

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 499 718

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 82 02093

(54) Procédé et dispositif pour la détection des défauts de surface des pièces mécaniques, en particulier des pièces à surface courbe.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). G 01 N 21/88.

(22) Date de dépôt..... 9 février 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Italie, 10 février 1981, n° 67187-A/81.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 32 du 13-8-1982.

(71) Déposant : Société dite : CENTRO RICERCHE FIAT SPA, résidant en Italie.

(72) Invention de : Emilio Milana.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Beau de Loménie,
55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

La présente invention se rapporte d'une façon générale à un procédé de détection des défauts de surface des pièces mécaniques, notamment des pièces mécaniques à surface courbe.

5 L'invention concerne en particulier un procédé basé sur l'analyse de la diffraction lumineuse engendrée par d'éventuels défauts de surface, cette analyse s'effectuant par l'observation de l'atération des caractéristiques d'une onde électro-magnétique cohérente dans
10 le plan des fréquences spatiales ou plan de Fourier.

L'analyse de la diffraction lumineuse engendrée par des défauts de surface est une technique connue et couramment employée pour la détection et l'identification des défauts de surface (crevasses, fissures, 15 criques, entailles, rayures et analogues) des pièces mécaniques. Normalement, cette analyse s'effectue en éclairant la surface à examiner avec un rayonnement lumineux plan et cohérent et en détectant ensuite la distribution spatiale d'intensité du rayonnement réfléchi par la surface examinée.
20

Suivant une forme courante de mise en œuvre, l'analyse de la diffraction lumineuse engendrée par des défauts de surface s'effectue au moyen d'un dispositif qui comprend un premier système optique, ou système d'émission, destiné à envoyer un rayonnement lumineux plan et cohérent sur la surface à examiner et un deuxième système optique ou système de réception, par exemple, un écran de visualisation ou une matrice de capteurs photo-électriques disposé dans une position symétrique de celle du premier système optique par rapport à la direction normale à la surface à examiner et destiné à fournir des indications sur la distribution spatiale de l'intensité du rayonnement réfléchi par la surface à examiner.
25
30

Les fondements théoriques de ce type d'analyse sont amplement exposés en même temps que quelques exemples d'applications possibles, dans les chapitres 4 et 7.
35

du texte "Introduction to Fourier Optics" de Joseph W. Goodman - Editions Mc. Graw-Hill, 1968.

L'analyse de la diffraction lumineuse engendrée par des défauts de surface mise en œuvre conformément aux procédés décrits plus haut voit son application limitée au contrôle des pièces mécaniques planes et elle n'est pas adéquate pour la contrôle qualitatif des pièces à surface courbe, en particulier des pièces dont la surface n'admet pas au moins une direction d'annulation de la courbure (surfaces à double courbure).

En effet, dans ces pièces, on peut observer, selon la partie examinée, une variation continue de la direction normale à la surface, ce qui entraîne une variation continue de la direction de propagation du rayonnement réfléchi par la surface à examiner. Pour pouvoir procéder à l'analyse de la diffraction lumineuse engendrée par des défauts de surface de pièces mécaniques de ce type par les procédés connus, il est donc nécessaire de suivre dans l'espace le rayonnement réfléchi par la pièce en assurant cependant que le dispositif d'analyse est continuellement placé correctement à une distance fixe prédéterminée de la surface à contrôler.

Ces conditions de fonctionnement se révèlent pratiquement irréalisables en dehors du laboratoire et elles sont entièrement inapplicables au contrôle qualitatif des processus industriels, notamment lorsqu'il doit être effectué sur toutes les pièces produites.

En outre, lorsque les pièces à contrôler possèdent de grandes dimensions, par exemple, lorsqu'il s'agit de carrosseries de véhicules automobiles ou de parties de telles carrosseries qui sont soumises à des traitements de peinture ou de protection superficielle, la nécessité de procéder à l'exploration de toute la surface de la pièce rend pratiquement impossible l'exécution du contrôle qualitatif à des cadences compatibles avec les temps de la production industrielle.

Le but de la présente invention est de fournir un procédé qui permette d'effectuer d'une façon rapide et précise le contrôle de la qualité de finition de surface de pièces mécaniques possédant des surfaces courbes et/ou de grandes dimensions.

L'invention a pour objet un procédé de détection des éventuels défauts de surface des pièces mécaniques, en particulier des pièces mécaniques à surface courbe, opérant par analyse de la diffraction lumineuse engendrée par ces défauts de surface, et caractérisé en ce qu'il comprend les phases consistant à :

- a) éclairer la surface de la pièce dont il s'agit de détecter les défauts avec un rayonnement lumineux non cohérent,
- 15 b) former une image plane de ladite surface dans un moyen photosensible transparent dans lequel la distribution spatiale d'intensité du rayonnement lumineux non cohérent réfléchi par ladite surface produit une distribution spatiale correspondante et proportionnelle de valeurs de l'indice de réfraction,
- 20 c) éclairer le moyen photosensible transparent selon un balayage ordonné par zones élémentaires avec un rayonnement lumineux cohérent polarisé linéairement,
- 25 d) détecter pendant l'opération de balayage les variations d'au moins l'une des composantes de polarisation du rayonnement lumineux cohérent après que le rayonnement lumineux a traversé ledit moyen photosensible transparent,
- 30 e) déduire de ces variations une indication d'éventuels défauts de surface de la pièce.

Dans le procédé décrit ci-dessus, l'analyse de la diffraction lumineuse engendrée par les défauts de surface d'une pièce mécanique est mise en œuvre par l'examen d'une image plane de la surface à contrôler, ce qui élimine les inconvénients décrits plus haut, qui se manifestent lorsque la pièce à contrôler présente une surface courbe, en

particulier à double courbure.

L'invention concerne en outre un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé décrit plus haut dont la caractéristique principale réside dans le fait qu'il comprend :

- a) des moyens servant à éclairer avec un rayonnement lumineux non cohérent la surface de la pièce dont il s'agit de détecter les défauts ,
- b) un modulateur spatial de lumière comprenant au moins une couche d'une matière photosensible transparente dans laquelle une distribution spatiale d'intensité de rayonnement lumineux non cohérent produit une distribution spatiale correspondante et proportionnelle de valeur de l'indice de réfraction,
- c) un système optique interposé entre la surface de la pièce dont il s'agit de détecter les défauts et le modulateur spatial de lumière, ce système optique étant capable de former une image plane de cette surface sur la dite couche de matière photosensible transparente ,
- d) une source de rayonnement lumineux cohérent polarisé linéairement ,
- e) des moyens servant à déplacer en mouvement relatif le modulateur spatial de lumière et ledit rayonnement lumineux cohérent de manière que ce rayonnement éclaire ladite couche de matière photosensible transparente selon un balayage ordonné par zones élémentaires, et
- f) des moyens détecteurs destinés à détecter pendant l'opération de balayage les variations d'au moins l'une des composantes de polarisation du rayonnement lumineux cohérent après que ce rayonnement a traversé ladite couche de matière photosensible transparente.

Le dispositif suivant l'invention comprend en outre des moyens calculateurs électroniques reliés aux moyens détecteurs et destinés à déduire des dites variations d'au moins l'une des composantes de polarisation du rayonnement lumineux cohérent une indication d'éventuels

défauts de surface de la pièce.

On exposera ci-après les fondements théoriques de l'invention.

Le modulateur spatial de lumière ("Spatial Light Modulator" - SLM - ou, suivant une autre expression utilisée habituellement dans la technique "Light Valve") est un dispositif d'un grand intérêt pour l'élaboration "en temps réel" de signaux optiques. Il est généralement constitué par un support plan sur lequel est disposée une couche transparente d'une matière qui est de nature à modifier ses caractéristiques de transmission des ondes électromagnétiques, en particulier son indice de réfraction, en fonction de l'intensité d'un rayonnement lumineux non cohérent qui tombe sur sa surface.

La variation locale de la valeur de l'indice de réfraction peut résulter de la manifestation de différents phénomènes physiques. Dans une première classe de dispositifs, connus dans la technique sous la dénomination de "PROM Pockels Read-out Optical Modulator", une couche de matière photoconductrice est interposée entre deux électrodes transparentes planes auxquelles une tension de polarisation est appliquée par un générateur extérieur. Dans ces conditions, la variation de conductivité en fonction de l'intensité d'un rayonnement lumineux qu'on fait tomber sur le dispositif provoque, en raison de l'effet connu sous la désignation d'effet électro-optique linéaire ou effet Pockels, une variation proportionnelle de l'indice de réfraction de la matière, variation qui est ainsi de nature à modifier les caractéristiques de phase, et donc de polarisation, d'un rayonnement lumineux cohérent qui se propage à l'intérieur de la matière.

En particulier, lorsque le rayonnement lumineux tombant sur le dispositif possède une distribution spatiale non uniforme de l'intensité, la distribution spatiale correspondante et proportionnelle des valeurs de l'indice de réfraction constitue une image, en général du type

à haute définition, de la source de rayonnement lumineux non cohérent, qui peut être également constituée par un objet partiellement réfléchissant éclairé par une source normale, à incandescence ou à fluorescence. On peut lire
5 cette image d'une façon non destructive en faisant tomber sur le dispositif un rayonnement lumineux cohérent polarisé linéairement et en détectant la variation des caractéristiques de polarisation de ce rayonnement lumineux cohérent après qu'il a traversé la couche de matière photosensible. L'opération de lecture peut être exécutée avec
10 un balayage ordonné de la couche de matière photosensible par zones élémentaires (par exemple par lignes) selon les critères couramment utilisés dans les appareils de réception de télévision. Le modulateur spatial de lumière est donc un convertisseur de type optique-optique, capable
15 d'opérer une conversion d'une information optique du type non cohérent en une information optique du type cohérent.

On peut effacer l'image mémorisée dans le dispositif en inversant la tension de polarisation appliquée
20 aux deux électrodes transparentes entre lesquelles est interposée la couche photosensible. En variante, l'effacement peut être obtenu en éclairant la couche de matière photosensible avec un rayonnement lumineux non cohérent de forte intensité et spatialement uniforme (du type désigné
25 communément par l'expression anglaise "flood light").

Dans d'autres modulateurs spatiaux de lumière, différents des PROM décrits plus haut, on obtient la variation de l'indice de réfraction en provoquant la manifestation d'effets électro-optiques dans des matières telles que les cristaux liquides (SLM), des matières photodichroïques et ferro-électriques. Il existe en outre des dispositifs modulateurs spatiaux de lumière dans lesquels l'image est mémorisée sous la forme d'une déformation de la couche de matière photosensible, qui a pour effet de modifier la longueur du chemin optique et par conséquent la polarisation du rayonnement cohérent polarisé linéaire-

ment utilisé pour l'opération de lecture.

On trouvera d'autres indications sur les fondements théoriques et les critères d'utilisation des modulateurs spatiaux de lumière dans l'article "Spatial Light Modulators" de D. Casasent-Proceedings de la IEEE, volume 65, n° 1, janvier 1977, pages 143 - 157 et, en outre, dans l'article "Realtime Spatial Light Modulators" de B. Schneberger, F. Laeri, T. Tschudi et F. Mast, Optics Communications, volume 31, n° 1, octobre 1979, pages 13 - 15.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'un exemple de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels,

15 la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif pour la mise en œuvre du procédé suivant l'invention ; et

la figure 2 est une représentation schématique de la structure d'un modulateur spatial de lumière utilisé dans le dispositif.

20 Sur la figure 1, on a indiqué en S la surface d'une pièce à contrôler, par exemple une partie de la carrosserie d'un véhicule automobile.

En 10, on a indiqué une source lumineuse normale, par exemple une lampe au tungstène, destinée à éclairer 25 par un rayonnement de lumière non cohérente la surface S de la pièce à contrôler

Un système optique 12 a pour fonction de former 30 sur un modulateur spatial de lumière 14 une image de la surface à contrôler S. Le système optique 12 est avantageusement constitué par un objectif capable de former sur le modulateur spatial de lumière 14 une image réduite de la surface S, en rendant ainsi le contrôle qualitatif de pièces de grandes dimensions possible et même facile à réaliser. L'objectif est de préférence du type à grande profondeur de champ, c'est-à-dire un objectif doté d'un faible rapport entre la longueur focale et la diagonale du format

de l'image, ce qui permet d'éliminer les effets exercés sur la précision du contrôle par les différences de distance entre le dispositif et les différents points d'une même pièce ou les différentes pièces contrôlées successivement.

Le modulateur spatial de lumière 14, qui est d'un type connu en soi, de préférence du type PROM décrit plus haut, est construit conformément à la structure représentée schématiquement sur la Figure 2. Ce modulateur spatial de lumière 14 comprend essentiellement :

- a) une couche 16 de matière photosensible transparente dans laquelle une distribution spatiale d'intensité de rayonnement lumineux non cohérent induit une distribution spatiale correspondante et proportionnelle de valeurs de l'indice de réfraction,
- b) une première électrode plane 18, transparente au rayonnement non cohérent réfléchi par la surface S de la pièce à contrôler,
- c) un miroir diélectrique plan et semi-transparent 20, interposé entre la couche de matière photosensible 16 et la première électrode plane 18, la surface réfléchissante de ce miroir diélectrique étant dirigée vers la couche de matière photosensible transparente 16,
- d) une deuxième électrode plane transparente 22 qui fait face à la surface de la couche de matière photosensible transparente 16 qui est à l'opposé du miroir diélectrique plan 20, et
- e) une unité d'alimentation 24 destinée à appliquer au moins deux niveaux de tension différents entre la première et la deuxième électrodes transparentes 18, 22 respectivement.

Le premier niveau de tension correspond aux conditions dans lesquelles, selon les modalités décrites plus haut, on observe la manifestation des caractéristiques de photoconductivité de la couche de matière photosensible transparente 16 tandis que le deuxième niveau de tension

est celui qui provoque l'effacement de l'image mémorisée dans cette couche de matière photosensible transparente 16.

L'unité d'alimentation 24 commande les fonctions de mémorisation et d'effacement de l'image formée sur la couche de matière photosensible 16, en permettant d'effectuer successivement l'examen de différentes distributions spatiales d'intensité lumineuse qui correspondent aux images des surfaces des pièces mécaniques qui sont cadrées successivement par l'objectif 12.

En 26 on a indiqué une source de rayonnement lumineux cohérent polarisé linéairement, de type connu (laser). Le rayonnement lumineux produit par la source 26 est envoyé vers le modulateur spatial de lumière 14 par l'intermédiaire d'un système optique qui permet de déplacer ce rayonnement par rapport au modulateur 14. Ce système optique comprend :

- a) un premier miroir 28 destiné à dévier le rayonnement lumineux cohérent produit par la source 26,
- b) un deuxième miroir 30 destiné à intercepter le rayonnement dévié par le premier miroir 28 et à le dévier dans une direction sensiblement perpendiculaire à la surface de la couche photosensible 16 du modulateur spatial de lumière 14,
- c) une lentille cylindrique 32 interposée entre le premier miroir 28 et le deuxième miroir 30 et qui a son foyer F au point du premier miroir 28 qui est frappé par le rayonnement produit par la source 26,
- d) un premier actionneur 34 servant à faire osciller le premier miroir 28 autour d'un axe A orthogonal à la ligne focale L de la lentille cylindrique 32 et à la direction du rayonnement lumineux émis par la source 26 et qui passe en outre par le foyer F de la lentille 32, et
- e) un deuxième actionneur 36 servant à faire osciller le deuxième miroir 30 autour d'un axe B qui coupe la ligne focale L de la lentille cylindrique 32 et qui se

trouve dans un plan orthogonal à l'axe A.

Le rayonnement lumineux cohérent polarisé linéairement est dévié par le deuxième miroir 30 vers le modulateur spatial de lumière 14 de manière que, après avoir traversé la deuxième électrode transparente 22, le rayonnement tombe sur la couche de matière photosensible transparente 16 dans une direction sensiblement perpendiculaire à la surface de cette couche 16.

Après avoir traversé la couche 16, le rayonnement lumineux cohérent est réfléchi par le miroir semi-transparent 20, traverse de nouveau la couche 16 et sort du modulateur spatial de lumière 14. Le rayonnement cohérent sortant du modulateur spatial 14 est réfléchi par un miroir semi-transparent 38 interposé entre le modulateur spatial de lumière 14 et le deuxième miroir 30 et il est dévié vers un analyseur optique normal 40 constitué, par exemple par un polariseur.

En 42, on a indiqué schématiquement une matrice de convertisseurs photo-électriques disposée en cascade par rapport à l'analyseur 40 et destinée à produire à la sortie de chacun des convertisseurs un signal électrique indicatif de l'intensité du rayonnement lumineux qui tombe sur ce convertisseur 42. Entre l'analyseur optique 40 et la matrice de convertisseurs photo-électriques 42 est interposée une lentille 44 destinée à envoyer sur la matrice de convertisseurs photo-électriques 42 le rayonnement lumineux qui sort de l'analyseur 40.

En 46, on a indiqué un circuit électronique calculateur alimenté par les signaux de sortie de la matrice de convertisseurs photo-électriques 42. Le circuit 46 est capable de fournir une distribution de valeurs numériques correspondant à la distribution spatiale d'intensité du rayonnement lumineux qui tombe sur la matrice de convertisseurs photo-électriques 42.

35 L'ensemble formé par l'analyseur optique 40, la matrice de convertisseurs photo-électriques 42, la lentille

44 et le circuit électronique calculateur 46 constitue un appareil capable de détecter, pendant l'opération de balayage par zones élémentaires de la couche de matière photosensible transparente 16, les variations d'intensité lumineuse qui se manifestent selon la direction de l'une des composantes de polarisation du rayonnement cohérent après que ce dernier a traversé cette couche de matière photosensible transparente 16.

Dans une forme simplifiée de mise en œuvre du dispositif, qui n'est pas représentée sur les dessins, la matrice de convertisseurs photo-électriques 42 et le circuit électronique calculateur 46 peuvent être remplacés par un écran dépoli normal, qui permet d'observer la distribution spatiale d'intensité du rayonnement lumineux cohérent sortant de l'analyseur optique 40.

Dans la forme de réalisation représentée sur la figure 1, le dispositif suivant l'invention comprend en outre une unité logique de commande 48, reliée au circuit électronique calculateur 46, aux actionneurs 34 et 36, et à l'unité d'alimentation 24 du modulateur spatial de lumière 14. Cette unité logique de commande 48 est de préférence constituée par un dispositif à microprocesseur qui est également en mesure d'assurer les fonctions du circuit électronique calculateur 46.

On décrira maintenant le fonctionnement de ce dispositif.

Lorsque la surface S à contrôler a été correctement cadrée et mise au point par l'objectif 12, l'unité logique de commande 48 agit sur l'unité d'alimentation 24 du modulateur spatial de lumière 14 de manière à permettre la mémorisation de l'image de la surface à contrôler S dans la couche de matière photosensible transparente 16. Simultanément, ou après écoulement d'une période de temps pré-établie, l'unité logique de commande 48 active les actionneurs 34 et 36 pour faire osciller le premier miroir 28 et le deuxième miroir 30, en mettant ainsi en marche

l'opération de balayage par zones élémentaires de la couche de matière photosensible transparente 16.

- Lorsque, pendant l'opération de balayage, le rayonnement lumineux cohérent traverse des zones élémentaires de la couche de matière photosensible transparente 16 qui correspondent à des parties de la surface à contrôler qui sont exemptes de défaut (ou, éventuellement, qui correspondent à la surface d'une pièce échantillon exempte de défauts), il tombe sur la matrice de convertisseurs photo-électriques 42 un rayonnement lumineux dont la distribution spatiale d'intensité est prise comme donnée de référence. Par exemple, dans le cas de surfaces soumises à un traitement de peinture (parties de carrosseries d'automobiles), la distribution de référence est assimilable à un pic ("spot") lumineux situé au centre de la matrice de convertisseurs photo-électriques 42, qui correspond à l'origine du plan des fréquences spatiales (plan de Fourier) représentée par la surface de la matrice de convertisseurs photo-électriques 42.
- La présence d'un défaut sur la surface à contrôler S produit une variation de la distribution spatiale de l'intensité du rayonnement lumineux incident sur la matrice de convertisseurs photo-électriques 42, en conférant à cette distribution des géométries allongées ou irrégulières ou, de toute façon, différentes de celle qui a été prise comme référence. Cette variation est détectée par le circuit électronique calculateur 46 et signalée à l'unité logique de commande 48 qui, étant reliée aux moyens de balayage (miroirs 28, 30 et actionneurs 34, 36) identifie la zone élémentaire de la couche de matière photosensible 16 et, par conséquent, la portion de la surface à contrôler S où a été constatée la présence d'un défaut, en émettant un signal d'alarme correspondant.
- Le circuit électronique calculateur 48 est en outre capable d'identifier, sur la base d'algorithmes de type connu, le type de défauts (rayures, trous, fissures

etc.) constatés à partir de la distribution spatiale particulière de l'intensité du rayonnement lumineux tombant sur la matrice de convertisseurs photo-électriques 42 en présence du défaut.

5 A la fin de l'opération de balayage, l'unité logique de commande 48 effectue, par l'intermédiaire de l'unité d'alimentation 24, l'effacement de l'image mémo-
risée dans le modulateur spatial de lumière 14, en signa-
lant en même temps la disponibilité pour l'exécution d'un
10 nouveau type de contrôle.

Le nouveau cycle de contrôle peut être exécuté sur une pièce mécanique différente de celle contrôlée pré-
cédemment, ou bien sur une autre partie de la pièce con-
trôlée pendant le cycle précédent lorsque, comme dans le
15 cas du contrôle de qualité d'une carrosserie de véhicule automobile traitée par peinture, les dimensions de la pi-èce à contrôler sont importantes et, de toute façon, telles qu'il n'est pas possible de les cadrer entièrement dans le champ de l'objectif 12.

20 Dans ce cas, le dispositif peut être utilement associé à un dispositif automatique de déplacement relatif du dispositif lui-même par rapport à la pièce à contrôler, en rendant entièrement automatique le déroulement de l'opération de vérification.

25 Bien entendu, différentes modifications pourront être apportées par l'homme de l'art au dispositif qui vient d'être décrit uniquement à titre d'exemple non limitatif sans pour cela sortir du cadre de l'invention.

R E V E N D I C A T I O N S

1 - Procédé de détection des défauts de surface des pièces mécaniques, en particulier des pièces mécaniques à surface courbe, opérant par analyse de la diffraction lumineuse engendrée par ces défauts de surface et caractérisé en ce qu'il comprend les phases consistant à :

5 a) éclairer la surface (S) de la pièce dont il s'agit de détecter les défauts avec un rayonnement lumineux non cohérent, b) former une image plane de ladite surface dans un moyen photosensible transparent (16) dans lequel la distribution spatiale d'intensité du rayonnement lumineux non cohérent réfléchi par ladite surface (S) produit une distribution spatiale correspondante et proportionnelle de valeur de l'indice de réfraction, c) éclairer le moyen photosensible transparent (16) selon un balayage ordonné par

10 15 zones élémentaires avec un rayonnement lumineux cohérent polarisé linéairement, d) détecter pendant l'opération de balayage les variations d'au moins l'une des composantes de polarisation du rayonnement lumineux cohérent après que le rayonnement lumineux à traversé ledit moyen photosensible transparent (16), et e) déduire de ces variations une indication d'éventuels défauts de surface de la surface examinée.

2 - Dispositif de détection de défauts de surface des pièces mécaniques, en particulier des pièces à surface courbe, opérant par analyse de diffraction lumineuse engendrée par ces défauts de surface et caractérisé en ce qu'il comprend : a) des moyens (10) servant à éclairer avec un rayonnement lumineux non cohérent la surface (S) de la pièce dont il s'agit de détecter les défauts, b) un modulateur spatial de lumière (14) comprenant au moins une couche d'une matière photosensible transparente (16) dans laquelle une distribution spatiale d'intensité de rayonnement lumineux non cohérent produit une distribution spatiale correspondante et proportionnelle de valeurs de l'indice

de réfraction, c) un système optique (12) interposé entre la surface (S) de la pièce dont il s'agit de détecter les défauts et le modulateur spatial de lumière (14), ce système optique étant capable de former une image plane de cette surface (S) sur ladite couche de matière photosensible transparente (16), d) une source de rayonnement lumineux cohérent polarisé linéairement (26), e) des moyens (28, 30 ; 34, 36) servant à déplacer en mouvement relatif le modulateur spatial de lumière (14) et ledit rayonnement lumineux cohérent de manière que ce rayonnement éclaire ladite couche de matière photosensible transparente (16) selon un balayage ordonné par zones élémentaires, et f) des moyens détecteurs (40, 44, 42) destinés à détecter pendant l'opération de balayage les variations d'au moins l'une des composantes de polarisation du rayonnement lumineux cohérent après que ce rayonnement a traversé ladite couche de matière photosensible transparente (16).

3 - Dispositif suivant la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens calculateurs électroniques (46) reliés aux moyens détecteurs (42) et destinés à déduire desdites variations d'au moins l'une des composantes de polarisation du rayonnement lumineux une indication d'éventuels défauts de surface de la surface examinée (S).

25 4 - Dispositif suivant l'une des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que le modulateur spatial de lumière (14) muni de ladite couche de matière photosensible transparente (16) comprend, d'une façon connue en soi : a) une première électrode plane (18) transparente au rayonnement non cohérent réfléchi par la surface à examiner (S), b) un miroir diélectrique plan et semi-transparent (20) interposé entre la couche de matière photosensible transparente (16) et la première électrode plane (18), la surface de ce miroir étant dirigée vers la couche de matière photosensible transparente (16), c) une deuxième électrode plane (22) transparente au rayonnement lumineux cohérent,

qui fait face à la surface de la couche de matière photosensible transparente (16) qui est à l'opposé du miroir diélectrique plan (20), et d) une unité d'alimentation (24) destinée à appliquer au moins deux niveaux de tension différentes entre la première et la deuxième électrodes transparentes (18, 22).

5 5 - Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que ledit système optique comprend un objectif à grande profondeur de champ (12).

10 6 - Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que les moyens servant à déplacer le modulateur spatial de lumière et ledit rayonnement lumineux cohérent en mouvement relatif comprennent : a) un premier miroir (28) destiné à dévier le rayonnement produit par la source (26) de rayonnement lumineux cohérent, b) un deuxième miroir (30) destiné à dévier le rayonnement dévié par le premier miroir (28) dans une direction sensiblement normale à la surface de la couche photosensible transparente (16) du modulateur spatial de lumière (14), d) une lentille cylindrique (32) interposée entre le premier miroir (28) et le deuxième miroir (30) et qui a son foyer (F) au point du premier miroir (28) qui est frappé par le rayonnement produit par la source de rayonnement lumineux cohérent (26), e) des moyens actionneurs (34) servant à faire osciller le premier miroir (28) autour d'un axe (A) orthogonal à la ligne focale (L) de la lentille cylindrique (32) et à la direction d'incidence du rayonnement lumineux cohérent et qui passe par le foyer de cette lentille cylindrique (32), et f) des moyens actionneurs (36) servant à faire osciller le deuxième miroir (30) autour d'un axe (B) qui coupe la ligne focale (L) de la lentille cylindrique et qui se trouve dans un plan orthogonal à l'axe (A) autour duquel on fait osciller ledit premier miroir (28).

35 7 - Dispositif suivant la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits moyens détecteurs comprennent

a) un analyseur optique (40), b) un premier système optique (38) interposé entre le deuxième miroir (30) et le modulateur spatial de lumière (14) et destiné à dévier vers ledit analyseur optique (40) le rayonnement cohérent sortant du modulateur spatial (14), c) une matrice de convertisseurs photo-électriques (42) destinée à produire à la sortie de chaque convertisseur un signal électrique indicatif de la valeur de l'intensité du rayonnement lumineux qui tombe sur ce convertisseur optique (40) ; et d) un deuxième système optique (44) destiné à acheminer le rayonnement lumineux sortant de l'analyseur optique (40) à la matrice de convertisseurs photo-électriques (42).

5 10 15 20 25 30

8 - Dispositif suivant la revendication 7, caractérisé en ce que l'analyseur optique est un polariseur.

9 - Dispositif suivant la revendication 7, caractérisé en ce que ledit premier système optique (38) est constitué par un miroir semi-transparent.

10 - Dispositif suivant les revendications 3 et 7, caractérisé en ce que lesdits moyens calculateurs électroniques (46) comprennent un circuit électronique alimenté par les signaux sortant de la matrice de convertisseurs photo-électriques (42) et destinés à former une distribution de valeurs numériques correspondant à la distribution spatiale d'intensité du rayonnement lumineux qui tombe sur la matrice de convertisseurs photo-électriques (42).

11 - Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 2 à 10, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une unité logique de commande (48) reliée aux moyens calculateurs électroniques (46), auxdits moyens actionneurs (34, 36) pour faire osciller le premier miroir (28) et le deuxième miroir (30) et à l'unité d'alimentation (24) du modulateur spatial de lumière (14).

