

ЗАХИРИДДИН
МУҲАММАД БОБУР
НОМИДАГИ АНДИЖОН
ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ANDIJAN STATE
UNIVERSITY NAMED
AFTER ZAKHIRIDDIN
MUKHAMMAD BABUR

ИЛМИЙ ХАБАРНОМА

Физика-математика
Тадқиқотлари
(Махсус сон)

SCIENTIFIC BULLETIN

Physical and
Mathematical Research
(Special Issue)

Андижон
2023 йил

Муассис

Захириддин Мухаммад Бобур номидаги Андижон давлат университети

**ИЛМИЙ ХАБАРНОМА.
ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
ТАДҚИҚОТЛАРИ**

Журнал бир йилда 2 марта чоп этилади.

Андижон вилояти ахборот ва оммавий коммуникациялар бошқармаси
томонидан 2019-йил 26 декабрда
0452 рақам билан рўйхатга олинган.

Нашр индекси: 344

Нашр учун масъул:
А.Й.Бобоев

Босишга рухсат этилди:
27.12.2019.

Қоғоз бичими: 60x81 1/8

Босма табоғи: 13,5

Офсет босма. Офсет қоғози.

Адади: 110 дона.

Баҳоси келишилган нарҳда.

Буюртъа №: 165.

“Мухаррир” нашриёти манбаа бўлимида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Сўгалли ота кўчаси 7-уй

Таҳририят манзили:

170100, Андижон шаҳри, Университет кўчаси, 129. Телефон: +998911602043.

Факс: (374) 223-88-30

E-mail: adu_xabarnoma@mail.ru Расмий сайт: uzjournals.edu.uz/adu

**Сборник статей международной научно-практической конференции по
«Полупроводниковая опто- и наноэлектроника, альтернативные
источники энергии и их перспективы» Андижан, 12-13 октября 2023 года**

ОГЛАВЛЕНИЕ

С.З. ЗАЙНАБИДИНОВ, А.Й. БОБОЕВ, Б.М. ЭРГАШЕВ Механизмы формирования квантово-размерных нанообъектов в многокомпонентных структурах GaAs/Ge/ZnSe и GaAs/Si/ZnSe.....	7
М.Х. АШУРОВ, Б.Л. ОКСЕНГЕНДЛЕР, С.Х. СУЛЕЙМАНОВ, С.Е. МАКСИМОВ, З.И. КАРИМОВ, Н.Н. НИКИФОРОВА, Ф.А. ИСКАНДАРОВА Современные аспекты радиационной деградации твердых тел и биообъектов.....	10
М.Т. НОРМУРАДОВ, Е.Н. ВЛАСОВА, К.Т. ДОВРАНОВ, Д.А. НОРМУРОДОВ, Х.Т. ДАВРАНОВ Измерение оптических параметров, диэлектрических материалов, созданных низкоэнергетическим ионно-плазменным методом.....	15
Е.С. РЕМБЕЗА, Т.В. СВИСТОВА, Н.Н. КОШЕЛЕВА, М.Б. РАСУЛОВА Гетероструктуры металлооксид-кремний, как перспективные структуры для создания солнечных элементов.....	24
О.О. МАМАТКАРИМОВ, В.Х. QUHQAROV, М.А. ERGASHEV, А.А. XOLMIRZAYEV Yarimo'tkazgich moddalariga asoslangan konvertorlarni ishlab chiqishda va uning asl parametrlarini saqlanishini o'rganish xossalari.....	28
S.Z. ZAINABIDINOV, H.J. MANSUROV, N.YU. YUNUSALIEV Photoelectric Properties of n-ZnO/p-Si Heterostructures.....	34
Х.Б. АШУРОВ, А.А. ЗАРИПОВ, А.А. РАХИМОВ, У.Ф. БЕРИДЕВ, И.Ж. АБДИСАИДОВ, М.М. АДИЛОВ Методы синтеза никелевого нанокатализатора для получения углеродных нанотрубок.....	39
Н.Ф. ЗИКРИЛЛАЕВ, М.М. ШОАБДУРАХИМОВА Особенности автоколебаний тока в компенсированном кремнии и их применение в электронике.....	46
Ш.Б. УТАМУРАДОВА, Ж.Ж. ХАМДАМОВ, В.Ф. ГРЕМЕНОК, К.А. ИСМАЙЛОВ, Х.Ж. МАТЧОНОВ, Х.Ю. УТЕМУРАТОВА Комбинационное рассеяние света в монокристаллическом Si, легированного атомами Gd.....	54
N.N. ABDURAZAKOV, R. ALIEV Power load forecasting using linear regression method of machine learning: Andijan regional case.....	58
И. Н. КАРИМОВ, М. ФОЗИЛЖОНОВ, А.Э. АБДИКАРИМОВ Вольт-фарадные характеристики SOI FINFET структуры.....	63
О.А. АБДУЛХАЕВ, А.З. РАХМАТОВ Низковольтные ограничители напряжения на основе структур с эффектом смыкания.....	67
SH.X. YO'LCHIYEV, B.D. G'ULOMOV, J.A. O'RINBOYEV ZnO va ZnO:Al yuqqa plyonkalarini sintez qilish va ularni fizik xossalari o'rganish.....	75
Ш.Т. ХОЖИЕВ, С.Ф. КОВАЛЕНКО, С.Е. МАКСИМОВ, В.М. РОТШТЕЙН, О.Ф. ТУКФАТУЛЛИН, Б.Л. ОКСЕНГЕНДЛЕР, Ш.К. КУЧКАНОВ Кластеры Y_n^+ и $Y_nO_m^+$, распыленные ионной бомбардировкой: эксперимент и теоретические аспекты.....	79

M. RASULOVA	
Application of Solution of the Quantum Kinetic Equations for Renewable Energy problem.....	85
A.A.МИРЗААЛИМОВ, Р.АЛИЕВ, Н.А.МИРЗААЛИМОВ	
разработка высокоэффективных и ресурсосберегающих конструкций кремниевых высоковольтных фотоэлектрических устройств.....	89
D.G' KHAJIBAEV, B.Ya. YAVIDOV	
On correlation of T_c and Cu-O _{apex} distance in single layered cuprates.....	97
A. АБДУЛВАХИДОВ, С.ОТАЖОНОВ, Р.ЭРГАШЕВ	
Фоточувствительность солнечных элементов гетероструктуры p CdTe – n CdS и p CdTe – n CdSe с глубокими примесными уровнями.....	102
М.К. КУРБАНОВ, К.У. ОТАБАЕВА, Д.У. ХУДОЙНАЗАРОВА	
Распыление пленок льда при бомбардировке ионами Ag+.....	107
H.O. QO'CHQAROV S.B. FAZLIDDINOV B.B.BURXONJANOV	
Simmetrik bo'lgan silikon diodning statik parametrlarini hisoblash p-n-uch nuqtali zaryadlangan nuqsonlarning δ -qatlami o'tish.....	113
N.Yu. SHARIBAYEV, B.M. BAXROMOV R.M. JALALOV A.A. YUSUFJONOV	
Study of electrophysical properties of semiconductor materials based on lead-selenium.....	120
Ш.К.КУЧКАНОВ, Х.Б.АШУРОВ, Б.М.АБДУРАХМАНОВ, С.Е.МАКСИМОВ, О. Э. КИМИЗБАЕВА, Ш.А.МАХМУДОВ	
О роли структурных дефектов в процессах генерации при нагреве эдс и носителей заряда в эпитаксиальных плёночных кремниевых p-n-структурах.....	125
S.Z. ZAYNABIDINOV, I.M. SOLIYEV, SH.K. AKBAROV	
Kremniy monokristallarida elektro noaktiv nikel va kislorod atomlarining o'zaro tasirlashuvi.	128
M.A.MUYDINOVA, G.J. MAMATOVA	
Yarimo'tkazgich plastinalar sirti va p-n strukturalarning optik xususiyatlari va ularni takomillashtirish usullari.....	132
L.O.OLIMOV, I.I. ANARBOYEV	
Kremniy granulalari asosida termoelektrik material samaradorligini oshirish mexanizimi.....	136

O.O. Mamatkarimov¹, B.X.Quchqarov², A.A.Xolmirzayev³, M.A.Ergashev¹, A.A.Xolmirzayev

³Namangan davlat universiteti

Qoida tariqasida, birikma qalin plyonkalar ($d > 100 \text{ nm}$) yoki turli stexiometrik nisbatlarga ega III-Sb birikmalari (AlSb, GaSb, GaInAsSb) asosidagi superpanjaralar shaklidahosil bo'ladi. Kremniy va GaSb panjara konstantalari o'rtasidagi nomuvofiqlik 12%ni tashkil etib, bu nanometr qalinlikdagi plyonkalarining shakllanishiga to'sqinlik qiladi, lekin polikristalli kremniy yuzasida ham nanokristallarning o'sishiga yordam beradi. Bu xususiyat kremniy va GaSb nanokristallarining yuqori hajmli konsentratsiyaga ega monolitik integratsiyalashuvi uchun imkoniyatlarni ochadi. Ikkala material ham termoelektrik materiallari tomonidan ilgari surilgan shartni qondiradi.

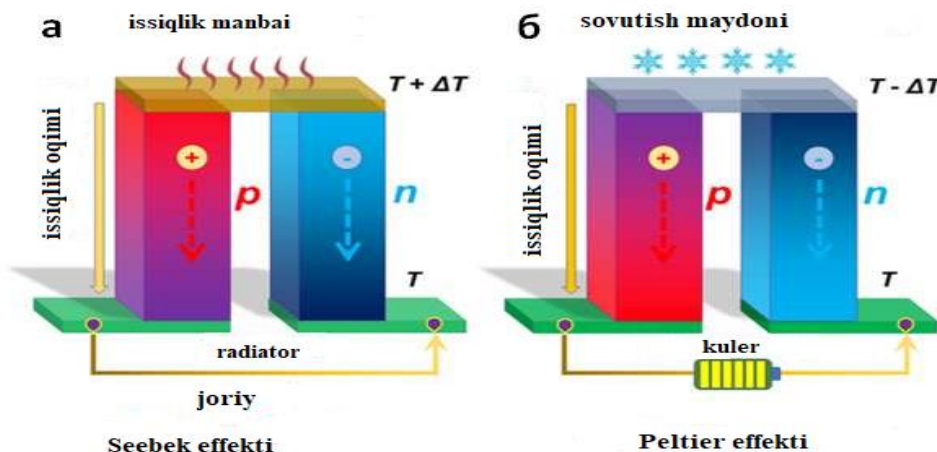
Kalit so'zlar: vismut, surma, selen, tellur, konvertor, termojuftlik, detector, termofotovoltaik, stexiometrik.

Kirish. Past haroratli termojuftlar uchun bugungi kunda vismut, surma, selen va tellurga asoslangan birikmalar (BST va BTS birikmalarini) taqdim etadi. Yuqori termoelektrik harorat ko'rsatkichga qaramay bunday birikmaga asoslangan modullarning keng tijorat maqsadlarida qo'llanilishi elementlarning yuqori narxi va toksikligi bilan murakkablashadi. Silikon bunday kamchiliklardan mahrum shuningdek iqtisodiy jihatdan samarali va ko'plab elektron qurilmalarda keng qo'llaniladi. Biroq, yuqori issiqlik o'tkazuvchanligi tufayli past termoelektrik ko'rsatkich uning keng qo'llanilishiga to'sqinlik qiladi. Termoelektr generatoring ishlashi to'g'ridan-to'g'ri elektr xususiyatlariga bog'liq va teskari issiqlik o'tkazuvchanligiga ega. Silikon keng harorat oralig'ida elektr parametrlarida raqobatbardosh ko'rsatkichlarinamoyish etadi. Biroq, kremniyning yuqori issiqlik o'tkazuvchanligi uning kengqo'llanilishiga to'sqinlik qiladi.

Ishning maqsadi. Yarimo'tkazgich moddalariga asoslangan konvertorlarni ishlab chiqishda kremniy, uning asl elektr parametrlarini saqlab qolish, eng muhimi issiqlik uzatishni sezilarli darajada murakkablashtiradi. Bu holda eng muhosasiz ko'rinishda yuqori hajmli konsentratsiyaga ega bo'lgan nanokristallar termojuftlikning asosiy matritsasi hisoblanadi. Bunday tuzilmalarni shakllantirish uchun mos materiallardan biri galyum antimoniddir. Ushbu birikma to'g'ridan-to'g'ri bo'shliqli yarimo'tkazgich bo'lib, tarmoq oralig'i 0,72 eV va yuqori tashuvchining harakatchanligi bilan ($5000 \text{ sm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{C}^{-1}$ bilan 300 K da), material yuqori elektron harakatchanligi bo'lgan tranzistorlarda va infira qizil (IQ) spektriga yaqin

optik qurilmalarda qo'llaniladi: lazer diodlari, detektorlar, foto va termofotovoltaik hujayralar. Bundan tashqari, ommaviy GaSb yuqori Seebek koeffitsienti va 700-900 K mintaqasiga nisbatan past issiqlik o'tkazuvchanligiga ega ekanligi ko'rsatdi, bu holat esa materialni termoelektrik nuqtai nazardan istiqbolli qiladi. Qoida tariqasida, birikma qalin plyonkalar ($d > 100$ nm) yoki turli stexiometrik nisbatlarga ega III-Sb birikmalari (AlSb, GaSb, GaInAsSb) asosidagi super panjaralar shaklida hosil bo'ladi. Kremniy va GaSb panjara konstantalari o'rtasidagi nomuvofiqlik 12% ni tashkil etib, bu nanometr qalinlikdagi plyonkalarining shakllanishiga to'sqinlik qiladi, lekin polikristalli kremniy yuzasida ham nanokristallarning o'sishiga yordam beradi. Bu xususiyat kremniy va GaSb nanokristallarining yuqori hajmli konsentratsiyaga ega monolitik integratsiyalashuvi uchun imkoniyatlarni ochadi. Ikkala material ham termoelektrik materiallari tomonidan ilgari surilgan shartni qondiradi - tarmoqli bo'shlig'i (≥ 10 kVT). Galliy antimonidning kremniyda hosil bo'lishi qalin plyonkalar va ochilmagan satxlar asosidagi ko'p qatlamli birikmalar nuqtai nazaridan batafsil ko'rib chiqildi. Shu bilan birga GaSb nanokristallarining kremniy bilan monolitik integratsiyalashuvi xususiyatlari yaxshi yoritib berdi. Si/NC va GaSb/Si geterostrukturasi kremniy mikro-termoelektrik getrostrukturalarni yaratish sohasida istiqbolga ega. Bunday materiallarga asoslangan konvertorlar termalyuklangan foto va termofotovoltaik bilan birlashtirilishi mumkin.

Termoelektrik effektlar-harorat gradienti va qattiq jismdan o'tadigan elektr toki o'rtasidagi munosabatni o'rnatadigan hodisalar to'plami. Seebek effekti (harorat gradienti ta'sirida potentsial farqning paydo bo'lishi, 1a-rasm), Peltier effekti (Zebek effektining aksi: elektr tokini o'tkazishda harorat gradientining paydo bo'lishi, 1b-rasm) va Tompson effekti (to'g'ridan-to'g'ri oqim o'tganda notekis isitiladigan o'tkazgichda issiqlikning chiqishi yoki yutilishi).

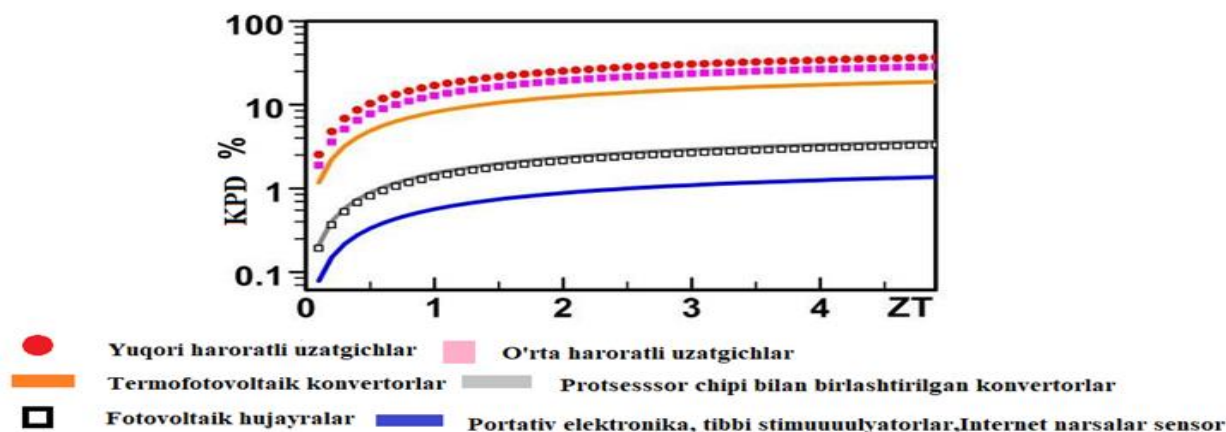


1-rasm. Seebek (a) va Peltier (b) termoelektr effektlarining tasviri

Amaliy nuqtai nazardan, Seebeck va Peltier effektlari qiziqarli. Bunday rejimlarda konvertorlarning ishlashi ancha past, ajoyib materiallar $\sim 10\%$ samaradorlikni namoyish etadi. Peltier sovutgichlari hozirda yuqori ixtisoslashgan korxonalarda faol foydalanilmoqda yo'nalishlar: mikroelektronika Va optik texnika. Keng Seebeck generatorlari va Peltier sovutgichlarining tijorat taqsimotiga past samaradorlik va ishlatiladigan materiallarning yuqori narxi to'sqinlik qiladi.

Generator rejimida termoelementning samaradorligi (Seebek effekti) quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$\eta = \frac{T_h - T_c}{T_h} \times \frac{\sqrt{1 + ZT_{\alpha Y} - 1}}{\sqrt{1 + ZT_{\alpha Y} + \frac{T_c}{T_h}}} \quad (1).$$



2-rasm. Termoelektrik konvertor samaradorligining sifat omiliga bog'liqligi. Qattiq chiziqlar past haroratli konvertorlarga (500 K gacha) bog'liqlikni ko'rsatadi.

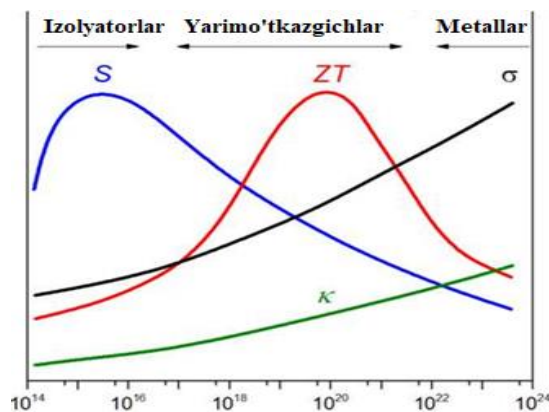
1-rasmda konvertor samaradorligining uning sifat omiliga bog'liqligi ko'rsatilgan (1-formula). Chiqindilarni issiqlikning harorat diapazoniga ko'ra, TEClar past haroratli (<500 K), o'rta haroratli (500-930 K) va yuqori haroratli (>930 K) konvertorlarga bo'linishi mumkin. O'rtacha harorat oralig'idagi issiqlik manbalariga yonish mahsulotlarini olib tashlash tizimlari, o'choq sovutish davrlari kiradi. Yuqori haroratli konvertorlar pechlar va yonish kameralari bilan bevosita aloqaga keltiriladi. Shunday qilib, 700 K issiq haroratda va 400 K gradiendda o'rtacha harorat konvertori 1 sifat ko'effitsientiga ega bo'lgan generatorning samaradorligi 10% ga baholandi. Keng tijorat maqsadlarida foydalanish uchun sifat ko'effitsienti 4 ga yetishi kerak, bunda samaradorlik 20% ni tashkil qiladi. So'nggi o'n yil ichida sifat omili 2 ga oshdi 8% nodir materiallar $ZT > 1,7$ ni ko'rsatadi (1-jadval). Istiqbolli termoelektrik tizimlarning parametrlari. Maksimal termoelektrik ko'rsatkich (ZT), parametrlar qayd etilgan harorat oralig'i (T), solishtirma o'tkazuvchanlik (s), Seebek ko'effitsienti (S), ulardan hisoblangan quvvat ko'effitsienti (PF), issiqlik o'tkazuvchanligi (k) va zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi (n).

1-jadval

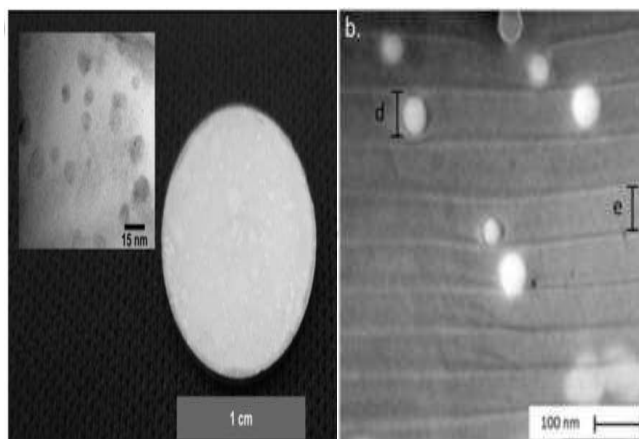
Tasniflash	ZT	T, K	$\sigma, \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$	$S, \mu\text{V} \cdot \text{K}^{-1}$	$S^2 \sigma, \text{mW} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-2}$	$k, \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$n \times 10^{19}, \text{cm}^{-3}$
$\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x\text{Te}_3$ (BST)	1.8–1.9	270–320	340–650	242–271	2,5–3,8	0,4–0,65	1.2
Cu_{2-x}Se	2.6	1030	250	250	1.6	0,6	20
$\text{Ag}_{2-x}\text{Sb}_x\text{Te}_{1+x}$	2.6	~570	150	~300	1.4	~0,4	2
GeTe	1.8–2.4	600–800	~360	~270	2.6	0,75–1	15
SnSe	1.7–2.8	773–873	41–75	-477/+345	0.9	0.25–0.55	0.5
PbTe	1.7–2.5	750–923	~230	~295	1,6–2,7	~0,8	16
Skutteruditlar	1.8	850	1200	- 210	5.3	2.55	57
SnTe	1.9	929	~890	160	2.3	1.16	40

Fazi Zintl	1.9	723	~220	- 305	2.1	0,8	3.5
------------	-----	-----	------	-------	-----	-----	-----

Formulada tahlilidan termoelektrik inshootlarning samaradorligini oshirish strategiyasini kuzatish mumkin: quvvat omilining oshishi va issiqlik o'tkazuvchanligining pasayishi. Texnologik bosqichda o'zgarishi oson bo'lgan tashuvchilarning quvvat omili va issiqlik o'tkazuvchanligiga ta'sir qiluvchi muhim parametr - tashuvchilarning konsentratsiyasi. Asosiy termoelektrik parametrlarning konsentratsiyaga bog'liqligi 3-rasmda ko'rsatilgan. Tashuvchi konsentratsiyasining ta'siri PFV akchiziqli bo'lmagan, bu tanlovni murakkablashtiradi optimal qiymat. Optimal, odatda yuqori konsentratsiyaga ega bo'lgan ba'zi bir hudud mavjud, bunda ZT maksimaldir.



3-rasm. Termoelektrik ko'rsatkichni (ZT) aniqlaydigan asosiy termoelektrik parametrlarning (S - Seebek ko'effitsienti, σ - solishtirma o'tkazuvchanlik, κ - issiqlik o'tkazuvchanligi) tashuvchilarning konsentratsiyasiga bog'liqligi (cm^{-3})



4-rasm. O'rnatilgan nanokristalli nanostrukturali kremniy asosidagi namunalarning kesma tasvirlari a) BN-bor nitride va b) titan disilidid.

Sifat omilini boshqaradigan yana bir parametr - birikmaning tarmoqli tuzilishi. Ko'p komponentli eritmaning stexiometriyasini o'zgartirib, keng diapazonda tarmoqli bo'shlig'ini o'zgartirish mumkin. Tarmoq kengligi kompensatsiya bilan birga bo'lgan bipolyar o'tkazuvchanlikni bostirish va asosiy tashuvchilarning konsentratsiyasini optimallashtirish uchun muhimdir, uning ortiqcha qiymati termolektrik-EMFni bostiradi va tashuvchilarning issiqlik o'tkazuvchanligini oshiradi. Ba'zi birikmalardagi stexiometriyaning o'zgarishi energiya cho'ntaklarining o'zaro joylashishining haroratga bog'liqligiga ta'sir qiladi, bu esa tashuvchilarning elektr transportiga qo'shimcha hissa qo'shadi, quvvat omili va ZT ni oshiradi. Matritsa va aralashmalar tarkibini to'g'ri tanlash gibridlanish tufayli holatlarning zichligini o'zgartirishga imkon beradi. Bu orbitallari ko'p bo'lgan elementlarning yadrolarida ko'proq namoyon bo'ladi. Elektr transportiga eng aniq hissa Fermi darajasiga yaqin joylashgan davlatlar tomonidan qo'shiladi. Nopokliklarga qo'shimcha ravishda, rezonans darajalari vakansiyalar tomonidan yaratilishi mumkin.

$$\Gamma_p = \frac{P_{max}}{A \cdot (\Delta T)^2} \quad (2).$$

Sifat omilini oshirishning yana bir murakkab vazifasi - bu elektr transportiga sezilarli zarar etkazmasdan issiqlik o'tkazuvchanligini kamaytirishdir. Issiqlik o'tkazuvchanligi kristall strukturaning mukammalligiga bog'liq bo'lib, nanostruktura uchun keng imkoniyatlar ochadi. Qusurlarni o'lchamlari va fonon spektriga ta'siriga ko'ra ajratish mumkin.

Нуқта (нол о'лчовли) ларга аралашмалли атомлари (interstitsiallar va almashtirishlar), вакансиялар, квант нуқталари ва матритсанинг изотопик таркиби кирди.

Муhandislik нуқтай назаридан нуқта нуқсонларини ҳосил қилишнинг энг қулай усули бу аралашмаларни алмасhtirish атомларини кiritishдир, chunkи ularning ҳосил bo'lish энергияси анча past. Аралашмалли атомлари томонидан фононларнинг тарқалиши, аynиқса, агар атом занjирida энгил ва og'ir элементлар биргаликда mavjud bo'lsa, yaqqol namoyon bo'ladi. Bu almashinish tebranishlarga anharmoniklikni keltirib chiqaradi va deformatsiya potentsialini o'zgartirib, og'ir атомлар атрофida kuchlanish maydonini ҳосил қилadi. Interstitsial атомлар тармоқdagi zaryad va kuchlanish tashuvchilarning нуқта манбай bo'lib xizmat qilishi mumkin. Issiqlik o'tkazuvchanligini pasaytirishva elektr parametrlarini optimallashtirishga kovaklar kiritish orqali erishish mumkin. Kremniyga asoslangan plyonkali konstruksiyalarning termoelektrik xususiyatlarini o'rganish nanometr qalinlikdagi bir kristalli kremniy plyonkalari, polikristalli kremniy, kremniy-germaniy, silisidlar va ba'zi istiqbolli termoelektrik birikmalar. Ro'yxatda keltirilgan adabiyotlarda silikon texnologiyasiga mos keladigan sintez usullari ko'rib chiqildi. Sintez va integratsiyaning soddaligiga qaramay, plyonkali mikro-TEG lardan foydalanishularning ishlashi uchun uzunlamasini harorat gradientidan foydalanishi bilan cheklanadi. Kremniy strukturasiining muqobil yo'nalishi issiqlik o'tkazuvchanligini kamaytirish uchun matritsaniing asosiy qismiga nano o'lchamdagi kristallarni kiritishda. Olib borilgan taqqiqot ishlar kremniyning issiqlik o'tkazuvchanligining sezilarli darajada pasayishini $6,3 \text{ Vt}\cdot\text{m}\cdot\text{K}^{-1}$ ga ko'rsatdi. Kremniy va kremniy-germaniy matritsasiga bor nitridi kukuni qo'shilishi tufayli kam elektr parametrlariga qaramay (harakatchanlik $15 \text{ sm}^2\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{C}^{-1}$ va Seebek koeffitsienti $70 \text{ mkV}\cdot\text{K}^{-1}$) va mos keladigan termoelektrik ko'rsatkich (300 K da $\sim 0,02$), ushbu natijalarni ko'rsatdi.

Xulosa o'rnida shuni aytishimiz mumkinki. Qattiq fazali epitaksiya usulidan foydalanib, umumiy qoplamasi 1,5 va 2,6 monoqatlamli galliy va surmaning stexiometrik aralashmasidan kremniyda yuqorikonsentratsiyali GaSb nanokristallari massivini ҳосил қилindi. GaSb nanokristallarining termal barqarorligini o'rganildi. Kremniy matritsasi va GaSb nanokristallari o'rtasidagi epitaksial aloqalarni, shuningdek Si/GaSb nanokristal interfeysining xususiyatlarini o'rnatish. Hosil bo'lgan geterostrukturalarning termoelektrik xossalariini o'rganing: solishtirma o'tkazuvchanlik, Seebek koeffitsienti, issiqlik o'tkazuvchanligi asosida tasirlarni o'rganib tajriba ishlariga mos ekanligi kuzatildi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O.O. Mamatkarimov, B.H. Kuchkarov, N.Yu. Sharibaev, A.A. Abdulkhayev “Influence Of The Ultrasonic Irradiation On Characteristic Of The Structures Metal-Glass-Semiconductor” European Journal of Molecular & Clinical Medicine 2021/1/1 8/01 str 610-618.
2. B.Kh.Kuchkarov, O.O.Mamatkarimov. “Influence of ultrasonic action on the rate of charge formation of the inversion layer in metal-glass-semiconductor structures” Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki 2019 y 29/4 str 125-134.
3. S.I. Vlasov, A.V. Ovsyannikov, B. Kh. Kuchkarov “Influence of thermo cyclic treatments on SiO₂-Si interface properties in Al-SiO₂-n-Si structures” Uzbekiston Fizika Zhurnali 2012 y 14/1 str 20-22.
4. Б.Х. Кучкаров “Влияние ультразвукового воздействия на скорость формирования заряда инверсионного слоя в структурах металл-стекло-полупроводник Вестник КРАУНЦ” Физико-математические науки 2019y 29/4 str 125-134.
5. B.Kh. Kuchkarov, O.O Mamatkarimov, A.A. Abdulkhayev “Relaxation dependence of the capacity of a three-layer structure in the process of charge formation of an inversion layer” Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology 2019 y 1/6 str 26-33.
6. S. Zaynobiddinov, B.Kuchqarov “Development of effective methods of teaching theoretical electrotechnics Web of Scientist” International Scientific Research Journal 14/4/2022 y 3/4 str 431-437.

7. B. Kuchkarov, A. Abdulkhayev “Factors providing the efficiency of semiconductor lasers” Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology 2022 y 3/5 str 48-52.
8. SI Vlasov, FA Saparov, B Kh Kuchkarov “Effect of the semiconductor-insulator interface on the characteristics of the metal-insulator-semiconductor structures” Uzbekiston Fizika Zhurnali 2009 y 11/3 str 203-206.
9. B.H. Kuchkarov, O.O. Mamatkarimov, A.A. Abduraimov, A. Khalmirzayev, and D.M. Mirtojiyeva “Influence of All-Round Compression on Formation of the Mobile Charge in Lead-Borosilicate Glass Structure” AIP Conference Proceedings 2432, 030039 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0089980> 2432, 030039 © 2022 Author(s)..
10. Б.Х. Кучкаров, М. Кахаров “МДП-структура и ультразвук” Экономика и социум 2019 г. 12/ (67) стр 623-626.
11. D.E. Nazirov, S.I. Vlasov, B. Kh. Kuchkarov, K.U. Bobokhuzhaev “Influence of gadolinium on the electric properties on the interphase boundary of silicon–silicon oxide” Science and world 9/2013y 12/88 str 26-28.
12. О.О. Маматкаримов, Р.Х. Хамидов, Р.Г. Жабборов, У.А. Туйчиев, Б.Х. Кучкаров “Релаксационные изменения подвижности и концентрации носителей заряда в Si с глубокими примесными уровнями при воздействии импульсного давления” Физическая инженерия поверхности 2012.
13. B. X. Qo'chqarov, A. Nishonov, X.O. Qo'chqarov “The effect of tunneling current on the speed surface generation of charge carriers” Scientific Bulletin of Namangan State University 2019y 1/7 str 3-6.
14. B.Kuchkarov. O. Mamatkarimov, A. Abdulkhayev, ICECAE IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 012027 “Influence of the ultrasonic irradiation on characteristic of the structures metal-glass-semiconductor”, (2020) y. Paper ID 116.
15. B.X. Qo'chqarov, A.Nishonov, X.O. Qochqarov, Scientific bulletin of Namangan State University, “The effect of tunneling current on the speed surface generation of charge garries”, (2020)y. 1(7), 3-6.
16. S. I. Vlasov, D. N. Nazirov, B.K. Kuchkarov, K.U. Bobokhujayev, “Influence of all-round compression on formation of the mobile charge in lead-borosilicate glass structure”. “Uzbekiston Fizika Zhurnali”, (2014) y. 3(16), 231-233.
17. B.Kh. Kuchkarov, O.O. Mamatkarimov, “Influence of ultrasonic action on the rate of charge formation of the inversion layer in metal-glass-semiconductor structures” Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki, (2019) y. 4(29), 125-134.
18. S.I. Vlasov, A.V. Ovsyannikov, B.K. Ismailov, B.H. Kuchkarov, Effect of pressure on the properties of Al-SiO₂-n-Si<Ni> structures. “Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics”, (2012) y. 2(15), 166-169.
19. S.I. Vlasov, D.E. Nazirov, B. Kh. Kuchkarov, K.U. Bobokhujayev “Influence of all-round compression on formation of the mobile charge in lead-borosilicate glass structure” Uzbekiston Fizika Zhurnali 16/3 str 231-233.
20. S.I. Vlasov, F.A. Saparov, B. Kh. Kuchkarov “Effect of the semiconductor-insulator interface on the characteristics of the metal-insulator-semiconductor structures” Uzbekiston Fizika Zhurnali 2009 y. 11/3 str. 203-206.
21. B.T.Abdulazizov, G.Gulyamov, P. J. Baymatov, Sh. T. Inoyatov,M. S. Tokhirjonov and Kh. N. Juraev//Peculiarities of the Temperature Dependence of the Chemical Potential of a Two-dimensional Electron Gas in Magnetic Field// SPIN Vol. 13, No. 1 (2022) .pp (2-7), <https://doi.org/10.1142/S2010324722500023>.
22. B.T. Abdulazizov/Cyclotron mass of an electron in strong magnetic fields in a wide InAs quantum well/ *Eurasian Journal of Physics and Functional Materials* (2022), 6(1), pp 32-37, doi.org/10.32523/ejpfm.2022060103.
23. G.Gulyamov, B.T.Abdulazizov, P.J.Baymatov.Three-band simulation of the g-factor of an electron in an InAs quantum well in strong magnetic fields .Journal of Nanomaterials ,Volume (2021), Article ID pp (559-563), <https://doi.org/10.1155/2021/5542559>.
24. P.J. Baymatov, B.T. Abdulazizov. Concentration dependences of the electron effective mass , Fermi energy, and filling of subbands in doped InAs/AlSb quantum wells.Украинский Физический Журнал. Ukr. J. Phys.2017. Vol. 62, No. 1, стр 46-50 , <https://doi.org/10.15407/uje62.01.0046>.
25. G Gulyamov, BT Abdulazizov. On the thermodynamics of a two-dimensional electron gas with non-parabolic dispersion. World Journal of Condensed Matter Physics.pp 294-299. doi: [10.4236/wjcmp.2016.64028](https://doi.org/10.4236/wjcmp.2016.64028).