

**Zeitschrift:** Archives des sciences [1948-1980]  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 13 (1960)  
**Heft:** 9: Colloque Ampère

**Artikel:** Étude des propriétés diélectriques du sulfure de zinc en couche mince  
**Autor:** Fuchshuber, R. / Guillien, R. / Roizen, S.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-738536>

### **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:** 31.03.2026

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

# Etude des propriétés diélectriques du sulfure de zinc en couche mince

par R. FUCHSHUBER, R. GUILLIEN et S. ROIZEN

---

## INTRODUCTION.

Des recherches entreprises par l'un de nous [1] sur les semiconducteurs en poudre nous ont amenés à étudier les propriétés de semiconducteurs en couche mince pour essayer de séparer les effets de surface.

Nous avons réalisé des condensateurs dont le diélectrique était une couche mince de sulfure de zinc obtenue par évaporation et avons étudié leurs propriétés diélectriques en fonction des conditions de préparation, de la température et de la fréquence.

## PRÉPARATION DES COUCHES.

Sur une plaquette porte-objet en verre, on commence par déposer par évaporation sous vide la première armature d'aluminium, puis la couche de ZnS et enfin la seconde armature d'aluminium.

Le sulfure de zinc « pur, calciné » nous a été fourni par les Leuchtstoffwerke G.m.b.H. de Heidelberg. L'évaporation avait lieu dans un appareil en acier inoxydable dont le vide final ( $10^{-7}$  mm Hg) était obtenu par une pompe à évaporation de titane. Un support mobile rotatif commandé par des aimants extérieurs permettait de préparer rapidement six condensateurs. Des caches donnaient aux armatures la forme désirée avec la pente adoucie nécessaire pour éviter des claquages [2].

Les mesures électriques pouvaient commencer aussitôt après la fabrication des condensateurs et dans le même vide.

L'épaisseur de la couche de ZnS était déterminée optiquement en repérant avec un photomultiplicateur les minima et maxima de transmission d'un dépôt identique effectué sur une lame de verre éclairée par la raie verte du mercure. On obtient ainsi en même temps, par mesure du pouvoir réflecteur, l'indice de réfraction pour cette raie :

$$n = 2,28 \pm 0,03 .$$

On a contrôlé ces épaisseurs par la méthode de Tolansky [3].

## MÉTHODE DE MESURE DES PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES.

Les capacités à mesurer allaient de 5 000 pF à 50 000 pF suivant l'épaisseur de la couche et sa température. La résistance fictive en parallèle qui représente les pertes diélectriques allait de plusieurs dizaines de mégohms à environ 1 000 ohms. On devait donc mesurer des capacités déjà élevées que l'on pouvait considérer comme shuntées par une résistance faible, les difficultés sont analogues à celles qui se présentent dans l'étude des solutions d'électrolytes.

On a construit au laboratoire un pont de Schering modifié pour de telles mesures. L'indicateur de zéro est un oscillographe cathodique précédé d'un amplificateur différentiel à tubes électroniques dont le premier étage est un cathode follower symétrique. Préalablement à toute mesure au pont, on réunit à une même tension alternative les deux entrées de cet amplificateur et on règle (au premier étage) amplitude et phase de manière à annuler la tension de sortie (en réalité, celle-ci ne devient pas tout à fait nulle et contient une trace d'harmonique 2 du signal d'entrée mais dans le rapport de 1 à 8 000).

## RÉSULTATS DES MESURES.

a) *Evolution spontanée.*

Les couches fraîchement préparées ont des propriétés diélectriques qui évoluent en fonction du temps et ne se stabilisent qu'après plusieurs jours.  $\epsilon'$  diminue d'environ 10% mais  $\epsilon''$  diminue bien davantage, d'une quantité variable d'une couche à une autre.

Comme l'avait déjà fait Siddal [4], nous avons accéléré cette évolution en soumettant les condensateurs à un champ électrique élevé pendant un temps très court [5]. Les poussières, qui sont probablement la cause de ces pertes, parce qu'elles perforent le diélectrique, sont éliminées et les pertes décroissent très vite vers leur limite.

Nous avons observé [5] que la constante diélectrique des couches minces de ZnS ne dépend pas de la vitesse d'évaporation (de 9 Å/s à 60 Å/s) ni de l'épaisseur de la couche (de 1 800 Å à 23 000 Å).

b) *Variations de  $\epsilon'$ .*

$\epsilon'$  décroît légèrement lorsque la fréquence croît de 500 hz à 20 kHz et est voisin de 10 à la température ordinaire [5].

A toutes les fréquences  $\epsilon'$  augmente très fortement et de plus en plus vite avec la température. Un recuit a pour effet de diminuer  $\epsilon'$ .

Variation de  $\epsilon'$  et  $\text{tg } \delta$  pour deux couches stabilisées par recuit.

c) *Variations de  $\epsilon''$ .*

On a mesuré  $\text{tg } \delta = \epsilon''/\epsilon'$ . A la fréquence de 1 kHz,  $\text{tg } \delta$  croît très fortement et de plus en plus vite avec la température (fig. 3). Le recuit a pour effet de diminuer  $\text{tg } \delta$  (fig. 4).

Effet du recuit sur  $\text{tg } \delta$ .

La variation de  $\text{tg } \delta$  avec la fréquence n'est pas identique pour toutes les couches. Pour l'une d'elles à la température ordinaire (20° C),  $\text{tg } \delta$  croissait à partir de zéro à la fréquence zéro, passait par un maximum vers 10 kHz et devenait non mesurable vers 20 kHz. Cependant pour toutes les autres couches,  $\text{tg } \delta$  augmente constamment avec la fréquence de 1 kHz à 100 kHz.

Des mesures en courant continu de la résistance de la couche donnent les valeurs très supérieures à celles, R, que l'on déduit par  $R = 1/\omega C \text{tg } \delta$  des mesures de  $\text{tg } \delta$  en alternatif. Nous avons pu constater qu'aux fréquences faibles, par exemple à 50 Hz, la caractéristique (tension, courant) d'une couche mince de ZnS n'est pas une droite et a même forme que celle d'une poudre semi-conductrice, le courant croissant plus vite que la tension. La couche se comporte à ces très faibles fréquences comme une capacité shuntée par une résistance non linéaire élevée.

#### INTERPRÉTATION.

Comme la valeur  $R = 1/\omega C \text{tg } \delta$  croît lorsque  $\omega$  tend vers zéro, on ne peut considérer le condensateur à couche de ZnS simplement comme une capacité pure shuntée par une résistance R constante. Ceci est confirmé par le fait que la courbe ( $1/T_K^\circ, \log (R)$ ) n'est pas une droite mais monte de plus en plus vite lorsque la température s'élève.

D'autre part, pour aucune couche, la variation de  $\text{tg } \delta$  avec la fréquence F ne peut être représentée par une absorption de Debye à un seul temps de relaxation.

Une étude plus complète est certainement nécessaire pour donner des phénomènes une interprétation sûre. Un effet Maxwell-Wagner dû à l'existence de domaines à conductibilité assez élevée séparés par des intervalles moins conducteurs paraît plausible.

1. GUILLIEN, R., *Archives des Sciences*, 10, 1957, fascicule spécial du 6<sup>e</sup> Colloque Ampère.
2. SIDDAL, G., *Vacuum*, 9, 1959-60, p. 279.
3. TOLANSKY, S., *Multiple beam interferometry of surfaces and films*. Clarendon Press, 1948.
4. Article cité, p. 282.
5. R. FUCHSHUBER, R. GUILLIEN, S. ROIZEN, C. R. Ac. Sci. 251, 1960, p. 51

## DISCUSSION

*M. Roux.* — 1<sup>o</sup> Avez-vous essayé d'irradier le cristal de ZnS ? 2<sup>o</sup> Avez-vous une idée de son degré de pureté ? 3<sup>o</sup> Est-il phosphorescent ?

*M. Guillien.* — 1<sup>o</sup> L'effet de la lumière du jour ou d'une lampe sur nos capacités au ZnS en couche mince n'a pas produit sur  $\epsilon'$  ou  $\epsilon''$  d'effet décelable au pont BF (1%) mais nos électrodes d'aluminium étaient très absorbantes. 2<sup>o</sup> Le fournisseur n'a pas répondu lorsque nous lui avons demandé quelles étaient les impuretés du « ZnS pur ». 3<sup>o</sup> Le ZnS employé pour nos couches minces n'est pas phosphorescent (éclairage par lampe au mercure HP 125 ou lumière du jour). Pendant les expériences, la couche mince est enfermée dans un four qui la protège partiellement de la lumière du jour.

Dans le vide, le bombardement ionique de notre ZnS (en poudre) donnait une luminescence bleu clair.

*M. Cohen-Hadria, A.* — 1<sup>o</sup> Les mesures faites en fonction de la température et jusqu'à 300° C font-elles intervenir dans la couche étudiée un effet photo-électrique, dû principalement à un rayonnement infrarouge ? 2<sup>o</sup> L'auteur signale une augmentation notable de la résistance R de la couche en courant continu. Pourrait-on, à l'aide d'un champ électrique  $E_0$  superposé à un champ électrique alternatif  $E_1$  préciser l'explication physique du phénomène ? (on pourrait par exemple étudier R en fonction du rapport  $E_0/E_1$ ) 3<sup>o</sup> A-t-on observé en plus de l'effet non linéaire un effet de redressement en courant continu ou B.F. ?

*M. Guillien.* — 1<sup>o</sup> Les mesures faites jusque vers 350° C emploient un chauffage par conduction thermique (et non par rayonnement à partir d'une source à haute température). 2<sup>o</sup> Cet effet a été constaté par R. Guillien avec des semi-conducteurs en poudre (voir Colloque Ampère 1958). 3<sup>o</sup> Cet effet de redressement a été observé. Par exemple une capacité de 15 900 pF au ZnS laissait passer un courant continu de 5  $\mu$ A avec 3,5 volts sous 50 Hz à ses bornes, le courant alternatif la traversant étant 24  $\mu$ A.

*M. Le Montagner.* — La valeur élevée de la constante diélectrique ne serait-elle pas liée à des propriétés ferroélectriques ou au moins d'orientation de la couche ?

*M. Guillien.* — Je ne crois pas la valeur élevée de  $E'$  ZnS due à des propriétés ferroélectriques, ou en tout cas pas seulement à ces propriétés. La conductibilité qui croît avec la température gêne les mesures de  $\epsilon'$  mais cependant la croissance de  $\epsilon'$  est certaine.