

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/004337 A1

(43) Date de la publication internationale
15 janvier 2015 (15.01.2015)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :
G21C 17/108 (2006.01)

TER, Guillaume; 2 rue de la Comète, F - 13770 Venelles (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2014/000152

(74) Mandataire : HERARD, Paul; Paul Herard Conseil, 50 Impasse de La Marionne, F-13012 Marseille (FR).

(22) Date de dépôt international :
27 juin 2014 (27.06.2014)

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1301641 11 juillet 2013 (11.07.2013) FR

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 rue Leblanc - "Le Ponant D", F-75015 Paris Cedex (FR).

(72) Inventeurs : RODIAC, Frédéric; 80, route nationale de Saint Savourmin, F - 13105 Mimet - France (FR). RIT-

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR DETECTING RADIATION IN A REACTOR AND METHOD FOR MAKING SAID DEVICE

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE DÉTECTION DE RAYONNEMENTS DANS UN RÉACTEUR ET PROCÉDÉ DE FABRICATION DE CE DISPOSITIF

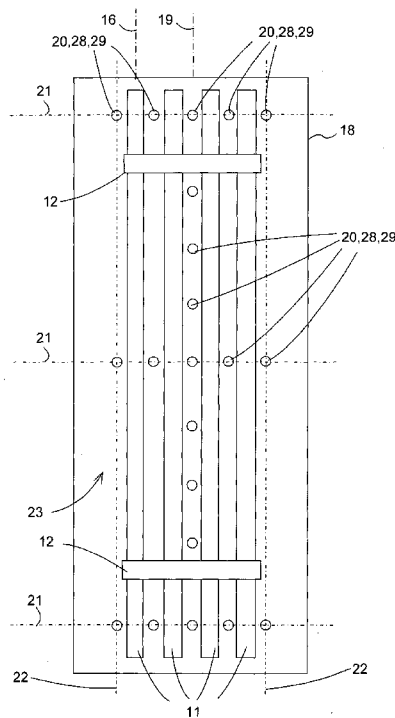


Fig. 10

(57) Abstract : The invention relates to a device (17) for detecting radiation, comprising a plurality of radiation detection devices (28) secured to a carrier. The carrier comprises at least one plate (18, 18a, 18b) having at least one surface (23, 24) comprising a plurality of recesses (20, 20a, 20b) distributed on the surface of the plate and arranged such as to receive one radiation detector each. The device comprises holding elements (29) secured to the plate and accommodated in the recesses (20, 20b), used for holding the radiation detectors (28) in said recesses (20, 20a).

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif (17) de détection de rayonnements comportant plusieurs détecteurs (28) de rayonnements solidaires d'un support. Le support comporte au moins une plaque (18, 18a, 18b) dont au moins une face (23, 24) comporte plusieurs dépressions (20, 20a, 20b) réparties à la surface de la plaque et agencées pour recevoir chacune un détecteur de rayonnements. Le dispositif comporte des éléments (29) de maintien solidaires de la plaque, logés dans les dépressions (20, 20b), et servant à maintenir les détecteurs (28) de rayonnements dans les dépressions (20, 20a).



UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, **Publiée :**

TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Procédé et dispositif de détection de rayonnements dans un réacteur et procédé de fabrication de ce dispositif

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention est relative à un procédé de détection de rayonnements ionisants dans un réacteur, à un dispositif de détection de rayonnements ionisants dans un réacteur, et à un procédé de fabrication de ce dispositif.

ETAT DE LA TECHNIQUE

L'invention s'applique à la détection de rayonnements énergétiques (ondes et particules), notamment à la détection de flux de neutrons ou de gammas, à l'intérieur d'un réacteur.

L'invention s'applique en particulier à un réacteur nucléaire de type piscine, dans lequel le combustible est conditionné dans des gaines, par exemple des gaines en forme de tubes pour former des « crayons », et dans lequel le cœur comporte des assemblages de plusieurs crayons qui sont noyés dans un fluide caloporteur – tel que de l'eau – contenu dans l'enceinte du réacteur.

Les assemblages permettent la circulation du fluide de refroidissement autour des gaines de combustible et sont espacés d'une distance, autrement dit d'un jeu, qui permet la manutention verticale des assemblages lors du chargement et du déchargement du cœur du réacteur.

L'invention s'applique en particulier à la détermination de la distribution de puissance de flux de neutrons autrement désignée par cartographie neutronique, à l'intérieur du cœur d'un réacteur nucléaire, plus particulièrement à l'intérieur d'un réacteur de recherche.

Dans un réacteur nucléaire, il est important d'obtenir des données relatives à la distribution de puissance du flux de neutrons émis par le combustible.

Il est connu de détecter un flux de neutrons produits dans un réacteur par le combustible nucléaire, à l'aide de détecteurs à activation, comme décrit dans l'ouvrage « Détection de rayonnements et

instrumentation nucléaire », Abdallah Lyoussi, EDP Sciences, Les Ulis, France, 2010, pages 111 à 113.

Un détecteur à activation comporte un matériau qui, lorsqu'il est exposé à un flux de neutrons, est le siège de réactions nucléaires produisant des noyaux radioactifs. La mesure de la radioactivité (induite) du matériau exposé, permet de déterminer le nombre et/ou l'énergie de neutrons ayant provoqué les réactions nucléaires.

Pour la détection de neutrons d'énergie faible ou moyenne, en particulier de neutrons thermiques ou épithermiques, un détecteur à activation peut comporter une feuille ou un fil d'un matériau pur tel que de l'or (isotope ^{197}Au) ou du cobalt (isotope ^{59}Co) par exemple.

La réalisation d'une cartographie neutronique nécessite de positionner plusieurs détecteurs dans le cœur du réacteur, pour les exposer aux neutrons pendant une durée déterminée. Après cette exposition, les détecteurs doivent être extraits du cœur afin de mesurer leur radioactivité qui résulte de leur exposition à un flux de neutrons, pour pouvoir caractériser ce flux de neutrons.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Un objectif de l'invention est de proposer un procédé et un dispositif de détection de rayonnements nucléaires au sein d'un réacteur, qui soi(en)t amélioré(s) et/ou qui remédie(nt), en partie au moins, aux lacunes ou inconvénients des procédés et dispositifs connus de détection de rayonnements nucléaires.

Un objectif de l'invention est de proposer un dispositif de détection de rayonnements permettant de positionner des détecteurs de rayonnements de façon sûre et précise entre des assemblages de crayons de combustible, d'empêcher la perte d'un détecteur de rayonnements dans le réacteur, notamment par entraînement du détecteur par le fluide caloporteur circulant dans le réacteur, et de permettre une mise en place et une extraction aisées des détecteurs dans le réacteur.

Un objectif de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'un tel dispositif de détection de rayonnements nucléaires.

Selon un aspect de l'invention, il est proposé un dispositif de détection de rayonnements comportant plusieurs détecteurs de rayonnements solidaires d'un support commun aux détecteurs ; le support comporte au moins une plaque (plane) qui peut être positionnée en regard d'une face d'un assemblage de crayons, en particulier entre deux assemblages adjacents du cœur d'un réacteur, qui peut être insérée dans l'espace séparant deux assemblages adjacents par une translation du support, et qui peut être extraite du cœur par une translation (du support) en sens inverse.

Au moins une des deux faces principales de la plaque comporte plusieurs dépressions réparties à la surface de la plaque et agencées pour recevoir (chacune) un détecteur de rayonnements et un élément de maintien servant à maintenir le détecteur considéré dans la dépression le recevant ; et chaque élément de maintien est solidarisé à la plaque, de préférence par sertissage, et logé dans une dépression, de façon à éviter toute désolidarisation intempestive d'un élément de maintien et/ou d'un détecteur, de la plaque.

La plaque peut comporter plusieurs dépressions alignées selon un axe parallèle au plan de la plaque, en particulier plusieurs dépressions alignées et régulièrement espacées le long de leur axe d'alignement.

Le sertissage d'un élément de maintien et de la plaque peut résulter d'un recouvrement de l'élément de maintien par la matière de la plaque, dans une portion périphérique de l'élément de maintien, en particulier le long d'une partie au moins du contour de l'élément de maintien.

Le contour de l'élément de maintien peut être muni d'un chanfrein pour faciliter la déformation de la matière de la plaque entourant l'élément de maintien – et la dépression recevant cet élément –, et pour faciliter le blocage de l'élément de maintien dans la dépression, et le recouvrement du contour de l'élément de maintien par cette matière repoussée.

Les éléments de maintien peuvent être en forme de plaquette, en particulier en forme de disque mince, l'épaisseur des éléments de maintien étant de préférence inférieure à celle de la plaque support de détecteurs, et de préférence encore inférieure à la profondeur des dépressions.

Les éléments de maintien présentent une forme et des dimensions adaptées à celles des détecteurs et à celles des dépressions formées dans la plaque, de préférence de façon à ce que chaque élément de maintien recouvre un détecteur et s'emboîte avec un faible jeu dans une dépression de la plaque.

Pour la détection de flux de neutrons, les détecteurs de rayonnement peuvent être des détecteurs à activation.

L'invention permet également de caractériser le champ de photons gamma à l'intérieur d'un réacteur ; à cet effet, les détecteurs de rayonnements peuvent être des détecteurs (radio)thermoluminescents, à base de fluorure de lithium par exemple.

Les détecteurs de rayonnement peuvent être en forme de feuille ou de fil.

La plaque et les éléments de maintien sont généralement constitués d'un matériau sensiblement transparent aux rayonnements à détecter.

Pour la cartographie neutronique, la plaque et les éléments de maintien sont de préférence constitués d'un matériau présentant une transparence neutronique suffisante et s'activant peu lors de son exposition à un flux de neutrons, par exemple un alliage d'aluminium AG3M.

Un matériau (substantiellement) transparent aux neutrons est un matériau dont la section efficace d'interaction avec les neutrons est suffisamment faible pour ne pas atténuer de manière significative le flux de neutrons incident.

Ainsi, les matériaux substantiellement transparents aux neutrons sont avantageusement des matériaux à section efficace de capture des

neutrons très faible, typiquement bien inférieure à 1 barn, ce qui a pour effet de réduire à un minimum, voire de supprimer, les réactions (n, β -) dans ces matériaux comme indiqué ci-dessus. Cela diminue la capture de neutrons.

5 Pour caractériser le champ de photons gamma, la plaque et les éléments de maintien sont de préférence constitués d'un matériau de type alliage d'aluminium.

 Les éléments de maintien peuvent être montés affleurant sur la face de la plaque comportant les dépressions, ou s'étendant en retrait de
10 cette face, à l'intérieur d'une dépression, ce qui permet d'éviter l'accrochage d'un élément de maintien et d'un assemblage de crayons de combustible lors de la mise en place du dispositif de détection dans le cœur du réacteur, ou lors de son extraction, et permet de limiter la perturbation de l'écoulement du fluide caloporteur par le dispositif de
15 détection .

 Afin de favoriser la désolidarisation des détecteurs de la plaque, après leur exposition aux rayonnements à détecter et l'extraction du dispositif de détection hors du cœur, chaque élément de maintien peut être serti sur une partie seulement de son contour. Ceci facilite la
20 séparation de l'élément de maintien de la plaque et l'extraction du détecteur précédemment maintenu solidaire de la plaque par cet élément, hors de la dépression recevant ce détecteur.

 A cet effet, la plaque peut être percée d'un orifice « d'extraction » traversant la plaque dans une partie périphérique d'une dépression et
25 débouchant (partiellement) dans cette dépression, de sorte qu'un élément de maintien engagé et serti dans la dépression, n'est pas recouvert par la matière de la plaque dans cette partie périphérique de la dépression.

 Pour désolidariser l'élément de maintien de la plaque, on peut
30 alors engager un outil d'extraction dans cet orifice d'extraction, par la première face principale de la plaque dans laquelle sont formées les dépressions – ou par la seconde face principale de la plaque qui est

opposée à la première face principale -, jusqu'à ce que l'outil vienne en appui sur une portion périphérique de l'élément de maintien, puis provoquer un effort d'extraction sur l'élément de maintien, par l'outil d'extraction, de façon à déformer la matière de la plaque recouvrant/bloquant l'élément de maintien, jusqu'à extraire l'élément de maintien de la dépression le recevant.

Selon un mode de réalisation, le dispositif de détection de rayonnements comporte deux supports de détecteurs en forme de plaques dans chacune desquelles sont formées des dépressions recevant des détecteurs recouverts d'éléments de maintien, les deux plaques étant parallèles et leurs dépressions respectives étant disposées en regard mutuel. Ceci permet de disposer des détecteurs en regard les uns des autres, de sorte que deux détecteurs en regard mutuel peuvent être exposés au même flux de particules, et permet d'obtenir une meilleure précision pour la détermination de la distribution spatiale du taux de réaction.

Lorsque les détecteurs sont logés dans des dépressions prévues sur deux faces en regard mutuel des deux plaques support, les risques de désolidarisation et de perte d'un détecteur dans le réacteur sont encore plus limités.

Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un procédé de fabrication d'un dispositif de détection de rayonnements comportant plusieurs détecteurs de rayonnements solidaires d'un support comportant une plaque, dans lequel on forme des dépressions réparties à la surface de la plaque et agencées pour recevoir un détecteur de rayonnements et un élément de maintien, on dispose un détecteur dans chaque dépression que l'on recouvre par un élément de maintien engagé dans la dépression et servant à maintenir le détecteur considéré dans la dépression le recevant ; et on solidarise les éléments de maintien à la plaque par sertissage, en repoussant la matière de la plaque entourant chaque dépression pour verrouiller les éléments de maintien dans les

dépressions, et pour recouvrir une partie au moins de la portion périphérique (externe) des éléments de maintien.

Les dépressions peuvent être réalisées par enlèvement de matière, en particulier les dépressions peuvent être des lamages formés dans la plaque.

Pour le sertissage des éléments de maintien dans les dépressions, on peut utiliser un poinçon comportant une saillie, par exemple de section triangulaire, servant à repousser la matière de la plaque entourant une dépression, sur la périphérie d'un élément de maintien engagé dans la dépression.

Pour guider un tel poinçon de sertissage, on peut utiliser une matrice pourvue de deux pions de positionnement prévus pour s'étendre au travers de deux orifices de positionnement percés dans la plaque au voisinage d'une dépression, et pour s'étendre dans deux cavités prévues dans le poinçon, ce qui permet d'assurer un positionnement précis du poinçon par rapport à la dépression contenant l'élément de maintien à sertir.

Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un procédé de détection de rayonnements dans lequel on utilise un dispositif de détection de rayonnement selon l'invention, et dans lequel :

- On insère le dispositif de détection dans le cœur d'un réacteur, au voisinage d'un assemblage de crayons de combustible nucléaire, par un mouvement de translation verticale descendante, jusqu'à une position déterminée ;
- Après une durée déterminée d'exposition du dispositif de détection aux rayonnements, on extrait le dispositif de détection du cœur du réacteur par un mouvement de translation verticale ascendante ;
- On extrait les éléments de maintien et les détecteurs des dépressions prévues dans la plaque du dispositif de détection ;
et

- On analyse les détecteurs du dispositif de détection pour déterminer des caractéristiques des rayonnements auxquels ont été exposés ces détecteurs.

Les mesures de rayonnement ainsi obtenues peuvent servir à la caractérisation expérimentale du massif combustible modélisé, afin d'en déduire la distribution spatiale et en énergie du flux neutronique et des paramètres qui en dépendent. Elles peuvent également être utilisées pour procéder à des comparaisons qui permettent de valider/qualifier les codes de calcul de caractérisation (neutronique) de ces réacteurs.

D'autres aspects, caractéristiques, et avantages de l'invention apparaissent dans la description suivante qui se réfère aux figures annexées et illustre, sans aucun caractère limitatif, des modes préférés de réalisation de l'invention.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

La figure 1 illustre schématiquement un cœur de réacteur équipé d'un dispositif de détection de rayonnements selon un mode de réalisation.

La figure 2 illustre, en vue de face, un dispositif de détection de rayonnements selon un mode de réalisation.

La figure 3 est une vue de coté – et une vue selon III - du dispositif de détection de rayonnements illustré figure 2.

La figure 4 est une vue du dispositif de détection de rayonnements illustré figures 2 et 3, vu d'un coté opposé à celui de la figure 2.

Les figures 5 et 6 illustrent, à échelle agrandie, une portion d'une face principale d'une plaque support de détecteurs de rayonnements, respectivement avant – et après – mise en place d'un détecteur et d'un élément de maintien du détecteur dans une dépression formée dans la plaque.

Les figures 7 et 8 illustrent schématiquement et en vue en demi-coupe selon un plan orthogonal au plan d'une plaque support de détecteurs, un dispositif de sertissage et une partie du dispositif de détection de rayonnements, avant et pendant le sertissage d'un élément

de maintien d'un détecteur, dans une cavité de la plaque contenant ce détecteur.

La figure 9 illustre, de la même façon que les figures 7 et 8, une partie du dispositif de détection de rayonnements après sertissage de l'élément de maintien.

La figure 10 illustre schématiquement, en vue de coté, un assemblage de crayons de combustible et un dispositif de détection et de cartographie de rayonnements au voisinage de cet assemblage, et est une vue selon X de la figure 1.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Sauf indication explicite ou implicite contraire, des éléments ou organes – structurellement ou fonctionnellement – identiques ou similaires sont désignés par des repères identiques sur les différentes figures.

Par référence à la figure 1, un cœur de réacteur 10 comporte des crayons 11 de combustible s'étendant selon des axes verticaux tels que l'axe repéré 16.

Les crayons 11 sont reliés par des pièces 12 de liaison pour former deux assemblages 13 adjacents de crayons 11.

Les assemblages 13 sont séparés par un espace 14 et disposés à l'intérieur d'une enceinte 15 du réacteur, cette enceinte recevant les assemblages et un fluide caloporteur servant au refroidissement des assemblages 13, et dans lequel sont plongés les assemblages.

Entre les deux assemblages 13 est disposé un dispositif 17 de détection de rayonnements, qui comporte une plaque 18 supportant des détecteurs de rayonnements – ou dosimètres.

Par référence aux figures 1 et 10 notamment, la plaque plane 18 est allongée selon un axe 19 qui est vertical lorsque le dispositif 17 de détection est mis en place le long des assemblages 13, en particulier entre les assemblages.

La plaque 18 supporte des détecteurs de radiation 28 qui sont disposés dans des cavités – ou dépressions – 20 prévues dans la plaque

et fermées par des éléments 29 de maintien sertis dans ces cavités – ou dépressions -, comme illustré en détail figures 6 et 9 notamment.

Dans les modes de réalisation illustrés figures 2, 4, et 10, les dépressions 20 présentent un contour circulaire.

5 Ces dépressions sont réparties à la surface des plaques 18 pour permettre de déterminer la distribution spatiale des rayonnements détectés, à partir des mesures d'activation des détecteurs que les plaques renferment respectivement.

10 Chaque plaque peut comporter de l'ordre d'une dizaine – ou de plusieurs dizaines – de dépressions servant à contenir le nombre correspondant de détecteurs de rayonnements.

Comme illustré figures 2, 4, et 10, les dépressions 20 sont alignées selon des axes 21 orthogonaux à l'axe longitudinal 19 de la plaque, et/ou selon des axes 19, 22 parallèles à – en particulier confondu avec - l'axe
15 longitudinal 19 de la plaque.

Les axes 19, 21, 22 peuvent être régulièrement espacés, en particulier selon un pas d'espacement uniforme, et les dépressions peuvent également être régulièrement espacées le long de ces axes.

Ceci conduit à une répartition des dépressions – et par conséquent
20 des détecteurs qu'elles reçoivent – selon une « trame » ou grille « matricielle », à la surface de la plaque.

Ces dépressions peuvent être formées sur l'une ou l'autre des deux faces principales 23, 24 de la plaque 18.

Dans le mode de réalisation illustré figures 2 à 4, le support de
25 détecteurs du dispositif 17 de détection comporte deux plaques 18a, 18b qui s'étendent dans des plans 25a, 25b parallèles à un plan 25 médian contenant l'axe longitudinal 19 du dispositif, et sont disposées en regard mutuel, de part et d'autre de ce plan médian.

Le dispositif 17 comporte en outre une pièce 26 de liaison reliant
30 et supportant les plaques 18a, 18b, et une pièce 27 de manutention fixée à la pièce 26 de liaison, pour faciliter la manutention du dispositif 17 par un appareil de levage (non représenté).

On observe figures 2 et 4 que les répartitions des dépressions 20 sur les plaques 18a, 18b diffèrent, tout en suivant des trames matricielles identiques.

Pour une cartographie neutronique par exemple, les dépressions peuvent présenter un diamètre adapté à celui des détecteurs qu'elles reçoivent, par exemple de l'ordre de 5 à 10 millimètres. Les pas (horizontal et vertical) d'espacement des axes 21, 22 – et des rangées de détecteurs – peuvent être par exemple de l'ordre de 5 à 10 fois la valeur du diamètre des détecteurs (et/ou des dépressions).

La nature, la forme, la position, et les dimensions de chaque détecteur, sont choisies de manière à ce que les détecteurs aient une activité (radioactivité pour les détecteurs à activation, émission lumineuse pour les détecteurs radio thermoluminescents) mesurable après leur exposition aux rayonnements à détecter et caractériser. Ce choix peut être fait à partir de calculs et de scénarii d'irradiation propres à un réacteur considéré.

Pour la cartographie neutronique en particulier, l'implantation de deux détecteurs à activation de nature différente, dans deux dépressions respectivement prévues sur les deux plaques voisines 18a, 18b dans des positions identiques, peut permettre de déconvoluer les domaines thermique et épithermique.

Par référence aux figures 5 et 7 à 9 en particulier, chaque dépression 20 est de forme cylindrique d'axe 32, comporte une partie – ou logement – inférieur(e) 20a adapté(e) aux dimensions d'un détecteur 28, et une partie – ou logement – supérieur(e) 20b adapté(e) aux dimensions d'un élément 29 de maintien servant à maintenir le détecteur dans la dépression, en recouvrant ce détecteur.

Lorsque le détecteur 28 est en forme de disque, le logement inférieur 20a peut présenter un contour circulaire de diamètre peu supérieur à celui du détecteur, et une profondeur peu supérieure à l'épaisseur du détecteur, par exemple de l'ordre d'une centaine de micromètres, de sorte que le logement 20a peut contenir le détecteur 28.

Dans ce cas notamment, l'élément 29 de maintien peut être en forme de disque également, de diamètre supérieur à celui du logement inférieur 20a, et le logement supérieur 20b peut présenter un contour circulaire de diamètre peu supérieur à celui de l'élément de maintien, et une profondeur peu supérieure à l'épaisseur de cet élément, de sorte que le logement 20b peut contenir l'élément 29 recouvrant le logement 20a et le détecteur 28 (cf. figures 7 à 9).

Ainsi, le détecteur 28 peut être engagé avec un faible jeu dans le logement 20a, l'élément 29 peut être engagé avec un faible jeu dans le logement 20b, la face supérieure 30 de l'élément 29 s'étendant en retrait de la face 23 de la plaque dans laquelle sont formées les dépressions.

L'épaisseur 40 de chaque plaque 18, 18a, 18b peut être de l'ordre de un millimètre par exemple.

On peut observer figure 7 notamment que la tranche de l'élément 29 de maintien est munie d'un chanfrein supérieur 290 s'étendant à partir de la face supérieure 30 de l'élément 29, ainsi qu'un chanfrein inférieur 291 s'étendant à partir de la face inférieure de l'élément 29.

Le chanfrein inférieur 291 facilite l'insertion de l'élément 29 de maintien dans la dépression 20b, tandis que le chanfrein supérieur 290 facilite le sertissage de l'élément de maintien dans la dépression.

Par référence aux figures 5 et 6, la plaque est percée d'un orifice 31 traversant la plaque dans une partie périphérique du logement supérieur 20b d'une dépression 20.

Une partie 31a de cet orifice 31 débouche dans cette dépression 20, 20b, tandis qu'une autre partie 31b de cet orifice 31 débouche à l'extérieur de la dépression 20 de contour circulaire.

Ceci facilite l'extraction d'un élément 29 serti dans la cavité 20, qui peut être obtenue en insérant un outil d'extraction dans la partie 31b de l'orifice, et en exerçant un effort d'extraction sur cet élément avec cet outil.

La plaque est également percée de deux orifices 37 prévus de part et d'autre de la dépression 20, à proximité de celle-ci, et disposés par exemple symétriquement par rapport à l'axe 32 de la dépression.

Ces orifices 37 de positionnement servent à recevoir respectivement deux pions 36 servant au positionnement d'un poinçon 33 de sertissage, qui sont solidaires d'une matrice 35 de sertissage.

Par référence aux figures 7 à 9 en particulier, pour fabriquer un dispositif 17 de détection de rayonnements comportant plusieurs détecteurs 28 de rayonnements solidaires d'un support comportant une plaque 18, on peut procéder de la façon suivante :

- on forme les dépressions 20, 20a, 20b réparties à la surface 23 de la plaque 18, ces dépressions pouvant être des lamages obtenus par enlèvement (fraisage) de la matière de la plaque;

- on dispose un détecteur 28 dans chaque dépression 20a, que l'on recouvre d'un élément 29 de maintien engagé dans la dépression 20b; et

- on solidarise les éléments 29 de maintien à la plaque par sertissage.

Par référence aux figures 7 et 8, on peut utiliser un outil de sertissage comportant un poinçon 33 et une matrice 35.

On dispose le poinçon en regard de la face 23 de la plaque 18 dans laquelle sont formées les dépressions, et on dispose la plaque 18 en appui sur la matrice 35 par sa face principale 24 opposée à la face 23, de telle sorte que les pions 36 de positionnement s'étendant à partir de la face de la matrice recevant la plaque, s'étendent à l'intérieur des orifices 37 de positionnement.

Le poinçon comporte deux cavités 33b de positionnement prévues pour recevoir les extrémités des pions 36 qui saillent sur la face 23 de la plaque.

Le poinçon 33 comporte en outre une saillie 33a de forme toroïdale, de section triangulaire, et de diamètre peu supérieur à celui de la partie supérieure 20b de la dépression 20.

En exerçant un effort sur le poinçon à l'aide d'une presse, selon la flèche 34 (figure 7), la saillie 33a pénètre dans la matière 180 de la plaque, en formant une rainure (repère 41 figure 9) entourant la dépression 20, 20b ; cette matière est repoussée vers (et/ou sur) la périphérie 39 de l'élément 29 de maintien engagé dans la dépression 20, 20b, et la paroi cylindrique 20c de la cavité 20 est déformée pour former une paroi 20d évasée vers la bas, qui emprisonne l'élément 29 dans la cavité 20, 20b.

La matière 180 de la plaque 18 s'étendant au voisinage de l'arête 181 correspondant à la jonction de la surface 23 de la plaque et de la surface cylindrique 20c délimitant la partie supérieure 20b de la dépression 20, peut ainsi recouvrir une partie au moins de la portion 39 périphérique externe des éléments de maintien.

Par référence aux figures 1 et 10 en particulier, pour obtenir une cartographie des rayonnements ionisants au voisinage d'un assemblage 13 de crayons 11 de combustible, on peut utiliser un dispositif de détection selon l'invention, et effectuer les opérations suivantes :

- insérer le dispositif de détection dans le cœur d'un réacteur, au voisinage d'un assemblage de crayons de combustible nucléaire, par un mouvement de translation verticale descendante, à l'aide d'un appareil de levage (non représenté) auquel est suspendu le dispositif de détection, jusqu'à une position déterminée ;

- après une durée déterminée d'exposition du dispositif de détection aux rayonnements, extraire le dispositif de détection du cœur du réacteur par un mouvement de translation verticale ascendante ;

- extraire les éléments 29 de maintien comme décrit ci avant et extraire les détecteurs 28 des dépressions 20 prévues dans la (ou les) plaque(s) du dispositif de détection; et

- analyser les détecteurs 28 du dispositif de détection pour déterminer des caractéristiques des rayonnements auxquels ont été exposés ces détecteurs.

Par exemple, pour un détecteur à activation constitué d'une lame d'or ou de cobalt, l'analyse du détecteur peut comporter la mesure du rayonnement gamma émis par le détecteur et résultant de son exposition à un flux de neutrons.

- 5 Pour un détecteur thermoluminescent, l'analyse (également appelée « lecture ») du détecteur peut comporter la mesure du rayonnement électromagnétique (infra rouge) émis lorsqu'il est réchauffé dans un four.

Revendications

1 – Dispositif (17) de détection de rayonnements dans un réacteur (10), caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs détecteurs (28) de rayonnements solidaires d'un support, le support comportant au moins une plaque (18, 18a, 18b) plane dont au moins une face (23, 24) comporte plusieurs dépressions (20, 20a, 20b) réparties sur ladite face (23, 24) de la plaque et agencées pour recevoir chacune un détecteur de rayonnements, le dispositif comportant des éléments (29) de maintien solidaires de la plaque, logés dans les dépressions (20, 20b), et servant à maintenir les détecteurs (28) de rayonnements dans les dépressions (20, 20a), la matière (180) de la plaque recouvrant une portion (39) périphérique de chaque élément (29) de maintien.

2 – Dispositif selon la revendication 1 dans lequel les dépressions (20, 20a, 20b) et les détecteurs (28) sont alignés selon au moins un axe (19, 21, 22) parallèle au plan (25a, 25b) de la plaque, en particulier alignés et régulièrement espacés le long d'axes orthogonaux.

3 – Dispositif selon la revendication 1 ou 2 dans lequel la matière (180) de la plaque recouvre une partie au moins du contour de l'élément de maintien qui est muni d'un chanfrein (290).

4 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans lequel chaque élément (29) de maintien recouvre un détecteur (28) et est serti dans une dépression (20, 20b) de la plaque, de préférence serti sur une partie seulement de son contour.

5 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel la plaque est percée d'orifices traversant la plaque dans une partie périphérique de chaque dépression et débouchant partiellement dans la dépression, de sorte qu'un élément de maintien engagé et serti dans la dépression, n'est pas recouvert par la matière de la plaque dans cette partie périphérique de la dépression et est serti sur une partie seulement de son contour.

6 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 dans lequel les éléments (29) de maintien sont en forme de plaquette, en particulier en forme de disque.

5 7 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 dans lequel la plaque (18, 18a, 18b) et les éléments (29) de maintien sont constitués d'un matériau sensiblement transparent aux rayonnements à détecter.

10 8 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 dans lequel les éléments (29) de maintien sont montés affleurant sur la face (23) de la plaque comportant les dépressions, ou s'étendent en retrait de cette face, à l'intérieur d'une dépression (20, 20b).

9 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 dans lequel les détecteurs (28) de rayonnement sont en forme de feuille.

15 10 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 dans lequel les détecteurs (28) de rayonnement sont en forme de fil.

20 11 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 qui comporte deux plaques (18a, 18b) dans chacune desquelles sont formées des dépressions (20) recevant des détecteurs (28) recouverts d'éléments (29) de maintien, les deux plaques étant parallèles et disposées en regard mutuel.

12 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 dans lequel les détecteurs (28) de rayonnements comportent des détecteurs à activation.

25 13 – Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 dans lequel les détecteurs (28) de rayonnements comportent des détecteurs thermoluminescents.

14 - Procédé de fabrication d'un dispositif (17) de détection de rayonnements selon l'une des revendications 1 à 13 dans lequel :

30 - on forme des dépressions (20, 20a, 20b) réparties à la surface (23, 24) de la plaque et agencées pour recevoir un détecteur (28) de rayonnements et un élément (29) de maintien ;

- on dispose un détecteur (28) dans chaque dépression que l'on recouvre par un élément (29) de maintien engagé dans la dépression et servant à maintenir le détecteur considéré dans la dépression le recevant ; et

- 5 - on solidarise les éléments (29) de maintien à la plaque par sertissage, en repoussant la matière (180) de la plaque entourant chaque dépression, pour emprisonner les éléments de maintien dans les dépressions.

10 15 - Procédé selon la revendication 14 dans lequel on utilise un poinçon (33) comportant une saillie (33a) servant à repousser la matière (180) de la plaque entourant une dépression, sur la périphérie (39) d'un élément de maintien engagé dans la dépression, pour sertir l'élément de maintien dans la dépression.

15 16 - Procédé de détection de rayonnements dans un réacteur (10) dans lequel on utilise un dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 et dans lequel :

- On insère le dispositif de détection dans le cœur du réacteur, au voisinage d'un assemblage (13) de crayons (11) de combustible nucléaire, jusqu'à une position déterminée ;
- 20 - Après une durée déterminée d'exposition du dispositif de détection aux rayonnements, on extrait le dispositif de détection du cœur du réacteur ;
- On extrait les éléments de maintien et les détecteurs des dépressions prévues dans la plaque du dispositif de détection;
- 25 et
- On analyse les détecteurs du dispositif de détection pour déterminer des caractéristiques des rayonnements auxquels ont été exposés ces détecteurs.

1/7

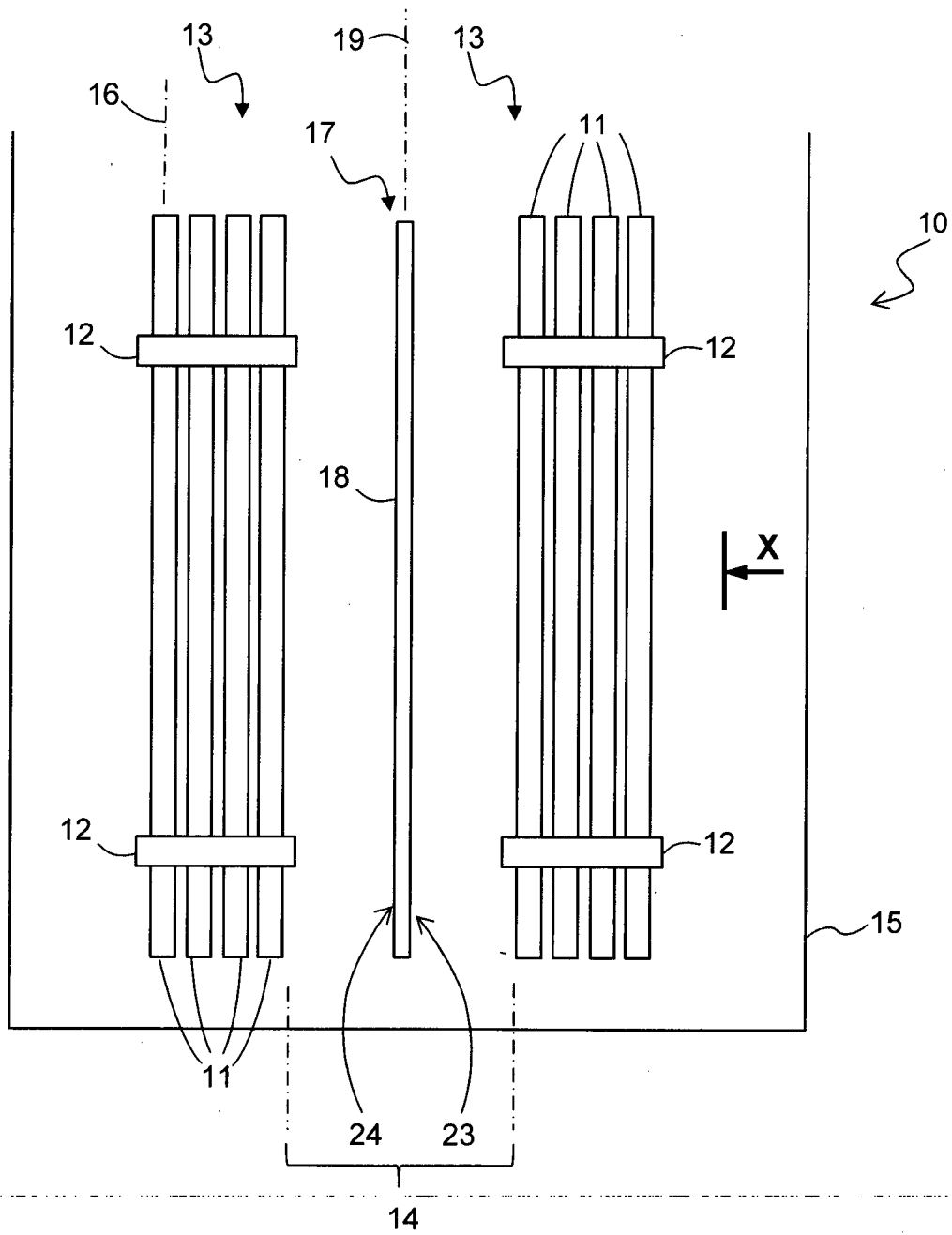


Fig.1

2/7

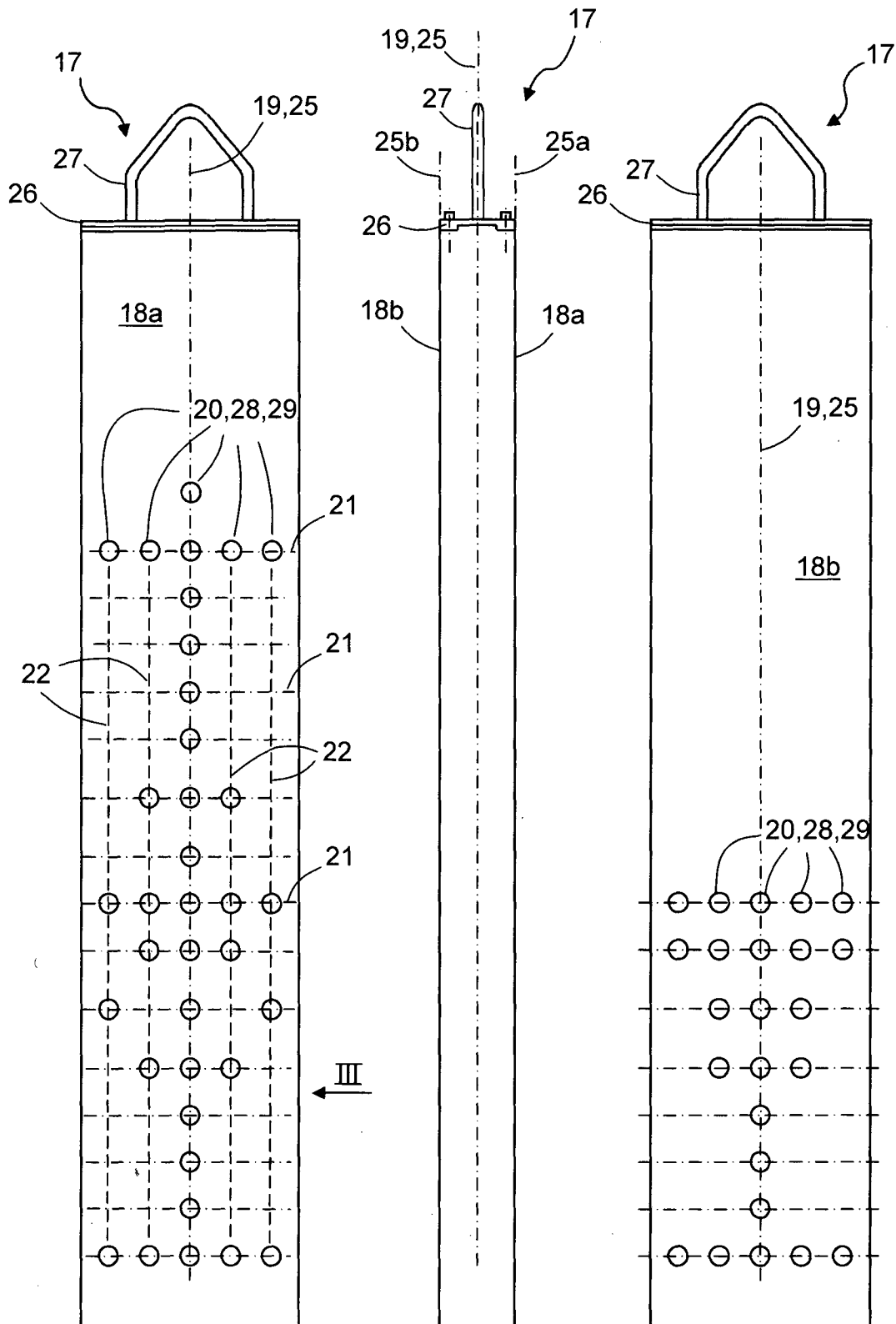


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

3/7

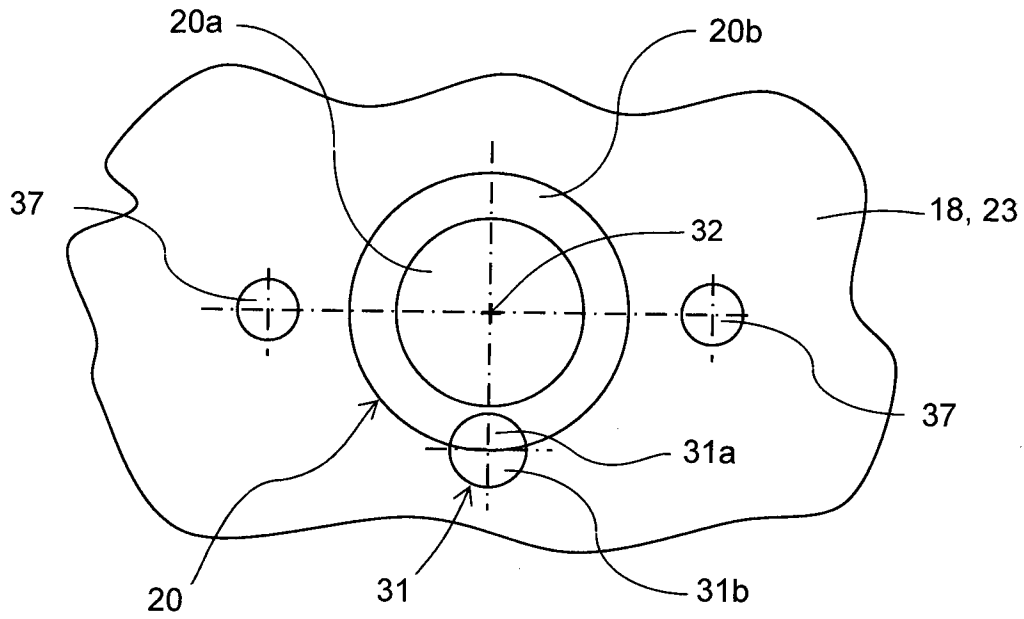


Fig. 5

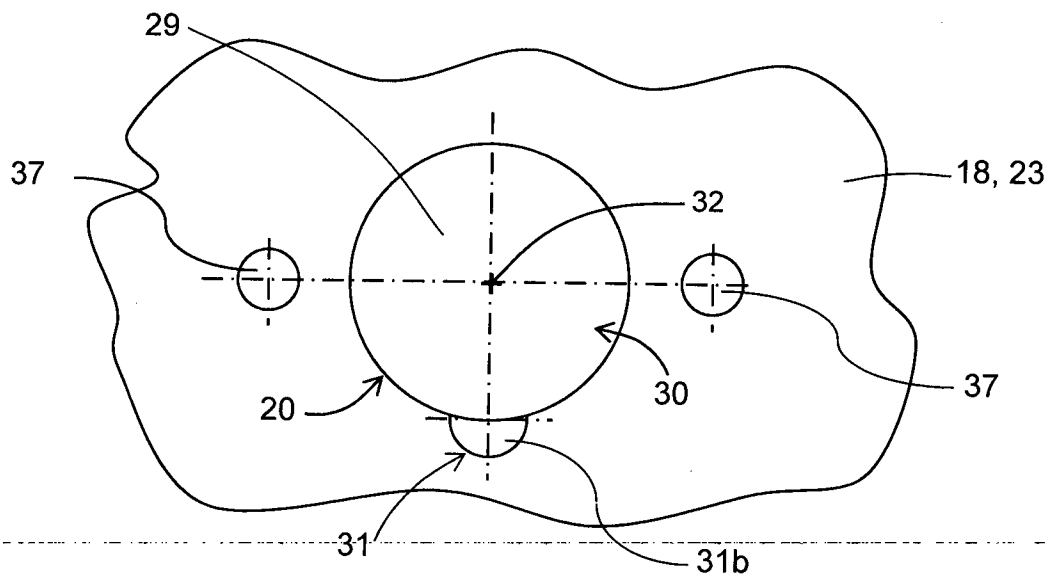


Fig. 6

4/7

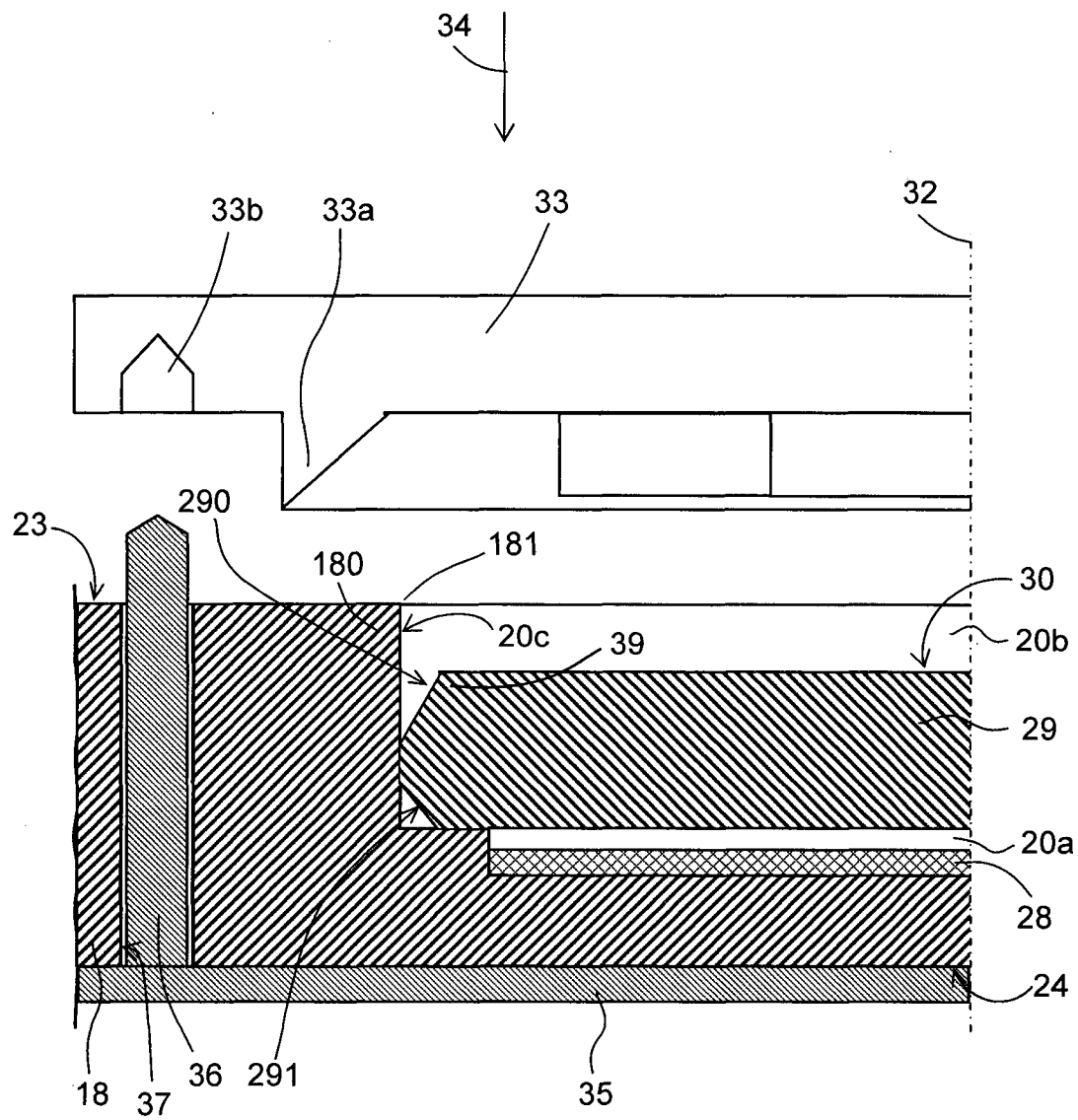


Fig.7

5/7

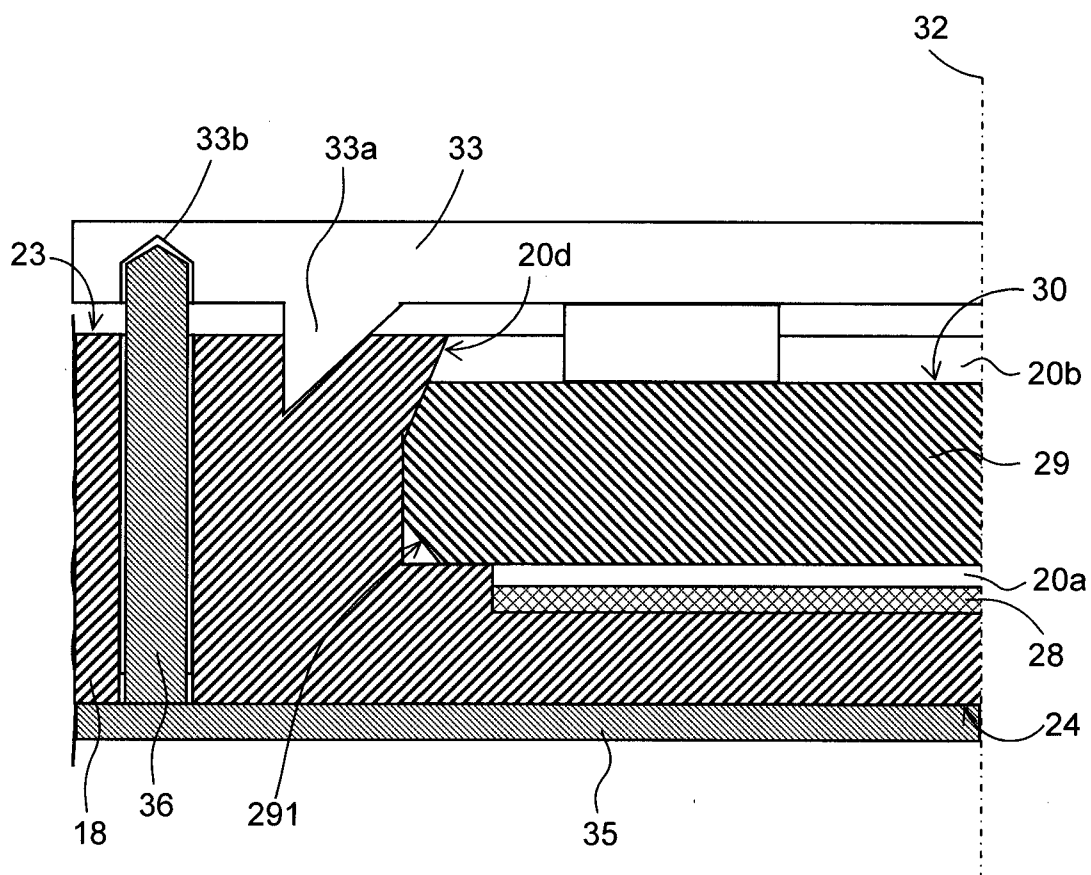


Fig.8

6/7

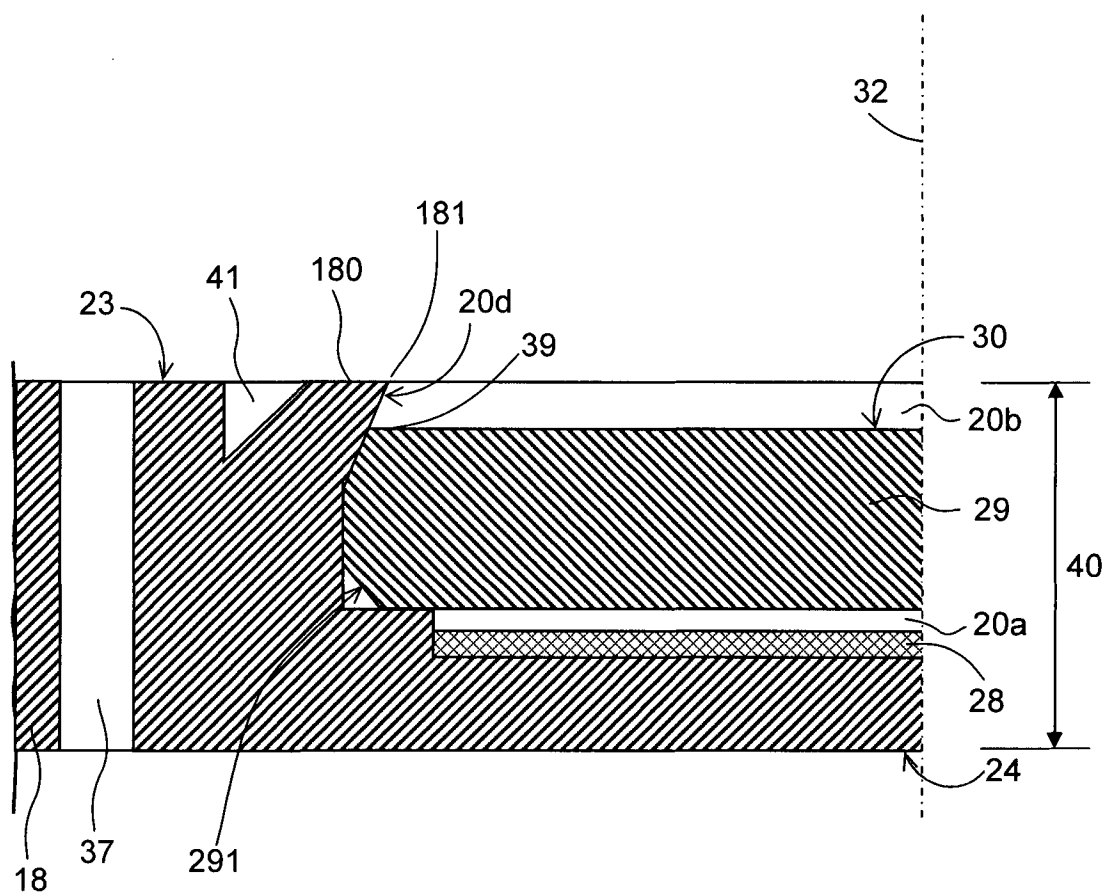


Fig.9

7/7

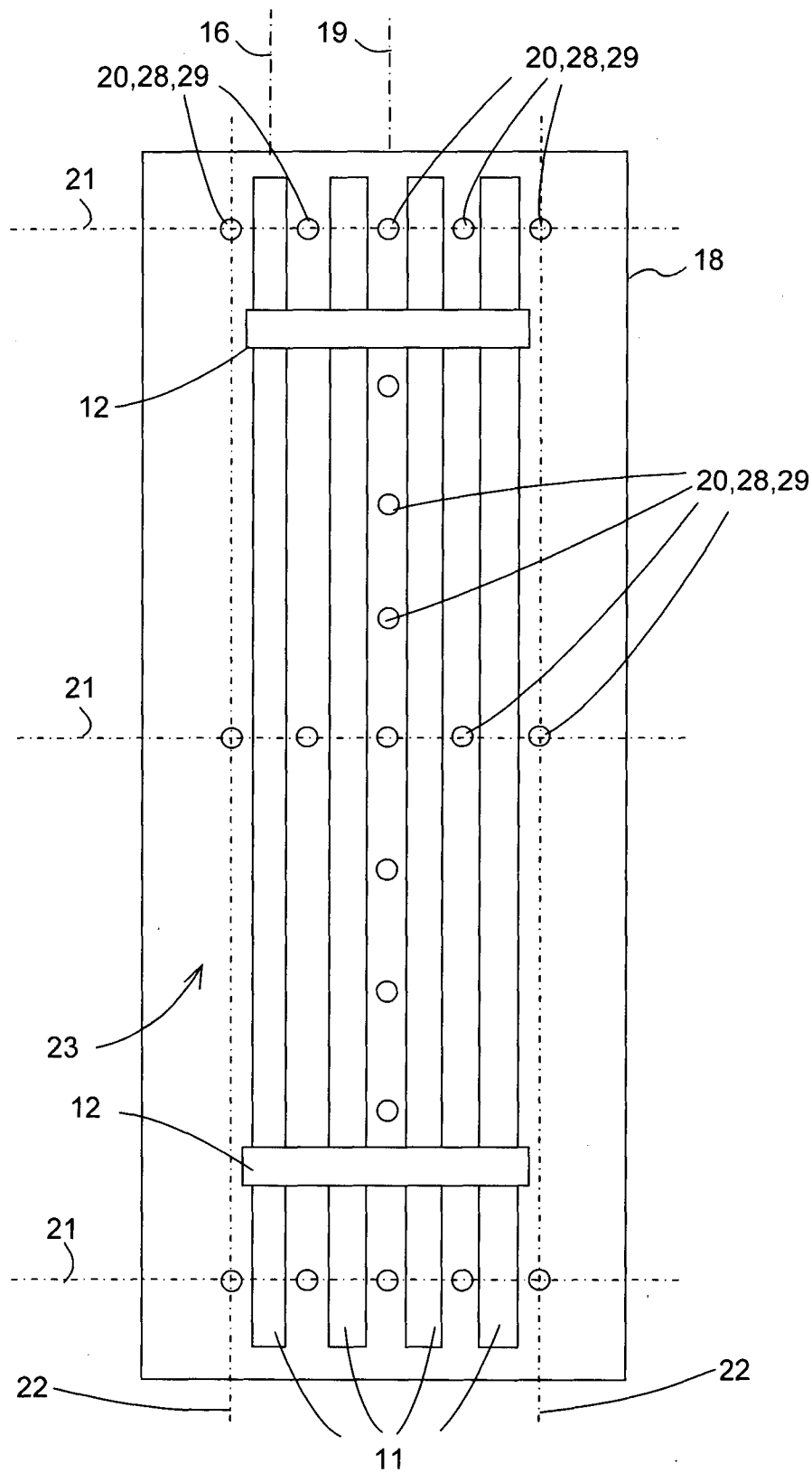


Fig.10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2014/000152

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. G21C17/108
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 G21C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 5 059235 B1 (PANASONIC CORP) 24 October 2012 (2012-10-24) fig. 1 - 4 et leur description -----	1-4,6-9, 11-14
X	JP 2003 215247 A (HITACHI LTD; HITACHI ENG CO LTD) 30 July 2003 (2003-07-30) abstract; figure 1 -----	1,10
A	GB 1 557 835 A (BRITISH NUCLEAR FUELS LTD) 12 December 1979 (1979-12-12) figure 1 -----	11
A	US 4 286 165 A (JONES DONALD E ET AL) 25 August 1981 (1981-08-25) figures 2, 3 -----	4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 October 2014

Date of mailing of the international search report

13/10/2014

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Angloher, Godehard

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2014/000152

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
JP 5059235	B1	24-10-2012	JP 5059235 B1	24-10-2012
			JP 2013181873 A	12-09-2013

JP 2003215247	A	30-07-2003	NONE	

GB 1557835	A	12-12-1979	NONE	

US 4286165	A	25-08-1981	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2014/000152

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G21C17/108
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G21C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	JP 5 059235 B1 (PANASONIC CORP) 24 octobre 2012 (2012-10-24) fig. 1 - 4 et leur description -----	1-4,6-9, 11-14
X	JP 2003 215247 A (HITACHI LTD; HITACHI ENG CO LTD) 30 juillet 2003 (2003-07-30) abrégé; figure 1 -----	1,10
A	GB 1 557 835 A (BRITISH NUCLEAR FUELS LTD) 12 décembre 1979 (1979-12-12) figure 1 -----	11
A	US 4 286 165 A (JONES DONALD E ET AL) 25 août 1981 (1981-08-25) figures 2, 3 -----	4



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

2 octobre 2014

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/10/2014

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Angloher, Godehard

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2014/000152

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 5059235 B1	24-10-2012	JP 5059235 B1 JP 2013181873 A	24-10-2012 12-09-2013
JP 2003215247 A	30-07-2003	AUCUN	
GB 1557835 A	12-12-1979	AUCUN	
US 4286165 A	25-08-1981	AUCUN	