

**OZONNI ANIQLASH UCHUN GAZ SEZGIR NANOKOMPOZIT
MATERIALLARNING TARKIBI VA SINTEZ SHAROITLARINI ZOL-GEL
TEXNOLOGIYASI ASOSIDA OPTIMALLASHTIRISH
QONUNIYATLARINI TADQIQ ETISH**

I.E. Abduraxmanov, K.D. Safarov

Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti

E-mail: safarovkamron732@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada atmosfera havosidagi ozonni monitoring qilish uchun mo'ljallangan ZnO va WO₃ asosidagi yarim o'tkazgichli sensorlarning gaz sezgir qatlamlarini sintez qilish va optimallashtirish masalalari yoritilgan. Materiallarning fizik-kimyoviy xossalari hamda ozonga nisbatan sezgirligi o'rganilib, yuqori samarali gaz sezgir materiallarni olishning optimal sharoitlari aniqlangan.

Kalit so'zlar: Ozon, tetraetoksisilan, etanol, rux oksidi, volfram oksidi, yarim o'tkazgich, nanokompozit, zol-gel sitezi, templat, dopant, sensor.

Abstract. This article discusses the synthesis and optimization of gas-sensitive layers based on ZnO and WO₃ semiconductor sensors intended for atmospheric ozone monitoring. The physicochemical properties of the materials and their sensitivity to ozone were investigated, and the optimal conditions for obtaining highly efficient gas-sensing materials were determined.

Keywords: Ozone, tetraethoxysilane, ethanol, zinc oxide, tungsten oxide, semiconductor, nanocomposite, sol-gel synthesis, template, dopant, sensor.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы синтеза и оптимизации газочувствительных слоев на основе полупроводниковых сенсоров ZnO и WO₃, предназначенных для мониторинга озона в атмосферном воздухе. Исследованы физико-химические свойства материалов и их чувствительность к озону, а также определены оптимальные условия получения высокоэффективных газочувствительных материалов.

Ключевые слова: озон, тетраэтоксисилан, этанол, оксид цинка, оксид вольфрама, полупроводник, наноккомпозит, золь-гель синтез, темплант, допант, сенсор.

Ozon atmosfera tarkibidagi muhim gazlardan biri bo'lib, stratosferada himoya vazifasini bajarsa, troposferada zararli ifloslantiruvchi hisoblanadi. Shu sababli uning miqdorini aniq va tezkor nazorat qilish dolzarb masaladir. Ozonni aniqlashda ZnO va WO₃ asosidagi yarim o'tkazgichli gaz sezgir materiallar keng qo'llaniladi. Ularni sintez qilishning samarali usullaridan biri zol-gel texnologiyasi bo'lib, bu usul yuqori sezgirlikka ega nanostrukturali materiallar olish imkonini beradi.

Ushbu ishning maqsadi. Zn va W oksidlari asosidagi yarim o'tkazgich gaz sezgir materiallarni zol-gel usulida sintez qilish, ularning optimal tarkibi va sintez sharoitlarini aniqlash, shuningdek fizik-kimyoviy xossalari hamda ozonga nisbatan sezgirligini o'rganish ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi hisoblanadi

Tajribaviy qism. Oldindan belgilangan xossalarga ega gaz sezgir plyonkalar va sensor elementlarini yaratish materiallarning sintez sharoitlari, morfostrukturasini hamda fizik-kimyoviy xossalari o'rtaidagi bog'liqlikni aniqlashni talab etadi. Shu maqsadda kompozitsion materiallarning shakllanish kinetikasi, morfostrukturasini va elektr xossalari kompleks ravishda o'rganildi. Zoldan gelga o'tish jarayonida eritmaning qovushqoqligi va barqarorligi asosiy nazorat parametrlari sifatida tanlanib, ular kapillyar viskozimetriya usuli yordamida baholandi.

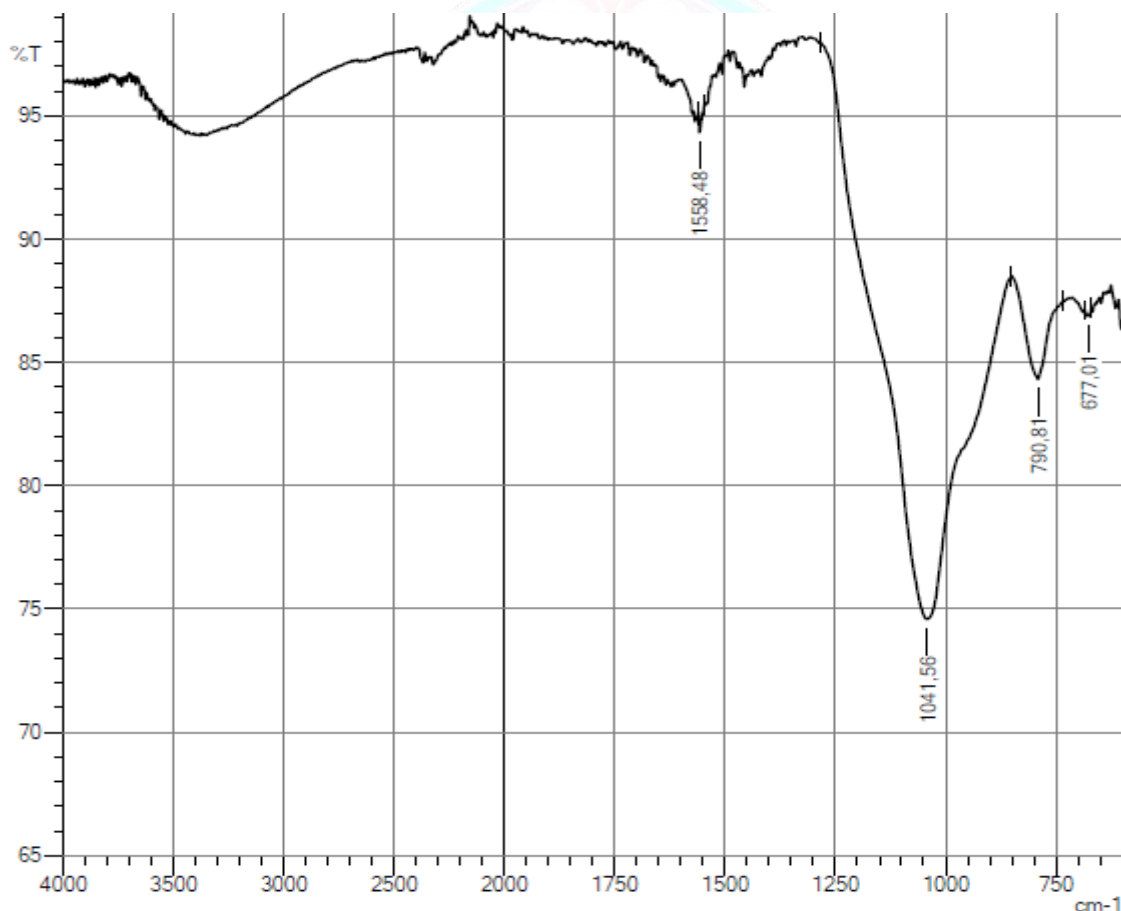
Gaz sezgir nanomateriallarni sintez qilishda asosiy prekursor sifatida tetraetoksisilan (TEOS), templat modda sifatida esa polietilenglikol (PEG) va limon kislotasidan foydalanildi. Zol-gel jarayonini optimallashtirish maqsadida komponentlarning molyar nisbatlari keng diapazonda o'zgartirilib o'rganildi. Erituvchi sifatida etanol tanlanib, uning plyonka hosil qiluvchi eritmalarining barqarorligiga ta'siri tadqiq qilindi. Tajribalar natijasida $\text{TEOS-C}_2\text{H}_5\text{OH-H}_2\text{O-HCl} = 1:30:20:0,05$ nisbatda va 20 °C haroratda tayyorlangan tizim eng yuqori barqarorlikni namoyon etib, taxminan 450 soat davomida o'z xossalarini saqlab qoldi.

Ozonni aniqlash uchun gaz sezgir nanokompozit materiallar olishda silikat matritsaga ZnO va WO_3 oksidlari kiritildi. Ushbu metall oksidlari yuqori kimyoviy barqarorlik, yaxshi gaz sezgirlik xossalari va yupqa plyonkalar hosil qilish imkoniyati bilan ajralib turadi. Natijada ZnO va WO_3 asosidagi dopirlangan silikat qoplamalar ozonni aniqlovchi yarimo'tkazgichli sensorlar uchun istiqbolli materiallar sifatida tanlandi.

Dopantlarning turi va konsentratsiyasi TEOS asosidagi zollarda gaz sezgir materiallarning shakllanish jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Dopant qo'shimchalari reaksiyaning borish tezligini o'zgartirib, hosil bo'ladigan noorganik polimerning kerakli strukturasini shakllantirish imkonini beradi. Silikat matritsa tarkibiga turli metall oksidlarini kiritish orqali yuqori sezgirlik va selektivlikka ega gaz sezgir nanokompozitlarni sintez qilish mumkin. Ayniqsa, ozonni aniqlash uchun WO_3 va ZnO asosidagi kompozitsiyalar istiqbolli materiallar hisoblanadi. Biroq, ozonni aniqlovchi kimyoviy sensorlar uchun gaz sezgir materiallarni yaratishda TEOS ning gidrolitik polikondensatsiyasi jarayoniga WO_3 va ZnO oksidlarining ta'sirini tizimli ravishda o'rganishga oid ma'lumotlar yetarli emas. Shu sababli mazkur ishda TEOS asosidagi zollarda turli nisbatdagi ZnO+ WO_3 dopant aralashmalari ishtirokida gaz sezgir nanostrukturalarning hosil bo'lish jarayonlari batafsil tadqiq qilindi.

Tajribalarda ikki marta haydalgan tetraetoksisilan (TEOS) hamda rektifikatsion kolonkada tozalangan etil spirtidan foydalanildi. Etil spirtining qaynash harorati 78,39

°C ni tashkil etib, uning sindirish ko'rsatkichi $n_{D20} = 1,3613$ ga teng. Tadqiqotlarda metall oksidlar manbasi sifatida ularning suv va etanoldagi yaxshi eruvchanligi, termik parchalanish haroratining mosligi hamda iqtisodiy jihatdan qulayligi hisobga olindi. Shu asosda WO_3 manbasi sifatida $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ yoki $K_2WO_4 \cdot 2H_2O$, ZnO uchun esa



ruх atsetat — $Zn(CH_3COO)_2$ tuzidan foydalanildi. Ushbu birikmalar asosida tayyorlangan kompozit tizimlar ozonni aniqlovchi sezgir plyonkalarni hosil qilish uchun qo'llanildi.

1-rasm. $ZnO-WO_3$ asosidagi gaz sezgir nanokompozit materialning IQ spektri.

1-rasmdan ko'rinib turibdiki, IQ spektrida 1041, 790 va 677 cm^{-1} sohalarda kuzatilgan yutilish chiziqlari mos ravishda Si-O-Si, Si-O hamda Zn-O/W-O bog'lariga tegishli bo'lib, $ZnO-WO_3$ asosidagi silikat nanokompozit strukturaning hosil bo'lganligini tasdiqlaydi. 1558 cm^{-1} dagi cho'qqi esa qoldiq organik guruhlarining mavjudligini ko'rsatadi. Natijalar sintez qilingan materialning gaz sezgir sensorlar uchun istiqbolli ekanligini tasdiqlaydi.

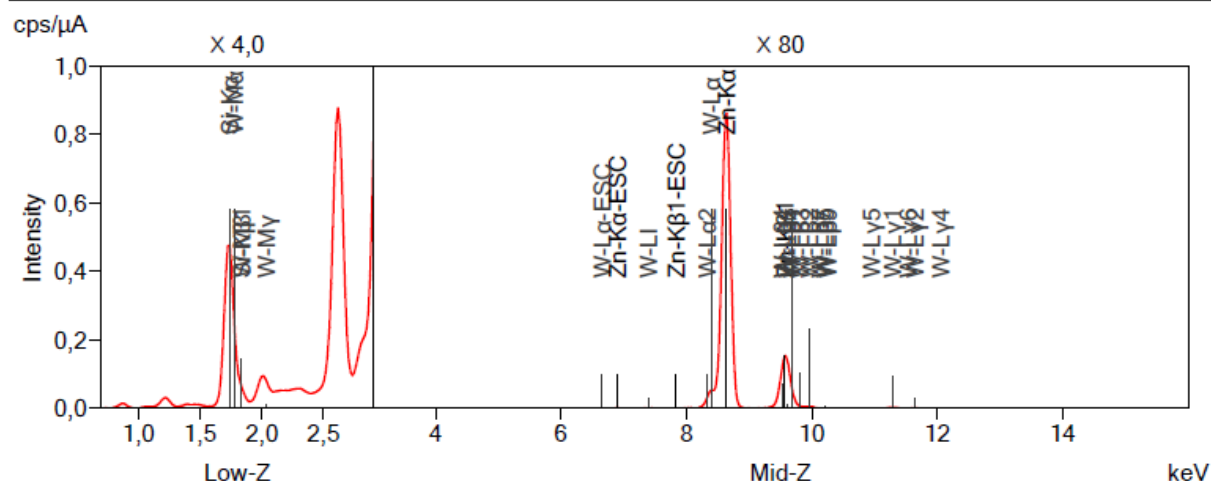
Meas. cond.

Diaphragm	DE-10mm	Atmosphere	Air	Sample spin	None	Meas. order optimization	Yes
Condition name	Primary filter	Tube voltage(kV)	Tube current(μA)	ST(μsec)	Meas. time(sec)	Dead time(%)	
Mid-Z	C	35,0	106	1,6	100	37,2	
Low-Z	Open	6,5	537	1,6	100	37,3	

Analyzed result(FP method)

No.	Component	Result	Unit	LLD	LLQ	Element line	Intensity(cps/μA)
1	WO ₃	7,53	mass%	0,0298	0,0895	M:W-La	45,47537
2	ZnO	48,4	mass%	0,0022	0,0065	M:Zn-Kα	808,69729
3	SiO ₂	44,1	mass%	0,0984	0,295	L:Si-Kα	10,61300

Spectrum



2-rasm. ZnO–WO₃/SiO₂ nanokompozit materialining XRF spektri va element tarkibi.

2-rasmdan ma'lumki, XRF tahlili natijalariga ko'ra, namuna tarkibida ZnO (48,4 massa %), SiO₂ (44,1 massa %) va WO₃ (7,53 massa %) mavjudligi aniqlandi. Olingan natijalar ZnO–WO₃ oksidlarining silikat matritsaga muvaffaqiyatli kiritilganligini va gaz sezgir nanokompozit material hosil bo'lganligini tasdiqlaydi.

Xulosa. Tadqiqot natijalari ZnO va WO₃ asosidagi gaz sezgir nanokompozit materiallarni zol-gel texnologiyasi yordamida samarali sintez qilish mumkinligini ko'rsatdi. Gaz sezgir plyonkalar olish uchun optimal tarkib TEOS₂O₂H₃OH = 1:20:30:0,05 nisbatda ekanligi aniqlandi. FTIR va XRF tahlillari ZnO va WO₃ oksidlarining silikat matritsaga muvaffaqiyatli kiritilganligini hamda nanokompozit struktura hosil bo'lganligini tasdiqladi. Olingan natijalar sintez qilingan materiallarning ozonni aniqlovchi yarimo'tkazgichli sensorlar uchun istiqbolli gaz sezgir qatlam sifatida qo'llanish imkoniyatiga ega ekanligini ko'rsatdi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Эшкabiliова М.Э., Абдурахманов И.Э., Насимов А.М. Синтез газочувствительных наноконпозиционных пленок для термokatалитических и полупроводниковых сенсоров метана // Илмий ахборотнома (СамДУ). Аниқ ва табиий фанлар серияси. Самарқанд-2019. № 3. 14-18 б.

2. Абдурахманов И.Э., Кабулов Б.Дж. Исследование гидролитической поликонденсации тетраэтоксисилана при синтезе газочувствительных нанокпозиционных пленок//ЎзМУ хабарлари. Ташкент-2016. №3/2. 245-247.
3. Абдурахманов И.Э., Бегматов Р.Х., Абдурахманов Э. Золь-гель метод формирования металлоксидных газочувствительных пленок на инертной подложке//Евразийский союз ученых (ЕСУ). Ежемесячный научный журнал. Россия- 2019. № 9 (66). 4 часть. С.29-32.
4. Абдурахманов И.Э., Р.А Исмоилов Э.Х, Сафаров К.Д, Хайруллаев. Золь-гель метод формирования металлоксидных газочувствительных пленок на основе ZnO , TiO_2 и WO_3 . “Хоразм Маъмун академияси ахборотномаси” –12/1/2024 285-288 б
5. Абдурахманов И.Э., Бегматов Р.Х., Сафаров К.Д, Металлооксид композитлар асосида водород сульфидини аниқловчи кимёвий сенсорлар яратиш. “Smart materiallar kimyosi va ularning O‘zbekiston iqtisodiyotini rivojlantirishdagi istiqbollari” mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy anjumani/ Sam-2025 165-166 б.
6. Дубровский В.Г., Цырлин Г.Э. Кинетика роста тонких пленок при зародышевом механизме формирования слоев.// ФТП. 2005. Том 39. Вып. 11. С. 1312-1319.
7. Галямов Б.Ш., Завьялов С. А., Куприянов Л.Ю. Особенности микроструктуры и сенсорные свойства нанонеоднородных композитных пленок//ЖФХ. 2000. Т. 74. № 3. С. 459-465.
8. Максимов А.И., Мошников В. А., Таиров Ю. М., Шилова О. А. Основы золь-гель- технологии нанокмпозитов: Монография. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2007. 156 с.
9. Горбунова О.В. Формирование микро- и мезопористых кремнеземных материалов в условиях золь-гель синтеза в присутствии полиэтиленгликоля//Автореферат диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. Омск 2014 21 с
- 10.Рябцев М.В., Тутов Е.А., Бормонтов Е.Н. Взаимодействие металлических наночастиц с полупроводником в поверхностно-легированных газовых сенсорах//ФТП. 2001. Т. 35. Вып. 7. С. 869-873