

## 15. Bipolinio tranzistoriaus tyrimas

### Užduotis:

1. Išmatuoti bazės–emiterio ir bazės–kolektoriaus sandūrų voltamperines charakteristikas.
2. Išmatuoti kolektoriaus srovės stiprio priklausomybes nuo bazės–kolektoriaus įtampos, esant įvairioms emiterio srovės stiprio vertėms.
3. Apskaičiuoti srovės perdavimo (stiprinimo) koeficientą.

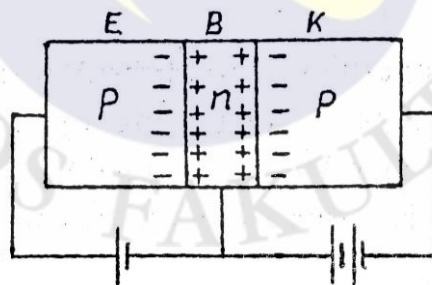
### Pagrindiniai teoriniai klausimai:

1. Donorinės ir akceptorinės priemonės puslaidininkiuose.
2. Tranzistoriaus struktūra ir veikimo principas.
3. Tranzistoriaus panaudojimas

### Tyrimo metodika:

Dvipolis tranzistorius – elektrinių signalų keitiklis, sudarytas iš dviejų arba daugiau elektroninių – skylinių sandūrų. Žodis tranzistorius kilęs iš anglų kalbos žodžio *transfer*, reiškiančio perduoti, perkelti. Dvipolio tranzistoriaus veikimas pagrįstas krūvininkų injekcijos per  $p-n$  sandūrą reiškiniu. Žodis dvipolis reiškia, kad tokio tranzistoriaus veikimas susijęs su abiejų ženklų krūvininkų pernaša. Vienpoliais vadinami lauko tranzistoriai. Jų veikimo esmę sudaro vieno ženklo krūvininkų koncentracijos ir dreifo valdymas elektriniu lauku.

Pagal  $n$  ir  $p$  sričių išdėstymą bipoliniai tranzistoriai skirstomi į du tipus:  $p-n-n$  ir  $n-p-n$ . Pirmojo tipo tranzistoriaus struktūrinė ir energijos juostų schemos pavaizduotos atitinkamai 1 ir 2 pav. Jis turi tris sritis: skylinio laidumo emiterį E, elektroninio laidumo bazę B ir skylinio laidumo kolektorių K. Sandūra tarp emiterio ir bazės vadinama emiterio sandūra, bazės ir kolektoriaus – kolektoriaus sandūra.

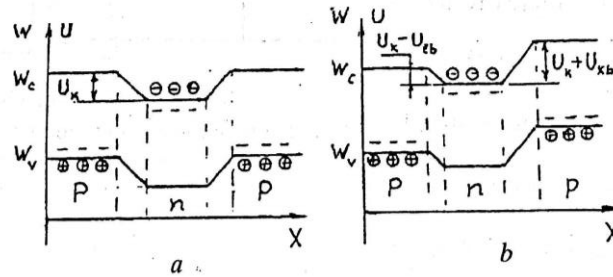


1 pav. Dvipolio  $p-n-p$  tranzistoriaus struktūra ir jungimo schema.

Galimos trys tranzistoriaus jungimo schemos: bendra baze, bendru emiteriu ir bendru kolektoriumi. Dažniausiai naudojamos pirmosios dvi jungimo schemos. Jungimo bendra baze schema pavaizduota 1 pav. Visose schemose, skirtose signalų stiprinimui, emiterio sandūra jungiama pralaidžiąja kryptimi, o kolektoriaus – užtvarine.

Laidumo  $W_C$  ir valentinės  $W_V$  energijos juostų diagramos, kai maitinimo šaltiniai neprijungti ir kai prijungti, parodytos 2 pav. Sandūrų kontaktiniai laukai trukdo elektronams pereiti iš  $n$  srities į  $p$ , todėl jų potencinė energija statmena sandūrai

kryptimi priklauso nuo koordinatės. Dėl to ji  $p$  srityje yra didesnė negu  $n$  srityje dydžiu  $q_e U_k$ ; čia  $U_k$  – sandūros potencialo barjeras.

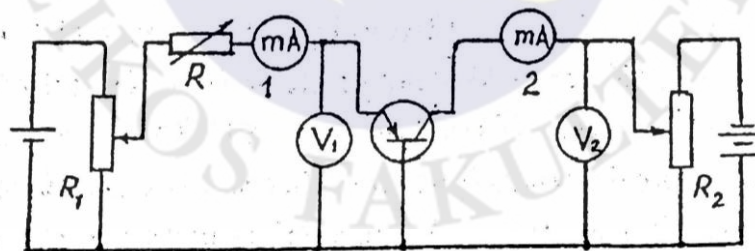


**2 pav.** Tranzistoriaus energinių juostų diagramos:  
 $a$  – maitinimo įtampos išjungtos,  $b$  – įjungtos.

Panagrinėkime, kaip pasikeis energiniai barjerai prijungus maitinimo šaltinius. Tarkime, emiterio sandūroje sudaryta išorinė įtampa  $U_{eb}$  pralaidžia kryptimi, o kolektoriaus –  $U_{kb}$  užtvarine kryptimi. Tokiu atveju emiterio sandūros energinis barjeras sumažės dydžiu  $q_e U_{kb}$ , o kolektoriaus padidės dydžiu  $q_e U_{kb}$ . Atitinkamai emiterio sandūros nuskurdintos srities storis sumažės, o kolektoriaus sandūros – padidės.

Sumažėjus emiterio sandūros energiniam barjerui, padidės pagrindinių krūvininkų (skylių) injekcija į bazę. Kadangi bazės storis labai mažas, paprastai sudaro 10 – 25  $\mu\text{m}$ , o didelių dažnių tranzistorių tik 1 – 2  $\mu\text{m}$ , tai didelė injektuotų krūvininkų (skylių) dalis nespėja rekombinuoti ir pasiekia kolektoriaus sandūros sritį. Čia jie patenka į greitinančią kontaktinį lauką ir pernešami į kolektoriaus sritį. Analogiškai tai vyksta ir  $n-p-n$  tipo tranzistoriuje, tik čia iš emiterio į bazę injektuojami elektronai.

Atsižvelgiant į maitinimo įtampų poliškumą, galimi keturi tranzistoriaus darbo režimai: stiprinimo (aktyvusis), rakto, įšotinimo ir inversinis. Stiprinimo režimą jau išnagrinėjome. Rakto režimu abi sandūros įjungiamos užtvarine kryptimi, o įšotinimo režimu – pralaidžia. Šie režimai naudojami perjungimo schemose. Inversinio režimo atveju kolektorius atlieka emiterio funkciją, o emiteris – kolektorius.



**3 pav.** Tranzistoriaus tyrimo schema.

Matavimų aparatūros schema pateikta 3 pav. Nagrinėjamas tranzistoriaus jungimo bendra baze atvejis. Įtampa tarp emiterio ir bazės ( $U_{eb}$ ) reguliuojama jos dalikliu  $R_1$  ir kintamąja varža  $R$ , o matuojama voltmetru  $V_1$ . Emiterio ir kolektoriaus srovių stipriai matuojami miliampermetrais 1 ir 2. Įtampa tarp kolektoriaus ir bazės ( $U_{kb}$ ) reguliuojama jos dalikliu  $R_2$  ir matuojama voltmetru  $V_2$ .

### **1. Bazė-emiteris ir bazė-kolektorius sandūru voltamperinių charakteristikų matavimas.**

Išmatuojame sandūros emiteris – bazė voltamperinę charakteristiką, kai kolektorius atjungtas nuo įtampos šaltinio ( $I_k = 0$ ). Po to matuojame sandūros kolektorius – bazė voltamperinę charakteristiką, kai atjungtas emiteris ( $I_e = 0$ ).

### **2. Kolektooriaus srovės stiprio priklausomybės nuo bazė–kolektooriaus įtampos, esant įvairioms emiterio srovės stiprio vertėms tyrimas.**

Ištiriame kolektooriaus srovės stiprio priklausomybes nuo kolektooriaus – bazė įtampos ( $U_{kb}$ ), esant emiterio srovės stiprio vertėms  $I_e = 10; 20; 30 \mu A$ . Pavaizdavę gautus rezultatus grafiškai, apskaičiuojame srovės perdavimo koeficientą

$$\alpha = \frac{\Delta I_k}{\Delta I_e},$$

esant įvairioms kolektooriaus įtampos  $U_{kb}$  vertėms. Šio koeficiento vertė parodo, kokį kolektooriaus srovės stiprio pokytį sukelia vienetinis emiterio srovės stiprio pokytis.

### **Literatūra.**

1. A. Medeišis „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas.“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000.
2. A. Matvejevas, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Mokslas*, 1991.
3. V. Rinkevičius, „Elektra ir magnetizmas“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2001.