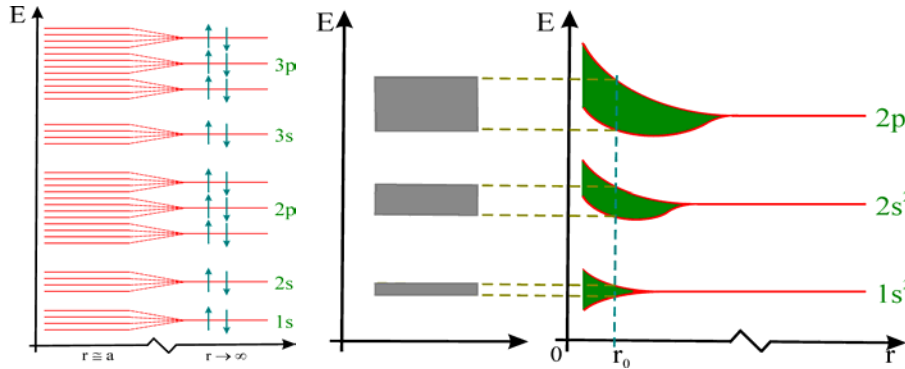


Laborator de Fizica

**DETERMINAREA ENERGIEI DE ACTIVARE A UNUI
SEMICONDUCTOR**

I. Considerații teoretice

Semiconductorii sunt considerați ca niște conductori electrici cu valori ale conductibilității electrice, la temperatura camerei, cuprinse între 10^{-10} până la $10^2 (\Omega\text{cm})^{-1}$, valoare mai mică decât la metale, dar mai mare decât la izolatori.

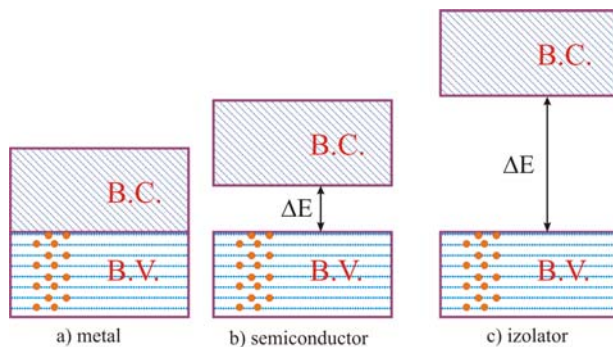


Prin aplicarea teoriei cuantice la mișcarea electronilor din rețeaua cristalină s-a stabilit că energiile pe care le poate lua un electron într-un cristal sunt grupate în zone permise separate de zone interzise. Modul de distribuire al electronilor pe nivelele energetice aflate în interiorul unei zone permise este

determinat de starea termică în care se află cristallul.

La temperatura de 0^0K electronii vor fi repartizați pe nivelele de energie cele mai joase, astfel încât zonele vor fi umplute integral începând cu cele inferioare până la o anumită zonă care poate fi ocupată parțial sau total. Ultimul nivel energetic populat cu electroni la 0^0K se numește nivel Fermi.

În reprezentarea energetică a unui solid cristalin de obicei se iau numai ultimele trei zone și anume: zona de valență (z.v.), care este ultima zonă permisă parțial sau complet ocupată, zona de conducție (z.c.), definită ca prima zonă complet liberă, iar zona interzisă (z.i.) reprezintă intervalul energetic care separă nivelul superior al zonei de valență de nivelul inferior al zonei de conducție. După gradul de ocupare a ultimei zone permise și după mărimea zonei interzise, solidele se împart în : conductori, semiconductorii și dielectrici (fig.1). Lărgimea zonei interzise este determinată de tipul legăturii chimice din cristal. Legătura ionică care se realizează în izolatori (CINa) este mult mai puternică decât cea covalentă care se realizează în semiconductorii puri (Ge, Si), astfel că zona interzisă la un izolator este mai mare decât la un semiconductor.



Se definește energia de activare ΔE a unui semiconductor ca fiind cantitatea minimă de energie necesară pentru trecerea unui electron din zona de valență în zona de conducție. Ea este egală cu diferența dintre energia E_c corespunzătoare nivelului inferior al zonei de conducție și energia E_v corespunzătoare nivelului superior al zonei de valență:

$$\Delta E = E_c - E_v \quad (1)$$

Semiconductorii sunt de două tipuri: intrinseci și extrinseci.

a) Semiconductorii intrinseci (fără impurități) nu posedă nivele energetice adiționale în interiorul zonei interzise. Această condiție o îndeplinesc numai cristalele foarte pure (Ge, Si) (fig.2.a).

b) Semiconductorii extrinseci (cu impurități), posedă nivele adiționale admise între zona de valență și cea de conducție, nivele determinate de anumite impurități sau defecte aflate în cristal. Nivelele adiționale pot fi situate deasupra zonei de valență și se numesc nivele acceptoare sau în vecinătatea zonei de conducție și se numesc nivele donoare (fig.2.b,c).

Mecanismul de conducție în semiconductorii puri se explică în felul următor: la creșterea temperaturii, energia termică a electronilor din zona de valență crește, iar o parte din electroni trec în zona de conducție. Electronii care traversează, prin salt cuantic, zona interzisă lasă în zona de valență un gol. Se obține generarea termică a perechii electron-gol, aceștia sunt purtători de curent situați în zone energetice diferite. La aplicarea unei diferențe de potențial apare o mișcare dirijată a acestor purtători determinând o anumită conductibilitate electrică a semiconductorului. În felul acesta la creșterea temperaturii,

conductibilitatea electrică crește iar rezistența electrică scade, dependență ce face ca semiconductorii să se deosebească net de metale.

Pentru semiconductorii cu impurități care posedă nivele donoare sau acceptoare în interiorul zonei interzise, o energie de activare ΔE mult mai mică va produce ionizarea impurităților și crearea de purtători de curent. S-a stabilit că rezistivitatea semiconductoarelor scade cu temperatura după următoarea lege:

$$R = R_0 e^{\frac{\Delta E}{2kT}} \quad (2)$$

unde:

- R - rezistența la temperatura T
- R_0 - rezistența la o temperatură $T \rightarrow \infty$
- k - constanta lui Boltzmann ($1,38 \cdot 10^{-23}$ joule/K)
- T - temperatura în grade absolute
- ΔE - energia de activare

Pentru a calcula energia de activare, mărime caracteristică fiecărui semiconductor, se liniarizează relația (2). În acest scop se logaritmează în bază naturală relația (2)

$$\ln R = \ln R_0 + \frac{\Delta E}{2kT} \quad (3)$$

care în bază zecimală este:

$$\lg R = \lg R_0 + \frac{\Delta E}{2kT} \cdot 0,43 \quad (4)$$

rezultă astfel că dependența logaritmului rezistivității de inversul temperaturii este o dreaptă (fig.3). Din panta drepte se poate calcula valoarea energiei de activare ΔE .

Astfel:

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,43 \cdot \frac{\Delta E}{2k} \quad (6)$$

iar

$$\Delta E = 0,2 \cdot \frac{\Delta \lg R}{\Delta \left(\frac{10^3}{T} \right)} = 0,2 \cdot \frac{\lg R_2 - \lg R_1}{\frac{10^3}{T_2} - \frac{10^3}{T_1}} \quad [\text{eV}] \quad (7)$$

II. Metodica experimentală



Figura 4

Pentru măsurarea dependenței rezistenței electrice a unui semiconductor funcție de temperatură se realizează montajul redat în fig. 4, unde : C este cuptorul cu rezistență electrică pentru încălzirea probei. Alimentarea lui se face prin intermediul unui autotransformator (tensiunea maximă de lucru cca 60 V). P – proba semiconductoră, pentru asigurarea contactului ohmic fețele pastilei sunt argintate, T – termocuplu din cupru – constantan, mV – milivoltmetru pentru indicarea temperaturii, RLC – punte pentru măsurarea rezistenței. Schema electrică a punții este redată în fig. 5, în care:

- E – bateria electrică
- K' – întrerupător al circuitului bateriei
- G – aparat de nul
- R_x – rezistența de măsurat
- $R_{01}, R_{02}, \dots, R_{06}$ –rezistențe etalon cu diverse ordine de mărime

K_1, K_2, \dots, K_6 – întrerupătoare prin intermediul cărora se introduce în circuit rezistența etalon necesară

C – cursorul a cărui scală este gradată în Ω .

Modul de lucru

1. Se urmărește realizarea montajului electric redat în fig. 4.
2. Fără a încălzi cuptorul, se măsoară rezistența semiconductorului la temperatura camerei.
3. Se încălzește cuptorul asigurând o creștere a temperaturii probei din 10^0 în 10^0 C până la temperatura de 100^0 C

Prelucrarea datelor experimentale

1. Se trasează graficul dependenței $\lg R = f\left(\frac{10^3}{T}\right)$
2. Din grafic se determină panta dreptei, iar cu ajutorul relației (7) se calculează energia de activare corespunzătoare semiconductorului studiat.

Rezultatele experimentale se trec în tabel:

Tabel 1.

t [°C]	T [K]	$\frac{10^3}{T}$ [K ⁻¹]	R [kΩ]	lg R -	ΔE [eV]	$\frac{\Delta(\Delta E)}{\Delta E}$ [%]
20						
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						