Classification
Physics Abstracts
 0.642, 2.680, 7.160, 9.170

DISPOSITIF D'ÉTUDE ET D'ENREGISTREMENT DE LA TRANSMISSION INFRAROUGE D'UN OBJET

Ph. KUPECEK et E. BATIFOL

Centre National d'Etudes des Télécommunications 196, rue de Paris, 92220 Bagneux, France

(Reçu le 11 juillet 1974)

Résumé. — Nous décrivons une réalisation particulièrement simple, permettant d'obtenir de nombreuses informations sur les inhomogénéités de transmission, les défauts cristallins, la qualité optique de matériaux opaques au rayonnement visible.

Abstract. — A particular simple device is described which allows much information to be obtained about transmission inhomogeneities, crystal defects and the optical quality of non transmitting materials in the visible range.

L'examen optique de matériaux transparents dans le domaine visible est un moyen d'investigation rapide et très efficace. Il permet d'observer des inhomogénéités de transmission et aussi, par une étude entre polariseurs, d'évaluer le cas échéant le degré de perfection cristalline et de repérer éventuellement des défauts d'orientation ou des macles. L'intérêt de cette technique est évidemment la simplicité des moyens mis en œuvre.

Cette simplicité disparaît lorsque l'on se propose d'étudier des matériaux à plus faible bande interdite, absorbant la lumière visible. Une solution possible est alors d'utiliser un *convertisseur d'image* infra-rouge — visible. Cependant, dans l'état actuel des techniques, ce procédé n'est plus applicable pour des longueurs d'onde supérieures à $1,5\ \mu$. De plus, la résolution limite, de l'ordre de 80 paires de lignes par millimètre ne permet pas de déceler des détails de dimensions inférieures à une quinzaine de microns. D'autres procédés, type *orthicon* ou *vidicon*, eux aussi limités en longueur d'onde sont de plus coûteux et encombrants.

Une solution d'un autre type consiste à balayer l'échantillon étudié à l'aide du faisceau d'un laser infrarouge continu. Le faisceau transmis frappe un écran rendu fluorescent par irradiation ultraviolette et bloque plus ou moins cette fluorescence selon l'intensité du rayonnement. L'image apparaît noire sur fond lumineux. Ici encore la résolution est faible, étant limitée par le grain de l'écran.

Ayant à notre disposition plusieurs types de sources intenses de rayonnement infrarouge, lasers à CO, CO₂, YAG : Nd³⁺, nous avons élaboré une méthode permettant d'utiliser indifféremment toutes ces sources

et dont la résolution n'est limitée que par les phénomènes de diffraction à la longueur d'onde source. La mise au point pratique du dispositif a été effectuée essentiellement sur le laser à CO₂.

1. Principe du dispositif de visualisation. — Le faisceau de sortie du laser déclenché à CO₂ est focalisé par une lentille sur l'échantillon à étudier (Fig. 1). Immédiatement derrière celui-ci se trouve une pellicule Polaroid type 107, non exposée mais révélée. Grâce à la densité de puissance élevée existant dans la zone de focalisation, la couche sensible de la pellicule se trouve volatilisée par le faisceau transmis, produisant un blanchissement localisé de la surface de la pellicule. L'intensité de l'effet dépend évidemment de la façon dont l'échantillon a affaibli le faisceau laser et du mécanisme d'action du faisceau gaussien focalisé sur le film Polaroid. Afin d'établir une *carte de transmission* de l'échantillon, ce dernier, ainsi que la pellicule, sont déplacés par une combinaison de deux mouvements perpendiculaires à la direction du faisceau et perpendiculaires entre eux : une transla-

FIG. 1. — Schéma de principe du dispositif.

tion lente et un mouvement rectiligne sinusoïdal. Nous avons adopté les caractéristiques expérimentales suivantes :

- amplitude de l'oscillation : ± 1 cm
- fréquence de l'oscillation : ≈ 1 Hz
- vitesse de la translation : $50 \mu/s$
- fréquence des impulsions laser : 230 Hz
- dimensions du faisceau gaussien focalisé : $2 W_0 = 220 \mu$.

Avec ces données, la longueur d'onde spatiale de la sinusoïde décrite par la trace du faisceau sur le film est de 50μ . L'examen microscopique de la pellicule après irradiation montre que la tache produite par le faisceau transmis a toujours un diamètre de 100 à 150μ . A l'intérieur de ce domaine apparaissent des dommages de quelques microns de dimensions, dont la densité dépend de la puissance du faisceau incident.

Avec ce dispositif nous avons vérifié plusieurs points, à savoir :

- qu'en l'absence d'échantillon absorbant, le blanchissement du film est homogène dans la quasi-totalité de la surface balayée et que la structure granulaire inhérente au principe est suffisamment serrée ;
- que l'interposition de filtres variés permet d'établir une échelle de teintes qui peut être, le cas échéant, utilisée pour comparer des affaiblissements (Fig. 2) ;

FIG. 2. — Résultat du balayage du support Polaroid 107 par le faisceau laser focalisé. Les zones a, b, c, d, e, f, g, h, correspondent respectivement à des affaiblissements du faisceau incident dans les rapports $1/1$, $1/1,5$, $1/1,8$, $1/2,1$, $1/2,7$, $1/3,1$, $1/3,8$, $1/6,4$.

- que l'effet destructeur du faisceau sur le film ne semble pas cumulatif et que plusieurs passages successifs au même endroit ne modifient pas sensiblement la teinte du film.

2. Résultats. — En premier lieu, l'observation des *radiographies infrarouges* révèle les défauts absorbants, trous, précipités, fractures, défauts de surface (Fig. 3). De plus, une comparaison avec l'échelle de teinte peut permettre, dans certains cas, d'avoir une valeur approchée du coefficient d'absorption du matériau dans des régions de bonne transmission, et sa valeur minimum dans les régions opaques. D'autre part, les phénomènes d'interférences à la longueur d'onde

FIG. 3. — Echantillons cristallins de sulfure d'argent et de gallium ($AgGaS_2$). Ce matériau transparent de $0,5 \mu$ à 13μ a été choisi afin de comparer nos résultats avec ceux obtenus dans le visible. On voit apparaître sur les enregistrements I et II, obtenus à $10,6 \mu$, les traces de plans de macles. Le système de franges parasites n'est pas reproductible. La photographie III est un cliché classique en lumière visible.

de la source laser apparaissent de façon très nette. Ces phénomènes, qui peuvent être causés par des défauts de parallélisme, des effets de lentille ou des inhomogénéités d'indice peuvent alors être exploités quantitativement grâce aux franges (Fig. 4). En particulier, cette technique fournit un moyen rapide et

FIG. 4. — Exemples de *radiographies infrarouges* d'une lame de germanium. Superposition d'un système de franges de coin (angle correspondant à 12 franges à la longueur d'onde λ/n , n étant l'indice du matériau, soit 5,5') et d'un système parasite très serré.

FIG. 5. — Schéma de principe du dispositif modifié permettant l'utilisation d'un analyseur pour étude en lumière polarisée.

efficace de contrôler un travail de polissage sur un matériau opaque au rayonnement visible. Il est à signaler qu'avec des matériaux d'indice élevé apparaît

généralement un système de franges parasites correspondant à des interférences entre la face de sortie de l'échantillon et le film Polaroid. Cet effet ne peut être éliminé dans un montage où échantillon et film sont en contact mais la non-reproductibilité du système de franges parasites permet aisément de le distinguer. La figure 5 représente un autre mode de réalisation de l'appareil dans lequel l'échantillon et le support d'image, toujours solidaires, ne sont plus juxtaposés mais peuvent être distants de plusieurs dizaines de centimètres. Cette construction permet d'éliminer les franges d'interférence parasites. De plus, cette configuration permet d'interposer entre l'échantillon et le support d'image un polariseur analysant le rayonnement transmis par l'échantillon. Bien que plus délicate à mettre en œuvre compte tenu des instabilités mécaniques, cette technique permet d'atteindre des propriétés cristallines liées à la polarisation de la lumière (pouvoir rotatoire, macles particulières). Comme il a déjà été signalé, le support d'image ayant un grain adapté au domaine visible, la résolution du dispositif n'est limitée que par les phénomènes de diffraction à la longueur d'onde source utilisée et non pas, bien entendu, par les dimensions transverses du faisceau de balayage.

3. Conclusion. — De réalisation rapide et peu coûteuse, ce procédé de visualisation nous paraît apte à rendre un certain nombre de services dans l'étude des matériaux non transparents dans le domaine du visible. De plus, fondé sur un processus essentiellement thermique, il est immédiatement adaptable à toute source de rayonnement laser infrarouge, laser à CO, CO₂, H₂O, YAG: Nd³⁺.

Nous tenons à associer à ce travail les techniciens de l'atelier de mécanique et plus particulièrement M. Delcros qui ont assuré la réalisation pratique du dispositif.

Cette réalisation a fait l'objet d'un dépôt de brevet en France sous le n° INPI-73 38 650 du 30.10.73.