

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 03/30.12.2019.К.01.03
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ЖИЗЗАХ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

СИДИҚОВА ХУЛКАР ҒУЛОМОВНА

**ЧИҚИНДИ ГАЗЛАР ТАРКИБИДАН ИС ГАЗИНИ НАЗОРАТИ
УЧУН ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ СЕНСОРЛАР ЯРАТИШ**

02.00.02-Аналитик кимё

**КИМЁ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2022

**Кимё фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси
автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
химическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
chemical sciences**

Сидикова Хулкар Гуломовна

Чиқинди газлар таркибидан ис газини назорати учун яримўтказгичли
сенсорлар яратиш.....3

Сидикова Хулкар Гулямовна

Разработка полупроводниковых сенсоров для контроля оксида углерода
из состава отходящих газов.....21

Sidikova Xulkar Gulomovna:

Development of semiconductor sensors for monitoring carbon monoxide from
the composition of waste gases.....39

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ
List of published works.....42

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ
ИЛМИЙ ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc 03/30.12.2019.К.01.03
РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ЖИЗЗАХ ДАВЛАТ ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

СИДИҚОВА ҲУЛКАР ҒУЛОМОВНА

**ЧИҚИНДИ ГАЗЛАР ТАРКИБИДАН ИС ГАЗИНИ НАЗОРАТИ
УЧУН ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ СЕНСОРЛАР ЯРАТИШ**

02.00.02-Аналитик кимё

**КИМЁ ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2022

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида В2021.4.PhD/К433 билан рўйхатга олинган.

Диссертация Жиззах Давлат педагогика институтида бажарилган.
Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифаси (ik-kituo.puu.uz) ва «Ziyounet» Ахборот- таълим порталида (www.ziyounet.uz) жойлаштирилган.

Илмий раҳбар:	Абдурахманов Эргашбой кимё фанлари доктори, профессор
Расмий оппонентлар:	Насимов Абдулло Муродович кимё фанлари доктори, профессор
	Қутлимуратова Нигора Хақимовна кимё фанлари доктори, доцент
Етакчи ташкилот	Умумий ва ноорганик кимё институти

Диссертация ҳимояси Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги DSc03/30.12.2019.К.01.03 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 й «16» 02 соат 19⁰⁰ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100174, Тошкент, Университет кўчаси 4, Тел.: (99871)246-07-88, 277-12-24; факс: (99871) 246-53-21; 246-02-24; e-mail: chem0102@mail.ru).

Диссертация билан Ўзбекистон Миллий университети Ахборот-ресурс марказида танишиш мумкин (№ 16 билан рўйхатга олинган) (Манзил: 100174, Тошкент, Университет кўчаси 4-уй, Тел.: (99871)246-07-88, 277-12-24; факс: (99871) 246-53-21; 246-02-24; e-mail:nauka@puu.uz).

Диссертация автореферати 2022 й «8» 02 кун тарқатилди
(2022 йил «8» 02 даги 7 рақамли реестр баённомаси).



С.А.Сманова,
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш раиси, к.ф.д., профессор.

Д.А.Гафурова,
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш илмий котиби, к.ф.д.

Н.Х.Қутлимуратова
Илмий даражалар берувчи илмий
кенгаш қошидаги илмий семинар
раиси, к.ф.д.

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертациясининг аннотацияси)

Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати. Бугунги кунда дунё микёсида автотранспорт ва саноатнинг жадал ривожланиши натижасида атмосфера ҳавоси таркибини назоратига талаб ортиб бормокда. Шу билан бирга селектив усуллар ва сезгир кимёвий сенсорлар яратиш муҳим аҳамиятга эга. Углерод (II) оксиди (ис газ) атмосфера ҳавосининг заҳарли ва портловчан таркибий қисмларидан биридир. Статистик маълумотларга кўра, сўнгги ўн йилликда углерод (II) оксиди билан заҳарланишдаги ўлим ўткир заҳарланишдан вафот этганларнинг 23,4 фоизини ташкил этган. Шу сабабли газсезгир яримўтказгичли материалларнинг янги авлодини яратиш ва улар асосида атмосфера ҳавоси, технологик ва чиқинди газлардаги углерод (II) оксиди микдорини аниқлашни таъминловчи селектив яримўтказгичли газ сенсорларини яратиш муҳим масалалардан ҳисобланади.

Жаҳонда заҳарли ва портловчан газларнинг яримўтказгичли сенсорлари учун юқори самарали газсезгир материалларни яратиш борасида кенг қамровли тадқиқотлар олиб борилмоқда. Яримўтказгичли сенсорларнинг тавсифлари турли омилларга, жумладан газсезгир материалларнинг таркибига боғлиқ бўлиб, улар газлар аралашмаси таркибини аниқлашда юқори сезувчанлик ва селективликни таъминлашда муҳим роль ўйнайди. Бу борада, яримўтказгичли сенсорининг газсезгир материалининг таркибий қисмларининг оптимал таркибини ва нисбатларини танлаш муҳим аҳамият касб этади.

Республикамизда атроф-муҳит объектлари таркибининг назоратига алоҳида эътибор қаратилиб, атмосфера ҳавоси таркибини назорат қилиш усуллари ва асбобларини яратиш бўйича муайян натижаларга эришилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича 2017-2021 йилларга мўлжалланган Ҳаракатлар стратегиясида “юқори технологияли қайта ишлаш тармоқларини, энг аввало, маҳаллий хом ашё ресурсларини чуқур қайта ишлаш асосида юқори қўшимча қийматли тайёр маҳсулот ишлаб чиқаришни жадал ривожлантиришга қаратилган сифат жиҳатидан янги босқичга ўтказиш орқали саноатни янада модернизация ва диверсификация қилиш”¹ вазифалари белгилаб берилган. Бу борада селектив газсезгир материалларни ишлаб чиқиш ва улар асосида импорт ўрнини босувчи сенсорларни яратиш, юқори самарали, замонавий тезкор газ анализаторлар ва таҳлил усулларини ишлаб чиқиш муҳим аҳамият касб этади. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида” ги қарорида белгиланган вазифаларни, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 25 октябрдаги ПҚ-3983-сонли “Ўзбекистон Республикаси кимё саноатини ривожлантириш”, 2020 йил 12 августдаги ПҚ-4805-сонли “Узлуксиз таълим ва кадрлар тайёрлаш сифатини ошириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги

¹Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони.

қарорлари, “кимё ва биология соҳаларидаги илм-фан самарадорлиги”, шунингдек, ушбу соҳада қабул қилинган бошқа меъёрий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда мазкур диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқотлар Республика фан ва технологиялари ривожланишининг VII “Кимё технологиялари ва нанотехнологиялари” устувор йўналишига мувофиқ бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Атмосфера ҳавоси ва технологик газлар таркибини таҳлил қилиш усуллари ишлаб чиқиш ва такомиллаштиришга оид илмий тадқиқотларга жаҳонда алоҳида эътибор қаратилган. Э.Г. Кулапина, М.В. Костицина, Т.А. Краснова, Н.Н. Рудакова, П. Срисом, Б. Лиавруанграт, С. Шангкарн, У. Губицка, Ян Кшек, Х. Волтйнской, Б. Стахач каби дунёнинг етакчи олимлари томонидан чиқинди газлар таркибини кузатишнинг электрокимёвий ва термокаталитик усуллари таклиф қилинган ва ишлаб чиқилган.

Республикамиз олимларидан Т.К.Хамрақулов, А.М.Насимов, А.М. Геворгян, З.А.Сманова, М.М. Султонов, И.Э.Абдурахманов ва б. лар саноат корхоналари ва транспорт воситаларининг атмосфера ҳавоси ва чиқинди газларининг таркибий қисмларини назорат қилиш учун сенсорлар яратиш ва таҳлил қилиш усуллари ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борди. Адабиётлар таҳлили шуни кўрсатдики, яримўтказгичли усулларни ишлаб чиқиш ва селектив сенсорларни яратиш бўйича тадқиқотлар чекланган. Такдим этилган маълумотларга асосланиб, углерод (II) оксиди сенсорларини яратиш муаммоси кам ўрганилган йўналиш деган хулосага келиш мумкин. Шунинг учун газсезгир материалларни синтез қилиш қонуниятларини ўрганиш ва улар асосида углерод (II) оксидининг селектив сенсорларини яратиш назарий ва амалий аҳамиятга эга.

Диссертация мавзусининг диссертация бажарилган олий ўқув юртининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Жиззах Давлат педагогика институтининг “Кимё ва экологиянинг долзарб муаммолари” илмий-тадқиқот режаси ва ОТ-Ф7-84 “Кимёвий сенсорларнинг янги авлоди учун газсезгир материаллар синтези назарий асосларини тадқиқ этилиши.” (2016-2020 й.) фундаментал лойиҳаси доирасида амалга оширилди.

Тадқиқотнинг мақсади. Газсезгир металл оксиди композитларини ишлаб чиқиш ва углерод (II) оксидини аниқлаш учун селектив яримўтказгичли сенсорларни яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

углерод (II) оксидининг яримўтказгичли сенсорлари учун газсезгир материаллар синтези компонентларининг таркиби ва нисбатларини ишлаб чиқиш.

золь-гель технологиясидан фойдаланиб наноккомпозит плёнкаларни синтез қилиш қонуниятларини ўрганиш ва улар асосида яримўтказгичли СО сенсорлари учун селектив газсезгир материаллар таркибини аниқлаш;

олинган наноматериаллар тузилиши ва хоссаларини сканерловчи электрон микроскоп, рентген ва дифференциал термик анализ усуллари ёрдамида ўрганиш ва таҳлил қилиш;

концентрациянинг кенг диапазонида СО миқдорини аниқлайдиган яримўтказгичли сенсорларни ишлаб чиқиш;

автоматик газ анализаторларини яратиш, уларнинг метрологик, аналитик тавсифларини аниқлаш ва амалиётга тадбиқ этиш.

Тадқиқотнинг объекти сифатида ёниш жараёнлари ва транспорт воситалари чиқинди газлари, кимё заводларининг атмосфера ҳавоси, стандарт газ аралашмалари, металл оксидлари ва тетраэтоксисилан олинди.

Тадқиқотнинг предмети - металл оксидлари асосида ГСМ ларнинг золь-гель синтези ҳамда улар асосида СО ни аниқловчи селектив яримўтказгичли сенсорлар ва автоматик газ анализаторлар яратиш.

Тадқиқотнинг усуллари. Ишда вискозиметрия, кондуктометрия, сканерловчи электрон микроскопия (элемент таҳлили), газ-суюқлик хроматографияси (ГСХ), рентгенфазавий (РФА) ва термогравиметрик анализ (ТГА) усуллари қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

илк бор титан ва кадмий оксидлари асосида ис газини яримўтказгичли сенсори учун газсезгир материалнинг золь-гель синтези амалга оширилган;

ис газини аниқловчи яримўтказгичли сенсорнинг юқори сезувчанлигини таъминлайдиган газсезгир материалнинг таркиби ва компонентлар нисбати аниқланган;

яримўтказгичли углерод (II) оксиди сенсорининг юқори сезувчанлиги ва селективлигини ошириш усуллари яратилган.

углерод (II) оксидини концентрациянинг кенг диапазонида назорат қилувчи автоматик анализатор яратилган, ҳамда унинг метрологик ва эксплуатацион параметрларига турли омилларнинг таъсири аниқланган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

газлар аралашмаси таркибидан СО ни селектив аниқлашни таъминлайдиган газсезгир материал яратилган;

селектив сенсорлар СО нинг газ анализатори таркибида фойдаланиш мумкинлиги аниқланган.

Олинган натижаларнинг ишончлилиги экспериментал натижалар кондуктометрик, дифференциал термик, микроскопик, газохроматографик сингари замонавий усуллардан фойдаланган ҳолда олинганлиги билан асосланади. Хулосалар математик статистика усуллари билан қайта ишланган экспериментал натижалар асосида чиқарилган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.

Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти газсезгир материалларнинг золь-гель синтези қонуниятларини аниқлаш, Ti ва Cd оксидлари асосида селек-

тив наноккомпозитларни ҳосил қилиш учун оптимал шароитларни танлаш ва улар асосида СО нинг яримўтказгичли сенсорини яратилиши билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти ҳаво ва технологик газлар таркибидан СО ни аниқловчи газ анализаторнинг сезгирлиги, селективлиги ва тезкорлигини оширилиши, шунингдек, ишлаб чиқилган газсезгир материал ва селектив сенсорни газ анализатори таркибида тутун ва чиқинди газлар таркибидаги ис газини мониторинг қилиш муаммоларини ҳал этишда қўлланганлиги билан белгиланади.

Тадқиқот натижаларини жорий қилиниши. Ис газини аниқлаш учун металл оксиди композитлари асосида кимёвий сенсорларни яратиш бўйича олиб борилган илмий тадқиқотлар натижаларига кўра:

ишлаб чиқилган СО сенсорлари “Муборак газни қайта ишлаш заводи” АЖ амалиётига жорий этилган (“Муборак газни қайта ишлаш заводи” АЖ нинг 2021-йил 1-ноябрдаги 976/GK-11-сон маълумотномаси). Натижада, ёпиқ экологик тизимларда (саноат ва маъмурий бинолар) атмосфера ҳавосидаги ис газини миқдорини назоратидаги юқори тезкорлик, сезгирлик ва селективлик хавфсизлик чораларини таъминлаш имконини берган;

ишлаб чиқилган углерод (II) оксидининг аниқлаш усули ва сенсори “Олмалиқ КМК” АЖ амалиётига жорий этилган (“Олмалиқ КМК” АЖ нинг 2021 йил 30 декабрдаги 1635-сон маълумотномаси). Натижада, экологик хавфсизлик таъминланган ва углерод (II) оксидини ёпиқ экологик тизимлар атмосфера ҳавоси ва технологик чиқинди газлар таркибидан тезкор аниқлаш имконини берган.

Тадқиқот натижаларини апробацияси. Тадқиқот натижалари 8 та илмий-амалий анжуманларда, жумладан, 2 та халқаро ва 6 та республика илмий-амалий анжуманларда маъруза қилинди ва муҳокамадан ўтказилган.

Тадқиқот натижаларини эълон қилинганлиги. Диссертация мавзуси бўйича жами 15 та илмий иш чоп этилган. Шундан Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг фалсафа доктори (PhD) диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларда 5 та илмий мақола, жумладан, 4 та республика ва 1 та ҳорижий журналларда нашр этилган.

Диссертациянинг тузилиши ва ҳажми. Диссертация кириш, тўрт боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 112 бетни ташкил қилади.

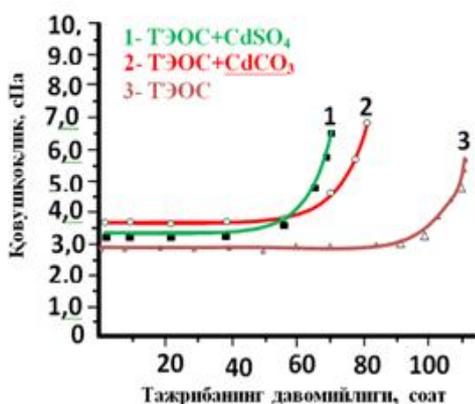
ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Кириш қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти асосланган, тадқиқот мақсади ва вазифалари ҳамда объект ва предметлари тавсифланган. Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ва амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг ишончлилигига асосланиб, илмий ва амалий аҳамияти очиқ берилган, тадқиқот

натижаларини амалиётга жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертациянинг тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Кремнийли ғовак моддаларнинг синтези ва уларнинг хусусиятларини ўрганиш. Атмосфера муҳитидан СО ни назорат қилиш усуллари ва асбоблари”** деб номланган биринчи бобида адабиётлар шарҳи келтирилган бўлиб, унда ғовак газсезгир материалларнинг синтези ва уларнинг тавсифларини ўрганиш натижалари ҳамда технологик газлар ва атмосфера ҳавоси таркибидан ис газини назорат қилиш усуллари ва асбоблари таҳлил қилинган.

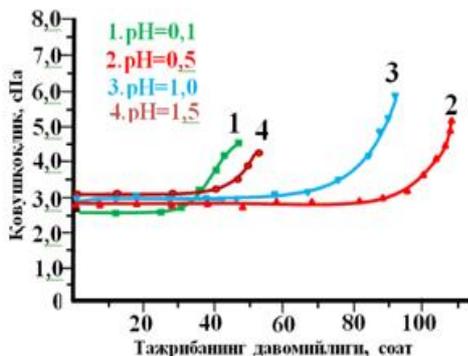
Диссертациянинг **“Углерод оксидининг яримўтказгичли сенсори учун ғовак газсезгир материаллар синтез қилиш ва уларни тадқиқ этиш”** деб номланган иккинчи бобида ТЭОС ва металл оксидлари асосида газсезгир материалларнинг золь-гель синтези қонуниятлари ва олинган материалларни, сканерловчи электрон микроскопия, рентген фаза ва термик анализи усулларида таҳлили натижалари келтирилган. Эритманинг барқарорлиги яримўтказгичли газ сенсорлари учун газсезгир плёнкаларни синтез қилишда асосий параметрлардан биридир. 1-расмда плёнка ҳосил қилувчи эритма барқарорлигининг дастлабки золь таркибига боғлиқлиги кўрсатилган.



1-расм. Плёнка ҳосил қилувчи эритма нинг барқарорлигини дастлабки ара- лашма таркибига боғлиқлиги

1-расмдан бир хил шароитларда допант (CdCO_3 ва CdSO_4) иштирокида ва допантсиз олинган эритма-ларни, барқарорлиги мос равишда 86; 55 ва 42 соатга тенг бўлишини кўрамиз. Бир хил шароитда олинган допантсиз эритмани барқарорлиги допантли эритманинг барқарорлигидан катта бўлган ҳолда эритмани барқарорлиги допант сифатида қўлланилган тузнинг таркибига ҳам боғлиқ бўлиши кузатилди. CdCO_3 иштирокида олинган зольнинг барқарорлиги (55 с.) CdSO_4 иштирокида олинган эритманинг барқарорлиги (42 с.) дан катта.

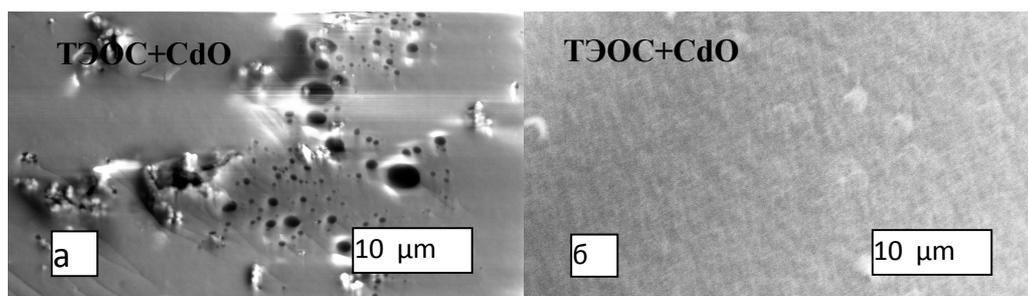
Эритманинг кинематик қовушқоқлигини вақт давомида ўзгаришини ифодаловчи 1-расмда икки хил соҳани ажратиш мумкин. Булардан бири абсцисса ўқиға параллел бўлган соҳа тетраэтоксисиланни гидролизланиши ва мономерларнинг димерларга конденсация реакцияларига мос келади, қовушқоқлик интенсив ортиб борувчи иккинчи соҳа эса поликонденсатланиш жараёнларининг боришига мос келади деб тахмин қилинди. Барқарорликни эритманинг рН ига боғлиқлиги титан ва кадмий метали тузлари асосидаги допант иштирокида ўрганилди. Тажрибаларда эритмадаги рН қиймати 0,1 дан 1,5 гача ўзгартирилди. Ушбу тадқиқот натижалар 2-расмда келтирилган.



2-расмдан эритманинг барқарорлигини унинг рН қийматига кучли боғлиқ бўлишини кўрамыз. рН ~ 0,5-1,0 соҳасида ҳосил бўлган золлар гелланишга нисбатан чидамли бўлиб, рН нинг ундан паст (0,1) ва юқори (1,5) қийматларида золни гелга айланиш даври қисқаради.

2-расм. Плёнка ҳосил қилувчи ара-лашма барқарорлигини рН ига боғ-лиқлиги.

Қуйидаги 3-расмдан рН нинг турли қийматларида ТЭОС ва CdO асосида синтез қилинган газсезгир плёнка намуналарига термик ишлов берилганидан кейин турлича сирт тузилишига эга бўлишини кўрамыз. Шундай қилиб, эритма рН ини ўзгариши золни гидролизланиши ва поликонденсация реакцияларининг нисбий тезликларини ўзгартириш ҳисобига ГСМ нинг морфологиясига таъсир кўрсатади ва унинг юзасининг турли тузилмаларини олиш имконини беради.



3-расм. ТЭОС ва CdO асосида рН=0.1 (а) ва рН= 0.5 (б) қийматларида синтез қилинган газсезгир материалнинг юза тузилиши

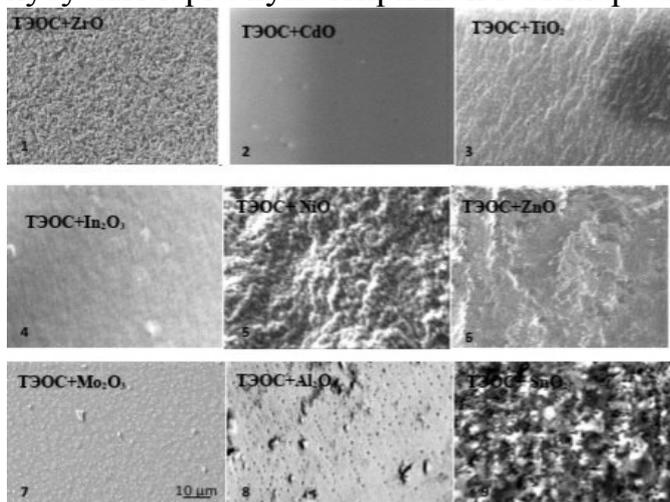
$H_2O/TЭОС$ нисбатининг ГСМ нинг золь-гель синтезига таъсирини аниқлаш натижалари 1-жадвалда кўрсатилган. Жадвалдан эритманинг барқарорлиги 1 моль ТЭОС га тўғри келадиган сувнинг миқдори 20-25 моль бўлганда максимум орқали ўтишини кўрамыз.

1 -жадвал.

Плёнка ҳосил қилувчи эритманинг барқарорлигига $H_2O/TЭОС$ нисбатини таъсири ($n=5, P=0,95$).

T/p	$H_2O/TЭОС$ нисбати	Эритманинг барқарорлиги, соат		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr * 10^2$
1	10	24±0,2	0,16	1,01
2	15	41±0,4	0,32	0,78
3	20	72±0,7	0,56	0,78
4	25	74±0,6	0,48	0,65
5	30	66±0,6	0,48	0,73
6	35	43±0,5	0,40	0,93

H₂O ва TЭОС нинг 20 ва 25 моль нисбатларида олинган ГСМ ларга термик ишлов бериш 550 °С хароратда олиб борилди. 0,1% лик СО таъсирида бу плёнкалар қаршилигини ўзгаришини яқин қийматларга (1218 ва 1229 Ом га) эга эканлиги, бу плёнкаларнинг ғоваклигини ўлчамлари ўзаро яқин эканлигини кўрсатади. H₂O/TЭОС=4 бўлганда олинган плёнканинг қаршилигини ўзгариши 0,1% лик СО таъсирида 124 Ом га тенг, яъни H₂O/TЭОС=25 да олинган плёнканинг қаршилигидан тахминан 25 марта кам. Бу кўрсаткич H₂O/TЭОС ни стехиометрик ва ундан кичик қийматида олинган плёнкалар ғовак эмаслигини кўрсатади. Ишда аорганик модификаторлар сифатида куйидаги металл оксидлари танлаб олинди: ZrO₂, TiO₂, CdO, ZnO, In₂O₃, NiO, Mo₂O₃, Al₂O₃, SnO₂. 4-расмда ТЭОС ва металл оксидлари асосида олинган плёнкалар сиртининг морфологияси келтирилган. Расмдан кўришиб турибдики, ГСМ сиртининг тузилиши, дастлабки компонентларнинг таркибига қараб ўзаро фарқ қилувчи мураккаб ғовак тузилишга эга. Бинобарин, металл оксиди таркиби кремнезий материалларнинг ғовак тузилишига сезиларли таъсир кўрсатади ва ГСМ ни шакллантиришда муҳим рол ўйнайди. Демак, уни ўзгартириш махсус хусусиятларга йўналтирилган ГСМлар олиш имконини беради.



4-расм. ТЭОС ва металл оксидлари иштирокида олинган ГСМ ларни СЭМ да кузатилган юза кўриниши.

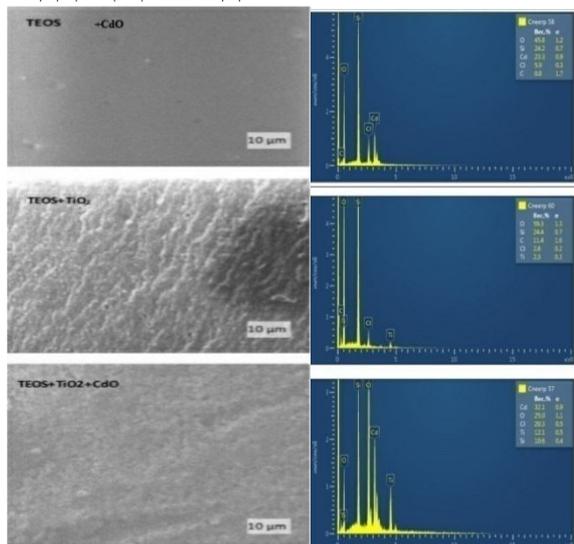
Олинган яримўтказгич плёнкани ГСМ сифатида қўлланиш имкониятларини аниқлаш мақсадида СО таъсири остида уларнинг электр ўтказувчанликларини ўзгариши ўрганилди. Ушбу тадқиқот натижалари 2-жадвалда кўрсатилган.

2-жадвал.

ГСМ ни СО га сигналининг металл оксиди таркибига боғлиқлиги (n=5, P=0,95, C_{CO} = 500 мг/м³ ТЭОС/Металл оксиди=1:1).

Т/р	ГСМ таркиби	ГСМ ни СО га сезгирлиги, мВ.		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²
1	TЭОС+ ZrO ₂	6,7±0,1	0,1	1,49
2	TЭОС+ TiO ₂	28,2±0,4	0,4	1,42
3	TЭОС+ CdO	23,9±0,2	0,2	0,84
4	TЭОС+ ZnO	16,3±0,5	0,5	3,07
5	TЭОС+ In ₂ O ₃	18,0±0,3	0,3	1,67
6	TЭОС + NiO	9,8±0,4	0,4	4,08
7	TЭОС+Mo ₂ O ₃	4,5±0,1	0,1	2,22
8	TЭОС+ Al ₂ O ₃	5,3±0,1	0,1	1,89
9	TЭОС+ SnO ₂	13,3±0,3	0,3	2,26

2-жадвалдаги маълумотлардан, ўрганилган ГСМ лардан СО учун энг юқори сезувчанлик, ТЭОС, TiO_2 ва CdO асосидаги ГСМ ларга мос келишини кўрамыз. Шу сабабли кейинги тажрибаларда ТЭОС+ TiO_2 , ТЭОС+ CdO ва уларнинг аралашмалари (ТЭОС+ TiO_2 + CdO) асосида олинган плёнкаларнинг хоссалари тадқиқ қилинди.



5-расм. ТЭОС Ti ва Cd оксидлари ишти-рокида олинган ГСМ ларнинг СЭМ да кузатилган юза тuzилиши

5-расмда ТЭОС ва металл оксидлари асосида синтез қилинган газсезгир материаллар таркибидаги кремний, кислород ва металлнинг миқдорини сканерлаш электрон микроскопида (СЭМ) қайд этилган энергия дисперсион спектрлар (ЭДС) ёрдамида аниқлаш натижалари келтирилган.

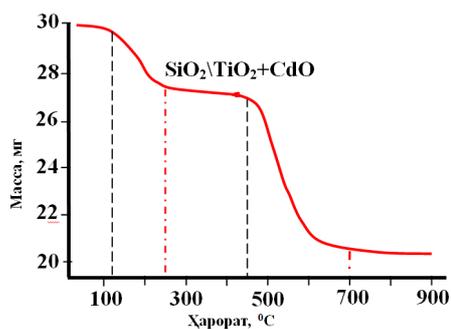
5-расмдан олинган плёнкаларнинг таркиби бошланғич эритманинг таркибига тўлиқ мос келишини кўрамыз. Кейинги тажрибаларда компонентлар нисбатини (TiO_2 , CdO) улар асосида олинган нанокомпозит плёнкалар кўрсаткичларига таъсири ўрганилди.

3-жадвал.

Газсезгир материалнинг СО га сезгирлигини унинг TiO_2 ва CdO нинг ўзаро нисбатларига боғлиқлиги ($n=5$, $P=0,95$)

ГСМ таркиби	Сенсор сигнали, мВ.		
	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr \cdot 10^2$
ТЭОС/(100% CdO)	23,9±0,2	0,16	0,67
ТЭОС/(100% TiO_2)	28,2±0,4	0,32	1,14
ТЭОС/(5% TiO_2 +95% CdO)	26,7±0,3	0,24	0,9
ТЭОС/(25% TiO_2 +75% CdO)	33,2±0,2	0,16	0,48
ТЭОС/(50% TiO_2 +50% CdO)	38,5±0,1	0,08	0,21
ТЭОС/(75% TiO_2 +25% CdO)	42,5±0,4	0,32	0,76
ТЭОС/(95% TiO_2 +5% CdO)	37,1±0,3	0,24	0,65

TiO_2 ва CdO асосида ГСМ нинг сезгирлигини ўрганиш натижаларидан СО мониторинги жараёнида энг юқори сезгирлик 3:1 нисбатда олинган TiO_2 ва CdO аралашмасига мос келиши аниқланди. Шунинг учун кейинги тажрибаларда СО ни аниқловчи ЯЎС ни яратиш жараёнида ТЭОС/(75% TiO_2 +25% CdO) ни ГСМ сифатида қўллаш имкониятлари текширилди. ТЭОС/(75% TiO_2 +25% CdO) асосидаги ГСМ нинг термик таҳлили 6-расмда келтирилган. Тажрибалар 50 дан 850 °С гача бўлган ҳарорат оралиғида қиздириш тезлиги 10 °С га тенг бўлган ҳолда амалга оширилди. Тажрибаларда 100 °С да қуритилган 30 мг массали намунадан фойдаланилди.



6-расм. $\text{SiO}_2\backslash(75\% \text{TiO}_2+25\% \text{CdO})$ таркибли композит намунасининг термограммасы.

Намунанинг $850\text{ }^\circ\text{C}$ гача қиздирилганда олинган термограммасыда вазн йўқотиш билан боғлиқ иккита сакраш кузатилган. $120 - 240\text{ }^\circ\text{C}$ да эндотермик эффект билан кузатилган сакраш қолдиқ спиртнинг буғланиши, физик адсорбцияланган ва кимёвий боғланган сувнинг парчаланиши билан боғлиқ, $460-700\text{ }^\circ\text{C}$ да кузатилган сакраш қолдиқ алкокси гуруҳларининг термооксидланиб деструкцияланиши билан боғлиқ дейилган хулосага келинди.

Шундай қилиб, ўтказилган тадқиқотлар кислотали муҳитда металл тузлари иштирокида, ТЭОС асосида олинган композитларнинг хоссалари текширилди. Ўтказилган тажрибалар натижасида СО нинг ЯЎС ининг ГСМ ининг оптимал таркиби ва нисбати аниқланди. Ушбу ГСМ дан фойдаланиш сенсорни СО га нисбатан юқори сезувчанлигини таъминлайди.

Диссертациянинг “Углерод (II) оксидини яримўтказгичли сенсорининг метрологик тавсифи” деб номланган учинчи бобида ишлаб чиқилган сенсорнинг кўрсаткичларига турли омилларнинг таъсири ўрганилган.

Танланган ГСМ лар ва таҳлилнинг оптимал шароитлари асосида газ аралашмалари таркибидан СО ни селектив аниқлаш учун ЯЎС лар ишлаб чиқарилди. Сенсорларнинг газсезгир элементи кремний, титан ва кадмий оксидлари аралашмасидан иборат плёнка бўлиб, ишлаб чиқилган сенсорлар газлар аралашмаси таркибидаги СО нинг микро- (ЯЎС-СО1М) ва макро-концентрацияларининг (ЯЎС-СО2М) назоратини таъминлайди. Синовларда СО ни атмосфера ҳавоси ва технологик жараёнлар чиқинди газлари таркиби назоратида қўлланиладиган автоматик газ анализаторлар: "ЯЎС-СО1М" ва "ЯЎС -СО2М" таркибида қўлланиладиган сенсорлардан фойдаланилди.

Сенсорларни синаш лаборатория ва реал шароитларда олиб борилди. Тажрибаларда сенсорларни сигнал қийматида уларга бериладиган кучланишни оптимал қийматини танлаш, сенсорнинг динамик ва градуировка тавсифларини аниқлаш, шунингдек, унинг барқарорлиги ва селективлик даражасини аниқлаш билан боғлиқ махсус тажрибаларни ўз ичига олган.

ЯЎС нинг сезгирлиги ва селективлиги унга бериладиган кучланишга боғлиқ. Сенсорга бериладиган электр кучланишини оптимал қийматидан ошириш ва камайтириш унинг сигнал қийматини пасайишига олиб келади. Тажрибаларда таркибида СО нинг миқдори $0,50$ ҳаж.% га тенг бўлган аралашмаси ишлатилди. 4-жадвалдан ЯЎС-СО2М нинг энг юқори сигнали тегишлича унга бериладиган $3,0$ В кучланишга мос келишини кўрамиз.

4-жадвал.

Сенсорни сигналини кучланишга боғлиқлиги ($C_{CO}=0,5$ хаж.%, $n=5$, $P=0,95$)

Т/р	Сенсорга берилган кучланиш, В	Сенсор сигнали, мВ		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr \cdot 10^2$
1	1,00	1,04±0,01	0,008	0,43
2	1,65	2,64±0,03	0,024	0,67
3	2,10	11,70±0,01	0,008	0,32
4	2,75	44,60±0,04	0,030	0,07
5	3,00	52,02±0,03	0,024	0,10
6	3,35	48,11±0,02	0,016	0,08
7	3,50	47,39±0,05	0,040	0,08

Сенсорларга қўйиладиган асосий талаблардан бири уларнинг тезкорлигини таъминлашдир. Яримўтказгичли сенсорлар ЯЎС-СО1М ва ЯЎС-СО2М ларнинг динамик тавсифларини аниқлаш натижалари 5-жадвалда келтирилган.

5-жадвал.

СО нинг яримўтказгичли сенсорини динамик тавсифлари ($n=5$, $P=0,95$)

Т/р	Углерод (II) оксидининг концентрацияси, мг/м ³	Сенсорнинг динамик тавсифи, с.			
		$t_{0,1}$	$t_{0,65}$	$t_{0,9}$	t_n
1	125	1,1	4	8	12
2	250	2,0	5	9	12
3	500	1,0	4	8	11
4	750	1,0	6	9	11

бу ерда: $t_{0,1}$ – сигнални бошланиш нуктаси, с; $t_{0,65}$ – сигнални 65% қиймати, с; $t_{0,9}$ – сигнални 90% қиймати, с; t_n – сигнални тўлиқ қиймати, с.

Келтирилган маълумотлардан, ишлаб чиқилган сенсорлар учун: ($t_{0,1}$)=1-2 сония; ($t_{0,65}$)=6 сония; ($t_{0,9}$)=9 сония ва умумий ўлчов вақти (t_n)=11-12 сонияга тенг эканлигини кўрамиз. Олинган натижалар ишлаб чиқилган сенсорлар ёрдамида СО ни тезкор аниқлаш имкониятини кўрсатади. ЯЎС-СО фойдали аналитик сигналининг СО миқдорига боғлиқлигини ўрганиш натижалари 6-жадвалда кўрсатилган.

6-жадвал.

Сенсор сигналини СО миқдорига боғлиқлиги ($n=5$, $P=0,95$)

ЯЎС-СО1М				ЯЎС-СО2М			
СО нинг миқдори, мг/м ³	Сенсор сигнали, мВ			СО нинг миқдори, мг/м ³	Сенсор сигнали, мВ		
	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr \cdot 10^2$		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr \cdot 10^2$
75	3,4±0,1	0,08	0,45	0,10	13,7±0,2	0,16	1,2
175	7,3±0,1	0,16	0,34	0,50	58,4±0,1	0,08	0,8
225	10,1±0,2	0,12	0,26	0,60	68,9±0,2	0,16	0,2
600	29,8±0,3	0,14	0,11	1,20	141,5±0,3	0,24	0,2
900	37,6±0,4	0,08	0,09	1,40	164,4±0,4	0,32	0,2
1200	52,4±0,4	0,12	0,15	1,60	211,0±0,4	0,32	0,2
1750	70,3±0,5	0,20	1,23	2,00	247,4±0,3	0,16	0,3
2250	89,5±0,4	0,18	0,21	2,40	275,9±0,4	0,16	0,1
2750	110,2±0,6	0,18	0,20	2,80	311,2±0,4	0,16	0,2
3000	122,0±0,3	0,16	0,16	3,00	335,1±0,2	0,12	0,1

Жадвалдан ўрганилган диапазонда ЯЎС-СО1М ва ЯЎС-СО2М типдаги

яримўтказгичли сенсорлар сигналининг газ аралашмаси таркибидаги ис газни концентрациясига боғлиқлигини тўғри чизикли характерга эга эканлигини кўрамыз. Сенсор сигналининг барқарорлигини текшириш 2000 соатлик узлуксиз тажрибалар давомида олиб борилди. Барча тажрибалар нормал шароитларда амалга оширилди. Тажрибаларда таркибида СО нинг миқдори 650 мг/м^3 ва $1,50 \text{ ҳаж.}\%$ бўлган стандарт газ аралашмалари ишлатилди. Текширилган вақт оралиғи учун сигнал қийматининг ўзгариши сенсор сигналининг максимал тафовути (фарқи) Δt_g билан баҳоланди. Тажриба натижалари ўрганилган вақт оралиғи учун Δt_g нинг ҳисобланган қиймати $2,5 \%$ га тенг эканлигини кўрсатди.

7-жадвал.

ЯЎС-СО сигналини барқарорлигини текшириш натижалари (n=5, P=0,95)

Т/р	Вақт, соат	ЯЎС-СО 1М $C_{CO}=650 \text{ мг/м}^3$			ЯЎС-СО 2М $C_{CO}=1,50 \text{ ҳаж.}\%$		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr \cdot 10^2$	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr \cdot 10^2$
1	1	$26,5 \pm 0,2$	0,108	0,55	$155,9 \pm 2,2$	1,953	1,69
2	10	$26,2 \pm 0,3$	0,219	0,60	$156,2 \pm 1,9$	0,968	1,80
3	48	$26,8 \pm 0,2$	0,312	1,10	$155,1 \pm 1,8$	2,012	1,56
4	160	$26,0 \pm 0,2$	0,214	1,44	$154,9 \pm 1,7$	2,31	1,12
5	500	$27,0 \pm 0,3$	0,320	1,86	$155,2 \pm 1,3$	1,089	2,10
6	800	$26,9 \pm 0,2$	0,340	1,42	$155,5 \pm 1,5$	0,980	1,72
7	1500	$26,0 \pm 0,1$	0,218	1,64	$156,5 \pm 1,6$	0,789	1,21
8	1750	$27,5 \pm 0,3$	0,222	1,48	$153,4 \pm 1,9$	0,219	1,34
9	2000	$26,7 \pm 0,2$	0,325	1,65	$154,4 \pm 1,5$	1,736	1,51

СО сенсорининг селективлиги CO_2 , CH_4 , H_2 ва бензин буғлари иштирокида аниқланди. Ушбу натижалар 8-жадвалда келтирилган бўлиб, ундан яратилган сенсор СО ни CH_4 , H_2 , CO_2 ва бензин буғлари иштирокида селектив аниқлашини кўрамыз.

8-жадвал.

Ис газини аниқлаш жараёнида ЯЎС-СО2М ни селективлигини аниқлаш натижалари (n = 5, P = 0,95., C_{CO} , ҳаж.%)

Т/р	Кирилган газ аралашмаси, ҳаж.%	Аниқланган СО, ҳаж.%		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr \cdot 10^2$
1	СО 0,50+ҳаво	$0,51 \pm 0,02$	0,015	2,33
2	СО 0,50+ CH_4 0,90+ҳаво	$0,49 \pm 0,01$	0,017	2,02
3	СО 0,50+ H_2 0,90+ҳаво	$0,51 \pm 0,02$	0,019	1,80
4	СО 0,50+ CO_2 0,90+ҳаво	$0,48 \pm 0,01$	0,021	1,82
5	СО 0,50+бенз.буғ 0,90+ҳаво	$0,49 \pm 0,02$	0,023	1,56

ЯЎС-СО сигналига газ аралашмаси ҳароратининг таъсири $-10 - +50 \text{ }^\circ\text{C}$ оралиғида ўрганилди. Муҳит ҳароратининг ўзгариши туфайли ЯЎС-СО1М ва ЯЎС-СО2М сигналининг ўзгаришини аниқлаш натижалари 9-жадвалда келтирилган. Жадвалдан ўрганилаётган интервалда газ муҳити ҳароратининг ўзгариши сенсорнинг аналитик сигналига сезиларли таъсир кўрсатмаслигини кўрамыз.

9-жадвал.

Газ муҳити ҳароратини ЯЎС-СО сигнали қийматига таъсирини ўрганиш натижалари (n= 5, P = 0,95).

Ҳарорат, °C	Сенсор сигнали, мВ			
	ЯЎС-СО1М, C _{CO} - 970 мг/м ³		ЯЎС-СО2М, C _{CO} -0,75 ҳаж.%	
	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²
+20	40,8±0,1	0,51	82,0±0,21	0,57
-5	41,8±0,3	0,67	82,6±0,31	0,48
+15	40,2±0,2	1,11	83,0±0,11	0,52
+35	40,3±0,1	1,22	82,8±0,31	0,58
+45	41,3±0,1	1,34	82,4±0,24	0,39
+50	40,3±0,3	1,42	82,0±0,35	0,41

Босимнинг сенсорни сигналга таъсирини аниқлаш натижалари 10-жадвалда келтирилган. Ўрганилаётган диапазонда газ муҳити босимининг ўзгаришини сенсорнинг сигнали қийматига сезиларли таъсир кўрсатмайди.

10-жадвал.

Сенсор сигналига босимни таъсирини ўрганиш натижалари (n=5, P=0,95)

Босим, мм.с.м.ус	Сенсор сигнали, мВ			
	ЯЎС-СО1М, C _{CO} -600 мг/м ³		ЯЎС-СО2М, C _{CO} -1,00 ҳаж.%	
	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²
625	28,6±0,3	1,65	123,0±0,5	1,02
700	28,3±0,2	1,76	125,0±0,4	1,23
775	27,6±0,4	1,54	124,5±0,5	1,70
850	27,8±0,4	1,66	123,4±0,5	1,14
900	28,3±0,4	1,78	123,9±1,9	0,96

Шундай қилиб, олиб борилган тажрибалар натижасида селектив ЯЎС-СО лар ишлаб чиқилган бўлиб, ушбу сенсорлар атмосфера ҳавоси ва технологик жараёнлар чиқинди газлари таркибидан СО ни тезкор аниқлашни таъминлайди. Ишлаб чиқилган ЯЎС-СО лар экспресслик, портативлик, ишлаб чиқариш ва ишлатишдаги қулайлиги бўйича устунлигини сақлаган ҳолда олинган натижаларини аниқлиги ва такрорланувчанлиги бўйича мавжуд ҳорижий аналоглардан қолишмайди. Газ аралашмасининг оқим тезлигини 5-50 л/соат оралиғида ўзгариши сенсор сигнали қийматига сезиларли таъсир кўрсатмайди. Сенсорларнинг сигнали уларнинг фазода жойлашишига ва буралиш бурчакларига боғлиқ эмас, бу эса ишлаб чиқилган сенсорларни (13320-82 рақамли давлат стандарти бўйича) мустақил деб таснифлаш имконини беради.

Диссертациянинг “Углерод (II) оксидининг яримўтказгичли газ анализатори “ЯЎГ-СО” нинг метрологик тавсифи” деб номланган тўртинчи бобида ишлаб чиқилган яримўтказгичли анализатор (ЯЎГ-СО) нинг кўрсаткичларига турли омилларнинг таъсирини ўрганиш натижалари келтирилган. ЯЎГ-СО кичик ўлчамли портатив қурилма бўлиб, унинг электр таъминоти 12 вольтлик ўзгармас ток билан таъминланади.

11-жадвал.

Ис газни анализатори ЯЎГ-СО нинг айрим кўрсаткичлари

T/p	Кўрсаткичнинг номи	“ЯЎГ-СО 1М”	“ЯЎГ-СО 2М”
1	Ўлчаш диапазони	0-5000 мг/м ³	0-5,0 хаж.%
2	Аниқлиги	10 мг	0,01 %
3	Сигнални юқори нуқтасига эришиш вақти, с.	10	10
4	Қизиш вақти,с	30	30
6	Габарит ўлчамлари, мм.	120x70x25	120x70x25
7	Массаси, г.	200	200

"ЯЎГ-СО 1М" газ анализаторининг кўриниши 7-расмда келтирилган.



Ишлаб чиқилган "ЯЎГ-СО" нинг метрологик параметрини баҳолаш ГОСТ 52033-2003 бўйича амалга оширилди. Газ анализаторларнинг сигнални концентрацияга боғлиқли-гини ўрганиш аралашмадаги СО нинг 0-5000 мг/м³ ва 0-5,0 хаж.% диапазонида олиб борилди.

7-расм. "ЯЎГ-СО 1М" нинг ташқи кўриниши.

12-жадвалдан, ўрганилган концентрация диапазонида ишлаб чиқилган газ анализаторлари сигналнинг СО миқдорига боғлиқлигига тўғри чизикли кўринишга эга эканлигини кўрамиз. Концентрациянинг 0-5000 мг/м³ ва 0-5,0 хаж.% оралиғида Sr қиймати тегишлича 0,021 ва 0,022 дан ошмайди. Асосий хато қиймати газ анализаторининг кўрсатиши ва тайёрланган концентрацияни ҳақиқий қиймати оралиғидаги фарқ сифатида аниқланди.

12-жадвал.

Ўлчаш диапазонлари 0-5000 мг/м³ ва 0-5,0 хаж.% бўлган “ЯЎГ-СО”нинг сигнални ис газни концентрациясига боғлиқлиги (n = 5, P = 0,95)

Киритилган СО, мг/м ³	“ЯЎГ-СО 1М”		Киритилган СО, хаж.%	“ЯЎГ-СО 2М”	
	Аниқланган СО, мг/м ³ $\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²		Аниқланган СО, хаж.% $\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²
5,0	5,1±0,2	2,15	0,15	0,11±0,01	2,22
25	25,3±0,5	1,07	1,07	0,18±0,01	1,68
250	254,1±2,4	1,01	0,52	0,51±0,02	0,76
1000	1011,3±8,2	0,86	0,90	0,93±0,02	1,20
5000	4989,6±12,5	0,55	5,02	4,95±0,04	1,31

13-жадвалдан ишлаб чиқилган анализаторни хатосининг топилган қийматлари ГОСТ да рухсат этилган қийматлардан анча кам эканлигини кўрамиз. Демак, "ЯЎГ-СО" турли объектлар таркибидан СО миқдорини аниқлаш учун ишлатилиши мумкин. "ЯЎГ-СО" нинг аниқланган вариация қийматининг ўзгариши текширилган концентрация диапазонида асбобнинг асосий хатоси қийматининг 0,5 улушидан ошмайди, бу эса яратилган "ЯЎГ-СО" нинг ис газини аниқлаш учун яроқлилигини кўрсатади.

13-жадвал.

“ЯЎГ-СО” ни асосий хато қийматини аниқлаш натижалари (n=5, P=0,95)

Т/р	Кирилл-ди СО, хаж.%	Аниқлан-ди СО, хаж.%	Хатонинг аниқланган қиймати		Хатонинг ГОСТ да рухсат этилган қиймати	
			Асосий абс. хато (Δ)	Асосий келтирилган хато (Υ)	Асосий абс. хато.(Δ)	Асосий келтирилган хато (Υ)
1	0,25	0,24	0,01	0,2	±0,25	±5,0
2	0,50	0,49	0,01	0,2	±0,25	±5,0
3	0,75	0,73	0,02	0,4	±0,25	±5,0
4	1,00	1,02	0,02	0,4	±0,25	±5,0
5	2,00	2,02	0,02	0,4	±0,25	±5,0
6	3,00	2,97	0,03	0,6	±0,25	±5,0
7	4,00	4,06	0,06	1,2	±0,25	±5,0
8	5,00	4,94	0,06	1,2	±0,25	±5,0

Муҳит ҳароратининг ўзгариши натижасида юзага келувчи "ЯЎГ-СО1М" ва "ЯЎГ-СО 2М" нинг қўшимча хатолиги -20 - +50 °С оралиғида ўрганилди. Ушбу тадқиқотлар натижаси 14-жадвалда келтирилган. Жадвалдан "ЯЎГ-СО2М" ни ҳарорат ва босимни ўзгаришидан юзага келувчи қўшимча хатолиги 1,0% дан ошмаслиги ва барча ҳолларда қурилманинг асосий хатосидан кам эканлигини кўрамыз.

14-жадвал.

“ЯЎГ-СО 1М” ва “ЯЎГ-СО 2М” нинг температуранинг -20 - +50 °С оралиғида юзага келувчи қўшимча хатосини аниқлаш натижалари (n = 5, P = 0,95)

Ҳарорат, °С	Аниқланган СО, мг/м ³	Асос. абсолют. хато	Қўшимча хато	Босим, мм.см. уст.	Аниқланган СО, мг/м ³	Асос. абсолют хато	Қўшимча хато	ГОСТ бўйича қўшимча хато
+20	503±4	3		760	503±3	3		±7,5
- 20	496±6	4	1	600	506±3	6	3	±7,5
0	504±7	4	1	700	501±4	1	2	±7,5
+30	496±4	4	1	800	498±3	2	1	±7,5
+40	497±6	5	2	850	498±6	2	1	±7,5
+50	504±8	4	1	900	505±5	5	2	±7,5

Текширилаётган намлик оралиғидаги "ЯЎГ-СО" ни қўшимча хатоси 0,35% га тенг. Бу "ЯЎГ-СО" ни 13320-81 рақамли давлат стандарти талабларига тўлиқ жавоб беришини кўрсатади. "ЯЎГ-СО" ни СО ни ортиқча миқдорига барқарорлиги таркибида 750 мг/м³ ва 6,50 хаж. % СО бўлган аралашмаларда текширилди. Тажрибаларлар "ЯЎГ-СО" ни СО катта концентрацияларига чидамли эканлигини кўрсатди (15-жадвал).

15-жадвал.

“ЯЎГ-СО” ни катта концентрация таъсирига чидамлилигини текшириш

Т/р	СО ни аралашмадаги концентрацияси, хаж.%	“ЯЎГ-СО” ни катта концентрация берилгандан олдинги ва кейинги сигнали, хаж.%		Асосий абс.хато	Асосий келтирилган хато,%
		катта конц-ядан олдин	катта конц-ядан кейин		
1	C _{co} 1,25 хаж.%	1,23±0,02	1,19±0,01	0,01	0,2
2	C _{co} =2,50 хаж.%	2,48±0,02	2,51±0,03	0,03	0,6

Ортиқча концентрация таъсирида келиб чиқадиган курилманинг қўшимча хато қиймати 0,6% дан ошмайди. “ЯЎГ-СО” сигнаolini барқарорлиги 1000 соатлик тажрибада СОни 500 мг/м³ ва 2,70 ҳаж. % бўлган газ аралашмаларида текширилди. Ушбу тажрибаларда олинган натижалар 16-жадвалда келтирилган.

16-жадвал.

“ЯЎГ-СО” сигнаolini барқарорлигини аниқлаш натижалари (n=5, P=0,95).

Т/р	Вақт, соат	Аниқланди СО, мг/м ³					
		“ЯЎГ-СО 1 М”, C _{со} = 500 мг/м ³			“ЯЎГ-СО 2М”, C _{со} = 2,70 ҳаж.%		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²
1	1	507±5	4,02	0,8	2,72±0,03	0,024	0,9
2	24	509±4	3,22	0,6	2,69±0,07	0,056	2,1
3	48	504±6	4,82	1,0	2,72±0,01	0,008	0,3
4	240	511±2	1,61	0,3	2,71±0,03	0,024	0,9
5	480	508±6	4,82	0,9	2,72±0,08	0,064	2,4
6	960	511±7	5,63	1,1	2,73±0,06	0,048	1,8
7	1000	509±6	4,82	0,9	2,73±0,03	0,024	0,9

Жадвалдан, ўрганилаётган концентрация оралиғида ЯЎГ-СО Sr қийматининг ўзгариши 2,4 дан ошмаслигини кўрамиз, бу ГОСТ бўйича рухсат этилган қийматдан сезиларли даражада кам. Ўтказилган тадқиқот натижалари ЯЎГ-СО анализатори метрологик, аналитик ва бошқа кўрсаткичлари бўйича ушбу типдаги асбобларга тегишли ГОСТ лар томонидан қўйиладиган барча талабларга тўлиқ жавоб беришини кўрсатди.

ЯЎГ-СО аниқлигини баҳолаш учун СО нинг турли концентрацияларини ўз ичига олган турли тайёр ёнувчан аралашмаларнинг параллел таҳлилларидан иборат тадқиқотлар ўтказилди. Олинган маълумотлар газлар таҳлилида кенг ишлатиладиган мавжуд газохроматографик ва фотоколориметрик курилмаларга нисбатан ишлаб чиқилган ЯЎС-СО газ муҳитидан СО ни аниқлашнинг юқори аниқлиги ва такрорланувчанлигини таъминлашини кўрсатди (17-жадвал).

17-жадвал.

Ис газини турли усулларда аниқлаш натижаларини қиёсий баҳолаш (n = 5, P = 0,95).

Киририлган СО, мг/м ³	Аниқланган СО, мг/м ³					
	Яримўтказгичли “ЯЎГ-СО 1М”		Газохроматографик “Кристалл-500”		Фотоколориметрик “КФК”	
	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²
60	61±3	2,10	60±3	1,47	63±4	1,18
600	605±6	1,45	588±5	0,52	592±6	1,20
1200	1211±10	0,85	1214±15	0,60	1218±21	0,53
1800	1810±14	0,85	1820±19	0,54	1816±24	0,64
2400	2390±15	0,71	2380±18	0,80	2384±15	1,02
3000	2992±20	0,68	2990±23	1,03	2986±23	1,18

Шундай қилиб, ўтказилган тадқиқотлар газ намуналари таркибидан ис газини концентрациясини автоматик мониторинги учун қўлланиладиган селектив

яримўтказгичли ис газни анализатори "ЯЎГ-СО" ни ишлаб чиқиш имконини берди. Ис газни концентрациясининг 0-5000 мг/м³ ва 0-5,0 ҳаж. % оралиқларда анализатор сигнали қийматининг аралашмадаги СО миқдорига боғлиқлиги тўғри чизиқли характерга эга эканлиги аниқланди. Ишлаб чиқилган газ анализаторларининг асосий абсолют ва келтирилган хатоларининг топилган қийматлари ГОСТ бўйича рухсат этилган қийматларидан анча кам. Демак, ишда ишлаб чиқилган "ЯЎГ-СО" автоматик газ анализатори метрологик ва бошқа хусусиятларга кўра ушбу типдаги асбоблар синфи учун белгиланган давлат стандартлари талабларига тўлиқ жавоб беради.

ХУЛОСАЛАР

1. Золь-гель синтези қонуниятлари ўрганилди ва яримўтказгичли углерод (II) оксиди сенсори учун тетраэтоксисилан ва металл (Ti ва Cd) оксидлари асосида газсезгир материаллар таркиби аниқланди.

2. Синтез қилинган нанокөмпозитлар таркибини ДТА, РФА ва СЭМ усуллари билан таҳлили газсезгир материалларнинг таркиби уларни тайёрлашда қўлланилган компонентлар таркибига тўлиқ мос келишини тасдиқлади, 400-450 °С да термик ишлов бериш олинган газсезгир материал юзасининг юқори ғовақлигини таъминлаши кўрсатилди.

3. Яримўтказгичли сенсорнинг ис газига юқори сезгирлигини таъминловчи ТЭОС(75%TiO₂+25%CdO) таркибли юпқа газсезгир плёнка намуналари олинди. Ишлаб чиқилган газсезгир материал асосида, ис газини рухсат этилган меъёр даражасида селектив аниқловчи сенсорлар ишлаб чиқиш таклиф этилди.

4. Ишлаб чиқилган сенсорнинг сигналига турли омилларнинг таъсири текширилди ва унинг энг юқори сезувчанлиги, селективлиги ва экспресслигини таъминловчи оптимал шароитлар аниқланиши билан изоҳланди.

5. Углерод (II) оксидини аниқлаш учун ишлаб чиқилган селектив яримўтказгич анализаторларнинг асосий метрологик ва эксплуатацион тавсифлари баҳоланди. Ушбу қурилмалар ис газини концентрациясининг кенг диапазонларида аниқлаш имконини беради ва мураккаб аралашмалар анализига қўллашга тавсия этилди.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.K.01.03 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
УЗБЕКИСТАНА ИМЕНИ МИРЗО УЛУГБЕКА**

**ДЖИЗАКСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ**

СИДИКОВА ХУЛКАР ГУЛЯМОВНА

**РАЗРАБОТКА ПОЛИПРОВОДНИКОВЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ
КОНТРОЛЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА (II) ИЗ СОСТАВА
ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ**

02.00.02– Аналитическая химия

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2022

Тема диссертации доктора философии по химическим наукам (PhD) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером В2021.4.PhD/К433.

Диссертация выполнена в Джизакском Государственно педагогическом институте
Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ik-kimyو.uz и Информационно-образовательном портале "ZiyoNet" (www.ziyo.net.uz).

Научный руководитель:	Абдурахмонов Эргашбой доктор химических наук, профессор
Официальные оппоненты:	Насимов Абдулло Муродович доктор химических наук, профессор Кутлимуратова Нигора Хакимовна доктор химических наук, доцент
Ведущая организация:	Институт общей и неорганической химии

Защита диссертации состоится «26» 02 2022 г. в 14⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.K.01.03 при Национальном Университете Узбекистана (адрес: 100174, г. Ташкент, ул. Университетская, 4. Тел.: (+99871) 246-07-88; (+99871) 227-12-24; факс: (+99871) 246-53-21; e-mail: chem0102@mail.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Национального Университета Узбекистана (регистрационный номер 16) по адресу: 100174, г. Ташкент, ул. Университетская, 4. Тел.: (+99871) 246-07-88; (+99871) 227-12-24; факс: (+99871) 246-53-21.

Автореферат диссертации разослан «8» 02 2022 года
(реестр протокола рассылки № 7 от «8» 02 2022 г.).


З.А.Сманова
Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, д.х.н., профессор

Д.А.Гафурова
Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, д.х.н., доцент


Н.Х. Кутлимуратова
Председатель научного семинара при научном совете по присуждению ученых степеней, д.х.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодняшний день в мире при ускоренном развитии автотранспорта и промышленности решение проблемы контроля состава атмосферного воздуха с применением селективных методов и чувствительных химических сенсоров приобретает важное значение. Угарный газ является одним из токсичных и взрывоопасных компонентов атмосферного воздуха. По статистическим данным, в последнее десятилетие смертность от отравления оксидом углерода составила 23,4%. В связи с этим разработка нового поколения полупроводниковых газочувствительных материалов и создание на их основе селективных полупроводниковых газовых сенсоров обеспечивающих определение оксида углерода (II) в атмосферном воздухе, технологических и выхлопных газах, является важной задачей.

В мире ведется большое количество исследований по созданию высокоэффективных газочувствительных материалов (ГЧМ) для полупроводниковых сенсоров токсичных и взрывоопасных газов. Характеристики полупроводниковых сенсоров зависят от различных факторов, в том числе состава газочувствительных материалов, которые играют важную роль в обеспечении высокой чувствительности и селективности определения состава смеси газов. В связи с этим одной из важных задач является подбор оптимального состава и соотношения компонентов ГЧМ полупроводникового сенсора. В Республике Узбекистан на 2017-2021 годы определены задачи «дальнейшей модернизации и диверсификации промышленности путем перевода высокотехнологичных перерабатывающих отраслей, прежде всего, на качественно новый уровень, направленный на ускоренное развитие производства готовой продукции с высокой добавленной стоимостью на основе глубокой переработки местных сырьевых ресурсов». Важное значение в этом направлении имеет ускоренное развитие методов контроля технологических процессов, разработка современных оперативных методов анализа состава продуктов и создание на их основе высокоэффективных сенсоров, решающих проблемы различных отраслей промышленности. В связи с этим важно создать и внедрять современные, надежные, селективные химические сенсоры для контроля угарного газа в технологических газовых выбросах.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан № 4947 от 7 февраля 2017 года «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан», Постановлениях Президента республики Узбекистан ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», ПП-4805 от 12 августа 2020 года «О мерах по повышению качества непрерывного образования и результативности науки по направлениям химия и биология», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики. Диссертация выполнена в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике: VII. Химическая технология и нанотехнология.

Степень изученности проблемы. Особое внимание в мире заслуживают научные исследования по разработке и усовершенствованию методов анализа состава атмосферного воздуха и технологических газов. Ранее предложены и разработаны электрохимические и термокаталитические методики мониторинга состава отходящих газов ведущими учеными мира, такими как, Е.Г. Кулапина, М.В. Костицина, Т.А. Краснова, Н.Н. Рудакова, П.Срис, Б.Лиавруанграт, С. Вангкарн, У.Губицка, Х. Волтынской, Б. Стахач.

Ученые нашей Республики Т.К.Хамракулов, А.М.Насимов, А. М. Геворгян, З.А.Сманова, М.М.Султанов, И.Э. Абдурахманов. и др. проводили научные исследования по разработке методов анализа и создания сенсоров мониторинга компонентов атмосферного воздуха и отходящих газов промышленных предприятий и автотранспортных средств. Проведенный анализ литературных источников показал, что исследования в области разработки полупроводниковых методов созданию селективных сенсоров ограничена. Исходя из приведенных данных можно заключить, что проблема создания сенсоров оксида углерода (II) является мало изученной. Поэтому исследование закономерности синтеза газочувствительных материалов и создание на их основе селективных сенсоров оксида углерода (II), имеет как теоретическое, так и практическое значение.

Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Джизакского Государственного педагогического института “Актуальные проблемы химии и экологии” и фундаментального проекта ОТ-Ф7-84 «Исследование теоретических основ создания газочувствительных материалов для нового поколения химических сенсоров» (2016-2020 гг.).

Цель исследования. Разработка газочувствительных металлооксидных композитов и создание селективных полупроводниковых сенсоров для обнаружения оксида углерода (II).

Задача исследования:

разработка состава и соотношения компонентов синтеза ГЧМ для полупроводниковых сенсоров оксида углерода (II);

изучение закономерностей синтеза нанокompозитных плёнок золь-гель технологией и разработка на их основе селективных газочувствительных материалов для полупроводниковых сенсоров CO;

исследование структуры, пористости и состава поверхности полученных наноматериалов методами сканирующей электронной микроскопии, рентгеновского анализа и дифференциального термического анализа;

создание полупроводниковых сенсоров, обнаруживающих содержание CO в широком интервале его концентрации;

разработка автоматических газоанализаторов и изучение их метрологических, аналитических характеристик и внедрение в практику.

Объектами исследования являются отходящие газы процессов горения и автотранспортных средств, атмосферный воздух химических предприятий, стандартные газовые смеси, оксиды металлов и тетраэтоксисилан.

Предметом исследования является золь-гель синтеза газочувствительных ГЧМ на основе оксидов металлов и создание на их основе селективных полупроводниковых сенсоров и автоматических газоанализаторов СО.

Методы исследования. В работе использован вискозиметрия, кондуктометрия, сканирующая электронная микроскопия (элементный анализ), газожидкостная хроматография (ГЖХ), рентгенофазовая и термогравиметрические анализ.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые проведен золь-гель синтез газочувствительного материала на основе оксидов титана и кадмия для полупроводникового сенсора угарного газа;

установлен состав и соотношение компонентов газочувствительного материала обеспечивающего высокую чувствительность полупроводникового сенсора угарного газа;

разработаны методы обеспечения высокой чувствительности и селективности полупроводникового сенсора оксида углерода (II);

разработан автоматический анализатор, обеспечивающий определение оксида углерода (II) в широком диапазоне концентраций, а также выявлено влияние различных факторов на его метрологические и эксплуатационные параметры.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан газочувствительный материал, обеспечивающий селективное определение СО в смеси газов;

определены возможности использования селективных сенсоров в составе газоанализаторов угарного газа.

Достоверность полученных результатов обосновывается тем, что экспериментальные результаты получены с применением современных методов, таких как, кондуктометрические, дифференциальные термические, газохроматографические и микроскопические. Выводы сделаны на основе экспериментальных результатов, обработанных методами математической статистики.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в выявлении закономерностей золь-гель синтеза газочувствительных материалов, подбор оптимальных условий формирования селективных наноконструкций на основе оксидов Ti и Cd, создание селективных ППС СО на его основе.

Практическая значимость результатов исследования заключается в повышении чувствительности, селективности, экспрессности и ресурса работе

газоанализатора CO из состава воздуха и технологических газов. Разработанный газочувствительный материал и селективный сенсор в составе газоанализатора могут быть использованы при решении проблем контроля содержания оксида углерода (II) в составе топочных и выхлопных газов.

Внедрение результатов исследования. На основе результатов научного исследования по созданию химических сенсоров на основе металлооксидных композитов для определения оксида углерода (II):

разработанные сенсоры CO внедрены в практику аналитической лаборатории АО “Мубарекского газоперерабатывающего завода” (справка АО “газо перерабатывающего завода” № 976/GK-11 от 1 ноября 2021 года). Результаты дали возможность обеспечения высокой экспрессности, чувствительности, селективности определения и техники безопасности в замкнутых экологических системах (производственных и административных зданиях) за счет контроля содержания оксида углерода (II) в атмосферном воздухе;

разработанная полупроводниковая методика и сенсор определения оксида углерода внедрены в практику аналитической лаборатории АО «Алмалыкский ГМК» (справка АО «Алмалыкский ГМК» №1635 от 30 декабря 2021года). В результате обеспечена экологическая безопасность и высокая экспрессность определения оксида углерода(II) в составе атмосферного воздуха и технологических газов.

Апробация результатов исследования. Результаты исследования доложены и обсуждены на 8 научно-практических конференциях в том числе 2 международных и 6 республиканских.

Опубликованность результатов исследования. По материалам диссертационной работы опубликовано 5 научных работ, в том числе 4 статьи в республиканских и 1 международных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 112 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность и востребованность темы с основным направлением развития науки и техники в Республике Узбекистан, изложена новизна и практическое значение полученных научных данных диссертации. Основываясь на полученных достоверных результатах, приведено практическое применение, дана информация о научных публикациях.

В первой главе диссертации **“Синтез и изучение характеристик пористых кремнеземных материалов, методы и приборы для контроля содержания CO в окружающей атмосфере”** приведено обсуждение литературных данных по синтезу пористых газочувствительных материалов и изучению их

характеристик, методы и приборы для контроля содержания оксида углерода (II) в технологических газах и атмосферном воздухе.

Во второй главе диссертации **“Синтез и исследование пористых газочувствительных кремнеземных материалов для полупроводникового сенсора оксида углерода (II)”** приведены закономерности золь-гель синтеза газочувствительных материалов на основы ТЭОС и оксидов металлов, а также результаты изучения состава синтезированных соединений сканирующей электронной микроскопией, рентгенофазовым и термическим анализом. Устойчивость раствора является одним из основных параметров в процессе синтеза газочувствительных плёнок для полупроводниковых сенсоров газов. На рис. 1 приведены зависимость устойчивости плёнок образующего раствора от состава исходного золя.

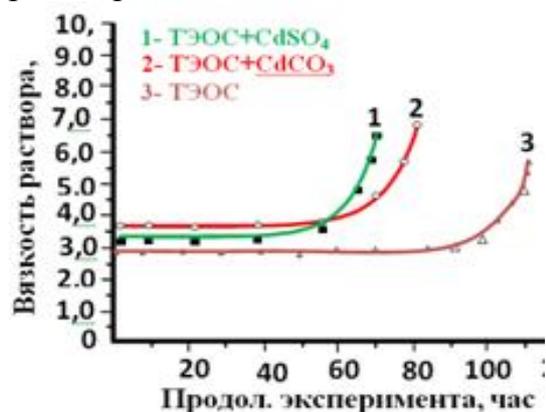


Рис.1. Зависимомть устойчивости плёнок образующего раствора от состава допанта.

Как видно из рис.1 в аналогичных условиях устойчивость растворов без допанта и с до-пантом на основе Cd CO₃ и Cd SO₄ соответ-ственно равна 86; 55 и 42 часа. Следовательно в идентичных условиях устойчивость раствора без допанта больше, чем устойчивость раствора с допантом. В присутствии CdCO₃ устойчивость золя (55 ч.) больше, чем устойчивости раствора с CdSO₄ (42ч.).

На кривой (рис.1) зависимости вязкости от продолжительности опыта наблюдается участок, параллельной оси абцисс, и участок, интенсивно возрастающий по оси ординат. Из них первой участник соответствуют гидролизу, второй участок кривой соответствует протеканию процессов поликонденсации.

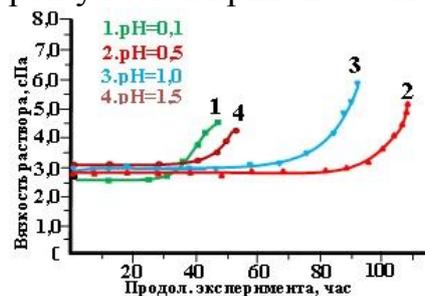


Рис.2. Зависимость устойчивости Плёнок образующего раствора от pH среды.

Структура плёнок, полученных при различных значения pH, имеют различной поверхность и структуру пор. Зависимость устойчивости от pH растворов изучена в присутствии допанта на основе солей Ti и Cd. В опытах pH в растворе варьировали от 0,1 до 1,5. Полученных результаты приведены на рис.2. Как видно из рис. в зависимости от значение pH меняется, устойчивость золя. Наиболее устойчивым является золь, полученных при pH ~ 0,5-1,0.

Следовательно, с изменяя значение pH можно получать плёнки с различной структурой

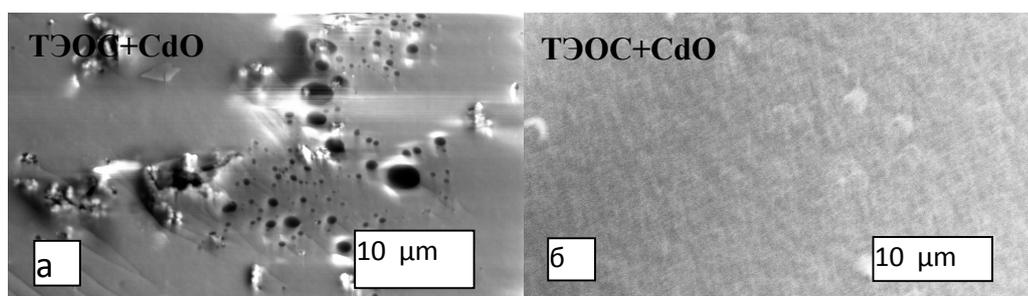


Рис. 3. Морфология газочувствительного материала на основе ТЭОС и оксида кадмия, синтезированного при pH=0.1 (а) и 0.5 (б)

Влияние соотношения $H_2O/ТЭОС$ на процесс золь-гель синтеза ГЧМ приведено в табл.1. из данных таблице следует, что максимальное устойчивост раствора соответствуют $H_2O/ТЭОС=20-25$ моль.

Таблица 1.

Зависимость устойчивости плёнообразующего раствора от соотношения $H_2O/ТЭОС$ ($n=5, P=0,95$).

№ п/п	Соотношение $H_2O/ТЭОС$	Устойчивость раствора, час		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr * 10^2$
1	10	24±0,2	0,16	1,01
2	15	41±0,4	0,32	0,78
3	20	72±0,7	0,56	0,78
4	25	74±0,6	0,48	0,65
5	30	66±0,6	0,48	0,73
6	35	43±0,5	0,40	0,93

Из таблицы видно, что в изученном диапазоне устойчивость раствора проходит через максимум в диапазоне соотношений ТЭОС/ воды от 20 до 25 моль. Термообработка ГЧМ, полученных при $H_2O/ТЭОС = 20$ и 25 моль проводили при $550^\circ C$. Изменение сопротивления этих плёнок в среде, содержащей 0,1 % CO, имеет близкое значение (1218 и 1229 Ом), что свидетельствует о близких значения размера пор этих плёнок. Сопротивление пленки, полученной при значениях $H_2O/ТЭОС=4$ в присутствии 0,1% ного CO равно 124 Ом т.е примерно на 10 раза меньше сопротивления пленки, полученние при $H_2O/ТЭОС=25$, что показывает, что плёнка, полученном при $H_2O/ТЭОС$ ниже стехиометрического являются непористым. В качестве неорганических модификаторов были выбраны: ZrO_2 , TiO_2 , CdO , ZnO , In_2O_3 , NiO , Mo_2O_3 , Al_2O_3 , SnO_2 . На рис. 4 приведена морфология поверхности плёнок, полученных на основе ТЭОС и оксидов металлов. Из которых видно, что структура поверхности ГЧМ в зависимости от состава исходных компонентов имеет сложную пористую структуру. Следовательно, состав оксидов металлов определяют структуру поверхности и обеспечивает регулирование текстурных характеристик газочувствительных материалов.

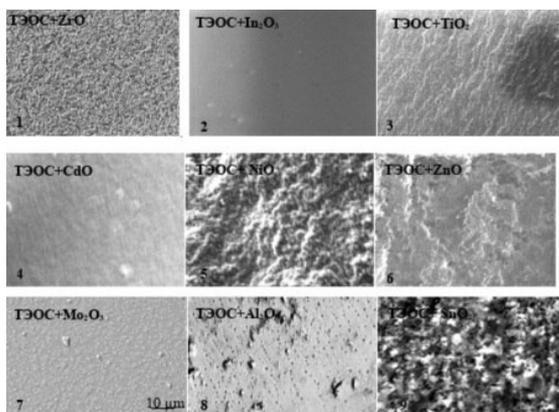


Рис. 4. СЭМ-микрофотографии кремнеземных образцов, синтезированных в присутствии различных оксидов металлов и ТЭОС.

С целью определения возможности использования полученных плёнок в качестве ГЧМ для ППС-СО изучено изменение их электропроводности под действием СО. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Зависимость сигнала ГЧМ от состава оксидов металла ($n=5$, $p=0,95$, содержание СО в смеси 500 мг/м^3 соотношение ТЭОС:оксид металла=1:1).

№ п/п	Состав ГЧМ	Чувствительность ГЧМ по оксиду углероду, мВ.		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$S_T * 10^2$
1	ТЭОС+ ZrO ₂	6,7±0,1	0,1	1,49
2	ТЭОС+ TiO ₂	28,2±0,4	0,4	1,42
3	ТЭОС+ CdO	23,9±0,2	0,2	0,84
4	ТЭОС+ ZnO	16,3±0,5	0,5	3,07
5	ТЭОС+ In ₂ O ₃	18,0±0,3	0,3	1,67
6	ТЭОС+ NiO	9,8±0,4	0,4	4,08
7	ТЭОС+ Mo ₂ O ₃	4,5±0,1	0,1	2,22
8	ТЭОС+ Al ₂ O ₃	5,3±0,1	0,1	1,89
9	ТЭОС+ SnO ₂	13,3±0,3	0,3	2,26

Как видно из таблицы, наиболее высокой чувствительностью по СО характеризуются ГЧМ, полученные на основе ТЭОС с добавкой TiO₂ и CdO. В связи с этим в дальнейшем исследованы характеристики плёнок на основе ТЭОС+TiO₂, ТЭОС+CdO и их смеси (ТЭОС+TiO₂+CdO). На рис.5 приведены изображения СЭМ и СДЭ ГЧМ синтезированных на основе ТЭОС и оксидов металлов.

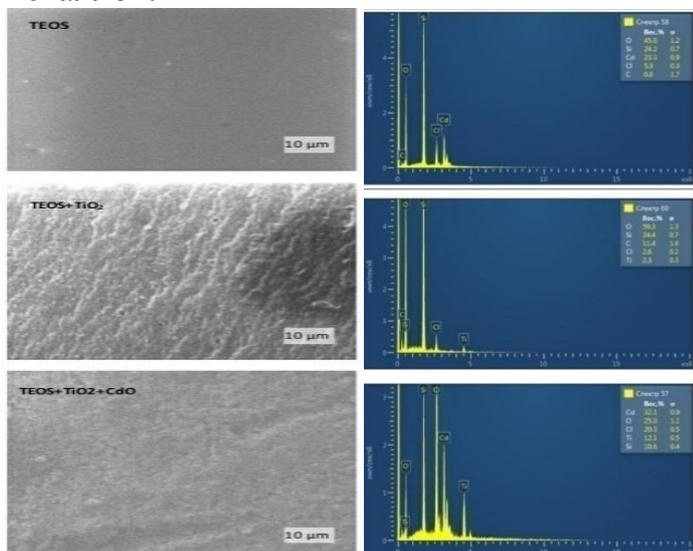


Рис. 5. СЭМ и СДЭ изображения кремнеземных материалов, синтезированных на основе ТЭОС и оксидов металлов: Ti, Cd (ТЭОС; ТЭОС+TiO₂ и ТЭОС+TiO₂+CdO)

Из рис. 5. следует, что элементный состав полученных твердых наноком-
позитов полностью соответствуют составу исходного раствора. В дальнейших
экспериментах было изучено влияние соотношения компонентов (TiO_2 и CdO)
на характеристики нанокомпозитов полученных на их основе (табл.3). В ре-
зультаты изучения газочувствительности материала на основе оксидов метал-
лов титана и кадмия было установлено, что наиболее высокой активностью в
процессе мониторинга CO характеризуется смесь оксидов титана и кадмия, при
их соотношении 3:1.

Таблица 3.

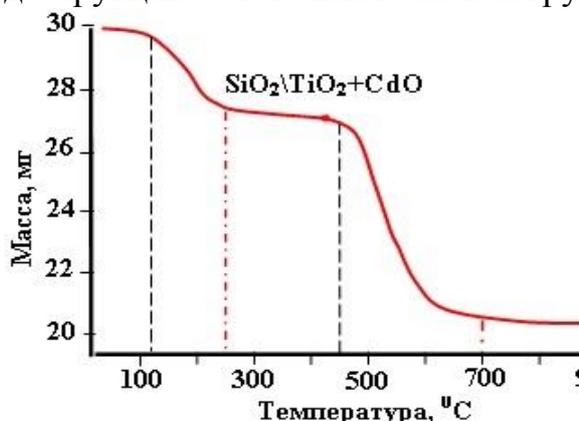
**Зависимость чувствительности ГЧМ на соотношение TiO_2 и CdO в смеси
($n=5$, $p=0,95$)**

Состав ГЧМ	Сигнал сенсора, мВ.		
	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr \cdot 10^2$
ТЭОС/(100% CdO)	23,9±0,2	0,16	0,67
ТЭОС/(100% TiO_2)	28,2±0,4	0,32	1,14
ТЭОС/(5% TiO_2 +95% CdO)	26,7±0,3	0,24	0,90
ТЭОС/(25% TiO_2 +75% CdO)	33,2±0,2	0,16	0,48
ТЭОС/(50% TiO_2 +50% CdO)	38,5±0,1	0,08	0,21
ТЭОС/(75% TiO_2 +25% CdO)	42,5±0,4	0,32	0,76
ТЭОС/(95% TiO_2 +5% CdO)	37,1±0,3	0,24	0,65

Поэтому, в экспериментах по созданию полупроводникового сенсора для
определения оксида углерода (II) в качестве газочувствительного материала,
изучены возможности использования композита на основе ТЭОС/(75%
 TiO_2 +25% CdO).

Термический анализ газочувствительного материала на основе ТЭОС
(75% TiO_2 +25% CdO) приведены на рис. 6. Эксперименты проводили в диа-
пазоне температур от 50 до 850 °С со скоростью нагрева 10 °С/мин. В экс-
периментах использован образец с массой 30 мг, высушенный при 100 °С.

Из рис.6 видно, что при термообработке образца до 850 °С на термограм-
ме наблюдаются изменение его массы при 120-240 °С и 460–700°С, связанные с
десорбцией химически связанной воды (при 120-240 °С) и термоокислительной
деструкцией остаточных алкокси групп(при 460–700°С).



**Рис.6. Термограмма композиционного
обозначения SiO_2 (75% TiO_2 +25% CdO)**

В результате экспериментов получе-
ны и исследованы свойства нанокомпози-
тов на основе ТЭОС, гидролизованного в
кислой среде в присутствии модифици-
рующих веществ—солей металлов TiCl_4 и
 CdCl_2 . В результате проведенных экспери-
ментов установлен оптимальный состав и
соотношение компонентов газочувстви-
тельного материала ППС CO , использова-
ние данного газочувствительного материа-
ла обеспечивает высокую чувствитель-
ность сенсора по оксиду углерода.

В третьей главе “Метрологические характеристики полупроводникового сенсора оксида углерода (II)” представлены результаты исследования по установлению влияния различных факторов на работу, разработанного ППС оксида углерода (II). С использованием оптимизированных параметров и селективных газочувствительных материалов созданы высокоэффективные сенсоры угарного газа (ППС-CO). В качестве чувствительного элемента разработанного ППС использованы ГЧМ на основе смеси оксидов кремния, титана и кадмия: $\text{SiO}_2/(75\%\text{TiO}_2+25\%\text{CdO})$.

Разработанные чувствительные сенсоры обеспечивают мониторинг угарного газа в широком интервале его концентрации. ППС-CO1M для контроля микроконцентраций и ППС-CO2M для контроля макро концентрации оксида углерода. В экспериментах были изучены параметры сенсора угарного газа, используемей в составе газоанализаторов: "ПГА-CO1M" и "ПГА-CO2M" для мониторинга CO в отходящих технологических и выхлопных газов: зависимость сигнала от напряжения питания нагревателя и концентрации оксида углерода (II) в смеси. Определены селективность, чувствительность, экспрессность и ресурс работы сенсора. Такие параметров сенсора как чувствительность, так и селективность сильно зависят от напряжения его питания. Увеличение и уменьшение значения питания сенсора сопровождаются уменьшением величины ППС.

Эксперименты проводили с использованием стандартной газовой смеси, содержащей оксид углерода (II) 0,5 об. %. Результаты опытов приведены в табл. 4.

Таблица 4.

Зависимость сигнала сенсора (ППС-CO 2M) от напряжения питания (n=5, p=0,95)

№ п/п	Напряжения питания, В	Сигнал сенсора, мВ		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$S_r * 10^2$
1	1,00	1,04±0,01	0,008	0,43
3	1,65	2,64±0,03	0,024	0,67
5	2,10	11,70±0,01	0,008	0,32
7	2,75	44,60±0,04	0,030	0,07
8	3,00	52,02±0,03	0,024	0,10
9	3,35	48,11±0,02	0,016	0,08
10	3,50	47,39±0,05	0,040	0,08

Из полученных результатов следует, что оптимальным значением питания для ППС-CO2M равно на 3,0 В. Наиболее важными параметрами полупроводникового сенсора являются его экспрессность. Результаты определения динамических параметров разработанных ППС-CO1M и ППС-CO2M приведены в табл. 5.

Таблица 5.

Динамические характеристики полупроводникового сенсора оксида углерода (II) (n=5, P=0,95)

№ п/п	Концентрация оксида углерода (II), мг/м ³	Динамические характеристики сенсора*, с.			
		t _{0,1}	t _{0,65}	t _{0,9}	t _п
1	125	1,1	4	8	12
2	250	2,0	5	9	12
3	500	1,0	4	8	11
4	750	1,0	6	9	11

Как видно из результатов экспериментов значения t_{0,1}, t_{0,65}, t_{0,9} и t_п ППС-СО соответственно равны на 2; 5; 9 и 12 с. Это показывает возможность использования ППС-СО для экспрессного определения содержания оксида углерода.

Зависимость аналитического сигнала сенсоров (ППС-СО1М и ППС-СО2М) от количества определяемого компонента осуществляли в интервале концентраций СО от 75 до 3000 мг/м³ и от 0,1 до 3,0 об. %.

В таблице приведены результаты изучения зависимости сигнала сенсора от содержания угарного газа в смеси, из которой видно его прямолинейный зависимость от количества СО.

Таблица 6.

Зависимость аналитического сигнала сенсоров (ППС-СО1М и ППС-СО2М) от количества определяемого компонента (C_{СО}) в ПГС (n=5, P=0,95)

ППС-СО1М				ППС-СО2М			
Содержание СО, мг/м ³	Сигнал сенсора ,мВ			Содержание СО, об. %	Сигнал сенсора ,мВ		
	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²
75	3,4±0,1	0,08	0,45	0,10	13,7±0,2	0,16	1,2
175	7,3±0,1	0,16	0,34	0,50	58,4±0,1	0,08	0,8
225	10,1±0,2	0,12	0,26	0,60	68,9±0,2	0,16	0,2
600	29,8±0,3	0,14	0,11	1,20	141,5±0,3	0,24	0,2
900	37,6±0,4	0,08	0,09	1,40	164,4±0,4	0,32	0,2
1200	52,4±0,4	0,12	0,15	1,60	211,0±0,4	0,32	0,2
1750	70,3±0,5	0,20	1,23	2,00	247,4±0,3	0,16	0,3
2250	89,5±0,4	0,18	0,21	2,40	275,9±0,4	0,16	0,1
2750	110,2±0,6	0,18	0,20	2,80	311,2±0,4	0,16	0,2
3000	122,0±0,3	0,16	0,16	3,00	335,1±0,2	0,12	0,1

Стабильность сигнала сенсора во времени изучали в течение 2000 часового эксперимента, проводимого при нормальных условиях. В опытах использовали смесь СО в воздухе, где количество СО равно 1,50 об. % и 650 мг/м³.

Изменение сигнала сенсора зарегистрированной времени оценивалось максимальным расхождением (Δt_g) сигнала. Найденной значение tg равно 2,5%.

Таблица 7.

Результаты определения стабильности ППС-СО (n=5, P=0,95)

№ п/п	Время, час	ППС-СО 1М C _{CO} =650 мг/м ³			ППС-СО 2М C _{CO} =1,50 об. %		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²
1	1	26,5±0,2	0,108	0,55	155,9±2,2	1,953	1,69
2	10	26,2±0,3	0,219	0,60	156,2±1,9	0,968	1,80
3	48	26,8±0,2	0,312	1,10	155,1±1,8	2,012	1,56
4	160	26,0±0,2	0,214	1,44	154,9±1,7	2,31	1,12
5	500	27,0±0,3	0,320	1,86	155,2±1,3	1,089	2,10
6	800	26,9±0,2	0,340	1,42	155,5±1,5	0,980	1,72
7	1500	26,0±0,1	0,218	1,64	156,5±1,6	0,789	1,21
8	1750	27,5±0,3	0,222	1,48	153,4±1,9	0,219	1,34
9	2000	26,7±0,2	0,325	1,65	154,4±1,5	1,736	1,51

Селективность ППС-СО было изучена в присутствии CH₄, H₂, CO₂, и пар бензина. В табл. 8 приведены результаты определения селективности разработанного сенсора ППС-CO2М.

Таблица 8.

Результаты определения селективности сенсора оксида углерода (II) (n=5, P=0.95)

№ п/п	Введено газовой смеси. об. %	Найдено оксид углерод (II) об. %		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²
1	CO 0,50+возд	0,51±0,02	0,015	2,33
2	CO 0,50+CH ₄ 0,90+возд	0,49±0,01	0,017	2,02
3	CO 0,50+H ₂ 0,90+возд	0,51±0,02	0,019	1,80
4	CO 0,50+CO ₂ 0,90+возд	0,48±0,01	0,021	1,82
5	CO 0,50+бенз 0,90+возд	0,49±0,02	0,023	1,56

Полученные результаты показывают возможность селективного мониторинга оксида углерода (II) в присутствии водорода и метана. Зависимость сигнала от температуры изучали при температурах от -5 °С до +50 °С. Результаты этих экспериментов приведены в табл. 9.

Таблица 9.

Зависимость сигнала ППС-СО от температуры газовой смеси (n= 5, P =0,95)

Температура, °С	Сигнал сенсора, мВ			
	ППС-СО1М C _{CO} - 970 (мг/м ³)		ППС-СО2 М C _{CO} -0,75 об. %	
	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²
+20	40,8±0,1	0,51	82,0±0,21	0,57
-5	41,8±0,3	0,67	82,6±0,31	0,48
+15	40,2±0,2	1,11	83,0±0,11	0,52
+35	40,3±0,1	1,22	82,8±0,31	0,58
+45	41,3±0,1	1,34	82,4±0,24	0,39
+50	40,3±0,3	1,42	82,0±0,35	0,41

В опытах использовали ГС с содержанием СО 970 мг/м³ и 0,75 об. %. Как следует с изменением температуры в изученном диапазоне значение сигнала сенсора не меняется. Зависимость сигнала от давления приведена в табл.10.

Таблица 10.

Зависимость сигнала сенсоров оксида углерода (II) от давления (n = 5, P = 0,95)

Давления газа, мм.рт.ст	Сигнал сенсора , мВ			
	ППС-СО1М, C _{СО} -600 мг/м ³		ППС-СО2 М, C _{СО} -1,00 об.%	
	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²
625	28,6±0,3	1,65	123,0±0,5	1,02
700	28,3±0,2	1,76	125,0±0,4	1,23
775	27,6±0,4	1,54	124,5±0,5	1,70
850	27,8±0,4	1,66	123,4±0,5	1,14
900	28,3±0,4	1,78	123,9±1,9	0,96

Из данных таблице 10 следует, что изменение давления в широком его диапазоне не оказывают существенного влияния на сигнал ППС-СО.

Таким образом, созданы сенсоры ППС-СО1М и ППС-СО2М для контроля микро и макро концентраций СО. Созданные сенсоры ППС-СО1М и ППС-СО2М по техническим параметров не уступают зарубежным аналогам.

В четвертой главе диссертации **“Метрологические характеристики полупроводникового газоанализатора оксида углерода (II) “ПГА-СО”**, приведены результаты изучения влияния зависимости показания разработанного ППГ-СО от параметров окружающей среды.

Газоанализатор “ППГ-СО” обеспечивает контроль содержания СО в широком интервале его концентрации. Электропитание “ППГ-СО” осуществляется от источника постоянного тока с напряжением 12 В.

Таблица 11.

Некоторые технические характеристики газоанализаторов оксида углерода (II) ППГ-СО

№ п/п	Наименование параметра	“ППГ-СО 1М”	“ППГ-СО 2М”
1	Диапазон измерений	0-5000 мг/м ³	0-5,0 об.%
2	Точность	10 мг	0,01 %
3	Время установления показаний, с.	10	10
4	Время прогрева не более, с.	30	30
5	Максим. потреб. мощность, Вт	0,1	0,1
6	Габаритные размеры, мм.	120x70x25	120x70x25
7	Вес, г.	200	200

Внешний вид газоанализатора “ППГ-СО 1М” представлен на рис. 7.



Рис.7. Внешний вид полупроводникового газоанализатора оксида углерода «ППГ-СО 1М»

Метрологические параметры разработанного автоматического газоанализатора «ППГ-СО 1М» изучались согласно ГОСТу 52033-2003. Испытания газоанализатора проводились в диапазонах концентрации СО от 0 до 5000 мг/м³ и от 0 до 5,0 об.%,

Таблица 12.

Результаты зависимости сигнала газоанализаторов «ППГ-СО» с диапазоном измерений 0-5000 мг/м³ и 0-5,0 об.% от концентрации оксида углерода (II) в смеси (n = 5, P = 0,95)

Введено СО, мг/м ³	«ППГ-СО 1М»		«ППГ-СО 2М»		Sr*10 ²	
	Найдено оксид углерода (II), мг/м ³		Введено оксид углерода (II), об.%	Найдено оксид углеро- да (II), об.%		
	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²		$\bar{x} \pm \Delta x$		Sr*10 ²
5,0	5,1±0,2	2,15	0,15	0,11±0,01	2,22	
25	25,3±0,5	1,07	1,07	0,18±0,01	1,68	
250	254,1±2,4	1,01	0,52	0,51±0,02	0,76	
1000	1011,3±8,2	0,86	0,90	0,93±0,02	1,20	
5000	4989,6±12,5	0,55	5,02	4,95±0,04	1,31	

Из табл. 12 видно, что сигнал газоанализаторов «ППГ-СО» в указанных диапазонах имеет прямолинейную зависимость от концентрации определяемого компонента. При этом диапазон концентраций значение Sr не превышает 0,021 и 0,022. Основная погрешность «ППГ-СО» установлена, как разностью между показаниями газоанализатора и истинными значениями концентраций.

Таблица 13.

Результаты определения основной погрешности газоанализатора «ППГ-СО2М». (Содержание СО в смеси - 2,50 об. % n=5, P=0,95)

№ п/п	Введено СО, об.%	Найдено СО, об.%	Найденные значения погрешности		Допустимые по ГОСТу погрешности	
			Основ. абс. погр.(Δ)	Основ. прив. погр. (Υ)	Основ. абс. погр.(Δ), об.%	Основ. прив. погр.(Υ), %
1	0,25	0,24	0,01	0,2	±0,25	±5,0
2	0,50	0,49	0,01	0,2	±0,25	±5,0
3	0,75	0,73	0,02	0,4	±0,25	±5,0
4	1,00	1,02	0,02	0,4	±0,25	±5,0
5	2,00	2,02	0,02	0,4	±0,25	±5,0
6	3,00	2,97	0,03	0,6	±0,25	±5,0
7	4,00	4,06	0,06	1,2	±0,25	±5,0
8	5,00	4,94	0,06	1,2	±0,25	±5,0

Из данных, приведенных в табл.13, видно, что погрешность газоанализатора “ППГ - СО2М” меньше, чем допустимого по ГОСТу, что свидетельствует о пригодности созданного газоанализатора для контроля содержания СО в широком интервале его концентраций.

Погрешность газоанализаторов “ППГ-СО1М” и “ППГ-СО 2М”, обусловленный за счет изменения температуры окружающей среды определяли при температурах от -20 до +50 °С. Полученные при этом результаты приведены в табл. 14.

Таблица 14.

Результаты установления дополнительных погрешностей газоанализаторов “ППГ-СО 1М” и “ППГ-СО 2М” от температуры газовой среды в интервале -20 - +50 °С (n = 5, P = 0,95)

Температура, °С	Найдено CO, мг/м ³	Ас.абс. погрешность	Допол. погрешность	Давления мм.см. уст.	найденно CO, мг/м ³	Основ. абс. погреш	Дополнит погреш	Допол. погреш по ГОСТу
+20	503±4	3		760	503±3	3		±7,5
- 20	496±6	4	1	600	506±3	6	3	±7,5
0	504±7	4	1	700	501±4	1	2	±7,5
+30	496±4	4	1	800	498±3	2	1	±7,5
+40	497±6	5	2	850	498±6	2	1	±7,5
+50	504±8	4	1	900	505±5	5	2	±7,5

Как следует из таблицы дополнительная погрешность “ППГ-СО 2М” вызванная изменением температуры и давления газовой среды, не более 1,0 %.

Устойчивость сигнала “ППГ-СО2М” к перегрузкам по концентрации определялась при содержании СО в смеси 750 мг/м³ и 6,50 об.%. В результаты этих опытов установлено, что газоанализатор “ППГ-СО2М” в изученных значениях концентрации выдерживает перегрузки (табл. 15.). Значение приведенной погрешности “ППГ-СО” в изученных концентрациях не превышает 0,6 %.

Таблица 15.

Устойчивость “ППГ-СО” к перегрузкам по концентрациям (n=5, P=0,95)

№ п/п	Содержание СО в смеси, об. %.	Выходной сигнал газоанализатора до и после возд. перегрузки, мг/м ³ (об.%)		Основ. абсол. погрешность	Основ. приведен. погреш. %
		до возд. перегрузки	после возд. перегрузки		
3	C _{co} 1,25 об.%	1,20±0,02	1,19±0,01	0,01	0,2
4	C _{co} =2,50 об.%	2,48±0,02	2,51±0,03	0,03	0,6

Стабильность изучение стабидтности сигнала газоанализатора в течении 1000 часового испытания проводилась при 20±5 °С и давлении 92-101,3 кПа. В опытах использовали газовые смеси с содержанием СО 500 мг/м³ и 2,70 об.%.

Полученные результаты по стабильности выходных сигналов “ППГ-СО” представлены в табл. 16.

Из полученных результатов следует, что в изученном диапазоне времен сохраняется стабильность выходного сигнала “ППГ-СО”

Таким образом, результаты экспериментов показали, что анализатор ППГ-СО по метрологическим, аналитическим и некоторым другим характеристикам вполне удовлетворяет требованиям ГОСТа для данного класса приборов.

Таблица 16.

Результаты определения стабильности выходного сигнала “ППГ-СО”

№ п/п	Время, час	Найдено оксида углерода (II), мг/м ³					
		“ППГ-СО 1 М”			“ППГ-СО 2М”		
		С оксида углерода (II) = 500 мг/м ³			С оксида углерода (II) = 2,70 об.%		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²
1	1	507±5	4,02	0,8	2,72±0,03	0,024	0,9
3	24	509±4	3,22	0,6	2,69±0,07	0,056	2,1
5	48	504±6	4,82	1	2,72±0,01	0,008	0,3
7	240	511±2	1,61	0,3	2,71±0,03	0,024	0,9
9	480	508±6	4,82	0,9	2,72±0,08	0,064	2,4
11	960	511±7	5,63	1,1	2,73±0,06	0,048	1,8
13	1000	509±6	4,82	0,9	2,73±0,03	0,024	0,9

Оценка точности показаний созданных анализаторов установлена проведением исследования, заключающегося в параллельном проведении анализов различных готовых горючих смесей, содержащих разные концентрации СО, результаты которых приведены в табл. 17, из которых следует, что разработанный полупроводниковый сенсор ППС-СО и газоанализатор “ППГ-СО” по сравнению с известными газохроматографическим и фотоколориметрическим приборами обеспечивают более высокую правильность, а также воспроизводимость определения СО в газовых средах.

Таблица 17.

Результаты, полученные при определении оксида углерода (II) различными методами (n = 5, P = 0,95).

Введено СО, мг/м ³	Найдено СО, мг/м ³					
	Полупроводниковый “ППГ-СО 1М”		Газохроматографический “Кристалл-500”		Фотоколориметрический КФК	
	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$	Sr*10 ²
60	61±3	2,10	60±3	1,47	63±4	1,18
600	605±6	1,45	588±5	0,52	592±6	1,20
1200	1211±10	0,85	1214±15	0,60	1218±21	0,53
1800	1810±14	0,85	1820±19	0,54	1816±24	0,64
2400	2390±15	0,71	2380±18	0,80	2384±15	1,02
3000	2992±20	0,68	2990±23	1,03	2986±23	1,18

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны селективный полупроводниковый сенсор и газоанализатор оксида углерода (II) “ППГ-СО”, обеспечивающие непрерывный контроль концентрации угарного газа в газовых

пробах. Установлено, что в диапазонах концентрации CO 0-5000 мг/м³ и 0-5,0 об.% зависимость сигнала от количества CO имеет прямолинейный характер. Найденные значения основной абсолютной и приведенной погрешностей разработанных газоанализаторов намного меньше, допустимых по ГОСТу. Следовательно, разработанные газоанализаторы «ППГ-CO» по аналитическим и метрологическим параметрам вполне удовлетворяют требованиям ГОСТа, для данного класса приборов.

ВЫВОДЫ

1. Изучена закономерность золь-гель синтеза и определены состав газочувствительного материала для полупроводникового сенсора оксида углерода (II) на основе тетраэтоксисилана и оксидов металлов (Ti и Cd).

2. Анализ состава синтезированных нанокompозитов методами ДТА, РФА и СЭМ показал, что элементный состав ГСМ соответствует составу компонентов, используемых при их получении. Для получения высокопористых плёнок рекомендована термообработка ГСМ при 400-450 °С.

3. Получены образцы тонких плёнок состава ТЭОС/(75%TiO₂+25%CdO) которые обладают газочувствительностью к горючим газам. Предложено создание селективные сенсоры оксида углерода (II) на основе полученного газочувствительного материала.

4. Изучены аналитические, метрологические и др. характеристики, установлены оптимальные условия, обеспечивающие наиболее высокую чувствительность и селективность разработанных сенсоров CO.

5. Оценены основные характеристики разработанного полупроводникового анализатора «ППГ-CO» при определении оксида углерода (II). Созданные анализаторы позволяют контролировать содержания CO в широких интервалах его концентраций в составе сложных газовых смесей.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARD OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.03/30.12.2019.K.01.03 AT NATIONAL UNIVERSITY UZBEKISTAN**

JIZZAKH STATE PEDAGOGICAL INSTITUTE

SIDIKOVA KHULKAR

**DEVELOPMENT OF SEMICONDUCTOR SENSORS FOR MONITORING
CARBON MONOXIDE FROM THE COMPOSITION OF EXHAUST GASES**

02.00.02 – Analytical chemistry

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF THE DOCTOR OF
PHILOSOPHY (PhD) IN CHEMICAL SCIENCES**

Tashkent – 2022

The title of the dissertation of the Doctor of Philosophy in Chemical Sciences (PhD) is registered in the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan with registration number B2021.4.PhD/K433.

The dissertation has been prepared at the Jizzakh State Pedagogical Institute

The abstract of dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) is available online www.ik-kimyo.nuuz.uz and on the website of "ZiyoNET" information-educational portal www.ziynet.uz.

Scientific supervisor: **Abdurakhmanov Ergashboy**
doctor of chemical sciences, professor

Official opponents: **Nasimov Abdullo**
doctor of chemical sciences, professor

Qutlimurotova Nigora
doctor of chemical sciences, docent

Leading organization: **Institute of General and Inorganic Chemistry**

The defense of the dissertation will take place on «16» 02 2022 in «14⁰⁰» at the meeting of Scientific council DSc.03/30.12.2019.K.01.03 at the National University of Uzbekistan (Address: 100174, Tashkent, Universitety street, 4. Ph.: (+99871) 227-12-24; (+99871) 246-02-24; (+99871) 246-53-21; e-mail: chem0102@mail.ru).

The dissertation can be reviewed at the Informational Resource Centre of the National University of Uzbekistan (registration number 16) (Address: 100174, 4 University str. Ph(+99871) 246-07-88; (+99871) 227-12-24; факс: (+99871) 246-53-21;(+99871) 246-02-24.

The abstract of the dissertation has been distributed on «8» 02 2022 year

Protocol at the register № 7 dated «8» 02 2022 year



Z.Smanova
Chairman of Scientific Council for
awarding of scientific degrees,
Doctor of Chemical Science

D.Gafurova
Scientific Secretary of Scientific Council
on awarding of scientific degrees,
Doctor of Chemical Science

N.Kutlimurotova
Deputy Chairman of Scientific seminar
Council for awarding the scientific degrees,
Doctor of Chemical Science

INTRODUCTION (abstract of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD))

The purpose of the study. Development of gas-sensitive metal oxide composites and development of selective semiconductor sensors for the detection of carbon monoxide.

The objects of the study are exhaust and exhaust gases of combustion processes of liquid, solid and gaseous fuels and motor vehicles, atmospheric air of chemical, petrochemical and gas processing enterprises, standard gas mixtures of combustible inorganic, organic gases and atmospheric air, metal oxides of titanium, cadmium, iron, zinc, etc. Gorenje. and tetraethoxysilane

The scientific novelty of the study is as follows:

for the first time, a sol-gel synthesis of a gas-sensitive material based on titanium and cadmium oxides for a semiconductor carbon monoxide sensor was carried out;

composition and ratio of components of a gas-sensitive material providing high sensitivity of a semiconductor carbon monoxide sensor has been established;

methods have been developed to increase the high sensitivity and selectivity of the semiconductor carbon (II) oxide sensor;

an automatic analyzer has been developed that provides the determination of carbon monoxide in a wide range of concentrations, and the effect of various factors on its metrological and operational parameters has been explored.

Implementation of the research results. Based on the results of a scientific study on the development of chemical sensors based on metal oxide composites for the determination of carbon monoxide:

the developed sensors were introduced into the practice of the analytical laboratory of JSC "Mubarek Gas Processing Plant" (reference of JSC "gas processing plant" № 976/GK-11 dated November 1, 2021). The results made it possible to ensure high expressiveness, sensitivity, selectivity in determining safety techniques in closed ecological systems (industrial and administrative buildings), by controlling the content of carbon monoxide in the atmospheric air;

the developed semiconductor technique and sensor for determining carbon monoxide have been introduced into the practice of the analytical laboratory of Almalyk MMC JSC (reference of Almalyk MMC JSC, №1635 dated December 30, 2021) As a result, environmental safety and express determination of carbon monoxide from the composition of atmospheric air and process gases are provided.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, list of references and appendices. The volume of the dissertation is 112 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Сидикова Х.Г., Абдурахманов Э., Эшқобилова М.Э. Метрологические характеристики полупроводникового сенсора оксида углерода // UNIVERSIUM. Химия и биология.–Москва. №11(89).– С.48-54. doi: 10.32743/Uni Chem.2021.89.11-1(02.00.00; № 2)

2. Эшқобилова М.Э., Сидикова Х.Г., Абдурахманов Э. Метрологические характеристики полупроводникового газоанализатора оксида углерода «ПГА-СО»// Вестник НУУз. 2021.3/2/1.– С. 299-306. (02.00.00; № 12)

3. Сидикова Х.Г., Султонов М., Абдурахманов Э., Даминов Г. Метрологические параметры сенсора оксида углерода//Научный Вестник СамГУ , 2021 октябрь .Спец. выпуск – С.160-161. (02.00.00; № 9)

4. Эшқобилова М., Бегимкулов Ж., Сидикова Х.Г., Насимов А.М. Активность и селективность оксидов металлов в процессе окисления горючих газов.// Научный Вестник СамГУ .2019. № 5. (117) – С.61-65. (02.00.00; № 9)

5. Сидикова Х.Г., Абдурахманов Э., Матмуродов Ш. Получение и аттестация стандартных газовых смесей водорода и метана с воздухом.// Вестник НУ Уз. 2017.3/2.– С.466-468. (02.00.00; № 12)

II бўлим (II часть; II part)

6. Sidikova Kh.G., Abdurakhmanov E., Abdurakhmanov I., Muminova N.I. Elaboration and investigation of metrological characteristics of semi-conductor sensor of methane // International Journal of Advanced Science and Technology. Vol. 29. No. 7, (2020). – P. 2058-2065.

7. Абдурахманов Э., Султанов М., Даминов Г., Сидикова Х., Эшқобилова М., Абдурахмонов Б., Холбоев О. Химический сенсор для мониторинг оксида углерода из состава транспортных выбросов// SCIENCE AND EDUCATION ISSN 2181-0842 VOLUME 1, ISSUE 1 , APREL 2020,– С. 37-43.

8. Abdurakhmanov E., Sidikova Kh.G., Muradova Z.B., Abdurakhmanova Z. E. Development of a selective carbon monoxide sensor.// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (IOP EES) IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 839 (2021) 042086 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/839/4/042086.

9. Сидикова Х.Г., Эшқобилова М., Абдурахмонов Э. Термоката-литический сенсор для селективного мониторинга природного газа //VI- Международные научные практической конференции GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2019 CENTRAL ASIYA: Нур-Султан, 2019, 9-13 май,– С. 235-238.

10. Султонов М.М., Сидикова Х.Г., Абдурахманов Б., Даминов Г. Худайбердиев Б.Ш., Тиллаев С.У. Чикинди ва тутунли газлар таркибидан

углеводородлар ва ис газини мониторинги учун автоматлашган термокаталитик усулларни ишлаб чиқиш. //Нефть ва газ комплексида бурғилаш, қазиб олиш ва қайта ишлаш жараёнларининг замонавий технологиялари”. Республика илмий-техник анжумани.. Қарши, 2018, 20- 21 апрель, – 426-432 бет.

11. Эшқобилова М., Абдурахмонов И.Э., Сидикова Х.Г., Насимов А.М. Химический сенсор и сигнализатор для контроля загазованности замкнутых экологических систем.// 2019 йил “Фаол инвестиция ва ижтимоий ривожланиш йили” га бағишланган “Фан ва тарбиянинг долзарб масалалари” мавзусидаги Республика илмий-назарий анжуман материаллари. 5-бўлим. Нукус, 2019, – 35-35-бет.

12. Абдурахманов Э., Султонов М.М., Эшқобилова М.Э., Сиддикова Х., Муминова Н. Нефть ва газни қазиб олиш ва қайта ишлаш корхоналари атмосфера ҳавосини аналитик мониторинги.// Нефть ва газ комплексида бурғилаш, қазиб олиш ва қайта ишлаш жараёнларининг замонавий технологиялари”. Республика илмий-техник анжумани... Қарши, 2018, 20- 21 апрель, – 407-411 бет.

13. Худайбердиев Б.Ш., Сидикова Х.Г., Даминов Г., Абдурахманов Э. Разработка катализатора для селективных термокаталитических сенсоров оксида углерода и углеводородов.// Ўзбекистонда аналитик кимёнинг ривожланиш истиқболлари. Республика илмий-амалий анжумани. Тошкент, 11-май 2018 йил, – 81-82 бет.

14. Ёрмаматова Г., Сиддикова Х.Г., Бегматов Р., Султонов М.М., Абдурахманов Э. СО ва углеводородларни назорат қилувчи термокаталитик сенсорнинг селективлиги.// Ўзбекистоннинг иқтисодий ривожланишида кимёнинг ўрни. Республика илмий-амалий конференция. (Халқаро мутахассислар иштирокида) 24-25 май 2018 йил Самарқанд, – 98-99 бет.

15. Сидикова Х.Г., Муминова Н. Селективный термокаталитический сенсор токсичных газов.//Н.Т.Туроповнинг 70 йиллик юбилейига бағишланган “XXI-аср аналитик кимёси: Муаммолари ва ривожланиш истиқболлари” илмий-амалий анжумани материаллари. Тошкент, 2018 , – 8-10 бет.

Автореферат “ЎзМУ хабарлари” тахририятида тахрирдан ўтказилди.

Босишга рухсат этилди: _____ йил.
Қоғоз бичими 60x84 1/16. Адади __-нуска.
Буюртма № _____

“ _____ ” _____ босмахонасида чоп этилди.

Тошкент ш.