

ՀՏԴ 621.382.3

Ֆիզիկա

Մելս ՄԻՆԱՍՅԱՆ

ԱրՊՀ մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի ամբիոնի դոցենտ, Ֆ.մ.գ.թ.

E-mail: mels40@mail.ru:

Աննա ԳԱՍՊԱՐՅԱՆ

ԱրՊՀ մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի ամբիոնի ասիստենտ,

E-mail: gasparyananna1997@mail.ru :

Անուշ ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

ԱրՊՀ մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի ամբիոնի ասիստենտ,

E-mail: anushkamanukyan1996@gmail.com:

Աննա ՄԻՆԱՍՅԱՆ

ԱրՊՀ մաթեմատիկայի և ֆիզիկայի ամբիոնի ավ. լաբորանտ,

E-mail: anshog@mail.ru:

ՀԱԿԱԴԱՐՁՎԱԾ ԲԻՊՈԼՅԱՐ ՏՐԱՆՋԻՍՏՈՐՈՒՄ ՏԱՐԱՆՑԻԿ ՀՈՍԱՆՔՈՎ ԿԱՌԱՎԱՐՎՈՂ ԲԱՑԱՍԱԿԱՆ ԴԻՄԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ցույց է տրված, որ S-բնութագրերի խաթարումը բխում է տրանզիստորի դրեյֆային լինելու հանգամանքից: Կապված բազայի անհավասարաչափ լեգիրացման հետ՝ դիտարկվող տրանզիստորը հակադարձված ռեժիմում աշխատում է առանձնակի թույլ ուժեղացումներով, և սպասելի է, որ փոքրազանջանային ուժեղացումը (թույլ տարանցիկ հոսանքների հանգամանքում) չբավարարի հեղեղնային ծակման S-աձև ընթացքի ձևավորմանը:

Բանալի բառեր՝ բազայի ներքին դաշտ, փոքրազանջանային ուժեղացում, ներքին վերադարձ կապ ըստ հոսանքի:

М.Минасян, А.Гаспарян, А.Манукян, А.Минасян

**О ВОЗМОЖНОМ ФОРМИРОВАНИИ ОС,
УПРАВЛЯЕМОГО СКВОЗНЫМ ТОКОМ
В ОБРАЩЕННОМ БИПОЛЯРНОМ ТРАНЗИСТОРЕ**

Рассматривается инверсный сквозной ток в дрейфовом биполярном транзисторе. Выявлено атипичное подавление S-образности участка лавинного пробоя у части транзисторов, по-видимому, обладающих более резким профилем легирования и сильным внутренним полем в базе.

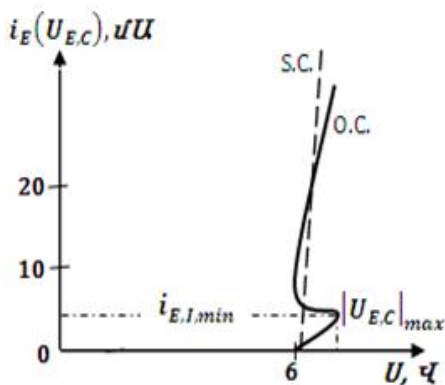
Ключевые слова: внутреннее поле базы, усиление слабого сигнала, внутренняя обратная связь по току.

**M.Minasyan, A.Gasparyan, A.Manukyan, A.Minasyan
ABOUT THE POSSIBILITY OF THE FORMATION OF
THE OS CONTROLLED THROUGH CURRENT REVERSED
BIPOLAR TRANSISTOR**

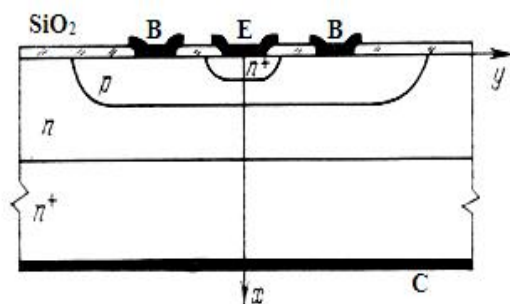
Inverse through current in the drift bipolar transistor is considered. Atypical suppression of S-figurateness of the site of avalanche breakdown at a part of the transistors, apparently, possessing sharper profile of alloying and the strong internal field in base is revealed.

Key words: internal the base field, strengthening of a weak signal, internal feedback on current

Նախորդող հոդվածում [1] ստուգված և հաստատված էր KT315 տիպի տրանզիստորի ինվերս տարանցիկ հոսանքի յուրահատուկ կախվածությունը $|U_{EC}|$ լարումից՝ բացասական դիմադրության տեղամասի գոյությունը, որը S-տիպի է: Դրա իրականացման լարումը շատ մոտ է բազա-էմիտեր անցման հեղեղնային ծակմանը բերող արժեքին և համապատասխանում է նկ.1-ում տրվածին:



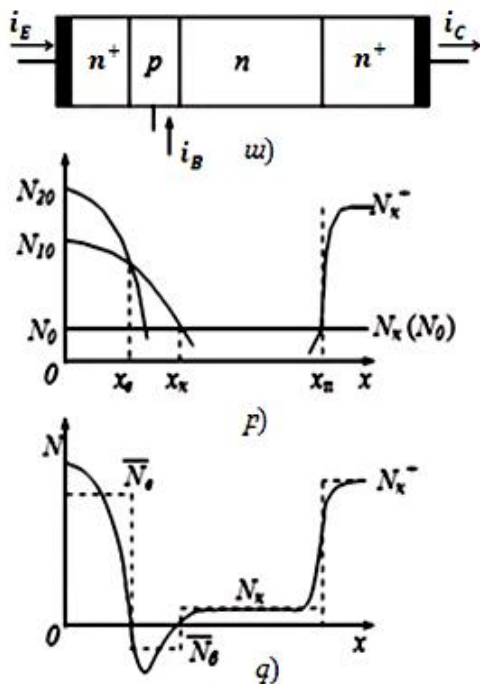
Նկ.1.



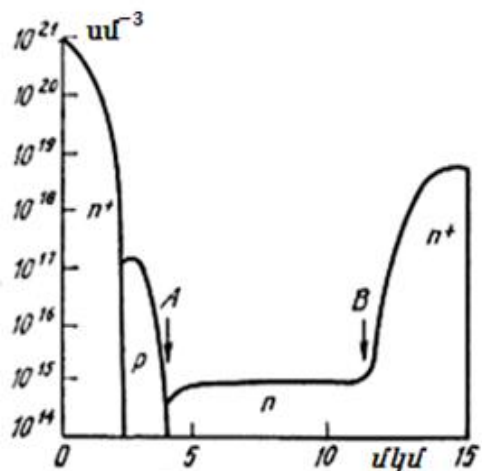
Նկ.2.

Տեխնոլոգիայի առանձնահատկության առումով հայտնի է, որ դիտարկվող տրանզիստորը ստեղծվել է n սիլիցիումի հիմքի վրա՝ p -բազայի անհավասարաչափ լեզիրացումով (իրականացված է բորով՝ միջինում ոչ բարձր խտությամբ), և նրանում էմիտերային տեղամասը օժտված է n -տիպի էլեկտրահաղորդականությամբ՝ ի հաշիվ ֆոսֆորի դոնորային խառնուրդի: Էմիտերային և կոլեկտորային p, n -անցումների եզրերը պաշտպանված են սիլիցիումի երկօքսիդի շերտով: Նկ.2-ում ցույց է տրված այդ տրանզիստորի կառուցվածքը՝ էմիտերով անցնող ուղղաձիգ կտրվածքի մեջ [2]:

Խառնուրդի միջին կոնցենտրացիան բազայում բազմապատիկ գերազանցում է այդպիսինին կոլեկտորային էպիտաքսիալ շերտում, իսկ վերջինում այն 10^{16} սմ^{-3} -ի կարգի է: Դոնորների կոնցենտրացիան էմիտերում միջինում կազմում է 10^{20} սմ^{-3} : Ինչ վերաբերում է բազայի հարստացմանը և դրանում առկա



Նկ.3.



Նկ.4.

անհամասեռությանը, ապա ապահովված է, որ էմիտերային n^+, p -անցումից դեպի բազա տեղափոխվող էլեկտրոնը մեծ հավանականությամբ հասնի կոլեկտորին (դիֆուզիայի և դրեյֆի արդյունքում): Խառնուրդների ներդրման որոշ առանձնահատկություններ որակապես արտահայտված են գրականությունից փոխառնված, թ.3 և թ.4 նկարներում ցուցադրվող կորերով [2,3]:

Ընդհանուր առմամբ հայտնի է, որ նորմալ միացման ակտիվ ռեժիմում պիտի դիտվի ինտեգրալային փոխանցման α գործակցի ոչ մոնոտոն կախվածություն

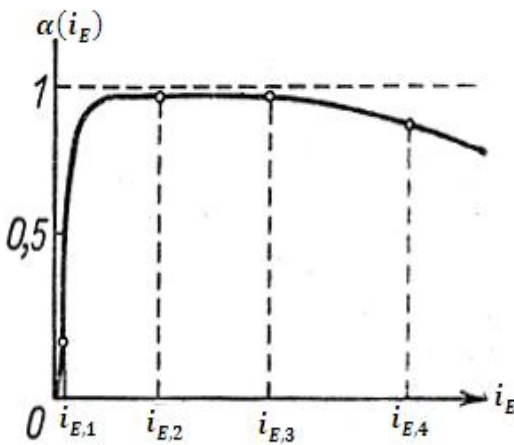
Էմիտերի հոսանքի մեծությունից, երբ տրանզիստորը գործում է ընդհանուր բազայով սխեմայում, ապահովվում է $U_{CB} = const$ և i_E –ն հասցվում է համեմատաբար բարձր արժեքների: Խոսքը հատկապես $\alpha = f(i_E)$ կախվածության մասին է՝ ըստ նկ.5-ի, որում հոսանքը էապես ցածրհաճախային է կամ հաստատուն [4]: Այդ հոսանքի աճին զուգընթաց կորում արտացոլվում են մի քանի կարևոր գործընթացներ:

Առավել նվազ հոսանքներում, այն է՝ $i_{E,1}$ -ին հարակցող տեղամասում, ինժեկտվող էլեկտրոնների հոսքը թույլ է: Այն կունենա ռեկոմբինացիոն մեծ կորուստներ, քանի որ բազայում էլեկտրոնների զավթումը ոչ մեծ խտությամբ սփռված կենտրոնների կողմից (թափուր ռեկոմբինացիոն ծուղակներ) դառնում է շատ հնարավոր: Հոսանքի ուժգնացմանը զուգընթաց, երբ մեծանում է անհավասարակշիռ էլեկտրոնների կոնցենտրացիան բազայում, ռեկոմբինացիոն բնույթ ունեցող հոսանքը այլևս թույլ է (կենտրոնները մեծ մասամբ զբաղեցված են), և էլեկտրոնների հոսքում կորուստները համեմատականորեն նվազում են: Այսպիսով՝ փոքր $i_{E,1}$ հոսանքը հիմնականում պարունակում է ռեկոմբինացիոն բաղկացուցիչ և չի հասնում կոլեկտորին՝ փակվելով բազայի «ոտիկին»: Ունենում ենք $i_c \approx 0$, և $\alpha \approx 0$:

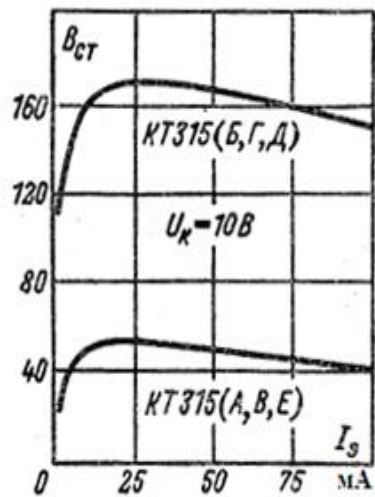
Առկա է նաև ինժեկցիայի γ գործակցի փոփոխման խնդիրը: Դրան է առնչված հոսանքների $i_{E,3}$, $i_{E,4}$ տեղամասը, որում իր արտահայտությունն է գտնում բազա ինժեկտվող էլեկտրոնների չեզոքացման պահանջը: Էլեկտրոններին «ուղեկցող» խոռոչների կուտակումը հատկապես մեծ է ստացվում էմիտերային n^+ , p -անցմանը սահմանակցող մասում, ինչը նպաստում է դեպի էմիտերային տեղամաս դրանց ինժեկցիայի ուժգնացմանը: Այսպիսով՝ տեղի ունի γ գործակցի որոշ անկում՝ պայմանավորված բազայում էլեկտրաչեզոքության պահպանման պահանջով (և խոռոչների հավելյալ կուտակումով):

Անհրաժեշտ է նաև կոլեկտորին հասնող էլեկտրոնների հավաքագրում դեպի կոլեկտորային արտաքին էլեկտրոդը (և նրանով դեպի արտաքին շղթա): Հոսանքի մեծացումից նվազում է δ գործակիցը: Գեթ շատ բարձր հաղորդականություն ունեցող կոլեկտորում δ -ն կարող է հավասարեցվել մեկի:

Էմիտերային հոսանքի ինտեգրալային փոխանցման գործակցի անկման տեղամասում գործում է պատճառների ավելի լայն խմբաքանակ: Հոսանքը չափից ավելի մեծացնելիս բազայում սկսվում է ակցեպտորների տարածական լիցքի էկրանավորումը անհավասարակշիռ խոռոչների կողմից, ինչը կթուլացնի ինժեկտված էլեկտրոնների դրեյֆը: Մյուս երևույթը նրանումն է, որ շարժուն խոռոչների խտության մեծացման հետ նորից մեծանում է էլեկտրոնների հետ ռեկոմբինացման և ուրեմն կոլեկտորի հոսանքի թուլացման հավանականությունը: Ստորև, մեր նպատակների տեսանկյունից, կարևոր է, թե ի՞նչ կերպ նման գործոնները կարող են ազդել տրանզիստորի ինվերս հոսանքի ձևավորման վրա, և նկ.5-ի կորը ինչպիսի՞ համեմատական փոփոխություններ կկրի, երբ «դերերով» կփոխանակվեն էմիտերը և կոլեկտորը:



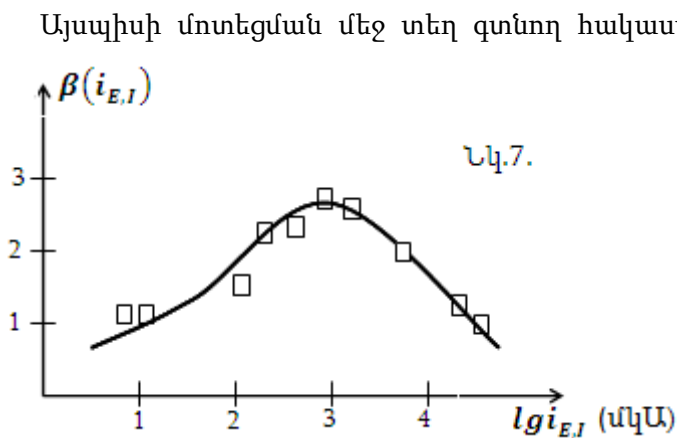
Նկ.5.



Նկ.6.

Հաշվի առնելով կոլեկտորային և էմիտերային p, n -անցումների միջև տարբերությունը ստորև իմաստ ունի ուժեղացումները գնահատել ակտիվ ռեժիմի այն սխեմայում, որում փոխանցման գործակիցը այլևս պարտավոր չէ մեկից պակաս լինել: Դա ընդհանուր էմիտերով սխեման է և բերում է նկ.6-ին [5]՝ նորմալ միացումով տրանզիստորում: Ինվերս միացումով գործարկված տրանզիստորում նման ռեժիմը ստացվում է կոլեկտորի հողակցումով, սակայն այս դեպքում կոլիտվի ուժեղացումների էական անկում, ինչպես նաև կթուլանան $B_{un}(i_{E, \beta})$ և $\beta(i_{E, \beta})$ կախումները: Վերջինի համար ստացվող կորի մի օրինակ ցուցադրված է նկ.7-ում:

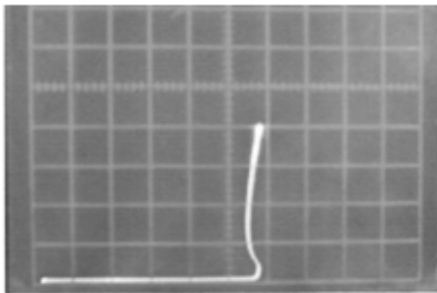
Ստուգված տրանզիստորը նորմալ ակտիվ ռեժիմում բացահայտում է $\beta \approx 50$ և ($B_{un} > 80$) ուժեղացում, երբ կոլեկտորը պահված է 4Վ-ի տակ: Նորից ապահովելով $|U_{EC}| = 4\text{Վ}$, սակայն գործարկելով տրանզիստորը ինվերս միացման ռեժիմում՝ ստանում ենք շատ ավելի նվազ ուժեղացումներ: Փոքրագույն շանային ուժեղացման β -գործակցի (տես նկ. 7)՝ մի քանի միավորի հասնող արժեքը, ինչպես ցույց են տալիս ավելի ընդգրկուն ստուգումները, բավականին լավ ցուցանիշ է: Կան ինվերս՝ ավելի նվազ ուժեղացումներով տրանզիստորներ, և դրանք չեն կարող ծառայեցվել մեր կողմից լուծվելիք խնդրին, չնայած նորմալ ռեժիմում օժտված են բարձր ուժեղացումներով:



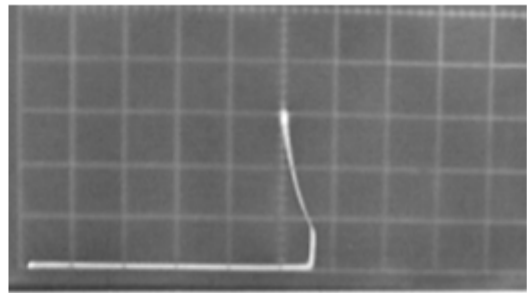
պետք է նշենք, որ, այնուամենայնիվ, այն պարզ բովանդակություն ունի: Քանի որ տրանզիստորը դրեյ-ֆային է, ապա այն սկզբունքորեն կարող է համատեղել իր մեջ բարձր և ցածր ուժեղացումներ՝ համապատասխանորեն նորմալ և ինվերս

միացումների բերվելով: Հասկանալի է, որ բազայի անհամաչափ լեզիրացումով նախապես ապահովվում է նրանում առաջացող դաշտի որոշակի կողմնորոշում՝ ի նպաստ նորմալ միացված տրանզիստորում ստացվող ուժեղացումների: Դա միակ նախադրյալը չէ, բայց եթե այն օգնող է նորմալ միացման մեջ, ապա մյուսում հակառակն է և կարող է որոշ տրանզիստորներում (անբարենպաստ այլ գործոններին գումարվելով) էապես խաթարել ինվերս ռեժիմի ուժեղացումը: Սակայն այսպիսի արդյունքը պիտանի չէ, եթե մենք կարևորում ենք էլեկտրական ծակման տիրություն ինքնափոխանջատումների ռեժիմի իրականացումը ի հաշիվ ՎԱԲ-ի S-տեղամասի ձևավորման: Վերջինիս կայացումը անհնար է առանց տրանզիստորում բավարար ներքին ուժեղացում ունենալու (տրանզիստորում դրսևորվող ներքին ուժեղացումը դրական վերադարձ կապերի մեջ ըստ պատշաճի ներգրավելու): Սա նշանակում է, որ պատշաճ մակարդակի $\beta(i_{E,I})$ փոքրագույնից առաջին ուժեղացումը անհրաժեշտ է, և պետք կլինի փորձարարական ճանապարհով առանձնակի ստուգել այդպիսինի գոյությունը:

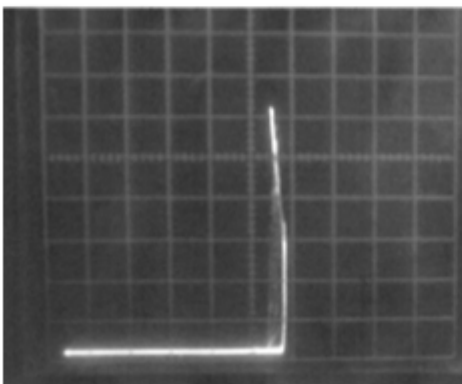
Դիցուք ունենք KT315-ի չորս նմուշներ, որոնք տարբերվում են ինվերս ռեժիմի ուժեղացման գործակիցներով, ինչպես նաև տարանցիկ հոսանքի՝ $|U_{EC}|$ լարումից ունեցած $i_{E,I} = f(U_{EC})$ կախվածության բնույթով, մասնավորապես՝ ՎԱԲ-ի վրա S-տեղամասի ձևավորումով: Թույլատրենք, որ այս վերջինի հետ կապված առանձնահատկությունները ներկայացվեն նկ.8-ում տրված w , p , q , η բնութագրերի շարքով:



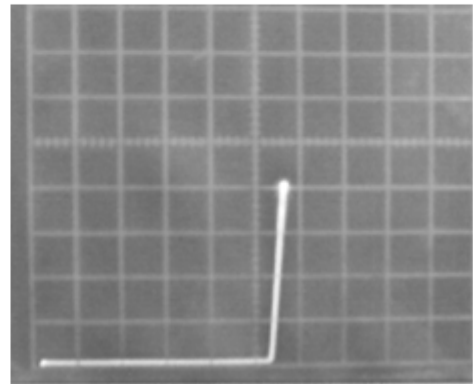
ա)



բ)



գ)

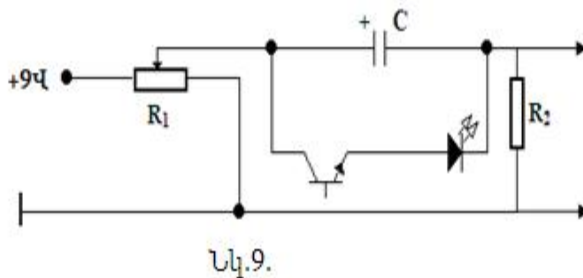


դ)

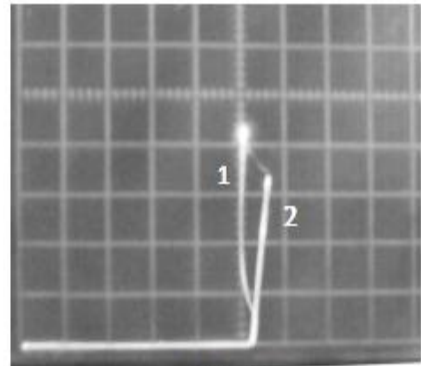
Նկ.8.

Այդ բնութագրերում հեղեղնային ծակման շեմային U_2 լարումները խմբվում են իրար ընդհուպ մոտ արժեքների տեղամասում (6.5 ± 0.5 Վ), իսկ հագեցման հոսանքները, որոնք $0 < U_{E,C} < U_{E,C,2եմ}$ տիրույթում թույլ են ու դանդաղ փոփոխվող, միջինում նաև $w-p-q-\eta$ անցման ընթացքում են նվազում: Օրինակ, հոսանքների այդ միջինացված արժեքները, փաստացի մնալով տասնյակ նանտամպերների տիրույթում, (ա)-տիպի բնութագրերում մոտ են 50-60-ին, իսկ (դ)-տիպում՝ ընդամենը 10 նանտամպերին: Այդ հատկանիշով սկզբունքորեն կարելի է թեստավորել տրանզիստորը, սակայն պահանջվող նմուշի ամենապարզ բացահայտումը հարմար է իրականացնել լուսադիոդի օգտագործումով՝ հետևելով նրա լուսարձակմանը նկ.9-ի սխեմայում:

Նրանում տրանզիստորի տարանցիկ հոսանքը կարող է մեծացվել ընդհուպ մինչև դիոդի լուսարձակման բացահայտումը: Երբ սողնակը շարժում ենք դեպի ձախ (նկարում ցույց է տրված սլաքով), օբյեկտիվորեն մոտենում ենք նկ.10-ում պատկերված բնութագրի ծնկաձև տեղամասին, և լուսային բռնկումը դառնում է անխուսափելի: Բնութագրում հոսանքի աճի 1 տարբերակի գոյությունը բերում է բաբախող լուսարձակման, և եթե ընտրված են $R_1, R_2 \sim 1$ կՕմ, $C \sim 10^{-4}$ Ֆ, ապա



Նկ.9.



Նկ.10.

բարախումները կհաջորդեն $T \sim 0.1$ վայրկյանից ոչ պակաս պարբերությամբ, այսինքն՝ կլինեն աչքով ընկալելի: ՎԱԲ-ի հնարավոր 2-րդ ընթացքին կհամապատասխանի հաստատուն (անընդմեջ) լուսարձակում: Վերջին տիպի դեպքում տրանզիստորը խնդրի նպատակներին չի կարող ծառայեցվել: Նրա ՎԱԲ-ում բացակայում է S-աձև տեղամասը կամ այն պիտի փնտրվի զգալիորեն ավելի բարձր հոսանքների ($5 \div 10$ անգամ բարձր) տիրույթում:

Գրականություն

1. Մ Մինասյան.Վ., Մինասյան Ա.Մ., Հակադարձված (ինվերս) տրանզիստորի որոշ բնութագրերի հետազոտումը (գտնվում է հրապարակման մեջ):
2. Крутякова М.Г., Чарыков Н.А., Юдин В.В. Полупроводниковые приборы и основы их проектирования, М.1983.
3. Зи.С.М. Физика полупроводниковых приборов, 1, М.198.
4. Бочаров Л.Н. Электронные приборы, М.1979, с.109.
5. Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам. Под ред. Н.Н.Горюнова, М. Энергия, 1972, с.278.

Հոդվածը տպագրության է երաշխավորել խմբագրական խորհրդի անդամ, ֆ.մ.գ.թ. Կ.Ս.Արամյանը: