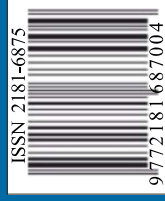




BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTI

Научный вестник Бухарского государственного университета
Scientific reports of Bukhara State University

6/2025



6/2025

BUXORO DAVLAT UNIVERSITETI ILMIY AXBOROTI
SCIENTIFIC REPORTS OF BUKHARA STATE UNIVERSITY
НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК БУХАРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ilmiy-nazariy jurnal
2025, № 6, iyun

Jurnal 2003-yildan boshlab **filologiya** fanlari bo'yicha, 2015-yildan boshlab **fizika-matematika** fanlari bo'yicha, 2018-yildan boshlab **siyosiy** fanlar bo'yicha, **tarix** fanlari bo'yicha 2023-yil 29-avgustdan boshlab O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar Vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasining dissertatsiya ishlari natijalari yuzasidan ilmiy maqolalar chop etilishi lozim bo'lgan zaruriy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Jurnal 2000-yilda tashkil etilgan.

Jurnal 1 yilda 12 marta chiqadi.

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot agentligi Buxoro viloyat matbuot va axborot boshqarmasi tomonidan 2020-yil 24-avgust № 1103-sonli guvohnoma bilan ro'yxatga olingan.

Muassis: Buxoro davlat universiteti

Tahririyat manzili: 200117, O'zbekiston Respublikasi, Buxoro shahri Muhammad Iqbol ko'chasi, 11-uy.

Elektron manzil: nashriyot_buxdu@buxdu.uz

TAHRIR HAY'ATI:

Bosh muharrir: Xamidov Obidjon Xafizovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Bosh muharrir o'rinbosari: Rasulov To'liqin Husenovich, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor

Mas'ul kotib: Shirinova Mexrigiyo Shokirovna, filologiya fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

Kuzmichev Nikolay Dmitriyevich, fizika-matematika fanlari doktori (DSc), professor (N.P. Ogaryov nomidagi Mordova milliy tadqiqot davlat universiteti, Rossiya)

Novova M., filologiya fanlari doktori, professor (Bolgariya)

Margianti S.E., iqtisodiyot fanlari doktori, professor (Indoneziya)

Minin V.V., kimyo fanlari doktori (Rossiya)

Tashqarayev R.A., texnika fanlari doktori (Qozog'iston)

Mo'minov M.E., fizika-matematika fanlari nomzodi (Malayziya)

Mengliyev Baxtiyor Rajabovich, filologiya fanlari doktori, professor

Adizov Baxtiyor Rahmonovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Abuzalova Mexriniso Kadirovna, filologiya fanlari doktori, professor

Amonov Muxtor Raxmatovich, texnika fanlari doktori, professor

Barotov Sharif Ramazonovich, psixologiya fanlari doktori, professor, xalqaro psixologiya fanlari akademiyasining haqiqiy a'zosi (akademigi)

Baqoyeva Muhabbat Qayumovna, filologiya fanlari doktori, professor

Bo'riyev Sulaymon Bo'riyevich, biologiya fanlari doktori, professor

Jumayev Rustam G'aniyevich, siyosiy fanlar nomzodi, dotsent

Djurayev Davron Raxmonovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Durdiyev Durdimurod Qalandarovich, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Olimov Shirinboy Sharofovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Qahhorov Siddiq Qahhorovich, pedagogika fanlari doktori, professor

Umarov Baqo Bafoyevich, kimyo fanlari doktori, professor

Murodov G'ayrat Nekovich, filologiya fanlari doktori, professor

O'rayeva Darmonoy Saidjonovna, filologiya fanlari doktori, professor

Navro'z-zoda Baxtiyor Nigmatovich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Hayitov Shodmon Ahmadovich, tarix fanlari doktori, professor

To'rayev Halim Hojiyevich, tarix fanlari doktori, professor

Rasulov Baxtiyor Mamajonovich, tarix fanlari doktori, professor

Eshtayev Alisher Abdug'aniyevich, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Quvvatova Dilrabo Habibovna, filologiya fanlari doktori, professor

Axmedova Shoirra Nematovna, filologiya fanlari doktori, professor

Bekova Nazora Jo'rayevna, filologiya fanlari doktori (DSc), professor

Amonova Zilola Qodirovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Hamroyeva Shahlo Mirjonovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Nigmatova Lola Xamidovna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Boboyev Feruz Sayfullayevich, tarix fanlari doktori

Jo'rayev Narzulla Qosimovich, siyosiy fanlar doktori, professor

Xolliyev Askar Ergashovich, biologiya fanlari doktori, professor

Artikova Hafiza To'ymurodovna, biologiya fanlari doktori, professor

Hayitov Shavkat Ahmadovich, filologiya fanlari doktori, professor

Qurbonova Gulnoz Negmatovna, pedagogika fanlari doktori (DSc), professor

Ixtiyarova Gulnora Akmalovna, kimyo fanlari doktori, professor

Rasulov Zubaydullo Izomovich, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

Mirzayev Shavkat Mustaqimovich, texnika fanlari doktori, professor

Samiyev Kamoliddin A'zamovich, texnika fanlari doktori, dotsent

Esanov Husniddin Qurbonovich, biologiya fanlari doktori, dotsent

Zaripov Gulmurot Toxirovich, texnika fanlari nomzodi, professor

Jumayev Jura, fizika-matematika fanlari nomzodi, professor

Klichev Qybek Abdurasulovich, tarix fanlari doktori, dotsent

G'aybulayeva Nafisa Izattullayevna, filologiya fanlari doktori (DSc), dotsent

MUNDARIJA *** СОДЕРЖАНИЕ *** CONTENTS		
МАТЕМАТИКА *** MATHEMATICS *** МАТЕМАТИКА		
Jo'rayeva N.O., O'ktamova F.Sh.	Logarifmik tengsizliklar va ularni yechish metodikasi	4
Мамадалиев Н., Абдуолимова Г.М., Шарипова С.Т.	Метод разрешающих функций для решения задачи преследования с интегральными ограничениями на управления игроков	9
Сатторов Э.Н., Пулатов О.У.	Теорема фока-куни для двумерного гравитационного поля в ограниченной области	13
Орипов Д. Д.	Нелокальная начально-краевая задача для уравнения, вырождающегося на границе области, в частных производных высокого четного порядка	19
Жураев Ш.И., Отажонов С.Ш.	Распространение волн в двухслойной вязкоупругой среде	27
Сатторов Э.Н., Актамов Х.С.	Аналог теоремы фока-куни для магнитного потенциала в двумерной ограниченной области	34
Hasanov I.I., Rasulova N.N., Aslonova Sh.S.	Bessel tenglamasi uchun shturm–liuvill masalasining ayrim chegaraviy holatlarda yechimlarini o'rganish	38
Qarordinov S.R.	Bessel funksiyalari haqida umumiy ma'lumot va bessel operatoriga qo'yilgan koshi masalasi	45
Kurdashov Sh.M.	Real rational parametrization of an algebraic curve	52
Husenova J.T.	To'rt o'lchamli qo'zg'alishga ega fridriks modeli sonli tasvirini tadqiq qilish	56
Faxridinova M.F.	Xorazmiy asarlarida geometrik tafakkur manbalari	61
Xasanov A.B., Ermamatova F.E.	Chegaralanmagan soha uchun bir jinsli bo'lmagan koshi–riman sistemasi yechimining integral ko'rinishi	65
Husenov B.E.	Generalization Smirnov's theorem for $A(z)$ -analytic function	71
Maxammadzokirov Sh.Sh.	About one matrix equation in integral form	77
Muhammadjonova M.A.	Kesilgan oktaedr qirralari bo'ylab uch quvlovchi va bir qochuvchining tutish differensial o'yini	82
Nematova P.N.	Stoxastik kubik matritsalar uchun ko'paytma amali	88
Muzaffarova D.B.	Dulac-cherkas functions for planar systems equivalent to the brusselator model	92
Насиров У.Ф., Худайбердиев О.Ж., Норов Г.М.	Определение коэффициента запаса устойчивости центра тяжести горного массива	96
Jo'raqulov A.J.	Taqsimotlarning to'liq fronti haqida	102
FIZIKA *** PHYSICS *** ФИЗИКА		
Есенжол Д.Қ., Шарилов М.З., Сакипов К.Е.	Требования к конструкциям перемешивающих устройств для биогазовых установок	107
Ахметов С.К., Шарилов М.З., Сакипов К.Е.	Использования современных средств автоматизации в биогазовых установок	112
Ахмедов А., Абдуллаев О.	Нелинейные уравнение движения упруго подвешенного твердого тела переменной массы	118

Xolmirzayev O.N., Kodirov Z.Z., Sobirjonov H.B., Husainov I.J., Orifjonov B.B.	Energy gaining through pressure in a car wheel	125
Umirzaqov B.Y., Abrayeva S.T.	Implantatsiyadan keyingi qizdirishda germaniya va kremniy monokristallarining kristall va elektron tuzilishiga ta'siri	130
Temirov O.F.	Practical applications and technological prospects of hydrogen fuel	135
Safarov R., Khudoyberdiyev S.I.	Development of integrated mathematical models for the optimal operation of vehicle power distribution and transmission systems	139
Sadullayev J.O., Axmedov M.M., Vapayev M.E., Davletov I.Y.	Ultraqisqa impulsli lazer nurlanishi bilan dielektrik-polimid sirt interfeysida grafin nanotuzilmalarini yaratishda termal xususiyatlarining ahamiyati	145
Mamasoliyev K., Ismoilov E.A.	Qovushoq suyuqlik bilan nostatsionar ta'sirlashuvchi transversal-izotrop silindrik qatlam va qobiqning bo'ylama-radial tebranishlari	150
Eshbo'riyev R.M., Abdusamadova D.I., Sharipov D.E., Fayzullayeva M.L.	Yadro energiyasini hosil qilish muammolari	159
Sharipov M.Z., Raximov Sh.A., Ro'ziyeva D.S., Ergasheva N.M., Badriddinov I.M.	Xotira va mantiqiy qurilmalarni yaratish uchun ferromagnetiklarda domen devorlarini modellashtirish	165
Elboyeva M.I.	Vismut germanati va vismut silikati kristallarida fotoelastiklik va qutblanish orasidagi bog'liqlik	170
Dusmatov O.M., Xodjabekov M.U.	Nomukammal elastik sterjenning suyuqlikli so'ndirgich bilan birgalikdagi chiziqlimas tebranishlari	175
Axmedov M.M., Sadullayev J.O., Vapayev M.E., Davletov I.Y.	Lazer ablatsiyasi natijasida krater morfologiyasining o'zgarishi	182
Nurumbetova L.R., Otaqulova N.F., Saidqulova A.A.	Polimer quyosh elementlarning samaradorligini dpe qo'shimchasini qo'shish orqali oshirish	189
Yuldasheva Z.S.	Determination of optimal parameters of an elastic beam with a dynamic absorber in vibrations	197
Зикриллаев Н.Ф., Саитов Э.Б., Норкулов Н., Аюпов К.С., Курбанова У.Х., Уракова Ф.Э.	Особенности кремния с бинарными соединениями Ge_xSi_{1-x} , полученные методом диффузии	201
Narzullayeva Z.M.	Physics for medical imaging	207
Tursunov I.G., Raxmonov M.A., Sharibayev R.N.,	Mg va Zn bilan ligerlangan kremniyda piezorezistiv effektini oshirish	212

Tokhirjonova M.R.		
Sharipbayev S.S., Mamatkarimov O.O., Anatolyevich P.A., Sergey V.L., Tokhirjonova M.R.	TiO ₂ asosidagi bo‘yoq bilan sezgirlashtirilgan quyosh elementlarini sanoat tomografiyasi vositasida o‘rganish va tahlil qilish	216
KIMYO *** CHEMISTRY *** ХИМИЯ		
Urinova Sh.M.	FE ₂ O ₃ /g-c ₃ n ₄ kompozitining termik tahlili	223
BIOLOGIYA *** BIOLOGY *** БИОЛОГИЯ		
Abdumuminova R. N.	Shaftoli baraglari quyuq ekstraktining o‘tkir zaharliligi va farmakologik faolligini o‘rganish	232
Yusufova D.R., Umurkulova F.S., Misirova S.A.	Bug‘doy kepagi gidrolizatini ajratib olish va biologik faolligini o‘rganish	237
Хасанов И.Х.	Шувоқ (artemusia diffusa) ўсимлигини кўпайтириш бўйича тавсиялар	241
Abdumuminova R.N., Muxitdinov Sh.M.	Oddiy shaftoli barglarida fitokimyoviy tadqiqotlar o‘tkazish	249
Hakimova H.H.	Arab xurmo mevasining mag‘zidan qahva tayyorlash va uning inson salomatligiga ta’siri	253
TEXNIKA *** TECHIQUE *** ТЕХНИКА		
Usmonov F.S.	“Oqsuv” gidrouzelida yillik suv taqsimotini o‘lchash va rostdashni avtomatlashtirish	257
Shoyimov Sh.Sh.	Texnologik jarayonlarni modellashtirish: uslublar va tajribalar	263
Tursunova A.X., Kabulov R.R., Shuhratova L.O‘	Perovskit asosidagi qurilmalarni sanoat darajasida ishlab chiqarish uchun trafaretli bosib chiqarish texnologiyasi	267
INFORMATIKA *** INFORMATICS *** ИНФОРМАТИКА		
Toshtemirov R.T., Farxodov S.U., Yusupov X.N., Samiyev S.S.	Matlab dasturining simulink paketida tiristorli konvertor - dvigatel tizimini modellashtirish xususiyatlari	273
Qo‘ldoshev H.M., Xurramov A.B.Xo‘p	Skript tillarda shell dasturlash tili asoslari	278
Umarov Sh.A., Umarova M.I.	Neyro-noravshan va modulli neyron tarmoq hujumlarini aniqlash tizimlarini qurish	284
Murodov H.S.	Masofadan turib xonada ishlab turgan jihozlarni avtomatik ravishda o‘chirish tizimi	290
EKOLOGIYA *** ECOLOGY *** ЭКОЛОГИЯ		
Umarov M.N.	Samarqand viloyatidagi rodentia turkumi vakillarining populyatsiyasi, zoonoz xavfi va ekologik omillari	295

Mg VA Zn BILAN LIGERLANGAN KREMNIYDA PIEZOREZISTIV EFFEKTINI OSHIRISH

Tursunov Ikrom Gulamjonovich,
Chirchiq davlat pedagogika universiteti
Raxmonov Mufazzalshoh Alisher o'g'li,
Chirchiq davlat pedagogika universiteti
mufazzalshoh@gmail.com
Sharibayev Rosuljon Nosir o'g'li,
Namangan davlat texnika universiteti
sharibayev.niti@gmail.com
Tokhirjonova Muattar Rasuljon qizi,
Namangan davlat universiteti

Annotatsiya. Ushbu maqolada monokristalli kremniyni (Si) magniy (Mg) va rux (Zn) chuqur satxlar bilan qotish orqali piezorezistiv koeffitsient (KPRE) va holat zichligi spektrining o'zgarishi o'rganildi. Diskret satxlari holat zichligida cho'qqilar hosil qilib, mexanik deformatsiya ostida bu cho'qqilar siljib va o'zaro kesishib, zaryad tashuvchilarini qayta taqsimlash jarayonini kuchaytirdi. DLTS va C–V spektroskopiya yordamida aniqlangan energetik satxlar hamda to'rt kontaktli o'lchov usuli bilan $\varepsilon = \pm 0,3 \%$ deformatsiya ostida o'lchangan R/R natijalari asosida piezorezistiv koeffitsient qiymatlari quyidagicha topildi: Toza Si: 102, Si+Mg: 125 (+23 %), Si+Zn: 113 (+11 %), Si+Mg+Zn: 138 (+35 %).

Kalit so'zlar: ligerlangan kremniy, diskret satxlar, energetik satxlar, piezorezistiv koeffitsient, mexanik deformatsiya.

ПОВЫШЕНИЕ ПЬЕЗОРЕЗИСТИВНОГО ЭФФЕКТА В ЛЕГИРОВАННОМ Mg И Zn КРЕМНИИ

Аннотация. В данной статье изучено влияние легирования монокристаллического кремния (Si) глубинными уровнями магния (Mg) и цинка (Zn) на коэффициент пьезорезистивного эффекта (КПРЭ) и спектр плотности состояний. Обнаружено, что дискретные уровни формируют узкие «хвосты» плотности состояний, которые при механической деформации смещаются и перекрываются, усиливая перераспределение носителей заряда. С помощью методов DLTS и C–V спектроскопии, а также четырёхконтактного измерения при деформации $\varepsilon = \pm 0,3 \%$, по результатам относительного изменения сопротивления ($\Delta R/R$) были получены следующие значения КПРЭ: Чистый Si: 102; Si + Mg: 125 (+23 %); Si + Zn: 113 (+11 %); Si + Mg + Zn: 138 (+35 %).

Ключевые слова: легированный кремний, дискретные уровни, энергетические уровни, пьезорезистивный коэффициент, механическая деформация.

ENHANCEMENT OF THE PIEZORESISTIVE EFFECT IN Mg- AND Zn-DOPED SILICON

Abstract. This article examines how deep-level doping of monocrystalline silicon (Si) with magnesium (Mg) and zinc (Zn) affects its piezoresistive gauge factor (GF) and the density of states (DOS) spectrum. Deep-Level Transient Spectroscopy (DLTS) and capacitance–voltage (C–V) analysis identified four discrete energy levels (0.03, 0.09, 0.16, and 0.84 eV) that form narrow “tail” states in the bandgap. Mechanical deformation tests ($\varepsilon = \pm 0.3 \%$) show that strain-induced shifts and overlap of these tail states amplify charge-carrier redistribution, boosting the GF by up to 35 %. Four-point resistance measurements ($\Delta R/R$) yielded GFs of: Pure Si: 102; Si + Mg: 125 (+23 %); Si + Zn: 113 (+11 %); Si + Mg + Zn: 138 (+35 %).

Keywords: doped silicon; discrete energy levels; density of states; piezoresistive gauge factor; mechanical deformation.

Kirish. Piezorezistiv effekt — mexanik deformatsiya (ε) ostida yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi R ning o'zgarishi bo'lib, asosan bosim, kuch, tezlanish sensorlarida qo'llanadi. Toza kremniyda prodol'noy KPRE (GF) odatda 100–120 atrofida, ammo yuqori noziklik talab qiluvchi ilovalarda bu yetarli bo'lmasiligi

mumkin. Deformatsiya kremniy atomlari tarmog'ini biroz o'zgartirib, valensiya va o'tkazuvchan zonalar chegaralarini siljitadi, bu esa elektron va bo'sh holatlarning konsentratsiyasi hamda ularning ko'chuvchanlik parametrlari o'zgarishiga olib keladi.

Mg va Zn chuqur primessalari kremniy energiya zonaviy strukturasi ichida diskret satxlar hosil qilib, holat zichligi spektrini boyitadi va deformatsiya ostida yangi taqsimlanish kanallarini ochadi[1-3]. Ushbu maqolada Mg va Zn satxlari ta'siri, holat zichligi ning deformatsiya ostida o'zgarishi va bu o'zgarishlarning KPRE ga qanday ta'sir qilishi tajriba hamda nazariy model asosida batafsil tahlil qilinadi.

Nazariy asoslar. Yarimo'tkazgichda holat zichligi $N_s(E)$ energiya E atrofidagi birlik hajm va kichik energiya intervalida mavjud kvant holatlar sonini ifodalaydi. Si'da uch asosiy bo'lak mavjud: Valent zonasi ($E < E_v$); Taqiqlangan zona ($E_v < E < E_c$); O'tkazuvchan zona ($E > E_c$).

Chuqur primessalar Mg va Zn holat zichligida diskret satxlar yaratadi. Ularning holat zichligiga qo'shgan hissasi[4]:

$$G_N(E, E_0, T) = \frac{\partial}{\partial E} \frac{1}{\exp\left(\frac{E-E_0}{kT}\right) + 1}, \quad (1)$$

umumiy:

$$N_s(E, T) = g_v^0(E)(E < E_v) + x_{n_i} G_N(E, E_{0,i}, T)(E_v < E < E_c) + g_c^0(E)(E > E_c). \quad (2)$$

Mg satxlari: $E_0^{\text{Mg},1} = 0,03 \text{ eV}$, $E_0^{\text{Mg},2} = 0,84 \text{ eV}$;

Zn satxlari: $E_0^{\text{Zn},1} = 0,09 \text{ eV}$, $E_0^{\text{Zn},2} = 0,16 \text{ eV}$.

Deformatsiya ta'siri-Mexanik deformatsiya ε zonaviy chegaralarni siljitadi:

$$\Delta E_c = a_c \varepsilon, \quad \Delta E_v = a_v \varepsilon,$$

bu yerda $a_c = -8,6 \text{ eV}$, $a_v = +1,4 \text{ eV}$. Shu sababli diskret cho'qqilar ham mos ravishda siljiydi.

Piezorezistiv efekt-Elektron (n) va bo'sh holat (p) soni:

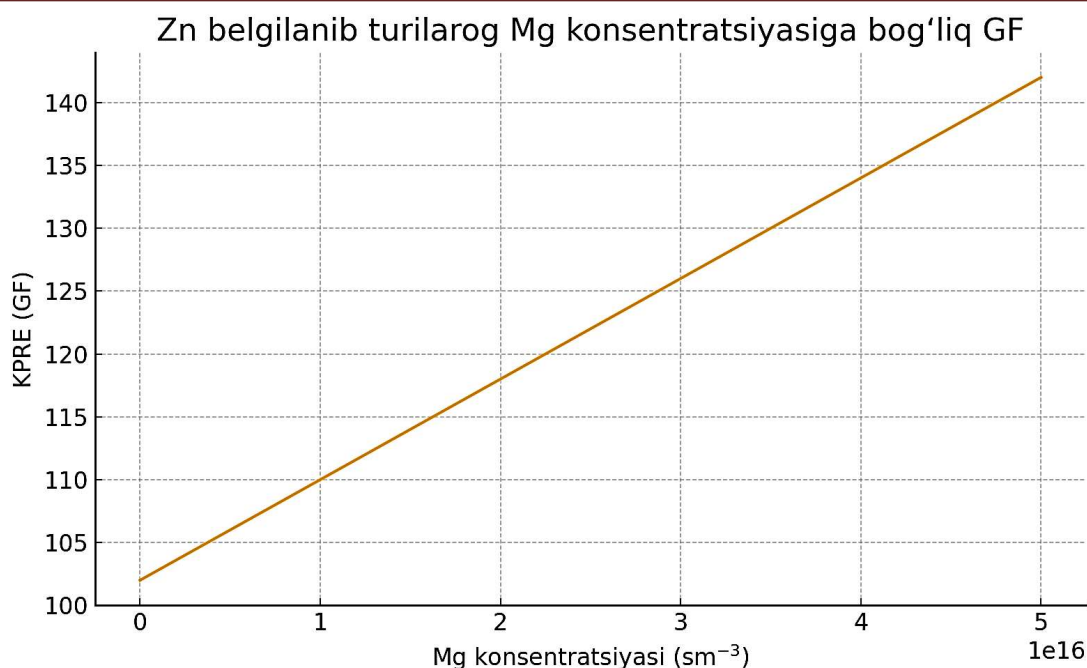
$$n(\varepsilon) = \int_{E_c+\Delta E_c}^{\infty} N_s(E, \varepsilon) f(E) dE, \quad p(\varepsilon) = \int_{-\infty}^{E_v+\Delta E_v} N_s(E, \varepsilon) [1 - f(E)] dE. \quad (3)$$

Qarshilik:

$$\rho(\varepsilon) = \frac{1}{q [n(\varepsilon)\mu_n + p(\varepsilon)\mu_p]}, \quad (4)$$

$$\text{KPRE} = \frac{\Delta R/R}{\varepsilon} \approx \frac{1}{\varepsilon} \left[\frac{\rho(\varepsilon)}{\rho(0)} - 1 \right] \quad (5)$$

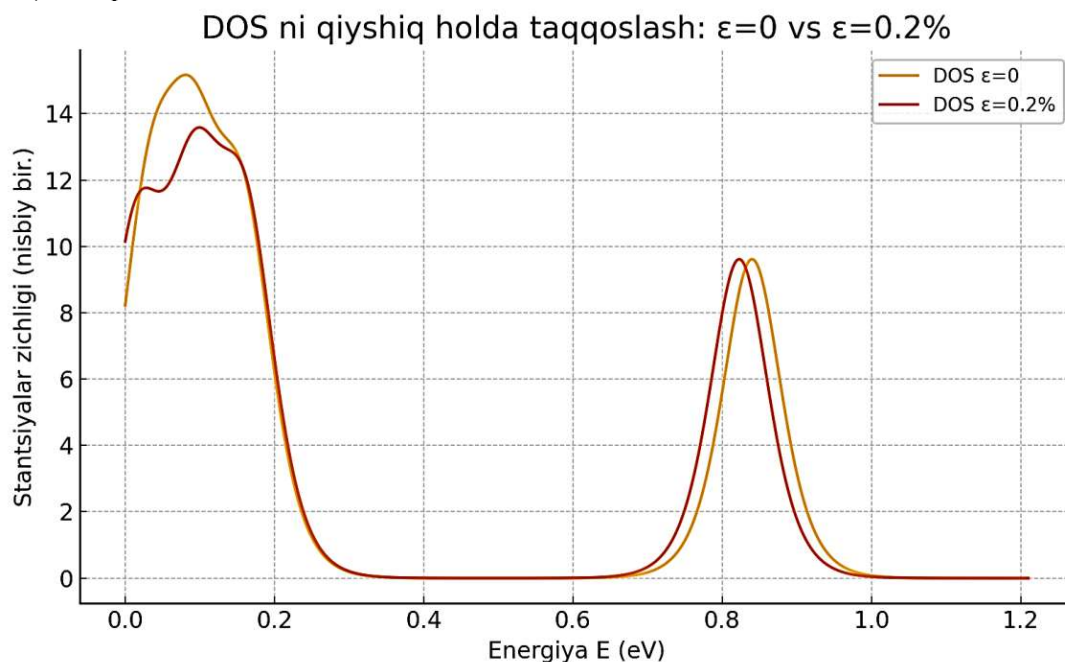
Eksperimental usullar. Namuna tayyorlash: kremniy [100] plitalar (1-5·sm); Mg diffuziya: 900 °C, 2 soat, vakuum; Zn implantatsiya: 100 keV, $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$, otjig 800 °C. Holat zichligi spektri: DLTS va C-V spektroskopiya. KPRE o'lchash: to'rt kontaktli bridj, deformatsiya $\varepsilon = \pm 0,3\%$, R aniqligi 0,01%. (Rasm1.)



1-rasm. KPRE o'zgarishlari

Quyidagi grafiklar yordamida PZ va KPRE o'zgarishlarini vizual tahlil qilamiz: Deformatsiya natijasida Mg cho'qqisi (yaqin o'tkazuvchan zonaga) siljishi ele-ktron PZ zichligini yaqin atrofda oshiradi. Zn cho'qqilarining valensiya zonasiga siljishi bo'sh holat spektrida kichik o'zgarishlarga olib keladi. Bu holat PZ dagi cho'qqilar kesishishini kuchaytiradi va elektron hamda bo'sh holatni qayta taqsimlanishiga yordam beradi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, har 10^{16} cm^{-3} Mg qo'shimchasi taxminan 8 birlik KPRE ga qo'shimcha beradi. Bu chiziqli bog'lanish chuqur Mg darajasining PZ va carrier konsentratsiyasiga to'g'ridan-to'g'ri ta'sirini tasdiqlaydi.

Holat zichligi spektrining deformatsiya ostidagi siljishi (Rasm 2.) ($\varepsilon = 0$ va $0,2\%$). Sariq — deformatsiyasiz holat; Qizil — $\varepsilon = 0,2\%$ ostida. Mg darajasi cho'qqisi ($0,84 \text{ eV}$) sezilarli chapga, Zn satxlari ($0,09\text{--}0,16 \text{ eV}$) ozroq surildi.



2-rasm. Mg konsentratsiyasiga bog'liq piezorezistiv koeffitsient (KPRE)

Mg konsentratsiyasi $0 \dots 5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ oralig'ida KPRE chiziqli o'sib, 102 dan 142 gacha ko'tarilishini ko'rsatadi.

Natijalar va tahlili. DLTS orqali aniqlangan diskret satxlar: 0,03; 0,09; 0,16; 0,84 eV. Holat zichligi profilining siljishi deformatsiya ostida cho‘qqilarning kesishishini oshirdi, bucarrier konsentratsiyasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatdi. O‘lchangan KPRE qiymatlari: Toza Si: 102; Si+Mg: 125 (+23 %); Si+Zn: 113 (+11 %); Si+Mg+Zn: 138 (+35 %)

Xulosa. Mg va Zn chuqur satxlar bilan qotirilgan Si‘da holat zichligi spektri deformatsiya ostida sezilarli o‘zgaradi — diskret cho‘qqilar siljib, kesishadi va “tail state” kuchayadi. Bu o‘zgarishlar elektron va bo‘sh holat konsentratsiyasini deformatsiya bilan bog‘liq ravishda ko‘proq o‘zgartirib, KPRE ni 30–35 % ga oshirish imkonini beradi. Ushbu yondashuv yuqori sezgir piezorezistiv sensorlar yaratishda muhim asos bo‘ladi.

ADABIYOTLAR:

1. Varshni, Y.P. “Temperature dependence of the energy gap in semiconductors,” *Physica*, 34, 149–154 (1967).
2. Shockley, W. “Piezoresistance effect in semiconductors,” *IEEE Trans. Electron Devices*, 15, 58–69 (1968).
3. Lundstrom, M. “Fundamentals of Carrier Transport,” *Cambridge Univ. Press* (2000).
4. Sharibaev, N. “Termodinamik holat zichligini spektrlarini xaroratga bog‘liqligi” *DSc dissertatsiya*, 2018.