



(51) Classification internationale des brevets :
G07D 7/06 (2006.01) **G07D 7/20** (2006.01)
G07D 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2014/052580

(22) Date de dépôt international :
10 octobre 2014 (10.10.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1359916 11 octobre 2013 (11.10.2013) FR

(71) Déposants : **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE** [FR/FR]; 3 rue Michel Ange, F-75016 Paris (FR). **ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'INGÉNIEURS DE CAEN** [FR/FR]; 6 Boulevard Maréchal Juin, F-14000 Caen (FR). **UNIVERSITE DE CAEN BASSE-NORMANDIE** [FR/FR]; Esplanade de la Paix, CS 14032, F-14032 Caen Cedex 5 (FR). **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES** [FR/FR]; 25 rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs : **ELMOATAZ, Abderrahim**; 6 Arcade Godefroy, F-14790 Fontaine Etoupefour (FR). **DURANTE, Florent**; 38 rue de la Paix, F-14123 Fleury/orme (FR).

(74) Mandataire : **CABINET GERMAIN & MAUREAU**; 8 avenue du Président Wilson, F-75016 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR AUTHENTICATING A PRODUCT

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR AUTHENTIFIER UN PRODUIT

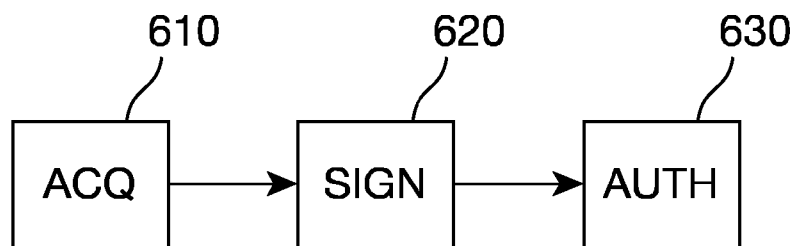


Fig. 6

(57) **Abstract** : The invention relates to means for authentication and traceability for manufactured products. More particularly, it concerns combating the counterfeiting of manufactured goods. The method involves authenticating a product comprising a support irradiated with an ion beam, said support comprising, on one surface, traces corresponding the ion impact points, by: •obtaining an identifier unique to the product; • obtaining a first item of information relative to the traces present on the support; • comparing the first item of information with a reference item of information associated with the identifier; and generating an item of information indicating that the product is authentic, if the first item of information is substantially similar to the reference item of information.

(57) **Abrégé** : L'invention se rapporte à des moyens d'authentification et de traçabilité pour produits manufacturés. Elle concerne plus particulièrement la lutte contre la contrefaçon de produits manufacturés. On authentifie un produit comportant un support irradié à l'aide d'un faisceau d'ions, ledit support comportant sur une surface des traces correspondant aux points d'impact des ions, en: •obtenant un identifiant propre au produit; • obtenant une première information relative aux traces présentes sur le support; • comparant la première information avec une information de référence associée à l'identifiant; et générant d'une information indiquant que le produit est authentique, si la première information est sensiblement similaire à l'information de référence.





-
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

Procédé et dispositif pour authentifier un produit

Introduction

La présente invention se rapporte à des moyens d'authentification de produits manufacturés, de documents, d'œuvres d'art, etc. Elle concerne plus particulièrement
5 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
10 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
15 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
20 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,
25 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.

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. 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 d'authentification fiables, permettant une vérification aisée de l'authenticité de produits marqués, à l'aide de dispositifs facilement accessible, simple à mettre en œuvre et peu coûteux.

Résumé de l'invention

Un des objets de l'invention est de fournir des moyens d'authentification pour marqueurs complexes à reproduire par un tiers non autorisé. Un autre objet de l'invention est de fournir une méthode d'authentification fiable, en particulier reposant sur l'identification de caractéristiques d'un marqueur générées aléatoirement parmi un grand nombre de possibilités. Un autre objet de l'invention est de fournir une infrastructure d'authentification permettant l'utilisation d'un dispositif simple à mettre en œuvre, et peu coûteux.

Un ou plusieurs de ces objets sont remplis par les procédés et les dispositifs 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 authentifier un produit comportant un support irradié à l'aide d'un faisceau d'ions. Le support comporte sur une surface des traces correspondant aux points d'impact des ions. Le procédé d'authentification comporte les étapes suivantes:

- obtention d'un identifiant propre au produit;
- obtention d'une première information relative aux traces présentes sur le support;
- comparaison de la première information avec une information de référence associée à l'identifiant; et génération d'une information indiquant que le produit est authentique, si la première information est sensiblement similaire à l'information de référence.

5

10

En obtenant l'identifiant du produit, le procédé peut comparer la première information relative aux traces à l'information de référence enregistrée précédemment, par exemple lors d'une étape de marquage du produit avec le support. Si la première information et l'information de référence ne correspondent pas, il est alors possible d'identifier qu'un changement du support a pu être réalisé dans cet intervalle de temps ou que le support n'est pas celui assemblé lors de l'étape de marquage du produit : le produit ne peut donc plus être authentifié.

15

20

25

Typiquement, le support est fixé au produit, de sorte que le marqueur soit indissociable dudit produit. 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 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.

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}C).

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

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.

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.

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 1^{e6} ions/ cm^2 . Une fois révélées, les traces sur un tel support ont un diamètre moyen sensiblement égal à 2 μm .

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

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 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 motif constitué par les traces 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 $\frac{1}{10^{230}}$. En outre, les traces obtenues sont invisibles à l'œil nu, et présentent typiquement un diamètre moyen de quelques μm .

L'identifiant propre au produit peut être obtenu en lisant un code imprimé sur le produit. Par exemple, un code comprenant l'identifiant peut être imprimé sur le produit. Le code peut être imprimé sur un marqueur sur lequel le support est également disposé. Le code est par exemple un code bidimensionnel («QR code» en anglais) dans lequel l'identifiant du produit est stocké.

La première information peut être obtenue en procédant à l'acquisition d'une image des traces; l'information de référence étant une image de référence des traces enregistrée préalablement. L'information de référence est par exemple une image des traces, réalisée lors de l'assemblage du support sur le produit, et stocké dans des moyens de stockage. Il est ainsi possible de comparer l'image des traces prise par le dispositif d'authentification à une image des traces enregistré lors de la pose du support sur le produit.

Alternativement, la première information peut être obtenue en procédant à l'acquisition d'une image des traces, puis en calculant une signature à partir de ladite image des traces; l'information de référence étant une signature des traces enregistrée préalablement. En particulier, la signature peut être calculée en fonction des positions et des diamètres des traces. Il est ainsi possible de comparer la signature calculée par le dispositif d'authentification à la signature enregistré par exemple lors de l'assemblage du support sur le produit.

Selon une première variante, l'acquisition de l'image des traces peut être réalisée avec un dispositif optique simple et facilement disponible, ayant un facteur de grossissement compris typiquement entre 10 et 100 fois. Selon une deuxième variante, la lecture optique des traces de la membrane est réalisée grâce à un lecteur optique par transformée de Fourier.

La première information est déclarée par exemple sensiblement similaire à l'information de référence si un taux de similarité entre la première information et l'information de référence est supérieur ou égale à un seuil de confiance.

Selon un deuxième aspect, l'invention se rapporte à un dispositif d'authentification adapté à mettre en œuvre le procédé selon le premier aspect.

Selon un troisième aspect, l'invention se rapporte à un programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon le premier aspect, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur.

Chacun de ces programmes peut utiliser n'importe quel langage de programmation, et être sous la forme de code source, code objet, ou de code intermédiaire entre code source et code objet, tel que dans une forme partiellement compilée, ou dans n'importe quelle autre forme souhaitable. En particulier, il est possible d'utiliser des langages de script, tels que notamment tcl, javascript, python, perl qui permettent une génération de code « à la demande » et ne nécessitent pas de surcharge significative pour leur génération ou leur modification.

Selon un quatrième aspect, l'invention se rapporte à un support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon le premier aspect.

5 Le support d'informations peut être n'importe quelle entité ou n'importe quel dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD-ROM ou une ROM de circuit microélectronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une disquette ou un disque dur. D'autre part, le support d'informations peut
10 être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé par un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau Internet ou Intranet. Alternativement, le support d'informations peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour
15 être utilisé dans l'exécution du procédé en question.

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:

- 20 • 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;
- la figure 2a est un schéma d'un dispositif de production de marqueurs selon
25 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;
- la figure 4a est un détail d'une l'image d'un support irradié, sur lequel trois traces d'impacts sont visibles;
- 5 • la figure 4 b est un diagramme de séquence d'un procédé selon l'invention de calcul d'une signature pour un marqueur;
- 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
10 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;
- 15 • la figure 7 est un schéma d'un dispositif de contrôle selon l'invention.

Description détaillée

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 1b en vue en coupe. Le marqueur 100 est notamment destiné à permettre le marquage d'un
20 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 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
25 l'objet auquel il est associé, notamment pour lutter contre les contrefaçons, contrôler l'authenticité, ou permettre la traçabilité.

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 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 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 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 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 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 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 nanopores dans le support 120. La technique de gravure de traces est notamment décrite dans les documents suivants:

- Nuclear tracks : A succes 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.

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 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 réalisée dans un des matériaux suivants: polymère, notamment acétate de cellulose,

polyéthylène (PET), polyéthylènetéréphthalate (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
5 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 10 MeV par nucléon, la profondeur de pénétration dans cette même membrane est 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
15 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 mm^2 à quelques 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
20 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
25 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
30 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 200×200 pixels, la probabilité d'impact en un point donné est de $\frac{1}{4 \cdot 10^4}$, d'où le tableau suivant:

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

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. 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.

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 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 5.10^{-4} 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^2 . Les traces d'impact 122 des ions sur le support ont un diamètre moyen sensiblement égal à 2 μm .

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 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 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.

Selon une première variante, le module d'acquisition d'images comporte un microscope présentant typiquement un objectif capable d'agrandir l'image d'un facteur pouvant être compris entre 40 et 100.

Selon une deuxième variante, le module d'acquisition comprend un lecteur optique par transformée de Fourier. Selon cette variante, on expose la membrane irradiée à une source lumineuse cohérente, par exemple un laser, ce qui permet d'obtenir une image diffractée générée par chaque trou de la membrane irradiée. L'image diffractée correspond à la transformée de Fourier de la fonction d'ouverture, c'est-à-dire la transformée de Fourier des motifs aléatoires présents sur la partie éclairée de la membrane. L'image diffractée peut être récupérée par un capteur optique tel qu'un dispositif à transfert de charge fréquemment désigné par l'acronyme « CCD » en

terminologie anglo-saxonne pour « Charge-Coupled Device », dispositif connu de l'homme du métier. Grâce à cette deuxième variante, on récupère une image agrandie d'une ou plusieurs zones de la membrane irradiée, tout en s'affranchissant de la nécessité d'un microscope. Cette variante peu coûteuse à mettre en œuvre, est particulièrement adaptée à une exploitation commerciale et/ou industrielle.

Le module d'acquisition d'images 470 peut être utilisé pour mettre en œuvre la première 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 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. 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 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 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 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

5 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 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

10 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, 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

15 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 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 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

20 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 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

25 également la lecture du code 140 si ce dernier est présent sur le marqueur. Le module

30

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 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. 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 authentifier un produit comportant un support (120) irradié à l'aide d'un faisceau d'ions (205), ledit support comportant sur une surface des traces (122) correspondant aux points d'impact des ions, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- obtention (610) d'un identifiant propre au produit;
- obtention (610, 620) d'une première information relative aux traces présentes sur le support;
- comparaison (630) de la première information avec une information de référence associée à l'identifiant; et génération d'une information indiquant que le produit est authentique, si la première information est sensiblement similaire à l'information de référence.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'identifiant propre au produit est obtenu en lisant un code imprimé sur le produit.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la première information est obtenue en procédant à l'acquisition d'une image des traces; l'information de référence étant une image de référence des traces enregistrée préalablement.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel la première information est obtenue en procédant à l'acquisition d'une image des traces, puis en calculant une signature à partir de ladite image des traces; l'information de référence étant une signature des traces enregistrée préalablement.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel la signature est calculée en fonction des positions et des diamètres des traces.

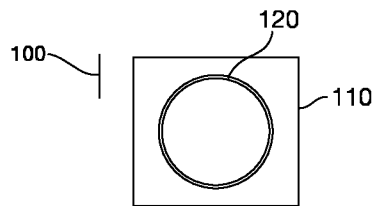
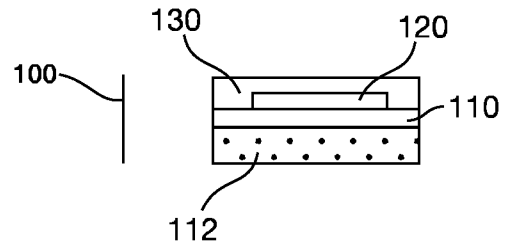
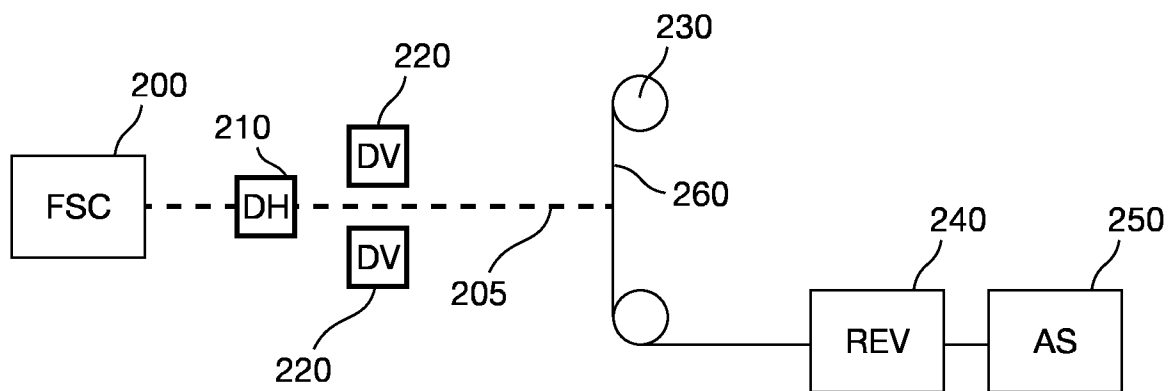
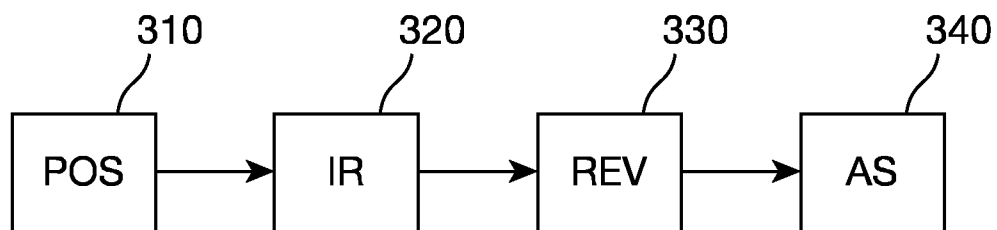
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la première information est déclarée sensiblement similaire à l'information de référence si un taux de similarité entre la première information et l'information de référence est supérieure ou égale à un seuil de confiance.
- 5 7. Dispositif d'authentification d'un produit comportant un support (120) irradié à l'aide d'un faisceau d'ions (205), ledit support comportant sur une surface des traces (122) correspondant aux points d'impact des ions, caractérisé en ce qu'il comporte:
- 10 • un module d'acquisition configuré pour obtenir (710) un identifiant propre au produit et une première information relative aux traces présentes sur le support, ladite première information étant obtenue en procédant à l'acquisition d'une image des traces;
 - 15 • un module de calcul configuré pour comparer (720, 730, 740) la première information avec une information de référence associée à l'identifiant, l'information de référence étant une image de référence des traces enregistrée préalablement; et pour générer une information indiquant que le produit est authentique, si la première information est sensiblement similaire à l'information de référence.
- 20 8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel le module d'acquisition est configuré pour obtenir l'identifiant propre au produit en lisant un code imprimé sur le produit.
- 25 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 8, dans lequel le module d'acquisition est configuré pour acquérir une image des traces, le module de calcul étant configuré pour obtenir la première information en calculant une signature à partir de ladite image des traces; l'information de référence étant une signature des traces enregistrée préalablement.

10. Dispositif selon la revendication 9, dans lequel le module de calcul est configuré pour calculer la signature en fonction des positions et des diamètres des traces.

5 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, dans lequel le module de calcul est configuré pour déclarer la première information sensiblement similaire à l'information de référence si un taux de similarité entre la première information et l'information de référence est supérieure ou égale à un seuil de confiance.

10 12. Programme d'ordinateur comportant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, lorsque ledit programme est exécuté par un processeur.

13. Support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions pour l'exécution des étapes du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

**Fig. 1a****Fig. 1b****Fig. 2a****Fig. 2b**

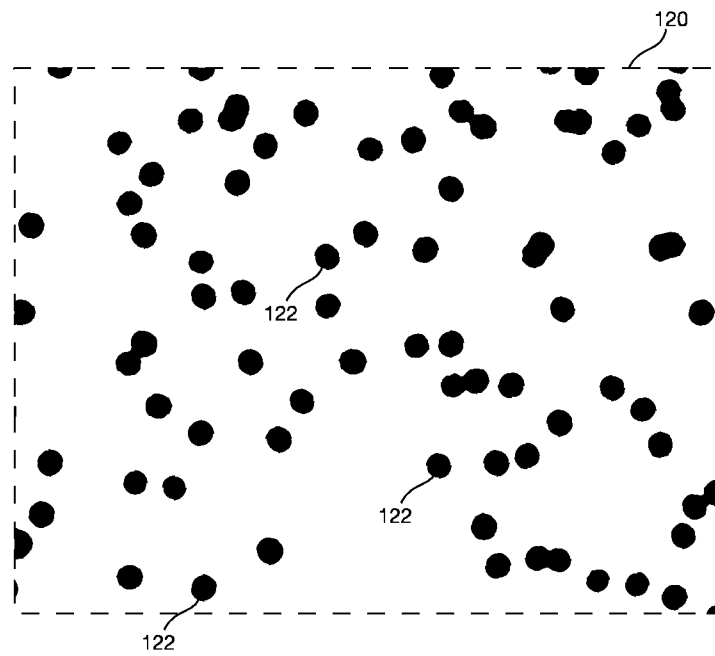


Fig. 3

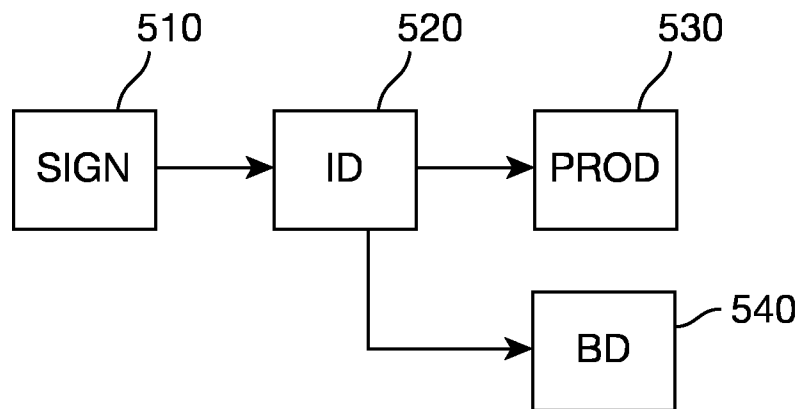


Fig. 5a

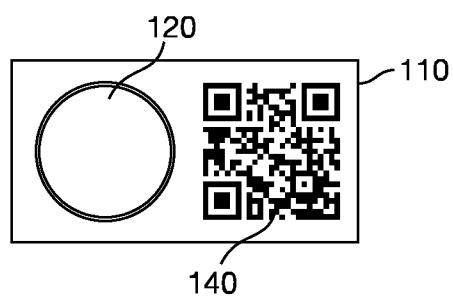
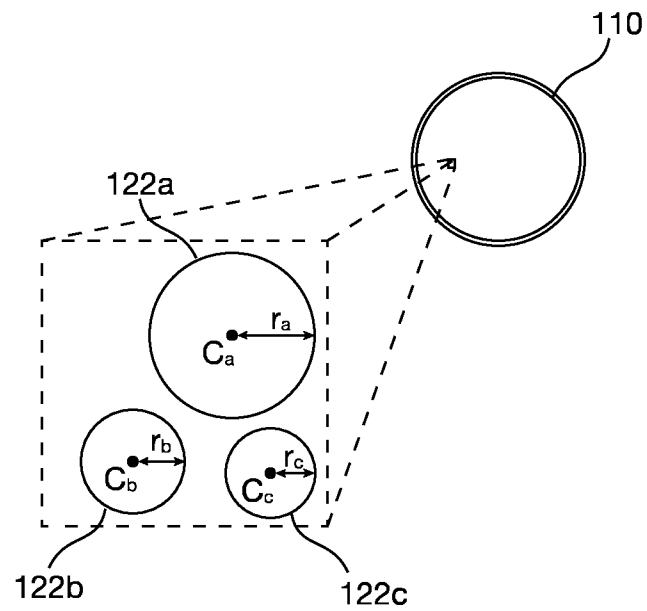
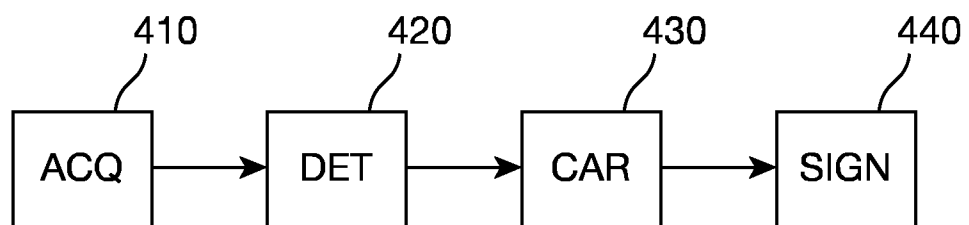
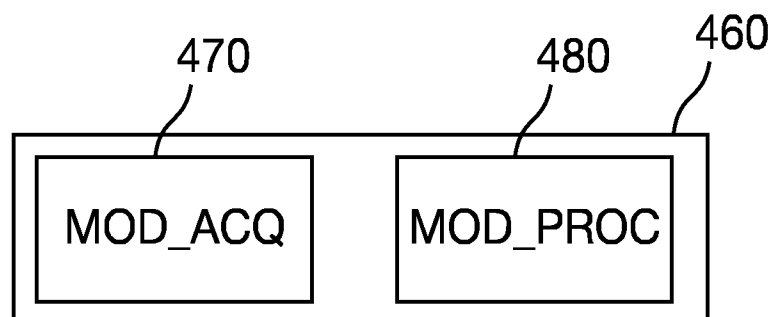
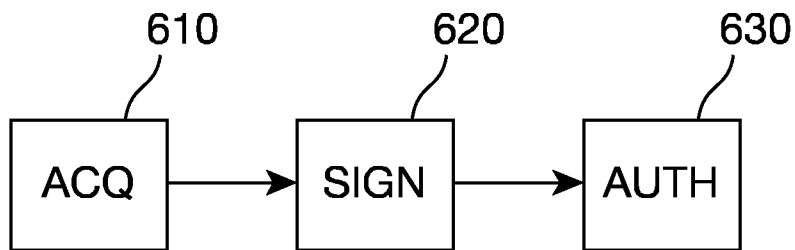
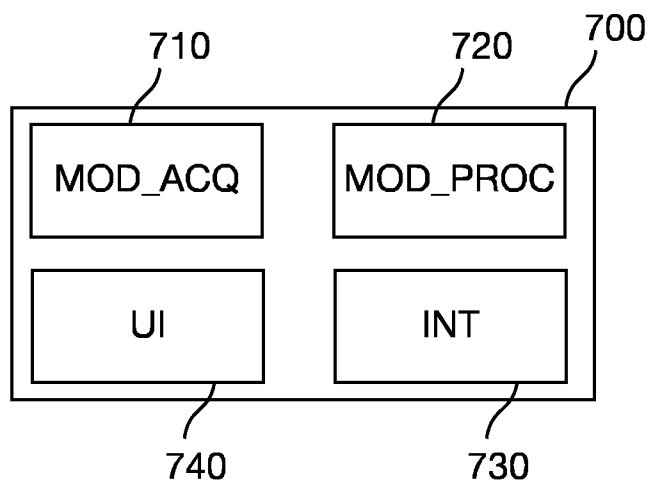


Fig. 5b

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

**Fig. 6****Fig. 7**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2014/052580

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G07D7/06 G07D7/00 G07D7/20
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G07D G06Q G06K B42D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 103 04 805 A1 (INFORMIUM AG [DE]) 19 August 2004 (2004-08-19) paragraph [0003] - paragraph [0004] paragraph [0017] - paragraph [0024] paragraph [0035] - paragraph [0043] -----	1-13
A	US 6 328 342 B1 (BELOUSOV BORIS ILICH [RU] ET AL) 11 December 2001 (2001-12-11) abstract -----	1,7
A	GB 2 398 759 A (UNIV SHEFFIELD HALLAM [GB]) 1 September 2004 (2004-09-01) abstract page 2 - page 3 -----	1,7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 March 2015

Date of mailing of the international search report

30/03/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bohn, Patrice

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2014/052580

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE 10304805	A1	19-08-2004	DE	10304805 A1		19-08-2004
			EP	1597709 A2		23-11-2005
			WO	2004070667 A2		19-08-2004

US 6328342	B1	11-12-2001	CN	1196135 A		14-10-1998
			DE	69632863 D1		12-08-2004
			DE	69632863 T2		18-11-2004
			EP	0853296 A1		15-07-1998
			US	6328342 B1		11-12-2001
			WO	9705580 A1		13-02-1997

GB 2398759	A	01-09-2004	NONE			

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2014/052580

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G07D7/06 G07D7/00 G07D7/20 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) G07D G06Q G06K B42D		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 103 04 805 A1 (INFORMIUM AG [DE]) 19 août 2004 (2004-08-19) alinéa [0003] - alinéa [0004] alinéa [0017] - alinéa [0024] alinéa [0035] - alinéa [0043] -----	1-13
A	US 6 328 342 B1 (BELOUSOV BORIS ILICH [RU] ET AL) 11 décembre 2001 (2001-12-11) abrégé -----	1,7
A	GB 2 398 759 A (UNIV SHEFFIELD HALLAM [GB]) 1 septembre 2004 (2004-09-01) abrégé page 2 - page 3 -----	1,7
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale	
5 mars 2015	30/03/2015	
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Bohn, Patrice

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2014/052580

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 10304805	A1	19-08-2004	DE 10304805 A1 19-08-2004
			EP 1597709 A2 23-11-2005
			WO 2004070667 A2 19-08-2004
US 6328342	B1	11-12-2001	CN 1196135 A 14-10-1998
			DE 69632863 D1 12-08-2004
			DE 69632863 T2 18-11-2004
			EP 0853296 A1 15-07-1998
			US 6328342 B1 11-12-2001
			WO 9705580 A1 13-02-1997
GB 2398759	A	01-09-2004	AUCUN