

Abduraxmanov Gulmurza

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, professor

Tursunov Muhridin Egamqul o'g'li

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, doktorant

Dexqonov Avazbek Tolibjon o'g'li

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti, doktorant

Vohidova Gulbaxor

“Alfakom” o'quv markazi, o'qituvchi

Toshmuhammedova Dilnoza Artiqbayevna

Toshkent Davlat Texnika universiteti, professor

E-mail: tursunovmuhridin43@gmail.com, Tel: +998949579995

UDK:53.096: 538.91

LEGIRLANGAN SILIKAT SHISHA NAMUNALARIDA

TERMOEYUKNING FAZOVIY TAQSIMLANISHI

***Annotatsiya.** Ushbu maqolada RuO_2 oksidi bilan legirlangan silikat shisha asosida tayyorlangan namunalarda termoelektrik yurutuvchi kuch (termoEYUK) ning fazoviy taqsimlanishi o'rganildi. Tajribada tayyorlangan rezistorda termoEYuKning fazoviy taqsimlanishi qo'lda yasalgan moslama, nanovoltmetr va teplovizor yordamida aniqlandi. Natijalar termoEYUKning asosan metall-silikat shisha chegarasida hosil bo'lishini ko'rsatdi. Legirlangan silikat shishada termoEYUKning qiymati metalnikiga qaraganda ancha yuqori ekanligi ham aniqlandi. Ushbu tadqiqot termoelektrik qurilmalar dizayni va samaradorligini yaxshilashda ilmiy asos bo'ladi.*

***Kalit so'zlar:** termoEYuK, legirlangan silikat shisha, fazoviy taqsimlanish, Seebek effekti*

Абдурахманов Гулмурза

Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, профессор

Турсунов Мухриддин Эгамкул угли

Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, докторант

Дехканов Авазбек Толибжон угли

Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, докторант

Вахидова Гулбахор

Преподаватель учебного центра «Альфаком»

Тошмухаммедова Дилноза Артыкбаевна

Ташкентского государственного технического университета, профессор

ФАЗОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМОЭДС В ОБРАЗЦАХ

ЛЕГИРОВАННОГО СИЛИКАТНОГО СТЕКЛА

***Аннотация.** В данной статье исследовано фазовое распределение термоэлектродвижущей силы (термоЭДС) в образцах, приготовленных на основе силикатного стекла, легированного оксидом RuO_2 . В эксперименте фазовое распределение термоЭДС в изготовленном резисторе определялось с помощью самодельного устройства, нановольтметра и тепловизора. Результаты показали, что термоЭДС в основном возникает на границе металл — силикатное стекло. Также было установлено, что величина термоЭДС в легированном силикатном стекле значительно выше, чем в металле. Данное исследование может служить научной основой для улучшения конструкции и эффективности термоэлектрических устройств.*

***Ключевые слова:** термоЭДС, легированное силикатное стекло, фазовое распределение, эффект Зеебека*

Abdurakhmanov Gulmurza

Professor, National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Tursunov Muhridin Egamqul ugli

PhD student, National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Dekhkanov Avazbek Tolibjon ugli

PhD student, National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek

Vokhidova Gulbakhor

Teacher, "Alfakom" Educational Center

SPATIAL DISTRIBUTION OF THERMO-EMF IN DOPED SILICATE GLASS SAMPLES

Annotation. *This article investigates the spatial distribution of thermoelectric electromotive force (thermo-EMF) in samples prepared based on silicate glass doped with RuO_2 oxide. In the experiment, the spatial distribution of thermo-EMF in the fabricated resistor was determined using a handmade device, a nanovoltmeter, and a thermal imager. The results showed that the thermo-EMF primarily forms at the metal–silicate glass interface. It was also found that the value of the thermo-EMF in the doped silicate glass is significantly higher than that in the metal. This research provides a scientific basis for improving the design and efficiency of thermoelectric devices.*

Keywords: *thermo-EMF, doped silicate glass, spatial distribution, Seebeck effect*

Kirish

Bugungi kunda energiya samaradorligi va muqobil energiya manbalaridan foydalanish muammosi butun dunyo ilmiy jamoatchiligining e'tibor markazida turibdi. Ayniqsa, issiqlik energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektr energiyasiga aylantiruvchi termoelektrik materiallarga bo'lgan qiziqish keskin ortmoqda [1, 2]. Bunday materiallar orasida ruteniy dioksidi (RuO_2) bilan legirlangan silikat shishalar o'zining yuqori issiqlikka chidamliligi, barqarorligi va ekologik xavfsizligi bilan ajralib turadi.

Termoelektrik hodisalarning zamonaviy fizikadagi hal etilmagan muammolardan biri bu — termoelektrik yurutuvchi kuch (termoEYUK) $\Delta\varphi$ ning qayerda hosil bo'lishidir. Keng tarqalgan qarashga ko'ra, termoEYUK (Seebeck effekti) $\Delta\varphi$ bir jinsli o'tkazgich hajmida harorat farqi (gradient) ΔT ta'sirida hosil bo'ladi: $\Delta\varphi = S \cdot \Delta T$ [3, 4]. Biroq, ayrim tadqiqotchilar [5] bunga zid fikr bildirishgan.

Birinchi qarash (ya'ni, termoEYUK hajmda hosil bo'ladi degan fikr) Peltier effektiga zid keladi — bu effektga ko'ra, ikkita turli xil o'tkazgich tutashgan joyda elektr toki o'tishi natijasida Joul issiqligiga ($Q_J = R \cdot I^2$) qo'shimcha $Q_P = \pi \cdot I$ issiqlik ajralib chiqadi yoki yutiladi. Bu yerda I — ikki xil o'tkazgich orasidagi kontakt orqali o'tayotgan elektr toki, π — Peltier doimiysi, R esa o'tkazgichlarning umumiy elektr qarshiligidir. 1838 yilda Lenz tajriba orqali shuni ko'rsatdiki, issiqlik (Q_P) aynan o'tkazgichlar tutashgan nuqtada, tok yo'nalishiga qarab ajraladi yoki yutiladi.

Ushbu muammoni aniqlashtirish maqsadida, mazkur maqolada termoEYUKning qalin qatlamli rezistor bo'ylab taqsimlanishini o'lchadik.

Materiallar va usullar

Legirlangan silikat shisha asosidagi namuna tayyorlashda qalin qatlamli rezistorlar texnologiyasidan foydalanildi [6], bunda turli oksidlar 1-jadvalda ko'rsatilgan nisbatlarda aralashtirilib, 1350-1500°C da 1 soat davomida pishirildi. Tayyor shisha planetar tegirmonda maydalanib, zarrachalarining o'lchami 1 mkm dan kichikroq (submicron) kukun holiga keltirildi. Har bir shisha kukuniga (B34E, RS-5-1, B17) RuO_2 ning submicron kukuni 10%, 20% va 30% miqdorlarda qo'shib, aralashtirilgach laboratoriya pastasi tayyorlash uchun organik suyuqlik (terpineol – 80 massa %, etil spirit – 5 massa %, akril kislota – 15 massa %) bilan aralashtirib quyuq, gelsimon holatga keltirildi va to'rdan yasalgan maxsus qoliplar orqali alyuminiy oksididan tayyorlangan keramik taglikka surildi (1a-rasm)

1-jadval. Shishalarning tarkibi (massa %)

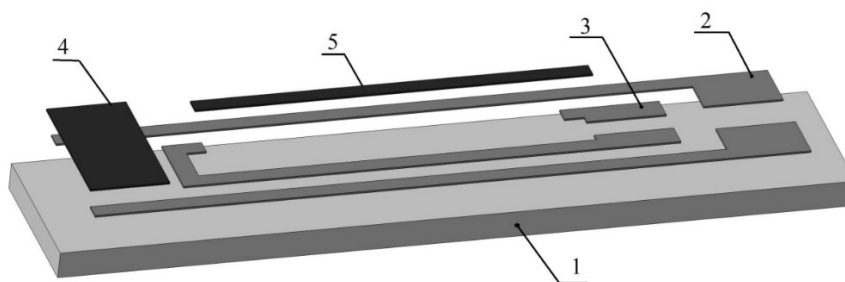
Namunalar	SiO_2	B_2O_3	PbO	Al_2O_3	BaO	MnO_2	CuO	MgO
B34E	27.5		68.3		4.08			2
PC-5-1	11	15	61.9	0.7		10	1.4	
B-17	33		67					

Bunda birinchi navbatda PP-11 kumush pastasidan (Elma-Pasti, Zelenograd, Rossiya) metall kontaktlar 2 va 3 surilib, 850°C da 10 minut pishirildi, keyin boshqa qolip orqali isitgich qatlami 4 surildi va pishirildi. Oxirida uchinch qolip yordamida termoelektrik element 5 surildi va pishirildi. Tayyor namuna 1b-rasmda ko'rsatilgan.

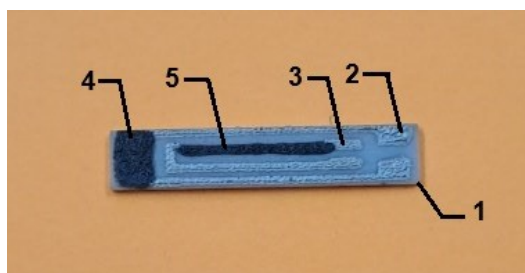
Namunaning qatlamlarini pishirish jarayoni bir necha bosqichlardan iborat:

- Dastavval taglikka surilgan qatlam 100°C haroratda 1 soat davomida qizdirilib, etil spirti va terpeneol bug'lantiriladi;
- Ikkinchi bosqichda ular 450 °C da 15 daqiqa ushlab turilib, akril kislotasi yondiriladi. Oqibat taglikda faqat shisha va ligatura kukunlari aralashmasi qoladi;
- Yakuniy bosqichda namunalar pechning 850°C gacha qizigan qismiga o'tkazilib, 10 daqiqa davomida pishiriladi, keyin asta-sekin sovutiladi. Bu harorat ta'sirida shisha zarralari yumshab, RuO₂ zarralarini qamrab olgan yaxlit shisha qatlami hosil qiladi (1b-rasmda 4 va 5).

Har bir pishirish jarayonidan so'ng qatlamlar sifati va isitgich 4 hamda termoelektrik element 5 ning qarshiligi multimetr yordamida nazorat qilinadi.



a)



b)

1-rasm. Termoelektrik tenzodatchikning qismlari (a) va umumiy ko'rinishi (b). 1 - izolyatsiyalovchi keramik taglik, 2 - isitgichning metall kontaktlari, 3 -

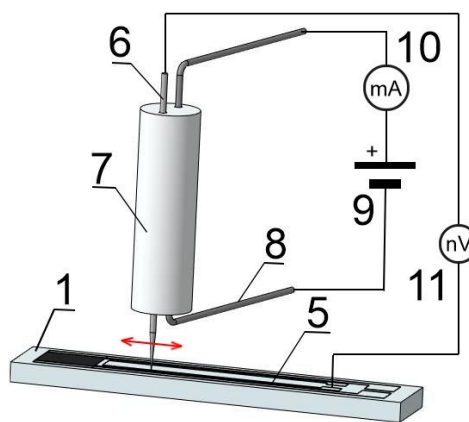
termoelektrik elementning metal kontaktlari, 4 - isitgich qatlami va 5 - termoelektrik elementning ishchi qatlami.

Tajriba o'tkazish uchun qo'lbola qurilma (2-rasm), ikkita HSPY-200-03 tok manbai, Keithley 2182 nanovoltmetri va Fluke Ti450PRO teplovizori ishlatildi. Qo'lda tayyorlangan o'lchov qurilmasining ishkashi 2b-rasmدا ko'rsatilgan. Dastlab tayyorlangan har bir namuna STEM mikroskopiga ulangach, namunadagi pechka alohida tok manbayiga, igna temperaturasi boshqaruvchisi esa ikkinchi tok manbayiga ulanadi. Zond orqali ignaning uchi va namunaning bir qismi nanovoltmetrga ulanib, termoelektrik kuchlanish (termoEYUK) aniqlanadi.

Yuqoridagi mulohazalardan ma'lum-ki, termoEYuK paydo bo'lishida namunaning fazoviy birjinsliliği muhim ahamiyat kasb etadi. Bu masalaga oydinlik kiritish maqsadida bevosita termoelement orqali elektr toki o'tkazilib, Joule issiqligi ta'sirida termoelement bo'ylab temperaturaning taqsimlanishi teplovizor yordamida o'lchandi (3-rasm). Ma'lum bo'ldi-ki (3b-rasm) termoelement o'lchash xatoligi chegarasida birjinsli ekan.

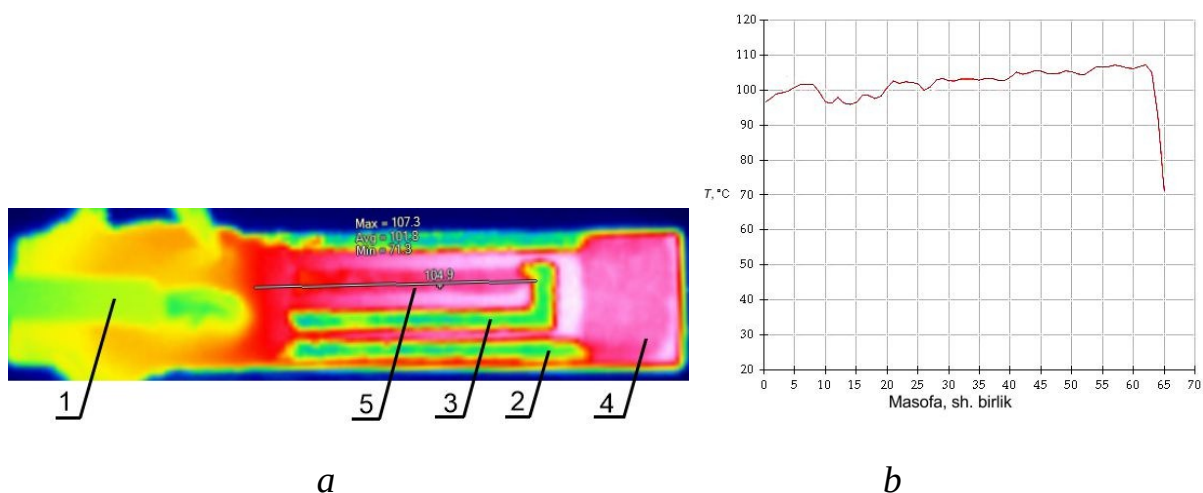


a)



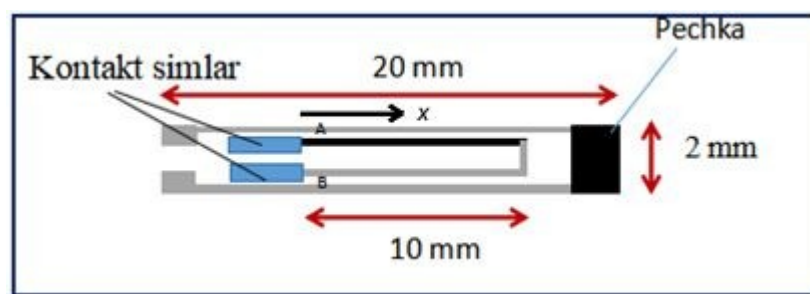
b)

2-rasm. a) Qo'lbola o'lchash moslamasi va b) uning asosiy qismlari: 1- va 5 – qismlar 1-rasmga mos, 6 – termoEYuK o'lchovchi igna, 7 – igna va isitgichning keramik tutqichi, 8 – ignaning isitgichi, 9 – ignani isituvchi tok manbai, 10 - ignani isituvchi tokni o'chovchi milliampermetr, 11 – termoEYuK ni o'lchovchi nanovoltmetr. Igna 6 termoelement 5 bo'ylab 0,1 mm aniqlik bilan siljiriladi



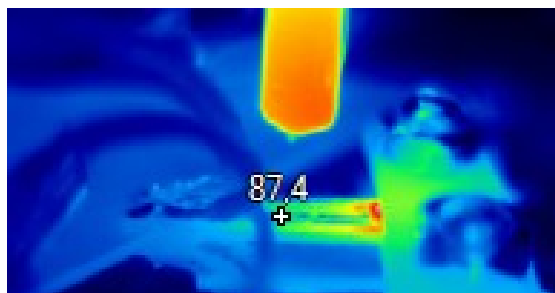
3-rasm. termoelement bo'ylab temperaturaning taqsimlanishi: *a* – teplovizordagi issiqlik tasviri; *b* – chapdagi rasmdagi gorizontaal chiziq bo'ylab temperatura taqsimoti. Grafikning o'ng cheti termoelementning chegarsiga mos keladi

Eksperiment davomida dastlab pechkaga kuchlanish berilib, namuna qizdirildi. Hosil bo'lgan harorat farqi termoelektrik tokni yuzaga keltirdi. Teplovizor (Fluke Ti450Pro) yordamida namunadagi A nuqtaning harorati o'lchandi (4 va 5-rasm.



4-rasm. Namuna o'lchamlari va o'lchash nuqtalari

So'ngra igna 6 uchining harorati zond pechkasi 8 orqali oshirildi va harorat namuna yuzasidagi nuqtaga mos kelgach, zond namunaga tekkizilib, turg'un kontakt hosil qilindi. Nanovoltmetr 11 da termoEYuK qiymati turg'unlashgach, natija qayd etildi.

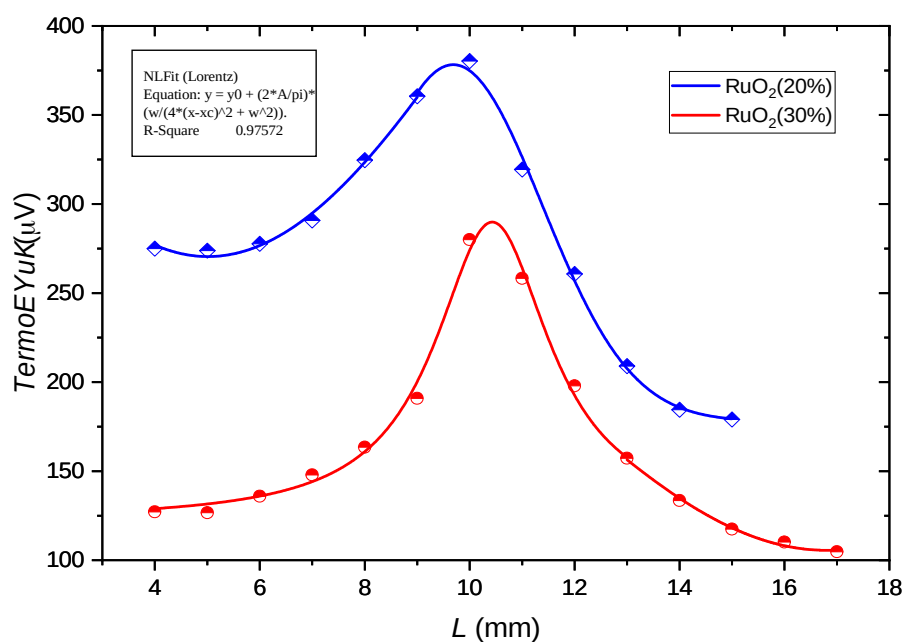


5-rasm. Zond va namunaning Fluke Ti450Pro teplovizorida olingan tasviri

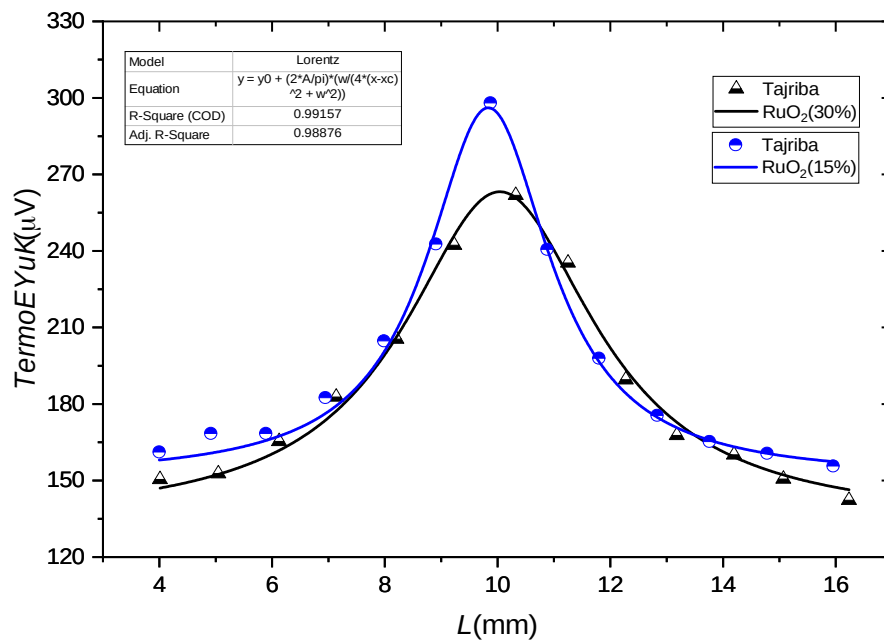
Shundan so‘ng, zond yuqoriga ko‘tarilib, dastlabki holatiga qaytishi kutildi. Namuna 1 mm ga surilib, yangi nuqtada oldingi banddagi jarayon takrorlandi. Ushbu bosqichlar namunadagi termoelektrik juftlikning birinchi kontaktidan (4-rasmda x o‘qining boshlanishi) ikkinchi kontaktigacha – jami 18 mm masofada takrorlandi. Barcha o‘lchas jarayonlarida termoelement 5 bo‘ylab temperatura farqi $\Delta T = 33^\circ\text{C}$ o‘zgartirilmay ushlab turildi.

Natijalar va muhokama

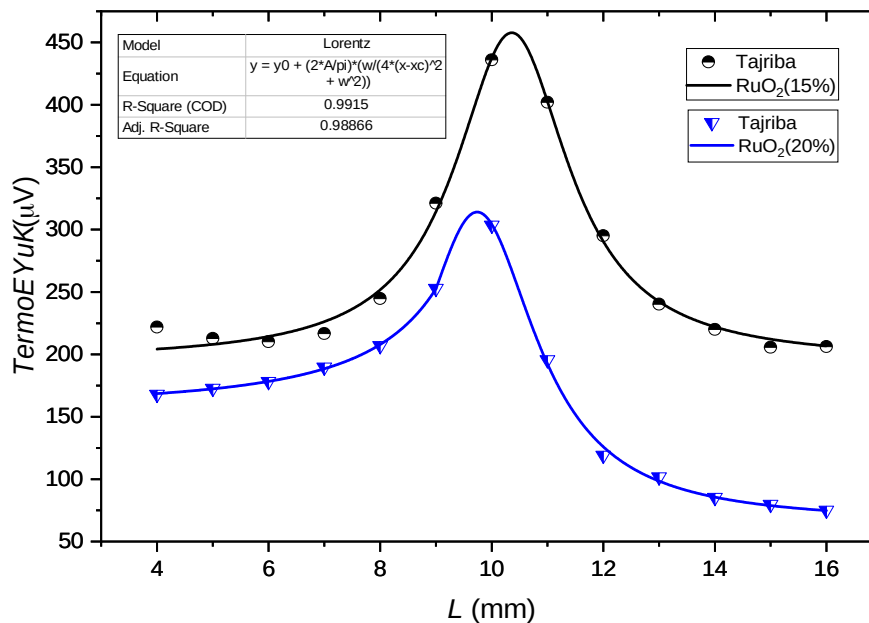
6-rasmda B-34E, B17 va PC5-1 shishalarga 15, 20 va 30 % RuO_2 ni qo‘shib tayyorlangan namunalarda termoEYuK taqsimlanishi tasvirlangan. Bunda L - namunalarning bir uchidagi kontakt maydonchasiga nisbatan (4-rasmdagi A-nuqta) igna 6 ning surilgan masofasini bildiradi.



a)



b)



c)

6-rasm. ThermoEYuK ning namuna bo`ylab taqsimlanishi. a) B34E+RuO₂ (20 %, 30 %), b) B17+RuO₂ (15 %, 30 %) va c) PC5-1+RuO₂ (15 %, 20 %)

6-rasmlardan ko`rinib turibdi-ki, 1) legirlangan silikat shishaning termoEYUK koeffitsienti metall qatlamnikidan ancha yuqori ekan; 2) RuO<sub>2</sub> miqdori ortishi bilan termoEYuK koeffitsienti kamayadi; 3) legirlangan silikat shishaning tarkibi bilan termoEYUK koeffitsienti o`rtasida aniq bog`lanish yo`q; 4) barcha

namunalarda termoelementi bilan metal kontakt chegarasida termoEYuK maksimal qiymatga ega, ya'ni aynan shu chegarada termoEYuK paydo bo'ladi.

Hosil bo'ladigan termoEYUK qiymati bir nechta asosiy omillarga bog'liq bo'lib, ular orasida materiallar orasidagi elektron tuzilma farqi, harorat gradienti (dT/dx), fazoviy chegaralarning molekulyar va kimyoviy tuzilishi, hamda aralashmadagi komponentlar nisbati alohida rol o'ynaydi [7]. Ayniqsa, ruteniy oksidi (RuO_2) miqdori 20% atrofida bo'lgan namunalar eng yuqori termoelektrik samaradorlikni namoyon etdi.

TermoEYUK ning tajribada aniqlangan taqsimoti termoelektrik datchiklar yoki termoelektrik mikro generatorlar yaratishda muhim omil bo'ladi.

Xulosa

Ruteniy oksidi (RuO_2) bilan legirlangan turli tarkibli silikat shisha (B34E, B17, PC5-1) namunalarida termoEYuK ning fazoviy taqsimlanishi adabiyotlarda keng tarqalgan fikrga zid o'laroq, termoEYuK ning material hajmida emas, balki ikki xil material tutashgan joyda (kontaktda) paydo bo'lishini ko'rsatdi. Ikkinchi tomondan, legirlangan silikat shishada termoEYuK koeffitsienti metal (kumush) nikiga qaraganda ancha yuqori ekanligi aniqlandi. Shisha tarkibi bilan termoEYuK koeffitsienti o'rtasida bog'lanish ko'rinmadi. TermoEYuK koeffitsienti legirlash darajasi (RuO_2 ning miqdori) ortishi bilan 20 massa % atrofida maksimumga chiqadi. Tadqiqot natijalari termoelektrik datchiklar va mikrogeneratorlar uchun material tanlashda hamda ularning konstruktiv joylashuvini aniqlashda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Rowe, D. M. (1995). *CRC Handbook of Thermoelectrics*. CRC Press.

- [2] Goldsmid, H. J. (2010). *Introduction to Thermoelectricity*. Springer Series in Materials Science.
- [3] Seeger K. *Semiconductor Physics. An Introduction*. - Berlin: Springer, 2004.
- [4] MacDonald D. K. C. *Thermoelectricity. An Introduction to Principles*. – N.Y.: Dover, 2016.
- [5] Samoylovich A. G., Korenblit L. L. State of the art of thermoelectric and thermomagnetic phenomena in semiconductors. Part 1. Physics – Uspekhi **49**(2) 1953, 244
- [6] Prudenziati M. (Ed.) *Thick Film Sensors*. - Amsterdam: Elsevier, 1994. 679 p.
- [7] G Abdurakhmanov, D P Rai and G Vokhidova. Modern Physics of the Thermoelectric Phenomena: Achievements and Problems. In: *New Materials and Devices for Thermoelectric Power Generation* (Ch. 7) IntechOpen, London, 2023.