



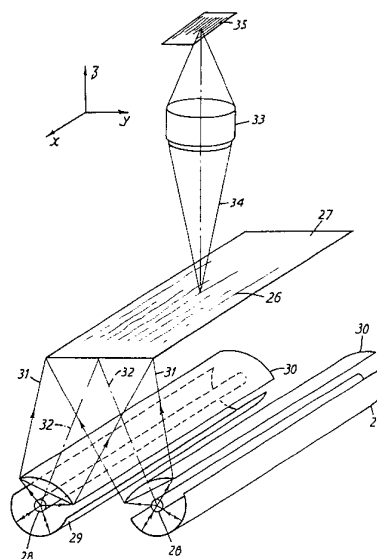
Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

<p>⑰ Numéro de la demande: 4807/84</p> <p>⑳ Date de dépôt: 05.10.1984</p> <p>⑳ Priorité(s): 07.10.1983 GB 8326929</p> <p>㉔ Brevet délivré le: 30.06.1987</p> <p>④⑤ Fascicule du brevet publié le: 30.06.1987</p>	<p>⑦③ Titulaire(s): Wool Development International Limited, London SW1Y 5AY (GB) Centre Scientifique et Technique de l'Industrie Textile Belge (Centexbel), Bruxelles (BE)</p> <p>⑦② Inventeur(s): Longree, Michel, Pepinster (BE) Grignet, Joseph, Heusy Verviers (BE)</p> <p>⑦④ Mandataire: E. Blum &amp; Co., Zürich</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

⑤④ Procédé et appareil pour la mesure de la distribution de longueur des fibres textiles.

⑤⑦ Un échantillon de fibres (26), disposé sur un plan transparent (27), est éclairé uniformément par deux ensembles de lampes (28), de réflecteurs (29) et de condensateurs (30). Un objectif (33) forme une image réelle sur une matrice, de préférence rectangulaire, de photodétecteurs ou sur la mosaïque d'un tube de caméra. Le plan image (35) est balayé électroniquement et les signaux de la matrice ou de la mosaïque sont traités numériquement pour produire une représentation de la distribution de longueur des fibres. D'autres formes de réalisation utilisent une rangée d'éléments capacitifs pour détecter l'échantillon directement.



## REVENDEICATIONS

1. Procédé de mesure de la distribution de longueur des fibres, comprenant les étapes suivantes:

- disposer un échantillon de fibres sur un plan, les fibres étant relativement parallèles entre elles,
- balayer une surface dudit plan contenant la totalité de l'échantillon de manière à produire des signaux électriques représentatifs de la présence ou de l'absence de fibres à une séquence de points ou de surfaces élémentaires formant ladite surface, et
- traiter lesdits signaux de manière à produire, à partir de ceux-ci, une représentation de la distribution de longueur des fibres de l'échantillon, ledit balayage étant réalisé en au moins une direction dudit plan par une communication électrique d'une séquence d'éléments de balayage.

2. Procédé suivant la revendication 1, où le balayage est effectué électro-optiquement, une image de ladite surface étant projetée sur un plan pourvu de moyens de détection électro-optiques.

3. Procédé suivant la revendication 2, où les moyens de détection électro-optiques possèdent une surface d'éléments sensibles et le balayage est réalisé par la commutation électrique d'éléments sensibles successifs, la surface des éléments sensibles couvrant ladite image.

4. Procédé suivant la revendication 1, où le balayage est effectué de façon à produire des signaux électriques représentatifs de la quantité de fibres lorsque des fibres sont présentes.

5. Procédé suivant la revendication 4, où le balayage est réalisé par la commutation électrique d'éléments sensibles capacitifs, et lesdits signaux sont représentatifs de la quantité de fibres ou de l'absence de fibres à une séquence de surfaces élémentaires, chacune d'entre elles étant définie par un élément capacitif.

6. Procédé suivant la revendication 1, où le traitement desdits signaux comprend des corrections pour la non-uniformité des signaux correspondants obtenus par balayage en l'absence d'échantillon.

7. Appareil pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, comprenant:

- des moyens pour supporter un échantillon de fibres sur un plan, les fibres étant relativement parallèles entre elles,
- des moyens pour balayer une surface dudit plan contenant la totalité de l'échantillon de manière à produire des signaux électriques représentatifs de la présence ou de l'absence de fibres à une séquence de points ou de surfaces élémentaires formant ladite surface, et
- des moyens pour traiter lesdits signaux de manière à produire, à partir de ceux-ci, une représentation de la distribution de longueur des fibres de l'échantillon, lesdits moyens de balayage comprenant des moyens de commutation électrique permettant le balayage en au moins une direction dudit plan, par commutation électrique d'une séquence d'éléments de balayage.

8. Appareil suivant la revendication 7, dans lequel les moyens de balayage comprennent des moyens optiques pour projeter une image de ladite surface sur un plan dans lequel les moyens de balayage comprennent plusieurs éléments électro-optiques sensibles.

9. Appareil suivant la revendication 8, dans lequel les moyens de balayage comprennent une surface d'éléments électro-optiques sensibles et les moyens de commutation sont disposés de manière à activer successivement chacun des éléments sensibles, ladite surface d'éléments sensibles couvrant ladite image.

10. Appareil suivant la revendication 7, dans lequel les moyens de balayage sont tels qu'ils produisent des signaux électriques représentatifs de la quantité de fibres lorsque des fibres sont présentes.

11. Appareil suivant la revendication 10, dans lequel les moyens de balayage comprennent plusieurs éléments sensibles capacitifs, chaque élément sensible capacitif définissant une surface élémentaire respective de ladite surface du plan.

12. Appareil suivant la revendication 11, dans lequel les éléments sensibles capacitifs sont définis par des bandes parallèles d'un

2

matériau conducteur, situées dans un plan espacé des moyens de support de l'échantillon, les bandes étant disposées côte à côte transversalement par rapport à la direction des fibres de l'échantillon.

13. Appareil suivant la revendication 8, dans lequel les moyens optiques comprennent au moins une source de lumière disposée de manière à éclairer ladite surface dudit plan, les moyens de support comprenant une feuille de matière transparente ou translucide.

14. Appareil suivant la revendication 13, dans lequel les moyens de support comprennent une feuille de matière transparente et la ou les sources de lumière sont disposées de manière à produire un éclairage en fond noir de l'échantillon.

15. Appareil suivant la revendication 13, dans lequel les moyens optiques comprennent un objectif disposé de manière à produire ladite image pour un éclairage en fond clair de l'échantillon.

16. Appareil suivant la revendication 7, dans lequel les moyens de traitement desdits signaux comprennent des moyens de correction desdits signaux pour compenser la non-uniformité des signaux obtenus par les moyens de balayage en l'absence d'échantillon.

17. Appareil suivant la revendication 16, dans lequel les moyens de balayage comprennent des moyens optiques pour projeter une image de ladite surface sur un plan dans lequel les moyens de balayage comprennent plusieurs éléments électro-optiques sensibles et lesdits moyens de correction sont adaptés pour corriger la non-uniformité de l'éclairage de ladite surface et pour corriger la non-uniformité des réponses des éléments électro-optiques sensibles.

18. Appareil suivant la revendication 11, dans lequel un élément capacitif de compensation est couplé aux moyens de traitement adaptés de manière à utiliser les signaux de l'élément capacitif de compensation pour appliquer une correction en fonction des conditions d'environnement influençant l'échantillon.

19. Appareil suivant les revendications 7 à 17, dans lequel les moyens de traitement comprennent des moyens de calcul digitaux.

35

La présente invention concerne un procédé et un appareil pour la mesure de la distribution de longueur d'un échantillon de fibres textiles. Une description précise de la distribution de longueur par un ou plusieurs diagrammes et par un ensemble de paramètres conditionne un grand nombre de décisions et d'opérations importantes dans une usine textile, telles que la sélection des matières premières adéquates, le mélange de ces matières premières, l'ajustement des réglages des machines, la prédiction des facteurs de rendement, par exemple les pertes de matière et la fréquence des arrêts en filature, la prédiction des propriétés du fil, etc. De plus, le prix de la laine augmente de façon significative avec la longueur moyenne des fibres.

Pour toutes ces raisons, des efforts ont été faits pour développer des méthodes et un appareillage de mesure de la distribution de longueur des fibres. Une première génération d'instruments était purement mécanique. Certains d'entre eux étaient destinés à la mesure de longueur des fibres individuelles et étaient très lents. D'autres instruments dans ce groupe utilisaient le principe du «triage par peignes»: des fibres disposées dans un champ de peignes étaient triées en classes d'intervalles de longueur prédéterminés. La distribution de longueur était finalement obtenue en pesant les fibres dans chaque classe.

Le progrès de l'électronique industrielle a conduit à l'apparition d'une seconde génération d'instruments, utilisant des capteurs capacitifs ou optiques pour mesurer la masse ou la densité locale (par transparence) d'un échantillon de fibres, et évaluant la distribution de longueur par l'analyse du signal correspondant. Ces instruments utilisent des échantillons de fibres de types bien définis, constitués d'une fine couche de fibres parallèles représentatives de la population totale des fibres du lot. Deux types d'échantillons peuvent être utilisés. Le premier, appelé «échantillon numérique», contient des fibres parallèles partant toutes d'une même ligne d'origine, perpendi-

culaire à la direction des fibres. Le second, appelé «échantillon en section» ou «échantillon pondéré par la longueur», est obtenu en serrant un ruban ou autre ensemble de fibres parallèles dans une pince transversale et en enlevant par peignage toutes les fibres qui ne sont pas maintenues dans cette pince. La présente invention emploie également de préférence un de ces deux types d'échantillons, et en particulier l'échantillon numérique, qui a différents avantages menant à une détermination plus précise des paramètres de la distribution de longueur, est préférentiellement utilisé. L'échantillon étant assez mince, il peut être considéré comme une surface plane.

Pour obtenir une mesure complète de la distribution de longueur, il est nécessaire, à l'aide d'instruments électroniques utilisant des capteurs optiques ou capacitifs, d'obtenir un signal correspondant à la densité optique locale ou à la masse locale sur toute la longueur de l'échantillon. Dans les instruments connus, cela est obtenu en disposant un capteur de manière transversale par rapport à la direction des fibres et ayant une dimension, dans la direction des fibres, très petite par rapport à la longueur moyenne des fibres. En conséquence, le capteur peut être considéré comme une ligne transversale dans le plan des fibres parallèles. Dans les appareils existants, un signal est alors obtenu sur toute la longueur de l'échantillon en effectuant, par des moyens mécaniques, un déplacement relatif entre l'échantillon et le capteur transversal, ce qui revient à un mouvement mécanique de balayage du capteur sur toute la longueur de l'échantillon. Dans les instruments optiques connus, utilisés principalement pour les fibres de coton et les fibres courtes, cela est effectué en maintenant l'échantillon de fibres serré dans la pince et en déplaçant un capteur optique le long de l'échantillon de fibres. Dans les instruments connus utilisés pour la laine et les fibres longues, l'échantillon est maintenu entre deux feuilles de plastique et se déplace à vitesse constante au travers d'un capteur capacitif transversal. Dans les deux types d'instruments connus, le balayage mécanique prend un temps relativement long, de 20 à 60 sec., suivant la longueur maximale des fibres. La mesure de la distribution de longueur dans des matières premières non homogènes, dans tous les composants d'un mélange (lots de fermes, par exemple) et à différentes étapes du traitement des fibres, exigera dans le futur un très grand nombre de déterminations de la longueur des fibres à partir de nombreux échantillons. Il est donc nécessaire d'accélérer et d'automatiser la mesure autant que possible.

La présente invention, dans une réalisation préférentielle, comporte un nouvel arrangement du capteur, caractérisé par un ou par les deux principes suivants: 1) le capteur couvre toute la surface de l'échantillon, ou d'une image optique de l'échantillon, au lieu d'avoir une dimension étroite dans le sens de la longueur des fibres; 2) le capteur contient un nombre relativement élevé d'éléments détecteurs qui sont balayés électroniquement en un temps très court, par exemple de l'ordre d'une milliseconde.

Les éléments détecteurs du capteur peuvent être électro-optiques ou capacitifs. Pour les deux types de capteurs, l'échantillon mince est contenu dans un plan et, par la suite, la direction parallèle aux fibres sera appelée la direction x, tandis que la direction perpendiculaire à la direction x et dans le plan de l'échantillon sera appelée la direction y.

Lorsqu'un capteur électro-optique est utilisé, la totalité de la surface contenant l'échantillon est illuminée uniformément au moyen de sources de lumière adéquate, de réflecteurs, de condenseurs et éventuellement de surfaces diffusantes. L'image du plan illuminé contenant l'échantillon est alors formée à l'aide d'une lentille appropriée. La méthode d'illumination peut être soit en fond clair, soit en fond noir, suivant les positions relatives des sources de lumière, du plan objet de la lentille. Un capteur électro-optique est placé dans le plan image afin d'analyser l'image de l'échantillon pour permettre la détermination de la distribution de longueur. Dans le mode «fond clair», le plan image est illuminé uniformément en l'absence de l'échantillon, tandis que la présence d'une fibre à une position (x, y) donnée dans le plan objet donne lieu à une diminution de l'intensité lumineuse à la position correspondante dans le plan

image. D'autre part, dans le mode «fond noir», la présence d'une fibre donne lieu à une augmentation de l'intensité lumineuse, qui est en principe nulle en l'absence de fibres. Dans les deux cas, la variation d'intensité lumineuse due à la présence de l'échantillon doit être mesurée en tout point du plan image.

Dans le cas du capteur capacitif, l'échantillon de fibres est inséré entre les deux plaques du capteur qui couvre la surface totale de l'échantillon même.

Certaines formes de réalisation de l'invention sont à présent décrites à titre d'exemple en faisant référence aux dessins annexés dans lesquels:

la fig. 1 est une vue d'une réalisation de l'appareil décrit dans l'invention, utilisant l'éclairage en fond clair,

la fig. 2 est un tracé des rayons lumineux correspondant à l'appareil de la fig. 1,

la fig. 3 montre la géométrie de l'échantillon ainsi que le système de coordonnées,

la fig. 4 représente une disposition possible d'un détecteur par rapport à l'image de l'échantillon,

la fig. 5 représente une autre disposition possible d'un détecteur par rapport à l'image de l'échantillon,

la fig. 5a représente une méthode alternative d'éclairage de l'échantillon,

la fig. 6 est une vue d'une autre réalisation de l'appareil décrit dans l'invention utilisant l'éclairage en fond noir,

la fig. 7 est un tracé des rayons lumineux correspondant à l'appareil de la fig. 6,

la fig. 8 représente une réalisation possible d'un piège à lumière utilisé avec l'appareil de la fig. 6,

la fig. 9 est une vue d'une autre réalisation de l'appareil décrit dans l'invention, pouvant fonctionner soit en fond clair, soit en fond noir,

la fig. 10 est un tracé des rayons lumineux correspondant à l'appareil de la fig. 9,

la fig. 11 illustre schématiquement la disposition d'un condensateur de mesure comportant une série d'électrodes, suivant une forme de réalisation de l'invention,

la fig. 12 représente le schéma d'une forme de circuit accompagnant le condensateur de mesure de la fig. 11, et

la fig. 13 représente le schéma d'une autre forme de circuit accompagnant le condensateur de mesure de la fig. 11.

Dans l'appareil représenté aux fig. 1 et 2, une source lumineuse est constituée d'une lampe tubulaire 1 ayant un filament rectiligne disposé dans la direction x. Un réflecteur cylindrique 2 est placé sous la lampe 1 dont le filament coïncide avec l'axe de la surface cylindrique du réflecteur 2. Un condenseur allongé 3 est placé au-dessus de la lampe; il peut consister par exemple en une lentille cylindrique, on peut avoir un profil plus élaboré de manière à obtenir une illumination uniforme dans la direction y au-delà du condenseur. Le condenseur 3 est placé de manière que le faisceau 4 soit concentré sur une feuille de verre transparent 5, ou sur un autre matériau transparent, placé dans le plan x-y à une certaine distance du condenseur, ce plan étant perpendiculaire à l'axe optique. Un échantillon mince 6 constitué de fibres parallèles à la direction x, ayant chacune une extrémité alignée le long d'une ligne parallèle à la direction y et définissant l'axe y, est placé sur la feuille transparente 5. Le dispositif d'éclairage, comprenant la lampe 1, le réflecteur 2 et le condenseur 3, est agencé de manière à produire une illumination uniforme en fond clair de l'échantillon 6. La surface de la zone uniformément illuminée contenant l'échantillon sera appelée la surface d'illumination. Par exemple, en mesurant des fibres telles que de la laine, qui peuvent atteindre 25 cm de long, la surface d'illumination devrait avoir au moins 25 cm de long. Une largeur correspondante d'au moins 5 à 10 cm est requise de manière que l'échantillon puisse contenir un nombre de fibres statistiquement représentatif sans toutefois être trop dense. Le long de l'axe optique qui est dans la direction z, et centré par rapport à la surface d'illumination, à une distance  $d_1$  au-dessus de celle-ci, se trouve la lentille 7. Dans une réalisation pré-

férentielle, l'image du filament de la lampe 1 par le condenseur 3 est formée sur l'axe z, à la coordonnée où se trouve la lentille 7. L'image de l'échantillon est formée par la lentille 7 dans un plan 8 appelé plan image, à une distance  $d_2$  au-dessus de la lentille 7. Un photodétecteur (non représenté) est placé de manière que sa surface sensible soit dans le plan image 8.

Différents types de photodétecteurs et différentes dispositions des photodétecteurs peuvent être utilisés, conduisant à différents types d'analyse ultérieure des signaux détectés.

En l'absence de fibres dans la surface d'illumination, le plan image 8 est illuminé uniformément. La présence de fibres à une position donnée dans la surface d'illumination donne lieu à une diminution de l'intensité lumineuse à la position correspondante dans le plan image 8.

Soit une fonction  $s(x, y)$  décrivant la quantité de fibres en toute position  $(x, y)$  du plan objet. L'axe  $x$  est défini par une ligne choisie arbitrairement le long d'un des côtés de l'échantillon dans le plan objet. Les fibres sont parallèles à l'axe  $x$ , comme indiqué à la fig. 3, avec leurs extrémités alignées à l'origine de l'axe  $x$ , de manière que la coordonnée  $x$  corresponde à la coordonnée de longueur. En intégrant  $s(x, y)$  le long de l'axe  $y$ , on obtient la fonction:

$$F(x) = \int s(x, y) dy$$

où les limites de l'intégrale correspondent à la largeur totale de l'échantillon.  $F(x)$  est la distribution de longueur cumulée. De là, la distribution de longueur (distribution des fréquences)  $f(x)$  peut être calculée:

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx}$$

ou de manière équivalente:

$$F(x) = \int f(x) dx$$

Considérant maintenant le plan image, le même système de coordonnées peut être utilisé étant donné que l'échantillon et son image sont homothétiques.

La grandeur à mesurer par le photodétecteur est l'éclairement  $E(x, y)$  en tout point  $(x, y)$  du plan image.

Suivant un modèle simple, satisfaisant pour la description du principe de fonctionnement de l'appareil, l'éclairement est donné par:

$$E(x, y) = E_0(1 - s(x, y))$$

où  $E_0$  est l'éclairement uniforme en l'absence d'échantillon. Pour des valeurs peu élevées de  $s(x, y)$ , c'est-à-dire pour un échantillon mince, cette formule correspond à la loi d'absorption de Lambert. En intégrant l'éclairement mesuré le long de l'axe  $y$ , on obtient:

$$G(x) = \int_w E(x, y) dy = \int_w E_0(1 - s(x, y)) dy \\ = E_0(w - F(x))$$

$$d'où F(x) = w - \frac{G(x)}{E_0} \quad (1)$$

$w$  étant la largeur de l'image de l'échantillon ou, plus précisément, la largeur de l'image de la surface d'illumination. Dans une forme de réalisation de l'invention, le photodétecteur est constitué d'un tube de caméra vidéo standard. Dans ce cas, le photodétecteur est disposé de manière que la trame recouvre l'image 9 de la surface illuminée, les lignes vidéo étant parallèles à l'axe  $y$ , c'est-à-dire perpendiculaires aux fibres. De préférence, le balayage de la surface sensible du tube de caméra est effectué séquentiellement, c'est-à-dire sans entrelacement. Chaque ligne vidéo correspond donc à une valeur particulière  $x$ . En intégrant le signal vidéo le long de chaque ligne, nous obtenons sous forme discrète:

$$kG(x_i) = \int_w kE(x_i, y) dy \quad i = 1, \dots, m$$

$k$  étant la constante de proportionnalité entre le signal électrique détecté et l'éclairement correspondant et  $m$  étant le nombre de lignes couvrant la longueur de l'image de la surface d'illumination. La distribution  $F(x_i)$  est alors calculée directement à partir de  $G(x_i)$ . Par

exemple, en utilisant 500 lignes d'un tube de caméra TV standard pour mesurer des échantillons ayant une longueur allant jusqu'à 25 cm, on obtiendra une distribution de longueur en classes de 0,5 mm.

Dans une autre forme de réalisation de l'invention, le détecteur consiste en une matrice d'éléments détecteurs à semi-conducteur [photodiodes ou CCD (charge-coupled device)], comprenant  $n$  rangées dans le sens  $y$  et  $m$  colonnes suivant  $x$ . Les éléments détecteurs sont balayés un par un, rangée après rangée, donnant pour chaque élément un signal électrique directement proportionnel à l'éclairement correspondant. Pour un tel détecteur, les signaux venant de chaque élément d'une rangée sont additionnés et mémorisés, ce qui donne:

$$kG(x_i) = k \sum_{j=1}^n E(x_i, y_j) \quad i = 1, \dots, m$$

$$= k \sum_{j=1}^n E_0(1 - s(x_i, y_j))$$

$$= kE_0(n - \sum_{j=1}^n s(x_i, y_j)) = kE_0(n - F(x_i))$$

d'où la distribution  $F(x_i)$  est immédiatement obtenue.

A titre d'exemple,  $m$  est  $n$  peuvent atteindre respectivement 576 et 384; pour les fibres textiles en général, des valeurs de  $m = 244$  et  $n = 190$  peuvent convenir.

Dans une autre forme de réalisation de l'invention, le détecteur consiste en une rangée de  $m$  éléments détecteurs adjacents à semi-conducteurs (photodiodes ou CCD) qui sont balayés successivement à une fréquence réglable, donnant des signaux électriques successifs proportionnels à l'éclairement correspondant. Dans une configuration de l'appareil, le détecteur 10 est disposé parallèlement à  $x$  et voit donc une ligne de l'échantillon parallèle aux fibres comme indiqué à la fig. 4. Chaque élément détecteur 11 correspond à une valeur particulière  $x$ . Quand l'image de l'échantillon et le détecteur sont déplacés relativement l'un par rapport à l'autre dans la direction  $y$ , le détecteur voit successivement toutes les fibres de l'échantillon. Le déplacement mutuel de l'image et du détecteur peut être réalisé de différentes manières. Dans une forme de réalisation de l'invention, le déplacement mutuel est obtenu en déplaçant l'échantillon lui-même dans la direction  $y$ . Dans une autre forme de réalisation de l'invention, le déplacement mutuel est obtenu en déplaçant le détecteur dans la direction  $y$ . En pratique, la seconde solution est préférable à la première.

Un détecteur typique comprenant  $m = 256$  éléments a une longueur de 6,25 mm. Pour mesurer des échantillons allant jusqu'à 250 mm de long, les dimensions linéaires de l'image doivent alors être 40 fois plus petites que celles de l'échantillon. Le déplacement mécanique requis est donc 40 fois plus petit dans le second arrangement que dans le premier et peut, de ce fait, être beaucoup plus rapide. Dans une autre réalisation de l'invention, le déplacement mutuel est obtenu en plaçant un miroir ou un prisme dans le trajet des rayons formant l'image et en le faisant tourner autour de l'axe  $x$ . Dans chacun de ces arrangements destinés à produire un déplacement mutuel de l'image et du détecteur, le déplacement relatif durant une période de balayage du détecteur doit être égal à la largeur de la surface sensible 11 du détecteur 10, qui est typiquement de 25  $\mu$ m. De cette façon, l'image totale sera balayée sans chevauchement des différents balayages du détecteur. Soit  $n$  le nombre de balayages du détecteur nécessaires pour couvrir l'image totale. Au  $j$ ème balayage, on mesure successivement:

$$kE(x_i, y_j) \quad \text{où } i = 1, \dots, m$$

A chaque balayage, le signal mesuré est cumulé avec le précédent, individuellement pour chacun des éléments  $m$ .

Finalement:

$$kG(x_i) = k \sum_{j=1}^n E(x_i, y_j) \quad \text{où } i = 1, \dots, m$$

qui conduit à nouveau à la distribution de longueur cumulée ( $F(x_i)$ ).

Dans une autre forme de réalisation de l'appareil, le même type de détecteur est utilisé, mais disposé perpendiculairement aux fibres, parallèlement à l'axe  $y$  comme indiqué à la fig. 5.

Le détecteur 12 voit donc une ligne de l'échantillon correspondant à une valeur  $x$  particulière. Un déplacement mutuel de l'image et du détecteur est réalisé par une des méthodes décrites dans la forme précédente de réalisation de l'appareil, avec les mêmes considérations concernant la vitesse de déplacement, la période de balayage du détecteur et sa largeur.

Avec cette disposition du détecteur, l'analyse se réalise comme suit: durant une période de balayage, correspondant à une valeur  $x_i$  particulière, la somme des valeurs mesurées pour chaque élément du détecteur est calculée et mémorisée, ce qui vaut;

$$k \sum_{j=1}^m E(x_i, y_j)$$

En faisant la même chose pour chaque valeur  $x_i$ , on obtient la distribution

$$kG(x_i) \quad \text{où } i = 1, \dots, m$$

et de là  $F(x_i)$ , où  $n$  est le nombre de balayages du détecteur nécessaires pour couvrir l'image totale.

Dans les deux formes de réalisation de l'appareil utilisant une rangée linéaire de photodétecteurs, c'est-à-dire avec la rangée alignée le long de l'axe  $x$  ou de l'axe  $y$ , une autre forme d'arrangement optique plus simple peut être utilisée avantageusement. Lorsqu'on utilise une rangée linéaire, il n'est pas nécessaire que toute la surface de l'échantillon soit éclairée simultanément. Il suffit qu'une ligne à la fois sur l'échantillon, correspondant à la ligne vue par la rangée de détection, soit éclairée. Dans ce cas, tout le système d'éclairage tel qu'indiqué aux fig. 1 et 2 peut être remplacé par un système plus simple tel qu'indiqué à la fig. 5a. Un faisceau étroit de lumière 36 issu de préférence d'un laser 37 passe à travers une lentille cylindrique 38 au-delà de laquelle il forme un rideau de lumière divergent 39. Celui-ci est orienté de manière à éclairer une ligne 40 de l'échantillon 41, dans la direction  $y$  pour l'exemple de la fig. 5b. En chaque point  $(x, y)$  correspondant à cette ligne particulière, l'éclairage  $E(x, y)$  au-delà de l'échantillon est en relation avec la densité locale de l'échantillon  $s(x, y)$  comme précédemment. Les valeurs  $E(x, y)$  correspondant à la ligne éclairée peuvent alors être mesurées directement par une rangée linéaire de détecteurs 42 placée au-delà de l'échantillon et couvrant la largeur totale de l'échantillon. Comme cette largeur peut être plus grande que les rangées de détecteurs généralement disponibles, des moyens sont préférentiellement utilisés pour concentrer les rayons de lumière passant à travers l'échantillon sur une rangée de détecteurs plus petite que la largeur de l'échantillon. Cela correspond à rendre le rideau de lumière convergent plutôt que divergent au-delà de l'échantillon. Les moyens utilisés dans ce but peuvent consister simplement en une lentille convergente, de préférence une lentille de Fresnel, qui est légère et mince, placée juste en dessous ou juste au-dessus de l'échantillon. D'autres moyens consistent en une rangée de guides de lumière, de préférence des fibres optiques, captant la lumière passant à travers l'échantillon et guidant cette lumière vers une rangée de détecteurs, chaque guide de lumière correspondant à un détecteur individuel, dans le même ordre.

Comme les valeurs de  $E(x, y)$  doivent être déterminées sur la surface totale de l'échantillon, un déplacement relatif de l'échantillon par rapport au système optique est effectué le long de l'axe  $x$ .

Dans une autre forme de réalisation de l'appareil, le même système d'éclairage et de détection est utilisé, mais le rideau de lumière éclaire une ligne de l'échantillon parallèle à l'axe  $x$ . Dans ce cas, l'orientation de la rangée de détecteurs et la direction du déplacement relatif sont adaptées en conséquence.

Dans chaque forme de réalisation de l'appareil travaillant en fond clair comme décrit plus haut, sauf les formes où l'éclairage est réalisé à l'aide d'un rideau de lumière, une feuille de matière translucide, par exemple du verre opalin, peut être adjointe au système entre le condenseur 3 et l'échantillon 6. La présence de cette matière diffusante améliore l'homogénéité de l'illumination du plan de l'échantillon.

Son effet est également de réduire fortement l'éclairage de l'image 8. De plus, il diminue aussi le contraste entre les fibres et le fond illuminé, donc la visibilité des fibres. Celle-ci dépend entre autres de la distance entre la plaque diffusante et l'échantillon: plus la distance est petite, plus la visibilité est faible. On peut tirer parti de cette propriété en ajustant la position de la feuille diffusante de manière à accorder la gamme de niveaux lumineux de l'image avec la gamme dynamique de sensibilité du détecteur. Dans certaines formes de réalisation de l'invention, la feuille de verre 5 supportant l'échantillon peut être la feuille diffusante elle-même. En l'absence de feuille diffusante dans n'importe quelle forme de réalisation de l'appareil décrite ci-dessus, un filtre neutre ou un filtre coloré peut être placé entre le condenseur et l'échantillon pour adapter l'éclairage à la sensibilité du détecteur. Un filtre anticalorique peut également être utilisé pour éviter un échauffement excessif de l'échantillon.

L'appareil représenté aux fig. 6 et 7 correspond à la configuration du fond noir. Dans cette forme de réalisation de l'appareil, un échantillon mince de fibres 13 est placé sur une feuille de verre transparente 14, les fibres étant toutes disposées parallèlement à un axe  $x$  avec une extrémité alignée le long d'un axe  $y$ , perpendiculaire à  $x$ . Des sources de lumière, de préférence deux ou plus, sont placées au-dessus de l'échantillon de manière à produire une illumination résultante uniforme de l'échantillon 13.

Dans une réalisation préférentielle de l'invention, les sources consistent en une lampe tubulaire 15 avec un filament rectiligne, en un réflecteur cylindrique 16 placé derrière la lampe 15, l'axe du cylindre coïncidant avec le filament, et en un condenseur 17, par exemple une lentille cylindrique, placée face à la lampe; les axes de ces éléments étant tous parallèles à l'axe  $x$ . Les sources sont disposées de manière que les faisceaux de lumière émergents 18 couvrent toute la surface de l'échantillon, les axes 19 des faisceaux étant inclinés par rapport à l'axe  $z$  de telle sorte qu'aucune réflexion spéculaire sur la feuille de verre 14 ne se fasse dans la direction  $z$  ou dans les directions avoisinantes. Une lentille 20 est placée à une distance  $d_1$  au-dessus de l'échantillon le long de l'axe  $z$  et centrée sur la surface d'illumination où se trouve l'échantillon 13. Cette lentille 20 recueille la lumière 21 diffusée vers l'arrière, comprenant la réflexion et la réflexion dans les fibres, pour former l'image de l'échantillon dans le plan image 22 situé à une distance  $d_2$  au-dessus de la lentille 20. Dans le plan image, l'échantillon apparaît donc clair sur un fond sombre. De manière à obtenir un fond aussi sombre que possible, il faut éviter que la lumière directe 18 des sources passant à travers la feuille de verre transparent 14 soit renvoyée vers le haut. Dans ce but, un piège à lumière 23 peut être placé sous la feuille de verre transparent. La fig. 8 montre une coupe verticale d'un exemple de piège à lumière consistant en une boîte munie de parois absorbantes 24 peintes en noir, disposées de manière que les rayons lumineux 25 entrant dans la boîte ne puissent être renvoyés vers le haut qu'après un grand nombre de réflexions par chacune desquelles ils sont fortement atténués.

Utilisant la même disposition que pour la configuration en fond clair décrite ci-dessus, l'éclairage à la position  $(x, y)$  dans le plan image s'exprime par:

$$E(x, y) = \alpha E_0' s(x, y)$$

où  $E_0'$  est l'éclairage constant dans le plan objet.

$\alpha$  est une constante tenant compte du rapport entre l'éclairage dans le plan image et l'éclairage correspondant dans le plan objet.  $s(x, y)$  est une fonction proportionnelle à la quantité de fibres en cette position du plan objet correspondant à la position  $(x, y)$  dans le

plan image (la correspondance entre ces positions est homothétique grâce aux propriétés de formation d'image par la lentille).

En mesurant  $E(x, y)$  en tout point du plan image et en intégrant le long de  $y$ , on obtient :

$$\begin{aligned} G(x) &= \int_w E(x, y) dy = \int_w \alpha E'_0 s(x, y) dy \\ &= \alpha E'_0 F(x) \end{aligned} \quad (2)$$

qui donne la distribution de longueur cumulée  $F(x)$ .

Par rapport à la configuration en fond clair, on voit que la distribution recherchée  $F(x)$ , et de là  $f(x)$ , peut être obtenue dans les deux cas à partir de  $G(x)$  avec une relation différente entre  $F(x)$  et  $G(x)$  dans chaque cas. Donc, toutes les méthodes de détection utilisées en fond clair pour obtenir  $G(x)$  [ou une forme discrète de cette fonction  $G(x_i)$ ] sont applicables en fond noir.

En conséquence, selon l'invention, la forme de réalisation correspondant aux fig. 6 et 7 telle que décrite ci-dessus peut être combinée avec n'importe quel type de détecteur et ses arrangements correspondants, ainsi que décrit plus haut, pour la forme de réalisation utilisant la méthode du fond clair. Les méthodes d'analyse correspondantes des signaux doivent simplement être modifiées en conséquence, étant donné les différences entre les équations (1) et (2).

Dans la configuration en fond noir, on ne peut placer de matériau translucide derrière l'échantillon, contrairement à la configuration en fond clair. Selon l'invention, une autre forme de réalisation de l'appareil, représentée aux fig. 9 et 10, peut opérer soit en fond clair, soit en fond noir, moyennant une légère modification. Dans cette configuration, un échantillon mince de fibres 26 est disposé sur une feuille de verre transparente 27, toutes les fibres étant parallèles à un axe  $x$ , et une extrémité des fibres alignée sur un axe  $y$ , perpendiculaire à  $x$ . Des sources de lumière, de préférence deux ou plus, sont placées sous la feuille de verre 27 de manière à produire une illumination résultante uniforme de l'échantillon. Dans une réalisation préférentielle de l'invention, les sources consistent en une lampe tubulaire 28 ayant un filament rectiligne, un réflecteur cylindrique 29 placé derrière la lampe, l'axe du cylindre coïncidant avec le filament, et un condenseur 30, par exemple une lentille cylindrique placée face à la lampe 28, les axes de ces éléments étant tous parallèles à l'axe  $x$ . Les sources sont disposées de manière que les faisceaux lumineux émergents 31 couvrent toute la surface de l'échantillon 26, les axes 32 des faisceaux étant inclinés par rapport à l'axe  $z$  de manière qu'aucun rayon direct 31 passant à travers la feuille de verre 27 ne se propage dans la direction  $z$  ou dans les directions avoisinantes.

Une lentille 33 est placée à une distance  $d_1$  au-dessus de l'échantillon le long de l'axe  $z$  et centrée sur la surface d'illumination où se trouve l'échantillon. Cette lentille recueille la lumière 34 diffusée vers l'avant, comprenant la réflexion et la réfraction dans les fibres, pour former l'image de l'échantillon dans le plan image 35 situé à une distance  $d_2$  au-dessus de la lentille.

Ce système opère donc en fond noir : l'échantillon apparaît clair sur un fond sombre. Cependant, en plaçant simplement une feuille diffusante, par exemple du verre opalin, sous l'échantillon 26, entre les sources lumineuses et la feuille de verre 27, le système fonctionne en fond clair. Dans certaines formes de réalisation de l'invention, la feuille de verre 27 peut être la feuille diffusante elle-même.

Dans les deux configurations de la présente forme de réalisation de l'appareil, c'est-à-dire avec ou sans feuille diffusante, correspondant respectivement à la méthode du fond clair ou du fond noir, n'importe lequel des détecteurs avec leurs arrangements respectifs tels que décrits ci-dessus avec référence aux fig. 1, 2, 6 et 7 peut être utilisé, avec les méthodes d'analyse correspondantes.

Dans une forme de réalisation de l'appareil décrit dans l'invention, deux détecteurs ou plus peuvent être disposés de façon à permettre la détection simultanée de l'image de l'échantillon en fond clair et en fond noir. Par exemple, en se référant à l'appareil représenté aux fig. 1 et 2, la lentille 7 forme l'image de l'échantillon en fond clair dans le plan image 8. Cependant, simultanément, une

autre lentille observant l'échantillon 6, avec son axe optique incliné par rapport à l'axe  $z$ , les deux axes étant dans le même plan  $y-z$ , formerait l'image de l'échantillon en fond noir.

Les formes de réalisations optiques décrites ci-dessus ont l'avantage de permettre la mesure de la distribution de longueur de mélanges contenant des fibres antistatiques ou conductrices. Cependant, un système de mesure capacitive délivre un signal mieux défini, proportionnel à la masse de fibres contenues entre les électrodes, et est beaucoup moins sensible à plusieurs facteurs tels que l'épaisseur de l'échantillon, l'uniformité d'étalement de l'échantillon ainsi que le diamètre et la couleur des fibres. Dans la majorité des cas où l'on n'utilise pas de fibres conductrices, un capteur capacitif est préférable. Cependant, afin d'obtenir un instrument universel, une meilleure solution consiste à utiliser les deux types de capteurs sur le même échantillon et à comparer les deux signaux par un algorithme détectant les anomalies. Par exemple, la présence de fibres antistatiques se traduira par la présence de pointes dans l'histogramme délivré par le capteur capacitif. Il est donc possible d'obtenir une sélection automatique du meilleur signal ou une combinaison des deux signaux afin de produire un meilleur signal.

Un capteur capacitif destiné à fournir une mesure presque instantanée de la distribution complète de longueur est représenté à la fig. 11. Le capteur consiste en deux plaques, de préférence rectangulaires, situées dans deux plans parallèles au plan de l'échantillon, l'une au-dessus et l'autre en dessous de l'échantillon durant la mesure. Chacune de ces plaques recouvre la totalité de la surface de l'échantillon de telle façon que la fibre la plus longue soit plus courte que la longueur de la plaque. Une de ces plaques (représentée à la fig. 11) est divisée en un nombre relativement important de bandes rectangulaires. Chacune de ces bandes a une dimension, dans la direction  $x$  des fibres, beaucoup plus petite que la longueur moyenne des fibres, par exemple une dimension de 5 mm pour des fibres de laine ou une matière similaire à longues fibres. L'autre dimension est choisie de manière à couvrir toute la largeur de l'échantillon. Chacune de ces bandes rectangulaires est constituée d'un conducteur électrique et est isolée des autres bandes. Par exemple, la plaque peut être réalisée sous la forme d'un circuit imprimé où un support d'époxy est utilisé comme matériau isolant et les bandes sont formées de fines couches de cuivre. La seconde plaque, du côté opposé, peut être une simple grande plaque rectangulaire de métal (ou une couche de cuivre sur un support de circuit imprimé rectangulaire) ayant approximativement les mêmes dimensions extérieures que la première plaque divisée en bandes. La seconde plaque est alimentée de préférence par un générateur à haute fréquence. Les bandes de la première plaque sont commutées successivement à des amplificateurs haute fréquence par un multiplexeur analogique. A un instant donné, la bande numéro  $i$  agit comme une électrode de mesure; les deux bandes adjacentes numérotées  $(i - 1)$  et  $(i + 1)$  agissent comme électrodes de garde. Les bandes successives de  $i = 1$  à  $i = 50$  par exemple sont balayées de cette manière. Dans une forme de réalisation préférentielle du circuit électronique, une électrode supplémentaire de compensation du signal, ayant approximativement la même surface qu'une des bandes rectangulaires, mais pas nécessairement les mêmes dimensions linéaires, est déposée d'un côté de la première plaque près des bandes. Le but de cette électrode de compensation est d'apporter une correction pour les variations de température et d'humidité de l'atmosphère. Dans une forme de réalisation de l'appareil suivant l'invention, une série de commutateurs analogiques est disposée de telle sorte que les éléments capacitifs de mesure soient connectés chacun à leur tour à un pont tel qu'illustré à la fig. 12. Un générateur de tension à haute fréquence 43 alimente le pont. Un signal est obtenu à la sortie du transformateur 44, dont l'amplitude dépend de la différence entre les capacités du condensateur de compensation 49 et de l'élément capacitif de mesure connecté au circuit à cet instant. Ce signal est amplifié (45) et introduit à l'entrée d'un détecteur d'amplitude 46.

La détection est effectuée préférentiellement soit au moyen d'un redresseur suivi d'un filtre passe-bas, soit en mélangeant le signal de

sortie du transformateur à un signal de même fréquence et d'amplitude fixe, suivi d'un filtrage passe-bas du signal résultant. La sortie du détecteur est reliée à un convertisseur analogique-digital 47 afin d'obtenir des signaux digitaux qui sont traités par le système de calcul 48.

Dans une autre forme de réalisation de l'appareil suivant l'invention, une série de commutateurs analogiques est disposée tel qu'illustré à la fig. 13 de telle sorte que chacun des éléments capacitifs de mesure ou le condensateur de compensation 50 puisse être connecté soit à un générateur de tension fixe 51, soit à l'intégrateur de courant 52. Dans une première étape, tous les commutateurs, sauf le commutateur 56, sont fermés de telle sorte que chaque condensateur soit chargé à une tension fixe, déterminée par le générateur 51. Dans une seconde étape, tous les condensateurs sont déchargés tour à tour dans le système intégrateur 52 en fermant les commutateurs successifs et le commutateur 56.

Comme la sortie du système intégrateur est proportionnelle à :

$$\int i dt, \quad i \text{ étant le courant de décharge} \\ \text{et } \Delta Q = C \Delta V,$$

on obtient la capacité de chaque condensateur par :

$$C = \frac{1}{\Delta V} \int i dt$$

où  $\Delta Q$  représente une variation de charge dans un condensateur de capacité  $C$  et  $\Delta V$  la variation de tension correspondante.

Une amélioration dans la configuration du champ électrique est obtenue si la seconde plaque est également formée de bandes, commutées de manière synchrone par rapport aux bandes de la première plaque, mais aux dépens d'un circuit plus élaboré.

L'augmentation de capacité de chacun des éléments individuels du condensateur de mesure, due à la présence des fibres, est proportionnelle à la masse des fibres contenues dans cet élément, par exemple la bande numéro  $i$ . A la suite des amplificateurs haute fréquence connectés à des circuits en ponts formés par chaque bande et l'électrode de compensation, un démodulateur délivre un signal proportionnel à la masse de la partie de fibres contenue dans chaque élément individuel du condensateur.

Le balayage électronique de  $i = 1$  à  $i = 50$  fournit un signal correspondant à une distribution de longueur cumulée pondérée par la section.

Dans chacun des deux capteurs, optique ou capacitif, le principe de disposer un grand nombre d'éléments sensibles utilisés en succession par balayage électronique pour établir la distribution de longueur pose un problème dû aux différences de niveau électrique et de sensibilité entre ces éléments. Ces différences sont relativement significatives pour des éléments de rangées et de matrices de photodiodes

ou de CCD, mais elles apparaissent également entre des signaux produits par des bandes individuelles du condensateur. Une procédure est établie pour compenser ces différences, comprenant un étalonnage périodique automatique de chaque élément et la correction des signaux produits par chaque élément individuel, par des facteurs de correction obtenus durant la procédure d'étalonnage et stockés dans la mémoire (RAM) d'un ordinateur qui contrôle et lit le capteur.

Par période d'une journée, par exemple, ou chaque fois que l'appareil est allumé, une procédure d'étalonnage démarre automatiquement avant la première mesure, sans échantillon dans le capteur.

Pour les capteurs optiques, à un niveau fixé d'illumination correspondant à celui utilisé durant les mesures, le «niveau zéro» de chaque élément photodétecteur, correspondant à l'absence de fibres, est mesuré et mis en mémoire sous forme digitale. Le niveau d'illumination est alors réduit de 50% par exemple et le signal produit par chaque élément est à nouveau mesuré et mis en mémoire. La comparaison des signaux obtenus aux deux niveaux d'illumination définit la sensibilité ou le gain de chaque élément. Pour le capteur capacitif, le «niveau zéro» est également mesuré et mémorisé pour chaque bande du condensateur connectée dans le pont, en l'absence d'échantillon. Le facteur «sensibilité» est obtenu en réalisant un second étalonnage avec une feuille d'un matériau diélectrique homogène à l'intérieur du condensateur, donnant un signal de référence qui est mis en mémoire pour chaque élément.

Pour un capteur optique, le nombre d'éléments dans une matrice est relativement élevé. Pour réduire la taille de la mémoire, la moyenne du signal d'étalonnage correspondant aux éléments d'une ligne transversale par rapport à la direction  $x$  des fibres peut être établie avant la mise en mémoire.

Dans les cas où l'échantillon ne se déplace pas par rapport au capteur durant la mesure, le temps total de mesure étant très court, de l'ordre d'une milliseconde, l'échantillon peut être animé d'un mouvement, pendant la période de mesure, à une vitesse n'excédant pas 10 à 30 m/min. quand les classes de la distribution de longueur ont au moins 1 mm de long. Il est par exemple possible de placer les capteurs directement sur la machine de préparation mécanique où les échantillons sont constitués, et de faire les mesures dans une zone où les échantillons sont transférés.

En utilisant un ordinateur pour contrôler le capteur et traiter les signaux produits dans l'appareil constituant une réalisation de la présente invention, il est possible d'effectuer une mesure très rapide de la distribution de longueur d'un échantillon de fibres textiles. L'ordinateur peut être une unité basée sur un microprocesseur avec un programme de contrôle consacré à la prise de mesures. L'appareil complet peut donc être très compact.

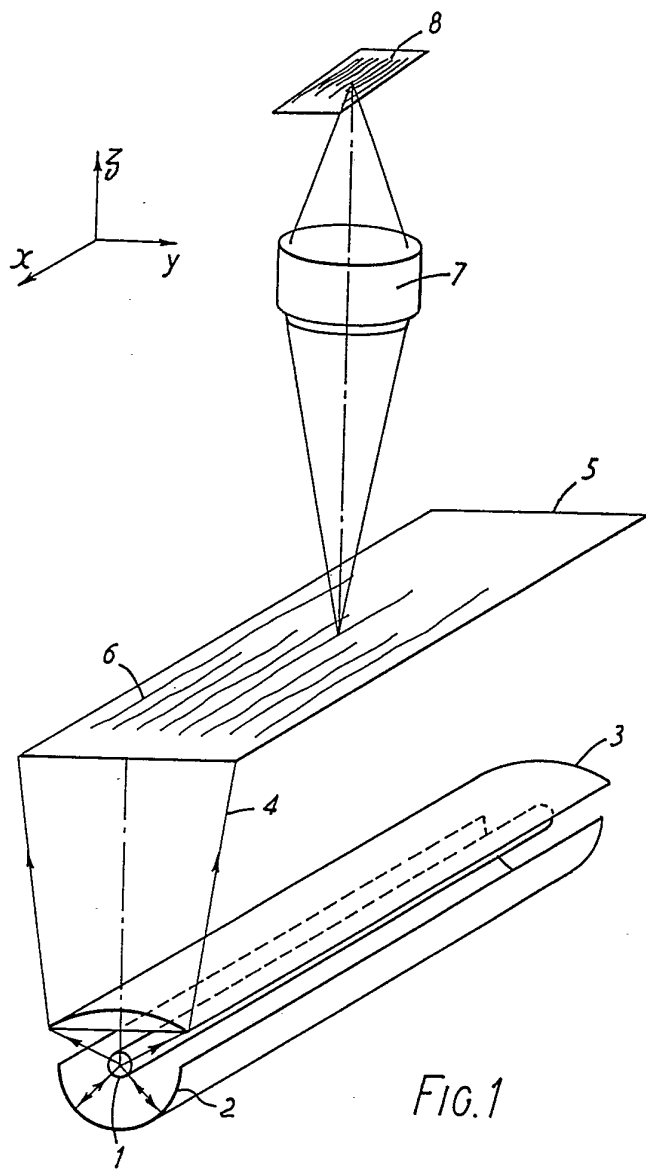
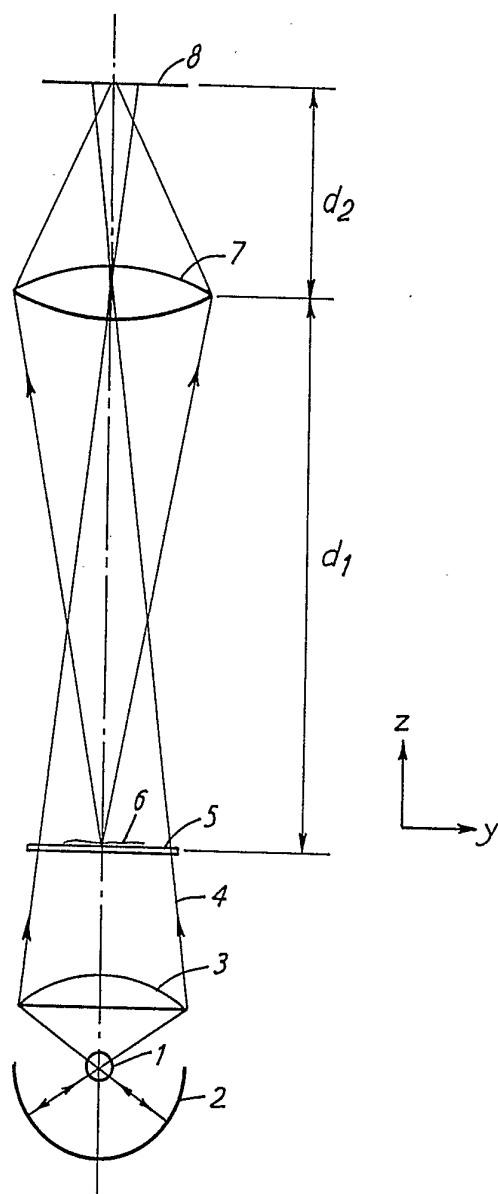


FIG. 2



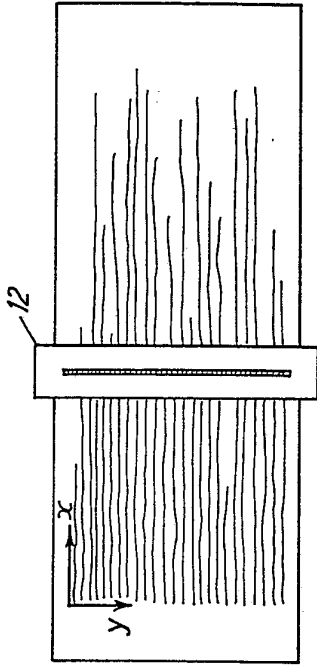


FIG. 5

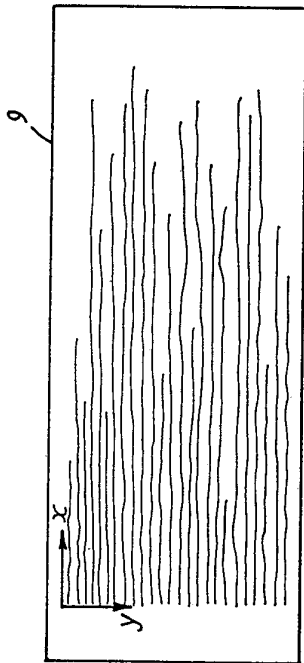


FIG. 3

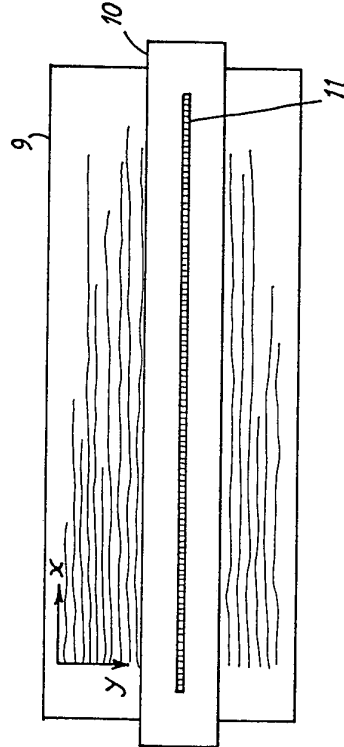


FIG. 4

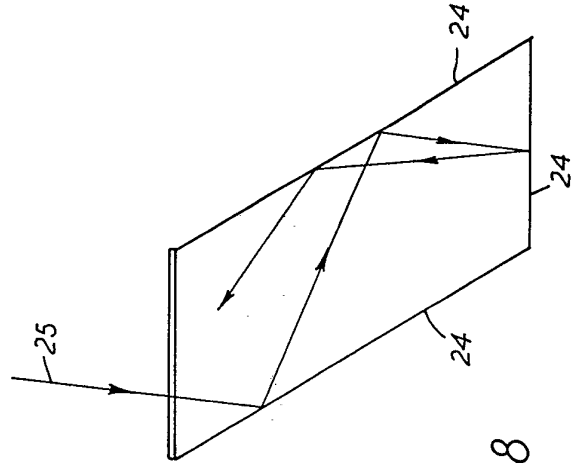


FIG. 8

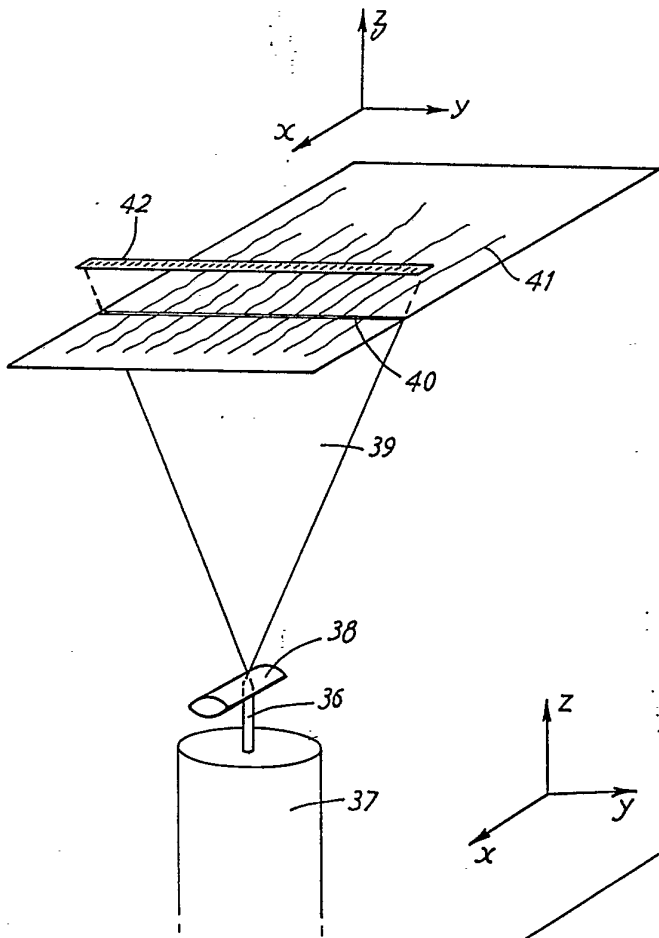


FIG. 5a

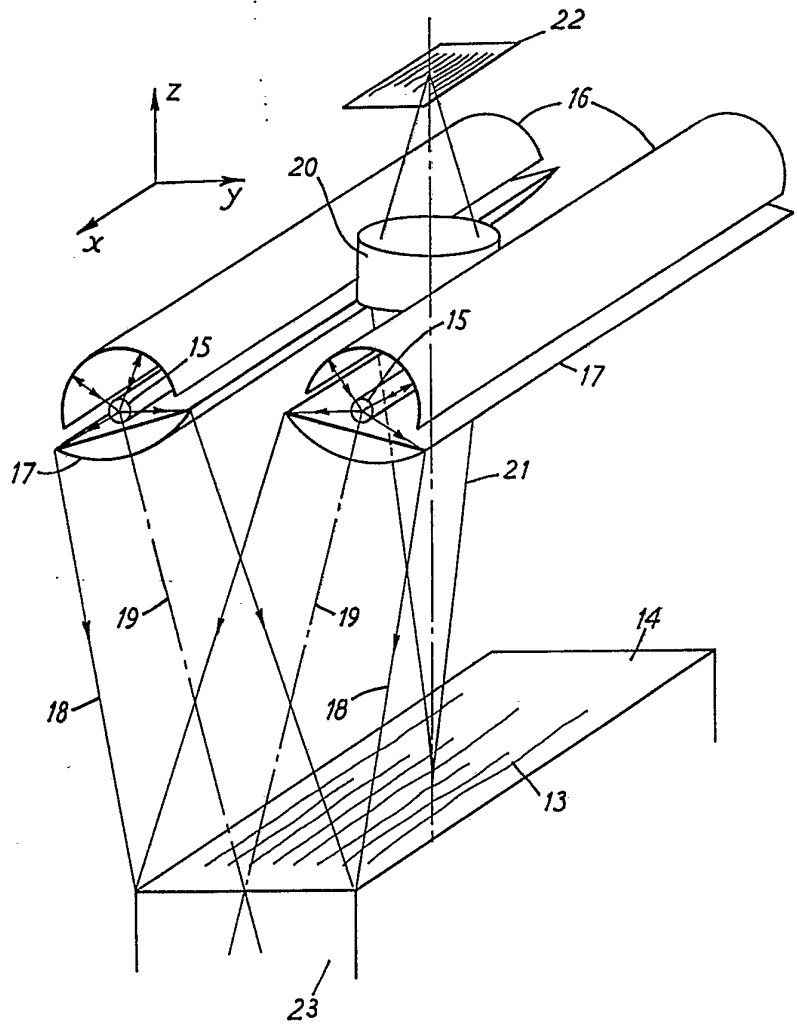


FIG. 6

