DETERMINAREA SEMNULUI SARCINII ELECTRICE A PURTĂTORILOR MAJORITARI DIN SEMICONDUCTORI

NOȚIUNI TEORETICE

Într-un corp solid electronii se găsesc numai în anumite stări de energie, grupate în aşa-numitele benzi energetice, care provin din nivelele energetice discrete ale electronului în atomul liber. Proprietățile de transport sunt determinate doar de caracteristicile ultimelor două benzi de energie și anume:

- banda de valenta (BV), care este ultima bandă permisă, parțial sau complet ocupată
- banda de conducție (BC), definită ca prima bandă complet liberă.

și de lărgimea benzii interzise, adică de mărimea intervalului energetic dintre nivelul superior al benzii de valență și nivelul inferior al benzii de conducție.

Semiconductorii sunt materiale pentru care lărgimea benzii interzise este mai mică decât 3 eV. Astfel la T=0 K banda de conducție este complet goală, dar pentru temperaturi suficient de ridicate, chiar și apropiate de temperatura camerei, este posibilă excitarea termică a electronilor din banda de valență în banda de conducție și semiconductorul va începe să conducă electricitatea.

Din punct de vedere electric materialele semiconductoare au rezistivitatea electrică cuprinsă între 10^{-2} Ω·cm și 10^{9} Ω·cm, care depinde puternic de temperatură. Din cauza faptului că la temperaturi obișnuite energia termică este mică în raport cu lărgimea benzii interzise, vor fi excitați în banda de conducție numai electronii din banda de valență care se găsesc pe nivelele energetice din apropierea nivelului Fermi, adică electronii din vârful benzii de valență. Din aceleași considerente electronii excitați vor ocupa nivelele energetice aflate la baza benzii de conducție. Excitarea termică a unui număr de electroni în banda de conducție duce la apariția unui număr egal de goluri în banda de valență.

Conducția electrică în semiconductori este datorată atât electronilor din banda de conducție cât și golurilor din banda de valență.

În semiconductorii puri sau *intrinseci* concentrația de electroni este egală cu cea de goluri. Specific pentru semiconductorii intrinseci este numărul redus de purtători de sarcină din unitatea de volum față de cel din metale (de exemplu în Si la temperatura camerei numărul de electroni excitați termic este de 1.5×10^{10} electroni/cm^3 față de 10^{28} electroni liberi/cm^3 în metale). Din această cauză rezistivitatea electrică a semiconductorilor intrinseci este foarte mare, ceea ce îi face neadecvați pentru aplicații în electronică. Acest neajuns poate fi depășit prin impurificarea semiconductorilor cu elemente de valență diferită (mai mare sau mai mică decât a atomilor constituenți) care modifică tipul şi numărul purtătorilor participanţi la conducţie. Adăugarea deliberată de impurități la un semiconductor se numește *dopare*. Nivelele normale de dopare sunt foarte mici, de ordinul un atom de impuritate la 10^4-10^7 atomi de semiconductor din cristal. Doparea se realizează prin alierea controlată a elementelor, obținându-se o soluție solidă în care atomii de impuritate substituie atomii materialului semiconductor în rețeaua cristalină. Impuritățile introduse pot fi de două tipuri:

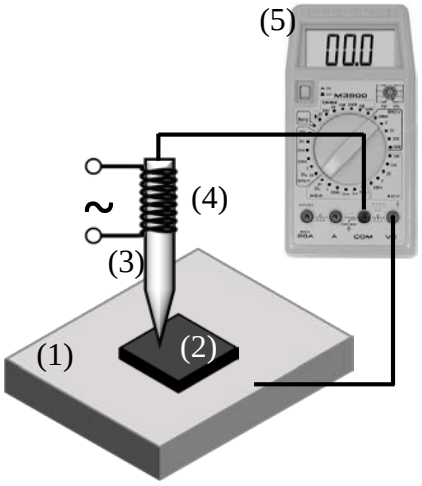
- impurități *donoare*, care au o valență mai mare decât atomii substituiți, iar semiconductorii respectivi se numesc *semiconductori extrinseci de tip n*
- impurități *acceptoare*, care au o valență mai mică decât atomii substituiți, iar semiconductorii respectivi se numesc *semiconductori extrinseci de tip p*

Într-un semiconductor extrinsec există un anumit tip de purtători majoritari: electronii în semiconductorul tip *n* (concentrația electronilor devine mai mare decât a golurilor prin ionizarea atomilor donori care cedează electroni) și golurile în semiconductorul de tip *p* (concentrația golurilor devine mai mare decât a electronilor prin ionizarea negativă a atomilor acceptori). Conductivitatea semiconductorului este cu atât mai mare cu cât concentrația purtătorilor majoritari de sarcină este mai mare; conductivitatea semiconductorilor extrinseci este cu câteva ordine de mărime mai mare decât cea a semiconductorilor intrinseci.

METODA EXPERIMENTALĂ

Una dintre metodele prin care se poate determina semnul sarcinii electrice a purtătorilor majoritari este cea a *termosondei*.

Un dispozitiv experimental care poate fi folosit în acest scop este prezentat schematic în figura alăturată. Acesta constă dintr-o placă metalică (1) pe care se găsește proba semiconductoare (2), o sondă metalică (3) care poate fi încălzită cu ajutorul unui mic cuptor (4) și un multimetru digital (5) legat în circuitul sondă-suport.



Sonda încălzită la o temperatură în jur de 70°C este presată ușor pe proba semiconductoare care se va încălzi în regiunea de contact. În această zonă caldă are loc o creștere a concentrației numărului de purtători majoritari, ceea ce va duce la apariția unui flux net de purtători de sarcină către regiunea rece a semiconductorului. Astfel, placa metalică (aflată în contact cu zona rece a semiconductorului) va avea un potențial electric cu semnul sarcinii electrice a purtătorilor majoritari față de sondă (aflată în contact cu zona caldă a probei).

Semnul diferenței de potențial dintre sondă și probă se va determina cu multimetrul digital montat în circuit deschis și se va stabili natura purtătorilor majoritari din semiconductor.

Responsabil laborator: Lect. Dr. Dudric Roxana