

ELECTRICAL PROPERTIES OF HETEROSTRUCTURES BASED ON CdTe – ZnTe

NICORICI VALENTINA¹, CHETRUS PETRU

Moldova State University, Mateevici Street 60, Chisinau, 2009, Republic of Moldova

Abstract: The results of the investigation of the galvanomagnetic properties of thin layers of solid solutions of $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ are given. The activation energy of acceptors equals to 0.22 eV for a layer with $x = 0.2$ and to 0.38 eV for a layer with $x = 0.4$ were calculated. In the n-CdTe-p- $\text{Cd}_{0.8}\text{Zn}_{0.2}\text{Te}$ heterostructures the direct currents exceed the inverse currents by a factor of $\sim 10^5$. The main mechanism of current flow through the barrier is over-barrier diffusion.

Key words: thin layers $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$, activation energy, heterostructures, mechanism of current flow

1. INTRODUCTION

Actuellement, pour la solution des problèmes d'énergie est utilisée à grande échelle la transformation de l'énergie solaire en énergie électrique à l'aide de cellules solaires. Une attention particulière est accordée aux composés binaires, qui forment une série continue de solutions solides. Cela contribue à la réalisation de suivantes conditions importantes : réduction de l'incohérence des treillis permanents des composants et de la production de l'outillage, qui fonctionne dans le domaine requis du spectre. La capacité de contrôler le type de conductivité d'un semi-conducteur et sa largeur de la bande interdite permet de varier différentes paires de liaison pour la production de cellules solaires plus efficaces. [1]

Selon les calculs théoriques, les semi-conducteurs dont la largeur de la bande interdite est dans l'intervalle 1,4 ... 1,5 eV ont la plus grande efficacité dans la transformation de l'énergie solaire. De ce point de vue, un matériau idéal est CdTe ($E_g = 1,44$ eV), qui peut fournir un rendement d'environ 27,5 %. Comme deuxième composant dans l'hétérostructure est pratique d'utiliser un semi-conducteur avec une bande interdite large, qui peut jouer le rôle de la "fenêtre" et à son tour, défend la zone photo active de l'élément solaire de l'action des états de surface. Ces conditions sont satisfaites par le composé binaire ZnTe ($E_g = 2,23$ eV), qui ayant une structure cristalline identique à CdTe, permet de créer une série de solutions solides $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ ($0 < x < 1$) avec un changement gradué de leurs paramètres [2]. Le changement de composition et, par la suite, de la largeur de bande interdite de la liaison triple à la base de CdTe – ZnTe contribue à la formation des structures "tandem" multicouches, ce qui augmente considérablement l'efficacité des cellules solaires.

2. MONTAGE EXPÉRIMENTAL

Cet article est consacré à la recherche des hétérojonctions $n - \text{CdTe} - p - \text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$. Les solutions solides de $\text{Cd}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Te}$ (CZT) sont des semi-conducteurs à gap direct, dont la largeur de la bande interdite varie dans l'intervalle 1.4-2.2 eV lorsque la composition est modifiée dans l'intervalle $0 \leq x \leq 1$. La principale caractéristique et l'avantage de ces composés est que les photoprocresseurs à rayons X sur leur base, ne nécessitent pas de refroidissement et peuvent fonctionner avec succès à température ambiante.

¹ Corresponding author, email vnicorici@yahoo.com

Les solutions solides ont été obtenues par la méthode d'épitaxie liquide à partir de sels fondus, en tant que substrat, on a utilisé les monocristaux $CdTe$ et la fluorophlogopite, en tant que source on a utilisé deux structures : $x = 0,2$ et $x = 0,4$, comme sel fondu - $CdCl_2$. Le processus d'épitaxie a été réalisé selon la méthode de Nelson [3] dans un volume fermé aux températures de dépôt T_S pas plus de $700^\circ C$. L'épaisseur de couches épitaxiales atteint $50 \mu m$.

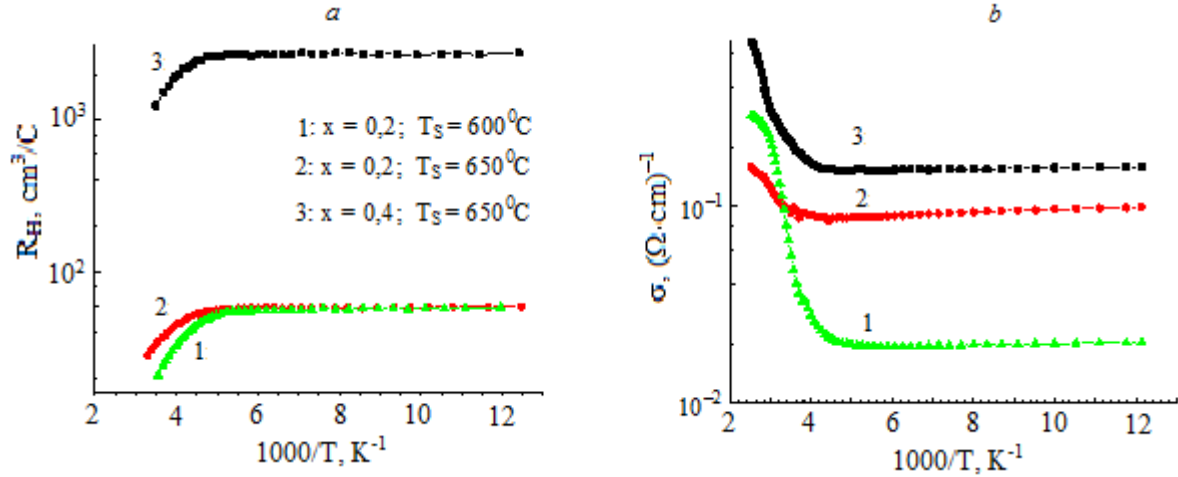


Figure 1. Dépendances thermiques du coefficient de Hall (Fig. 1, a) et de la conductivité (Fig. 1, b) des couches de $Cd_{1-x}Zn_xTe$, obtenu à différentes températures.

Dans la gamme de température 77-300 K, on a été étudié les dépendances thermiques du coefficient de Hall (Fig. 1, a) et de la conductivité électrique (Fig. 1, b) des couches déposées sur fluorophlogopite.

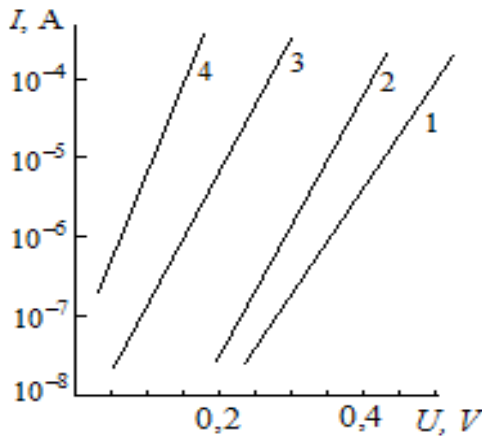


Figure 2. Branches rectilignes des caractéristiques courant-tension à une température T , K: 1 – 200K; 2 – 250K; 3 – 300K; 4 – 350K.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les dépendances thermiques du coefficient de Hall permettent de déterminer le caractère de la variation de la concentration en trous dans les couches $p - Cd_{1-x}Zn_xTe$, puisque

$$n = \frac{1}{en} \quad (1)$$

Selon la Fig. 1. a à une température de 80 K, la concentration en porteurs de charge est de $1 \cdot 10^{17} cm^{-3}$ pour les couches avec $x=0,2$, indépendamment de la température de production, et $2 \cdot 10^{15} cm^{-3}$ pour les couches avec $x=0,4$. La largeur de la bande interdite des solutions solides augmente avec l'élévation de la teneur en zinc, donc $E_g = 1,58 eV$ ($x=0,2$) et $E_g = 1,67 eV$ ($x=0,4$). L'augmentation de la largeur de la bande interdite explique la diminution de la concentration en trous et une augmentation du coefficient de Hall dans les couches $Cd_{0,6}Zn_{0,4}Te$ (courbe 3).

Pour toutes les couches est caractéristique que dans la gamme des températures bas s'observe une concentration constante, puis à des températures plus de 200 K le coefficient de Hall diminue et la concentration en trous augmente, atteignant à 300 K des valeurs de $3 \cdot 10^{17} cm^{-3}$ pour les couches avec $x = 0,2$ et $6 \cdot 10^{16} cm^{-3}$ pour les couches avec $x = 0,4$. L'augmentation de la concentration est déterminée par la présence des niveaux d'impuretés près du bord de la bande de valence. C'est connu, qu'au niveau de la conduction d'impureté la concentration en trous dépend de la température selon [4]

$$p = \sqrt{\frac{N_V \cdot N_A}{2}} \exp\left(-\frac{\Delta E_A}{2kT}\right) = \text{Const} T^{\frac{3}{4}} \exp\left(-\frac{\Delta E_A}{2kT}\right). \quad (2)$$

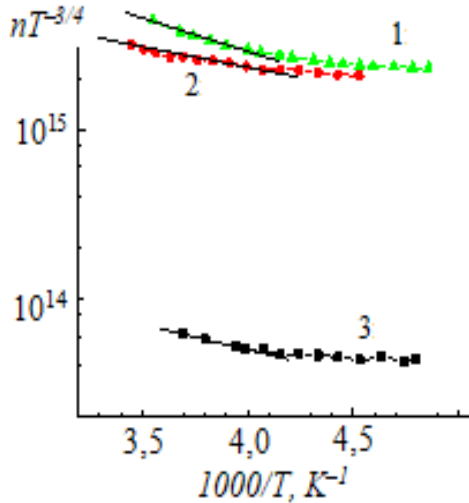


Figure 3. Détermination de l'énergie d'activation

Pour déterminer l'énergie d'activation ΔE_A des niveaux d'impureté on reconstruit l'expression (2) en coordonnées $\lg(p T^{-3/4}) = f(10^3/T)$ et, de la pente du graphique résultant (Figure 3), on trouve :

$$\Delta E_A = 0,396 \frac{\Delta \lg(n T^{-3/4})}{\Delta(\frac{1000}{T})}. \quad (3)$$

Pour les deux couches avec $x = 0,2$, l'énergie d'activation est de 0,22 eV, pour la couche avec $x = 0,4$ - $\Delta E_A = 0,38$ eV, ce qu'est associée à une augmentation de la largeur de bande interdite et par la suite, l'élévation de l'énergie des niveaux d'accepteurs.

Les dépendances thermiques de la conductivité (Fig.1 b) sont similaires à celles de la concentration, mais dans la gamme $T > 200$ K, pour la détermination de l'énergie d'activation, il est nécessaire de prendre en compte la dépendance en température de la mobilité, considérant que

$$\sigma = e p \mu = e p \mu_0 T^\alpha, \quad (4)$$

où μ est la mobilité.

Les branches linéaires de la caractéristique courant-tension (fig. 3) dénotent qu'aux déplacements à U_C sont observées des sections linéaires, ce qu'indique la dépendance exponentielle du courant sur la tension, retrouvez dans l'expression :

$$I = I_0 \exp\left(\frac{eU}{\beta k_0 T}\right), \quad (5)$$

où β est le facteur, qui détermine mécanisme de passage du courant à travers la barrière. Les calculs ont montré que β varie de 1,1 à 350 K à 3,0 à 200 K, ce qui suggère, qu'aux températures plus élevées prévaut la diffusion au-dessus de la barrière des porteurs de charge, mais avec l'abaissement de la température le mécanisme est plus compliqué, éventuellement, de type jonctions tunnel.

4. CONCLUSIONS

On présente les résultats d'étude des propriétés galvanomagnétiques des couches minces de solutions solides de $Cd_{1-x}Zn_xTe$ et on calcule l'énergie d'activation des accepteurs égale à 0,22 eV pour la couche avec $x=0,2$ et 0,38 eV pour la couche avec $x=0,4$. Dans les hétérostructures $n - CdTe - p - Cd_{0,8}Zn_{0,2}Te$ les courants directs dépassent les inverses à propos de $\sim 10^5$ fois et le mécanisme de base du passage du courant à travers la barrière est la diffusion au-dessus de la barrière.

LES RÉFÉRENCES

- [1] Loferski, J. J. Theoretical consideration governing the choice of the optimum semiconductor for photovoltaic solar energy conversion. Journal of Applied Physics, 1956, vol. 27, nr. 7, p. 777 – 784.
- [2] T. Toshifumi, S. Adachi, H. Nakanishi, K. Ohtsuka. Jap. Appl. Phys., 32, 3496 (1993).
- [3] https://studopedia.su/9_75210_zhidkofaznaya-epitaksiya.html (07.01.2014)
- [4] Blakemore, J., Solid State Physics, Ed. W.B.Sounders Company, 1970.
- [5] Romeo, N., Basio, A., Tedeschi, R., A highly efficient and stabile CdTe/CdTe/CdS thin film solar cell, Solar Energy Materials & Solar cells, N°58, 1999, p. 209-218.