ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 5

# DEVELOPMENT OF SCIENCE

## scientific journal



# Development of science

## Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 5

ISSN 3030 -3907

*Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.*

**BOSH MUHARRIR:**
***Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.***
**TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:**
***Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor***
***TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI***

**TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Bozorov G‘ayrat Rashidovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Abdurahmonov Olim Rustamovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Adizov Bobur Zamirovich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor*
***Hayitov Ruslan Rustamjonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Jumayev Qayum Karimovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Berdiyev Dorob Murodovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Maxmudov Rafiq Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Tilloyev Lochin Ismatilloyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Raxmonov Qahramon Sanakulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Barakayev Nusratullo Rajabovich***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Panoyev Erali Rajabboyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Ataullayev Sherzod Nabiullyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Malik Negmurodovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Axmedova Ozoda Bahronovna***
*Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.*
***Safarov Bahri Jumayevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Xaydarov Axtam Amonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Safarov Jasur Alijon o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Axmedov Voxid Nizomovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Umarov Baqo Bafoyevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Kodirov Abduaxad Abduraximovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Qurbonov Mingniqul Jumagulovich***
*Qarshi davlat Universiteti, dotsent*
***Turemuratov Sharibay Naurizbaevich***
*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor*
***Tursunov Kaxor Shonazarovich***
*Qarshi davlat Universiteti, professor*
***Do‘stov Hamro***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor*
***Panoyev Nodir Shavkatovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Kasimov Sherzod Abduazimovich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor.*
***Aliqulov Rustam Valiyevich***
*Termiz Davlat Universiteti, professor*
***Tropov Xamza Tursunovich***
*Samarqand Davlat Universiteti, professor*

**IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Nizamov Aslitdin Badreddinovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Boboyev Akmal Choriyevich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Saidaxmedova Nodira Ilxomovna***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor*
***Muxsinov Bekzod Toxirovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shakarov Qulmat Ashirovich***
*Renessans ta'lim universiteti,dotsent.*
***Jumaeva Zulfiya Qayumovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Norova Salomat Yusupovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Jalilov Jamshid G‘anijonovich***
*Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent*
***Xasanova Gulruh Djumanazarovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*

**PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ**

***Siddiqova Sadoqat G‘afforovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Zoyirov Erkin Xalilovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor*
***Gaffarov Feruz Hasanovich***
Puchon Universiteti, *professor*
***Ruziyev Davron Yuldashevich***
*Buxoro Davlat Universiteti, professor*
***Muradova Firuza Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Yunusova Gulandon Samiyevna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***To‘xtayeva Zebo Sharifovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.*
***Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Uzoqova Laylo Polvonovna***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*
***To‘raqulova Marjona Qiyom qizi***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Muradova Zarina Rashidovna***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Murodov Sanjar Aslonovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.*
***Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich***
*Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent*
***Gaffarov Laziz Hasanovich***
*Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.*

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.


ISSN 3030-3907

**Development of science** ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.


ISSN 3030-3907

# $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ QATTIQ ERITMALARINING TENZOREZISTIV XUSUSIYATLARI TAHLILI VA MEXANIZMI

**Ashurov Jasur Djo‘rayevich.**
*Osiyo xalqaro universiteti “Umumtexnik fanlar” kafedrasi dotsenti*
*Tel.: +998907127280,*
*E-mail: djxp@mail.ru*

**Annotatsiya.** Mazkur ishda $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ ($0 \le x \le 0,5$) qattiq eritma monokristallarining tenzorezistiv xususiyatlari tadqiq qilindi. Kristallar Bridgman–Stokbarger usuli yordamida o‘stirildi hamda ularning tenzosezgirlik koeffitsientining temperatura va kobalt konsentratsiyasiga bog‘liqligi o‘rganildi. Tadqiqotlar $300 \le T \le 410$ K temperatura oralig‘ida olib borildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, kobalt konsentratsiyasining ortishi bilan kristallarning tenzosezgirligi sezilarli ravishda ortadi. $x = 0,5$ tarkibli namunada tenzosezgirlik koeffitsienti 7466 gacha yetishi aniqlandi. Haroratning oshishi ham tenzorezistiv effektni kuchaytirishi kuzatildi. Aniqlanishicha, bu holat lokal energetik sathlarning termik ionlanishi natijasida zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining ortishi bilan bog‘liqdir. Olingan natijalar $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ qattiq eritmalarining yarimo‘tkazgichli tenzometriya uchun istiqbolli material ekanligini ko‘rsatadi.

**Kalit so‘zlar:** $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$, qattiq eritma, tenzorezistiv effekt, tenzosezgirlik, yarimo‘tkazgich, monokristall, deformatsiya, kobalt konsentratsiyasi.

**Abstract.** In this work, the tensoresistive properties of $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ ($0 \le x \le 0.5$) solid solution single crystals were investigated. The crystals were grown using the Bridgman–Stockbarger method, and the dependence of the gauge sensitivity coefficient on temperature and cobalt concentration was studied. The investigations were carried out in the temperature range $300 \le T \le 410$ K. The results showed that the strain sensitivity of the crystals significantly increases with increasing cobalt concentration. For the sample with $x = 0.5$, the gauge factor reached 7466. An increase in temperature also enhanced the tensoresistive effect. It was established that this phenomenon is associated with an increase in charge carrier concentration caused by thermal ionization of local energy levels. The obtained results demonstrate that $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ solid solutions are promising materials for semiconductor strain gauge applications.

**Keywords:** $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$, solid solution, tensoresistive effect, strain sensitivity, semiconductor, single crystal, deformation, cobalt concentration.

**Аннотация.** В данной работе исследованы тензорезистивные свойства монокристаллов твердых растворов $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ ($0 \le x \le 0.5$). Кристаллы были выращены методом Бриджмена–Стокбаргера, а также изучена зависимость коэффициента тензочувствительности от температуры и концентрации кобальта. Исследования проводились в температурном

интервале 300 ≤ T ≤ 410 K. Результаты показали, что с увеличением концентрации кобальта тензочувствительность кристаллов существенно возрастает. Для образца с x = 0.5 коэффициент тензочувствительности достигал значения 7466. Повышение температуры также приводило к усилению тензорезистивного эффекта. Установлено, что данное явление связано с увеличением концентрации носителей заряда вследствие термической ионизации локальных энергетических уровней. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности твердых растворов $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ в качестве эффективных материалов для полупроводниковой тензометрии.

**Ключевые слова:** $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$, твердый раствор, тензорезистивный эффект, тензочувствительность, полупроводник, монокристалл, деформация, концентрация кобальта.

**KIRISH.**

Ko‘p komponentli qatlamli yarimo‘tkazgich birikmalar va ular asosidagi qattiq eritmalar zamonaviy mikroelektronika hamda sensor texnologiyalarida muhim o‘rin egallaydi. Ayniqsa $A^{III}B^{III}C^{VI}_2$ tipidagi kristallar yuqori sezgirlikka ega elektr va tenzorezistiv xususiyatlari bilan ajralib turadi. Bunday materiallarning tarkibini o‘zgartirish orqali ularning elektr, optik va piezorezistiv parametrlarini keng diapazonda boshqarish mumkin.

$TlInSe_2$ birikmasi asosidagi qattiq eritmalar so‘nggi yillarda keng tadqiq qilinayotgan istiqbolli yarimo‘tkazgich materiallardan biri hisoblanadi. Ushbu kristallarning qatlamli tuzilishi ularga yuqori elastiklik, mexanik mustahkamlik hamda anizotrop elektr xossalarni beradi. Shu sababli ular yarimo‘tkazgichli tenzodatchiklar yaratishda samarali material sifatida qaralmoqda.

Biroq $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ qattiq eritmalarining tenzorezistiv xususiyatlari, ayniqsa kobalt konsentratsiyasi va temperatura ta’siri yetarli darajada o‘rganilmagan. Mazkur tadqiqotning asosiy мақсади $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ monokristallarining tenzosezgirlik koeffitsientini temperatura va tarkibga bog‘liq holda tahlil qilish hamda tenzorezistiv mexanizmini aniqlashdan iborat.

**TADQIQOT METODLARI.**

$TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ qattiq eritma monokristallari vakuumlashtirilgan kvarts ampulalarda dastlabki komponentlarni eritish orqali sintez qilindi. Sintez jarayonida yuqori tozalikdagi talliy, indiy, kobalt va selen elementlaridan foydalanildi. Monokristallar takomillashtirilgan Bridgman–Stokbarger usuli yordamida o‘stirildi.

Kristallanish jarayonida ikki zonali pech qo‘llanildi: kristallanish zonasi va sovitish zonasi. Ampulalarning tushirish tezligi 0,9 mm/soat ni tashkil etdi. Olingan kristallar p-tip o‘tkazuvchanlikka ega bo‘ldi.


ISSN 3030-3907

Tenzorezistiv o‘lchovlar statik rejimda 300–410 K temperatura oralig‘ida amalga oshirildi. Namunalar tabiiy yorilish tekisliklari bo‘yicha tayyorlandi va o‘lchamlari 10 × 10 × 0,25 mm ni tashkil etdi.

Nisbiy deformatsiya quyidagi formula yordamida aniqlandi:

$$\varepsilon = \frac{4t}{l^2}\Delta h$$

bu yerda:

t — po‘lat plastinka qalinligi;

l — tayanchlar orasidagi masofa;

Δh — egilish kattaligi.

Tenzosezgirlik koeffitsienti quyidagi ifoda asosida hisoblandi:

$$K = \frac{\Delta R}{R_o \varepsilon}$$

bu yerda:

$R_0$ — deformatsiyasiz holatdagi qarshilik;

ΔR — deformatsiya natijasidagi qarshilik o‘zgarishi;

ε — nisbiy deformatsiya.

**NATIJALAR.**

Tadqiqot natijalari $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ kristallarining tenzosezgirligi kobalt konsentratsiyasi ortishi bilan sezilarli darajada oshishini ko‘rsatdi.

300 K temperaturada:

$TlInSe_2$ kristalida K = 577;

$TlIn_{0.99}Co_{0.01}Se_2$ uchun K = 1741;

$TlIn_{0.9}Co_{0.1}Se_2$ uchun K = 2839;

$TlIn_{0.5}Co_{0.5}Se_2$ uchun esa K = 2951 ni tashkil etdi.

Temperatura ortishi bilan barcha namunalar uchun tenzosezgirlik ortishi kuzatildi. 410 K da maksimal qiymat $TlIn_{0,5}Co_{0,5}Se_2$ namunasi uchun K = 7466 ga teng bo‘ldi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, kobalt atomlari kristall panjarasida qo‘shimcha lokal energetik sathlar hosil qiladi. Bu esa tashuvchilar konsentratsiyasining ortishiga va deformatsiyaga sezgirlikning kuchayishiga olib keladi.

Kristallarning qatlamli tuzilishi ularning yuqori elastik xossalarini ta’minlaydi. Tadqiq etilgan namunalar kichik radiusli egilishlarda ham mexanik yaxlitligini saqlab qoldi.

**MUHOKAMA.**

$TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ qattiq eritmalarida kuzatilgan yuqori tenzosezgirlik bir necha omillar bilan izohlanadi. Birinchidan, Co atomlarining kristall panjarasiga kiritilishi natijasida lokal energetik holatlar hosil bo‘ladi. Bu holatlar temperatura oshishi bilan termik ionlanib, erkin zaryad tashuvchilar sonini ko‘paytiradi.


ISSN 3030-3907

Ikkinchidan, qatlamli kristall struktura deformatsiya ta'sirida zonalar strukturasining sezilarli o'zgarishiga olib keladi. Natijada elektr qarshilikning deformatsiyaga sezgirligi ortadi.

Temperaturaning oshishi bilan tenzosezgirlikning kuchayishi an'anaviy yarimo'tkazgichli tenzodatchiklarga nisbatan muhim afzallik hisoblanadi. Chunki ko'plab yarimo'tkazgich materiallarda temperatura ortishi sezgirlikning pasayishiga olib keladi.

$TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ kristallarining yuqori elastikligi, mexanik mustahkamligi va katta piezorezistiv koeffitsienti ularni yuqori aniqlikdagi deformatsiya datchiklari yaratishda istiqbolli material sifatida tavsiflaydi.

**CONCLUSION.**

Tadqiqot natijasida $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ $(0 \leq x \leq 0{,}5)$ qattiq eritma monokristallarining tenzorezistiv xususiyatlari o'rganildi va quyidagi xulosalar olindi:

- kobalt konsentratsiyasi ortishi bilan tenzosezgirlik koeffitsienti sezilarli ravishda oshadi;
- temperatura ortishi kristallarning piezorezistiv sezgirligini kuchaytiradi;
- maksimal tenzosezgirlik $TlIn_{0,5}Co_{0,5}Se_2$ namunasi uchun 410 K temperaturada kuzatildi;
- yuqori tenzosezgirlik lokal energetik sathlarning termik ionlanishi va zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining ortishi bilan izohlanadi;
- $TlIn_{1-x}Co_xSe_2$ kristallari yarimo'tkazgichli tenzometriya uchun samarali funksional material hisoblanadi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Umarov S.X., Nuritdinov I. Perspektivnye materialy, 2002, №3, 25–27-b.
2. Nuritdinov I., Umarov S.X., Rustamov V.D. Perspektivnye materialy, 2003, №1, 46–48-b.
3. Abdullayev G.B. va boshq. Pis'ma v JETF, 1983, №11, 525–526-b.
4. Allaxverdiyev K.R. va boshq. Pis'ma v JETF, 1992, T.56, №3, 153–155-b.
5. Guseynov G.D. va boshq. Geliotexnika, 2000, №1, 83–88-b.
6. Mustafayeva S.N. va boshq. FTT, 2000, T.42, №12, 2132–2135-b.
7. Sardarlı R.M. va boshq. FTP, 2011, T.45, №11, 1441–1445-b.
8. Sheleg A.U. va boshq. FTT, 2011, T.53, №3, 443–445-b.
9. Kaminskiy V.V. va boshq. Pis'ma v JTF, 2014, T.40, №11, 1–7-b.
10. Kaminskiy V.V., Lani Sh. JTF, 1998, T.68, №3, 53–57-b.
11. Umarov S.X. Tenzometrik o'lchashlarning statik rejim metodikasi. Toshkent, 1992.


ISSN 3030-3907