

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 18617

(54) Procédé de mesure optoélectronique et dispositifs pour la détermination de la qualité de surfaces à réflexion diffuse.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). G 01 B 11/30; G 01 N 21/55.

(22) Date de dépôt..... 2 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 4 octobre 1980, n° P 30 37 622.8.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 14 du 9-4-1982.

(71) Déposant : GAST Theodor et THURN Gerhard, résidant en RFA.

(72) Invention de : Theodor Gast et Gerhard Thurn.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Simonnot,
49, rue de Provence, 75442 Paris Cedex 09.

La présente invention concerne un procédé de mesure optoélectro-
nique pour détermination de la qualité de surfaces à réflexion dif-
fuse, et en particulier de pièces métalliques, dans lequel la
surface à étudier est éclairée par le faisceau sensiblement parallèle
5 d'une source de lumière et la répartition d'intensité du faisceau
réfléchi est mesurée par des détecteurs photoélectriques, puis inter-
prétée électroniquement, ainsi que des dispositifs pour la mise en
œuvre dudit procédé.

De tels procédés et dispositifs de mesure présentent une grande
10 importance pour l'assurance de qualité de pièces fabriquées méca-
niquement, car le maintien d'une qualité donnée, par exemple sur des
surfaces d'ajustage, de portée de joint, de frottement ou peintes,
est essentielle pour la fonction de la pièce considérée.

Divers procédés et appareils sont connus pour mesurer la qualité
15 de surface ou la rugosité de surface. Des instruments à palpeur sont
le plus souvent utilisés pour la mesure de rugosité. Ils comportent
une petite tête dans laquelle une pointe de diamant explore mécanique-
ment la surface. Les valeurs mesurées sont tracées après amplification
et/ou enregistrées. Ces appareils ont atteint un haut niveau techni-
20 que. Les inconvénients résident dans l'exploration linéaire de la
surface et le temps nécessaire à l'opération de mesure, qui ne peut
pas être effectuée sans contact mécanique et n'est que difficilement
automatisable.

Dans l'ouvrage "Technische Oberflächenkunde", Verlag J. Springer,
25 Berlin 1936, pp. 98-99, G. Schmaltz décrit un procédé de mesure dans
lequel l'indicatrice de rétrodiffusion, déterminée par des photodétec-
teurs mobiles, est interprétée photométriquement. La mesure de la
qualité de surface utilisée est soit un facteur, qui décrit l'appro-
ximation d'une courbe de Gauss par la courbe de lumière diffusée, soit
30 l'angle de demi-valeur, pour lequel l'intensité du rayonnement est
tombée à la moitié de l'intensité rayonnée dans l'angle de luisance.
Ce procédé présente la limitation suivante : une distribution normale
de la courbe de lumière diffuse est admise par hypothèse ou deux
valeurs mesurées seulement de la courbe de diffusion totale sont uti-
35 lisées pour caractériser la qualité de surface. Indépendamment du

fait que l'hypothèse d'une distribution normale de la courbe de lumière diffuse n'est pas vérifiée par la plupart des structures superficielles, le dépouillement basé sur deux points de mesure seulement conduit à des résultats imprécis.

5 Le document DE-AS 2 260 090 décrit un dispositif de mesure, utilisant comme mesure de la rugosité la largeur à demi-amplitude de la répartition de lumière diffuse autour de l'angle de luisance, pour un angle d'incidence compris entre 60 et 85°. Cette mesure est formée au total à partir de trois points mesurés de la répartition
10 de lumière diffuse : la valeur mesurée au maximum de la courbe et les deux valeurs à demi-amplitude. L'inconvénient réside dans le fait que la largeur à demi-amplitude n'est pas définie de façon univoque sur des courbes de répartition plates ou à plusieurs pics, du type observé pour les rugosités industrielles, et ne constitue pas une mesure
15 fiable au sens statistique. Des fluctuations aléatoires des valeurs mesurées, et notamment de la valeur maximale représentant la valeur de référence, agissent directement sur le résultat de mesure. Le faible angle d'incidence nécessaire pour la mesure rend le montage de mesure sensible aux variations de distance et, par suite des dimensions
20 élevées, le dispositif de mesure est utilisable uniquement quand on dispose de suffisamment d'espace et de temps pour la manutention fastidieuse.

La publication de F. Piwonka et Th. Gast dans "Technisches Messen" (1979) 12, pp. 451-458, décrit par ailleurs un procédé qui
25 enregistre l'indicatrice de rétrodiffusion à l'aide de photorécepteurs tournants, pour calculer ainsi la profondeur totale de rugosité. Ce procédé est applicable uniquement sur des surfaces usinées périodiquement, sur un tour par exemple, car la largeur des stries de la surface rugueuse striée doit être connue. L'étendue de mesure de ce
30 montage ne couvre que le domaine de rugosité grossière de la surface.

Le brevet DE-PS 2 241 617 décrit par ailleurs un procédé pour la mesure de rugosité, utilisant un laser. Dans ce procédé, l'éprouvette plane est usinée mécaniquement au tour, puis la lumière rétroréfléchie suivant la direction d'incidence est mesurée en
35 fonction de l'angle. La répartition de probabilité des dérivées

partielles du profil de rugosité est calculée à partir de la répartition lumineuse. Les conditions aux limites physiques dont il faut tenir compte et le mouvement relatif nécessaire entre le dispositif de mesure et l'échantillon limitent fortement le domaine d'emploi.

5 Les publications décrivent par ailleurs des procédés de mesure de la rugosité avec dépouillement de l'échantillonnage de points dans le champ de diffusion de la lumière réfléchie. Il est nécessaire d'utiliser pour ce faire un dispositif d'éclairage satisfaisant à des conditions de cohérence données, un laser par exemple.

10 L'invention a pour objets un procédé et un dispositif de mesure permettant de déterminer la qualité de surface avec une grande précision, avec utilisation d'instruments simples et maniables.

Le dispositif doit permettre d'effectuer des mesures sur des surfaces planes, convexes ou concaves, ainsi que sur des points difficiles d'accès, tels que biseaux, gorges et trous, sans contact mécanique ou avec un contact non destructif et suivant une séquence de mesure rapide. Le dispositif de mesure doit être utilisable manuellement et pouvoir être inséré sans difficulté dans des équipements automatiques, sans nécessité d'emploi d'une lumière cohérente.

20 Selon une caractéristique essentielle de l'invention, le faisceau est dirigé à peu près perpendiculairement à la surface à étudier et le faisceau à répartition spatiale, réfléchi par l'élément de surface éclairé (spot), est décelé par les détecteurs photoélectriques dans un angle solide, qui est adapté à l'élargissement probable du faisceau par suite de la réflexion diffuse; et des valeurs caractéristiques intégrales sont formées à partir de l'ensemble des valeurs mesurées par les détecteurs et constituent la mesure de la qualité de surface.

L'idée fondamentale de l'invention consiste essentiellement à déceler le faisceau diffusé, réfléchi par le spot, à l'aide d'un tube de mesure et dans un angle solide adapté à la diffusion et par suite à la plage de qualité probable de la surface à étudier, puis à former à partir des valeurs d'intensité mesurées par des détecteurs, à la façon des moments connus en mécanique et en statistique, des valeurs caractéristiques intégrales S_x , utilisables comme mesure de la qualité de surface.

Les équations suivantes sont utilisées pour former les valeurs caractéristiques :

$$(a) \quad S_x = \sum_{i=1}^n |w_i - \bar{w}|^x \cdot p_i \quad \text{avec } x = 1 \text{ ou } 2$$

$$(b) \quad \bar{w} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot p_i$$

$$5 \quad (c) \quad p_i = \frac{D_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n D_i \cdot g_i}$$

avec :

- w_i angle du faisceau diffusé, déterminé par le détecteur i
 n nombre de détecteurs utilisés pour le dépouillement
 10 $\bar{w}$ moyenne des valeurs p_i et w_i
 p_i signal de mesure D_i normalisé selon l'équation (c)
 g_i facteur de correction du signal de mesure D_i

Dans le procédé selon l'invention, les signaux mesurés par les n détecteurs, avantageusement disposés en ligne, servent à produire
 15 des valeurs p_i normalisées à l'aide de l'équation (c), compte tenu des facteurs de correction g_i . Contrairement au cas des procédés et montages connus, précédemment décrits, les signaux de mesure de tous les détecteurs décelant le rayonnement réfléchi interviennent dans le dépouillement. Seules les propriétés de diffusion de la struc-
 20 ture superficielle sont interprétées par suite de la formation du quotient p_i , les coefficients de réflexion spectrale spécifiques du matériau n'exerçant aucune influence sur le résultat de mesure. Une valeur moyenne $\bar{w}$ est calculée à partir des valeurs p_i et des valeurs w_i . Les valeurs caractéristiques S_1 ou S_2 sont enfin formées. La
 25 valeur caractéristique de diffusion S_2 quadratique est la valeur statiquement fiable; le calcul de la valeur caractéristique S_1 est par contre plus facile.

Le rôle des facteurs de correction g_i est de :

- compenser les dispersions de fabrication des valeurs caractéristiques électriques et optiques des composants employés, et
- 30 - corriger les variations géométrico-optiques de la distribution de lumière diffusée, dues aux composants optiques.

Les facteurs compris entre 0 et 1 sont pour ce faire déterminés au cours d'une opération d'étalonnage, à l'aide d'une surface de référence à diffusion connue.

L'approximation de ces facteurs permet en outre

- 5 - d'influencer l'allure des courbes caractéristiques de S_1 ou S_2 sur un grand domaine de qualité de surface, par pondération différente de la courbe de lumière diffusée, afin d'effectuer une linéarisation par exemple;
 - 10 - de renforcer ou de supprimer certaines composantes de la courbe de lumière diffusée, afin de dépouiller séparément par exemple la lumière diffusée et la lumière réfléchie régulièrement.
- L'invention présente les principaux avantages suivants :
- la qualité de surface est déterminée par formation de la moyenne sur un spot
 - 15 - des valeurs caractéristiques intégrales S_1 ou S_2 sont formées, qui permettent une indication fiable et précise même dans le cas de courbes de lumière diffusée de forme quelconque, la nature de la répartition, normale par exemple, ne devant pas être connue
 - 20 - la formation de valeurs caractéristiques couvre tous les détecteurs et des fluctuations aléatoires de la courbe de lumière diffusée, produites par des erreurs d'alignement ou des irrégularités statistiques de la surface, sont éliminées par formation de la moyenne
 - 25 - les valeurs caractéristiques intégrales sont invariantes par rapport au pivotement de la répartition de lumière diffusée dans le plan de mesure
 - 30 - les caractéristiques optiques de qualité de la surface, telles que le comportement en diffusion et les caractéristiques de structure, sont décrites avec précision par les valeurs caractéristiques S_1 ou S_2
 - 35 - il existe entre les valeurs caractéristiques S_1 ou S_2 et les grandeurs caractéristiques de rugosité normalisées une relation étroite et très bien reproductible quand les conditions de fabrication sont connues
 - l'adaptation de l'angle solide décelé par le dispositif de mesure

à l'angle du faisceau diffusé donne une grande étendue de mesure qui, rapportée à la rugosité moyenne R_a , est comprise entre $R_a > 0,01 \mu\text{m}$ et $R_a < 10 \mu\text{m}$

- la rotation du plan de mesure permet une détermination séparée des rugosités transversale et longitudinale
- le montage de mesure est insensible aux variations de distance par suite de l'incidence sensiblement verticale
- la mesure avec contact non destructif ou sans contact peut s'effectuer manuellement ou automatiquement, même sur des points de mesure difficilement accessibles
- des mesures sont possibles sur des surfaces au repos ou mobiles.

La détermination électronique des valeurs caractéristiques S_1 ou S_2 peut être analogique ou numérique. Le calcul des valeurs caractéristiques dans un ordinateur est préférable, car ce dernier permet de façon simple la mémorisation de données de mesure, une conduite dialoguée et une documentation importante des résultats de mesure.

Pour ajuster une allure donnée des courbes des valeurs caractéristiques S_1 ou S_2 sur un domaine de qualité de surface, il convient de multiplier les valeurs caractéristiques dans le ordinateur par un facteur d'échelle et/ou d'utiliser des puissances des valeurs caractéristiques. La détermination de grandeurs caractéristiques de rugosité normalisées, telles que rugosité moyenne R_a ou profondeur moyenne de rugosité R_z , s'effectue indirectement par des opérations d'étalonnage. Des surfaces de rugosité connues sont mesurées optiquement, puis une relation est établie entre les grandeurs caractéristiques S_1 ou S_2 et des grandeurs caractéristiques de coupe. La courbe caractéristique correspondante est mémorisée dans un ordinateur. Pour obtenir une précision de mesure élevée, il convient de mesurer et mémoriser plusieurs courbes caractéristiques correspondant aux procédés d'usinage usuels.

Une autre possibilité consiste à faire varier le domaine de longueur d'onde du faisceau de mesure, afin d'ajuster diverses plages d'angle de diffusion. La diffusion sur des surfaces de rugosité donnée est plus grande aux faibles longueurs d'onde, en lumière UV par exemple, qu'aux grandes longueurs d'onde, en lumière IR par exemple. Le

rayonnement utilisé ne doit pas être monochromatique, mais peut couvrir un assez grand domaine de longueur d'onde, de 100 nm par exemple.

Une autre possibilité consiste à utiliser un faisceau de mesure polarisé. Lors de la réflexion d'un rayonnement polarisé, des surfaces rugueuses présentent un comportement différent de celui de surfaces lisses, qui permet de déduire la qualité de la surface en tenant compte de l'orientation du plan de vibration du rayonnement par rapport à la structure de la surface. A partir de l'état de polarisation du rayonnement dans le lobe de rayonnement réfléchi, les valeurs caractéristiques S_1 ou S_2 sont ainsi utilisables comme mesure de la qualité de surface.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à l'aide de la description détaillée ci-dessous d'exemples de réalisation du dispositif de mesure et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 représente un dispositif de mesure de lumière diffusée selon l'invention;
- la figure 2 représente un dispositif de mesure avec source de rayonnement dans le tube de mesure;
- la figure 3 représente un dispositif de mesure avec guide de lumière flexible;
- la figure 4 représente un tube de mesure à pointe conique;
- la figure 5 représente un tube de mesure à sortie latérale du faisceau;
- la figure 6 représente le schéma synoptique du système de mesure avec un calculateur de traitement des valeurs mesurées; et
- la figure 7 représente la variation de la valeur caractéristique S_2 en fonction de la qualité de divers échantillons de surface.

Le dispositif de mesure selon figure 1 comprend une source de rayonnement 1, par exemple une diode infrarouge munie d'une lentille en verre rapportée, dont le rayonnement 9 focalisé et sensiblement parallèle traverse un diviseur de faisceau 2, un groupe de lentilles 3 et une lame de verre plan-parallèle 4. Un diaphragme circulaire 5 limite le spot à un diamètre d'environ 1 à 3 mm. La lame de verre 4 ferme le système avec étanchéité. Le faisceau 6 réfléchi par la

surface 12 est dévié par la réfringence d'un groupe de lentilles 3 et traverse en retour le diviseur de faisceau, qui renvoie un flux partiel aussi grand que possible sur le détecteur photoélectrique 8.

5 Les détecteurs 8_1 , 8_i à 8_n utilisés sont des photodiodes ou des détecteurs pyroélectriques, individuels ou en réseau linéaire ou matriciel. Les détecteurs convertissent le rayonnement en signaux électriques, qui est filtré, amplifié et traité analogiquement ou numériquement de façon à fournir les valeurs caractéristiques de diffusion S_1 ou S_2 constituant la mesure de la qualité de surface.

10 Un écran 16 indique la variation de l'éclairement énergétique E, mesuré par les détecteurs 8_1 à 8_n . Afin d'améliorer le rapport signal/bruit, les détecteurs sont munis d'un filtre optique qui limite le domaine de réception spectrale au domaine de longueur d'onde de la source de rayonnement.

15 Une autre amélioration est obtenue par fonctionnement en lumière modulée. Pour ce faire, la lumière de la source est pulsée électriquement ou optiquement à une fréquence donnée et le signal de mesure est interprété avec sélection en fréquence. Par ses dimensions, et notamment sa longueur, et le groupe de lentilles 3 et la lame de

20 verre 4 qu'il contient, le tube de mesure 7 détermine l'angle solide dans lequel le faisceau réfléchi est transmis aux détecteurs 8_1 à 8_n . Le groupe de lentilles 3 peut être supprimé dans le cas le plus simple. L'angle solide résulte alors des caractéristiques géométriques du dispositif de mesure, et essentiellement de l'angle d'ouverture de la ligne de détecteurs 8. Des groupes de lentilles à distance

25 focale positive augmentent l'angle solide et des lentilles divergentes le limitent.

Dans le procédé selon l'invention, il est inutile de disposer les détecteurs dans le plan focal du groupe de lentilles ou de

30 produire une image réelle de l'élément de surface éclairé, ce qui présente des avantages pour le dimensionnement du tube de mesure.

Plusieurs tubes de mesure interchangeables, présentant des caractéristiques optiques différentes, sont prévus pour chaque dispositif de mesure. Une adaptation est ainsi possible à la plage

35 angulaire de diffusion, probable pour une mesure et résultant du

domaine de qualité de la surface à étudier. Le domaine de la qualité de surface résulte des procédés d'usinage précédant la mesure, tels que tournage de précision, rectification plane, polissage. Le choix du tube de mesure approprié s'effectue sur cette base.

5 Comme le montre la figure 1, une lentille cylindrique 17 est insérée sur le trajet de la lumière diffusée. Elle concentre le faisceau diffusé à répartition spatiale sous forme d'un bandeau lumineux dans le plan de mesure, qui est déterminé par les rayons médians 9, 10 et contient la ligne de détecteurs 8. Cette disposition
10 réduit l'influence perturbatrice de la dispersion du faisceau sur des surfaces convexes et augmente le flux énergétique utilisable. Cette lentille cylindrique peut être intégrée dans le groupe de lentilles 3. Il est même avantageux de constituer le groupe de lentilles 3 sous
15 forme d'un groupe de lentilles cylindriques croisées, dont les distances focales sont choisies de façon que dans un plan le faisceau diffusé soit décelé sous l'angle optimal pour la détermination de la qualité de surface et que dans le second plan, le faisceau réfléchi
20 soit concentré dans un bandeau lumineux, qui contient les détecteurs 8. Dans le cas de lentilles à réfringence élevée, il convient d'aplatir leur centre, afin que le faisceau incident ne soit pas modifié, tandis que le faisceau réfléchi avec diffusion est réfracté par les surfaces bombées. Cette intervention optique est ensuite compensée pendant le traitement électronique des valeurs mesurées.

 Un autre détecteur photoélectrique 11 (détecteur de référence)
25 mesure la partie du faisceau 9 provenant de la source 1 et déviée par le diviseur de faisceau 2. Un circuit de quotient et/ou soustraction compense les fluctuations d'intensité du faisceau pendant le traitement des données de mesure. La mesure peut s'effectuer avec un léger contact mécanique, le tube de mesure 7 du petit dispositif maniable
30 de mesure de la lumière diffusée reposant à peu près perpendiculairement sur la surface à mesurer 12. Une détérioration de la surface à mesurer est pratiquement évitée car la surface d'appui du tube de mesure est relativement grande et seules de faibles forces agissent. Pour la mesure sur des surfaces très sensibles, la portée du tube de
35 mesure doit être réalisée dans un matériau non dur, tel qu'une

matière plastique. Une mesure sans contact mécanique est obtenue par ajustement d'une faible distance 13, ce qui permet aussi de mesurer des surfaces mobiles. Ce mode de fonctionnement est avantageusement utilisable dans des dispositifs automatiques.

5 Afin de déterminer les grandeurs caractéristiques de la surface, appelées rugosités transversale et longitudinale dans la technique de mesure de rugosité, sur des structures de rugosité orientées, telles que des marques d'outil ou stries, le plan de mesure de l'appareil est orientable transversalement ou longitudinalement par rapport à
10 la direction des stries. Une autre possibilité de mesure des propriétés de diffusion d'une surface en fonction de la direction, sans rotation de 90° de l'appareil de mesure, consiste à utiliser une matrice constituée par plusieurs lignes de détecteurs ou un montage de lignes de détecteurs en croix. Dans ce dernier cas, une seconde
15 ligne de détecteurs est disposée perpendiculairement à la ligne de détecteurs 8 et reçoit le rayonnement réfléchi perpendiculairement au plan de mesure. Une possibilité d'extension de l'étendue de mesure du dispositif, fixée par la géométrie et l'optique des tubes de mesure, consiste à faire varier la longueur d'onde du rayonnement employé.
20 La lumière de la source 1 est alors monochromatique ou un domaine de longueur donné est obtenu par filtrage du rayonnement d'une source à large spectre.

 Une autre possibilité est offerte par la mesure de lumière diffusée à l'aide d'un rayonnement polarisé. Un filtre polarisant 14
25 est alors prévu pour produire un rayonnement polarisé et un filtre polarisant 15 pour l'analyse du rayonnement réfléchi.

 Dans le cas de la figure 2, le dispositif de mesure selon figure 1 est modifié de façon que la source 1, une petite source de rayonnement à semiconducteurs par exemple, se trouve dans le tube de
30 mesure 7. Ce montage présente l'avantage que l'incidence du faisceau de la source 1 ne se fait pas à travers le groupe de lentilles 3, qui décèle néanmoins le faisceau diffusé. Il est ainsi possible de déceler le faisceau diffusé dans un grand angle solide, comme cela est nécessaire pour la grande plage de rugosité. Dans ce montage, le
35 diviseur de faisceau 2 se trouve entre la source 1 et la diode de

référence 11, tandis que la ligne de détecteurs 8 est montée dans le boîtier du dispositif.

L'emploi d'un guide de lumière est avantageux dans le cas de conditions d'accès défavorables, afin par exemple d'effectuer des mesures sur les surfaces internes de pièces ou dans la machine d'usage. Il convient d'utiliser comme guide de lumière un faisceau rangé de fibres optiques, dont la section peut être rectangulaire ou circulaire et/ou des convertisseurs de section à fibre optique sont utilisables. Le guide de lumière est de préférence inséré dans le montage selon figure 1, entre le tube de mesure 7 et le diviseur de faisceau 2, et guide à la fois le rayonnement incident et le rayonnement réfléchi. Un guide de lumière est également utilisable dans le montage selon figure 2 pour le guidage du faisceau réfléchi. Il est utilement disposé entre le tube de mesure 7 et la ligne de détecteurs 8.

La figure 3 représente un montage dans lequel la source 1 se trouve également dans le tube de mesure 7, directement à l'intérieur du groupe de lentilles 3. La suppression du diviseur de faisceau augmente le rayonnement utilisable de la source. Un guide de lumière 18 flexible transmet le flux lumineux réfléchi aux détecteurs 8. Pour l'éclairage de l'élément de surface à mesurer, il est possible d'utiliser un second guide de lumière à diamètre plus faible, disposé concentriquement au guide de lumière 18. Ce guide de lumière supplémentaire doit être sorti du boîtier du dispositif, séparément du guide de lumière 18, et permet de transmettre au point de mesure la lumière d'une source de grande puissance.

La figure 4 représente une forme de réalisation du tube de mesure avec une pointe conique. Cette forme du tube de mesure convient pour des points de mesure limités dans l'espace.

La figure 5 représente le schéma d'une autre forme de réalisation du tube de mesure, dans laquelle un miroir de renvoi 19 fait sortir la lumière latéralement, ce qui est avantageux par exemple pour des mesures dans un alésage ou une gorge de pièce.

La figure 6 représente le schéma synoptique du système de mesure. Un calculateur est utilisé pour le traitement des valeurs mesurées. Cet appareil électronique de base permet le raccordement de plusieurs

capteurs de lumière diffusée. L'opération de mesure est illustrée sur le schéma synoptique. Une diode électroluminescente est alimentée par une source de courant et éclaire la surface de l'échantillon à mesurer. Les photodiodes d'un réseau linéaire convertissent le flux lumineux réfléchi en signaux électriques, qui sont transmis par un multiplexeur à l'électronique (désignée par "interface"), avec commande par le calculateur. Dans l'électronique, les signaux sont filtrés, amplifiés puis disponibles, après conversion analogique-numérique, sous forme de valeurs numériques pour traitement par le calculateur. Le résultat des mesures est consigné dans un procès-verbal ou représenté graphiquement sur un écran ou un traceur.

La figure 7 représente des caractéristiques obtenues par des mesures comparatives du procédé selon l'invention et de mesures par instruments à palpeur sur des surfaces usinées par rectification plane et polies. La valeur caractéristique de diffusion S_2 est sans dimension et représentée, après multiplication par un facteur d'échelle, en fonction de la rugosité moyenne R_a mesurée avec un instrument à palpeur.

Le dispositif décrit est destiné à la détermination de la qualité de surfaces métalliques planes, concaves ou convexes. Ce dispositif de mesure permet en outre de déterminer la qualité de surface sur des pièces en autres matériaux, tels que matériaux semiconducteurs, matières plastiques et porcelaine.

Un procédé de mesure analogue à celui selon l'invention est également utilisable pour déterminer la qualité de surface ou la diffusion de pièces en matériau transparent, tel que du verre. La pièce à étudier est éclairée dans ce cas par sa surface opposée à la tête de mesure, la lumière transmise étant dispersée par les structures irrégulières. La mesure de la lumière diffusée s'effectue alors sensiblement de la façon précédemment décrite pour la lumière diffusée réfléchie.

Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme de l'art au principe et aux dispositifs qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs, sans sortir du cadre de l'invention.

Revendications

1. Procédé de mesure optoélectronique pour détermination de la qualité de surfaces à réflexion diffuse, et en particulier de pièces métalliques, dans lequel la surface à étudier est éclairée par le faisceau sensiblement parallèle d'une source de lumière et la répartition d'intensité du faisceau réfléchi est mesurée par des détecteurs photoélectriques, puis interprétée électroniquement, ledit procédé étant caractérisé en ce que le faisceau est dirigé à peu près perpendiculairement à la surface à étudier et le faisceau à répartition spatiale, réfléchi par l'élément de surface éclairé (spot), est décelé par les détecteurs photoélectriques dans un angle solide, qui est adapté à l'élargissement probable du faisceau par suite de la réflexion diffuse; et des valeurs caractéristiques intégrales sont formées à partir de l'ensemble des valeurs mesurées par les détecteurs et constituent la mesure de la qualité de surface.

2. Procédé de mesure optoélectronique selon revendication 1, caractérisé en ce que les valeurs caractéristiques intégrales S_1 ou S_2 , constituant la mesure de la qualité de surface, sont formées à partir des valeurs mesurées par les détecteurs photoélectriques, à l'aide des équations suivantes :

$$(a) \quad S_x = \sum_{i=1}^n |w_i - \bar{w}|^x \cdot p_i \quad \text{avec } x = 1 \text{ ou } 2$$

$$(b) \quad \bar{w} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot p_i$$

$$(c) \quad p_i = \frac{D_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n D_i \cdot g_i}$$

avec :

w_i angle du faisceau diffusé décelé par le détecteur i
 n nombre de détecteurs employés pour le dépouillement
 $\bar{w}$ moyenne des valeurs p_i et w_i
 p_i signal de mesure D_i normalisé selon l'équation (c)
 g_i facteur de correction du signal de mesure D_i

3. Procédé de mesure optoélectronique selon revendication 2, caractérisé en ce que les facteurs de correction g_1 compensent les tolérances des composants optiques et électroniques et/ou pondèrent les signaux de mesure des divers détecteurs.
- 5 4. Procédé de mesure optoélectronique selon revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'angle de diffusion du faisceau réfléchi est modifié par variation de la longueur d'onde du faisceau de mesure.
5. Procédé de mesure optoélectronique selon revendications 1 à 4, caractérisé par la polarisation du faisceau incident en vue de l'ap-
10 préciation de structures superficielles.
6. Procédé de mesure optoélectronique selon revendication 5, caractérisé en ce qu'une détermination de l'état de polarisation du rayonnement diffusé réfléchi est effectuée à l'aide d'un analyseur par exemple.
- 15 7. Procédé de mesure optoélectronique selon revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la variation de la réflexion de surfaces à structure de rugosité orientée (anisotrope) en fonction de la direction est déterminée par rotation du plan de mesure.
8. Procédé de mesure optoélectronique selon revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'une partie du faisceau incident est transmise à
20 un photodétecteur de référence, dont le signal de sortie compense les fluctuations d'intensité du faisceau par un circuit analogique ou numérique.
9. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de mesure selon revendications 1 à 8, caractérisé par un tube de mesure (7) interchangeable, qui est appliqué sur la surface (12) à étudier ou fixé à une faible distance (13) de cette dernière, comportant un dia-
25 phragme (5) et dont la longueur et/ou les propriétés optiques déterminent l'angle solide du faisceau diffusé, décelé par les
30 détecteurs (8).
10. Dispositif de mesure selon revendication 9, caractérisé en ce que le tube de mesure (7) contient un groupe de lentilles (3).
11. Dispositif selon une des revendications 9 et 10, caractérisé par une lentille cylindrique (17) qui concentre le faisceau diffusé
35 sous forme d'un bandeau lumineux qui contient les détecteurs (8)

photoélectriques disposés en ligne, sous forme d'un réseau linéaire par exemple.

12. Dispositif de mesure selon revendication 10, caractérisé en ce que le groupe de lentilles (3) est constitué par des lentilles cylindriques en croix, dont une décèle le faisceau diffusé dans l'angle solide requis et la seconde concentre le faisceau diffusé sous forme d'un bandeau lumineux contenant la ligne de détecteurs (8).

13. Dispositif de mesure selon revendications 9 à 12, caractérisé en ce que le tube de mesure (7) est fermé avec étanchéité au voisinage du diaphragme (5), par une lame de verre plan-parallèle (4).

14. Dispositif de mesure selon revendications 9 à 13, caractérisé par un diviseur de faisceau (2), inséré sur le trajet du faisceau incident (9) et déviant une faible partie de ce dernier sur un détecteur de référence (11) et une partie aussi grande que possible du faisceau réfléchi sur la ligne de détecteurs (8).

15. Dispositif de mesure selon revendications 10 à 14, caractérisé en ce que les lentilles du groupe (3) sont aplaties au centre, de sorte que le faisceau incident traverse le groupe sans modification, tandis que le faisceau réfléchi avec diffusion est réfracté par les lentilles.

16. Dispositif de mesure selon revendications 10 à 14, caractérisé en ce que la source de rayonnement (1) est très petite, réalisée de préférence sous forme de source à semiconducteurs et logée dans le tube de mesure (7), entre le groupe de lentilles (3) et le diaphragme (5).

17. Dispositif de mesure selon revendication 16, caractérisé par l'intégration de la source de lumière (1) au groupe de lentilles (3).

18. Dispositif de mesure selon revendications 9 à 15, caractérisé par un guide de lumière, avantageusement disposé entre le tube de mesure (7) et la ligne de détecteurs (8), pour le guidage du faisceau incident et/ou du faisceau réfléchi.

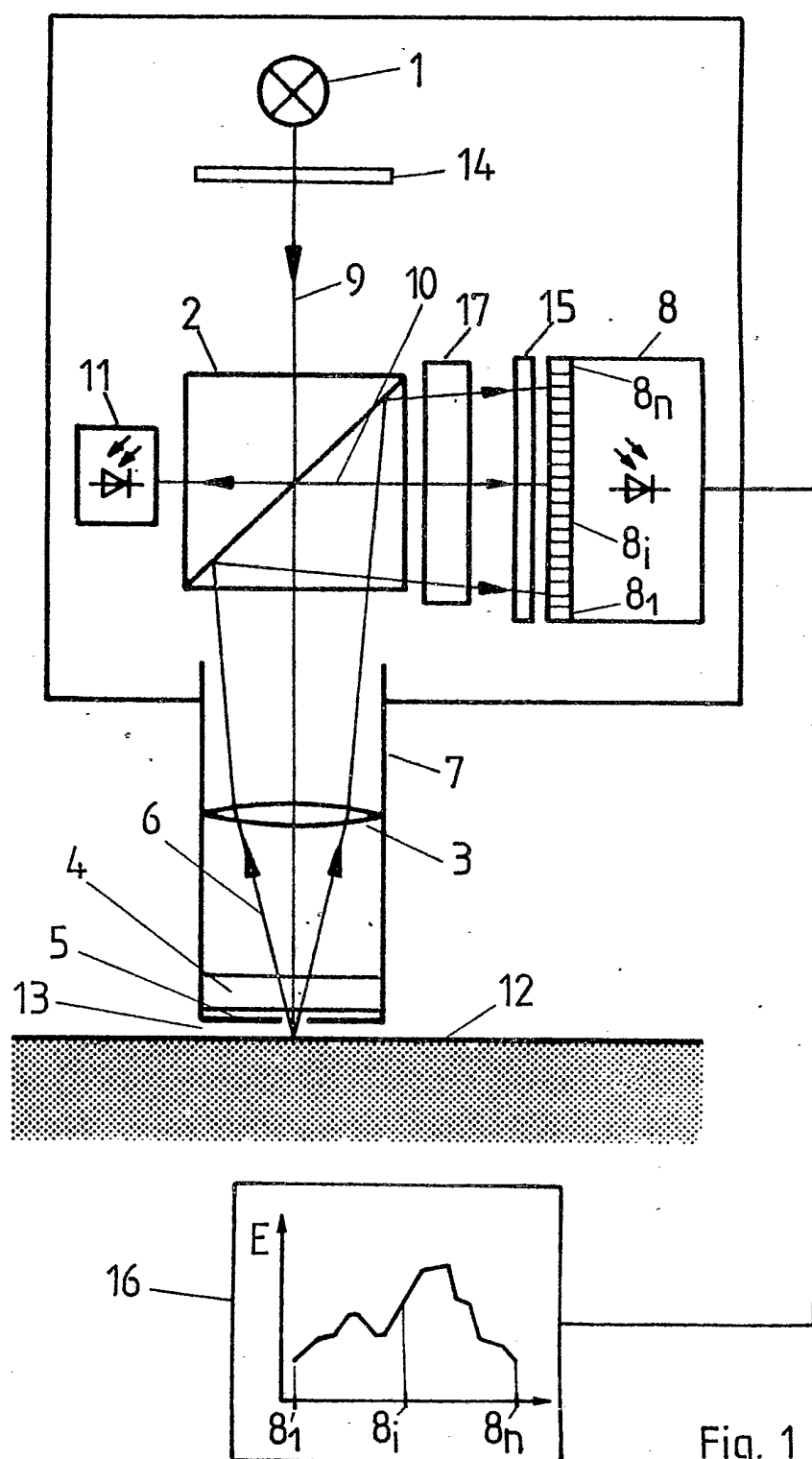


Fig. 1

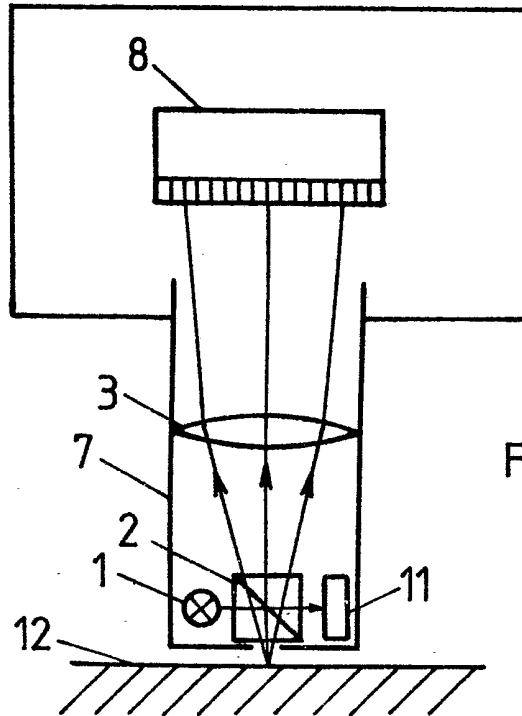


Fig. 2

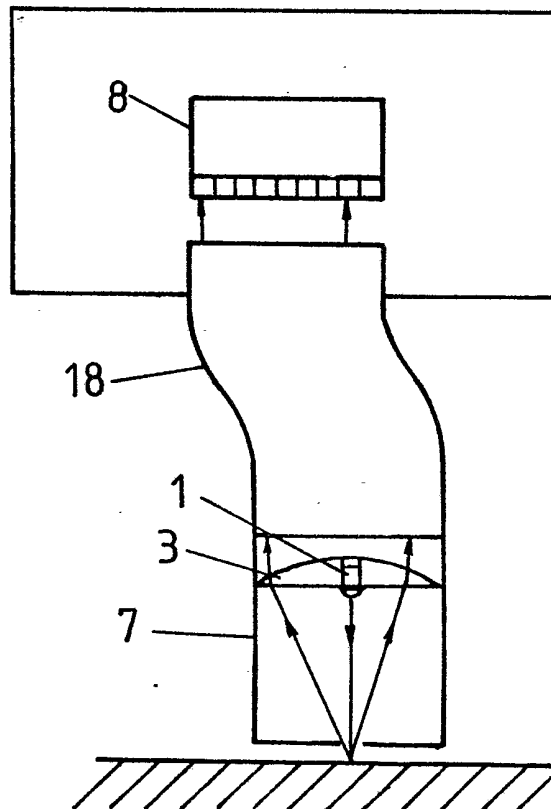


Fig. 3

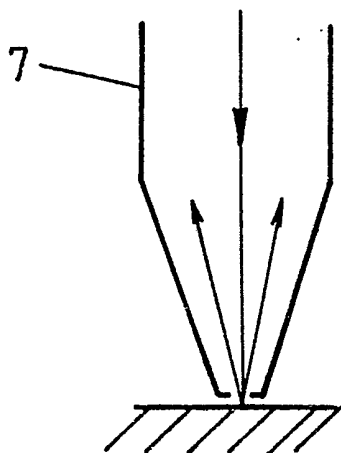


Fig. 4

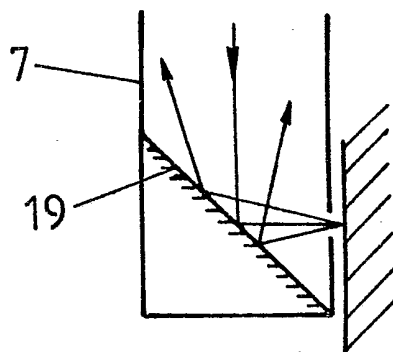


Fig. 5

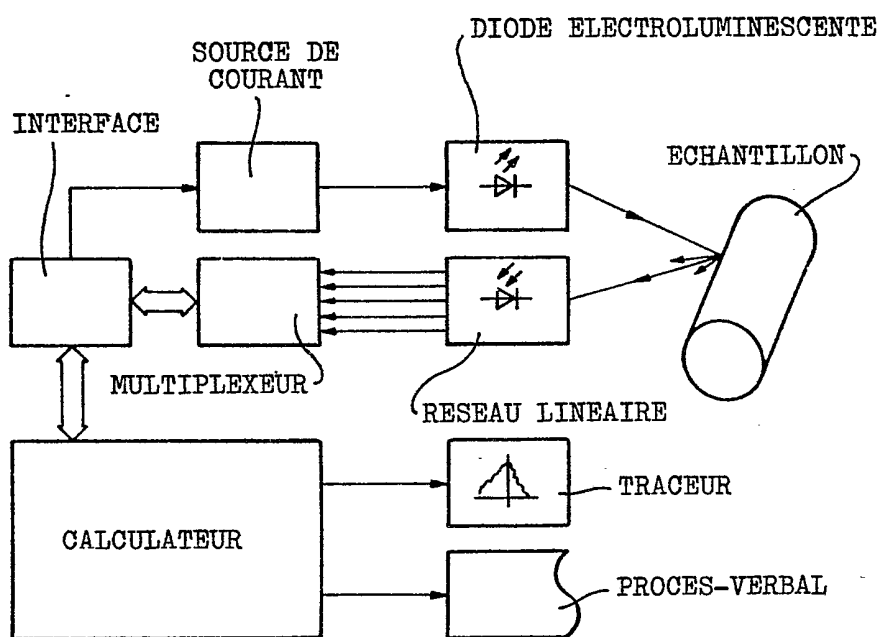


Fig. 6

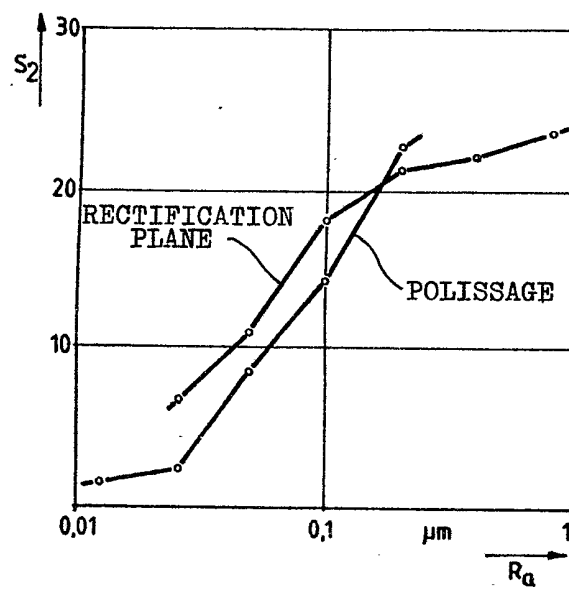


Fig. 7