

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

2 958 082

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

10 52225

⑤1 Int Cl⁸ : H 01 L 31/18 (2006.01), H 01 L 31/042, 21/66

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 26.03.10.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 30.09.11 Bulletin 11/39.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : NEXCIS Société par actions simplifiée
— FR.

⑦2 Inventeur(s) : DUNNE BRENDAN.

⑦3 Titulaire(s) : NEXCIS Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

⑤4 FABRICATION D'UN MODULE PHOTOVOLTAÏQUE COMPORTANT UN ENSEMBLE DE CELLULES.

⑤7 La présente invention concerne la fabrication d'un
panneau de cellules photovoltaïques, comportant les
étapes:

a) obtention de films photovoltaïques (PV) destinés cha-
cun à une cellule, disposés sur une face avant d'un substrat
métallique,

b) application d'au moins un film conducteur (CG, CND)
sur chaque face avant d'un film photovoltaïque,

c) découpe du substrat (SUB) pour isoler des cellules les
unes des autres,

d) encapsulation (ENC) des cellules sur un support com-
mun.

Au sens de l'invention, les étapes d) et c) sont inversées,
l'étape d) visant une encapsulation de la face avant du
substrat, avant la découpe du substrat par sa face arrière à
l'étape c). En outre:

- à l'étape b), une zone du film conducteur se prolonge
sur le substrat de sorte que le film conducteur est en contact
à la fois avec la face avant du film photovoltaïque et la face
avant du substrat,

- à l'étape c), le substrat est découpé pour dé-court-cir-
cuiteur les films photovoltaïques entre eux, au moins sous la
zone précitée du film conducteur et sur une largeur de subs-
trat inférieure à la largeur de la zone.

FR 2 958 082 - A1



Fabrication d'un module photovoltaïque comportant un ensemble de cellules

La présente invention concerne la fabrication d'un module photovoltaïque comportant un ensemble de cellules photovoltaïques.

5

En référence à la figure 1 représentant un ensemble de cellules photovoltaïques, chaque cellule présente une partie active PV1, PV2, ..., PVN-1, PVN, reposant sur un support respectif SUP1, SUP2, ..., SUPN-1, SUPN. Typiquement, la partie active de chaque cellule correspond à une photodiode présentant un empilement de couches telles que par exemple :

10

- une couche d'adaptation avec un substrat (souvent en verre, ou sous forme de feuille métallique), cette couche d'adaptation étant de molybdène par exemple,
- une couche active, proprement dite, et à propriétés photovoltaïques (par exemple un composé I-III-VI₂ de type Cuivre-(Indium, Gallium et/ou Aluminium)-(Soufre et/ou Sélénium), ou encore un composé à base de tellure de cadmium, ou encore de silicium amorphe),
- et souvent des couches supplémentaires (transparentes pour laisser la lumière interagir avec la couche sous-jacente à propriétés photovoltaïques), de sulfure de cadmium, d'oxyde de zinc, etc.

15

20 La partie active de chaque cellule est appelé ici, de façon générale, « film photovoltaïque ».

Il est prévu en outre de déposer sur ce film, et ce sélectivement de manière encore à ne pas cacher de la lumière le film photovoltaïque, une grille de collecte SCG des charges générées par effet photovoltaïque et issues du film photovoltaïque. Ainsi, la grille de collecte présente :

25

- des dépôts (représentés sur la figure 1 sous forme de traits, par exemple sérigraphiés) sur la surface supérieure du film photovoltaïque de la cellule pour récupérer les électrons générés par effet photovoltaïque, et
- un collecteur principal CG relié à ces dépôts SCG pour collecter globalement « l'électricité » générée par la partie active PV1.

30

Ainsi, la forme de la grille de collecte SCG et du collecteur CG est un compromis entre le nombre de photons incidents sur le film photovoltaïque et le nombre d'électrons effectivement collectés. Ci-après, la grille de collecte SCG et le collecteur CG d'une cellule sont communément désignés par les termes généraux « grille de collecte ».

5

Habituellement, les cellules photovoltaïques sont préparées sur un substrat commun, puis le substrat est découpé en autant de cellules individuelles. On procède ensuite à une étape de création des connexions de chaque cellule et d'interconnexion des cellules entre elles, par exemple par les connexions en série $C_{1,2}$; $C_{2,N-1}$; $C_{N-1,N}$ représentées sur la figure 1 à titre d'exemple. Pour cette étape, on assemble à nouveau les cellules photovoltaïques valides (étant entendu qu'un test de leur fonctionnement est mis en œuvre préalablement) sur un support commun SUP (en verre ou en matériau polymère) et les connexions précitées sont ensuite créées. Le module photovoltaïque ainsi obtenu peut être connecté ensuite à une entrée (par la connexion C1) et à une sortie (par la connexion CN).

10
15

On se réfère à la figure 1a pour décrire plus en détail les étapes successives d'un procédé de fabrication d'un ensemble de cellules C1, C2 au sens de l'art antérieur. Des films photovoltaïques PV, propres chacun à une future cellule C1, C2, sont obtenus sur un substrat SUB (par exemple par dépôt sélectif d'un film photovoltaïque, en des régions du substrat destinées à former les cellules, ou encore par gravure sélective du film déposé, ou encore par tout autre moyen connu). On applique sur chaque film PV le dépôt d'une couche de collecte CG à une étape ultérieure. Puis, le substrat est découpé (référence D) pour former de futures cellules individuelles. Les découpes individuelles sont collées ensuite sur un support commun SUP. Il est procédé ensuite à l'application d'un film isolant IS, adjacent à la couche de collecte CG et recouvrant la zone de séparation D entre cellules, comme représenté sur la figure 1a. Enfin, un film conducteur CND est appliqué pour établir une connexion entre la face avant du film photovoltaïque PV, via la couche de collecte CG, et la face arrière du film photovoltaïque PV de la cellule adjacente C2, via son substrat SUB. Dans cet exemple de réalisation, on comprendra que le substrat SUB est conducteur, par exemple

20
25
30

métallique. Le procédé peut se poursuivre ensuite par une étape d'encapsulation de la face avant du support SUP (portant les cellules C1, C2 ainsi finalisées et interconnectées) avec par exemple une plaque protectrice VE (par exemple de verre) collée sur la face avant avec le matériau d'encapsulation ENC.

5

Toutefois, un tel procédé de découpe et d'interconnexion des cellules est long et coûteux industriellement.

La présente invention vient améliorer la situation.

10

Elle propose alors de conserver sur un même support les films photovoltaïques précités de chaque cellule, ce support pouvant correspondre au substrat d'origine des films photovoltaïques. Comme on le verra dans des exemples de réalisation décrits plus loin, le substrat peut être découpé mais, en particulier, les cellules ne sont pas désassociées, c'est-à-dire que leurs films photovoltaïques ne sont pas déplacés les uns par rapport aux autres dans le déroulement du procédé au sens de l'invention, et ce jusqu'à l'étape d'interconnexion des cellules.

15

A cet effet, la présente invention vise tout d'abord un procédé de fabrication d'un panneau de cellules photovoltaïques, comportant les étapes :

20

- a) obtention de films photovoltaïques destinés chacun à une cellule, disposés sur une face avant d'un substrat métallique,
- b) application d'au moins un film conducteur (par exemple une couche de collecte, telle qu'une grille de collecte) sur chaque face avant d'un film photovoltaïque,
- c) découpe du substrat pour isoler des cellules les unes des autres,
- d) encapsulation des cellules sur un support commun,

25

Au sens de l'invention, les étapes d) et c) sont inversées, l'étape d) visant une encapsulation de la face avant du substrat, avant la découpe du substrat par sa face arrière à l'étape c). En outre :

30

- à l'étape b), une zone du film conducteur se prolonge sur le substrat de sorte que le film conducteur est en contact à la fois avec la face avant du film photovoltaïque et la face avant du substrat,

les films photovoltaïques des cellules étant ainsi court-circuités entre eux par le substrat métallique à cette étape b), et

- à l'étape c), le substrat est découpé pour dé-court-circuiter les films photovoltaïques entre eux, au moins sous la zone précitée du film conducteur et sur une largeur de substrat inférieure à la largeur de la zone.

La zone précitée de film conducteur, combinée au substrat, relie alors électriquement la face avant du film photovoltaïque à la face arrière d'un film photovoltaïque d'une cellule adjacente.

Ainsi, le procédé au sens de l'invention permet de conserver sur un même support (substrat, puis encapsulation de la face avant) les cellules tout au long de leur fabrication, ce qui permet alors d'éviter leur séparation mécanique les unes des autres, puis leur solidarisation à nouveau sur un support commun ensuite.

Le film conducteur précité peut avantageusement comporter une grille de collecte de charges issues du film photovoltaïque, laquelle est alors appliquée sur la face avant du film photovoltaïque et se prolonge sur la face avant du substrat (en la zone précitée).

Optionnellement et non nécessairement, on peut prévoir que le film conducteur comporte en outre un ruban conducteur appliqué sur la grille de collecte en recouvrant la zone précitée de la grille de collecte pour être en contact avec la face avant du substrat.

Comme on le verra plus en détail ci-après en référence à la figure 2, le film photovoltaïque (portant la référence PV sur cette figure 2) est recouvert au moins partiellement par le film conducteur (CND, CG). En particulier, le film conducteur s'étend au-delà du film photovoltaïque (PV) sur une première zone (Z1) et une

deuxième zone consécutive (Z2) (la deuxième zone étant plus espacée du film photovoltaïque que la première zone). Ainsi :

- la deuxième zone (Z2) recouvre la face avant du substrat (SUB) en étant en contact avec celui-ci, et
- 5 - le substrat (SUB) est découpé en présentant un espace « vide » (D), appelé aussi ci-après « découpe (D) » sous la première zone (Z1).

On peut prévoir aussi un film isolant (IS), appliqué avant l'étape b), et :

- adjacent au film photovoltaïque (PV) et d'épaisseur supérieure à celle du film photovoltaïque, et
- 10 - destiné à être situé au-dessus de la découpe (D) du substrat et sous une partie de la zone d'extension (Z1) du film conducteur.

Plus particulièrement, le film isolant (IS) est destiné à être situé sous la première zone (Z1) en séparant le film photovoltaïque (PV) de la deuxième zone (Z2), le film isolant recouvrant préférentiellement un bord du film photovoltaïque (PV), en regard de la deuxième zone précitée (Z2).

Dans un premier mode de réalisation :

- 20 - le film isolant est appliqué au moins sur la face avant du substrat entre les étapes a) et b), et
- le substrat est découpé à l'étape c) sous le film isolant.

Dans une première variante :

- 25 - avant l'étape b), la face avant du substrat est gravée sur une partie seulement de l'épaisseur du substrat, pour former une ébauche de la découpe du substrat de l'étape c),
- après l'opération de gravure, le film isolant est appliqué sur la face avant du substrat, au niveau de la gravure, et
- 30 - après l'étape d'encapsulation, la découpe du substrat est complétée sur toute l'épaisseur du substrat.

Dans une autre variante encore :

- avant l'étape b), le substrat est découpé localement seulement, sur une zone du substrat correspondant à la première zone précitée, et sensiblement plus longue que la première zone, et
- après l'étape d'encapsulation, la découpe du substrat est complétée au-delà de cette première zone.

Avantageusement, on prévoit en outre :

- une opération de test de fonctionnement de chaque cellule du panneau, et
- en cas de défaillance d'une cellule testée, une opération de mise en court-circuit de la cellule défaillante en comblant par un matériau conducteur la découpe du substrat réalisée à l'étape c) pour former la cellule défaillante.

Ainsi, la présence d'une cellule défaillante parmi les cellules du panneau n'altère pas le fonctionnement futur du panneau complet et ne nécessite pas non plus d'ôter mécaniquement cette cellule défaillante hors du panneau.

La présente invention vise aussi un panneau de cellules photovoltaïques obtenu par la mise en œuvre du procédé ci-avant. Le film conducteur d'une cellule comporte une couche de collecte de charges issues du film photovoltaïque, appliquée sur la face avant du film photovoltaïque, et la couche de collecte recouvre au moins partiellement le film photovoltaïque en s'étendant au-delà du film photovoltaïque sur de première et deuxième zones, la deuxième zone étant plus espacée du film photovoltaïque que la première zone. En particulier :

- ladite deuxième zone recouvre la face avant du substrat en étant en contact avec celui-ci, et
- le substrat présente un découpage au moins sous cette première zone.

On comprendra ainsi qu'il s'agit de l'une des traces possibles du procédé au sens de l'invention sur le panneau obtenu. Cette trace peut être visible notamment par comparaison de la figure 1a et de la figure 4b décrite plus loin.

Comme on le verra aussi en référence aux figures 5a à 5c, la découpe du substrat peut avantageusement suivre un motif choisi correspondant à un schéma électrique prédéterminé d'interconnexion entre cellules (en série, en parallèle, en parallèle/série, etc.). En particulier, un motif de découpe entourant complètement une cellule peut correspondre à une mise en série de cette cellule.

- D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description d'exemples possibles de réalisation donnés ci-après et à l'examen des dessins annexés, sur lesquels, outre les figures 1 et 1a commentées ci-avant :
- 10 - la figure 2 illustre schématiquement et partiellement une vue en coupe d'un ensemble de deux cellules au sens de l'invention,
 - la figure 3 est une vue de dessus des cellules représentées sur la figure 2,
 - les figures 4a et 4b illustrent des étapes du procédé au sens de l'invention, dans un exemple de réalisation,
 - 15 - les figures 5a, 5b et 5c illustrent respectivement des schémas électriques possibles de mise en connexion des cellules d'un ensemble de cellules au sens de l'invention,
 - les figures 6a et 6b illustrent des variantes respectives de réalisation du procédé des figures 4a et 4b,
 - la figure 7 illustre un exemple de mise en court-circuit d'une cellule défaillante C
 - 20 d'un ensemble de cellules au sens de l'invention, et
 - la figure 8 présente un exemple de réalisation possible de panneau photovoltaïque.

On se réfère tout d'abord à la figure 2, sur laquelle on a représenté complètement une cellule C1 et partiellement une cellule C2 immédiatement adjacente, reposant sur un même substrat métallique portant la référence SUB. En particulier, chaque cellule C1 comporte :

- film photovoltaïque PV, et
 - au moins un film conducteur CND, pouvant interconnecter deux cellules C1 et C2 entre elles, comme décrit ci-après.
- 30 Ce film conducteur CND recouvre au moins partiellement la face avant du film photovoltaïque PV et s'étend au-delà du film photovoltaïque PV pour venir en contact

avec le substrat SUB. En particulier, le film conducteur CND s'étend au-delà du film photovoltaïque PV sur :

- une première zone Z1, qui se poursuit par
- une deuxième zone Z2,

5 la deuxième zone Z2 étant plus distante du film photovoltaïque PV que la première zone Z1.

En réalité, comme on le verra en référence à la figure 3, le film conducteur CND recouvre partiellement seulement le film photovoltaïque PV pour ne pas cacher la lumière incidente sur le film photovoltaïque PV.

10

Au sens de l'invention, les cellules C1, C2 sont conservées sur un même support matérialisé ici par le substrat métallique SUB, commun à toutes les cellules, les films photovoltaïques PV de chaque cellule recouvrant le substrat métallique commun SUB. Comme on le verra en référence à la figure 3, les films PV à propriétés photovoltaïques des cellules n'occupent pas toute la surface du substrat métallique SUB, mais le recouvrent en partie seulement, une partie complémentaire de la surface du substrat SUB étant réservée notamment aux connexions comme décrit ci-après.

15

En particulier, dans la cellule C1 à interconnecter avec la cellule adjacente C2, la deuxième zone précitée Z2 recouvre le substrat commun SUB et vient en contact avec ce dernier. En outre, le substrat SUB est découpé et présente alors un espace vide D notamment sous la première zone Z1. Sans cet espace vide D, la cellule C1 par exemple est court-circuitée par le substrat métallique SUB. En découpant le substrat et en créant ainsi cet espace vide D, la circulation d'un courant électrique entre les films photovoltaïques PV respectives des cellules C1 et C2 s'effectue alors comme représenté par les flèches de la figure 2, depuis la face avant du film PV de la cellule C1, via :

20

25

- le film conducteur CND,
- sa première zone Z1,
- 30 - sa deuxième zone Z2,
- une partie du substrat métallique SUB,

jusqu'à la face arrière du film PV de la cellule C2.

L'espace vide D de la figure 2 peut être réalisé simplement par gravure locale du substrat SUB. Comme on le verra dans les exemples d'interconnexion de cellules
5 décrits plus loin, une telle découpe D du substrat, lorsqu'elle est agencée tout autour de la cellule C1, permet déjà de dé-court-circuiter la cellule C1 de la cellule C2, par exemple selon une connexion série dans la représentation de la figure 3.

Il faut s'assurer toutefois que le film photovoltaïque PV ne va pas déborder au-delà de
10 l'espace vide D et, en particulier, ne va pas venir en contact avec le substrat SUB à proximité de la cellule C2 (à droite de l'espace vide D comme représenté dans l'exemple de la figure 2). A cet effet, on prévoit un film isolant IS, recouvrant l'espace vide D en séparant le film PV de la deuxième zone Z2.

15 Comme indiqué précédemment, une grille de collecte est habituellement prévue pour récupérer les charges issues du film photovoltaïque PV. En référence à nouveau à la figure 2, le film conducteur CND comporte préférentiellement un sous-film CG possédant de telles propriétés de collecte de charges issues du film photovoltaïque PV. Un exemple de film de grille de collecte sera décrit de façon plus détaillée ci-après, en
20 référence aux figures 4a à 4c.

Ainsi, comme représenté sur la figure 2 :

- la découpe du substrat SUB peut être considérée ici comme ayant une fonction d'isolation entre le film photovoltaïque PV de la cellule C1 et du film
25 photovoltaïque PV de la cellule C2,
- tandis que l'extension du film conducteur CND, au niveau de la deuxième zone Z2, a une fonction de connexion entre les deux films photovoltaïques PV.

30 Comme on le verra ci-après en référence à la figure 3 et aux figures 5a à 5c, la découpe du substrat commun SUB suit ainsi un motif choisi correspondant à un schéma électrique prédéterminé d'interconnexion des cellules.

On a représenté sur la figure 3 le cas d'une interconnexion de deux cellules C1 et C2 en série, la flèche II de cette figure 3 désignant le plan de coupe de la figure 2. Les références de la figure 3 désignent donc les mêmes éléments que ceux de la figure 2. En particulier, la référence D désigne l'espace vide formé dans le substrat SUB. Cet espace vide D est représenté ici sous la forme d'un sillon séparant donc les deux cellules C1 et C2.

Toutefois, le motif de sillon D pour l'isolation entre cellule, comme le motif de la zone d'extension Z2 pour l'interconnexion entre cellules, peut être choisi en fonction d'un schéma électrique prédéterminé d'interconnexion des cellules.

On a représenté sur la figure 5a un motif de découpe (en traits pointillés) approprié pour la connexion en série de quatre cellules C1 à C4, dont le schéma équivalent est donné par la référence EQA. On notera que le film isolant de la cellule C2, référencé IS2, se prolonge jusqu'au sillon formé dans le substrat entre les cellules C2 et C3. Un motif de découpe entourant complètement une cellule (C1 par exemple) correspond à une connexion en série de cette cellule (C1) avec une cellule adjacente (C2 par exemple).

Sur la figure 5b, dans un autre exemple de réalisation possible, les quatre cellules représentées C1 à C4 sont connectées en parallèle selon le schéma équivalent EQB de cette figure.

Dans l'exemple de la figure 5c, les quatre cellules représentées C1 à C4 sont connectées selon un schéma EQC parallèle/série, les cellules C1 et C2 étant connectées en série, ainsi que les cellules C4 et C3.

On se réfère maintenant aux figures 4a et 4b pour décrire un exemple de réalisation possible d'un procédé de fabrication d'un ensemble de cellules C1, C2 représenté par exemple sur la figure 2.

On obtient initialement les films photovoltaïques PV sur le substrat métallique commun SUB comme représenté sur le premier schéma du haut de la figure 4a. Par exemple, le substrat SUB peut être une feuille métallique fine (50 à 100 μ m) en acier, en cuivre ou en aluminium. On peut réaliser le dépôt d'une couche d'adaptation de molybdène (non représentée) avant le dépôt de la couche active à propriétés photovoltaïques PV, sur le substrat. Ce (ou ces) dépôt(s) peut (peuvent) être effectué(s) par exemple par électrolyse puisque le substrat SUB est conducteur et peut donc accueillir ce(s) dépôt(s) par électrolyse. La couche photovoltaïque PV peut être déposée aussi par électrolyse et peut être réalisée dans un composé I-III-VI₂ comme expliqué précédemment. Bien entendu, la présente invention s'applique aussi à tout autre type de dépôt, et à tout type de matériau photovoltaïque.

On dépose ensuite sélectivement, dans un premier temps dans cet exemple de réalisation, un film isolant IS à cheval entre le film photovoltaïque PV et la face avant du substrat SUB, en recouvrant un bord du film photovoltaïque PV et une partie adjacente de la face avant du substrat SUB. On applique ensuite un film conducteur par exemple sous la forme d'une couche de grille de collecte CG, continument :

- sur une partie de la face avant du film photovoltaïque PV,
- sur le film isolant IS et,
- au-delà du film isolant IS sur une partie de la face avant du substrat SUB adjacente à l'isolant IS.

Le film de grille de collecte CG (conducteur, bien entendu) peut, en soi, suffire déjà à lui seul à interconnecter les cellules. Il peut se présenter sous la forme d'une pâte métallique de sérigraphie comportant de l'argent liquide et qui peut être recuite pour sécher. Optionnellement, on prévoit ici en outre un autre film conducteur CND qui est appliqué sur la face avant du film de collecte CG. Ce film CND peut se présenter simplement sous la forme d'un ruban métallique adhésif.

Le film IS, isolant, est destiné à recouvrir l'espace vide D présenté précédemment en référence à la figure 2 notamment, en séparant le film photovoltaïque PV de la deuxième zone Z2 du conducteur CG. Ainsi, le film isolant IS est, dans l'empilement, entre le film photovoltaïque PV et le film conducteur CG et/ou CND (sous la première

zone Z1 de la figure 2). Préférentiellement, dans un mode de réalisation pratique du procédé au sens de l'invention, le film isolant IS recouvre partiellement le film photovoltaïque PV. En effet, pour s'assurer que le bord latéral du film PV est bien isolé de la grille de collecte CG, on procède à un dépôt de l'isolant IS en recouvrant
5 complètement le bord latéral du film photovoltaïque PV.

A ce stade, une encapsulation ENC de la face avant (haut de la figure 4a) de l'ensemble des films et substrat est menée. Son but est notamment :

- d'une part, de protéger les dépôts en appliquant par exemple une plaque de verre
10 VE (ou tout autre matériau protecteur transparent) encollé à un matériau d'encapsulation tel que par exemple un polymère tel que l'EVA (éthylène vinyle acétate) ou le PVB (polyvinyle-butyril),
- d'autre part, de maintenir mécaniquement l'ensemble en un seul bloc lorsque l'étape de découpe du substrat est appliquée, comme décrit maintenant en référence
15 à la figure 4b.

En effet, on a vu précédemment, notamment en référence à la figure 3 ou à la figure 5a, que le substrat pouvait être découpé tout autour de chaque cellule, ce qui aurait pu conduire à une désolidarisation mécanique des cellules les unes des autres. On évite
20 une telle désolidarisation, du fait de l'encapsulation de la face avant de l'ensemble, préalable au découpage du substrat.

Ainsi, en référence à la figure 4b, il apparaît qu'après l'encollage de la plaque de protection VE (premier schéma du haut de la figure 4b), la face arrière du substrat
25 SUB est laissée libre. On applique alors un découpage du substrat SUB par sa face arrière, pour former les espaces vides D, notamment en dessous de l'isolant IS de chaque cellule. On dé-court-circuite ainsi électriquement les cellules les unes des autres. Cette étape de découpage peut être menée par une technique de gravure par laser ou encore simplement par sciage mécanique, ou par attaque chimique, ou par tout
30 autre type de technique permettant de ne pas attaquer au moins la grille de collecte CG au-dessus du film isolant IS. Une fois le substrat découpé et les cellules ainsi dé-court-

circuitées, on applique ensuite un revêtement de protection PROT sur la face arrière du substrat SUB.

On se réfère maintenant à la figure 6a pour décrire une variante de réalisation dans laquelle on cherche en particulier à préserver autant que possible le film isolant IS et surtout la grille de collecte CG pendant l'étape de découpage du substrat SUB. En particulier, ici, le substrat est prédécoupé sur une partie seulement de son épaisseur (régions D' de la figure 6a), sur sa face avant. Les étapes suivantes d'obtention des films photovoltaïques PV, des isolants IS, de dépôt des grilles de collecte CG et de films conducteurs supplémentaires CND sont menées, jusqu'à l'encapsulation ENC de la face avant avec encollage de la plaque VE. Un découpage complémentaire est ensuite mené par la face arrière du substrat SUB, sur toute l'épaisseur du substrat pour créer les espaces vides D notamment sous les films isolants IS. On peut alors appliquer ensuite l'encollage d'une plaque de protection PROT sur la face arrière du substrat complètement découpé.

Par exemple, dans cette réalisation, le métal du substrat commun SUB peut être partiellement gravé par laser par la face avant, avant le dépôt du film d'isolation IS. Ensuite, la découpe complète du substrat peut être réalisée à une énergie laser plus basse, en fin de procédé, en réduisant ainsi le risque d'endommagement de la couche de collecte CG ou du ruban de connexion CND.

L'étape de découpe du substrat SUB peut donc être critique en présence en particulier de la grille de collecte CG, si elle risque d'être atteinte par la découpe du substrat. Ainsi, une autre variante consiste à découper toute l'épaisseur du substrat SUB, localement, avant le dépôt de l'isolant IS et de la grille de collecte CG sur le substrat, pour préserver la grille CG. On a représenté cette variante sur la figure 6b. Dans le procédé selon cette variante, le substrat SUB est prédécoupé localement seulement, dans les régions D du substrat destinées à accueillir les dépôts d'isolant IS et de couche de collecte CG. Les films photovoltaïques PV sont par ailleurs obtenus comme en début des procédés décrits ci-avant en référence aux figures 4a ou 6a. On dépose ensuite, sur les espaces vides D créés par les découpages locaux du substrat,

l'isolant IS. On relèvera ici que le matériau du film isolant IS peut s'insinuer dans l'espace D. Toutefois, une telle éventualité est sans conséquence sur le fonctionnement final de la cellule, le but de l'espace D étant en effet d'isoler les deux parties de substrat de part et d'autre de cet espace D. La même remarque s'applique d'ailleurs

5 lorsque le substrat n'est que partiellement prédécoupé en épaisseur (comme représenté sur le premier schéma du haut de la figure 6a). Ensuite, les autres étapes de dépôt de la grille de collecte CG et du conducteur CND et d'encapsulation ENC sont menées en laissant libre la face arrière du substrat SUB. Une fois ces étapes menées, on peut découper complètement le substrat par sa face arrière, par exemple sur tout le pourtour

10 des cellules. Dans l'exemple de la figure 6b, on a illustré par des traits pointillés le fait que le substrat pouvait être découpé tout autour de chaque cellule C1, C2. Là encore, une fois le substrat complètement découpé, on peut procéder à l'encapsulation de la face arrière.

15 On relèvera aussi que ces solutions de procédés selon les figures 6a et 6b conservent la possibilité de maintenir mécaniquement toutes les cellules solidaires les unes des autres jusqu'à la fin du procédé.

Ainsi, le procédé au sens de l'invention permet avantageusement de conserver sur un

20 même support matérialisé par le substrat SUB toutes les cellules photovoltaïques déposées sur ce support sans avoir à prévoir :

- une découpe individuelle systématique des cellules,
- une solidarisation sur un support commun de toutes les cellules,
- une création des contacts de chaque cellule,
- 25 - puis enfin une interconnexion des cellules.

Ici, le substrat SUB fait office de support mécanique des cellules jusqu'à l'encapsulation de la face avant du substrat.

Toutefois, dans le procédé au sens de l'invention, il peut se poser le problème, en

30 référence maintenant à la figure 7, d'une cellule C défaillante parmi l'ensemble des cellules. Ici, les cellules sont solidaires entre elles mécaniquement via le support

commun. Or, la cellule défaillante C doit être éliminée électriquement. On surmonte cette difficulté comme suit :

- avant l'encapsulation de la face avant, on prévoit une opération de test de fonctionnement de chaque cellule, et
- 5 - en cas de défaillance d'une cellule testée, on effectue une opération de mise en court-circuit de la cellule défaillante en comblant par un matériau conducteur COND l'espace vide D sous la cellule défaillante C.

On peut prévoir par exemple de ressouder l'espace D de cette cellule C, ce qui a alors pour effet de court-circuiter son anode à sa cathode.

10

Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à la forme de réalisation décrite ci-avant à titre d'exemple ; elle s'applique à d'autres variantes.

Ainsi, on comprendra que l'invention s'applique à tout type de matériau photovoltaïque PV ou isolant IS ou conducteur CG, CND, utilisé dans le procédé au sens de l'invention, et n'est aucunement limitée aux exemples de réalisation donnés ci-avant. De même, les formes géométriques des films représentés sur les figures, ainsi que leurs épaisseurs respectives, ne sont présentées qu'à titre d'exemples illustratifs. Par exemple, en référence à la figure 8, une forme possible des films photovoltaïques PV, variante de celle représentée sur les figures 1 à 7, consiste en une bandelette s'étendant sur toute la largeur du substrat. Chaque film PV est séparé d'un autre film PV adjacent par une découpe D du substrat sur laquelle est appliqué un film isolant IS. Une grille de collecte CG déposée sur chaque film PV comporte des doigts conducteurs qui viennent en contact avec le substrat métallique juste après l'espace découpé D. Un tel montage correspond à une connexion en série des cellules entre deux électrodes ELE (anode et cathode).

25

Par ailleurs, le ruban de connexion CND appliqué sur la couche de collecte CG a été décrit ci-avant à titre d'exemple et peut être optionnel. En effet, la couche de collecte CG, en contact avec le substrat SUB dans la zone Z2, suffit à interconnecter la face avant du film photovoltaïque PV au substrat, et de là, à la face arrière d'un film

30

photovoltaïque d'une cellule adjacente. On relèvera d'ailleurs que la couche de collecte CG de l'art antérieur, comme représentée sur la figure 1a, n'a pas une telle fonction et qu'elle s'arrête simplement au film isolant IS. On ne retrouve donc pas dans l'art antérieur les zones Z1 et Z2 d'extension de la couche de collecte au-delà du film photovoltaïque PV, contrairement au cas de l'invention représenté notamment sur la figure 2. On comprendra alors que cette extension de la couche de collecte CG sur le substrat SUB est l'une des traces du procédé au sens de l'invention sur le panneau de cellules photovoltaïques obtenu.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un panneau de cellules photovoltaïques, comportant les étapes :
- 5 a) obtention de films photovoltaïques (PV) destinés chacun à une cellule, disposés sur une face avant d'un substrat métallique (SUB),
- b) application d'au moins un film conducteur (CG, CND) sur chaque face avant d'un film photovoltaïque (PV),
- c) découpe du substrat (SUB) pour isoler des cellules les unes des autres,
- d) encapsulation (ENC) des cellules sur un support commun,
- 10 caractérisé en ce que les étapes d) et c) sont inversées, l'étape d) visant une encapsulation de la face avant du substrat, avant la découpe du substrat par sa face arrière à l'étape c),
- et en ce que :
- à l'étape b), une zone (Z1, Z2) du film conducteur se prolonge sur le substrat de sorte que le film conducteur est en contact à la fois avec la face avant du film photovoltaïque et la face avant du substrat, les films photovoltaïques étant court-circuités entre eux par le substrat métallique à cette étape b),
 - à l'étape c), le substrat est découpé pour dé-court-circuiter les films photovoltaïques entre eux, au moins sous ladite zone du film conducteur et sur une
- 20 largeur de substrat inférieure à la largeur de la zone,
- ladite zone de film conducteur, combinée au substrat, reliant électriquement la face avant du film photovoltaïque à la face arrière d'un film photovoltaïque d'une cellule adjacente.
- 25 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le film conducteur comporte une grille de collecte (CG) de charges issues du film photovoltaïque (PV), appliquée sur la face avant du film photovoltaïque (PV).
- 30 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le film conducteur comporte en outre un ruban conducteur (CND) appliqué sur la grille de collecte et recouvrant ladite zone (Z1,Z2) pour être en contact avec la face avant du substrat.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le film conducteur (CND) recouvre au moins partiellement le film photovoltaïque (PV) en s'étendant au-delà du film photovoltaïque (PV) sur de première et deuxième zones (Z1, Z2), la deuxième zone (Z2) étant plus espacée du film photovoltaïque (PV) que la première zone (Z1), et en ce que :
- ladite deuxième zone (Z2) recouvre la face avant du substrat (SUB) en étant en contact avec le substrat (SUB), et
 - le substrat (SUB) est découpé en présentant un espace vide (D) sous ladite première zone (Z1).
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'un film isolant (IS) est appliqué avant l'étape b), ledit film isolant étant :
- adjacent au film photovoltaïque (PV) et d'épaisseur supérieure à celle du film photovoltaïque, et
 - destiné à être situé au-dessus de la découpe du substrat et sous une partie de la zone d'extension (Z1) du film conducteur.
6. Procédé selon la revendication 5, prise en combinaison avec la revendication 4, caractérisé en ce que le film isolant (IS) est destiné à être situé sous ladite première zone (Z1) en séparant le film photovoltaïque (PV) de la deuxième zone (Z2).
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le film isolant recouvre un bord du film photovoltaïque (PV), en regard de ladite deuxième zone (Z2).
8. Procédé selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que :
- le film isolant (IS) est appliqué au moins sur la face avant du substrat entre les étapes a) et b), et
 - le substrat est découpé à l'étape c) sous le film isolant (IS).
9. Procédé selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que :

- avant l'étape b), la face avant du substrat (SUB) est gravée sur une partie de l'épaisseur du substrat, pour former une ébauche de la découpe du substrat de l'étape c),
- après l'opération de gravure, le film isolant (IS) est appliqué sur la face avant du substrat (SUB), et
- après l'étape d'encapsulation, la découpe du substrat est complétée sur toute l'épaisseur du substrat.

10. Procédé selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que :
- avant l'étape b), le substrat est découpé localement sur une zone du substrat correspondant à ladite première zone (Z1), et sensiblement plus longue que la première zone (Z1), et
 - après l'étape d'encapsulation, la découpe du substrat est complétée au-delà de ladite première zone (Z1).

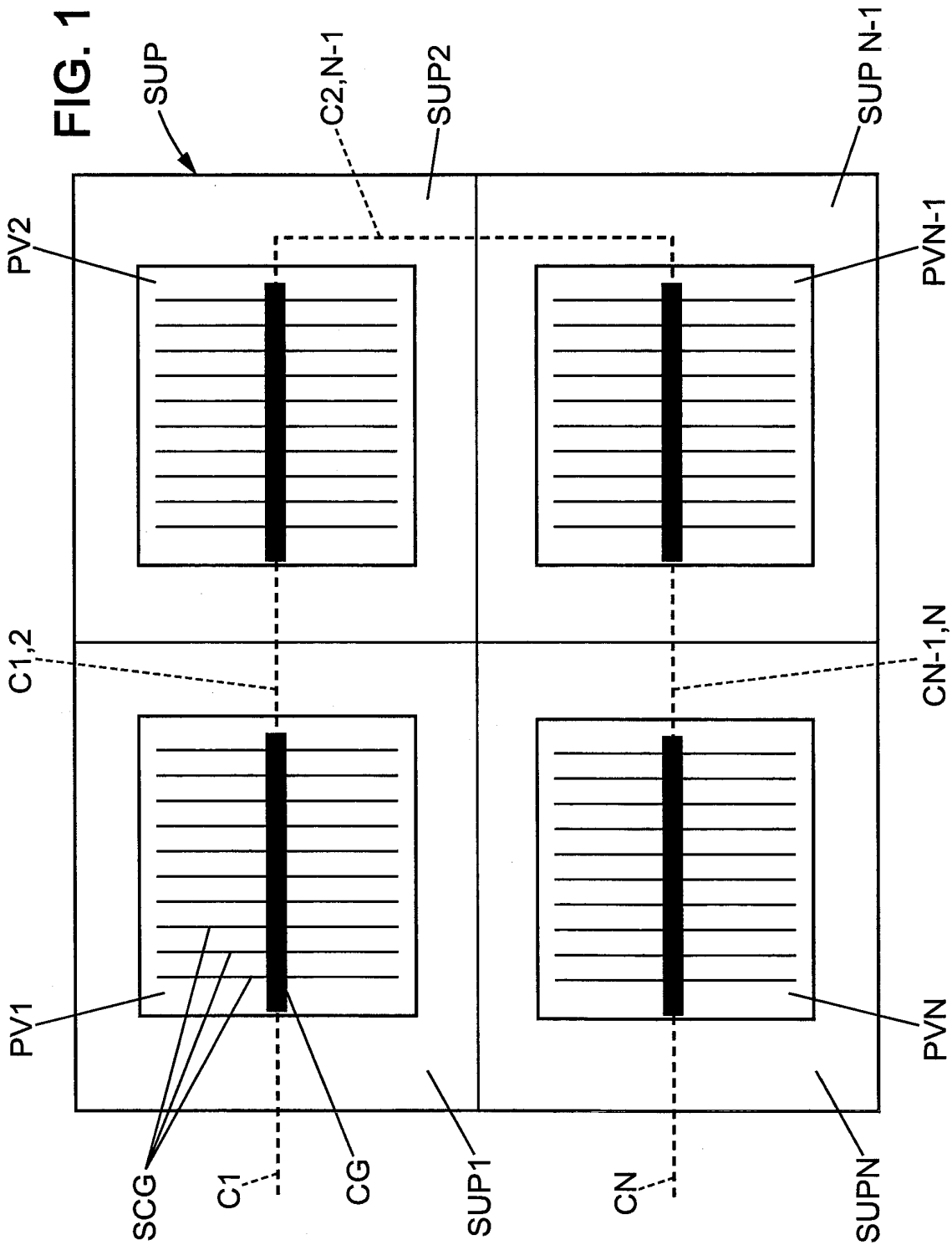
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre :
- une opération de test de fonctionnement de chaque cellule du panneau, et
 - en cas de défaillance d'une cellule testée, une opération de mise en court-circuit de la cellule défaillante en comblant par un matériau conducteur la découpe (D) du substrat réalisée à l'étape c) pour former la cellule défaillante.

12. Panneau de cellules photovoltaïques obtenu par la mise en œuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes, le film conducteur comportant une couche de collecte (CG) de charges issues du film photovoltaïque (PV), appliquée sur la face avant du film photovoltaïque (PV),
- caractérisé en ce que la couche de collecte (CG) recouvre au moins partiellement le film photovoltaïque (PV) en s'étendant au-delà du film photovoltaïque (PV) sur de première et deuxième zones (Z1, Z2), la deuxième zone (Z2) étant plus espacée du film photovoltaïque (PV) que la première zone (Z1),
- et en ce que :

- ladite deuxième zone (Z2) recouvre la face avant du substrat (SUB) en étant en contact avec le substrat (SUB), et
- le substrat (SUB) présente un découpage (D) au moins sous ladite première zone (Z1).

5

13. Panneau selon la revendication 12, caractérisé en ce que la découpe du substrat (SUB) suit un motif choisi correspondant à un schéma électrique prédéterminé d'interconnexion entre cellules, et en ce qu'un motif de découpe entourant une cellule correspond à une mise en série de ladite cellule.



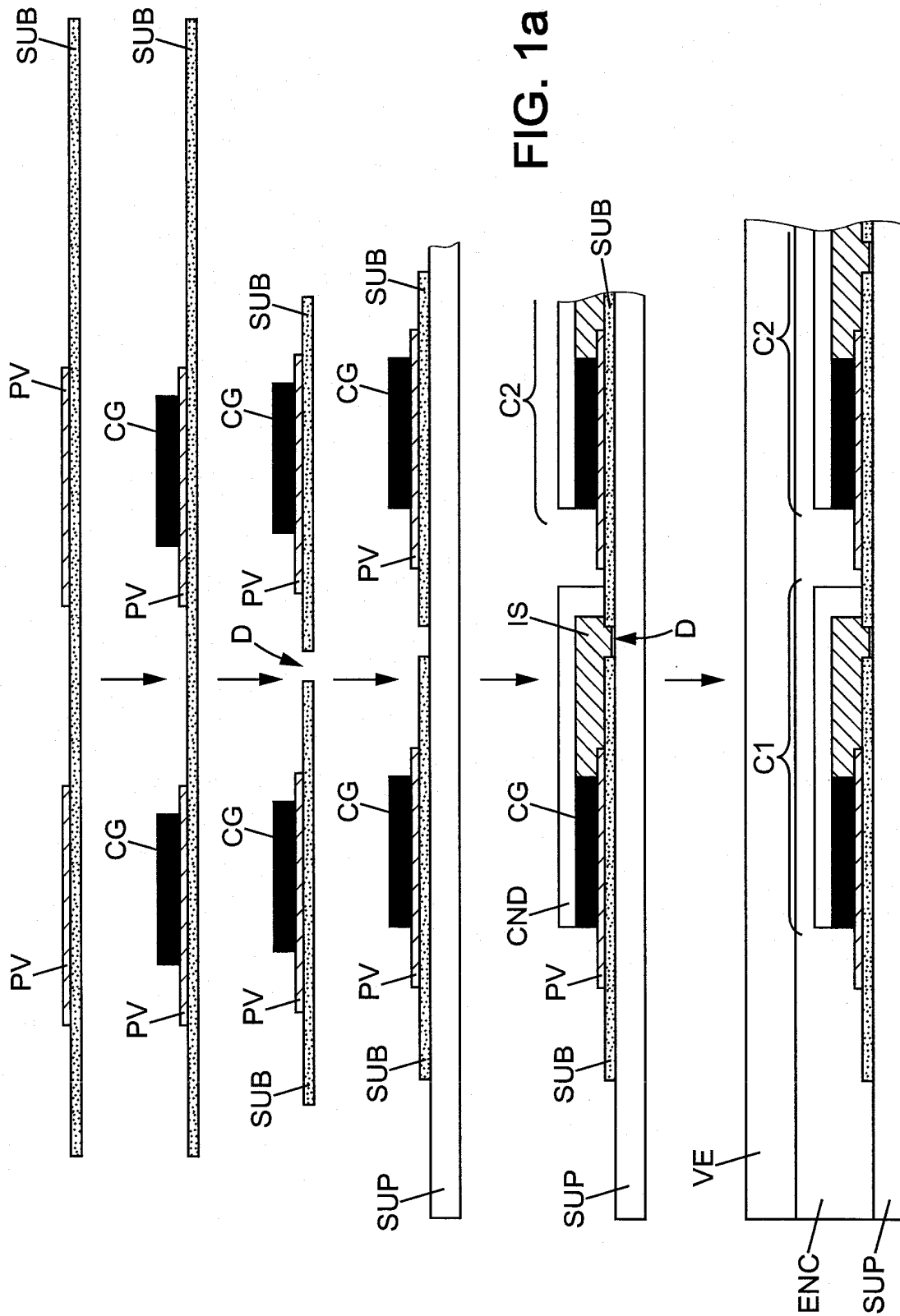


FIG. 1a

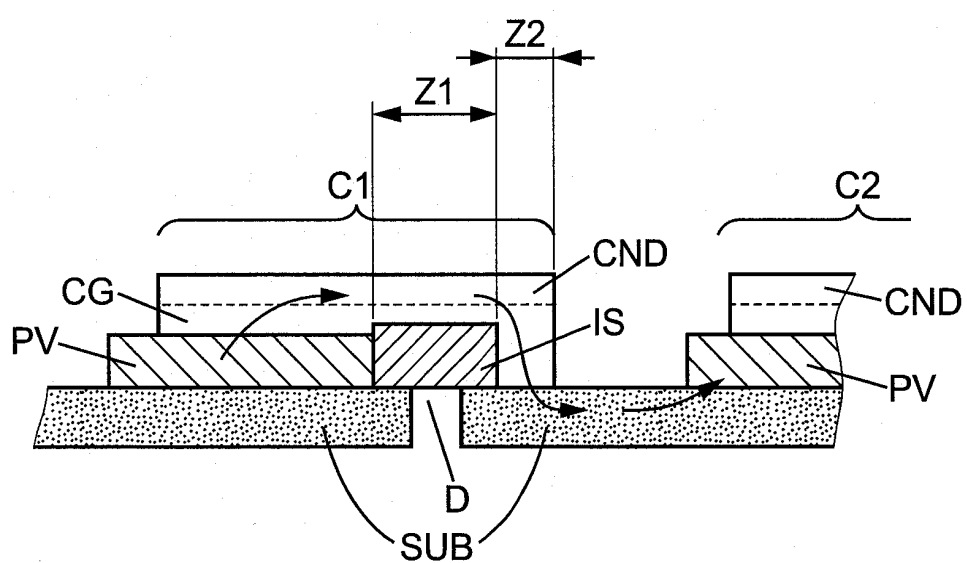


FIG. 2

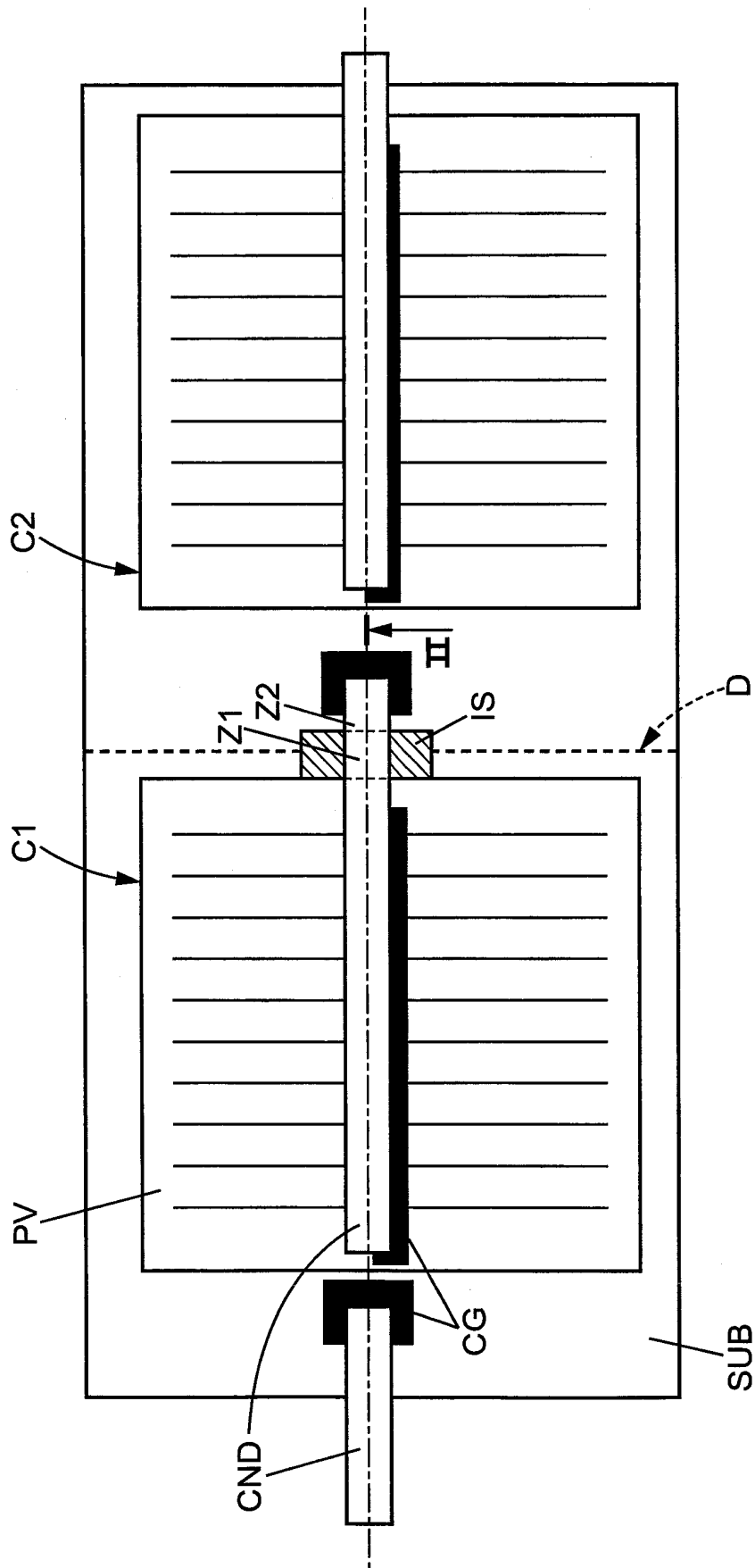


FIG. 3

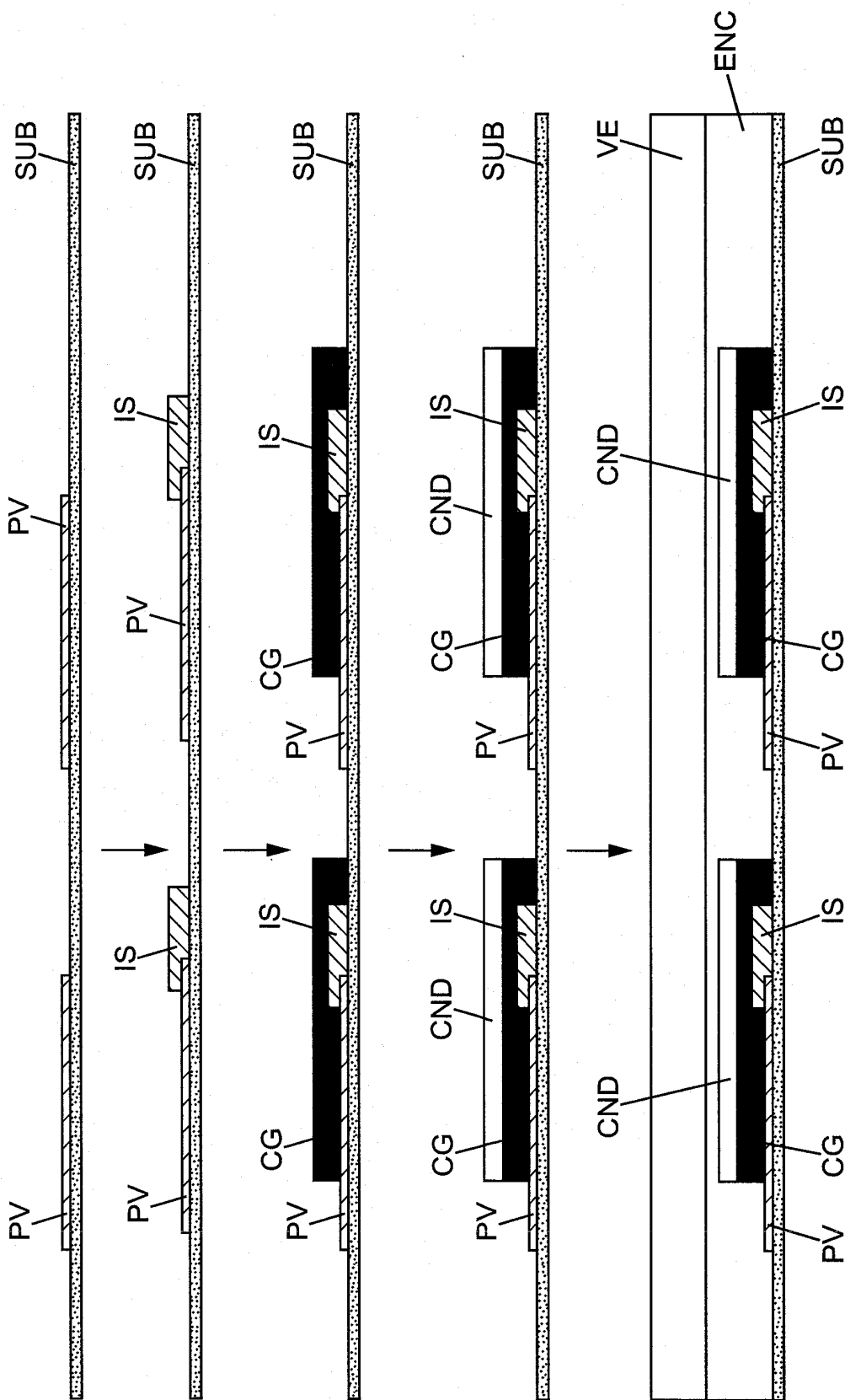


FIG. 4a

6/13

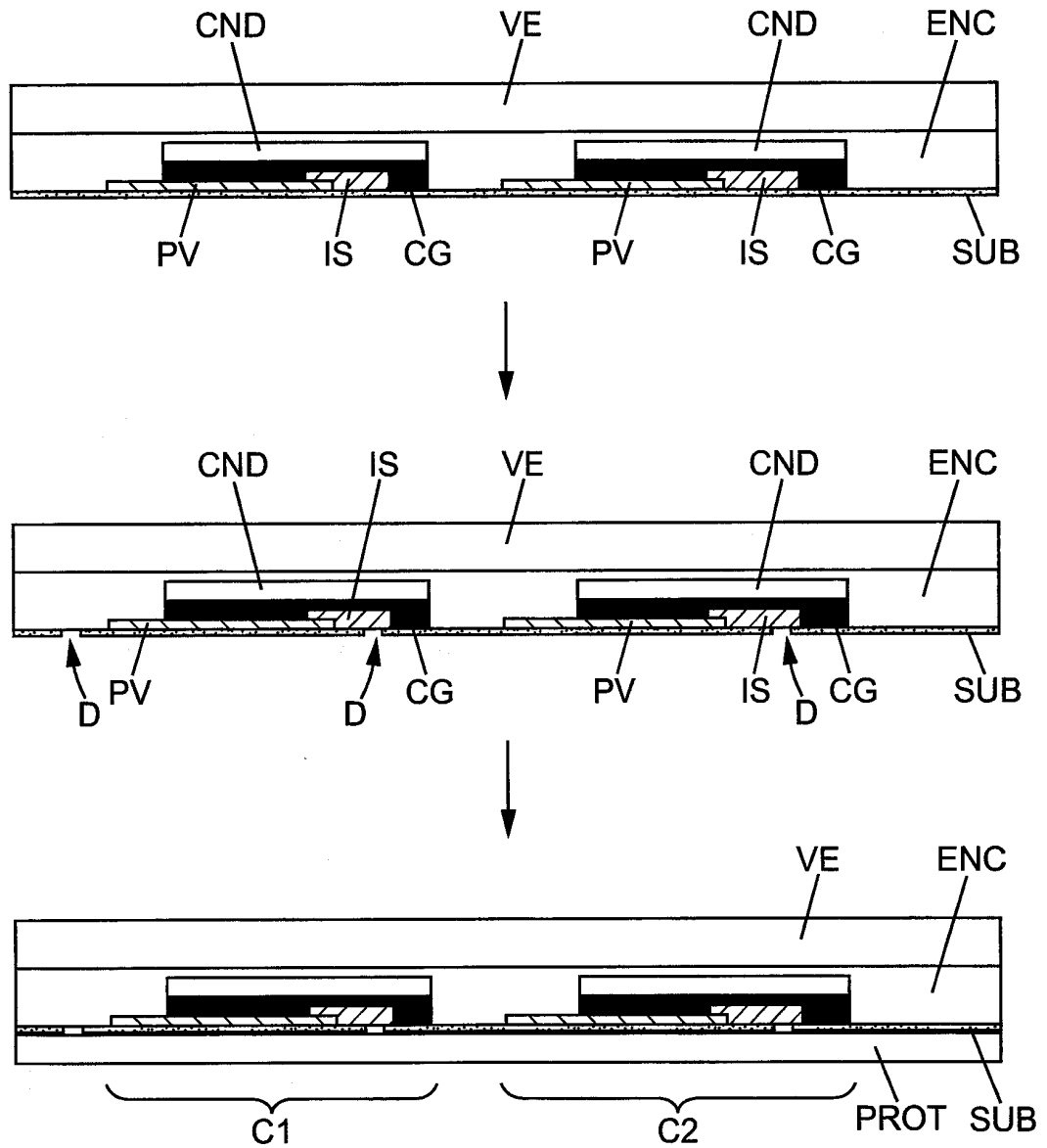


FIG. 4b

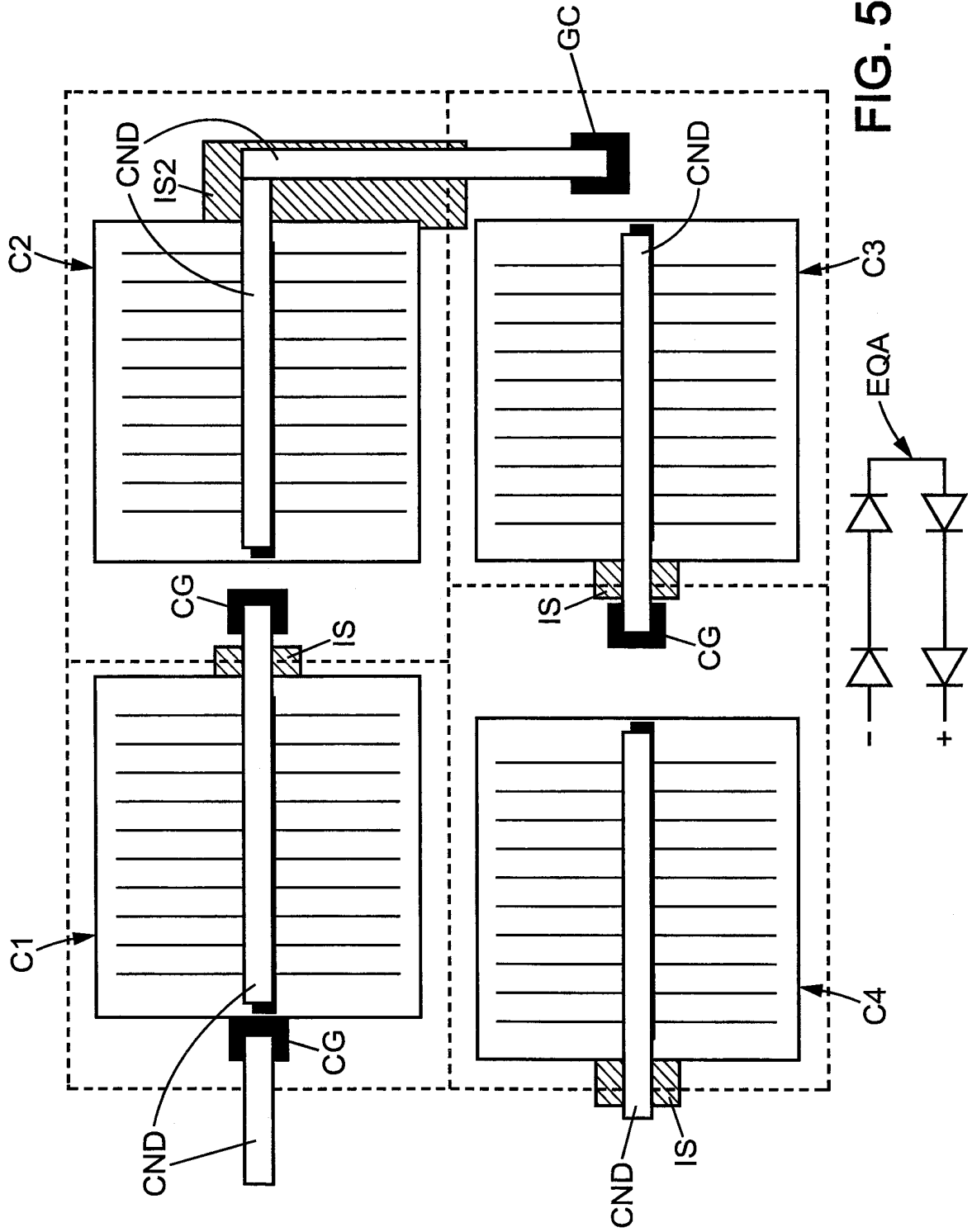


FIG. 5a

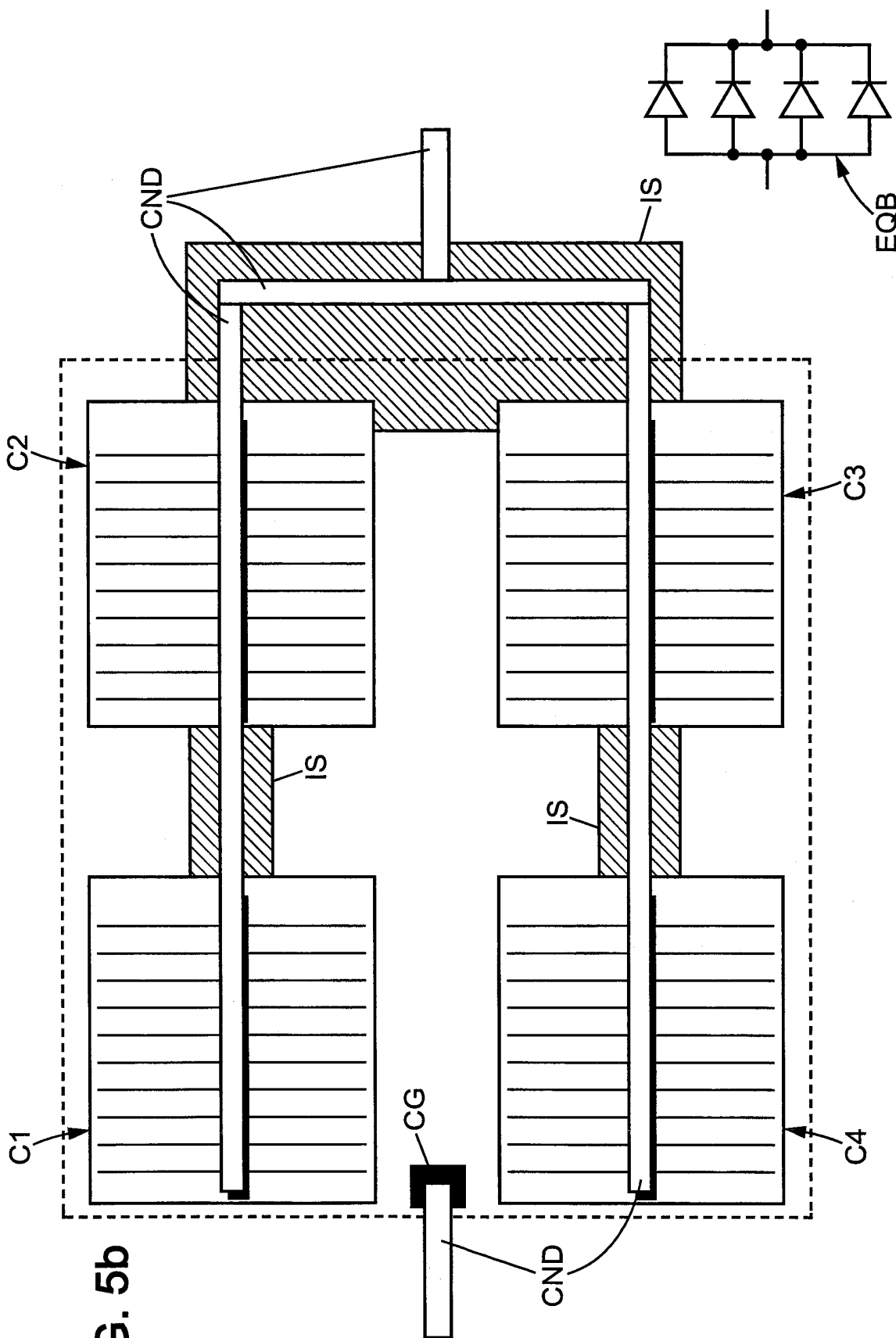


FIG. 5b

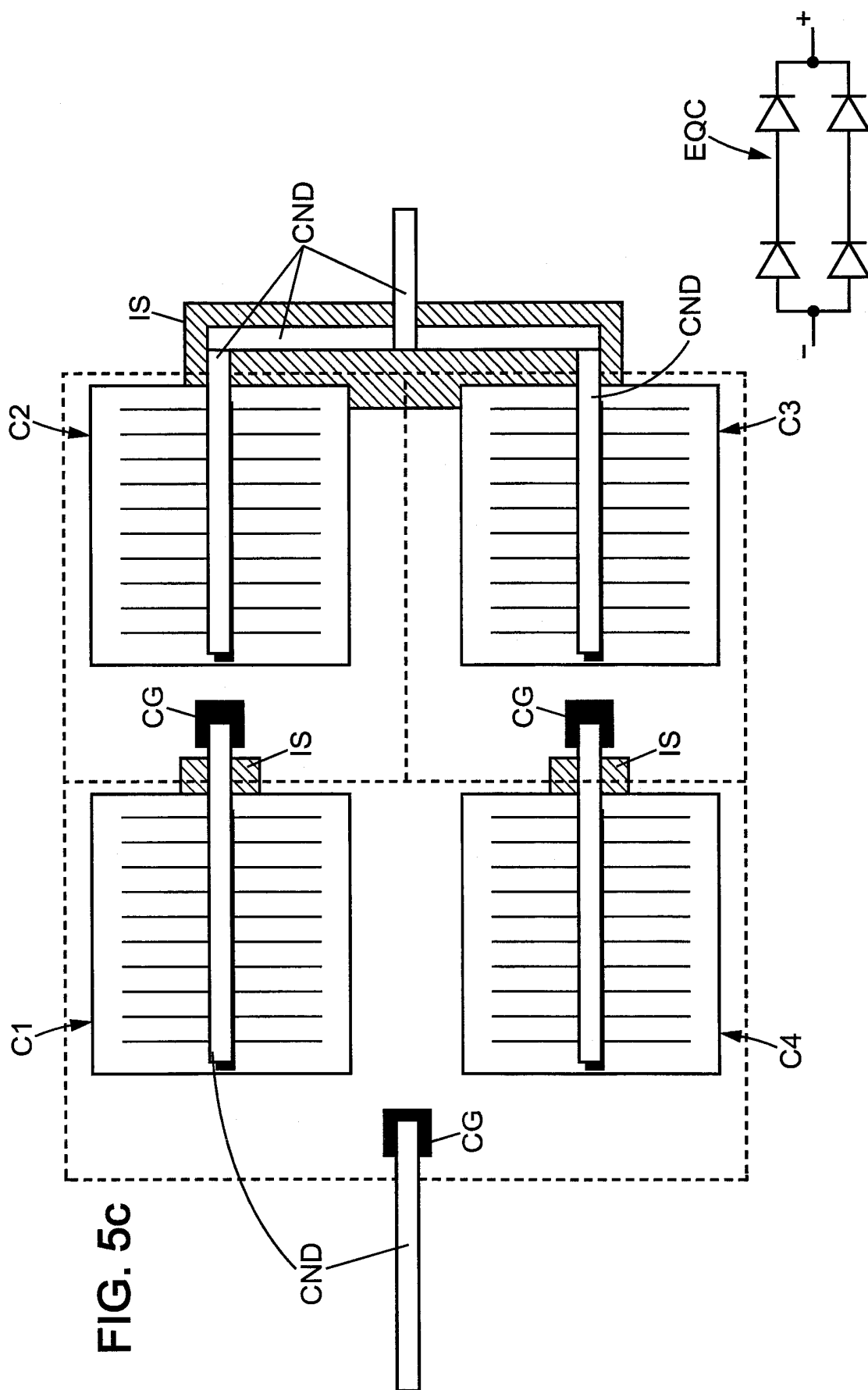


FIG. 5c

10/13

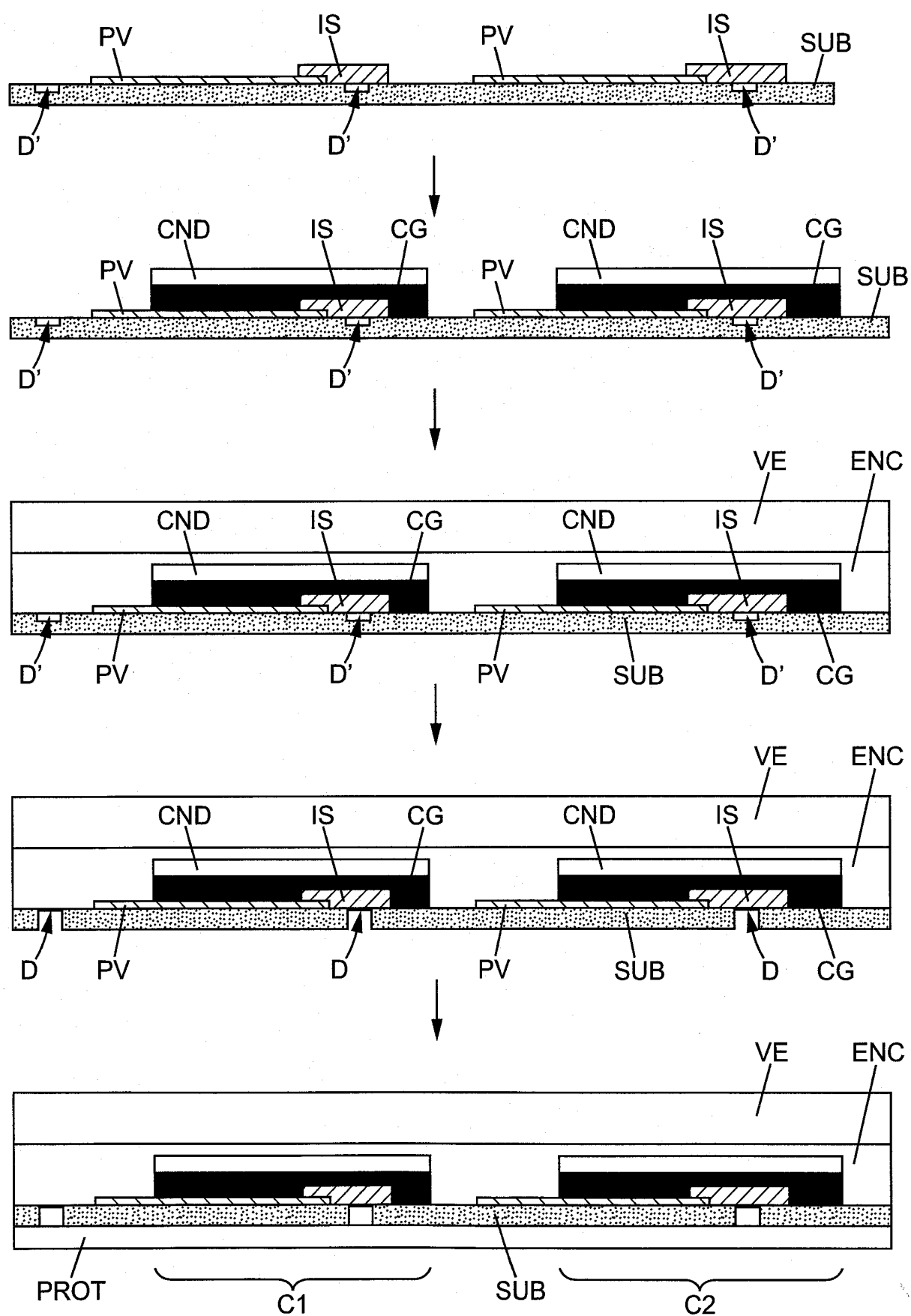


FIG. 6a

11/13

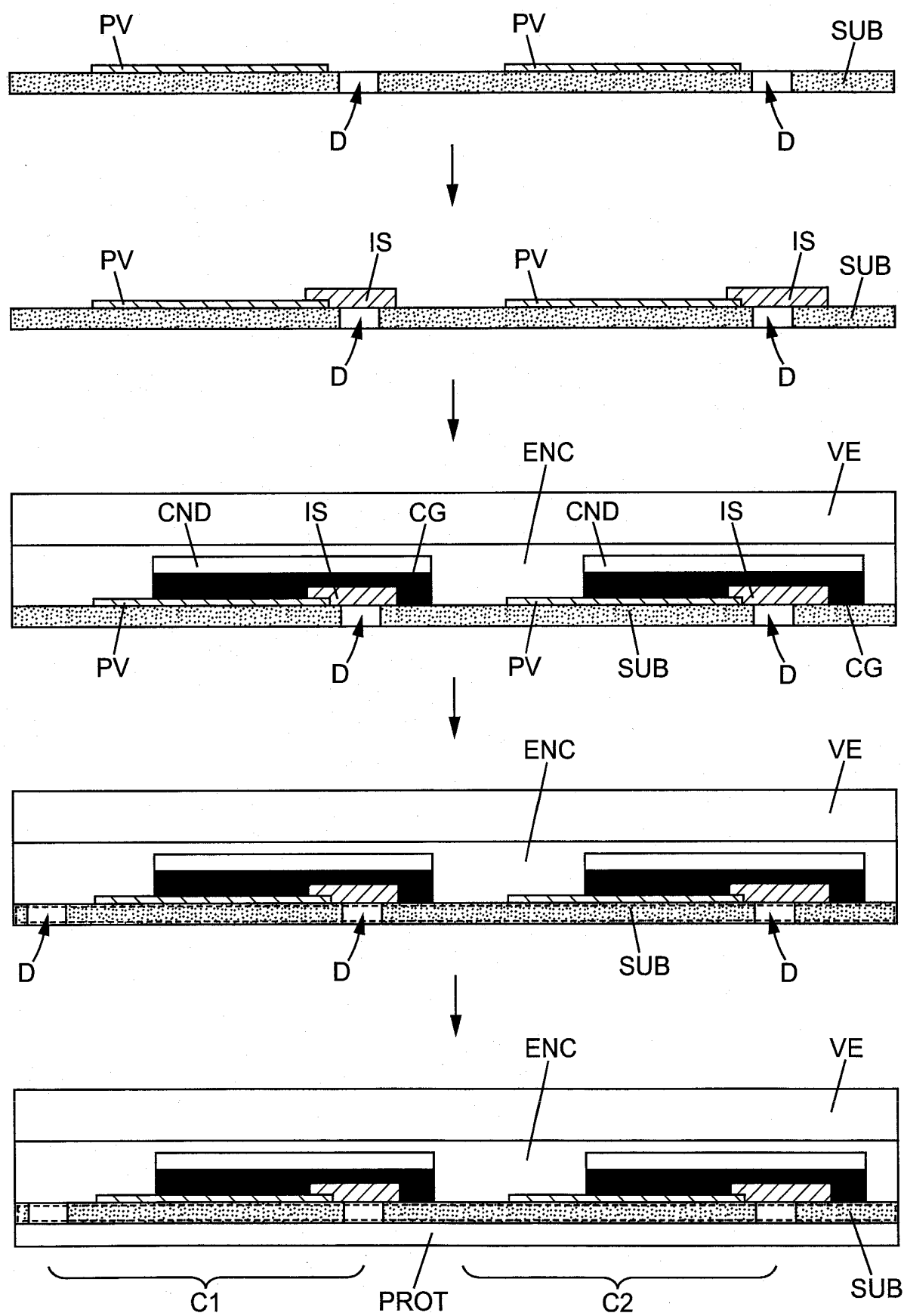


FIG. 6b

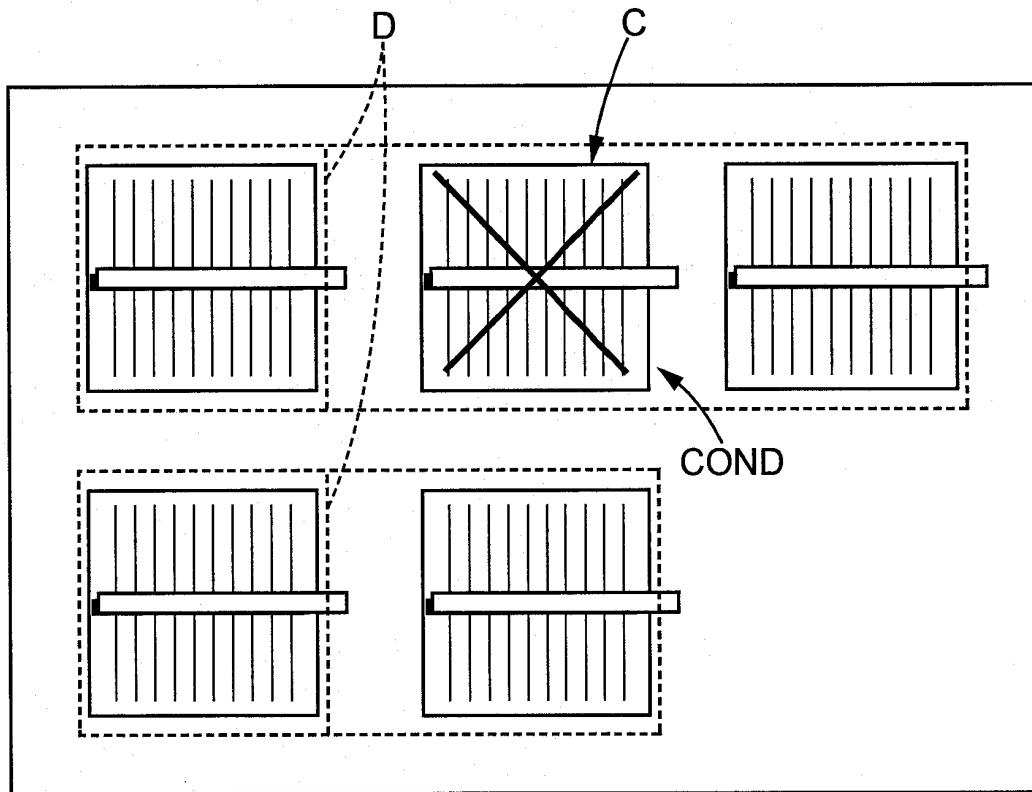


FIG. 7

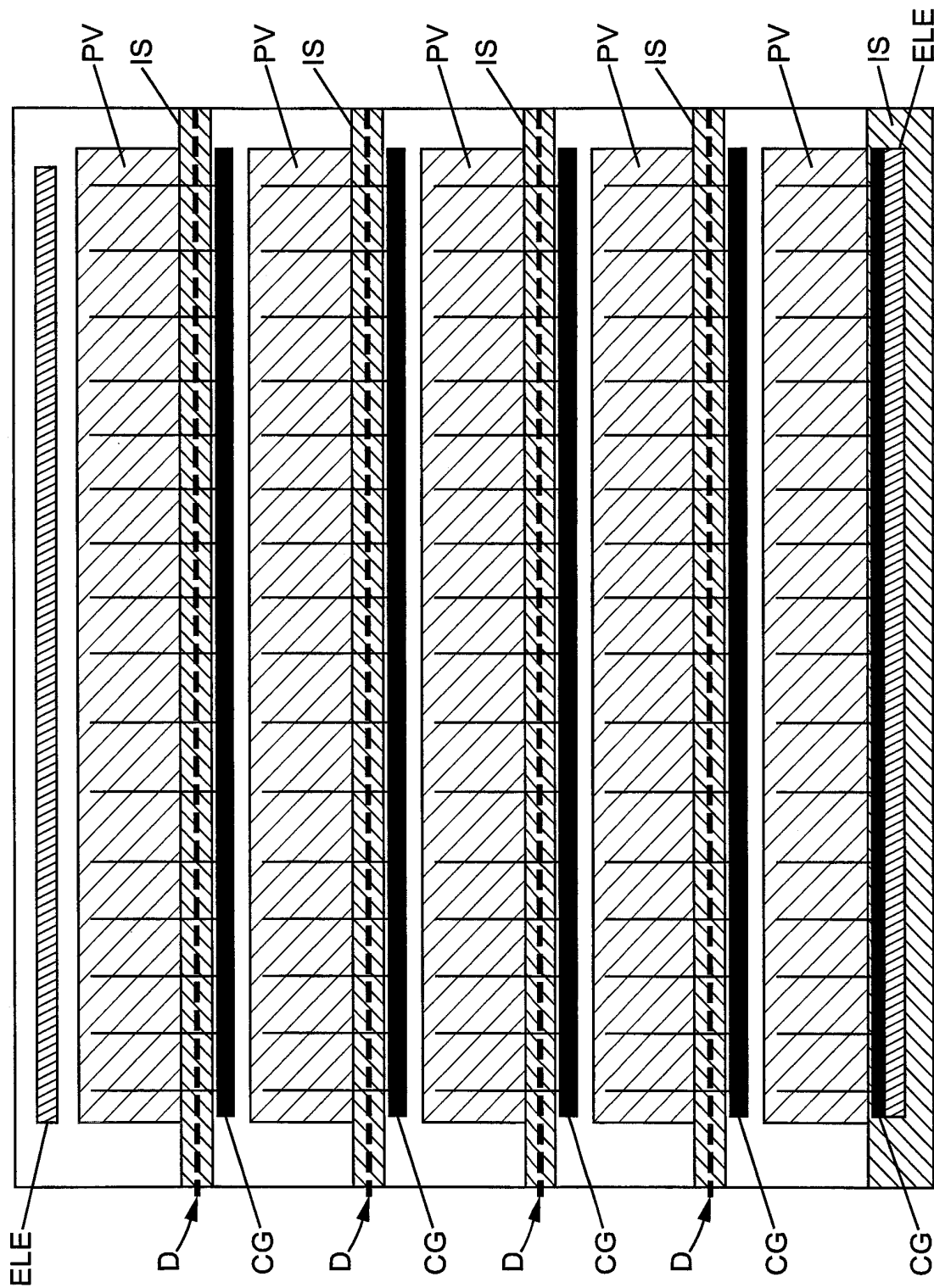


FIG. 8



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 734036
FR 1052225

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 754 544 A (HANAK JOSEPH J [US]) 5 juillet 1988 (1988-07-05)	12	H01L31/18 H01L31/042 H01L21/66
Y	* colonne 2, ligne 10 - ligne 27 *	13	
A	* colonne 5, ligne 8 - colonne 6, ligne 41; figures 1A-1F * * colonne 12, ligne 5 - colonne 13, ligne 6; figures 9A-9E *	1-10	
X	US 2008/227236 A1 (LUCH DANIEL [US]) 18 septembre 2008 (2008-09-18)	12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01L
Y	* alinéa [0001] - alinéa [0002] *	13	
A	* alinéa [0009] *	1-8	
	* alinéa [0091] *		
	* alinéa [0093] *		
	* alinéa [0096] *		
	* alinéa [0154]; figure 4 *		
	* alinéa [0156]; figure 5 *		
	* alinéa [0158]; figure 6 *		
	* alinéa [0160]; figures 3A, 4A *		
	* alinéa [0163]; figure 9 *		
	* alinéa [0167] - alinéa [0168] *		
	* alinéa [0180] - alinéa [0181]; figures 15A, 15B *		
	* alinéa [0196] - alinéa [0198]; figures 20-23 *		
	* alinéa [0206] *		
Y	US 4 612 408 A (MODDEL GARRET R [US] ET AL) 16 septembre 1986 (1986-09-16)	13	
A	* colonne 1, ligne 6 - ligne 9 *	1-8,11	
	* colonne 1, ligne 44 - ligne 55 *		
	* colonne 2, ligne 16 - ligne 55; figures 1-3 *		
	* colonne 4, ligne 24 - ligne 60; figures 7, 8 *		
	* colonne 5, ligne 11 - ligne 29; figures 10, 11 *		
----- -/--			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 mars 2011		Klopfenstein, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire	 & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 734036
FR 1052225

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	US 5 391 236 A (KRUT DMITRI D [US] ET AL) 21 février 1995 (1995-02-21) * colonne 1, ligne 5 - colonne 2, ligne 4 * * * colonne 2, ligne 54 - colonne 3, ligne 2; figure 1a * * colonne 3, ligne 31 - colonne 4, ligne 9; figures 1b-1e * * colonne 4, ligne 41 - ligne 66; figures 1f, 1g * * colonne 4, ligne 67 - colonne 5, ligne 14; figure 2 *	1-10, 12, 13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	EP 2 101 357 A2 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD [KR]) 16 septembre 2009 (2009-09-16) * alinéa [0003] - alinéa [0004] * * alinéa [0009] * * alinéa [0053] - alinéa [0060]; figures 1, 2 * * alinéa [0062] - alinéa [0067]; figure 3 * * * alinéa [0077] * * alinéa [0081] * * alinéa [0091] - alinéa [0093]; figure 9 * * * alinéa [0098]; figure 10 * * alinéa [0121]; figure 16 * * alinéa [0155] *	1-3, 11	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 mars 2011		Klopfenstein, P	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1052225 FA 734036**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-03-2011**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4754544	A	05-07-1988	AUCUN	
US 2008227236	A1	18-09-2008	AUCUN	
US 4612408	A	16-09-1986	AUCUN	
US 5391236	A	21-02-1995	AUCUN	
EP 2101357	A2	16-09-2009	US 2009229596 A1	17-09-2009