

УДК 621.382.2/.3

SHOTTKI BARERLI METALL -YARIM ÓTKIZGISHLI DIODLARINIŃ KEŃISLIK ZARYAD OBLASTIN ANIQŃAW

Abdreymov A.A., Turdimuratov A. S., Xojamuratova J.R.

Berdaq atindađı qaraqalpaq mámleketlik universiteti

Calculation of the space charge region of metal-semiconductor diodes with Schottky barers.

Расчет область объемного заряда металл-полупроводниковых диодов со барерами Шоттки.

Shottki barerli metall -yarim o'tkazgishli diodlarning fazoviy zaryad sahosini hisoblash.

SUMMARY

This article analyzes semiconductor diodes with metal contacts of the Schottky barrier. To create an ohmic contact, the Fermi level in the semiconductor and metal must be equal. Due to the redistribution of charges, the energy bands bend towards the original location of the Fermi level of metals and semiconductors, which creates a space charge region (SCR).

Аннотация

В данной статье анализируются полупроводниковые диоды с металлическими контактами барьера Шоттки. Для создания омического контакта уровень Ферми в полупроводнике и металле должен быть равен. Из-за перераспределения зарядов энергетические зоны изгибаются в сторону исходного расположения уровня Ферми металлов и полупроводников, что создает область пространственного заряда (ОПЗ).

Резюме

Bu maqolada Shottki barer metall kontaktliđa ega yarimo'tkazgichli diodlarni tahlil qilish. Omli kontakni yaratish uchun , yarimtaótkazgichtagi va metalldagı Fermi sathi teng bo'lishi zurrur. Zaryadlarning qayta taqsimlanishi sababdan energiya diapazonlari Fermi satqining metall va yarimo'tkazgichlarning dastlabki joylashishiga qaray egiladi, bu fazoviy zaryad oblastini (KZO) paydo qiladi.

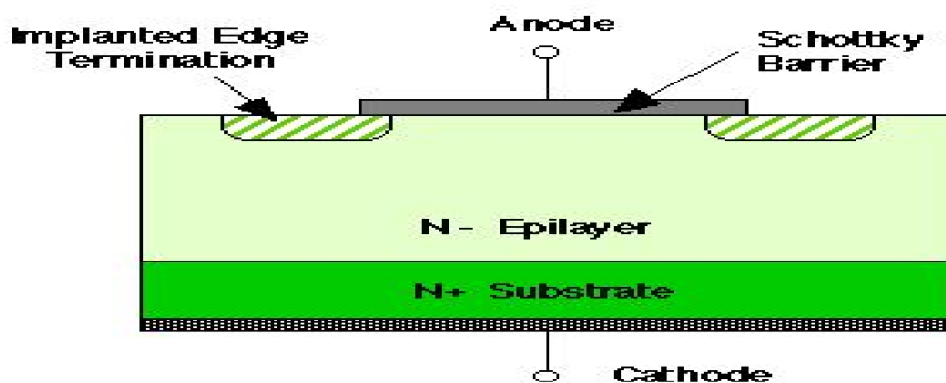
Key words: Schottky barrier, metal-semiconductor contact, Fermi level.

Ключевые слова: Барьер Шоттки, контакт металл-полупроводник, уровень Ферми.

Калт сузлар: Shottki tosigi, metal-yarimo'kazgichli kontakt, Fermi sathi.

Shottki barerli metall -yarim ótkizgishli diodlariniŃ volt-amper xarakteristikaları.

Metall yarım ótkizgishli kontaktlardiń tuwırılav qásiyetleriniń birinshi izertlewleri ádetde 1874 jilda yarım ótkizgishli metal –kontaktlarnıń qollanıwı kernew polyarlanıwına hám olardı islep shıǵarıw qásiyetlerine baylanıslılıǵın jańalıq etip ashqan alım Braunga tiyisli.Noqatlıq kontaktıń tuwırılav qásiyetlerinen ámeliyatta paydalanıw 1904 jilda baslanǵan.1938 jilda Shottki potencial tosıq metall hám yarım ótkizgish ortasındaǵı aralıq ximiyalıq qatlamnıń payda bolıwı menen emes, bálki yarım ótkizgishtegi háreketsiz keńislik zaryad tárepinen jaratılıwın usınıs etdi.Bunday tosıq Shottki to'sig'i dep ataladı.



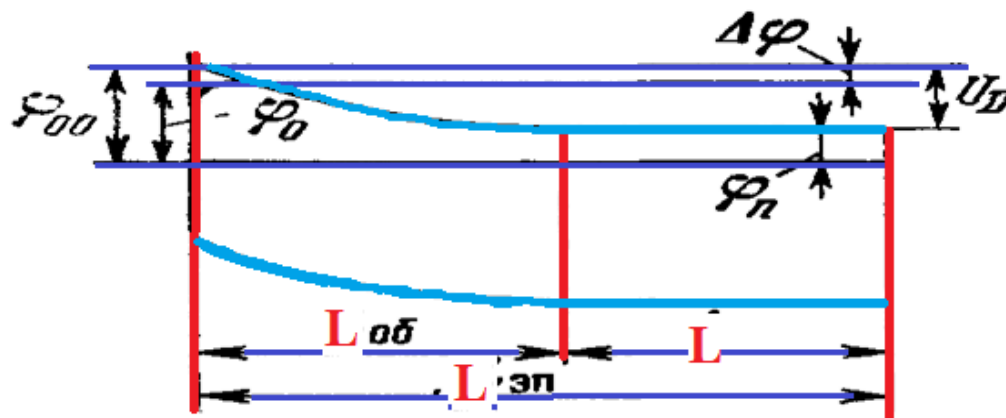
1-súwret. Shottki diodı.

Metall yarım ótkizgishli kontaktlar bir qatar yarım ótkizgishli mikrotoqlıq qurılımlardıń tiykarǵı elementlerinen biri retinde toktı tuwırılav ushın keń qollanıladı. Shottki tosıǵı dep atalatuǵın tuwırılǵısh metall -yarım ótkizgish kontakti yarım ótkizgishli qurılımlarda hám integral mikrosxemalarda keń qollanıladı. Shottki to'sig'ına iye bolǵan yarım ótkizgishli qurılımlar tiykarında jańa islep shıǵılǵan integral sxemalar bipolyar strukturalarǵa tiykarlanǵan sxemalarǵa qaraǵanda kóp parametr hám ayırıqshalıǵı ádewir jaqsı bolıp tabıladı. Sol sebepli izertlewshilerdiń hám islep shıǵıwshılardıń bul temaǵa arnalǵan miynetlerin ulıwmalastırıwǵa qızıǵıwshılıq tábiyiy bolıp tabıladı.

Házirgi waqıtta Shottki tosıǵı menen metall -yarım ótkizgish baylanısı teoriyasınıń túrli máselelerine arnalǵan monografiyalar ámelde [1-8] izertlenilgen. Bul monografiyalardıń geyparaları házirgi dárejeyi sáwlelendirmese, basqaları tiykarlanıp túrli teoriyalıq izertlewlerge arnalǵan. Bul jumıslarda Schottky tosıqlı yarım ótkizgishli qurılımlardan paydalanıw máseleleri tolıq kórip shıǵılmaǵan. Bunnan tısqarı, keyingi jıllarda [1-8] de óz ornın tappaǵan jańa ilmiy miynetler [9-11] payda boldı.

Bul maqalada Shottki to'sig'ına iye yarım ótkizgishli qurılımlarǵa tiykarlanǵan integral mikrosxemalardı analiz qılıw hám esaplaw máselelerin, metall -yarım ótkizgishli kontakttı islep shıǵarıw hám ámeliy qóllaw tarawındaǵı sońǵı jetiskenshiliklerdi esapqa alǵan halda jumıs islendi.

Metall -yarım ótkizgish kontaktinen uzaq waqıt paydalanıw dawamında kóplegen mámleketler ilimpazları tuwrıdan-tuwrı Shottki diollarining xarakteristikaların qanaatlanğan tárzde xarakteristikalaytuǵın hár qıylı teoriyalardı islep shıqtı. Shottki tosıǵı menen metall -yarım ótkizgish kontaktining energiya diagrammasınan paydalanıp, házirgi waqıtta keń qollanılatuǵın bazı bir teoriyalardı kórip shıǵamız.



1-súwret. Shottki tosıǵı menen metall -yarım ótkizgish kontaktiniń energiya diagramması :

φ_{00} - Shottki effektin esapqa almaǵan halda metall -yarım ótkizgish kontaktiniń potencial tosıǵınıń biyikligi,

$\Delta \varphi$ -elektr maydanı kúshleriniń tásirinen kelip shıqqan potencial tosıq biyikliginiń tómenlewi ;

- yarım ótkizgishtiń tiykarǵı bólegindegi ótkizgishlik zonası energiyaları hám Fermi qáddi ortasındaǵı parq;

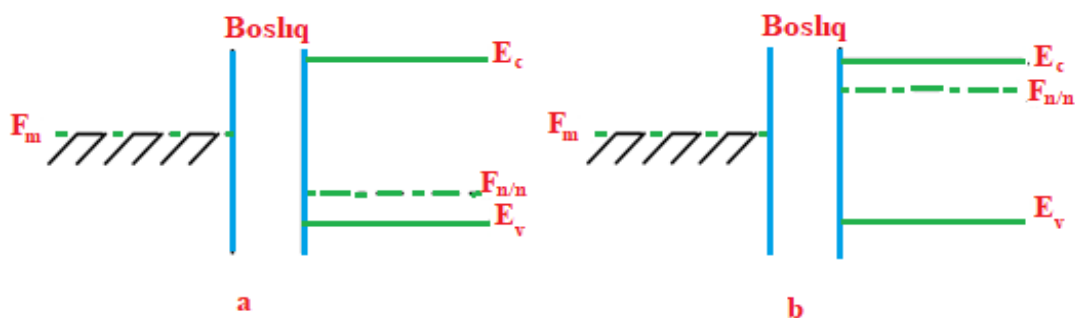
$L_{об}$ - zaryad qatlamınıń qalınlıǵı.

$L_{эп}$ - epitakciyal zaryadtıń qalınlıǵı.

$L - L_{эп} - L_{об}$ - Kvazi-neytral oblasttıń qalınlıǵı.

Metall -yarım ótkizgish kontaktining diod teoriyası [1-5] 1942 jılda islep shıǵılǵan. Tosıq biyikligi kT mánisinen bir qansha joqarı shamadan kelip shıqqan dep amerikalıq fizik Bethe keltiredi. Usınıń menen birge, ol kólemli zaryad qatlamındaǵı soqlıǵıswıwları itibarsız qaldırdı, aynalıq kúshlerin esapqa almadı hám tasıwshılardıń ortasha erkin jolı kólemi zaryad qatlamınıń qalınlıǵınan ádewir ulken ekenligine isendi.

Yarımótkizgish hám kontaktqa kirmegen metall ushın energiya diagramması formasında kórsetilgen. 2 a (metall daǵı Fermi dárejesi yarım ótkizgishge qaraǵanda joqarı) hám forma. 2 b (metall daǵı Fermi dárejesi yarım ótkizgishge qaraǵanda tómen)



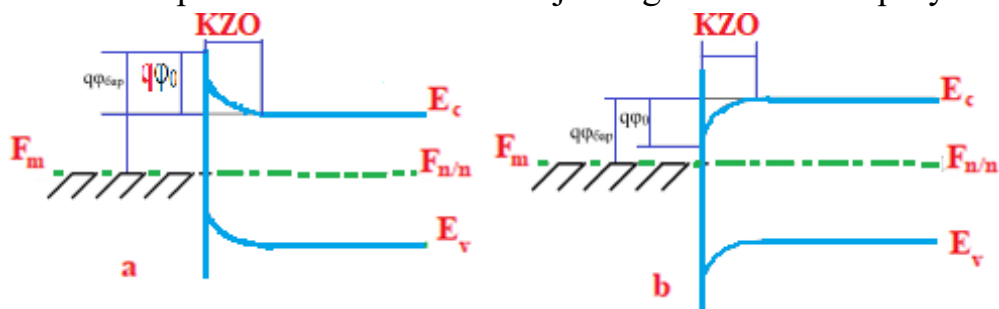
Súwret-2 Kontaktqa keltirilmegen metal yarım ótkizgishtiń energiya diagramması.

Yarım ótkizgish penen ideal metall kontaktta (yaǵnıy, hesh qanday qatlamlar joq bolǵanında yamasa ximiyalıq quramında parq etiwshi aralıq qatlamlar hám bóliniw shegarasındaǵı bettiń halı esapqa alınbaǵan halda), elektronlardıń tarqalıw diffuziyası menen shıǵıw jumısı tómen bolǵan materialdan shıǵıw jumısı joqarı bolǵan materialǵa ótedi.

Elektronlardıń shıǵıw jumısı (F) degende biz elektrondı Fermi qáddisinen joqarı erkin zona shıpatında ótkeriw ushın zárúr bolǵan energiyanı túsinemiz.

Kontakt (yamasa diffuziya) elektr maydanı tásirinde bolǵan hám metall menen yarım ótkizgish baylanıs qılıw nátiyjesinde payda bolǵan ótiw qatlamı Shottki ótiwi dep ataladı.

Zaryadlardıń qayta bólistiriliwi nátiyjesinde energiya diapazonları Fermi qáddisiniń metall hám yarım ótkizgishtegi dáslepki jaylasıwına qaray iyiledi, bul suwretde kórsetilgen. 2 a (eger metall daǵı Fermi qáddi daslep yarım ótkizgishtegiden joqarı bolsa) hám forma. 2 b (keri jaǵdayda). Keńislikdegi zaryad oblastı (KZO) payda boladı. Metallǵa sırtqı potencial qollanılǵanda, zaryad tasıwshılar ushın potencial tosıqtı ózgeriw (kóbeytiw yamasa kemeytiw) múmkin. Omliq kontaktti jaratıw ushın (tarmaqlı buzılıwsız), Fermi qáddi yarımotkizgishtegi hám metalldaǵı fermi birdey bolıwı kerek. Tuwırlaǵıshlar Shottki birikpesiniń ayırıqsha ózgesheligi, p-n ótiwden ayırıqsha bolıp esaplanıp, elektronlar hám elektronlar ushın potencial tosqınlıqlardıń hár túrlı biyikligi bolıp tabıladı. tesikler, bul kishi zaryad tasıwshılardıń inekciya tásirin kemeytiwge múmkinshilik beredi (keri toktıń azayıwı, bul tuwırlaǵıshlardıń sapasınıń jaqsılanıwına alıp keledi. Bul strukturada jaratılǵan diodlardıń qásiyetleri).



Súwret . 2. Shottki tosıg'i tiykarında kontaktti tuwırılaw.

1 hám 2 suwretlerden, biz kontakt potencial parqı metall hám yarım ótkizgishtiń jumıs funkciyaları ortasındaǵı parqına teń degen juwmaqqa keliwimiz múmkin.

$$\varphi_0 = F_m - F_{n/n}$$

Hám potencial tosiqtıń biyikligi metall hám yarım ótkizgishli elektron qurılmanıń jumıs funkciyası ortasındaǵı parqına teń:

$$\varphi_{\text{barer}} = \varphi_0 - (F_m - \chi_{n/n})$$

KZO qatlamınıń qalıńlıǵın Puasson teńlemesin tarqatıp alıw jolı menen esaplaw múmkin, onıń sheshimi [1] de keltirilgen.

$$d = \sqrt{\frac{2 \varepsilon \varepsilon_0}{|e|n_0} (\varphi_0 - U)}$$

Bul jerde e - elektron zaryadı

ε -yarım ótkizgishtiń dielektrik sińdiriwsheńligi.

$\varepsilon_0=0,885 \cdot 10^{-11}$ F/m - elektr turaqlısı (SI sisteması)

n_0 - yarım ótkizgishtegi erkin elektronlar konsentraciyası

U - metall ústindegi sırtqı potencial

Si-Au kontaktin jaratıwda kontakt potencial parqın esaplaǵanıwızda $N_d=10^{16}\text{cm}^{-3}$

³. KZO qatlamınıń nol metall qospasındaǵı qalıńlıǵın esaplap shıǵaramız (v-0). Kremniy ushın biz tómendegishe jazıwımız múmkin:

$$N_d = N_c \text{Exp} \left[\frac{\chi - F_{n/n}}{kT} \right]$$

N_c – ótkizgiwsheńlik zonasınıń tıǵızlıǵı. Fermi qáddin ańlatamız :

$$F_{n/n} = \chi - kT \cdot \ln \left[\frac{N_d}{N_c} \right]$$

Kontakt potencial parqı tómendegi formula boyınsha esaplanadı :

$$\varphi_0 = F_m - F_{\frac{n}{n}} \approx 1,08\text{eV}$$

KZO qatlamınıń qalıńlıǵı formula (2) járdeminde esaplanıwı múmkin:

$$d = \sqrt{\frac{2 \varepsilon \varepsilon_0}{|e|n_0} \varphi_0} \approx 0,38\text{mkm}$$

Solay etip ulıwmalastırıp aytqanda Shottki tosiǵı menen metall -yarım ótkizgish kontaktiniń energiya diagramması arqalı esaplawlar arqalı KZO qatlamınıń qalıńlıǵın Puasson teńlemesin tarqatıp alıw jolı menen esaplaw múmkin.

Ádebiyatlar

1. Губанов А.И. Теория выпрямляющего действие полупроводников.-М.: Гостехиздат,1956.-348с.
2. Henish Н К. Rectifying semiconductor contacts.-Oxford: Clarendon Press, 1957.-372р.
3. Пикус Г. Е. Основы теории полупроводниковых приборов.-М.: Наука, 1965.-448с.
4. Зи С. М. Физика полупроводниковых приборов.-Пер. с англ./ Пер. А/Ф. Трутко.- М.: Энергия, 1973.-656с.
5. Стрика В. И. Теоретические основы работы контакта металл-полупроводник. -Киев : Наукова думка,1974.-264с.
6. Стиха В. И., Бузаева Е. В., Радзиевский И. А. Полупроводниковые приборы с барьером Шоттки (физика, технология, применение).-М.: Сов.радио.1974.-248с.
7. СВЧ полупроводниковые приборы и их применение/ Под ред. Г Уотсоиа: Пер. с англ./Под ред. В. С. Эткина. -Мир.: Мир, 1972.-664с.
8. Милис А., Фойхт Д. Гетеропереходы и переходы метал-полупроводник: Пер . с англ.-М.: Мир, 1975.-459с.
9. Физические основы работы контакта металл-полупроводник с барьером Шоттки.-Киев: Общество “Знание” УССР, 1975.-36с.
10. Полупроводниковые приборы с барьером Шоттки и их применение.- Общество “Знание” УССР, 1975.-36с.
11. Стриха В. И ., Бузанева Е. В. Достожения, перспективы исследования и применение приборов с барьером Шоттки.- Общество “Знание” УССР, 1975.-48с.
12. Stokoe T. Y., Parrot J. E. Inclusion of carrier temperature effects in thermionic diffusion theory of the Schottky barrier.-Sol.-St “Elektron ., 1974.v.17. №5.P.477-484.
13. Demoulin E., Wicle F. Inversion Layer at the interface of Schottky diodes.- Sol.- St “Elektron ., 1974.v.17. №8.p.825-833.
14. Padovani F. A. , Statton R. Field and thermionic -field emission in Schottky barriers.-Sol.-St. Elektron., 1966,v.9, №7.p.695-707.