

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
29.06.2011 Bulletin 2011/26

(51) Int Cl.:
H05H 7/02 (2006.01) *H05H 7/22 (2006.01)*
H05H 15/00 (2006.01) *H01J 37/30 (2006.01)*
H01J 25/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10195945.0**

(22) Date de dépôt: **20.12.2010**

(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
 Etats d'extension désignés:
BA ME

(72) Inventeur: **Brasile, Jean-Pierre**
92700 Colombes (FR)

(74) Mandataire: **Dudouit, Isabelle**
Marks & Clerk France
Immeuble Visium
22, avenue Aristide Briand
94117 Arcueil Cedex (FR)

(30) Priorité: **22.12.2009** **FR 0906261**

(71) Demandeur: **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(54) **Source compacte de génération de particules portant une charge**

(57) Dispositif compact pour générer des particules caractérisé en ce qu'il comporte au moins les éléments suivants sont disposés dans une enceinte mise sous vide grâce à un système de mise sous vide (2₁, 2₂) : une première partie accélérateur de particules comprenant un premier moyen (7) de génération des particules accélérées.

rées dans une partie accélérateur (9), ladite partie accélérateur de particules étant alimentée en puissance haute tension RF grâce à la puissance générée par une deuxième partie composée d'au moins un deuxième moyen de génération (8, 20, 21) de paquets de particules qui génère la puissance haute tension RF. Application à la génération d'électrons.

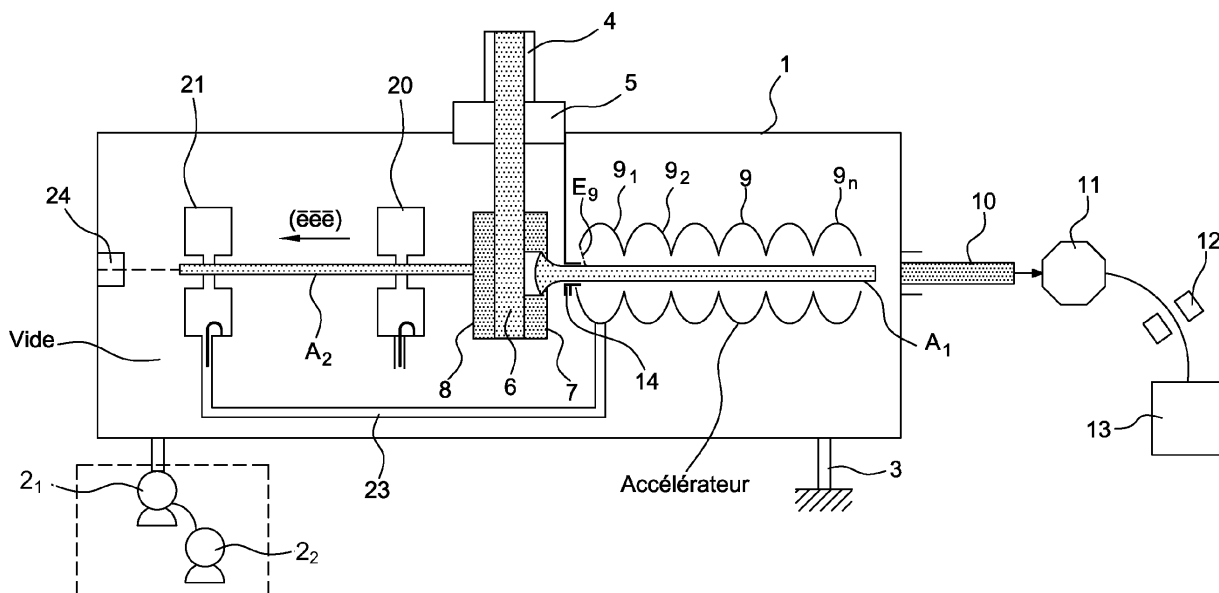


FIG.1

Description

[0001] L'objet de la présente invention concerne un dispositif et un procédé permettant de fournir une source d'électrons compacte.

[0002] Elle peut aussi être utilisée pour la production de particules portant une charge, telles que des ions, par exemple des ions H⁺.

[0003] Les accélérateurs linéaires de particules peuvent utiliser un champ électromagnétique accélérateur de type radiofréquence. Ces accélérateurs fonctionnent avec tout type de particules chargées mais ont en commun la nécessité de fournir à l'accélérateur de très fortes puissances radiofréquences provenant en général d'un tube électronique tel qu'un klystron ou un magnétron. Ce tube de puissance fonctionne en impulsif, alimenté par des impulsions rectangulaires de tension pouvant atteindre plusieurs centaines de kV. Le plat de l'impulsion est en effet nécessaire pour éviter une dérive en puissance du tube voire un changement de mode.

[0004] Divers dispositifs sont nécessaires entre le modulateur du tube et l'accélérateur linéaire pour effectuer une adaptation correcte :

- Le tube radiofréquence lui-même qui transforme l'impulsion de tension en puissance radiofréquence,
- La synchronisation des impulsions tube et accélérateur,
- La fenêtre de sortie du tube qui permet la transition entre le vide interne au tube et la sortie en général sous air ou du gaz SF₆,
- Les guides radiofréquence ou RF qui transportent la puissance vers l'accélérateur linéaire.

[0005] L'idée de la présente invention repose notamment sur l'intégration dans une enceinte commune et mise sous vide, d'une source radiofréquence et d'une partie accélérateur des particules, avec une alimentation impulsif commune entre la partie radiofréquence et la partie accélérateur pour fournir la puissance RF haute tension nécessaire à l'accélérateur.

[0006] L'invention concerne un dispositif compact pour générer des particules porteuses d'une charge telles que des électrons comportant au moins les éléments suivants disposés dans une enceinte unique mise sous vide grâce à un système de mise sous vide: une première partie accélérateur de particules chargées comprenant un premier moyen de génération des particules accélérées dans une partie accélérateur, ladite partie accélérateur de particules étant alimentée en puissance haute tension HF grâce à la puissance générée par une deuxième partie composée d'au moins un deuxième moyen de génération de paquets de particules qui génère la puissance HF différente de celle produite par la modulation de vitesse des particules, caractérisé en ce que ladite enceinte comporte au moins les éléments suivants :

- un support cathode recevant une première cathode

utilisée pour la partie accélérateur et une deuxième cathode faisant partie du tube générateur de puissance,

- pour la partie accélérateur du dispositif, une structure accélératrice comportant un ensemble de cavités disposées en série les unes aux autres, ladite structure accélératrice recevant une puissance RF de la partie tube produite par les électrons arrachés de la deuxième cathode passant dans une première cavité, qui produit une première modulation de vitesse, générant des paquets d'électrons qui vont interagir avec une deuxième cavité ou cavité d'extraction agissant comme un résonateur produisant la puissance HF qui va alimenter les cavités disposées en série via une liaison physique adaptée.

[0007] Une cathode peut être une cathode thermo-ionique alimentée par un fil thermique, ou encore une cathode à base de nanotubes

[0008] Le système de mise sous vide est, par exemple, composé d'une première pompe pour le vide primaire et d'une seconde pompe pour le vide secondaire, le vide produit étant commun pour les deux parties disposées dans l'enceinte.

[0009] Le dispositif selon l'invention est, par exemple, utilisé dans un système comportant un guide disposé en sortie de la structure des cavités permettant de diriger le faisceau produit sur un produit ou une partie à traiter et en ce qu'il comporte un module de déviation du faisceau des particules ainsi qu'un collecteur desdites particules.

[0010] Le dispositif peut aussi être utilisé pour la génération des ions H⁺, des protons.

[0011] D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé de l'unique figure 1 qui représente un exemple d'architecture de dispositif compact selon l'invention

[0012] La figure 1 décrit un exemple de source compacte d'électrons selon l'invention.

[0013] Le dispositif selon l'invention comporte une enceinte 1 en liaison avec un système de mise sous vide composé par exemple d'une première pompe 2₁ faisant le vide primaire et d'une deuxième pompe 2₂ pour le vide secondaire. L'enceinte 1 mise sous vide est reliée à la masse ou à la terre par un dispositif approprié 3. Un modulateur 4 qui fournit la haute tension au dispositif. Une partie isolante 5 réalise la séparation entre le modulateur 4 haute tension et la mise à la masse de l'enceinte. L'enceinte comporte aussi un dispositif de refroidissement avec contrôle de température non représenté pour des raisons de simplification.

[0014] Un support cathode 6 va recevoir une première cathode 7 utilisée pour la partie accélérateur et une deuxième cathode 8 faisant partie du tube.

[0015] Pour la partie accélérateur du dispositif, une structure accélératrice 9 est constituée, par exemple, d'un ensemble de cavités 9i disposées en série les unes

aux autres. D'autres dispositifs tels que espace de glissement, aimant de focalisation peuvent également être nécessaire au bon conditionnement des électrons pour qu'ils puissent être accélérés de façon optimale. Cette structure va recevoir une puissance RF afin de permettre l'accélération des électrons arrachés de la deuxième cathode 8. Les électrons se propagent selon un axe A_1 . En sortie de la structure accélératrice, un guide 10 permet d'amener le faisceau des électrons ainsi créé vers une cible ou un objet 11. Le faisceau d'électrons après interaction avec cet objet 11 est par exemple dévié par un moyen approprié 12 et collecté par un collecteur 13 ayant une structure connue de l'Homme du métier.

[0016] La RF haute tension fournie à la structure comme il est décrit ci-après va accélérer les électrons dans les cavités.

[0017] Un module 14 alimenté en haute tension est disposé entre la cathode 7 et l'entrée E_g de la cavité pour améliorer la qualité du faisceau. Ce module a notamment pour fonction d'éviter un éclatement du faisceau d'électrons produit par la cathode 7, il préaccélère les électrons avant que ces derniers ne pénètrent dans les cavités accélératrices. Le faisceau d'électrons est soumis à de forts gradients d'accélération au niveau du canon afin de l'amener à des énergies relativistes où les effets de charges d'espace sont atténués.

[0018] La partie du tube comprend une cathode 8 qui fournit les électrons qui vont passer, dans cet exemple de mise en oeuvre dans une première cavité 20, qui produit une première modulation de vitesse, la dispersion de vitesse des électrons se traduisant après l'espace de glissement par une augmentation de l'intensité du faisceau due à la mise en paquets des électrons. Ces paquets d'électrons se propagent selon un axe A_2 et vont interagir avec une (ou plusieurs) cavité d'extraction 21, dont la (ou les positions) sont optimisé pour une extraction maximale de puissance, la cavité agissant comme un résonateur excité par les paquets successifs d'électrons q. La cavité 21 va donc osciller au rythme du passage des paquets d'électrons. La cavité mise en résonance produit la puissance HF qui s'accroît au fur et à mesure, en prélevant l'énergie aux paquets d'électrons. Cette puissance HF est en phase avec l'oscillation créée au départ. Une partie de cette puissance HF va alimenter les cavités disposées en série via une liaison physique adaptée 23. La puissance du faisceau d'électrons, non utilisée au cours de l'interaction peut être recueillie par un dispositif de collecte 24. Un tel dispositif peut le cas échéant utiliser la technique des collecteurs dépressés c'est-à-dire un collecteur réalisé en plusieurs tronçons portés à des tensions différentes pour améliorer le rendement de l'ensemble.

[0019] Sans sortir du cadre de l'invention, d'autres variantes de mise en oeuvre du dispositif peuvent être réalisées.

[0020] Un exemple d'implémentation peut être d'utiliser une structure de type klystron pour le tube radiofréquence intégré. Le principe du klystron est de transfor-

mer une modulation de vitesse du faisceau d'électrons obtenu par une cavité de modulation en une modulation d'intensité qui permet la mise en résonance de la cavité d'extraction à travers un espace de glissement qui peut être dans certains cas long pour les très fortes tensions car les électrons rapides mettent plus longtemps pour rattraper les électrons de plus faibles vitesses, l'écart de vitesse devenant faible pour des électrons fortement énergétiques.

[0021] La production de la puissance HF peut être obtenue par d'autres moyens que la modulation de vitesse des électrons proposée en fonctionnement nominal du dispositif.

[0022] Il est possible alors de réaliser une modulation directe d'intensité temps pour la partie source et pour la partie accélérateur en utilisant un principe de modulation directe connue d'un Homme du métier et décrit par exemple dans le brevet US 5 506 473.

[0023] Ainsi, au lieu d'utiliser une modulation en vitesse des électrons produite par la présence des cavités 21, 22 il est aussi possible d'utiliser la modulation d'intensité des électrons.

[0024] Les cavités peuvent être remplacées par un battement f , $3f$ pour obtenir directement les paquets d'électrons pour la source RF, une postaccélération continue par application d'un champ continu DC des paquets groupés suffisant avant l'extraction.

[0025] Les première et deuxième cathodes 7, 8 peuvent être constituées d'une cathode thermo-ionique activée par un filament thermique.

[0026] Les cathodes 7, 8 peuvent aussi être des cathodes à base de nanotubes qui présentent notamment comme avantage d'être très compactes et de fournir des densités de courant importantes.

[0027] Les différents éléments constituant l'invention sont connectés via des moyens appropriés pour les technologies sous vide. Ainsi, la mise en place des éléments pourra faire appel à des brides adaptées et des vannes permettant la déconnection de tronçons afin de simplifier la maintenance par exemple.

[0028] La transition haute tension apte à assurer la transition air/vide et à conserver un bon isolement en impulsionnel à plusieurs centaines de kV devient aussi commune pour le tube radio fréquence et pour l'accélérateur.

[0029] L'invention décrite précédemment peut s'appliquer de manière générale pour la génération de particules chargées ou portant une charge.

[0030] Les protons sont par exemple générés à partir d'un dispositif basé sur le plasma, tel qu'un magnétron.

[0031] Les ions H^+ peuvent être générés avec un magnétron consistant en une cathode centrale cylindrique entourée par une anode. La tension de décharge est généralement supérieure à 150V et le courant de drain de l'ordre de 40 A. Un champ magnétique de l'ordre de 0.2 tesla est parallèle à l'axe de la cathode. Le gaz hydrogène utilisé est introduit par une valve pulsée.

[0032] Le dispositif selon l'invention offre un accéléra-

teur de particules compact dans lequel l'alimentation impulsionnelle est commune entre la partie tube radiofréquence intégré à l'accélérateur linéaire pour fournir la puissance RF et le canon de l'accélérateur puisque toutes les deux nécessitent des tensions de plusieurs centaines de kV pour fonctionner avec les meilleures performances.

[0033] Le dispositif selon l'invention présente notamment comme avantage de ne pas utiliser de fenêtre de sortie habituellement employée lorsque le tube et la partie accélétratrice sont disjoints. Dans la présente invention, le vide est commun pour le tube radiofréquence intégré et l'accélérateur de particules. Il en est de même des circuits de refroidissement et le cas échéant des structures de focalisation qui peuvent être également communes. Le fait d'utiliser des technologies de mise sous vide des accélérateurs (emploi de brides pour connecter les diverses parties du système au lieu des technologies scellées des tubes classiques) permet une meilleure facilité d'évolution et une meilleure maintenabilité.

[0034] La simplification de l'architecture va dans le sens de la réduction des coûts et vers une meilleure compacité de l'ensemble.

[0035] Les structures de cavités RF étant naturellement accordées à la même fréquence, en supposant des structures du même type pour les deux fonctions (tube et accélérateur) et un même circuit de refroidissement, les dérives en température et donc en fréquence, sont sensiblement identiques. Ceci permet de maintenir un bon fonctionnement de l'ensemble sans nécessiter un contrôle trop précis de la température.

Revendications

1. Dispositif compact pour générer des particules porteuses d'une charge telles que des électrons comportant au moins les éléments suivants disposés dans une enceinte unique (1) mise sous vide grâce à un système de mise sous vide (2) : une première partie accélérateur de particules chargées comprenant un premier moyen (7) de génération des particules accélérées dans une partie accélérateur (9), ladite partie accélérateur de particules étant alimentée (23) en puissance haute tension HF grâce à la puissance générée par une deuxième partie composée d'au moins un deuxième moyen de génération (8, 20, 21) de paquets de particules qui génère la puissance HF différente de celle produite par la modulation de vitesse des particules, et **caractérisé en ce que** ladite enceinte (1) comporte au moins les éléments suivants :

- un support cathode (6) recevant une première cathode (7) utilisée pour la partie accélérateur et une deuxième cathode (8) faisant partie du tube générateur de puissance,

- pour la partie accélérateur du dispositif, une structure accélétratrice (9) comportant un ensemble de cavités (9₁, 9₂, ...) disposées en série les unes aux autres, ladite structure accélétratrice (9) recevant une puissance RF de la partie tube produite par les électrons arrachés de la cathode (8) passant dans une première cavité 20, qui produit une première modulation de vitesse, générant des paquets d'électrons qui vont interagir avec une deuxième cavité ou cavité d'extraction (21) agissant comme un résonateur produisant la puissance HF qui va alimenter les cavités disposées en série via une liaison physique adaptée (23).

2. Dispositif selon la revendication 1 **caractérisé en ce qu'une** cathode (7, 8) est une cathode thermionique alimentée par un filament thermique.
3. Dispositif selon la revendication 1 **caractérisé en ce qu'une** cathode (7, 8) est à base de nanotubes.
4. Dispositif selon la revendication 1 **caractérisé en ce que** le système de mise sous vide est composé d'une première pompe (2₁) pour le vide primaire et d'une seconde pompe (2₂) pour le vide secondaire, le vide produit étant commun pour les deux parties disposées dans l'enceinte.
5. Utilisation du dispositif selon la revendication 1 pour la génération et l'accélération des ions H⁺, des protons.

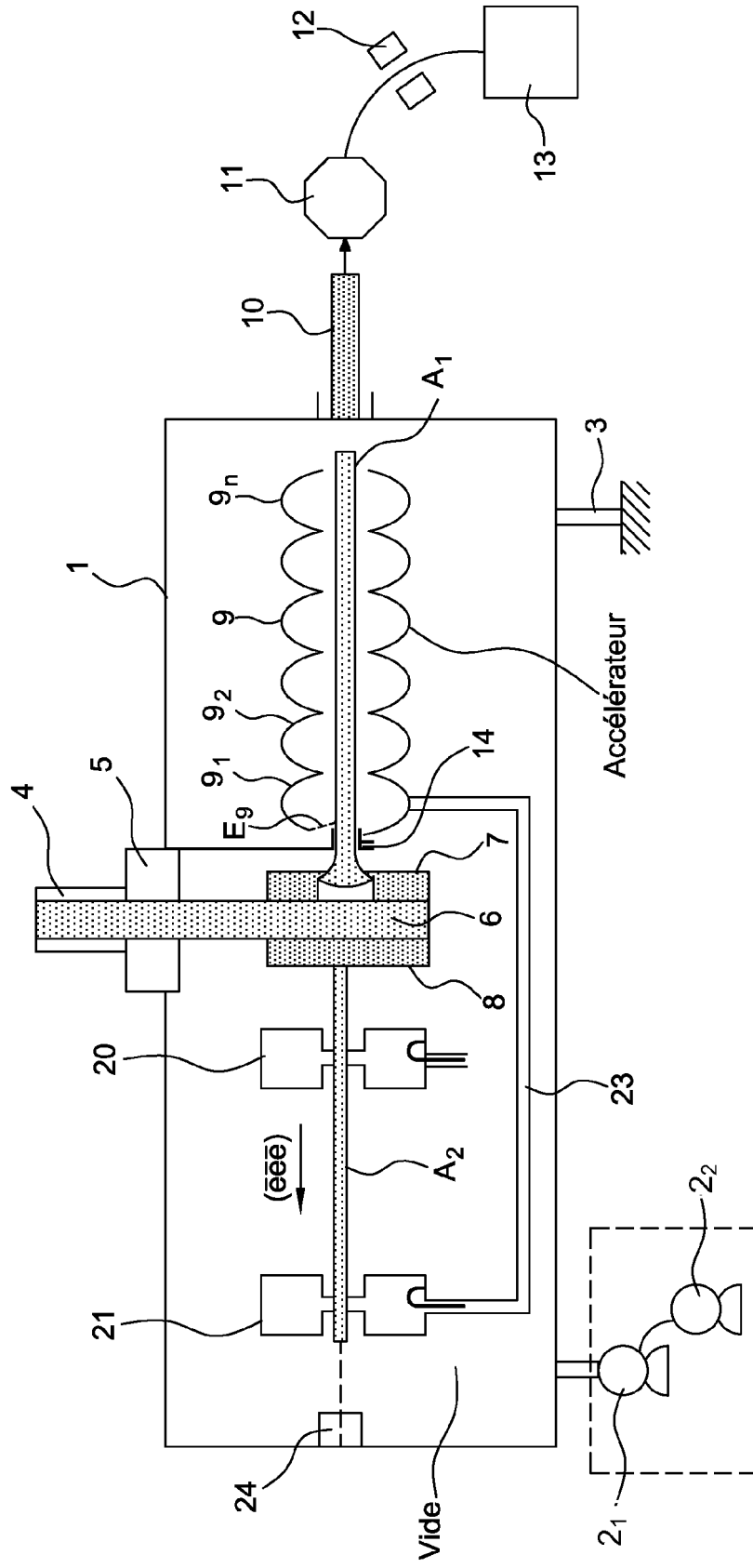


FIG.1



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 10 19 5945

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 4 027 193 A (SCHRIBER STANLEY O) 31 mai 1977 (1977-05-31)	1	INV. H05H7/02 H05H7/22 H05H15/00 H01J37/30 H01J25/10
Y	* le document en entier *	2-5	
Y	US 2008/224064 A1 (MORITA HIROSHI [JP] ET AL) 18 septembre 2008 (2008-09-18) * alinéa [0034] *	2,3	
Y	US 4 956 219 A (LEGRAS ROGER [BE] ET AL) 11 septembre 1990 (1990-09-11) * le document en entier *	4	
Y	US 6 809 325 B2 (DAHL LUDWIG [DE] ET AL) 26 octobre 2004 (2004-10-26) * colonne 5, ligne 19 - ligne 37 *	5	
A	US 6 465 957 B1 (WHITHAM KENNETH [US] ET AL) 15 octobre 2002 (2002-10-15) * colonne 3, ligne 30 - ligne 39 * * figure 3 *	1	
A	US 4 118 653 A (VAGUINE VICTOR ALEKSEY) 3 octobre 1978 (1978-10-03) * colonne 3, ligne 51 - ligne 62 * * figure 3 *	2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	US 2009/284126 A1 (PROTZ JONATHAN MICHAEL [US] ET AL) 19 novembre 2009 (2009-11-19) * alinéa [0016] * * alinéa [0039] *	2,3	H05H H01J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		28 mars 2011	Capostagno, Eros
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 10 19 5945

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

28-03-2011

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4027193	A	31-05-1977	AUCUN	
US 2008224064	A1	18-09-2008	JP 2008226683 A	25-09-2008
US 4956219	A	11-09-1990	CA 1288875 C	10-09-1991
			EP 0262187 A1	06-04-1988
			FR 2597391 A1	23-10-1987
			WO 8705850 A1	08-10-1987
			JP 2518881 B2	31-07-1996
			JP 1500577 T	01-03-1989
US 6809325	B2	26-10-2004	AT 358878 T	15-04-2007
			AT 392797 T	15-05-2008
			DE 60219283 T2	03-01-2008
			DE 60226124 T2	28-05-2009
			WO 02063933 A1	15-08-2002
			WO 02063637 A1	15-08-2002
			ES 2301631 T3	01-07-2008
			JP 2004525486 T	19-08-2004
			JP 3995089 B2	24-10-2007
			JP 2004523068 T	29-07-2004
			US 2004084634 A1	06-05-2004
			US 2004069958 A1	15-04-2004
US 6465957	B1	15-10-2002	AUCUN	
US 4118653	A	03-10-1978	DE 2757079 A1	29-06-1978
			FR 2375795 A1	21-07-1978
			GB 1562162 A	05-03-1980
			JP 1332367 C	14-08-1986
			JP 53085297 A	27-07-1978
			JP 61000720 B	10-01-1986
US 2009284126	A1	19-11-2009	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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 5506473 A [0022]