

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Numéro de publication:

0 242 294 B1

12

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

45 Date de publication de fascicule du brevet:
19.06.91

51 Int. Cl.⁵: **G21F 1/10**

21 Numéro de dépôt: **87400849.3**

22 Date de dépôt: **14.04.87**

54 **Matériau de protection contre les rayons x.**

30 Priorité: **16.04.86 FR 8605441**

73 Titulaire: **AEROSPATIALE Société Nationale Industrielle**
37, Boulevard de Montmorency
F-75781 Paris Cédex 16(FR)

43 Date de publication de la demande:
21.10.87 Bulletin 87/43

72 Inventeur: **Valy, Yves**
41, rue Edouard Branly
F-33160 Saint Medard en Jalles(FR)
Inventeur: **Bourcereau, Jean**
62, rue Berreur
F-33000 Bordeaux(FR)

45 Mention de la délivrance du brevet:
19.06.91 Bulletin 91/25

Inventeur: **Sainte Luce Banchelin, Jean**
15, rue de l'Aste

84 Etats contractants désignés:
BE CH DE ES GB IT LI NL SE

F-33160 Saint Medard en Jalles(FR)

56 Documents cités:

BE-A- 639 424 **FR-A- 1 168 251**
FR-A- 2 212 613 **FR-A- 2 406 870**
FR-A- 2 439 460 **FR-A- 2 570 001**
US-A- 3 114 721

Inventeur: **Puech, Michel**

Rue Sainte Elisabeth Parc Des Tourelles
33200 Bordeaux-Cauderan(FR)

Inventeur: **Duphil, Jean**
22 rue Theodore Ducos
33000 Bordeaux(FR)

74 Mandataire: **Mongrédién, André et al**
c/o SOCIETE DE PROTECTION DES INVEN-
TIONS 25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris(FR)

EP 0 242 294 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention a pour objet un matériau de protection contre les rayons X et différents procédés de fabrication de ce matériau. Ce matériau de protection peut être utilisé pour protéger un grand nombre de dispositifs sensibles aux rayons X tels que les dispositifs électroniques ou optiques ainsi que les personnes travaillant sous rayons X comme les radiologues.

L'invention s'applique plus spécialement à la protection contre les rayons X des circuits intégrés et des fibres optiques, employées dans les domaines aéronautique et spatial.

L'une des techniques les plus utilisées pour protéger un dispositif quelconque contre les rayons X, consiste à enfermer ce dispositif dans une enveloppe de métal pur de numéro atomique élevé. Le métal et l'épaisseur de la feuille métallique sont choisis et adaptés en fonction de l'énergie du rayonnement X considéré et du taux de filtrage désiré. Cette technique permet d'assurer une protection efficace contre des doses élevées de rayons X mais aussi contre des rayons X à fort débit de dose.

Malheureusement la mise en oeuvre des métaux les plus intéressants pour ce type de protection est difficile et coûteuse. Par ailleurs, les exigences de fixation de ces matériaux de protection et la garantie de leur non dégradation vis-à-vis des diverses ambiances (climatique, mécanique, ionisante, etc.) font que le devis de masse de l'ensemble du dispositif est fortement augmenté par rapport au dispositif non protégé contre les rayons X.

Dans la plupart des cas, la feuille de métal de protection contre les rayons X ne peut être placée directement contre la totalité des faces extérieures du dispositif à cause du profil souvent complexe de celui-ci. En particulier, dans le cas de dispositifs électroniques, cette complexité de profil est souvent imposée par des contraintes de dissipation thermique.

En conséquence, le volume défini par la feuille de protection métallique se trouve être supérieur au volume du dispositif à protéger. Ceci conduit à une augmentation du poids et de l'encombrement du dispositif, augmentation renforcée par des dispositifs mécaniques qui deviennent nécessaires pour le maintien en place de la feuille métallique (entretoise, équerre, visserie, etc.).

Par ailleurs, ces dispositifs de maintien doivent être réalisés dans le même métal que celui de la feuille métallique de protection afin de ne pas créer de "trous" dans la protection contre les rayons X.

Dans certains cas, il est possible d'effectuer directement le dépôt métallique de protection contre les rayons X dans l'épaisseur souhaitée sur le dispositif à protéger soit par trempage de celui-

ci dans un bain liquide, soit par électrolyse. Malheureusement, ces procédés de dépôt ne sont pas possibles pour tous les métaux utilisables pour la protection contre les rayons X. D'autre part, les épaisseurs pouvant être déposées pour les métaux se prêtant à ces techniques, sont limitées, sauf à mettre en cause la qualité de l'adhérence des dépôts.

Par ailleurs, l'obtention de l'homogénéité de ces dépôts impose de procéder par étapes successives avec, dans la plupart des cas, une reprise d'usinage entre les dépôts afin d'assurer dans certains cas le respect des cotes du dispositif au stade final.

Ces techniques de dépôt sont donc limitées et entraînent un coût élevé du dispositif protégé contre les rayons X.

Dans le cas particulier de la protection contre les rayons X de composants électroniques embarqués, on a envisagé une protection spécifique pour chaque composant, constituant une solution différente et évoluée par rapport aux solutions classiques précédentes.

Cette protection spécifique est décrite dans le document FR-A 2 547 113 déposé au nom de la Compagnie D'Informatique Militaire, Spatiale et Aéronautique. Elle consiste à utiliser plusieurs couches empilées de matériaux différents ayant des numéros atomiques (Z) distincts.

Comme matériau ayant un nombre de charge atomique élevé, il est cité des céramiques diélectriques telles que le titanate de baryum ou de néodyme, l'oxyde de titane ou encore une céramique complexe à base de plomb.

Comme matériau ayant un nombre de charge atomique faible, il est cité le carbone, l'aluminium, le silicium, l'alumine et la silice.

Suivant les applications et le nombre de composants concernés, la multiplication des protections individuelles peut se révéler plus pénalisante en poids qu'une protection globale de l'ensemble des composants électroniques. Par ailleurs, la technologie d'élaboration des divers matériaux constituant les empilements s'appuie sur des procédés utilisés pour la fabrication de condensateurs et notamment de procédés de frittage. En particulier, le procédé décrit ne permet pas l'obtention d'un matériau de protection contre les rayons X ayant une forme complexe.

Dans le cadre de la protection de personnes travaillant en présence de rayons X, les matériaux utilisés se composent principalement d'une charge telle que le plomb, dispersée dans un liant organique. De tels matériaux de protection sont en particulier décrits dans le document FR-A-2 190 717 déposé au nom de de la Société Giken, le document FR-A-2 482 761 déposé au nom A. MAURIN, et le brevet US-A-3 622 432 de la H.K. POR-

TER Company.

Ces matériaux à base de plomb ne peuvent être utilisés comme matériau de protection contre les rayons X que pour des rayonnements de faible débit de dose associés à des temps de distribution de la dose relativement importants.

Par ailleurs, on connaît, dans le domaine du bâtiment, des matériaux de protection contre les rayonnements γ et neutroniques formés d'une matière plastique ou caoutchoutée renfermant de la poudre d'un sel de plomb, de tungstène, de baryum, de cadmium, de bismuth ou d'étain d'un acide gras saturé. Ces matériaux sont notamment décrits dans le document FR-A-2 027 514 déposé au nom de F. MARYEN.

La présente invention a justement pour objet un matériau de protection contre les rayons X permettant de remédier aux différents inconvénients donnés cidessus. En particulier, ce matériau de protection, du type matériau organique contenant une charge, permet, par rapport à l'emploi d'une feuille de métal lourd, un gain de masse et d'encombrement tout en assurant une protection efficace contre des rayonnements X à fort débit de dose et en particulier à débit de dose supérieur à 10^8 rad.s.

Par ailleurs, ce matériau de protection ne pose pas de problème majeur de fabrication et peut être utilisé dans un plus grand nombre d'applications que ceux de l'art antérieur.

De façon plus précise, l'invention a pour objet un matériau de protection contre les rayons X, caractérisé en ce qu'il est formé d'une matrice en résine renfermant sous forme d'une poudre régulièrement dispersée au moins un métal et/ou au moins un composé inorganique d'un métal, la poudre ne fondant qu'à une température au moins égale à 630°C et le métal présentant un numéro atomique au moins égal à 47.

Par poudre d'au moins un métal et/ou d'au moins un composé inorganique d'un métal, il faut en particulier comprendre une poudre constituée d'un métal et d'un composé inorganique de ce même métal ou d'un autre métal.

Par poudre ne fondant qu'à une température au moins égale à 630°C , il faut comprendre que les métaux et les composés inorganiques présents sous forme de poudre dans la matrice organique présentent tous une température de fusion supérieure ou égale à 630°C .

L'utilisation d'un métal de numéro atomique élevé, supérieur ou égal à 47, permet un filtrage efficace des rayons X.

Dans le cas d'un débit de dose intense d'un rayonnement X et pour des durées brèves, le filtrage de ceux-ci entraîne un phénomène de thermochoque au sein du matériau. Ces thermochoques sont aussi liés au spectre d'énergie considéré. A effica-

5 cité de filtrage égale, le thermochoque engendré dans le matériau de protection sera beaucoup plus faible que dans le métal correspondant sous forme massive. Ceci induit une double conséquence favorable vis-à-vis de la non dégradation du matériau de protection de l'invention contre les rayons X et vis-à-vis des objets à protéger.

10 C'est pour éviter les effets indésirables annexes, liés à ces chocs thermiques tel que la fusion superficielle des grains pouvant conduire à la destruction du matériau de protection, que les inventeurs ont sélectionné des matériaux ayant un point de fusion supérieur ou égal à 630° .

15 Les dimensionnements (épaisseurs) et l'efficacité du matériau de protection contre les rayons X sont calculés dans le domaine d'énergie de l'absorption, par effet photoélectrique, du matériau.

20 A l'intérieur de ce domaine et pour une énergie ou un spectre donné, les paramètres influant sur le niveau de protection, c'est-à-dire sur le filtrage, sont définis pour offrir la même efficacité de protection qu'un métal massif pris comme référence. L'efficacité du filtrage du métal massif de référence est exprimée en g/cm^2 .

25 Pour le matériau de protection contre les rayons X conformément à l'invention, on parle alors de filtrage équivalent à n g/cm^2 du métal de référence, n étant fonction de l'exigence d'efficacité.

30 Pour une application particulière sans contrainte d'épaisseur, on pourra utiliser n'importe lequel des matériaux de protection objet de l'invention. Dans d'autres applications, le niveau de protection possible étant fonction, en partie, de l'épaisseur disponible pour loger des matériaux de protection contre les rayons X, la nature de la poudre et sa quantité dans la matrice en résine seront imposées.

35 A quantité de métal pur égale, l'utilisation d'une poudre répartie régulièrement dans une matrice en résine amène une perte d'efficacité par rapport au métal en feuille, toutes autres conditions identiques. Cette perte d'efficacité est fonction essentiellement de la granulométrie de la poudre et de la quantité de poudre dans le liant organique, une répartition homogène étant supposée acquise.

40 La perte d'efficacité est d'autant plus faible que la quantité de poudre est forte et que la granulométrie est faible. A cet effet, on choisira de préférence une poudre présentant une granulométrie allant de $0,5$ à $25\ \mu\text{m}$. En-dessous de $0,5\ \mu\text{m}$, les opérations de mélange de poudre restent possibles mais présentent des difficultés beaucoup plus importantes. Au-dessus de la valeur de $10\ \mu\text{m}$, la protection contre les rayons X n'est plus assurée de façon aussi efficace.

45 La valeur de dispersion de la granulométrie des poudres dans la matrice est liée à la valeur moyenne de la granulométrie choisie pour l'appli-

cation considérée. Cette valeur de dispersion peut aller jusqu'à cinq fois la valeur moyenne de la granulométrie.

Le paramètre granulométrique garantissant le meilleur compromis "coût-performance-facilité de mise en oeuvre", se situe pour une poudre de granulométrie de valeur moyenne de 4 μm avec un coefficient de dispersion de 2,5. La poudre peut donc contenir avantageusement des grains ayant des dimensions allant de 1,6 μm à 10 μm .

La quantité de poudre dans le liant peut aller jusqu'à 50% en volume du matériau fini de protection contre les rayons X. Comme pour la granulométrie, plus la quantité de poudre est élevée, plus la protection est efficace. Toutefois, une quantité de poudre supérieure à 50% en volume est contraire à une bonne tenue mécanique du matériau et à une bonne homogénéité de ce dernier. Par ailleurs, la quantité minimale de poudre permettant d'assurer une protection efficace contre les rayons X est de 25% en volume du matériau de protection fini.

Dans la gamme ci-dessus, plus la quantité de poudre est élevée, plus le matériau de protection est lourd et rigide. En conséquence, le taux de dopage est fonction de l'application envisagée, et notamment fonction de la souplesse souhaitée pour le matériau de protection.

De même, suivant la souplesse souhaitée pour le matériau de protection, on pourra utiliser une résine thermoplastique ou thermodurcissable. Comme résine utilisable, on peut citer des polyamides, des polyéthers, des polyesters, des phénoplastes ou résines phénoliques, des polyoléfines, des époxydes, des polyimides, des silicones et des résines furaniques.

De préférence, on utilise une résine silicone telle qu'un mélange de RTV1502 et RTV141 de Rhône Poulenc, une résine phénolique telle que la bakélite ou une résine polyétherblockamide ou polyétherblockester.

La poudre métallique dispersée dans le liant organique peut être une poudre d'argent, d'antimoine, de baryum, d'une terre rare, de tantale, de tungstène, de rhénium, d'irridium, de platine, d'or, d'uranium, d'hafnium ou un mélange de ces métaux. On utilise de préférence comme poudre métallique de l'argent, du tantale, du tungstène ou de l'uranium.

De même, la poudre constituée d'un composé inorganique, dispersée dans le liant organique, peut être un oxyde, un nitrure, un carbure d'un métal lourd dont le numéro atomique est au moins égal à 47 ou un mélange de ces composés. Comme métaux entrant dans la composition du composé inorganique, on peut utiliser ceux cités précédemment. De façon avantageuse, le composé inorganique est un oxyde, un nitrure ou un carbure

d'argent, de tantale, de tungstène ou d'uranium lorsque ce composé existe effectivement.

Pour un métal pur donné, l'efficacité de filtrage des rayons X est une relation entre le spectre d'irradiation et les niveaux d'énergie des bandes d'électrons du métal de référence. Ces niveaux d'énergie possèdent des discontinuités qui font que, pour une énergie de rayonnement X donnée, un métal "A", et par conséquent un composé inorganique de ce métal, filtre plus qu'un métal "B" et donc qu'un composé inorganique de ce dernier. A une énergie différente, ce métal "B" pourra filtrer davantage que le métal "A" il en est de même pour les composés inorganiques de ces métaux.

Ainsi l'emploi d'un ou plusieurs métaux et/ou d'un ou plusieurs composés inorganiques d'un métal permet, d'optimiser la protection contre les rayons X sur un spectre d'énergie très étendu. Le choix des métaux et/ou composés inorganiques à mélanger tient compte de l'utilisation spécifique prévue. Par ailleurs, on associe en particulier des métaux et/ou des composés ayant des spectres d'absorption complémentaires afin d'obtenir la protection X désirée. A cet effet, on peut utiliser une poudre contenant soit du baryum et de l'hafnium, soit du tungstène et de l'oxyde d'uranium (UO_2), soit du tantale et de l'oxyde d'uranium (UO_2).

On peut aussi utiliser plusieurs métaux (W + Ta par exemple) et/ou plusieurs composés inorganiques ayant des spectres d'absorption voisins pour des raisons métallurgiques, de coût ou d'approvisionnement.

Les poudres métalliques ou des composés inorganiques d'un métal utilisé présentent avantageusement une pureté supérieure à 99,9% pour permettre une homogénéité de l'opacité aux rayons X.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux à la lecture des exemples de matériaux et de procédés de fabrication de ces matériaux, donnés ci-après.

Exemple 1

Dans un récipient en matériau réfractaire, on fond à une température de 220 °C des granulés d'une résine commercialisée sous la référence PA11 de chez ATOCHEM. Cette résine est une résine polyamide thermoplastique, dont la polymérisation est obtenue par refroidissement à l'ambiante.

A cette résine fondue, on ajoute du tungstène en poudre représentant 30% en volume du produit fini. Cette poudre présente une granulométrie moyenne de 4 μm et une dispersion de 2,5. La pureté du tungstène est de 99,9 %. On introduit ensuite ce mélange dans une extrudeuse-granuleuse ZSK30 de la société WERNER afin d'obtenir

des granulés de mélange de 3 à 5mm de diamètre pouvant être polymérisés suivant une forme quelconque.

Ces granulés de mélange sont en particulier introduits dans un moule contenant un boîtier, destiné à contenir des circuits électroniques et devant être protégé contre les rayons X. L'épaisseur du revêtement de protection dépendant de l'efficacité du filtrage des rayons X souhaité et du spectre d'énergie de ces rayons peut être adaptée dans chaque cas. Toutefois une épaisseur de 1,5 mm peut être suffisante dans la majorité des cas.

Le revêtement du boîtier est réalisé par surmoulage par injection ou par compression du matériau de protection contre les rayons X sur le boîtier à protéger, logé dans le moule.

Exemple 2

Dans les mêmes conditions opératoires, on réalise un matériau de protection contre les rayons X avec la résine PA11 contenant 6% en volume de tungstène et 24% en volume d'oxyde d'uranium UO₂. Les poudres de W et UO₂ ont une granulométrie de 4 μm et une dispersion de 2,5. Le matériau, obtenu par surmoulage par injection sur un boîtier, permet d'assurer une protection efficace contre des rayons X d'énergie allant de 4 à 70 KeV. Une épaisseur supérieure à 2 mm de ce matériau est suffisante pour assurer une protection efficace de circuits électroniques logés dans le boîtier.

Exemples 3 et 4

Dans les mêmes conditions que dans l'exemple 1, on a réalisé un matériau de protection contre les rayons X formé d'une résine DINYL de chez RHONE-POULENC contenant 30% en volume d'une poudre de tungstène de 99,9% de pureté. Cette résine est une polyétherblockamide, thermoplastique. La granulométrie moyenne de cette poudre était de 4μm avec un coefficient de dispersion de 2,5. Ce matériau a été utilisé pour recouvrir des fibres optiques de silice. Le diamètre extérieur du gainage des fibres était de 2,5 mm.

Un matériau similaire peut être obtenu en remplaçant la résine DINYL par la résine HYTREL de DUPONT de NEMOURS, cette dernière étant un polyétherblockester (thermoplastique).

Exemple 5

On a réalisé un matériau de protection contre les rayons X formé d'une matrice en silicone (RTV1502 + RTV141) contenant une poudre de tungstène à raison de 40% en volume du matériau fini. La poudre de tungstène présente les mêmes

caractéristiques que ci-dessus. Le matériau obtenu est souple et présente un allongement à la rupture supérieur à 50%. Ce matériau est particulièrement bien adapté pour revêtir des conducteurs électriques ou des fibres optiques, compte tenu de sa souplesse.

Dans les différents exemples donnés ci-dessus, l'homogénéité de l'opacité du matériau de protection contre les rayons X a été contrôlée par une analyse microdensitométrique d'un cliché de la pièce obtenue en radiographie X. La finesse de mesure atteint des dimensions de 2×5μm.

On constate que les matériaux obtenus selon l'invention, possèdent une répartition des valeurs d'opacité qui s'inscrit toujours à l'intérieur de la répartition d'opacité de la protection équivalente du métal pur pris comme référence en fonction de l'état métallurgique (état de surface, planéité, rayure, effet de bord) de l'échantillon de ce métal, toutes choses égales par ailleurs.

Lorsque la matrice en résine du matériau de protection selon l'invention est une résine thermoplastique, le matériau sera principalement utilisé comme matériau de revêtement ; il pourra revêtir un boîtier rigide ou un panneau plan ou galbé en matière plastique ou en métal, un conducteur électrique ou un conducteur optique en plastique ou en verre. Dans une telle application, la résine utilisée devra présenter un coefficient de dilatation compatible avec celui du matériau constituant la surface à recouvrir.

Dans le cas d'un matériau de protection selon l'invention, celui-ci pourra être réalisé directement sous forme d'un boîtier ou d'un panneau de protection, rigide ou souple suivant la résine utilisée.

Le matériau selon l'invention trouve son application partout où un dispositif quelconque doit être protégé contre les rayons X et plus particulièrement en cas d'ambiance mécanique et climatique sévère.

Plus spécialement, l'invention s'applique lorsqu'il est requis des conditions de masse minimum. En effet, le matériau selon l'invention, permet à efficacité de filtrage équivalente à celle d'une feuille en matériau massif, un gain de masse, d'encombrement et une diminution des coûts de fabrication. Ainsi, le matériau selon l'invention pourra être utilisé avantageusement pour protéger les dispositifs électroniques embarqués sur aéronef.

Revendications

1. Matériau de protection contre les rayons X, caractérisé en ce qu'il est formé essentiellement d'une matrice en résine renfermant sous forme d'une poudre régulièrement dispersée, ne fondant qu'à une température au moins égale à 630°C, un mélange (a) de

métaux de numéro atomique au moins égal à 47 ou un mélange (b) d'au moins un métal de numéro atomique au moins égal à 47 et d'au moins un composé inorganique d'un métal de numéro atomique au moins égal à 47.

2. Matériau selon la revendication 1, caractérisé en ce que le mélange (a) de métaux inclut au moins deux métaux ayant des spectres complémentaires d'absorption des rayons X.
3. Matériau selon la revendication 1, caractérisé en ce que le métal et le composé inorganique du mélange b) présente des spectres complémentaires d'absorption des rayons X.
4. Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la poudre représente de 25 à 50% en volume dudit matériau.
5. Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la poudre présente une granulométrie allant de 0,5 à 25 μm .
6. Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la poudre présente une granulométrie allant de 1,6 à 10 μm .
7. Matériau selon la revendication 1, caractérisé en ce que le métal est choisi parmi l'argent, le tantale, le tungstène, le barium, l'hafnium et l'uranium.
8. Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le composé inorganique est choisi parmi un oxyde, un nitrure et un carbure.
9. Matériau selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la poudre est formée d'un mélange de barium et d'hafnium, d'un mélange de tungstène et d'oxyde d'uranium, d'un mélange de tantale et d'oxyde d'uranium ou d'un mélange de tungstène et de tantale.

Claims

1. Material for protecting against x-rays, characterized in that it is essentially formed by a resin matrix containing in the form of a regularly dispersed powder and only melting at a temperature at least equal to 630 °C, a mixture (a) of metals having an atomic number at least equal to 47 or a mixture (b) of at least one

metal with an atomic number at least equal to 47 and at least one inorganic compound of a metal with an atomic number at least equal to 47.

2. Material according to claim 1, characterized in that the mixture (a) of metals includes at least two metals having complementary X-ray absorption spectra.
3. Material according to claim 1, characterized in that the metal and the inorganic compound of mixture (b) have complementary X-ray absorption spectra.
4. Material according to any one of the claims 1 to 3, characterized in that the powder represents 25 to 50% by volume of said material.
5. Material according to any one of the claims 1 to 4, characterized in that the powder has a grain size between 0.5 and 25 μm .
6. Material according to any one of the claims 1 to 5, characterized in that the powder has a grain size between 1.6 and 10 μm .
7. Material according to claim 1, characterized in that the metal is chosen from among silver, tantalum, tungsten, barium, hafnium and uranium.
8. Material according to any one of the claims 1 to 7, characterized in that the inorganic compound is chosen from among an oxide, a nitride and a carbide.
9. Material according to any one of the claims 1 to 8, characterized in that the powder is formed from a mixture of barium and hafnium, a mixture of uranium oxide and tungsten, a mixture of uranium oxide and tantalum or a mixture of tungsten and tantalum.

Ansprüche

1. Material zum Schutz gegen Röntgenstrahlen, dadurch gekennzeichnet, daß es im wesentlichen besteht aus einer Harzmatrix, die ein Gemisch (a) von Metallen mit der Atomzahl von mindestens 47 oder ein Gemisch (b) aus mindestens einem Metall mit der Atomzahl von mindestens 47 und mindestens einer anorganischen Verbindung eines Metalls mit der Atomzahl von mindestens 47 in Form eines gleichmäßig dispergierten Pulvers enthält, das erst bei einer Temperatur von mindestens 630 °C schmilzt.

2. Material nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gemisch (a) von Metallen mindestens zwei Metalle umfaßt, die komplementäre Röntgenstrahlenabsorptionsspektren aufweisen. 5
3. Material nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Metall und die organische Verbindung des Gemisches (b) komplementäre Röntgenstrahlenabsorptionsspektren aufweisen. 10
4. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulver 25 bis 50 Vol.-% des Materials darstellt. 15
5. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulver eine Korngröße in dem Bereich von 0,5 bis 25 μm hat. 20
6. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulver eine Korngröße in dem Bereich von 1,6 bis 10 μm hat. 25
7. Material nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Metall ausgewählt wird aus Silber, Tantal, Wolfram, Barium, Hafnium und Uran. 30
8. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die anorganische Verbindung ausgewählt wird aus einem Oxid, einem Nitrid und einem Carbid. 35
9. Material nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulver besteht aus einem Gemisch von Barium und Hafnium, einem Gemisch von Wolfram und Uranoxid, einem Gemisch von Tantal und Uranoxid oder einem Gemisch von Wolfram und Tantal. 40

45

50

55