

GAZLAR TARKIBIDAN UGLEROD (II) OKSIDINI NAZORATI UCHUN YARIMO‘TKAZGICHLI SENSOR YARATISH

Eshkobilova M.E., Sidiqova X.G., Smanova Z.A., Abduraxmanov E.

Annotatsiya

Ushbu ishda olib borilgan tajribalar natijasida selektiv yarimo‘tkazgichli sensorlar ishlab chiqilgan bo‘lib, sensorlar atmosfera havosi va texnologik jarayonlar chiqindi gazlari tarkibidan CO ni tezkor aniqlashni ta‘minlaydi. Ishlab chiqilgan yarimo‘tkazgichli sensorlar ekspresslik, portativlik, ishlab chiqarish va ishlatishdagi qulayligi bo‘yicha ustunligini saqlagan holda olingan natijalarini aniqligi va takrorlanuvchanligi bo‘yicha mavjud horijiy analoglardan qolishmaydi. Ushbu sensorlar is gazini kontsentratsiyasining keng diapazonlarida aniqlash imkonini beradi va murakkab aralashmalar analiziga qo‘llashga tavsiya etildi.

Kalit so‘zlar. *Uglerod (II) oksidi, atmosfera havosi, texnologik chiqindi gazlar, yarimo‘tkazgich, gaz sensori, Zol-gel texnologiyasi, metall oksidi, sezgirlik, seliktivlik.*

Аннотация

В результате проведенных в данной работе экспериментов, были разработаны селективные полупроводниковые сенсоры, эти сенсоры обеспечивают быстрое обнаружение СО из состава атмосферного воздуха и выхлопных газов технологических процессов. Разработанные полупроводниковые сенсоры не уступают существующим зарубежным аналогам по точности и воспроизводимости полученных результатов, сохраняя при этом преимущество в портативности, простоте изготовления и эксплуатации. Эти датчики позволяют обнаруживать Оксид углерода (II) в широком диапазоне концентраций и рекомендованы для применения в анализе сложных смесей.

Ключевые слова. *Оксид углерода (II), атмосферный воздух, технологические выхлопные газы, полупроводник, сенсор газа, Золь-гель технология, оксид металла, чувствительность, селективность.*

Abstract

As a result of the experiments carried out in this work, selective semiconductor sensors were developed; these sensors provide rapid detection of CO from the composition of atmospheric air and exhaust gases of technological processes. The developed semiconductor sensors are not inferior to the existing foreign analogues in terms of accuracy and reproducibility of the results obtained, while maintaining the advantage of portability, ease of manufacture and operation. These sensors detect Carbon(II) monoxide over a wide range of concentrations and are recommended for use in the analysis of complex mixtures.

Keywords. Carbon monoxide (II), atmospheric air, technological exhaust gases, semiconductor, gas sensor, Sol-gel technology, metal oxide, sensitivity, selectivity.

Avtotransport va sanoatning jadal rivojlanishi bilan atmosfera havosi tarkibini nazoratiga talab ortib bormoqda. Uglerod (II) oksidi (is gazi) atmosfera havosining zaharli va portlovchan tarkibiy qismlaridan biridir [1,2]. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, so'nggi o'n yillikda uglerod (II) oksidi bilan zaharlanishdagi o'lim o'tkir zaharlanishdan vafot etganlarning 23,4 foizini tashkil etgan. Shu sababli gazsezgir yarimo'tkazgichli materiallarning yangi avlodini yaratish va ular asosida atmosfera havosi, texnologik va chiqindi gazlardagi uglerod (II) oksidi miqdorini aniqlashni ta'minlovchi selektiv yarimo'tkazgichli gaz sensorlarini yaratish muhim masalalardan hisoblanadi.

Jahonda zaharli va portlovchan gazlarning yarimo'tkazgichli sensorlari uchun yuqori samarali gazsezgir materiallarni yaratish borasida keng qamrovli tadqiqotlar olib borilmoqda [3-5]. Yarimo'tkazgichli sensorlarning tavsiflari turli omillarga, jumladan, gazsezgir materiallarning tarkibiga bog'liq bo'lib, ular gazlar aralashmasi tarkibini aniqlashda yuqori sezuvchanlik va selektivlikni ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. Bu borada, yarimo'tkazgichli sensorining gazsezgir materialining tarkibiy qismlarining optimal tarkibini va nisbatlarini tanlash muhim ahamiyat kasb etadi [6,7].

Tadqiqotlar davomida quyilgan maqsaddan kelib chiqqan holda uglerod (II) oksidining yarimo'tkazgichli sensorlari uchun gazsezgir materiallar sintezi komponentlarining tarkibi va nisbatlari ishlab chiqildi. Zol-gel texnologiyasidan foydalanib nanokompozit plyonkalarni sintez qilish qonuniyatlari o'rganildi va ular asosida yarimo'tkazgichli CO sensorlari uchun selektiv gazsezgir materiallar tarkibi aniqlandi. Olingan nanomateriallarning tuzilishi va xossalarini rentgen, skanerlovchi elektron mikroskop, IQ, differentsial termik va element analizi usullari yordamida o'rganildi. Natijada kontsentratsiyaning keng diapazonida CO miqdorini aniqlaydigan yarimo'tkazgichli sensorlar ishlab chiqildi hamda ularning metrologik va analitik tavsiflari o'rganildi.

O'tkazilgan tajribalar ilk bor titan va kadmiy oksidlari asosida is gazini yarimo'tkazgichli sensori uchun gazsezgir materialning zol-gel sintezi amalga oshirish imkonini berdi. Is gazini aniqlovchi yarimo'tkazgichli sensorning yuqori sezuvchanligini ta'minlaydigan gazsezgir materialning tarkibi, komponentlar nisbati aniqlandi va SO sensorining yuqori sezuvchanligi va selektivligi ta'minlandi.

Tajriba metodikasi

Yarimo'tkazgichli sensorlarning gazsezgir materiallarining sintezi zol-gel texnologiyasi asosida amalga oshirildi. Zol-gel texnologiyasi ma'lum molekulyar tuzilishga va fizik-kimyoviy xususiyatlarga ega bo'lgan gazga sezgir nanokompozitlarni hosil qilishning samarali usuli hisoblanadi [8,9]. Gazga sezgir materiallarni zol-gel sintezining afzalligi dastlabki organik va anorganik reagentlarni molekulyar darajadagi turli fragmentlarini eritmada kiritib birlashtirish imkonini mavjudligi [10]. Eritmaga kiritiladigan komponentlarning tabiatini va zol-gel sintezi jarayonining sharoitini o'zgartirish orqali sintez qilingan

nanokompozitlarning strukturasini yo‘naltirilgan tarzda o‘zgartirish mumkin [11,12]. Dastlabki zolni tayyorlash uchun tetraetoksisilanning kislotali gidrolizning mahsulotlari issiqlik bilan ishlov berish paytida tizimdan chiqariladi va yakuniy materialning yetarlicha yuqori kimyoviy tozaligi ta‘minlanadi. Ushbu gidroliz natijasida tizimda sodir bo‘lgan jarayonlar juda yaxshi o‘rganilgan [13]. G‘ovak materiallar turlicha ko‘rinishga ega ekanligi va ularning tuzilishi tavsifining noaniqligi tufayli ular odatda qator xususiyatlar bo‘yicha tasniflanadi [14,15]. Jarayonning tezligiga ta‘sir qiluvchi eng muhim omillar pH qiymati, komponent kontsentratsiyasining nisbati va haroratdir.

Tadqiqotlar davomida nanokompozit gazga sezgir materiallarni o‘rganish uchun hozirgi kunda shakllangan standart usullar to‘plami: Rentgen difraksiyasi, elektron mikroskopiya, gaz adsorbsiyasi, termik analiz, IQ spektroskopiya usullari va element analiz keng qo‘llanilgan. Bu usullar nanokompozitlarning g‘ovak tuzilishini va ularning gazga sezgirligini aniqlashga imkon bergan. Xulosalar matematik statistika usullari bilan qayta ishlangan eksperimental natijalar asosida chiqarilgan.

Rentgen difraksiyasi o‘rganilayotgan nanokompozit gazga sezgir namunaning mavjud muntazam tuzilishi haqida ma‘lumot beradi [16].

Nurlantiruvchi *elektron mikroskopiya* materialning tuzilishi va uning morfologiyasi haqida bevosita informatsiya beruvchi usul. Bu usulda devorlarning qalinligini, g‘ovaklarning diametrlarini hamda ularning uzunligini bevosita o‘lchash ham mumkin [17].

Adsorbsion o‘lchashlar. Elektron mikroskopiya dan farqli ularoq, gazni adsorbsiyalash usullari yordamida rentgen difraksiyasi usullari singari o‘rganilayotgan butun namunaning o‘rtacha hajm xaqida analitik ma‘lumotlarni olish mumkin [18]. Adsorbsion izotermalarni tahlil qilish bizga ma‘lum sirt maydoni, o‘ziga xos solishtirma hajmi, o‘lchamlari va taqsimoti kabi mezonlarga ko‘ra materiallarni miqdoriy jihatdan tavsiflash imkonini beradi.

Ishda mezopor materiallar hosil bo‘lishini o‘rganishda termogravimetrik analizdan foydalanildi [19]. Bu issiqlik paytida yengil fraktsiyasini olib tashlanganda kompozit massasini kamaytirish orqali yengil fraktsiyasi va silikat o‘rtasidagi nisbatni aniqlaydi. Shuningdik termogravimetrik tahlil mezog‘ovak material yuzasida sirt funktsionalizatsiyasi uchun zarur bo‘lgan sorbtsiyalangan suv va silanol guruhlarini tarkibini baholash imkonini beradi.

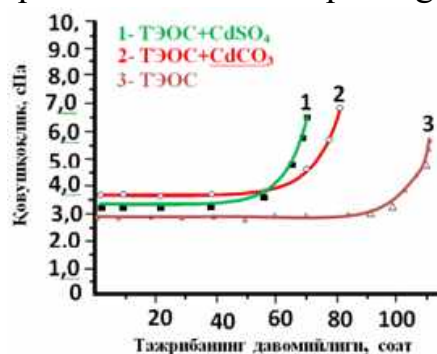
Sintez qilingan gazga sezgir kompozitlar (SiO_2 -tuz) quritilgandan so‘ng termogravimetrik usulda sta-449c Jupiter (Netzish) qurilmasida 20-700 °C harorat oralig‘ida, O_2 -Ar oqimida tahlil qilindi. namunalarning og‘irligi 30 mg ni tashkil etdi. Nitratlar miqdori tegishli tuzlarning parchalanish harorati oralig‘ida integral TG egri chizig‘ida massa yo‘qotilishi bilan aniqlandi.

Element tahlili kompozit materialda mehmon komponentining mazmuni va tashuvchi matritsasi haqida bevosita ma‘lumot beradi [20]. Mezog‘ovak

materiallarni organik moddalar bilan funktsiyalashtirishda kompozit tarkibidagi uglerod, shuningdek azot va oltingugurt miqdori asosida undagi funktsional guruhlar soni haqida xulosa qilinadi.

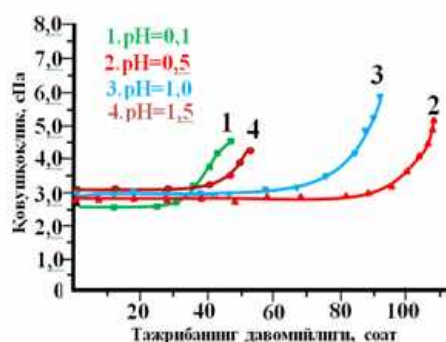
Olingan natijalar va ularning tahlili

Eritmaning barqarorligi yarimo'tkazgichli gaz sensorlari uchun gazsezgir plyonkalarini sintez qilishda asosiy parametrlardan biridir. 1-rasmda plyonka hosil qiluvchi eritma barqarorligining dastlabki zoltarkibiga bog'liqligi ko'rsatilgan.



1-rasm. Plyonka hosil qiluvchi eritmaning barqarorligini dastlabki aralashma tarkibiga bog'liqligi 1-rasmdan bir xil sharoitlarda dopant (CdCO_3 va CdSO_4) ishtirokida va dopantsiz olingan eritmalarni, barqarorligi mos ravishda 86; 55 va 42 soatga teng bo'lishini ko'ramiz. Bir xil sharoitda olingan dopantsiz eritmani barqarorligi dopantli eritmani barqarorligidan katta bo'lgan holda

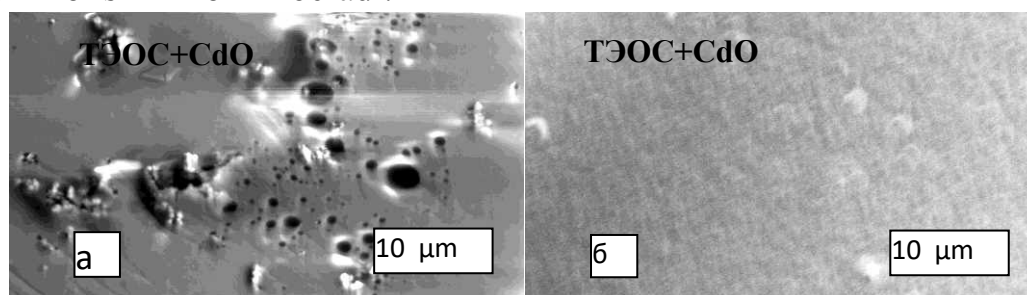
eritmani barqarorligi dopant sifatida qo'llanilgan tuzning tarkibiga ham bog'liq bo'lishi kuzatildi. CdCO_3 ishtirokida olingan zolning barqarorligi (55 s.) CdSO_4 ishtirokida olingan eritmaning barqarorligi (42 s.) dan katta. Eritmaning kinematik qovushqoqligini vaqt davomida o'zgarishini ifodalovchi 1-rasmda ikki xil sohani ajratish mumkin. Bulardan biri abtsissa o'qiga parallel bo'lgan soha tetraetoksisilanni gidrolizlanishi va monomerlarning dimerlarga kondensatsiya reaksiyalariga mos keladi, qovushqoqlik intensiv ortib boruvchi ikkinchi soha esa polikondensatlanish jarayonlarining borishiga mos keladi deb taxmin qilindi. Barqarorlikni eritmaning pH ga bog'liqligi titan va kadmiy metali tuzlari asosidagi dopant ishtirokida o'rganildi. Tajribalarda eritmadagi pH qiymati 0,1 dan 1,5 gacha o'zgartirildi. Ushbu tadqiqot natijalar 2-rasmda keltirilgan.



2-rasm. Plyonka hosil qiluvchi aralashma barqarorligini eritmaning pH ga bog'liqligi 2-rasmdan eritmaning barqarorligini uning pH qiymatiga kuchli bog'liq bo'lishini ko'ramiz. pH ~ 0,5-1,0 sohasida hosil bo'lgan zollar gellanishga nisbatan chidamli bo'lib, pH ning undan past (0,1) va yuqori (1,5) qiymatlarida zolni gelga aylanish davri qisqaradi.

Quyidagi 3-rasmdan pH ning turli qiymatlarida TEOS va CdO asosida sintez qilingan gazsezgir plyonka namunalariga termik ishlov berilganidan keyin turlicha sirt tuzilishiga ega bo'lishini ko'ramiz. Shunday qilib, eritma pH ini o'zgarishi zolni gidrolizlanishi va polikondensatsiya reaksiyalarining nisbiy tezliklarini o'zgartirish

hisobiga GSM ning morfologiyasiga ta'sir ko'rsatadi va uning yuzasining turli tuzilmalarini olish imkonini beradi.



3-rasm. TEOS va CdO asosida pH=0.1 (a) va pH= 0.5 (b) qiymatlarida sintez qilingan gazsezgir materialning yuza tuzilishi

H₂O/TEOS nisbatining GSM ning zol-gel sinteziga ta'sirini aniqlash natijalari 1-jadvalda ko'rsatilgan. Jadvaldan eritmaning barqarorligi 1 mol TEOS ga to'g'ri keladigan suvning miqdori 20-25 mol bo'lganda maksimum orqali o'tishini ko'ramiz.

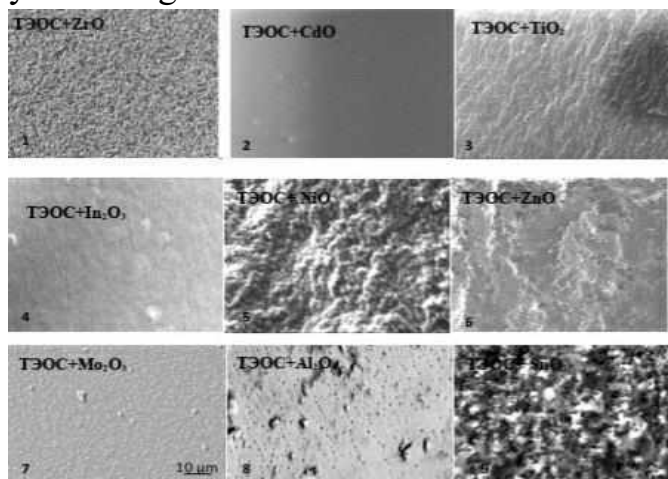
1 -jadval

Plyonka hosil qiluvchi eritmaning barqarorligiga H₂O/TEOS nisbatini ta'siri (n=5, P=0,95).

T/r	H ₂ O/TEOS nisbati	Eritmaning barqarorligi, soat		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	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 va TEOS ning 20 va 25 mol nisbatlarida olingan GSM larga termik ishlov berish 550 °C haroratda olib borildi. 0,1% lik CO ta'sirida bu plyonkalar qarshiligini o'zgarishini yaqin qiymatlarga (1218 va 1229 Om ga) ega ekanligi, bu plyonkalarining g'ovakligini o'lchamlari o'zaro yaqin ekanligini ko'rsatadi. H₂O/TEOS=4 bo'lganda olingan plyonkaning qarshiligini o'zgarishi 0,1% lik CO ta'sirida 124 Om ga teng, ya'ni H₂O/TEOS=25 da olingan plyonkaning qarshiligidan taxminan 25 marta kam. Bu ko'rsatkich H₂O/TEOS ni stexiometrik va undan kichik qiymatida olingan plyonkalar g'ovak emasligini ko'rsatadi. Ishda anorganik modifikatorlar sifatida quyidagi metall oksidlari tanlab olindi: ZrO₂, TiO₂, CdO, ZnO, In₂O₃, NiO, Mo₂O₃, Al₂O₃, SnO₂. 4-rasmda TEOS va metall oksidlari asosida olingan plyonkalar sirtining morfologiyasi keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki,

GSM sirtining tuzilishi, dastlabki komponentlarning tarkibiga qarab o'zaro farq qiluvchi murakkab g'ovak tuzilishga ega. Binobarin, metall oksidi tarkibi kremneziy materiallarning g'ovak tuzilishiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi va GSM ni shakllantirishda muhim rol o'ynaydi. Demak, uni o'zgartirish maxsus xususiyatlarga yo'naltirilgan GSMlar olish imkonini beradi.



4-rasm. TEOS va metall oksidlari ishtirokida olingan GSM larni SEM da kuzatilgan yuza ko'rinishi.

Olingan yarimo'tkazgich plyonkani GSM sifatida qo'llanish imkoniyatlarini aniqlash maqsadida CO ta'siri ostida ularning elektr o'tkazuvchanliklarini o'zgarishi o'rganildi.

Ushbu tadqiqot natijalari 2-jadvalda ko'rsatilgan.

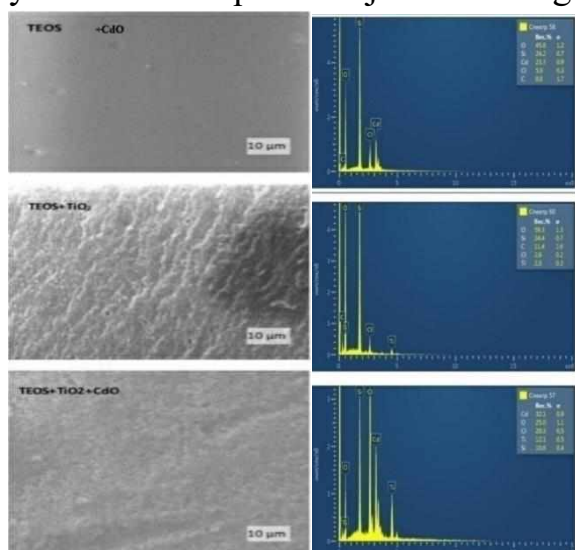
2-jadval

GSM ni CO ga signalining metall oksidi tarkibiga bog'liqligi
(n=5, P=0,95, Cco = 500 mg/m³ TEOS/Металл оксиди=1:1).

T/r	GSM tarkibi	GSM ni CO ga sezgirliги mB.		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²
1	TEOS+ ZrO ₂	6,7±0,1	0,1	1,49
2	TEOS+ TiO ₂	28,2±0,4	0,4	1,42
3	TEOS+ CdO	23,9±0,2	0,2	0,84
4	TEOS+ ZnO	16,3±0,5	0,5	3,07
5	TEOS+ In ₂ O ₃	18,0±0,3	0,3	1,67
6	TEOS + NiO	9,8±0,4	0,4	4,08
7	TEOS+Mo ₂ O ₃	4,5±0,1	0,1	2,22
8	TEOS+ Al ₂ O ₃	5,3±0,1	0,1	1,89
9	TEOS+ SnO ₂	13,3±0,3	0,3	2,26

2-jadvaldagi ma'lumotlardan, o'rganilgan GSM lardan CO uchun eng yuqori sezuvchanlik, TEOS, TiO₂ va CdO asosidagi GSM larga mos kelishini ko'ramiz. Shu sababli keyingi tajribalarda TEOS+TiO₂, TEOS+CdO va ularning aralashmalari (TEOS+TiO₂+CdO) asosida olingan plyonkalarining xossalari tadqiq

qilindi. 5-rasmda TEOS va metall oksidlari asosida sintez qilingan gazsezgir materiallar tarkibidagi kremniy, kislorod va metallning miqdorini skanerlash elektron mikroskopida (SEM) qayd etilgan energiya dispersion spektrlar (EDS) yordamida aniqlash natijalari keltirilgan.



5-rasm. TEOS Ti va Cd oksidlari ishtirokida olingan GSM larning SEM da kuzatilgan yuza tuzilishi.

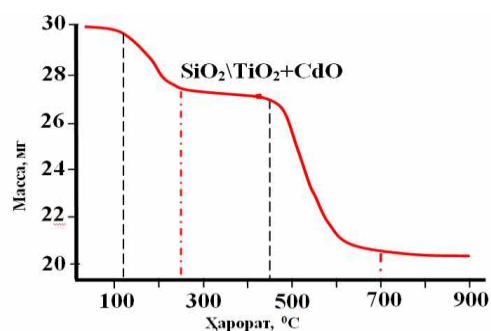
5-rasmdan olingan plyonkalarining tarkibi boshlang'ich eritmaning tarkibiga to'liq mos kelishini ko'ramiz. Keyingi tajribalarda komponentlar nisbatini (TiO₂ CdO) ular asosida olingan nanokompozit plyonkalar ko'rsatkichlariga ta'siri o'rganildi. Ushbu tadqiqot natijalari 3 jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Gazsezgir materialning CO ga sezgirligini uning TiO₂ va CdO ning o'zaro nisbatlariga bog'liqligi (n=5, R=0,95)

GSM tarkibi	Sensorning signali mB		
	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²
TEOS/(100%CdO)	23,9±0,2	0,16	0,67
TEOS/(100%TiO ₂)	28,2±0,4	0,32	1,14
TEOS/(5%TiO ₂ +95%CdO)	26,7±0,3	0,24	0,9
TEOS/(25%TiO ₂ +75%CdO)	33,2±0,2	0,16	0,48
TEOS/(50%TiO ₂ +50%CdO)	38,5±0,1	0,08	0,21
TEOS/(75%TiO ₂ +25%CdO)	42,5±0,4	0,32	0,76
TEOS/(95%TiO ₂ +5%CdO)	37,1±0,3	0,24	0,65

TiO₂ va CdO asosida GSM ning sezgirligini o'rganish natijalaridan CO monitoringi jarayonida eng yuqori sezgirlik 3:1 nisbatda olingan TiO₂ va CdO aralashmasiga mos kelishi aniqlandi. Shuning uchun keyingi tajribalarda CO ni aniqlovchi YaO'S ni yaratish jarayonida TEOS/(75%TiO₂+ 25%CdO) ni GSM sifatida qo'llash imkoniyatlari tekshirildi. TEOS/(75% TiO₂+25%CdO) asosidagi GSM ning termik tahlili 6-rasmda keltirilgan. Tajribalar 50 dan 850 °C gacha bo'lgan harorat oralig'ida qizdirish tezligi 10 °C ga teng bo'lgan holda amalga oshirildi. Tajribalarda 100 °C da quritilgan 30 mg massali namunadan foydalanildi.



6-rasm. SiO₂/(75%TiO₂+25%SnO) tarkibli kompozit namunasining termogrammasi.

Namunaning 850 °C gacha qizdirilganda olingan termogrammasida vazn yo'qotish bilan bog'liq ikkita sakrash kuzatilgan.

120 – 240 °C da endotermik effekt bilan kuzatilgan sakrash qoldiq spirtning bug'lanishi, fizik adsorbsiyalangan va kimyoviy bog'langan suvning parchalanishi bilan bog'liq, 460-700 °C da kuzatilgan sakrash qoldiq alkoksi guruhlarining termooksidlanib destruktisyalanishi bilan bog'liq deyilgan xulosaga kelindi. Shunday qilib, o'tkazilgan tadqiqotlar kislotali muhitda metall tuzlari ishtirokida, TEOS asosida olingan kompozitlarning xossalari tekshirildi. O'tkazilgan tajribalar natijasida CO ning YaO'S ining GSM ining optimal tarkibi va nisbati aniqlandi. Ushbu GSM dan foydalanish sensorini CO ga nisbatan yuqori sezuvchanligini ta'minlaydi. Tanlangan GSM lar va tahlilning optimal sharoitlari asosida gaz aralashmalari tarkibidan CO ni selektiv aniqlash uchun YaO'S lar ishlab chiqarildi. Sensorlarning gazsezgir elementi kremniy, titan va kadmii oksidlari aralashmasidan iborat plyonka bo'lib, ishlab chiqilgan sensorlar gazlar aralashmasi tarkibidagi SO ning mikro- (YaO'S-CO₁M) va makro-kontsentratsiyalarining (YaO'S-CO₂M) nazoratini ta'minlaydi. Keyingi tajribalar davomida ishlab chiqilgan sensorning ko'rsatkichlariga turli omillarning ta'siri o'rganildi.

Sinovlarda CO ni atmosfera havosi va texnologik jarayonlar chiqindi gazlari tarkibi nazoratida qo'llaniladigan avtomatik gaz analizatorlar: "YaO'S-CO₁M" va "YaO'S -CO₂M" tarkibida qo'llaniladigan sensorlardan foydalanildi. Sensorlarni sinash laboratoriya va real sharoitlarda olib borildi. Tajribalarda sensorlarni signal qiymatiga ularga beriladigan kuchlanishni optimal qiymatini tanlash, sensorning dinamik va gradirovka tavsiflarini aniqlash, shuningdek, uning barqarorligi va selektivlik darajasini aniqlash bilan bog'liq maxsus tajribalarni o'z ichiga olgan. YaO'S ning sezgirliigi va selektivligi unga beriladigan kuchlanishga bog'liq. Sensorga beriladigan elektr kuchlanishini optimal qiymatidan oshirish va kamaytirish uning signal qiymatini pasayishiga olib keladi. Tajribalarda tarkibida CO ning miqdori 0,50 haj.% ga teng bo'lgan aralashmasi ishlatildi. 4-jadvaldan YaO'S-CO₂M ning eng yuqori signali tegishli uchun unga beriladigan 3,0 V kuchlanishga mos kelishini ko'ramiz.

4-jadval

Sensorni signalini kuchlanishga bog'liqligi (C_{CO}=0,5 xaj.%, n=5, P=0,95)

T/r	Sensorga berilgan kuchlanish, V	Sensor signali, mB		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	$Sr \cdot 10^2$
1	1,00	1,04 $\pm$ 0,01	0,008	0,43
2	1,65	2,64 $\pm$ 0,03	0,024	0,67
3	2,10	11,70 $\pm$ 0,01	0,008	0,32
4	2,75	44,60 $\pm$ 0,04	0,030	0,07
5	3,00	52,02 $\pm$ 0,03	0,024	0,10
6	3,35	48,11 $\pm$ 0,02	0,016	0,08
7	3,50	47,39 $\pm$ 0,05	0,040	0,08

Sensorga qo'yiladigan asosiy talablardan biri ularning tezkorligini ta'minlashdir. Yarimo'tkazgichli sensorlar $Y\alpha O'S-CO_1M$ va $Y\alpha O'S-CO_2M$ larning dinamik tavsiflarini aniqlash natijalari 5-jadvalda keltirilgan.

5-jadval

SO ning yarimo'tkazgichli sensorini dinamik tavsiflari(n=5, P=0,95)

T/r	Uglerod (II) oksidining konsentratsiyasi, mg/m ³	Sensorning dinamik tavsifi, s.			
		$t_{0,1}$	$t_{0,65}$	$t_{0,9}$	t_{π}
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

bu yerda: $t_{0,1}$ –signalni boshlanish nuqtasi, s; $t_{0,65}$ –signalni 65% qiymati, s; $t_{0,9}$ – signalni 90% qiymati, s; t_{π} – signalni to'liq qiymati, s.

Keltirilgan ma'lumotlardan, ishlab chiqilgan sensorlar uchun: ($t_{0,1}$)=1-2 soniya; ($t_{0,65}$)=6 soniya; ($t_{0,9}$)=9 soniya va umumiy o'lchov vaqti (t_{π})=11-12 soniyaga teng ekanligini ko'ramiz. Olingan natijalar ishlab chiqilgan sensorlar yordamida CO ni tezkor aniqlash imkoniyatini ko'rsatadi. $Y\alpha O'S-CO$ foydali analitik signalining SO miqdoriga bog'liqligini o'rganish natijalari 6-jadvalda ko'rsatilgan.

6-jadval

Sensor signalini SO miqdoriga bog'liqligi(n=5, P=0,95)

$Y\alpha O'S-CO_1M$		$Y\alpha O'S-CO_2M$	
	Sensor signali, mB		Sensor signali, mB

CO ning miqdori mg/m ³	$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²	CO ning miqdori, mg/m ³	$\bar{x} \pm \Delta x$	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	10,2±0,6	0,18	0,20	2,80	311,2±0,4	0,16	0,2
3000	22,0±0,3	0,16	0,16	3,00	335,1±0,2	0,12	0,1

Jadvaldan o'rganilgan diapazonda YaO'S-CO₁M va YaO'S-CO₂M tipidagi yarimo'tkazgichli sensorlar signalining gaz aralashmasi tarkibidagi is gazi kontsentratsiyasiga bog'liqligini to'g'ri chiziqli xarakterga ega ekanligini ko'ramiz. Sensor signalining barqarorligini tekshirish 2000 soatlik uzluksiz tajribalar davomida olib borildi. Barcha tajribalar normal sharoitlarda amalga oshirildi. Tajribalarda tarkibida CO ning miqdori 650 mg/m³ va 1,50 haj.% bo'lgan standart gaz aralashmalari ishlatildi. Tekshirilgan vaqt oralig'i uchun signal qiymatining o'zgarishi sensor signalining maksimal tafovuti (farqi) Δt_g bilan baholandi. Tajriba natijalari o'rganilgan vaqt oralig'i uchun Δt_g ning hisoblangan qiymati 2,5 % ga teng ekanligini ko'rsatdi.

7-jadval

YaO'S-CO signalini barqarorligini tekshirish natijalari(n=5, P=0,95)

T/r	Vaqt, soat	ЯŸC-CO 1M C _{CO} =650mg/m ³			ЯŸC-CO 2M C _{CO} =1,50hajm.%		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²	$\bar{x} \pm \Delta x$ S	S	Sr*10 ²
1	1	26,5±0,1	0,108	0,55	155,9±1,6	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

CO sensorining selektivligi H₂ va CH₄ ishtirokida aniqlandi. Ushbu natijalar 8-jadvalda keltirilgan bo'lib, undan yaratilgan sensor CO ni H₂ va CH₄ ishtirokida selektiv aniqlashini ko'ramiz.

8-jadval

Is gazini aniqlash jarayonida YaO'S-CO₂M ni selektivligini aniqlash natijalarin = 5, P = 0,95., C_{CO}, хаж.%)

T/p	Киритилган газ аралашмаси, хаж.%	Аниқланган СО, хаж.%		
		$\bar{x} \pm \Delta x$	S	Sr*10 ²
1	CO 0,5+CO 0,90+havo	0,51±0,02	0,015	2,33
2	CO 0,5+CH ₄ 0,90+havo	0,49±0,01	0,017	2,02
3	CO 0,5+H ₂ 0,90+havo	0,51±0,02	0,019	1,80

YaO'S-CO signaliga gaz aralashmasi haroratining ta'siri -10 - +50 °C oralig'ida o'rganildi. Muhit haroratining o'zgarishi tufayli YaO'S-CO₁M va YaO'S-CO₂M signalining o'zgarishini aniqlash natijalari 9-jadvalda keltirilgan.

9-jadval

Gaz muhiti haroratini YaO'S-CO signali qiymatiga ta'sirini o'rganish natijalari (n= 5, P = 0,95).

Harorat, °C	Сенсор сигнали, мВ			
	YaO'S-CO ₁ M, C _{CO} -970mg/m ³		YaO'S-CO ₂ M, C _{CO} -0,75 hajm.%	
	$\bar{x} \pm \Delta x$	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

9-jadvaldan o'rganilayotgan intervalda gaz muhiti haroratining o'zgarishi sensorning analitik signaliga sezilarli ta'sir ko'rsatmasligini ko'ramiz. Bosimning sensorni signalga ta'sirini aniqlash natijalari 10-jadvalda keltirilgan. O'rganilayotgan diapazonda gaz muhiti bosimining o'zgarishini sensorning signali qiymatiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

10-jadval

Sensor signaliga bosimni ta'sirini o'rganish natijalari(n=5, P=0,95)

Сенсор сигнали , мВ	
---------------------	--

Bosim mm.sim.us	YaO'S-CO ₁ M, mg/m ³	C _{CO} -600	YaO'S-CO ₂ M, C _{CO} - 1,00hajm. %	
	$\bar{x} \pm \Delta x$	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

Shunday qilib, olib borilgan tajribalar natijasida selektiv YaO'S-CO lar ishlab chiqilgan bo'lib, ushbu sensorlar atmosfera havosi va texnologik jarayonlar chiqindi gazlari tarkibidan CO ni tezkor aniqlashni ta'minlaydi. Ishlab chiqilgan YaO'S-CO lar ekspresslik, portativlik, ishlab chiqarish va ishlatishdagi qulayligi bo'yicha ustunligini saqlagan holda olingan natijalarini aniqligi va takrorlanuvchanligi bo'yicha mavjud horijiy analoglardan qolishmaydi. Gaz aralashmasining oqim tezligini 5-50 l/soat oralig'ida o'zgarishi sensor signali qiymatiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi. Sensorlarning signali ularning fazoda joylashishiga va buralish burchaklariga bog'liq emas, bu esa ishlab chiqilgan sensorlarni (13320-82 raqamli davlat standarti bo'yicha) mustaqil deb tasniflash imkonini beradi.

Zol-gel sintezi qonuniyatlari o'rganildi va yarimo'tkazgichli uglerod (II) oksidi sensori uchun tetraetoksisilan va metall (Ti va Cd) oksidlari asosida gazsezgir materiallar tarkibi aniqlandi.

Sintez qilingan nanokompozitlar tarkibini DTA, RFA va SEM usullari bilan tahlili, gazsezgir materiallarning tarkibi ularni tayyorlashda qo'llanilgan komponentlar tarkibiga to'liq mos kelishini tasdiqladi, 400-450 °C da termik ishlov berish olingan gazsezgir material yuzasining yuqori g'ovakligini ta'minlashi ko'rsatildi. Yarimo'tkazgichli sensorning is gaziga yuqori sezgirligini ta'minlovchi TEOS\ (75%TiO₂+ 25%CdO) tarkibli yupqa gazsezgir plyonka namunalari olindi. Ishlab chiqilgan gazsezgir material asosida, is gazini ruxsat etilgan me'yor darajasida selektiv aniqlovchi sensorlar ishlab chiqildi.

Ishlab chiqilgan sensorning signaliga turli omillarning ta'siri tekshirildi va uning eng yuqori sezuvchanligi, selektivligi va ekspressligini ta'minlovchi optimal sharoitlar aniqlandi. Ushbu sensorlar is gazini kontsentratsiyasining keng diapazonlarida aniqlash imkonini beradi va murakkab aralashmalar analiziga qo'llashga tavsiya etildi.

ADABIYOTLAR

1.Отравление монооксидом углерода (угарным газом) / Под редакцией Ю. В. Зобнина. – Санкт-Петербург, 2011. – 86 с.

2.Монооксид углерода. Промышленная химия.//<https://chemicalportal.ru/compounds/monooksid-ugleroda/>. 5.02.2023

- 3.Шабанова, Н.А. Основы золь-гель технологии нанодисперсного кремнезема / Н.А. Шабанова, П.Д. Саркисов. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 208 с.
- 4.E.Abdurakhmanov, Kh.G.Sidikova, Z.B.Muradova and Z.E.Abdurakhmanova. Development of a selective carbon monoxide sensor//IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 839(2021) 042078.
5. Qureshi, H.F. Influence of sol–gel process parameters on the micro-structure and performance of hybrid silica membranes / H.F. Qureshi, A. Nijmeijer, L. Winnubst // Journal of Membrane Science. – 2013. – V. 446. – P. 19-25.
- 6.Abdurakhmanov Ergashboy, Daminov Golib Nazirkulovich and Yunusova Zebi. Analyzer for Selective Monitoring of Hydrocarbon Vapors from the Composition of Exhaust and Flue //International Journal of Psychosocial Rehabilitation, Vol. 24, Issue 05, 2020. P.6334-6342.
- 7.Abdurakhmanov Ergashboy, Abdurakhmanov Barat Mamatmuradovich and Kholboev Orif Nurmatovich. Development of an Automatic Analyzer for Monitoring Hydrogen Sulfide //International Journal of Psychosocial Rehabilitation, Vol. 24, Issue 05, 2020. P.6312-6319.
8. Шабанова, Н.А. Золь-гель технологии. Нанодисперсный кремнезем / Н.А. Шабанова, П.Д. Саркисов. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 328 с.
- 9.I.E. Abdurakhmanov, O.A. Kuchkarov, E. Abdurakhmanov. Gas sensitivity and speed of ammonia semiconductor sensors based on metal-oxide films $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$ //Rasayan Journal of Chemistry, 13(3), 1486-1490 (2020).
10. Помогайло, А.Д. Полимерный золь-гель синтез гибридных нанокомпозитов // Коллоидный журнал. – 2005. – Т. 67, № 6. – С. 726-747.
11. Бронштейн, Л.М. Наноструктурированные полимерные системы –как нанореакторы для формирования наночастиц // Успехи химии– Т. 47, № 1. – 2005. С. 104-120.
12. E.Abdurakhmanov, Kh.Sidikova, I.Abdurakhmanov, N.Muminova. Elaboration And Investigation Of Metrological Characteristics Of SemiConductor Sensor Of Methane // International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 29, No. 7, (2020), pp. 2058-2065
13. Н.С. Шаглаева, Ю.Н. Пожидаев, О.В. Лебедева, Р.Г. Султангареев, С.С. Бочкарева, Л.А. Еськова Органо-неорганические композиты на основе тетраэтоксисилана и азотистых полиоснований // Журнал физической химии. 2007. – Т. 81, № 3. – С. 406-409.
14. Фенелонов, В.Б., Введение в физическую химию формирования супрамолекулярной структуры адсорбентов и катализаторов. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2004. – 442с.
- 15.Карнаухов, А.П. Адсорбция. Текстура дисперсных и пористых материалов– Новосибирск: Наука, 1999. – 411с.

16. Артамонова, О.В. Метод рентгеновской дифракции в материаловедении строительных материалов и наноматериалов : учеб. пособие / О.В. Артамонова, Г.С. Славчева. – Воронеж: ФГБОУВО «Воронежский государственный технический университет», 2018 – 104 с.
17. В.М. Золотарев, Н.В. Никоноров, А.И. Игнатьев. «Современные методы исследования оптических материалов» Часть 2 Учебное пособие, курс лекций. СПб: НИУ ИТМО, 2013г. – 166 стр.
18. Гаврилова Н. Н. Анализ пористой структуры на основе данных // учеб. пособие – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2015 – 132 с.
19. Ситникова, В. Е. Методы термического анализа. Практикум / В.Е. Ситникова, А.А. Пономарева, М.В. Успенская. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 152 с.
20. Фадеева В.П., Тихова В.Д., [Количественный элементный анализ органических веществ и материалов](#)// учебно-методическое пособие, НГУ, Новосибирск, 2013-201 с

Eshkobilova M.E.

PhD, Samarqand Arxetiktura va qurilish universiteti, Samarqand, O'zbekiston

Sidiqova X.G'.

PhD, Jizzax Davlat pedagogika universiteti, Jizzax, O'zbekiston

Smanova Z.A.

Kimyo fanlari doktori, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston

smanova.chem@mail.ru

Abduraxmanov E.

Kimyo fanlari doktori, Samarqand Davlat universiteti, Samarqand, O'zbekiston

Ergash50@yandex.ru