Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 66 (1954-1957)
Heft: 295

Artikel: L'interférométrie microscopique, étude de surfaces cristallines
Autor: Mercier, R. / Troyon, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-274741

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

R. Mercier et F. Troyon. — L'interférométrie microscopique, étude de surfaces cristallines.

Laboratoire de Physique technique de l'Ecole polytechnique
de l'Université de Lausanne

(Séance du 13 février 1957)

L'utilisation de l'interférométrie comme moyen de contrôle optique des surfaces est connue depuis plus d'un siècle, mais ce n'est que très récemment que cette méthode a été reprise et améliorée sous l'impulsion de TOLANSKY (1) grâce aux progrès réalisés dans la technique de fabrication des couches semi-transparentes. L'intérêt de la méthode est d'arriver à avoir une véritable carte topographique de la surface avec des lignes de niveau correspondant à des différences de cotes multiples d'une demi-longueur d'onde. La méthode a été portée à un degré de précision tel que le pointé d'une ligne de niveau peut être facilement effectué à $\lambda/100$, ou même mieux. Auparavant la précision de pointé ne dépassait pas $\lambda/20$.

Voyons d'abord les calculs qui sont à la base de la méthode. Considérons une couche d'air d'épaisseur e comprise entre une lame de verre métallisée et un milieu semi-infini quelconque. Les surfaces sont planes et parallèles. Envoyons de la lumière parallèle et monochromatique sous une incidence Φ (fig. 1). Les coefficients de réflexion et de transmission indiqués à chaque surface de séparation sont définis par le rapport du champ électrique de l'onde réfléchie ou transmise au champ électrique de l'onde incidente. Ces grandeurs sont en général complexes. Calculons l'amplitude de l'onde formée par interférences de toutes les ondes réfléchies. Le calcul donne la formule :

$$E = r' - \frac{t^2}{r} + \frac{t^2}{r} \frac{1}{1 - \rho r \,.\, exp\,(-\,j\delta)}$$

où E est l'amplitude rapportée à l'onde incidente d'intensité 1, t le coefficient de transmission de la couche métallique et δ le déphasage de 2 rayons consécutifs, sans tenir compte du déphasage de réflexion soit :

$$\delta = \frac{4\pi}{\lambda} e \cos \varnothing$$

L'intensité est donnée par le carré du module de E. Pour discuter cette formule il existe une méthode de construction graphique montrée dans la fig. 2.

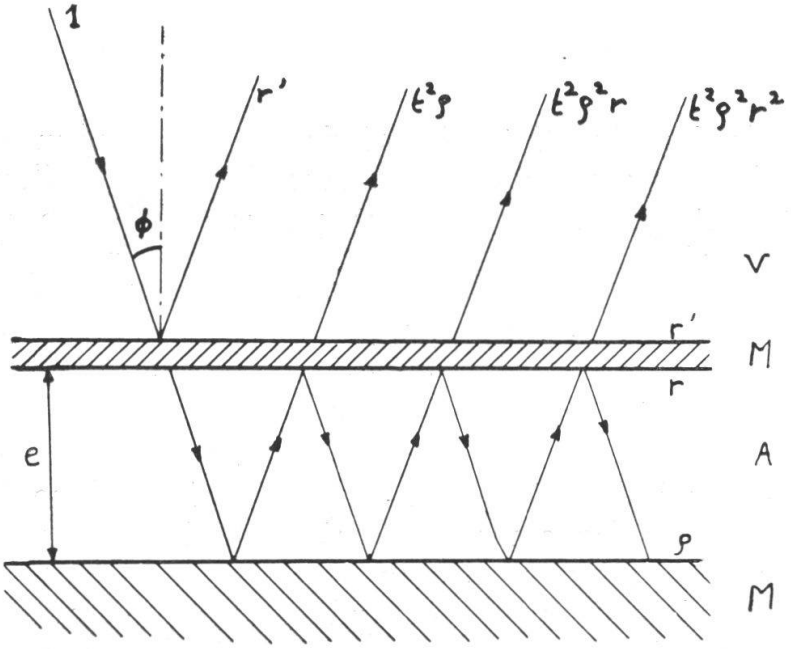

FIG. 1.

$$E = r' - \frac{t^2}{r} + \frac{t^2}{r} \frac{1}{1 - \rho r \, exp\,(-j\delta)}$$

$$\delta = \frac{4\pi}{\lambda} e \cos \varnothing$$

A = air V = verre M = métal

On remarque que E est la somme de trois termes dont deux ne dépendent pas de δ. Pour la construction toutes les distances sont réduites dans le rapport $\frac{t^2}{r}$. Le vecteur OP représente, dans le plan complexe, la somme des deux premiers

termes. Le vecteur ON représente le terme variable changé de signe. E est représenté par le vecteur PN. Lorsque δ varie, N décrit le cercle. On en déduit que E est une fonction périodique de période 2π.

On peut réaliser cette variation de trois façons différentes, en variant λ, $\varnothing$ ou e.

1) Supposons que nous remplacions la lumière monochromatique par une lumière composée. Nous aurons alors dans la lumière réfléchie certaines longueurs d'ondes qui seront affaiblies. C'est un filtre interférentiel.

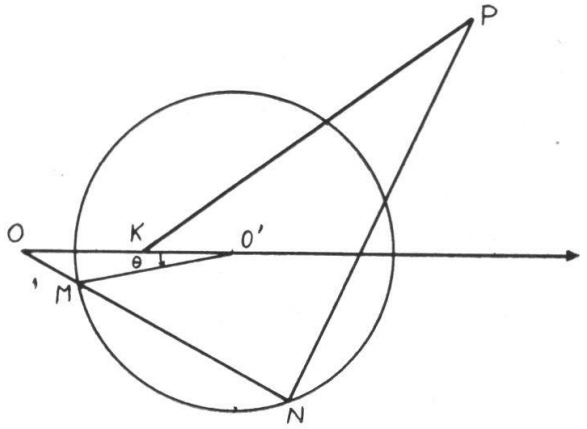

FIG. 2.

$$OK = 1 \qquad KP = -\frac{rr'}{t^2}$$

$$OO' = \frac{1}{1 - r^2 \rho^2} \qquad O'M = r\rho \; OO'$$

$$\theta = \delta - \arg(r\rho) \qquad E = \frac{t^2}{r} \; PN$$

2) Supposons maintenant qu'en lumière monochromatique nous n'ayons plus le parallélisme de la lumière incidente. Il existe alors dans la lumière réfléchie une répartition de l'intensité en fonction de l'angle qui sera donnée par la construction graphique. Si nous observons cette lumière avec une lunette réglée sur l'infini ou simplement en accommodant à l'infini nous observons des franges. Elles sont connues sous le nom de franges à l'infini.

3) Si maintenant, au lieu d'avoir des surfaces parallèles nous avons une variation de l'épaisseur e continue, avec un angle entre les surfaces qui ne soit pas trop grand, alors nous observerons des franges non localisées; c'est-à-dire qu'il est

possible de voir ces franges en mettant au point dans un plan quelconque. Ce sont les franges qui nous intéressent. La répartition de l'intensité est toujours donnée par la construction graphique en première approximation. Le cas le plus favorable est celui où l'on met au point sur l'argenture supérieure.

De la construction graphique on peut tirer un certain nombre de renseignements sur l'aspect de ces franges. Tout d'abord les lignes d'égale épaisseur sont aussi des lignes d'égale intensité. En rendant un des extrema très aigu, on peut ainsi avoir ces lignes de niveau dont nous parlions au début. Nous voyons également que si l'on excepte le cas particulier où $r\rho$ est réel, les franges auront un aspect asymétrique.

Pour obtenir un extremum aigu, c'est-à-dire des franges fines, il est nécessaire que le point 0 soit le plus proche du cercle c'est-à-dire que ρr soit le plus grand possible.

Un autre facteur important est le contraste que nous définissons par

$$\frac{\text{Imax.} - \text{Imin.}}{\text{Imax.} + \text{Imin.}}$$

A l'aide des grandeurs du graphique il peut s'écrire :

$$\frac{2\,\overline{O'M}\,.\,\overline{O'P}}{\overline{O'M}^2 + \overline{O'P}^2}$$

Dans les cas des lames semi-argentées ce contraste décroît lorsque la réflectivité augmente.

On est donc en présence d'une alternative : franges fines ou bon contraste. L'idée actuelle est de faire un compromis. On choisit ρ maximum et on prend r^2 aux environs de 75 %. Dans ce cas les franges apparaissent sombres sur fond lumineux.

Réalisation expérimentale.

Si l'on veut éviter une duplication des franges, due aux valeurs différentes des phases des coefficients de réflexion et de transmission pour les deux états de polarisation de la lumière, il est nécessaire d'avoir un éclairage normal. De plus les franges doivent pouvoir être agrandies et photographiées. La fig. 3 montre le schéma de principe choisi :

La lampe est à vapeur de sodium. Le miroir à 45° est semi-argenté avec un facteur de transmission de 20 % en

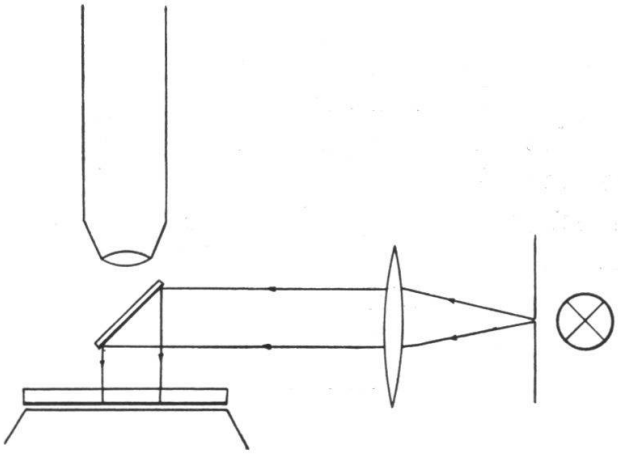

FIG. 3. — Schéma de principe de l'appareil.

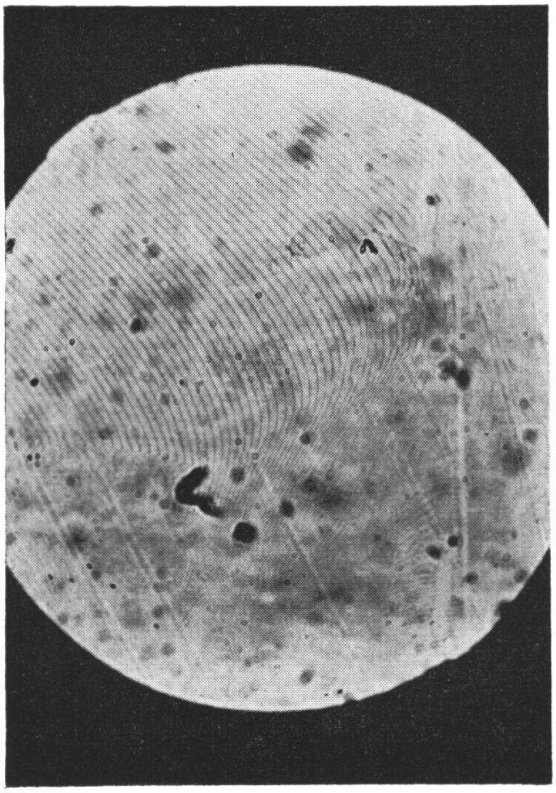

FIG. 4. — Examen d'une surface naturelle de SiC.
Grossissement 15.

intensité; la lame de verre que l'on place au-dessus de la surface à examiner est une lame de référence semi-argentée particulièrement plane.

La construction de l'appareillage a été effectuée à l'atelier de l'Ecole polytechnique. Tous les argentages ont été préparés au Laboratoire de Physique par la méthode de l'évaporation sous vide poussé.

La fig. 4 est une photo prise avec le dispositif construit. Il s'agit d'une surface naturelle de SiC. Le grossissement du microscope était de 15 fois.

BIBLIOGRAPHIE

1. Tolansky, S. — Multiple-Beam Interferometry of surfaces and films, ed. Oxford Clarendon Press (London 1948).