

SEMI-CONDUCTIBILITÉ. — *Sur les propriétés semi-conductrices de la molybdénite.*

Note (*) de M^{lle} FERNANDE REGNAULT, MM. PIERRE AIGRAIN, CLAUDE DUGAS, et BERNARD JANCOVICI, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons étudié les propriétés et la structure de semi-conducteur du sulfure de molybdène MoS₂ (molybdénite) par la mesure de sa conductivité électrique et de son effet Hall à diverses températures entre celle de l'hydrogène liquide et 300° C.

Le tracé (1) du logarithme du nombre de porteurs libres en fonction de l'inverse de la température absolue ne fournit pas toujours des droites, contrairement à la théorie classique de Wilson. D'après Shockley (1) cela peut être interprété comme dénotant l'existence des deux types d'impuretés *p* et *n*, en nombres inégaux en général; le spécimen a le type de l'impureté dominante, mais les niveaux d'énergie de cette impureté dominante sont partiellement vidés, dès le zéro absolu par les impuretés du type opposé. Pour atteindre les énergies d'activation, on ne peut plus utiliser la pente de (1) qui n'est pas constante parce que le niveau de Fermi se déplace alors beaucoup, quand la température varie.

On interprète bien les expériences en étudiant graphiquement ce déplacement du niveau de Fermi en fonction de la température; si *n* est le nombre de porteurs libres, δ la distance du niveau de Fermi à la bande de conduction (pour un semi-conducteur de type *n*), on peut calculer δ , connaissant *n*, par

$$n = 2 \left(\frac{2\pi m KT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{\delta}{KT}}$$

L'extrapolation au zéro absolu de δ fournit la valeur de l'énergie d'activation des impuretés *n*. Un traitement analogue s'applique à un semi-conducteur de type *p*.

Les échantillons étudiés possédaient tous un nombre de centres d'impuretés de l'ordre de 10¹⁸ à 10¹⁹/cm³.

Les échantillons de type *n* ont une énergie d'activation de 0,14 eV. Ceux que nous avons étudiés contenaient tous, en nombre moindre, des impuretés de type *p*. Les résultats des mesures pour tous les spécimens *n* s'interprètent parfaitement avec cette seule énergie d'activation, à toutes les températures. Cette méthode permet d'ailleurs de déterminer avec précision la proportion des impuretés *n* et *p*. Dans un spécimen contenant 10¹⁹ centres *n*, on peut détecter la présence de 5.10¹⁴ centres *p*.

Les échantillons de type *p* ont deux niveaux d'impuretés *p*, phénomène

(*) Séance du 23 juin 1952.

(1) *Electrons and holes in semi-conductors*, Van Nostrand (1951).

très rare; les énergies d'activation de ces deux niveaux sont 0,05 eV ($1,4 \cdot 10^{16}$ centres par cm^3 sur un des spécimens étudiés) et 0,12 eV ($1,7 \cdot 10^{18}$ centres par cm^3 sur le même spécimen). Les spécimens p étudiés ne contenaient pas d'impuretés de type n en quantité décelable. Il faut toutefois remarquer que, à cause de la faible énergie d'activation d'un des niveaux p , il faudrait descendre à des températures très basses pour déceler les niveaux n éventuels.

L'existence de deux niveaux p est peut-être due à $1,4 \cdot 10^{16}$ atomes de soufre en excès, susceptibles de s'ioniser deux fois en S^- puis S^{--} , captant successivement un, puis deux trous positifs avec les énergies respectives de 0,05 et 0,12 eV. Il y aurait de plus $1,7 \cdot 10^{18} - 1,4 \cdot 10^{16}$ impuretés ordinaires de type p à un seul niveau d'énergie 0,12 eV.

Au sein du semi-conducteur, cette valeur de 0,12 eV joue le même rôle que l'unité Rydbergh pour l'atome d'hydrogène; nous appellerons cette quantité de 0,12 eV, l'unité Rydbergh réduite. Les énergies de fixation de un, puis deux trous par atome de soufre doivent être de l'ordre des deux premières énergies d'ionisation de Ca ou Mg, éléments divalents, mais électropositifs, voisins de S. Ces deux énergies sont de l'ordre 6,5 eV et 13,5 eV, valeurs qui, réduites dans le même rapport que l'unité Rydbergh, deviennent 0,05 eV et 0,12 eV, chiffres trouvés expérimentalement. Il n'y avait pas à attendre un effet important de polarisation du réseau pour modifier les chiffres, la molybdénite étant un composé surtout homopolaire.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les propriétés des lignes à structure périodique.*
Note (*) de MM. PIERRE GUÉNARD, OSKAR DOEHLER et ROBERT WARNECKE,
présentée par M. Camille Gutton.

Si, dans une ligne à structure périodique infiniment longue (c'est-à-dire telle qu'elle coïncide avec elle-même par une translation égale à un nombre entier quelconque de fois le pas p), on envoie de l'énergie d'une fréquence donnée, la distribution du champ électromagnétique le long de la ligne possède également une structure périodique; d'une façon plus précise, les amplitudes complexes des champs en deux points homologues A_0 et A_n de deux cellules séparées par n fois le pas sont telles que

$$E_n = E_0 e^{-jn\psi}.$$

Ces lignes possèdent les propriétés générales des filtres électriques (1), caractérisés par l'existence de bandes de fréquence ε dans lesquelles la ligne est susceptible de transmettre de l'énergie. En supposant les pertes nulles le long de la

(*) Séance du 30 juin 1952.

(1) R. WARNECKE, O. DOEHLER et H. GUÉNARD, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1220.