

YARIM O`TKAZGICHLARNING YUPQA PARDALARI VA ULARNING ELEKTROFIZIK XOSSALARI

Turg'unboyev R.T.

Farg'ona davlat universiteti, FarDU 1-kurs

Fizika (Nazariy fizika) magistranti

E-mail: rasuljonturgunboyev3@gmail.com

Tel: +998990669808

Turg'unboyeva M.S.

Toshkent kimyo-texnologiyalar universiteti

1-kurs magistranti

Аннотация

Ushbu maqolada yupqa parda yarimo`tkazgich asboblarini yaratishda termoelementlarni olishda kirishmalarning samaradorligi va termo e.yu.k. va elektr o`tkazuvchanligi o`lchashning asoslari, yarimo`tkazgich yupqa parda termoelektrik energiya o`zgartirgichlarning issiq va elektr xarakteristikasi, yarimo`tkazgich yupqa parda termoelement tayyorlash texnologiyasi va usuli, olingan yupqa parda termoelement namunalardagi o`lchash natijalari, grafik, sxemalar va xulosalar bayon etilgan.

Kalit so'zlar: yarim o'tkazgichlar, yupqa qatlamlar, effektiv uzunlik, rekombinatsiya, sirtiy rekombinatsiya tezligi, qo`shqutbiy diffuziya koeffitsiyenti, lazer ligirlash.

Аннотация

В данной статье эффективность входов и термо э.ю.к.в получении термопар при создании тонкопленочных полупроводниковых приборов и основы измерения электропроводности, тепловые и электрические характеристики полупроводниковых тонкопленочных термоэлектрических преобразователей энергии, Технология и способ изготовления полупроводниковых тонкопленочных термопар, приведены результаты измерений на полученных образцах тонкопленочных термопар, графики, схемы и выводы.

Ключевые слова: полупроводники, тонкие слои, эффективная длина, рекомбинация, скорость поверхностной рекомбинации, коэффициент кроссполярной диффузии, лазерное лигирование.

Annotation

In this article, the effectiveness of inputs and thermo e.yu.k. in obtaining thermocouples in the creation of thin film semiconductor devices and basics of electrical conductivity measurement, thermal and electrical characteristics of semiconductor thin film thermoelectric energy converters, the results of measurements

on the obtained thin film thermocouple samples, graphs, schemes and conclusions are described.

Key words: semiconductors, thin layers, effective length, recombination, surface recombination rate, cross-polar diffusion coefficient, laser ligation

KIRISH

Fan va texnikada qo'llaniladigan yarim o'tkazgich moddalar namunalari ancha yupqa qatlamlardan iborat bo'ladi. Bunda sirtning tasiri va boshqa omillar muhim ahamiyatga egadir. Namuna yetarlicha yupqa bo'lganida amalda foydalaniladigan yoki o'rganiladigan elektrolar va kovaklar ishtirokidagi jarayonlar butunlay yarim o'tkazgichning sirtqi qatlamida sodir bo'lib, ularning hajmiy tashkil etuvchisini deyarli nazarga olmasa ham bo'ladi. Shunday holda namuna o'lchami faqat bir yo'nalishdagina kichik bo'ladi deb hisoblanishi (amalda shunday bo'ladi ham), hisoblash masalalari ancha soddalashadi.

O'rganiladigan yarim o'tkazgich modda sirtiga o'tkaziladigan yoki dielektrik qatlamlari ham yarim o'tkazgichning sirtiy qatlami xossalarini o'zgartirishi mumkin.

Yarim o'tkazgichlarning yupqa pardalari va ularning elektrofizik xossalari

Hozirgi vaqtda ishlab chiqarilayotgan asboblarda va tuzilmalarda qalinligidan bo'ylama o'lchamlari ancha katta yupqa qatlamlar va kontaktlar keng miqyosda qo'llanilmoqda. Bu aytilganlar yarim o'tkazgichlarning yupqa qatlamlarida va ko'p qatlamli tuzilmalarda yuz beradigan jarayonlarni o'rganish muammolarini yarim o'tkazgichlar fizikasining maxsus bo'limi sifatida qarab chiqishni taqozo qiladi.

Yarim o'tkazgich qatlamining qalin yoki yupqa deb hisoblanishini aniqlab beradigan muayyan maxsus o'lchamlar (uzunliklar) kiritiladi, ulardan eng muhimlari quyidagi to'rtta uzunlikdir:

- 1) nomuvozanatli zaryad tashuvchilar diffuziya uzunligi L_0 ;
- 2) ekranlashning effektiv uzunligi L_{de} ;
- 3) elektron yoki kovakning erkin yugirish uzunligi l_{nlp} ;
- 4) kristalda elektron yoki kovak to'liqini uzunligi λ_{nlp} .

Masalan, xona haroratsida germaniy yoki kremniy kabi yarim o'tkazgichlar uchun quyidagi tengsizliklar o'rinlidir:

$$L_0 \gg L_{de} \geq l_{nlp} \gg \lambda_{nlp} \quad (1)$$

Agar yarim o'tkazgich qatlamining kengligi d diffuziya uzunligi L_0 bilan taqqoslanarli bo'lsa ($d \sim L_0$), u holda qatlamning hajmidagi rekombinatsiya bilan bir vaqtda uning sirtidagi rekombinatsiyani etiborga olish zarur.

$d \ll L_0$ bo'lgan hollarda nomuvozanatli zaryad tashuvchilarning effektiv yashash vaqti τ_{eff} va effektiv diffuziya uzunligi L_{eff} mana bunday ko'rinishda bo'ladi:

$$\frac{1}{\tau_{eff}} = \frac{1}{\tau_0} + \frac{2s}{d} \quad (2)$$

$$\frac{1}{L_{\phi\phi}^2} = \frac{1}{L_0^2} + \frac{2s}{Dd} \quad (3)$$

bundagi s – sirtiy rekombinatsiya tezligi, D – qo`shqutbiy diffuziya koeffitsiyenti.

Baholashlar ko`rsatishicha, millimetr chmasidagi qalinlikli ancha namunalar uchun (2) va (3) ifodalar o`ng tomonidagi birinchi va ikkinchi hadlar qiymatlari bir-biriga yaqin, demak, rekombinatsiyaga nisbatan, santimetr qalinliklari namunalari qalin deb, yuzlarcha yoki o`nlarcha mikrometr chamasidagi namunalarni yupqa deb hisoblasa bo`ladi.

Agar $d \sim L_{de}$ bo`lsa, yani qatlam qalinligi ekranlash effektiv uzunligi tartibida bo`lsa, yarim o`tkazgich pardasidagi (yupqa qatlamidagi) zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi qalin qatlamdagi muvozanatiy konsentratsiyadan farq qiladi. Bu holda hatto yupqa qatlamdagi o`tkazuvchanlik tipi qalin qatlamdaginikiga qarama-qarshi bo`lishi mumkin.

Qatlamning qalinligi zaryad tashuvchilar erkin yugurish uzunligiga taqqoslanarli ($d \sim L_{nlp}$) bo`lgan holda sirtida zaryad tashuvchilar sochilishi hajmdagi bilan taqqoslanarli bo`lib qoladi. Kremniy va germaniy uchun xona haroratsida, kirishmalar uncha ko`p bo`lmaganda $l_{nlp} \sim 10^{-5} - 10^{-6}$ sm. Qatlamning bunday d qalinligini pardada zaryad tashuvchilar sochilishiga nisbatan chegaraviy deb hisoblash mumkin. Agar qatlam qalinligi de-Broyl to`lqin uzunligi chamasida ($d \sim L_{nlp}$) bo`lsa, bu holda kvant o`lchamlik effekt paydo bo`ladi. Kremniy kristalida $l_{nlp} \sim 100 \sim 200$ A. Ammo bunday qalinlikdagi yetarlicha mukammal qatlamlar hosil qilish qiyin masaladir.

Yarimo`tkazgichning yupqa qatlamlarini olishning bir necha usullari mavjud. Ancha ko`p qo`llaniladigan usullar gaz oqimi yordamida yoki suyuq fazadan qatlamlar o`tkazish (epitaksiya) usullaridir. Endi yupqa yarimo`tkazgich qatlamlariga tegishli hodisalar haqida bazi malumotni keltiramiz. Masalan, n tipdagi (elektronlar konsentratsiyasi $N_0 \gg P_0$) yarimo`tkazgich W qalinlikdagi sirt qatlamining elektrik sig`imi S odatdagi $C_\omega = \zeta_0 \zeta_s / W$ ifodadan farq qiladi:

$$I_{ps} = e\mu_{ps} E_s p_s - eD_{ps} \frac{dp_s}{dx} \quad (5)$$

bundagi E_s -sirtqi qatlamdagi elektr maydon kuchlanganligi, μ_{ps} , D_{ps} -shu qatlamda harakatlanayotgan kovaklar harakatchanligi, diffuziya koeffitsiyenti.

$$I_n I_p + I_p = E_v \sigma_v e (D_n + D_p) \frac{d\Delta P}{dx} \quad (6)$$

Bu ifodadagi kattaliklar hajmga tegishlidir.

Yarimo`tkazgichlarda hamma vaqt elekttronlar uchun taqiqlangan zonada chuqur sathlar hosil qiladigan kirishmalar yoki nuqsonlar mavjud bo`ladi.

Agar chuqur sathlar konsentratsiyasi legirlovchi kirishma konsentratsiyasidan ancha kichik bo`lsa, ulardagi zaryadni hisobga olmaslik mumkin, ular rekombinatsiya

markazlari xizmatini bajarib, nomuvozanatliy zaryad tashuvchilarning yashash vaqtini aniqlaydi.

Agar yuqoridagining aksi bo`lib, u holda hajmiy yopishish hodisasi vujudga keladi: nomuvozanatliy holatda chuqur sathlarda elektronlar konsentratsiyasi, ulardagi zaryad muhim darajada o`zgaradi. Bunday yarimo`tkazgichlarning hajmiy zaryad sohasida yuz beradigan nomuvozanatliy jarayonlar yana ham murakkab bo`ladi. hajmiy yopishish hodisasi yuz berganda sirtiy rekombinatsiya tezligi ham boshqacha bo`ladi, umuman aytganda, sirtiy qatlamdagi jarayonlar chuqur sathlar borligida boshqacha kechadi: yuqqa qatlamlardagi potensial taqsimoti qalin qatlamdagidan murakkabroq, rekombinatsion jarayonlar ham birmuncha o`zgacha yuz beradi.

Lazer legirlashning beshta usuli bor:

1.Namuna sirtini lazer qizdirish tasirida gaz fazadan legirlash.

2.Fotoliz lazer legirlash ham gaz fazadan amalga oshiriladi.

3.Implatatsion lazer legirlashda ham gaz fazadan amalga oshiriladi.

4.Kontakt qatlamda lazer legirlash usuli qo`llanganda yarim o`tkazgich sirtiga, maxsus ravishda, modda o`tkaziladi, uning atomlari keyin lazer qizdirganda yarim o`tkazgich ichiga muayyan chuqurlikkacha kiradi.

5.Kirishmalarni lazer yordamida kiritishda kontakt sohasi suyultiriladi, keyin diffuziya va implantatsiya amalga oshadi. Shu usul bilan olingan p-n tuzilmalarda to`g`ri tokning teskari tokka nisbatan fotosezgirlikning spektral xarakteristikasi boshqa legirlash usullaridan lazer yordamida kirishmalar kiritish usulining ustunligini ko`rsatadi.

Yarimo`tkazgichlarning elektr xossalari

1 jadval.

Xossasi	Kremniy	Germaniy	Galliy arsenidi	Galliy fosfidi
Ta`qiqlangan zona kengligi, eV da 0 K da				
300 K da	1,21	0,756	1,52	2,34
Ta`qiqlangan zona kengligining koeffitsiyenti, 10^{-4} , eV/K.....	1,10	0,66	1,43	2,26
Xususiy solishtirma qarshiligi, Om- sm 300 Kda.....	-4,1	4,4	-5,0	-3,67
Kirishmasiz yarimo`tkazgich zaryad tashuvchilarning harakatchanligi, $sm^2/V \cdot s$, 300 Kda: Elektronlar.....	$2,5 \cdot 10^5$	47	$3,7 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^{16}$
Kovaklar.....				
Zaryad tashuvchilarning xususiy konsentratsiyasi, sm^{-3} , 300 Kda.....	1450 480	3900 1900	10500 425	300 100
Kirishmasiz yarimo`tkaz-gichda zaryad tashuvchilar				

harakatchanligining bog`liqligi, $\text{sm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$: Eletkronlar..... Kovaklar.....	haroratga	$1,45 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^{13}$	10^7	10^5
		1300 $(T/300)^{-2}$	4500 $(T/300)^{-1,6}$	8500 $(T/300)^{-1}$	110 $(T/300)^{-1,5}$
		500 $(T/300)^{-2,7}$	3500 $(T/300)^{-2,33}$	420 $(T/300)^{-2,1}$	75 $(T/300)^{-1,5}$

Yarimo`tkazgichlarda keng tarqalgan kirishmalarning elektr tabiati

Yarimo`tkazgich	Neytral kirishma	Donorlar	Akseptorlar	Chuqur sath hosil qiluvchi kirishmalar
Kremniy	H,N,C,Ge,Sn,Pb,Ar	P,As,Sb,Li	B,Al,Ga,In	Cu,Au,Zn,Mn,Fe,S,Ni
Germaniy	H,N,C,Ge,Sn,Pb,Ar	P,As,Sb,Li	B,Al,Ga,In	Cu,Ag,Au,Zn,Cd,Mn,Ni,Fe,S,Se,Te
Galliy arsenidi	H,N,B,Al,In,P,Sb	Si,Sn,Te,S,Se	Zn,Cd,Be,Li	Cr,Fe,V,Ni,Mg,Au,Ge,Mn,Ag
Galliy fosfidi	H,N,B,Al,In,As,Sb	Si,Sn,Te,S,Se	Be,Mg,Zn,Cd,C	Cu,O,Ge,Co,Fe,Cr,Mn

XULOSA

Fan-texnikani rivojlanishi XXI asr boshlaridanoq moddalarni yoki kristal jismlarni yoki yarimo`tkazgich materiallardan yupqa pardali termoelementlarni olish va o`lchash, aniqlash, ular to`g`risida fizik tavsifnomalar berish, bugungi kunning dolzarb masalalaridandir. Yupqa yarimo`tkazgich moddalar materiallarini tavsifnomalarini olishda ularni α -termo e.yu.k., σ -elektr o`tkazuvchanlik va Z – termoelektr samaralar o`lchash ishlari muhim ahamiyat kasb etadi.

Yupqa parda yarimo`tkazgich asboblarini yaratishda termoelementlarni olishda kirishmalarning samaradorligi va termo e.yu.k. va elektr o`tkazuvchanligi o`lchashning asoslari bayoni keltirilib, bunda:

- a) parametrlarning α -termo e.yu.k. aniqlash usuli;
 - b) yarimo`tkazgich yupqa pardali termoelementlarni kinetik o`lchashda legirlash usullari va qisqacha xulosalarini bayon etildi.
 - d) yarimo`tkazgich yupqa parda termoelektrik energiya o`zgartirgichlarning issiq va elektr xarakteristikasini tekshirish;
 - g) yarimo`tkazgich yupqa parda termoelement tayyorlash texnologiyasi va usuli;
- Olingan yupqa parda termoelement namunalardagi o`lchash natijalari, grafik, sxemalar va xulosalar bayon etilgan.

Adabiyotlar:

1. Ioffe A.F. Poluprovodnikovыetermoelementы. / M.-L.: Izd-vo AN SSSR, 1960.
2. T.M. Azimov, GaynazarovaK.I., Onarkulov M.K., A. A. Yuldashev. Thermoelectric and Galvanomagnetic Properties of the Alloy $\text{Bi}_2\text{Te}_3 + 0.04$ Weight% Ni in the Temperature Range $77 \div 300\text{K}$ / American Journal of Modern Physics. 2021. p. 124-128.
3. Huang B.et al. Low-temperature characterization and micropatterning of coevaporated Bi_2Te_3 and Sb_2Te_3 films. //Journal of Applied Physics. 2008. Vol. 104. № 11. Pp. 113710-113715.
4. Voronin A. I. et al. Structure of Profiled Crystals Based on Solid Solutions of Bi_2Te_3 and Their X-Ray Diagnostics. // Journal of electronic materials. 2011. Vol. 40. №. 5. Pp. 794-800.