

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication : **3 140 888**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **22 10459**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **C 23 C 16/44** (2023.01), C 23 C 16/00

①②

## BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE DE DÉPOT DE REVÊTEMENT.

②② Date de dépôt : 12.10.22.

③① Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 19.04.24 Bulletin 24/16.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 16.05.25 Bulletin 25/20.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥① Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *SAFRAN Société anonyme* — FR.

⑦② Inventeur(s) : MILLOT Mathilde et CAVARROC  
Marjorie, Christine.

⑦③ Titulaire(s) : *SAFRAN Société anonyme*.

⑦④ Mandataire(s) : Ernest Gutmann - Yves Plasseraud.

FR 3 140 888 - B1



## Description

### Titre de l'invention : PROCEDE DE DEPOT DE REVETEMENT

#### Domaine technique

[0001] L'invention relève du domaine de la réalisation de revêtements de carbone type diamant à croissance régulière et progressive ou des revêtements graphités sur des pièces techniques par dépôt de type PVD, physical Vapor Deposition en anglais soit dépôt physique en phase vapeur en français ou de type PECVD, Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition en anglais soit dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma en français.

#### Technique antérieure

[0002] Il est connu de réaliser des dépôts PVD ou PECVD carbone et, dans le cadre du développement de revêtements carbone type diamant (DLC diamond like carbon en anglais) par exemple, un problème de croissance différente des dépôts selon les géométries des parties de pièces concernées, notamment dans le cadre des pièces à géométrie complexe existe. Selon la position sur une même pièce, le dépôt peut avoir une microstructure différente, en particulier l'orientation des colonnes du matériau déposé peut varier. Cette orientation différente peut mener à des propriétés différentes. Ainsi, sur une même pièce, le revêtement peut avoir une structure différente et ainsi des propriétés différentes selon sa position sur la pièce.

[0003] La [Fig.1] représente par exemple un dépôt par procédé PVD qui aboutit à la croissance colonnaire d'un revêtement 2 orienté d'un angle  $\theta$  entre un substrat 1 et les colonnes du revêtement 2.

[0004] Dans le cas d'essais tribologiques sur des pièces revêtues de géométries complexes, par exemple des engrenages, il est extrêmement difficile de caractériser les propriétés du dépôt directement sur les pièces finales surtout sur des surfaces de petite surface et/ou de forme non plane de ces pièces du fait que l'on ne maîtrise pas l'orientation des colonnes réalisant le revêtement.

[0005] Il est donc nécessaire de mettre au point une technique de dépôt qui puisse reproduire les différentes orientations des colonnes formant un revêtement sur une pièce de géométrie choisie en sorte de mener des essais tribologiques classiques selon ces orientations.

[0006] Il existe des essais tribologiques permettant de reproduire les conditions de roulement-glisement en un point de contact entre deux pièces et les échantillons mis en œuvre sont pour ce faire des disques, des billes, des galets. Par contre, pour un engrenage tel que schématisé en [Fig.2], au niveau du contact entre deux dents d'engrenage 1a, 1b telles par exemple que la dent 1a est la dent d'un pignon menant

et la dent 1b la dent d'un pignon mené, les colonnes 12a, 12b des revêtements 11a, 11b sont en opposition et la cinétique de roulement-glissement entre les surfaces est complexe. Dans un tel cas, il n'existe pas actuellement d'essai tribologique permettant de trier les solutions de revêtement autre que de réaliser des essais sur les dentures. Il est donc nécessaire de trouver un moyen pour réaliser des essais selon les différentes inclinaisons possibles pour les colonnes des revêtements.

### **Problème technique**

[0007] Les solutions connues ne permettent pas de faire varier l'angle de dépôt sur des échantillons et ainsi de caractériser l'influence de cet angle sur l'efficacité du dépôt sur les pièces en contact et en mouvement.

### **Exposé de l'invention**

[0008] Au vu de l'art antérieur la présente divulgation propose de réaliser, sur des échantillons représentatifs des futures surfaces en contact, un revêtement représentatif de celui présent sur ces surfaces et, pour ce faire d'adapter le dispositif et la méthode de pulvérisation.

[0009] Pour ce faire la présente divulgation propose en premier lieu un dispositif de dépôt PVD ou PECVD comportant une enceinte dans laquelle se trouve une pièce à revêtir montée mobile sur un support, et une cible d'un matériau d'un revêtement à évaporer et déposer sur la pièce, qui comporte un masque pourvu d'une lumière en regard de la pièce à revêtir et fixe par rapport à la cible, ledit masque étant disposé entre la cible et la pièce, ladite pièce montée mobile, étant positionnée derrière le masque par rapport à la cible de telle sorte qu'un mouvement de la pièce derrière la lumière fasse défiler progressivement une zone à revêtir de la surface de la pièce derrière la lumière. Ceci permet de réaliser sur la pièce une zone revêtue d'un dépôt colonnaire dudit matériau lors du défilement de la pièce sous la lumière.

[0010] La lumière définit préférablement une ouverture de dimension adaptée à canaliser un faisceau de dépôt vapeur sur ladite zone à revêtir derrière la lumière, une largeur de la lumière dans une direction de déplacement, notamment de rotation de la pièce étant définie entre 1 et 7 cm.

[0011] Un premier axe perpendiculaire à ladite zone à revêtir de ladite surface forme un angle supérieur à  $0^\circ$  et inférieur à  $90^\circ$  par rapport à un deuxième axe perpendiculaire à un plan de la cible et dirigé vers la pièce.

[0012] Le premier axe perpendiculaire à ladite zone à revêtir forme avantageusement un angle supérieur à  $10^\circ$  et inférieur à  $80^\circ$  par rapport au deuxième axe. Préférablement, ledit angle peut être défini entre  $20^\circ$  et  $70^\circ$ .

[0013] Selon un premier mode de réalisation, la pièce est mise en rotation autour dudit premier axe.

- [0014] Selon un deuxième mode de réalisation, la pièce est mise en rotation autour d'un troisième axe perpendiculaire au premier axe et au deuxième axe.
- [0015] La pièce peut présenter une symétrie par rotation autour d'un axe rotatif, et ledit mouvement de la pièce par rapport au support est une rotation autour de l'axe rotatif de la pièce. La lumière pour sa part est parallèle à la surface à revêtir et proche de cette surface, par exemple à une distance de quelques millimètres, par exemple à moins de 15 mm, voire à moins de 7 mm ou même 3 mm.
- [0016] Le masque peut comporter une plaquette écran disposée sur au moins un bord de la lumière et parallèle, à plus ou moins 20°, audit deuxième axe et notamment inclinée à plus ou moins 20° dudit deuxième axe. Cette plaquette écran est positionnée et orientée pour guider sur la surface le faisceau provenant de la cible.
- [0017] Le masque est avantageusement réalisé en acier.
- [0018] La présente divulgation concerne en outre un procédé de dépôt au moyen du dispositif décrit ci-dessus et comportant
- a. - une pose de ladite pièce à revêtir, montée mobile par rapport au support, derrière le masque par rapport à la cible, avec la lumière du masque située en regard d'une zone de la surface de la pièce à revêtir,
  - b. - une mise en rotation de la pièce derrière ledit masque selon un mouvement de la pièce derrière la lumière adapté à faire défiler progressivement derrière la lumière ladite zone de la surface de la pièce à revêtir,
  - c. - une pulvérisation de matériau de revêtement en direction de la lumière et de ladite zone en sorte de réaliser sur la pièce une zone revêtue d'un dépôt colonnaire dudit matériau.
- [0019] Le procédé peut être tel que, un premier axe perpendiculaire à ladite zone à revêtir sous ladite lumière faisant un angle  $\alpha$  avec un deuxième axe perpendiculaire à un plan de la cible, le procédé comprend, avant ladite pulvérisation, un ajustement dudit angle  $\alpha$ , en fonction d'une inclinaison dudit dépôt colonnaire à réaliser.

### **Brève description des dessins**

- [0020] D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après d'exemples de réalisation non limitatifs, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :
- [0021] [Fig.1] montre une vue au microscope d'un revêtement déposé sur une surface par un procédé PVD;
- [0022] [Fig.2] montre une vue schématique de côté de dents d'engrenage pourvues d'un revêtement obtenu par un procédé PVD;
- [0023] [Fig.3A] montre une vue schématique de dessus d'un premier mode de réalisation du dispositif de la présente divulgation;

- [0024] [Fig.3B] montre une vue schématique en coupe de côté du dispositif de la [Fig.3A] ;
- [0025] [Fig.3C] montre une vue schématique de côté du dispositif de la [Fig.3A] ;
- [0026] [Fig.4A] montre une vue schématique de dessus d'un deuxième mode de réalisation du dispositif de la présente divulgation;
- [0027] [Fig.4B] montre une vue schématique de côté du mode de réalisation de la [Fig.4A];
- [0028] [Fig.5A] montre une vue schématique de dessus d'un troisième mode de réalisation du dispositif de la présente divulgation;
- [0029] [Fig.5B] montre une vue schématique de côté du mode de réalisation de la [Fig.5A];
- [0030] [Fig.6] montre une vue schématique de dessus d'une variante du mode de la réalisation de la [Fig.5A];

### **Description des modes de réalisation**

- [0031] Les dessins et la description ci-après contiennent des éléments pouvant non seulement servir à mieux faire comprendre la présente invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.
- [0032] Comme décrit ci-dessus, la [Fig.1] représente un revêtement 2 formé en colonnes selon un angle  $\theta$  par rapport à la surface d'un substrat 1. Cet angle  $\theta$  va dépendre de la direction selon laquelle sont projetés les particules de revêtement sur la surface de la pièce.
- [0033] Selon la position sur une même pièce, le dépôt peut avoir une microstructure différente et notamment les orientations des colonnes peuvent varier du fait d'effets de pointe et d'ombrage. Cette orientation variable peut mener à des propriétés différentes du revêtement selon sa position sur la pièce. Ainsi, un même dépôt, sur une même pièce, peut avoir selon sa position une structure différente et ainsi des propriétés différentes.
- [0034] Il est par ailleurs extrêmement difficile de caractériser les propriétés du dépôt directement sur pièce finale de géométrie complexe, surtout lorsque la surface concernée est de petite surface et/ou de forme non plane.
- [0035] Dans le cas de la [Fig.2] par exemple on voit que l'orientation des colonnes 12a, 12b de revêtements PVD 11a, 11b dans une zone de contact entre deux dents 10a, 10b d'un engrenage va dépendre de la courbure locale de ces dents lorsqu'elles sont soumises au bombardement de particules destinées à réaliser le revêtement.
- [0036] Il est donc souhaitable de pouvoir reproduire ces orientations pour mieux connaître le comportement des revêtements selon les inclinaisons des colonnes desdits revêtements et pouvoir réaliser des essais tribologiques permettant de reproduire les conditions de roulement-glissement en un point du contact selon les inclinaisons de colonnes de revêtement que l'on souhaite tester. Pour réaliser des essais tribologiques, les échantillons mis en œuvre sont des disques, des billes, des galets. Le dispositif de la

présente divulgation a pour but de réaliser des revêtements dont les inclinaisons des colonnes de matériau sont maîtrisées et connues.

- [0037] L'enjeu de l'invention est ainsi de réaliser, sur des surfaces de tels échantillons, à mettre en contact, un revêtement représentatif de celui présent sur des zones de pièces complexes telles des dents d'engrenages pour en étudier le comportement (et avec une possibilité de contrôle de l'angle d'inclinaison des colonnes, pour pouvoir tester l'influence de cette inclinaison).
- [0038] Le dispositif de dépôt PVD ou PECVD de la présente divulgation comporte selon le mode de réalisation de la [Fig.3A] une enceinte 25 dans laquelle se trouve une pièce 22 à revêtir, ici une pièce annulaire dont une face doit être revêtue, une cible 20 qui va fournir le matériau à évaporer pour réaliser le revêtement et un masque 21. Le masque 21 disposé entre la cible et la pièce 22 est pourvu d'une lumière ou ouverture 23. La pièce est montée mobile sur un support 24, ici un support tournant tandis que le masque est immobile par rapport à la cible.
- [0039] La lumière est parallèle à la surface à revêtir et proche de cette surface, par exemple à une distance de quelques millimètres, par exemple à moins de 15 mm, voire à moins de 7 mm ou même 3 mm.
- [0040] Dans ce mode de réalisation, la pièce 22 à revêtir est une rondelle annulaire, le masque 21 est un disque et la lumière 23 est constituée ici par une entaille selon un secteur angulaire du masque.
- [0041] Toujours selon ce mode de réalisation, Un axe X normal à la zone à revêtir est identique à un axe A de rotation de la pièce 22 sur son support 24. L'axe X fait un angle  $\alpha$  avec un axe Y normal à la surface de la cible et la lumière 23 découvre un petit secteur d'une face de la pièce annulaire, le disque fixe du masque étant disposé au-dessus de la pièce en rotation. La lumière forme ainsi sur la pièce une zone à revêtir d'axe normal X de dimension réduite dans le sens circonférentiel de la pièce 22. La lumière permet ainsi aux particules de se déposer avec une orientation commune sur la partie mise à nu de la pièce, ce qui permet de revêtir la face de la pièce se déplaçant sous ladite lumière 23 avec un dépôt homogène pourvu de colonnes d'inclinaison  $\theta$  constante tel que  $\theta=90^\circ-\alpha$ ,  $\alpha$  étant l'angle entre l'axe Y normal à la cible et l'axe X normal à la zone à revêtir de la pièce.
- [0042] La [Fig.3C] vue du côté de la lumière 23 permet de mieux distinguer le positionnement de la lumière 23 par rapport à la pièce 22 et l'inclinaison  $\alpha$  de l'axe de rotation de la pièce par rapport à la normale au plan de la cible. Le revêtement se dépose au travers de la lumière 23 sur la surface de la pièce 22 progressivement lors de la rotation de cette-dernière, par exemple à une vitesse de 1 tour/mn à 50 tours/mn selon l'application.

- [0043] Les dimensions de la lumière 23 sont telles qu'elle définit une ouverture de dimension adaptée à canaliser un faisceau de dépôt vapeur sur une partie de la pièce derrière la lumière et orienter le dépôt selon des colonnes parallèles.
- [0044] Pour définir les dimensions de la lumière, il est souhaitable :
- a. que l'ouverture ne soit pas trop petite, car sinon, du fait d'effets de pointe, on risque de tout déposer sur le masque, sans que le matériau n'atteigne la pièce,
  - b. Que l'ouverture ne soit pas trop grande non plus, pour rester assez directif angulairement,
- [0045] En particulier, une largeur de la lumière dans une direction de rotation de la pièce définie entre 1 et 7 cm permet d'obtenir une grande homogénéité de l'orientation des colonnes.
- [0046] L'angle  $\alpha$  entre le premier axe X perpendiculaire à la zone à revêtir sous la lumière et le deuxième axe Y normal à la cible et dirigé vers la pièce est supérieur à  $0^\circ$  et inférieur à  $90^\circ$  et préférentiellement supérieur à  $10^\circ$  et inférieur à  $80^\circ$  pour obtenir des colonnes faisant respectivement un angle avec la surface de la pièce entre  $80^\circ$  et  $10^\circ$ . Dans un mode de réalisation particulier, l'angle  $\alpha$  est choisi pour que les colonnes fassent un angle de  $40^\circ$  à  $60^\circ$  avec la surface de la pièce.
- [0047] Les figures 4A et 4B correspondent à un deuxième mode de réalisation pour lequel le masque 21a est réalisé en sorte de masquer une partie d'une pièce sphérique 22a. Dans cet exemple, la pièce est mobile en rotation autour de son axe de rotation A qui est confondu avec un axe Z dit troisième axe perpendiculaire au deuxième axe Y normal au plan de la cible, le masque est conique d'axe de révolution selon l'axe Z et comporte une lumière 23a réalisée par une ouverture sur un secteur du cône. En variante, le masque pourrait être une calotte sphérique, par exemple une coque en forme de demi-sphère, avec une lumière localisée correspondant à un secteur angulaire, une lumière circulaire ou une lumière rectangulaire. Toutefois, le masque conique tel que représenté a l'avantage de permettre au masque et à la lumière d'être très proche de la pièce au niveau de la zone à revêtir, ce qui est favorable pour le dépôt.
- [0048] Comme dans le premier mode de réalisation, la lumière est désaxée d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'axe Y c'est à dire que sa position angulaire autour de l'axe Z est décalée par rapport à l'axe Y d'un angle  $\alpha$ , de sorte que le dépôt sous la lumière se fait avec une inclinaison donnée sur la pièce. Dans le cas présent, le dépôt est aussi réalisé sur la partie inférieure de la pièce sphérique non recouverte par le masque sans que ce soit gênant, la partie active pour les essais étant la bande 26 située entre deux parallèles au niveau de la lumière.
- [0049] Dans ce mode de réalisation, le masque est toujours fixe et la pièce 22a est mise en rotation autour du troisième axe Z perpendiculaire au premier axe X et au deuxième

axe Y. Une bande annulaire de dépôt homogène dont les colonnes de matériau sont inclinées selon un angle dépendant de l'angle  $\alpha$  est réalisée par la rotation de la pièce sphérique 22a sous le masque et la pulvérisation de matière sur la zone non masquée 26 sous la lumière 23a.

- [0050] Les figures 5A et 5B correspondent à un mode de réalisation pour lequel la pièce 22b à recouvrir est cylindrique (il s'agit d'un galet) et montée sur un support 24 pourvu d'un axe de rotation A selon un axe Z perpendiculaire à un axe Y normal à la cible 20 et pour lequel le revêtement doit être déposé sur la paroi externe cylindrique de la pièce.
- [0051] Dans ce mode de réalisation, le masque 21b est sous la forme d'un anneau cylindrique fixe par rapport à la cible 20, entourant ladite paroi externe et pourvu d'une lumière 23b sous la forme d'une fente parallèle à l'axe de rotation Z.
- [0052] Dans ce mode de réalisation, l'inclinaison selon l'angle  $\theta$  des colonnes est obtenue par un décalage angulaire  $\alpha$  entre la position de la fenêtre (position angulaire autour de l'axe Z), et l'axe Y perpendiculaire à la cible 20.
- [0053] Dans l'exemple de la [Fig.6], le masque comporte sur au moins un côté de la lumière une plaquette écran 23c qui va aider à diriger les particules et forcer une croissance unidirectionnelle des colonnes constituant le revêtement. Cette plaquette écran peut dans le cas du mode de réalisation de la [Fig.3A] être réalisée par un bord relevé d'une entaille formée dans le disque constituant le masque 21, relever ce bord permettant justement d'ouvrir la fenêtre 23b.
- [0054] Le masque est avantageusement réalisé en acier ce qui en fait un masque Léger, facile à mettre en œuvre, pouvant être sablé pour le nettoyage et peu coûteux.
- [0055] Les pièces à recouvrir peuvent être des pièces métalliques, céramiques ou polymères comme les plastiques.

## Revendications

- [Revendication 1] Dispositif de dépôt PVD ou PECVD comportant une enceinte (25), une pièce (22) à revêtir montée mobile dans l'enceinte sur un support (24), et une cible (20) d'un matériau d'un revêtement à évaporer et déposer sur la pièce, caractérisé en ce qu'il comporte un masque (21) pourvu d'une lumière (23) en regard de la pièce (22) à revêtir et fixe par rapport à la cible (20), ledit masque étant disposé entre la cible et la pièce, ladite pièce montée mobile, étant positionnée derrière le masque par rapport à la cible de telle sorte qu'un mouvement de la pièce derrière la lumière fasse défiler progressivement une zone à revêtir de la surface de la pièce derrière la lumière pour lequel un premier axe (X) perpendiculaire à ladite zone à revêtir de ladite surface forme un angle ( $\alpha$ ) supérieur à  $0^\circ$  et inférieur à  $90^\circ$  par rapport à un deuxième axe (Y) perpendiculaire à un plan de la cible et dirigé vers la pièce, **caractérisé en ce que** le masque comporte une plaquette écran (23c) disposée sur au moins un bord de la lumière et parallèle, à plus ou moins  $20^\circ$ , audit deuxième axe (Y).
- [Revendication 2] Dispositif de dépôt PVD ou PECVD selon la revendication 1 pour lequel la lumière (23) définit une ouverture de dimension adaptée à canaliser un faisceau de dépôt vapeur sur ladite zone à revêtir derrière la lumière, une largeur de la lumière dans une direction de déplacement de la pièce étant définie entre 1 et 7 cm.
- [Revendication 3] Dispositif de dépôt PVD ou PECVD selon la revendication 1 ou 2 pour lequel le premier axe (X) perpendiculaire à ladite zone à revêtir forme un angle ( $\alpha$ ) supérieur à  $10^\circ$  et inférieur à  $80^\circ$  par rapport au deuxième axe (Y) et préférentiellement entre  $20^\circ$  et  $70^\circ$ .
- [Revendication 4] Dispositif de dépôt PVD ou PECVD selon l'une quelconque des revendications précédentes pour lequel la pièce est mise en rotation autour dudit premier axe (X).
- [Revendication 5] Dispositif de dépôt PVD ou PECVD selon l'une quelconque des revendications précédentes pour lequel la pièce est mise en rotation autour d'un troisième axe (Z) perpendiculaire au premier axe (X) et au deuxième axe (Y).
- [Revendication 6] Dispositif de dépôt PVD ou PECVD selon l'une quelconque des revendications précédentes pour lequel la pièce présente une symétrie par rotation autour d'un axe rotatif (A), et pour lequel ledit

mouvement de la pièce par rapport au support est une rotation autour de l'axe rotatif (A) de la pièce.

[Revendication 7]

Dispositif de dépôt PVD ou PECVD selon l'une quelconque des revendications précédentes pour lequel le masque est réalisé en acier.

[Revendication 8]

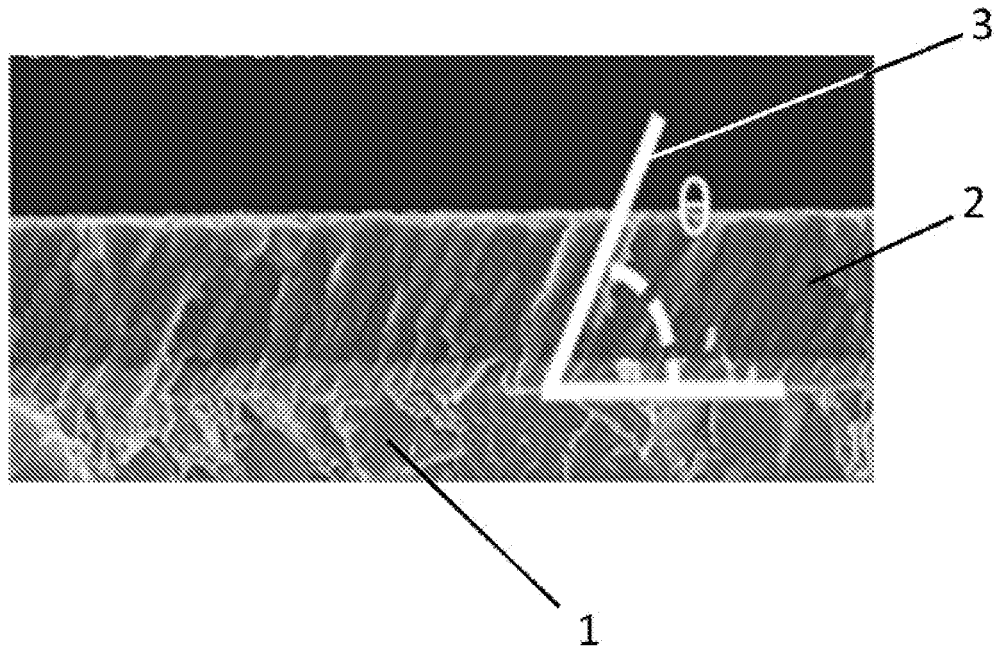
Procédé de dépôt au moyen du dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes comportant :

- a. - une pose de ladite pièce à revêtir, montée mobile par rapport au support, derrière le masque par rapport à la cible, avec la lumière (23) du masque située en regard d'une zone de la surface de la pièce (22) à revêtir,
- b. - une mise en rotation de la pièce derrière ledit masque selon un mouvement de la pièce derrière la lumière adapté à faire défiler progressivement derrière la lumière ladite zone de la surface de la pièce à revêtir,
- c. - une évaporation de matériau de revêtement en direction de la lumière et de ladite zone en sorte de réaliser sur la pièce une zone revêtue d'un dépôt colonnaire dudit matériau, ledit matériau étant guidé sur ladite zone de la surface de la pièce à revêtir par une plaquette écran disposée sur au moins un bord de la lumière et parallèle à plus ou moins 20° dudit deuxième axe (Y).

[Revendication 9]

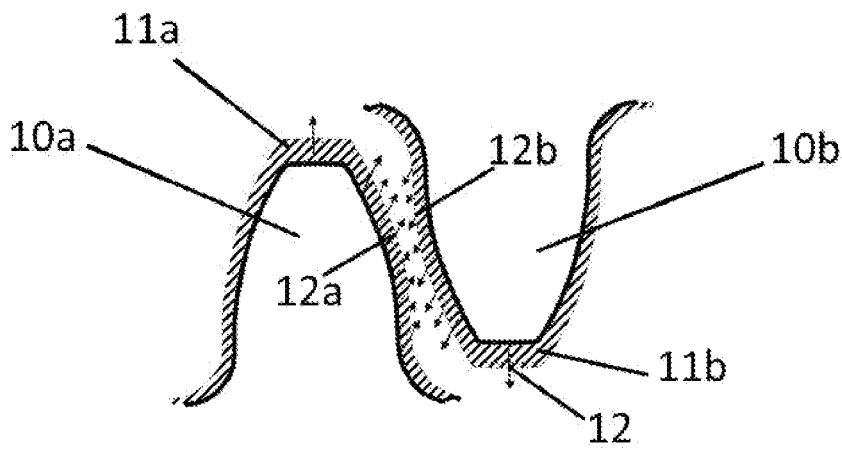
Procédé de dépôt selon la revendication 8, pour lequel, un premier axe (X) perpendiculaire à ladite zone à revêtir sous ladite lumière faisant un angle  $\alpha$  avec un deuxième axe (Y) perpendiculaire à un plan de la cible, le procédé comprend, avant ladite évaporation, un ajustement dudit angle  $\alpha$ , en fonction d'une inclinaison dudit dépôt colonnaire à réaliser.

[Fig. 1]



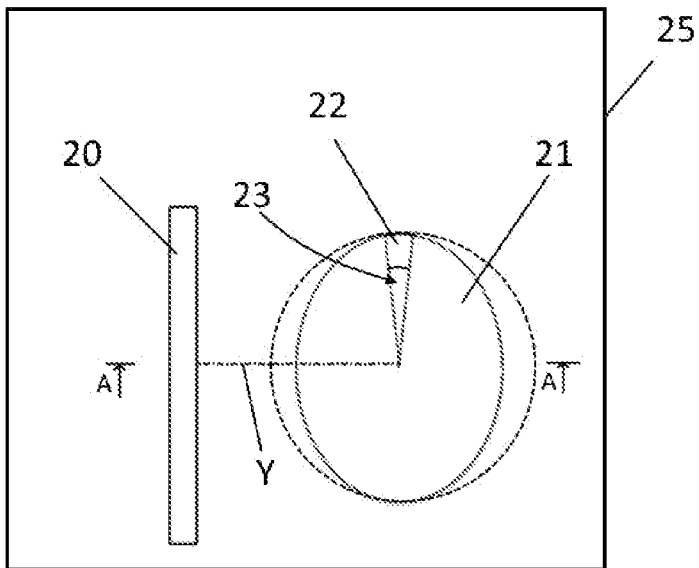
**FIG. 1** ART ANTERIEUR

[Fig. 2]

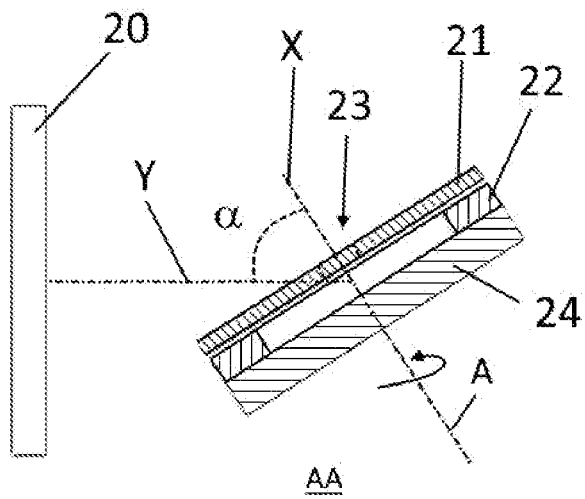


**FIG. 2** ART ANTERIEUR

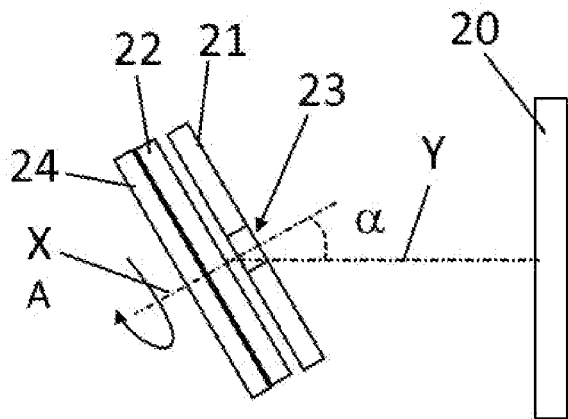
[Fig. 3A]

**FIG. 3A**

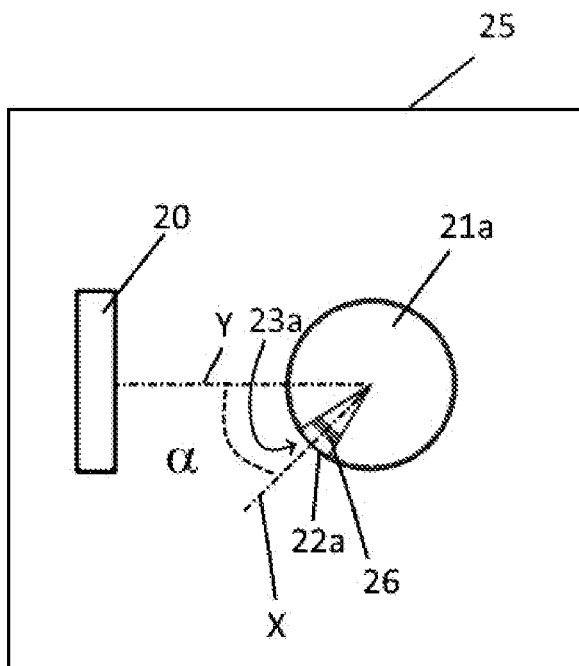
[Fig. 3B]

**FIG. 3B**

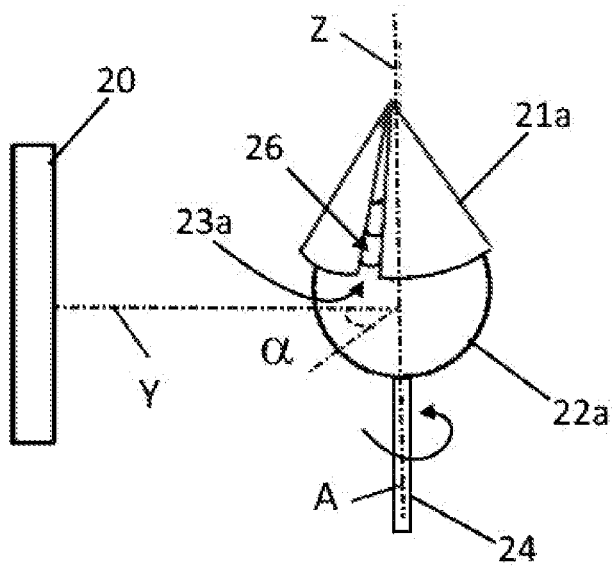
[Fig. 3C]

**FIG. 3C**

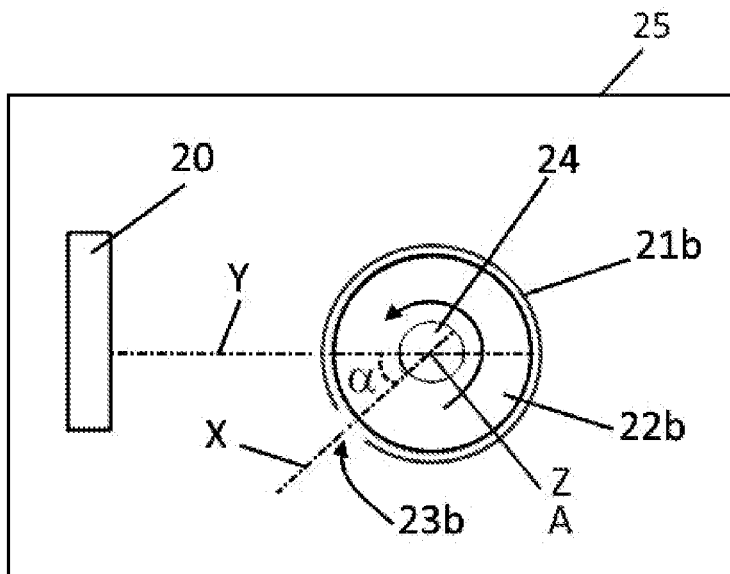
[Fig. 4A]

**FIG. 4A**

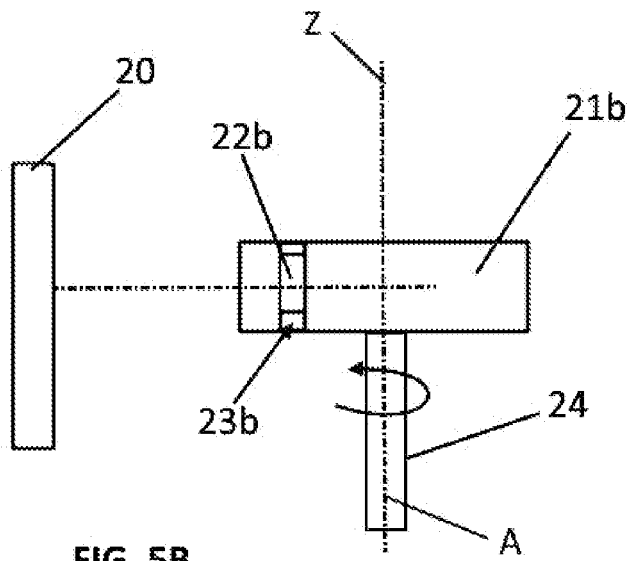
[Fig. 4B]

**FIG. 4B**

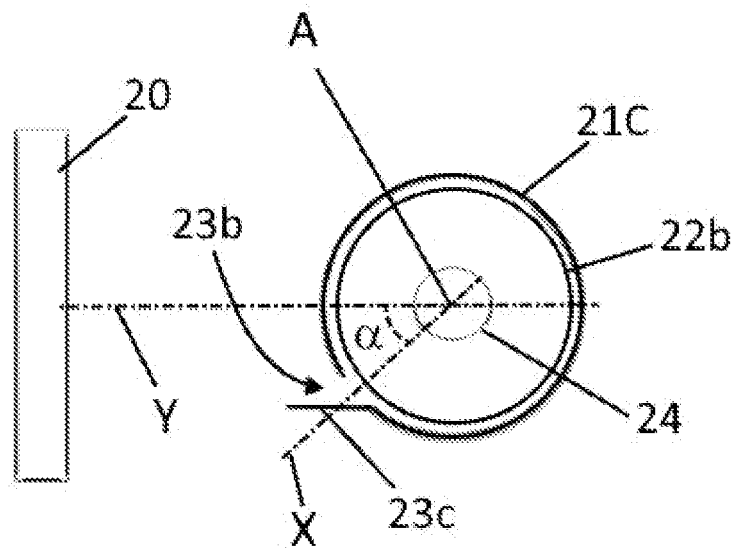
[Fig. 5A]

**FIG. 5A**

[Fig. 5B]

**FIG. 5B**

[Fig. 6]

**FIG. 6**

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2008/063901 A1 (NAKAYAMA MASAO [JP] ET  
AL) 13 mars 2008 (2008-03-13)

US 4 622 271 A (ARAI YOSHIHIRO [JP] ET AL)  
11 novembre 1986 (1986-11-11)

US 10 690 992 B2 (US GOV SEC NAVY [US])  
23 juin 2020 (2020-06-23)

WO 2008/108477 A1 (CANON KK [JP]; ISHIDA  
YOHEI [JP] ET AL.)  
12 septembre 2008 (2008-09-12)

US 2008/075856 A1 (KOJIMA HIROYUKI [JP])  
27 mars 2008 (2008-03-27)

US 6 265 353 B1 (KINDER HELMUT [DE] ET AL)  
24 juillet 2001 (2001-07-24)

US 5 638 197 A (GUNNING III WILLIAM J [US]  
ET AL) 10 juin 1997 (1997-06-10)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT