PCT ORGANISATION MONDIALE DE LA PROPRIETE INTELLECTUELLE
Bureau international

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIEE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets 7 : G01N 21/91	A2	(11) Numéro de publication internationale: **WO 00/08449**
		(43) Date de publication internationale: 17 février 2000 (17.02.00)

(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR99/01942

(22) Date de dépôt international: 5 août 1999 (05.08.99)

(30) Données relatives à la priorité:
98/10062 5 août 1998 (05.08.98) FR

(71) Déposant *(pour tous les Etats désignés sauf US)*: DEVRED, Monique [FR/FR]; 20, square Baudelaire, F–91450 Soisy sur Seine (FR).

(71)(72) Déposant et inventeur: PAILLIOTET, Pierre–Marie [FR/FR]; 20, square Baudelaire, F–91450 Soisy sur Seine (FR).

(74) Mandataires: MARTIN, Jean–Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 26, avenue Kléber, F–75116 Paris (FR).

(81) Etats désignés: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

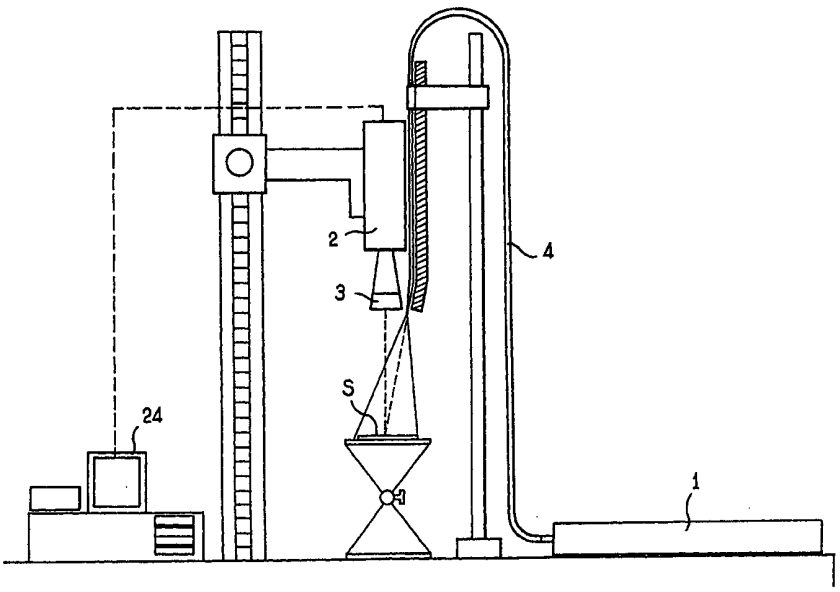
Publiée
Sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR NON–DESTRUCTIVE CONTROL OF A SURFACE USING A DYE PRODUCT

(54) Titre: PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LE CONTROLE NON DESTRUCTIF D'UNE SURFACE AU MOYEN D'UN PRODUIT COLORANT

(57) Abstract

The invention concerns a method for non–destructive control of the condition of a surface likely to be cracked, using a method based on the observation of the wave emitted by a dye product applied on the surface and in the cracks, under the effect of an incident excitation beam of wavelength suited to the dye product. The invention is characterised in that it consists in using the rotation of the rectilinear polarised wave emitted by the dye product according to the thickness of the dye relative to an incident rectilinear polarised light wave, for eliminating from observation the spots caused by the residual dye product present on the surface. On the drawings, figure (1) is a laser, figure (2) is an observation camera and figure (3) a polarised wave analyser. The invention is applicable to dye penetration inspection and magnetic particle inspection.



(57) Abrégé

Procédé de contrôle non destructif de l'état d'une surface susceptible de présenter des fissures, par une méthode basée sur l'observation de l'onde émise par un produit colorant appliqué sur la surface et dans les fissures, sur l'effet d'un faisceau d'excitation incident de longueur d'onde appropriée au produit colorant, caractérisé en ce qu'on utilise la rotation de l'onde polarisée rectiligne émise par le colorant en fonction de l'épaisseur du colorant par rapport à une onde de lumière polarisée rectiligne incidente, pour éliminer de l'observation les tâches dues au produit colorant résiduel présent sur la surface. Sur les figures, (1) est un laser, (2) est une caméra d'observation et (3) un analyseur d'onde polarisée. Application aux techniques de ressuage et de magnétoscopie.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	**ES**	Espagne	**LS**	Lesotho	**SI**	Slovénie
AM	Arménie	**FI**	Finlande	**LT**	Lituanie	**SK**	Slovaquie
AT	Autriche	**FR**	France	**LU**	Luxembourg	**SN**	Sénégal
AU	Australie	**GA**	Gabon	**LV**	Lettonie	**SZ**	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	**GB**	Royaume-Uni	**MC**	Monaco	**TD**	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	**GE**	Géorgie	**MD**	République de Moldova	**TG**	Togo
BB	Barbade	**GH**	Ghana	**MG**	Madagascar	**TJ**	Tadjikistan
BE	Belgique	**GN**	Guinée	**MK**	Ex-République yougoslave de Macédoine	**TM**	Turkménistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Grèce			**TR**	Turquie
BG	Bulgarie	**HU**	Hongrie	**ML**	Mali	**TT**	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	**IE**	Irlande	**MN**	Mongolie	**UA**	Ukraine
BR	Brésil	**IL**	Israël	**MR**	Mauritanie	**UG**	Ouganda
BY	Bélarus	**IS**	Islande	**MW**	Malawi	**US**	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	**IT**	Italie	**MX**	Mexique	**UZ**	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	**JP**	Japon	**NE**	Niger	**VN**	Viet Nam
CG	Congo	**KE**	Kenya	**NL**	Pays-Bas	**YU**	Yougoslavie
CH	Suisse	**KG**	Kirghizistan	**NO**	Norvège	**ZW**	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	République populaire démocratique de Corée	**NZ**	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			**PL**	Pologne		
CN	Chine	**KR**	République de Corée	**PT**	Portugal		
CU	Cuba	**KZ**	Kazakstan	**RO**	Roumanie		
CZ	République tchèque	**LC**	Sainte-Lucie	**RU**	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Soudan		
DK	Danemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Suède		
EE	Estonie	**LR**	Libéria	**SG**	Singapour		

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LE CONTROLE NON DESTRUCTIF D'UNE SURFACE AU MOYEN D'UN PRODUIT COLORANT

L'invention concerne les techniques de contrôle non destructif de l'état d'une surface, au moyen d'un produit colorant pénétrant, telles que notamment les techniques de ressuage et de magnétoscopie.

Le contrôle non destructif par ressuage que l'on applique notamment au contrôle de la présence éventuelle de fissures sur une surface, comporte l'application à cette surface d'un colorant dans des conditions permettant au colorant de pénétrer dans les défauts à détecter, l'éclairage de la surface au moyen d'une lumière incidente et l'observation de la lumière émise par le colorant présent dans les fissures et par le colorant résiduel sur la surface.

Par exemple on éclaire la surface avec le faisceau d'une lampe à vapeur de mercure ou d'un tube néon qui contient un rayonnement capable d'exciter le colorant, lequel émet en réponse une lumière monochromatique du domaine visible que l'on peut observer, par exemple au moyen d'un dispositif photo sensible auquel sont éventuellement associés des moyens pour constituer une image numérique que l'on exploite par un dispositif de traitement d'images.

La couleur de cette lumière visible dépend du colorant utilisé, elle est orange, par exemple, lorsque le colorant est la Rhodamine 6G.

Une telle technique est décrite par exemple dans la publication FR 2 711 426.

Le problème se pose d'optimiser l'observation, notamment d'optimiser l'observation des fissures, laquelle est perturbée par l'observation simultanée de l'image du colorant résiduel qui reste à l'état de traces sur la surface.

On a proposé de réaliser cette optimisation par un traitement de l'image numérique, comme décrit par exemple dans la publication précitée.

Un autre problème réside dans la détermination de la profondeur des fissures.

La publication FR 2 736 152 décrit ainsi un procédé et un dispositif de dimensionnement des défauts par ressuage.

De fait, ces deux publications permettent d'apprécier la difficulté et la complexité conséquente des procédés et dispositifs qui ont été étudiés pour optimiser les images et pour apprécier les dimensions des fissures.

La présente invention a pour objet un procédé et un dispositif remarquables par leur simplicité, qui permettent d'optimiser les images et d'apprécier la profondeur des fissures.

L'invention est basée sur cette constatation que lorsque le produit colorant est excité par une onde polarisée rectiligne, le produit qui se trouve dans une zone de la surface ou dans une fissure émet une onde polarisée rectiligne qui fait avec l'onde polarisée rectiligne incidente un angle qui est fonction de l'épaisseur du produit dans la zone ou dans la fissure considérée.

Selon l'invention on utilise cet écart angulaire entre l'onde polarisée rectiligne incidente et l'onde polarisée rectiligne émise par le colorant pour éliminer de l'observation les zones où le produit colorant résiduel est présent sur la surface et ne conserver que les zones ou ce produit a pénétré dans les fissures, en tirant parti du fait que l'écart correspondant à une onde provenant d'un colorant résiduel en surface est différent de celui correspondant au colorant présent dans une fissure, du fait que l'épaisseur du colorant résiduel en surface est toujours inférieure à l'épaisseur du colorant dans une fissure.

Selon un autre aspect de l'invention, on utilise également les écarts correspondants aux différentes fissures pour déterminer les profondeurs des fissures.

Un dispositif de mise en oeuvre de l'invention comprend donc essentiellement des moyens pour produire une onde incidente polarisée rectiligne de longueur d'onde choisie pour exciter le produit colorant, des moyens de transmission pour guider cette onde vers la surface à étudier, des moyens d'observation pour observer les ondes polarisées rectilignes émises par le colorant de la surface et des fissures, et des moyens interposés sur le trajet de ces ondes émises, entre la surface et les moyens d'observation, pour sélectionner les ondes émises selon les écarts angulaires entre l'onde polarisée rectiligne incidente et les ondes polarisées rectilignes émises par le colorant.

Pour éclairer la surface en examen avec une onde polarisée rectiligne, on utilise une source de lumière non polarisée à laquelle on associe un polariseur ou, de préférence, on utilise une source qui fournit elle-même une lumière polarisée.

C'est le cas notamment d'un Laser qui délivre une onde polarisée rectiligne à bords parallèles.

Le laser présente en outre l'avantage de pouvoir délivrer une lumière d'une parfaite monochromaticité dont le faisceau très fin présente une grande longueur de cohérence.

Pour sélectionner les ondes polarisées rectilignes émises par le colorant, on utilise un ou des analyseurs d'onde polarisée placés sur le trajet de ces ondes.

On décrira ci-après des exemples de mise en oeuvre de l'invention, en référence aux figures du dessin joint, sur lequel :

- la figure 1 est un schéma d'un premier montage d'un dispositif conforme à l'invention appliqué à une

technique de ressuage pour l'observation des fissures d'une surface ;

- la figure 2 est un schéma d'un deuxième montage de mise en oeuvre d'une technique de ressuage pour l'observation simultanée de deux faces opposées d'une pièce capable d'un mouvement de rotation et d'un déplacement X, Y, Z ;

- la figure 3 est un schéma d'un troisième montage de mise en oeuvre d'une technique de ressuage pour l'observation simultanée des deux faces opposées d'une plaque, ce montage comportant un jeu de miroirs oscillants commandés pour réaliser un balayage de ces faces par le faisceau incident ;

- la figure 4 est un schéma d'un quatrième montage de mise en oeuvre d'une technique de ressuage pour l'examen d'alésages ou d'alvéoles, et

- la figure 5 est un schéma d'un cinquième montage appliqué à la magnétoscopie des barres.

Les dispositifs de mise en oeuvre de l'invention qui sont représentés sur les figures comprennent essentiellement :

- un Laser (1),

- des moyens (T) pour transmettre le faisceau du Laser à une surface (S) à étudier ou à une surface étalon,

- une caméra d'observation (2) à téléobjectif dont l'objectif est équipé d'un analyseur (3).

Le Laser (1) est de préférence un Laser qui émet un flux ultraviolet polarisé centré sur une longueur d'onde appropriée au colorant utilisé, par exemple une longueur d'onde de 330 nanomètres.

Les moyens de transmission (T) peuvent être très variés :

- dans le montage de la figure 1, le faisceau du Laser 1 est transmis par des fibres optiques (4) jusqu'à la surface (5) à examiner,

- dans le montage de la figure 2, une lame (5) est placée à la sortie du Laser (1) pour diviser le faisceau Laser en une portion de faisceau (6) qui est conduit par des fibres optiques ou autrement sur une surface (7) d'une pièce (8) à observer et en une portion de faisceau (9) qui est conduit par des fibres optiques ou autrement à une surface opposée (10) de la pièce (8),

- dans le montage de la figure 3, une lame (5) est placée à la sortie du Laser (1), comme dans le cas de la figure 2, pour diviser le faisceau du Laser en deux faisceaux (6, 9) aptes à illuminer respectivement l'une et l'autre des deux faces (7) et (10) d'une paroi (8). Dans cet exemple, le dispositif comporte des jeux de miroirs (M) et (MM) pour transmettre les deux faisceaux aux surfaces (7, 10),

- dans le montage de la figure 4, le faisceau du Laser (1) est transmis par des fibres optiques (4) à une endoscope (11) qui permet au faisceau d'accéder à des zones d'accès difficiles, par exemple pour éclairer la surface interne d'un alésage ou d'un alvéole,

- dans le montage de la figure 5, le faisceau du Laser (1) traverse une lame (12) pour être envoyé à la surface à examiner, en l'espèce une barre (13), par des fibres optiques (14).

Ces exemples ne sont pas exclusifs d'autres moyens de transmission.

Le faisceau laser incident étant beaucoup plus étroit que celui d'une lampe à vapeurs de mercure ou d'un tube néon, des moyens sont prévus, selon l'invention, pour balayer avec le faisceau la surface à examiner, soit en déplaçant le faisceau, soit en déplaçant la surface.

Dans le cas du montage de la figure 2, la pièce (8) à examiner est placée sur une table (15) qui peut tourner sur elle-même, qui peut également être déplacée par

translation selon un axe (X) et qui peut monter et descendre selon un axe (Z) parallèle à l'axe de rotation de la pièce.

Dans le cas du montage de la figure 3, les miroirs de renvoi des deux portions des faisceaux du laser comprennent d'une part des miroirs fixes (M1, M2) et d'autre part des miroirs (MM1, MM2, MM3 et MM4) qui peuvent osciller, sous le pilotage d'un ordinateur programmé pour que les faisceaux réalisent un balayage des surfaces à examiner.

Dans le cas du montage de la figure 4, l'endoscope comporte un support 16 capable d'une rotation (R) sur lui-même, un guide d'onde (17) télescopique selon l'axe de rotation (Z) et un prisme d'extrémité (18) capable d'un mouvement en (X, Y), tandis que la pièce (P), qui comporte les alésages (19) à examiner est placée sur une table rotative (20). La ligne (21) sur la figure schématise le fait que le prisme d'extrémité (18) peut être descendu dans l'alésage (19).

Dans le cas du montage de la figure 5, la pièce (13) observée est une barre qui peut tourner sur elle-même et l'extrémité du guide (14) en fibres optiques est portée par un chariot (22) qui peut se déplacer parallèlement à la barre.

La caméra d'observation (2) et son analyseur d'onde polarisée (3) sont doublées s'il s'agit d'observer simultanément deux surfaces, comme dans le cas des montages des figures 2 et 3.

Des lames séparatrices sont utilisées en tant que de besoin pour laisser passer les rayons incidents et dévier les rayons émergents (figures 3 et 5).

Dans le cas du montage de la figure 4, grâce à un coupleur de fibres optiques (23), on utilise le même paquet de fibres optiques (4) pour transmettre à la pièce (P) le faisceau incident du Laser (1) et pour transmettre à la caméra (2) l'onde émise par le colorant excité.

Ceci est rendu possible par le fait que la caméra utilisée n'est pas sensible à un rayonnement ultraviolet.

Pour étalonner les appareils, on utilise de façon connue en soi, une cale présentant des fissures de profondeurs connues, que l'on a préparée par ressuage ou magnétoscopie.

En l'absence d'analyseur (3) ou en calant l'analyseur sur la polarité du Laser (1), l'image observée montre la présence des fissures de la cale noyées dans des taches lumineuses de même longueur d'onde dues au colorant résiduel en surface de la cale.

En faisant tourner l'analyseur conformément à l'invention, on constate que les tâches parasites disparaissent progressivement pour ne laisser que les images dues aux fissures étalons pour une certaine rotation de l'analyseur.

En continuant de faire tourner l'analyseur, on élimine successivement les images des fissures dans l'ordre des profondeurs croissantes : on peut donc établir une courbe d'étalonnage des degrés de rotation de l'analyseur en profondeurs de fissures, qui permettra de déterminer ultérieurement les profondeurs des fissures d'une surface à examiner.

De préférence, on utilise un analyseur double, c'est-à-dire qui comporte deux analyseurs successifs (3a, 3b) celui (3a) placé en avant servant à éliminer les tâches parasites et celui (3b) placé en arrière servant à déterminer les profondeurs des fissures.

Ces deux analyseurs sont par exemple montés dans une même tourelle et sont tournés ensemble jusqu'à élimination des tâches parasites, après quoi l'un seulement des analyseurs est tourné pour évaluer les profondeurs des fissures.

Chaque analyseur est de type en soi connu, par exemple constitué d'une lame sur une face de laquelle

sont disposées des lignes parallèles de prismes identiques.

L'invention n'est pas limitée à ces exemples de réalisation.

REVENDICATIONS

1. Procédé de contrôle non destructif de l'état d'une surface susceptible de présenter des fissures, par une méthode basée sur l'observation des ondes émises par un produit colorant appliqué sur la surface et dans les fissures, sous l'effet d'un faisceau d'excitation incident de longueur d'onde appropriée au produit colorant, caractérisé en ce qu'on utilise les écarts angulaires entre les ondes polarisées rectilignes émises par le colorant, en fonction de l'épaisseur du colorant, et une onde incidente de lumière polarisée rectiligne, pour éliminer de l'observation les tâches dues au produit colorant résiduel présent sur la surface.

2. Procédé selon la revendication 1 dans lequel on observe les ondes émises au travers d'un analyseur rotatif d'onde polarisée que l'on fait tourner jusqu'à éliminer de l'observation l'onde due au colorant résiduel sur la surface.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on utilise également ces écarts pour déterminer les profondeurs des fissures.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel on observe les ondes émises au travers d'un analyseur rotatif d'onde polarisée et on établit par étalonnage les degrés de rotation de l'analyseur qui éliminent successivement de l'observation les fissures de profondeurs croissantes.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel on crée l'onde incidente polarisée rectiligne au moyen d'un générateur Laser dont la longueur d'onde est choisie en fonction du colorant utilisé.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5 dans lequel on balaye ladite surface avec l'onde incidente

pendant l'observation, en déplaçant la surface ou l'onde incidente.

7. Dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé de ressuage ou de magnétoscopie utilisant un produit colorant appliqué sur la surface et dans les fissures d'une surface à examiner, qui comprend :

- des moyens de production (1) pour produire une onde de lumière polarisée rectiligne de longueur d'onde choisie pour exciter le colorant utilisé.
- des moyens de transmission (T) pour guider cette onde vers la surface à examiner,
- des moyens d'observation (2) pour observer les ondes polarisées rectilignes émises par le colorant présent sur la surface et dans les fissures,
- au moins un analyseur rotatif (3) d'onde polarisée sur le trajet des ondes émises par le colorant entre la surface et les moyens d'observation.

8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel les moyens de production (1) comprennent un générateur Laser.

9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8 et qui comprend des moyens de déplacement de la surface ou de l'onde incidente pour balayer la surface avec l'onde incidente pendant l'observation.

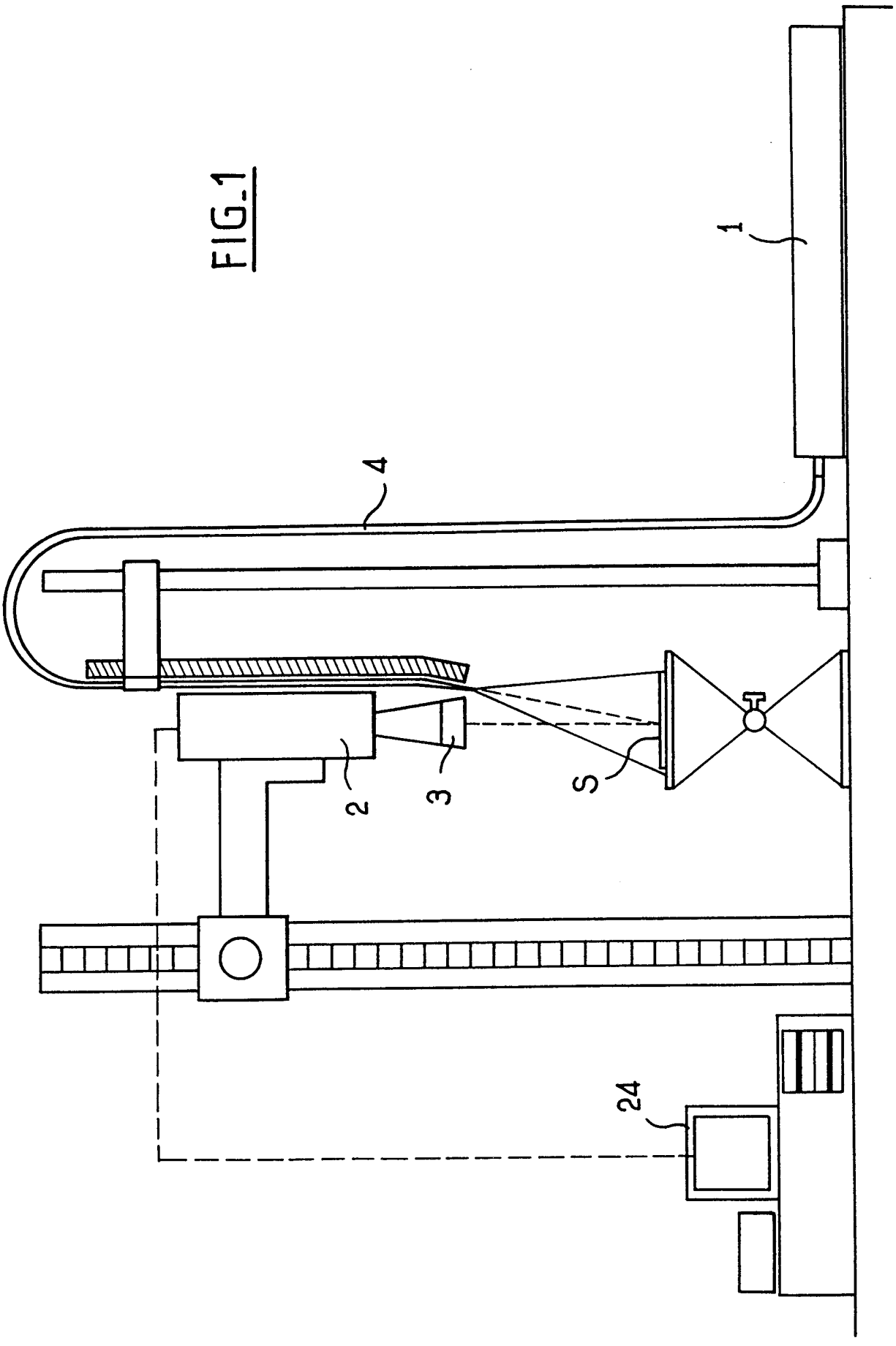
10. Dispositif selon la revendication 9, et qui comprend des miroirs oscillants (MM) pilotés par ordinateur pour dévier l'onde incidente afin de lui faire réaliser le balayage de la surface.

11. Dispositif selon la revendication 8 ou 9 dans lequel les moyens de transmission (T) comprennent un endoscope (11) terminé par un prisme (18) apte à pénétrer dans un alésage ou un alvéole d'une pièce à examiner.

12. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 11 et qui comprend un analyseur rotatif (3) dont on a étalonné les angles de rotation en correspondance des profondeurs des fissures.

13. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 12, et qui comprend deux analyseurs rotatifs successifs (3a, 3b), respectivement pour éliminer les tâches parasites dues au colorant résiduel sur la surface et pour déterminer la profondeur des fissures.

FIG.1



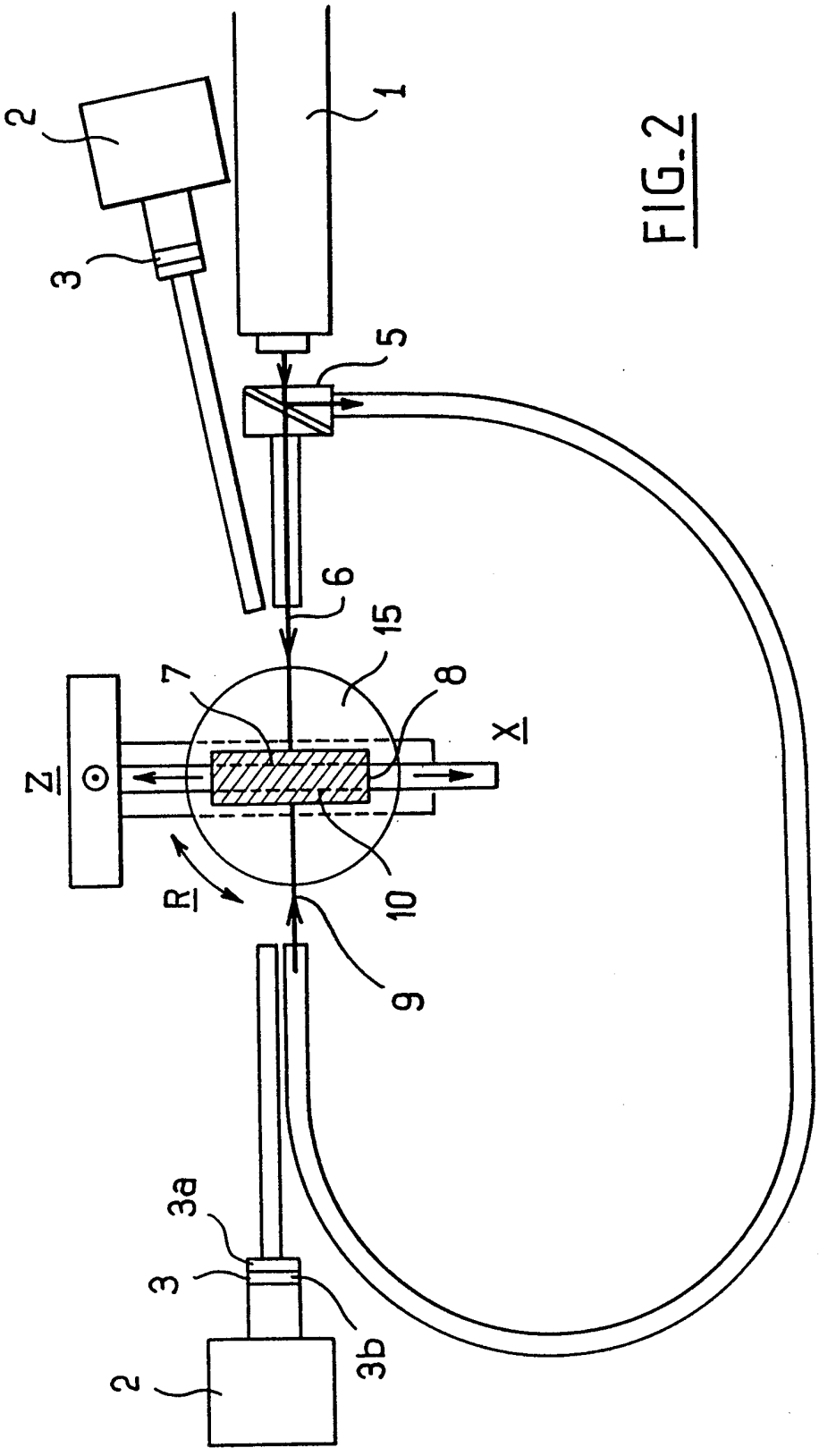


FIG.2

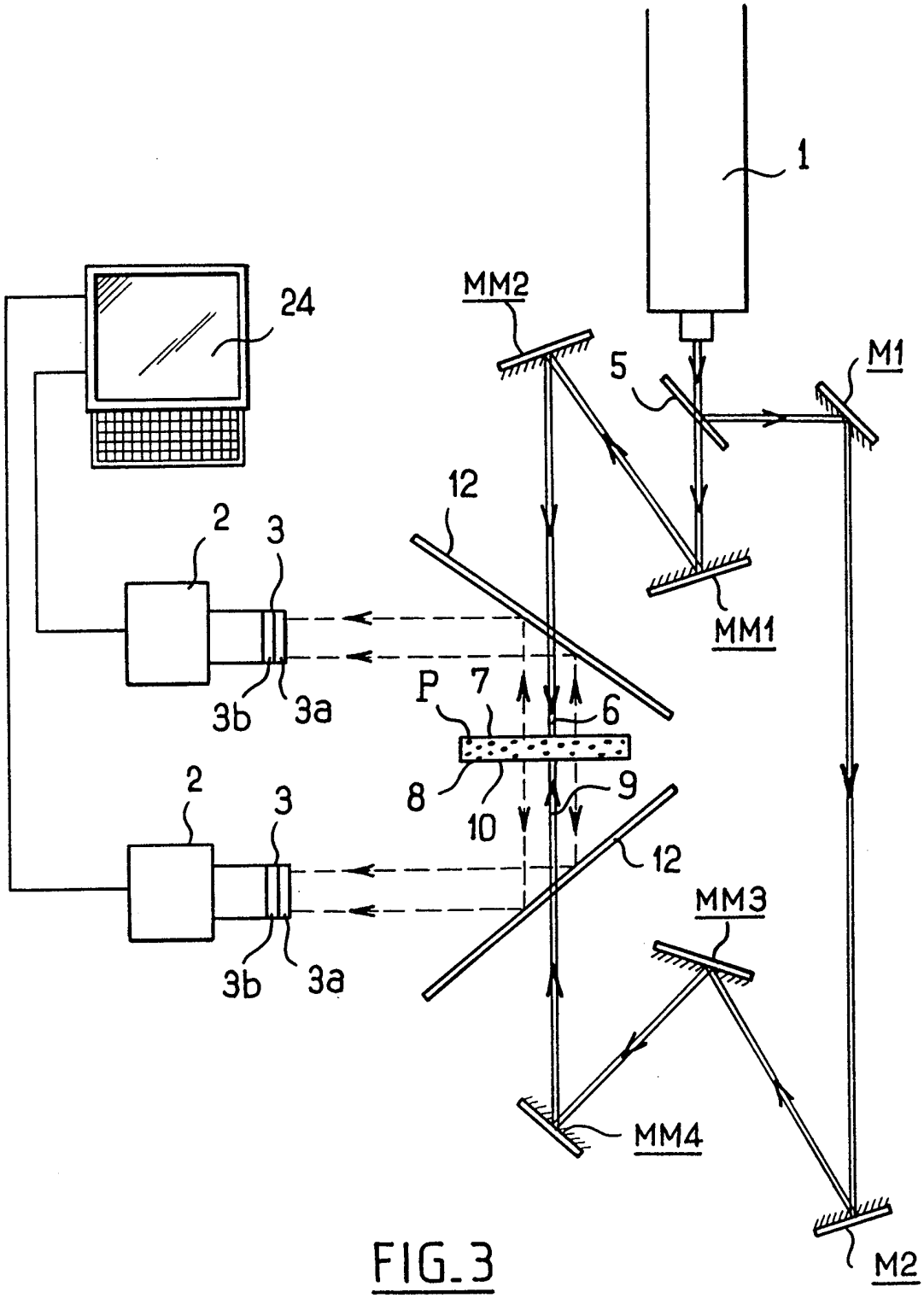


FIG_3

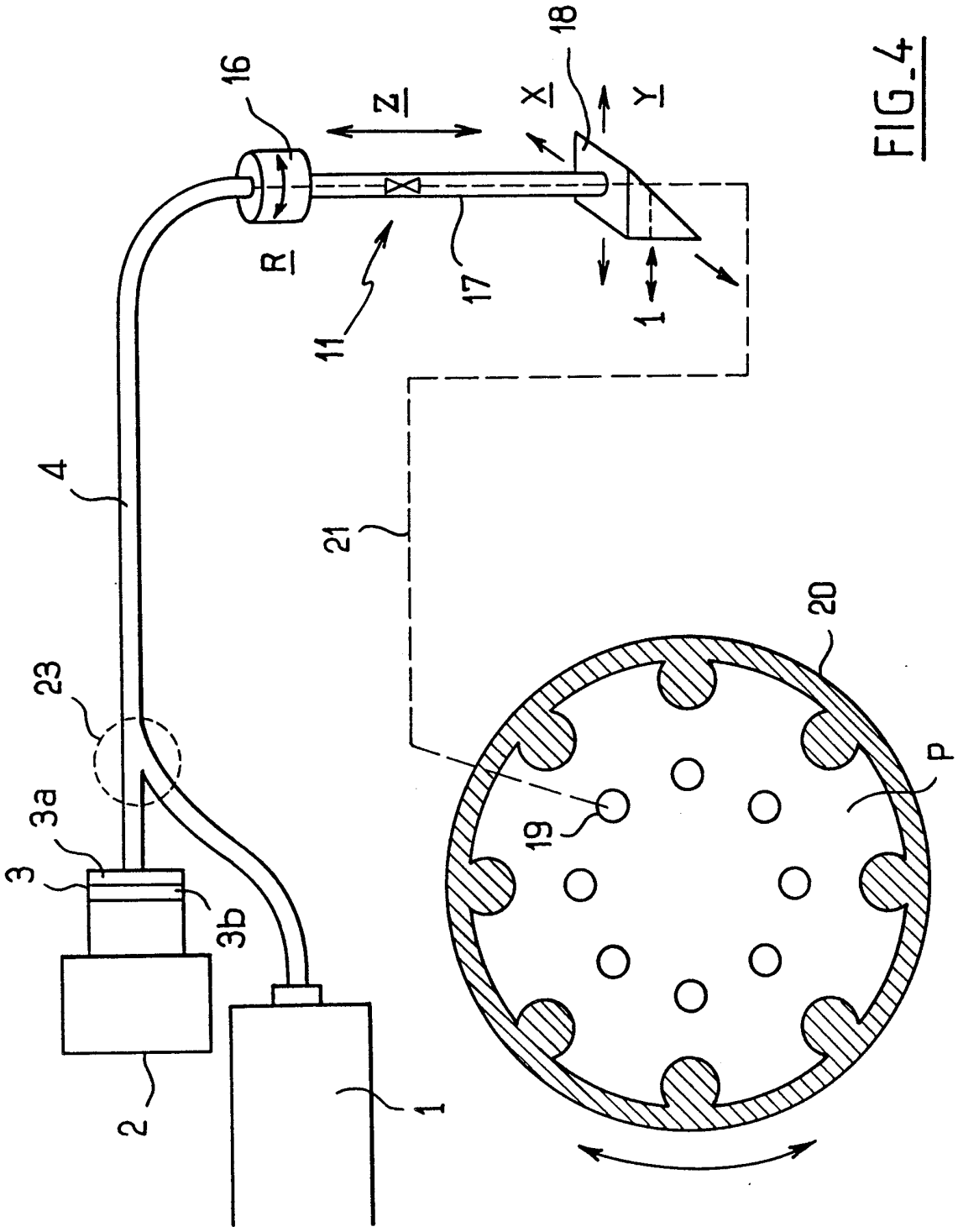


FIG_4

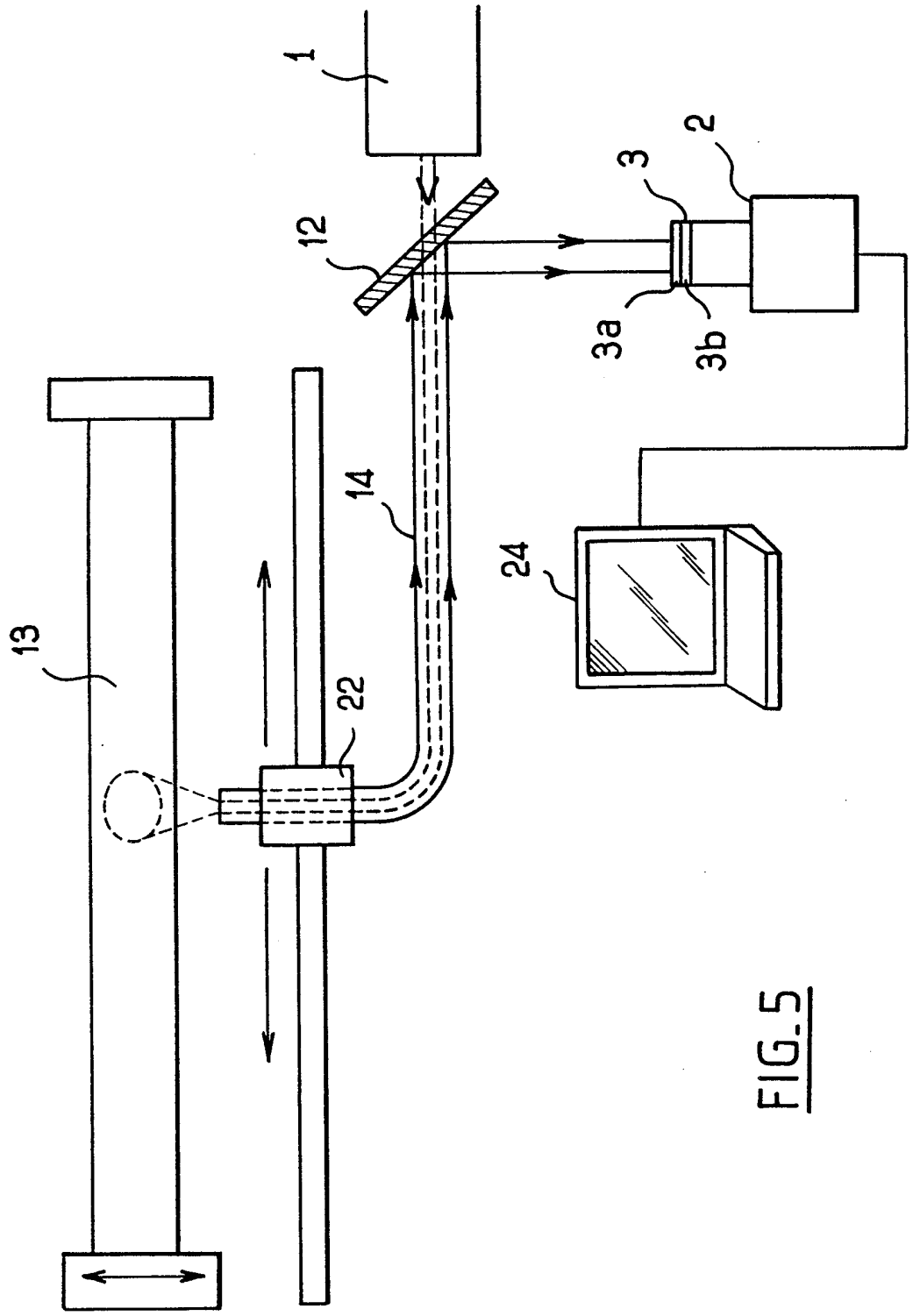


FIG.5