

(19)



(11)

EP 2 050 100 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
01.06.2011 Bulletin 2011/22

(51) Int Cl.:
G21K 1/04 ^(2006.01) **G01N 23/223** ^(2006.01)
H05G 1/02 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **07823313.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2007/001252

(22) Date de dépôt: **20.07.2007**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2008/012419 (31.01.2008 Gazette 2008/05)

(54) **SYSTÈME DE DÉLIVRANCE DE FAISCEAU DE RAYONS X STABILISÉ**

SYSTEM ZUR VERABREICHUNG EINES STABILISIERTEN RÖNTGENSTRAHLS

SYSTEM FOR DELIVERING A STABILIZED X-RAY BEAM

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE
SI SK TR**

- **CENDA, Dan Mihai**
F-38600 Fontaine (FR)
- **HOGHOJ, Peter**
F-38950 Saint Martin Le Vinoux (FR)

(30) Priorité: **24.07.2006 FR 0606766**

(74) Mandataire: **Tetaz, Franck Claude Edouard et al**
Cabinet Régimbeau
139, rue Vendôme
69477 Lyon Cedex 06 (FR)

(43) Date de publication de la demande:
22.04.2009 Bulletin 2009/17

(73) Titulaire: **Xenocs**
38360 Sassenage (FR)

(56) Documents cités:
EP-A2- 0 955 565 EP-A2- 1 376 239
EP-A2- 1 462 794 WO-A-2007/051537
US-A1- 2006 093 253

(72) Inventeurs:
• **BOULEE, Pascal**
F-38640 Claix (FR)

EP 2 050 100 B1

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

Description

[0001] L'invention concerne les systèmes de délivrance de faisceau de rayons X.

[0002] De tels systèmes de délivrance de faisceau de rayons X sont utilisés notamment dans des équipements de diffraction, de réflectométrie ou de fluorescence rayons X. De tels équipements trouvent des applications par exemple dans le domaine de la métrologie, et plus particulièrement dans le domaine de la métrologie pour effectuer des contrôles de pièces ou des contrôles de dérive de procédés pour les applications de fabrication de semi-conducteurs.

[0003] Le système de délivrance de faisceau de rayons X génère un faisceau qui est dirigé vers un échantillon afin de procéder à des analyses telles que des mesures de diffraction, de fluorescence ou de réflectométrie. Suivant la technique utilisée, l'analyse du faisceau de rayons X diffracté par l'échantillon ou l'analyse de la fluorescence RX générée par cet échantillon permet de déduire des caractéristiques de cet échantillon comme par exemple des épaisseurs de couches minces déposées à sa surface, des niveaux contraintes mécaniques de ces couches minces, ou encore des analyses de phases de matériaux.

[0004] Ces systèmes de délivrance comportent habituellement :

- un bloc source permettant de générer un faisceau source de rayons X à travers un orifice source. Ce bloc source comprend une source de rayons X, une gaine de protection permettant de confiner la source et des moyens de refroidissement de la source.
- des moyens d'obturation commandés et destinés à bloquer le faisceau au niveau de l'orifice source,
- des moyens de conditionnement du faisceau source permettant d'obtenir au niveau de l'échantillon un faisceau délivré présentant des caractéristiques souhaitées.

[0005] Pour des applications analytiques de métrologie par diffraction ou fluorescence par exemple, les systèmes de délivrance doivent permettre d'obtenir des faisceaux présentant au niveau de l'échantillon des caractéristiques précises.

[0006] Ainsi, un faisceau au niveau de l'échantillon est habituellement caractérisé par les paramètres suivants:

- la dimension et la forme du faisceau. La projection du faisceau sur l'échantillon est habituellement appelée tache RX ou spot. Pour de telles applications le faisceau requis, projeté sur un plan perpendiculaire à la direction du faisceau, a typiquement des dimensions inférieures à 300 μm selon une direction horizontale et une direction verticale, et une forme symétrique selon ces deux mêmes directions.
- son intensité,
- son spectre énergétique (ou en longueur d'onde)

- sa divergence ou sa convergence
- sa stabilité spatiale, qui se définit comme la capacité de la tache RX à conserver la même position sur l'échantillon.
- sa stabilité temporelle, qui représente la capacité de la tache RX à présenter une intensité constante au cours du temps.

[0007] Les moyens de conditionnement sont notamment destinés à traiter le faisceau source afin d'obtenir les caractéristiques souhaitées au niveau de l'échantillon. A cet effet, les moyens de conditionnement peuvent présenter :

- un bloc optique comprenant une optique pour traiter spatialement et spectralement le faisceau source. L'effet spectral correspond typiquement à une monochromatisation à partir d'un spectre polychromatique émis par la source. Cet effet spectral peut être également une réflexion simultanée de plusieurs longueurs d'ondes tout en éliminant le bruit de fond émis par la source. L'effet spatial correspond typiquement à un effet optique de focalisation ou de collimation pour concentrer le faisceau en direction de l'échantillon.
- un collimateur destiné à bloquer le rayonnement X diffusé (susceptible de générer du bruit de fond) et à mettre en forme le faisceau afin d'obtenir une tache RX de dimension et de forme souhaitée au niveau de l'échantillon. La mise en forme du faisceau est ainsi typiquement assurée par des orifices de mises en forme (désigné ci-après par leur terme anglosaxon "pinhole") placés dans le collimateur. Pour certaines applications un orifice placé en sortie du collimateur définira la forme du faisceau sur l'échantillon, tel est le cas d'une extrémité de collimateur placée à proximité d'échantillon.

[0008] Ainsi, les moyens de conditionnement permettent de monochromatiser, focaliser ou collimater le faisceau.

[0009] Pour rappel,

- la monochromatisation correspond à la filtration d'une longueur d'onde particulière à partir d'un spectre polychromatique émis par la source,
- la focalisation permet d'obtenir un faisceau convergent à partir du faisceau divergent issu de la source,
- la collimation vise à obtenir un faisceau sensiblement parallèle.

[0010] Les systèmes de délivrance habituels ne permettent pas une stabilité temporelle ou spatiale satisfaisante de la tache RX sur l'échantillon.

[0011] Pour de nombreuses applications, notamment pour les applications exigeant de fortes contraintes de stabilité, les solutions apportées ne se sont pas montrées satisfaisantes.

[0012] Il en est notamment ainsi pour les applications qui nécessitent :

- une stabilité spatiale du faisceau au niveau de la zone d'analyse inférieure à 50 microns, c'est-à-dire que la variation de la position de la tache RX sur l'échantillon doit être inférieure à 50 microns,
- une stabilité temporelle du flux au niveau de la tache RX de plus ou moins 5 % (c'est-à-dire que la variation du flux est comprise dans un intervalle défini par une valeur moyenne et des valeurs maximum et minimum correspondant respectivement à la valeur moyenne majorée d'environ 2,5% et à la valeur moyenne minorée d'environ 2,5%),

[0013] Les performances notamment en stabilité des systèmes de délivrance existants présentent des limites encore plus pénalisantes lorsqu'ils comportent des orifices de mises en formes du faisceau dont la taille est très petite et présente typiquement un diamètre inférieur à 100 μm .

[0014] A fortiori, les solutions connues ne permettent pas d'obtenir une telle stabilité spatiale sur une période étendue, typiquement de l'ordre de plusieurs semaines.

[0015] De plus les solutions proposant des systèmes d'alignement et de contrôle de la position de la tache RX en sortie avec un asservissement sur l'alignement des blocs optiques et du collimateur afin de palier certains désalignements ne permettent pas de retrouver une stabilité satisfaisante dans un délai raisonnable.

[0016] En outre il a été observé que cette instabilité du faisceau peut perdurer pendant plusieurs heures.

[0017] Or, dans les applications précitées, et notamment pour satisfaire les contraintes liées aux rendements industriels, il est indispensable d'obtenir une stabilisation rapide du système de délivrance.

[0018] Cette stabilisation du faisceau doit ainsi pouvoir se faire typiquement en quelques dizaines de secondes dans le cas d'une ouverture à chaud, c'est-à-dire avec un système mis en veille à une puissance réduite de la source, ou en quelques dizaines de minutes dans le cas d'un allumage à froid de la source.

[0019] L'invention vise à améliorer les systèmes existants de délivrance de faisceau rayon X et a notamment pour but d'améliorer leur stabilité spatiale ou temporelle.

[0020] Pour atteindre les objectifs pré-mentionnés, il est prévu dans le cadre de la présente invention un système de délivrance de faisceau de rayons X selon la revendication 1.

[0021] Ainsi, le système selon l'invention permet de limiter les transferts thermiques en aval du bloc source. Les perturbations des moyens de conditionnement dues notamment aux variations de température générées par les moyens d'obturation sont donc limitées. Par conséquent, les stabilités spatiale et temporelle du faisceau délivré sont améliorées.

[0022] Les moyens de conditionnement sont en effet protégés de toute perturbation thermique externe, qui

peut être issue des dispositifs environnant les moyens de conditionnement (comme par exemple les moyens d'obturation), voire de la variation de température externe à proprement parlée.

[0023] Le système de délivrance de faisceau de rayons X selon l'invention pourra en outre présenter facultativement au moins l'une des caractéristiques suivantes :

- 10 - le système comporte en aval du bloc source des moyens d'obturation du bloc source et les moyens de stabilisation comprennent des moyens de stabilisation obturateur agencés de manière à stabiliser thermiquement les moyens d'obturation, les perturbations étant générées par les moyens d'obturation.
- 15 - le système comporte en aval du bloc source des moyens d'obturation rapide et les moyens de stabilisation comprennent des moyens de stabilisation obturateur rapide agencés de manière à stabiliser thermiquement les moyens d'obturation rapide, les perturbations étant générées par les moyens d'obturation rapide.
- 20 - les moyens d'obturation et les moyens d'obturation rapide comprennent au moins un organe de commande générant les perturbations thermiques, et les moyens de stabilisation sont directement au contact de l'organe de commande de manière à le stabiliser thermiquement.
- 25 - les moyens d'obturation et les moyens d'obturation rapide comprennent au moins un organe de commande générant les perturbations thermiques, des supports d'organe de commande, et les moyens de stabilisation sont au contact de ces supports de manière à les stabiliser thermiquement.
- 30 - l'organe de commande est une bobine ou un servomoteur.
- 35 - les moyens de stabilisation comportent des seconds moyens de stabilisation agencés de manière à stabiliser thermiquement tout ou partie des moyens de conditionnement.
- 40 - les moyens de conditionnement comprennent un bloc optique et/ou un collimateur.
- 45 - le système comprend une équerre de support des moyens de conditionnement, et les moyens de stabilisation sont agencés de manière à stabiliser thermiquement cette équerre.
- 50 - le bloc source comprend une zone de refroidissement, et les moyens de stabilisation sont agencés de manière à permettre un transfert de chaleur depuis au moins la zone à stabiliser vers la zone de refroidissement du bloc source.
- 55 - les moyens de stabilisation comportent au moins une plaque refroidie par convection d'un liquide caloporteur.
- le bloc source comprend une zone de refroidissement, et les moyens de stabilisation comportent une plaque d'un matériau conducteur en contact avec la zone de refroidissement d'une part et avec la zone

- à stabiliser d'autre part.
- la plaque présente une certaine élasticité de manière à absorber des vibrations émises par les moyens d'obturation.
- la plaque est soudée.
- les moyens de stabilisation comportent au moins un caloduc.
- le bloc source comprend au moins une zone de refroidissement, et le caloduc comprend une partie condensateur associée à la zone de refroidissement du bloc source.
- le caloduc comprend une partie évaporateur associée à la zone à stabiliser.

[0024] L'invention a en outre pour objet un procédé de stabilisation d'un faisceau de rayons X selon la revendication 15.

[0025] D'autres caractéristiques, buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, et en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

Les figures 1a et 1b sont des vues en perspective d'un système de délivrance de faisceau de rayons X selon un exemple de réalisation de l'invention.

Les figures 2a à 2c sont des schémas d'exemples de système de délivrance de faisceau de rayons X comportant un premier type de moyens de stabilisation.

Les figures 3a à 3c sont des schémas de système de délivrance de faisceau de rayons X selon divers exemples de réalisation et comportant un deuxième type de moyens de stabilisation.

[0026] L'invention va maintenant être détaillée en référence aux modes de réalisation proposés sur les figures 1a à 3c.

[0027] Dans ces exemples de réalisation, le système 1 de délivrance de faisceau de rayons X comporte :

- un bloc source 100,
- des moyens de conditionnement 500,
- des moyens d'obturation 400,
- des moyens de stabilisation 800.

Le bloc source 100

[0028] Le bloc source 100 comprend notamment une source permettant de générer un faisceau source de rayons X à travers un orifice source.

[0029] Le sens de propagation des ondes constituant le faisceau source définit un sens amont et un sens aval 11 selon une direction 10 de propagation déterminée par la direction du faisceau délivré par le système 1 de délivrance de faisceau de rayons X.

[0030] Plus précisément, le bloc source 100 comporte un tube à rayons X disposé dans une gaine de protection,

la gaine assurant une radioprotection des rayons X et éventuellement un pré-refroidissement du tube à rayon X. Selon une variante de réalisation, le tube peut être immergé dans un fluide caloporteur contenu dans la gaine et assurant un pré-refroidissement.

[0031] Le bloc source comporte en outre des moyens de refroidissement permettant de maintenir le tube à des températures typiquement inférieures à 45°C.

[0032] Selon une version privilégiée de l'invention ces moyens de refroidissement comprennent une coque de refroidissement 102.

[0033] Il peut s'agir d'une coque en matériau conducteur apposé à la gaine ou à une partie de la gaine contenant des liquides caloporteurs tels que de l'eau glycolée assurant un refroidissement par convection forcée.

[0034] Selon cette variante, la coque de refroidissement 102 est ainsi raccordée à un échangeur externe déporté permettant de défaire le liquide caloporteur de la chaleur qu'il aura accumulé dans la coque de refroidissement. Le raccordement s'effectue au niveau des embouts d'entrée 104 et de sortie 105. L'échangeur externe, la coque de refroidissement 102 sont également raccordés à une pompe déportée du système de délivrance de faisceau permettant d'assurer le cycle du liquide caloporteur. L'échangeur, la coque de refroidissement, les raccords et la pompe définissent ainsi un circuit fermé.

[0035] Selon une autre variante, la gaine de protection peut également être refroidie par un radiateur apposé par exemple au-dessus de la source pour ventiler la gaine de protection.

[0036] La coque de refroidissement 102 du bloc source 100 définit ainsi une enveloppe extérieure constituant une zone de refroidissement 102 de la source.

[0037] Selon une version privilégiée de l'invention, le tube à rayons X est un tube micro-foyer à faible puissance. On entend par faibles puissances une source rayons X comportant un canon à électrons générant un faisceau d'électrons d'une puissance électronique typiquement inférieure à 100 Watts (ou de l'ordre de quelques centaines de Watts), ce faisceau d'électrons étant destiné à impacter l'anode du tube à rayons X afin de générer les rayons X d'énergie souhaitée. Le foyer apparent d'une telle source micro-foyer est typiquement inférieur à 100 microns. Le foyer apparent correspond au foyer tel que "vu" par les éléments optiques adjacents lorsque ceux-ci sont placés typiquement à un angle de 6° par rapport à la surface de l'anode du tube (cet angle correspond à l'angle d'élévation de l'optique par rapport à la surface de l'anode du tube et est communément appelé en terme anglo-saxon "take-off angle"). Ce type de tubes à rayons-X est notamment disponible auprès de la société Oxford X-ray Technology basée à Scott Valley en Californie ou de la société RTW Röntgen Technik GmbH.

[0038] La quantité de chaleur générée par la source est importante ce qui requiert un dimensionnement adéquat des capacités de refroidissement du système 1 de refroidissement. On précise à ce titre que typiquement

99% de la puissance du faisceau électronique impactant l'anode est dissipée en énergie thermique et 1% de l'énergie est dissipée en rayons X. Une grande partie de l'énergie du faisceau électronique est ainsi dissipée en énergie thermique sur l'anode, cette dernière rayonnant une partie de cette chaleur sur les parois du tube à rayons X.

[0039] Néanmoins, l'invention ne se limite pas à l'utilisation de ce type de tubes et des tubes à puissance plus élevée pourront être utilisés. Dans ce cas là le dimensionnement des moyens de refroidissement de la source devra être adapté. De plus le bloc source 100 pourra comprendre au lieu d'un tube scellé une source RX du type anode tournante.

[0040] Dans le cas des applications de métrologie par diffraction ou fluorescence telles que mentionnées en introduction, le tube pourra être un tube à anode en cuivre, en molybdène ou en tungstène.

Les moyens de conditionnement 500

[0041] Les moyens de conditionnement 500 ont pour but de collecter le faisceau émis par la source et de le traiter spatialement et spectralement afin de le mettre en forme en direction d'un échantillon. Ils sont disposés en aval du bloc source.

Le bloc optique 520

[0042] La filtration énergétique et la focalisation ou collimation sont notamment assurées par un bloc optique 520 disposé dans la direction de propagation du faisceau, en aval de la source.

[0043] L'optique peut être une optique à revêtement multicouche ou un cristal naturel permettant de diffracter les rayons X, et est mise en forme afin d'obtenir un effet de focalisation ou de collimation dans une ou deux dimensions selon les besoins. L'optique peut également être une optique monocapillaire ou polycapillaire.

[0044] L'optique est incluse dans un sarcophage. Ce sarcophage assure la radioprotection ainsi qu'une mise sous vide ou sous un gaz inerte léger de type Hélium de l'optique, afin de limiter l'absorption des rayons X. Dans le cas d'une optique multicouche à revêtement multicouche, la mise sous vide permet également de protéger la surface contre des phénomènes de dégradation de surface activés par une exposition rayons X sous air.

[0045] Des vis d'alignement 540 permettent d'aligner l'optique et/ou le sarcophage par rapport à la source.

[0046] Dans le cas des optiques à revêtement multicouches des miroirs produisant des effets de focalisation ou de collimation monodimensionnels ou bidimensionnels pourront être utilisés. Dans le cas des miroirs multicouches produisant des effets dans deux dimensions, des miroirs à simple réflexion ayant des formes évoluées du type de ceux définis dans FR 2 841 371 ou encore des miroirs Kirkpatrick-Baez accolés ou dissociés pourront être utilisés.

Le collimateur 530

[0047] De manière facultative les moyens de conditionnement 500 peuvent également comporter un collimateur 530 permettant de mettre en forme le faisceau afin d'obtenir une tache RX de dimension et de forme voulue au niveau de l'échantillon et de limiter le bruit de fond des rayons X diffusés.

[0048] L'atténuation du bruit de fond peut être par exemple obtenue par absorption du rayonnement diffusé sur l'ensemble des pièces du système 1 de délivrance au moyen d'une association de fentes et de chicanes.

[0049] La mise en forme du faisceau permet d'obtenir une tache RX de dimension et de forme voulue au niveau de l'échantillon. Cette mise en forme du faisceau est typiquement obtenue au moyen d'orifices dédiés, désignés par la suite par leur terminologie habituelle et anglosaxonne « pinhole ».

[0050] Un tel pinhole peut être disposé à l'extrémité aval des moyens de conditionnement 500 dans un élément de support 532, porté par une buse 531 de sortie. Le pinhole comporte principalement un alésage de diamètre très petit et précis au travers duquel passe le faisceau.

[0051] Ainsi, selon un exemple particulier de réalisation de l'invention, le pinhole est proche du point focal de l'optique à proximité de l'échantillon à analyser et présente un diamètre de son alésage inférieur à 100 microns. Pour les applications précitées, la dimension du diamètre du pinhole est typiquement comprise entre 80 et 30 microns.

[0052] De manière générale, les moyens de conditionnement 500 décrits précédemment permettent d'obtenir un faisceau délivré présentant les caractéristiques suivantes :

- une focalisation assurée sur une distance source-point focal comprise entre 40 et 60 cm environ, l'échantillon étant placé au point focal ou à quelques centimètres après le point focal,
- une tache RX au niveau de l'échantillon de dimension inférieure à 250 μ m.

[0053] Néanmoins, l'invention ne se limitera pas à des systèmes de délivrance utilisant des optiques focalisantes mais s'appliquera également à des systèmes utilisant des optiques collimatantes.

[0054] Il convient de noter que les moyens de conditionnement 500 peuvent se limiter soit au bloc optique 520, soit au collimateur 530.

Les moyens d'obturation 400

[0055] Les moyens d'obturation 400 comportent un organe de commande 401, un support d'organe de commande 402, un obturateur.

[0056] Ces moyens d'obturation 400 sont disposés en aval du bloc source 100.

[0057] Le rôle des moyens d'obturation 400 est d'assurer un blocage du faisceau source au niveau de l'orifice source. Ce blocage est assuré par l'obturateur, qui comporte une plaque obturatrice se présentant sous la forme d'une pièce massive, en un matériau suffisamment lourd pour absorber l'ensemble du faisceau source.

[0058] Le déplacement de l'obturateur depuis une position de blocage du faisceau jusqu'à une position d'ouverture de la source et inversement est commandé par l'organe de commande 401. Ainsi, les moyens d'obturation 400 assurent la sécurité du système 1 en ce qu'ils bloquent le faisceau source dans toute situation autre qu'une ouverture commandée par un opérateur. Cet obturateur est ainsi conçu pour pouvoir se déplacer et se maintenir en position de blocage en cas de coupure de courant. Ce type d'obturateur est ainsi communément appelé obturateur de sécurité.

[0059] L'organe de commande 401 comporte une bobine d'électroaimant commandée depuis l'extérieur par un opérateur. Ces bobines peuvent être entourées d'air, comme représenté dans l'exemple de la figure 1, ce qui permet une bonne isolation thermique et offre une tolérance plus grande aux vibrations éventuellement occasionnées par le déplacement de l'obturateur dans le guide d'obturateur. Les organes de commandes pourront également, dans d'autres dispositifs, être en contacts des parois extérieures de ces moyens d'obturation 400.

[0060] Dans d'autres modes de réalisation, l'organe de commande 401 comporte un servomoteur.

[0061] Le support d'organe de commande 402 permet un maintien mécanique stable de l'organe de commande 401 sur le système 1 de délivrance.

[0062] L'obturateur peut également se présenter sous la forme d'une enceinte permettant de contenir de façon sensiblement étanche l'organe de commande 401.

[0063] Le système 1 comprend également un guide d'obturateur assurant le guidage alternatif de l'obturateur entre une position de blocage de la source et une position d'ouverture de la source.

[0064] D'autres moyens appelés moyens d'obturation rapide 450 ont pour rôle d'assurer un blocage très rapide et parfaitement contrôlé du faisceau pour permettre des temps d'exposition très courts de l'échantillon. De tels moyens d'obturation rapide 450 sont notamment utilisés pour des applications de diffractométrie du type cristallographie des protéines.

[0065] Le temps de réponse des moyens d'obturation rapide est typiquement de l'ordre de quelques millisecondes, et le temps de réponse des moyens d'obturation de sécurité est typiquement de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes.

[0066] Ces moyens d'obturation rapide 450, de conceptions similaires aux moyens d'obturation 400, peuvent être disposés tout au long de la direction du faisceau entre le bloc source 100 et l'extrémité aval du système 1 de délivrance de faisceau de rayons X.

[0067] Ces moyens d'obturation rapide 450 pourront fonctionner notamment sur un principe de rotation com-

me cela est connu de l'état de l'art ou sur un principe de glissement.

L'équerre de support

[0068] Le choix des moyens de stabilisation 800 et leur agencement dans le système 1 dépendent également de la manière dont les moyens de conditionnement 500 sont liés aux autres éléments du système 1.

[0069] Les moyens de conditionnement 500 étant habituellement disposés en porte à faux par rapport au bloc source 100, on peut en outre prévoir une équerre 700 de support ayant pour fonction d'assurer la tenue mécanique et la rigidité du système 1.

[0070] Cette équerre 700 est disposée en aval du bloc source 100.

[0071] Ainsi des systèmes de délivrance, dont les figures 1a, 1b, 2b, 3a, 3c représentent des exemples, comportent une équerre 700 de support formant un support mécanique pour les moyens de conditionnement 500.

[0072] Cette équerre 700 est généralement en contact avec une partie des moyens d'obturation 400 et avec une partie des moyens de conditionnement 500.

[0073] Cette équerre 700 est donc susceptible de constituer un pont thermique apte à favoriser un transfert de chaleur depuis les moyens d'obturation 400 vers les moyens de conditionnement 500.

[0074] Les figures 2a, 2c, 3b, proposent quant à elles des configurations de système 1 de délivrance ne comportant pas d'équerre 700 de support.

[0075] Dans ces configurations, les moyens d'obturation 400 et les moyens de conditionnement 500 sont supportés à l'aide d'interfaces mécaniques robustes. Ces interfaces habituellement constituées de métal permettent des transferts de chaleur par conduction.

Les moyens de stabilisation 800

[0076] L'auteur de la présente invention a découvert que lors du passage d'une position d'obturation à une position d'ouverture les moyens d'obturation 400 peuvent générer une légère augmentation de température de nature à influencer les stabilités spatiale et temporelle du faisceau de rayons-X généré par le système.

[0077] En effet, une fois l'ouverture actionnée, l'organe de commande 401 consomme une puissance de quelques Watts à quelques dizaines de Watts pour maintenir l'obturateur en position ouverte. L'organe de commande 401 dégage ainsi une puissance thermique. Cette puissance thermique peut-être dédagée de manière relativement continue puisque les obturateurs de sécurité peuvent être maintenus ouverts pendant plusieurs dizaines de minutes ou plusieurs heures.

[0078] En outre quelque soit la durée pendant laquelle les obturateurs sont maintenus ouverts, la puissance thermique dédagée est significative compte-tenu de la fréquence d'utilisation du système de délivrance de faisceau 1.

[0079] Une analyse a permis de constater que cette consommation de puissance génère une augmentation de température de l'ordre de 5°C par rapport à une température proche de la température ambiante sur les parois extérieures des moyens de conditionnement 500.

[0080] Ainsi ces perturbations thermiques générées par les moyens d'obturation 400 se propagent par conduction sur les parois du bloc optique 520 et du collimateur 530 ainsi que sur les pinholes de mise en forme du faisceau.

[0081] Les zones du système 1 soumises à de telles variations de température subissent une dilatation thermique pouvant entraîner une instabilité spatiale et temporelle du faisceau.

[0082] En effet, une visualisation sur une caméra haute résolution placée au point focal d'une optique focalisant à une distance de 30 cm (distance optique-point focal) a permis de déduire qu'un tel effet thermique est à l'origine d'une variation de la position de la tache RX au point focal de quelques dizaines de microns.

[0083] Dans le domaine d'application du système selon l'invention, les perturbations thermiques sont essentiellement générées par des éléments externes aux moyens de conditionnement en tant que tels. Il est donc important de pouvoir limiter ces perturbations thermiques générées depuis l'extérieur des moyens de conditionnement. En effet, si l'interaction du faisceau de rayons X avec la surface active des moyens de conditionnement peut en théorie générer un échauffement de ces derniers, une telle perturbation thermique interne peut être négligée dans le cadre de l'invention eu égard aux domaines d'application considérés pour lesquels la puissance dissipée au niveau de la surface active est de l'ordre de quelques milliwatts.

[0084] Pour prévenir une augmentation de chaleur au niveau des moyens de conditionnement, le système 1 de délivrance selon l'invention comporte des moyens de stabilisation 800. Ces moyens de stabilisation 800 ont pour fonction de stabiliser thermiquement une zone située en aval du bloc source.

[0085] Au sens de la présente demande, stabiliser thermiquement une zone signifie maintenir cette zone à une température sensiblement constante.

[0086] Ces moyens de stabilisation 800 assurent un transfert de chaleur depuis une zone à stabiliser jusqu'à une zone refroidie ou stabilisée thermiquement. Ainsi, la chaleur générée par l'organe de commande 401 n'est pas transmise par conduction aux moyens de conditionnement 500. Les moyens de conditionnement 500 ne sont donc pas soumis à des variations de température et les stabilités spatiales et temporelles du système 1 de délivrance de faisceau de rayons X ne sont par conséquent pas perturbées.

[0087] Selon la partie du système 1 de délivrance à laquelle sont associées les moyens de stabilisation 800, et suivant la nature des moyens de stabilisation 800 employés, plusieurs solutions de stabilisations peuvent être envisagées. Certaines de ces solutions sont décrites en

détail par la suite et ne doivent évidemment pas être considérées comme limitatives des enseignements de la présente invention.

[0088] Les moyens de stabilisation 800 sont désignés :

- moyens de stabilisation obturateur s'ils sont associés directement aux moyens d'obturation 400 et ont pour fonction d'assurer la stabilisation des moyens d'obturation 400,
- seconds moyens de stabilisation s'ils sont directement associés aux moyens de conditionnement 500, et ont pour fonction d'assurer la stabilisation des moyens de conditionnement 500,
- moyens de stabilisation obturateur rapide s'ils sont associés aux moyens d'obturation rapide 450 et ont pour fonction d'assurer la stabilisation des moyens d'obturation rapide 450.

[0089] Une zone du système 1 stabilisée par des moyens de stabilisation 800 est désignée par la suite zone à stabiliser.

[0090] Les zones à stabiliser sont situées en aval du bloc source 100. Les moyens de refroidissement de la source ne sont pas disposés en aval du bloc source 100 et ne sont donc pas des moyens de stabilisation 800 au sens de la présente demande.

[0091] Ainsi, la localisation de la zone à stabiliser doit être choisie de manière à empêcher que des perturbations de température atteignent les moyens de conditionnement.

[0092] Pour assurer une stabilisation adéquate du système 1, on peut choisir de n'utiliser que l'un de ces moyens de stabilisation 800 ou une combinaison de ces moyens de stabilisation 800.

[0093] Ces moyens de stabilisation 800 ont pour but d'effectuer un transfert de chaleur entre deux zones par conduction thermique.

[0094] Cette conduction thermique peut notamment être assurée par la mise en contact de la zone à stabiliser avec une ou plusieurs éléments suivants de transfert thermique :

- une pièce refroidie par convection d'un liquide caloporteur,
- un caloduc,
- une pièce de forte conduction thermique.

[0095] Le choix de ces différents éléments de transfert thermique dépend notamment de leur conductivité thermique, des délais de stabilisation à atteindre, ainsi que des contraintes de coût et d'encombrement.

Moyens de stabilisation 800 obturateur

• *Moyens de stabilisation obturateur associés aux supports de l'organe de commande 401.*

○ *Pièce refroidie par convection d'un liquide caloporteur*

[0096] Les moyens de stabilisation 800 peuvent comporter une pièce refroidie 830 par convection d'un liquide caloporteur.

[0097] Cette pièce peut notamment être une pièce refroidie par convection forcée d'un liquide caloporteur circulant à l'intérieur de la pièce. Le liquide peut ainsi circuler dans un serpentin inséré dans la pièce afin d'assurer un flux guidé. Dans ce mode de mise en oeuvre la pièce refroidie 830 pourra être raccordée au circuit de refroidissement de la coque de refroidissement 102 de la source si celle-ci est refroidie par convection forcée avec le même type de liquide caloporteur.

[0098] Cette pièce refroidie 830 peut être disposée au contact des supports de l'organe de commande 401 notamment du côté opposé au bloc source afin d'améliorer la compacité du système dans le but de positionner les moyens de conditionnement au plus près de la source, ce qui augmente les angles solides de collection au niveau de l'optique. Ce principe est illustré sur les figures 2a, 2b, 2c.

[0099] Si le système 1 de délivrance est du type montage avec équerre 700, de manière avantageuse, la pièce refroidie est également en contact avec cette équerre 700 afin d'assurer une stabilisation aussi bien du bloc optique 520 que du collimateur 530. Cette configuration est représentée en figure 2b.

[0100] A titre d'exemple, une pièce en aluminium d'environ 1 cm d'épaisseur refroidie par circulation d'eau glycolée avec une température de 25 °C en entrée de pièce permet de stabiliser le système 1 pour atteindre les performances mentionnées précédemment.

[0101] Si le système 1 de délivrance est du type montage sans équerre 700, la pièce d'interface 600 assurant un support mécanique entre le bloc source 100 et les moyens de conditionnement 500 doit être dimensionnée de manière à assurer une tenue mécanique suffisante du système 1 malgré la disposition en porte à faux des moyens de conditionnement 500 par rapport au bloc source 100. Cette pièce d'interface 600 est donc susceptible d'être plus massive et de présenter une surface de contact avec les moyens d'obturation 400 plus grande que dans le cas de d'un montage avec équerre 700.

[0102] Cette pièce d'interface 600 tend donc à favoriser les échanges thermiques entre les différents éléments du système 1.

[0103] Il peut alors être nécessaire de prévoir une pièce refroidie 830 telle que décrite ci-dessus entre la pièce d'interface 600 et les moyens de conditionnement 500. Une telle pièce refroidie 830 présente une épaisseur de l'ordre de 1 cm. La figure 2c propose un exemple de cette configuration.

[0104] Comme alternative aux pièces refroidies décrites dans les exemples précédents, il peut également être

prévu des systèmes de refroidissement par convection du type de ceux utilisés pour refroidir les microprocesseurs. Ces systèmes de refroidissement sont très minces et présentent typiquement une épaisseur de l'ordre de quelques millimètres.

○ *Pièce fortement conductrice*

[0105] Dans un autre exemple de réalisation des moyens de stabilisation 800, représenté en figure 1a et 1b, les supports de l'organe de commande 401 sont en contact avec une pièce fortement conductrice.

[0106] Cette pièce fortement conductrice 810 est par exemple constituée d'un métal comportant notamment du cuivre, ou de l'aluminium. Dans le cas d'une application destinée à l'industrie semi-conducteurs, les pièces de cuivre seront notamment en cuivre nickelé afin de limiter la contamination en cuivre qui est fortement indésirable pour cette industrie.

[0107] Cette pièce est mise en contact d'une part avec les supports de l'organe de commande 401 et avec une zone de la coque de refroidissement 102 d'autre part. Les figures 1a et 1b illustrent un tel agencement.

[0108] Cette pièce fortement conductrice 810 réalise donc un pont thermique entre ces deux éléments et favorise donc un transfert thermique par conduction de la chaleur générée par l'organe de commande 401 vers la zone de refroidissement 102 du bloc source 100.

[0109] Par exemple, une coque de refroidissement en aluminium dont la surface extérieure est maintenue à une température ambiante de l'ordre de 25 °C par le biais par exemple d'un refroidissement par convection forcée d'un liquide caloporteur circulant dans la coque, et associée à la pièce fortement conductrice 810 permet d'assurer un tel refroidissement.

[0110] Cette solution de stabilisation mettant en jeu une pièce fortement conductrice 810 permet d'obtenir une bonne stabilisation des moyens d'obturation 400 et un encombrement fortement restreint.

[0111] De manière avantageuse, lorsque les moyens d'obturation 400 comprennent un obturateur passant d'une position d'ouverture à une position de blocage par glissement, il est prévu que la pièce fortement conductrice 810 présente une certaine élasticité.

[0112] Ainsi, les vibrations générées par le frottement dû au glissement de l'obturateur et transmises mécaniquement aux supports de l'organe de commande 401 sont amorties par la pièce fortement conductrice.

[0113] Une telle pièce fortement conductrice 810 peut notamment être constituée d'une fine nappe de cuivre ou d'aluminium. Cette plaque présente par exemple une épaisseur de 1mm.

[0114] Il peut également être prévu que cette pièce fortement conductrice 810 présente un coude formé par pliage. Une telle géométrie permet d'accroître de façon substantielle la capacité de cette pièce à absorber les vibrations générées par le glissement de l'obturateur.

[0115] Une stabilisation des moyens d'obturation 400

par mise en contact d'une pièce fortement conductrice 810 se montre particulièrement efficace pour la stabilisation d'une bobine consommant une puissance de l'ordre de 20 Watts.

○ Caloducs 850

[0116] Dans un autre exemple de réalisation, les moyens de stabilisation 800 comportent un caloduc 850 ou un réseau de caloducs.

[0117] Les caloducs 850 sont utilisés de manière très efficace pour retirer une quantité importante de chaleur à partir d'une surface de contact limitée. Un caloduc 850 comporte habituellement une enceinte hermétique qui renferme un liquide en équilibre avec sa phase vapeur. Le transfert de chaleur s'effectue de manière passive, par des cycles d'évaporation du liquide sur la partie à refroidir désignée zone évaporateur 851 et de condensation sur la partie froide appelée zone condenseur 852. La vapeur s'écoule de la zone évaporateur 851 vers la zone condenseur 852 par surpression et le condensat circule dans le sens inverse par effet de capillarité. Cet effet peut-être provoqué à l'aide d'un milieu poreux disposé sur les parois internes du capillaire. L'effet peut-être accentué par la gravité résultant d'une inclinaison du tube.

[0118] Un refroidissement par caloducs 850 présente pour avantage de s'intégrer aisément dans un système 1 de délivrance de faisceau de rayons X car il ne nécessite pas de raccords d'eau.

[0119] Les caloducs 850 offrent par conséquent une grande souplesse pour la conception des configurations des systèmes de délivrance de faisceau rayon X.

[0120] De plus les caloducs 850 présentent une très bonne efficacité thermique. En effet, la conductivité thermique d'un caloduc 850 est mille fois supérieure à celle d'un tube de cuivre de dimensions équivalentes.

[0121] Forte conductivité thermique et grande souplesse de conception rendent particulièrement avantageuse l'utilisation des caloducs 850 afin de stabiliser des moyens d'obturation 400 dont l'organe de commande 401 consomme une puissance supérieure à quelques dizaines de Watts.

[0122] Il peut être prévu de disposer ces caloducs 850 de la manière suivante :

- mise en contact de la zone évaporateur 851 du caloduc 850 avec la zone à stabiliser et,
- mise en contact de la zone condenseur 852 avec une partie de la coque de refroidissement de la source.

[0123] Par ce biais, la stabilisation thermique des zones à stabiliser est assurée par la disposition de tubes caloducs 850 sans radiateurs additionnels, le refroidissement de la partie condenseur des caloducs 850 étant assurée par la zone de refroidissement 102 du bloc source 100.

[0124] Ainsi, l'utilisation des caloducs est particulièrement avantageuse dans le cas où la zone à stabiliser est située à une distance importante, typiquement supérieure à quelques centimètres de la zone de refroidissement de la source en raison de sa conductivité thermique élevée. Ce principe est notamment illustré sur la figure 3c où un caloduc 850 est utilisé pour évacuer les calories d'un obturateur rapide 450 qui pourra ainsi être placé à environ 20 centimètres du bloc source 100.

[0125] Des caloducs pourront également être utilisés efficacement pour effectuer un pont thermique entre la zone de refroidissement 102 du bloc source 100 et la zone à stabiliser lorsque ce pont thermique doit se faire au travers d'une pièce constituée d'un matériau à faible conductivité thermique tel que l'acier inoxydable.

[0126] Pour les montages avec équerre 700, on pourra également prévoir des caloducs 850 dont la zone évaporateur 851 est associée à l'équerre 700 de support afin d'empêcher que celle-ci ne forme un pont thermique entre les moyens d'obturation 400 et les moyens de conditionnement 500.

[0127] Des exemples de réalisations associant caloducs et équerre 700 de support sont représentés sur les figures 3a et 3c.

• *Moyens de stabilisation obturateur associés directement à l'organe de commande 401.*

[0128] Selon un autre mode de réalisation les moyens de stabilisation obturateur sont directement associés à l'organe de commande 401.

[0129] Ainsi, il peut être prévu de disposer au contact de la bobine un élément de forte conductivité thermique.

[0130] Dans le cas où l'organe de commande 401 comporte un servomoteur, l'élément de forte conductivité thermique est disposé au contact de la partie génératrice de chaleur du servomoteur.

[0131] Ce mode de réalisation permet d'effectuer un transfert thermique au plus près de la zone d'émission de chaleur. Ainsi, la chaleur ne se dissipe pas aux autres éléments du système 1 et la stabilisation est effectuée de manière particulièrement efficace.

[0132] Dans le cas où les supports d'organe de commande 402 forment une enceinte contenant la bobine, il peut également être prévu de faire circuler dans l'enceinte, un fluide caloporteur permettant un échange de chaleur particulièrement efficace entre la bobine et ce fluide.

• *Seconds moyens de stabilisation.*

[0133] De manière additionnelle ou alternative aux moyens de stabilisation 800 obturateur, le système 1 de délivrance selon un autre exemple de réalisation comprend d'autres moyens de stabilisation 800 associés aux moyens de conditionnement 500 et désignées seconds moyens de stabilisation.

[0134] Ces seconds moyens de stabilisation visent à stabiliser les moyens de conditionnement 500 soumis à

un transfert de chaleur généré par les moyens d'obturation.

[0135] De manière alternative, ces seconds moyens de stabilisation visent à empêcher qu'une variation de température du milieu ambiant n'influence les moyens de conditionnement 500. On précise à ce titre que la variation de température ambiante pourra être une variation de la température générale de la pièce environnante au système de délivrance de faisceau ou une variation localisée de température par exemple au niveau de l'échantillon qui pourra être porté à haute température pour des besoins expérimentaux ou porté à très basse température pour ne pas être dégradé (dans le cas d'échantillons organiques).

[0136] De manière avantageuse, les seconds moyens de stabilisation permettent à la fois de stabiliser les moyens de conditionnement 500 soumis à un transfert de chaleur généré par les moyens d'obturation, et d'empêcher qu'une variation de température du milieu ambiant n'influence les moyens de conditionnement 500.

[0137] Les éléments de transfert de chaleur que comportent les moyens de stabilisation 800 mentionnés précédemment à propos des moyens de stabilisation obturateur peuvent également être employés pour former les seconds moyens de stabilisation.

[0138] Ainsi, il peut être prévu d'associer aux moyens de conditionnement 500 :

- au moins une pièce refroidie par convection d'un liquide caloporteur,
- au moins un caloduc,
- au moins une pièce de forte conduction thermique.

[0139] Comme représenté sur la figure 1a des barreaux 811 d'un matériau conducteur (d'aluminium ou de cuivre) d'un diamètre de l'ordre de quelques millimètres peuvent être utilisés pour stabiliser l'équerre de support 700. Dans le cas du système représenté sur la figure 1a, le système 1 comporte en réalité deux barreaux en aluminium placés symétriquement par rapport au plan vertical (plan YZ sur la figure 1a).

[0140] Ces barreaux 811 insérés dans une partie de l'équerre de support sont également en contact avec la zone de refroidissement 102 assurant ainsi un transfert thermique vers cette zone de refroidissement.

[0141] Comme représenté sur la figure 3b un ou plusieurs caloducs 850 peuvent également être associés directement au bloc optique 520.

[0142] La zone évaporateur 851 du caloduc 850 est au contact du bloc optique 520 tandis que la zone condensateur 852 de ce même caloduc 850 est au contact de la zone de refroidissement 102 du bloc source 100.

[0143] Il peut également être prévu que le collimateur 530 soit au contact de la zone évaporateur 851 d'un caloduc 850 dont la zone condensateur 852 est au contact de la zone de refroidissement 102 du bloc source 100.

[0144] De telles solutions offrant une stabilisation des moyens de conditionnement 500 sont d'autant plus avan-

tageuses que ces moyens de conditionnement 500 jouent un rôle majeur dans les stabilités spatiale et temporelle du faisceau délivré.

[0145] A cet égard, la stabilisation thermique du pinhole est particulièrement décisive. En effet, le pinhole conditionne étroitement la dimension de la tache RX au niveau de l'échantillon, et de part ses très petites dimensions il est particulièrement sensible à toute variation de température.

- Moyens de stabilisation obturateur rapide

[0146] De façon additionnelle ou alternative aux moyens de stabilisation 800 mentionnés précédemment, un mode de réalisation de l'invention comporte des moyens de stabilisation 800 associés à des moyens d'obturation rapide 450. Ces moyens de stabilisation 800 sont désignés moyens de stabilisation obturateur rapide.

[0147] De même que pour les moyens de stabilisation 800 décrits précédemment, ces moyens de stabilisation obturateur rapide peuvent comporter l'un des éléments de transfert thermique suivant ou une combinaison de ces éléments de transfert thermique:

- au moins une pièce refroidie par convection d'un liquide caloporteur, ou
- au moins un caloduc, ou
- au moins une pièce de forte conduction thermique.

[0148] A titre d'exemple, et comme le représente la figure 3c, des moyens d'obturation rapide 450 sont disposés entre le bloc optique 520 et le collimateur 530.

[0149] Des moyens d'obturation rapide 450 comportant un caloduc 850 permettent de stabiliser ces moyens d'obturation rapide 450.

[0150] La zone évaporateur 851 du caloduc 850 est au contact des moyens d'obturation rapide 450 tandis que la zone condensateur 852 de ce même caloduc 850 est au contact de la zone de refroidissement 102 du bloc source 100.

[0151] A titre d'exemple, la source est constituée d'un tube fonctionnant avec une puissance de l'ordre de 50 Watts, et comporte des moyens de refroidissement 102 permettant d'évacuer une puissance thermique de l'ordre de 100 Watts assurant ainsi une stabilisation de la source mais également une stabilisation des moyens d'obturation et des moyens de conditionnements.

[0152] Les systèmes de délivrance de faisceau de rayons X selon l'invention permettent typiquement d'atteindre les performances suivantes :

- une stabilité spatiale de la tache RX au niveau de la zone d'analyse inférieure à 50 microns, et typiquement de l'ordre de 20 microns,
- une stabilité en intensité de plus ou moins 5% dans le temps au niveau d'une zone d'analyse inférieure à 100 microns.

[0153] Ces performances de stabilités sont obtenues indépendamment du nombre d'ouvertures de moyens d'obturation 400 et sont atteintes également avec des pinholes de diamètre de l'ordre de 50 μm .

[0154] Ces niveaux de stabilité sont atteints après un délai faisant suite à une ouverture des moyens d'obturation 400 d'environ:

- 1 minute environ pour un système 1 mis en veille, c'est-à-dire avec puissance maintenue à 10-20% de la puissance maximale,
- 10 minutes environ pour un système 1 démarré à froid.

[0155] L'élévation de température des moyens de conditionnement 500 suite à l'ouverture de la source est typiquement inférieure à 1°C.

[0156] Les systèmes de délivrance de faisceau de rayons X ainsi obtenus sont particulièrement adaptés à des applications de diffractions rayons X ou de fluorescence rayons X exigeant de fortes contraintes de stabilité.

[0157] Ainsi, de tels systèmes de délivrance de faisceau de rayons X se révèlent particulièrement avantageux dans le domaine de la fabrication de semi conducteur pour le contrôle des dérives procédé.

[0158] De manière avantageuse, les systèmes de délivrance de faisceau de rayons X selon l'invention offrent une très bonne stabilité spatiale et temporelle.

[0159] Avantageusement, ces performances de stabilité spatiale et temporelle sont obtenues indépendamment du nombre d'ouvertures des moyens d'obturation et indépendamment des variations de température du milieu ambiant.

[0160] Ils présentent un encombrement restreint et ne nécessitent pas de systèmes d'asservissement additionnel.

[0161] En effet, l'encombrement d'un système de délivrance de faisceau selon les exemples mentionnés ci-dessus et comprenant un bloc optique et un collimateur pourra typiquement présenter une longueur de 50 cm (dimension selon l'axe Z), une hauteur de 30 cm (dimension selon l'axe Y) et une largeur de 10 cm (dimension selon l'axe X).

[0162] Ils offrent également une stabilisation rapide tant pour un système mis en veille que pour un système démarré à froid.

[0163] Leur montage est simple et n'induit pas de coût supplémentaire important.

[0164] La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits ci-dessus, mais s'étend à tout mode de réalisation conforme à son esprit.

[0165] Notamment, la nature ainsi que la disposition des éléments de transfert thermique ne sont pas limités aux seuls exemples mentionnés.

[0166] En particulier, le nombre de caloducs ou de pièces conductrices peut être adapté sans sortir de l'enseignement de la présente demande.

[0167] De plus, un même système peut comprendre plusieurs éléments de transfert thermique de natures différentes, chacun de ces éléments étant associés à une zone de stabilisation respective.

[0168] En outre, les éléments de transfert thermique peuvent être combinés pour assurer la stabilisation d'une même zone à stabiliser. Ainsi, des moyens de stabilisation obturateur peuvent comprendre à la fois une pièce à forte conductivité thermique et une pièce refroidie par convection d'un liquide caloporteur.

Revendications

1. Système (1) de délivrance de faisceau de rayons X comprenant un bloc source (100) émettant un faisceau source de rayons X, des moyens de conditionnement (500) permettant de conditionner le faisceau source en direction d'un échantillon, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens de stabilisation (800) agencés de manière à stabiliser thermiquement une zone du système (1) située en aval du bloc source (100) pour limiter des transferts thermiques vers les moyens de conditionnement en vue d'empêcher les moyens de conditionnement (500) de subir des perturbations thermiques générées par des éléments externes auxdits moyens de conditionnement, lesdits moyens de stabilisation (800) comprenant des moyens de transfert de chaleur pour assurer un transfert de chaleur depuis la zone à stabiliser jusqu'à une zone refroidie ou stabilisée thermiquement.
2. Système (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce qu'il** comporte en aval du bloc source (100) des moyens d'obturation (400) du bloc source et **en ce que** les moyens de stabilisation (800) comprennent des moyens de stabilisation obturateur agencés de manière à stabiliser thermiquement les moyens d'obturation (400), les perturbations thermiques étant générées par les moyens d'obturation (400).
3. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte en aval du bloc source (100) des moyens d'obturation rapide (450) et **en ce que** les moyens de stabilisation (800) comprennent des moyens de stabilisation d'obturateur rapide agencés de manière à stabiliser thermiquement les moyens d'obturation rapide (450), les perturbations thermiques étant générées par les moyens d'obturation rapide (450).
4. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte des moyens d'obturation (400) et des moyens d'obturation rapide (450) comprenant au moins un organe de commande (401) générant les perturbations thermiques, et **en ce que** les moyens de stabilisation

(800) sont directement au contact de l'organe de commande (401) de manière à le stabiliser thermiquement.

5. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens d'obturation (400) et les moyens d'obturation rapide (450) comprennent au moins un organe de commande (401) générant les perturbations thermiques, des supports (402) d'organe de commande, et **en ce que** les moyens de stabilisation (800) sont au contact de ces supports (402) de manière à les stabiliser thermiquement. 5
6. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens stabilisation (800) comportent des seconds moyens de stabilisation agencés de manière à stabiliser thermiquement tout ou partie des moyens de conditionnement (500). 10
7. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend une équerre (700) de support des moyens de conditionnement (500), les moyens de stabilisation (800) étant agencés de manière à stabiliser thermiquement cette équerre (700). 20
8. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de conditionnement (500) comprennent un bloc optique (520) et/ou un collimateur (530). 25
9. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le bloc source (100) comprend une zone de refroidissement (102), et **en ce que** les moyens de stabilisation (800) sont agencés de manière à permettre un transfert de chaleur depuis au moins la zone à stabiliser vers la zone de refroidissement (102). 30
10. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de stabilisation (800) comportent au moins une plaque refroidie par convection d'un liquide caloporteur. 35
11. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le bloc source (100) comprend une zone de refroidissement, et **en ce que** les moyens de stabilisation (800) comportent une plaque d'un matériau conducteur en contact avec la zone de refroidissement (102) d'une part et avec la zone à stabiliser d'autre part. 40
12. Système (1) selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** le bloc source (100) comprend une zone de refroidissement, et **en** 45

ce que les moyens de stabilisation (800) comportent une plaque d'un matériau conducteur en contact avec la zone de refroidissement (102) d'une part et avec la zone à stabiliser d'autre part, la plaque présentant une certaine élasticité de manière à absorber des vibrations émises par les moyens d'obturation (400).

13. Système (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les moyens de stabilisation (800) comportent au moins un caloduc. 50
14. Système (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le bloc source (100) comprend au moins une zone de refroidissement, et **en ce que** le caloduc comprend une partie condensateur associée à la zone de refroidissement (102) et **en ce que** le caloduc comprend une partie évaporateur associée à la zone à stabiliser. 55
15. Procédé de stabilisation d'un faisceau de rayons X généré par un système (1) de délivrance de faisceau de rayons X comprenant un bloc source (100) émettant un faisceau source de rayons X, des moyens de conditionnement (500) permettant de conditionner le faisceau source en direction d'un échantillon, **caractérisé en ce qu'on** stabilise thermiquement une zone du système (1) située en aval du bloc source (100), pour limiter des transferts thermiques vers les moyens de conditionnement en vue d'empêcher les moyens de conditionnement (500) de subir des perturbations thermiques générées par des éléments externes auxdits moyens de conditionnement, la stabilisation thermique de la zone étant réalisée en assurant un transfert de chaleur depuis la zone à stabiliser jusqu'à une zone refroidie ou stabilisée thermiquement.

Claims

1. System (1) for delivering X-ray beams, comprising a source unit (100) emitting an X-ray source beam, and conditioning means (500) for conditioning the source beam in the direction of a sample, **characterised in that** it comprises stabilisation means (800) arranged so as to thermally stabilise an area of the system (1) situated downstream of the source unit (100) in order to limit heat transfers to the conditioning means with a view to preventing the conditioning means (500) from undergoing thermal disturbances caused by elements external to said conditioning means, said stabilisation means (800) comprising heat transfer means for ensuring a transfer of heat from the area to be stabilised to a cooled or thermally stabilised area.

2. System (1) according to the preceding claim, **characterised in that** it comprises, downstream of the source unit (100), obturation means (400) to close the source unit off and **in that** the stabilisation means (800) comprise obturator stabilisation means arranged so as to thermally stabilise the obturation means (400), the thermal disturbances being caused by the obturation means (400). 5
3. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it comprises rapid obturation means (450) downstream of the source unit (100) and **in that** the stabilisation means (800) comprise rapid obturator stabilisation means arranged so as to thermally stabilise the rapid obturation means (450), the thermal disturbances being caused by the rapid obturation means (450). 10
4. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it comprises obturation means (400) and rapid obturation means (450) comprising at least one control member (401) causing thermal disturbances, and **in that** the stabilisation means (800) are directly in contact with the control member (401) so as to stabilise it thermally. 20
5. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the obturation means (400) and the rapid obturation means (450) comprise at least one control member (401) causing the thermal disturbances, and control member supports (402), and **in that** the stabilisation means (800) are in contact with these supports (402) so as to stabilise them thermally. 30
6. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the stabilisation means (800) comprises second stabilisation means arranged so as to thermally stabilise all or part of the conditioning means (500). 40
7. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** it comprises a bracket (700) supporting the conditioning means (500), the stabilisation means (800) being arranged so as to thermally stabilise this bracket (700). 45
8. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the conditioning means (500) comprise an optical unit (520) and/or a collimator (530). 50
9. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the source unit (100) comprises a cooling area (102), and **in that** the stabilisation means (800) are arranged so as to allow a transfer of heat from at least the area to be stabilised to the cooling area (102).
10. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the stabilisation means (800) comprise at least one plate cooled by convection of a heat-transfer liquid.
11. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the source unit (100) comprises a cooling area, and **in that** the stabilisation means (800) comprise a plate made from a conductive material in contact firstly with the cooling area (102) and secondly with the area to be stabilised.
12. System (1) according to any one of claims 2 to 6, **characterised in that** the source unit (100) comprises a cooling area, and **in that** the stabilisation means (800) comprises a plate made from a conductive material in contact firstly with the cooling area (102) and secondly with the area to be stabilised, the plate having a certain amount of elasticity so as to absorb the vibrations emitted by the obturation means (400).
13. System (1) according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the stabilisation means (800) comprise at least one heat pipe.
14. System (1) according to the preceding claim, **characterised in that** the source unit (100) comprises at least one cooling area, and **in that** the heat pipe comprises a condenser part associated with the cooling area (102) and **in that** the heat pipe comprises an evaporator part associated with the area to be stabilised.
15. Method of stabilising an X-ray beam generated by a system (1) delivering X-ray beams, comprising a source unit (100) emitting an X-ray source beam, and conditioning means (500) for conditioning the source beam in the direction of a sample, **characterised in that** an area of the system (1) situated downstream of the source unit (100) is stabilised thermally in order to limit heat transfers to the conditioning means with a view to preventing the conditioning means (500) from undergoing thermal disturbances caused by elements external to said conditioning means, the thermal stabilisation of the area being achieved by providing a transfer of heat from the area to be stabilised to a cooled or thermally stabilised area. 35

Patentansprüche

1. System (1) zur Abgabe eines Röntgenstrahls, aufweisend einen Quellenblock (100), der einen Röntgenquellenstrahl emittiert, Konditionierungsmittel (500), die erlauben, den Quellenstrahl in Richtung einer Probe zu konditionieren, **dadurch gekennzeichnet**

- zeichnet, dass** es Stabilisierungsmittel (800) aufweist, die so konfiguriert sind, um eine stromabwärts des Quellenblocks (100) angeordnete Zone des Systems (1) thermisch zu stabilisieren, um thermische Übertragungen hin zu den Konditionierungsmitteln zu begrenzen, um zu verhindern, dass die Konditionierungsmittel (500) thermische Störungen erleiden, die von sich außerhalb der Konditionierungsmittel befindlichen Elementen erzeugt werden, wobei die Stabilisierungsmittel (800) Mittel zum Übertragen von Wärme aufweisen, um eine Wärmeübertragung von der zu stabilisierenden Zone aus hin zu einer gekühlten oder thermisch stabilisierten Zone sicherzustellen.
2. System (1) nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** es stromabwärts des Quellenblocks (100) Verschlussmittel (400) zum Verschließen des Quellenblocks aufweist, und dadurch, dass die Stabilisierungsmittel (800) Verschlussstabilisierungsmittel aufweisen, die so konfiguriert sind, um die Verschlussmittel (400) thermisch zu stabilisieren, wobei die thermischen Störungen von den Verschlussmitteln (400) erzeugt werden.
3. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es stromabwärts des Quellenblocks (100) Schnellverschlussmittel (450) aufweist, und dadurch, dass die Stabilisierungsmittel (800) Schnellverschluss-Stabilisierungsmittel aufweisen, die so konfiguriert sind, um die Schnellverschlussmittel (450) thermisch zu stabilisieren, wobei die thermischen Störungen von den Schnellverschlussmitteln (450) erzeugt werden.
4. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es Verschlussmittel (400) und Schnellverschlussmittel (450) aufweist, die mindestens ein die thermischen Störungen erzeugendes Steuerelement (401) aufweisen, und dadurch, dass die Stabilisierungsmittel (800) direkt in Kontakt mit dem Steuerelement (401) sind, um es thermisch zu stabilisieren.
5. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verschlussmittel (400) und die Schnellverschlussmittel (450) mindestens ein die thermischen Störungen erzeugendes Steuerelement (401) und Steuerelementträger (402) aufweisen, und dadurch, dass die Stabilisierungsmittel (800) in Kontakt mit diesen Trägern (402) sind, um sie thermisch zu stabilisieren.
6. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stabilisierungsmittel (800) zweite Stabilisierungsmittel aufweisen, die so konfiguriert sind, um eine Gesamtheit oder einen Teil der Konditionierungsmittel (500) thermisch zu stabilisieren.
7. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Winkelstütze (700) zum Stützen der Konditionierungsmittel (500) aufweist, wobei die Stabilisierungsmittel (800) so konfiguriert sind, um diese Winkelstütze (700) thermisch zu stabilisieren.
8. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Konditionierungsmittel (500) einen optischen Block (520) und/oder einen Kollimator (530) aufweisen.
9. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Quellenblock (100) eine Kühlungszone (102) aufweist, und dadurch, dass die Stabilisierungsmittel (800) so konfiguriert sind, um eine Wärmeübertragung von der zu stabilisierenden Zone aus hin zu der Kühlungszone (102) zu erlauben.
10. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stabilisierungsmittel (800) mindestens eine durch Konvektion einer Kühlmittelflüssigkeit gekühlte Platte aufweisen.
11. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Quellenblock (100) eine Kühlungszone aufweist, und dadurch, dass die Stabilisierungsmittel (800) eine Platte eines leitenden Materials aufweisen, die einerseits mit der Kühlungszone (102) und andererseits mit der zu stabilisierenden Zone in Kontakt ist.
12. System (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Quellenblock (100) eine Kühlungszone aufweist, und dadurch, dass die Stabilisierungsmittel (800) eine Platte eines leitenden Materials aufweisen, die einerseits mit der Kühlungszone (102) und andererseits mit der zu stabilisierenden Zone in Kontakt ist, wobei die Platte eine gewisse Elastizität aufweist, um Schwingungen, die von den Verschlussmitteln (400) abgegeben werden, zu absorbieren.
13. System (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stabilisierungsmittel (800) mindestens ein Wärmerohr aufweisen.
14. System (1) nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Quellenblock (100) mindestens eine Kühlungszone aufweist, und dadurch, dass das Wärmerohr einen mit der Kühlungszone (102) in Verbindung stehenden Kondens-

satorteil aufweist, und dadurch, dass das Wärmehrohr einen mit der zu stabilisierenden Zone in Verbindung stehenden Verdampferteil aufweist.

15. Verfahren zum Stabilisieren eines Röntgenstrahls, der von einem Röntgenstrahl-Abgabesystem (1) erzeugt wird, das einen Quellenblock (100), der einen Röntgenquellenstrahl emittiert, und Konditionierungsmittel (500) aufweist, die erlauben, den Quellenstrahl in Richtung einer Probe zu konditionieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine stromabwärts des Quellenblocks (100) angeordnete Zone des Systems (1) thermisch stabilisiert wird, um thermische Übertragungen hin zu den Konditionierungsmitteln zu begrenzen, um zu verhindern, dass die Konditionierungsmittel (500) thermische Störungen erleiden, die von sich außerhalb der Konditionierungsmittel befindlichen Elementen erzeugt werden, wobei die thermische Stabilisierung der Zone dadurch verwirklicht wird, dass eine Wärmeübertragung von der zu stabilisierenden Zone aus hin zu einer gekühlten oder thermisch stabilisierten Zone sichergestellt wird.

25

30

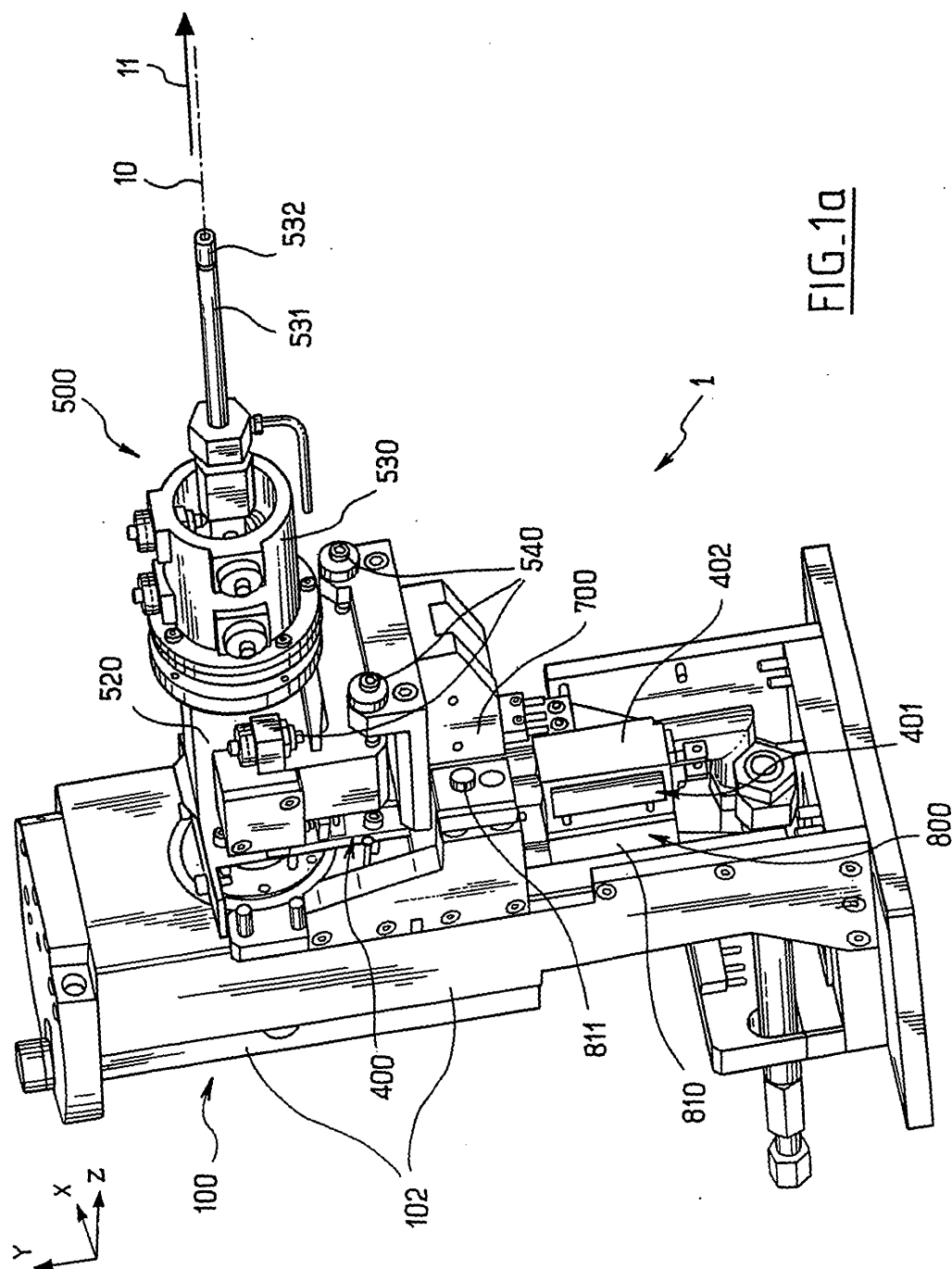
35

40

45

50

55



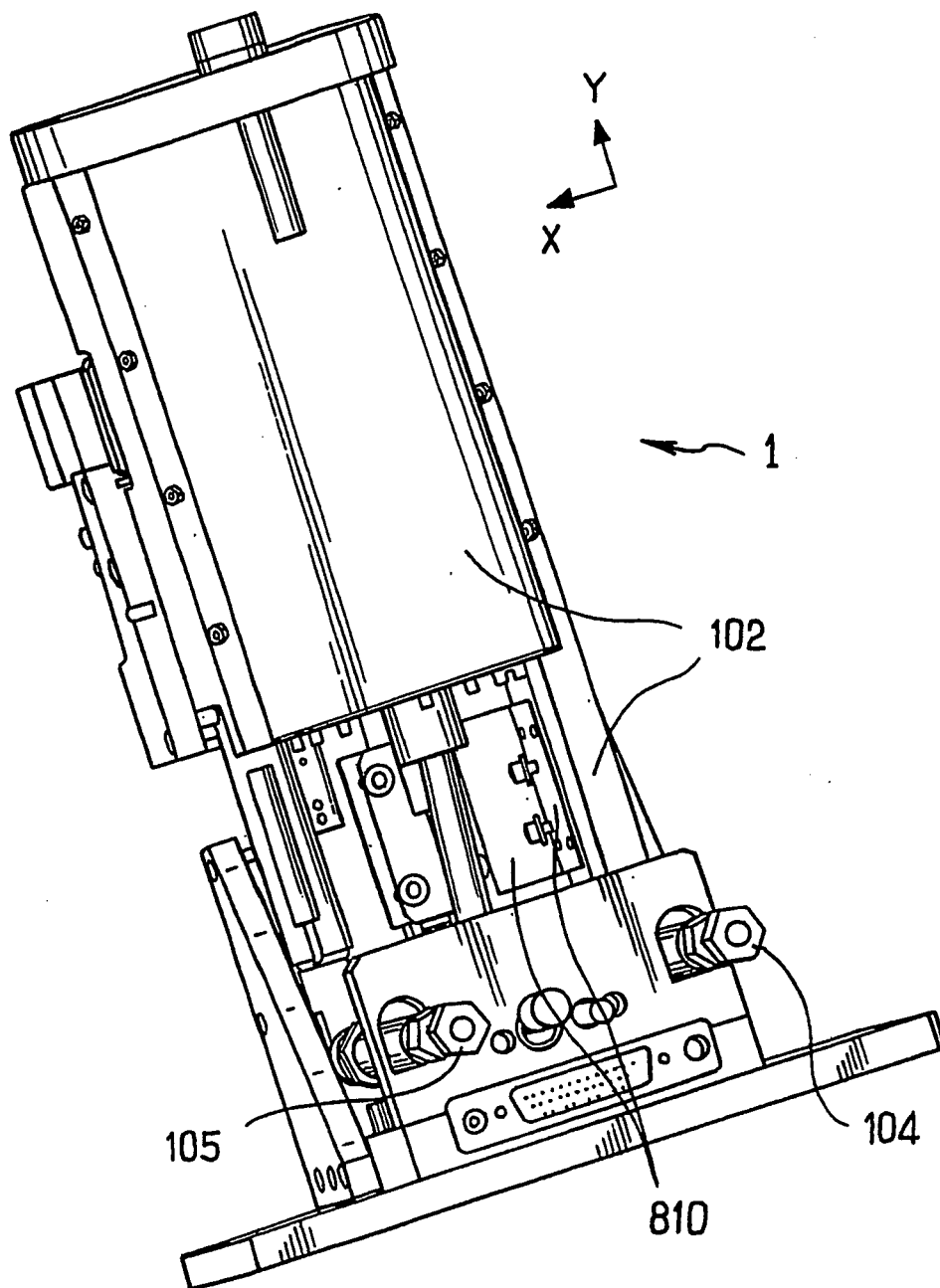
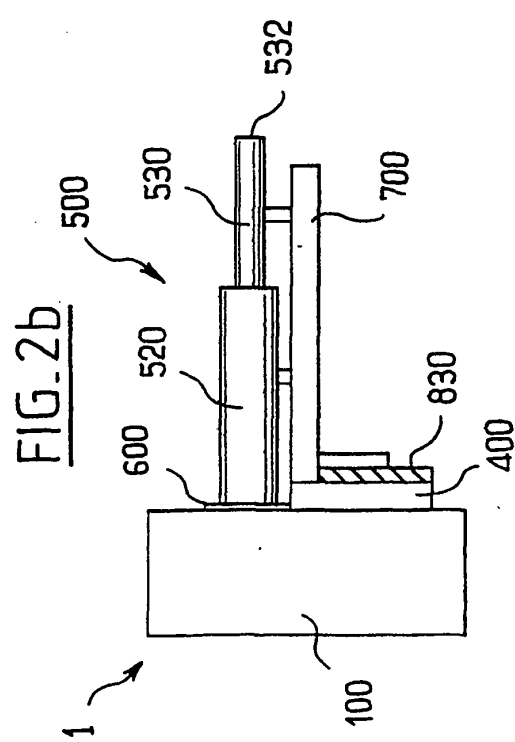
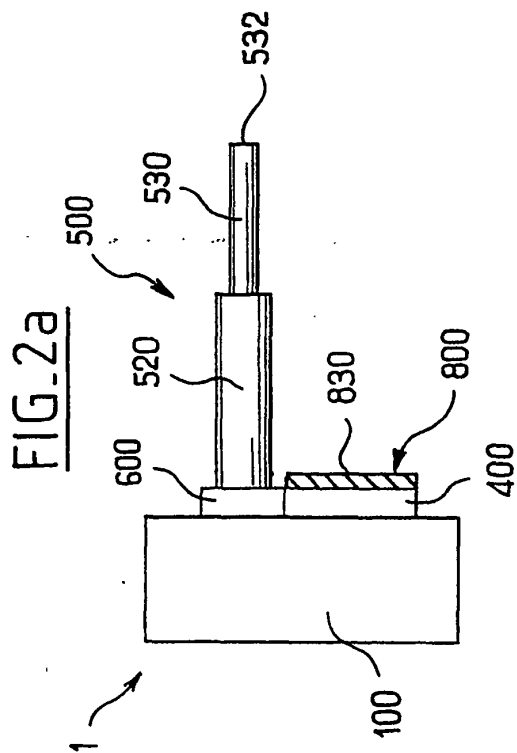
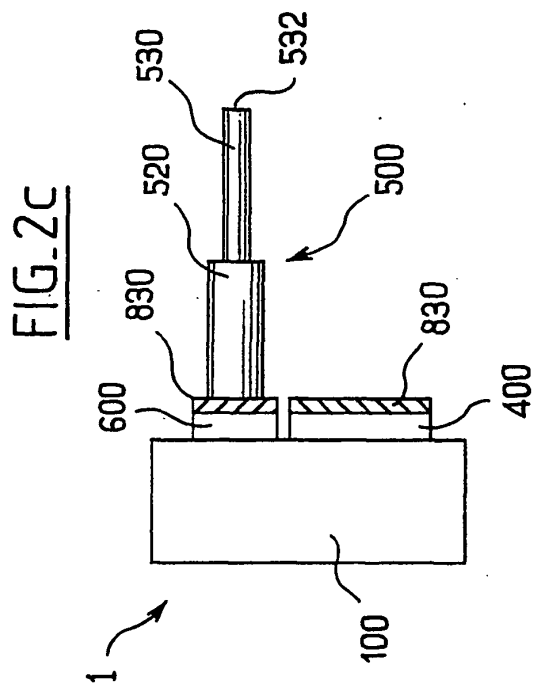
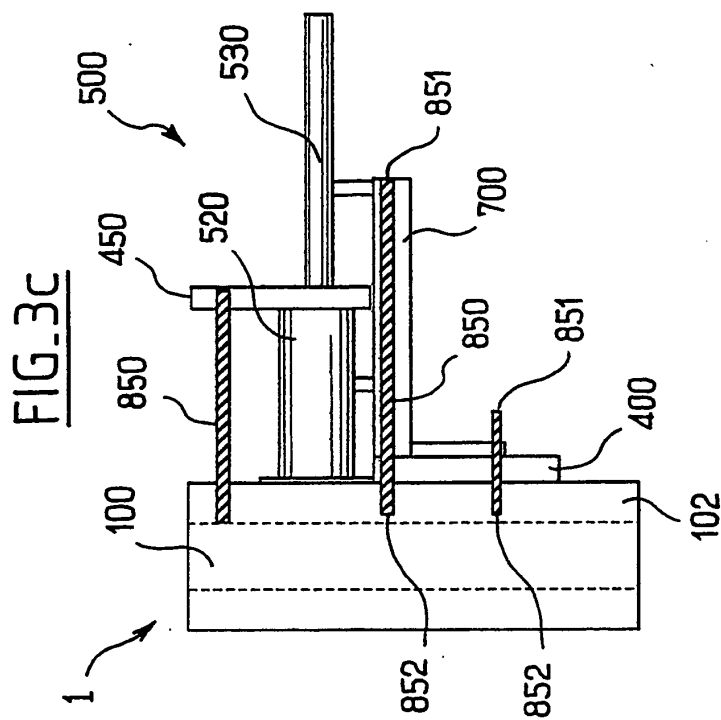
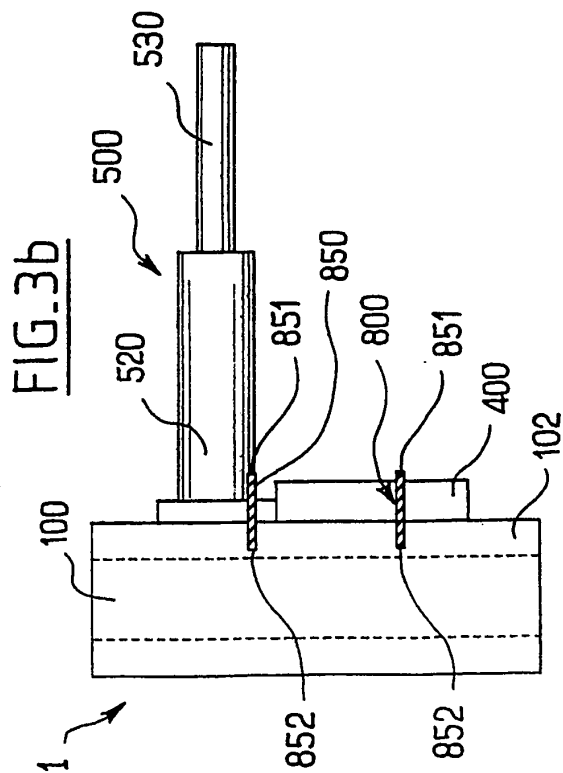
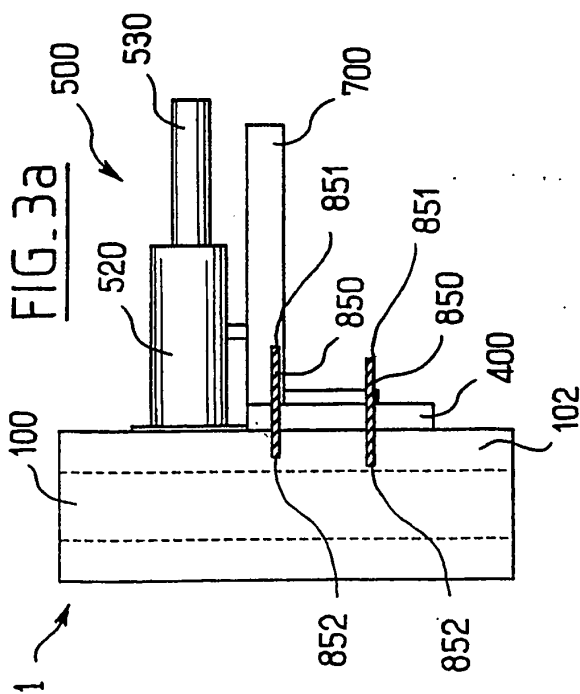


FIG. 1b





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

- FR 2841371 [0046]