numero dei portatori di carica negativi, cioè gli elettroni. In maniera simile, una regione di tipo p, o semiconduttore di tipo p, è realizzata mediante aggiunta di atomi trivalenti al reticolo del cristallo, ciò risultando in un elettrone mancante da uno dei quattro legami

covalenti normali per il reticolo del cristallo. Così l'atomo drogante può accettare un elettrone da un legame covalente di atomi vicini per completare il quarto legame. L'atomo drogante accetta un
5 elettrone, producendo la perdita di mezzo legame dall'atomo vicino e determinando la realizzazione di una "lacuna".

Quando la luce colpisce la cella solare, l'energia dei fotoni incidenti genera coppie di
10 elettroni-lacune su entrambi i lati della regione di giunzione p-n 23. Gli elettroni si diffondono attraverso la giunzione p-n verso un livello di energia più basso e le lacune si diffondono in direzione opposta, creando una carica negativa
15 sull'emettitore ed una corrispondente carica positiva si genera nella base. Quando un circuito elettrico viene realizzato fra l'emettitore e la base e la giunzione p-n viene esposta a certe lunghezze d'onda luminose, una corrente scorrerà.
20 La corrente elettrica generata dal semiconduttore quando illuminato fluisce attraverso i contatti disposti sulla parte anteriore 18, cioè sul lato di ricezione luce, e attraverso la parte posteriore 19 della cella solare 10. La struttura di contatto
25 superiore, come illustrata in figura 1A, è

generalmente configurata come sottili linee
metalliche, o pettini 14, ampiamente distanziate,
le quali forniscono corrente a barre collettrici 15
più larghe. Il contatto posteriore 25 non è
5 generalmente obbligato ad essere realizzato secondo
linee metalliche sottili multiple, in quanto non
impedisce alla luce incidente di colpire la cella
solare 10. La cella solare 10 viene generalmente
rivestita con uno strato sottile di materiale
10 dielettrico, come Si_3N_4 , per fungere come
rivestimento antiriflesso 16, o ARC per minimizzare
la riflessione della luce dalla superficie
superiore 22A della cella solare 10.

La serigrafia è stata a lungo utilizzata nella
15 stampa di disegni su oggetti, quali tessuti o
ceramica, ed è utilizzata nell'industria
elettronica per stampare modelli di componenti
elettriche, quali contatti o interconnessioni
elettriche, sulla superficie di un substrato. I
20 procedimenti di fabbricazione di celle solari della
tecnica nota impiegano anche procedimenti di
serigrafia. In alcune applicazioni, è desiderabile
serigrafare linee di contatto, come i pettini 14,
sul substrato delle celle solari. I pettini 14 sono
25 a contatto con il substrato e sono atti a

realizzare una connessione ohmica con una o più regioni drogate (ad esempio la regione di emettitore 22 di tipo n). Un contatto Ohmico è una regione su un dispositivo a semiconduttore il quale
5 è stato predisposto in modo che la curva corrente-tensione (I-V) del dispositivo sia lineare e simmetrica, cioè, non c'è alcuna interfaccia ad elevata resistenza fra la regione in silicio drogata del dispositivo a semiconduttore ed il
10 contatto metallico. Bassa resistenza, contatti stabili sono critici per le prestazioni delle celle solari e sull'affidabilità dei circuiti realizzati nel procedimento di fabbricazione di celle solari. Per aumentare il contatto con il dispositivo a
15 cella solare è tipico posizionare un pettine 14 su una regione 17 fortemente drogata ricavata all'interno della superficie di substrato per consentire la realizzazione di un contatto Ohmico. Poiché le regioni 17 fortemente drogate realizzate,
20 per via delle loro proprietà elettriche, tendono a bloccare o a minimizzare la quantità di luce di luce che può passare attraverso di esse è desiderabile rendere minime le loro dimensioni, nel contempo rendendo anche queste regioni
25 sufficientemente grandi per assicurare che i

pettini 14 possano essere allineati e realizzati su
di esse in maniera affidabile. Il disallineamento
dei pettini 14 depositati sulle sottostanti regioni
17 fortemente drogate dovuto ad errori di
5 posizionamento del substrato su un dispositivo di
trasferimento automatico, difetti sui bordi del
substrato, registrazione e allineamento della
regione 17 fortemente drogata sulla superficie del
substrato non conosciute e/o spostamento del
10 substrato sul dispositivo di trasferimento
automatico, possono portare ad una bassa
prestazione del dispositivo ed a una bassa
efficienza del dispositivo. Regioni 17 fortemente
drogate possono essere realizzate sulla superficie
15 substrato usando una molteplicità di tecniche di
schematizzazione per creare aree a maggiore e
minore drogaggio, per esempio realizzando fasi di
diffusione di fosforo usando una barriera di
diffusione secondo uno schema. Un contatto
20 posteriore competa il circuito elettrico richiesto
alla cella solare per produrre corrente realizzando
un contatto Ohmico con la regione di base di tipo p
del substrato.

Perciò, c'è la necessità di un apparato di stampa
25 serigrafica per la produzione di celle solari,

circuiti elettronici, o altri utili dispositivi che
abbia un procedimento migliore per il controllo
dell'allineamento della(e) proprietà del metallo
depositato (ad esempio i pettini 14) in una regione
5 fortemente drogata usando un procedimento di stampa
serigrafica o un altro procedimento similare.

ESPOSIZIONE DEL TROVATO

In una forma di realizzazione della presente
invenzione un procedimento di realizzazione di
10 celle solari, comprende il posizionamento di un
substrato su una superficie di ricezione substrato,
in cui il substrato ha una prima superficie ed una
regione drogata secondo uno schema realizzata su di
essa, la determinazione della posizione effettiva
15 della regione drogata secondo uno schema sul
substrato, in cui la determinazione della posizione
effettiva comprende l'emissione di radiazione
elettromagnetica verso la prima superficie, la
ricezione di una radiazione elettromagnetica ad una
20 prima lunghezza d'onda da una regione della prima
superficie, l'allineamento di uno o più elementi
distintivi in una maschera di stampa serigrafica
con la regione drogata secondo uno schema usando
l'informazione ricevuta dalla posizione effettiva
25 determinata della regione drogata secondo uno

schema sul substrato, e la deposizione di uno strato di materiale attraverso l'uno o più elementi distintivi e su almeno una porzione della regione drogata secondo uno schema.

5 Forme di realizzazione della presente invenzione possono inoltre prevedere un procedimento di realizzazione di celle solari, comprendente la disposizione di un primo materiale drogante secondo uno schema su una prima superficie di un substrato,
10 l'incisione di una porzione della prima superficie mentre il primo materiale drogante viene disposto sulla prima superficie, il riscaldamento del substrato e del primo materiale drogante per determinare la diffusione di atomi droganti nel
15 primo materiale drogante nella prima superficie e la realizzazione di una regione drogata secondo uno schema, l'acquisizione di una immagine ottica di una porzione della regione drogata secondo uno schema, l'allineamento di elementi distintivi in
20 una maschera di stampa serigrafica con la regione drogata secondo uno schema usando l'informazione ricevuta dall'immagine ottica acquisita, e la deposizione di uno strato di materiale attraverso gli elementi distintivi e su almeno una porzione
25 della regione drogata secondo uno schema.

Forme di realizzazione della presente invenzione possono inoltre prevedere un procedimento per la realizzazione di celle solari, comprendente la diffusione di una prima quantità di un primo atomo
5 drogante in una prima superficie di un substrato per realizzare una prima regione drogata, la disposizione di un materiale di mascheratura in uno schema sulla prima superficie su almeno una porzione della prima regione drogata, l'incisione
10 di una porzione della prima superficie mentre il materiale di mascheratura viene disposto sulla prima superficie, la diffusione di una seconda quantità di un secondo atomo drogante nella prima superficie per realizzare una seconda regione
15 drogata dopo la disposizione del materiale di mascheratura sulla prima superficie e l'incisione della porzione della prima superficie, l'acquisizione di un'immagine ottica di una porzione della prima regione drogata e di una
20 porzione della seconda regione drogata, l'allineamento degli elementi distintivi in una maschera di stampa serigrafica relativa ad almeno una porzione della prima regione drogata usando l'informazione ricevuta dall'immagine ottica
25 acquisita, e la deposizione di uno strato di

materiale attraverso gli elementi distintivi e su almeno una porzione della prima regione drogata.

Forme di realizzazione della presente invenzione possono inoltre prevedere un procedimento per la
5 realizzazione di celle solari, comprendente l'incisione di una porzione di una prima superficie di un substrato, la deposizione di un primo strato su una porzione della prima superficie incisa, la rimozione di una porzione del primo strato disposto
10 sulla prima superficie incisa per esporre una regione del substrato, l'erogazione di un materiale contenente drogante alla regione esposta del substrato per realizzare una regione drogata all'interno del substrato, l'acquisizione di una
15 immagine di una porzione della prima superficie del substrato, in cui l'immagine comprende una porzione della regione esposta ed una porzione della prima superficie incisa, l'allineamento degli elementi distintivi in una maschera di stampa serigrafica
20 con la regione esposta utilizzando l'informazione ricevuta dall'immagine acquisita, e la deposizione di uno strato di materiale attraverso gli elementi distintivi e su almeno una porzione della regione drogata secondo uno schema dopo che sono stati
25 allineati con la regione esposta.

Forme di realizzazione della presente invenzione possono inoltre prevedere un apparato per la lavorazione di un substrato, comprendente una superficie di supporto substrato, una sorgente di
5 radiazione elettromagnetica che è posizionata per emettere radiazione elettromagnetica verso la superficie di supporto substrato, e un gruppo di rilevazione che è posizionato per ricevere almeno una porzione della radiazione elettromagnetica
10 emessa che è diretta verso una superficie di un substrato che è disposto sulla superficie di supporto substrato, in cui la radiazione elettromagnetica ricevuta è prevista ad una lunghezza d'onda che è preferibilmente trasmessa
15 attraverso o riflessa da una regione fortemente drogata secondo uno schema realizzata su una superficie del substrato o preferibilmente trasmessa attraverso o riflessa da regioni del substrato che non comprendono la regione fortemente
20 drogata secondo uno schema, una camera di deposizione avente una maschera di stampa serigrafica ed almeno un attuatore il quale è configurato per posizionare la maschera di stampa serigrafica, ed un controllore configurato per
25 ricevere un segnale dal gruppo di rilevazione

riguardante la posizione di una regione fortemente drogata secondo uno schema realizzata su una superficie di un substrato che è disposto sulla superficie di supporto substrato, e la regolazione
5 della posizione della maschera di stampa serigrafica rispetto alla regione fortemente drogata secondo uno schema in base all'informazione ricevuta dal gruppo di rilevazione.

Forme di realizzazione della presente invenzione
10 possono inoltre prevedere un procedimento per la realizzazione di celle solari, comprendente la disposizione di un primo materiale drogante su una prima superficie di un substrato per formare uno schema, il riscaldamento del substrato e del primo
15 materiale drogante per determinare la diffusione degli atomi droganti del primo materiale drogante nella prima superficie e la realizzazione di una regione drogata secondo uno schema, l'incisione dell'area di superficie non coperta dal materiale
20 drogante secondo uno schema, e successivamente la realizzazione di una diffusione più leggera delle aree testurizzate, e alla fine l'acquisizione di un'immagine ottica di una porzione della regione più liscia secondo uno schema e fortemente drogata,
25 l'allineamento di elementi distintivi in una

maschera di stampa serigrafica alla regione drogata secondo uno schema usando l'informazione ricevuta dall'immagine ottica acquisita, e la deposizione di uno strato di materiale attraverso gli elementi
5 distintivi e su almeno una porzione della regione drogata secondo uno schema. In una configurazione, la lavorazione di incisione dell'area di superficie non coperta dal materiale drogante secondo uno schema comprende l'utilizzo di una lavorazione
10 ottimizzata per fornire una testurizzazione che migliora l'assorbimento della luce.

Forme di realizzazione della presente invenzione possono inoltre prevedere un apparato per la lavorazione di un substrato, comprendente una
15 superficie di supporto substrato, una sorgente di radiazione elettromagnetica che è posizionata per emettere una radiazione elettromagnetica verso la superficie di supporto substrato, un gruppo di rilevazione che è posizionato per ricevere almeno
20 una porzione della radiazione elettromagnetica emessa che è a contatto con una superficie di un substrato che è disposto sulla superficie di supporto substrato, in cui la radiazione elettromagnetica ricevuta viene fornita ad una
25 lunghezza d'onda che è preferibilmente trasmessa

attraverso o riflessa da una regione fortemente drogata secondo uno schema realizzata su una superficie del substrato o preferibilmente trasmessa attraverso o riflessa da regioni del substrato che non comprendono la regione fortemente drogata secondo uno schema, una camera di deposizione avente una maschera di stampa serigrafica ed almeno un attuatore il quale è configurato per posizionare la maschera di stampa serigrafica, ed un controllore configurato per ricevere un segnale dal gruppo di rilevazione relativo alla posizione di una regione fortemente drogata secondo uno schema realizzata su una superficie di un substrato che è disposto sulla superficie di supporto substrato, e per regolare la posizione della maschera di stampa serigrafica relativamente alla regione fortemente drogata secondo uno schema.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Al fine di comprendere in dettaglio il modo in cui le sopra esposte caratteristiche della presente invenzione possono essere ottenute, viene inclusa una descrizione più particolareggiata dell'invenzione, sopra riassunta brevemente, con riferimento alle forme di realizzazione della

stessa, alcune delle quali sono illustrate negli
acclusi disegni. Si deve, tuttavia, notare che i
disegni acclusi illustrano solo forme tipiche di
realizzazione di questa invenzione e pertanto non
5 devono essere considerate limitative del suo
ambito, in quanto l'invenzione può ammettere altre
forme di realizzazione ugualmente efficaci.

La figura 1A illustra una vista isometrica di una
cella solare della tecnica nota contenente uno
10 schema anteriore di interconnessione metallizzato.

La figura 1B illustra una vista in sezione
laterale di una cella solare della tecnica nota
illustrata in figura 1A.

La figura 2A è una vista in pianta di una
15 superficie di un substrato che ha una regione
fortemente drogata e una struttura di contatto
metallico secondo uno schema realizzata su di essa
secondo una forma d realizzazione dell'invenzione.

La figura 2B è una vista in sezione laterale
20 ravvicinata di una porzione della superficie del
substrato illustrato in figura 2A secondo una forma
di realizzazione dell'invenzione.

La figura 3A è una vista schematica isometrica di
un sistema che può essere usato assieme a forme di
25 realizzazione della presente invenzione per formare

strati multipli di uno schema desiderato.

La figura 3B è una vista in pianta schematica dall'alto del sistema in figura 4A secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

5 La figura 3C è una vista isometrica di una porzione di un nido di stampa del sistema di stampa serigrafica secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

10 La figura 3D è una vista isometrica schematica di una forma di realizzazione di un gruppo attuatore rotante avente un gruppo di ispezione posizionato per ispezionare la superficie anteriore del substrato secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

15 La figura 4A è una vista schematica in sezione trasversale di un sistema di ispezione ottica secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

20 La figura 4B è una vista schematica in sezione trasversale di un sistema di ispezione ottica posizionato in un nido di stampa secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

25 Le figure 5A-5G illustrano viste schematiche in sezione trasversale di una cella solare durante differenti stadi di una sequenza di lavorazione per la realizzazione di celle solari secondo una forma

di realizzazione dell'invenzione.

La figura 6A illustra una sequenza di lavorazione utilizzata per realizzare una cella solare secondo forme di realizzazione dell'invenzione.

5 La figura 6B illustra una sequenza di lavorazione utilizzata per realizzare una cella solare secondo forme di realizzazione dell'invenzione.

La figura 6C illustra una sequenza di lavorazione usata per realizzare una cella solare secondo le
10 forme di realizzazione dell'invenzione.

La figura 7 illustra una sequenza di lavorazione usata per depositare lo strato conduttivo su una regione fortemente drogata di una cella solare secondo forme di realizzazione dell'invenzione.

15 La figura 8A è una vista in pianta di una superficie di un substrato che ha una regione fortemente drogata e tracce di allineamento realizzate su di essa secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

20 La figura 8B è una vista in sezione laterale di una superficie di un substrato che ha una regione fortemente drogata, tracce di allineamento e un materiale di oscuramento realizzato su di essa secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

25 La figura 9A illustra vari esempi di tracce di

allineamento da stampare su un substrato secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

Le figure 9B-9D illustrano varie configurazioni di tracce di allineamento su una superficie
5 anteriore di un substrato secondo forme di realizzazione della presente invenzione.

La figura 10 è una vista schematica isometrica di una forma di realizzazione del gruppo attuatore rotante nel quale il gruppo di ispezione ottica
10 include una pluralità di sistemi di ispezione secondo forme di realizzazione dell'invenzione.

La figura 11A è una vista in pianta di una superficie di un substrato che ha una regione fortemente drogata e tracce di allineamento
15 realizzate su una superficie anteriore di un substrato secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

La figura 11B è una vista in pianta che illustra un esempio di una traccia di allineamento
20 realizzata su un substrato secondo una forma di realizzazione della presente invenzione.

La figura 11C è una vista schematica in sezione trasversale di una superficie di un substrato secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

25 La figura 11D è una vista schematica in sezione

trasversale di un sistema di ispezione ottica utilizzato per allineare una maschera di stampa serigrafica ad un substrato secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

- 5 La figura 11E è una vista in pianta che illustra un esempio di una traccia di allineamento e di una maschera di stampa serigrafica secondo una forma di realizzazione della presente invenzione.

La figura 11F è una vista in pianta di una
10 maschera di stampa serigrafica disposta su una superficie di un substrato che ha una regione fortemente drogata e tracce di allineamento realizzate su di essa secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

- 15 Le figure 12A-12H illustrano viste schematiche in sezione trasversale di una cella solare durante differenti fasi di una sequenza di lavorazione per la realizzazione di celle solari secondo una forma di realizzazione dell'invenzione.

- 20 La figura 13 illustra una sequenza di lavorazione usata per realizzare una cella solare secondo forme di realizzazione dell'invenzione.

Per facilitare la comprensione, identici numeri di riferimento sono stati utilizzati, ove
25 possibile, per identificare identici elementi

comuni nelle figure. Va inteso che elementi e caratteristiche di una forma di realizzazione possono essere convenientemente incorporati in altre forme di realizzazione senza ulteriori
5 precisazioni.

Va notato, tuttavia, che i disegni acclusi illustrano solamente forme di realizzazione esemplificative della presente invenzione e sono pertanto da considerarsi non limitativi dell'ambito
10 della stessa, dal momento che essa può ammettere altre forme di realizzazione ugualmente efficaci.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA

Forme di realizzazione della presente invenzione prevedono un apparato ed un procedimento per la
15 lavorazione di substrati in un sistema che utilizza una sequenza di lavorazione migliorata per la deposizione di materiale secondo uno schema che può aumentare la prestazione del dispositivo e il costo di possesso (cdp) di una linea di lavorazione
20 substrato. In una forma di realizzazione, il sistema è un sistema di stampa serigrafica il quale è atto a realizzare un procedimento di stampa serigrafica all'interno di una porzione di una linea di produzione di celle solari in silicio
25 cristallino nella quale un substrato viene lavorato

secondo uno schema con un materiale desiderato e viene quindi processato in una o più camere di lavorazione successive. Le camere di lavorazione successive possono essere atte a realizzare una o più fasi di cottura a forno e una o più fasi di pulizia. In una forma di realizzazione, il sistema è un modulo posizionato nello strumento Softline™ disponibile dalla Baccini S.p.A., la quale è di proprietà di Applied Materials, Inc. di Santa Clara, California. Mentre la discussione precedente descrive principalmente i procedimenti di stampa serigrafica di uno schema, come una struttura di contatto o di interconnessione, su una superficie di un dispositivo a cella solare, questa configurazione non deve essere intesa come limitante dell'ambito dell'invenzione qui descritta. Altri materiali di substrato che possono trarre beneficio dall'invenzione includono substrati che possono avere una regione attiva la quale contiene silicio a cristallo monocristallino, silicio multicristallino, silicio policristallino o altri desiderabili materiali di substrato.

Sistema di ispezione ottica migliorato

Forme di realizzazione dell'invenzione prevedono anche genericamente un nuovo procedimento di

realizzazione di celle solari che comprende la
realizzazione di contatti metallici sopra regioni
fortemente drogate 241 che sono realizzate secondo
uno schema 230 desiderato su una superficie di un
5 substrato. Forme di realizzazione dell'invenzione
prevedono anche un sistema di ispezione ed
un'attrezzatura di supporto che viene usata per
posizionare in maniera affidabile una struttura di
contatto metallica similarmnte sagomata, o secondo
10 uno schema, sulle regioni fortemente drogate
secondo uno schema per consentire la realizzazione
di un contatto Ohmico. La figura 2A è una vista in
pianta di una superficie 251 di un substrato 250
che ha una regione 241 fortemente drogata ed una
15 struttura di contatto metallico 242 secondo uno
schema realizzata su di essa, come i pettini 260.
La figura 2B è una vista trasversale in sezione
laterale realizzata in corrispondenza della linea
di sezione 2B-2B illustrata in figura 2A, e
20 illustra una porzione della superficie 251 che ha
un pettine 260 metallico disposto sulla regione 241
fortemente drogata. Come discusso prima, la
struttura di contatto metallica, come i pettini 260
e le barre collettrici 261, viene realizzata sulle
25 regioni 241 fortemente drogate in modo che possa

essere realizzata una connessione di elevata qualità elettrica fra queste due regioni. Contatti stabili a bassa resistenza sono critici per la prestazione della cella solare. Le regioni 241
5 fortemente drogate comprendono generalmente porzioni di un substrato 250 che ha una resistenza superficiale inferiore a circa 50 Ohm per quadro ($\Omega/\square$). In una forma di realizzazione preferenziale, la regione fortemente drogata 241 è
10 realizzata in un substrato di silicio e ha un livello di drogaggio maggiore di 10^{18} atomi/cm³. Un tipo di regioni 241 fortemente drogate secondo uno schema può essere realizzata mediante litografia convenzionale e tecniche di impianto ionico, o
15 mediante tecniche di mascheratura dielettrica convenzionale e diffusione in forno ad elevata temperatura le quali sono ben conosciute nella tecnica nota. Tuttavia, i procedimenti di allineamento e deposizione delle strutture 242 di
20 contatto metallico sulle regioni 241 fortemente drogate sono difficili usando le tecniche convenzionali, poiché tipicamente non c'è alcun modo per rilevare agevolmente il reale allineamento e orientamento dello schema sulla regione 241
25 fortemente drogata realizzato sulla superficie 251

del substrato 250 usando queste tecniche. Si ritiene che la capacità di rilevare l'effettivo allineamento ed orientamento dello schema della regione fortemente drogata 241 realizzata è
5 particolarmente difficile dopo che entrambe le regioni fortemente drogate e leggermente drogate realizzate nel substrato 250 vengono coperte con uno strato di rivestimento antiriflesso.

Forme di realizzazione dell'invenzione prevedono
10 così procedimenti per prima determinare l'effettivo allineamento ed orientamento delle regioni 241 fortemente drogate secondo uno schema e poi realizzare i contatti metallici secondo uno schema sulla superficie delle regioni 241 fortemente
15 drogate usando l'informazione raccolta. La figura 4A illustra una forma di realizzazione di un sistema 400 di ispezione ottica il quale è configurato per determinare l'effettivo allineamento ed orientamento dello schema 230
20 della(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e) realizzate su una superficie di un substrato 250. Il sistema di ispezione ottica 400 contiene generalmente una o più sorgenti di radiazione elettromagnetica, come sorgenti di radiazione 402 e
25 403, le quali sono configurate per emettere

radiazione ad una desiderata lunghezza d'onda ed un gruppo di rilevazione 401 che è configurato per acquisire la radiazione riflessa o non assorbita in modo tale che l'allineamento e l'orientamento delle
5 regioni 241 fortemente drogate possa essere otticamente determinato rispetto alle altre regioni non fortemente drogate del substrato 250. I dati di orientamento ed allineamento raccolti dal gruppo di rilevazione 401 vengono poi consegnati ad un
10 controllore 101 di sistema che è configurato per regolare e controllare la posizione della struttura di contatto metallica, come i pettini 260, sulla superficie delle regioni 241 fortemente drogate mediante l'uso di una tecnica di metallizzazione
15 secondo uno schema. Le tecniche di metallizzazione secondo uno schema possono comprendere procedimenti di stampa serigrafica, procedimenti di stampa a getto di inchiostro, procedimenti litografici e di deposizione di fogli metallici, o altri
20 procedimenti similari di metallizzazione secondo uno schema. In una forma di realizzazione, i contatti metallici sono disposti sulla superficie del substrato 250 usando un procedimento di stampa serigrafica realizzato in un sistema 100 di stampa
25 serigrafica, come discusso nel seguito assieme alle

figure 3A-3D.

In configurazioni in cui le regioni 241
fortemente drogate sono realizzate all'interno di
un substrato di silicio, si ritiene che la
5 radiazione elettromagnetica emessa a lunghezze
d'onda all'interno delle regioni di lunghezza
d'onda dell'ultravioletto (UV) e dell'infrarosso
(IR) sarà in maniera preferenziale assorbita,
riflessa o trasmessa dal substrato in silicio o
10 dalle regioni fortemente drogate. La differenza
nella trasmissione, assorbimento o riflessione
della radiazione emessa può così essere usata per
creare un certo contrasto distinguibile che può
essere rilevato dal gruppo di rilevazione 401 e dal
15 controllore di sistema 101. In una forma di
realizzazione preferenziale, è desiderabile
emettere radiazioni elettromagnetiche a lunghezze
d'onda fra circa 850 nm e 4 microns (μm). In una
forma di realizzazione, una o più delle sorgenti di
20 radiazione 402 e 403 sono diodi ad emissione di
luce (LEDs) i quali sono atti ad erogare una o più
delle desiderate lunghezze d'onda luminose.

In una forma di realizzazione, il sistema di
ispezione ottica 400 ha una sorgente di radiazione
25 402 la quale è configurata per erogare radiazione

elettromagnetica "B1", ad una superficie 252 di un substrato 250 che è opposto al lato del substrato sul quale è disposto il gruppo di rilevazione 401. In un esempio, la sorgente di radiazione 402 è
5 disposta adiacente alla parte posteriore di un substrato 250 di cella solare ed il gruppo di rilevazione 401 è disposto adiacente alla superficie anteriore del substrato 250. In questa configurazione, è desiderabile utilizzare una
10 radiazione ottica maggiore di quella del bordo di assorbimento del silicio, maggiore di circa 1060 nm per consentire che la radiazione elettromagnetica "B1" emessa passi attraverso il substrato 250 e venga erogata verso il gruppo di rilevazione 401
15 seguendo il percorso "C". Si ritiene che a causa dell'elevato livello di drogaggio (ad esempio $> 10^{18}$ atomi/cm³) nelle regioni fortemente drogate rispetto al substrato di silicio tipicamente drogato in maniera inferiore (ad esempio $< 10^{17}$
20 atomi/cm³), tipicamente utilizzato nelle applicazioni di celle solari, le proprietà di assorbimento o trasmissione saranno significativamente differenti per ciascuna di queste regioni all'interno di queste lunghezze
25 d'onda. In una forma di realizzazione, è

desiderabile confinare le lunghezze d'onda emesse in un intervallo fra circa 1.1 μm e circa 1.5 μm . In un esempio, le regioni fortemente drogate hanno una resistenza superficiale di almeno 50 Ohm per
5 quadro.

In un'altra forma di realizzazione del sistema di ispezione ottica 400, una sorgente di radiazione 403 è configurata per erogare una radiazione elettromagnetica "B2" ad una superficie 251 di un
10 substrato 250 la quale è sullo stesso lato del substrato come il gruppo di rilevazione 401 in modo che una o più delle lunghezze d'onda emesse verranno assorbite o riflesse da porzioni del substrato 250 o delle regioni 241 fortemente
15 drogate ed erogate alla telecamera seguendo il percorso "C". In questa configurazione, è desiderabile emettere radiazione ottica a lunghezze d'onda fra circa 300 nm e 4 microns (μm) fino a quando un contrasto desiderato fra le regioni possa
20 essere rilevato dal gruppo di rilevazione 401. In un esempio, è desiderabile emettere radiazione ottica a lunghezze d'onda fra circa 850 nm e 4 microns (μm). In un altro esempio, è desiderabile usare una sorgente di radiazione 403 che emette
25 lunghezze d'onda di luce più corte, come le

lunghezze d'onda nell'intervallo del blu vicino all'UV (cioè 300-450nm), in quanto si ritiene che questo intervallo fornisca un miglior contrasto ottico quando si utilizza una tecnica di
5 rilevazione ottica del tipo a riflessione.

In una forma di realizzazione del sistema di ispezione ottica 400, due sorgenti di radiazione 402 e 403 e uno o più gruppi di rilevazione 401 vengono usati per agevolare ulteriormente la
10 rilevazione dello schema delle regioni 241 fortemente drogate sulla superficie del substrato 250. In questo caso può essere desiderabile configurare le sorgenti di radiazione 402 e 403 in modo che emettano radiazione alle stesse o a
15 differenti lunghezze d'onda.

Il gruppo di rilevazione 401 comprende un rilevatore di radiazione elettromagnetica, una telecamera o altro dispositivo simile il quale è configurato per misurare l'intensità delle
20 radiazione elettromagnetica ricevuta ad una o più lunghezze d'onda. In una forma di realizzazione, Il gruppo di rilevazione 401 comprende una telecamera 401A la quale è configurata per rilevare e determinare gli elementi distintivi su una
25 superficie di un substrato all'interno di un

intervallo di lunghezza d'onda desiderato emesso da una o più delle sorgenti di radiazione 402 o 403. In una forma di realizzazione, la telecamera 401A è una telecamera del tipo a InGaAs la quale ha una
5 schiera di CCD raffreddati per aumentare il rapporto segnale-rumore del segnale rilevato. In alcune configurazioni, è desiderabile isolare il gruppo di rilevazione 401 dalla luce ambiente oscurando o schermando le aree fra la superficie
10 251 del substrato 250 e la telecamera 401A.

In una forma di realizzazione, il gruppo di rilevazione 401 comprende anche uno o più filtri ottici (non illustrati) i quali sono disposti fra la telecamera 401A e la superficie del substrato
15 251. In questa configurazione, il filtro(o) ottico(i) è(sono) selezionato(i) per consentire solamente il passaggio di certe lunghezze d'onda desiderate verso la telecamera 401A per ridurre la quantità di energia non voluta che viene ricevuta
20 dalla telecamera 401A al fine di aumentare il rapporto segnale-rumore della radiazione rilevata. Il filtro(i) ottico(i) può(possano) essere un filtro passa banda, un filtro a banda stretta, un filtro ottico a margini, un filtro sopprimi banda,
25 o un filtro a banda larga acquistato, ad esempio,

dalla Barr Associates, Inc. o dalla Andover Corporation. Secondo un altro aspetto dell'invenzione, un filtro ottico è aggiunto fra le sorgenti di radiazione 402 o 403 e il substrato 250
5 per limitare le lunghezze d'onda proiettate sul substrato e rilevate dalla telecamera 401A. In questa configurazione, può essere desiderabile selezionare le sorgenti di radiazione 402 o 403 che possono erogare un intervallo ampio di lunghezze
10 d'onda e usare filtri per limitare le lunghezze d'onda che colpiscono la superficie del substrato.

La figura 3A è una vista schematica isometrica e la figura 3B è una vista in pianta dall'alto che illustrano una forma di realizzazione di un sistema
15 di stampa serigrafica, o sistema 100, che può essere utilizzato assieme a forme di realizzazione della presente invenzione per realizzare i contatti metallici secondo uno schema desiderato su una superficie di un substrato 250 di cella solare
20 usando il sistema di ispezione ottica 400. In una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un convogliatore di ingresso 111, un gruppo attuatore rotante 130, una camera di stampa serigrafica 102, ed un convogliatore di uscita 112. Il convogliatore
25 di ingresso 111 può essere configurato per ricevere

un substrato 250 da un dispositivo di ingresso, quale un convogliatore di alimentazione 113 (cioè il percorso "A" nella figura 3B), e trasferire il substrato 250 ad un nido di stampa 131 accoppiato
5 al gruppo attuatore rotante 130. Il convogliatore di uscita 112 può essere configurato per ricevere un substrato 250 lavorato da un nido di stampa 131 accoppiato al gruppo attuatore rotante 130 e trasferire il substrato 250 ad un dispositivo di
10 rimozione substrato, quale un convogliatore di evacuazione 114 (cioè il percorso "E" in figura 3B). Il convogliatore di alimentazione 113 e il convogliatore di evacuazione 114 possono essere dispositivi di gestione automatica substrato che
15 sono parte di una linea di produzione più grande. Ad esempio, il convogliatore di alimentazione 113 e il convogliatore di evacuazione 114 possono far parte dello strumento Softline™, della quale il sistema 100 può essere un modulo.

20 Il gruppo attuatore rotante 130 può essere ruotate e posizionato angularmente attorno all'asse "F" mediante un attuatore rotante (non illustrato) e un controllore 101 di sistema, in modo tale che i nidi 131 di stampa possano essere selettivamente
25 posizionati in maniera angolare all'interno del

sistema 100 (cioè i percorsi "D1" e "D2" nella figura 3B). Il gruppo attuatore rotante 130 può anche avere uno o più componenti di supporto per agevolare il controllo dei nidi di stampa 131 o di
5 altri dispositivi automatici usati per realizzare una sequenza di lavorazione substrato nel sistema 100.

In una forma di realizzazione, il gruppo attuatore rotante 130 comprende quattro nidi di
10 stampa 131, o supporti substrato, ciascuno dei quali è atto a supportare un substrato 250 durante il procedimento di stampa serigrafica realizzato all'interno della camera di stampa serigrafica 102. La figura 3B illustra schematicamente la posizione
15 del gruppo attuatore rotante 130 nella quale un nido di stampa 131 è in posizione "1" per ricevere un substrato 250 dal convogliatore di ingresso 111, un altro nido di stampa 131 è in posizione "2" all'interno della camera di stampa serigrafica 102,
20 così che un altro substrato 250 può ricevere uno schema serigrafato su una sua superficie, un altro nido di stampa 131 è in posizione "3" per il trasferimento di un substrato 250 lavorato verso il convogliatore di uscita 112, e un altro nido di
25 stampa 131 è in posizione "4", la quale è uno

stadio intermedio fra le posizioni "1" e "3".

Come illustrato in figura 3C, un nido di stampa 131 è generalmente composto da un gruppo convogliatore 139 che ha una bobina di alimentazione 135, una bobina di raccolta 136, 5 rulli 140 ed uno o più attuatori 148, i quali sono accoppiati alla bobina di alimentazione 135 e/o alla bobina di raccolta 136, che sono atte ad alimentare e trattenere un materiale di supporto 10 137 posizionato attraverso una piastra 138. La piastra 138 ha generalmente una superficie di supporto substrato sulla quale il substrato 250 e il materiale di supporto 137 vengono posizionati durante il procedimento di stampa serigrafica 15 realizzato nella camera di stampa serigrafica 102. In una forma di realizzazione, il materiale di supporto 137 è un materiale poroso che permette ad un substrato 250, disposto su un fianco del materiale di supporto 137, di essere trattenuto 20 alla piastra 138 mediante un vuoto applicato al fianco opposto del materiale di supporto 137 con un dispositivo di generazione vuoto convenzionale (ad esempio una pompa a vuoto, un estraattore a vuoto). In una forma di realizzazione, un vuoto viene 25 applicato ad aperture di vuoto (non illustrate)

realizzate sulla superficie di supporto substrato 138A della piastra 138 in modo che il substrato possa essere "bloccato" alla superficie di supporto substrato 138A della piastra 138. In una forma di
5 realizzazione, il materiale di supporto 137 è un materiale traspirante il quale è composto, ad esempio, da una carta traspirante del tipo utilizzato per le sigarette o altro materiale analogo, come un materiale plastico o tessile che
10 realizza la stessa funzione. In un esempio, il materiale di supporto 137 è una carta di sigarette che non contiene linee di benzene.

In una configurazione, gli attuatori 148 sono accoppiati a, o sono atti ad impegnarsi con, la
15 bobina di alimentazione 135 e una bobina di raccolta 136 in modo che la movimentazione di un substrato 250 posizionato sul materiale di supporto 137 possa essere accuratamente controllato all'interno del nido di stampa 131. In una forma di
20 realizzazione, la bobina di alimentazione 135 e la bobina di raccolta 136 sono ciascuna atta a ricevere estremità opposte di una lunghezza del materiale di supporto 137. In una forma di realizzazione, ciascuno degli attuatori 148
25 comprende una o più ruote motrici 147 che sono

accoppiate a, o in contatto con, la superficie del materiale di supporto 137 posizionato sulla bobina di alimentazione 135 e/o sulla bobina di raccolta 136 per controllare la movimentazione e la
5 posizione del materiale di supporto 137 attraverso la piastra 138.

In una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un gruppo di ispezione 200 atto ad ispezionare un substrato 250 disposto sul nido di
10 stampa 131 in posizione "1". Il gruppo di ispezione 200 può comprendere una o più telecamere 121 posizionate per ispezionare un substrato 250 entrante, o lavorato, disposto sul nido di stampa 131 in posizione "1". In questa configurazione, il
15 gruppo di ispezione 200 comprende almeno una telecamera 121 (ad esempio una telecamera CCD) ed altri componenti elettronici capaci di ispezionare e comunicare i risultati dell'ispezione al controllore 101 di sistema usato per analizzare
20 l'orientamento e la posizione del substrato 250 sul nido di stampa 131. In un'altra forma di realizzazione il gruppo di ispezione 200 comprende il sistema di ispezione ottica 400, sopra discusso.

La camera di stampa serigrafica 102 è atta a
25 depositare il materiale secondo uno schema

desiderato sulla superficie del substrato 250
posizionato sul nido di stampa 131 nella posizione
"2" durante il processo di stampa serigrafica. In
una forma di realizzazione, la camera di stampa
5 serigrafica 102 contiene una pluralità di
attuatori, per esempio, attuatori 102A (ad esempio
motori passo-passo o servo motori) che sono in
comunicazione con il controllore 101 di sistema e
sono usati per regolare la posizione e/o
10 l'orientamento angolare della maschera di stampa
serigrafica 102B (figura 3B) disposta all'interno
della camera di stampa serigrafica 102 rispetto al
substrato 250 che viene stampato. In una forma di
realizzazione, la maschera di stampa serigrafica
15 102B è un foglio o una piastra metallica con una
pluralità di elementi distintivi 102C (figura 3B),
quali fori, fessure, o altre aperture realizzate
attraverso di essa per definire uno schema e una
disposizione del materiale serigrafato (cioè
20 inchiostro o pasta) su una superficie del substrato
250. In generale, lo schema serigrafato che deve
essere depositato sulla superficie del substrato
250 è allineato al substrato 250 in maniera
automatica orientando la maschera di stampa
25 serigrafica 102B in una posizione desiderata sulla

superficie substrato usando gli attuatori 102A e l'informazione ricevuta dal controllore di sistema 101 dal gruppo di ispezione ottica 200. In una forma di realizzazione, la camera di stampa serigrafica 102 è atta a depositare un materiale contenente metallo o dielettrico su un substrato di cella solare avente una larghezza fra circa 125 mm e circa 156 mm e una lunghezza fra circa 70 mm e circa 156 mm. In una forma di realizzazione, la camera di stampa serigrafica 102 è atta a depositare una pasta contenente metallo sulla superficie del substrato per realizzare la struttura di contatto metallico sulla superficie di un substrato.

Il controllore 101 di sistema agevola il controllo e l'automazione di tutto il sistema 100 e può comprendere una unità di elaborazione centrale (CPU) (non illustrata), una memoria (non illustrata), e circuiti ausiliari (o I/O) (non illustrati). La CPU può essere un qualsiasi tipo di processore per computer che sono utilizzati nelle regolazioni industriali per controllare differenti processi di camera e dispositivi hardware (come convogliatori, gruppi di ispezione ottica, motori, dispositivi di erogazione fluidi, ecc.) e

monitorare il sistema e i processi di camera (come la posizione substrato, i tempi di processo, i rivelatori di segnale ecc.). La memoria è connessa alla CPU, e può essere una o più fra quelle
5 prontamente disponibili, come una memoria ad accesso casuale (RAM), una memoria a sola lettura (ROM), floppy disc, disco rigido, o qualsiasi altra forma di immagazzinamento digitale, locale o remota. Le istruzioni software e i dati possono
10 essere codificati e memorizzati nella memoria per comandare la CPU. Anche i circuiti ausiliari sono connessi alla CPU per aiutare il processore in maniera convenzionale. I circuiti supporto possono includere circuiti cache, circuiti di
15 alimentazione, circuiti di clock, circuiteria di ingresso/uscita, sottosistemi, e similari. Un programma (o istruzioni computer) leggibile dal controllore 101 di sistema determina quali compiti possono essere realizzati su un substrato.
20 Preferibilmente, il programma è un software leggibile dal controllore 101 di sistema, il quale comprende un codice per generare e memorizzare almeno informazioni di posizione del substrato, la sequenza di movimento dei vari componenti
25 controllati, informazioni del sistema di ispezione

substrato, e qualsiasi altra corrispondente
combinazione. In una forma di realizzazione della
presente invenzione, il controllore 101 di sistema
comprende un codice di riconoscimento schema per
5 distinguere le posizioni delle regioni 241
fortemente drogate e/o le tracce di allineamento
801 come descritto di seguito con riferimento alle
figure 4A-4B, 9A-9D e 10.

In un tentativo di determinare direttamente
10 l'allineamento e l'orientamento delle regioni 241
fortemente drogate realizzate sulla superficie 251
substrato prima di realizzare su di essa uno strato
conduttivo secondo uno schema, il controllore 101
di sistema può usare uno o più dei sistemi di
15 ispezione ottici 400 per raccogliere i dati
desiderati. La figura 4B illustra una forma di
realizzazione del sistema di ispezione ottica 400
il quale è incorporato in parte del nido di stampa
131 e del gruppo di ispezione ottica 200. In una
20 forma di realizzazione, il gruppo di ispezione 200
comprende una telecamera 401A, e il nido di stampa
131 comprende un gruppo convogliatore 139, un
materiale di supporto 137, una piastra 138, e una
sorgente di radiazione 402. In questa
25 configurazione, la sorgente di radiazione 402 è

atta ad emettere radiazione elettromagnetica "B1" verso una superficie 252 di un substrato 250 attraverso il materiale di supporto 137 e la piastra 138 sul quale il substrato 250 viene
5 "bloccato". La radiazione elettromagnetica "B1" emessa passa poi attraverso porzioni di substrato e segue il percorso "C" verso la telecamera 401A la quale è posizionata per ricevere una porzione della radiazione emessa. In generale, il materiale di
10 supporto 137 e la piastra 138 sono realizzate di materiali e hanno uno spessore che non influenza in maniera significativa il rapporto segnale-rumore della radiazione elettromagnetica ricevuta e processata dalla tale camera 401A e dal controllore
15 101 di sistema. In una forma di realizzazione, la piastra 138 è realizzata da un materiale otticamente trasparente, come zaffiro, il quale non blocca in maniera significativa le lunghezze d'onda luminose UV e IR. Come precedentemente discusso, in
20 un'altra forma di realizzazione, una sorgente di radiazione 403 è configurata per erogare una radiazione elettromagnetica "B2" verso una superficie 251 di un substrato 250 che è posizionato sul materiale di supporto 137 e sulla
25 piastra 138 in modo che una o più delle lunghezze

d'onda emesse verrà assorbita o riflessa da porzioni di substrato 250 ed erogate verso la telecamera 401A seguendo il percorso "C".

La figura 3D è una vista schematica isometrica di
5 una forma di realizzazione del gruppo attuatore
rotante 130 la quale illustra un gruppo di
ispezione 200 che è posizionato per ispezionare una
superficie 251 di un substrato 250 disposto su un
nido di stampa 131. In una forma di realizzazione,
10 una telecamera 401A è posizionata sulla superficie
251 del substrato 250 in modo che un'area di
visuale 122 della telecamera 121 possa ispezionare
almeno una regione della superficie 251.
L'informazione ricevuta dalla telecamera 401A è
15 utilizzata per allineare la maschera di stampa
serigrafica, e così il materiale successivamente
depositato, sulle regioni 241 fortemente drogate
mediante l'utilizzo di comandi inviati agli
attuatori 102A dal controllore 101 di sistema.
20 Durante la normale sequenza di lavorazione vengono
raccolti i dati di informazione posizione delle
regioni 241 fortemente drogate per ciascun
substrato 250 posizionato su ciascun nido di stampa
131 prima che questo venga erogato alla camera di
25 stampa serigrafica 102. Il gruppo di ispezione 200

può anche includere una pluralità di sistemi di
ispezione ottica 400 i quali sono atti a vedere
differenti aree di substrato 250 posizionate su un
nido di stampa 131 per aiutare a distinguere meglio
5 lo schema 230 realizzato sul substrato. La figura
10 illustra una configurazione del sistema di
ispezione ottica 400 che ha una pluralità di tale
camere 401B-401D le quali sono posizionate per
vedere differenti posizioni di uno schema 230
10 realizzato sulla superficie 251 del substrato 250.
In una forma di realizzazione, ciascuna della
pluralità di telecamere 401B-401D sono posizionate
per vedere differenti posizioni dello schema 230
realizzato e/o una o più tracce di allineamento
15 801 (figura 10) realizzate sulla superficie 251.

Procedimento di realizzazione di celle solari

Forme di realizzazione dell'invenzione prevedono
anche generalmente un nuovo procedimento di
realizzazione di celle solari che comprende un
20 procedimento di metallizzazione lato-anteriore
migliorato per creare un dispositivo a cella solare
con prestazioni maggiori. I procedimenti di
deposizione metallica lato-anteriore convenzionali
comprendono la realizzazione di una struttura di
25 contatto metallica (ad esempio pettini e barre

collettrici) su regioni fortemente drogate la quale è disposta all'interno di una superficie anteriore testurizzata del substrato cella solare. I procedimenti tipici di testurizzazione prevedono una superficie avente una rugosità compresa fra circa 1 micron (μm) e circa 10 μm . La deposizione dei materiali contenenti metallo usati per realizzare i pettini e le barre collettrici sulla superficie testurizzata possono influire di molto sulla resistenza elettrica dei pettini e delle barre collettrici realizzate, a causa dell'area di superficie aumentata che il metallo depositato deve coprire rispetto ad un'area non testurizzata. In maniera simile, la rugosità della superficie testurizzata influenza anche di molto la risoluzione spaziale delle regioni fortemente drogate formate a causa dell'aumento di area superficiale di queste regioni attraverso le quali gli atomi droganti passeranno durante il procedimento di realizzazione rispetto ad una superficie non testurizzata. Anche, come notato prima, le tecniche di ispezione convenzionali non sono tipicamente in grado di determinare otticamente la posizione delle regioni fortemente drogate su una superficie substrato. Perciò, c'è

anche una necessità di un procedimento di
realizzazione di celle solari migliorato che
permetta la realizzazione di una struttura di
contatto metallica a bassa resistenza. È anche
5 desiderabile posizionare in maniera affidabile i
pettini e le barre collettrici sulle regioni
fortemente drogate per garantire che venga
realizzato un pieno contatto Ohmico fra le regioni
241 fortemente drogate e i pettini e le barre
10 collettrici. È inoltre desiderabile realizzare un
procedimento di realizzazione di celle solari che
permetta ai pettini e alle barre collettrici di
essere realizzati su regioni della superficie
anteriore che non è stata testurizzata.

15 Fasi generali del procedimento di realizzazione
di celle solari

Le figure 5A-5G illustrano viste in sezione
trasversale schematiche di un substrato 250 di
cella solare durante differenti stadi di una
20 sequenza di lavorazione utilizzata per formare un
dispositivo 300 a cella solare che ha una struttura
di contatto metallica realizzata su una superficie
251. La figura 6A illustra una sequenza di
lavorazione 600A usata per formare la(e) regione(i)
25 attiva(e) e/o la struttura di contatto metallica

sulla cella solare 300. La sequenza trovata in figura 6A corrisponde agli stadi illustrati nelle figure 5A-5G, che sono qui discussi.

Nel blocco 602, e come illustrato nelle figure 5A
5 e 6A, le superfici del substrato 250 vengono pulite per rimuovere qualsiasi materiale o rugosità indesiderato. In una forma di realizzazione, il processo di pulizia può essere realizzato utilizzando un procedimento di pulizia a gruppi in
10 cui i substrati vengono esposti ad una soluzione pulente. I substrati possono essere puliti usando un procedimento di pulizia per via umida in cui vengono spruzzati, inondati o immessi in una soluzione pulente. La soluzione pulente può essere
15 una soluzione pulente SC1 convenzionale, una soluzione pulente SC2, una soluzione pulente del tipo HF-last, una soluzione pulente con acqua ozonizzata, una soluzione con acido idrofluorico (HF) e perossido di idrogeno (H_2O_2) o altre
20 soluzioni pulenti adatte ed economiche. Il procedimento di pulizia può essere effettuato sul substrato fra circa 5 secondi e circa 600 secondi, come circa 120 secondi. In un'altra forma di realizzazione, il procedimento di pulizia per via
25 umida può comprendere un procedimento a due fasi in

cui viene prima effettuata una fase di rimozione
danni da taglio sul substrato e poi viene
effettuata una seconda fase di prepulizia. In una
forma di realizzazione, la fase di rimozione danni
5 da taglio comprende l'esposizione del substrato ad
una soluzione acquosa comprendente idrossido di
potassio (KOH) che viene mantenuto a circa 70°C per
un desiderato periodo di tempo.

Nel blocco 604, come illustrato nelle figure 5B e
10 6A, un primo materiale drogante 329 viene
depositato su una o più regioni isolate 318
realizzate sulla superficie 251 del substrato 250.
In una forma di realizzazione, il primo materiale
drogante 329 viene depositato o stampato secondo
15 uno schema desiderato 230 (figura 2A) mediante
l'utilizzo della stampa serigrafica, stampa a getto
di inchiostro, timbraggio a gomma o altri simili
processi. In una forma di realizzazione, il primo
materiale drogante 329 viene depositato usando un
20 procedimento di stampa serigrafica discusso assieme
alle figure 3A-3D e 4A-4B. In una forma di
realizzazione, il procedimento di stampa
serigrafica viene realizzato mediante uno strumento
Softline™ disponibile dalla Baccini S.p.A., una
25 divisione della Applied Materials, Inc. di Santa

Clara, California. Il primo materiale drogante 329 può inizialmente essere un liquido, una pasta, o un gel che viene utilizzato per realizzare le regioni 241 fortemente drogate nel substrato 250 in una
5 fase di lavorazione successiva. In generale, il primo materiale drogante 329 è formulato in modo tale che possa fungere da maschera durante la(e) successiva(e) fase(i) di testurizzazione (blocco 606). In una forma di realizzazione il primo
10 materiale drogante 329 è formulato in maniera da contenere un materiale organico e/o simile a vetro che non viene aggredito dalla chimica della lavorazione di testurizzazione ed è strutturalmente in grado di essere un materiale di mascheratura
15 affidabile durante una o più delle successive fasi di lavorazione. In alcuni casi, dopo aver disposto il primo materiale drogante 329 sulla superficie 251 il substrato viene riscaldato ad una temperatura desiderabile per far sì che il primo
20 materiale drogante 329 vulcanizzi, si addensi, e/o formi un legame con la superficie 251. In una forma di realizzazione, il primo materiale drogante 329 è un gel o una pasta che contiene un drogante di tipo-n che viene disposto su un substrato drogato
25 di tipo-p 110. Tipici droganti di tipo-n utilizzati

nella produzione di celle solari al silicio sono
elementi quali fosforo (P), arsenico (As), o
antimonio (Sb). In un esempio, il primo materiale
drogante 329 comprende un gel o una pasta avente
5 fosfato di calcio o fosfato di bario disposto in
esso. In una forma di realizzazione, il primo
materiale drogante 329 è fosforo contenente pasta
drogante che viene depositata sulla superficie 251
e poi riscaldata ad una temperatura fra circa 80° C
10 e circa 500° C. In una forma di realizzazione, il
primo materiale drogante 329 può contenere
materiali selezionati da un gruppo comprendente
elementi preliminari di vetro fosfosilicato, acido
fosforico (H_3PO_4), acido fosforoso (H_3PO_3), acido
15 ipofosforoso (H_3PO_2), e/o differenti loro sali di
ammonio. In una forma di realizzazione, il primo
materiale drogante 329 è un gel o una pasta di
fosfosilicato che contiene fra circa 2 e circa 30
per cento atomico di fosforo rispetto al silicio. In
20 un'altra forma di realizzazione, il primo materiale
drogante 329 comprende una miscela vetrificabile
contenente un drogante, come un materiale vetroso
contenente fosforo, ed un materiale legante, il
quale è configurato per resistere all'aggressione
25 dalla chimica di incisione di testurizzazione. In

un'altra forma di realizzazione, il primo materiale drogante 329 può comprendere un materiale legante organico che ha particelle di silicio amorfo drogate con fosforo disposte al suo interno. In qualche caso, il primo materiale drogante 329 contiene un materiale legante idrofobo che è selezionato per resistere all'aggressione della chimica di incisione umida di testurizzazione. Mentre la precedente discussione fornisce esempi di utilizzo di un drogante di tipo-n con un substrato di tipo-p questa configurazione non deve essere considerata limitativa dell'ambito dell'invenzione qui descritta, in quanto è previsto anche un drogante di tipo-p (ad esempio boro (B), alluminio (Al) gallio (Ga)) usato in un substrato di tipo-n.

Nel blocco 606, come illustrato nelle figure 5C e 6A, un procedimento di testurizzazione viene eseguito sulla superficie 251 del substrato 250 per formare una superficie testurizzata 351. In una forma di realizzazione, la superficie 251 è il lato anteriore del substrato di cella solare che è atto a ricevere la luce solare dopo che la cella solare è stata formata. In un esempio, il substrato viene inciso in una soluzione di incisione comprendente fra circa 2.7% in volume di idrossido di potassio

(KOH) e circa 4500 ppm di 300 MW PEG la quale viene mantenuta ad una temperatura di circa 79-80° C per circa 30 minuti. Un esempio di un procedimento di testurizzazione è ulteriormente descritto nella
5 domanda di brevetto US numero 12/383.350, depositata il 23 marzo 2009, (fascicolo mandatario no. APPM/13323), la quale è qui interamente incorporata per riferimento.

Nel blocco 608, come illustrato nelle figure 5D e
10 6A, il substrato viene riscaldato ad una temperatura maggiore di 800° C per far sì che gli elementi droganti nel primo materiale drogante 329 si diffondano nella superficie 251 per formare le regioni 241 fortemente drogate. Perciò, poiché il
15 primo materiale drogante 329 è concepito per agire come una maschera per la chimica di testurizzazione, le regioni 241 fortemente drogate comprendono generalmente regioni relativamente
piatte 341 che sono non testurizzate e facilmente
20 distinguibili mediante tecniche di ispezione ottica ed anche ad occhio nudo. In una forma di realizzazione, è desiderabile consentire a porzioni del primo materiale drogante 329 di vaporizzare durante il procedimento di riscaldamento per
25 consentire ai vapori di drogare in maniera leggera

le altre regioni esposte 328 della superficie 251
substrato per agevolare la realizzazione della
porzione di giunzione del dispositivo a cella
solare. In una forma di realizzazione, il substrato
viene riscaldato ad una temperatura fra circa 800°
C e circa 1300° C alla presenza di azoto (N_2),
ossigeno (O_2), idrogeno (H_2), aria, o loro
corrispondenti combinazioni fra circa 1 e circa 120
minuti. In un esempio, il substrato viene
riscaldato in un ambiente ricco di azoto (N_2) in
una camera termica a ricottura rapida (RTA) ad una
temperatura di circa 1000° C per circa 5 minuti.
Dopo aver effettuato i processi nel blocco 608 le
regioni 241 fortemente drogate hanno generalmente
una forma ed uno schema coniugate alla forma ed
allo schema del primo materiale drogante 329
disposto sulla superficie 251 durante i processi
realizzati nel blocco 604. In un esempio, come
schematicamente illustrato in figura 2A, lo schema
delle regioni 241 fortemente drogate viene
configurato per essere coniugato agli elementi
contenuti nella struttura di contatto metallica 242
secondo uno schema, quali i pettini 260 e le barre
collettrici 261. La superficie 251 contiene
pertanto regioni di regioni piatte 341 non

testurizzate e regioni testurizzate (cioè la superficie testurizzata 351), come illustrato in figura 5D.

In una forma di realizzazione, un procedimento di pulizia opzionale viene effettuato sul substrato 250 dopo che il procedimento effettuato nel blocco 608 è stato completato per rimuovere qualsiasi residuo non desiderato e/o formare una superficie passivata. In una forma di realizzazione, il procedimento di pulizia può essere realizzato inumidendo le superfici del substrato con una soluzione pulente. In una forma di realizzazione, il procedimento di pulizia può essere effettuato inumidendo il substrato con una soluzione pulente, quale una soluzione pulente SC1, una soluzione pulente SC2, una soluzione pulente del tipo HF-fast, una soluzione di acqua ozonizzata, una soluzione con acido idrofluorico (HF) e perossido di idrogeno (H_2O_2) o altre soluzioni pulenti adatte e economiche. Il procedimento di pulizia può essere effettuato sul substrato per un intervallo fra circa 5 secondi e circa 600 secondi, quale da circa 30 secondi a circa 240 secondi, per esempio circa 120 secondi.

Nel blocco 610, come illustrato nelle figure 5E e

6A, uno strato antiriflesso 354 viene realizzato sulla superficie 251. In una forma di realizzazione, lo strato antiriflesso 354 comprende un sottile strato passivato/antiriflesso (cioè uno
5 strato di ossido di silicio, di nitruro di silicio). In un'altra forma di realizzazione, lo strato antiriflesso 354 comprende un sottile strato passivato/antiriflesso (cioè uno strato di ossido di silicio, di nitruro di silicio) e uno strato
10 trasparente di ossido conduttivo (TCO). In una forma di realizzazione, lo strato passivato antiriflesso può comprendere uno strato sottile (20-100Å) di silicio intrinsecamente amorfo (i-a-Si:H) seguito da uno strato ARC (cioè nitruro di
15 silicio), il quale può essere depositato mediante utilizzo di un procedimento di deposizione fisica di vapore (PVD) o un procedimento di deposizione chimica di vapore.

Nel blocco 612, come illustrato nelle figure 5F e
20 6A, le porzioni dello strato antiriflesso 354 sono opzionalmente incise per esporre le regioni 361 delle regioni 241 fortemente drogate in modo tale che lo(gli) strato(i) successivamente depositato(i) possa(no) essere disposti a stretto contatto con le
25 regioni 241 fortemente drogate. In un esempio, lo

schema inciso è coniugato allo schema usato per realizzare le regioni 241 fortemente drogate, come illustrato in figura 2A. I procedimenti tipici di incisione che possono essere utilizzati per realizzare lo strato antiriflesso 354 secondo uno schema possono includere ma non sono limitati a tecniche di realizzazione schemi o di incisione a secco, tecniche di ablazione laser, a tecniche di realizzazione schemi o di incisione a umido, o altri simili procedimenti. In una forma di realizzazione, un gel di incisione viene disposto sulla superficie 251 usando un procedimento e un sistema di stampa serigrafica qui discussi ed illustrati nelle figure 3A-3B e 7. In una forma di realizzazione, il procedimento di stampa serigrafica viene realizzato mediante uno strumento Softline™ disponibile dalla Baccini S.p.A., una divisione della Applied Materials, Inc. di Santa Clara, California. Un esempio di procedimento di incisione a secco del tipo con gel di incisione che può essere utilizzato per realizzare uno o più strati secondo uno schema viene ulteriormente discusso nelle domande di brevetto statunitensi assegnate in comune e copendente avente numero seriale 12/274,023 [Fascicolo mandatario #: APPM

12974.02], depositata il 19 novembre 2008, la quale è qui interamente incorporata per riferimento.

Nel blocco 614, come illustrato nelle figure 5G e 6A, uno strato conduttivo 370 viene depositato sulle regioni 241 fortemente drogate sulla superficie 251 del substrato 250. In una forma di realizzazione, lo strato conduttivo 370 realizzato ha uno spessore fra circa 500 e circa 50,000 angstroms (Å), una larghezza da circa 10 µm a circa 200 µm, e comprende un metallo, quale alluminio (Al), argento (Ag), stagno (Sn), cobalto (Co), renio (Rh), nichel (Ni), zinco (Zn), piombo (Pb), palladio (Pd), molibdeno (Mo), titanio (Ti), tantalio (Ta), vanadio (V), tungsteno (W), o cromo (Cr). In un esempio, lo strato conduttivo 370 è una pasta metallica che contiene argento (Ag) o stagno (Sn).

In una forma di realizzazione dei procedimenti effettuati nel blocco 614, come illustrato nella figura 7, lo strato conduttivo 370 è serigrafato sulla superficie 251 del substrato 250 usando il sistema 100 e le fasi di lavorazione trovate nella sequenza di lavorazione 700. La sequenza di lavorazione 700 comincia con la fase 702, nella quale un nido di stampa 131 che è in posizione "1"

riceve un substrato 250 dal convogliatore di ingresso 111 e "trattiene" il substrato sulla piastra 138.

Successivamente, nella fase 704, il controllore 5 101 di sistema e un sistema di ispezione ottica 400, il quale è configurato in maniera simile a quello illustrato nella figura 4B, vengono usati per rilevare lo schema delle regioni 241 fortemente drogate mediante utilizzo della radiazione 10 elettromagnetica emessa da una delle sorgenti di radiazione 402 e/o 403 e ricevute dalla telecamera 401A.

Successivamente, nella fase 706, il gruppo attuatore rotante 130 ruota il nido di stampa 131 15 verso la camera di stampa serigrafica 102 (cioè il percorso D1). Nella fase 706, il controllore 101 di sistema e gli attuatori 102A successivamente poi orientano ed allineano la maschera di stampa serigrafica, la quale ha uno schema di stampa 20 serigrafica desiderato realizzato su di essa, sulle regioni 241 fortemente drogate realizzate sul substrato 250 utilizzando i dati ricevuti durante la fase 704. Una volta che la maschera di stampa serigrafica è allineata, lo strato conduttivo 370 è 25 disposto sulle regioni 241 fortemente drogate

erogando lo strato conduttivo in pasta o gel attraverso i segni distintivi realizzati sulla maschera 102B di stampa serigrafica. Successivamente, il substrato 250 lavorato viene
5 poi trasferito al convogliatore di uscita 112 (cioè il percorso D2) in modo che possa essere trasferito ad altre successive camere di lavorazione.

In una forma alternativa della fase 704 contenuta nel blocco 614, il gruppo di ispezione ottica 200 e
10 il controllore 101 di sistema sono configurati per determinare la posizione e l'orientamento delle regioni 241 fortemente drogate formate sulla superficie 251 substrato, in base al contrasto creato tra la superficie 351 testurizzata e le
15 regioni piatte 341 realizzate durante le fasi di lavorazione contenute nei blocchi 602-612. In questa configurazione, il gruppo di ispezione ottica 200 comprende una telecamera o altro dispositivo simile il quale è predisposto a
20 rilevare lo schema realizzato in base alla variazione nella rugosità della superficie usando luce ambiente o luce da una lampada ad incandescenza o da altra lampada. In una forma di realizzazione, l'area di visuale del gruppo di
25 ispezione ottica 200 è posizionato in modo che

possa vedere e distinguere le regioni piatte 341
rispetto alle regioni 351 testurizzate trovate
sulla superficie 251 (figura 8A). Successivamente,
usando le informazioni ricevute dal gruppo di
5 ispezione ottica 200, il controllore 101 di sistema
controlla poi la deposizione dello strato
conduttivo 370 sulle regioni piatte 341, e così le
regioni 241 fortemente drogate, seguendo le fasi
sopra discusse.

10 Con riferimento alla figura 6A, nel blocco 616,
il calore viene erogato allo strato conduttivo 370
per far sì che il metallo nello strato conduttivo
370 formi una connessione elettrica verso le
regioni 241 fortemente drogate. I procedimenti di
15 riscaldamento possono essere realizzati in un forno
di riscaldamento adiacente alla parte di stampa
serigrafica del sistema 100. Un esempio di forno
che può essere utilizzato per realizzare le fasi di
lavorazione nel blocco 616 viene ulteriormente
20 descritto nella domanda di brevetto statunitense
assegnata in comune e copendente avente numero
seriale 12/274,023 [Fascicolo mandatario #: APPM
12974.02], depositata il 19 novembre 2008, la quale
è qui interamente incorporata per riferimento.

25 Sequenza di lavorazione substrato alternativa

La figura 6B illustra una forma di realizzazione alternativa della sequenza di lavorazione 600A, o della sequenza di lavorazione 600B, la quale utilizza due fasi di drogaggio separate per realizzare un dispositivo a cella solare 300 che ha una struttura di contatto metallica realizzata su una superficie 251 del substrato 250. In generale, le fasi di lavorazione descritte sopra assieme alla figura 6A sono le stesse delle fasi nella nuova sequenza di lavorazione 600B, ad eccezione che una fase di lavorazione aggiuntiva, o blocco 603, è stata aggiunta e le fasi di lavorazione originali 604 e 608 sono state modificate (cioè i blocchi 604A e 608A) come discusso di seguito.

Nel blocco 603, dopo aver opzionalmente effettuato le fasi nel blocco 602, la superficie di substrato 251 viene drogata usando una tecnica di drogaggio convenzionale, come una tecnica di drogaggio del tipo a forno di diffusione. In un esempio, lo strato drogato realizzato nello strato 250 in corrispondenza della superficie substrato 251 è una regione fortemente drogata, che ha proprietà simili alle regioni fortemente drogate descritte sopra. In una forma di realizzazione, la tecnica di drogaggio convenzionale comprende una

fase di attivazione drogante in cui il substrato viene riscaldato ad una temperatura maggiore di circa 800 °C per far diffondere gli elementi droganti nella superficie 251 per formare una
5 regione fortemente drogata.

In una forma di realizzazione, viene eseguita una lavorazione di pulizia opzionale sul substrato 250, dopo che la lavorazione effettuata nel blocco 603 è stata completata, per rimuovere qualsiasi residuo
10 non desiderato e/o realizzare una superficie passivata. In una forma di realizzazione, la lavorazione di pulizia opzionale è simile ai processi sopra descritti assieme alla figura 6A.

In corrispondenza del blocco 604A, dopo aver
15 opzionalmente effettuato le fasi nel blocco 603, un materiale di mascheratura viene depositato sull'una o più regioni isolate realizzate sulla superficie 251 del substrato 250. In una forma di realizzazione, il materiale di mascheratura viene
20 depositato o stampato in uno schema 230 desiderato (figura 2A) mediante l'utilizzo di stampa serigrafica, stampa a getto di inchiostro, stampa a timbro o altra lavorazione similare, come una lavorazione di stampa serigrafica. Il materiale di
25 mascheratura è simile al primo materiale di

drogaggio 329 discusso sopra, ma generalmente non comprende l'aggiunta di un materiale contenente drogante. Il materiale di mascheratura può essere inizialmente un liquido, una pasta o un gel. In
5 generale, il materiale di mascheratura è formulato in modo che possa fungere da maschera durante la(e) seguente(i) fase(i) di testurizzazione (blocco 606). In una forma di realizzazione, il materiale di mascheratura è formulato per contenere un
10 materiale organico e/o simile al vetro che non viene aggredito dalla chimica di lavorazione della testurizzazione ed è strutturalmente in grado di essere un materiale di mascheratura affidabile durante una o più delle successive fasi di
15 lavorazione. In qualche caso, dopo aver disposto il materiale di mascheratura sulla superficie 251 il substrato viene riscaldato ad una temperatura desiderabile per far sì che il materiale di mascheratura vulcanizzi, si addensi, e/o formi un
20 legame con la superficie 251. In una forma di realizzazione il materiale di mascheratura è un materiale resistente ad incisione come un materiale stampabile per serigrafia contenente biossido di silicio (SiO₂).

25 In corrispondenza del blocco 606, come illustrato

in figura 6B, una lavorazione di testurizzazione viene effettuata sulla superficie 251 del substrato 250 per realizzare su di esso una superficie testurizzata, simile alla superficie testurizzata 351 illustrata in figura 5C. In una forma di realizzazione, le regioni della superficie 251 che non sono coperte dal materiale di mascheratura depositato in corrispondenza del blocco 604A, vengono asportate per incisione. In una forma di realizzazione della lavorazione effettuata nel blocco 606, la lavorazione di testurizzazione viene effettuata fino a quando almeno la maggior parte della regione fortemente drogata realizzata nel blocco 603 viene rimossa. In una forma di realizzazione, il substrato viene inciso in una soluzione di incisione e in una lavorazione simile alle lavorazioni descritte sopra assieme alle lavorazioni effettuate nel blocco 606.

In una forma di realizzazione, il materiale di mascheratura viene formulato in modo che venga inciso durante la lavorazione di testurizzazione. Perciò, in una forma di realizzazione delle lavorazioni realizzate nei blocchi 604A e 606, uno spessore desiderato del materiale di mascheratura viene depositato sulla superficie del substrato in

modo tale che il materiale di substrato disposto al di sotto del materiale di mascheratura rimanga per lo più non aggredito fino a quando la lavorazione di testurizzazione si è completata, o almeno quasi
5 completata. Questa configurazione consente al sistema di ispezione ottica, sopra discusso, di distinguere più agevolmente fra le regioni fortemente drogate (cioè realizzate nel blocco 603) ed altre regioni del substrato in una fase
10 successiva, a causa del contrasto nella rugosità superficiale.

Nel blocco 608A, dopo aver effettuato le fasi nel blocco 606, la superficie substrato 251 viene drogata utilizzando una tecnica di drogaggio
15 convenzionale, come una tecnica di drogaggio del tipo a forno di diffusione. In un esempio, lo strato drogato realizzato all'interno del substrato 250 in corrispondenza della superficie substrato 251 è una regione drogata in maniera leggera, la
20 quale ha una resistenza superficiale maggiore di circa 50 Ohm per quadro ($\Omega/\square$). In una forma di realizzazione, la tecnica di drogaggio convenzionale comprende una fase di attivazione drogante in cui il substrato viene riscaldato ad
25 una temperatura maggiore di circa 800 °C per far si

che gli elementi droganti si diffondano nella
superficie 251 per realizzare una regione 241
fortemente drogata. In una forma di realizzazione,
gli atomi droganti forniti durante le lavorazioni
5 effettuate nei blocchi 603 e 608A sono atomi
droganti dello stesso tipo, per esempio fosforo,
arsenico o boro. In un'altra forma di
realizzazione, gli atomi droganti forniti durante
le lavorazioni effettuate nei blocchi 603 e 608A
10 sono atomi droganti differenti.

Dopo aver effettuato le lavorazioni nel blocco
608A il materiale di mascheratura viene rimosso
mediante utilizzo di una fase di lavorazione di
riscaldamento, lavaggio o risciacquatura in modo
15 tale che venga realizzata una superficie simile
alla superficie 251 illustrata in figura 5D. In una
forma di realizzazione, viene effettuata una
lavorazione opzionale di pulizia sul substrato 250
dopo che la lavorazione effettuata nel blocco 608A
20 è stata completata, per rimuovere qualsiasi residuo
non desiderato e/o realizzare una superficie
passivata. In una forma di realizzazione, la
lavorazione di pulizia può essere effettuata
bagnando le superfici del substrato con una
25 soluzione pulente. In una forma di realizzazione,

la lavorazione di pulizia può essere realizzata bagnando il substrato con una soluzione di pulizia come una soluzione di pulizia SC1, una soluzione di pulizia SC2, una soluzione di pulizia del tipo HF-
5 last, una soluzione di acqua ozonizzata, una soluzione di acido idrofluorico (HF) e di perossido di idrogeno (H_2O_2), o altra idonea ed economica lavorazione di pulizia. La lavorazione di pulizia può essere effettuata sul substrato per fra circa 5
10 secondi e circa 600 secondi, per da circa 30 secondi a circa 240 secondi, per esempio circa 120 secondi.

Successivamente, come sopra discusso assieme alla figura 6B la sequenza di lavorazione 600B continua
15 verso le fasi di lavorazione nei blocchi 610-616, che sono state discusse sopra assieme alla figura 6A. Le fasi di lavorazione effettuate nei blocchi 610-616 non vengono perciò qui ripetute.

Seconda sequenza di lavorazione substrato
20 alternativa

La figura 6C illustra una forma di realizzazione alternativa della sequenza di lavorazione 600A, o della sequenza di lavorazione 600C, la quale utilizza due differenti fasi di drogaggio per
25 realizzare un dispositivo a cella solare 300 che ha

una struttura di contatto metallica realizzata su una superficie 251 del substrato 250. In generale, le fasi di lavorazione descritte sopra assieme alla figura 6A sono le stesse delle fasi descritte nella
5 nuova sequenza di lavorazione 600C illustrata in figura 6C, ad eccezione che una fase di lavorazione aggiuntiva, o blocco 605, è stata aggiunta e la fase di lavorazione originale 608 è stata modificata (cioè il blocco 608B), come discusso di
10 seguito.

Nel blocco 605, dopo aver effettuato le fasi nel blocco 602 e nel blocco 604, il substrato viene riscaldato ad una temperatura maggiore di 800° C per far sì che gli elementi droganti nel primo
15 materiale drogante 329 si diffondano nella superficie 251 del substrato 250 per formare le regioni 241 fortemente drogate. In questa configurazione, la porzione del primo materiale drogante 329 che vaporizza e successivamente droga
20 le regioni esposte del substrato può essere rimossa nella fase di lavorazione di testurizzazione successiva (cioè il blocco 606), permettendo così al livello di drogaggio nella superficie testurizzata (cioè le superficie esposte) di essere
25 controllato più agevolmente mediante l'utilizzo

della fase di drogaggio successiva effettuata nel blocco 608B (figura 6C). In una forma di realizzazione, il substrato che ha il primo materiale drogante 329 disposto su di esso viene
5 riscaldato ad una temperatura fra circa 800 °C e circa 1200 °C in presenza di azoto (N_2), ossigeno (O_2), idrogeno (H_2), aria, o loro combinazioni per fra circa 1 e circa 120 minuti. In un esempio, il substrato viene riscaldato in un ambiente ricco di
10 azoto (N_2) in una camera di rapida ricottura termica (RTA - Rapid Thermal Annealing) ad una temperatura di circa 1000 °C per circa 5 minuti. Dopo aver effettuato le lavorazioni nel blocco 605, le regioni fortemente drogate 241 realizzate
15 avranno generalmente una forma ed uno schema accoppiato alla forma ed allo schema del primo materiale drogante 329 disposto sulla superficie 251 durante le lavorazioni effettuate nel blocco 604. In una forma di realizzazione è desiderabile
20 che una porzione del primo materiale drogante 329 rimanga sulla superficie 251 per fungere da maschera di incisione di testurizzazione.

Nel blocco 606, in una forma di realizzazione, le regioni drogate della superficie 251 che non sono
25 coperte dal primo materiale drogante 329 vengono

rimosse per incisione. In una forma di
realizzazione, il primo materiale drogante 329 è
formulato in modo che esso venga inciso durante la
lavorazione di testurizzazione effettuata nel
5 blocco 606, che è stata discussa sopra. Così, in
una forma di realizzazione delle lavorazioni
effettuate nei blocchi 604 e 606, uno spessore
desiderato del primo materiale drogante 329 viene
depositato sulla superficie del substrato in modo
10 tale che il materiale di substrato disposto sotto
al primo materiale drogante 329 resti per lo più
non aggredito fino a quando la lavorazione di
testurizzazione si è completata, o almeno quasi
completata. Questa configurazione consente al
15 sistema di ispezione ottica, sopra discusso, di
distinguere più agevolmente fra la regione
fortemente drogata (cioè realizzata nel blocco 605)
e altre regioni del substrato in una fase
successiva, per via del contrasto nella rugosità
20 superficiale.

Nel blocco 608B, dopo aver effettuato le fasi nel
blocco 606, il quale è stato descritto sopra
assieme alla figura 6A, la superficie di substrato
251 viene drogata utilizzando una tecnica di
25 drogaggio convenzionale, come un drogaggio del tipo

a forno di diffusione. In un esempio, lo strato drogato realizzato all'interno del substrato 250 è una regione leggermente drogata, la quale ha una resistenza superficiale maggiore di circa 50 Ohm per quadro ($\Omega/\square$). In una forma di realizzazione, la tecnica di drogaggio convenzionale comprende una fase di attivazione drogaggio in cui il substrato viene riscaldato ad una temperatura maggiore di circa 800 °C per far sì che gli elementi droganti si diffondano nella superficie 251 per realizzare una regione fortemente drogata. In una forma di realizzazione, gli atomi droganti disposti nel primo materiale drogante 329 e forniti durante le lavorazioni effettuate nel blocco 608B sono atomi droganti dello stesso tipo, per esempio fosforo, arsenico o boro. In un'altra forma di realizzazione, gli atomi droganti nel primo materiale drogante 329 e forniti durante le lavorazioni effettuate nel blocco 608B sono atomi droganti differenti.

Dopo aver effettuato la lavorazione nel blocco 608B, in una forma di realizzazione, viene effettuata una lavorazione opzionale di pulizia sul substrato 250 per rimuovere qualsiasi residuo indesiderato e/o realizzare una superficie

passivata. In una forma di realizzazione, la
lavorazione di pulizia può essere realizzata
bagnando il substrato con una soluzione di pulizia.
In una forma di realizzazione, la lavorazione di
5 pulizia può essere realizzata bagnando il substrato
con una soluzione di pulizia, come una soluzione di
pulizia SC1, una soluzione di pulizia SC2, una
soluzione di pulizia del tipo HF-last, una
soluzione di acqua ozonizzata, una soluzione di
10 acido idrofluorico (HF) e di perossido di idrogeno
(H_2O_2), o altra idonea ed economica lavorazione di
pulizia. La lavorazione di pulizia può essere
effettuata sul substrato per fra circa 5 secondi e
circa 600 secondi, per da circa 30 secondi a circa
15 240 secondi, per esempio circa 120 secondi.

Di seguito, come discusso sopra assieme alla
figura 6C la sequenza di lavorazione 600C continua
verso le fasi di lavorazione realizzate nei blocchi
610-616, che sono state discusse sopra assieme alla
20 figura 6A. Le fasi di lavorazione effettuate nei
blocchi 610-616 non vengono così qui ripetute.

Si deve far notare che fasi di lavorazione
aggiuntive possono essere effettuate fra una o più
delle fasi di lavorazione sopra discusse assieme
25 alle figure 6A, 6B e 6C senza uscire dallo scopo

principale dell'invenzione qui descritta. In un esempio, può essere desiderabile formare una o più regioni di silicio puro e/o di silicio drogato sulla superficie 251 substrato prima della deposizione dello strato antiriflesso 354 per formare porzioni di una cella del tipo ad eterogiunzione.

Tecniche di ispezione ottica

In una forma di realizzazione, la sequenza di lavorazione 600A comprende la realizzazione di una o più tracce di allineamento 801 le quali sono realizzate prima della deposizione dello strato conduttivo 370 sulle regioni 241 fortemente drogate secondo uno schema. L'una o più tracce di allineamento 801 sono usate per agevolare il gruppo di ispezione ottica 200 a determinare l'allineamento e l'orientamento dello schema 230. La figura 8A illustra una forma di realizzazione del substrato 250 illustrata in figura 2A che ha una pluralità di tracce di allineamento 801 e regioni 241 fortemente drogate secondo uno schema realizzate sulla superficie 251. In una forma di realizzazione, è desiderabile realizzare le tracce di allineamento 801 in uno schema noto sostanzialmente contemporaneamente alla

realizzazione dello schema 230 delle regioni 241
fortemente drogate per garantire che le tracce
siano correttamente allineate allo schema 230. In
questa configurazione, il gruppo di ispezione
5 ottica 200 viene utilizzato per fornire
informazioni relative allo scostamento di posizione
effettivo (DX, DY) e allo scostamento angolare DR
delle regioni 241 fortemente drogate da una
posizione ideale 800 sulla superficie del substrato
10 250 (figura 8A). Lo scostamento di posizione
effettivo e lo scostamento angolare della(e)
regione(i) 241 fortemente drogata(e) sulla
superficie 251 può così essere determinato
accuratamente dal controllore 101 di sistema ed
15 usato per regolare più accuratamente la
disposizione dello strato conduttivo 370 sulla(e)
regione(i) 241 fortemente drogata(e) in una fase
successiva.

Tipicamente, l'allineamento dello schema 230
20 sulla superficie 251 del substrato 250 dipende
dall'allineamento dello schema 230 ad un elemento
distintivo del substrato 250. In un esempio,
l'allineamento dello schema 230 creato nel blocco
604 è basato sull'allineamento del dispositivo di
25 stampa serigrafica ad un elemento distintivo del

substrato, quali i bordi 250A, 250B (figura 8A). La disposizione di uno schema 230 avrà una posizione prevista X ed un orientamento angolare previsto R rispetto ai bordi 250A ed una posizione prevista Y rispetto ad un bordo 250B del substrato 250. L'errore di posizione dello schema 230 sulla superficie 251 dalla posizione prevista (X,Y) e dall'orientamento angolare R previsto sulla superficie 251 può essere descritto come uno scostamento di posizione (DX, DY) e uno scostamento angolare DR. Così, lo scostamento di posizione (DX, DY) è l'errore di collocazione dello schema 230 della(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e) rispetto ai bordi 250A e 250B, e lo scostamento angolare DR è l'errore nell'allineamento angolare dello schema 230 della(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e) rispetto al bordo 250B del substrato 250. Il cattivo allineamento dello schema 230 serigrafato sulla superficie 251 del substrato 250 può influenzare la capacità del dispositivo realizzato a funzionare correttamente e così influenzare la resa del dispositivo del sistema 100. Tuttavia la minimizzazione degli errori di posizione diventa anche più critica in applicazioni dove uno schema serigrafato deve essere depositato

sopra ad un altro schema realizzato, quale la deposizione dello strato conduttivo 370 sulla(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e).

In un tentativo di incrementare la precisione con
5 la quale lo strato conduttivo 370 è allineato con la(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e), forme di realizzazione dell'invenzione utilizzano uno o più dispositivi di ispezione ottica, il controllore 101 di sistema ed una o più tracce di allineamento,
10 le quali sono realizzate sulla superficie 251 del substrato 250 durante la realizzazione della(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e) in modo tale che possa essere realizzato il corretto allineamento dello strato conduttivo 370 alla(e)
15 regione(i) 241 fortemente drogata(e). In una forma di realizzazione, lo strato conduttivo 370 è allineato in maniera automatica alla(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e) mediante l'uso dell'informazione ricevuta dal controllore 101 di
20 sistema da uno o più dispositivi di ispezione ottica e la capacità del controllore 101 di sistema di controllare la posizione e l'orientamento della maschera di stampa serigrafica rispetto alla(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e) usando l'uno o
25 più attuatori 102A che si trovano nella camera di

1 stampa serigrafica 102. In una forma di
2 realizzazione, il dispositivo di ispezione ottica
3 comprende uno o più componenti contenuti nel gruppo
4 di ispezione ottica 200. In una forma di
5 realizzazione, l'una o più tracce di allineamento
6 801, o tracce di riferimento, possono essere
7 realizzate secondo uno schema simile a quelli
8 illustrati nelle figure 9A-9D, i quali sono di
9 seguito descritti. Le tracce di allineamento 801
10 possono essere realizzate in aree inutilizzate
11 della superficie 251 del substrato 250 per evitare
12 che le tracce di allineamento 801 influenzino le
13 prestazioni del dispositivo a cella solare formato.

14 In alcune sequenze di lavorazione della cella
15 solare, come illustrato in figura 8B, almeno una
16 porzione di una superficie del substrato 250 è
17 rivestita con un materiale oscurante 805 che blocca
18 la capacità del gruppo di ispezione ottica 200 di
19 rilevare lo schema 230. In un esempio, un
20 rivestimento metallico viene disposto sulla
21 superficie 252 opposta alla superficie 251,
22 influenzando così la capacità del gruppo di
23 ispezione ottica 200 di determinare direttamente lo
24 schema 230 delle regioni fortemente drogate 241. In
25 un esempio, ad un sistema di ispezione ottica 400

viene impedito di trasmettere la radiazione
elettromagnetica dalla sorgente(i) 402 attraverso
tutte le regioni del substrato 250. Perciò, in una
forma di realizzazione, è desiderabile rimuovere
5 selettivamente porzioni di materiale oscurante 805
da una o più regioni 806 (ad esempio regioni di
bordo) e posizionare una o più tracce di
allineamento 801 su o all'interno di una o più
regioni 806 in modo che lo schema 230 delle regioni
10 241 fortemente drogate possa ancora essere
determinata o dedotta dalla posizione delle tracce
di allineamento 801.

La figura 9A illustra vari esempi di tracce di
allineamento 801, per esempio tracce di
15 allineamento 801A-801D, le quali possono essere
realizzate sulla superficie 251 del substrato 250
durante il procedimento di realizzazione della(e)
regione(i) 241 fortemente drogata(e) ed usate dal
gruppo di ispezione ottica 200 per trovare lo
20 scostamento di posizione (DX, DY) e lo scostamento
angolare DR della(e) regione(i) 241 fortemente
drogata(e). In una forma di realizzazione, le
tracce di allineamento 801 possono avere una forma
circolare (ad esempio la traccia di allineamento
25 801A), una forma rettangolare (ad esempio la

traccia di allineamento 801B), una forma incrociata
(ad esempio la traccia di allineamento 801C), o una
forma alfanumerica (ad esempio la traccia di
allineamento 801D). È generalmente desiderabile
5 scegliere una forma della traccia di allineamento
801 che permetta al software di riconoscimento
schema che si trova nel controllore 101 di sistema
di distinguere l'effettiva posizione delle tracce
di allineamento 801, e così l'effettiva posizione
10 della(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e) sulla
superficie 251 del substrato 250 dall'immagine
vista dal gruppo di ispezione 200. Il controllore
101 di sistema è quindi atto a distinguere lo
scostamento di posizione (DX, DY) e lo scostamento
15 angolare DR e regolare il dispositivo di stampa
serigrafica per minimizzare il cattivo allineamento
di posizione e un cattivo allineamento angolare
durante la stampa dello strato conduttivo 370.

In una forma di realizzazione, le tracce di
20 allineamento 801 sono realizzate dallo stesso
materiale che viene utilizzato per formare la(e)
regione(i) 241 fortemente drogata(e), e così
possono essere rilevate mediante l'utilizzo del
sistema di ispezione ottica 400 usando le tecniche
25 sopra descritte. In questa configurazione, le

tracce di allineamento 801 possono essere realizzate contemporaneamente alla(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e). In un'altra forma di realizzazione, le tracce di allineamento 801 sono

5 incise o tracciate sulla superficie 251 del substrato 250 usando una asportazione laser, un tracciamento meccanico o tecniche di incisione a secco prima della realizzazione delle regioni 241 fortemente drogate in modo che lo schema 230

10 della(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e) può essere allineato alle tracce di allineamento 801 realizzate nel blocco 604 (figura 6A) e lo strato conduttivo 370 può essere allineato alle tracce di allineamento 801 nel blocco 614.

15 Le figure 9B-9D illustrano differenti configurazioni di tracce di allineamento 801 sulla superficie 251 del substrato 250 che possono essere utilizzate per migliorare la precisione delle misurazioni di scostamento calcolate dal

20 controllore 101 di sistema dalle immagini ricevute dai componenti nel gruppo di ispezione 200. La figura 9B illustra una configurazione in cui due tracce di allineamento 801 sono inserite vicino ad angoli opposti sulla superficie 251 del substrato

25 250. Distribuendo le tracce di allineamento 801 in

maniera più separata possibile, l'errore di
posizione relativo fra un elemento distintivo sul
substrato 250, come il bordo 250A o 250B, e lo
schema 230 può essere distinto in maniera più
5 precisa. La figura 9C illustra un'altra
configurazione in cui tre tracce di allineamento
801 sono stampate sulla superficie 251 del
substrato 250 in prossimità di differenti angoli
per agevolare la determinazione dello scostamento
10 dello schema 230 della(e) regione(i) 241 fortemente
drogata(e).

La figura 9D illustra un'altra configurazione in
cui tre tracce di allineamento 801 sono stampate in
posizioni strategiche attraverso la superficie 251
15 del substrato 250. In questa forma di
realizzazione, due delle tracce di allineamento 801
sono posizionate su una linea parallela al bordo
250A, e la terza traccia di allineamento 801 è
posizionata a distanza perpendicolare al bordo
20 250A. In questa configurazione, il software di
riconoscimento schema del controllore 101 di
sistema genera linee di riferimento perpendicolari
 L_1 e L_2 per fornire informazione aggiuntiva sulla
posizione e sull'orientamento della(e) regione(i)
25 241 fortemente drogata(e) rispetto al substrato

150.

La figura 10 è una vista isometrica schematica di una forma di realizzazione del gruppo attuatore rotante 130 in cui il gruppo di ispezione 200
5 comprende una pluralità di dispositivi di ispezione ottica, come due o più dispositivi di ispezione ottica. In un esempio, il gruppo di ispezione ottica 200 comprende tre telecamere 401B, 401C e 401D che sono atte ad osservare tre differenti
10 regioni della superficie 251 del substrato 250 che è stato illuminato da una o più sorgenti di radiazione, quale una sorgente di radiazione 403. In una configurazione, ciascuna telecamera 401B, 401C e 401D è posizionata per osservare una regione
15 della superficie 251 del substrato 250 che ha contenuta in essa una traccia di allineamento 801. L'accuratezza di posizionamento della(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e) può essere migliorata dalla capacità di riduzione della dimensione di
20 ciascuna delle rispettive aree di visuale 122A, 122B, 122C e quindi di aumento della risoluzione, o del numero di pixels per unità di area, sempre consentendo di mantenere le posizioni delle tracce di allineamento 801 il più possibile distribuite
25 lungo la superficie 251 del substrato 250 in modo

da ridurre la quantità di errore di allineamento.

In una forma di realizzazione, durante la lavorazione, il gruppo di ispezione ottica 200 e il controllore 101 di sistema acquisiscono immagini di
5 almeno due delle tracce di allineamento 801 realizzate sulla superficie 251 del substrato 250. Le immagini vengono lette dal programma di riconoscimento immagini nel controllore 101 di sistema. Il controllore 101 di sistema calcola
10 quindi lo scostamento di posizione (DX, DY) e lo scostamento angolare DR dello schema serigrafato analizzando le almeno due tracce di allineamento 801 e confrontandole con la posizione prevista (X, Y) e l'orientamento angolare previsto R. Il
15 controllore 101 di sistema utilizza quindi l'informazione ottenuta da questa analisi per regolare la posizione della maschera di stampa serigrafica nella camera di stampa serigrafica 102 per consentire la disposizione allineata di uno
20 strato conduttivo 370 sulla(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e).

In un'altra forma di realizzazione, il gruppo di ispezione ottica 200 e il controllore 101 di sistema acquisiscono immagini delle tre tracce di
25 allineamento 801 che sono disposte sulla superficie

251 substrato. In una forma di realizzazione, il
controllore di sistema 101 identifica la posizione
effettiva delle tre tracce di allineamento 801
rispetto ad una cornice teorica di riferimento. Il
5 controllore 101 di sistema determina
successivamente lo scostamento di ciascuna delle
tre tracce di allineamento 801 rispetto alla
cornice teorica di riferimento e utilizza un
algoritmo di trasferimento coordinate per regolare
10 la posizione del dispositivo di stampa serigrafica
all'interno della camera di stampa serigrafica 102
in una posizione ideale per stampare
successivamente lo strato conduttivo 370 con un
allineamento rispetto alla(e) regione(i) 241
15 fortemente drogata(e) significativamente più
preciso. In una forma di realizzazione, il
procedimento dei minimi quadrati ordinari (OLS) o
un procedimento similare può essere usato per
ottimizzare la posizione ideale del dispositivo di
20 stampa serigrafica per stampare lo strato
conduttivo 370. Ad esempio, lo scostamento di
ciascuna traccia di allineamento 801 dalla cornice
teorica di riferimento può essere determinato, e la
posizione ideale del dispositivo di stampa
25 serigrafica può essere ottimizzata secondo una

funzione che minimizza la distanza fra la effettiva
posizione delle tracce di allineamento 801 e la
cornice di riferimento teorica. L'informazione
della posizione della traccia di allineamento
5 ricevuta dal controllore 101 di sistema durante il
procedimento di acquisizione posizione viene così
utilizzato per orientare e posizionare lo strato
conduttivo 370 rispetto alla posizione effettiva
delle tracce di allineamento 801 generate durante
10 la realizzazione della(e) regione(i) 241 fortemente
drogata(e). Pertanto, l'errore nella posizione
dello strato conduttivo 370 viene ridotto, in
quanto la posizione del strato conduttivo 370 si
basa sulla posizione effettiva della(e) regione(i)
15 241 fortemente drogata(e), e non sulla relazione
della(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e)
rispetto ad un elemento distintivo del substrato
250 e poi dello strato conduttivo 370 con
l'elemento(i) distintivo(i) del substrato 250. Un
20 esperto del ramo certamente apprezza il fatto che
la disposizione della(e) regione(i) 241 fortemente
drogata(e) rispetto all'elemento distintivo del
substrato 250 e poi dello strato conduttivo 370
rispetto all'elemento distintivo del substrato 250
25 produce approssimativamente un errore doppio in

confronto ad un allineamento diretto dello strato conduttivo 370 relativamente alla(e) regione(i) 241 fortemente drogata(e).

Configurazioni di allineamento integrate

- 5 La Figura 11A illustra una forma di realizzazione di una traccia di allineamento 1102 realizzata sulla superficie 251 del substrato 250 durante la realizzazione delle regioni fortemente drogate 241. Le tracce di allineamento 1102 sono così utilizzate
- 10 per migliorare la precisione del posizionamento dei pettini 260 e delle barre collettrici 261 sulle regioni fortemente drogate 241. Si deve far notare che il posizionamento e/o l'allineamento dei pettini 260 e delle barre collettrici 261 con le
- 15 regioni fortemente drogate 241 è importante, in quanto un posizionamento non preciso dei pettini 260 e delle barre collettrici 261 può determinare la realizzazione di un corto circuito fra regioni opposte del dispositivo a cella solare.
- 20 La figura 11B è una vista ravvicinata che illustra una configurazione di una traccia di allineamento 1102, la quale può essere disposta in angoli opposti sulla superficie 251 del substrato 250. La figura 11C è una vista in sezione
- 25 trasversale ottenuta sezionando lungo una linea di

sezione 11C-11C (figura 11B) che passa attraverso una porzione di una traccia di allineamento 1102 realizzata nel substrato 250. I dati di orientamento e di allineamento raccolti mediante il
5 gruppo di rilevazione 401 possono essere utilizzati dal controllore 101 di sistema il quale è configurato per regolare e controllare il posizionamento della struttura di contatto metallico (cioè i pettini 260 e le barre
10 collettrici 261) sulla superficie delle regioni fortemente drogate 241 mediante l'utilizzo di una tecnica di metallizzazione secondo uno schema. In una forma di realizzazione, i contatti metallici sono disposti sulla superficie del substrato 250
15 utilizzando una lavorazione di stampa serigrafica effettuata in un sistema 100 di stampa serigrafica, come discusso sopra assieme alle figure 3A-3D.

In una forma di realizzazione, la traccia di allineamento 1102 comprende uno schema di elementi
20 distintivi annidati, come l'elemento distintivo esterno 1110, l'elemento distintivo intermedio 1111 e l'elemento distintivo interno 1112 che vengono realizzati sul substrato 250 utilizzando le fasi discusse sopra assieme alle figure 5A-5G, 6A e 7.
25 La lavorazione di realizzazione della traccia di

allineamento 1102 e della(e) regione(i) fortemente drogata 241 sulla superficie del substrato 250 può comprendere l'utilizzo di una maschera secondo uno schema e lavorazione(i) di drogaggio
5 convenzionale(i). In un esempio, la lavorazione di mascheratura a schema può comprendere la schematizzazione di uno strato di ossido, o di un materiale fotoreistente, e la lavorazione di drogaggio convenzionale può includere una
10 lavorazione di impianto ionico o una lavorazione di drogaggio del tipo a forno di diffusione. In un esempio, la lavorazione di realizzazione della traccia di allineamento 1102 e di altra(e) regione(i) fortemente drogata(e) 241 comprende le
15 seguenti fasi. Dapprima, uno strato dielettrico (cioè ossido di silicio, nitrato di silicio) viene depositato sulla superficie 251 del substrato. Successivamente, uno schema viene realizzato nello strato dielettrico utilizzando una o più tecniche
20 di schematizzazione, come l'ablazione laser, materiali agenti di attacco secondo uno schema, e/o fotolitografia convenzionale e tecniche di incisione umide o a secco. Un esempio di una lavorazione di materiale con agente di attacco
25 secondo uno schema viene ulteriormente descritto

nella domanda di brevetto statunitense assegnata in comune e copendente avente numero seriale 12/274.023 [Fascicolo n. APPM 12974.02], la quale è qui interamente incorporata per riferimento. Alla
5 fine, la(e) regione(i) fortemente drogata(e) 241 è(sono) realizzata(e) utilizzando una fase di drogaggio del tipo a forno di diffusione ad elevata temperatura ($-T \geq 800$ °C), in cui i componenti di un gas di drogaggio (cioè POCl_3) vengono portati
10 sulle superfici esposte del substrato realizzate durante la precedente fase di schematizzazione. In alcuni casi, una fase di pulizia opzionale può essere realizzata dopo la fase di drogaggio per rimuovere lo strato dielettrico di schema e le
15 superfici esposte di substrato.

In una forma di realizzazione, come illustrato nelle figure 11D e 11E, la posizione e/o l'orientamento angolare di una maschera di stampa serigrafica 102B (figura 3A) è allineata rispetto
20 alla traccia di allineamento 1102 utilizzando il sistema di ispezione ottica 400, uno o più attuatori (cioè l'attuatore di movimentazione substrato, l'attuatore 102A) e il controllore 101 di sistema. In questa configurazione,
25 l'allineamento della maschera di stampa serigrafica

102B rispetto alla traccia di allineamento 1102 viene determinato mediante l'uso della radiazione emessa dalla sorgente di radiazione 402, la quale è proiettata attraverso gli elementi distintivi 102C
5 realizzati nella maschera di stampa serigrafica 102B e viene raccolta dal gruppo di rilevazione 401. In un esempio, l'elemento distintivo 1110 nella traccia di allineamento 1102 ha una dimensione esterna nella direzione x e/o nella
10 direzione y che misura circa 1mm, mentre la larghezza W_1 di ciascuno degli elementi distintivi 1110, 1111 e/o 1112 è fra circa 100 e circa 120 μm . In una configurazione, l'elemento distintivo esterno 1110, l'elemento distintivo intermedio 1111
15 e l'elemento distintivo interno 1112 sono tutti ugualmente distanziati in uno schema annidato l'uno rispetto all'altro. L'elemento distintivo esterno 1110, l'elemento distintivo intermedio 1111 e l'elemento distintivo interno 1112 possono essere
20 separati da una luce G (figura 11C) realizzata fra di loro. In una forma di realizzazione, gli elementi distintivi 102C in una maschera di stampa serigrafica 102B sono configurati in modo che almeno un elemento distintivo 102C è nominalmente
25 posizionato in corrispondenza della linea centrale

di ciascuno degli elementi distintivi annidati, e
ciascun elemento distintivo 102C è di circa 20-40
 μm più piccolo in larghezza W_2 rispetto alla
larghezza W_1 . Si ritiene che configurando gli
5 elementi distintivi 102C in modo che essi siano più
piccoli in larghezza rispetto agli elementi
distintivi delle tracce di allineamento, sarà
generalmente più agevole allineare in maniera
affidabile la maschera di stampa 102B con la
10 traccia di allineamento 1102. In un esempio, la
larghezza W_2 è fra circa 60 e circa 80 μm . In
generale, l'allineamento della maschera di stampa
serigrafica 102B con la regione fortemente drogata
241 può essere rilevato per contrasto ottico
15 realizzato fra le regioni fortemente drogate 241
trovate nella traccia di allineamento 1102 e il
materiale di substrato 250 che vengono viste
attraverso gli elementi distintivi 102C realizzati
nella maschera di stampa serigrafica 102B. In un
20 esempio, se gli elementi distintivi 102C sono
allineati in maniera desiderata rispetto alla
traccia di allineamento 1102, non verrà visto alcun
contrasto ottico dal gruppo di rilevazione 401 e
dal controllore 101 di sistema, in quanto ciascuno
25 degli elementi distintivi 102C viene posizionato

sui suoi rispettivi elementi distintivi annidati
1110, 1111 e 1112. La figura 11E è una vista in
pianta ravvicinata che illustra una configurazione
in cui le caratteristiche 102C nella maschera di
5 stampa serigrafica 102B sono disallineate rispetto
alla traccia di allineamento 1102 prima che venga
fatta qualsiasi regolazione mediante gli attuatori
102A e il controllore 101 di sistema. In questa
configurazione, il gruppo di rilevazione 401 può
10 essere utilizzato per rilevare la variazione di
intensità della radiazione elettromagnetica che
passa attraverso gli elementi distintivi 102C e
ricevuta da quel gruppo di rilevazione 401, per via
dell'interazione della radiazione elettromagnetica
15 con porzioni della traccia di allineamento 1102
(cioè gli elementi distintivi annidati 1110, 1111 e
1112) e con regioni adiacenti del substrato 250
(cioè con le regioni non fortemente drogate). In
una forma di realizzazione, il controllore 101 di
20 sistema viene utilizzato per regolare
l'orientamento e/o la posizione della maschera di
stampa serigrafica 102B rispetto al substrato 250
fino a quando la variazione di intensità attraverso
almeno due o più parti dell'immagine ottenuta
25 mediante una telecamera nel gruppo di rilevazione

401 è all'interno di un intervallo desiderabile. In un esempio, la variazione in intensità attraverso almeno due o più parti dell'immagine ottenuta mediante una telecamera viene regolata fino a
5 quando la variazione è minima, il che può coincidere con il fatto che gli elementi distintivi 102C, che hanno una larghezza W_2 minore della larghezza W_1 , sono posizionati direttamente sopra e orientati con gli elementi distintivi annidati
10 1110, 1111 e/o 1112.

Con riferimento alle figure 11F e 11G, in una forma di realizzazione, la posizione e/o l'orientamento angolare di una maschera di stampa serigrafica 102B con la(e) regione(i) fortemente
15 drogata(e) 241 vengono regolati utilizzando una traccia di allineamento 1103, il sistema di ispezione ottica 400, uno o più attuatori (cioè l'attuatore di posizione substrato, l'attuatore 102A) e il controllore 101 di sistema. La figura
20 11F illustra una forma di realizzazione di una traccia di allineamento 1103 che è realizzata come parte della regione fortemente drogata 241. La figura 11F illustra anche una maschera di stampa serigrafica 102B che è posizionata sopra ed
25 allineata con le tracce di allineamento 1103. La

figura 11G è una vista ravvicinata di una porzione della figura 11F che illustra una configurazione in cui la maschera di stampa serigrafica 102B è allineata con la traccia di allineamento 1103. In una configurazione, un'apertura 1161 nella maschera di stampa serigrafica 102B viene dimensionata in modo tale che i bordi delle tracce di allineamento 1103 possano essere visti dai componenti in un sistema di ispezione ottica 400 per determinare gli errori di posizionamento e/o di orientamento utilizzando il contrasto ottico creato fra le regioni fortemente drogate 241 trovate nella traccia di allineamento 1103 e il substrato 250. Le tracce di allineamento 1103 vengono così utilizzate mediante il controllore 101 di sistema per migliorare il posizionamento dei pettini 260 e delle barre collettrici 261 sulle regioni fortemente drogate 241 durante una successiva fase di lavorazione. Nelle configurazioni in cui le aperture 1161 nella maschera di stampa serigrafica 102B sono dimensionate in modo tale che i bordi della traccia di allineamento 1103 siano all'interno dell'apertura 1161, può essere desiderabile posizionare questa(e) traccia(e) di allineamento 1103 all'interno di regioni

inutilizzate del substrato 250, in quanto il metallo che viene disposto attraverso l'apertura 1161 e sulle regioni non fortemente drogate della superficie substrato durante la lavorazione di stampa serigrafica possono produrre corti che incidono sulla prestazione della cella solare.

Fasi di lavorazione alternative per la realizzazione di celle solari

Le figure 12A-12H illustrano viste schematiche in sezione trasversale di un substrato 250 di cella solare durante differenti stadi di una sequenza di lavorazione utilizzata per realizzare un dispositivo a cella solare 1200 il quale ha una struttura di contatto metallica realizzata su una superficie 251. La figura 13 illustra una sequenza di lavorazione 1300 utilizzata per realizzare la(e) regione(i) attiva(e) e la struttura di contatto metallica sulla cella solare 1200. La sequenza trovata in figura 13 corrisponde agli stadi illustrati nelle figure 12A-12H qui discusse.

Nel blocco 1302, e come illustrato nelle figure 12A e 13, le superfici del substrato 250 vengono pulite per rimuovere qualsiasi materiale non desiderato o rugosità. In una forma di realizzazione, la lavorazione di pulizia può

comprendere le fasi prima discusse assieme con la fase 602.

Nel blocco 1306, come illustrato nelle figure 12B e 13, una lavorazione di testurizzazione viene
5 effettuata sulla superficie 251 del substrato 250 per realizzare una superficie testurizzata 351. In una forma di realizzazione, la superficie 251 è la superficie anteriore di un substrato di cella solare che è atto a ricevere la luce solare dopo
10 che la cella solare è stata realizzata. La superficie 251 del substrato 250 può essere incisa utilizzando le fasi discusse prima assieme con la fase 606.

Nel blocco 1308, come illustrato nelle figure 12C
15 e 13, il substrato viene riscaldato ad una temperatura maggiore di circa 800 °C alla presenza di un gas contenente drogante per far sì che gli elementi droganti nel gas contenente drogante si diffondano nella superficie 251 per formare una
20 regione leggermente drogata 1242. In una forma di realizzazione, il substrato viene riscaldato ad una temperatura fra circa 800° C e circa 1300° C alla presenza di gas contenente ossicloride fosforosa (POCl_3) contenente gas per fra circa 1 minuto e
25 circa 120 minuti.

In una forma di realizzazione, viene effettuata una lavorazione opzionale di pulizia sul substrato 250 dopo che la lavorazione effettuata nel blocco 1308 è stata completata, per rimuovere qualsiasi residuo non desiderato e/o realizzare una superficie passivata. In una forma di realizzazione, la lavorazione di pulizia può essere realizzata bagnando le superfici del substrato con una soluzione pulente. In una forma di realizzazione, la lavorazione di pulizia può essere effettuata bagnando il substrato con una soluzione di pulizia, come una soluzione di pulizia SC1, una soluzione di pulizia SC2, una soluzione di pulizia del tipo HF-last, una soluzione di acqua ozonizzata, una soluzione di acido idrofluorico (HF) e di perossido di idrogeno (H_2O_2), o altra idonea ed economica lavorazione di pulizia. La lavorazione di pulizia può essere effettuata sul substrato per fra circa 5 secondi e circa 600 secondi, per da circa 30 secondi a circa 240 secondi, per esempio circa 120 secondi.

Nel blocco 1310, come illustrato nelle figure 12D e 13, uno strato antiriflesso 1254 viene realizzato sulla superficie 251. In una forma di realizzazione, lo strato antiriflesso 1254

comprende un sottile strato passivato/antiriflesso
(ad esempio uno strato di ossido di silicio, di
nitruro di silicio). In un'altra forma di
realizzazione, lo strato antiriflesso 1254
5 comprende un sottile strato passivato/antiriflesso
(ad esempio uno strato di ossido di silicio, di
nitruro di silicio). In una forma di realizzazione,
lo strato passivato/antiriflesso può comprendere
uno strato sottile (ad esempio 20-100Å) di silicio
10 intrinsecamente amorfo (i-a-Si:H) seguito da uno
strato ARC (cioè nitruro di silicio), il quale può
essere depositato mediante utilizzo di un
procedimento di deposizione fisica di vapore (PVD)
o un procedimento di deposizione chimica di vapore.
15 Nel blocco 1312, come illustrato nelle figure 12E
e 13, le porzioni dello strato passivato 1245
vengono opzionalmente incise per esporre una
pluralità di regioni 1251 secondo uno schema sulla
superficie del substrato 250 in modo tale che
20 lo(gli) strato(i) metallico(i) successivamente
depositato(i) possano essere messi a stretto
contatto con la superficie del substrato 250 in una
fase successiva. Lavorazioni tipiche di incisione
che possono essere utilizzate per realizzare uno
25 schema nello strato passivato antiriflesso 1245

possono includere, ma non sono limitata a, tecniche di realizzazione schemi e di incisione a secco, tecniche di ablazione laser, a tecniche di realizzazione schemi e di incisione a umido, o
5 altre simili lavorazioni. In una forma di realizzazione, un laser 1290 viene utilizzato per realizzare una ablazione degli strati di materiale trovati nello strato passivato 1245 e ri-fondere, o
rimuovere una porzione del materiale di substrato
10 250, il che generalmente crea anche una superficie che è più liscia della superficie testurizzata realizzata nel blocco 1306. In un esempio, il laser 1290 è un laser a lunghezza d'onda IR ad impulso che viene scansionato attraverso la superficie del
15 substrato 250 per realizzare le regioni 1251 secondo uno schema. In una forma di realizzazione, parte della lavorazione di realizzazione delle regioni 1251 secondo uno schema comprende la realizzazione di una o più tracce di allineamento
20 (ad esempio nelle figure 9A-9D, 11B e 11G) su una regione di una superficie del substrato 250 mediante utilizzo di una tecnica di schematizzazione.

Nel blocco 1314, come illustrato in figura 12F e
25 13, il substrato viene riscaldato ad una

temperatura maggiore di circa 800 °C alla presenza di un gas contenente drogante per far sì che gli elementi droganti nel gas contenente drogante si diffondano nelle regioni 1251 secondo uno schema per formare regioni fortemente drogate 1261. Lo strato passivato 1245 consente pertanto il forte drogaggio delle regioni 1251 esposte secondo uno schema, fungendo nel frattempo come una maschera che tende a prevenire il drogaggio di altre regioni della superficie substrato. In una configurazione, un sottile strato passivato 1245 di biossido di silicio o di nitruro di silicio viene utilizzato come strato di mascheratura sacrificale che viene rimosso in una fase successiva. In un esempio della lavorazione effettuata nel blocco 1314, un substrato cristallino drogato di tipo-p viene riscaldato ad una temperatura fra circa 800 °C e circa 1300 °C alla presenza di un gas contenente ossicloride fosforosa (POCl_3) per circa da 3 minuti a circa 120 minuti.

In un'altra forma di realizzazione della sequenza 1300 di lavorazione, le lavorazioni effettuate nei blocchi 1312 e 1314 vengono combinate in una singola fase. In questo caso, la regione fortemente drogata 1261 viene realizzata durante le

lavorazioni effettuate nella(e) fase(i) discussa(e) assieme al blocco 1312, che qui sono indicate come una lavorazione di drogaggio laser. In questa configurazione le regioni fortemente drogate 1261
5 vengono realizzate posizionando il substrato in un ambiente contenente gas drogante mentre le regioni secondo uno schema 1251 vengono realizzate sulla superficie del substrato 250 usando una lavorazione di ablazione laser. In una forma di realizzazione,
10 lo strato di silicio amorfo drogato (i-a-Si:H) nello strato passivato 1245 viene utilizzato per agevolare la realizzazione delle regioni fortemente drogate 1261 mediante l'uso del calore erogato allo strato di silicio amorfo drogato (i-a-Si:H) e alla
15 superficie di substrato durante la lavorazione di ablazione laser.

Nel blocco 1316, in una forma di realizzazione, una lavorazione di pulizia opzionale viene effettuata sul substrato 250 dopo che la
20 lavorazione effettuata nel blocco 1314 è stata completata per rimuovere lo strato di silicio amorfo drogato (i-a-Si:H) nello strato passivato 1245, rimuovere qualsiasi residuo lasciato sopra dalle lavorazioni realizzate nel blocco 1314 e/o
25 realizzare una superficie passivata sulle regioni

1251 esposte secondo uno schema. In una forma di
realizzazione, la lavorazione di pulizia può essere
realizzata bagnando le superfici del substrato con
una soluzione pulente. In una forma di
5 realizzazione, la lavorazione di pulizia può essere
effettuata bagnando il substrato con una soluzione
di pulizia, come una soluzione di pulizia SC1, una
soluzione di pulizia SC2, una soluzione di pulizia
del tipo HF-last, una soluzione di acqua
10 ozonizzata, una soluzione di acido idrofluorico
(HF) e di perossido di idrogeno (H_2O_2), o altra
idonea ed economica lavorazione di pulizia. La
lavorazione di pulizia può essere effettuata sul
substrato per fra circa 5 secondi e circa 600
15 secondi, per da circa 30 secondi a circa 240
secondi, per esempio circa 120 secondi. In una
forma di realizzazione, come illustrato in figura
12G, la lavorazione di pulizia può anche
comprendere una fase di pulizia meccanica o di
20 abrasione della superficie 252 del substrato 250
per rimuovere il materiale indesiderato dalla
superficie 252. In una forma di realizzazione, come
in ognuna delle lavorazioni di pulizia qui
descritte, la lavorazione di pulizia per via umida
25 può essere realizzata utilizzando una lavorazione

di pulizia chimica a spray/nebulizzazione in un
apparato di risciacquatura/centrifuga a secco.

Nel blocco 1318, come illustrato in figura 12H e
13, un elemento distintivo conduttivo 1270 viene
5 depositato secondo uno schema sulle regioni
fortemente drogate 1261 sulla superficie 251 del
substrato 250. In una forma di realizzazione,
l'elemento distintivo conduttivo 1270 realizzato è
spesso fra circa 500 e circa 50.000 angstroms (Å),
10 largo fra da circa 10 µm a circa 200 µm, e contiene
un metallo, come alluminio (Al), argento (Ag),
stagno (Sn), cobalto (Co), renio (Rh), nichel (Ni),
zinco (Zn), piombo (Pb), palladio (Pd), molibdeno
(Mo), titanio (Ti), tantalio (Ta), Vanadio (V),
15 tungsteno (W), o cromo (Cr). In un esempio,
l'elemento distintivo conduttivo 1270 è una pasta
metallica che contiene argento (Ag) o stagno (Sn).

In una forma di realizzazione delle lavorazioni
effettuate nel blocco 1318, un elemento distintivo
20 conduttivo 1270 viene serigrafato sulla superficie
251 del substrato 250 utilizzando il sistema 100 e
le fasi di lavorazione trovate nella sequenza di
lavorazione 700, che sono stati precedentemente
discussi. In questa lavorazione, il sistema di
25 ispezione ottica 400 viene utilizzato per rilevare

lo schema delle regioni fortemente drogate 1261
utilizzando lunghezza(e) d'onda di radiazione
elettromagnetica emessa da una delle sorgenti di
radiazione 402 e/o 403 e ricevuta dalla telecamera
5 401A. In un'altra forma di realizzazione, il gruppo
di ispezione ottica 200 è in grado di rilevare lo
schema realizzato mediante la variazione nella
rugosità della superficie creata fra le superfici
testurizzate del substrato e le regioni secondo uno
10 schema 1251 utilizzando luce ambiente o la luce di
una lampadina ad incandescenza convenzionale o di
una lampada. Di seguito, il controllore 101 di
sistema e gli attuatori 102A orientano ed allineano
la maschera di stampa serigrafica, che ha uno
15 schema desiderato di stampa serigrafica realizzato
su di essa, con le regioni fortemente drogate 1261
realizzate sul substrato 250 utilizzando i dati
ricevuti nel frattempo dal controllore di sistema.
Una volta che la maschera di stampa serigrafica è
20 allineata, gli elementi distintivi conduttivi 1270
vengono disposti sulle regioni fortemente drogate
1261 mediante erogazione di pasta o del gel di
strato conduttivo attraverso gli elementi
distintivi realizzati nella maschera di stampa
25 serigrafica 102B.

Inoltre, in una forma di realizzazione delle lavorazioni effettuate nel blocco 1318, uno strato metallico posteriore 1271 viene realizzato sulla superficie posteriore 252 del substrato 250
5 utilizzando una lavorazione di deposizione convenzionale, come una stampa serigrafica o una lavorazione PVD. In una forma di realizzazione, lo strato metallico posteriore 1271 realizzato è spesso fra circa 500 e circa 50.000 angstrom (Å), e
10 contiene un metallo, come alluminio (Al), argento (Ag), stagno (Sn), cobalto (Co), renio (Rh), nichel (Ni), zinco (Zn), piombo (Pb), palladio (Pd), molibdeno (Mo), titanio (Ti), tantalio (Ta), vanadio (V), tungsteno (W), o cromo (Cr).

15 Nel blocco 1320, il calore viene erogato all'elemento distintivo conduttivo 1270 e al substrato 250 per far sì che il metallo nell'elemento distintivo conduttivo 1270 realizzi una connessione elettrica con le regioni fortemente
20 drogate 1261. La lavorazione di riscaldamento può essere realizzata in un forno di riscaldamento adiacente alla parte di stampa serigrafica del sistema 100, come prima discusso.

Anche se la discussione di cui sopra è
25 principalmente relativa all'utilizzo di sistema e

di una camera di stampa serigrafica per aiutare la
descrizione di una o più forme di realizzazione
della presente invenzione, questa configurazione
non deve essere intesa come limitativa dell'ambito
5 della presente invenzione, in quanto altri sistemi
e procedimenti di deposizione di materiale secondo
uno schema possono essere utilizzati assieme al
sistema di ispezione ottica e ai procedimenti di
lavorazione di celle solari qui descritti senza
10 allontanarsi dallo scopo principale dell'invenzione
qui descritto.

Anche se quanto sopra descritto è diretto a forme
di realizzazione del presente trovato, altre ed
ulteriori forme di realizzazione del trovato
15 possono essere realizzate senza uscire dal
corrispondente ambito di protezione, il quale è
determinato dalle seguenti rivendicazioni.

RIVENDICAZIONI

1. Un procedimento di realizzazione di celle solari, comprendente

il posizionamento di un substrato su una
5 superficie di ricezione substrato, in cui il substrato ha una prima superficie ed una regione drogata secondo uno schema realizzata su di essa;
la determinazione della posizione effettiva della regione drogata secondo uno schema sul substrato,
10 in cui la determinazione della posizione effettiva comprende:

l'emissione di radiazione elettromagnetica verso la prima superficie;

la ricezione di radiazione elettromagnetica ad
15 una prima lunghezza d'onda da una regione della prima superficie;

l'allineamento di uno o più elementi distintivi in una maschera di stampa serigrafica con la regione drogata secondo uno schema usando
20 l'informazione ricevuta dalla posizione effettiva determinata della regione drogata secondo uno schema sul substrato; e

la deposizione di uno strato di materiale attraverso l'uno o più elementi distintivi e su
25 almeno una porzione della regione drogata secondo

uno schema.

2. Procedimento di realizzazione di celle solari
come nella rivendicazione 1, in cui lo strato
comprende un materiale conduttivo, il substrato
5 comprende silicio, e la regione drogata secondo uno
schema ha una concentrazione di drogante maggiore
di circa 10^{18} atomi/cm³.

3. Procedimento di realizzazione di celle solari
come nella rivendicazione 1, in cui la ricezione di
10 radiazione elettromagnetica ad una prima lunghezza
d'onda è realizzata mediante un rilevatore ottico
che è posizionato adiacente alla prima superficie e
la radiazione elettromagnetica emessa viene fornita
verso una seconda superficie che è opposta alla
15 prima superficie.

4. Procedimento di realizzazione di celle solari
come nella rivendicazione 1, in cui la
determinazione della posizione effettiva della
regione drogata secondo uno schema comprende
20 l'acquisizione di un'immagine ottica di due o più
tracce di allineamento disposte su una superficie
del substrato, e la determinazione della differenza
di posizione di ciascuna delle tracce di
allineamento rispetto ad una posizione ideale per
25 determinare lo scostamento in base all'immagine

ottica.

5. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 4, in cui la posizione ideale delle tracce di allineamento viene
5 determinata rispetto all'almeno un elemento distintivo del substrato prima di stampare il primo strato.

6. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 4, in cui almeno tre
10 tracce di allineamento sono realizzate sulla superficie del substrato usando un procedimento di stampa serigrafica.

7. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 6, in cui il confronto
15 della posizione effettiva delle tracce di allineamento comprende la costruzione di una prima linea di riferimento fra due delle tracce di allineamento e la costruzione di una seconda linea di riferimento fra una terza traccia di
20 allineamento e la prima linea di riferimento, in cui la seconda linea di riferimento è perpendicolare alla prima linea di riferimento.

8. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 1, in cui
25 il posizionamento di un substrato su una

Il mandatario
STEFANO LIGI
(per sé e per gli altri)
STUDIO GLP S.r.l.

superficie ricezione substrato comprende:

la ricezione di un substrato su una prima superficie di un materiale di supporto;

la movimentazione del materiale di supporto
5 attraverso una superficie del supporto substrato utilizzando un attuatore accoppiato al materiale di supporto; e

l'evacuazione di una regione dietro alla prima superficie del materiale di supporto per trattenere
10 il substrato disposto sulla prima superficie contro il supporto substrato; e

l'allineamento di elementi distintivi in una maschera di stampa serigrafica con la regione drogata secondo uno schema comprende inoltre il
15 posizionamento del substrato trattenuto sulla prima superficie del materiale di supporto sotto la maschera di stampa serigrafica.

9. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 1, in cui la
20 determinazione della posizione effettiva della regione drogata secondo uno schema sul substrato comprende inoltre:

il posizionamento della superficie di ricezione substrato o di una maschera di stampa serigrafica
25 in modo tale che una porzione della radiazione

elettromagnetica emessa passi attraverso uno o più
elementi distintivi realizzati nella maschera di
stampa serigrafica e la prima superficie del
substrato disposto sulla superficie di ricezione
5 substrato prima che venga ricevuta da un
rilevatore,

in cui l'allineamento dell'uno o più elementi
distintivi in una maschera di stampa serigrafica
con la regione drogata secondo uno schema comprende
10 la regolazione della posizione dell'elemento
distintivo realizzato nella maschera di stampa
serigrafica con una porzione della regione drogata
secondo uno schema realizzata sul substrato.

10. Procedimento di realizzazione di celle solari
15 come nella rivendicazione 9, in cui la porzione
della regione drogata secondo uno schema realizzata
sul substrato comprende due o più elementi annidati
che hanno una luce realizzata fra di essi, in cui
almeno uno dei due o più elementi annidati ha una
20 prima larghezza, e l'elemento distintivo realizzato
nella maschera di stampa serigrafica ha una seconda
larghezza che è più piccola della prima larghezza.

11. Procedimento di realizzazione di celle solari
come nella rivendicazione 9, in cui la
25 determinazione della posizione effettiva della

regione drogata secondo uno schema sul substrato
comprende inoltre la rilevazione della variazione
di intensità della radiazione elettromagnetica
ricevuta dal rilevatore da due o più regioni della
5 regione drogata secondo uno schema.

12. Un procedimento di realizzazione di celle
solari, comprendente:

la disposizione di un primo materiale drogante in
uno schema su una prima superficie di un substrato;
10 l'incisione di una porzione della prima superficie
mentre il primo materiale drogante viene disposto
sulla prima superficie;

il riscaldamento del substrato e del primo
materiale drogante per determinare la diffusione di
15 atomi droganti del primo materiale drogante nella
prima superficie e la realizzazione di una regione
drogata secondo uno schema;

l'acquisizione di una immagine ottica di una
porzione della regione drogata secondo uno schema;
20 l'allineamento di elementi distintivi in una
maschera di stampa serigrafica con la regione
drogata secondo uno schema usando l'informazione
ricevuta dalla immagine ottica acquisita; e

la deposizione di uno strato di materiale
25 attraverso gli elementi distintivi e su almeno una

porzione della regione drogata secondo uno schema.

13. Procedimento di realizzazione di celle solari
come nella rivendicazione 12, in cui il
riscaldamento del substrato e del primo materiale
5 drogante viene effettuato dopo aver inciso la
porzione della prima superficie.

14. Procedimento di realizzazione di celle solari
come nella rivendicazione 12, comprendente inoltre:
la diffusione di una quantità del primo materiale
10 drogante in una porzione della prima superficie
dopo aver inciso una porzione della prima
superficie, e in cui il riscaldamento del substrato
e del primo materiale drogante viene effettuato
prima dell'incisione della porzione della prima
15 superficie.

15. Procedimento di realizzazione di celle solari
come nella rivendicazione 12, in cui l'acquisizione
di un'immagine ottica di una porzione della regione
drogata secondo uno schema comprende l'acquisizione
20 di una immagine ottica di due o più tracce di
allineamento disposte su una superficie del
substrato, e la determinazione della differenza di
posizione di ciascuna delle tracce di allineamento
rispetto ad una posizione ideale per determinare lo
25 scostamento in base all'immagine ottica.

16. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 12, in cui il substrato comprende silicio e la regione drogata secondo uno schema ha una concentrazione di drogante maggiore
5 di circa 1×10^{18} atomi/cm³.

17. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 12, in cui l'acquisizione di un'immagine ottica di una porzione della regione drogata secondo uno schema comprende:

10 l'emissione di radiazione elettromagnetica verso la prima superficie; e

la ricezione di radiazione elettromagnetica ad una lunghezza d'onda fra circa 850 nm e circa 4 µm da una regione della prima superficie.

15 18. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 15, comprendente inoltre la ricezione di radiazione elettromagnetica ad una lunghezza d'onda fra circa 1.1 µm e circa 1.5 µm.

19. Procedimento di realizzazione di celle solari
20 come nella rivendicazione 12, comprendente inoltre:

la disposizione di uno strato di materiale secondo uno schema su una prima superficie di un substrato usando un procedimento di stampa serigrafica; e

25 l'incisione di una porzione della prima

superficie che non è coperta dallo strato secondo uno schema,

in cui l'acquisizione dell'immagine ottica della porzione della regione drogata secondo uno schema
5 comprende inoltre la rilevazione della differenza in intensità della radiazione elettromagnetica riflessa da o trasmessa attraverso una porzione della prima superficie che è stata coperta dallo strato secondo uno schema e da una porzione della
10 prima superficie che non è stata coperta dallo strato secondo uno schema durante il procedimento di incisione di una porzione della prima superficie.

20. Un procedimento per la realizzazione di celle
15 solari, comprendente:

la diffusione di una prima quantità di un primo atomo drogante in una prima superficie di un substrato per realizzare una prima regione drogata;
la disposizione di un materiale di mascheratura in
20 uno schema sulla prima superficie su almeno una porzione della prima regione drogata;

l'incisione di una porzione della prima superficie mentre il materiale di mascheratura viene disposto sulla prima superficie;

25 la diffusione di una seconda quantità di un

secondo atomo drogante nella prima superficie per realizzare una seconda regione drogata dopo la disposizione del materiale di mascheratura sulla prima superficie e l'incisione della porzione della
5 prima superficie;

l'acquisizione di un'immagine ottica di una porzione della prima regione drogata e di una porzione della seconda regione drogata;

l'allineamento degli elementi distintivi in una
10 maschera di stampa serigrafica relativa ad almeno una porzione della prima regione drogata usando l'informazione ricevuta dall'immagine ottica acquisita; e

la deposizione di uno strato di materiale
15 attraverso gli elementi distintivi e su almeno una porzione della prima regione drogata.

21. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 20, in cui il primo atomo drogante e il secondo atomo drogante sono ciascuno
20 selezionati da un gruppo di elementi comprendenti fosforo, arsenico, antimonio, boro, alluminio e gallio.

22. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 20, in cui il primo atomo
25 drogante e il secondo atomo drogante sono lo stesso

tipo di atomo drogante, e la prima quantità del primo atomo drogante nella prima regione drogata è maggiore della seconda quantità del secondo atomo drogante nella seconda regione drogata.

5 23. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 20, in cui l'immagine ottica acquisita comprende una porzione della prima superficie che è al di sotto del materiale di mascheratura e sostanzialmente non incisa durante
10 l'incisione della porzione della prima superficie.

24. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 20, in cui l'acquisizione di un'immagine ottica di una porzione della regione drogata secondo uno schema comprende l'acquisizione
15 di una immagine ottica di due o più tracce di allineamento disposte su una superficie del substrato, e la determinazione della differenza di posizione di ciascuna delle tracce di allineamento rispetto ad una posizione ideale per determinare lo
20 scostamento in base all'immagine ottica.

25. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 20, in cui il substrato comprende silicio e la porzione della prima regione drogata che non è stata incisa durante l'incisione
25 della porzione della prima superficie ha una

concentrazione di drogante maggiore di circa 1×10^{18} atomi/cm³.

26. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 20, in cui l'acquisizione
5 di un'immagine ottica di una porzione della regione drogata secondo uno schema comprende:

l'emissione di radiazione elettromagnetica verso la prima superficie; e

la ricezione di radiazione elettromagnetica ad
10 una lunghezza d'onda fra circa 300 nm e circa 4 μ m da una regione della prima superficie.

27. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 26, comprendente inoltre la ricezione di radiazione elettromagnetica ad una
15 lunghezza d'onda fra circa 1.1 μ m e circa 1.5 μ m.

28. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 20, in cui:

la disposizione del materiale di mascheratura sulla prima superficie del substrato è effettuata
20 utilizzando una lavorazione di stampa serigrafica,
e

in cui l'acquisizione dell'immagine ottica di una porzione della prima regione drogata e di una porzione della seconda regione drogata comprende
25 inoltre la rilevazione della differenza in

intensità della radiazione elettromagnetica riflessa da o trasmessa attraverso una porzione della prima superficie che è stata coperta dal materiale di mascheratura e una porzione della
5 prima superficie che non è stata coperta dal materiale di mascheratura durante l'incisione della porzione della prima superficie.

29. Un procedimento per la realizzazione di celle solari, comprendente:

10 l'incisione di una porzione di una prima superficie di un substrato;

la deposizione di un primo strato su una porzione della prima superficie incisa;

la rimozione di una porzione del primo strato
15 depositato sulla prima superficie incisa per esporre una regione del substrato;

l'erogazione di un materiale contenente drogante alla regione esposta del substrato per realizzare una regione drogata all'interno del substrato;

20 l'acquisizione di una immagine di una porzione della prima superficie del substrato, in cui l'immagine comprende una porzione della regione esposta ed una porzione della prima superficie incisa;

25 l'allineamento di elementi distintivi in una

maschera di stampa serigrafica con la regione
esposta utilizzando l'informazione ricevuta
dall'immagine acquisita; e

la deposizione di uno strato di materiale
5 attraverso gli elementi distintivi e su almeno una
porzione della regione drogata secondo uno schema
dopo che sono stati allineati con la regione
esposta.

30. Procedimento di realizzazione di celle solari
10 come nella rivendicazione 29, in cui l'acquisizione
di un'immagine di una porzione della prima
superficie comprende l'acquisizione di una immagine
ottica di due o più tracce di allineamento disposte
su una superficie del substrato, e la
15 determinazione della differenza di posizione di
ciascuna delle tracce di allineamento rispetto ad
una posizione ideale per determinare lo scostamento
in base all'immagine ottica.

31. Procedimento di realizzazione di celle solari
20 come nella rivendicazione 29, in cui il substrato
comprende silicio e la regione drogata ha una
concentrazione di drogante maggiore di circa 1×10^{18} atomi/cm³.

32. Procedimento di realizzazione di celle solari
25 come nella rivendicazione 29, in cui l'acquisizione

di un'immagine ottica di una porzione della regione drogata secondo uno schema comprende:

l'emissione di radiazione elettromagnetica verso la prima superficie; e

5 la ricezione di radiazione elettromagnetica ad una lunghezza d'onda fra circa 850 nm e circa 4 μ m da una regione della prima superficie.

33. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 32, comprendente inoltre
10 la ricezione di radiazione elettromagnetica ad una lunghezza d'onda fra circa 1.1 μ m e circa 1.5 μ m.

34. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 29, in cui lo strato depositato comprende un materiale selezionato da un
15 gruppo consistente di alluminio (Al), argento (Ag), stagno (Sn), cobalto (Co), renio (Rh), nichel (Ni), zinco (Zn), piombo (Pb), palladio (Pd), molibdeno (Mo), titanio (Ti), tantalio (Ta), vanadio (V), tungsteno (W) e cromo (Cr).

20 35. Procedimento di realizzazione di celle solari come nella rivendicazione 29, in cui il primo strato comprende un materiale selezionato da un gruppo consistente di nitrato di silicio (SiN), silicio amorfo (a-Si) e biossido di silicio (SiO₂).

25 36. Procedimento di realizzazione di celle solari

come nella rivendicazione 29, in cui il primo strato comprende un secondo strato disposto sulla prima superficie e un terzo strato disposto sul secondo strato, in cui il secondo strato comprende
5 un materiale selezionato da un gruppo consistente di nitruro di silicio (SiN) e biossido di silicio (SiO₂) e il terzo strato comprende silicio amorfo (a-Si).

37. Un apparato per la lavorazione di un substrato,
10 comprendente:

una superficie di supporto substrato;

una sorgente di radiazione elettromagnetica che è posizionata per emettere radiazione elettromagnetica verso la superficie di supporto
15 substrato;

un gruppo di rilevazione che è posizionato per ricevere almeno una porzione della radiazione elettromagnetica emessa che è diretta verso una superficie di un substrato che è disposto sulla
20 superficie di supporto substrato, in cui la radiazione elettromagnetica ricevuta viene fornita ad una lunghezza d'onda che è preferibilmente trasmessa attraverso o riflessa da una regione fortemente drogata secondo uno schema realizzata su
25 una superficie del substrato o preferibilmente

trasmessa attraverso o riflessa da regioni del substrato che non comprendono la regione fortemente drogata secondo uno schema;

una camera di deposizione avente una maschera di
5 stampa serigrafica ed almeno un attuatore il quale è configurato per posizionare la maschera di stampa serigrafica;

e un controllore configurato per
ricevere un segnale dal gruppo di rilevazione
10 relativo alla posizione di una regione fortemente drogata secondo uno schema realizzata su una superficie di un substrato che è disposto sulla superficie di supporto substrato; e

regolare la posizione della maschera di stampa
15 serigrafica rispetto alla regione fortemente drogata secondo uno schema in base all'informazione ricevuta dal gruppo di rilevazione.

38. Apparato come nella rivendicazione 37, in cui il supporto substrato è parte di un gruppo
20 convogliatore materiale che comprende un primo meccanismo di posizionamento materiale che è atto a fornire un materiale di supporto ad una piastra, in cui il materiale di supporto comprende la superficie di supporto substrato che è disposta su
25 un lato del materiale di supporto che è opposto ad

un altro lato del materiale di supporto che è a contatto con una superficie della piastra.

39. Apparato come nella rivendicazione 38, in cui una prima superficie del materiale di supporto è
5 posizionata sulla superficie di supporto substrato, e il materiale di supporto comprende un materiale poroso che consente all'aria di passare da una seconda superficie alla prima superficie quando un vuoto viene applicato alla prima superficie.

10 40. Apparato come nella rivendicazione 37, in cui la sorgente di radiazione elettromagnetica è montata in prossimità di un primo lato della superficie di supporto substrato, e il gruppo di rilevazione è montato su un lato opposto al primo
15 lato.

41. Apparato come nella rivendicazione 37, in cui il gruppo di rilevazione comprende una telecamera ed almeno un filtro ottico disposto fra la superficie di supporto substrato e la telecamera,
20 in cui il filtro ottico è atto a consentire alla lunghezza d'onda di attraversarlo.

Il mandatario
STEFANO LIGI
(per sé e per gli altri)
STUDIO GLP S.r.l.
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

CLAIMS

1. A solar cell formation process, comprising:
positioning a substrate on a substrate receiving
surface, wherein the substrate has a first surface
5 and a patterned doped region formed thereon;
determining the actual position of the patterned
doped region on the substrate, wherein determining
the actual position comprises;
emitting electromagnetic radiation towards the
10 first surface;
receiving electromagnetic radiation at a first
wavelength from a region of the first surface;
aligning one or more features in a screen printing
mask to the patterned doped region using
15 information received from the determined actual
position of the patterned doped region on the
substrate; and
depositing a layer of material through the one or
more features and onto at least a portion of
20 patterned doped region.
2. The solar cell formation process of claim 1,
wherein the layer comprises a conductive material,
the substrate comprises silicon, and the patterned
doped region has a dopant concentration greater
25 than about 1×10^{18} atoms/cm³.

3. The solar cell formation process of claim 1,
wherein receiving electromagnetic radiation at a
first wavelength is performed by an optical
detector that is positioned adjacent to the first
5 surface and the emitted electromagnetic radiation
is provided to a second surface that is opposite
the first surface.

4. The solar cell formation process of claim 1,
wherein the determining the actual position of the
10 patterned doped region comprises capturing an
optical image of two or more alignment marks
disposed on a surface of the substrate, and
determining the difference in position of each of
alignment marks to an ideal position to determine
15 the offset based on the optical image.

5. The solar cell formation process of claim 4,
wherein the ideal position of the alignment marks
is determined with respect to the at least one
feature of the substrate prior to printing the
20 first layer.

6. The solar cell formation process of claim 4,
wherein at least three alignment marks are formed
on the surface of the substrate using a screen
printing process.

25 7. The solar cell formation process of claim 6,

wherein the comparing the actual position of the alignment marks comprises constructing a first reference line between two of the alignment marks and constructing a second reference line between a
5 third alignment mark and the first reference line, wherein the second reference line is perpendicular to the first reference line.

8. The solar cell formation process of claim 1, wherein positioning a substrate on a substrate
10 receiving surface comprises:

receiving a substrate on a first surface of a support material;

moving the support material across a surface of the substrate support using an actuator coupled to
15 the supporting material; and

evacuating a region behind the first surface of the support material to hold the substrate disposed on the first surface against the substrate support; and

20 aligning features in a screen printing mask to the patterned doped region further comprises positioning the substrate held on the first surface of the support material under the screen printing mask.

25 9. The solar cell formation process of claim 1,

wherein determining the actual position of the patterned doped region on the substrate further comprises:

positioning the substrate receiving surface or a
5 screen printing mask so that a portion of the emitted electromagnetic radiation passes through one or more features formed in the screen printing mask and the first surface of the substrate disposed on the substrate receiving surface before
10 it is received by a detector, wherein aligning the one or more features in a screen printing mask to the patterned doped region comprises adjusting the position of the feature formed in the screen printing mask to a portion of the patterned doped
15 region formed on the substrate.

10. The solar cell formation process of claim 9, wherein the portion of the patterned doped region formed on the substrate comprises two or more nested elements that have a gap formed there
20 between, wherein at least one of the two or more nested elements has a first width, and the feature formed in the screen printing mask has a second width that is smaller than the first width.

11. The solar cell formation process of claim 9,
25 wherein determining the actual position of the

patterned doped region on the substrate further comprises detecting the variation in intensity of the emitted electromagnetic radiation received by the detector from two or more regions of the
5 patterned doped region.

12. A solar cell formation process, comprising:

disposing a first dopant material in a pattern on a first surface of a substrate;

etching a portion of the first surface while the
10 first dopant material is disposed on the first surface;

heating the substrate and first dopant material to cause dopant atoms in the first dopant material to diffuse into the first surface and form a
15 patterned doped region;

capturing an optical image of a portion of the patterned doped region;

aligning features in a screen printing mask to the patterned doped region using information
20 received from the captured optical image; and
depositing a layer material through the features and onto at least a portion of the patterned doped region.

13. The solar cell formation process of claim 12,
25 wherein heating the substrate and first dopant

material is performed after etching the portion of the first surface.

14. The solar cell formation process of claim 12, further comprising:

5 diffusing an amount of the first dopant material into a portion of the first surface after etching a portion of the first surface, and wherein heating the substrate and first dopant material is performed before etching the portion of the first
10 surface.

15 15. The solar cell formation process of claim 12, wherein capturing an optical image of a portion of the patterned doped region comprises capturing an optical image of two or more alignment marks
15 disposed on a surface of the substrate, and determining the difference in position of each of alignment marks to an ideal position to determine the offset based on the optical image.

20 16. The solar cell formation process of claim 12, wherein the substrate comprises silicon and the patterned doped region has a dopant concentration greater than about 1×10^{18} atoms/cm³.

25 17. The solar cell formation process of claim 12, wherein capturing an optical image of a portion of the patterned doped region comprises:

emitting electromagnetic radiation towards the first surface; and

receiving electromagnetic radiation at a wavelength between about 850 nm and about 4 μm from
5 a region of the first surface.

18. The solar cell formation process of claim 15, further comprises receiving electromagnetic radiation at a wavelength between about 1.1 μm and about 1.5 μm .

10 19. The solar cell formation process of claim 12, further comprising:

disposing a patterned layer of material on a first surface of a substrate using a screen printing process; and

15 etching a portion of the first surface that is not covered by the patterned layer, wherein capturing the optical image of the portion of the patterned doped region further comprises noting the difference in the intensity of the electromagnetic
20 radiation reflected from or transmitted through a portion of the first surface that was covered by the patterned layer and a portion of the first surface that was not covered by the patterned layer during the process of etching a portion of the
25 first surface.

20. A solar cell formation process, comprising:

diffusing a first amount of a first dopant atom into a first surface of a substrate to form a first doped region;

5 disposing a masking material in a pattern on the first surface over at least a portion of the first doped region;

etching a portion of the first surface while the masking material is disposed on the first surface;

10 diffusing a second amount of a second dopant atom into the first surface to form a second doped region after disposing the masking material on the first surface and etching the portion of the first surface;

15 capturing an optical image of a portion of the first doped region and a portion of the second doped region;

aligning features in a screen printing mask relative to at least a portion of the first doped region using information received from the captured optical image; and

20 depositing a layer of material through the features and onto at least a portion of the first doped region.

25 21. The solar cell formation process of claim 20,

wherein the first dopant atom and second dopant atom are each selected from a group of elements consisting of phosphorous, arsenic antimony, boron, aluminum, and gallium.

5 22. The solar cell formation process of claim 20, wherein the first dopant atom and the second dopant atom are the same type of dopant atom, and the first amount of the first dopant atom in the first doped region is greater than the second amount of
10 the second dopant atom in the second doped region.

23. The solar cell formation process of claim 20, wherein the captured optical image comprises a portion of the first surface that was beneath the masking material and not substantially etched
15 during the etching of the portion of the first surface.

24. The solar cell formation process of claim 20, wherein capturing an optical image of a portion of the patterned doped region comprises capturing an
20 optical image of two or more alignment marks disposed on a surface of the substrate, and determining the difference in position of each of alignment marks to an ideal position to determine the offset based on the optical image.

25 25. The solar cell formation process of claim 20,

wherein the substrate comprises silicon and the portion of the first doped region which was not etched during the etching of the portion of the first surface has a dopant concentration greater
5 than about 1×10^{18} atoms/cm³.

26. The solar cell formation process of claim 20, wherein capturing an optical image of a portion of the patterned doped region comprises:

emitting electromagnetic radiation towards the
10 first surface; and

receiving electromagnetic radiation at a wavelength between about 300 nm and about 4 μ m from a region of the first surface.

27. The solar cell formation process of claim 26,
15 further comprises receiving electromagnetic radiation at a wavelength between about 1.1 μ m and about 1.5 μ m.

28. The solar cell formation process of claim 20, wherein the disposing the masking material on the
20 first surface of the substrate is performed using a screen printing process, and wherein capturing the optical image of a portion of the first doped region and a portion of the second doped region further comprises noting the difference in the
25 intensity of the electromagnetic radiation

reflected from or transmitted through a portion of the first surface that was covered by the masking material and a portion of the first surface that was not covered by the masking material during the etching of the portion of the first surface.

29. A solar cell formation process, comprising:

etching a portion of a first surface of a substrate;

depositing a first layer over a portion of the etched first surface;

removing a portion of the deposited first layer disposed over the etched first surface to expose a region of the substrate;

delivering a dopant containing material to the exposed region of the substrate to form a doped region within the substrate;

capturing an image of a portion of the first surface of the substrate, wherein the image comprises a portion of the exposed region and a portion of the etched first surface;

aligning features in a screen printing mask to the exposed region using information received from the captured image; and

depositing a layer of material through the features and onto at least a portion of the

patterned doped region after they are aligned to the exposed region.

30. The solar cell formation process of claim 29, wherein capturing an image of a portion of the first surface comprises capturing an optical image of two or more alignment marks disposed on a surface of the substrate, and determining the difference in position of each of alignment marks to an ideal position to determine the offset based on the optical image.

31. The solar cell formation process of claim 29, wherein the substrate comprises silicon and the doped region has a dopant concentration greater than about 1×10^{18} atoms/cm³.

32. The solar cell formation process of claim 29, wherein capturing an optical image of a portion of the patterned doped region comprises:

emitting electromagnetic radiation towards the first surface; and
receiving electromagnetic radiation at a wavelength between about 850 nm and about 4 μ m from a region of the first surface.

33. The solar cell formation process of claim 32, further comprises receiving electromagnetic radiation at a wavelength between about 1.1 μ m and

about 1.5 μm .

34. The solar cell formation process of claim 29,
wherein the deposited layer comprises a material
selected from a group consisting of aluminum (Al),
5 silver (Ag), tin (Sn), cobalt (Co), rhenium (Rh),
nickel (Ni), zinc (Zn), lead (Pb), palladium (Pd),
molybdenum (Mo) titanium (Ti), tantalum (Ta),
vanadium (V), tungsten (W), and chrome (Cr).

35. The solar cell formation process of claim 29,
10 wherein the first layer comprises a material
selected from a group consisting of silicon nitride
(SiN), amorphous silicon (a-Si), and silicon
dioxide (SiO_2).

36. The solar cell formation process of claim 29,
15 wherein the first layer comprises a second layer
disposed over the first surface and a third layer
disposed over the second layer, wherein the second
layer comprises a material selected from a group
consisting of silicon nitride (SiN) and silicon
20 dioxide (SiO_2), and the third layer comprises
amorphous silicon (a-Si).

37. An apparatus for processing a substrate,
comprising:

a substrate supporting surface;
25 an electromagnetic radiation source that is

positioned to emit electromagnetic radiation towards the substrate supporting surface;

a detector assembly that is positioned to receive at least a portion of the emitted electromagnetic radiation that is directed towards a surface of a substrate that is disposed on the substrate supporting surface, wherein the received electromagnetic radiation is provided at a wavelength that is preferentially transmitted through or reflected by a patterned heavily doped region formed on a surface of the substrate or preferentially transmitted through or reflected by regions of the substrate that do not comprise the patterned heavily doped region;

a deposition chamber having a screen printing mask and at least one actuator which is configured to position the screen printing mask; and a controller configured to receive a signal from the detector assembly regarding the position of a patterned heavily doped region formed on a surface of a substrate that is disposed on the substrate supporting surface, and adjust the position of the screen printing mask relative to the patterned heavily doped region based on the information received from the detector assembly.

38. The apparatus of claim 37, wherein the substrate support is part of a material conveyor assembly that comprises a first material positioning mechanism that is adapted to provide a supporting material to a platen, wherein the supporting material comprises the substrate supporting surface that is disposed on a side of the supporting material that is opposite to another side of the supporting material which is in contact with a surface of the platen.

39. The apparatus of claim 38, wherein a first surface of the supporting material is positioned on the substrate supporting surface, and the supporting material comprises a porous material that allows air to pass from a second surface to the first surface when a vacuum is applied to the first surface.

40. The apparatus of claim 37, wherein the electromagnetic radiation source is mounted proximate to a first side of the substrate supporting surface, and the detector assembly is mounted on a side opposite to the first side.

41. The apparatus of claim 37, wherein the detector assembly comprises a camera and at least one optical filter disposed between the substrate

supporting surface and the camera, wherein the optical filter is adapted to allow the wavelength to pass there through.

Il mandatario
STEFANO LIGI
(per sé e per gli altri)
~~STUDIO GLP S.r.l.~~
P.le Cavedalis, 6/2 - 33100 UDINE

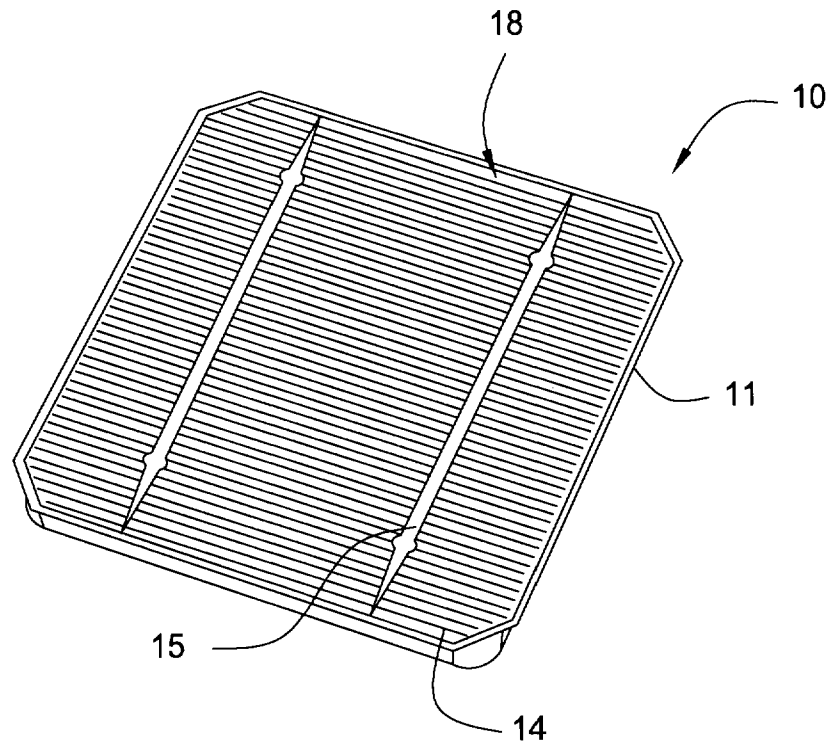


FIG. 1A
(STATO DELLA TECNICA)

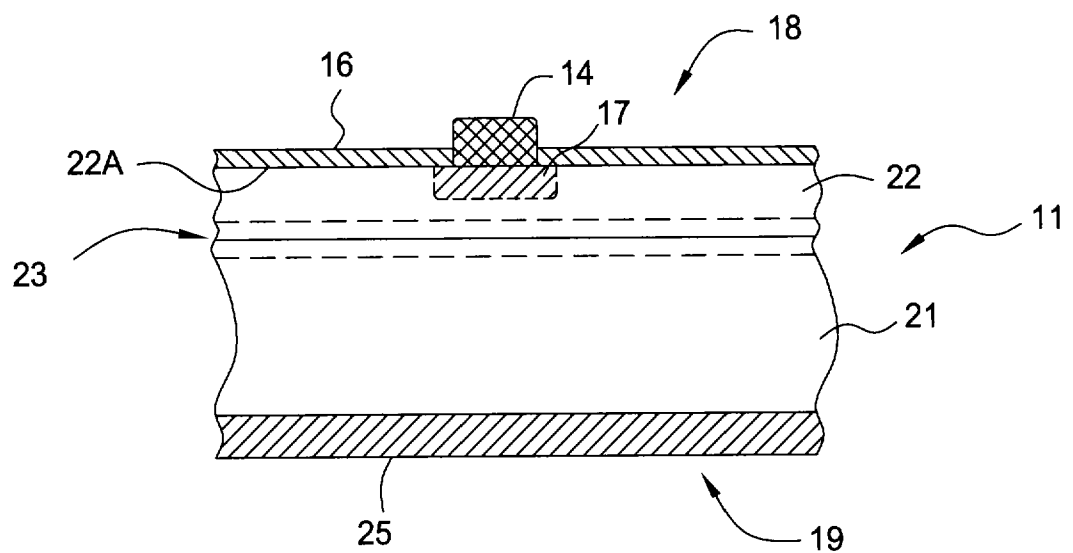
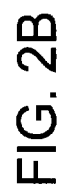
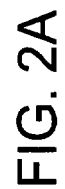
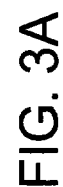


FIG. 1B
(STATO DELLA TECNICA)





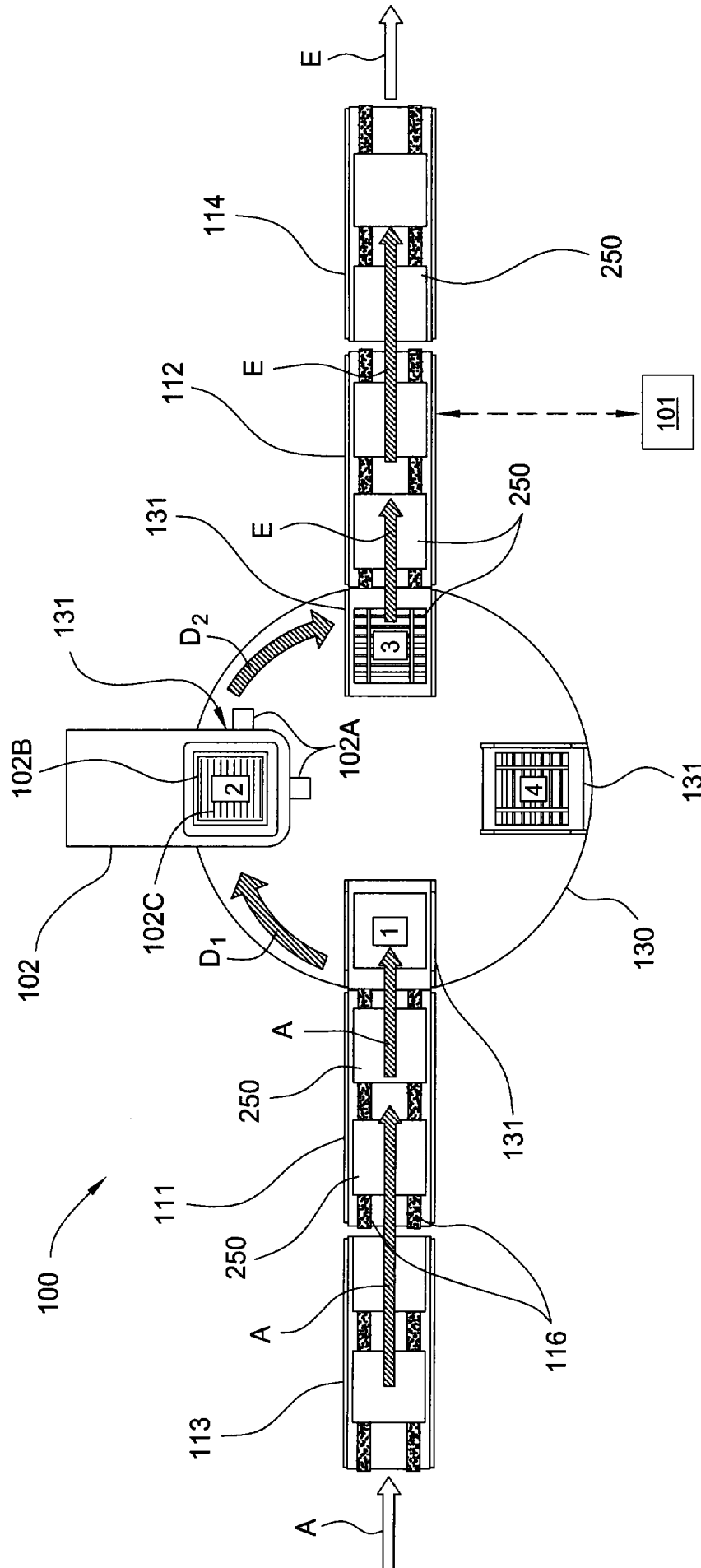
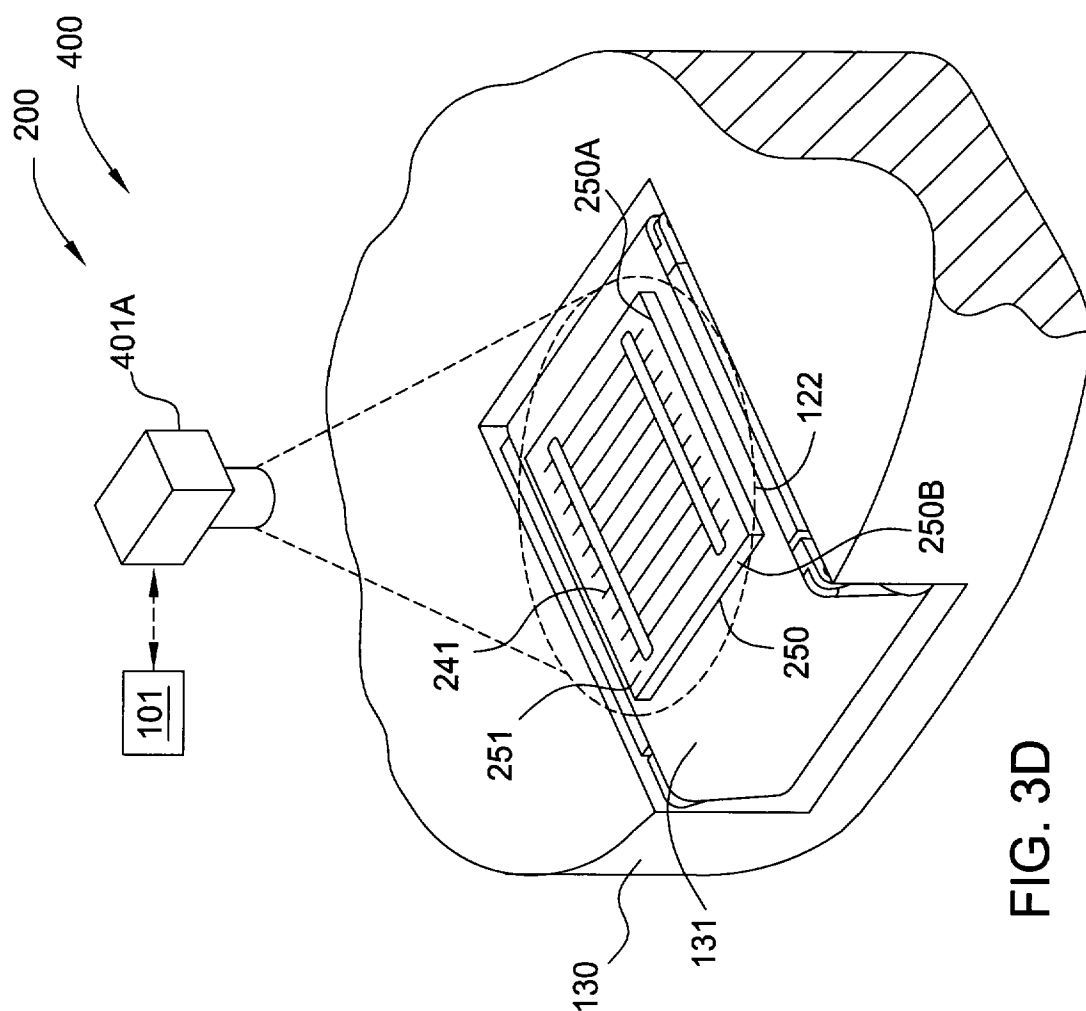


FIG. 3B



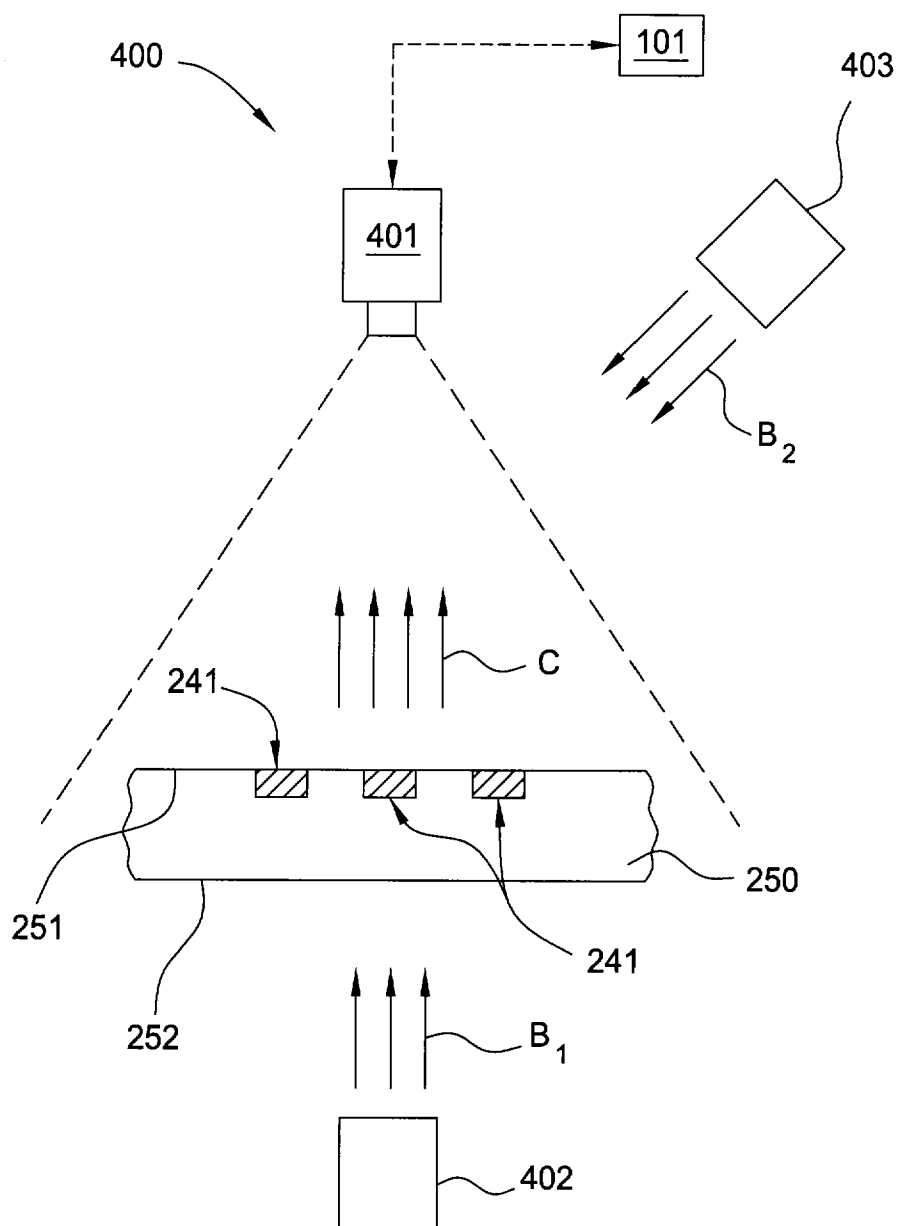


FIG. 4A

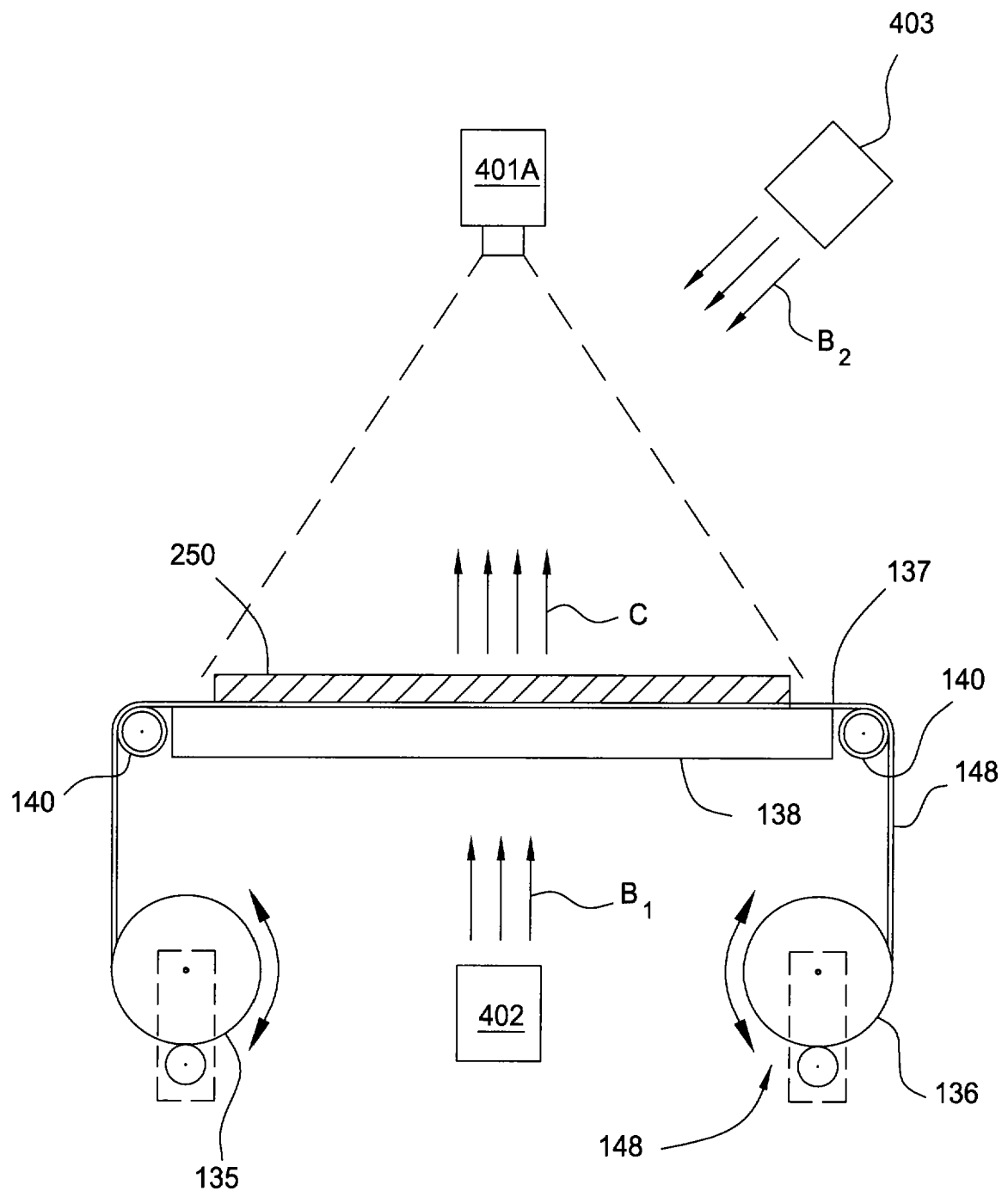


FIG. 4B

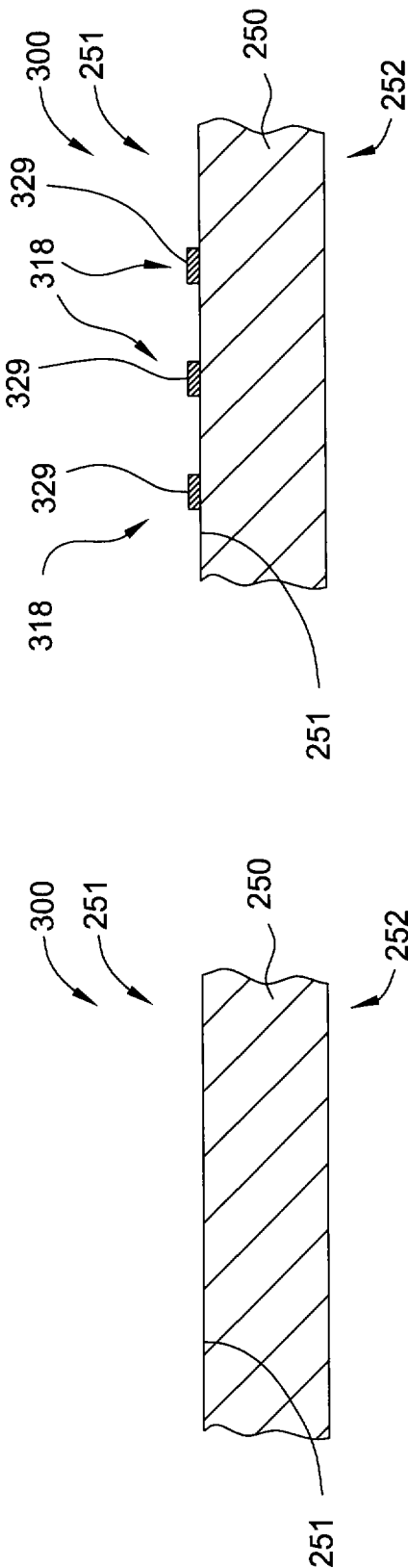


FIG. 5A

FIG. 5B

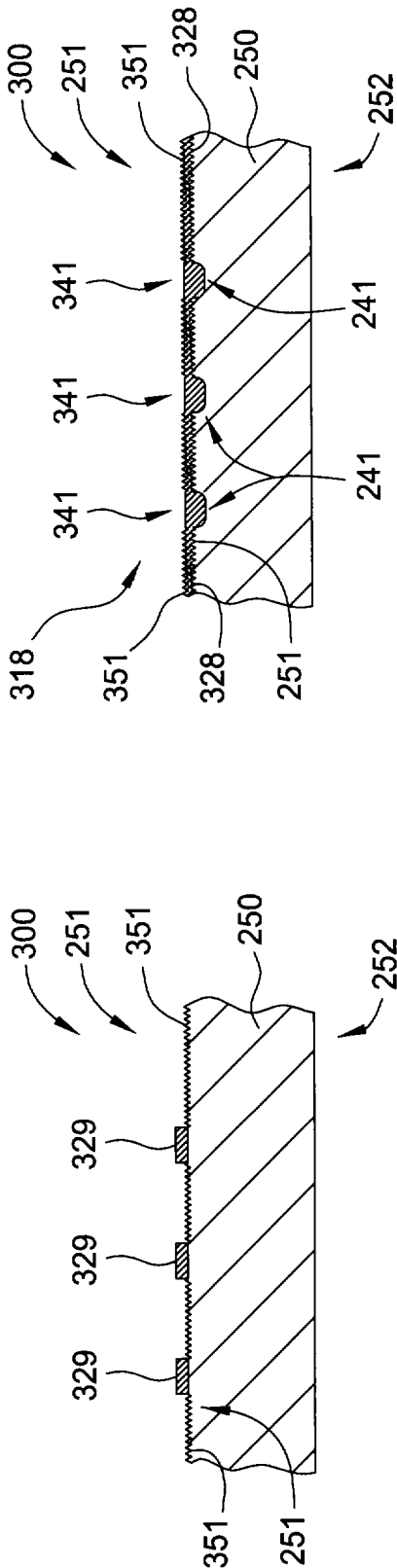


FIG. 5C

FIG. 5D

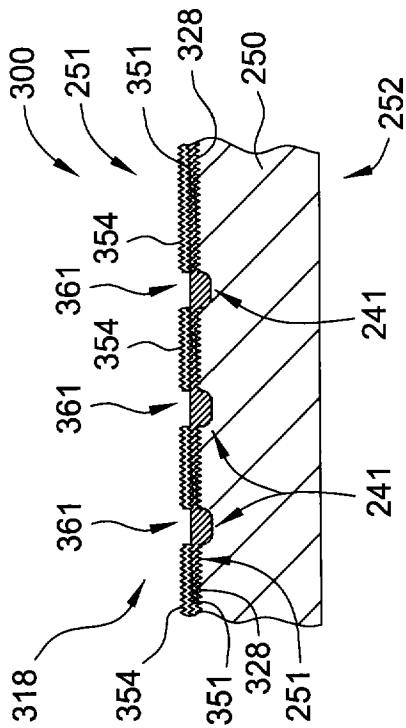


FIG. 5F

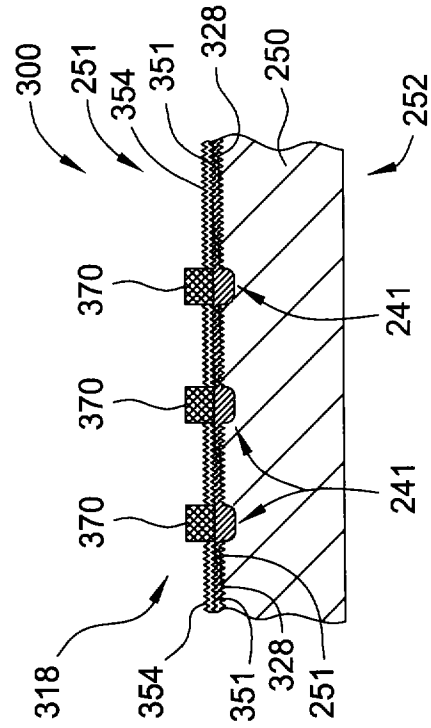


FIG. 5G

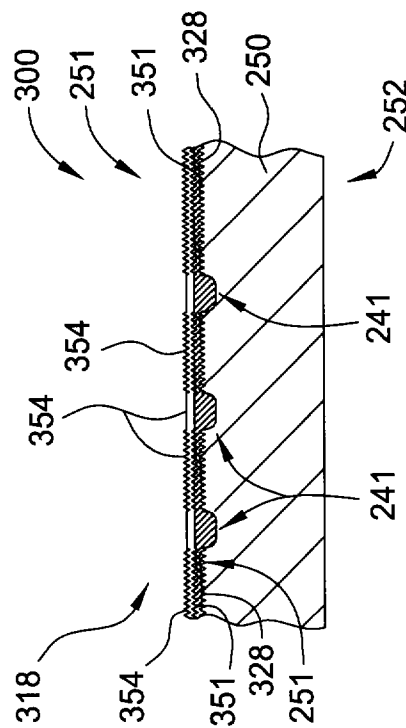


FIG. 5E

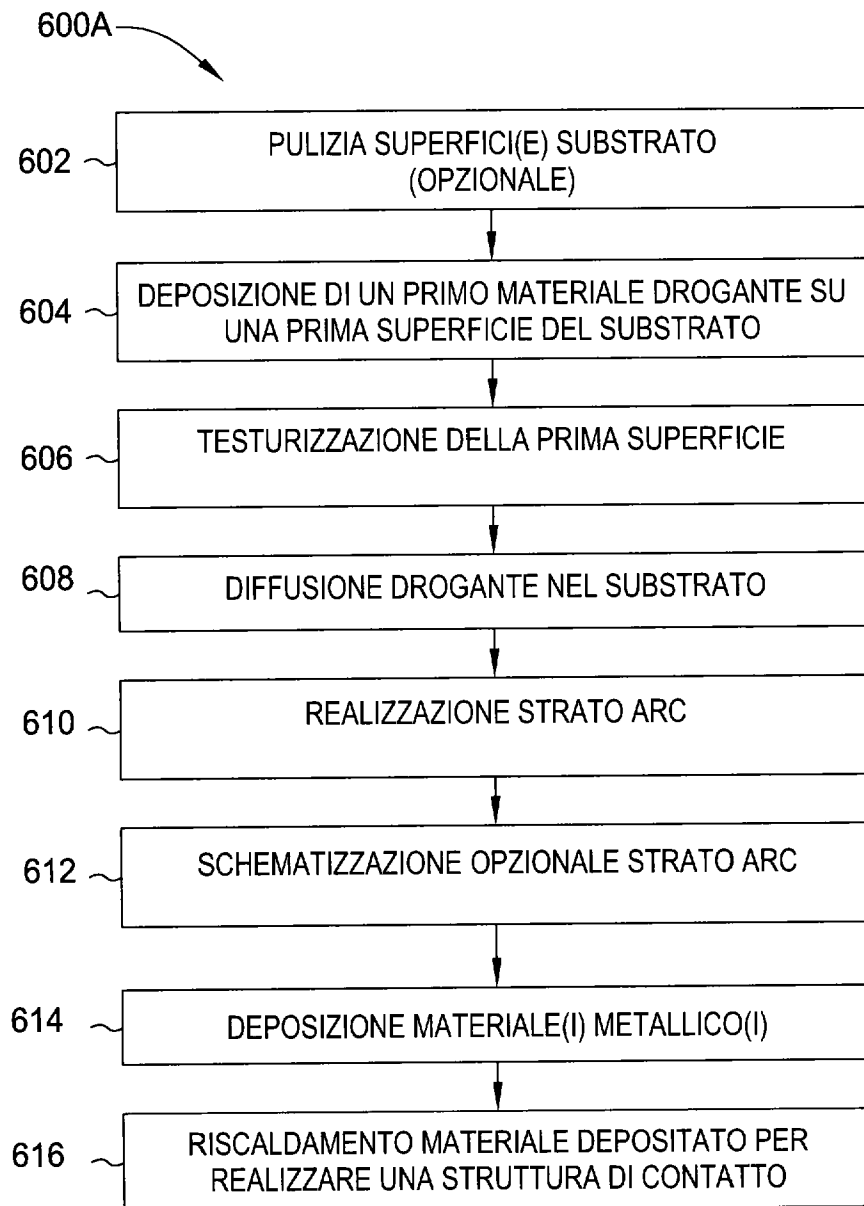


FIG. 6A

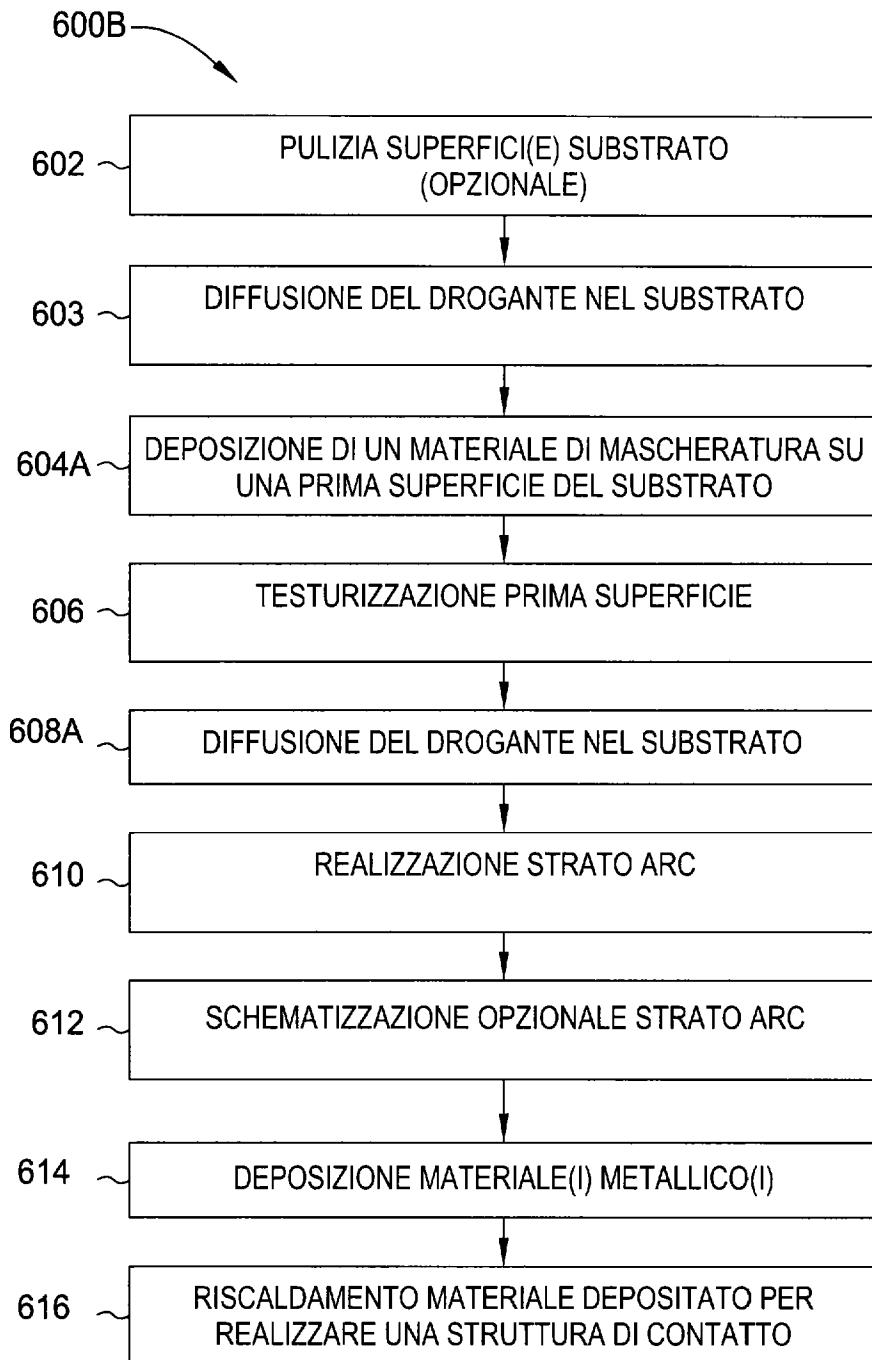


FIG. 6B



FIG. 6C

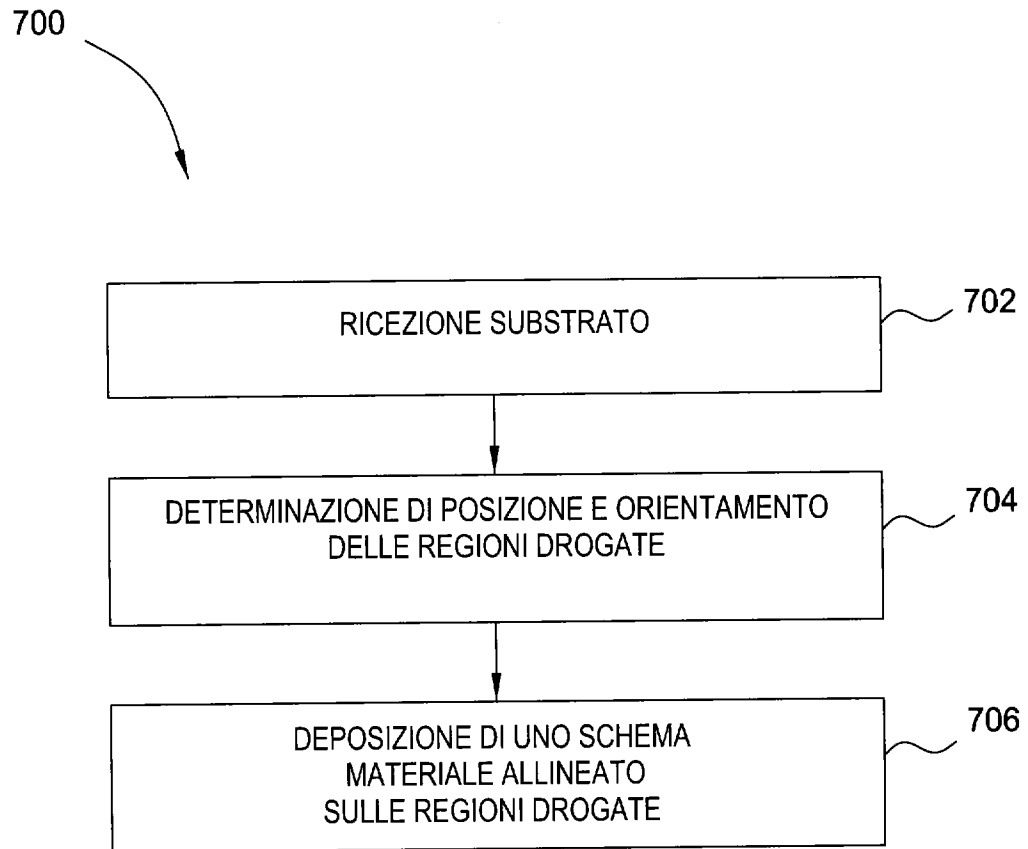


FIG. 7

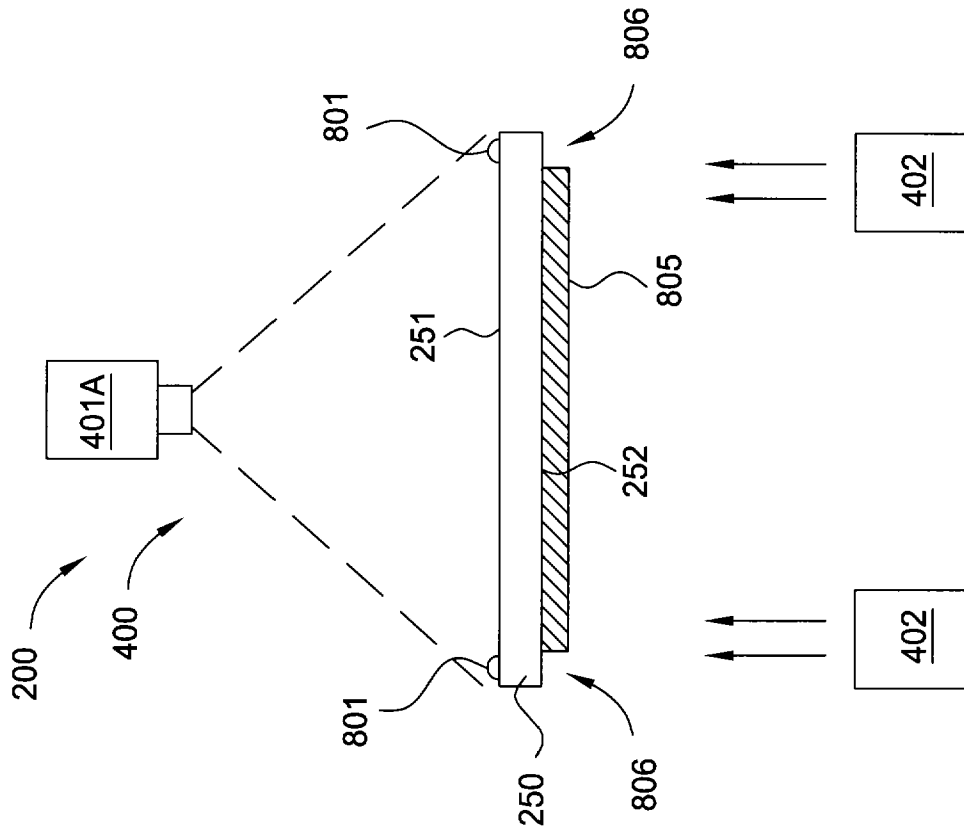


FIG. 8B

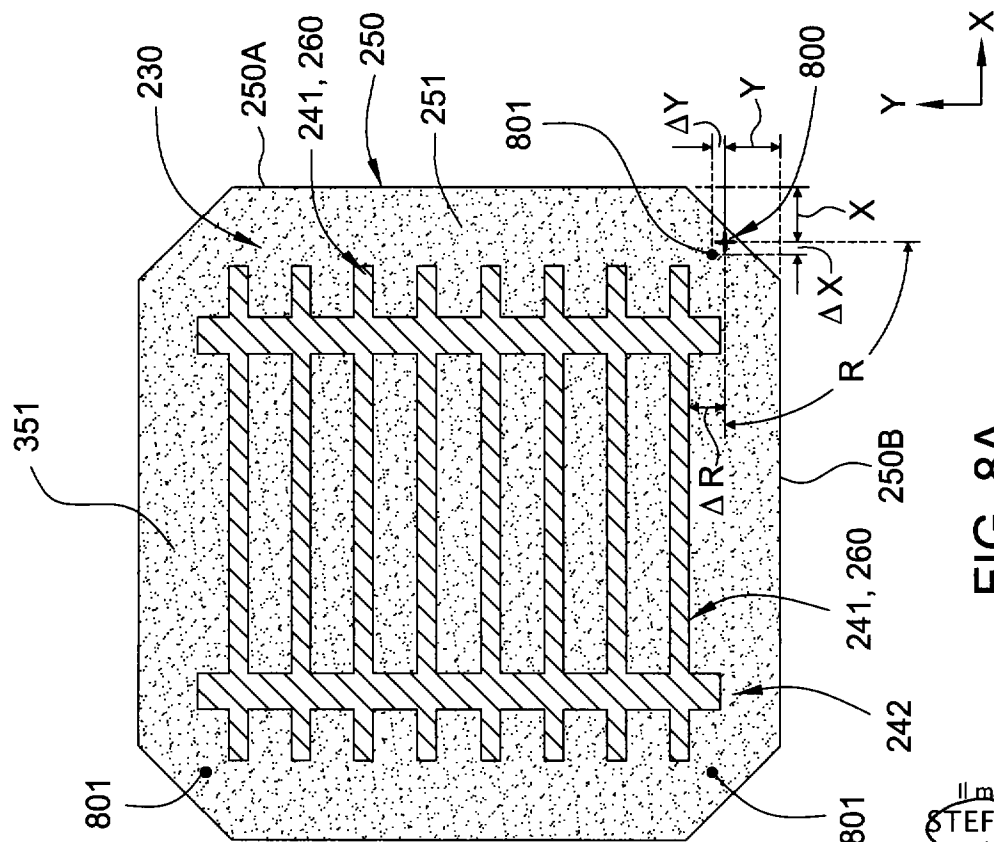


FIG. 8A

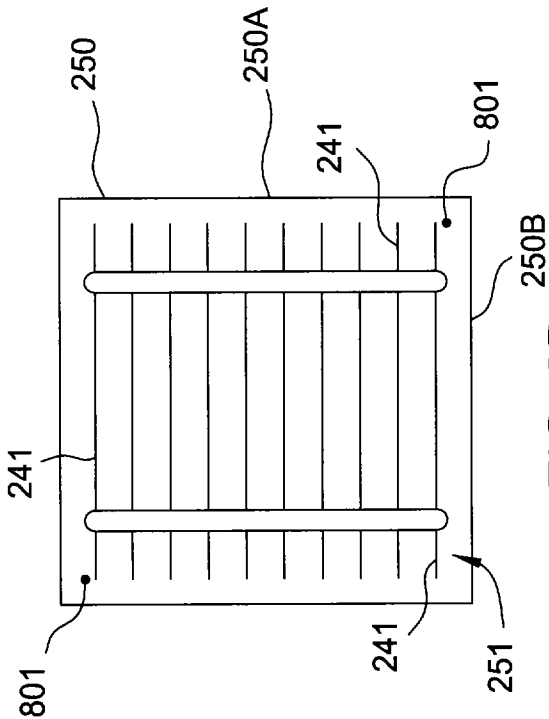


FIG. 9B

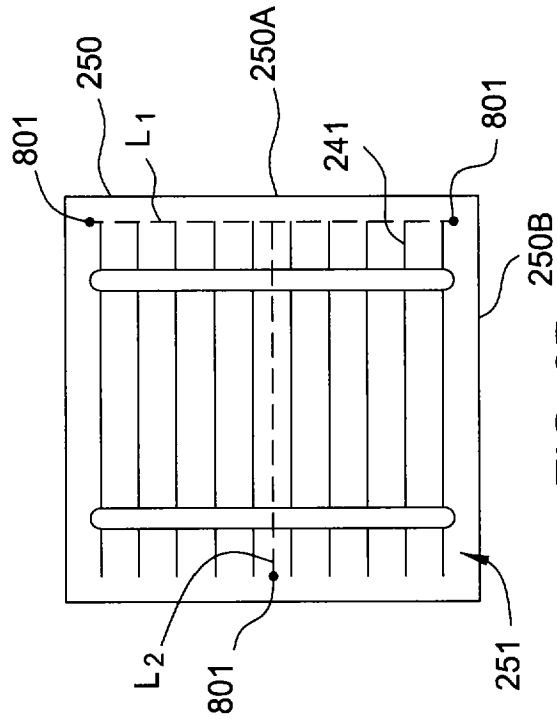


FIG. 9D

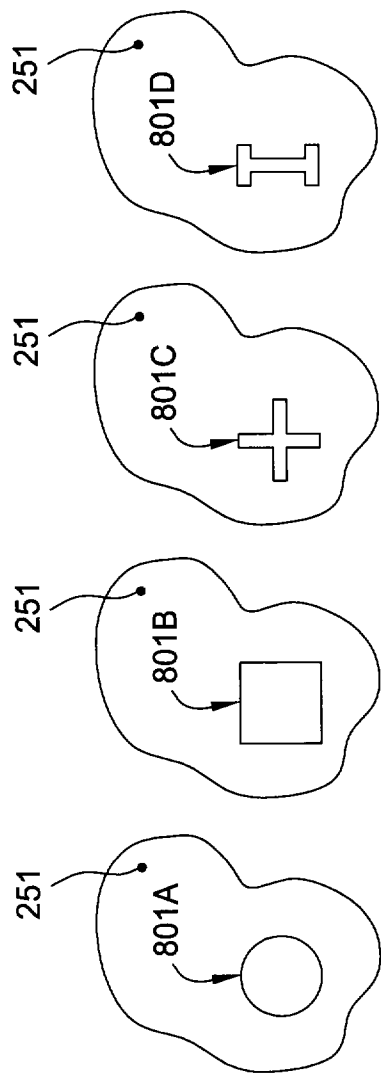


FIG. 9A

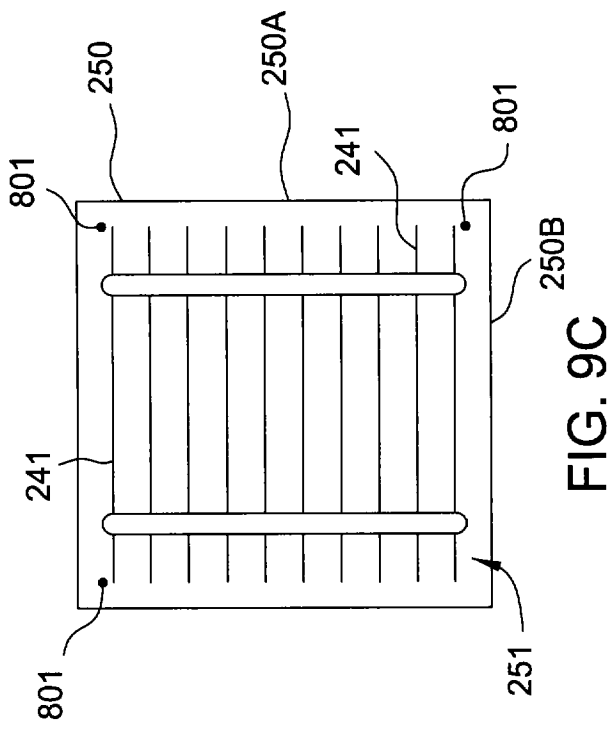


FIG. 9C

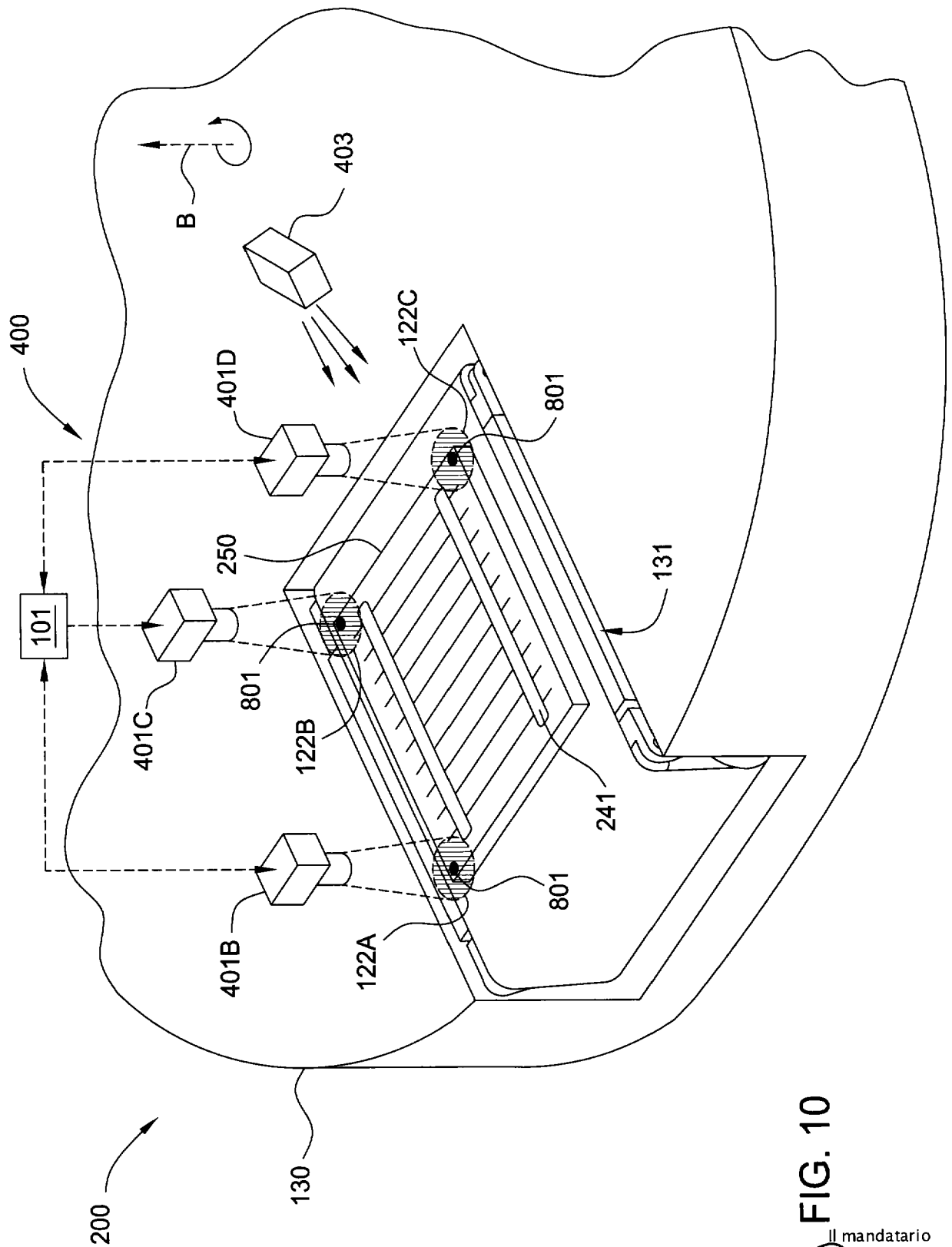


FIG. 10

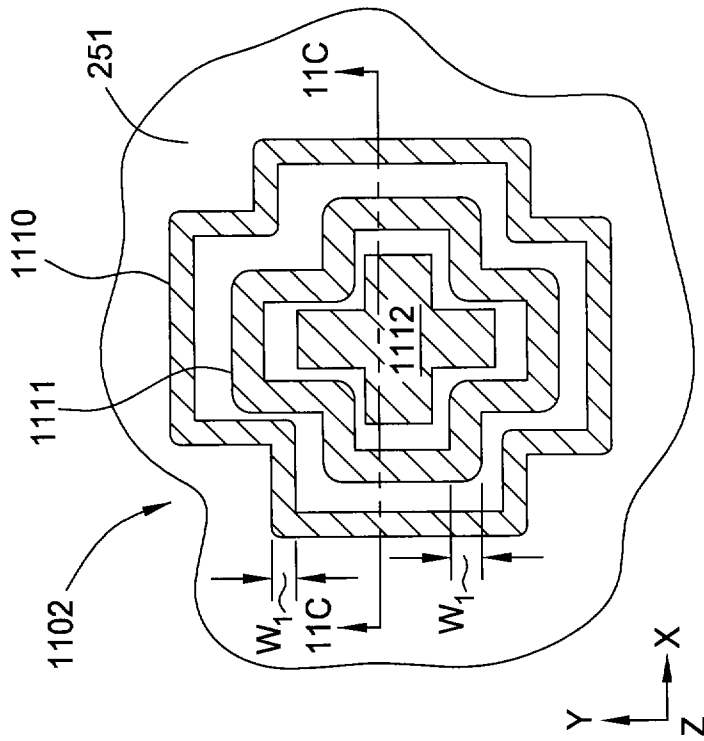


FIG. 11B

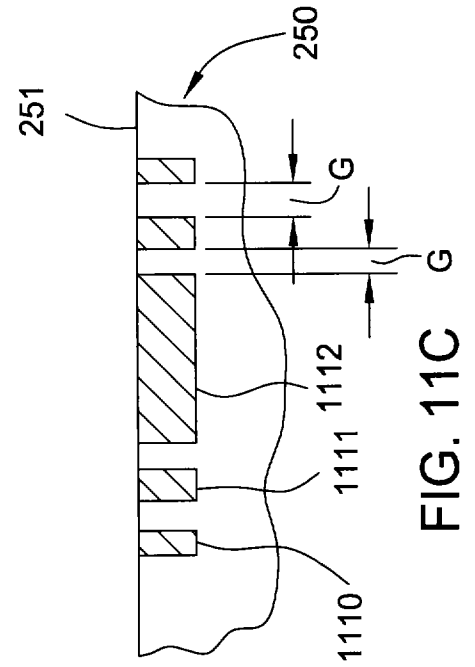


FIG. 11C

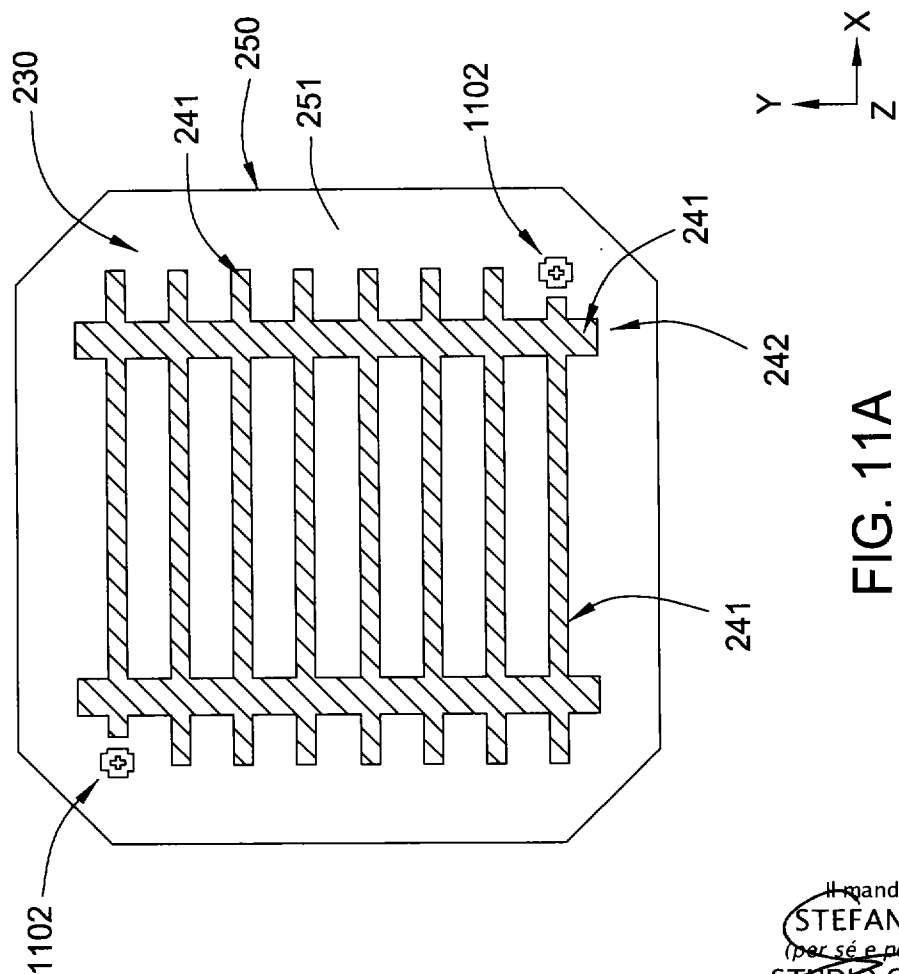


FIG. 11A

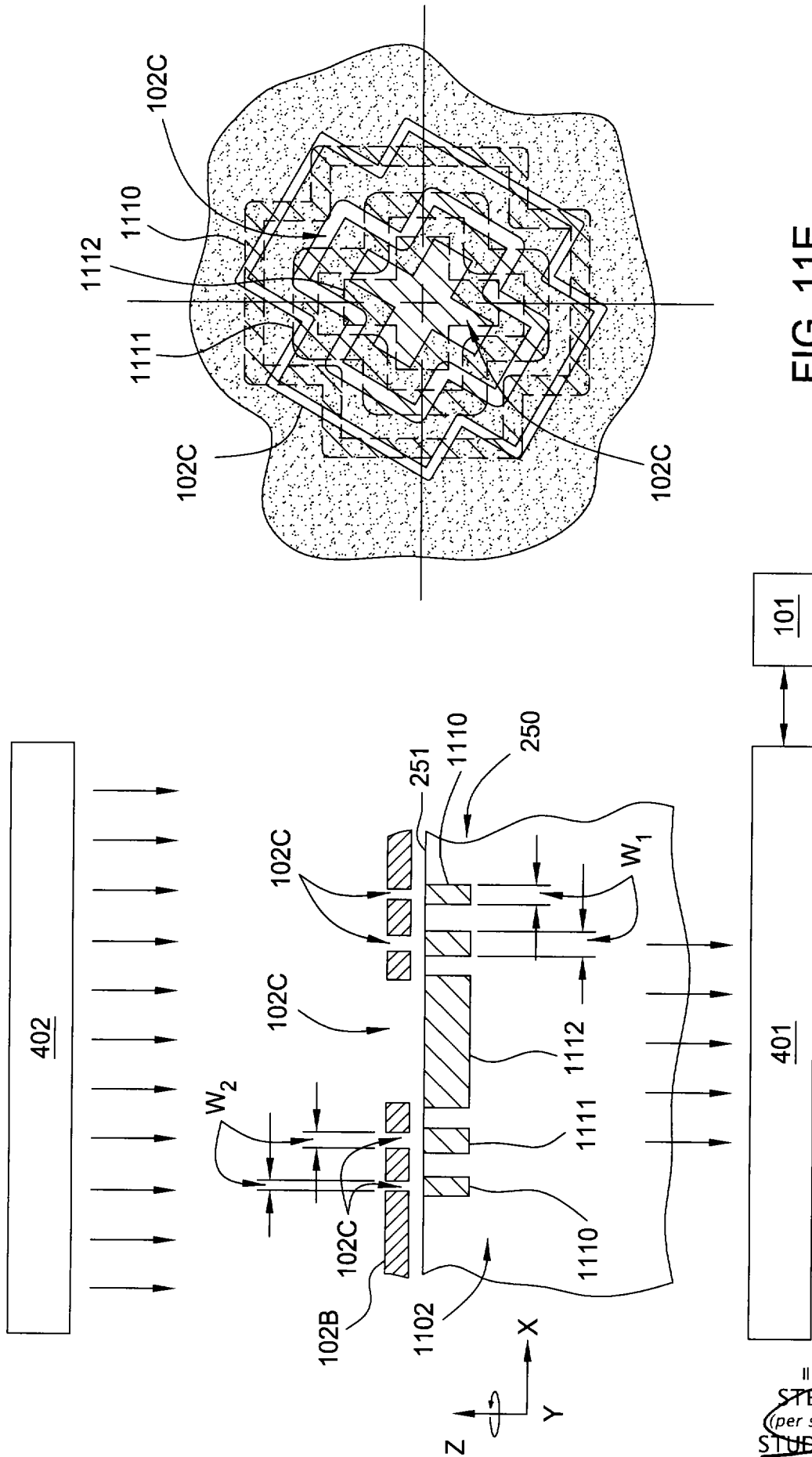


FIG. 11E

FIG. 11D

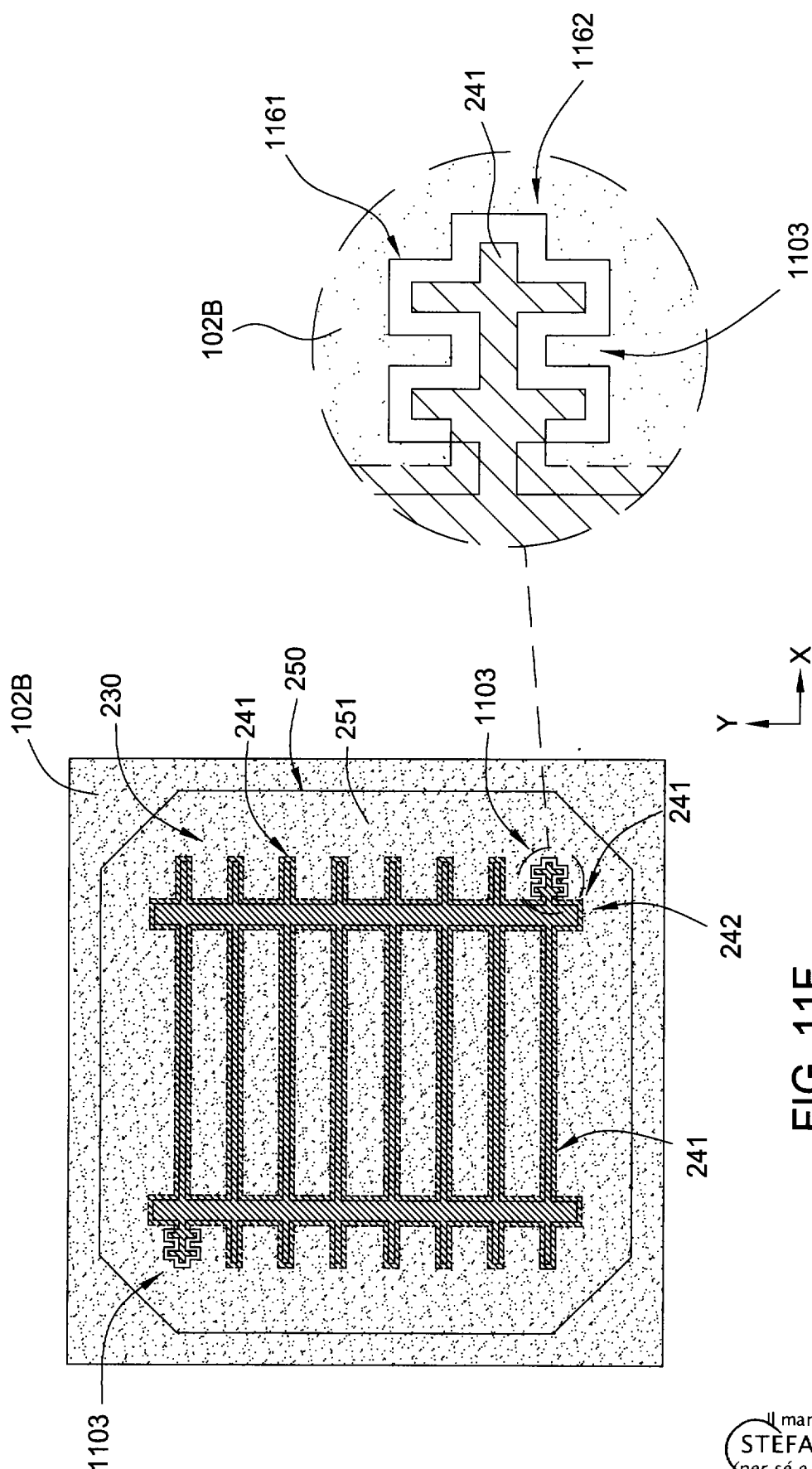


FIG. 11G

FIG. 11F

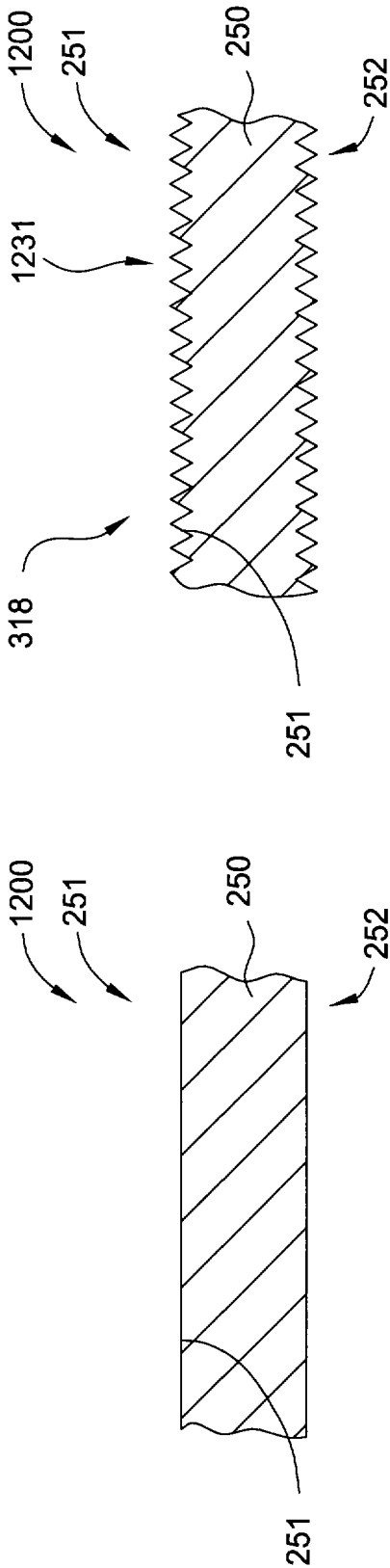


FIG. 12B

FIG. 12A

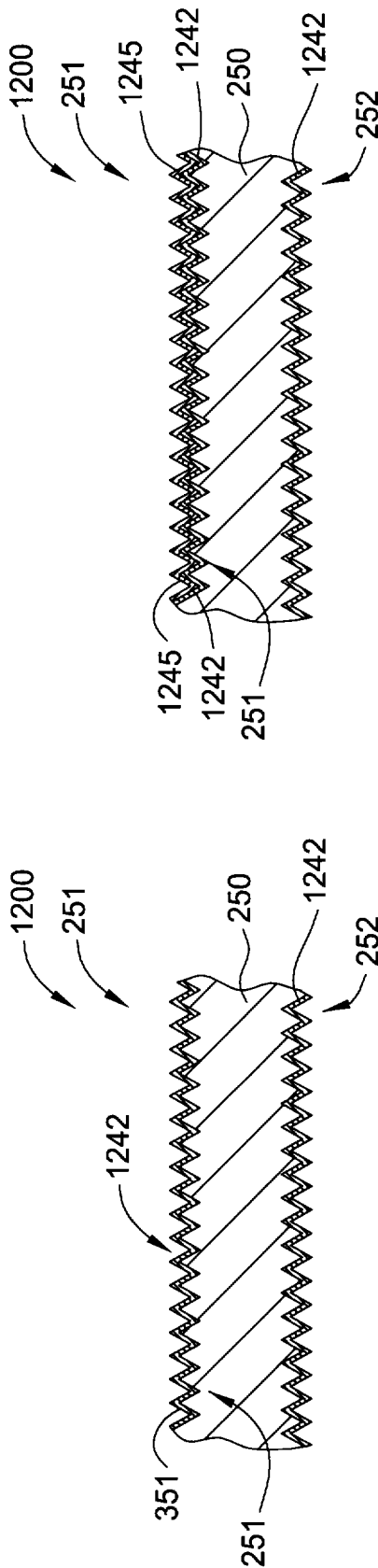


FIG. 12D

FIG. 12C

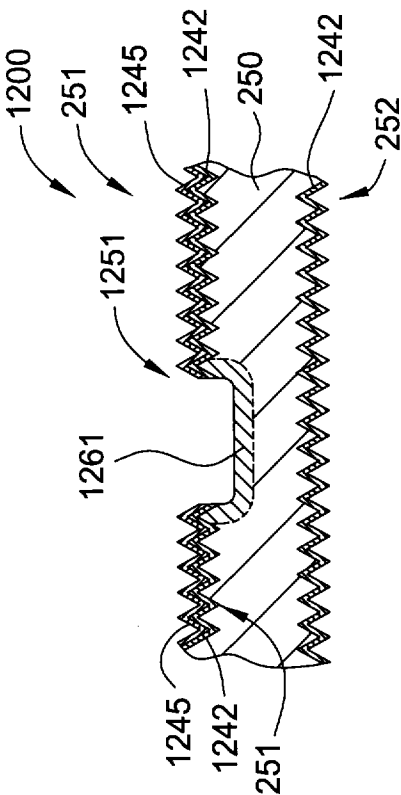


FIG. 12F

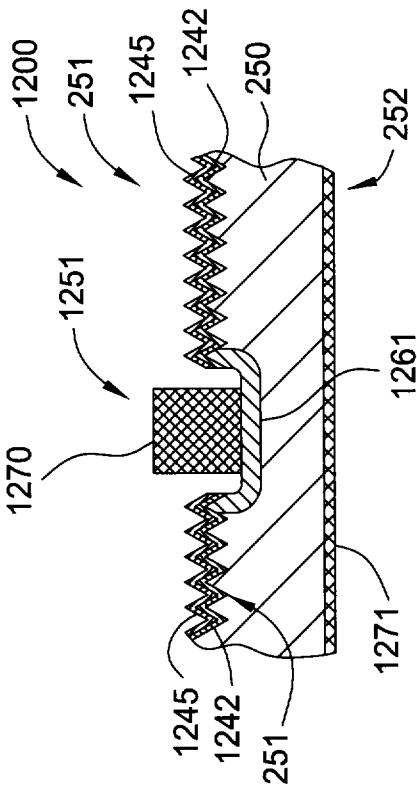


FIG. 12H

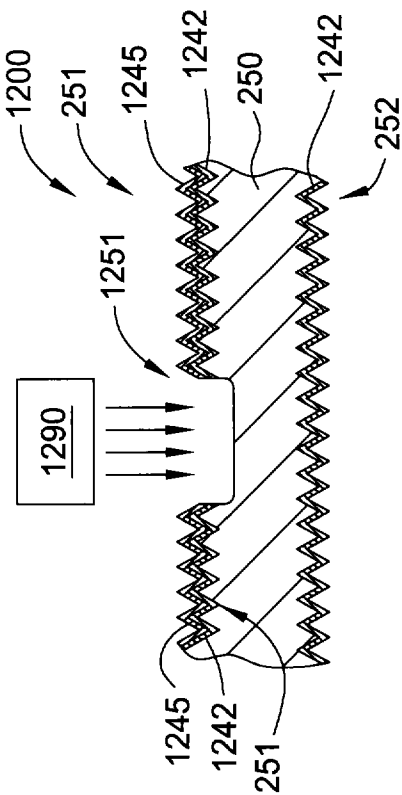


FIG. 12E

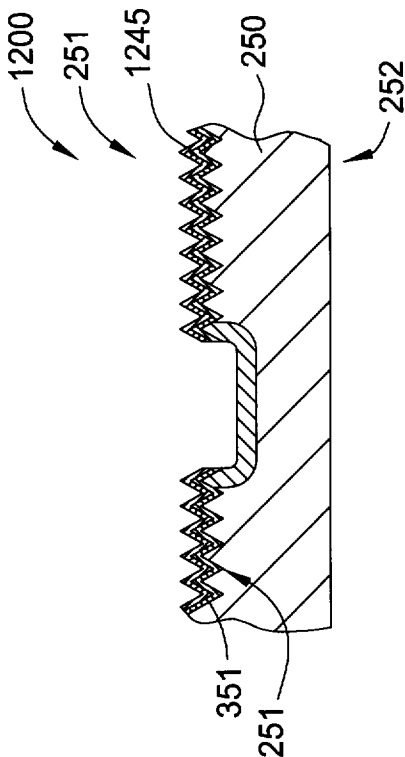


FIG. 12G



FIG. 13