

Gulmurza ABDURAXMONOV,

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zMU fizika fakulteti proffessori,

E-mail: gulmirzo@mail.ru

Tel: +998935565714,

Muhriddin TURSUNOV,

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zMU fizika fakulteti tayanch doktoranti,

E-mail: muhriddintursunov.1995@mail.ru

Tel: +998949579995

Avazbek DEXQONOV,

Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zMU fizika fakulteti tayanch doktoranti

E-mail: dexqonovavazbek1993@gmail.com

Tel: +998336551122

Toshkent Davlat Texnika universiteti «Nazariy elektronika va elektron texnologiyalar» kafedrası professorı, texnika fanlari doktori Toshmuhamedova Dilnoza Artikbaevna taqrizi asosida

STATE OF RuO₂ NANOPARTICLES IN SILICATE-DOPED GLASS

Annotation

In this article, at a temperature above 700 K, the specific resistance ρ and thermoEMF coefficient S of Alloyed silicate glass (LSG) increase sharply, reach a maximum, and then decrease. It was assumed that such changes of ρ and S could be the result of structural transitions in the crystal remains of the ligature. The purpose of this work is to test this assumption in an experiment. For this, the structure of the ligature and LSG was studied using X-ray diffraction at temperatures of 300, 773, 993 and 1123 K and the obtained results were analyzed.

Key words: lead-silicate glass, alloying, ruthenium dioxide, elementary cell, resistivity, thermoEMF, X-ray diffraction, nanocrystals, structural transitions.

СОСТОЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ RuO₂ В СИЛИКАТНОМ СТЕКЛЕ

Аннотация

В данной статье при температуре выше 700 К удельное сопротивление ρ и коэффициент термоЭДС S легированного силикатного стекла (ЛСГ) резко возрастают, достигают максимума, а затем уменьшаются. Предполагалось, что такие изменения ρ и S могут быть результатом структурных переходов в кристаллических остатках лигатуры. Цель данной работы – проверить это предположение в эксперименте. Для этого структуру лигатуры и ЛСГ изучали методом рентгеновской дифракции при температурах 300, 773, 993 и 1123 К и анализировали полученные результаты.

Ключевые слова: свинцово-силикатное стекло, легирование, диоксид рутения, элементарная ячейка, электросопротивление, термоЭДС, рентгеновская дифракция, нанокристаллы, структурные переходы.

RuO₂ NANOZARRACHALARINING LEGIRLANGAN SILIKATSHISHADAGI HOLATI

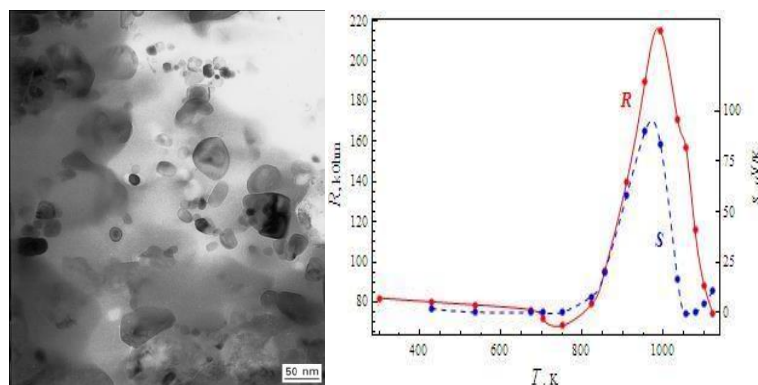
Annotatsiya

Ushbu maqolada 700 K dan yuqori temperaturada Legirlangan slika shisha (LSSh) ning solishtirma qarshiligi ρ va termoEYuK koeffitsienti S keskin oshib, maksimumga chiqadi va keyin kamayadi. ρ va S ning bunday o'zgarishlari ligaturaning kristall qoldiqlaridagi struktura o'tishlari oqibati bo'lishi mumkinligi taxmin qilindi. Mazkur ishning maqsadi - bu taxminni tajribada sinash. Buning uchun ligaturaning va LSSh ning tuzilishi 300, 773, 993 va 1123 K temperaturalarda rentgen nurlari difraksiyasi yordamida o'rganildi va olingan natijalar tahlil qilindi.

Kalit so'zlar: qo'rg'oshin-silikat shisha, legirlash, ruteniy dioksidi, elementar yacheyka, solishtirma qarshilik, termoEYuK, roentgen nurlari difraksiyasi, nanokristallar, struktura o'tishlari.

Kirish. Legirlangan qo'rg'oshin-silikat shisha (LSSh) qalin qatlamli rezistorlar, fizikaviy va kimyoviy ta'sirlar datchiklari hamda elektr isitgichlar sifatida uzoq yillar davomida keng qo'llanib kelayapti. Shunga qaramasdan LSSh ning hali o'rganilmagan jihatlari bor. Masalan, silikat shishani legirlaganda ligaturazarrachalari shishaning ichida qisman kristall holda qolib ketadi (1-rasm) [1]. Adabiyotlarda bu qoldiq kristallar zaryad tashuvchilarning lokallashuvi markazlari bo'ladi va LSSh ning elektr o'tkazuvchanligi Mott mexanizmi (o'zgaruvchan masofaga sakrash) orqali bo'ladi, - degan faraz ko'p muhokama qilindi [2], ammo tajribada tasdiqlanmadi.

Ikkinchi tomondan, 700 K dan yuqori temperaturada LSSh ning solishtirma qarshiligi ρ va termoEYuK koeffitsienti S keskin oshib, maksimumga chiqadi va keyin kamayadi (2-rasm) [3]. ρ va S ning bunday o'zgarishlari ligaturaning kristall qoldiqlaridagi struktura o'tishlari oqibati bo'lishi mumkinligi taxmin qilindi. Mazkur ishning maqsadi - bu taxminni tajribada sinash. Buning uchun ligaturaning va LSSh ning tuzilishi 2-rasmdagi xos temperaturalar – 300, 773, 993 va 1123 K da rentgen nurlari difraksiyasi yordamida o'rganildi.



1-rasm. Legirlangan silikat 2-rasm. RuO₂ bilan legirlangan 2SiO₂-PbO shisha tuzilishining elektron tarkibli shishada solishtirma qarshilik ρ va termoEYuK koeffitsienti S ning temperatura bo'ylab o'zgarishi [3].

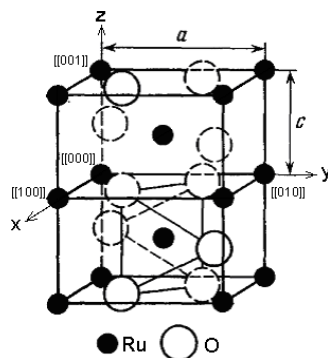
Adabiyotlar tahlili va metodologiyasi. Silikat shishani legirlashda ko'p ishlatiladigan eng oddiy ligatura RuO₂ bo'lib, uning kimyoviy va fizikaviy xossalari ancha keng o'rganilgan [3]. RuO₂ ning elementar yacheykasi rutil turida (tetragonal) bo'lib (3-rasm), uning parametrlari

1-jadvalda keltirilgan [3], issiqlikdan kengayish koeffitsienti (IKK $\alpha = (\Delta L/L)/\Delta T$) anizotropik (xona temperaturasida a o'qi yo'nalishida $+140 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$, c yo'nalishida $-32 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$), ammo monoton emas (4-rasm) [4], va 2SiO₂-PbO tarkibli shishaning izotropik koeffitsienti ($70 \cdot 10^{-7} \text{ K}^{-1}$) dan ancha farq qiladi.

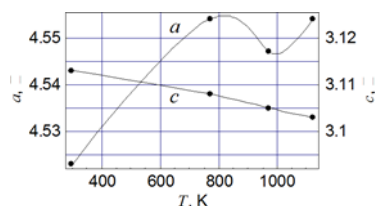
1-jadval

| RuO ₂ ning elementar yacheykasi o'lchamlari | | |
|--|-----------|-------|
| Yacheyka o'lchami, Å | | |
| a = b | c | a/c |
| 4,51±0,02 | 3,11±0,02 | 0,690 |

RuO₂ ning yana bir o'ziga xos jihati – yumshoqligi – Young moduli 24-27,5 GPa [5, 6], holbuki silikat shishada bu xossa 48-83 GPa [7].



3-rasm. RuO₂ ning elementar yacheykasi



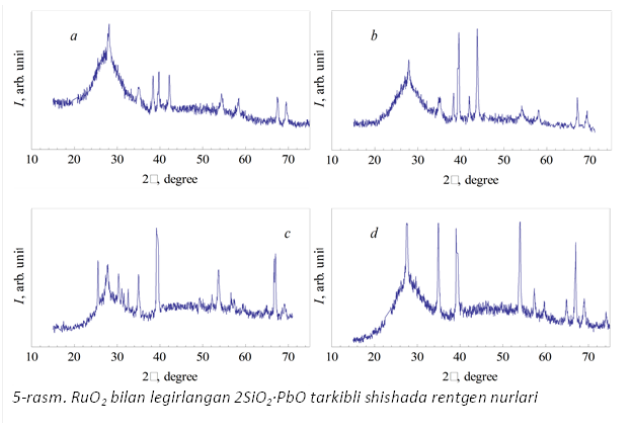
4-rasm. RuO₂ kunkunlarining issiqlikdan kengayish koeffitsientining a va c yo'nalishlarida temperatura bo'ylab o'zgarishi

Masalaning yana bir jihati shunda-ki, odatda ligaturaning hajmi shishaning hajmidan bir necha marta kam bo'ladi. Shunga ko'ra LSSh ning ichida RuO₂ qoldiqlariga shishaning mexanik ta'siri ostida bu qoldiqlar deformatsiyalangan (a yo'nalishda siqilgan, c yo'nalishda cho'zilgan) bo'lishi lozim. Ammo bu mavzuda adabiyotlarda ma'lumot yo'q, shu sababdan RuO₂ qoldiqlarining shisha ichidagi holati tajribada aniqlash lozim.

Natijalar. Yuqorida biz legirlangan silikat shishada ligatura zarrachalarining kristal qoldig'i bo'lishi va bu qoldiqning issiqlikdan kengayish koeffitsienti (IKK) shishanikidan farq qilishi tufayli zarrachalar deformatsiyalangan holatda bo'lishi lozimligini ko'rsatilgan. Bu keltirilgan fikrlarni isbotlash uchun RuO₂ bilan (10 vazn %) legirlangan 2SiO₂-PbO (massasi bo'yicha 33 % SiO₂, 67 % PbO) tarkibli shisha kunkunlarida 300, 773, 973 va 1123 K temperaturalarda rentgen nurlarining difraksiyasini o'rgandik (5-rasm). Rentgenogrammalar O'zbekiston geologiya va mineral resurslar komitetining Mineral resurslar institutida Simens firmasining D500 rentgen difraktometrda Anton Paar HTK16N yuqori temperatura kamerasida olindi.

$$\frac{1}{d_{hkl}^2} = \frac{h^2 + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}$$

2-jadvalda rentgenogrammalardagi RuO₂ ga xos bo'lgan asosiy maksimumlarning joylashuvi va nisbiy intensivligi va taqqoslash uchun RuO₂ monokristallarining ASTM (21-1172) kartotekasidan olingan xos chiziqlari keltirilgan. RuO₂ ning tetragonal elementar yacheykasi parametrlari $a = b$ va c tekisliklar aro masofa d_{hkl} dan [2] da keltirilgan formula orqali hisoblandi (6-rasm). Bunda biz rentgenogrammalardagi eng intensivligi katta kristallografik tekisliklarga mos maksimumlardan foydalandik.



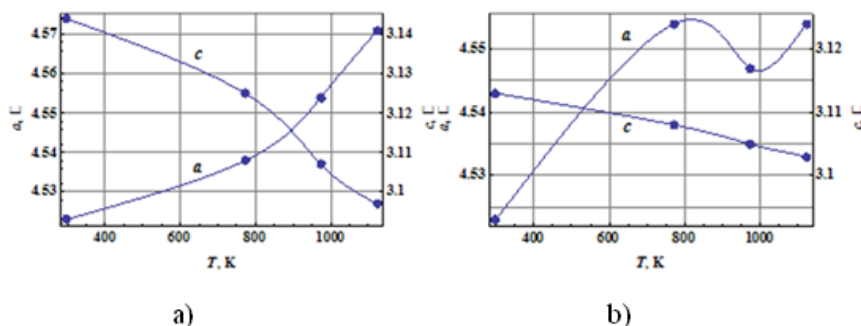
5-rasm. RuO₂ bilan legirlangan 2SiO₂-PbO tarkibli shishada rentgen nurlari

6-rasmning a) va b) ni solishtirganda ko'ramizki, legirlangan shisha tarkibidagi ligatura nanozarrachalarining IKK si keskin o'zgargan: *a* yo'nalishida elementar yacheyka kengayishi monoton tusga kirdi, *c* yo'nalishida IKK deyarli 2,5 baravar oshdi.

2-jadval.

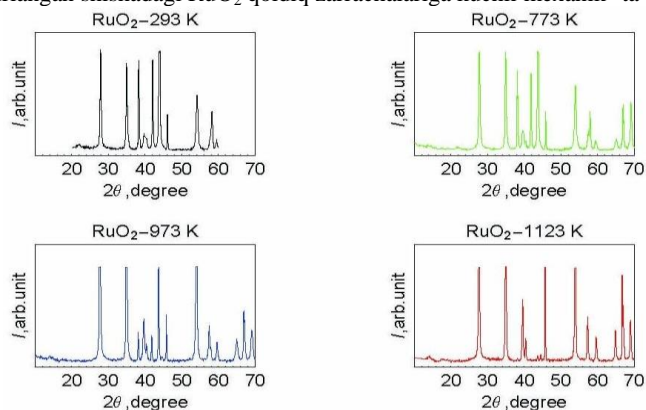
| RuO ₂ monokristallarining ASTM (21-1172) kartotekasidagi chiziqlari | | | | | | | | | |
|--|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| d, Å | 3,17 | 2,550 | 2,245 | 2,17 | 2,05 | 1,685 | 1,586 | 1,552 | 1,420 |
| I/I ₀ | 100 | 50 | 10 | 4 | 1 | 30 | 9 | 4 | 5 |
| hkl | 110 | 101 | 200 | 111 | 210 | 211 | 220 | 002 | 310 |

Izoh. Birinchi satrda ASTM (21-1172) bo'yicha eng intensiv maksimumlarajratilgan

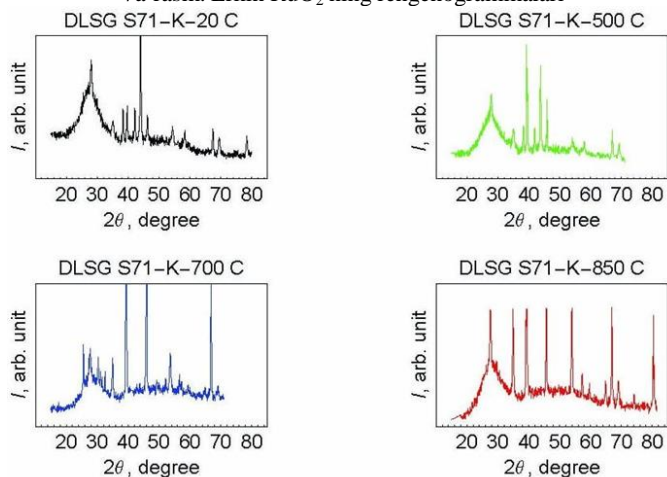


6-rasm. Erkin RuO₂ (a) va RuO₂ bilan legirlangan S71-K shishaning panjara

Muhokama. Ma'lumki, siqilish deformatsiyasida yarim o'tkazgichlar va metallarning o'tkazuvchanligi ortadi. Shuning uchun, legirlangan silikat shishaning o'tkazuvchanligi, agar u bir-biri bilan bevosita aloqada bo'lgan RuO₂ zarralaridan iborat cheksiz klaster bo'ylab 800K < T < 1123 K temperatura oralig'ida amalga oshirilgan bo'lsa, haroratning oshishi bilan o'q bo'ylab birlik panjara doimiysining pasayishi kuzatiladi. Demak, Shisha va RuO₂ ning issiqlikdan kengayish koeffitsientlarining farqi legirlangan shishadagi RuO₂ qoldiq zarrachalariga kuchli mexanik ta'sir ko'rsatadi.



7a-rasm. Erkin RuO₂ ning rengenogrammalari



7b-rasm. RuO₂ bilan legirlangan S71-K shishaning rengenogrammasi

Yuqoridagi erkin RuO₂ ning rengenogrammalari hamda RuO₂ bilan legirlangan S71-K shishaning rengenogrammasida bir biridan sezilarli farq qiladigan spektrlarni ko'rishimiz mumkin.

Xulosa. RuO₂ nanozarrachalarining legirlangan silikat shishadagi holatini o'rganishda rentgen nurlar difraksiyasi yordamida olingan natijalar orqali taxlil qilindi. Bunda legirlangan shisha tarkibidagi ligatura nanozarrachalarining Issiqlikdan kengayish koeffitsienti (IKK) keskin o'zgargan: 1) a yo'nalishida elementar yacheyka kengayishi monoton tusga kirdi; 2) c yo'nalishida IKK deyarli 2,5 baravar oshdi. RuO₂ bilan legirlangan 2SiO₂·PbO tarkibli shishada solishtirma qarshilik ρ va termoEYuK koeffitsienti S ning temperatura bo'ylab o'zgarishi hamda uning rentgen nurlari sochilishining turli temperaturalardagi (293, 773, 973 va 1123 K) rengenogrammalari olindi.

Erkin RuO₂ va RuO₂ bilan legirlangan S71-K shishaning panjara konstantalarining haroratga bog'liqligi o'rganildi. Shisha va RuO₂ ning issiqlikdan kengayish koeffitsientlarining farqi legirlangan shishadagi RuO₂ qoldiq zarrachalariga kuchli mexanik ta'sir ko'rsatadi.

REFERENCES

1. T. Bekmurodov, X. Mardonova (Chorieva), G. Abduraxmanov // RIAK-15 ilmiy-amaliy anjumani, Toshkent, 22-23 aprel 2022. Anjuman materiallari
2. Г.Б. Бокий, М.А. Порай-Кошиц. Рентгеноструктурный анализ. – Москва, изд-во МГУ, 1964. – 488 с. С. 321.
3. Morten B., Masoero A., Prudenziati M., Manfredini T. Evolution of ruthenate- based thick film cermet resistors // J.Phys.D: Ap.Ph., 1994, 27
4. Abdurakhmanov G. Electrical conduction in doped silicate glass (thick film resistors). In: New Insights into Physical Sciences. V. 4, 47-71. London- Hooghly, Book Publishers International, 2020
5. Звягинцев О. Е., Колбин Н. И., Рябов А. Н., Автократова Т. Д., Горюнов А. А. Химия рутения. Под ред. Звягинцева О. Е. - М.: Наука, 1965. – 300 с.
6. Fletcher J. M. et al. / Magnetic and other studies of ruthenium dioxide and its hydrate // J. Chem. Soc. a, 1968, pp. 653-657.