



(11) **EP 2 339 591 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

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

(51) Int Cl.:
G21K 5/04 ^(2006.01) **G21K 1/06** ^(2006.01)
G01N 23/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10196488.0**

(22) Date de dépôt: **22.12.2010**

(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**
92704 Colombes Cedex (FR)

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

(30) Priorité: **23.12.2009 FR 0906270**

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

(54) **Système émetteur directif de rayons x pour exercer une action sur une cible distante**

(57) La présente invention concerne un système émetteur directif de rayons X pour exercer une action sur une cible distante, le système émetteur (100) comprenant une source (101) d'électrons d'au moins 1 MeV, ladite source étant employée pour réaliser une source (102) de rayons X orientable, un dispositif de conditionnement (103) étant placé en sortie de ladite source (102)

de rayons X pour former un faisceau directif de rayons X, l'énergie des photons étant choisie, en fonction de la distance de l'émetteur à la cible, pour maximiser le couplage entre les rayons X émis et les matériaux constituant la cible. L'invention s'applique notamment à la perturbation ou la destruction d'appareils et à la détection d'explosifs à distance

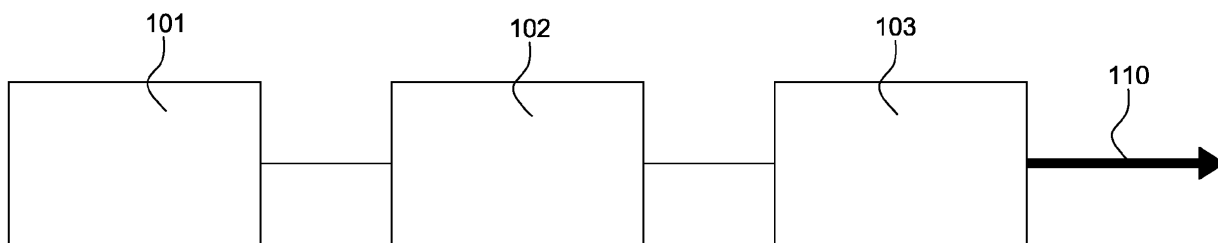


FIG.1

Description

[0001] La présente invention concerne un système émetteur directif de rayons X pour exercer une action sur une cible distante du système émetteur. Elle s'applique notamment à la perturbation ou la destruction d'appareils et à la détection d'explosifs à distance.

[0002] Il est possible de perturber une cible distante par l'émission d'un rayonnement hyperfréquence. Cependant, cette technique comporte plusieurs inconvénients. La propagation de l'énergie est gênée par la divergence du faisceau émis et par l'absorption atmosphérique. De plus, le cône d'émission englobe généralement largement la cible, ce qui rend critique le risque d'effets collatéraux. Enfin, lorsque la nature de la cible est inconnue, il est difficile de connaître l'efficacité du couplage produit par l'émission du rayonnement.

[0003] Il est également connu l'emploi d'armes laser. Ce type d'arme ne présente pas le problème précité de divergence de faisceau mais l'absorption atmosphérique et la défocalisation thermique rendent difficile le maintien du pointage de l'arme sur un même point pendant une période prolongée. Or, ces conditions sont nécessaires pour obtenir un effet thermique suffisamment important susceptible d'occasionner des dommages à la cible.

[0004] La réalisation d'une arme basée sur l'emploi de rayons X se heurte à plusieurs difficultés. Pour que l'émission de rayons X aboutisse à l'obtention d'un effet physique sur une cible distante de l'émetteur, il faut que l'énergie absorbée par ladite cible soit suffisamment élevée. Autrement dit, d'une part, l'énergie arrivant jusqu'à la cible doit être maximale, d'autre part, l'énergie absorbée par la cible doit être également maximale.

[0005] Or, il est connu que lorsque un rayonnement X dépasse une certaine énergie, l'énergie arrivant jusqu'à la cible est importante, mais le rayonnement interagit peu avec un objet, une portion importante du rayonnement traversant le matériau de la cible sans couplage avec celui-ci. De manière duale, un rayonnement X peu énergétique interagit davantage avec la cible mais subit une plus forte atténuation atmosphérique. A titre d'illustration, seulement 20% d'un rayonnement de 50 keV est reçu sur une cible distante de 10 km, du fait des pertes de transmission dans l'atmosphère. Ensuite, 50% de l'énergie résiduelle de ce même rayonnement est absorbée par une cible d'un mm d'épaisseur en silicium. Ainsi, que l'on opte pour une énergie élevée ou faible des rayons X, l'énergie absorbée par la cible demeure relativement faible et ne permet pas d'obtenir un effet physique tangible sur la cible.

[0006] Un but de l'invention est de proposer un système émetteur de rayons X permettant d'obtenir un bilan de liaison satisfaisant avec une cible soumise aux dits rayons. A cet effet, l'invention a pour objet un système émetteur de rayons X à pointer sur une cible distante, caractérisé en ce qu'il comprend une source d'électrons d'au moins 1 MeV, ladite source étant employée pour réaliser une source orientable de rayons X, un dispositif

de conditionnement étant placé en sortie de ladite source de rayons X pour former un faisceau directif de rayons X, l'énergie des photons étant choisie, en fonction de la distance de l'émetteur à la cible, pour maximiser le couplage entre les rayons X émis et les matériaux constituant la cible.

[0007] Avantagusement, la source (102) de rayons X est configurée pour émettre des photons dont l'énergie est comprise entre 20 keV et 70 keV. Pour une énergie de photons comprise dans cette gamme de valeurs, une dose de radiation de 10 rad peut être atteinte pour une cible distante de quelques kilomètres.

[0008] Selon un mode de réalisation du système selon l'invention, la source d'électrons est un dispositif compact 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.

[0009] Selon un mode de réalisation du système selon l'invention, la source de rayons X est un dispositif compact de génération de rayons X par diffusion comportant un moyen de production d'un faisceau d'électrons, ledit dispositif comportant un réseau de fils disposé dans un cône de diffusion utile, afin que les électrons du faisceau rencontre au moins un des fils du réseau filaire et produisent après interaction avec la matière un rayonnement X.

[0010] L'invention a également pour objet un procédé d'échantillonnage d'une cible distante employant un système émetteur tel que décrit plus haut, le procédé comprenant des étapes de pointages successifs du système émetteur à différents endroits de la cible distante. Ce procédé peut notamment être utilisé lorsque la surface potentiellement exposée de la cible est largement plus grande que la surface du faisceau d'éclairement du système émetteur.

[0011] L'invention a également pour objet un procédé de détection d'explosifs à distance, comprenant les étapes du procédé d'échantillonnage tel que décrit plus haut et des étapes de mesure des signaux rétrodiffusés par la cible après chaque pointage du système émetteur.

[0012] L'intensité et la directivité du flux produit par le système émetteur permettent d'obtenir un bilan de liaison suffisant pour perturber, altérer, voire détruire une cible à distance. La brillance spectrale des photons est choisie pour optimiser l'effet de couplage des rayons X avec la cible.

[0013] Un avantage du système selon l'invention est qu'il permet d'obtenir un effet localisé, donc avec un risque diminué de perturbations collatérales. Un autre

avantage du système selon l'invention est qu'il permet avec un nombre limité d'informations sur la cible, notamment sur le type de matériaux et l'épaisseur des matériaux, une pénétration et un couplage avec les parties sensibles de la cible, comme les parties formées d'électronique (microprocesseurs, mémoires, ...), même intégrée dans un boîtier. En effet, les mécanismes d'interaction du rayonnement X avec les matériaux sont suffisamment connus pour estimer sans connaissance précise de la cible la dose de rayonnement qui va être absorbée. De plus, la technologie électronique actuelle emploie essentiellement des substrats en silicium, pour lequel il est facile de calculer l'énergie déposée en fonction de l'énergie et du flux des photons X quantifiable.

[0014] Par ailleurs, la compacité du système permet d'orienter le faisceau et d'envisager des balayages d'une cible de grande dimension.

[0015] D'autres caractéristiques apparaîtront à la lecture de la description détaillée donnée à titre d'exemple et non limitative qui suit faite en regard de dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, un diagramme illustrant un mode de réalisation du système selon l'invention ;
- la figure 2, un exemple de source compacte d'électrons de haute énergie ;
- la figure 3, un exemple de source de rayons X utilisant une source compacte d'électrons telle que celle décrite en figure 2,
- la figure 4, plusieurs exemples de dispositif de conditionnement pouvant être placés en sortie de la source de rayons X ;
- la figure 5, une courbe illustrant les effets des rayonnements sur un objet distant de 2km en fonction de l'énergie des photons émis sur cet objet.

[0016] La figure 1 est un diagramme illustrant un mode de réalisation du système selon l'invention. Le système 100 selon l'invention comprend une source compacte 101 d'électrons utilisée de manière à produire une source 102 de rayons X de forte brillance, et un dispositif de conditionnement 103 placé en sortie de la source 102 de rayons X pour produire un faisceau 110 continu, dans l'exemple, et directif de rayons X.

[0017] La figure 2 illustre un exemple de source compacte d'électrons de haute énergie. La source compacte comporte une enceinte 201 en liaison avec un système de mise sous vide composé par exemple d'une première pompe 202₁ faisant le vide primaire et d'une deuxième pompe 202₂ pour le vide secondaire. L'enceinte 201 mise sous vide est reliée à la masse ou à la terre par un dispositif 203. Un modulateur 204 qui fournit la haute tension au dispositif. Une partie isolante 205 réalise la séparation entre le modulateur 204 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.

[0018] Un support cathode 206 va recevoir une pre-

mière cathode 207 utilisée pour la partie accélérateur et une deuxième cathode 8 faisant partie du tube.

[0019] Pour la partie accélérateur du dispositif, une structure accélératrice 209 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 cathode 208. Les électrons se propagent selon un axe A1. En sortie de la structure accélératrice, un guide 210 permet d'amener le faisceau des électrons ainsi créé vers une cible ou un objet 211. Le faisceau d'électrons après interaction avec cet objet 211 est par exemple dévié par un moyen approprié 212 et collecté par un collecteur 213 ayant une structure connue de l'Homme du métier.

[0020] La RF haute tension fournie à la structure comme il est décrit ci-après va accélérer les électrons dans les cavités.

[0021] Un module 214 alimenté en haute tension est disposé entre la cathode 207 et l'entrée E9 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 207, il pré accélère 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.

[0022] La partie du tube comprend une cathode 208 qui fournit les électrons qui vont passer, dans cet exemple de mise en oeuvre dans une première cavité 220, 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 A2 et vont interagir avec une (ou plusieurs) cavité d'extraction 221, dont la (ou les positions) sont optimisées pour une extraction maximale de puissance, la cavité agissant comme un résonateur excité par les paquets successifs d'électrons q. La cavité 221 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 223. La puissance du faisceau d'électrons, non utilisée au cours de l'interaction peut être recueillie par un dispositif de collecte 224. 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.

[0023] La figure 3 est un exemple de source compacte

de rayons X utilisant, par exemple, une source compacte d'électrons telle que celle montrée en figure 2.

[0024] Une première partie I est constituée d'un canon à électrons (par exemple une source telle que présentée en figure 2) qui produit le faisceau d'électrons qui va être focalisé dans un dispositif de focalisation, partie II, le faisceau focalisé étant ensuite transmis vers la troisième partie III qui est composée d'un ensemble de fils 310i disposés selon un agencement qui est fonction de l'application envisagée, et dans un cône de demi-angle $1/\gamma$. Le dispositif de focalisation utilisé doit vérifier des critères de qualité pour avoir initialement un faisceau d'électron peu éclaté.

[0025] Sur cette figure est schématisé un cône où l'énergie des électrons peut encore être utile, au-delà duquel on tombe dans une zone où les électrons qui pourraient être récupérés ne présentent pas suffisamment d'intérêt.

[0026] A partir d'un faisceau d'électron de bonne émittance ε et de forte énergie (γ), focalisé sur une zone de $(\beta\varepsilon/\gamma)^{0.5}$ où β représente la contribution des éléments de focalisation magnétique, sous un angle $(\varepsilon/\beta\gamma)^{0.5}$ pour $\beta=0.1$, $\gamma=10$ (énergie de 5 MeV), $\varepsilon=10^{-6}$ m*rad, on obtient 100 μ m et 1 mrad. Les paramètres du faisceau d'électrons doivent être optimisés en prenant en compte :

- La contrainte de focalisation sur une faible surface (représenté typiquement par la taille du fil situé au sommet du cône de diffusion utile)
- La contrainte de maintenir le faisceau d'électrons suivant sensiblement l'axe du cône de diffusion utile.

[0027] Le compromis doit prendre en compte :

- les capacités de focalisation du faisceau représenté par le paramètre β représente la contribution des éléments de focalisation magnétique
- la qualité intrinsèque du faisceau d'électrons représentée par l'émittance normalisée ε
- L'énergie des électrons représenté par le facteur relativiste γ

[0028] En pratique la focalisation sur une zone Z de taille $(\beta\varepsilon/\gamma)^{0.5}$ correspond à un faisceau d'électrons dispersé suivant un angle de $(\varepsilon/\beta\gamma)^{0.5}$. Ces formules montrent l'intérêt de disposer d'un faisceau de forte énergie et de bonne émittance normalisée puisque la focalisation et la directivité du faisceau s'améliore lorsque γ augmente et ε diminue. Ainsi pour $\beta=0.1$ m, $\gamma=10$ (énergie de 5 MeV), $\varepsilon=10^{-6}$ m*rad, on obtient respectivement 100 μ m et 1 mrad. Cet angle d'arrivée des électrons sur le cône de diffusion utile est bien inférieur à l'angle de diffusion caractéristique du rayonnement de freinage (qui est typiquement $1/\gamma$, soit 100mrad).

[0029] Ces valeurs sont données à titre d'exemple et doivent être adaptés en fonction des caractéristiques souhaitées pour le rayonnement X.

[0030] Selon un mode de réalisation, les rayons X pro-

duits par l'interaction entre les électrons et les fils peuvent ensuite être captés dans un angle solide rattrapable par une optique de type capillaire.

[0031] D'autres moyens pour réaliser la source 102 de photons X peuvent être employés, notamment en utilisant une source de type MIRRORCLE ou une source X par effet Compton inverse. La source 102 de rayons X peut être obtenue par effet Compton inverse à partir d'une source 101 compacte d'électrons, par exemple, celle de la figure 2. Un système Compton inverse peut, par exemple, produire un rayonnement X dur dans un angle solide de 4 mrad. Un avantage de la technique de génération par Compton inverse est de produire le rayonnement X à l'aide d'une interaction dans le vide donc sans échauffement du milieu, ce qui permet d'atteindre des flux importants. Par ailleurs, il est possible de modifier l'énergie des électrons afin d'avoir une source de rayons X accordable en énergie.

[0032] La figure 4 montre plusieurs exemples de dispositif de conditionnement pouvant être placés en sortie de la source de rayons X. Le dispositif de conditionnement permet de rendre les rayons X parallèles ou sensiblement parallèles, de manière à éviter la perte de flux par divergence des rayons et éclairer la cible par un faisceau de faible section.

[0033] Le dispositif de conditionnement est, par exemple, un concentrateur par optique capillaire 401 ou une optique focalisante de type Kirkpatrick-Baez 402, une lentille de réfraction 403, une zone plate de Fresnel 404, une lentille de Bragg-Fresnel 405, un guide d'onde 406 pour rayons X ou un sténopé 407.

[0034] Ce dispositif de conditionnement doit être configuré pour que l'énergie émise par la source 102 de rayons X soit localisée sur une petite surface de la cible, par exemple de l'ordre de 0,1 m², voire une très petite surface, par exemple de l'ordre d'un cm².

[0035] Le brevet américain référencé sous le numéro de publication US5914998 décrit en particulier une façon de générer des microfaisceaux de rayons X de une seconde de divergence à partir d'une source ayant une divergence de 4 mrad.

[0036] La figure 5 montre une courbe illustrant les effets des rayonnements sur un objet distant de 2 km en fonction de l'énergie des photons émis sur cet objet. La courbe 201 montre l'existence d'une énergie des photons X optimale pour établir un compromis entre l'absorption dans l'atmosphère et les éléments de protection et l'absorption dans l'objet.

[0037] Pour un objet de type circuit intégré, une dose de 0,1 Gray (soit 10 Rad ou 100 mJ/kg) peut induire des dommages irréversibles sur des composants électroniques. Comme l'indique la courbe 201, cette dose est atteinte, pour une cible distante de 2km, pour des photons dont l'énergie est comprise entre 50 keV et 60 keV.

[0038] Pour atteindre des objets à courte et moyenne portée, c'est-à-dire des objets distants de quelques centaines de mètres à quelques dizaines de kilomètres, la source 102 de rayons X peut ainsi être configurée pour

émettre des photons X de 50 keV à 60 keV. A ces niveaux d'énergie, de forts flux très directifs de photons sont réalisables avec plusieurs technologies, comme illustré plus haut. A titre d'illustration, les pertes atmosphériques entre le flux incident et le flux sur la cible sont de 50% pour 670 m pour des photons de 40 keV et de 5300 m pour des photons de 50 keV. Ainsi, pour des photons de 50 keV les portées sont de plus de 10 km avec 25% du flux initial sur l'objet.

[0039] Une dose de rayonnement suffisante pour occasionner des dommages à un circuit intégré en silicium de un millimètre d'épaisseur protégé par une couche de un centimètre d'aluminium peut ainsi être obtenue, par exemple, en éclairant ledit circuit à 2km de distance par un faisceau dont la section est égale à 1 cm², avec un flux de 5 10¹⁵ photons, l'énergie des photons étant égale à 50keV.

[0040] Bien que le faisceau émis par le système selon l'invention n'échappe pas à l'atténuation due à l'atmosphère, des faisceaux de petits diamètres sont réalisables grâce à l'invention, par exemple de l'ordre de 20 cm pour une cible distante de plusieurs kilomètres. Ces faisceaux permettent ainsi de faire parvenir un flux important de photons sur un endroit localisé de la cible et ainsi de perturber, voire de détruire des éléments tels que, par exemple, des circuits électroniques.

[0041] Par ailleurs, le système selon l'invention peut être utilisé pour inspecter un objet à distance via une technique d'échantillonnage. Par exemple, une cargaison transportée par camion peut être inspectée par pointages successifs du système à différents endroits de la cargaison, une mesure du signal rétrodiffusé après chaque pointage étant effectuée pour déterminer la nature de la cargaison. Ainsi, une inspection peut être réalisée avec une quantité d'énergie beaucoup plus faible que celle nécessaire à un éclairage global de toute la cargaison par un large faisceau. En particulier, le système selon l'invention peut être utilisé pour la détection d'explosifs à distance, pour le déminage et le contreminage, pour la lutte contre les Engins Explosifs Improvisés, aussi désignés par le sigle EEI. Le système selon l'invention peut plus généralement être employé pour la neutralisation d'un composant électronique à distance.

[0042] Le système selon l'invention peut, par exemple, être installé dans un bunker enterré, permettant ainsi une meilleure survivabilité et une protection des opérateurs contre les rayonnements ionisants.

Revendications

1. Système émetteur (100) de rayons X pour altérer physiquement une cible pointée à une distance pouvant dépasser 10 mètres, la cible pouvant être un composant électronique, le système comprenant une source (101) d'électrons d'au moins 1 MeV, ladite source étant employée pour réaliser une source (102) de rayons X, un dispositif de conditionnement

(103) étant placé en sortie de ladite source (102) de rayons X pour former un faisceau directif de rayons X, le système étant **caractérisé en ce que** l'énergie des photons est choisie, pour une cible à Y mètres de distance, dans une fourchette de valeurs comprise entre $10^{*(1+\log_{10}(Y))}$ keV et $10^{*(3+\log_{10}(Y))}$ keV, pour maximiser le couplage entre les rayons X émis et les matériaux constituant la cible.

2. Système émetteur de rayons X selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la source (102) de rayons X est configurée pour émettre des photons dont l'énergie est comprise entre 20keV et 70 keV.

3. Système émetteur de rayons X selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la source (101) d'électrons est un dispositif compact comportant au moins les éléments suivants disposés dans une enceinte unique mise sous vide grâce à un système de mise sous vide (202) : une première partie accélérateur de particules chargées comprenant un premier moyen (207) de génération des particules accélérées dans une partie accélérateur (209), ladite partie accélérateur de particules étant alimentée (223) en puissance haute tension HF grâce à la puissance générée par une deuxième partie composée d'au moins un deuxième moyen de génération (208, 220, 221) de paquets de particules qui génère la puissance HF différente de celle produite par la modulation de vitesse des particules.

4. Système émetteur de rayons X selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la source (102) de rayons X est un dispositif compact de génération de rayons X par diffusion comportant un moyen de production (I, II) d'un faisceau d'électrons, ledit dispositif comportant un réseau de fils (310i) disposé dans un cône de diffusion utile, afin que les électrons du faisceau rencontrent au moins un des fils du réseau filaire et produisent après interaction avec la matière un rayonnement X.

5. Système émetteur de rayons X selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif de conditionnement (103) est une lentille de réfraction.

6. Procédé d'échantillonnage d'une cible distante employant un système émetteur selon l'une des revendications précédentes, le procédé étant **caractérisé en ce qu'il** comprend des étapes de pointages successifs du système émetteur à différents endroits de la cible distante.

7. Procédé de détection d'explosifs à distance, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes du procédé d'échantillonnage selon la revendication 6 et des

étapes de mesure des signaux rétrodiffusés par la cible après chaque pointage du système émetteur.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

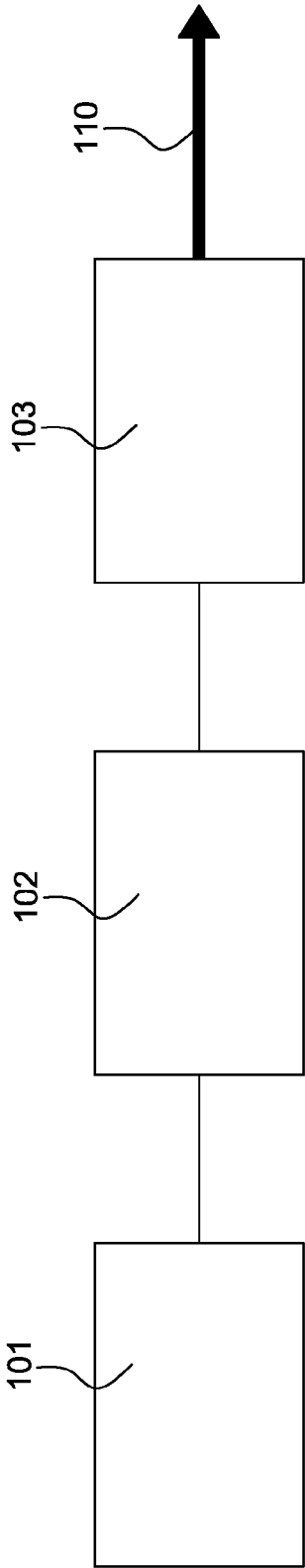


FIG.1

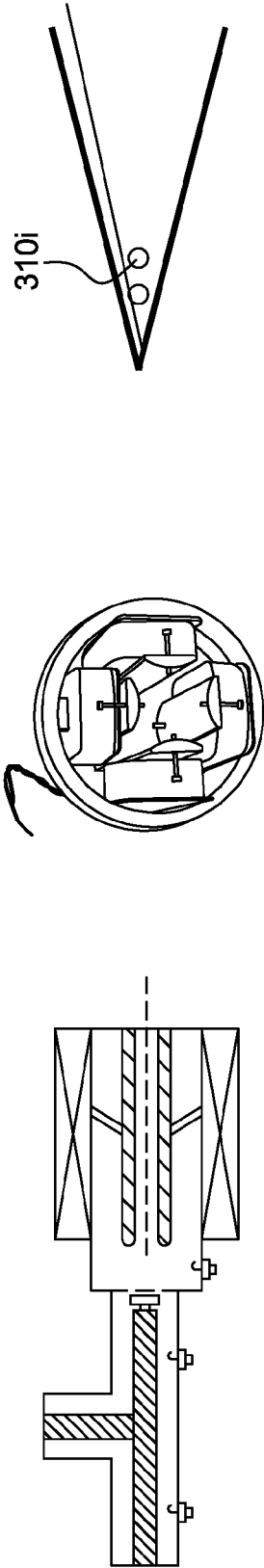


FIG.3

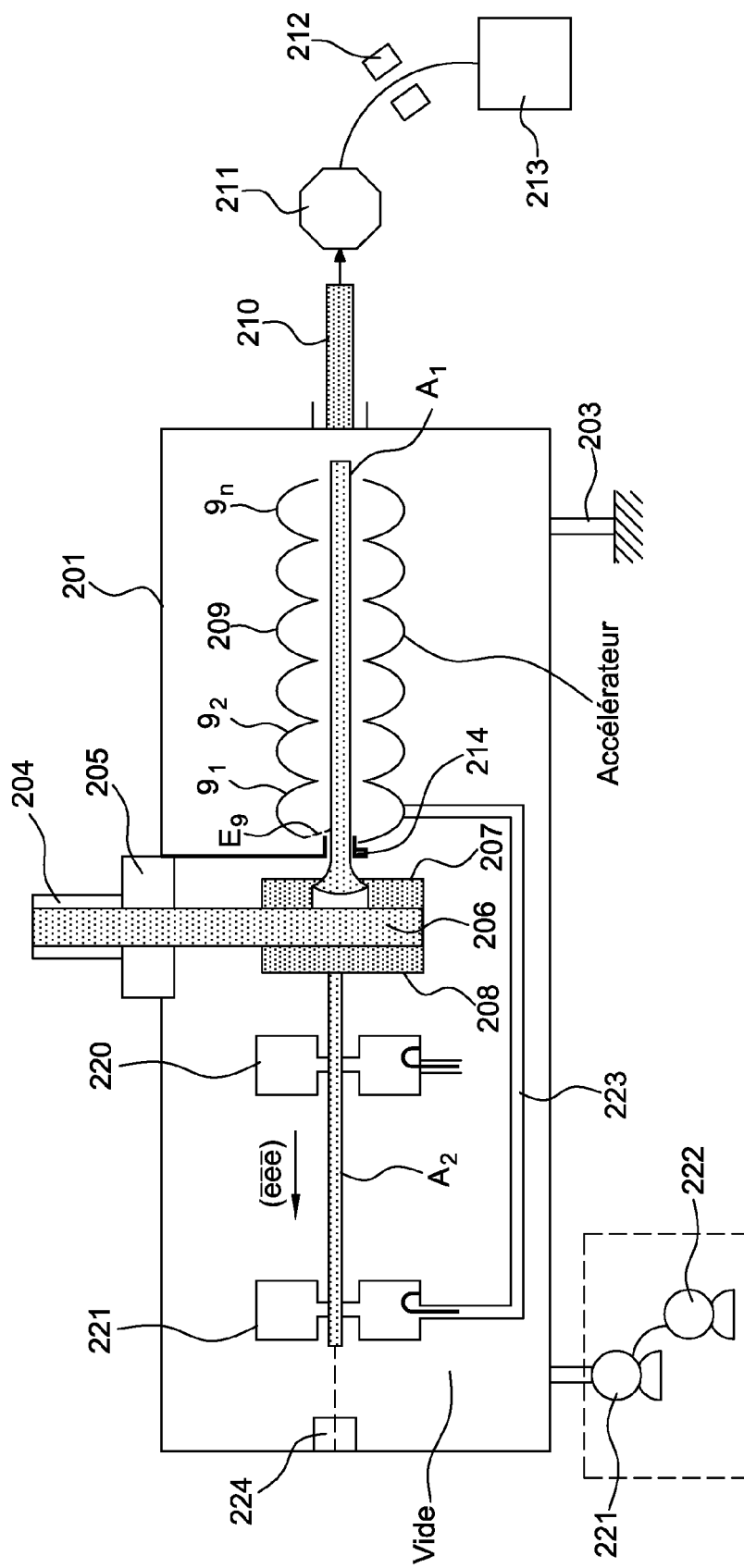
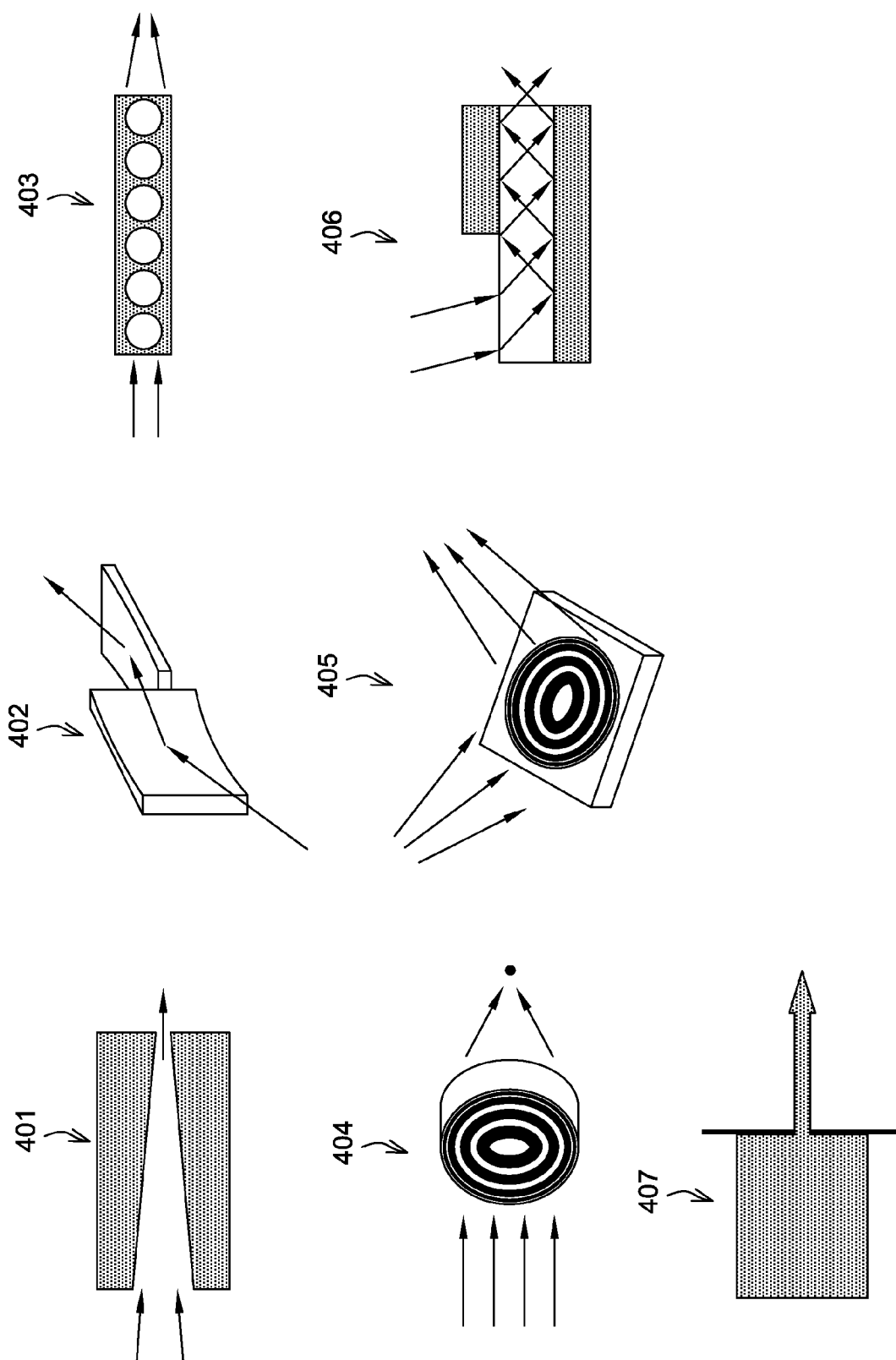


FIG.2



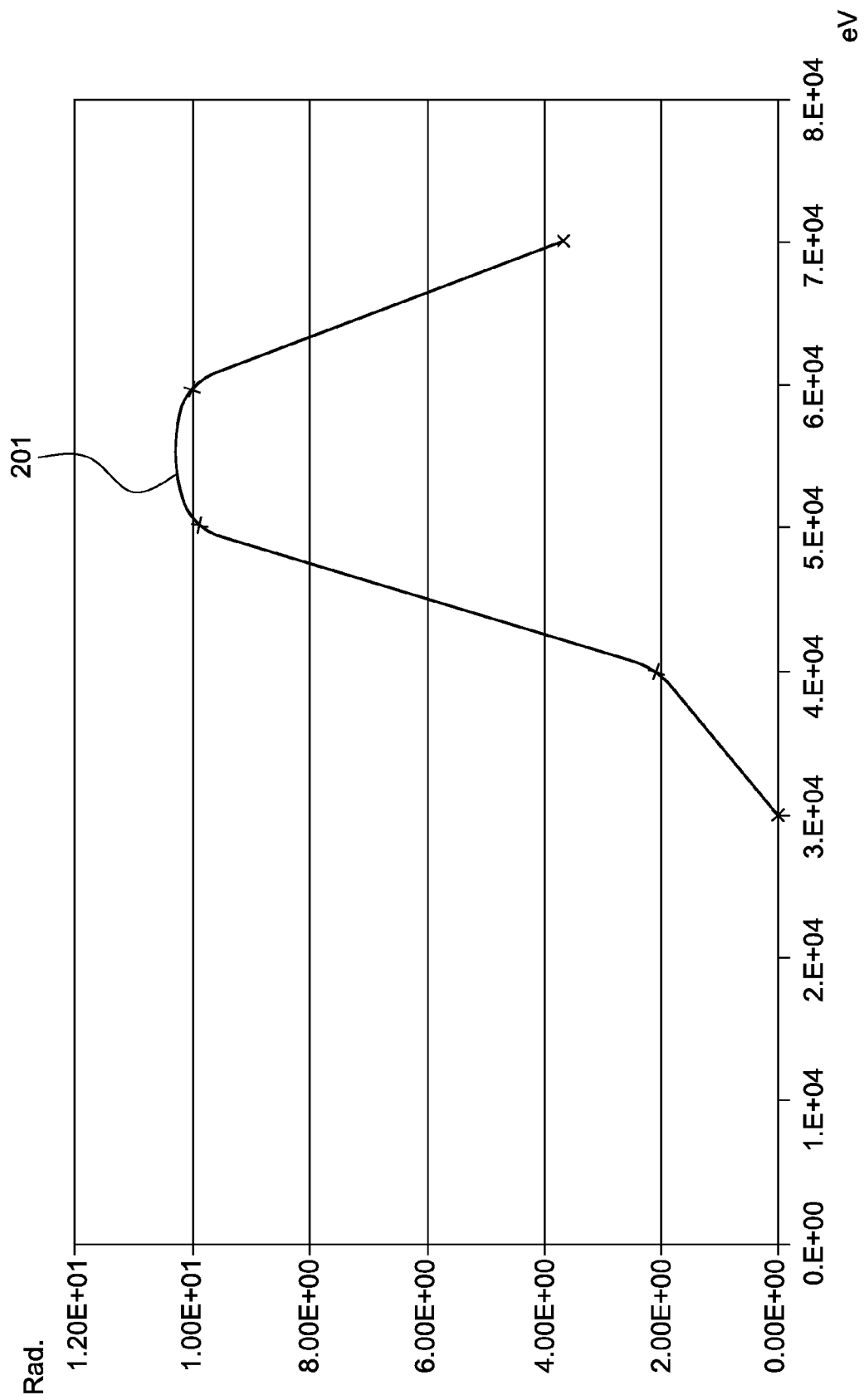


FIG.5



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 10 19 6488

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 2002/064253 A1 (GUTMAN GEORGE [US]) 30 mai 2002 (2002-05-30) * alinéa [0027] - alinéa [0064]; figure 1 *	1-8	INV. G21K5/04 G21K1/06
X	US 2002/057760 A1 (CARROLL FRANK E [US] ET AL) 16 mai 2002 (2002-05-16) * alinéa [0010] - alinéa [0038] * * alinéa [0055] - alinéa [0077]; figures 1,5-7 *	1-8	ADD. G01N23/00
X	US 2004/213375 A1 (BJORKHOLM PAUL [US] ET AL) 28 octobre 2004 (2004-10-28) * alinéa [0006] - alinéa [0073]; figure 2 *	1	
X	WO 2007/062195 A2 (HANNA SAMY M [US]) 31 mai 2007 (2007-05-31) * alinéa [0004] - alinéa [0050]; revendication 11; figures 1A,1B,3A,3B *	1	
A	SU 1 019 518 A2 (PAUTOV DMITRIJ M; TKACHENKO VALERIJ A; FEDOROV VASILIJ N; GORBACHEVSKI) 23 mai 1983 (1983-05-23) * le document en entier *	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G21K
A	EP 0 022 948 A1 (SIEMENS AG [DE]) 28 janvier 1981 (1981-01-28) * le document en entier *	1-8	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 12 avril 2011	Examineur Korb, Wolfgang
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P4C02)

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

EP 10 19 6488

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.

12-04-2011

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002064253 A1	30-05-2002	AUCUN	
US 2002057760 A1	16-05-2002	US 6332017 B1	18-12-2001
US 2004213375 A1	28-10-2004	AU 2004235327 A1 CN 1777788 A EP 1623186 A1 IL 171490 A JP 2006526268 T KR 20060013514 A WO 2004097337 A1	11-11-2004 24-05-2006 08-02-2006 30-12-2010 16-11-2006 10-02-2006 11-11-2004
WO 2007062195 A2	31-05-2007	EP 1958489 A2 US 2009045746 A1 US 2007120508 A1	20-08-2008 19-02-2009 31-05-2007
SU 1019518 A2	23-05-1983	AUCUN	
EP 0022948 A1	28-01-1981	DE 2926823 A1 JP 56014200 A	22-01-1981 10-02-1981

EPO FORM P0480

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 5914998 A [0035]