

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**3 011 768**

②1 N° d'enregistrement national : **13 59915**

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : **B 41 M 5/00 (2013.01), G 06 K 9/00, G 09 F 3/00**

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11.10.13.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 17.04.15 Bulletin 15/16.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *CENTRE NATIONAL DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public —  
FR.*

⑦2 Inventeur(s) : ELMOATAZ ABDERRAHIM et  
DURANTEL FLORENT.

⑦3 Titulaire(s) : CENTRE NATIONAL DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public.

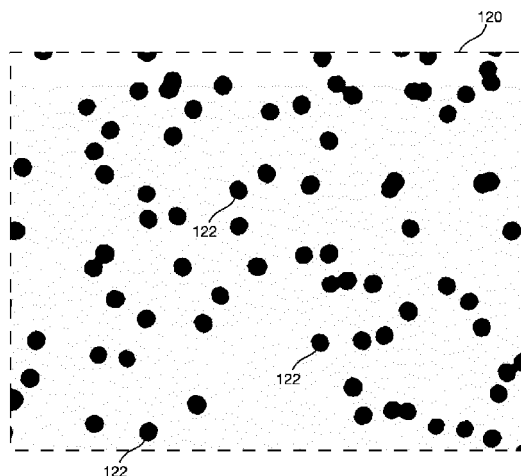
⑦4 Mandataire(s) : CABINET GERMAIN ET MAUREAU.

⑤4 **PROCEDE DE MARQUAGE DE PRODUITS MANUFACTURES.**

⑤7 L'invention concerne un procédé pour marquer un  
produit de sorte à permettre son authentification.

Le procédé selon l'invention est remarquable en ce qu'il  
comporte les étapes suivantes:

Irradiation, à l'aide d'un faisceau d'ions, d'un support  
(120) de sorte à obtenir des traces (122) aux points d'impact  
des ions sur une surface du support;  
fixation du support au produit.



FR 3 011 768 - A1



## Introduction

La présente invention se rapporte à des moyens de marquage pour des produits manufacturés, ainsi que pour des documents, des œuvres d'art, etc. Elle concerne plus particulièrement un support physique, une infrastructure, et des moyens de contrôle pour vérifier, avec un haut niveau de confiance, l'origine ou l'authenticité d'un produit, notamment pour lutter contre les contrefaçons ou permettre la mise en place d'une traçabilité.

## Art antérieur

Divers moyens pour authentifier un produit, pour prévenir toute copie illicite ou en assurer la traçabilité, sont aujourd'hui connus.

L'usage de marqueurs visibles constitue une première catégorie. Il est connu, par exemple, d'apposer sur un produit manufacturé, une étiquette comprenant un filigrane, une inscription ou un motif imprimés à l'aide d'encre dont les caractéristiques varient selon les conditions d'éclairage, des hologrammes, ou un numéro d'identification, etc. Ainsi, l'authenticité du produit manufacturé sur lequel est apposée l'étiquette est vérifiée en s'assurant que l'étiquette comporte un de ces éléments. Cette vérification peut être faite sans outil de lecture, visuellement. En revanche, le niveau de protection offert par ces solutions est très faible, car la reproduction de ces marqueurs ne présente que peu de difficultés, ou la simplicité du contrôle ne permet pas de distinguer entre un marqueur original et une copie.

Une deuxième catégorie comprend des marqueurs invisibles ou codés. Par exemple, il est possible d'apposer sur un produit une étiquette comprenant un code-barres, un code bidimensionnel, un code à bulles, ou encore une puce radiofréquence RFID. Il est aussi possible d'introduire dans le support de l'étiquette des matériaux spécifiques, par exemple des fibres UV, des fils métalliques, des particules magnétiques, etc. Une autre possibilité consiste à imprimer sur l'étiquette un motif ou un code invisible à l'œil nu, en utilisant par exemple une technique de micro ou nano impression. Ces moyens,

bien que plus efficaces que ceux de la première catégorie, peuvent aisément être décodés, pour ensuite être reproduits. En outre, l'utilisation de puces radiofréquence RFID s'avère coûteuse, et donc difficilement utilisable à grande échelle.

5 Une troisième catégorie de moyen d'authentification et de traçabilité comprend des marqueurs complexes. À titre d'exemple, on peut citer des marqueurs comprenant de l'ADN ou des Nano particules, ou des marqueurs ayant un spectre spécifique et unique (infrarouge, gamma, ...). Pour valider l'authenticité de ces marqueurs, il est alors indispensable d'utiliser des dispositifs de contrôle permettant une analyse physico-chimique évoluée. Ces moyens ne sont généralement disponibles qu'en laboratoire.

10 La vérification est donc coûteuse et difficile à mettre en œuvre, limitant ainsi son utilisation à une large gamme de produits manufacturés.

C'est pourquoi il existe un besoin pour des moyens de marquage fiables, complexes à reproduire par un tiers non autorisé, peu coûteux à produire et permettant une vérification aisée de l'authenticité des produits ainsi marqués.

#### 15 Résumé de l'invention

Un des objets de l'invention est de fournir des moyens de marquage complexes à reproduire par un tiers non autorisé. Un autre objet de l'invention est de fournir un marqueur fiable, en particulier un marqueur dont les caractéristiques utilisées pour identifier le produit sont générées de manière aléatoire parmi un grand nombre de

20 possibilités. Un autre objet de l'invention est de fournir des produits marqués dont l'authenticité peut être contrôlée à l'aide d'un dispositif simple à mettre en œuvre, et peu coûteux. Un autre objet de l'invention est de fournir un marqueur peu coûteux à produire, typiquement ayant un coût de production qui n'excède pas quelques milliers d'euros par million de marqueurs.

25 Un ou plusieurs de ces objets sont remplis par le procédé et le produit selon les revendications indépendantes. Les revendications dépendantes fournissent en outre des solutions à ces objets et/ou d'autres avantages.

Plus particulièrement, selon un premier aspect, l'invention se rapporte à un procédé pour marquer un produit de sorte à permettre son authentification. Il comporte les étapes suivantes:

- 5 • irradiation, à l'aide d'un faisceau d'ions, d'un support de sorte à obtenir des traces aux points d'impact des ions sur une surface du support;
- fixation du support au produit.

Le motif constitué par les traces ainsi obtenues est une figure stochastique unique. Le faisceau d'ions se comporte comme un excellent générateur aléatoire. Ainsi, pour 50 traces, la probabilité d'obtenir deux fois le même motif est sensiblement égale à  $\frac{1}{10^{230}}$ .

10 En outre, les traces obtenues sont invisibles à l'œil nu, et présentent typiquement un diamètre moyen de quelques  $\mu\text{m}$ , nécessitant un dispositif optique ayant une focale  $\times 10$  minimum pour discerner les traces. La lecture du motif peut être réalisée avec un dispositif optique simple et facilement disponible, ayant un facteur de grossissement compris typiquement entre 10 et 20 fois.

15 Dans le procédé selon l'invention, le support est fixé au produit, typiquement de sorte que le marqueur soit indissociable dudit produit. Le support permet ainsi d'authentifier ou d'identifier l'objet auquel il est associé, notamment pour lutter contre les contrefaçons, contrôler l'authenticité, ou permettre la traçabilité.

20 Le support peut être compris dans un marqueur comportant une base et des moyens de fixation. La base peut être utilisée notamment comme support d'assemblage sur lequel le support est disposé. La base présente par exemple un niveau de rigidité et/ou d'élasticité suffisant pour limiter les déformations mécaniques subies par le support en cas de contraintes mécaniques exercées sur le marqueur. La base permet également de faciliter l'assemblage du marqueur sur un produit. La base peut être 25 pourvue d'un moyen de fixation, par exemple une couche de substance adhésive recouvrant une surface de la base. Ainsi la base peut être fixée aisément sur une surface d'un produit, sur une étiquette dudit produit ou sur une surface d'un boîtier du produit. Alternativement, la base peut être partie intégrante d'un élément du produit.

La base peut être par exemple formée par une surface d'un emballage ou d'un boîtier du produit, par un film et/ou une feuille utilisés par une étiquette d'un produit pour présenter des informations comme le nom du produit, ses caractéristiques, sa provenance, etc.

5 Typiquement, le faisceau d'ions comporte des ions dont l'énergie est sensiblement comprise entre 5 MeV/u à 100 MeV/u. Le faisceau d'ions est par exemple un faisceau d'ions carbone 13 ( $^{13}\text{C}$ ).

Avantageusement la densité des traces sur le support est d'au moins  $5 \cdot 10^4$  traces par  $\text{cm}^2$ .

10 Le support peut être réalisé dans un ou plusieurs des matériaux de la liste suivante: polymère, par exemple acétate de cellulose, polyéthylène, polyéthylènetéréphtalate, polycarbonate, polyimide, polypropylène, polyfluorure de vinylidène, verres organiques (CR39, MR8, ...), verre ou cristal, par exemple quartz, grenat, etc. Ces matériaux sont facilement accessibles, à échelle industrielle, et généralement peu coûteux.

15 Une couche de protection peut être disposée sur le support. La couche de protection est par exemple une membrane en polymère, permettant à un dispositif optique de photographier le support. La protection du support est ainsi améliorée, mais le motif constitué par les traces toujours reconnaissable.

20 À titre d'exemple, le support peut avoir une épaisseur de 1.45 mm, être réalisé en polycarbonate, et irradié par un faisceau d'ions carbone à une fluence de  $10^{16}$  ions/ $\text{cm}^2$ . Une fois révélées, les traces sur un tel support ont un diamètre moyen sensiblement égal à 2  $\mu\text{m}$ .

25 Des moyens de protection contre une tentative de désolidarisation du support peuvent être mis en œuvre de sorte à détériorer le support lors d'une telle tentative, et/ou à permettre la détection d'une telle tentative. En particulier, la base et/ou le support peuvent être conçus de sorte à se décomposer, se déchirer, ou encore devenir illisibles ou incomplets, en cas de tentative de désolidarisation du produit. La base

et/ou le support peuvent par exemple comporter des marques de prédécoupage délimitant une pluralité de sous-sections, lesdites marques étant arrangées de sorte que la base et/ou le support se découpent selon lesdites sous-sections en cas de tentative de désolidarisation. Le support peut être également fixé à la base à l'aide  
5 d'un moyen de fixation puissant, par exemple une substance adhésive à haute performance de fixation, rendant la désolidarisation du support de la base complexe sans détériorer le support.

Préalablement à l'étape de fixation, une étape optionnelle de traitement pour révéler les traces peut être mise en œuvre. L'étape de révélation permet par exemple  
10 d'agrandir le diamètre des traces. Le traitement peut comporter une étape de bain chimique dans une base forte ou un acide fort, selon la nature des matériaux du support, portée à une température élevée, typiquement entre 70 et 80 °C. Le temps de révélation auquel est soumis le support est directement lié au diamètre souhaité des pores correspondant aux traces d'impacts.

Le procédé peut comporter en outre une étape d'obtention ou de calcul d'un identifiant propre au produit, l'identifiant étant alors stocké sur le produit. Par exemple, un code comprenant l'identifiant peut être imprimé sur le produit. Le procédé peut aussi comporter après l'étape d'irradiation, une étape d'acquisition d'une image des traces ainsi qu'une étape de stockage de l'image des traces et de  
20 l'identifiant du produit. Le procédé peut aussi comporter après l'étape d'irradiation, une étape de calcul d'une signature fonction des caractéristiques des traces et une étape de stockage de la signature et de l'identifiant du produit. Le procédé peut comporter en outre, après l'étape d'irradiation, une étape de calcul d'une signature fonction des caractéristiques des traces et une étape de stockage de la signature sur le  
25 produit.

La signature est par exemple calculée en fonction des positions et des diamètres des traces.

Selon un deuxième aspect, l'invention se rapporte à un produit marqué en mettant en œuvre les étapes du procédé selon le premier aspect.

### Brève description des figures

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront, dans la description ci-après de modes de réalisation, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

- 5                   • la figure 1a est un schéma, avec un plan d'ensemble, d'un marqueur selon un premier mode de réalisation de l'invention;
- la figure 1 b est un schéma, avec une vue en coupe, d'un marqueur selon le premier mode de réalisation de l'invention;
- 10                  • la figure 2a est un schéma d'un dispositif de production de marqueurs selon l'invention;
- la figure 2 b est un diagramme de séquence d'un procédé de fabrication de marqueurs selon l'invention;
- la figure 3 est un cliché, pris au microscope, d'une partie d'un support d'un marqueur selon l'invention, irradié par un faisceau d'ions carbone 13;
- 15                  • la figure 4a est un détail d'une image d'un support irradié, sur lequel trois traces d'impacts sont visibles;
- la figure 4 b est un diagramme de séquence d'un procédé selon l'invention de calcul d'une signature pour un marqueur;
- 20                  • la figure 4c est un schéma bloc d'un dispositif de caractérisation selon l'invention;
- la figure 5a est un diagramme de séquence, d'un procédé selon l'invention de marquage d'un produit;
- la figure 5 b est un schéma, avec un plan d'ensemble, d'un marqueur selon le deuxième mode de réalisation de l'invention;

- la figure 6 est un diagramme de séquence d'un procédé d'authentification d'un produit selon l'invention;
- la figure 7 est un schéma d'un dispositif de contrôle selon l'invention.

#### Description détaillée

5 Un marqueur 100 selon un mode de réalisation de l'invention est représenté schématiquement sur la figure 1a en plan d'ensemble, et sur la figure 1 b en vue en coupe. Le marqueur 100 est notamment destiné à permettre le marquage d'un document, d'une œuvre d'art, d'un produit manufacturé, comme une bouteille, un vêtement, un équipement électronique, un conteneur, etc. Le marqueur 100 est conçu  
10 pour être associé à un objet tel qu'un produit. Typiquement, le marqueur 100 est fixé à l'objet à identifier, de sorte que le marqueur soit indissociable dudit objet. Le marqueur 100 est un moyen pour permettre l'authentification ou l'identification de l'objet auquel il est associé, notamment pour lutter contre les contrefaçons, contrôler l'authenticité, ou permettre la traçabilité.

15 Le marqueur 100 comporte une base 110, des moyens de fixation 112, un support 120, et optionnellement une couche de protection 130.

La base 110 est utilisée notamment comme support d'assemblage sur lequel le support 120 et la couche de protection 130 sont disposés. La base 110 présente généralement un niveau de rigidité et/ou d'élasticité suffisant pour limiter les déformations mécaniques subies par le support 120 en cas de contraintes mécaniques exercées sur le marqueur, notamment lors des transports, des opérations  
20 d'assemblage et plus généralement lors des déformations de la surface du produit sur laquelle le marqueur est disposé. La base 110 permet également de faciliter l'assemblage du marqueur sur un produit. La base 110 peut être pourvue d'un moyen de fixation 112, par exemple une couche de substance adhésive recouvrant une surface de la base 110. Ainsi la base peut être fixée aisément sur une surface d'un produit, par exemple sur une étiquette dudit produit ou sur une surface d'un boîtier du produit. Alternativement, la base 110 peut être partie intégrante d'un élément du produit. La base 110 peut être par exemple formée par une surface d'un emballage ou  
25



d'un boîtier du produit, par un film et/ou une feuille utilisés par une étiquette d'un produit pour présenter des informations comme le nom du produit, ses caractéristiques, sa provenance, etc. Dans l'exemple d'une bouteille, la base 110 peut être comprise dans une section de l'étiquette collée sur la bouteille. Dans l'exemple  
5 d'un équipement électronique, la base 110 peut être une surface d'un boîtier contenant les composants électroniques.

Le marqueur 100, en particulier la base 110 et le support 120, est arrangé de sorte à rendre toute tentative de désolidarisation du produit difficile sans détériorer le marqueur. Par exemple, la base 110 et/ou le support peuvent être conçus de sorte à se  
10 décomposer, se déchirer, ou encore devenir illisibles ou incomplets, en cas de tentative de désolidarisation du marqueur du produit. La base 110 peut par exemple comporter des marques de prédécoupage délimitant une pluralité de sous-sections, lesdites marques étant arrangées de sorte que la base 110 se découpe selon lesdites sous-sections en cas de tentative de désolidarisation. Le support peut être également  
15 fixé à la base à l'aide d'un moyen de fixation puissant, par exemple une substance adhésive à haute performance de fixation, rendant la désolidarisation du support de la base complexe sans détériorer le support.

On se réfère maintenant aux figures 2a et 2b, illustrant respectivement un dispositif de production de marqueurs 100 et un procédé de fabrication de marqueurs 100. Le  
20 support 120 de chaque marqueur 100 produit en mettant en œuvre le procédé de fabrication comporte un motif stochastique obtenu par révélation de traces latentes créées dans le matériau du support 120 par irradiation par un faisceau d'ions lourds. Cette technique dite de «gravure de traces» («track etching» en anglais), est commercialement disponible et utilisée industriellement. Elle permet l'obtention de  
25 nanopores dans le support 120. La technique de gravure de traces est notamment décrite dans les documents suivants:

- Nuclear tracks : A success story of the 20th century, S.A.Durrani, Rad. Meas. 34(2001), 5-13;

- Nuclear tracks: Present and future perspectives, R. Ilic et al., Rad. Meas. 36 (2003) 83-88;
- Industrial applications of ion tracks technology, H. Hanot, E. Ferain, NIM B 267 (2009) 1019-1022.

5 Le dispositif de production de marqueurs comporte un générateur 200 pour produire un faisceau 205 d'ions de haute énergie, typiquement de 5 MeV/u à 100 MeV/u, selon la nature de l'ion et l'épaisseur et la nature du support 120.

Au cours d'une première étape 310, une membrane à irradier 260 est disposée dans un dispositif d'exposition 230. La membrane à irradier 260 peut se présenter sous forme  
10 de feuilles ou de rouleaux. Elle est placée dans un plan orthogonal à l'axe du faisceau 205. La membrane 260 est réalisée dans un matériau choisi de sorte que la surface de la membrane comporte des traces latentes, après avoir été irradiée par le faisceau 205. Les traces latentes sont typiquement des nanopores positionnés aux points d'impact des ions du faisceau 205. La membrane 260 peut par exemple être  
15 réalisée dans un des matériaux suivants: polymère, notamment acétate de cellulose, polyéthylène (PET), polyéthylènetéréphtalate (PETP), polycarbonate (PC), polyimide (PI), polypropylène (PP), polyfluorure de vinylidène (PVDF), verres organiques (CR39,MR8,...), verre, cristal comme du quartz ou du grenat, etc. L'épaisseur de la membrane est choisie en fonction des caractéristiques du faisceau 205, notamment le  
20 niveau d'énergie de ce dernier, et de la profondeur de pénétration des ions souhaitée. Par exemple, pour un faisceau dont l'énergie est sensiblement égale à 1 MeV par nucléon, la profondeur de pénétration dans une membrane polycarbonate est sensiblement de 10 µm. Pour un faisceau dont l'énergie est sensiblement égale à 10 MeV par nucléon, la profondeur de pénétration dans cette même membrane est  
25 sensiblement de 300 µm. Pour un faisceau dont l'énergie est sensiblement égale à 100 MeV par nucléon, la profondeur de pénétration dans cette même membrane est de quelques mm.

Au cours d'une deuxième étape 320, la membrane 260 est irradiée par le faisceau 205. La surface d'impact des ions du faisceau 205 sur la membrane 260 correspond

sensiblement à un disque, la probabilité d'impact étant maximum au centre dudit disque et se répartissant sensiblement selon une loi gaussienne, la surface totale variant typiquement de  $1 \text{ mm}^2$  à quelques  $\text{cm}^2$ , en fonction des caractéristiques du faisceau. Pour couvrir l'ensemble de la surface de la membrane 260, des dispositifs de balayage 210, 220 sont également utilisés. Par exemple, des aimants de balayage horizontaux 210 peuvent être employés pour obtenir un balayage du faisceau 205 au cours du temps selon un premier plan, de sorte à déplacer le disque d'impact des ions sur la membrane 260 dans ce premier plan. Des aimants de balayage verticaux 220 sont employés pour obtenir un balayage du faisceau 205 au cours du temps selon un deuxième plan orthogonal au premier plan, de sorte à déplacer le spot faisceau sur la membrane 260 dans ce deuxième plan. En actionnant les aimants verticaux 220 et horizontaux 210 au cours du temps, il est alors possible de balayer l'ensemble de la surface de la membrane 260, sans déplacer cette dernière. Alternativement, le dispositif d'exposition 230 peut comporter des moyens d'entraînement de la membrane, de sorte à déplacer la membrane 260 relativement au disque d'impact du faisceau: par exemple, des rouleaux peuvent entraîner la membrane 260 en translation dans le deuxième plan, seuls les aimants horizontaux 210 étant alors employés pour déplacer le disque d'impact dans le premier plan. Outre les caractéristiques de la membrane, l'énergie du faisceau, la vitesse de balayage du faisceau sur la membrane et/ou la durée d'irradiation sont choisies en fonction de la densité de traces latentes désirées. Le flux du faisceau 205 s'exprimant en ions par unité de surface et par seconde, le choix de la durée d'irradiation est alors en fonction de la fluence souhaitée (ions par unité de surface) et donc la densité d'impacts désirée. Plus la densité de traces latentes est élevée, plus la complexité du motif obtenu sera élevée. Ainsi, si on assimile  $1 \mu\text{m}^2$  à un pixel et si on considère une matrice de  $200 \times 200$  pixels, la probabilité d'impact en un point donné est de  $\frac{1}{4 \cdot e^{4t}}$ , d'où le tableau suivant:

Nombre de traces	5	10	20	30	50
Nombre de possibilités	$1e^{23}$	$1e^{46}$	$1e^{92}$	$1e^{138}$	$1e^{230}$

Le nombre de possibilités correspond au nombre de motifs différents possibles pour une surface de  $200 \times 200 \mu\text{m}$ . Au cours d'une troisième étape 330, la membrane irradiée est soumise à un traitement par un dispositif révélateur 240 de sorte à révéler les traces d'impact des ions, notamment en agrandissant le diamètre des traces d'impact.

5 Le dispositif révélateur 240 est par exemple un bain chimique comprenant une base forte ou un acide fort, selon la nature des matériaux de la membrane, portée à une température élevée, typiquement entre 70 et 80 °C. Le temps de révélation auquel est soumise la membrane est directement lié au diamètre souhaité des pores correspondant aux traces d'impacts.

10 Au cours d'une quatrième étape 340, dans un dispositif d'assemblage 340, la membrane irradiée et révélée est utilisée pour assembler des marqueurs 100. La membrane est ainsi découpée de sorte à obtenir une pluralité de supports 120. Chaque support 120 est ensuite disposé sur une base 110. Optionnellement, une couche de protection 130 est disposée sur le support 110. La couche de protection est par  
15 exemple une membrane en polymère, permettant à un dispositif optique de photographier le support 120.

À titre d'exemple, la figure 3 montre un cliché, pris au microscope, d'un champ de  $5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2$  d'un support 120 ayant une épaisseur de 1.45 mm en polycarbonate, irradié par le faisceau 205 d'ions carbone, à une fluence de  $1^{e6}$  ions/cm<sup>2</sup>. Les traces  
20 d'impact 122 des ions sur le support ont un diamètre moyen sensiblement égal à 2  $\mu\text{m}$ .

La figure 4 b illustre à l'aide d'un diagramme de séquence un procédé de calcul d'une signature pour un marqueur 100 selon l'invention. Au cours d'une première étape 410, une image bidimensionnelle de la surface irradiée du support 120 est obtenue. Puis  
25 dans une deuxième étape 420, l'image bidimensionnelle de la surface irradiée est analysée de manière à identifier les zones correspondantes à une des traces d'impact 122. Un procédé de segmentation d'images peut être mis en œuvre pour identifier chaque zone dans laquelle un disque correspondant à un des impacts a pu être repéré. Dans une troisième étape 430, les propriétés topologiques des traces  
30 d'impact détecté au cours de la deuxième étape 420 sont déterminées. La figure 4a

montre un détail de l'image du support, sur lequel trois traces d'impact 122a, 122 b, 122c sont visibles. Chacune des traces peut être caractérisée par la position du centre du disque correspondant  $C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_c$ , et son rayon  $r_a$ ,  $r_b$ ,  $r_c$ . Au cours d'une quatrième étape 440, une signature  $S$  est calculée à partir des propriétés des traces d'impacts obtenues au cours de la troisième étape 430. La signature  $S$  est par exemple un vecteur décrivant les propriétés topologiques des traces d'impact 122 identifiables à l'aide de l'image bidimensionnelle de la surface irradiée. La signature  $S$  ainsi obtenue est propre à chaque marqueur 100, car la position, la forme, et la taille de chaque trace d'impact forment un modèle identifiable unique. Les traces d'impacts ayant une forme sensiblement cylindrique, il est possible de considérer chaque trace d'impact comme une forme cylindrique parfaite, ayant une position  $C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_c$  de son centre de gravité, un rayon  $r_a$ ,  $r_b$ ,  $r_c$  du disque de face et une hauteur  $H$  du cylindre. La signature  $S$  relative à  $n$  traces d'impacts peut donc être décrite comme suit:

$$S = \{C_1, C_2, \dots, C_n\} \text{ avec } C_i = (X_i, Y_i, r_i, H_i)$$

Dans le contexte d'un système utilisant une image bidimensionnelle, la hauteur du cylindre est égale à zéro pour le calcul de la signature  $S$ . Ainsi la signature  $S$  peut être dans ce cas décrite ainsi:

$$S = \{C_1, C_2, \dots, C_n\} \text{ avec } C_i = (X_i, Y_i, r_i)$$

La signature  $S$  forme un descripteur intrinsèque unique et stable permettant d'authentifier chaque marqueur 100 de manière unique. La stabilité de cette signature  $S$  est garantie grâce à la rigidité du support 120 irradié et/ou de la base 110. De plus, la taille du support peut être limitée à quelques millimètres, de manière à rendre sa sensibilité aux distorsions physiques négligeable.

Le procédé selon l'invention de calcul d'une signature peut notamment être mis en œuvre à l'aide d'un dispositif de caractérisation 460 tel que celui représenté schématiquement sur la figure 4c. Le dispositif de caractérisation 460 comporte un module d'acquisition d'images 470, et un module de traitement 480. Le module d'acquisition d'images 470 comporte par exemple un capteur photosensible, une

optique et un éclairage diffus, de sorte à permettre l'obtention d'une image bidimensionnelle de la surface irradiée du support 120, dont la résolution est suffisante pour permettre d'identifier et caractériser les traces d'impact 122. Le module d'acquisition d'images 470 peut être utilisé pour mettre en œuvre la première  
5 étape 410 du procédé de calcul de la signature S. Le module de traitement 480 comprend des moyens de calcul ainsi qu'une plateforme logicielle pour calculer et comparer des signatures.

On se réfère maintenant à la figure 5a, illustrant par un diagramme de séquence, un procédé de marquage d'un produit P. Dans une première étape 510, on détermine une  
10 signature  $S_P$  d'un marqueur  $M_P$ . Le marqueur  $M_P$  est obtenu en mettant en œuvre le procédé de fabrication de marqueurs précédemment décrit et illustré par la figure 2 b. La signature  $S_P$  du marqueur  $M_P$  est calculée en mettant en œuvre le procédé de calcul d'une signature précédemment décrit et illustré par la figure 4 b. Puis, au cours d'une deuxième étape 520, on obtient ou on calcule un identifiant ID relatif au produit P.  
15 L'identifiant ID est unique au produit P: il peut s'agir par exemple, d'un numéro de série, d'un nombre unique correspondant au produit P, une référence unique, ou toute autre information permettant d'identifier le produit P. Par exemple, dans l'exemple du marquage d'un lot de 100 téléphones, l'identifiant ID pourra être un numéro de série ou encore un numéro d'identification, unique à chacun des 100 téléphones. Au cours  
20 d'une étape 540, l'identifiant ID relatif au produit P et la signature  $S_P$  sont associés et stockés dans des moyens de stockage, par exemple dans une base de données, de sorte qu'il soit possible d'obtenir ultérieurement la signature  $S_P$  à partir de la connaissance de l'identifiant ID. Au cours d'une étape 530, l'identifiant ID est stocké sur le marqueur  $M_P$ , et le marqueur  $M_P$  est assemblé sur le produit P. Comme illustré  
25 sur la figure 5 b, l'identifiant ID peut être stocké sur le marqueur  $M_P$  en imprimant un code 140 sur la base 110 du marqueur  $M_P$ . Le code 140 est par exemple un code bidimensionnel («QR code» en anglais) dans lequel l'identifiant ID est stocké.

On se réfère maintenant à la figure 6, illustrant par un diagramme de séquence, un  
30 procédé d'authentification d'un produit  $P_1$  marqué par le procédé de marquage décrit précédemment et illustré sur la figure 5 b. Dans une première étape 610, on acquiert

une image d'un marqueur  $M_{P_1}$  disposé sur un produit  $P_1$ . Puis au cours d'une deuxième étape 620, on détermine, à partir de l'image, une signature  $S_{P_1}$  du marqueur  $M_{P_1}$ . La signature  $S_{P_1}$  du marqueur  $M_{P_1}$  est calculée en mettant en œuvre le procédé de calcul d'une signature précédemment décrit et illustré par la figure 4 b. Puis au cours d'une

5 troisième étape 630, on authentifie le produit  $P_1$  en vérifiant la validité de la signature  $S_{P_1}$  pour le produit  $P_1$ . Pour cela, on détermine l'identifiant ID correspondant au produit  $P_1$ , par exemple en lisant le code 140 présent sur le marqueur  $P_1$ . On récupère alors la signature  $S_P$  stockée dans les moyens de stockage correspondant à l'identifiant ID. La cohérence  $C$  entre la signature  $S_{P_1}$  et la signature  $S_P$  est mesurée,

10 par exemple en calculant un taux de similarité entre la signature  $S_{P_1}$  et la signature  $S_P$ . Si la cohérence  $C$  est supérieure ou égale à un seuil de confiance, le produit est réputé authentique. Dans le cas contraire, l'authentification du produit  $P_1$  échoue.

Le procédé d'authentification préalablement décrit peut en outre être mis en œuvre à l'issue du procédé de marquage d'un produit  $P$ , illustré par la figure 5 b, pour contrôler

15 la validité et la qualité du marqueur  $P$  et s'assurer que la signature et l'identifiant stocké sont cohérents avec le marqueur produit.

Le procédé selon l'invention d'authentification préalablement décrit et illustré par la figure 6, peut notamment être mis en œuvre à l'aide d'un dispositif de contrôle 700 tel que celui représenté schématiquement sur la figure 7. Le dispositif de contrôle 700 est

20 par exemple un terminal mobile. Le dispositif de contrôle 700 comporte un module d'acquisition d'images 710, un module de traitement 720, une interface de communication 730 ainsi qu'une interface utilisateur 740. Le dispositif de contrôle 700 comporte par exemple un capteur photosensible, une optique et un éclairage diffus, de sorte à permettre l'obtention d'une image bidimensionnelle de la surface irradiée

25 du support 120, dont la résolution est suffisante pour permettre d'identifier et caractériser les traces d'impact 122. Le module d'acquisition d'images 710 permet également la lecture du code 140 si ce dernier est présent sur le marqueur. Le module d'acquisition d'images 710 peut être utilisé pour mettre en œuvre la première étape 610 du procédé d'authentification. Le module de traitement 720 comprend des

30 moyens de calcul ainsi qu'une plateforme logicielle pour calculer, manipuler et

comparer des signatures, configuré notamment pour permettre les calculs nécessaires aux étapes 620 et 630 du procédé d'authentification. L'interface de communication 730 comporte les moyens nécessaires pour communiquer avec les moyens de stockage de sorte à obtenir la signature correspondant à un identifiant.

5 L'interface utilisateur 740 permet notamment à un opérateur de contrôler la mise en œuvre du procédé d'authentification, et en particulier de consulter le résultat du procédé d'authentification.



### REVENDEICATIONS

1. Procédé pour marquer un produit de sorte à permettre son authentification, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

5 • irradiation (320), à l'aide d'un faisceau d'ions (205), d'un support (120) de sorte à obtenir des traces (122) aux points d'impact des ions sur une surface du support;

• fixation (510) du support au produit.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le faisceau d'ions comporte des ions dont l'énergie est sensiblement comprise entre 5 MeV/u à 100 MeV/u.

10 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la densité des traces est d'au moins  $5 \cdot 10^4$  traces par  $\text{cm}^2$ .

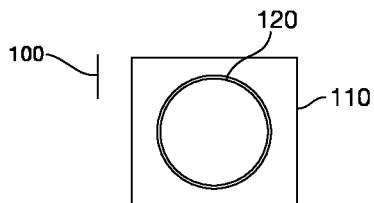
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le support est réalisé dans un ou plusieurs des matériaux de la liste suivante: polymère, acétate de cellulose, polyéthylène, polyéthylènetéréphtalate,  
15 polycarbonate, polyimide, polypropylène, polyfluorure de vinylidène, verres organiques, verre, cristal, quartz, grenat, etc.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, une couche de protection (130) est disposée sur le support.

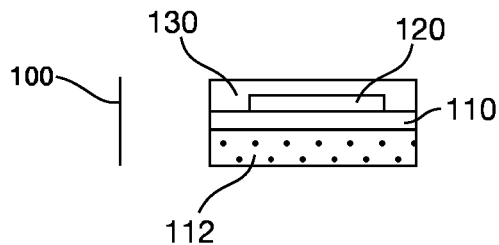
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel, des  
20 moyens de protection contre une tentative de désolidarisation du support sont mis en œuvre de sorte à détériorer le support lors d'une telle tentative, et/ou à permettre la détection d'une telle tentative.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant  
25 en outre, préalablement à l'étape de fixation, une étape (330) de traitement pour révéler les traces.

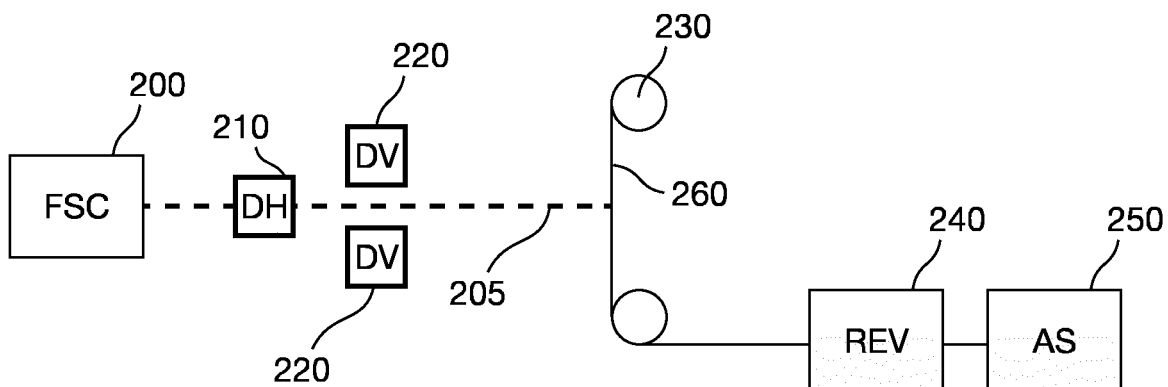
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant en outre une étape d'obtention ou de calcul (520) d'un identifiant propre au produit, l'identifiant étant stocké sur le produit.
- 5 9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel un code comprenant l'identifiant est imprimé sur le produit.
- 10 10. Procédé selon la revendication 7 ou 8, comportant en outre:
- après l'étape d'irradiation, une étape d'acquisition (410) d'une image des traces (122);
  - une étape de stockage (540) de l'image des traces (122) et de l'identifiant du produit.
- 15 11. Procédé selon la revendication 7 ou 8, comportant en outre:
- après l'étape d'irradiation, une étape de calcul (510) d'une signature fonction des caractéristiques des traces (122);
  - une étape de stockage (530; 540) de la signature et de l'identifiant du produit.
- 20 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comportant en outre:
- après l'étape d'irradiation, une étape de calcul (510) d'une signature fonction des caractéristiques des traces (122);
  - une étape de stockage (530; 540) de la signature sur le produit.
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, dans lequel la signature est calculée en fonction des positions et des diamètres des traces.
14. Produit marqué en mettant en œuvre les étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.



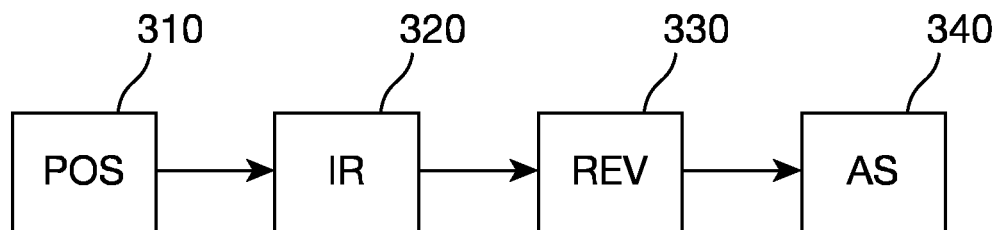
**Fig. 1a**



**Fig. 1b**

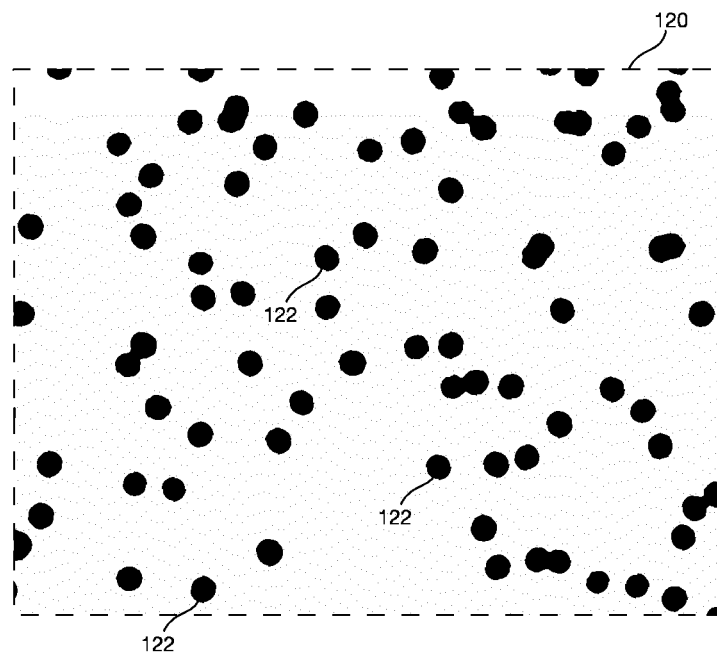
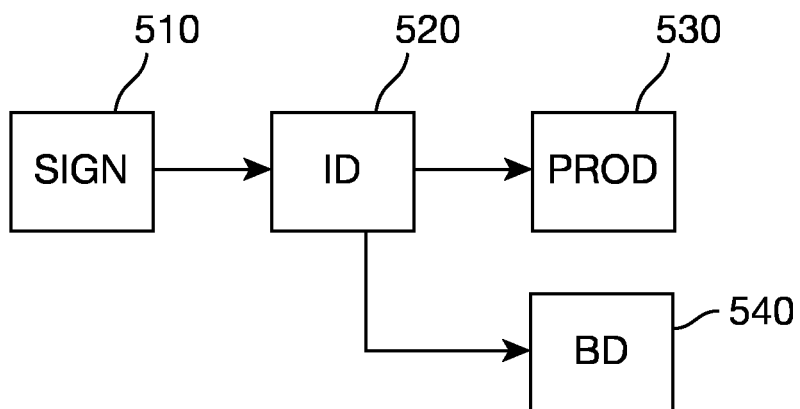
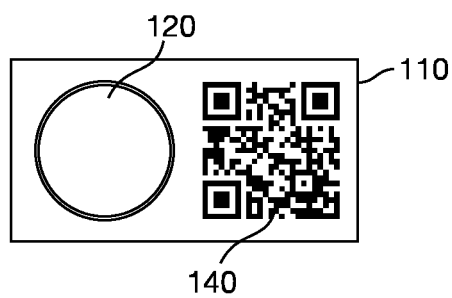


**Fig. 2a**

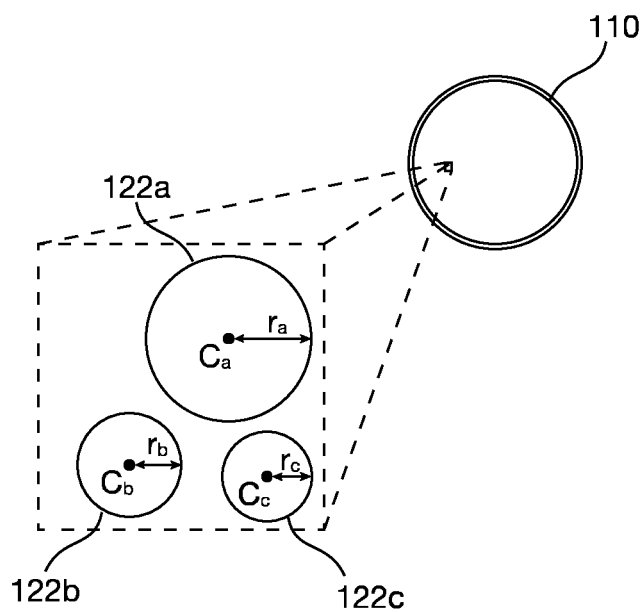
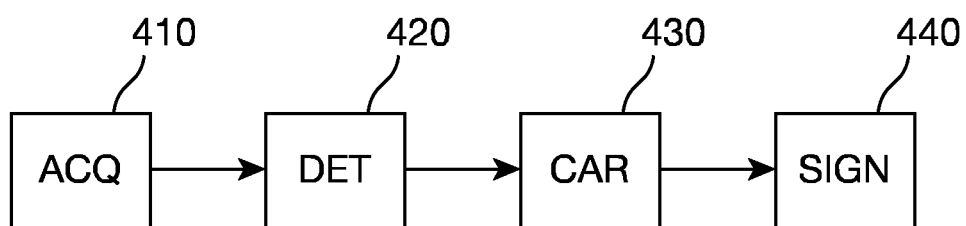
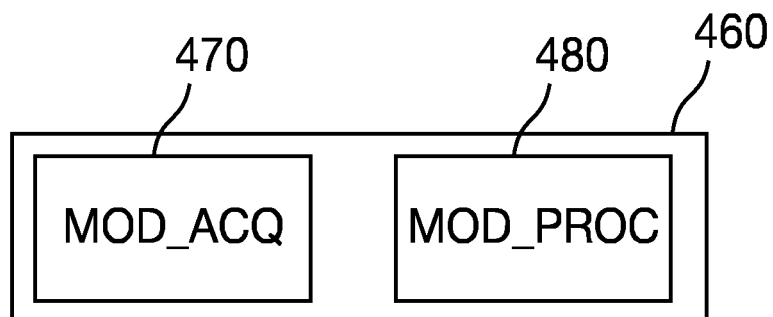


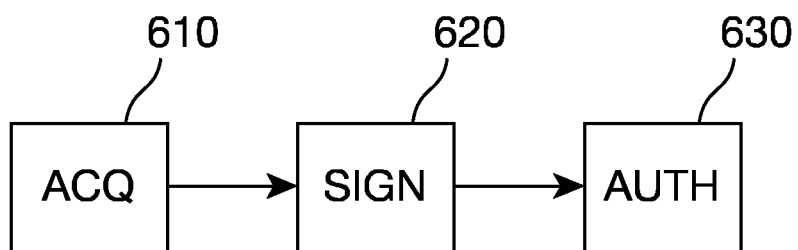
**Fig. 2b**

2 / 4

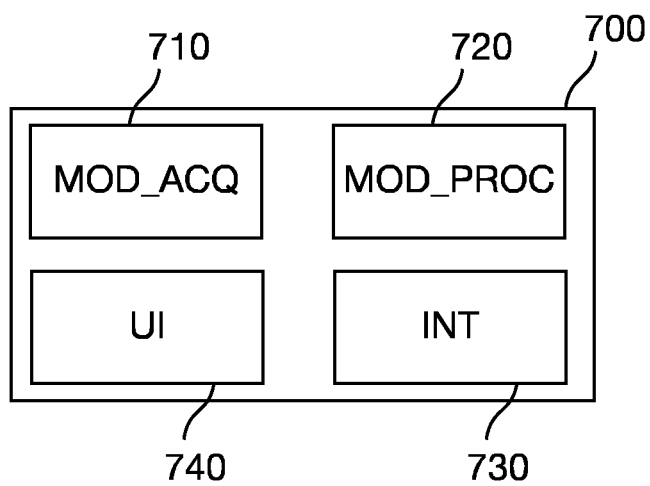
**Fig. 3****Fig. 5a****Fig. 5b**

3 / 4

**Fig. 4a****Fig. 4b****Fig. 4c**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 789733  
FR 1359915

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2004/112087 A1 (BISHOP JOHN L [US]) 17 juin 2004 (2004-06-17) * alinéa [0011] * * alinéa [0022] - alinéa [0025] * * alinéa [0041] - alinéa [0046] * * revendications 1, 16-20; figure 1 *	1-14	B41M5/00 G06K9/00 G09F3/00
A	JP 2000 241319 A (HITACHI LIMITED) 8 septembre 2000 (2000-09-08) * alinéa [0001]; figure 1 * * alinéa [0018] - alinéa [0026] * * alinéa [0034] * * alinéa [0047] - alinéa [0052] * * alinéa [0057] * * alinéa [0091] *	1-14	
A	US 6 211 526 B1 (HUSTON ALAN L. [US] ET AL) 3 avril 2001 (2001-04-03) * colonne 1, ligne 5 - ligne 34 * * colonne 3, ligne 30 - ligne 36 * * colonne 6, ligne 24 - ligne 36 * * colonne 7, ligne 34 - ligne 47 * * revendications 1-31; figure 1 *	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B41M G09F G01N C04B G06K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
23 juin 2014		Bacon, Alan	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1359915 FA 789733**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **23-06-2014**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2004112087	A1	17-06-2004	AUCUN	
JP 2000241319	A	08-09-2000	JP 3843637 B2 JP 2000241319 A	08-11-2006 08-09-2000
US 6211526	B1	03-04-2001	AUCUN	