



SUYUQ FAZADA O'STIRILGAN PSI-N(SI₂)_{1-x}(CDS)_x TUZILMANING ELEKTROFIZIK VA FOTOELEKTRIK XOSSALARI

Saidov A.S.

Fiziko-Texnika ilmiy-tadqiqot instituti O'zFA Tashkent sh.

Gaymnazarov.K.G.

Saparova G.B.

Guliston Davlat Universiteti Gulistan sh.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10640356>

ARTICLE INFO

Received: 01st February 2024

Accepted: 05th February 2024

Published: 08th February 2024

KEYWORDS

qattiq qorishma, eruvchanlik, to'yingan qorishma, tuzilma, kristallanish, suyuq fazali epitaksiya, epitaksial qatlam, kremniy.

ABSTRACT

Har xil temperaturada $pSi-n(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$ strukturalarining voltamper xarakteristikalari tekshirildi. Bunday strukturalarning voltamper xarakteristikalari kuchlanish bo'yicha tokning oshishi $V \propto V_0 \exp(JaW)$ subchiziqli qismga ega ekanligi qayd etildi. Tajriba natijalari injeksion kamayish effekti nazariyasi asosida tushuntirildi.

CdS kiritmalari mavjud bo'lgan namunalarda spektrning qisqa to'lqinli soxasida fotonlar energiyasining $E_{ph} \geq 2,2$ eV qiymatlarida fotosezgirlikning ko'tarilishi kuzatildi. Bu holat CdS izovalent kiritmalariga fotovoltaiik effektning ta'siri bilan vujudga kelishi ko'rsatilgan.

A^2B^6 va A^3B^5 birikmalari va ularning qattiq qorishmalari yarimo'tkazgichlar asboblari yaratishda asosiy material hisoblanadi. Ammo A^2B^6 va A^3B^5 ning juda ko'p birikmalari narxi baland xomashyolar xisoblanganligi bois, ulardan massiv elementlar tarzida keng miqyosda foydalanish iqtisodiy jixatdan chegeralangan. Optoelektron elementlar aktiv qismining o'lchami bir necha mikrometrni tashkil etishi sababli, mazkur birikmalarni qulay va arzon, xususan, kremniy (Si) monokristallari asosidagi tagliklarda o'stirish maqsadga muvofiq. Lekin, kremniy va unda o'stiriluvchi A^2B^6 va A^3B^5 birikmalari epitaksial qatlamlarining panjara va issiqlik kengayish koeffitsientlari o'lchamlari o'rtasida farq borligi sababli bunday birikmalarni kremniy tagliklarga to'g'ridan-to'g'ri o'stirish mushkul [1]. Bu nomutanosiblikni kremniy tagligi va epitaksial qatlam orasiga o'stirilgan bufer qatlami yordamida yo'qotish mumkin. Bufer qatlam sifatida bir maromda o'zgaruvchi ($0 \leq x \leq 1$) $(Si_2)_{1-x}(A^2B^6)_x$, $(Si_2)_{1-x}(A^3B^5)_x$ birikmalarining varizon qattiq qorishmalaridan foydalanish mumkin. Bufer qatlam panjaralar o'lchamini moslashtirib, taglik va epitaksial qatlam orasidagi mexanik zo'riqishning oldini oladi.

$(S_2^4)_{1-x}(A^2B^6)_x$ va $(S_2^4)_{1-x}(A^3B^5)_x$ qattiq qorishmalarini printsipial olish mumkinligi [3-5] larda keltirilgan. Hozirgi vaqtgacha $(Ge_2)_{1-x}(ZnSe)_x$, $(Ge_2)_{1-x}(ZnS)_x$, $(Si_2)_{1-x}(GaP)_x$, $(Si_2)_{1-x}(GaAs)_x$, $(Si_2)_{1-x}(ZnS)_x$, $(Sn_2)_{1-x}(InSb)_x$, $(Ge_2)_{1-x}(InP)_x$ qattiq qorishmalar eksperimental olingan. Ammo $(Si_2)_{1-x}(CdS)_x$, $(Si_2)_{1-x}(ZnSe)_x$, $(Si_2)_{1-x}(ZnTe)_x$ singari qattiq qorishmalar bizgacha olinmagan. Olingan qattiq qorishmalar ham chuqur o'rganilmagan va yangi tadqiqotlarni talab qiladi.

Shu sabab Si tagliklarda $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$, o'rin almashuvchi qattiq qorishmalarini o'stirish, ularning elektrofizik va fotoelektrik xarakteristikalarini o'rganish yarimo'tkazgich materialshunosligining dolzarb masalasi xisoblanadi.

pSi-n(Si_2) $_{1-x}$ (CdS) $_x$ tuzilmani o'stirish metodikasi

Ushbu maqolada suyuq fazali epitaksiya usulida vertikal joylashgan reaktorli qurilmada o'rin almashuvchi $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ qattiq qorishmalarni o'stirishning muhim jixatlari va olingan epitaksial qatlamlarning strukturaviy takomillashganligining tadqiqi natijalari keltirilgan.

$(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ qattiq qorishma diametri 20 mm, qalinligi ~ 350 mkm, (111) kristallogrifik orientatsiyali, p-tipi monokristall Si shaybalariga Sn qotishma–qorishma (Si-CdS-Sn) dan o'stirildi. Texnologik jarayonning parametrlarining optimal qiymatlari quyidagilar:

a) kristallanish xarorati– 950°S ; b) quyi va yuqori tagliklar orasidagi masofa -1 mm; v) taglikning sovutish tezligi– 1 gradG/min.

O'stirilgan kristall takomillashgan qatlamlar silliq yuzali, (111) orientatsiyali, $\sim 0,016$ Om·sm solishtirma qarshilikka va n-tip o'tkazuvchanlikka ega bo'lib, texnologik rejim parametrlariga bog'liq ravishda qalinligi 10–25 mkm ni tashkil etdi.

O'stirilgan $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ epitaksial qatlam yuzasining kimyoviy tarkibini rentgenospektral tahlili qatlam yuzasi bo'yicha komponentalarning bir xilda taqsimlanganligini va makroskopik nuqsonlar, metall bog'lanishlar yo'qligini ko'rsatadi. $(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ qattiq qorishma tarkibi qatlam qalinligi bo'yicha $0 \leq x \leq 0,01$ oraliqda o'zgaradi. Si ($5,41 \text{ \AA}$) va GaAs ($5,65 \text{ \AA}$) panjara parametrlarini moslashtirish va Si-taglikdan GaAs ning epitaksial qatlamiga silliq chiqish uchun Si_2 , SiGe, Ge_2 va GaAs dan tashkil topgan bufer qatlamdan foydalanildi. Si_2 , SiGe, Ge_2 i GaAs molekulari atomlarining kovalent radiuslari yig'indilari farqi 4,3% dan oshmaydi va bu komponentalar o'rin almashuvchi qattiq qorishma hosil bo'lish shartini qanoatlantiradi [4].

Eksperimental tadqiqotlar

$(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ qattiq qorishma va ular asosida olingan p-n strukturalarning elektrofizik xossalari tadqiq qilish jarayonida namunalarga vakuumli sepish usulida kumushdan omik kontaktlar hosil qilindi.

$\sim 0,016$ Om·sm solishtirma qarshilikli $n(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ ($0 \leq x \leq 0,01$) qattiq qotishma asosida n-baza qatlami $-W \approx 25$ mkm qalinlikdagi pSi-n(Si_2) $_{1-x}$ (CdS) $_x$ struktura tayyorlandi. pSi taglik solishtirma qarshiligi 10 Om·sm ga teng.

293 – 423 K oraliqda pSi-n(Si_2) $_{1-x}$ (CdS) $_x$ ($0 \leq x \leq 0,01$) strukturaning voltamper xarakteristikasi (VAX) o'rganildi (1-rasm). VAX ning 0,5 V gacha bo'lgan boshlang'ich qismi

$$I = I_0 \cdot \exp(qV / ckT) \quad (1)$$

ko'rinishdagi eksponentsial bog'liqlik bilan yaxshi tavsiflanadi [7,8],

bunda q – elementar zaryad, k – Boltsman doimiysi, V – kuchlanish, T – absolyut xarorat. Eksponentadagi daraja ko'rsatkichi «c» ning qiymatini bevosita eksponentsial qismdagi eksperimental nuqtalardan xisoblash mumkin:

$$c = \frac{q}{kT} \cdot \frac{V_2 - V_1}{\ln(I_2 / I_1)} \quad (2)$$

bunda I_1, I_2 – turli V_1, V_2 kuchlanishlarga mos keluvchi toklar. Xona xaroratida $s \approx 5.71$ ga teng bo'lib, bu «uzun» diod uchun o'rinlidir ($W/L_p > 1$, $L_p = \sqrt{D_p \tau_p}$ – noasosiy tok tashuvchilar diffuziyasi uzunligi). «c» ning turli xaroratdagi qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan. Boshqa tomondan «c» quyidagi ifoda yordamida tavsiflanadi [7]:

$$c = \frac{2b + ch(W / L_p) + 1}{b + 1} \quad (3)$$

bunda $bq_{\mu n}G'_{\mu p}$ – elektron va kovak harakatchanliklari nisbati. Xoll metodi bilan aniqlangan asosiy tok tashuvchilar harakatchanligi xona xaroratsida $\mu_n \sim 290 \text{ sm}^2\text{G}'(\text{V}\cdot\text{s})$ ga teng. $A^{II}B^{VI}$ guruh materiallarida kovaklar harakatchanligi (μ_k) elektronlar harakatchanligidan ko'p marta kichikligi sababli, baholash uchun $\mu_k \sim 10 \text{ sm}^2\text{G}'(\text{V}\cdot\text{s})$ deb olamiz. Tajribaviy egri chiziqlardan «c» ning qiymatini aniqlab, bu holda $b \approx 29$ ligini hisobga olib, (3) ifodadan $WG'L_p$ nisbatning qiymatini topamiz. Keyin L_p ning qiymatini hisoblash mumkin. Bu parametrlarning topilgan qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan ko'rinib turibdiki 293-423 K xaroratlar oralig'ida noasosiy zaryad tashuvchilar diffuziya uzunligi xaroratga zaif bog'langan.

(1) ifodadagi eksponenta oldidagi I_0 quyidagi ko'rinishga ega [7]:

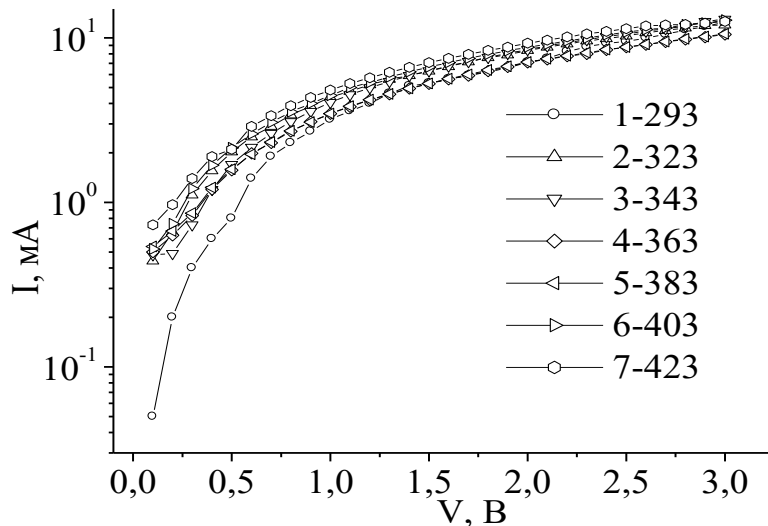
$$I_0 = \frac{kT}{q} \cdot \frac{S \cdot b \cdot ch(W / L_p)}{2(b+1) \cdot L_p \cdot \rho \cdot tg(W / 2L_p)} \quad (4)$$

bunda S – namuna yuzasi, ρ – p-n o'tishdagi o'tish qatlamining solishtirma qarshiligi. VAXsining tajribaviy nuqtalaridan I_0 ning qiymatlarini aniqlab, (4) ifoda yordamida solishtirma qarshilikning qiymatini hisoblash mumkin.

1-jadval.

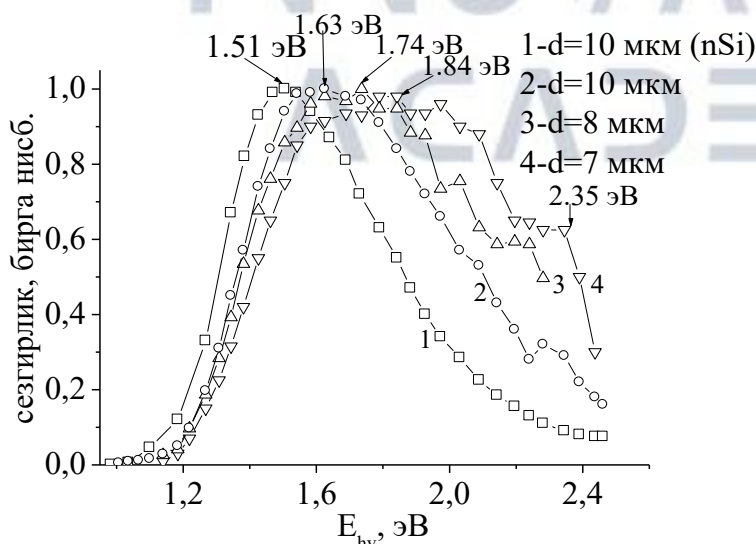
$n(\text{Si}_2)_{1-x}(\text{CdS})_x$ ($0 \leq x \leq 0.01$) qattiq qorishma uchun (1) ifodadagi eksponenta ko'rsatkichi «s», noasosiy zaryad tashuvchilar diffuziya uzunligining (L_r) turli haroratlardagi qiymatlari

T, K	293	323	343	363	383	403	423
s	5.71	6.91	8.48	9.92	8.46	7.95	7.5
L_p , mkm	4.55	4.35	4.16	4.03	4.16	4.22	4.27



1-rasm. pSi-n(Si₂)_{1-x}(CdS)_x (0 ≤ x ≤ 0,01) struktura VAXsining turli haroratlardagi to'g'ri qismi.

Kremniyli pSi-nSi struktura spektral sezgirliги uning yuza epitaksial nSi qatlamini n(Si₂)_{1-x}(CdS)_x (0 ≤ x ≤ 0,01) qattiq qorishma bilan almashtirish natijasida qisqa to'liqlar tomonga kengayadi. (2-rasm) Shuning uchun sezgirlik maksimumining fotonlar energiyasining oshishi tomoniga siljishi kuzatiladi. CdS kiritmali namunalarda spektrning qisqa to'liqlar uzunlikla sohasida fotonlar energiyasining $E_{ph} \approx 2,4$ eV qiymatida sezgirlik cho'qqisi mavjud. sulfid kadmий kristall panjarasi matritsasida joylashgan CdS bog'lanish ionlashish energiyasi- $E_{CdS} \approx 2,48$ eV kremniy kristall panjarasi matritsasida joylashgan Si-Si bog'ning ionlashish energiyasi- $E_{Si-Si} \approx 1,1$ eV dan katta bo'lib, Si-Si molekulasida atomlari kovalent bog'lanishi Si-Si bog'nikidan mustahkam.



2-rasm. pSi-n(Si₂)_{1-x}(CdS)_x (0 ≤ x ≤ 0,01) strukturaning turli namunalari fotosezgirliгining spektral bog'liqligi: 1 – nSi epitaksial qatlam bilan; 2, 3, 4 – CdS kiritmali epitaksial qatlam bilan.

XULOSA

O'stirilgan epitaksial qatlamlarda rentgen mikroanalizi CdS ning moldagi miqdori $\sim 1 \cdot 10^{20} \text{ sm}^{-3}$ ekanligini ko'rsatadi, va shuning uchun CdS kiritmalari mavjud bo'lgan namunalarda spektrning qisqa to'liqli sohasida fotonlar energiyasining $E_{ph} \geq 2,2 \text{ eV}$ qiymatlarida fotosezgirlikning ko'tarilishi kuzatiladi. Bu holat CdS izovalent kiritmalariga fotovoltaiik effektning ta'siri bilan vujudga keladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Саидов, А. С., Раззаков, А. Ш., & Гаимназаров, К. Г. (2001). Получение эпитаксиальных слоев твердого раствора (GaAs)(ZnSe) x из свинцового раствора-расплава. Письма в ЖТФ, 27(22).
2. Saidov, A. S., Razzakov, A. S., & Gaimnazarov, K. G. (2001). Liquid phase epitaxy of (GaAs) 1-x (ZnSe) x solid solution layers from a lead-based solution melt. Technical Physics Letters, 27, 973-974.
3. Saidov, A. S., Usmonov, S. N., Gaimnazarov, K. G., & Saidov, M. S. (2006). Growth and photosensitivity of the (GaAs) 1-x (ZnSe) x solid solutions. Applied Solar Energy, 42(1), 52-55.
4. Saidov, A. S., Saparov, D. V., Usmonov, S. N., Gaimnazarov, K. G., & Maripov, I. I. (2021, September). Growing the solid solution of molekular substitution (GaAs) 1-z (ZnSe) z. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1181, No. 1, p. 012002). IOP Publishing.
5. Гаимназаров, К. Г., & Усмонов, Ш. Н. (2021). ВЫРАЩИВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО СЛОЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА (GaAs) 1-x (ZnSe) x ИЗ ОЛОВЯННОГО РАСТВОРА-РАСПЛАВА. In Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований (pp. 15-18).
6. Гаимназаров, К. Г., & Усмонов, Ш. Н. (2021). ВЫРАЩИВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО СЛОЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА (GaAs) 1-x (ZnSe) x ИЗ ОЛОВЯННОГО РАСТВОРА-РАСПЛАВА. In Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований (pp. 15-18).
7. Saidov, A. S., Saparov, D. V., Usmonov, S. N., Gaimnazarov, K. G., & Sultanov, M. K. (2021). FEATURES OF LIQUID-PHASE EPITAXY OF (GaAs) 1-x (ZnSe) x SOLID SOLUTION FROM THE TIN SOLUTION-MELT. Bulletin of Gulistan State University, 2021(1), 7-14.
8. Usmonov, S. N., & Gaimnazarov, K. G. (2018). TRANSFER OF ELECTRIC POWER IN HETERO-STRUCTURE n-GaAs- p-(GaAs) 1- x (ZnSe) x ($0 \leq x \leq 0.80$). Bulletin of Gulistan State University, 2018(4), 9-12.
9. Saidov, M. S., Usmonov, S. N., Saparov, D. V., & Gaimnazarov, K. G. (2010). The spectral photosensitivity of pSi-n (GaSb){sub 1-xy}{Si {sub 2}}{sub x}{GaAs}{sub y} structures; Spektral'naya fotochuvstvitel'nost'pSi-n (GaSb){sub 1-xy}{Si {sub 2}}{sub x}{GaAs}{sub y} struktur.
10. Usmonov, S. N., Gaimnazarov, K. G., Risboev, T. R., Zhuraev, U. B., & Davlatov, T. G. (2010). The volt-ampere characteristics of pGaAs-n (GaAs){sub 0, 97}{ZnSe}{sub 0, 03} structures; Vol'tampernaya kharakteristika pGaAspGaAs-n (GaAs){sub 0, 97}{ZnSe}{sub 0, 03} struktur.
11. Saidov, M. S., Usmonov, S. N., Saparov, D. V., & Gaimnazarov, K. G. (2010). The spectral photosensitivity of pSi-n (GaSb) 1-xy (Si 2) x (GaAs) y structures.
12. Usmonov, S. N., Gaimnazarov, K. G., Risboev, T. R., Zhuraev, U. B., & Davlatov, T. G. (2010). The volt-ampere characteristics of pGaAs-n (GaAs) 0, 97 (ZnSe) 0, 03 structures.

13. Saidov, M. S., Saidov, A. S., Gaimnazarov, K. G., & Usmonov, S. N. (2007). The synthesis of varyband solid solution $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$; Sintez varizonnykh tverdykh rastvorov $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$. Uzbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasining Maruzalari.
14. Saidov, M. S., Saidov, A. S., Gaimnazarov, K. G., & Usmonov, S. N. (2007). The synthesis of varyband solid solution $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$. Uzbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasining Maruzalari, 15-17.
15. Saidov, A. S., Gaimnazarov, K. G., & Risboev, T. R. (2004). The growth of variband solid solutions $(\text{GaAs})_{0,34}(\text{ZnSe})_{0,65}$ from tin solution-melt; Vyrashchivanie varizonnykh tverdykh rastvorov $(\text{GaAs})_{0,34}(\text{ZnSe})_{0,65}$ iz olovyannogo rastvora-rasplava.
16. Djurayev, M. E., & Kurbanova, C. T. (2024). PROTECTED AREAS IN WILDERNESS LANDSCAPES AND ENSURING ECOLOGICAL SECURITY IN UZBEKISTAN. Journal of Geography and Natural Resources, 4(01), 146-152.
17. Djurayev, M., & Husenov, J. (2022). STUDIES IN GEOGRAPHY, CONFLICTS AND SOLUTIONS IN APPLIED GEOGRAPHY. Journal of Geography and Natural Resources, 2(01), 24-28.
18. Джураев, М. Э. (2021). ЗНАЧЕНИЕ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СВЕЗИ ПАРАГЕНЕТИЧЕСКИХ ЛАНДШАФТОВ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ. Экономика и социум, (10 (89)), 636-640.
19. Sattarov, S. M., Khudaykulov, S. I., Djuraev, M. E., & Axunbabaev, M. M. (2018). DETERMINATION OF THE CONCENTRATION OF NON-CONSERVATIVE SUBSTANCES IN A MULTI-DENSITY FLOW. Bulletin of Gulistan State University, 2018(2), 7-12.

INNOVATIVE
ACADEMY