



ZOL-GEL TEXNOLOGIYASI BO'YICHA NANOKOMPOZIT MATERIALLAR ISHLAB CHIQISH

Xodiyeva Nargiza Djurakulovna

Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti o'qituvchisi

Ortiqov Shodiyor

Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti o'qituvchisi

Abduraxmonova Zamira Ergasgboyevna

Samarqand davlat tibbiyot universiteti assistenti

Eshkobilova Mavjuda Ergashboyevna

Samarqand davlat tibbiyot universiteti dotsenti

Annotatsiya. Zol-gel texnologiya usulida qurilish materiallari ishlab chiqarish istiqbolli yo'nalishlardan hisoblanadi. Bu usul, reaksiya mahsulotlariga keyingi termik ishlov berish usuli bilan birgalikda, turli oksidlar asosidagi kompozit materiallarni olishning keng tarqalgan usuliga aylanib bormoqda. Nanokompozit plyonkalar olishda qo'llaniladigan zol-gel jarayonining eng ko'p tarqalgan varianti asosida alkoksi birikmaning nazorat qilinadigan gidrolizi yotadi.

Kalit so'zlar: zol-gel, nanokompozit, gidroliz, qovushqoqlik, alkoksid, kremniy, polikondensatsiya, precursor, kislorod, tetraetoksoselan.

ПРОИЗВОДСТВО НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ ЗОЛ-ГЕЛЬ

Аннотация. Производство строительных материалов по золь-гель технологии – одно из перспективных направлений. Этот метод вместе с последующей термической обработкой продуктов реакции становится распространенным методом получения композиционных материалов на основе различных оксидов. Наиболее распространенный вариант золь-гель процесса, используемый при получении нанокomпозитных пленок, основан на контролируемом гидролизе алкоксисоединения.

Ключевые слова: золь-гель, нанокomпозит, гидролиз, вязкость, алкоксид, кремний, поликонденсация, прекурсор, кислород, тетраэтоксисолан.





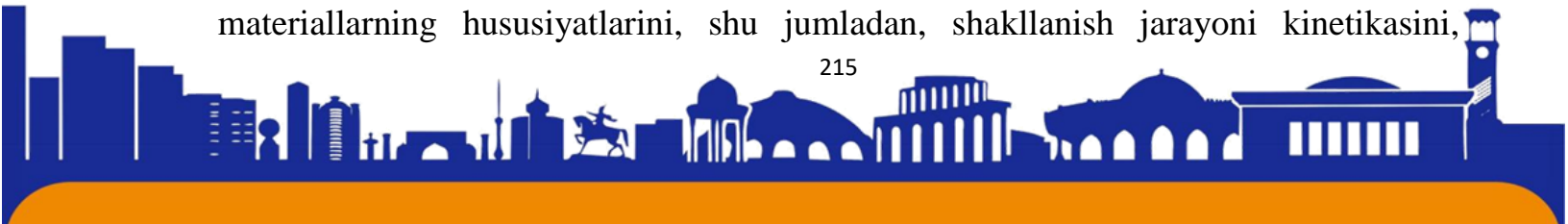
PRODUCTION OF NANOCOMPOSITE MATERIALS BY ZOL-GEL TECHNOLOGY

Annotation. Production of building materials using the sol-gel technology is one of the promising directions. This method, together with the subsequent thermal treatment of the reaction products, is becoming a common method of obtaining composite materials based on various oxides. The most common variant of the sol-gel process used in the preparation of nanocomposite films is based on the controlled hydrolysis of the alkoxy compound.

Key words: sol-gel, nanocomposite, hydrolysis, viscosity, alkoxide, silicon, polycondensation, precursor, oxygen, tetraethoxoselane.

Zol-gel sintezning alkoksiddli usuli prekursorlarning (alkoksidlarning) gidrolitik polikondensatsiyasi va olingan mahsulotlarni quritishga asoslanadi. Gidrolizning birinchi bosqichida kremniy organik birikmalarining gidroksil hosilalari hosil bo'ladi. Bunday birikmalarda gidroksil guruhi to'g'ridan-to'g'ri kremniy bilan bog'lanadi. Ushbu moddalar polikondensatsiyalanish natijasida kremniy va kislorod atomlaridan tuzilgan polimer molekulalarining asosiy zanjirini hosil qiladi. Gaz sensorlarining sezgir elementlari uchun modifikatsiyalangan oksid yoki aralash oksiddli materiallarni olishda zol-gel usuli bir qator qulayliklarga ega. Zol-gel usuli an'anaviy ravishda plyonkani qoplash va termik ishlov berish usullaridan farqli o'laroq, oksid tizimlarining struktura-fazaviy holatini, sintez sharoitlarini (tarkibiy qismlar nisbatlarini va termik ishlov berish sharoitlarini) boshqarish orqali o'zgartirish imkonini beradi. Ushbu usulni amalga oshirish oson, qimmat va murakkab uskunalarni talab qilmaydi, past haroratlarda olib boriladi, aralashmalar stexiometriyasini kafolatlaydi va aralashmalarga qo'shiladigan qo'shimcha birikmalar miqdorini nazorat qilishni ta'minlaydi; materialning qalinligini, tarkibini va tuzilishini nazorat qilish imkonini beradi.

Nazorat qilinadigan struktura va hususiyatlarga ega bo'lgan gazsezgir qatlamning ishlab chiqish quyidagi tartibda amalga oshirilishi kerak: kompozitsion materiallarni olish sharoitlarini tanlash; kompozitsion materialni morfologik tuzilishini aniqlash; kompozitsion material asosida ishlab chiqilgan sensorlarning ko'rsatgichlarini aniqlash. Bunday qonuniyatlarni aniqlash uchun kompozitsion materiallarning hususiyatlarini, shu jumladan, shakllanish jarayoni kinetikasini,





plyonkalarining morfologik tuzilishini, uning elektr hususiyatlarining zamonaviy analitik uskunalarda yordamida kompleks o'rganish talab etiladi.

Plyonka hosil qiluvchi zol eritmasini gelga o'tishidagi hal qiluvchi parametrlari dastlabki eritmaning qovushqoqligi, elektr o'tkazuvchanligi va barqarorligi. Shuning uchun zollarda strukturani hosil bo'lish jarayoni kinetikasini o'rganish ko'pincha dastlabki eritmaning qovushqoqligi va elektr o'tkazuvchanligini nazorat qilish orqali amalga oshiriladi. Ushbu ishda, eritmaning barqarorligini aniqlash uchun kapilyar viskozimetrdan foydalanildi. 33-2000 raqamli davlat standartiga ko'ra, birikmaning qovushqoqligini aniqlashning metodikasi (viskozimetr) kolibrovka qilingan shisha viskozimetrdan foydalanib o'zgarmas temperaturada ma'lum hajmli suyuqlikni oqish tezligini aniqlashga asoslangan. Barcha viskozimetrlar uchun muayyan miqdordagi suyuqlikning kapilyar orqali oqib o'tish vaqti eritmaning kinematik qovushqoqligiga to'g'ri proporsionaldir. Ishda gidroliz va kondensatsiya jarayonini qo'shimcha ravishda nazorat qilish, reaksiyon aralashma tarkibidagi spirt va suv miqdorini aniqlash orqali amalga oshirildi. Aralashma tarkibidagi suv miqdori Fisher reagenti bilan titrlash orqali aniqlandi, spirtning miqdori esa gazoxromatografik usulda nazorat qilindi.

Gidrolizat deb ataladigan–alkoksibirikma, organik erituvchi, suv va katalizatorlardan (kislotalardan) iborat aralashma eritmaning tarkibi plyonka hosil qilish xossasini bir necha soatdan bir necha oygacha barqaror saqlab qolishi mumkin. Nanokompozitlarni olish uchun asosiy komponentlar aralashmasiga noorganik dopant qo'shimchalar (masalan, metall tuzlari) qo'shiladi. Ularning quritilishi sezgir va selektiv nanokompozitlarni olish imkonini beradi. Ushbu nanokompozitlar metall oksidlarini silikat matritsasiga kiritish natijasida hosil bo'ladi. Jarayon sharoitlarini o'zgartirish (harorat, rN, komponentlarning nisbati, ularning konsentratsiyasi va boshqalar) nanomateriallarni fazodagi tuzilishini keng diapazonda boshqarishga imkon beradi.

Sintezning eng muhim parametrlariga boshlang'ich materiallar konsentratsiyasi, harorat, rN va sistemani aralashtirish usuli kiradi. Shu sababli tajribalar davomida, sezuvchan va selektiv yarimo'tkazgich plyonkalarini hosil qiluvchi eritmaning qovushqoqligi, zichligi, barqarorligi va elektr o'tkazuvchanligiga yuqorida keltirilgan parametrlarning ta'siri o'rganildi. Tadqiqotlar davomida asosiy e'tibor barqaror zol eritmasini olish, zolni gel holatiga o'tish va gazga sezgir oksid plyonka olish bosqichlariga qaratildi.





Zol-gel texnologiya jarayonini optimallashtirish, odatda, ko'p faktorli tajriba sxemasidan foydalanilgan holda emperik tarzda amalga oshirildi. Bunda eng muhimi, tajribaning asosiy omillarining dastlabki qiymatlarini tanlash va o'zgarish diapazoni qiymatlarini belgilab olishdan iborat. Boshlang'ich tarkibiy qismlarining molyar nisbati quyidagi diapazonda o'zgartirildi: $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4:\text{H}_2\text{O}:\text{ROH}:\text{HX} = (1-4):(1-40):(1-45):(0,01-0,3)$. Bu yerda ROH spirt, HX kislota. Organik erituvchi sifatida alifatik spirtlardan foydalanildi. Tajribalarda erituvchi sifatida etanol, propanol-2 va izobutanol ishlatildi. Bu spirtlar TEOS va dopant sifatida ishlatiladigan ko'pchilik metall tuzlariga nisbatan yaxshi erituvchi bo'lib hisoblanadi. Zolning gelga aylanish jarayonining kinetikasini o'rganish bo'yicha tajribalarda TEOS:spirt eritmasidagi komponentlarning nisbati 1: 1 dan 1:45 gacha o'zgartirildi. Hidrolizat tarkibidagi TEOS: va spirt nisbatini o'zgartirishga dastlabki eritmaga zarur miqdordagi spirtni qo'shish orqali erishildi. Tajribalarda o'rganilgan barcha eritmalaridagi erituvchi miqdorini ortishi bilan eritmaning qovushqoqligini pasayishi kuzatildi. Hidrolizatni qovushqoqligini o'zgarishi TEOS:spirt nisbatini 1:1 dan 1: 45 gacha bo'lgan oralig'ida erituvchi sifatida etanol ishlatilganda 3,10-1,85 cPa, propanol-2 da 3,20-1,90 cPa va izobutanolda 3,30 -1,95 sPa oralig'ida o'zgarishi kuzatildi. Spirt/TEOS=30 gacha bo'lgan qiymatlarda qovushqoqlikni sezilarli o'zgarishi kuzatiladi. Spirt/TEOS ning 30 dan 45 ga o'zgarishi natijasida eritmaning qovushqoqligi juda kam o'zgardi. TEOS:etanol nisbatini 1:1 dan 1:45 gacha bo'lgan diapazonda ortishi bilan aralashmaning zichligi (ρ) 0,9783 dan 0,8350 gacha (1,172 martaga) kamayishi kuzatildi. Bunda zichlik qiymatini sezilarli darajada pasayishi etanol/TEOS=30 molgacha o'zgarganda kuzatildi. Spirt/TEOS nisbatini 1 dan 45 gacha ortishi bilan izopropanolli va izobutanolli eritmalarining zichligi mos ravishda 1,129 va 1,169 martaga kamayadi.

Gidrolizatning tarkibidagi erituvchi (etanolning) miqdorini o'zgarishi bilan eritmaning barqarorligi o'zgardi. Tadqiq qilingan barcha eritmalarda (izopropanol va izobutanol eritmalarida), erituvchi miqdorining ortishi bilan yuqoridagi o'xshash o'zgarish kuzatildi, ya'ni. reaksiyon eritmalarida erituvchi miqdori ma'lum qiymatgacha ortishi uning barqarorligini oshirish va gidroliz jarayonini sekinlashuviga olib keldi. Eritmada alkogol miqdorining ortishi uning barqarorlik davrini kamayishiga olib keladi. Etonol eritmasida, TEOS:etanol nisbatiga qarab eritmaning barqarorligi 4-18,5 kun oralig'ida o'zgaradi. Barqarorlikning maksimal qiymati (18,5 kun) TEOS/etanol





ISSN (E): 2181-4570 ResearchBib Impact Factor: 6,4 / 2023 SJIF 2024 = 5.073/Volume-2, Issue-5

nisbatining 30-35 ga teng bo'lgan qiymatlariga mos keladi. TEOS:spirt nisbatini 1: 45 gacha yanada ortishi bilan eritma barqarorligining qisman (17,5 kungacha) pasayishi kuzatildi. Izopropanol eritmasi uchun bu parametr TEOS:propanol-2 nisbatiga o'zgarishiga qarab, 5-dan 20,5 kungacha, izobutanol uchun 6-21,5 kunga bo'lgan oraliqda o'zgardi (4.1-jadval). Propanol va butanol eritmalari uchun eng yuqori barqarorlik, TEOS:spirt nisbatini tegishli, 1:35 va 1:40 oralig'iga mos keldi.

Bu nisbatda 450 soat davomida eritmaning qovushqoqligi o'zgarib barqaror saqlanib turdi va bu eritmani yarimo'tkazgichli sensorning gazga sezgir elementini ishlab chiqarish uchun foydalanish imkonini berdi. Spirtning molekulyar og'irligini etanoldan butanolgacha ortishi bilan eritmani gelga o'tish muddati 18,5 dan 21,5 kungacha ortdi. Eritma tarkibidagi suv miqdorini o'zgartirish orqali uning barqarorligi 5 dan 18,5 kungacha oshirishga erishildi. Eng optimal nisbati $N_2O/TEOS=20$ bo'lib, u nisbatda eritmani yuqori barqarorligi va dopantni to'liq erishi ta'minlandi.

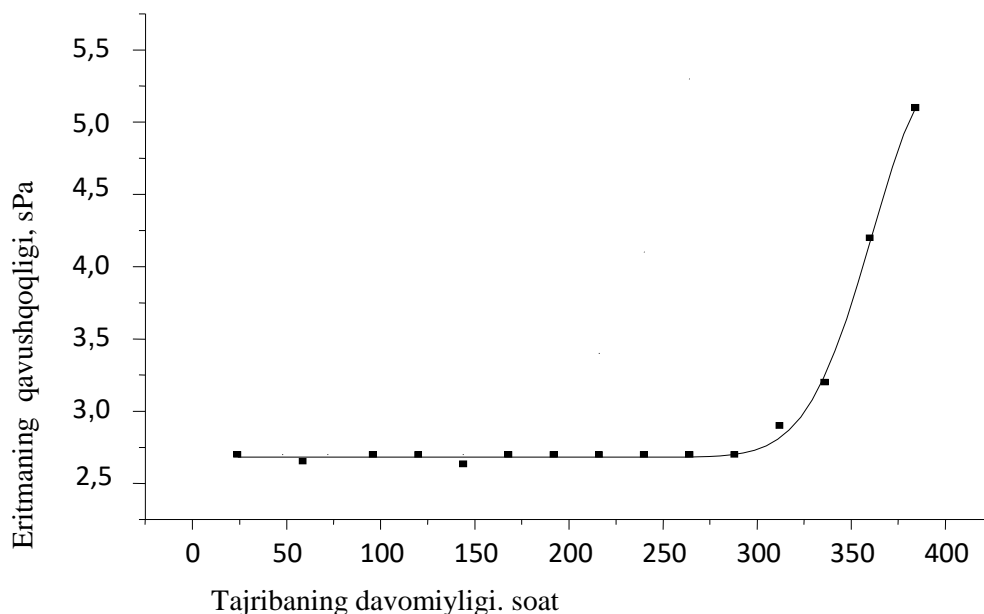
Silikat matritsasi tarkibiga Zn, Fe, Co, Ni, In, Ag va boshqa oksidlarning kiritilishi yonuvchan gazlarning kimyoviy sensorlari uchun sezgirligi va selektivligi yuqori bo'lgan gazsezgir nanokompozitlarni olish imkonini beradi. Ushbu metall oksidlariga asoslangan gazsezgir materiallar istiqbolli lekin kam o'rganilgan. Tajribalar davomida, ZnO tarkibli dopant asosida TEOS ishtirokida yupqa plyonkani shakllanish jarayoni batafsil ko'rib chiqildi. Tajribalarda ikki marta haydab tozalangan TEOS va etil spirti ishlatildi. Metall oksidi manbai sifatida rux xloridi ($ZnCl_2$) dan foydalanildi. Gazga sezgir yupqa qavatli plyonkalarini sintezi uch bosqichda amalga oshirildi. Birinchi bosqichda, xona haroratida, 30 minut davomida tetraetoksisilan va etanolni almashinish jarayoni amalga oshirildi (1eritma). Buning uchun ma'lum nisbatdagi TEOS va etil spirti maxsus tayyorlangan probirkada aralashtirildi. Ushbu bosqichda etanol/TEOS=30 nisbatida 10,0 ml tozalangan TEOS ga 88,0 ml 96% lik etanol qo'shildi va 30 daqiqa davomida aralashtirildi. Dopantning nanokompozitning sezuvchanligi va selektivligiga ta'sirini o'rganish bo'yicha o'tkazilgan tajribalarda, $SiO_2: ZnO$ ning nisbati 1:0,1 dan 1:2,0 gacha o'zgartirildi. Dopant saqlagan eritmalarning dinamik qovushqoqligi (3,8 cPa) dopantsiz eritma qovushqoqligidan (2,1 kPa) yuqori. Dopantli eritmalarning barqarorligi huddi shu tarkibli dopantsiz eritmaning barqarorligidan kamroq bo'ladi.





ISSN (E): 2181-4570 ResearchBib Impact Factor: 6,4 / 2023 SJIF 2024 = 5.073/Volume-2, Issue-5

Shunday qilib, TEOS:N2O:S2N5ON:NSI=1:20:30:0,05 tarkibli eritmaga ZnOni SiO₂/ZnO=2 nisbatida qo‘shilishi uning qovushqoqligini ortishi va barqarorligini kamayishiga olib keladi. Dopant saqlagan eritmalar qovushqoqligini vaqt davomida o‘zgarishi 4.1.rasmda keltirilgan.



Rasm.4. 1. ZnCl₂ saqlagan eritma qovushqoqligini tajriba davomiyligiga bog‘liqligi

Zol-gel usuli-bu tizim "pastdan yuqoriga" tamoyili asosida qurilgan kontseptsiyani amalga oshirishning yorqin namunasidir: birikma molekulari yaxshi tavsiflangan agregatlarni hosil qiladi, ular o'z navbatida moddaning makrostrukturasini tashkil qilish uchun qurilish bloklari yoki funktsional guruhlar bo'lib xizmat qiladi.

Gellar turli xil noorganik biriktiruvchi moddalar va pastalarni ishlab chiqarishda, masalan, beton ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Bunday tizimlar yuqori yopishqoqlikka va deyarli cheksiz barqarorlikka ega. Betonga qo'shimcha sifatida Zoladan foydalanishning asosiy g'oyasi beton aralashmasida qo'shimcha strukturaviy elementni yaratishdir. U SiO₂ nanozarrachasidir, u vaqt o'tishi bilan Ca(OH)₂ bilan reaksiyaga kirishib, kaltsiy gidrosilikatiga o'tadi va diametri 1 nm va undan yuqori bo'lgan teshiklar sonini kamaytirishga yordam beradi.

Gellarning tuzilishi odatda kompozitsiyaning suv chidamli-hatto diametri ~ 0,1 mm bo'lgan qo'pol zarrachalarning kiritilishi gelning fazaviy bo'linishiga va qulashiga olib kelmaydi chidamliligini oshiradi.





Agar gel quritilgan bo'lsa, u gelning tartibli tuzilishiga ega bo'lgan ingichka qatlarga moddaga aylanadi. Gel materiallari issiqlik izolyatsiya qiluvchi va olovga chidamli materiallar sifatida ishlatiladi. Bugungi kunda zol-gel texnologiyasi bo'yicha yong'inga qarshi himoya xususiyatlariga ega bo'lgan modifikatsiyalangan kremniyli silikogellar asosida ko'p qatlamli gel oynalar ishlab chiqarilmoqda. Oynalar yong'in tarqalishining oldini olish uchun ichki qismlar va eshiklarni ko'rish oynalari uchun mo'ljallangan. Gel qatlamlari qizdirilganda yoki to'g'ridan-to'g'ri issiqlik ta'sirida stakanga kuchli, yuqori g'ovakli ko'pik hosil qiladi.

Himoya qatlamlari soniga qarab, hosil bo'lgan ikki oynali oyna yong'inga chidamli bo'lib, tashqi va ichki qatlam o'rtasida 750 °C gacha bo'lgan harorat farqini ta'minlaydi. Tarkibiga qarab, yong'inga chidamli oynalar -30/+30 °C harorat oralig'ida, shu jumladan ko'p marta "muzlatish-eritish" davrlaridan keyin ishlash xususiyatlarini saqlab qoladi. Gel oynalari optik jihatdan -10 °C haroratgacha shaffof, pasayganda geliy qatlamining xiralashishi kuzatiladi, ammo harorat ko'tarilganda shaffoflik tiklanadi. Hidrogellar issiqlik izolyatsiyalovchi materiallar, qo'shma muhrlar va boshqalarni ishlab chiqarishda ham keng qo'llaniladi.

Zol-gel texnologiyalaridan foydalanishning yana bir qiziqarli pigment nanozarrachasini mutlaqo shaffof va kimyoviy sof kremniy oksidi qobig'iga kapsulalash orqali oltin, bronza, kumush va misga asoslangan barqaror metallashtirilgan bo'yoqlarni yaratish. Innovatsion texnologiyalardan foydalanish bo'yoqning termal va atmosfera barqarorligini sezilarli darajada oshiradi. Olingan bo'yoqlar suv o'tkazmaydigan va turli xil bo'yoq va laklarga yaxshi mos keladi. Metallashtirilgan pastalar odatdagi rang berish pigmentli pastalari bilan birlashtirilgan, ular bir-biri bilan aralashtirilishi mumkin, bu cheksiz miqdordagi rang hosil qilish imkonini beradi.

Zol-gel texnologiyasi turli xil keramika turlarini ishlab chiqarishda ham muhim rol o'ynaydi: ular ma'lum bir kompozitsiyaning nanokristalli kukunlaridan tayyorlangan Zollarni gellash orqali tayyorlanadi. Kukunlarni ishlab chiqarish parametrlarini o'zgartirib, keramika xususiyatlarida sezilarli o'zgarishlarga erishish mumkin. Masalan, mullit qimmatbaho optik, elektron, olovga chidamli va keramik material bo'lib, u termal zarbalarga va yuqori haroratlarda, hatto oldindan eritishgacha bo'lgan haroratlarda sudralishga noyob qarshilikka ega. Alyuminiy va kremniy oksidlari va turli xil





qo'shimchalarning nano kukunlaridan foydalanish mullit sintezi haroratini pasaytiradi, unga asoslangan keramika tezroq yopishqoqligioshadi kuchliroq bo'ladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Abdurakhmanov Ergashboy. Eshkobilova Mavjuda. Zol-gel synthesis of nanocomposites and gaseous materials. The International Conference on "Energy-Earth-Environment-Engineering". ctp 84-85. 2023 Tashkent, Uzbekistan

2. Metanning aniklovchi TYAG-CH₄ gaz analizatorning metrologik tavsiflariga turli omillarning ta'siri. Tolibov A. A Shukurova D. B Abduraxmonov E. Eshkobilova M. E Egamov U. Research focus | volume 2 | issue 11 | 2023 ISSN: 2181-3833.

3. Is gazi va metanning nazorati uchun selektiv sensor va signalizatorlar yaratish. eshkobilova m.e. abduraxmanov e eft va gaz sohasida kadrlar tayyorlash sifatini oshirishda ta'lim va ishlab chiqarish klasterining ahamiyati str 495-499 Qarshi-2023

4. Kremniyli g'ovak materialarning sintezi va ularning xususiyatlarini o'rganish. Sidikova X.G. . Abduraxmanov E., Sultanov M.M., Eshqobilova M.E. O'zbekiston milliy universitetining ilm-fan rivoji va jamiyat taraqqiyotida tutgan o'rni 450-451.toshkent

5. Gazlar tarkibidan uglerod (II) oksidini nazorati uchun yarimo'tkazgichli sensor yaratish Abduraxmanov E. Eshkobilova M.E., Sidiqova X.G'., Smanova Z.A "Fan va ta'lim integratsiyasi" jurnali 43-57 Samarqand

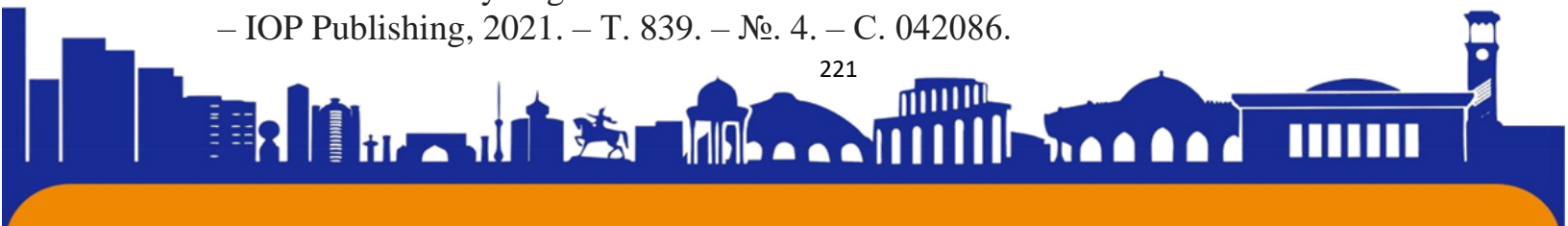
6. Eshkobilova M. E., Xodieva N., Abdurakhmanova Z. E. Thermocatalytic and Semiconductor Sensors for Monitoring Gas Mixtures //World Journal of Agriculture and Urbanization. – 2023. – T. 2. – №. 6. – C. 9-13.

7. Eshkabilova M. et al. Development of selective gas sensors using nanomaterials obtained by sol-gel process //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – T. 2388. – №. 1. – C. 012155.

8. Abdurakhmanov E. et al. Development of a selective carbon monoxide sensor //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – T. 839. – №. 4. – C. 042078.

9. Abdurakhmanov E. et al. Template Synthesis of Nanomaterials based on Titanium and Cadmium Oxides by the Sol-Gel Method, Study of their Possibility of Application As A Carbon Monoxide Sensor (II) //Journal of Pharmaceutical Negative Results. – 2022. – C. 1343-1350.

10. Abdurakhmanov E. et al. Development of a selective sensor for the determination of hydrogen //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2021. – T. 839. – №. 4. – C. 042086.





11. Gulomovna S. X., Ergashboyevna E. M., Ergashboy A. Range of measuring of base error of selective thermocatalytical sensor on methane //European science review. – 2020. – №. 1-2. – С. 140-143.
12. Ergashboyevna E. M., Gulomovna S. X., Ergashboy A. Selective thermocatalytic sensor for natural gas monitoring //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – №. 9-10. – С. 49-51.
13. Эшқобилова М. Э., Насимов А. М. Газоанализатор (ТПГ-СН₄) для мониторинга метана на основе термokatалитических и полупроводниковых сенсоров //Universum: химия и биология. – 2019. – №. 6 (60). – С. 17-20.
14. Сидикова Х. Г., Эшқобилова М., Абдурахмонов Э. Термокatalитический сенсор для селективного мониторинга природного газа //VI-Международные научные практической конференции GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS. – 2019. – С. 235-238.
15. Абдурахманов Э. и др. Химический сенсор для мониторинга оксида углерода из состава транспортных выбросов //Science and Education. – 2020. – Т. 1. – №. 1. – С. 37-42.
16. Ergashboy A. Eshkobilova Mavjuda. Zol-gel synthesis of nanocomposites and gaseous materials //The International Conference on “Energy-Earth-Environment-Engineering. – 2023. – С. 84-85.
17. Эшқобилова М. Э. и др. МЕТАНИ АНИҚЛОВЧИ ТЯГ-СН₄ ГАЗ АНАЛИЗАТОРИНИНГ МЕТРОЛОГИК ТАВСИФЛАРИГА ТУРЛИ ОМИЛЛАРНИНГ ТАЪСИРИ //Research Focus. – 2023. – Т. 2. – №. 11. – С. 17-22.
18. Eshkobilova M. E., Khudoyberdieva F. B. Composition and structure of composite building materials //INTERNATIONAL JOURNAL OF SOCIAL SCIENCE & INTERDISCIPLINARY RESEARCH ISSN: 2277-3630 Impact factor: 7.429. – 2023. – Т. 12. – №. 01. – С. 1-4.
19. Eshkabilova M. et al. Development of selective gas sensors using nanomaterials obtained by sol-gel process //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – Т. 2388. – №. 1. – С. 012155.
20. Абдурахманов И. Э. и др. Разработка сенсора и сигнализатора непрерывного контроля ch₄ для систем автоматизированного микроклимата //Science and Education. – 2020. – Т. 1. – №. 1. – С. 185-193.
21. Эшқобилова М. Э., Сидикова Х. Г., Насимов А. М. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО СЕНСОРА МЕТАНА (ПРИРОДНОГО ГАЗА) //Редакционная коллегия. – 2019. – С. 11.

