

**PROPRIETĂȚILE GALVANOMAGNETICE
ALE CRISTALELOR $Pb_{0,9}Cd_{0,1}Te:Ga<0,5>$**

Irina OPREA

Recently, narrow band $Pb_{1-x}Cd_xTe$ semiconductors have gained a special interest, because they are used to construct IR detectors. In this work is presented a complex study of the transport phenomena in $Pb_{1-x}Cd_xTe:Ga$ crystals and the analysis of their parameters.

În legătură cu perspectivele aplicării practice a compușilor PbTe și CdTe [1], în ultimul timp a crescut interesul pentru semiconductorii ternari cu banda îngustă $Pb_{1-x}Cd_xTe$ [2,3], ale căror bandă interzisă poate fi adusă până la zero, prin schimbarea conținutului de Cd. Aceste materiale au un domeniu larg de utilizare: optoelectronica infraroșie, laserele, detectoarele, sensibile la regiunea spectrală 3÷5 μm . Scopul lucrării constă în studiul complex al fenomenelor de transport ale compușilor ternari $Pb_{1-x}Cd_xTe$ dopați Ga și în determinarea parametrilor de bază ale acestora.

Din cristalele $Pb_{0,9}Cd_{0,1}Te:Ga <0,5>$ de-a lungul lingoului au fost tăiate discuri, cu numărul respectiv poziției, din care au fost obținute probe în formă de paralelipiped. Cu ajutorul sondei termice s-au determinat tipurile de conductibilitate [4]. Cu ajutorul instalației complexe au fost măsurate dependențele coeficientului Hall (R_H) și a conductibilității (σ) de temperatură. În baza rezultatelor obținute au fost calculate concentrația purtătorilor de sarcină (n) și mobilitatea (μ) lor.

Mai întâi au fost cercetate cristalele PbTe nedopate. Dependențele de temperatură ale coeficientului Hall pentru p – PbTe și n – PbTe sunt pre-

zentate în Fig.1. În cristalele de tip n concentrația electronilor la temperaturi joase este practic constantă, însă la $T > 300\text{K}$, R_H puțin se micșorează, iar n crește. În cristalele de tip p, cu creșterea temperaturii, se observă creșterea coeficientului Hall, ceea ce corespunde micșorării concentrației golurilor. Însă această creștere R_H se datorează prezenței în PbTe a două benzi de valență cu masele golurilor diferite și mobilitățile diferite, respectiv. La redistribuirea golurilor între aceste două benzi cu creșterea temperaturii un rol definitiv joacă mărimea mobilității, care ca rezultat duce la micșorarea coeficientului Hall conform expresiei

$$R = \frac{A_1 p_1 \mu_1^2 + A_2 p_2 \mu_2^2}{e(p_1 \mu_1 + p_2 \mu_2)^2}.$$

Calculul poziției nivelului Fermi, pentru cristalul de tip n ($n = 1,3 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ la 80 K), arată că el are valoare pozitivă (nivelul Fermi se află în banda de conducție) pe întreaga gamă de temperaturi, însă cu creșterea T mărimea energiei Fermi scade. Aceasta indică degenerarea gazului electronic, care, pe de o parte, explică independența concentrației electronilor de temperatură, pe de altă parte, subliniază faptul că odată cu creșterea T gradul de degenerare se micșorează. Pentru cristalul de tip p, cu concentrația purtătorilor de sarcină și mai mare decât în cristalul de tip n, degenerarea gazului electronic este mai puternică.

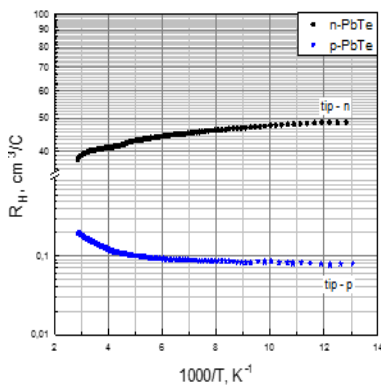


Fig.1. Dependenta R_H de temperatură în cristalele PbTe de tip p și n

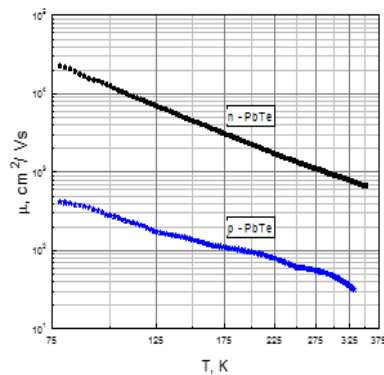


Fig.2. Dependenta mobilității de temperatură în PbTe de tip p și n

În Figura 2 sunt reprezentate dependențele de temperatură ale mobilității. Înclinarea graficului pentru ambele tipuri de cristale este practic una și aceeași. Conform dependenței de putere $\mu \sim T^v$, valoarea coeficientului v negativă este determinată de împrăștierea purtătorilor de sarcină pe fononii acustici, ținând cont de dependența de T a masei efective.

În Tabelul 1 sunt prezentate concentrația n , conductibilitatea σ și mobilitatea μ în cristalele $\text{Pb}_{0,9}\text{Cd}_{0,1}\text{Te:Ga} <0,5>$.

Tabel

Parametrii cristalelor $\text{Pb}_{0,9}\text{Cd}_{0,1}\text{Te:Ga} <0,5>$

Cristal		80 K			280 K		
Nr. crt	Tip	n, cm^{-3}	$\sigma, (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$	$\mu, \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$	n, cm^{-3}	$\sigma, (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$	$\mu, \text{cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$
3	n	$5,4 \cdot 10^{16}$	0,001	0,12	$5,6 \cdot 10^{16}$	0,003	0,36
8a	p	$4,6 \cdot 10^{19}$	2700	391	$4,3 \cdot 10^{19}$	698	104
11a	p	$9,0 \cdot 10^{19}$	3400	248	$8,3 \cdot 10^{19}$	579	44

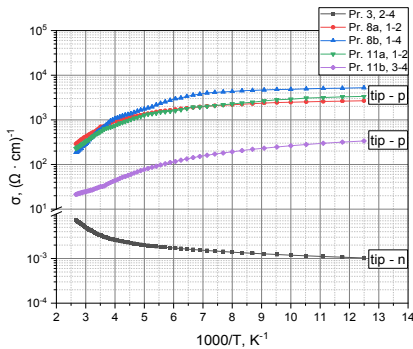


Fig.3. Dependenta de temperatură a conductibilității electrice în cristalele $\text{Pb}_{0,9}\text{Cd}_{0,1}\text{Te:Ga} <0,5>$ de tip p și tip n

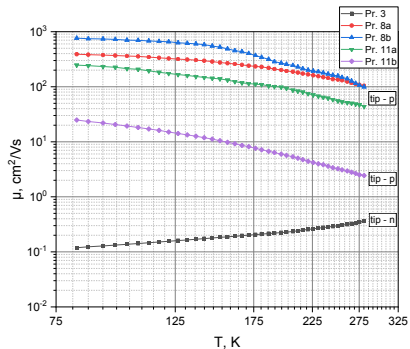


Fig.4. Dependenta de temperatură a mobilității în cristalele $\text{Pb}_{0,9}\text{Cd}_{0,1}\text{Te:Ga} <0,5>$ de tip p și de tip n

Pe Figurile 3 și 4 sunt prezentate dependențele de temperatură ale conductibilității și ale mobilității în cristalele $\text{Pb}_{0,9}\text{Cd}_{0,1}\text{Te:Ga} <0,5>$. Cu

creșterea temperaturii se observă o scădere a conductibilității pentru probele de tip p cu concentrația golurilor înaltă, ceea ce înseamnă că rolul de bază îl joacă dependența $\mu(T)$. În cristalul de tip n, cu concentrația electronilor joasă, dependența conductibilității de temperatură are un caracter activant și energia de activare, determinată în regiunea de temperaturi mai mari de 160 K, este egală $E_g = 0,16$ eV, ce corespunde lățimii benzii interzise.

După analiza tuturor rezultatelor experimentale, concluzionăm:

- De-a lungul lingoului $Pb_{0,9}Cd_{0,1}Te:Ga$ se observă variația tipului de conductibilitate: de la tip n la începutul lingoului până la tip p la capăt. Rezultă că la începutul lingoului avem exces de partea metalică (Cd), de unde se vede, că pentru Cd coeficientul de segregare $\kappa > 1$.

- Concentrația electronilor la începutul lingoului este mai mică decât concentrația golurilor la capătul lui, ceea ce înseamnă că are loc compensarea parțială a vacanțelor de Pb. Deoarece în cristalele nedopate nu a fost observată distribuția Pb de-a lungul lingoului, considerăm că există influența Cd, inclusiv doparea cu Ga.

- Calculele poziției nivelului Fermi arată că cu variația temperaturii gazul electronic se transformă din starea degenerată (la temperaturi joase) în starea nedegenerată (la temperaturi ridicate). Pentru cristalul $Pb_{0,9}Cd_{0,1}Te:Ga<0,5>$ de tip n a fost calculată energia de activare, care corelează cu banda interzisă și este $\Delta E_g = 0,16$ eV.

Referințe:

1. MOVCHAN, S., SIZOV, F. Photosensitive heterostructures CdTe-PbTe prepared by hot-wall technique. In: *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*. 1999, vol.2, no.2, pp.84-87.
2. AKIMOV, B.A., DMITRIEV, A.V., KHOKHLOV, D.R. Carrier Transport and Non-Equilibrium Phenomena in Doped PbTe and Related Materials. In: *Phys. stat. sol. (a)*, 1993, vol. 137, p. 9.
3. BUKALA, M., SANKOWSKI, P., BUCZKO, R. Structural and electronic properties of $Pb_{1-x}Cd_xTe$ and $Pb_{1-x}Mn_xTe$ ternary alloys. In: *Physical Review. B, Condensed Matter*, 2012, vol. 86(8). Disponibil pe Internet: <https://arxiv.org/pdf/1203.4763.pdf>
4. NICORICI, V., NICORICI, A., GORCEAC, L. *Tehnologia Materialelor Semiconductoare*. Chișinău, CEP USM, 2016, pp. 45-46.