

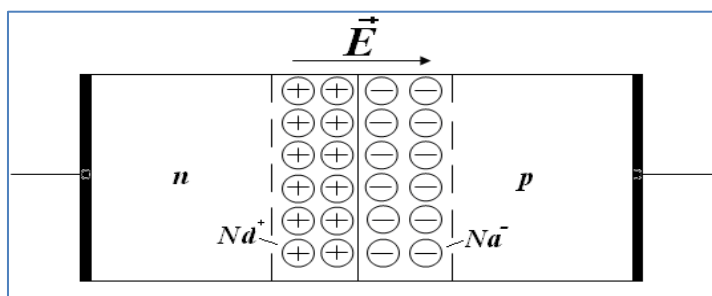
18-Tema : Yarım ótkezgishlerde kontakt hádiyseleri

Joba:

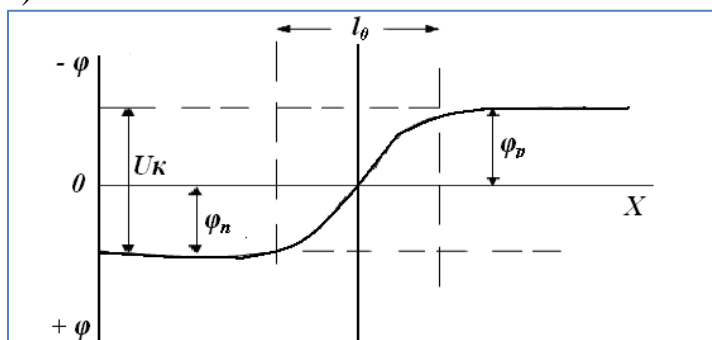
1. Yarım ótkezgishlerde kontakt hádiyseleri.
2. P-n ótiwdiń elektr parametrleri.

Yarım ótkeriwshili ásbaplardıń kóbisi bir jınslı bolmaǵan yarım ótkeriwshilerden tayarlanadı. Jeke xolatda bir jınslı bolmaǵan yarım ótkeriwshi bir tarawı p-túrdegi, ekinshisi bolsa - n túrdegi monokristaldan dúziledi. Bunday bir jınslı bolmaǵan yarım ótkeriwshiniń p hám n - tarawlardıń ajırasıw shegarasında kólemiy zaryad qatlamı payda boladı jáne bul tarawlar shegarası daǵı ishki elektr maydanı júzege keledi jáne bul qatlam elektron - gewek ótiw yamasa p-n ótiw dep ataladı. Kóp sanlı yarım ótkeriwshili ásbaplar hám integral mikrosxemalar islew Principiniń r-n ótiw ózgesheliklerine tiykarlangan. P-n ótiw ótiw payda bolıw mexanizmin kórip shıǵamız. Ápiwayılıq ushın, n - tarawdaǵı elektronlar hám p - tarawdaǵı gewekler sanın teń alamız. Bunnan tısqarı, hár bir tarawda onsha úlken bolmaǵan tiykarǵı bolmaǵan zaryad tasıwshılar muǵdarı bar. Bólme temperaturasında r - túrdegi yarım ótkeriwshinde akseptor keri ionlarınıń konsentraciyası N_a gewekler konsentraciyası n_{rga} , n- túrdegi yarım ótkeriwshinde donor oń ionlarınıń konsentraciyası N_d elektronlar konsentraciyası n_n ga teń boladı. Sonday eken, p- hám n - tarawlar ortasında elektronlar hám gewekler konsentraciyasında sezilerli parq bar ekenligi sebepli, bul tarawlar birlestirilgende elektronlardıń p - tarawǵa, geweklerdiń bolsa n - tarawǵa diffuziyası baslanadı. Diffuziya nátiyjesinde n- tarawdıń shegarasında elektronlar konsentraciyası oń donor ionları konsentraciyasınan kem boladı jáne bul tarawdıń oń zaryadlana baslaydı. Bir waqtınıń ózinde r- tarawdıń shegarası daǵı gewekler konsentraciyası azayıp baradı hám ol akseptor kiritpesi menen kompensatsiyalangan ion zaryadları esabına keri zaryadlana baslaydı (18. 1-su'wret). Plyus penenhám minusli sheńberler uyqas penentúrde donor hám akseptor ionların suwretleydi. Payda bolǵan eki kólemiy zaryad qatlamı r-n ótiw dep ataladı. Bul qatlam jıldam zaryad tasıwshılar menen jarlılastırılǵan. Sol sebepli onıń salıstırma qarsılıǵı r- hám n - tarawdıń qarsılıqlarına salıstırǵanda kútá úlken. Birpara jaǵdaylarda ádebiyatlarda bul qatlam jarlılasqan yamasa i - tarawdıń dep ataladı. Kólemiy zaryadlar túrli belgilerge iye boladı hám p-n ótiwde kúshlanganligi ga teń bolǵan elektr maydan payda etediler. Tiykarǵı zaryad tasıwshılar ushın bul maydan tormozlaytuǵın bolıp tásir kórsetedi hám olardı r-n ótiw boylap erkin háreket etiwlerine qarsılıq kórsetedi. 18. 1 b-suwretde ótiw maydanına perpendikulyar

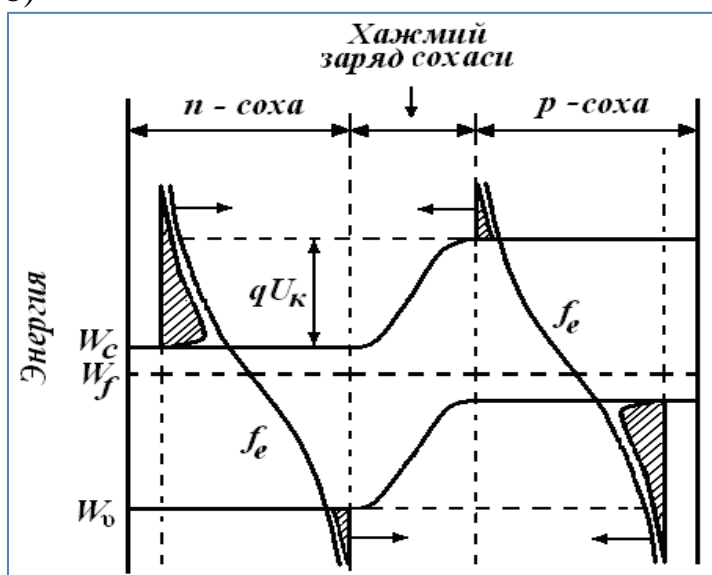
bolǵan, X oǵı boylap potensial ózgeriwi kórsetilgen. Bul waqıtta nol potensial retinde shegaralıq tarawdıń potensialı qabıl etilgen.



a)



b)



v)

18. 1-súwret. Yarım ótkezzishlerde kontakt hádiyseleri

Suwretten kórinip turıptı, olda, r-n ótiwde volt-larda ańlatpalanatuǵın kontakt potenciallar ayırmashılıǵına $U_K = \varphi_n - \varphi_p$ teń bolǵan potensial tosıq júzege keledi. U_K úlkenligi dáslepki yarım ótkeriwshi material ta'qiqlangan zona keńligi hám kiritpe kán-Sentratsiyasiga baylanıslı boladı. Kóplegen r-n ótiwler kontakt potenciallar ayırmashılıǵı : Ge ushın $U_K \approx 0,35$ V, kremniy ushın bolsa $= 0,7$

v.R-n ótiw keńligi $10 \sqrt{U_K}$ ga proporsional boladı hám mkmning onlıq yamasa birlik bólimlerin quraydı. Tar r-n ótiw payda etiw ushın úlken kiritpe konsentarsiyasi kiritiledi, 10 ni úlkenlestiriw ushın bolsa kishi kiritpeler

konsentraciyası qollanıladi. P-n ótiw tokları. $U_i = \frac{U_R}{q}$ energiyağa iye bolğan

kóplegen zaryad tasıwshılar (17. 1- suwretke qarang) r-n ótiw arqalı qońsılas tarawlarğa diffuziya esabına r-n ótiw maydanına qarama - qarsı túrde jılıydılar. Olar diffuziya tokın júzege keltirediler. Tiykargı zaryad tasıwshılardıń r-n ótiw arqalı háreketi menen bir waqıtta, r-n ótiw olar ushın tezlatuvchi bolıp tásir kórseteyogan maydan tásirinde tiykargı bolmağan zaryad tasıwshılar da háreketlanadılar. Tiykargı bolmağan zaryad tashuchılar aǵımı ıǵıw tokın júzege keltiredi. Sırtqı maydan tásir ettirilmaganda dinamikalıq teń salmaqlılıq ornatıladi, yaǵnıy diffuziya hám ıǵıw toklarınıń absolyut bahaları teń boladı. Lekin diffuziya hám ıǵıw tokları óz-ara qarama - qarsı jóneliste jónelgenligi ushın, p-n ótiwdegi nátiyjelik tok nolğa teń boladı. R-n ótiw sıyımlılıqı. Tómen chastotalarda r-n ótiw tokı tek elektron - gewek ótiwdiń aktiv qarsılıqları hám de yarım ótkeriwshiniń r hám n -tarawlarınıń qarsılıǵı (pB) menen anıqlanadı. Joqarı chastotalarda p-n ótiwdiń inersiyası onıń sıyımlılıqı menen anıqlanadı. Ádetde r-n ótiwdiń eki tiykargı sıyımlılıqı esapqa alınadı : diffuziya hám tosıq. Tuwrı jalǵanǵan r-n ótiwde qońsılas tarawlarğa tiykargı bolmağan zaryad tasıwshılar injeksiyalanadı. Nátiyjede r-n ótiwdiń juqa shegaralarında ma`nisi tárepinen teń lekin keri belgine iye bolğan qosımsha tiykargı bolmağan zaryad tasıwshılar Qdiff júzege kelediler. Kernew ózgerse injeksiyalanayotgan zaryad tasıwshılar sanı, sonday eken zaryad da ózgeredi. Berilip atırǵan kernew tásirindegi bunday ózgeris, kondensator qatlamlarındaǵı zaryad ózgeriwine áyne uqsaydı. Bazaǵa tiykargı bolmağan zaryad tasıwshılar diffuziya esabına túskenlikler sebepli, bul sıyımlılıq diffuziya sıyımlılıqı dep ataladı hám tómendegi ańlatpadan anıqlanadı.

$$C_{\Delta\Phi} = \frac{qI \tau}{kT} .$$

r-n ótiwden oqib ótip atırǵan tok hám baza daǵı zaryad tasıwshılardıń jasaw waqıtı qansha úlken bolsa, diffuziya sıyımlılıqı da sonsha úlken boladı. Eki elektr qatlamǵa iye bolğan elektron - gewek ótiw zaryadlangan kodensatorga uqsaydı. Ótiw sıyımlılıqı ótiw maydanı S, onıń keńligi hám dielektrik turaqlısı menen anıqlanadı. Ótiw sıyımlılıqı tosıq sıyımlılıqı dep ataladı hám tómendegi ańlatpadan anıqlanadı :

$$C_{\text{Б}0} = S \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon q N d}{2 U_K \left(1 + \frac{N d}{N a} \right)}}.$$

. Ótiwge kernew berilsa, bul waqıtta ótiw keńligi ózgerligi sebepli, sıyımlılıq da ózgeredi. Sıyımlılıqtıń berilip atırǵan kernew Ol ma`nisine baylanıslılıǵı tómendegishe.

$$C_{\text{Б}} = C_{\text{Б}0} \sqrt{\frac{U_K}{U_K \pm U}}.$$

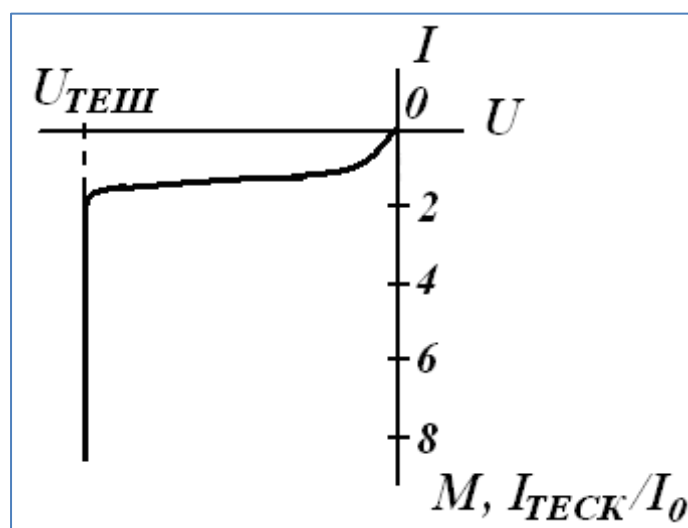
Tuwrı jalǵanǵan ótiwde oń belgisi, teris jalǵanǵanda bolsa keri belgi alınadı. SB berilip atırǵan kernewge baylanıslılıǵı sebepli r-n ótiwdi ózgeriwshen kólemli kondensator retinde qóllaw múmkin. Tuwrı kernew berilgende diffuziya sıyımlılıqı tosıq sıyımlılıqınan ádewir úlken boladı, teris kernewde bolsa teris. Sol sebepli tuwrı kernew berilgende r-n ótiw inersiyası diffuziya sıyımlılıqı menen, teris jalǵanǵanda bolsa - tosıq sıyımlılıqı menen anıqlanadı. Teris jalǵanǵan p-n ótiw tokınıń keskin artıwına uyqas penenkeliwshi kernew tesiliw kernewi UTESH dep ataladı. Tesiliwdi eki qıylı mexanizmi ámeldegi: elektr hám ıssılıq. Eki halda xam júzimdiń keskin ósiwi p-n ótiw salasında EZTlarning qosımsha generatsiyası menen baylanıslı. Elektr tesiliwde zaryad tasıwshılar sanı kúshli elektr maydan tásirinde, ıssılıq tesiliwde bolsa - atomlarda bolatuǵın termik generatsiya esabına artadı. Elektr tesiliw mexanizmi eki qıylı tábiyaatqa iye: qulama qarlı hám tunnel. Qulama qarlı tesiliw. Elektron yamasa gewek yarım ótkezgish atomi menen to'qnashib onı ionlastıradı. Bunıń ushın ol elektr maydan tásirinde erkin juwırıw uzınlılıǵında yarım ótkezgishtiń qadaǵan etilgen zonası energiyasınan úlken energiya alıp ulgurgan bolıwı kerek. Zaryad tasıwshı elektr maydan tásirinde jetkilikli kinetik energiya toplaǵannan keyin, atom menen to'qnashadi hám odan valent elektrondı urib shıǵarıp ótkezgishlik zonasına ótkeredi. Zarba nátiyjesinde generatsiyalangan elektron - gewek juplıq da maydan tásirinde dúgiskende ionlastırıw processinde qatnasadı. Process penenqulama qarsimon artadı hám teris júzimdiń keskin artıwına alıp keledi. p-n ótiwden ketip atırǵan n2 zaryad tasıwshılardı ótiwge kirip atırǵan n1 zaryad tasıwshılar sanına qatnası qulama qarlı kóbeyiw koefficiyenti dep ataladı. Onı bahalaw ushın tómendegi approksimatsiyadan paydalanıladı :

$$M = \frac{1}{1 - \left(\frac{U_{TEC}}{U_{TEIII}} \right)^m}$$

Bul jerde m - yarim ótkezgish materialina hám baza tarawdıń túrine baylanıslı parametr, n - kremniy hám p - germaniy ushın $m=5$, p - kremniy hám n - germaniy ushın $m=3$. p - n ótiwdegi elektr maydan kúshlanganligining ortasha ma`nisi. Qulama qarlı tesiliw kernewi UTESH ma`nisi yarım ótkezgish qadağan etilgen zona keńligi artpaqtası hám kiritpeler konsentraciyası azayıwı menen artıp baradı. Ámelde tesiliw rejiminde p - n ótiw teris tokınıń teris kernew menen tómendegi empirik baylanıslılıgınan paydalanıladı .:

$$I_{TECK} = \frac{I_0}{1 - \left(\frac{U_{TECK}}{U_{TEIII}} \right)^{\epsilon}}$$

Túrli yarım ótkezgish materiallar ushın $v=2 \div 6$. Qulama qarlı tesiliwde M hám ITESK larning UTESK ga baylanıslılıgı 18. 2 - suwretde keltirilgen.



18. 2 - súwret. Qulama qarlı tesiliwde M hám ITESK larning UTESK ga baylanıslılıgı **P-n ótiwdiń elektr parametrleri**. p - n ótiwdiń differensial qarsılıgı hám sıyımlılıqı onıń zárúrli elektr parametrleri esaplanadı. Differensial qarsılıq. Ol p - n ótiwdiń kishi amplitudali ózgeriwshen júzimka kórsetken aktiv qarsılıgına ekvivalent bolıp, ańlatpa menen anıqlanadı. Differensial qarsılıq vAX ning

belgilengen noqatı dağı tiklikke teris proporsional. Ideallashti-rilgan p-n ótiw ushın RDIF dıń analitik ańlatpasın tabıw múmkin.

$$R_{\text{ДИФ}} = \frac{kT}{(I + I_0)q}$$

Tuwrı jıljıtılghanda $I \gg I_0$, sol sebepli:

$$R_{\text{ДИФ}} = \frac{kT}{Iq}$$

p-n ótiwge tuwrı kernew berilgende RDIF ma`nisi kishi hám kernew artpaqtası menen azayadı, teris jıljıtılghanda bolsa júdá joqarı boladı.

r-n ótiw sıyımlılıqı.p-n ótiwdegi qos elektr qatlam - baryer sıyımlılıqın, p- hám n-tarawlar dağı nomuvozanat noasosiy zaryad tasıwshılar - diffuziya sıyımlılıqın payda etedi.

Tómen chastotalarda p-n ótiw tokı elektron - gewek ótiwdiń hám de yarım ótkezgish p- hám n- tarawlarınıń aktiv qarsılıgı (rB) menen anıqlanadı. Joqarı chastotalarda p-n ótiwdiń inersiyadorligi onıń sıyımlılıqı menen belgilenedi. p-n ótiw tuwrı jalǵanganda shegara qatar tarawlarǵa noasosiy zaryad tasıwshılar injeksiyalanadı. Bunıń nátiyjesinde p-n ótiw shegaraları qasındaǵı juqa qatlamlarda bahaları bir- birine teń qarama - qarsı belgili nomuvozanat noasosiy zaryad tasıwshılar QDIF toplandılar. Kernew ma`nisi ózgergende injeksiyalangan zaryad tasıwshılar sanı, zaryad muǵdarı ózgeredi. Zaryadlardıń kernew tásirinde bunday ózgeriwi kondensator qatlamlarında zaryaddıń ózgeriwine uqsaydı. Noasosiy zaryad tasıwshılar bazaǵa diffuziya esabına kelgeni sebepli bul sıyımlılıqtı diffuziya sıyımlılıq dep ataladı hám tómendegi formulaǵa qaray esaplanadı.

$$C_{\text{ДИФ}} = \frac{qI \tau}{kT}.$$

Elektron - gewek ótiw qos elektr qatlamdı quraydı hám zaryadlangan kondensatorǵa uqsaydı.p-n ótiw sıyımlılıqı ótiw maydanı S, onıń keńligi hám yarım ótkezgishtiń dielektrik turaqlısı ϵ menen anıqlanadı. Ol baryer sıyımlılıq dep ataladı hám tómendegi ańlatpa menen anıqlanadı :

$$C_{E0} = S \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon q N_d}{2 U_K \left(1 + \frac{N_d}{N_a} \right)}}$$

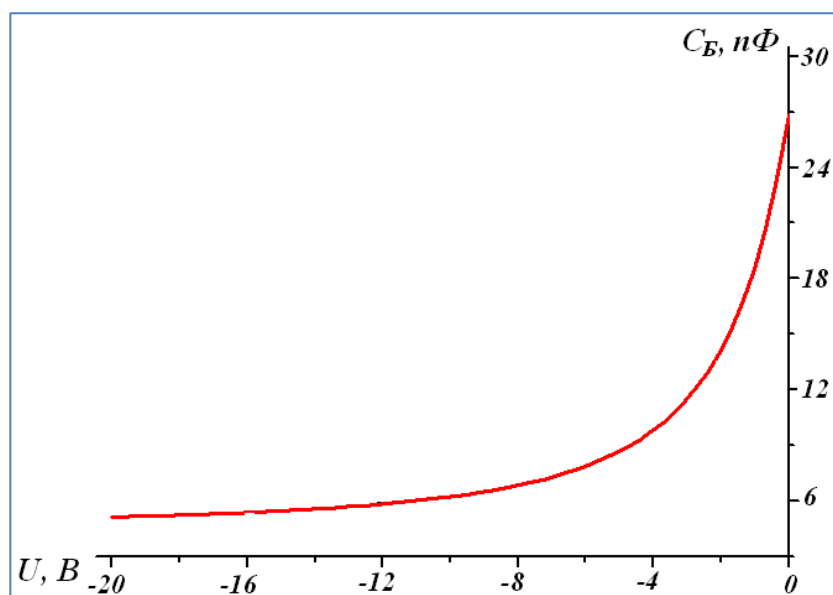
p-n ótiwge kernew berilgende onıń qalınlıǵı ózgergeni sebepli sıyımlılıqı da ózgeredi. Sıyımlılıqtıń kernew ma`nisine baylanıslılıǵı kuyidagicha boladı .:

$$C_E = C_{E0} \sqrt{\frac{U_K}{U_K \pm U}}$$

Bul ańlatpada p-n ótiw tuwrı jalǵanǵanda belgi keri, teris jalǵanǵanda bolsa - oń alınadı. Baryer sıyımlılıq SB p-n ótiwge berilgen kernew ma`nisine baylanıslı bolǵanı sebepli, odan ózgeriwshen kólemlı kondensator retinde paydalanıw múmkin. Tuwrı jıljıtilganda diffuziya sıyımlılıq baryer sıyımlılıqtan ádewir ulken bahǵa iye, teris jıljıtilganda bolsa - kerisinshe boladı. Usınıń sebebinen tuwrı jıljıtilganda p-n ótiwdiń inersiyadorligi diffuziya sıyımlılıqı menen, teris jıljıtilganda bolsa - baryer sıyımlılıqı menen anıqlanadı. Baryer sıyımlılıq chastotaǵa baylanıslı emes.p-n ótiwdiń volt - farad xarakteristikası 18. 3 - suwretde keltirilgen. Dinamikalıq rejimde p-n ótiwdiń qásiyetlerin ańlatıw ushın da qatar moddelardan, atap aytqanda, dinamikalıq vAX lardan paydalanıladı. Sıyımlılıqlar tásirin itibarǵa alǵan halda bul model shegarasında p-n ótiw tokın tómendegi ańlatpadan tabıw múmkin:

$$I = I(U) + C_d \frac{dU}{dt}$$

bul jerde I (Ol) -statikalıq vAXdan anıqlanatuǵın tok, $C_d = C_E + C_{dH\Phi}$ - kóriniske iye bolıp, ol p-n ótiw sıyımlılıqın ańlatadı.



18. 3 - súwret.p-n ótiwdiń volt - farada xarakteristikası

Qadaǵalaw ushın sorawlar

1. P-n otiw degenimiz ne?
2. UTESH dep nege aytiladı?
3. Yarım ótkezgishlerde kontakt hádiyseleri haqqında túsiniń beriń.