

(19)



(11)

EP 3 424 663 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
30.03.2022 Bulletin 2022/13

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
B28D 5/00 (2006.01) B28D 5/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18180687.8**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
B28D 5/0082; B28D 5/045

(22) Date de dépôt: **29.06.2018**

(54) **SUPPORT POUR LA DÉCOUPE PAR FIL À ABRASIFS LIÉS COMPORTANT UN ASSEMBLAGE DE MATÉRIAUX DIFFÉRENTS, SYSTÈME COMPORTANT UN TEL SUPPORT ET UNE PIÈCE ET PROCÉDÉS DE DÉCOUPE PAR FIL**

HALTERUNG FÜR DEN DRAHTSCHNITT MIT DRAHT MIT GEBUNDENEN SCHLEIFGEGENSTÄNDEN, DIE AUS EINER MISCHUNG VON VERSCHIEDENEN MATERIALIEN BESTEHT, SYSTEM MIT EINEM SOLCHEN SUPPORT UND EINEM WERKSTÜCK UND DRAHTSCHNEIDMETHODEN

WIRE CUTTING SUPPORT FOR BONDED ABRASIVES COMPRISING AN ASSEMBLY OF DIFFERENT MATERIALS, SYSTEM COMPRISING SUCH A SUPPORT AND WIRE CUTTING METHODS

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **BRIZE, Virginie**
38400 SAINT MARTIN D'HERES (FR)
- **HAJJAJI, Hamza**
73370 LE BOURGET DU LAC (FR)

(30) Priorité: **03.07.2017 FR 1756267**

(74) Mandataire: **Brevalex**
95, rue d'Amsterdam
75378 Paris Cedex 8 (FR)

(43) Date de publication de la demande:
09.01.2019 Bulletin 2019/02

(73) Titulaire: **Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives**
75015 Paris (FR)

(56) Documents cités:
WO-A1-2011/032599 CH-B1- 698 391
DE-A1-102013 204 113 US-A1- 2010 126 489
US-A1- 2011 100 348 US-A1- 2013 112 185
US-A1- 2015 343 665

(72) Inventeurs:
• **COUSTIER, Fabrice**
73000 CHAMBERY (FR)

EP 3 424 663 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE

5 **[0001]** La présente invention se rapporte au domaine général de la découpe ou sciage par fil à abrasifs liés, notamment par fil diamanté, c'est-à-dire comprenant des grains d'abrasif, notamment des diamants, fixés sur la surface du ou des fils. Elle concerne particulièrement le domaine des supports à la découpe par fil à abrasifs liés.

[0002] L'invention trouve des applications dans de nombreux domaines de l'industrie, et par exemple dans l'industrie des composants électroniques, des ferrites, des quartz et/ou des silices, par exemple lors de l'obtention en tranches fines de substrats (appelés « galettes » ou plus généralement « wafers » en anglais) de matériaux tels que les matériaux semi-conducteurs, par exemple le silicium cristallin utilisé notamment pour la fabrication de cellules photovoltaïques, la découpe du saphir, de la pierre ou du carbure de silicium, voire d'autres matériaux durs et fragiles.

10 **[0003]** L'invention propose ainsi un système de support pour la découpe par fil liés associé à une pièce à découper, un procédé de découpe par fil à abrasifs liés d'un tel système, et son procédé de fabrication.

15

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

[0004] Le document US 2013/112185 A1 divulgue un système comportant un support pour la découpe par fil à abrasifs liés d'au moins une pièce à découper, le support étant réalisé par un assemblage de matériaux différents,

20 **[0005]** au moins une pièce à découper, où la pièce à découper est réalisée en un premier matériau semi-conducteur, et le premier matériau du support est réparti de manière inhomogène avec les autres matériaux du support.

[0006] Les dispositifs de découpe par fil (ou scies à fil) comportent classiquement un ou plusieurs fils de découpe, présent(s) sous forme libre ou sous forme d'enroulement(s). Le plus souvent, ils comportent un fil formant une pluralité d'enroulements autour d'organes rotatifs définissant ainsi une nappe de brins du fil, ces brins étant sensiblement parallèles entre eux, la nappe de brins du fil étant encore plus simplement désignée par la suite par l'expression « nappe de fil », fil étant au singulier. Cette nappe de fil est alors susceptible de se déplacer selon un mouvement continu ou alternatif en appui contre une pièce à découper en plusieurs tranches définissant ainsi une zone de découpe. La zone de découpe peut être constituée d'un ensemble de poulies ou cylindres placés parallèlement. Ces cylindres appelés « guide-fils » peuvent être gravés avec une pluralité de gorges définissant l'intervalle entre les brins du fil, autrement dit l'épaisseur des tranches à découper, une fois l'épaisseur du trait de scie retirée. La pièce à découper peut être fixée sur une table support qui se déplace perpendiculairement à la nappe de fil. La vitesse de déplacement définit la vitesse de coupe. Le renouvellement du fil, ainsi que le contrôle de la tension, peuvent se faire dans une partie définissant une zone de gestion du fil, située en dehors de la zone de découpe proprement dite.

25 **[0007]** La découpe de la pièce est rendue possible par les phénomènes d'abrasion provoqués entre le fil et la pièce à découper, éventuellement assistés par l'action d'un élément tiers. Ainsi, comme expliqué plus en détails par la suite, l'agent qui régit la découpe par fil peut par exemple être constitué par un abrasif fixé sur le fil (ou lié au fil), ou un abrasif libre amené par barbotage. Dans ce dernier cas, le fil n'agit que comme transporteur.

30 **[0008]** De plus, lors de la découpe par fil, un lubrifiant sous forme fluide est généralement utilisé tel que par exemple de l'eau, de l'eau mélangée à un additif, du polyéthylène glycol (PEG), voire un gel, entre autres.

35 **[0009]** Bien que cela ne soit aucunement limitatif, l'invention est tout particulièrement concernée par la découpe du silicium cristallin pour des applications dans le domaine du photovoltaïque et des semi-conducteurs. Dans ce contexte, des dispositifs de découpe par fil peuvent être utilisés dans toutes les étapes de découpe du silicium mises en œuvre pour passer du stade de simples lingots au stade de la formation de substrats (ou « wafers » en anglais), destinés à la fabrication des cellules photovoltaïques. Ainsi, plus précisément, ces étapes comprennent successivement :

40

i) l'étape de briquetage (encore appelée « squaring » en anglais) qui correspond à la découpe des lingots en briques de section normalisée ;

45 ii) l'étape d'éboutage (encore appelée « cropping » en anglais) qui consiste à ôter les parties supérieure et inférieure de chaque brique qui contiennent des précipités d'impuretés dues à la cristallisation, et qui sont indésirables pour les étapes de fabrication ultérieures ;

50 iii) l'étape de découpe (ou encore « wafering » ou « slicing » en anglais) qui permet enfin de former les substrats ou « galettes », à partir des briques tronquées sur leurs parties supérieure et inférieure, présentant une épaisseur variant de 100 à 300 μm .

55 **[0010]** On a ainsi illustré en perspective, respectivement en référence aux figures 1A, 1B et 1C, les trois opérations i) de briquetage, ii) d'éboutage et iii) de découpe décrites ci-dessus de la fabrication de substrats en silicium pour la réalisation de cellules photovoltaïques.

[0011] Ainsi, comme illustré sur la figure 1A, chaque lingot 30 de silicium est tout d'abord découpé de façon matricielle

EP 3 424 663 B1

au cours de l'étape i) de briquetage par les brins 10 du fil de découpe pour l'obtention d'une pluralité de briques 31.

[0012] Puis, au cours de l'étape ii) d'éboutage illustrée sur la figure 1B, chaque brique 31 est découpée sur ses parties inférieure et supérieure pour éliminer les impuretés issues de la cristallisation.

[0013] Enfin, comme illustré sur la figure 1C, l'étape iii) de découpe permet l'obtention d'une pluralité de tranches de substrats 32 à partir de chaque brique 31.

[0014] Il est par ailleurs à noter que les deux premières étapes i) de briquetage et ii) d'éboutage peuvent, le cas échéant, être effectuées sans découpe filaire, et alors généralement à l'aide d'une lame diamantée.

[0015] Par ailleurs, en fonction du mode d'abrasion mis en jeu, la découpe filaire peut être divisée en deux catégories principales décrites ci-après.

[0016] Un premier type de découpe filaire est en effet constitué par la découpe à abrasifs libres. Dans ce premier type de découpe filaire, des grains d'abrasif, généralement du carbure de silicium, sont incorporés à une solution spécifique, contenant par exemple du polyéthylène glycol (PEG), formant un liquide de coupe (connu sous l'appellation « slurry » en anglais). Ce liquide de coupe est alors déversé entre deux solides glissant l'un contre l'autre, en l'occurrence le fil de découpe, typiquement en acier, sur la pièce à découper. Les grains d'abrasif sont mis en mouvement grâce au glissement des deux corps l'un contre l'autre, et abrasent ainsi la matière par de multiples micro-indentations provoquées par le roulement des particules abrasives sur la pièce à découper. Ce premier type de découpe filaire correspond donc à un cas d'abrasion dit « à trois corps », constitués par le fil, les grains abrasifs et la pièce à découper.

[0017] Un deuxième type de découpe filaire est par ailleurs constitué par la découpe à abrasifs liés. Dans ce deuxième type de découpe filaire, des grains d'abrasif, généralement des diamants (d'où l'appellation courant de « découpe par fil diamanté »), sont fixés sur la surface du fil et viennent alors rayer le matériau de la pièce à découper. Ce deuxième type de découpe filaire correspond donc à un cas d'abrasion dit « à deux corps », constitués par le fil abrasif et la pièce à découper.

[0018] Ce deuxième type de découpe filaire, désigné dans toute la description par l'expression « découpe par fil à abrasifs liés » ou encore « découpe par fil diamanté » lorsque les grains d'abrasif utilisés sont des diamants, est la technique habituellement privilégiée pour la découpe du silicium monocristallin. Elle se retrouve de plus en plus dans le marché de la découpe pour des applications du type photovoltaïque.

[0019] En effet, la découpe par fil à abrasifs liés présente de nombreux avantages en termes de performance de découpe en comparaison avec la technique de découpe à abrasifs libres décrite précédemment, à savoir notamment : une vitesse de coupe plus élevée, notamment deux à trois fois plus élevée que pour la technique de découpe à abrasifs libres, une simplification des dispositifs de découpe par fil, la possibilité d'intégration de modules de recyclage des résidus de découpe.

[0020] Comme indiqué par la suite, la présente invention est avantageusement concernée uniquement par cette technique de découpe par fil à abrasifs liés.

[0021] Par ailleurs, pour la découpe à abrasifs libres, la pièce à découper, par exemple une brique de silicium, est habituellement collée sur un support à la découpe sous forme de plaque de verre. Le fil termine alors la découpe en traversant environ 50 % de l'épaisseur de la plaque de verre de manière à ce que le fil soit entièrement sorti de la pièce à découper. Cette plaque de verre est généralement elle-même collée à une plaque en acier permettant le maintien de l'ensemble dans le dispositif de découpe par fil.

[0022] Dans le cadre de la découpe par fil à abrasifs liés, la pièce à découper, par exemple une brique de silicium, est habituellement collée sur un support à la découpe qui peut être de différentes natures, par exemple en époxy ou en graphite, entre autres. Dans ce cas, le verre n'est pas utilisé car le fil diamanté découpe difficilement le verre et la flèche du fil, présente lors de la découpe, ne peut se résorber correctement dans le verre. Une partie du matériau constituant le support à la découpe se retrouve donc dans le liquide de coupe après la découpe, avec la poudre de silicium lorsqu'elle est récupérée.

[0023] De plus, comme pour le premier type de découpe filaire à abrasifs libres, lors de la découpe par fil à abrasifs liés, le fil progresse dans la pièce à découper, en particulier un bloc de silicium, puis dans un support à la découpe de manière à être certain que le fil soit totalement sorti de la pièce, de sorte que les galettes (ou « wafers » en anglais) puissent ensuite être détachées du support. Ce support à la découpe est de même généralement collé, ou bien encore assemblé, par exemple par vissage, à une plaque en acier, permettant le maintien de l'ensemble dans le dispositif de découpe par fil.

[0024] La composition des supports à la découpe est généralement choisie de telle sorte à opposer moins de résistance à la découpe dans le support que dans la pièce à découper, notamment le silicium. Ceci présente l'avantage de permettre un rattrapage rapide de la flèche du fil lorsque le fil sort de la pièce, en particulier du silicium. Toutefois, cela présente également des inconvénients, et notamment les trois principaux détaillés ci-après.

[0025] Tout d'abord, comme l'illustre la figure 2 schématiquement selon une vue frontale, lors des derniers instants de la découpe, lorsque le fil 10 est principalement en contact avec le matériau du support à la découpe 1, qui oppose le moins de résistance à la découpe par rapport au matériau de la pièce, notamment le silicium 30, la force verticale exercée par le fil 10 sur la courte longueur de silicium 30 restant à découper a tendance à arracher de la matière, au

niveau d'une zone Zp de forte pression sur le silicium 30, créant ainsi des éclats sur le bord des galettes ou « wafers ». Afin d'éviter ce phénomène d'arrachement de matière (encore appelé « chipping » en anglais), un ralentissement de la découpe est généralement utilisé, ce qui diminue la productivité de l'équipement.

[0026] De plus, comme l'illustre la figure 3 schématiquement selon une vue longitudinale, compte-tenu du fait que le fil neuf alimente la nappe de fil en entrée de nappe et que le fil usé est situé en sortie de nappe, les fils neuf et usé ne sortent pas de la pièce à découper, en particulier du bloc de silicium 30, au même moment. Plus précisément, le fil neuf sort en premier du silicium 30, et le fil usé sort plus tardivement. Ainsi, sur cette figure 3, la référence 10a représente le fil de sortie de nappe qui n'a encore que peu pénétré dans le support à la découpe 1, et la référence 10b représente le fil d'entrée de nappe qui a pénétré dans le support à la découpe 1. Alors, lors de l'utilisation d'un matériau plus facile à la découpe que le silicium 30 pour le support à la découpe 1, ce qui est donc l'usage dans la découpe par fil à abrasifs liés, le fil en entrée se retrouve donc sans flèche alors que le fil en sortie peut, lui, en présenter encore une. Il peut arriver en fonction du matériau découpé, notamment de la composition utilisée, que l'on ne puisse plus descendre l'ensemble formé par la pièce en silicium 30 et le support 1 dans la machine et que le fil en sortie ne soit pas encore sorti de la pièce en silicium 30. Il faut alors dans ce cas effectuer des allers et retours avec le fil sans déplacer la table supportant l'ensemble, au risque que le fil ne cisaille les fines lamelles créées dans le support par le fil en entrée de nappe et que des galettes tombent alors dans la machine.

[0027] En outre, la composition des supports à la découpe, qui peut être variée, peut contribuer à augmenter de manière significative la contamination des poudres obtenues, notamment des poudres de silicium, qui sont ensuite récupérées pour recyclage.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0028] Par conséquent, il existe un besoin pour proposer une solution optimisée de support à la découpe par fil. Un tel besoin se fait notamment ressentir dans le cadre de la découpe par fil à abrasifs liés, notamment par fil diamanté, de matériaux semi-conducteurs tels que le silicium pour l'obtention de substrats en « galettes » (« wafers » en anglais), afin notamment de permettre d'améliorer ou de garantir un bon état de surface des galettes sur leur tranche, de permettre de détecter le moment où la flèche du fil se résorbe ou encore d'indiquer le moment où la découpe est terminée, de permettre d'éviter la chute de galettes en entrée de nappe lorsque le rattrapage de la flèche dure trop longtemps, ou encore de permettre de limiter la contamination des poudres de silicium issues de la découpe afin de les recycler.

[0029] L'invention a pour but de remédier au moins partiellement aux besoins mentionnés ci-dessus et aux inconvénients relatifs aux réalisations de l'art antérieur.

[0030] L'invention est définie par l'ensemble des caractéristiques de la revendication 1.

[0031] De façon avantageuse, le support du système selon l'invention n'est donc pas nécessairement plus facile à découper que le matériau dans lequel est réalisée la pièce à découper, à la différence des solutions de l'art antérieur qui utilisent un support réalisé dans un matériau plus facile à découper que celui de la pièce.

[0032] Par le terme « fil », on désigne trois variantes de réalisation de la découpe par fil, à savoir : soit une nappe de plusieurs fils, désignée par l'expression « nappe de fils », comprenant plusieurs fils distincts tous sensiblement parallèles entre eux, chaque fil formant un enroulement autour d'organes rotatifs ; soit un fil unique formant une boucle unique ; soit un fil unique enroulé plusieurs fois pour former une pluralité d'enroulements autour d'organes rotatifs définissant ainsi une nappe de brins du fil, tous sensiblement parallèles entre eux, cette nappe de brins du fil étant désignée par l'expression « nappe de fil », fil étant au singulier. Le choix dépend alors du type de dispositif de découpe par fil.

[0033] Grâce à l'invention, il peut être possible d'améliorer significativement les états de surface des galettes sur leur tranche, soit une diminution du phénomène de « chipping ». Il est aussi possible d'augmenter la productivité du dispositif de découpe associé au support. En outre, comme expliqué par la suite, il peut être possible de permettre de détecter le moment où la flèche du fil se résorbe ou d'indiquer le moment où la découpe est terminée. De plus, il peut être possible de limiter la contamination des poudres de silicium issues de la découpe au fil diamanté afin de les recycler. Par ailleurs, comme également détaillé par la suite, il peut être possible de réaliser un meilleur nettoyage des galettes et/ou de faciliter le décollement des galettes du support, grâce à des supports dans lesquels des canaux sont présents et qui permettent le passage d'un liquide de nettoyage.

[0034] Le support d'un système à la découpe par fil selon l'invention peut en outre comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prises isolément ou suivant toutes combinaisons techniques possibles.

[0035] Le support peut tout particulièrement être réalisé par un assemblage de deux matériaux différents, comprenant le premier matériau et un deuxième matériau, le premier matériau étant réparti de manière inhomogène relativement au deuxième matériau.

[0036] De façon avantageuse, hormis le premier matériau, le support du système peut comporter un matériau, notamment un deuxième matériau, choisi parmi : une résine époxy, un matériau céramique, le graphite, entre autres. Dans le cas d'une résine époxy, elle peut être sélectionnée afin de permettre une facilité de découpe au fil diamant et une contamination minimale de la poudre de silicium obtenue après découpe. Le support peut encore comporter un matériau,

notamment un deuxième matériau, à base : époxydes, polyuréthanes, polyesters, polystyrènes, polyéthylènes, polypropylènes, polyamides, polyvinyliques, entre autres. Ce ou ces matériaux peuvent être ou non modifiés, par exemple par insertion d'un groupement organique.

[0037] Selon l'invention, ladite au moins une pièce à découper comporte un matériau semi-conducteur, notamment du silicium.

[0038] Selon l'invention, le support comporte aussi un matériau semi-conducteur, notamment du silicium, notamment au moins une partie en silicium et/ou à base de silicium, par exemple un matériau composite contenant du silicium.

[0039] En particulier, le support du système peut être obtenu par la découpe d'une plaque de silicium à partir d'un lingot de silicium, dont la géométrie, à savoir la largeur et la longueur, dépend du dispositif de découpe utilisé. Cette plaque peut alors être collée à une plaque en acier permettant le maintien de l'ensemble dans le dispositif de découpe par fil.

[0040] Le support du système peut encore être obtenu par moulage, du silicium liquide étant coulé dans une lingotière permettant d'obtenir le support à la découpe à la géométrie souhaitée.

[0041] Le support du système peut encore être obtenu par frittage, de la poudre de silicium étant frittée à chaud dans une lingotière permettant d'obtenir le support à la découpe à la géométrie souhaitée.

[0042] Par ailleurs, le support du système peut comporter un assemblage d'une plaque réalisée en le premier matériau, notamment du silicium, et d'une plaque réalisée en le deuxième matériau, les plaques étant assemblées, notamment collées, entre elles.

[0043] En particulier, le support du système peut être formé par assemblage, notamment collage, d'une plaque d'un support existant avec une plaque de silicium, de sorte que le fil ne traverse, en fin de découpe, pratiquement que du silicium.

[0044] De plus, selon l'invention, le support du système est réalisé en un deuxième matériau chargé en poudre du premier matériau, la densité du premier matériau dans le deuxième matériau étant variable, étant notamment réalisé en époxy chargé en poudre de silicium avec une densité variable du silicium dans l'époxy, l'époxy étant notamment chargé en silicium par injection.

[0045] En outre, le support du système peut comporter des canaux longitudinaux de passage d'un liquide de nettoyage. De même, le support peut comporter des canaux longitudinaux, notamment des rainures, de fixation mécanique à une plaque, notamment une plaque en acier, en particulier d'un ensemble destiné à être intégré à un dispositif de découpe par fil. De tels canaux sont par exemple décrits dans la demande de brevet américain US 2011/0100348 A1 dans le cadre de supports à la découpe en céramique pour une technologie de découpe à abrasifs libres. Au contraire, de façon préférentielle, l'invention utilise ce type de canaux pour un support à la découpe en époxy et pour la technologie de découpe par fil à abrasifs liés, en particulier la découpe par fil diamanté.

[0046] Par ailleurs, le support du système peut comporter une ou plusieurs parties formant témoins, réalisées en un matériau différent du premier matériau et d'épaisseur égale à l'épaisseur du support, permettant de s'assurer que le fil de découpe n'est plus au niveau de la pièce à découper lorsqu'il est présent au niveau d'une partie formant témoin.

[0047] De plus, le support du système peut présenter, par observation en vue frontale, une première partie réalisée en le premier matériau, destinée à être en vis-à-vis de la pièce à découper, et une deuxième partie réalisée en un deuxième matériau différent du premier matériau, l'épaisseur de la première partie étant décroissante depuis les bords latéraux du support vers la zone centrale du support, destinée à être en vis-à-vis de la pièce à découper, et inversement pour l'épaisseur de la deuxième partie.

[0048] En outre, le support du système peut présenter, par observation en vue longitudinale, une première partie réalisée en le premier matériau, destinée à être en vis-à-vis de la pièce à découper, et une deuxième partie réalisée en un deuxième matériau différent du premier matériau, l'épaisseur de la première partie étant croissante depuis un premier bord longitudinal du support vers un deuxième bord longitudinal du support, et inversement pour l'épaisseur de la deuxième partie.

[0049] Le support du système peut comporter un premier matériau, notamment du silicium, et un deuxième matériau, notamment une résine époxy, le deuxième matériau étant notamment chargé en poudres du premier matériau. La proportion du premier matériau par rapport au deuxième matériau peut être comprise entre 25 et 200 % en masse, et de préférence de l'ordre de 100 % en masse.

[0050] Par ailleurs, l'invention a également pour objet, selon un autre de ses aspects, un ensemble, caractérisé en ce qu'il comporte un support tel que défini précédemment et une plaque, notamment une plaque en acier, le support étant collé à ladite plaque.

[0051] De plus, l'invention a pour objet, selon un de ses aspects, un système, caractérisé en ce qu'il comporte un support tel que défini précédemment et au moins une pièce à découper réalisée en un premier matériau semi-conducteur, notamment du silicium.

[0052] En outre, l'invention a encore pour objet, selon un autre de ses aspects, un procédé de découpe par fil à abrasifs liés d'au moins une pièce à découper, caractérisé en ce qu'il est mis en œuvre au moyen d'un système tel que défini précédemment, et en ce qu'il comporte l'étape consistant à faire passer le fil de découpe dans un matériau du support

EP 3 424 663 B1

dont la difficulté de découpe est identique à celle de la découpe de ladite au moins une pièce à découper.

[0053] L'invention a aussi pour objet, selon un autre de ses aspects, un procédé de fabrication d'un support d'un système tel que défini précédemment pour la découpe par fil à abrasifs liés d'au moins une pièce à découper réalisée en un premier matériau, caractérisé en ce qu'il comporte l'étape de réalisation du support par assemblage de matériaux différents comprenant au moins le premier matériau réparti de manière inhomogène avec les autres matériaux du support.

[0054] Le procédé peut comporter l'étape d'utilisation de silicium recyclé, provenant de poudres de silicium récupérées à la suite d'une découpe par fil à abrasifs liés, pour la fabrication du support.

[0055] Le procédé peut encore comporter l'étape d'utilisation d'une plaque de silicium provenant de la découpe d'un lingot de silicium, de moulage et/ou de frittage, pour la fabrication du support.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0056] L'invention pourra être mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, d'exemples de mise en œuvre non limitatifs de celle-ci, ainsi qu'à l'examen des figures, schématiques et partielles, du dessin annexé, sur lequel :

- les figures 1A, 1B et 1C illustrent respectivement en perspective trois étapes classiques de briquetage, d'éboutage et de découpe d'un matériau en silicium pour la fabrication de substrats en silicium à des fins de réalisation de cellules photovoltaïques,
- la figure 2 illustre, selon une vue frontale partielle, le phénomène d'arrachement de matière provoqué par le fil de découpe à la jonction entre la pièce à découper et le support à la découpe,
- la figure 3 illustre, selon une vue longitudinale partielle, le cheminement de la nappe de fil dans la pièce à découper fixée au support à la découpe,
- la figure 4 représente, selon une vue frontale partielle, un exemple de support à la découpe conforme à l'invention,
- la figure 5 représente, selon une vue longitudinale partielle, un autre exemple de support à la découpe conforme à l'invention, avec présence de la pièce à découper,
- la figure 6 représente une variante de réalisation du support à la découpe de la figure 5,
- la figure 7 représente une variante de réalisation du support à la découpe de la figure 4,
- la figure 8 représente, selon une vue frontale partielle, un exemple d'ensemble comportant un support à la découpe conforme à l'invention, assemblé avec une plaque en acier pour leur positionnement dans un dispositif de découpe par fil, et
- les figures 9A et 9B sont des clichés de microscopie électronique à balayage (MEB) représentant respectivement de la poudre de silicium pure et de la poudre de silicium issue de découpe.

[0057] Dans l'ensemble de ces figures, des références identiques peuvent désigner des éléments identiques ou analogues.

[0058] De plus, les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

[0059] Les figures 1A à 3 ont déjà été décrites précédemment dans la partie relative à l'état de la technique antérieure.

[0060] Les figures 4 à 8 décrites ci-après visent à illustrer des exemples de réalisation conformes à l'invention de supports 1 à la découpe par fil à abrasifs liés.

[0061] De façon préférentielle et en application à tous les exemples décrits ci-après, le terme « fil » désigne ici une nappe de fil.

[0062] En outre, les grains d'abrasif fixés sur le fil sont préférentiellement des grains de diamant de sorte que les supports d'un système selon l'invention peuvent être considérés comme étant des supports 1 à la découpe par fil diamanté.

[0063] De plus, la pièce à découper 30 comporte un matériau fragile semi-conducteur, tel que le silicium cristallin, et la découpe de cette pièce 30 est effectuée à des fins de fabrication de modules photovoltaïques.

[0064] Bien entendu, tous les choix évoqués ci-dessus ne sont aucunement limitatifs de l'invention telle que définie par les revendications.

[0065] Lors de la découpe des briques de silicium en galettes, une grande partie du silicium est aujourd'hui perdue. Même avec un procédé de découpe selon l'art antérieur, prévoyant notamment une épaisseur d'environ 180 μm pour les galettes et un diamètre du fil d'environ 80 μm , on estime qu'environ 36 % du silicium est perdu lors de la découpe, c'est-à-dire que les copeaux de silicium se mélangent au liquide de coupe, constitué principalement d'eau et d'additifs chimiques.

[0066] Avec la technologie de découpe à abrasifs libres, les études sur le recyclage du silicium montrent que ce recyclage n'est pas intéressant, ni économiquement, ni environnementalement. En fait, le coût du recyclage est trop élevé, les rendements sont trop faibles, et cela impose l'utilisation de produits chimiques dangereux.

[0067] Au contraire, avec la technologie de découpe par fil à abrasifs liés, le recyclage peut s'avérer intéressant à plusieurs points de vue. En particulier, les inventeurs ont remarqué qu'il était possible de récupérer une poudre de silicium de bonne qualité. Ils ont également constaté que, par exemple pour un support à la découpe réalisé en époxy chargé de particules d'alumine, contenant donc les éléments chimiques aluminium (Al), sodium (Na) et phosphore (P), la traversée du support par le fil diamanté, constitué d'un cœur en acier contenant du fer (Fe) et d'un revêtement en nickel (Ni) contenant des particules de diamant, en fin de découpe engendre une contamination importante de la poudre en silicium avec les éléments Al, Na et P. Ce constat a pu être établi en faisant un comparatif de la composition chimique de la poudre récoltée en arrêtant le système de filtration, notamment la centrifugation, permettant de récolter la poudre avant que le fil n'entame le support en époxy ou en laissant la centrifugation jusqu'en fin de coupe, autrement dit en permettant au support en époxy d'être découpé.

[0068] Toutefois, pour éviter la contamination en Al, Na et P de la poudre de silicium, l'arrêt de la centrifugation ou de tout autre système de filtration pour récolter la poudre en ligne juste avant que le fil n'entame le support n'est pas une solution très pratique dans un environnement industriel. En effet, de nombreuses machines fonctionnent généralement en même temps, qui peuvent utiliser un système centralisé d'alimentation en liquide de coupe, et la gestion de l'arrêt de la filtration sur plusieurs équipements et l'évitement de la contamination du liquide de coupe « propre » par un liquide de coupe « contaminé » serait donc très difficile à réaliser, voire pratiquement impossible à faire.

[0069] Aussi, il va maintenant être décrit, en référence aux figures 4 à 8, des supports 1 de systèmes conformes à l'invention permettant de répondre au moins en partie aux besoins énoncés précédemment.

[0070] Tout d'abord, en référence à la figure 4, on a représenté, selon une vue frontale partielle, un premier exemple de support 1 à la découpe d'un système à conforme à l'invention.

[0071] Le support 1 est réalisé par l'assemblage d'une première partie P1 en un premier matériau avec une deuxième partie P2 en un deuxième matériau, le premier matériau étant en configuration inhomogène relativement au deuxième matériau.

[0072] De façon préférentielle, le premier matériau est du silicium, comme pour la pièce à découper 30. Le deuxième matériau peut être un matériau classiquement utilisé pour un support à la découpe, soit un matériau dont la découpe est plus facile que pour le silicium, par exemple une résine époxy, du graphite, un matériau céramique, entre autres. Il peut également s'agir d'un matériau à base époxydes, polyuréthanes, polyesters, polystyrènes, polyéthylènes, polypropylènes, polyamides, polyvinyliques, entre autres, pouvant être ou non modifiés, par exemple par insertion d'un groupement organique.

[0073] De façon avantageuse, le silicium constituant le premier matériau peut provenir d'un recyclage de poudre de silicium issue d'une découpe par fil diamanté précédente.

[0074] Dans cet exemple de réalisation de la figure 4, le support 1 présente, par observation en vue frontale, une première partie P1, destinée à être en vis-à-vis de la pièce à découper 30, dont l'épaisseur E_{p1} est décroissante depuis chaque bord latéral Ls du support 1 vers la zone centrale ZC du support 1, destinée à être en vis-à-vis de la pièce à découper 30. L'épaisseur E_{p2} de la deuxième partie P2 est quant à elle croissante depuis chaque bord latéral Ls du support 1 vers la zone centrale ZC du support 1. De cette façon, l'interface entre les premier et deuxième matériaux forme un « V » inversé. Ainsi, on adapte longitudinalement la difficulté de découpe du support 1, celui-ci étant plus difficile à découper à ses extrémités latérales Ls qu'au niveau de sa partie centrale ZC.

[0075] Le tableau 1 ci-dessous illustre des exemples d'épaisseurs minimale, maximale ou préférentielle en fonction du matériau choisi pour la première partie P1 et la deuxième partie P2 :

Tableau 1

	Matériau	Epaisseur minimale (mm)	Epaisseur maximale (mm)	Epaisseur préférentielle (mm)
P1	en silicium ou en résine + silicium			
E_{p1}		2	19	10
E_{p1} au niveau d'un bord latéral Ls		2	19	12

EP 3 424 663 B1

(suite)

	Matériau	Epaisseur minimale (mm)	Epaisseur maximale (mm)	Epaisseur préférentielle (mm)
5	E_{p1} au niveau de la partie centrale Zc	2	12	5
10	P2	en résine ou en résine + silicium		
	E_{p2}	2	19	10
15	E_{p2} au niveau de la partie centrale Zc	7	18	15
	E_{p2} au niveau d'un bord latéral Ls	7	18	10

20 **[0076]** Dans l'exemple de la figure 5, le support 1 comporte une première partie P1' en un premier matériau, qui peut être semblable à celui de l'exemple de la figure 4, et une deuxième partie P2' en un deuxième matériau, qui peut être semblable à celui de l'exemple de la figure 4.

25 **[0077]** Dans cet exemple, le support 1 présente, par observation en vue longitudinale, une première partie P1' dont l'épaisseur E_{p1'} est croissante depuis un premier bord longitudinal I_{s1} du support 1 vers un deuxième bord longitudinal I_{s2} du support 1, tandis que l'épaisseur E_{p2'} de la deuxième partie P2' est quant à elle décroissante depuis ce même premier bord longitudinal I_{s1} du support 1 vers ce même deuxième bord longitudinal I_{s2} du support 1.

[0078] Ainsi, la difficulté de découpe du support 1 est tout d'abord la plus faible en début de découpe, puis elle augmente jusqu'à être maximale en fin de découpe.

30 **[0079]** En reprenant respectivement pour P1', P2', E_{p1'} et E_{p2'} les exemples donnés précédemment dans le tableau 1 pour P1, P2, E_{p1} et E_{p2}, le tableau 2 ci-dessous illustre des exemples d'épaisseurs minimale, maximale ou préférentielle obtenues :

Tableau 2

	Epaisseur minimale (mm)	Epaisseur maximale (mm)	Epaisseur préférentielle (mm)
35	E_{p1'} au niveau du bord longitudinal I_{s2}	2	19
40	E_{p2'} au niveau du bord longitudinal I_{s1}	2	19

45 **[0080]** L'exemple de réalisation de la figure 6 est une variante de celui de la figure 5. Dans cet exemple, le support 1 comporte des parties formant témoins 3, réalisées en un matériau différent du premier matériau. Ce matériau peut être le même que le deuxième matériau, comme c'est le cas ici, ou bien encore être différent des premier et deuxième matériaux. De façon avantageuse, le matériau des témoins 3 présente une difficulté de découpe plus faible que celle du premier matériau, donc du silicium.

50 **[0081]** L'épaisseur Et des témoins 3 est avantageusement égale à l'épaisseur Es du support 1. De ce fait, au niveau d'un témoin 3, le fil de découpe peut plus facilement sortir de la pièce à découper 30. Autrement dit, les témoins 3 permettent de s'assurer que le fil de découpe n'est plus au niveau de la pièce à découper 30 lorsqu'il est présent au niveau d'un témoin 3. Les témoins 3 peuvent être ou non régulièrement répartis longitudinalement sur le support 1. Ils sont, comme dans cet exemple, préférentiellement situés au niveau des extrémités longitudinales du support 1 et éventuellement au niveau de sa partie centrale.

55 **[0082]** En reprenant les valeurs prises pour P1, P2, E_{p1}, E_{p2}, P1', P2', E_{p1'} et E_{p2'} dans les tableaux 1 et 2 précédents, l'épaisseur Et peut avoir une épaisseur minimale de 0 mm, une épaisseur maximale de 19 mm, et une épaisseur préférentielle de 19 mm.

[0083] Par ailleurs, l'exemple de réalisation de la figure 7 est une variante de celui de la figure 4. Dans cet exemple,

le support 1 comporte des canaux longitudinaux 5 de passage d'un liquide de nettoyage, qui sont par exemple répartis régulièrement dans le support 1, pouvant être en chevauchement sur les première P1 et deuxième P2 parties.

[0084] De plus, le support 1 comporte également des rainures 6 de fixation mécanique à une plaque en acier 50, correspondant à la plaque portant le support 1 dans le dispositif de découpe par fil.

[0085] De façon avantageuse, ces rainures de fixation 6 permettent un assemblage mécanique aisé du support 1 à la plaque 50, et les canaux longitudinaux 5 de passage d'un liquide de nettoyage permettent un nettoyage efficace des galettes de silicium.

[0086] La figure 8 représente, selon une vue frontale, un exemple d'ensemble 40 comportant une plaque en acier 50, un support 1 conforme à l'invention et un bloc de silicium 30 à découper.

[0087] Le support 1 est par exemple un support en époxy chargé en poudre de silicium par injection.

[0088] En comparaison avec un support en époxy chargé en alumine, le support 1 réalisé en époxy chargé en silicium présente plusieurs avantages. Il peut notamment permettre de récupérer une poudre de silicium moins contaminée que lors de l'utilisation d'un support classique, sans avoir à arrêter le système de filtration, par exemple la centrifugation, avant la fin de la découpe, tout en permettant un meilleur nettoyage des galettes et en évitant le phénomène d'arrachement de matière (ou « chipping »). En effet, le support 1 tel que représenté à la figure 8 permet, une fois la découpe finie, de faire passer des buses d'aspersion de liquide de nettoyage à l'intérieur des canaux longitudinaux de passage 5, ce qui permet de faire passer le liquide entre chaque galette et permet donc d'obtenir un meilleur état de surface, et une meilleure propreté. Ce support 1 permet également d'éviter le collage et le décollement du support à la plaque d'acier 50 du fait d'un assemblage mécanique par le biais des rainures de fixation 6.

[0089] Par ailleurs, les figures 9A et 9B sont des clichés de microscopie électronique à balayage (MEB) représentant respectivement de la poudre de silicium pure et de la poudre de silicium issue de découpe.

[0090] Par comparaison de ces clichés, on constate que les morphologies du silicium pur et du silicium issu de découpe sont différentes.

[0091] Aussi, il existe une différence structurelle/morphologique entre la poudre de silicium pure, qui présente une morphologie sphérique, et la poudre de silicium récupérée à la suite d'une découpe par fil, qui présente une morphologie de type copeaux.

[0092] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits. Diverses modifications peuvent y être apportées par l'homme du métier dans le cadre de l'invention telle que définie par les revendications.

Revendications

1. Système comportant :

- un support (1) pour la découpe par fil (10) à abrasifs liés d'au moins une pièce à découper (30), le support (1) étant réalisé par un assemblage de matériaux différents,
- au moins une pièce à découper (30), la pièce à découper (30) étant réalisée en un premier matériau semi-conducteur, l'assemblage de matériaux différents du support comprend au moins le premier matériau de la pièce, et le premier matériau du support (1) est réparti de manière inhomogène avec les autres matériaux du support (1), le support (1) étant réalisé en un deuxième matériau chargé en poudre du premier matériau, la densité du premier matériau dans le deuxième matériau étant variable.

2. Système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le support (1) est réalisé par un assemblage de deux matériaux différents, comprenant le premier matériau et le deuxième matériau, le premier matériau étant réparti de manière inhomogène relativement au deuxième matériau.

3. Système selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le support (1) comporte du silicium, notamment au moins une partie en silicium et/ou à base de silicium, par exemple un matériau composite contenant du silicium.

4. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support (1) comporte un assemblage d'une plaque réalisée en le premier matériau, notamment du silicium, et d'une plaque réalisée en le deuxième matériau, les plaques étant assemblées, notamment collées, entre elles.

5. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support (1) est réalisé en époxy chargé en poudre de silicium avec une densité variable du silicium dans l'époxy, l'époxy étant notamment chargé en silicium par injection.

EP 3 424 663 B1

6. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support (1) comporte des canaux longitudinaux (5) de passage d'un liquide de nettoyage.
- 5 7. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support (1) comporte des canaux longitudinaux (6), notamment des rainures, de fixation mécanique à une plaque (50), notamment une plaque en acier.
- 10 8. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support (1) comporte une ou plusieurs parties formant témoins (3), réalisées en un matériau différent du premier matériau et d'épaisseur (E_t) égale à l'épaisseur (E_s) du support (1), permettant de s'assurer que le fil de découpe n'est plus au niveau de la pièce à découper (30) lorsqu'il est présent au niveau d'une partie formant témoin (3).
- 15 9. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support (1) présente, par observation en vue frontale, une première partie (P1) réalisée en le premier matériau, destinée à être en vis-à-vis de la pièce à découper (30), et une deuxième partie (P2) réalisée en le deuxième matériau différent du premier matériau, l'épaisseur (E_{p1}) de la première partie (P1) étant décroissante depuis les bords latéraux (Ls) du support (1) vers la zone centrale (ZC) du support (1), destinée à être en vis-à-vis de la pièce à découper (30), et inversement pour l'épaisseur (E_{p2}) de la deuxième partie (P2).
- 20 10. Système selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le support (1) présente, par observation en vue longitudinale, une première partie (P1') réalisée en le premier matériau, destinée à être en vis-à-vis de la pièce à découper (30), et une deuxième partie (P2') réalisée en le deuxième matériau différent du premier matériau, l'épaisseur ($E_{p1'}$) de la première partie (P1') étant croissante depuis un premier bord longitudinal (l_{s1}) du support (1) vers un deuxième bord longitudinal (l_{s2}) du support (1), et inversement pour l'épaisseur ($E_{p2'}$) de la deuxième partie (P2').
- 25 11. Procédé de découpe par fil (10) à abrasifs liés d'au moins une pièce à découper (30), **caractérisé en ce qu'il** est mis en œuvre au moyen d'un support (1) de découpe par fil (10) d'un système selon l'une quelconque des revendications précédentes, et **en ce qu'il** comporte l'étape consistant à faire passer le fil de découpe (10) dans un matériau du support (1) dont la difficulté de découpe est identique à celle de la découpe de ladite au moins une pièce à découper (30).
- 30 12. Procédé de fabrication d'un support (1) d'un système selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 pour la découpe par fil (10) à abrasifs liés d'au moins une pièce à découper (30) réalisée en le premier matériau, **caractérisé en ce qu'il** comporte l'étape de réalisation du support (1) par assemblage de matériaux différents comprenant au moins le premier matériau réparti de manière inhomogène avec les autres matériaux du support (1).
- 35 13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'il** comporte l'étape d'utilisation de silicium recyclé, provenant de poudres de silicium récupérées à la suite d'une découpe par fil à abrasifs liés, pour la fabrication du support (1), et/ou l'étape d'utilisation d'une plaque de silicium provenant de la découpe d'un lingot de silicium, de moulage et/ou de frittage, pour la fabrication du support (1).
- 40

Patentansprüche

- 45 1. System, umfassend:
- einen Träger (1) zum Schneiden wenigstens eines zu schneidenden Teils (30) mit einem Draht (10) mit gebundenen Schleifmitteln, wobei der Träger (1) aus einem Verbund unterschiedlicher Materialien hergestellt ist,
 - 50 - wenigstens ein zu schneidendes Teil (30), wobei das zu schneidende Teil (30) (30) aus einem ersten Halbleitermaterial hergestellt ist, und der Verbund unterschiedlicher Materialien des Trägers (1) wenigstens das erste Material des Teils umfasst, und das erste Material des Trägers (1) inhomogen mit den anderen Materialien des Trägers (1) verteilt ist, wobei der Träger (1) aus einem zweiten Material hergestellt ist, das mit Pulver des ersten Materials beladen ist, wobei die Dichte des ersten Materials in dem zweiten Material variabel ist.
- 55 2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger (1) aus einem Verbund zweier unterschiedlicher Materialien hergestellt ist, der das erste Material und das zweite Material umfasst, wobei das erste Material in Bezug auf das zweite Material inhomogen verteilt ist.

EP 3 424 663 B1

3. System nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger (1) Silizium enthält, insbesondere wenigstens einen Teil aus Silizium und/oder auf Silizium-Basis, beispielsweise ein Silizium enthaltendes Verbundmaterial.
- 5 4. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger (1) einen Verbund aus einer Platte aus dem ersten Material, insbesondere Silizium, und einer Platte aus dem zweiten Material aufweist, wobei die Platten miteinander verbunden, insbesondere verklebt, sind.
- 10 5. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger (1) aus mit Siliziumpulver beladenem Epoxid mit einer variablen Dichte des Siliziums im Epoxid hergestellt ist, wobei das Epoxid insbesondere durch Einspritzen mit Silizium beladen ist.
- 15 6. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger (1) Längskanäle (5) zum Durchleiten einer Reinigungsflüssigkeit aufweist.
- 20 7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger (1) Längskanäle (6), insbesondere Nuten, zur mechanischen Befestigung an einer Platte (50), insbesondere einer Stahlplatte, aufweist.
- 25 8. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger (1) ein oder mehrere Teile aufweist, die Referenzen (3) bilden, die aus einem anderen Material als das erste Material hergestellt sind und deren Dicke (E_t) gleich der Dicke (E_s) des Trägers (1) ist, wodurch sichergestellt werden kann, dass sich der Schneidfaden nicht mehr auf der Höhe des zu schneidenden Teils (30) befindet, wenn er auf der Höhe eines Teils vorhanden ist, das eine Referenz (3) bildet.
- 30 9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger (1) bei Betrachtung von vorne einen ersten Teil (P_1) aus dem ersten Material aufweist, der dazu bestimmt ist, dem zu schneidenden Teil (30) gegenüber zu liegen, und einen zweiten Teil (P_2) aus dem zweiten Material, das sich vom ersten Material unterscheidet, aufweist, wobei die Dicke (E_{p1}) des ersten Teils (P_1) von den Seitenkanten (L_s) des Trägers (1) zum mittleren Bereich (ZC) des Trägers (1), der dazu bestimmt ist, dem zu schneidenden Teil (30) gegenüber zu liegen, abnimmt, was umgekehrt für die Dicke (E_{p2}) des zweiten Teils (P_2) gilt.
- 35 10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Träger (1) bei Betrachtung in Längsrichtung einen ersten Teil (P_1'), gefertigt aus dem ersten Material, aufweist, der dazu bestimmt ist, dem zu schneidenden Stück (30) gegenüber zu liegen, und einen zweiten Teil (P_2'), gefertigt aus dem zweiten, vom ersten Material verschiedenen Material, wobei die Dicke ($E_{p1'}$) des ersten Teils (P_1') von einer ersten Längskante (I_{s1}) des Trägers (1) zu einer zweiten Längskante (I_{s2}) des Trägers (1) zunimmt, was umgekehrt für die Dicke ($E_{p2'}$) des zweiten Teils (P_2') gilt.
- 40 11. Verfahren zum Schneiden wenigstens eines zu schneidenden Teils (30) mit einem Draht (10) mit gebundenen Schleifmitteln, **dadurch gekennzeichnet, dass** es mittels eines Trägers (1) zum Schneiden mittels Draht (10) eines System nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchgeführt wird, und dass es den Schritt des Durchführens des Schneiddrahts (10) durch ein Material des Trägers (1) umfasst, wobei die Schneidschwierigkeit derjenigen des Schneidens des wenigstens einen zu schneidenden Teils (30) entspricht.
- 45 12. Verfahren zur Herstellung eines Trägers (1) eines Systems nach einem der Ansprüche 1 bis 10 zum Schneiden von wenigstens einem aus dem ersten Material hergestellten zu schneidenden Teils (30) mit einem Draht (10) mit gebundenen Schleifmitteln, **dadurch gekennzeichnet, dass** es den Schritt der Herstellung des Trägers (1) durch einen Verbund verschiedener Materialien umfasst, die wenigstens das erste Material umfassen, das in inhomogener Weise mit den anderen Materialien des Trägers (1) verteilt ist.
- 50 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zur Herstellung des Trägers (1) den Schritt der Verwendung von recyceltem Silizium umfasst, das aus Siliziumpulvern stammt, die nach dem Schneiden mit einem Draht mit gebundenen Schleifmitteln zurückgewonnen wurden, und/oder zur Herstellung des Trägers (1) den Schritt der Verwendung einer Siliziumplatte umfasst, die aus dem Schneiden eines Siliziumstabes, dem Formen und/oder dem Sintern stammt.
- 55

Claims

1. A system including:

- 5 - a support (1) for bonded-abrasive wire cutting (10) at least one workpiece to be cut (30), the support (1) being made by an assembly of different materials,
 - at least one workpiece to be cut (30), the workpiece to be cut (30) being made of a first semiconductor material, the assembly of different materials of the support comprises at least the first material of the workpiece, and the
 10 first material of the support (1) is inhomogeneously distributed with the other materials of the support (1), the support (1) being made of a second material loaded with powder of the first material, the density of the first material in the second material being variable.
2. The system according to claim 1, **characterised in that** the support (1) is made by an assembly of two different materials, comprising the first material and the second material, the first material being inhomogeneously distributed
 15 relative to the second material.
3. The system according to claim 1 or 2, **characterised in that** the support (1) includes silicon, in particular at least one silicon and/or silicon-based portion, for example a composite material containing silicon.
- 20 4. The system according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the support (1) includes an assembly of a plate made of the first material, in particular silicon, and a plate made of the second material, the plates being assembled, in particular glued, to each other.
- 25 5. The system according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the support (1) is made of epoxy loaded with silicon powder with a variable density of the silicon in the epoxy, the epoxy being in particular loaded with silicon by injection.
6. The system according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the support (1) includes longitudinal
 30 channels (5) for the passage of a cleaning liquid.
7. The system according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the support (1) includes longitudinal channels (6), in particular grooves, for mechanical fastening to a plate (50), in particular a steel plate.
- 35 8. The system according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the support (1) includes one or more portions forming control portions (3), made of a material different from the first material and of a thickness (E_t) equal to the thickness (E_s) of the support (1), allowing ensuring that the cutting wire is no longer at the workpiece to be cut (30) when it is present at a portion forming a control portion (3).
- 40 9. The system according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the support (1) has, by observation in front view, a first portion (P1) made of the first material, intended to be opposite to the workpiece to be cut (30), and a second portion (P2) made of the second material different from the first material, the thickness (E_{p1}) of the first portion (P1) being decreasing from the lateral edges (Ls) of the support (1) towards the central zone (ZC) of the support (1), intended to be opposite to the workpiece to be cut (30), and conversely for the thickness (E_{p2}) of the second portion (P2).
 45
10. The system according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the support (1) has, by observation in longitudinal view, a first portion (P1') made of the first material, intended to be opposite to the workpiece to be cut (30), and a second portion (P2') made of the second material different from the first material, the thickness ($E_{p1'}$) of the first portion (P1') being increasing from a first longitudinal edge (l_{s1}) of the support (1) towards a second longitudinal edge (l_{s2}) of the support (1), and conversely for the thickness ($E_{p2'}$) of the second portion (P2').
 50
11. A method for bonded-abrasive wire cutting (10) at least one workpiece to be cut (30), **characterised in that** it is implemented by means of a support (1) for wire cutting (10) of a system according to any one of the preceding claims, and **in that** it includes the step consisting in passing the cutting wire (10) through a material of the support (1) whose cutting difficulty is identical to that of cutting said at least one workpiece to be cut (30).
 55
12. A method for manufacturing a support (1) of a system according to any one of claims 1 to 10, for bonded-abrasive wire cutting (10) at least one workpiece to be cut (30) made of the first material, **characterised in that** it includes

the step of making the support (1) by assembling different materials comprising at least the first material inhomogeneously distributed with the other materials of the support (1).

- 5 **13.** The method according to claim 12, **characterised in that** it includes the step of using recycled silicon, originating from silicon powders recovered following a bonded-abrasive wire cutting, for manufacturing the support (1), and/or the step of using a silicon plate originating from the cutting of a moulding and/or sintering silicon ingot for manufacturing the support (1).

10

15

20

25

30

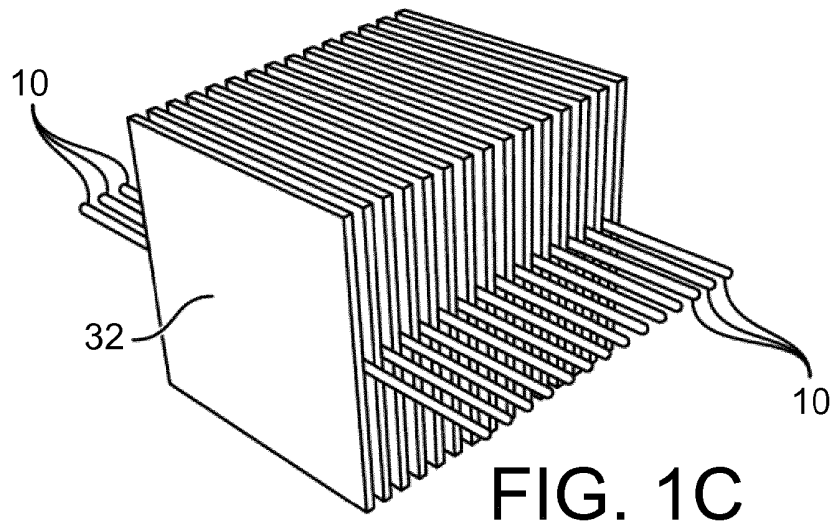
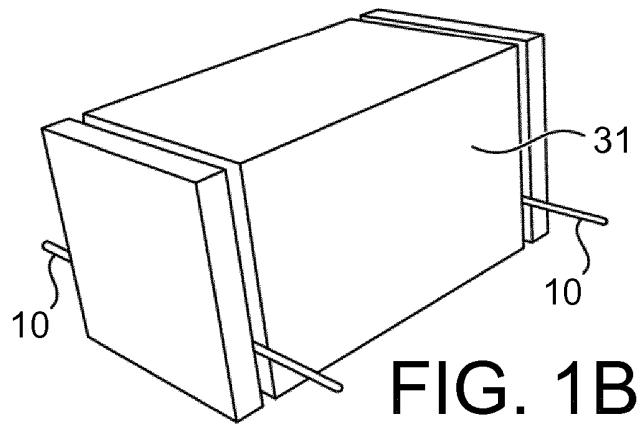
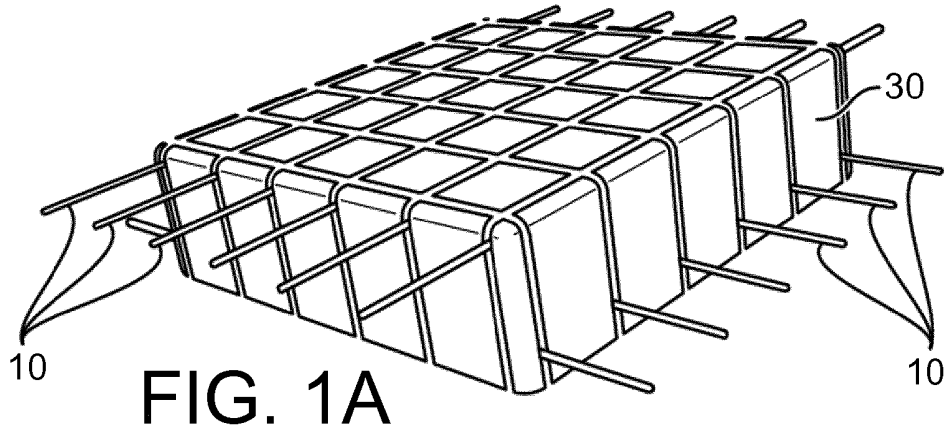
35

40

45

50

55



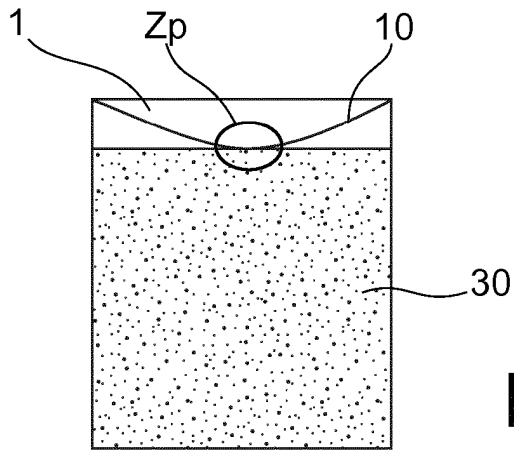


FIG. 2

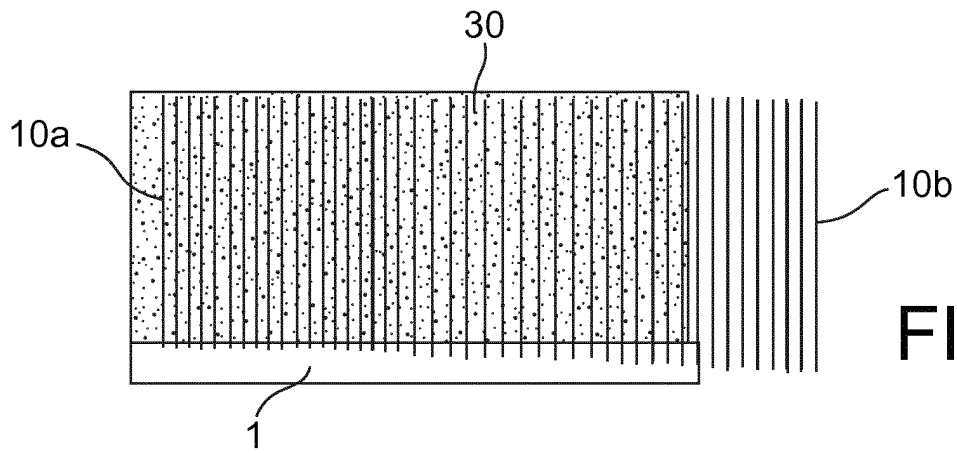


FIG. 3

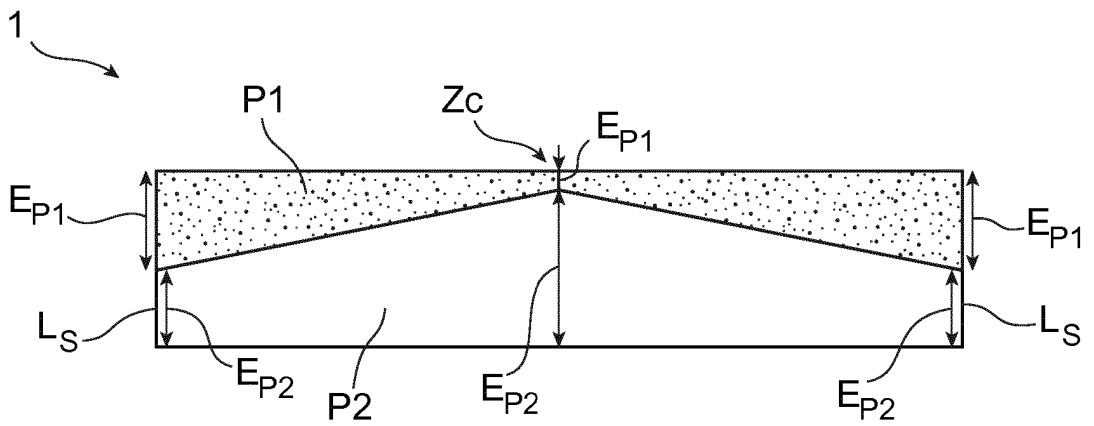


FIG. 4

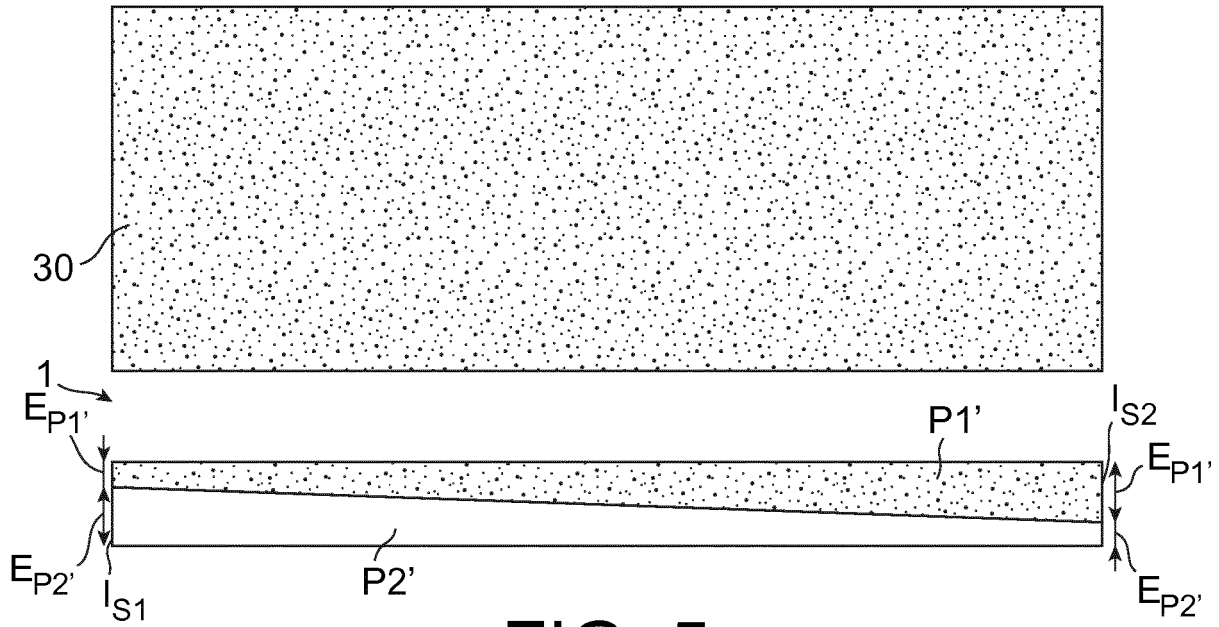


FIG. 5

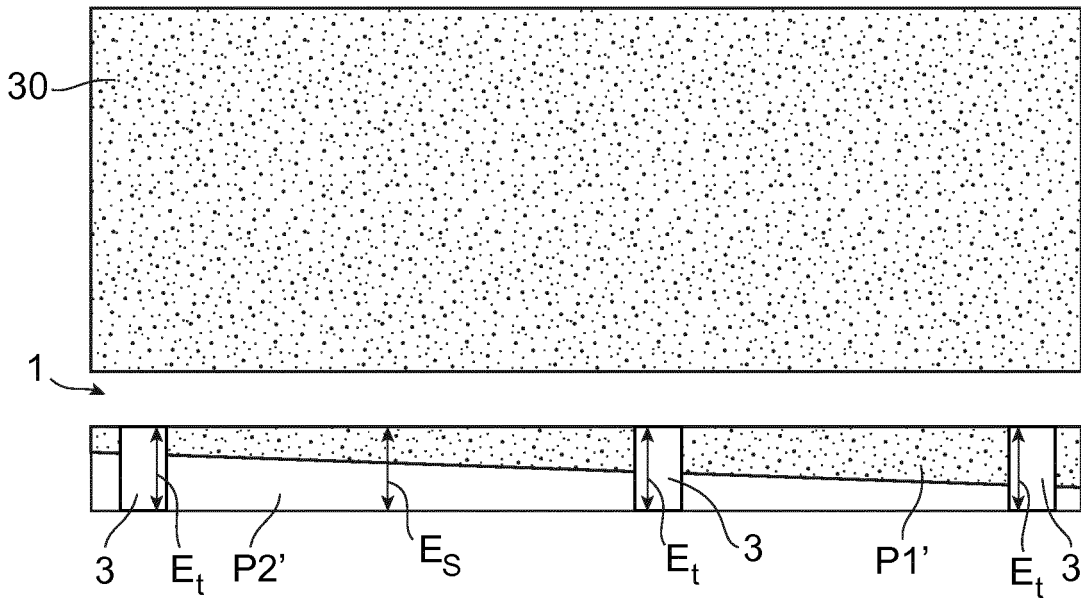


FIG. 6

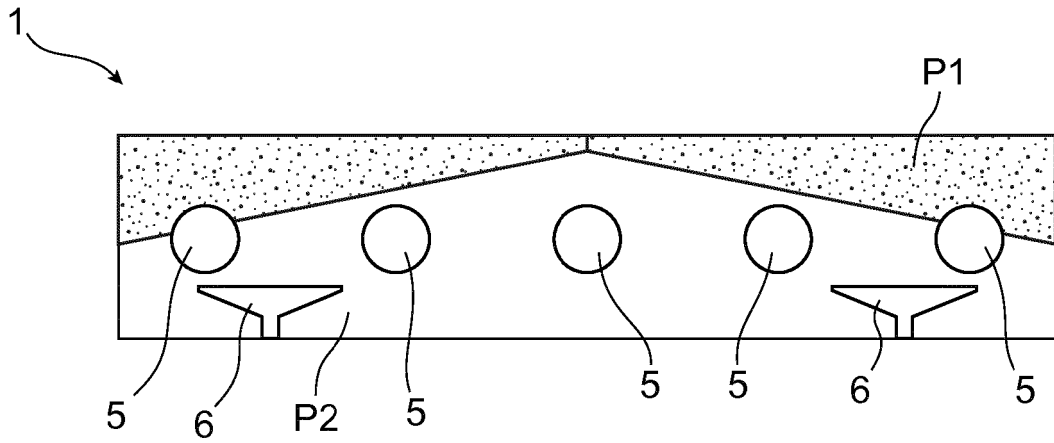


FIG. 7

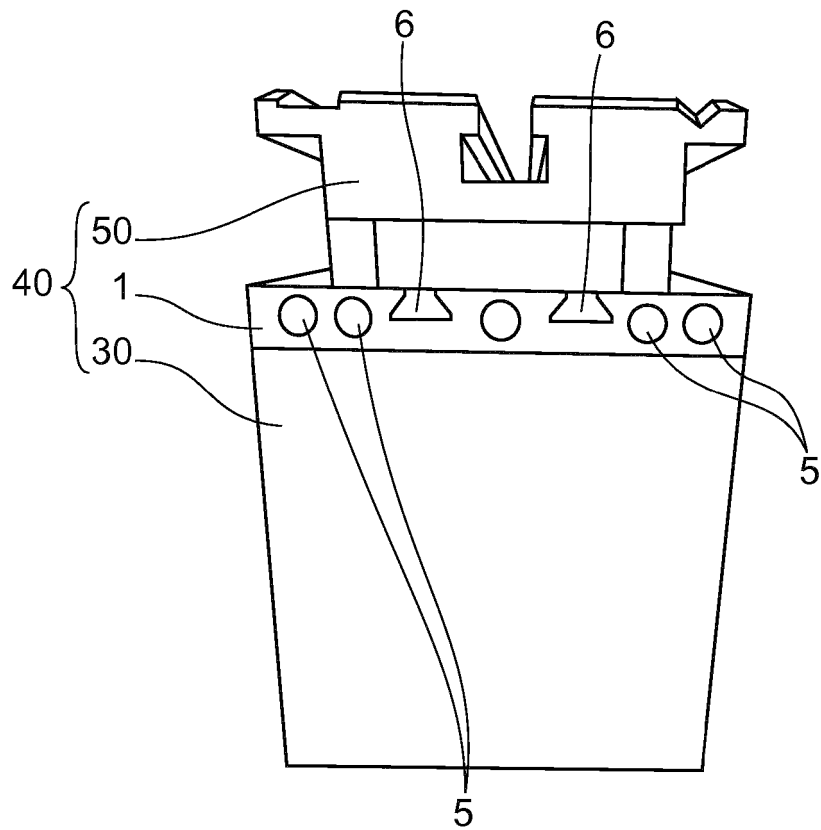


FIG. 8

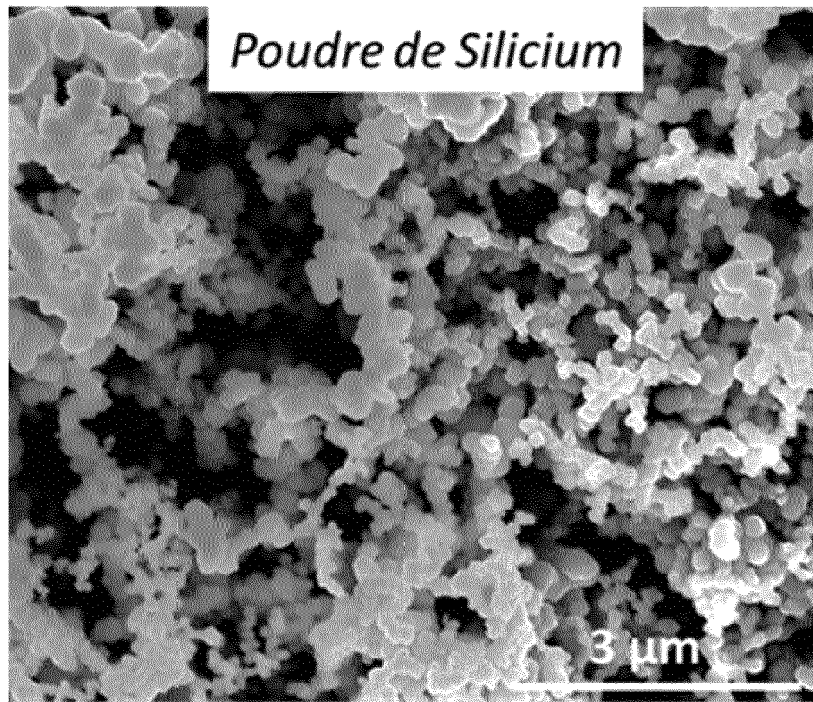


FIG. 9A



FIG. 9B

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 2013112185 A1 [0004]
- US 20110100348 A1 [0045]