

YARIM O'TKAZGICHLARDA ZARYAD TASHUVCHILAR KONSENTRATSIYASINI MUNTAZAM O'LCHASHDAGI XATOLIKLAR

Sh.X.Daliyev - fizika-matematika fanlari doktori, dotsent

Yoqubjonova Ruxsoraxon Alisherjon qizi

FarDU magistranti

ruxsorayoqubjonova2212@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot ishida yarimo'tkazgichlarda zaryad tasguvchilar konsentratsiyasini muntazam o'lchashdagi xatoliklar yoritib berilgan.

Kalit so'zlar: zaryad tashuvchilar, konsentratsiya, tort zond usuli, kontakt, solishtirma qarshilik, temperatura, germaniy, kremniy, potensial to'siq, epitaksial qatlam.

To'rt zondli usul bilan o'lchashdagi xatoliklar solishtirma qarshilikni o'lchashning fizik modelining nazariyada qabul qilingan modelidan farqli bo'lishi formulaga kirgan kattaliklarni o'lchash, o'lchash sharti va tartibiga bog'liq bo'lgan tasodifiy, muntazam xatoliklar orqali aniqlanadi. Bu xatoliklar manbaini ko'rib chiqaylik. Ma'lumki, solishtirma qarshilikni to'rt zondli usul bilan o'lchashning fizik asosi-nazariyasi ko'rilgan vaqtda yarimo'tkazgich bilan zond nuqtaviy kontakt hosil qiladi, deb qabul qilingan edi. Amaliyotda bu shart hech vaqt bajarilmaydi, chunki kontaktning ma'lum yuzachaga ega bo'lishi o'lchov natijasiga muntazam xatolik kiritadi. Tok yoki potensial zondlari yarimo'tkazgich bilan kontaktlashganda radiusi r bo'lgan doiracha hosil qilsa, uning kiritgan xatoligi $(r/s)^2$ bilan aniqlanadi. Zondlar bir chiziqda yotgan holda zond kontakt yuzachasi potensial zondlardan birida paydo bo'lsa, nisbiy xatolik

$$\delta = \frac{\Delta\rho}{\rho} = \left(-\frac{1}{2}\ln 2\right) \ln \left[\left(2 + \frac{r^2}{S^2}\right) / \left(2 - \frac{r^2}{S^2}\right) \right]$$

formula bilan aniqlanadi. Agar tok zondlaridan birida kontakti nuqtaviy bo'lish sharti bajarilmasa, nisbiy xatolik

$$\delta = \left(\frac{1}{2}\ln 2\right) \cdot \ln \left[\left(6 - \frac{r^2}{S^2}\right) / \left(6 - \frac{2r^2}{S^2}\right) \right]$$

ifoda bilan aniqlanadi. Zondlar tomoni S bo'lgan kvadrat uchlariga joylashgan holda potensial yoki tok zondlaridan birida kontakt yuzachaga ega bo'lsa, muntazam xatolik quyidagicha aniqlanadi:

$$\delta = \left(-\frac{1}{2} \ln 2 \right) \cdot \ln \left[2 \left(1 + \frac{r^4}{S^4} \right) / \left(1 + \left(1 - \frac{r^2}{S^2} \right)^2 \right) \right]$$

To'rtta zondning hammasida kontakt nuqtaviy bo'lmasa, umumiy xatolik yuqoridagi formulalar orqali aniqlangan xatoliklar yig'indisi bilan ifodalanadi.

Zondlar orasidagi masofaning takrorlanmasligi solishtirma qarshilikni aniqlashda muntazam xatoliklar kiritadi. Har bir zondlar holati yarimo'tkazgichda bir-biriga bog'lanmagan holda o'rtacha kvadratik xatolik bilan ΔS ga siljisa, qarshilikni o'lchashdagi tasodifiy xatolik zondlar orasidagi masofalar teng va ishonchlilik ehtimoli 0,95 bo'lgan holda hajmiy namunalar uchun

$$\delta \approx \frac{\Delta \rho}{\rho} = 2,06 \left(2 \frac{\Delta S}{S} \right)$$

bo'ladi. Solishtirma qarshilik yupqa qatlamlarda o'lchanganda zondlar orasidagi masofaning o'zgarishi bilan bog'liq tasodifiy xatolik

$$\delta \approx \frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\sqrt{5}}{2 \ln 2} \left(2 \frac{\Delta S}{S} \right)$$

formula orqali aniqlanadi. Kontakt qarshiligi germaniy va kremniylarda potensial zondlar orasidagi namuna qarshiligidan $10^3 \div 10^4$ marta katta bo'lishi mumkin. Potensial zondlarning kontakt qarshiligiga tushadigan kuchlanishni yo'qotish uchun 2 va 3 potensial zondlar orqali o'tadigan tokni yo'qotish kerak. Buning uchun kirish (ichki) qarshiligi katta bo'lgan voltmترلar (elektromترلar) qo'llaniladi yoki kompensatsiya usuli bilan kuchlanish o'lchanadi.

Namunadan tok o'tganda u qiziydi. Bu esa solishtirma qarshilikning o'zgarishiga olib keladi. Qarshilikning temperatura koeffitsiyenti kremniyda 0,009 K gacha yetishi mumkin. Tok zondlarining kontakt qarshiliklari natijasida namunada zondlar chizig'i bo'yicha temperatura gradiyenti va potensial zondlarda qo'shimcha potentsiallar ayirmasi (termik elektr yurituvchi kuch) paydo bo'lishi mumkin. Bu xatolik manbaini yo'qotish uchun solishtirma qarshilikni aniqlashda tokning kichik qiymatlarida va tokning ikki yo'nalishida o'lchash o'tkaziladi. Yarimo'tkazgich namunalarida solishtirma qarshilik aniqlanayotganda, uning qizimasligi uchun solishtirma qarshilikning kattaligiga qarab tokning ma'lum bir qiymatida (optimal tok qiymatlarida) o'lchash tavsiya qilinadi. Shuni aytib o'tish kerakki, ba'zan yuqori Om li kremniy namunalarida ($1000 \div 10000$ Om).tokning kichik sohasida ($I \text{ mA} > 0,3$) solishtirma qarshilikning tokka bog'liqligi kuzatilgan. Buni kichik tok sohasida namunada kirishmalar tekis tarqalmaganligi – fluktuatsiyasi natijasida paydo bo'lgan ichki maydonning tashqi maydondan kattaligi bilan tushuntiriladi. Shuning uchun

yuqori Om li namunalarda tok $1\text{mA} > 1 > 0,3\text{ mA}$ oralig'ida o'lchanadi, bu bilan namunaning qizishi kamaytiriladi.

ρ, Om	0,012	0,008 ÷ 0,6	0,4 ÷ 60	40 ÷ 1260	800
I, A	100	10	1	0,1	0,01

Zond bilan yarimo'tkazgich orasidagi kontakt qarshiligi to'rt zondli usulning qo'llanilishini chegaralovchi eng asosiy omillardan biridir. Ta'qiqlangan zona kengligi katta bo'lgan $A_2 B_6$ va $A_3 B_5$ turdagi yarimo'tkazgichlarda siqib qo'yiladigan zondlar hosil qilgan kontakt qarshiligi shunday katta bo'lishi mumkinki, bunda to'rt zondli usul ishlamaydi. Ba'zi bir hollarda bu qiyinchilikni yengishda zaryadlangan sig'imni zondyarimo'tkazgich orqali zaryadsizlash qo'llaniladi, bu bilan kontaktga ishlov beriladi. Natijada kontakt qarshiligi kamaytiriladi, metall-yarimo'tkazgich orasidagi potensial to'siq yo'qotiladi. Kontakt qarshiligi bilan metallyarimo'tkazgich orasidagi potensial to'siq bilan bog'liq bo'lgan xatolikni kamaytirish uchun metall zondga ishlatiladigan materialning qattiqligi yarimo'tkazgichnikidan katta bo'lishi kerak.

Zond materiallari sifatida diametri $D = 0,05 \div 0,5$ mm bo'lgan volfram, karbid volfram simlari ishlatiladi. Zondlarning uchlari odatda 450 dan 1500 gacha burchak bilan charxlanadi. S2080 markali zondlar qurilmasida har bir zondga qo'yilgan kuch $1,75 \div 0,25$ ga to'g'ri keladi, zondlari orasida masofa $1,3 \div 0,01$ mm. S2171, zondlar qurilmasida zondlar orasidagi masofa $0,75 \div 0,008$ mm, har bir zondga qo'yilgan o'rtacha siqish kuchi $0,7 \div 0,07$. Bu qurilmalar bilan sirt qarshiligini 0,1 dan 10^5 oraliqda $\pm 4,5\%$ xatolik bilan o'lchash mumkin.

Solishtirma qarshilikning temperaturaga bog'liqligi bilan bog'langan muntazam xatoliklarni yo'qotish uchun o'lchov vaqtida temperatura nazort qilib boriladi. T – temperaturada solishtirma qarshilik $\rho(T)$ ni bilgan holda shartli belgilangan T_0 – temperaturaga mos keladigan qiymatga

$$\rho(T_0) = \rho(T) [1 - C_1(T - T_0)]$$

formula orqali keltiriladi. Bu yerda: T – solishtirma qarshilikning temperatura (termik) koeffitsiyenti bo'lib, u yarimo'tkazgichlarning turiga, kirishmalarning tabiatiga va konsentratsiyalariga bog'liq.

Epitaksial qatlamlarning solishtirma qarshiligini aniqlashda ularning xususiyati bilan bog'liq bir qancha xatoliklar paydo bo'lishi mumkin. Epitaksial qatlamda solishtirma qarshilik o'lchanayotganda p-n va n-p strukturalarda p-n o'tishning hajmiy zaryad sohasi kengayadi. Epitaksial qatlamning solishtirma qarshiligi tagliknikidan katta bo'lganda hajmiy zaryad sohasining kengayishi epitaksial qatlam tomonga bo'ladi. Bu hodisani hisobga olmay va formulalar bilan solishtirma qarshilik

hisoblanganda, uning qiymati orttirib o'lgangan bo'ladi. Yuqori Om li, yupqa epitaksial qatlamlarni o'lchashda bu xatolik $10 \div 20\%$ ga yetishi mumkin.

Zondlardan o'tayotgan tokning ko'payishi p-n o'tishga qo'yilgan teskari kuchlanishni orttiradi, natijada hajmiy zaryad sohasidagi elektr maydon kuchlanganligi o'sadi. Bu sharoitda p- n o'tishini izolyatsiya qilish xossasi tokning ma'lum qiymatigacha saqlanadi. Tokning katta qiymatlarida hajmiy zaryadsohasi orqali taglikdan tok o'ta boshlaydi. Yupqa epitaksial qatlamlarning solishtirma qarshiligini o'lchashda metall zond bilan epitaksial qatlamning teshilishi va taglikda shuntlanish kuchayishi mumkin. Bu hodisa sodir bo'lmasligi uchun zondga qo'yilgan kuchni kichik qilib tanlash kerak. Zondga qo'yilgan o'rtcha kuchlanish $0,3 \div 0,03$ V bo'lishi tavsiya etiladi. Zondga qo'yilgan kuchni bundan kam bo'lishi zond kontakt qarshiligini oshiradi, bu esa o'lchov asboblari kirish qarshiligini oshirishni talab qiladi. Epitaksial qatlamlarda yuqorida ko'rilgan omillar uning sirt qarshiligini tokka bog'liq bo'lishiga olib keladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. M.A Azizov. Yarim o'tkazgichlar fizikasi. O'qituvchi nashriyoti 1974 y. 57-61 betlar. Toshkent
2. В.В.Батавин, Ю.А.Концевой, Ю.В.Федорович. Измерение параметров полупроводниковых материалов и структур. М. «Радио связь» 1985 г. 11-20 стр