

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
3 novembre 2005 (03.11.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/102537 A2

(51) Classification internationale des brevets⁷ : **B05B 3/10**

(71) Déposants et

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2005/000852

(72) Inventeurs : **RENAUDEAUX, Jean-Pierre** [FR/FR];
14, chemin de la Rousterie, F-78460 Chevreuse (FR).
CHICHEPORTICHE, Jean-Marc [FR/FR]; 12, rue
de la Jonquière, F-75017 Paris (FR). **ZAINOUN, Najib**
[SY/FR]; 30, rue de Montmaillier, Appartement 3, F-87000
Limoges (FR).

(22) Date de dépôt international : 7 avril 2005 (07.04.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(74) Représentant commun : **RENAUDEAUX, Jean-Pierre**;
14, chemin de la Rousterie, F-78460 Chevreuse (FR).

(26) Langue de publication : français

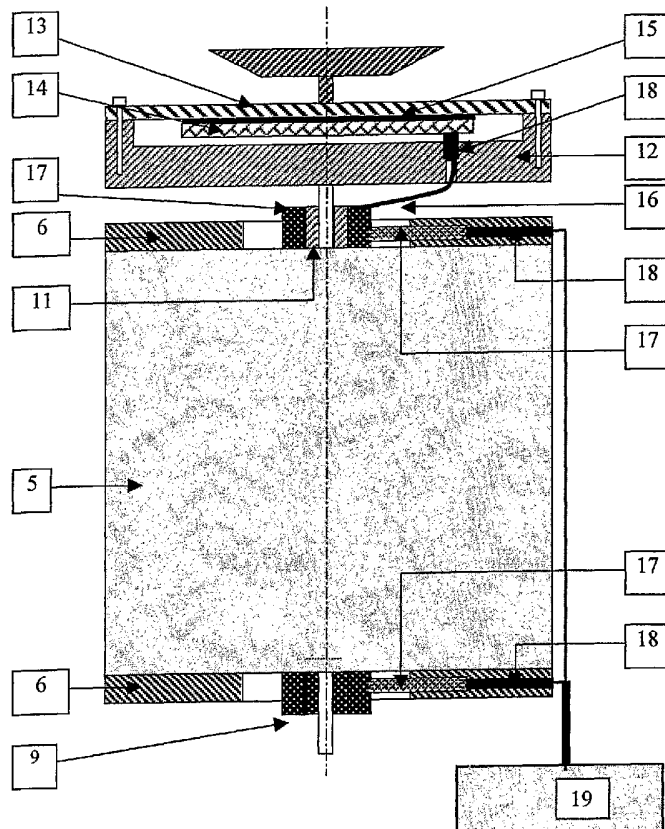
(30) Données relatives à la priorité :
0403679 8 avril 2004 (08.04.2004) FR

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: SPRAY DISPENSER PROVIDED WITH A DISK ROTATING CALIBRATED AEROSOLS

(54) Titre : ATOMISEUR A DISQUE TOURNANT D'AEROSOLS CALIBRES



(57) Abstract: The invention relates to a spray dispenser provided with a rotary disc generating with a high rate calibrated aerosol in such a way that drops are monodispersed and have a low statistical straggling of the diameters thereof around a defined mean value or multidispersed by splitting into defined sized main drops and a discrete spectrum of small-sized also defined satellites. The drop control is carried out by controlling waves propagating through a jet and by fractionating them. Said control is carried out by oscillating a deformable or rigid disc or by exciting jets by means of fine teeth which are uniformly distributed along the disc circumference. The inventive device is directed, in particular to industrial, medical and agricultural applications where it is necessary to produce supermicron drops and where monodispersion is a quality factor

(57) Abrégé : La présente invention concerne un atomiseur à disque tournant, générant avec un débit élevé un aérosol calibré, c'est-à-dire dont les gouttelettes peuvent être monodispersées, présentant une faible dispersion statistique de leur diamètre autour d'une valeur moyenne définie, ou pluridispersées se répartissant en des gouttelettes principales de taille définie et un spectre discret de satellites de petites tailles, également définies. Le contrôle des gouttes s'obtient en maîtrisant l'onde se propageant dans les jets et les, fractionnant. Cette maîtrise est

réalisée, soit par mise en vibration du disque

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/102537 A2



CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

- *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

Publiée :

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

ATOMISEUR A DISQUE TOURNANT D'AEROSOLS CALIBRES

La présente invention concerne un atomiseur à disque tournant générant, avec un débit élevé, un aérosol calibré, c'est-à-dire dont les gouttelettes peuvent être monodispersées, présentant une faible dispersion statistique de leur diamètre autour d'une valeur moyenne définie, ou pluridispersées se répartissant en des gouttelettes principales de taille définie et un spectre discret de satellites de petites tailles, également définies.

Les atomiseurs sont utilisés couramment pour disperser une phase liquide en fines gouttelettes. Ces gouttelettes sont soit simplement chargées de véhiculer un produit actif vers une cible (peintures, laques, insecticides, pesticides, etc.), soit transformées en poudres par séchage ou solidification ou encapsulées (lait, parfums, médicaments, etc.).

Deux principaux dispositifs sont utilisés : 1) l'atomiseur à buse dans lequel du liquide mis sous pression dans un réservoir est dispersé à travers un orifice et 2) le disque tournant. Les aérosols ainsi produits sont en général polydispersés.

Il est connu que, si l'on envoie un filet de liquide perpendiculairement à un disque en rotation et en son centre, ce liquide s'étale sur le disque sous l'action de la force centrifuge. A la périphérie du disque, il peut apparaître, selon les conditions de fonctionnement, des gouttelettes (fig.1a), un film qui se résout en gouttelettes (fig.1b) ou des jets qui se cassent et donnent des gouttelettes (fig.1.c).

Les conditions de formation de jets, qui intéressent la présente invention, en dehors des conditions de formation de gouttelettes ou de films, sont déterminées pour la granulométrie souhaitée en fonction des propriétés physiques du liquide à disperser, du diamètre du disque et de sa vitesse de rotation.

Le processus de génération de gouttes à partir d'un jet est une instabilité naturelle, de longueur d'onde λ , qui se propage en s'amplifiant le long de chaque jet. Lorsque l'amplitude de l'onde devient égale au rayon du jet, celui-ci se coupe et il se forme en général une goutte principale et une ou plusieurs

gouttes de plus petites tailles appelées satellites. La répartition entre gouttelettes principales et satellites et la taille relative des gouttelettes principales et des satellites dépendent, pour un liquide et un disque donné d'un facteur k représentatif du rapport existant entre le rayon du jet au point de fractionnement et la valeur de la longueur d'onde.

L'instabilité naturelle est mal contrôlée, la longueur d'onde λ diffère d'un jet à l'autre et fluctue dans le temps pour un même jet. Il en résulte que la taille des gouttelettes et des satellites est hétérogène (fig.1.c). L'aérosol primaire recueilli est donc polydispersé et non contrôlé.

Le processus de génération de jets sur les bords du disque existe lorsque les bords du disque sont lisses et, dans certaines conditions, lorsque les bords sont pourvus de dents régulièrement réparties à la périphérie du disque. Dans le cas de disques lisses, les jets ont une vitesse de rotation ω_j plus faible que la vitesse de rotation ω_d du disque ; dans le cas de disques pourvus de dents régulièrement réparties à la périphérie, selon les dimensions relatives des jets et des dents, il y a glissement des jets sur le disque $\omega_j < \omega_d$ ou accrochage des jets au disque $\omega_j = \omega_d$.

La polydispersion est le plus souvent un facteur de non qualité. On peut citer par exemple, dans le cas de la dispersion agricole, que les gouttes trop grosses tombent au sol prématurément et que au contraire les satellites sont emportés par le vent. Il en résulte d'une part un gaspillage de produit et d'autre part un risque de pollution. On sait également par exemple que l'efficacité des aérosols utilisés en médecine, comme en agriculture, est intimement liée à la possibilité d'agir près de la cible désignée et dépend donc de la taille des aérosols. Enfin l'énergie qu'il faut dépenser pour sécher des gouttes est augmentée par la polydispersion. La possibilité de produire des aérosols contrôlés et le plus souvent monodispersés

constitue donc un avantage certain et plusieurs dispositifs ont été inventés que l'on peut classer en deux grandes catégories.

La première catégorie concerne la monodispersion par tri sélectif des gouttelettes et/ou des particules. Les trajectoires des gouttelettes issues des disques tournants étant liées aux dimensions de ces gouttes, il est possible de séparer les grosses gouttes des petites. La « toupie de Maye » est ainsi un générateur à disque tournant disposant d'un système permettant d'aspirer les satellites à la sortie du disque. Il résulte de cette méthode une perte de produit, qui peut être dommageable dans le cas de produits onéreux.

La deuxième catégorie concerne la monodispersion par génération d'une perturbation artificielle et/ou par contrôle de l'instabilité naturelle. Plusieurs dispositifs ont été développés sur ce concept :

Dans les atomiseurs à ultrasons, on excite la surface libre d'un liquide au repos avec une source acoustique. Il apparaît des pointes liquides d'où s'échappent de fines gouttelettes, typiquement de l'ordre de quelques micromètres à quelques dizaines de micromètres. La dispersion reste moyenne.

Dans les atomiseurs à coupure de jet, le jet issu d'un orifice simple est sectionné périodiquement par un outil coupant tournant à grande vitesse. Cette méthode, qui convient bien pour des liquides très visqueux, s'accompagne cependant d'une perte de matière.

Dans les atomiseurs à orifice vibrant, un jet liquide s'écoule par gravité à travers un orifice qu'on fait vibrer à une fréquence donnée. Le jet se fractionne à une distance fixe de l'orifice et l'aérosol obtenu est monodispersé. Dans cette technique, le jet étant au premier ordre près cylindrique, la taille des gouttes est principalement liée à la taille de l'orifice (le diamètre de chaque goutte est de l'ordre de deux fois le diamètre de l'orifice), il est nécessaire de changer d'orifice lorsqu'on veut changer la taille des gouttes produites. Les débits obtenus sont faibles et les dimensions des gouttes sont limitées vers le bas notamment par risque de

bouchage des orifices.

Dans l'atomiseur électrostatique à disque tournant, on soumet le liquide à un champ électrique intense qui génère des efforts surfaciques capables de générer des gouttelettes. Ce procédé n'est cependant valable que pour des fluides ayant une conductivité moyenne.

Le brevet français 9002914 (extension européenne 914006218) décrit un dispositif à disque tournant générant des aérosols monodispersés en utilisant des objets munis d'obstacles concentriques avec un espacement de l'ordre de grandeur de la valeur du diamètre que l'on désire obtenir pour les gouttelettes de l'aérosol monodispersé et des moyens perturbateurs générant au moins une onde capillaire se propageant vers la périphérie du disque. Les revendications 2 à 4 précisent les différentes formes des obstacles concentriques annoncés dans la revendication 1. Les revendications 5 à 9 précisent que les éléments perturbateurs sont des mouvements vibratoires agissant sur le liquide au niveau du tube d'alimentation (revendication 5) ou au niveau de l'orifice d'alimentation (revendication 6) ou au niveau du réservoir d'alimentation (revendication 7) ou au niveau de la région centrale de l'écoulement sur l'objet (revendication 8) ou au niveau du tube d'alimentation et de la surface du disque (revendication 9).

En conclusion sur cet état de la technique, on peut dire que dans le domaine des particules supermicroniques (20 à 2000 micromètres), deux dispositifs sont aptes à produire des particules réellement monodisperses : le dispositif à orifice vibrant et le disque en rotation rapide dont le dispositif d'alimentation ou le réservoir est mis en vibration ainsi qu'en attestent les figures 3 et 4 du brevet 9002914.

Même si l'utilisation de plusieurs orifices vibrants montés en parallèle permet d'augmenter le débit de ces appareils, le dispositif à disque tournant présente le double avantage d'un débit plus important et d'une absence de risque d'obturation.

L'invention a pour but de proposer un nouvel atomiseur d'aérosols calibrés à disque tournant utilisable pour des

liquides peu visqueux et visqueux, basé sur le principe que le contrôle des jets et par suite des gouttes est réalisé uniquement par le disque tournant.

L'invention atteint son but grâce des perfectionnements apportés aux dispositifs du type pulvérisateur à disque tournant, comportant un disque plan, coupelle ou objet à symétrie de révolution axiale mis en grande vitesse de rotation, un tube d'alimentation du liquide à disperser ou un réservoir de liquide muni à sa base d'un orifice, débouchant au centre de l'objet à symétrie de révolution axiale ou en son voisinage, du type dans lequel la vitesse de rotation, les dimensions de l'objet mis en rotation et le débit de liquide définissent des conditions de fonctionnement telles que des jets de fluide se forment autour de la périphérie de l'objet mis en rotation, le dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte des moyens pour contrôler l'amplitude et la longueur d'onde de la perturbation sur les jets de telle sorte qu'ils se fragmentent tous à la même distance du bord de l'objet et selon un processus défini : mono ou pluridispersion.

Selon un mode de réalisation du dispositif selon l'invention, les moyens pour contrôler les jets de telle sorte qu'ils se fragmentent tous à la même distance du bord de l'objet et selon un processus défini, mono ou pluridispersion, consistent à faire vibrer l'objet, supposé déformable ou indéformable, à une fréquence et avec une amplitude liées à la viscosité et à la tension superficielle du liquide pour une dimension d'objet donnée. L'objet peut avoir des bords lisses ou comporter un nombre N_d de dents périodiquement disposées. Dans le cas où le disque comporte des dents, la dimension de chaque dent doit être définie de telle façon qu'il y ait accrochage des jets aux dents.

Selon un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention, les moyens pour contrôler les jets de telle sorte qu'ils se fragmentent tous à la même distance du bord de l'objet et selon un processus défini, mono ou pluridispersion, consistent à disposer un nombre N_d de petites dents réparties

périodiquement à la périphérie de l'objet et dans son plan. Les dimensions des dents sont telles qu'elles ne permettent pas l'accrochage des jets. Il y a donc glissement des jets sur les dents avec une vitesse de rotation relative $\omega_d - \omega_j$. Au passage de chaque dent, chaque jet est soumis à une perturbation de pulsation $N_d(\omega_d - \omega_j)$, dont l'amplitude est contrôlée par la géométrie de la dent. Il en résulte que si q_v est le débit volumique d'alimentation du disque et N_j le nombre de jets formés à la périphérie de l'objet, le nombre de dents N_d est lié au rayon R_g des gouttes produites par la relation $N_d = 3q_v / [2R_g^3(\omega_d - \omega_j)N_j]$.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description suivante de modes de réalisation de l'invention, à caractère non limitatif, en référence aux figures parmi lesquelles :

La figure 2 montre le schéma général du dispositif et de l'ensemble de l'instrumentation permettant d'apprécier la qualité de l'aérosol généré. Le dispositif expérimental comprend trois parties.

- Le système d'alimentation en liquide est composé d'une pompe(2), d'un débitmètre(3) et d'un tube d'alimentation(4) dont l'extrémité est proche du centre du disque et perpendiculaire à celui-ci.
- Le générateur est constitué d'un moteur(5) fixé sur un bâti(6). Le moteur entraîne le disque(7) et le dispositif contrôleur(8) placé entre le disque et le moteur selon le premier mode de réalisation. Les gouttelettes sont recueillies dans un récipient (1). Dans cet exemple de réalisation, le dispositif perturbateur est une cellule piézo-électrique précontrainte, alimentée par une tension alternative grâce à un contact tournant et collée sur une face d'une plaque encastrée dont l'autre face supporte en son centre l'objet.
- Le système de commande et de contrôle pilote

l'expérimentation. Il comprend un ordinateur(9) programmé à cet effet et relié par l'intermédiaire de cartes au moteur(5), à l'alimentation de la cellule(8), au débitmètre(3), au stroboscope(11) et à l'appareil de photo numérique (12). La granulométrie est déterminée à partir des photos par un programme spécifique.

La figure 3 montre un générateur de gouttelettes selon le premier mode de réalisation. Le moteur(5), fixé sur le bâti(6) entraîne le dispositif contrôleur et le disque(7). Le dispositif contrôleur, placé entre le disque et le moteur, est composé d'un bâti(12) sur lequel est fixé une plaque(13). La cellule piézo-électrique(14) est liée à la plaque par un joint de colle(15) et alimentée électriquement à partir de l'amplificateur(19) par des câbles(16), joints tournants(17) et contacts(18).

Sur la figure 4 on peut observer des exemples de réalisations de disques. La figure 4a est un schéma général de disque qui a un bord biseauté afin de faciliter l'écoulement. Les figures 4b, 4c et 4d montrent respectivement un disque à bord lisse, un disque ayant 40 grosses dents de profondeur 0.04 mm et un disque ayant 150 petites dents de profondeur 0.013 mm.

la figure 5a présente une photographie des gouttelettes obtenues en fragmentation naturelle, on peut observer que les jets se fragmentent à des distances variables du bord du disque et que les gouttelettes sont polydispersées. Les figures 5b et 5c présentent des photographies des gouttelettes obtenues selon le premier mode de réalisation avec le même disque, la même vitesse de rotation $\omega = 53.6$ T/s, le même débit $q_v = 10^{-6}$ m³/s et la même fréquence de perturbation $F = 2300$ Hz., mais des amplitudes A différentes, $A = 8\mu\text{m}$ pour la figure 5b et $A = 12\mu\text{m}$ pour la figure 5c. Le rayon de gouttelettes est de $150\mu\text{m}$. La figure 5d présente une photographie des gouttelettes obtenues selon le premier mode de réalisation dans les conditions de monodispersion, elle diffère des photos 5b et 5c par la fréquence $F = 3200$ Hz et l'amplitude $A = 3\mu\text{m}$ de la perturbation. Le rayon de gouttelettes est de $135\mu\text{m}$. Sur les photos 5b à 5d, l'écart type relatif

mesuré par l'étude granulométrique des photos est inférieur à 0.1.

la figure 6 présente une photographie des gouttelettes obtenues selon le premier mode de réalisation avec un disque à bord lisse. Les conditions opératoires ont été dans ce cas réglées pour obtenir une bi-dispersion avec une gouttelette principale et un satellite.

la figure 7 présente une photographie des gouttelettes obtenues selon le second mode de réalisation. L'étude granulométrique faite à partir des résultats montre un écart type relatif inférieur à 0.1, qui met en évidence l'efficacité de ce dispositif perturbateur.

De façon plus générale, dans la zone de formation de jets, les débits augmentent avec les diamètres des objets et les diamètres des gouttes, qui sont elles-mêmes une fonction croissante des diamètres des objets et dépendent de la viscosité et de la tension superficielle des liquides à disperser. Dans une condition de fonctionnement donnée, le diamètre des gouttes est une fonction décroissante de la période.

A titre d'exemple, des disques de diamètre 2 cm, tournant à des vitesses comprises entre 30 t/s et 200 t/s, soumis à des vibrations de fréquences allant de 1KHz à 15KHz, délivrent des gouttes de rayons compris entre 50 μm . et 250 μm . avec des débits de 1 à 4 cm^3/s et des viscosités allant de 10^{-3} à $60 \cdot 10^{-3}$ Poiseuille.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif générant, avec un débit élevé, un aérosol contrôlé du type pulvérisateur à disque tournant, comportant un disque plan(7) ou objet à symétrie de révolution axiale mis en grande vitesse de rotation, un tube d'alimentation(4) du liquide à disperser ou un réservoir de liquide muni à sa base d'un orifice, débouchant au centre de l'objet à symétrie de révolution axiale ou en son voisinage, pouvant comporter sur sa périphérie des dents régulièrement réparties, et du type dans lequel la vitesse de rotation, les dimensions de l'objet mis en rotation et le débit de liquide définissent des conditions de fonctionnement telles que des jets de liquide se forment autour de la périphérie de l'objet mis en rotation, le dispositif étant, caractérisé en ce que le dispositif tournant(8), moyen pour générer sur chaque jet une onde d'amplitude et de fréquence données, fonction des propriétés du liquide à disperser, de la taille des aérosols et du mode de fonctionnement choisi (mono ou pluridispersion), placé entre l'objet(7) et le moteur(5) et faisant vibrer l'objet, est une plaque(13) ou autre objet déformable encastré sur un bâti(12) et mis en vibration par une cellule piézo-électrique(14) étroitement associée à la plaque ou autre objet déformable, sur une de ses faces et dont l'autre face supporte en son centre l'objet(7).

2. Dispositif générant, avec un débit élevé, un aérosol contrôlé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif tournant(8) pour générer sur chaque jet une onde d'amplitude et de fréquence données, fonction des propriétés du liquide à disperser, de la taille des aérosols et du mode de fonctionnement choisi (mono ou pluridispersion), est une cellule piézo-électrique, directement liée à une face de l'objet entraîné par le moteur, auquel elle imprime une déformation périodique.

3. Dispositif générant, avec un débit élevé, un aérosol contrôlé, du type pulvérisateur à disque tournant, comportant un disque plan(7) ou objet à symétrie de révolution axiale mis en grande vitesse de rotation, un tube d'alimentation(4) du

liquide à disperser ou un réservoir de liquide muni à sa base d'un orifice, débouchant au centre de l'objet à symétrie de révolution axiale et du type dans lequel la vitesse de rotation, les dimensions de l'objet mis en rotation et le débit de liquide définissent des conditions de fonctionnement telles que des jets de fluide se forment à la périphérie de l'objet mis en rotation, le dispositif étant caractérisé en ce que le moyen contrôleur de la perturbation des jets est constitué par N_d dents périodiquement disposées à la périphérie de l'objet. Les dimensions de chaque dent sont définies en fonction des propriétés du liquide à disperser, de la taille des aérosols et du mode de fonctionnement choisi (mono ou pluridispersion), de telle manière qu'il n'y ait pas accrochage des jets aux dents. Le nombre N_d de dents est défini en fonction du débit volumique q_v , de la vitesse angulaire du disque ω_d , de la vitesse angulaire des jets ω_j , du nombre de jets N_j et du rayon R_g des gouttes par la relation $N_d = 3q_v / [2R_g^3(\omega_d - \omega_j)N_j]$.

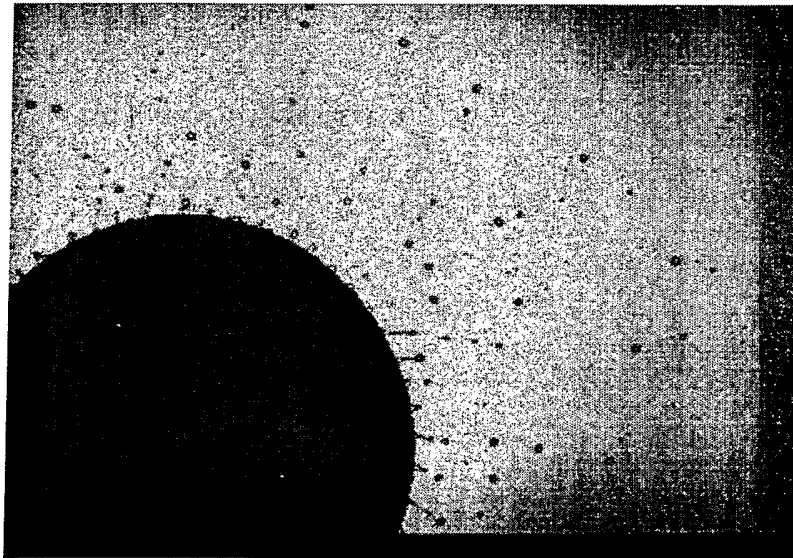


Figure 1a

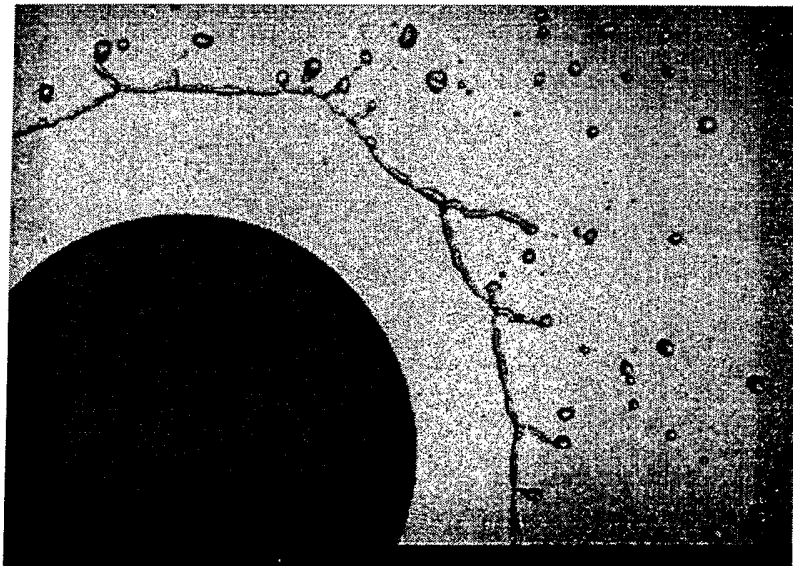


Figure 1b

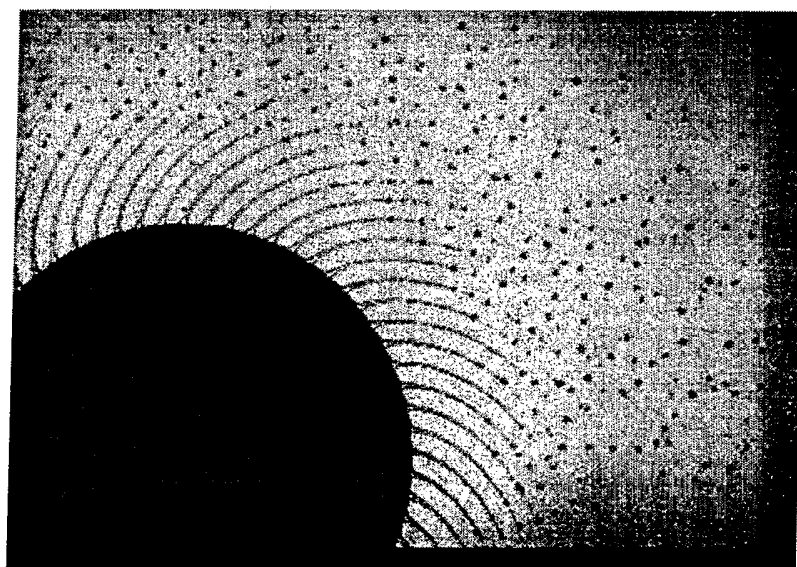
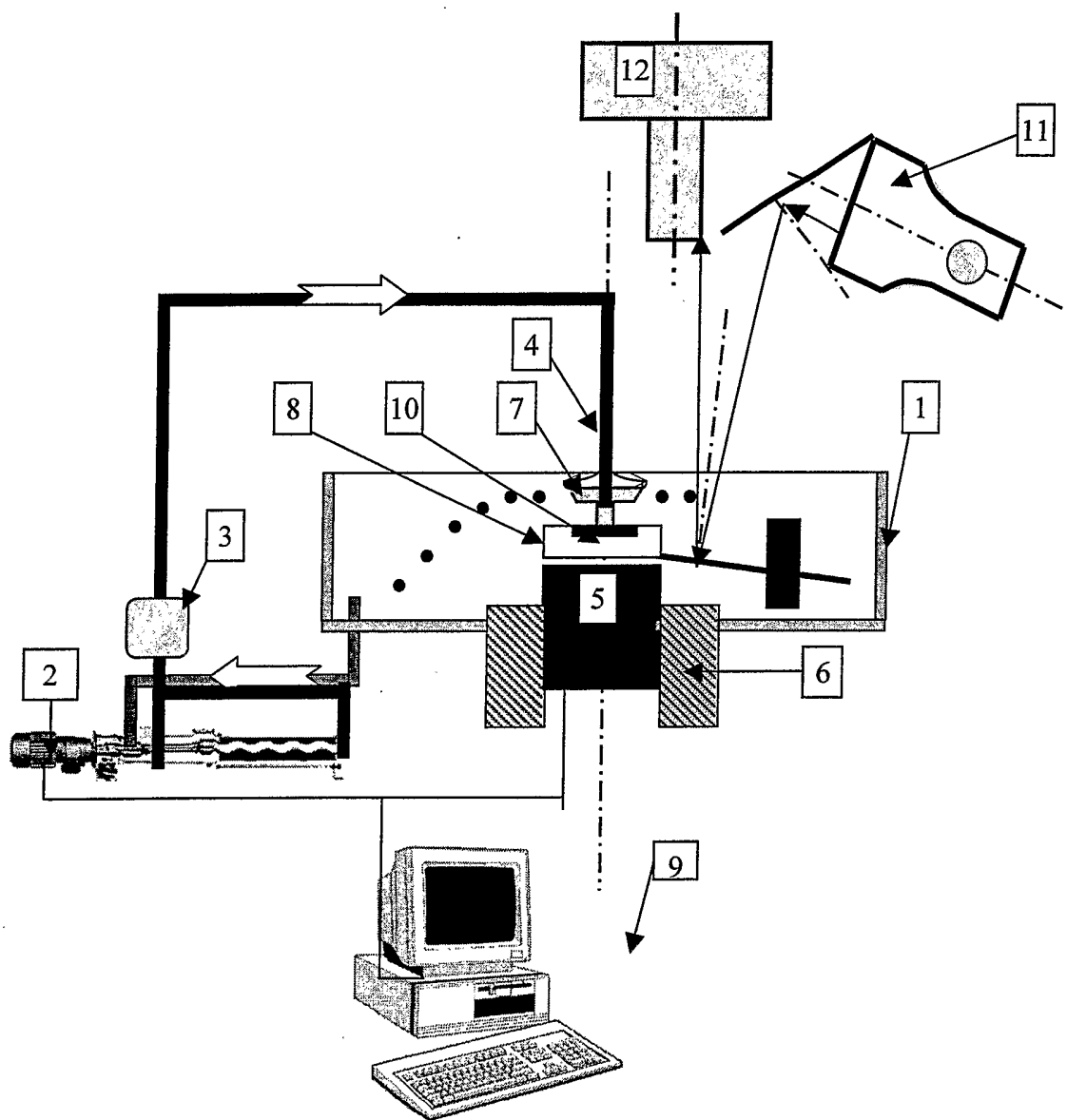


Figure 1c

**Figure 2**

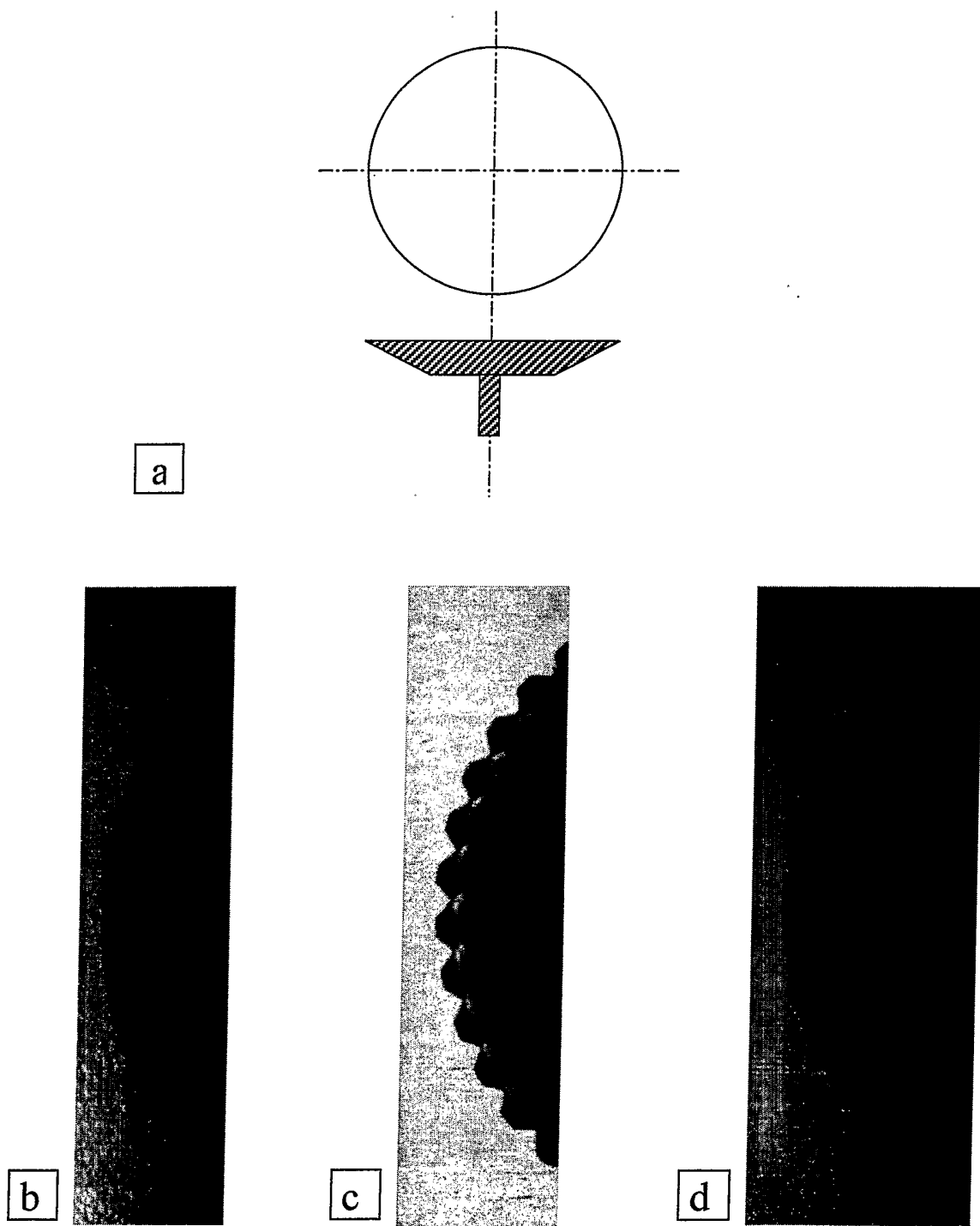


Figure 4

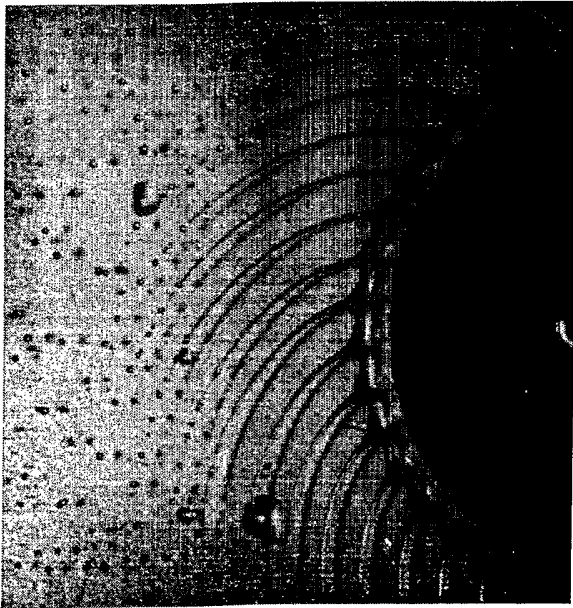


Figure 5 a

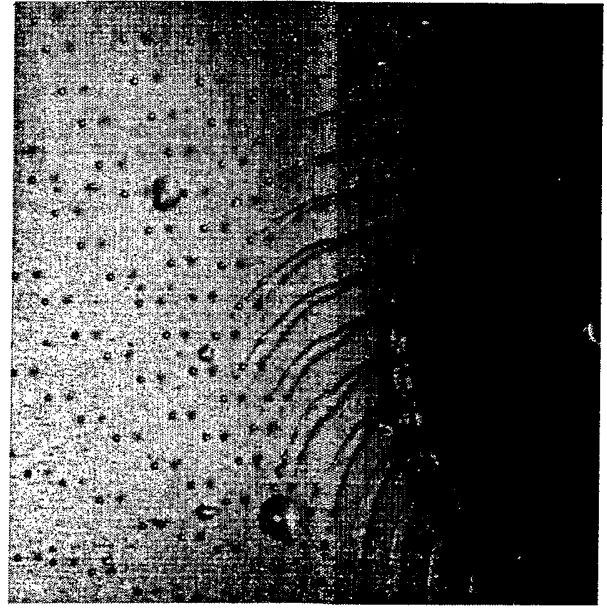


Figure 5 b

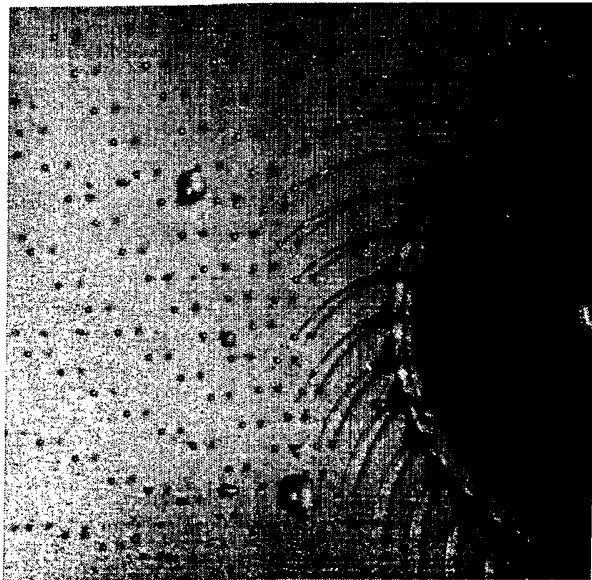


Figure 5 c

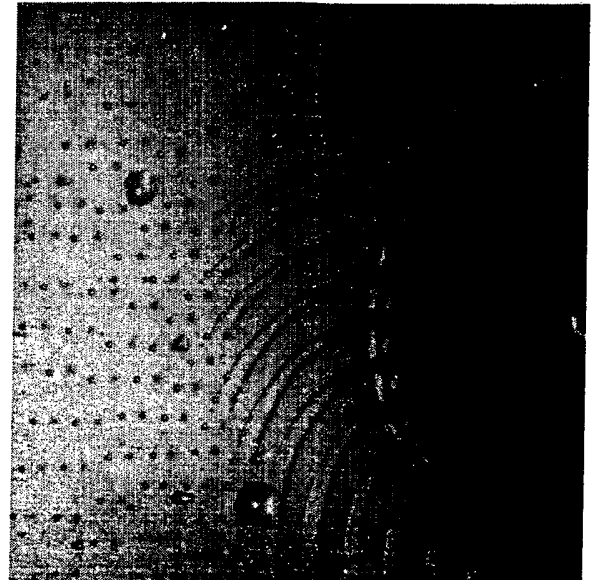


Figure 5 d

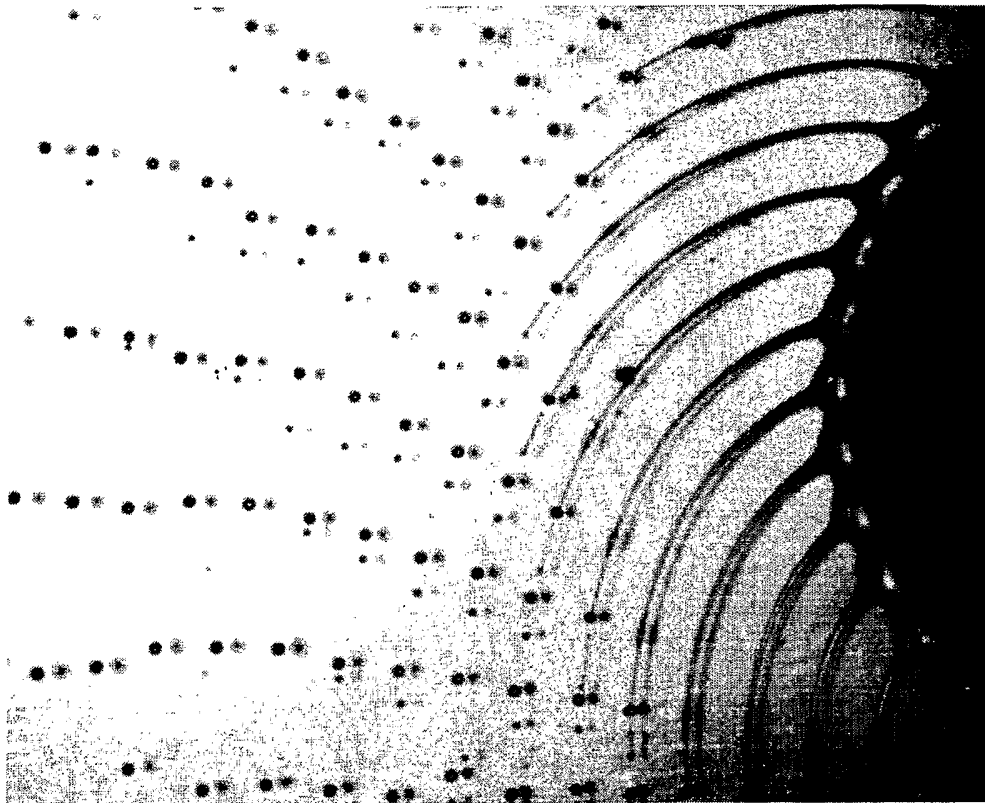


Figure 6

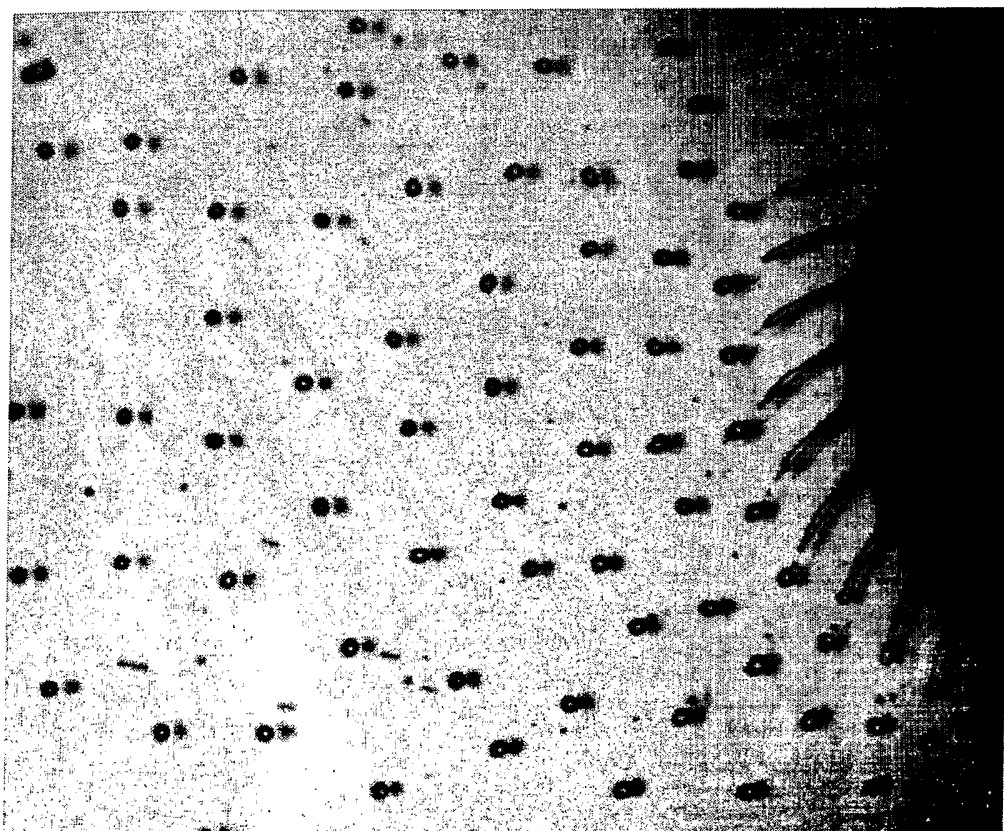


Figure 7