ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 9

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

MUJASSAMLASHGAN QUYOSH NURLARI BILAN GRANULLANGAN KREMNIYGA METALOKOMPOZIT OMIK KONTAKTLAR HOSIL QILISH TEXNOLOGIYASI

Mamirov Abduvoxid Muxammadamin o‘g‘li
Andijon davlat texnika instituti .
Email:abduvoxidmamirov5775@gmail.com
Olimov Lutfiddin Omanovich
“University of Economics and Pedagogy” NOTM professori, f-m,f-d.
Email: olimovl266@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada mujassamlashgan quyosh nurlari dastasi yordamida kremniy nanozarralarini qizdirib biriktirish orqali termoelektrik materiallar tayyorlash hamda granullangan kremniyga metalokompozit omik kontaktlar hosil qilish texnologiyasi yoritib berilgan. Tadqiqot davomida kukunli texnologiya asosida olingan kremniy nanozarralarini quyosh energiyasi yordamida biriktirishning fizik-texnologik xususiyatlari o‘rganildi. Quyosh sandoni fokusida hosil qilinadigan yuqori temperaturali muhitdan foydalanib, kremniy granulalarini bosqichma-bosqich qizdirish orqali mustahkam struktura hosil qilish usuli ishlab chiqildi. Shuningdek, kremniy sirtida metallokompozit Omik kontaktlar hosil qilishning ikki xil usuli tahlil qilindi va ularning texnologik afzalliklari asoslab berildi. Issiqlik almashinuvi jarayoni Furye qonuni asosida matematik modellashtirildi hamda temperatura gradientining kontakt sifatiga ta’siri baholandi. Tadqiqot natijalari quyosh energiyasidan foydalanish asosida energiya tejamkor, ekologik xavfsiz va yuqori samaradorlikka ega termoelektrik materiallar yaratish imkoniyatlarini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: Mujassamlashgan quyosh nurlari, metallokompozit kontakt, kremniy nanozarralari, termoelektrik material, Omik kontakt, quyosh sandoni, qizdirib biriktirish, issiqlik almashinuvi, Furye qonuni, etil spirti, kontakt qarshiligi.

Аннотация. В данной статье освещена технология получения термоэлектрических материалов путем спекания кремниевых наночастиц с использованием сфокусированного пучка солнечного излучения, а также технология формирования металлокомпозитных омических контактов на гранулированном кремнии. В ходе исследования были изучены физико-технологические особенности соединения кремниевых наночастиц, полученных методом порошковой технологии, с использованием солнечной энергии. Разработан способ формирования прочной структуры путем поэтапного нагрева кремниевых гранул в высокотемпературной среде, создаваемой в фокусе солнечной печи. Кроме того, были проанализированы два метода формирования металлокомпозитных омических контактов на

поверхности кремния и обоснованы их технологические преимущества. Процесс теплообмена был математически смоделирован на основе закона Фурье, а также оценено влияние температурного градиента на качество контактов. Результаты исследования показали возможность создания энергоэффективных, экологически безопасных и высокоэффективных термоэлектрических материалов на основе использования солнечной энергии.

Ключевые слова: сфокусированное солнечное излучение, металлокомпозитный контакт, кремниевые наночастицы, термоэлектрический материал, омический контакт, солнечная печь, спекание, теплообмен, закон Фурье, этиловый спирт, контактное сопротивление.

Abstract. This article presents the technology for producing thermoelectric materials by sintering silicon nanoparticles using a concentrated solar radiation beam, as well as the technology for forming metal-composite Ohmic contacts on granulated silicon. During the study, the physicotechnological features of bonding silicon nanoparticles obtained by powder technology using solar energy were investigated. A method for forming a strong structure through gradual heating of silicon granules in a high-temperature environment created at the focus of a solar furnace was developed. In addition, two methods for forming metal-composite Ohmic contacts on the silicon surface were analyzed, and their technological advantages were substantiated. The heat transfer process was mathematically modeled based on Fourier's law, and the influence of the temperature gradient on contact quality was evaluated. The obtained results demonstrated the possibility of creating energy-efficient, environmentally safe, and highly efficient thermoelectric materials based on the use of solar energy.

Keywords: concentrated solar radiation, metal-composite contact, silicon nanoparticles, thermoelectric material, Ohmic contact, solar furnace, sintering, heat transfer, Fourier's law, ethyl alcohol, contact resistance.

KIRISH.

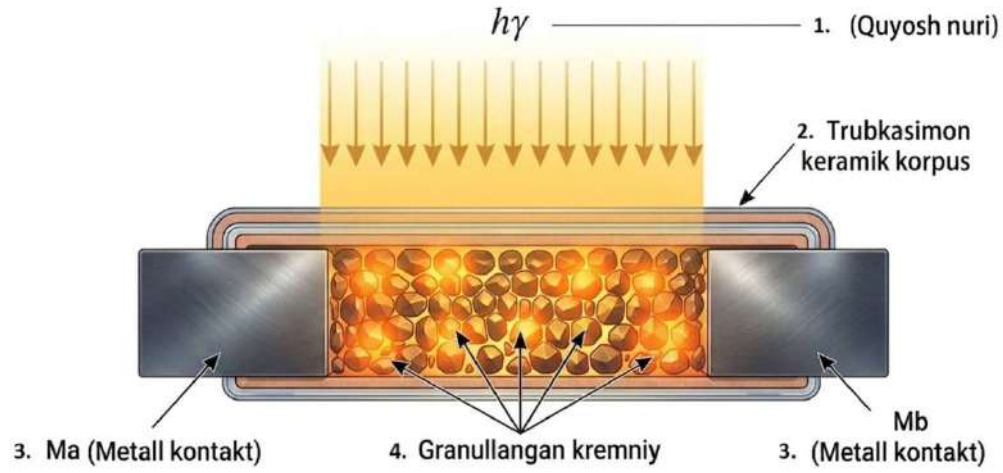
Tadqiqotning yangiligi shundan iboratki, ilk bor kukunli texnologiya asosida tayyorlangan kremniy nanozarralarini quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish orqali granullangan termoelektrik materiallar tayyorlash texnologiyasini tadqiq qilish hisoblanadi. Ushbu usul fokusidagi temperatura 1500°C ga teng "Quyosh sandoni" konstruksiyasi yaratilgan va uning yordamida kremniy zarrachalarini quyosh nurlari bilan biriktirish usuli ishlab chiqildi [1]. Ushbu usul, umumiy xolda, dastlabki xom ashyo, ya'ni, o'tkazuvchanligi p yoki n turga ega bo'lgan kremniy nanozarralari tarkibida kislorod bo'lgan muhitda kukunsimon holatga yetguncha tortish, so'ngra, etilspirti yordamida granullangan

ISSN 3030-3907

kremniy zarrachalari qorishmasi tayyorlash, kremniy nanozarralari qorishmasini quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirishdan iborat [1.,2].

MATERIALLAR VA METODLAR.

Ushbu tadqiqotning maqsadi shundan iboratki, mujassamlashgan quyosh nurlari dastasi yordamida granullangan kremniy nanozarralarini qizdirib biriktirish texnologiyasi maxsus yuqori energiyali pechlar yoki preslash uskunalaridan foydalanmasdan termoelektrik materiallar tayyorlash imkoniyati yaratildi. Istalgan shakldagi dielektrik korpus taglikdan foydalanish istalgan shakldagi namunalar tayyorlash imkonini beradi (1-rasm). Buning uchun dastlab 70 foizli etilspirti yordamida tayyorlangan kremniy zarrachalari qorishmasi (2) taglikka (1) solinadi va qo‘l yordamida uncha katta bo‘lmagan kuch bilan bosiladi, natijada kremniy zarrachalari taglik shaklini oladi [3]. Bunda kremniy zarrachalari qorishmasi qalinligi 2,5÷3 mm.dan oshmasligi zarur. Aralashma qalinligi 2,5÷3 mm.dan kam bo‘lganda granulalar birikishi o‘rniga suyuqlanish darajasi ortadi, aksincha, undan yuqori bo‘lganda esa hajm bo‘ylab temperatura bir me’yorda taqsimlanmaydi. Temperaturalar farqi xisobiga sirt sohalarida birikish yuqori aksincha, ostki qismida birikish sust bo‘ladi.



1-rasm. Kremniy granulalarini quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish sxemasi

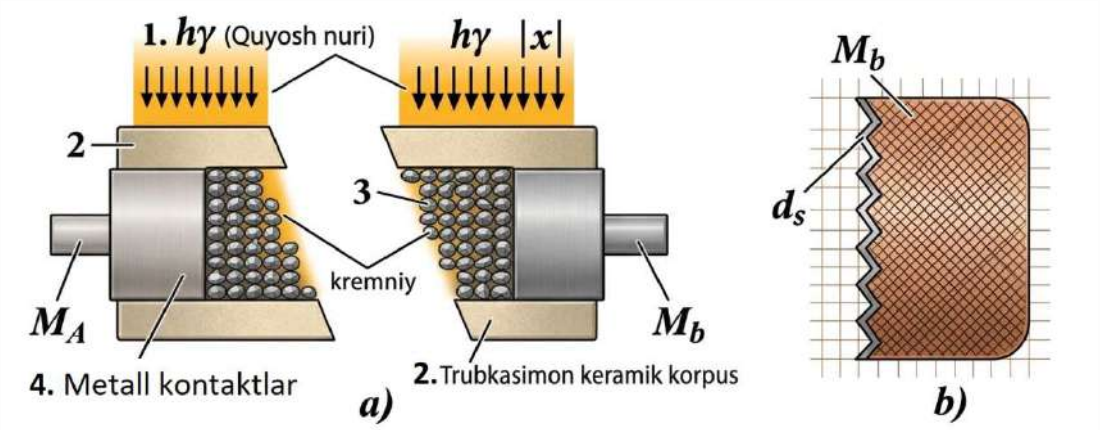
Quyosh nurlari ($h\gamma$) bilan qizdirib biriktirish ham o‘ziga xos jarayonlardan iborat. Quyosh nurlari ($h\gamma$) dastasi perpendikulyar ravishda to‘g‘ridan-to‘g‘ri kremniy zarrachalariga tushadi va u quyosh sandoni fokusi bo‘ylab harakatlantiriladi. Bunda kremniy zarrachalariga tushayotgan quyosh nurlari temperatura 600°Cdan sekin astalik bilan 1200°C bo‘lgan masofaga siljitib boriladi, bu jarayon 5÷7 minutda bajariladi. Ushbu usulda an’anaviy usullardan farqli o‘laroq, preslash yoki katta energiyalarga mo‘ljallangan maxsus qurilmalar yordamida termik ishlov (spekaniya) berish jarayonlari umuman bajarilmaydi.

TADQIQOT NATIJALARI.

ISSN 3030-3907

Mujassamlashgan quyosh nurlari dastasi bilan qizdirib biriktirish orqali kremniy sirtida metallokompozit Omik kontaktlar hosil qilish ikki xil usulda amalga oshirildi. Quyida ularni alahida-alohida ko‘rib chiqamiz.

Birinchi usul qarshilik vositasi bilan qizdirib biriktirish usuliga o‘xshash bo‘lib, sterjen shaklidagi M_A va M_B metall kontaktlar quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish orqali hosil qilinadi (2-rasm). Bunda ham M_A va M_B metalning granulalar bilan kontaktlashgan yuza tuzilishi g‘adir-budir shaklda bo‘lib, o‘lchami granulalar o‘lchamiga yaqin o‘lchamlarda tayyorlanadi (2b-rasm). Biroq, granullangan nanozarralarni zichlashtirish uchun P bosim kuchi M_A va M_B metal sterjenlar orqali berilmaydi, ular qo‘l yordamida bajariladi. Bu jarayonni granullangan nanozarralarni quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish orqali termoelektrik materiallar tayyorlash usuli yordamida quyidagicha tushuntirish mumkin [4-5].



2-rasm. Mujassamlashgan quyosh nurlari dastasi bilan qizdirib biriktirish jarayonida bir vaqtning o’zida kremniyga kontaktlar hosil qilish sxemasi

Granullangan nanozarralarni quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish orqali termoelektrik materiallar tayyorlash usuliga ko‘ra, granullangan nanozarralar usti ochiq havoncha shaklidagi idish yoki taglikka solinadi. Ushbu usul taglik ko‘rinishiga mos holda istalgan shaklda termoelektrik material tayyorlash imkonini beradi. Masalan, termoelektrik material namunasini brusok ko‘rinishida tayyorlash uchun usti ochiq yarimtruba shaklidagi dielektrik korpus taglikdan foydalanish mumkin (2a-rasm). Bunday shakldagi termoelektrik material namunasini tayyorlash uchun dastlab, sterjen shaklidagi M_A va M_B metal kontaktlar taglikning ikki qismiga 2a-rasmda tasvirlangandek qo‘yiladi va ular o‘rtasiga 70% etil spirt bilan tayyorlangan granullangan zarrachalar qorishmasi (2) solinadi. Ta’kidlash joizki, qorishma tayyorlanishi granullangan nanozarralarni sochilishini oldini olish hamda taglikka zich joylash imkonini beradi [6-7]. Granullangan zarrachalarni zichlashtirish uchun qo‘l yordamida bosiladi, natijada granula qorishmasi taglik (1) shaklini oladi. Bunda qorishma qalinligi 2,5÷3 mm dan oshmasligi talab etiladi. Shuni ham ta’kidlash joizki,

ISSN 3030-3907

qorishma qalinligi 2,5÷3 mm dan kam bo‘lganda granulalar birikishi o‘rniga suyuqlanish darajasi ortishi hamda sochilib ketishi mumkin. Qorishma qalinligi 2,5÷3 mm dan yuqori bo‘lganda esa hajm bo‘ylab temperatura bir tekisda taqsimlanmaydi. Temperaturalar farqi xisobiga sirt sohalarida birikish yuqori aksincha, ostki qismida birikish sust bo‘ladi. Xuddi shu jarayon granullangan nanozarralar bilan M_A va M_B metal kontaktlarning kontaktlashgan sohalariga ham tegishli. Ya’ni, granullangan nanozarralar qorishmasi qalinligi 2,5÷3 mm dan kam bo‘lganda granulalar birikishi o‘rniga suyuqlanish yoki sochilib ketishi mumkin. Aksincha, qorishma qalinligi 2,5÷3 mm dan yuqori bo‘lganda granullangan nanozarralar bilan M_A va M_B metal kontaktlarning kontaktlashgan sirt soha bilan ostki sohasida temperaturalar farqi vujudga keladi. Natijada quyosh nurlari bilan qizdirish temperaturasi granullangan nanozarralar bilan M_A va M_B metal kontaktlarning hajm bo‘ylab bir xilda birikishini ta’minlay olmaydi.

Granullangan nanozarralarni quyosh nurlari ($h\gamma$) bilan qizdirib biriktirish ham o‘ziga xos jarayonlardan iborat. Taglikka solingan granullangan nanozarralar qorishmasi quyosh sandoni fokusi bo‘ylab harakatlantiriladi. Ya’ni, taglikka solingan granullangan nanozarralar qorishmasi quyosh nurlari dastasi fokusi markazi tomon sekin astalik bilan harakatlantiriladi. Fokus markazi tomon harakatlanganda granullangan nanozarralar qorishmasiga tushayotgan nurlar temperaturasi ortib boradi. Quyosh sandoni fokusidagi temperatura granullangan nanozarra materialining erish temperaturasiga mos holda tanlanadi. Masalan bizning holda, tadqiqotlar olib borish uchun granullangan kremniy nanozarralaridan foydalanilgan [8-9].

Ma’lumki, kremniyning erish temperaturasi T~1420 °C. Bunga mos holda, taglikka solingan granullangan kremniy nanozarralari qorishmasi quyosh nurlari dastasidagi temperatura 600 °C dan sekin astalik bilan 1200 °C bo‘lgan masofaga siljitib boriladi, bu jarayon 5÷7 minutda bajariladi. Agar granulalar qorishmasi birdan 1200 °C temperaturada qizdirilsa, kremniy nanozarralarining sochilishi kuzatiladi. Shuning uchun taglikka solingan kremniy nanozarralari qorishmasini quyosh sandoni fokusi bo‘ylab past temperaturadan yuqori temperatura holatiga harakatlantiriladi.

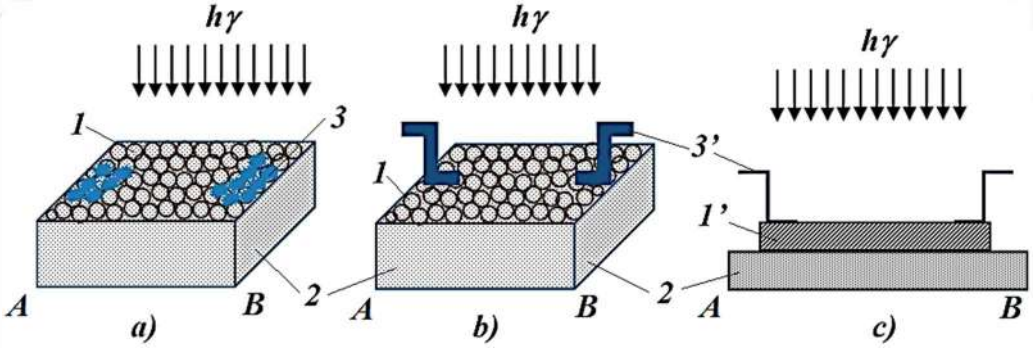
M_A va M_B metal kontaktlarga tushayotgan quyosh nurlari dastasi 3a-rasmda keltirilgandek, x~1÷1,5 mm dan ortmasligi kerak. Bu metal kontaktlar bilan kremniy nanozarralari o‘rtasida mustahkam kontak hosil bo‘lishini ta’minlaydi.

Endi granullangan nanozarralarni quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish orqali tayyorlangan termoelektrik materiallarga kontaktlar hosil qilishning ikkinchi usulini ko‘rib chiqaylik.

ISSN 3030-3907

Kontaktlar hosil qilishning ikkinchi usuli ham birinchi usul singari granullangan zarrachalarni quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish orqali termoelektrik materiallar tayyorlash jarayonida yoki tayyor termoelektrik materialda kontaktlar hosil qilishga asoslangan [10-12].

3-rasmda usulning soddalashtirilgan sxemasi tasvirlangan. Granullangan nanozarralarni quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish orqali termoelektrik materiallar tayyorlash jarayonida kontaktlar hosil qilish uchun masalan, yuqorida ko‘rib o‘tilgan usul singari granullangan kremniy nanozarralari qorishmasini taglikka solinadi (3a va 3b-rasmlar).



3-rasm. Mujassamlashgan quyosh nurlari dastasi bilan qizdirib biriktirish jarayonida bir vaqtning o’zida kremniyga kontaktlar hosil qilish sxemasi

Uning sirtiga A va B tomonlariga 3a va 3b-rasmlarda ko‘rsatilgandek, mos holda M_A va M_B metal kontakt (3) zarrachalarini yoki sterjen shaklidagi (3’) simlari qo‘yiladi. Tayyor termoelektrik materialda kontaktlar hosil qilishda esa sterjen shaklidagi (3’) simlari qo‘yiladi. So‘ngra, ular yuqorida keltirilgan usul singari quyosh nurlari dastasi bilan qizdiriladi.

Qizdirish jarayonida kremniy nanozarralari qorishmasi bo‘ylab issiqlik tarqalishini Furye qonuni asosida quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q(t,x) \qquad (1)$$

bu yerda, ρ va C_p – mos holda, kremniy qorishmasining zichligi va solishtirma issiqlik sig‘imi; k – granulalar zichligiga bog‘liq bo‘lgan issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti; $Q(t, x)$ – quyosh nuri orqali berilayotgan tashqi issiqlik oqimi manbai.

Quyosh sandoni fokusida namuna harakatlanganda, unga tushayotgan nurlar temperaturasi vaqtga bog‘liq holda quyidagi differensial ko‘rinishda ortib boradi:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T_{max} - T_{min}}{\tau} \qquad (2)$$

Jarayonning fazaviy va texnologik dinamikasini ifodalashda harorat T_0=600°C dan T_{max}=1200°C gacha 5÷7 minut davomida ko‘tariladi.

ISSN 3030-3907

Agar harorat birdan 1200°C ga ko‘tarilsa, nanozarralar sochilib ketadi, shuning uchun modelda harorat gradiyenti o‘zgarmas bo‘lishi talab etiladi. Bu granulalarning sochilib ketmasligini ta’minlovchi “yumshoq” o‘tish davri hisoblanadi.

Modelning barqarorligini ta’minlovchi asosiy parametrlardan biri nanozarralar qalinligi bo‘lib, u 2,5 mm≤h≤3 mm bo‘lishi kerak. h<2,5 mm bo‘lganda granulalar birikish o‘rniga suyuqlanish darajasi ortadi va ular sochilib ketadi. h>3 mm bo‘lgansa esa harorat hajm bo‘ylab notekis taqsimlanadi, bunda sirtda birikish yuqori, ostki qismida esa sust bo‘ladi.

Bundan tashqari, qorishma tayyorlashda ishlatiladigan komponentlar nisbati ham modelning bir qismidir. Nanozarralar sochilishining oldini olish va zich joylashishini ta’minlash uchun 70 % li etil spirti ishlatiladi. Granula qorishmasi taglik shaklini olishi uchun tashqi bosim (P) qo‘l yordamida beriladi.

Zichlik va faza o‘zgarishida 70 %li etil spirti bug‘lanib ketgach, nanozarralar o‘zaro kontaktga kirishadi. Kontakt hosil bo‘lishi metal sterjenlar (M_A, M_B) bilan kremniy o‘rtasida diffuziya jarayoni boshlanadi. Bunda nur tushish sohasi ya’ni kremniy sirtida mustahkam Omik kontakt hosil qilish uchun quyosh nuri dastasining metalga tushish kengligi 1 mm≤x≤1,5 mm bo‘lishi shart, aks holda kontakt mustahkamligi pasayadi [13].

Ikkinchi usulda (3-rasm) kontaktlar tayyor material ustiga yoki zarrachalar ko‘rinishida qo‘yiladi. Bu usulda issiqlik almashinuvi yuzadan pastga yo‘nalgan bo‘lib, matematik modelda sirt energiyasi (E_{sirt}) va hajm bo‘ylab harorat gradiyenti ($\frac{\partial T}{\partial x}$) muhim rol o‘ynaydi.

Bunday modelning asosiy maqsadi – minimal elektr qarshiligiga ega bo‘lgan Omik kontakt hosil qilishdir. Buning uchun matematik maqsad funksiyasi quyidagicha ko‘rinishda bo‘ladi:

$$F(h,T,t) = R_{contackt} \rightarrow min \qquad (3)$$

Bunda $R_{contact}$ – kontakt qarshiligi bo‘lib, u quyosh sandonidagi harorat rejimiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liqdir. Ushbu usullar mustahkam kontaktlar hosil bo‘lishini ta’minlaydi.

XULOSA.

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida mujassamlashgan quyosh nurlari dastasi yordamida granullangan kremniy nanozarralarini qizdirib biriktirish texnologiyasi samarali va istiqbolli usullardan biri ekanligi aniqlandi. Tadqiqot davomida kremniy nanozarralarini quyosh sandoni fokusida bosqichma-bosqich qizdirish orqali mustahkam granullangan termoelektrik materiallar hosil qilish mumkinligi isbotlandi. Jarayon davomida temperatura rejimini to‘g‘ri tanlash, xususan, 600°C dan 1200°C gacha asta-sekin oshirib borish granulalarning

ISSN 3030-3907

sochilib ketishini oldini olishi va bir tekis birikishni ta’minlanishi aniqlandi. Shuningdek, granula qalinligining 2,5–3 mm oralig‘ida bo‘lishi issiqlikning hajm bo‘ylab bir xil taqsimlanishini ta’minlashi ko‘rsatildi. Metallokompozit Omik kontaktlar hosil qilishda quyosh nurlarining kontakt yuzasiga tushish kengligi hamda issiqlik gradiyenti muhim omil ekanligi tajribalar orqali asoslandi. Ishlab chiqilgan usul an’anaviy yuqori energiya talab qiluvchi pechlar va preslash qurilmalariga ehtiyojni kamaytiradi. Natijada energiya tejamkor, ekologik xavfsiz va yuqori elektr o‘tkazuvchanlikka ega termoelektrik materiallar olish imkoniyati yaratildi. Ushbu texnologiya yarimo‘tkazgichlar fizikasi, nanoelektronika va muqobil energiya manbalari asosidagi qurilmalarni ishlab chiqishda muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Patent UZ № FAP 01593 "Method of preparation of thermoelectric material". L.O. Olimov, I.I. Anarboev, A.Mamirov, F.L. Omonboev, M.L. Omonboeva (eds) (2021)
2. L.O. Olimov, I.I. Anarboyev, Silicon 14(8), 3817 – 3822 (2022). https://doi.org/10.1007/s12633-021-01596-1
3. Olimov L., Khojimatov I. Thermoelectric properties of silicon oxide //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 458. – C. 01022.
4. L.O. Olimov, U.A. Akhmadaliev, Obtaining granular semiconductor intermetallic compound Zn-Sb and some of its electrical properties. Journal E3S Web of Conferences. September (2023)
5. Olimov, L. O. (2010). Adsorption of alkali metals and their effect on electronic properties of grain boundaries in bulk of polycrystalline silicon. *Semiconductors*, *44*(5), 602-604.
6. Olimov, L. O. (2012). Effect of alkali metals on the electronic properties of grain boundaries on a polycrystalline silicon surface. *Semiconductors*, *46*(7), 898-900.
7. L.O. Olimov, Applied Solar Energy 44(2), 142–143 (2008) 14. A.G. Korotkih, Thermal conductivity of materials: textbook / Tomsk Polytechnic University (Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2011).
8. Mamirov, A. M. (2021). Anvar o‘g‘li KS THERMOLECTRIC, RESISTANCE, PHOTO ELECTRIC DETECTORS AND ANALYSIS OF SPECTRAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS IN THEM. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, *2*(12), 172-180.
9. Mamirov, A. M. (2022). Anvar o ‘g ‘li KS Production of micro-and nanoscale silicon granules using powder technology. *Texas Journal of Multidisciplinary Studies*, *5*, 175-179

10. B.M. Abdurakhmanov, L.O. Olimov, F.S. Abdurazzakov, Z.N. Alad'Ina, Applied Solar Energy 46(2), 161–162 (2010)
11. B.M. Abdurakhmanov, L.O. Olimov, M.S. Saidov, Applied Solar Energy 44(1), 46–52 (2008)
12. M.S. Saidov, B.M. Abdurakhmanov, L.O. Olimov, Applied Solar Energy 43(4), 203– 206 (2007)
13. L.O. Olimov, Applied Solar Energy 46(2), 118–121 (2010)

ISSN 3030-3907