

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы



Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

Төлеуов Жалғас Қанатұлы

«Көмірсутекті газдардың иісін анықтайтын құрылғыны құру мүмкіндігін зеттеу»

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07107 – Робототехника және мехатроника

Алматы 2023

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

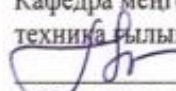
«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

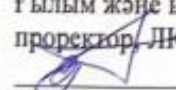
Төлеуов Жалғас Қанатұлы

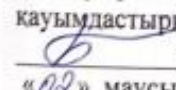
Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

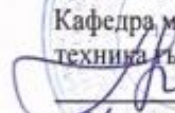
Диссертацияның атауы: «Көмірсутекті газдардың иісін анықтайтын құрылғыны құру мүмкіндігін зеттеу»

Дайындау бағыты: 7M07107 – Робототехника және мехатроника

Ғылыми
жетекші т.ғ.к.,
Кафедра меңгерушісі РТЖАТК
техника ғылымының кандидаты
 Өжікенов Қ.Ө
«02» маусым 2023 ж.

Рецензент т.ғ.к.,
Ғылым және ынтымақтастық жөніндегі
проректор ДЖА АҚ
 Балбаев Г.К.
«02» маусым 2023 ж.

Норма бақылаушы
PhD профессор,
қауымдастырыған профессор
 Бектилеов А.Ю.
«02» маусым 2023 ж.

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі РТЖАТК
техника ғылымының кандидаты
 Қ.Ө. Өжікенов
«02» маусым 2023 ж.

Алматы 2023

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы



SATBAYEV
UNIVERSITY

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

«Робототехника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасы

7M07107 – Робототехника және мехатроника

БЕКІТЕМІН

Кафедра меңгерушісі РТЖАТҚ
техника ғылымының кандидаты

Қ.Ә. Өжікенов

«02» маусым 2023 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант Төлеуов Жалғас Қанатулы

Тақырыбы: Көмірсутекті газдардың иісін анықтайтын құрылғыны құру мүмкіндігін зерттеу

Университет ректорының 2023ж. «20» 10 № 453-А бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «31» маусым 2023 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері:

Магистрлік диссертацияда қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) *Газды анықтау әдістері мен жабдықтары*

б) *Газдың спектралдық қасиеттерін зерттеу*

в) *Оптикалық газанализаторының жұмыс істеу принципі*

Графикалық материалдың тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

жұмыс презентациясы слайттарда, 10 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер: 15 әдебиеттер тізімі және __ қосымша

Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, әзірленетін сұрақтар тізбесі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Газды анықтау әдістері мен жабдықтары	16.01.2023	Орындалды
Газдың спектралдық қасиеттерін зерттеу	13.02.2023	Орындалды
Оптикалық газанализаторының жұмыс істеу принципі	17.04-22.05.2023	Орындалды

Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қытысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен қалып бақылаушының қолдары

Бөлімдердің атауы	Кеңесшілер, тегі, аты, әкеснің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қол
Қалып бақылаушы	PhD профессор, қауымдастырылған профессор Бектилеов А.Ю.	02.06.23	
Негізгі бөлім	Кафедра меңгерушісі РТЖАТҚ техника ғылымының кандидаты Қ.Ә. Өжікенов	02.06.23	
Есептеу бөлім	Кафедра меңгерушісі РТЖАТҚ техника ғылымының кандидаты Қ.Ә. Өжікенов	02.06.23	

Ғылыми жетекшісі

Өжікенов Қ.Ә.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Төлеуов Ж.К.

Күні

«02» маусым 2023 ж.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе

1 Газды анықтау әдістері мен жабдықтары

1.1 Көмірсутекті газ

1.2 Иіс датчиктерінің жұмысына шолу

1.3 Газ анализаторларының түрлері

1.3.1 Термоконтдуктометриялы газоанализаторлар (Жылу кондуктометриялық газанализаторлары)

1.3.2 Термохимиялық газанализаторлары

1.3.3 Магниттік газанализаторлары

1.3.4 Пневматикалық газ анализаторлары

1.3.5 Ультракүлгін газ анализаторлары

1.3.6 Люминесцентті газанализаторлары

1.3.7 Фотоколориметриялық газанализаторлары

1.3.8 Электрохимиялық газанализаторлары

1.3.9 Иондаушы газ анализаторлары

1.3.10 Оптикалық және оптикалық-акустикалық газ анализаторлары

1.3.11 Оптикалық химиялық датчиктер

1.3.12 Хроматографиялық газ анализаторлары

1.3.13 Каталитикалық детектор (пеллистор)

2 Газдың спектралдық қасиеттерін зерттеу

2.1 Газды зерттеу спектрі

2.2. Газды анықтау үшін толқын ұзындығын таңдау

2.3. Инфрақызыл (ИҚ камералары)

2.4. Аралық инфрақызыл

2.6. Инфрақызыл анықтау материалдары

2.7 MWIR диапазоны (Mid-wave infrared)

2.8 HgCdTe Сынап кадмий телуридi

2.9 InSb Индий антимиониді

2.10 InSb сенсор

3. Оптикалық газанализаторының жұмыс істеу принципі

3.1. Атмосфералық терезелер

3.2. Оптикалық газ бейнесі

3.3 Инфрақызыл газ анализаторын құрайтын компоненттер

Қортынды

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

АҢДАТПА

Газ анализаторларының жұмыс істеу принципі әртүрлі физикалық немесе физика-химиялық әсерлерге негізделген.

Физикалық бақылау әдістеріне негізделген анализаторлар кейбір физикалық шаманы өлшейді, ол үшін оның талданатын қоспаның құрамына тәуелділігі анықталады. Мұндай анализаторлардың маңызды қасиеті – өлшеу кезінде анықталатын затта сандық өзгерістердің болмауы. Алайда, оларды құру мен пайдаланудағы қосымша қиындықтар өлшенетін физикалық шамалардың мәндерінің қысым, температура және ілеспе компоненттердің концентрациясы сияқты бірқатар кедергі келтіретін факторларға тәуелділігімен туындайды.

Өлшеудің физикалық-химиялық принциптерін қолданатын анализаторлар химиялық реакциямен бірге жүретін параметрлерді бақылайды, онда белгілі бір зат осы процеске өзі қатысады немесе оның жүруіне айтарлықтай әсер етеді.

АННОТАЦИЯ

Принцип действия газоанализаторов основан на разных физических или физико-химических эффектах.

Анализаторы, основанные на физических методах контроля, измеряют некоторую физическую величину, для которой определена ее зависимость от состава анализируемой смеси. Важным свойством таких анализаторов есть отсутствие при измерениях количественных изменений анализируемого вещества. Однако дополнительные трудности при их создании и эксплуатации создают зависимость значений измеряемых физических величин от ряда мешающих факторов, например давления, температуры и концентрации сопутствующих компонентов.

Анализаторы, использующие физико-химические принципы измерения, контролируют параметры, сопровождающие химическую реакцию, в которой оговоренное вещество либо само участвует в этом процессе, либо оказывает существенное влияние на его течение.

ANNOTATION

The principle of operation of gas analyzers is based on various physical or physico-chemical effects.

Analyzers based on physical control methods measure some physical quantity, for which its dependence on the composition of the analyzed mixture is determined. An important property of such analyzers is the absence of quantitative changes in the analyte during measurements. However, additional difficulties in their creation and operation are created by the dependence of the values of the measured physical quantities on a number of interfering factors, such as pressure, temperature, and the concentration of accompanying components.

Analyzers using physical-chemical principles of measurement control the parameters that accompany a chemical reaction in which a specified substance either participates in this process itself or has a significant effect on its course.

КІРІСПЕ

Газ-бу-ауа орталарының жарылғыштығын анықтау үшін газ анализаторлары пайдаланылады, соның арқасында ауадағы сол немесе басқа жанғыш газдың, будың немесе олардың комбинациясы концентрациясы анықталады. Қоршаған ортаның жарылғыштығын бағалау алынған мәліметтерді осы газдардың немесе булардың жанғыштығының төменгі шектерінің мәндерімен салыстыру арқылы жүзеге асырылады.

Құрылымдық жағынан өнеркәсіптік объектілерге арналған газ анализаторы, әдетте, бастапқы түрлендіргіштер-датчиктер (датчиктер блоктары), сондай-ақ дабыл және қуат блогын (шекті құрылғы) қоса алғанда, көп блокты конструкцияға ие.

Соңғы жылдары біртұтас шығыс сигналы бар және стандартты байланыс арнасын пайдаланатын әртүрлі датчиктер жиынтығын қамтитын газды талдау жүйелері деп аталатындар барған сайын кең таралған. Олар үй-жайлардың жұмыс аймағында және технологиялық жабдықтың жанындағы ашық алаңдарда газдың ластану деңгейін тікелей өлшеуге және газ-ауа қоспасының белгіленген шектеріне жету туралы операторға немесе объектінің персоналына ескерту және дабыл сигналдарын беруге; сондай-ақ автоматты қорғау бағдарламаларын жүзеге асыру үшін арналған.

Жұмыстың өзектілігі. Өнеркәсіптің қажеттіліктері, маңызды объектілердің, соның ішінде жер асты құрылыстарының, суасты қайықтары мен жер үсті кемелерінің, қоршаған ортаны қорғаудың тыныс-тіршілігін қамтамасыз ету міндеттерін шешу атмосфералық және газды қоршаған ортаны бақылау жүйелерінің техникалық базасын жақсарту қажеттілігіне әкеледі. Мұндай қондырғылардағы ауаның параметрлерін бақылау көпкомпонентті газанализаторларының көмегімен жүзеге асырылады, бұл бір уақытта бірнеше газдың концентрациясын бір уақытта бақылауға мүмкіндік береді. Газ концентрациясын өлшеудегі салыстырмалы түрде жоғары қателік олардың қолдану аясын шектейді. Газ анализаторларының айқас сезімталдығымен байланысты қатені азайту үшін жоғары селективті электрохимиялық және оптикалық датчиктері қолданылады.

Зерттеу объектісі газдардың иісін анықтау әдістері мен құралдары болып табылады.

Газ иісін анықтау аспаптарды зерттеу және әзірлеудің өндірістік процестер саласында үлкен **практикалық маңызы бар**. Мұндай құрылғының практикалық маңыздылығының кейбір мысалдары:

1. Газдың ағып кетуін анықтау: Газ анализаторлары немесе газ детекторлары сияқты газ иісі құрылғылары табиғи газ немесе пропан сияқты жанғыш газдардың ағып кетуін анықтау үшін қолданылады. Бұл қауіпсіздікті қамтамасыз ету және ықтимал апаттардың немесе жарылыстың алдын алу үшін өте маңызды.

2. Ішкі ауа сапасын бақылау: Газ иісі детекторларын үйлер, кеңселер, зауыттар және т.б. сияқты ішкі ауа сапасын бақылау үшін пайдалануға болады. Олар көміртегі тотығы (көміртек тотығы), аммиак, хлор және т.б. сияқты зиянды газдардың болуын анықтауға көмектеседі, бұл уланудың алдын алуға көмектеседі және салауатты жұмыс ортасын қамтамасыз етеді.

3. Қоршаған ортаны қорғау: Газ иісін анықтау құралдарын қоршаған ортаға зиянды газдардың шығарындыларын бақылау үшін де пайдалануға болады. Бұл өнеркәсіптік кәсіпорындардың, көлік құралдарының немесе басқа көздердің қоршаған ортаға әсерін бағалау және теріс әсерді азайту шараларын қабылдау үшін маңызды.

4. Азық-түлік сапасын бақылау: Газ иісі детекторларын тамақ өнеркәсібінде өнім сапасын бақылау және өнімдерге немесе өндіріс процестеріне қатысты мәселелерді көрсетуі мүмкін ластануды немесе иістерді анықтау үшін пайдалануға болады.

Мұндай құрылғыларды зерттеу және әзірлеу қауіпсіздікті қамтамасыз етуде, қоршаған ортаны қорғауда және адамдардың өмір сүру сапасын жақсартуда маңызды рөл атқарады, сондықтан олардың практикалық мәні өте маңызды.

Жылдам технологиялық процестерді басқару кезінде төмен жылдамдыққа жол берілмейді (мысалы, жарылыс қаупі бар қоспалардың күйін бағалау кезінде), қысым мен қоршаған орта температурасының ауытқуларына сезімталдық газ концентрациясын өлшеуде қосымша қателіктерге әкеледі, ал жоғары құны қолдану саласын айтарлықтай шектейді.

Жанғыш газдардың иісін бақылау қазіргі өнеркәсіп үшін өте өзекті мәселе болып табылады. Тиісті өлшеу жабдығы – газ анализаторлары – тұтану және жарылыс қаупі бар кез келген нысанда пайдалану үшін ұсынылады.

Көпкомпонентті газ анализаторларының қоршаған орта факторларына сезімталдығын төмендету үшін технологиялық және техникалық шешімдер қолданылады: газ қоспасының сынамасын дайындау, газ сезімтал датчиктердің температуралық компенсациясының әдістері, ылғалдылық әсерін азайту үшін газ сезімтал датчиктерді импульстік қыздыру.

Мәселелердің кең тобын шешу үшін (химиялық кәсіпорындардың, мұнай-газ өнеркәсібі кәсіпорындарының жұмыс аймағының ауасындағы зиянды заттардың құрамын бақылау, атом өнеркәсібі кәсіпорындарындағы және суасты қайықтарындағы ауаның параметрлерін бақылау, технологиялық процестерді бақылау және автоматтандыру. процестер, өрттерді ерте анықтау және т.б.), газ қоспаларын тануды емес, компоненттердің концентрациясын анықтауды қамтамасыз ету қажет.

Газ анализаторы – газ қоспаларында бір немесе бірнеше компоненттердің болуын анықтайтын және концентрациясын өлшейтін құрылғы. Әрбір газ анализаторы белгілі бір газ қоспасына қарсы тек белгілі бір құрамдас бөліктер мен компоненттерді өлшеуге арналған. Жеке газ анализаторларын қолданумен қатар топтарға біріктірілетін және белгілі бір

аумақтардағы концентрацияны өлшеудің өзара байланысты жүйелерін жасайтын жүйелер салынуда.

1 Газды анықтау әдістері мен жабдықтары

1.1 Көмірсутекті газ

Сұйытылған газ – жеңіл көмірсутектерден тұратын, қысыммен (қайнау температурасы -50 -ден 0 °С-қа дейін) сұйықтыққа айналатын көмірсутекті газ. Мұндай газдың құрамы мүлдем басқаша болуы мүмкін. Негізгі компоненттері n-бутан және бутилен, изобутан, пропилен, изобутилен. Қазіргі уақытта тәуелсіз газбен жабдықтау жүйелері үшін сұйытылған табиғи газ емес, сұйытылған бутан мен пропаннан тұратын қоспалар қолданылады, ол метан. Оны сақтау үшін буландырғыштарды орнатуды қажет ететін арнайы криогендік цистерналар қолданылады және жеке ғимараттар мен үйлерді жылыту үшін экономикалық тиімді емес.

Қысым аздап жоғарылаған сұйытылған газ сұйық күйге айналады, бұл тасымалдау мен сақтауды жеңілдетеді. Температура аздап көтерілсе немесе қысым аздап төмендесе, көмірсутекті газ сұйық фазасы газ тәрізді қаныққан күйге көшумен булана бастайды. Қаныққан газдың қысымына тек ортаның сыртқы температурасы әсер етеді және ол сұйықтықтың алдыңғы көлеміне тәуелді емес.

Бір литр газ шамамен 25 дм^3 буланатын газға айнала алады. Қыста қысымның төмендеуіне байланысты газ беру азаяды.

Газдың қажетті көлемдерін алу үшін сұйытылған газбен толтырылған криогенді ыдыстардың санын көбейтеді. Пропанның оңтайлы қасиеттері бар - аязда оның газ фазасы айтарлықтай тұрақты, бірақ пропан қымбатырақ. Жазда, ыстық ауа-райында пропан қысымы оны қамтитын ыдыстың қабырғалары үшін қолайлы шекті деңгейге жетеді (шамамен $1,6 \text{ МПа}$). Газдың кеңею шегіне жетпеуі үшін оны бутанмен сұйылтады (ол пропанға қарағанда арзанырақ және баяу буланады).

1.2 Иіс датчиктерінің жұмысына шолу

Датчиктің жұмыс істеу принципі ең маңызды қасиеттердің бірі болып табылады, өйткені оған белгілі бір заттардың ауқымы, анықтау уақыты, шекті концентрациялар, құны, параметрлері және т.б. маңызды. Біз жұмыс принципі бойынша датчиктердің осы жіктелуіне тоқталамыз:

- инфрақызыл (оптикалық);
- термохимиялық (каталитикалық);
- жартылай өткізгіш;
- фотоионизациялы;
- электрохимиялық.

Инфрақызыл датчиктердің жұмысы дисперсиялық емес инфрақызыл әдіс принципіне негізделген. Газдың түрі мен концентрациясын анықтайтын датчиктің жұмыс істеу принципі орталық сезімталдығы бар инфрақызыл

датчикте жұтылу алдында және одан кейінгі ИҚ сәулелену қарқындылығының өзгеруіне негізделген. Детекторлар екі толқынды пайдаланады, олардың біреуі (белсенді) газбен жұтылады, ал екіншісі (анықтамалық) жоқ. Белсенді толқын ұзындығы үшін сигнал деңгейі өлшенеді және анықтамалық мәнмен салыстырылады. Бұл ақпарат заманауи алгоритмдер арқылы өңделеді. Бұл өңдеудің нәтижесі газ концентрациясының шығыс сызықтық сигналы болып табылады.

Бұл түрдегі датчиктердің жұмысы қоршаған ортаның күйіне байланысты емес. Олар тербелістерге, кедергілерге, силикаттарға төзімді. Сондай-ақ, датчиктердің жоғары дәлдігі, сезімталдығы, сенімділігі және жылдам әрекеті бар. Датчик «артық қанығуға» ұшырамайды, яғни, жоғары концентрацияларда датчиктің істен шығуы немесе шекті жылжу болмайды. Дұрыс орнатылған кезде датчиктерге техникалық қызмет көрсету өте аз - калибрлеусіз нөлдік тексеру жылына бір рет қажет, бұл осы типтегі датчиктері бар құрылғыларға техникалық қызмет көрсетуді айтарлықтай жеңілдетеді, бірақ оларды толығымен жоймайды. Инфрақызыл датчиктерді пайдаланудың кемшіліктері оларды сатып алудың бастапқы құны, тек нақты газдарды (метан және CO_2) анықтау болып табылады.

Термохимиялық датчиктердің жұмысы газдың тотығу реакциясын өлшеуге негізделген. Олар ғарыштағы жанғыш газдардың концентрациясын анықтау үшін қолданылады. Газдың каталитикалық датчикке әсері газдың жалын пайда болмай жануына әкеледі, нәтижесінде шарлы датчиктерінің температурасы өзгереді, бұл кедергінің өзгеруіне әкеледі.

Әрі қарай, алынған қарсылық мәні қоршаған ортаға әсер етпеген датчиктің анықтамалық кедергі мәнімен салыстырылады. Газ концентрациясы қарсылық мәніне сызықтық тәуелді, мән неғұрлым жоғары болса, концентрация соғұрлым жоғары болады. Газ концентрациясы кедергінің өзгеруін бақылау арқылы есептеледі.

Термохимиялық датчиктердің жұмыс істеу принципі бірқатар артықшылықтарға ие: анықталған заттардың кең ауқымы (метан, сұйытылған мұнай газы, пропан және басқа да жанғыш газдар), датчиктердің жұмысы қоршаған ортаға тәуелді емес, төмен баға. Сондай-ақ, бірқатар маңызды кемшіліктер бар: силикаттардың әсеріне ұшыраған кезде, жоғары концентрациялардың әсерінен анықталған газдың шамадан тыс қанығуы мүмкін, нәтижесінде датчик істен шығуы мүмкін немесе шекті мәндер ауысуы мүмкін. Елеулі кемшіліктерге байланысты датчиктердің нөлдік және шекті калибрлеуін кварталына бір рет орындау ұсынылады, бұл техникалық қызмет көрсету құнын айтарлықтай арттырады.

Жартылай өткізгішті датчиктер күкіртті сутегі қосылыстарын анықтауға арналған. Датчиктердің дизайнының ерекше ерекшелігі - жылыту пленкасының қабаттары кремний субстратына қойылады. Каталитикалық датчиктер сияқты, олардың жұмысы қыздырылған оксид бетінің газды сіңіру қасиеттеріне негізделген. Жұмыс кезінде тотығу-тотықсыздану реакциясын тудыратын басқа газ болған кезде теріс оттегі иондарының концентрациясы

төмендейді. Бұл шекті кернеудің төмендеуіне және нәтижесінде датчиктің кедергісінің төмендеуіне әкеледі. Таза ауа болған кезде датчиктің сезімтал материалы төмен өткізгіштікке ие. Анықталған жанғыш газ пайда болған кезде датчиктің өткізгіштігі осы газдың концентрациясының жоғарылауымен артады. Оларда анықталатын заттардың кең спектрі бар: жанғыш газ, табиғи газ, кокс газы, сутегі, спирт буы, озон, көміртек тотығы, аммиак, бензол, күкіртсутек, ұшқыш органикалық заттар. Жартылай өткізгішті датчиктер қарапайым, сенімді және жоғары сезімталдық дәрежесіне ие. Тұрмыстық газ детекторларында кеңінен қолданылады.

Олар өнеркәсіпте қолданылмайды, өйткені олар жеке газдарды анықтауда жеткілікті дәл емес, атмосфералық температура мен ылғалдылыққа сезімтал және газды анықтаудан кейін тазарту процесі баяу жүреді. Квартал сайын датчиктерді тексеріп, шекті мәндерді калибрлеу ұсынылады, өйткені олар жеке газдарды анықтауда жеткілікті дәл емес, атмосфералық температура мен ылғалдылыққа сезімтал және газды анықтаудан кейін тазарту процесі баяу жүреді.

Фото-ионизациялық датчиктердің көмегімен заттарды анықтау ультракүлгін сәулеленудің әсерінен жүзеге асырылады. Газ датчиктер арқылы өтеді және органикалық және бейорганикалық заттардың молекулалары иондалады. Фото-ионизациялық датчиктердің жұмысы вакуумдық ультракүлгін сәулелену көзі шығаратын фотондар арқылы газ және бу молекулаларының ионизациялануынан туындаған токты өлшеуге негізделген.

Вакуумдық ультракүлгін сәулелену иондау камерасына лампа терезесі арқылы түседі, онда екі электрод орнатылған, олардың біреуі қуат көзіне, екіншісі электрометрге қосылған. Үлгі иондау камерасына беріледі. Сәулеленудің әсерінен вакуумдық ультракүлгін сәулелену шамы шығаратын фотондардың энергиясынан төмен иондану энергиясы бар компоненттер иондалады. Иондаушы камерада мәні қоспалардың концентрациясына пропорционалды ток өтеді. Сонымен қатар таза ауаның құрамдас бөліктерінің ионданбаған иондану потенциалдары жоғары болады. Фотоионизация датчиктері газдардың аз мөлшерін анықтай алады: метан, алкандар және көмірқышқыл газы.

Электрохимиялық датчиктер қоспадағы газдардың концентрациясын осы газды сіңірген ерітіндінің электр өткізгіштігінің мәні бойынша анықтауға мүмкіндік береді. Бұл түрдегі датчиктер өндірістік процестерде улы газды (сутегі, фосфин, аммиак, көміртек тотығы, күкірт оксиді, азот оксиді, хлор, күкіртсутек және т.б.) анықтау үшін қолданылады. Газ концентрациясы ток күшін электрохимиялық принцип бойынша өлшеу арқылы анықталады. Электр элементінің ішіндегі жұмыс электродында электрохимиялық тотығу процесі жүреді. Анықталған газдың реакциясы нәтижесінде пайда болатын ток газдың концентрациясына тура пропорционал. Датчиктер жоғары тиімділікпен, сенімділікпен, сезімталдықпен және төмен бағамен ерекшеленеді. Сондай-ақ, сенсорлар ылғалдылықтың өзгеруіне жауап бермейді, жылытуды қажет етпейді.

Датчиктердің жұмыс істеуінің барлық принциптерінің оң және теріс жақтары бар. Қолданбаға байланысты датчиктердің бір немесе басқа түрі таңдалады.

Анықтау әдістері дамып келеді, соңғы бірнеше жылда ең төменгі концентрациядағы заттарды анықтай алатын нанотүтіктерге негізделген датчиктер пайда болды.

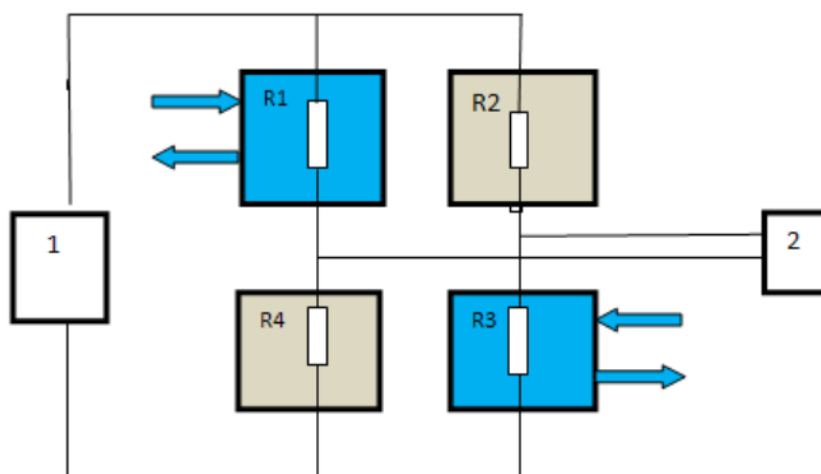
1.3 Газ анализаторларының түрлері

Газ анализаторлары – газ қоспаларында бір немесе бірнеше компоненттердің болуын анықтайтын және концентрациясын өлшейтін құрылғылар. Әрбір газ анализаторы белгілі бір құрамдас бөліктер мен компоненттерді белгілі бір газ қоспасына қарсы өлшеуге арналған. Жеке газ анализаторларын қолданумен қатар, кеңістіктің белгілі бір аймақтарындағы концентрацияны өлшеу үшін топтарды біріктіретін және өзара байланысты жүйелерді жасайтын жүйелер бар.

Газ анализаторларының жіктелуі әртүрлі критерийлер бойынша жүргізіледі: пневматикалық, магниттік, механикалық-электрлік, оптикалық, термокондуктометриялық, термохимиялық, инфрақызылдық, люминесценттік, фотокалометрлік, химиялық, ионизациялық, электрохимиялық.

1.3.1 Термокондуктометриялы газоанализаторлар (Жылу кондуктометриялық газанализаторлары)

Олардың әрекеті газ қоспасының құрамына байланысты жылу өткізгіштіктің өзгеруіне негізделген.

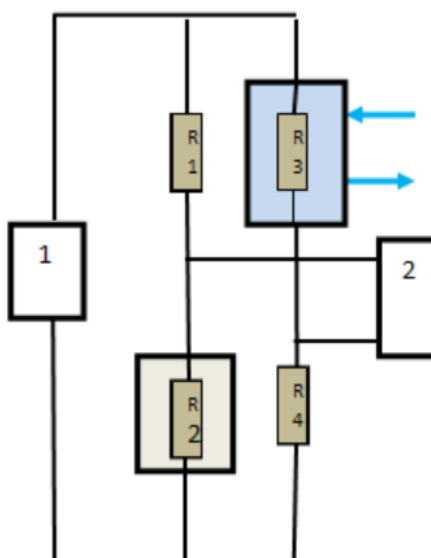


1.1 – сурет. Термокондуктометриялы газоанализаторлар

Жылуөткізгіштік газ анализаторлары көбінесе газдың бір компонентін өлшеу қажет болғанда және яғни N_2 болғанда ғана қолданылады. Бұл газ анализаторының сезімталдығы көлемі бойынша ондаған пайызға дейін, яғни бұл анализаторды бір компонентті жеткілікті дәл концентрацияларда анықтау қажет болғанда пайдалану керек.

1.3.2 Термохимиялық газанализаторлары

Олардың принципі анықталатын компонент қатысатын химиялық реакцияның жылу әсерін өлшеу болып табылады. Көп жағдайда компоненттердің атмосфералық оттегімен тотығуы қолданылады; катализаторлар – ұялы құрылғының бетінде тұндырылған марганец-мыс немесе ұсақ дисперсті платина. Тотығу кезіндегі температураның өзгеруі металл сым немесе жартылай өткізгіш термистор арқылы өлшенеді.



1.2 – сурет. Термохимиялық газанализаторлары

Кейбір жағдайларда катализатор реакция үдеткіші ретінде қолданылатын платина термисторы болып табылады. Мән тотыққан компоненттің M моль санына және жылу эффектісіне қатынасы бойынша байланысты: мұндағы k - құрылғының конструкциясына байланысты жылу шығындарын есепке алатын коэффициент.

1.3.3 Магниттік газанализаторлары

Бұл газанализаторлары газдың магниттік сипаттамаларын пайдалана отырып, газдың магниттік құрамын табу қажет болғанда қолданылады. Газдардың екі түрі бар: магнит өрісіне тартылатын парамагниттік және магнит өрісіне тартылмайтын диамагнитті.

Магниттік сезімталдық – бұл әдісті жүзеге асыратын шама, ол сандық түрде өлшенеді. Парамагниттік газдардың магниттік сезімталдығы оң, ал диамагнитті газдардың магниттік сезімталдығы теріс. Магниттік сезімталдықтың аддитивтілік қасиеті бар.

Оттегі мен азот оксидінің парамагниттік қасиеті бар, абсолютті шамада олардың магниттік қабылдағыштығы басқа газдар мен булардың магнитті қабылдағыштығынан 100 есе немесе одан да жоғары. Мысалы, осы қасиет арқылы оттегінің концентрациясы өлшенеді. Концентрацияны өлшеу дәлдігі 10^{-2} - 100% құрайды.

Газанализаторының бұл түрі біркелкі емес магнит өрісінде талданатын қоспаға орналастырылған денеге әсер ететін күштерді өлшейді.

Неғұрлым дәлірек компенсация схемасы бойынша жасалады, ол ротор айналған кезде магнитоэлектрлік немесе электростатикалық көмегімен жасалған белгілі моментпен теңестіріледі, яғни белгілі момент бойынша теңгерілген жүйе. Бірақ айналмалы анализаторларды орнату күрделі және уақытты қажет етеді.

1.3.3. Пневматикалық газ анализаторлары

Датчиктің мәні газ бен газ қоспасының тығыздығы мен тұтқырлығының оның құрамына тәуелділігінде.

Қоспа оның параметрлерін өзгертеді және олар арқылы газ немесе газ қоспасы өткен кезде капиллярдың гидравликалық кедергісін өлшейтін дроссель принципіне негізделген түрлендіргіші бар газ анализаторының көмегімен анықталады. Газды дроссель арқылы тұрақты айдау кезінде ондағы қысымның төмендеуі, газдың тығыздығы мен тұтқырлығы өлшенеді.

Ағындық газ анализаторы динамикалық саптамаларға қысым жасайтын газ ағынының динамикалық қысымын өлшеуге мүмкіндік береді.

Олардың қолданылуын, мысалы, азот өнеркәсібінде азоттағы H_2 мөлшерін өлшеу үшін (өлшеу диапазоны 0-50%), өнеркәсіпте - C_{12} анықтау үшін (0-50 және 50-100%) көруге болады. Өлшеу уақыты қысқа және бірнеше секундты құрайды, сондықтан олар көбінесе газдың концентрациясын анықтауға арналған орындарда және концентрациясы жарылу қаупінен аз болатын жарылыс қауіпті жерлерде орнатылады.

1.3.5 Инфрақызыл газ анализаторлары

Олардың әрекеті молекулалардың 1-15 микрон диапазонында инфрақызыл сәулелену арқылы таңдамалы түрде жұтылуы болып табылады. Бұл сәулелену молекуласы кем дегенде екі түрлі атомнан тұратын барлық газдарды сіңіре алады.

Әртүрлі газдардың үлкен сіңіру спектрі сынама алу жылдамдығы жоғары және зертханалар мен өнеркәсіпте кеңінен қолданылатын әртүрлі газдар мен қоспалардың үлкен санын өлшеуге мүмкіндік береді.

Оның 10^{-3} -100% концентрациясын өлшеу мүмкіндігі бар. Дисперсиялық газ анализаторларында монохроматорлардың, призмалардың, дифракцияның және торлардың көмегімен алынған бір толқын ұзындығының сәулеленуі қолданылады. Дисперсиялық емес газ анализаторларында қолданылатын құрылғының оптикалық сұлбасының ерекшеліктеріне байланысты сәуле қабылдағыштардың жарық сүзгілері монохроматты емес сәулеленуді пайдаланады.



Сурет 1.2. Техникалық белгілері бойынша оптикалық құрылғылардың классификациясы

1.3.6 Ультракүлгін газ анализаторлары

Олардың жұмыс істеу принципі 200-450 нм диапазонында радиациялық буларды газ молекулаларының таңдамалы жұтуы болып табылады. Бір атомды газдарды анықтаудың селективтілігі өте жоғары. Бұл газ хроматографиясын анықтаудың әмбебап платформасы. Анықтау көптеген газ фазалық қосылыстар үшін сапалық және сандық спектрлік ақпаратты қамтамасыз етеді.

Спектрлік мәліметтер – үш өлшемді (уақыт, жұтылу, толқын ұзындығы) және химиялық құрылымға тән. Сутегі, гелий және аргонның тасымалдаушы газдарын қоспағанда, барлық дерлік қосылыстар электромагниттік спектрдің аймағында сіңіреді.

Жоғары энергиялы, қысқа толқынды фотондар барлық дерлік химиялық байланыстардағы электрондық ауысуларды, соның ішінде негізгі күйден қозған күйге дейін зерттейді. Нәтиже – белгілі бір құрамдас құрылымға тән және оңай анықтауға болатын спектрлік іздер.

Детекторлар масс-спектрометрияны толықтырады, ол конституциялық изомерлер мен массасы аз сандық иондары бар қосылыстардың сипаттамасымен күреседі. Спектрлерді аналитті көмірлеуді өшіру үшін де пайдалануға болады, нәтижесінде жеке талданушының бастапқы жауапқа қосқан үлесін дәл сандық анықтауға болады. Бұл ағынды күшейтілген хроматографиялық қысуға байланысты жұмыс уақытының айтарлықтай қысқаруына тән.

Екі атомды және көп атомды газдар ультракүлгін аймағында үздіксіз сіңіру спектріне ие, бұл оларды анықтаудың селективтілігін төмендетеді. Дегенмен, суда N_2 , O_2 және CO_2 ультракүлгін жұту спектрінің болмауы көптеген практикалық маңызды жағдайларда жеткілікті таңдамалы өлшемдерді жүргізуге мүмкіндік береді. Диапазон олардың концентрациясымен анықталады, әдетте 10^{-2} -100% (жұп үшін сынап диапазоны $2,5 \cdot 10^{-6}$ %).

Ультракүлгін анализатор C_{12} , O_3 , SO_2 , NO_2 , H_2S , C_1O_2 , дихлорэтанның, атап айтқанда өнеркәсіптік шығарындылардағы құрамын автоматты бақылау үшін, сондай-ақ сынап буын, $Ni(CO)_4$, анықтай алады.

1.3.7 Люминесцентті газанализаторлары

Оптикалық оттегі датчиктері негізінен люминесценцияны сөндіру принципіне негізделген. Қолданыстағы интенсивтілікке негізделген жүйелерден айырмашылығы, люминесценция ұзақтығын өлшеу бояғыштардың шайылуына сезімталдық немесе қоздыру жарық қарқындылығының өзгеруі сияқты белгілі бір артықшылықтарды ұсынады. Бұл кәдімгі оптикалық талшықтарды енгізуді жеңілдетеді. Фазалық өлшеу әдістері люминесценцияның қызмет ету мерзімін жанама өлшеудің қуатты құралын көрсетті. Мұнда ондаған немесе жүздеген микросекундтар бойынша люминесценцияның ыдырау уақыты бар бояғыштар қарапайым оптоэлектронды схеманы және арзан өңдеу электроникасы қолдануға мүмкіндік береді.

Люминесцентті газанализаторлары басқарылатын ингредиенттің қатты, сұйық немесе газ тәріздес фазадағы реагентпен химиялық реакциясынан туындаған люминесценцияның қарқындылығын өлшейді. Мысалы - өзара әрекеттесу, O_3 -тен NO азот оксидтерін анықтау үшін қолданылады.

1.3.8 Фотоколориметриялық газанализаторлары

Бұл құралдар белгілі бір компонент пен арнайы таңдалған реагент арасындағы үлгі өнімінің түс қарқындылығын өлшейді. Реакция, әдетте, ерітіндіде (сұйық газ анализаторлары) немесе таспа, таблетка, ұнтақ түріндегі қатты тасымалдағышта (тиісінше таспа, таблетка, ұнтақ газ анализаторлары) жүргізіледі. Детектор түтігі - бұл газ әсер еткенде түсін өзгертетін химиялық затпен толтырылған градуирленген шыны түтік. Қолданбалы насос арқылы тежегішті түтіктен алып шығуда қолданылады.

Түтіктер әдетте он пакетте келеді және екі ұшында да мөрленеді. Жұмыс барысында ұштар үзіліп, түтік қол сорғысына салынады. Өндірушіге байланысты сорғы 100 мм үлгіні түтік арқылы тарту арқылы сальфонды немесе поршень дизайнын пайдаланады.

Үлгі түтіктен сорғыға қарай көтерілгенде, ол реагентпен әрекеттеседі, осылайша пайда болған түс өзгерісінің ұзындығы концентрацияға

пропорционалды болады. Бұл реакция тоқтаған нүкте түтіктегі градуирленген таңбадан оқылады.

Фотоколориметриялық газ анализаторлары улы қоспалардың концентрациясын өлшеу үшін қолданылады (мысалы., азот оксидтері, O_2 , C_{12} , CS_2 , O_3 , H_2S , NH_3 , HF , фосген, бірқатар органикалық қосылыстар) атмосферада үй-жайлардың ауасында. Ауаның ластануын бақылау кезінде мерзімді әсер ететін портативті құрылғылар кеңінен қолданылады. Көптеген фотоколориметриялық газ анализаторы газ сигнализаторы ретінде қолданылады.

1.3.9 Электрохимиялық газанализаторлары

Электрохимиялық газ датчигы сыртқы тізбек арқылы оң немесе теріс ток ағынын жасау үшін тотығу немесе тотықсыздану реакцияларын қолдану арқылы мақсатты газ концентрациясын өлшейді. Электрохимиялық датчиктің негізгі компоненттеріне "жұмыс істейтін" электрод, есептелетін "электрод, көп жағдайда" тірек "электрод жатады. Бұл компоненттер датчик корпусының ішінде сұйық электролитпен біріктіріледі. Сенсордың жоғарғы жағында мембрана мен диффузияны шектейтін тесік бар, ол арқылы қоршаған ауа сенсордың электролитімен әрекеттеседі.

Газ датчикке және мембрана арқылы жұмыс электродына таралады. Газ жұмыс электродына түскенде электрохимиялық реакция жүреді; немесе газ түріне байланысты тотығу немесе тотықсыздану. Мысалы, көміртегі оксиді көмірқышқыл газына дейін тотығуы мүмкін немесе оттегі суға дейін азаяды. Тотығу реакциясы электрондардың жұмыс электродынан қарама-қарсы электродқа сыртқы тізбек арқылы өтуіне әкеледі; және керісінше, тотықсыздану реакциясы электрондардың қарсы электродтан жұмыс электродына өтуіне әкеледі. Бұл электрондар ағыны газ концентрациясына пропорционалды электр тогын құрайды. Құрылғыдағы Электроника токты анықтайды және күшейтеді және калибрлеуге сәйкес шығуды масштабтайды. Содан кейін құрылғы улы газ датчиктері үшін миллионға шаққандағы (ppm) газ концентрациясын және оттегі датчиктері үшін көлемді көрсетеді.

Газдың кондуктометриялық анализаторларында ерітіндінің электрөткізгіштігі селективті сіңіру кезінде өлшенеді, оның құрамдас бөлігі анықталады. Бұл газ анализаторларының шығындары төмен концентрацияларды өлшеу кезінде көрсеткіштерді белгілеудің төмен селективтілігі мен ұзақтығы болып табылады. Кондуктометриялық газ анализаторы O_2 , CO , SO_2 , H_2S , NH_3 және т. б. анықтау үшін кеңінен қолданылады.

1.3.10 Иондаушы газ анализаторлары

Беттік иондану – қыздырылған қатты беттердегі талданатын молекулалардың химосорбциясына және адсорбент бетінен қарама-қарсы

аралас есептегішке қарай түзілген талданатын иондарды алуға негізделген газды анықтау түрі. Беттік иондау процесінің өте қызықты ерекшелігі - ол жоғары иондаушы энергиясы бар шағын молекулаларға айтарлықтай сезімтал емес.

Әрекет газдардың электр өткізгіштігінің олардың құрамына тәуелділігіне негізделген. Газдағы қоспалардың пайда болуы иондардың түзілуіне немесе олардың қозғалғыштығына, демек рекомбинацияға қосымша әсер етеді. Нәтижесінде өткізгіштіктің өзгеруі қоспалардың құрамына пропорционалды. Селективтіліктің бұл түрі органикалық ыдырау өнімдерін, заңсыз есірткілерді және басқа да бірқатар қауіпті материалдарды табу үшін беттік иондау анықтауды қызықты етеді. Олар газ толтырылған датчиктерде сәулеленудің иондаушы әсерін пайдаланады. Егер газ атомына немесе молекулаға иондану үшін жеткілікті энергияға ие болса, нәтижесінде электрондар мен иондар анықталуы мүмкін ток ағынын тудырады.

Газ тәрізді иондану детекторлары сәулеленуді анықтау және өлшеу үшін қолданылатын аспаптардың маңызды тобын құрайды.

Ілеспе диаграмма тұрақты түсетін сәулелену үшін кернеуі әртүрлі иондық бу генерациясының өзгеруін көрсетеді. Үш негізгі практикалық жұмыс істейтін аймақ бар, олардың біреуі әр түрді қолданады.

Барлық иондаушы газ анализаторларында ағындық иондану болады. электродтары потенциалдар айырмашылығын қолданатын камера. Бұл құрылғылар ауадағы микро қоспаларды бақылау үшін, сондай-ақ газ хроматографтарындағы детекторлар ретінде кеңінен қолданылады.

1.3.11 Оптикалық және оптикалық-акустикалық газ анализаторлары

Оптикалық газ анализаторларында концентрация сыну көрсеткіштерін, спектрлік сіңіру мен сәулеленуді, спектрлік тығыздықты қамтитын газ қоспасының оптикалық қасиеттерінің өзгеруімен анықталады. Оптикалық газ анализаторларының ең көп таралған төрт тобы: инфрақызыл және ультракүлгін сіңіру; флуоресцентті; көрінетін сәулелену әлсіреген кезде оптикалық газ анализаторлары үлкен ажыратымдылыққа ие болады, бұл оларды өндірістік үй-жайлардың атмосферасындағы ауаны бақылау кезінде жарылғыш және улы газдардың микроконцентрациясын талдауға қолдануға мүмкіндік береді.

Фото-акустикалық эффект бастапқы акустикалық толқындарды шығаратын жергілікті қысымның жоғарылауына әкелетін термиялық кеңеюмен оптикалық жылуды тұндыру процесі арқылы дыбыстың пайда болуын білдіреді. Сызықтық акустикалық режимде бір өлшемдегі симметриялы геометриядағы акустикалық эффект фотосуреттерінің бірегей қасиеті-оптикалық көз дыбыс жылдамдығымен қозғалғанда, акустикалық толқынның амплитудасы уақыт бойынша шектеусіз сызықтық түрде артады. Бұл эффектіні квадрилондағы бөліктер диапазонында анықтау шектерін бере

отырып, резонанстық пьезоэлектрлік кристалл детекторымен жабдықталған резонатордың ішіндегі дыбыс жылдамдығымен қозғалатын оптикалық тор арқылы газдарды бақылауды бақылау үшін қолдану сипатталған. Бір өлшемді геометрияда дыбыс жылдамдығымен қозғалатын оптикалық көз үшін фотоакустикалық эффект амплитудасы сызықтық акустикалық режиммен шектелмей уақыт бойынша сызықтық түрде артады. Мұнда осы принципті қолдану бойлық резонанстық қуыста дыбыс жылдамдығымен қозғалатын оптикалық шектер беру үшін бір-біріне бұрышпен бағытталған CO_2 лазерінен екі жиіліктегі аралас сәулелерді қолдана отырып, газдардың іздерін анықтау үшін сипатталған.

1.3.12 Оптикалық химиялық датчиктер

Оптикалық химиялық датчиктер мен биосенсорлар оптикалық түрлендіруді қолданатын кіріктірілген аналитикалық жүйелер болып табылады. Бұл жүйелерде химиялық өлшеу жарықтың химиялық жүйемен өзара әрекеттесуі және нәтижесінде алынған оптикалық сигналды электр сигналына айналдыру арқылы жүзеге асырылады. Оптикалық талшықтар көбінесе оптоэлектрондық құралдың компоненттерін талданатын заттың қатысуымен жауап беретін молекулалық тану элементімен байланыстыратын интеграциялық орта ретінде қолданылады. Бұл құрылғылар химиялық ақпаратты оптикалық талшықтарда қозғалатын оптикалық сигнал арқылы кодтайды. Оптикалық талшықтың химиялық сенсоры негізгі компоненттерден тұрады: оптикалық талшық, оптоэлектрондық құрылғы және молекулалық танудың қатты фазалық элементі.



1.4 – сурет. Оптикалық химиялық датчиктер

Оптикалық химиялық датчиктер химиялық сенсорлардың маңызды санаттарының бірі болып табылады. Датчиктердің бұл класы химиялық және биологиялық тануды оптикалық-электронды технологиядағы прогреспен біріктіреді. Бұл датчиктер үшін гельдік материалдардың күлін қолдану, әсіресе жұқа пленкалар түрінде, өндірістің қарапайымдылығы мен процестің икемділігінің арқасында үлкен қызығушылық тудырды. Күл-гель процесінің сипаты әр түрлі әдістерді қолдана отырып, жұқа пленкаларды қолдануға өте жақсы жауап береді, мысалы, батыру, айналдыру және бүрку. Көптеген сенсорлық бағдарламаларда тұз-гель пленкасы аналитикалық сезімтал молекулалар енгізілген және талданатын заттың кішігірім түрлері диффузияланып, өзара әрекеттесе алатын микрокеукті тірек матрицасын қамтамасыз ету үшін қолданылады. Оптикалық сенсорлардың түріне байланысты олардың әрекеті келесі принциптерге негізделген:

- жарықты сіңіру (сіңіру);
- бастапқы (түсетін) жарық ағынының көрінісі;
- люминесценция.

Бұл жағдайда олар белгілі бір заттардың концентрациясына байланысты орталардың оптикалық қасиеттеріне (сыну коэффициенттері, шағылысу және т.б.) байланысты қолданылады.

1.3.13. Хроматографиялық газ анализаторлары

Бұл анализаторлар газдардың, құрамдардың және қатты заттардың көп компонентті қоспаларын өлшеуге арналған.

Газ хроматографиясы – үлгідегі газдар мен қоспалардың болуы мен концентрациясын анықтау үшін газ қоспасын бөлетін әдіс. Дұрыс қолданылатын, рrb деңгейіне дейін өлшей алады, бұл оны жоғары тазалық процестерінде қолдануға жарамды етеді.

Газ хроматографиясы газ қоспасының құрамдас бөліктері газ үлгісін инертті газ тасымалдаушы, колонна деп аталатын ағынды түтік арқылы өтетін дөңгелек түтікке айналдыру арқылы бөлінеді. Газдың әртүрлі компоненттері олардың баған материалымен әрекеттесуі арқылы бөлінеді, нәтижесінде үлгідегі әртүрлі молекулалар әртүрлі уақытта бөлінеді. Бұл нақты уақыт кідірістері бағанның шығысындағы сенсормен анықталады, өйткені әрбір газдың жеке молекулалық қасиеттері оны әртүрлі уақытта өтуге және шығуға мәжбүр етеді.

Ұстау уақытын салыстыру пайдаланушыларға бағаннан бөліну реті бойынша газ түрлерін сапалы анықтауға мүмкіндік береді. Егер жағдайлар тұрақты болса, белгілі бір газ бірдей ұстау уақытымен бөлініп, белгілі бір газ түрлерін шыңнан шығаруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, әрбір газ концентрациясының салыстырмалы көлемін детектормен өлшеуге болады, мұнда әрбір газ бағаннан бөлінеді.

Газ хроматография жүйелері қоспаларды жеке компоненттерге бөлу үшін оралған немесе капиллярлық бағандарды пайдаланады, содан кейін

оларды өлшеуге болады. Газ хроматографиясы масс-спектрометриямен бірге қосылыстың селективтілігі мен идентификациясын одан әрі арттырады. Қазіргі заманғы газ хроматографиясы жүйелеріндегі жетілдіру экологиялық сынақтарды, криминалистиканы, тамақ өнімдерінің қауіпсіздігін және биодизельді талдауды қоса алғанда, техниканы қолдану саласындағы тұрақты прогресті көрсетеді.

Осы типтегі анализаторларда газдың бірнеше түрін бір уақытта өлшеуге, көп компонентті газ қоспаларын, Сұйықтықтар мен қатты заттардың құрамын өлшеуге арналған көрсеткіштер бар. Хроматографтар-қарастырылған газ анализаторларына қарағанда күрделі орналасуы бар мерзімді құрылғылар.

Газ тасымалдаушы мезгіл-мезгіл талданатын газдың үлгісін енгізеді. Қатты немесе сұйық сорбентпен толтырылған бөлу бағанында талданатын қоспа компоненттерге бөлінеді. Ең аз сіңетін газдар сорбент қабаты бойымен жоғары жылдамдықпен қозғалады. Сондықтан құрамында үш газ қоспасы бар сынамада біріншісі аз адсорбцияланған газ, ал соңғысы жақсы сорбцияланған. Бөлінгеннен кейін тасымалдаушы газы бар әрбір компонент екілік қоспаны құрайды, оны талдауды әртүрлі әдістермен жүргізуге болады. Өлшеу процесінде газ тасымалдаушының қасиеттері өзгеруі мүмкін болғандықтан, соңғысы детектордан өткен кезде талданатын қоспаның болуынан туындаған оның қасиеттерінің өзгерістері жазылады.

1.3.14. Каталитикалық детектор (пеллистор)

Каталитикалық газ детекторлары молекулалардың жанғыш газдарынан көміртегі диоксиді мен қатты беттегі су буына дейін каталитикалық тотығу нәтижесінде жылудың шығуын өлшеу арқылы жұмыс істейді. Катализатор арқылы тотығу жүретін температура газ фазасының тотығуымен салыстырғанда айтарлықтай төмендейді. Катализаторды температураны анықтайтын электрлік жылыту құрылғысы бар қатты күйдегі сенсорға салуға болады. Үлгілі газ ағыны датчиктің үстінен беріледі және жанғыш газдар жанғыш газ молекулаларының қатты беттегі көмірқышқыл газы мен су буына каталитикалық тотығуынан туындайтын жылу беруді өлшеу арқылы жұмыс істейді. Катализатор арқылы тотығу жүретін температура газ фазасының тотығуымен салыстырғанда айтарлықтай төмендейді. Катализаторды электр жылытқышы мен температураны анықтайтын құрылғысы бар қатты күйдегі сенсорға салуға болады. Датчиктің үстінен үлгілі газ ағыны беріледі және үлгідегі жанғыш газдар үнемі тотығады, жылу шығарады және сенсордың температурасын көтереді. Датчиктегі температураның ауытқуы үлгідегі жанғыш газдардың концентрациясын тұрақты жазу үшін бақыланады.

Метан және басқа органикалық түрлер сияқты құрамында CN байланысы бар молекулалардың тотығуына ықпал ететін ең қолайлы металдар периодтық жүйенің 8-тобына жатады, атап айтқанда платина мен палладий. Температура датчигі, әдетте, платина қарсылық термометрі оралған катушкалар, сондай-ақ датчик үшін электр жылытқыш ретінде

пайдаланылады. Қарсылық сенсорды Уитстоун көпірінің бір қолы ретінде қосу және көпір арқылы баланстан тыс кернеуді өлшеу арқылы өлшенеді.

Катушка 50 μ түйіршікті платина сымы екі сым тірекке орнатылады, сонымен қатар электрлік қосылыстар рөлін атқарады. Катушка ұзындығы шамамен 1 мм моншақ жасау үшін торлы керамикалық материалға, әдетте глиноземге салынған катализатор материалы моншақтың сыртына енеді. Катализаторлық сенсордың бұл түрі жиі аталады а. катализаторды таңдау және моншақтардың сыртын өңдеу – мысалы, диффузиялық қабатты қосу арқылы – сенсордың жалпы сезімталдығына және әртүрлі газдарға салыстырмалы сезімталдыққа әсер етеді. Сезімталдық пен селективтілікке катализаторды таңдау және сенсор жұмыс істейтін температура әсер етеді. Палладий және оның оксидтері ең көп қолданылатын катализаторлар болып табылады; олардың платинаға қарағанда әлдеқайда белсенді болуының артықшылығы бар, бұл сенсорды ең төменгі температурада жұмыс істей алады. Сенсорға газ ағыны негізінен диффузиялық болатындай етіп, сенсор ашық жабыны бар қорғаныс құмырасына орнатылған.

Қортындылай келгенде бұл бөлімде біз сұйытылған көмірсутекті газдардың, сондай-ақ басқа да жанғыш газдардың концентрациясын анықтау үшін қандай электронды құралдарды қолдануға болатындығын анықтадық. Біздің зерттеу мақсатымызға жету үшін ауадағы жанғыш газдардың концентрациясының жоғары деңгейін анықтау үшін ең қолайлы датчиктер жартылай өткізгіш датчиктер екенін анықтадық, өйткені олар кең ауқымдағы газдарды анықтауға арналған.

2 ГАЗДЫҢ СПЕКТРАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

2.1 Газды зерттеу спектрі

2.1. суретте метанның 2,2 км қашықтықтағы v^3 жолағының есептік сіңіру спектрі және 0,1 см-1 қадамымен тұрақты сканерлеу кезінде 3,0 см-1 зондтау лазерінің сәулеленуін ескере отырып, сәйкесінше CH_4 және H_2O жалпы сіңіру спектрі келтірілген. Бірлескен спектрлерді талдау нәтижесінде келесі тұжырымдарға қол жеткізуге болады. [3]

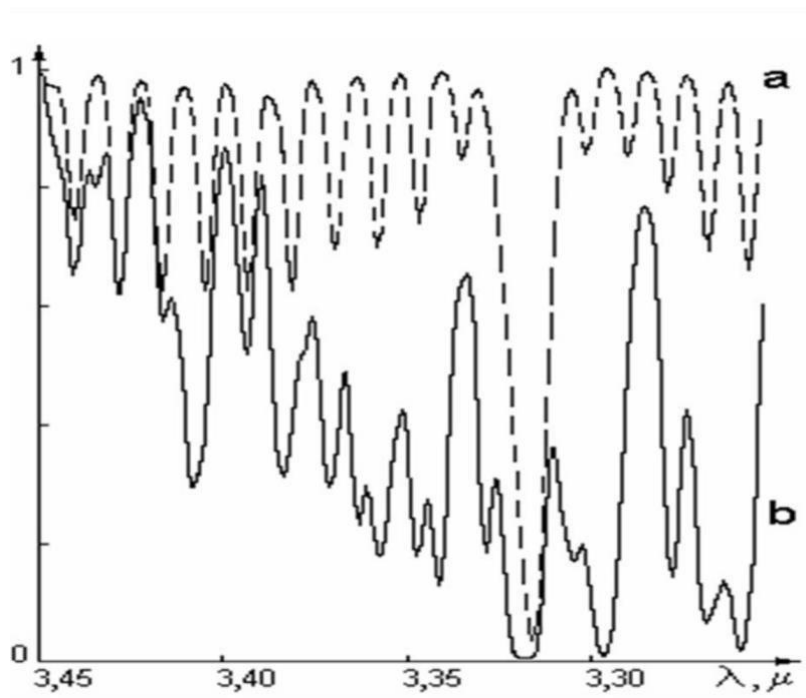
1. Барлық нақты шешілген айналмалы сызықтардың ауданы R тармақтар атмосфераның терең, мөлдір емес бөлігінде орналасқан, сондықтан толқын ұзындығының осы диапазонында өлшеу жүргізу мүмкін емес.

2. Интенсивті шешілмеген орталық Q-тармағы доплерлік және әсерлердің соқтығысуына байланысты кеңейтілген және деформацияланған. Алайда, жоғары қарқындылық осы сызықтың максималды жиілігін қатаң анықтауға мүмкіндік береді. ИҚ-лидар жүйесінде бұл жиілік сәулеленуінің толқын ұзындығын дәл анықтау үшін сілтеме нүктесі ретінде пайдаланылады.

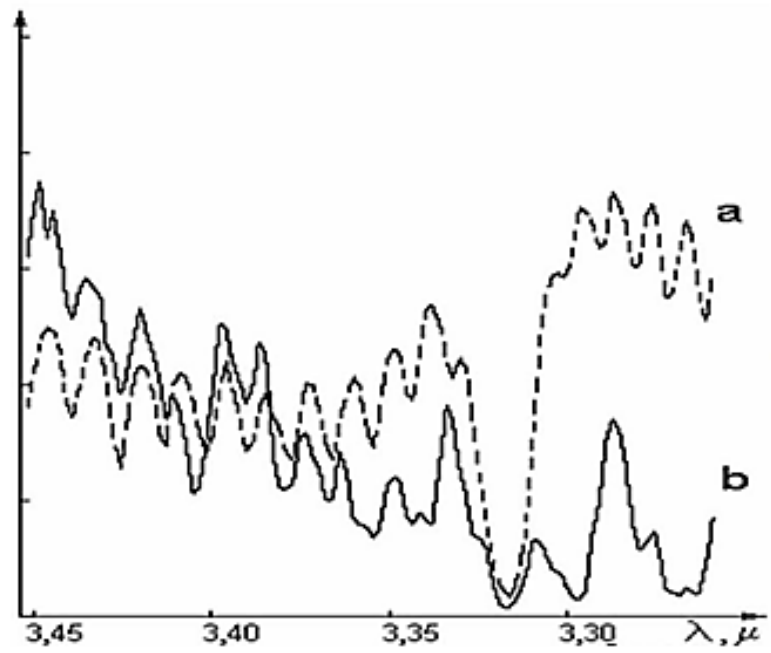
3. Жоғары дәлдікпен P тармағының айналмалы сызықтарына рұқсат етіледі. Q сызығына жақын орналасқан бұтақтар да атмосфераның өтуінің мөлдір емес бөлігінде орналасқанын көруге болады. Толқын ұзындығынан $\geq 3,4$ мкм бастап айналмалы P-тармақ сызықтары пайда болады. Алайда, бұл сызықтардың формалары (P7, P9) да қатты деформацияланған, қанаттардың орталық бөлігін тек шартты түрде шешуге болады. P10 жеткілікті оқшауланған айналмалы сызық, сызықтың ортасы мен қанаттары нақты және қатаң анықталған, сондықтан нақты атмосферадағы әдісімен негізгі өлшемдерді осы сызықта жасауға болады.

Толқын ұзындығы = 3,25-3,45 мкм диапазонындағы сіңіру спектрлерін эксперименттік өлшеу нәтижелері суретте көрсетілген. 2.1. Сіңіру спектрі суретте көрсетілген. 2.1, а, 90% тазалығы бар метан кюветі арқылы және стандартты жағдайларда 0,1 см-1 таспектрлік ені 0,7 см-1 ПГС сәулеленуін сканерлеу қадамымен қалпына келтірілгеннен кейін алынды. Суретте. 2.1 б нақты атмосфераны жұтудың эксперименттік өлшенген спектрін береді.

Осы диапазондағы негізгі сәулелену сіңіруші CH_4 және H_2O болып саналады. [4]



Сурет. 2.1. Есептелген сіңіру спектрлері CH_4 (a) және $\text{CH}_4 + \text{H}_2$ (b)



Сурет. 2.2. 2200 м(b) қашықтықтағы CH_4 (a) және атмосфераның өлшенген сіңіру спектрлері

Осы сурет бойынша бақылау камералар үшін толқын ұзындығын анықтады

$$\lambda = 3,25-3,45 \text{ мкм.}$$

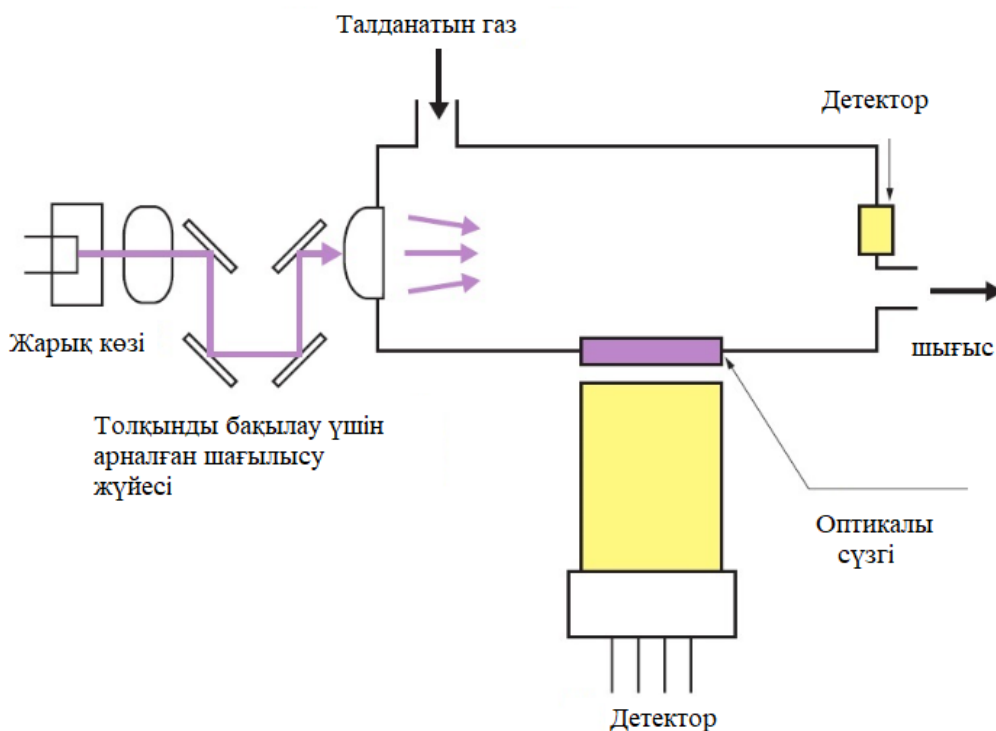
2.2. Газды анықтау үшін толқын ұзындығын таңдау

Газды анықтау үшін толқын ұзындығын таңдау инфрақызыл сәулелену көзінің бар бастапқы спектрімен басқарылады. Суды сіңіру спектрі толқын ұзындығында 3,5- 8ден аз және 16 мкм-ден кейін күшті сіңіруді көрсетеді. Егер анықталған газдың спектрлік сызықтары осы аймақтарда болса, онда ылғалдың болуына байланысты кедергілер болады. Демек, ең жақсы жұмыс нәтижелері газдардың көп мөлшерінің спектрлік сызықтары орналасқан 8-16 және 3-5 мкм аймағында болады. Датчиктерде 3-5 мкм аймақ келесі себептер бойынша таңдалады:

1. Көмірсутектер үшін 3-3,5 мкм және CO_2 үшін 4,2 мкм спектр аймақтарындағы адсорбциялық желілердің көп саны.

2. Шыны корпусы бар стандартты ИҚ шамы толқын ұзындығы 5 мкм-ге дейін сәуле шығарады. 8 мкм-ден жоғары аймақ инфрақызыл сәулеленудің қымбат көзін қолдануды талап етеді. Сонымен қатар, сіңіру сызықтарын анықтау дәлдігі төмендейді, сондықтан бұл аймақ кейде қолданылады. 5-8 мкм диапазоны жоғарыда аталған себептерге байланысты қолданылмайды.

3. 4 мкм толқын ұзындығында газды сіңіру сызықтары жоқ, бұл осы диапозонда анықтамалық сигналды орнатуға мүмкіндік береді.



Оптикалық газ анализаторының аналитикалық қондырғысының схемасы

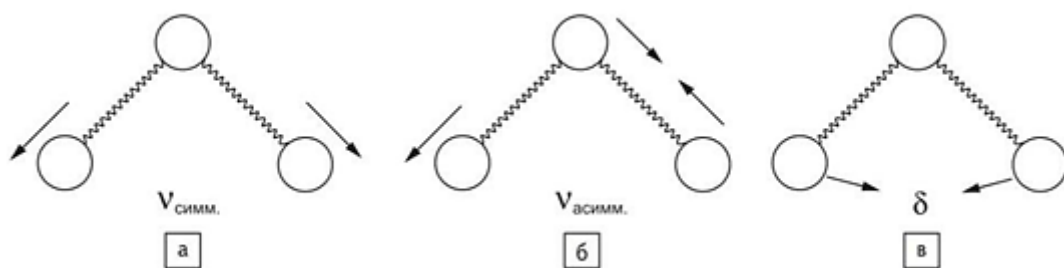
2.3. Инфрақызыл (ИҚ камералары)

Инфрақызыл (ИҚ камералары) жылу камералары ондаған жылдар бойы мұнай мен газдың әртүрлі қосымшаларында, соның ішінде электрлік механикалық тексерулерде, резервуарлардың деңгейін тексеруде және тіпті технологиялық жабдықтағы құбырлардың тұтастығын тексеруде қолданылған. Соңғы жылдары атмосфераға шығарылатын немесе атмосфераға ағып жатқан көмірсутекті газдар мен ұшпа органикалық қосылыстарды "көре" алатын жаңа оптикалық газдандыру технологиясы жасалды. Олар шығарындыларды азайту жөніндегі нормативтік талаптарды қанағаттандыру үшін пайдаланылуы мүмкін, сонымен бірге өнім шығынын азайтуға ықпал етеді, бұл өз кезегінде инвестициядан оң қайтарымды қамтамасыз етеді. Камералар басқа шолу технологияларымен салыстырғанда үлкен уақытты үнемдейді, сонымен қатар операторлар үшін қауіпсіздік артықшылықтарын ұсынады.

Инфрақызыл датчиктердің жұмыс істеуінің физикалық принциптері ИҚ-сәулеленудің молекуламен өзара әрекеттесуі газды анықтау газбен жұтылған инфрақызыл сәулеленудің түрленуінен пайда болатын шығыс сигналын өлшеу болып табылады. ИҚ сәулеленуі-әдетте газ молекулалары сіңіретін электромагниттік спектрдің бөлігі. Сәулеленудің толқын ұзындығы молекулалардың тербеліс жиілігіне сәйкес келгенде, олардың энергетикалық күйі өзгереді. Басқаша айтқанда, белгілі бір толқын ұзындығы бар сәуле жұтылған кезде атомдардың тербеліс амплитудасы артады.

Инфрақызыл сәулеленуді сіңіру газдың температурасын жоғарылатады. ИҚ сәулеленуі газдың дипольдік молекуласымен әрекеттеседі. Молекулалық диполь молекуланың тербелісі әртүрлі атомдарға қатысты асимметриялы болғанда немесе атомдар асимметриялы түрде орналасқанда пайда болады. Атомдар диполь немесе мультиполь моментін құрайтын атомаралық байланыстарды деформациялайтыны сөзсіз.

2.1 суретте SO_2 молекуласы үшін көрсетілген. Симметриялы молекулалар ИҚ сәулеленуімен бұзылмайды, өйткені олар диполь жасамайды. O_2 , H_2 және N_2 типті кейбір қос молекулалар симметриялы молекуланың мысалы болып табылады (сурет. 2.1 а) және асимметриялық (сурет. 2.1 б) тербеліс бағыты. Шахтада және химиялық өндірісте қауіпсіз жұмыс істейтін көмірсутектер, автомобильдің үйі мен салонындағы жайлы атмосфера, газдың ағуы мен құрамын анықтау мұның бәрін газ датчиктерінің көмегімен жүзеге асыруға болады. Инфрақызыл газ датчиктері: қауіпсіздік пен энергия тиімділігіне датчиктер компоненттер С-Н байланыстарынан ИҚ сәулеленуімен қайта белсендіріледі. С-Н байланыстарының саны өскен кезде сіңіру қисығы күштірек көрінеді, өйткені сіңіру диаграммадағы шыңдар топтарға қалыптасады. Толқын ұзындығына байланысты газ молекулаларының сәулелену қарқындылығы абсорбциялық спектр деп аталады.



2.3-сурет молекуладағы атомдардың тербелісі: а) симметриялы; б) асимметриялық; в) деформациялық

Термография (ИҚ жылу бейнелеу) - температурада калибрленген ИҚ камерасы арқылы температураны жанасусыз өлшеу әдісі. ИҚ камералары анықтаған жылу энергиясы адамның көзіне көрінбейді, сондықтан жылу кескініндегі әртүрлі температуралар ИҚ бейнелеу бағдарламалық құралын пайдалану арқылы көрсету үшін әртүрлі түстерге "шағылысуы" мүмкін (сурет. 2.3). Температура өзгерген кезде суреттегі түстер өзгереді, бұл пайдаланушыларға алаңдаушылық тудыратын немесе ерекше жағдайлардан тыс болуы мүмкін сфералар туралы ескертеді. Ең қолайлы түстер палитрасын таңдау жылу кескінінің маңызды ерекшеліктерін көрсетуге көмектеседі.

Газдың оптикалық үлгісі нормаларды сақтау, ақшаны үнемдеу және оператордың қауіпсіздігін жақсарту үшін қолданылады.

Нақты уақыт режимінде үлкен аумақтарды сканерлеу және газ ағындарын визуализациялау мүмкіндігі. Бұл инспекторларға тұрақсыз шығарындылардың көзін дәл анықтауға және жөндеу процесін бастауға көмектеседі, бұл тексерулерді тиімдірек етеді. Шындығында, далалық зерттеу кезінде инфрақызыл камералардың күйін сканерлеу сол сайт жабдығында әдісті сканерлеуден кемінде тоғыз есе жылдам болды. Сканерлеу жылдамдығы мұнай мен газ өндірушілеріне жабдықты жиі тексеруді жеңілдетеді. Жиі тексерулер мен жөндеулер метан мен шығарындыларын айтарлықтай төмендетуі мүмкін.

Камералар дамымай тұрып, мұнай-газ қондырғыларының көпшілігі газ концентрациясының деңгейін талдау және атмосфераға шығарылатын газдың мөлшерін анықтау үшін улы түтін анализаторын пайдаланды.

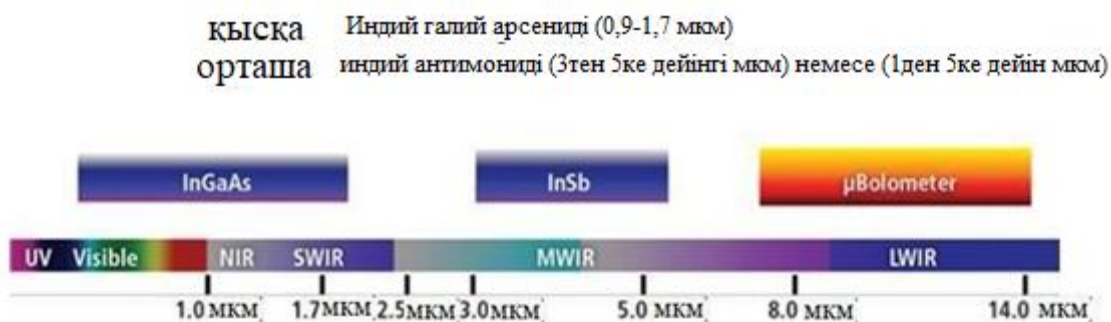
Оптикалық газды бейнелеу жүйесі дәстүрлі теледидарларға қарағанда бірқатар қауіпсіздік артықшылықтарын ұсынады. Бұл жарылуы немесе денсаулығына зиян келтіруі мүмкін газды қашықтан анықтауға мүмкіндік береді. Камералар операторларға тексеру кезінде қауіпсіз қашықтықта болуға мүмкіндік береді. Газ бұлтында тұрудың орнына, олар жерде қалып, биіктігі 10 немесе 20 фут болатын жерді көрсетіп, оның атмосфераға газ ағып жатқанын анықтай алады.

2.4. Аралық инфрақызыл

Орташа толқын немесе инфрақызыл-толқын ұзындығын 3-тен 5 мкм-ге дейін (3000 нм-ден 5000 нм-ге дейін) қамтитын электромагниттік спектрдің инфрақызыл жолағының ішкі жиыны. Бұл біздің салқындалатын жылу камералары көретін сәулелі жылу.

Жылу камералары жылу инфрақызыл бақылау камералары үшін ең жоғары анықтау диапазонына қол жеткізе алады және көбінесе салқындатқышпен салқындалатылады, бұл жоғары контраст пен шу деңгейі төмен экстремалды диапазонды ұсынуға мүмкіндік береді.

2.6. Инфрақызыл анықтау материалдары



2.4-сурет. Инфрақызыл сызғыш

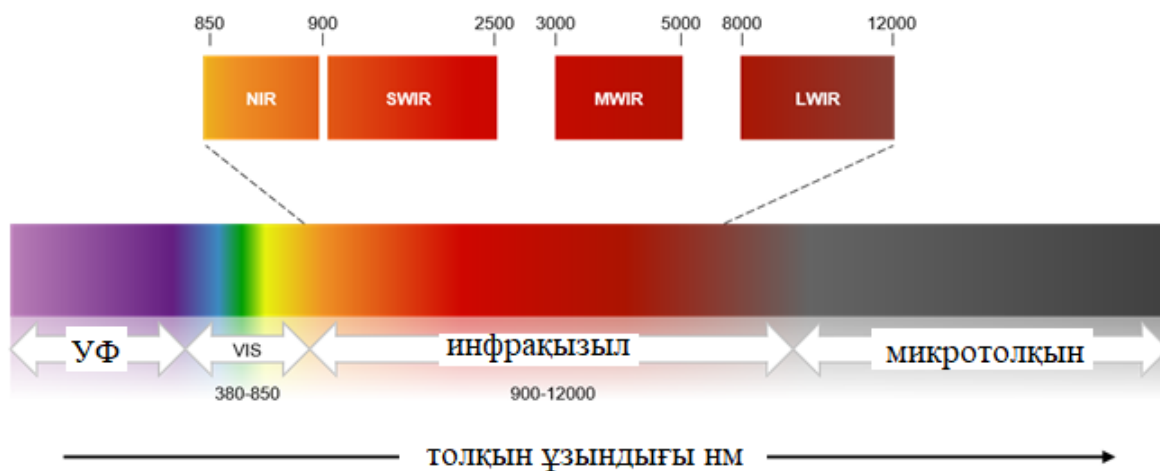
Спектралды жолақтар	Диапазон [μm]	Детекторлы материалдар
NIR	0.74 - 1	SiO ₂
SWIR	1 - 3	InGaAs, PbS
MWIR	3 - 5	InSb, PbSe, PtSi, HgCdTe
LWIR	8 - 14	HgCdTe
VLWIR	14 - 1000	-

2.5-сурет. Белгілі бір спектрдің инфрақызыл сәулеленуін анықтауға арналған материалдар

Инфрақызыл сәулелену – толқын ұзындығы 750 ~ 800 нанометрден жоғары сәулелену, көрінетін толқын ұзындығы диапазонының жоғарғы шегі. Күнделікті өмірде бір-бірінен тек толқын ұзындығы бойынша ғана ерекшеленетін көрінетін жарық спектрі, ультракүлгін спектрі, радиотолқындар және рентген сәулелері сияқты әртүрлі формадағы электромагниттік жарықты жиі кездестіруге болады.

Инфрақызыл спектрдің аймақтары үшін келесі классификация қолданылады:

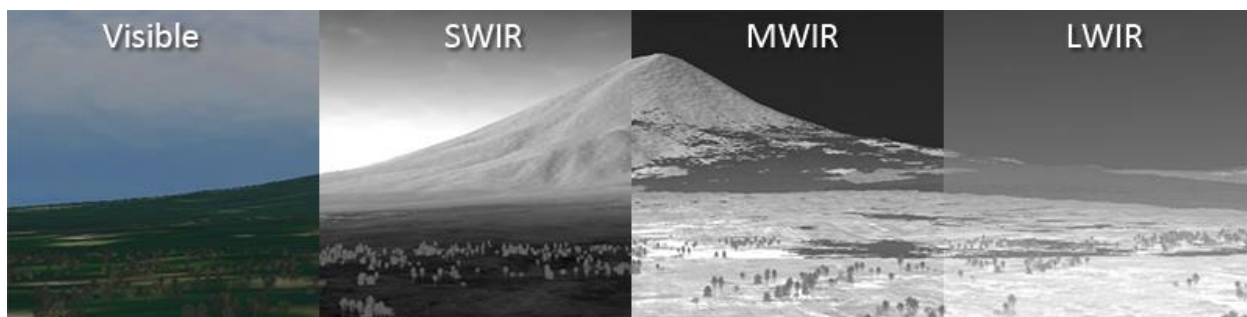
- жақын инфрақызыл немесе NIR диапазоны;
- қысқа толқынды инфрақызыл немесе SWIR диапазоны;
- орта толқынды инфрақызыл немесе MWIR диапазоны;
- ұзын толқынды инфрақызыл немесе LWIR диапазоны.



2.6-сурет. Толқын ұзындықтары

Әрбір диапазонның өз қолданбасы және онда түсіруге арналған камералардың өз түрі бар.

Инфрақызыл сәулеленуді жылулық сәулелену деп те атайды, өйткені қыздырылған денелерден жылулық сәулелену көбінесе инфрақызыл аймақта болады. Көрінетін спектрден айырмашылығы, инфрақызыл сәулелену тек беткі қабат туралы ғана емес, сонымен қатар объектінің ішкі құрылымы туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді, өйткені толқын неғұрлым ұзақ болса, соғұрлым ол тереңірек енеді. Бұл не зерттелетінін, бетін немесе интерьерін таңдауға мүмкіндік береді.



2.7-сурет. Көру диапазондары

2.7 MWIR диапазоны (Mid-wave infrared)

MWIR - орташа толқын диапазоны толқын ұзындығы 3 мкм-ден 8 мкм-ге дейінгі сәулеленуді қамтиды. Бұл диапазон тепловизорларда кеңінен қолданылады. Бұл диапазон үшін оңтайлы анықталатын температура бірнеше жүз градус, бірақ объектілерді тіркеу 0 градусқа дейін мүмкін болады. Орташа толқынды камералар күндіз-түні тіпті тұман, жаңбыр немесе түтін сияқты қиын жағдайларда да егжей-тегжейлі кескіндерді қамтамасыз ететін ұзақ қашықтықты бақылау үшін өте қолайлы.

MWIR диапазонындағы инфрақызыл камералар үшін ең қолайлы қолданбалар:

- баллистика;
- химиялық идентификация;
- объектінің өзінің немесе оның ізінің жылулық сәулеленуі бойынша жабдықты анықтау, анықтау және тану;
- жануды талдау (соның ішінде инфрақызыл спектроскопия);
- 3D басып шығару және т.б.

2.8 HgCdTe Сынап кадмий телуридi

HgCdTe - қорытпаның құрамына пропорционалды толқын ұзындығын көрсететін үштік жартылай өткізгіш қосылыс. Нақты детектор белсенді аймақты анықтайтын металдандырылған контактілі төсемдері бар HgCdTe жұқа қабатынан (10-нан 20 мкм) тұрады. Жартылай өткізгіш саңылаулар жолағының энергиясынан үлкен энергиясы бар фотондар электрондарды өткізгіштік зонаға қоздырады, осылайша материалдың өткізгіштігін арттырады. Ең жоғары жауап толқын ұзындығы материалдың саңылау жолағының энергиясына байланысты және қорытпаның құрамын өзгерту арқылы оңай өзгертілуі мүмкін. Өткізгіштіктің өзгеруін сезіну үшін ығысу ток немесе кернеу қажет. Әдетте, детекторлар белсенді аймақта ығысу тоғының біркелкі таралуын қамтамасыз ету үшін шаршы немесе тікбұрышты конфигурацияда жасалады.

Бұл детекторлар, әдетте, 10-нан 150 Ом-ға дейінгі кедергісі төмен құрылғылар болып табылады және төмен вольтты шу алдын ала күшейткішті қажет етеді. Детекторда төмен шулы тұрақты ток көзін немесе ток шектеуші

резисторы бар аккумуляторды қолданатын тұрақты ток ағымы өндіріледі. Айнымалы ток конденсаторы жоғары күшейткіштен тұрақты ығысу кернеуін блоктайды және тұрақты токтың қанығуын болдырмайды. Оңтайлы өнімділік үшін зауыттағы әрбір детекторға арнайы сәйкестендірілген кірістірілген қиғаш схема. Төмен шу, жоғары кіріс және кең өткізу қабілеттілігі осциллографтар, түрлендіргіштері, блоктау күшейткіштері және т.б. арқылы сигналдарды одан әрі өңдеу үшін дұрыс өнімділікті қамтамасыз етеді.

Сынап кадмий телуридi ($\text{HgI} - \text{Cd} - \text{Te}$) дерлік идеалды инфрақызыл детектор жүйесі болып табылады. Оның айрықша орны үш негізгі белгіге байланысты:

- құрамға тәуелді кадмий (Cd) энергия диапазоны (толқын ұзындығының сезімталдығын оның қорытпасының құрамын 1–30 мкм аралығында өзгерту арқылы конфигурациялауға болады),
- жоғары кванттық тиімділікті қамтамасыз ететін үлкен оптикалық коэффициенттер, тасымалдаушының ұзақ қызмет ету мерзіміне және жоғары жұмыс температурасына әкелетін қолайлы тән рекомбинация механизмдері.
- Сонымен қатар, құрамға қатысты тор константасының өте аз өзгеруі жоғары сапалы қабаттар мен гетероқұрылымдардың өсуіне мүмкіндік береді.

2.9 PbSe Қорғасын селениді

Қорғасын селениді (PbSe) – жартылай өткізгіш материал. NaCl құрылымында текше кристалдар түзеді; оның бөлме температурасында 0,27 эВ алдыңғы аралығы бар.

Ол 1,5-5,2 мкм арасындағы толқын ұзындығында жұмыс істейтін термиялық бейнелеу үшін инфрақызыл детекторларды өндіру үшін қолданылады. Ол тоңазытқышты қажет етпейді, бірақ төмен температурада жақсы жұмыс істейді. Ең жоғары сезімталдық температураға байланысты және 3,7-ден 4,7 мкм-ге дейін ауытқиды.

PbSe – фотоөткізгіш материал. Оны анықтау механизмі фотондардың түсуі кезінде белсенді материалдың жұқа поликристалды қабықшасының өткізгіштігінің өзгеруіне негізделген. Бұл фотондар PbSe микрокристалдарының ішінде жұтылады, содан кейін электрондардың валенттік аймақтан өткізгіштік аймағына қозғалысын тудырады. Белсенді жұқа пленканың материалы мен поликристалды табиғаты бұрандалы механизмді азайтуда да, түйіршіктер арасында бірнеше сарқылу аймақтары мен поликристалды жұқа қабықшалар ішіндегі әлеуетті кедергілердің болуымен байланысты қараңғы токты азайтуда негізгі рөл атқаратыны жалпы қабылданған. Салқындатылмаған инфрақызыл (ИК) фокустық жазықтық массивтері инфрақызыл камералардың өлшемін, салмағын, қуатын және құнын азайтып, оларды бағдарламаларын қамтитын жаппай нарықтарға қолжетімді етеді. Орташа толқын ұзындығы инфрақызыл (MWIR) (3-5 мкм) ыстық объектіні тексеру және газ спектроскопиясы үшін ең сұранысты ИК аймақтарының бірі болып табылады.

PbSe камералары ықшам және энергияны үнемдейтін дизайнға мүмкіндік беретін температурасыз тұрақтандыру жүйесімен салынған. Бұл арзан технологиямен байланысты мәселелердің кейбірі материалдық табиғат әсерлері болып табылады: жоғары $1/f$ жиіліктегі шуы, жоғары диэлектрлік тұрақты және термиялық ауытқулар. Бұл кемшіліктерді кеңейтілген өңдеу және арнайы тізбектерді пайдалану арқылы азайтуға болады.

2.10 InSb Индий антимониді

Индий антимониді (InSb) – бөлме температурасында 0,17 эВ энергиясы бар жартылай өткізгіш қосылыс, соның арқасында ол 5,5 мкм толқын ұзындығына дейін ИҚ кескіндерін алу үшін орташа толқынды инфрақызыл камераларда кеңінен қолданылады. Дегенмен, жоғары қараңғы ток және криогендік температурада жұмыс істейтін InSb үйіндісін пайдаланатын детекторларда кейбір шектеулер бар. Бұл мәселелерді наноөткізгіштерін қолдану арқылы жеңуге болады, өйткені бір өлшемді (1D) наноөткізгіштердегі кванттық шектеу олардың бірегей оптоэлектрондық қасиеттерін анықтайды. Нано-сым негізіндегі фотодетекторлардың қараңғы тогы нано-құрылымдардағы фонндық шашырауды басу өлшемдерінің кішіреюі арқылы айтарлықтай төмендейді, бұл жұмыс температурасының жоғарылауына әкеледі. Жоғары сигнал/шу коэффициентін фототасымалдаушылардың ұзақ қызмет ету мерзімі және наноөткізгіш негізіндегі InSb негізіндегі фотодетекторлардағы тасымалдаушының өту уақыты қысқарған кезде алуға болады, бұл бет пен көлем арасындағы наноөткізгіштің жоғары қатынасына байланысты. Сәтті демонстрациясы медицинада, қорғаныста, өртті анықтауда, қарым-қатынаста және астрономияда қолданылады.

Сол бағытта байланыстың иондық компоненті әлсірегенін ескере отырып, заряд тасымалдаушылардың қозғалғыштығы күрт артады. Барлық жартылай өткізгіштердің ішінде антимонид индий электрондардың рекордтық жоғары қозғалғыштығына ие. Көптеген қосылыстар үшін электрондардың қозғалғыштығының абсолютті мәні тесіктердің қозғалғыштығынан едәуір асып түседі. Ерекшелік-бұл тесіктердің қозғалғыштығы электрондардың қозғалғыштығынан үш есе дерлік болатын алюминий антимониді.

Соңғы жылдары қарапайым және күрделі жартылай өткізгіштер, металдар, оксидтер, нитридтер және басқа да бейорганикалық материалдар наноөткізгіштер түрінде шығарылды. Бұл сымның диаметрін өзгерту арқылы саңылауларды инженериялау мүмкіндігіне негізделген, бор радиусынан төмен сымдардың өлшемдеріне кванттық ұстау әсерлерін қолдану, жоғары сапалы монокристалды сымдарды пайдалану, ұқсас өлшемдегі ас қорыту құрылымдарымен салыстырғанда жақсартылған беттер және құрылғыларды төменнен жоғары қарай біріктіру мүмкіндігі. Диапазондағы саңылау энергиясының өзгеруін қажетті толқын ұзындығының режиміне байланысты диаметрдің диаметрін таңдау арқылы алуға болады.

Индий антимониді (InSb) – индий (In) және сурьма (Sb) элементтерінен жасалған кристалды қосылыс. Бұл инфрақызыл детекторларда, соның ішінде жылу сөндіру камераларында, инфрақызыл зымыран ілу жүйелерінде және инфрақызыл астрономияда қолданылатын III-V тобындағы тар саңылауы бар жартылай өткізгіш материал. Индий антимонид детекторлары толқын ұзындығы 1-5 мкм аралығында сезімтал.

Индий антимониді ескі, механикалық сканерленген жылу бейнелеу жүйелерінде өте кең таралған детектор болды. Тағы бір қолданысы - терагерцтің сәулелену көзі, өйткені ол қуатты фотоэммиттер.

Бұл материал ауа жарығының орташа толқынының камералық спектрін жасау үшін қолданылады.

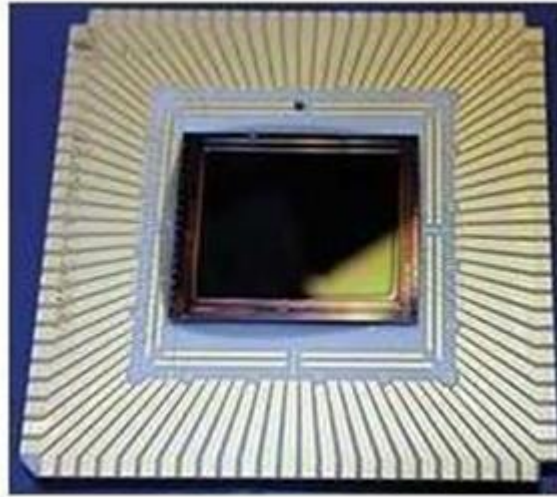
InSb детекторлары фотоэлектрлік болып табылады және инфрақызыл сәулеленуге ұшыраған кезде ток шығарады. 2.5-суретте InSb үшін шунт кедергісі, сыйымдылық дискам дискісі және ату шуы бар эквивалентті схема көрсетілген. Шу жүрісі фондық инфрақызыл сәулелену нәтижесінде пайда болатын тұрақты токтың нәтижесі болып табылады. InSb детектордың белсенді аймағына пропорционалды болғандықтан (сурет. 5), кішірек детекторларда жүру кезінде шу аз және мәндер аз болады.

Қаптама: барлық InSb сериялы детекторлар 77° жұмыс температурасын қажет етеді

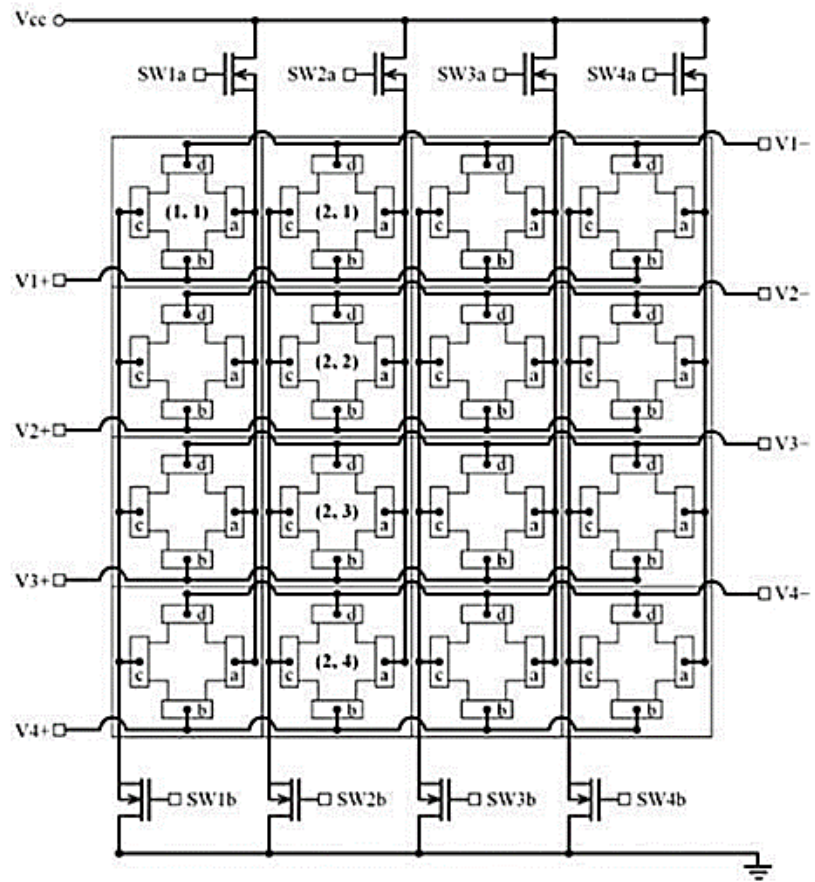
Детектор стандартты металл декормен, сапфир терезесімен және 60° көру өрісімен келеді. Терезелер мен экрандардың басқа нұсқалары бар. Барлық InSb детекторлары сұйық сусымалы азотсыз жұмыс істеу үшін салқындату детекторымен жабдықталуы мүмкін. Күшейткіші максималды сезімталдықты, күшейтуді және өткізу қабілеттілігін қамтамасыз ету үшін әрбір InSb детекторы үшін арнайы жасалған. Төмен құны бар реттелетін күшейту күшейткіші төмен жиілікті (DC-10 кГц) қолдануға жарамды. Күшейткішті күшейтуді таңдау, ең үлкен практикалық шаманы таңдау ең төменгі жалпы шуға әкеледі. Дегенмен, күшейткіштің алдында тұрақты токтың қанықтылығын болдырмау үшін ескеру қажет.

2.11 InSb сенсор

Жоғары өткізу қабілетімен сипатталатын индий антимониді (InSb) негізіндегі фотоэлектрлік детекторлар. Бұл InSb детекторлары тамаша электро-оптикалық өнімділікке ие және 1-ден 5,5 микронға дейінгі толқын ұзындығы диапазонында жұмыс істеуге арналған.



2.8 Сурет. InSb сенсоры

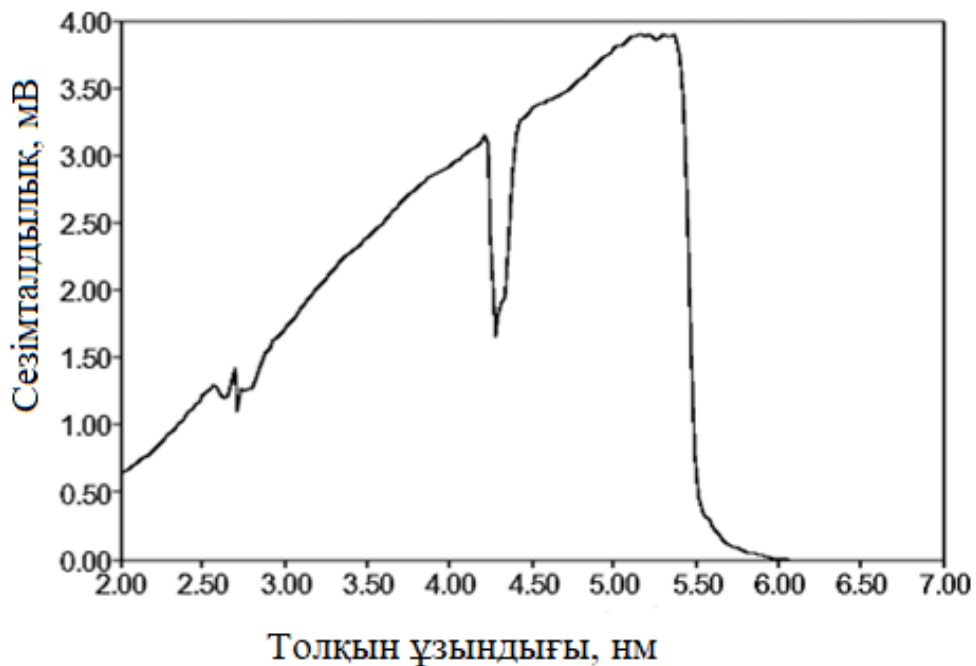


Сурет 2.9 Сенсор матрицасы



Сурет 2.10 Матрицаның әрбір элементінің құрылымы

Тек бір пиксельді детекторды және құрылымдық жарықтандыруды пайдаланып, метан газын бейне жылдамдығымен суретке түсіре алады. Жарық көзі метан газын сіңіру сызығына реттелген 1,651 мкм шамасында жұмыс істейтін инфрақызыл лазерлік диод болып табылады. Жарық Адамара маскаларының тізбегі бар лазерлік шығысты салу үшін адрестелетін микроайна массивімен құрылымдалған.



Сурет 2.11 Датчик сезімталдығының толқын ұзындығына тәуелділігі

Алынған шашыраңқы жарық бір InSb пиксельді детектордың көмегімен жазылады, ол болжамды үлгілер мен сахнадағы газдың таралуы арасындағы корреляция дәрежесін қамтамасыз етеді. Осы байланыс пен заңдылықтарды білу сахнадағы газ бейнесін қайта құруға мүмкіндік береді. Газдың ағып кетуін локализациялау қолданбалары үшін камераның кадр жиілігі бірінші кезекте маңызды болып табылады, бұл жағдайда бұл сызықтық рұқсаттың квадратына кері пропорционал. Мұнда біз 256 кадр үлгісін (16x16 кескін ажыратымдылығына сәйкес) пайдалана отырып, секундына 25 кадрмен газ кескіндерін көрсетеміз. Газ шығарындыларының көзін анықтау тапсырмасына көмектесу үшін біз ластанған төмен ажыратымдылықтағы газ кескінін стандартты интегралдық схемаларды құруға арналған жартылай өткізгіш камерасы арқылы түсірілген көріністің жоғары ажыратымдылықтағы түрлі-түсті кескінімен қабаттастырамыз.

3-тен 5 мкм-ге дейінгі спектрлік аймақта жоғары жылу сезімталдығы мен қолайлы атмосфералық өткізгіштігінің арқасында InSb сенсорларына негізделген камералар орта және ұзақ қашықтықтағы бақылау сияқты дәстүрлі қолданбаларда, сондай-ақ ғылыми және зерттеу мақсаттарында пайдаланылды. мұнда өте аз температура айырмашылықтарын анықтау немесе толқын ұзындығына негізделген бейнелеу пайдалы. Соңғы әзірлемелермен InSb дұрыс пассивацияланған кезде, заманауи камералардың толқын ұзындығы диапазонын 3 мкм-ден төмен қысқа толқынды инфрақызыл спектрлік аймағына, көрінетін және тіпті ультракүлгін толқын ұзындығына дейін ұзартудың қолайлы нұсқасы болды. Бұл кең жолақты бір құралмен көптеген мәселелерді шешуге мүмкіндік береді.

InSb артықшылықтары:

1. Қауіпті химиялық орта әсер етпейтін.
2. Каталитикалық сенсорлардан айырмашылығы, ИҚ датчиктері улануға бейім емес.
3. Айқас сезімталдықты жоя отырып, сутегін табу.
4. CO₂ ны басқа газдардың араласуынсыз анықтайды.
5. Газдардың жоғары концентрациясымен немесе ұзақ уақыт бойы әсер еткенде анықтау дәлдігінің төмендеуі байқалмайды.
6. Тұрақты және ұзақ мерзімді жұмыс тексеру үшін ең аз уақытты қажет етеді.

7. Ұзақ сақтаудан кейін де жұмыстың тұрақтылығы.

8. Каталитикалық датчикпен салыстырғанда иелену құнының төмендігі.

Кемшіліктерге жеткілікті түрде жатқызу керек:

1. Мұндай датчиктердің жоғары бағасы.

2. Сенсор жұмысы кезінде қосымша салқындату.

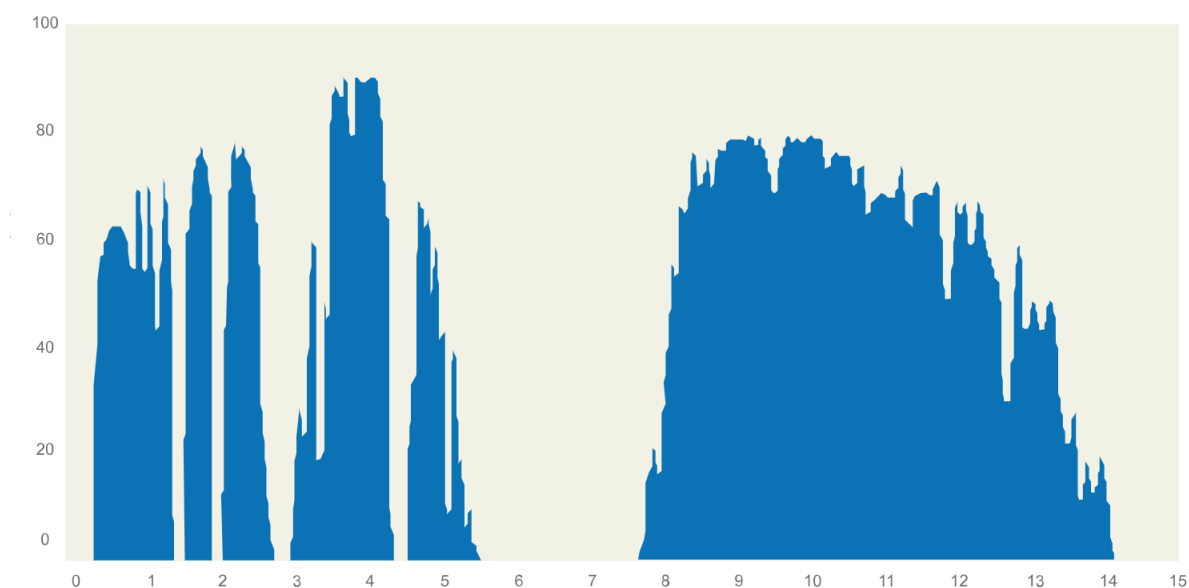
Инфрақызыл датчиктер өндірісте, шахталар мен туннельдерде, тұрмыстық газ детекторларында әртүрлі газдардың концентрациясы мен бақылау жүйелерінде кеңінен қолданылады. Пеллисторлық датчиктермен салыстырғанда жоғары бағаға қарамастан, тәжірибе қауіпсіздік жүйесіне салынған инвестициялар толығымен ақталатынын көрсетеді.

3. Оптикалық газанализаторының жұмыс істеу принципі

3.1. Атмосфералық терезелер

Инфрақызыл атмосфералық терезе – бұлттардан және теңіз бетіндегі құрлықтан түсетін кейбір инфрақызыл сәулелердің аралық жұтылусыз және қайта шығарылусыз тікелей ғарышқа өтуіне мүмкіндік беретін, әрбір орналасу және қызығушылық байланысы бойынша тұтас алғанда Жер атмосферасының жалпы динамикалық қасиеті, осылайша атмосфераны қыздырады.

Бұл қасиет бұлттардың, жердің және теңіз бетінен шығатын инфрақызыл (жылулық) сәулеленудің бір бөлігін айтарлықтай сіңірусіз және қайта шығарусыз, сондықтан атмосфераның өзін айтарлықтай қыздырмай-ақ ғарышқа шығуына мүмкіндік береді.



Сурет 3.1 Инфрақызыл спектрдегі атмосфералық терезе

Оны жай ғана электромагниттік спектрдің бір бөлігі немесе бөліктерінің жиынтығы ретінде анықтау мүмкін емес, өйткені терезе сәулесінің спектрлік құрамы әртүрлі жергілікті қоршаған орта жағдайларына, мысалы, су буының мөлшері мен құрлық-теңіз бетінің температурасына байланысты айтарлықтай өзгереді және аз немесе мүлдем жоқ. Спектрдің бөліктері жай ғана жұтылмайды, өйткені диффузиялық сәулеленудің бір бөлігі дерлік тігінен жоғары, ал бір бөлігі дерлік көлденең өтеді. Терезе динамикасы үшін негізгі парниктік газ болып табылатын су буының сіңіру спектріндегі үлкен алшақтық өте маңызды. Басқа газдар, әсіресе көмірқышқыл газы мен озон, өтуді ішінара блоктайды. Терезені электромагниттік сәулелену спектрінің бөліктерінің бөлігі немесе сериясы ретінде нақты анықтау мүмкін емес, бұл терезенің өте өзгермелі спектрлік құрамы мен қоршаған орта жағдайларына (су буы, сәулелену бетінің температурасы және т.б.) байланысты, бұл сәулеленудің өтуіне жол бермейді. Дәл сол себепті терезенің қасиеттері

радиацияның таралу бағытына байланысты (тігінен жоғары немесе жер бетіне параллель) ерекшеленеді. Сіңіру спектріне маңызды үлесті су буы («парниктік газ» деп аталатын көмірқышқыл газы, метан, азот оксиді және озонмен бірге) қосады, бұл оны терезе қасиеттерінің өзгеруінің ең маңызды факторына айналдырады.

«Атмосфералық терезе» және «спектрлік терезе» терминдерінің арасындағы айырмашылықты түсіну маңызды. Атмосфералық терезе атмосфераның динамикалық (өзгермелі) қасиеті болып табылады, ал уақыт спектрлік терезе сияқты көптеген парниктік газдардың сәулеленуін жұтудың тұрақты сипаттамасы болып табылады. Атмосфералық терезе дәл қазір атмосферада не болып жатқанын айтады, ал спектрлік терезе жалпы суретке көптеген факторлардың тек біреуінің әсерін көрсетеді. Осылайша, ИҚ сигналын анықтау үшін атмосфералық терезелер деп аталатындарды пайдалану қажет. Негізінде екі инфрақызыл атмосфералық терезелер (жолақтар) бар:

2-5,6 мкм қамтитын қысқа/орта толқынды терезелер және шамамен 7,5-14 мкм қамтитын ұзын толқынды терезе. Детектор материалдарының құрамы бір жолаққа сезімталдық үшін таңдалады. Бұл газды анықтауға және анықтауға арналған камералардың ауқымын сипаттайды.

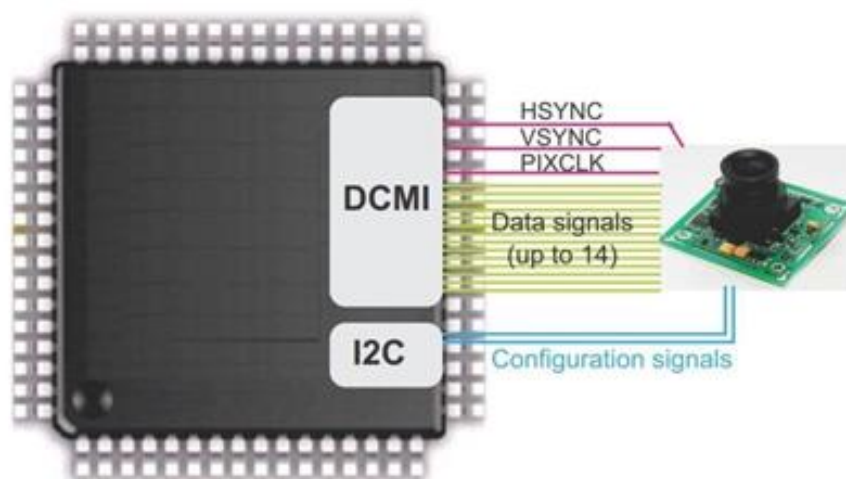
3.2. Оптикалық газ бейнесі

Газды визуализациялау үшін арналған оптикалық камерасы - тепловизионды камерасының немесе ИҚ жоғары мамандандырылған нұсқасы деп те айтуға болады. Ол линзадан, детектордан, пайдаланушы камера жасаған кескінді көре алатындай етіп детектордан, көріністапқыштан немесе экраннан келетін сигналды өңдейтін электроникадан тұрады. Газдың оптикалық бейнесін бейнекамерамен көргендей салыстыруға болады - оператор көзге мүлдем көрінбейтін газ бөлігін қалай үрлейтінін көреді. Газ шлейфі жанып жатқан заттан шығып жатқандай, темекі немесе темекі түтініне ұқсайды. Газдың бұл бөлігін көру үшін камера белгілі бір газ қосылысын анықтауға мүмкіндік беретін бірегей спектрлік сүзгі әдісін пайдаланады. Сүзгі детектордың алдына орнатылады және сүзгі мен детектор арасында кез келген сәуле алмасуды болдырмау үшін онымен бірге салқындатылады. Сүзгі сәулеленудің толқын ұзындығын шектейді, бұл оның детектор арқылы өту жолағы деп аталатын өте тар жолаққа өтуіне мүмкіндік береді. Бұл әдіс спектрлік бейімделу деп аталады.

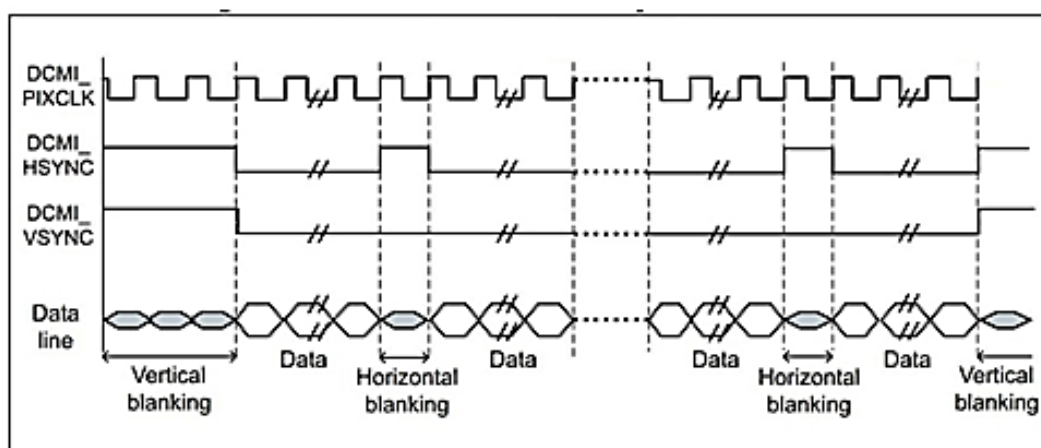
Камералар криогендік температураға дейін салқындатуды қажет ететін кванттық детекторларды пайдаланады (шамамен 70 К немесе -203 ° С). Метан сияқты көмірсутек газдарын анықтайтын орташа толқынды камералар әдетте 3-5 мкм (мкм) диапазонында жұмыс істейді және индий антимоиді (InSb) детекторын пайдаланады. Күкірт гексафториді сияқты газдарды анықтайтын ұзын толқын ұзындығы камералар әдетте 8-12 мкм диапазонда жұмыс істейді және кванттық жақсы инфрақызыл фотодетекторды пайдаланады.

Камералары белгілі бір молекулалардың сіңіру сипатын пайдаланып, оларды туған ортада бейнелейді. Камераның фокустық жазықтығы массивтері мен оптикалық жүйелер жүздеген нанометрлік тәртіпте өте тар спектрлік диапазондарға арнайы реттелген, сондықтан ультраселективті. Тар жолақты өту сүзгісімен шектелген инфрақызыл аймақта жұтатын газдар ғана анықтай алады. Көптеген газ қосылыстары үшін инфрақызыл сіңіру қасиеттері толқын ұзындығына байланысты.

Егер камера газ ағып кетпейтін жерге бағытталса, көру аймағындағы нысандар камераның объективі мен сүзгісі арқылы инфрақызыл сәулеленуді шығарады және көрсетеді. Объектілер мен камераның арасында газ бұлт болса және газ сүзгі жолағының өту жолағында сәулеленуді сіңірсе, бұлт арқылы детекторға өтетін сәулелену мөлшері азаяды. Бұлтты фонға қатысты көру үшін бұлт пен фон арасында жарқыраған контраст болуы керек.



Сурет 3.2. MCU-ны камера\датчик интерфейсіне қосу



Сурет 3.3 Микроконтроллердің тактілігі

Бұл жағдайда синхрондау үшін бөлгіш кодтар пайдаланылады. Бұл кодтар жолдың басын/соңын немесе кадрдың басын/соңын көрсету үшін деректер ағынына ендірілген.

Бұл кодтарға тек 8-биттік параллель деректер интерфейсінің ені үшін ғана қолдау көрсетіледі. Басқа деректер ендері үшін бұл режим әрі қарай талдауда қолданылатын болжау мүмкін емес нәтижені жасайды. Кодтар жолдың немесе кадрдың аяқталу/басталуын сигнал беру үшін DCM1_HSYNC және DCM1_VSYNC қажеттілігін жояды. Бұл уақыт режимін пайдаланған кезде деректер үшін пайдаланылмайтын екі мән бар: 0 және 255 (0x00 және 0xFF). Бұл екі мән осы сәйкестендіру мақсаттары үшін сақталған. Деректер мәнін басқару камера модуліне байланысты. Осы себепті кескін деректерінде тек 254 мүмкін мән болуы мүмкін (0x00 <сурет деректерінің мәні<0xFF). Әрбір синхрондау коды 4 байт 0xFF 00 00 XY тізбегінен тұрады, мұнда барлық кодтар бірдей бірінші 3 байт тізбегі 0xFF 00 00. Тек соңғы 0xXY сәйкес оқиғаны көрсету үшін бағдарламаланған.



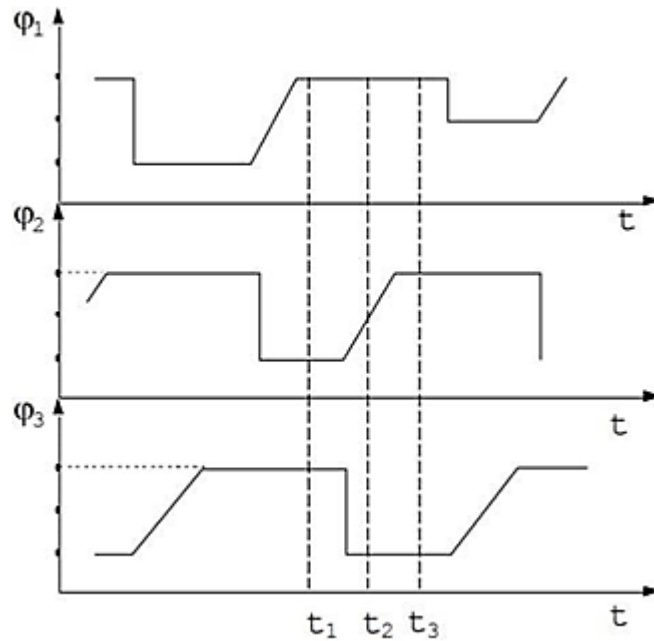
Сурет 3.4 Өлшеу әдісінің жалпылама құрылымы

Ақпаратты қамтамасыз етудің барлық құралдарының ішінде әртүрлі шығу тегінің оптикалық өрістерін талдау үшін қолданылатын барлық қолжетімді ақпарат мазмұнының ең жоғары көрсеткіші бар телевизионды жүйелерін ажыратуға болады.

Сонымен қатар, тек телевизионды жүйе технологиясымен қамтамасыз ете алатын сипаттамалары бар өлшеу құралдарына үнемі өсіп келе жатқан сұраныс бар. Астрономия, көлік, металлургия өндірісі, материалдарды өңдеуге арналған лазерлік және электронды сәулелік технологиялар, медициналық диагностика және т.б. маңызды мәселелерді шешуге көптеген талпыныстар жасалуда.

Қазіргі уақытта атмосфераның экологиялық мониторингінің қолданыстағы жүйелері негізінен ластаушы заттардың таралуының математикалық принциптері негізінде жасалған модельдерге негізделген, алынған нәтижелер бақылау нүктелерінің схемасы бойынша алынған нақты нәтижелермен салыстырылады.

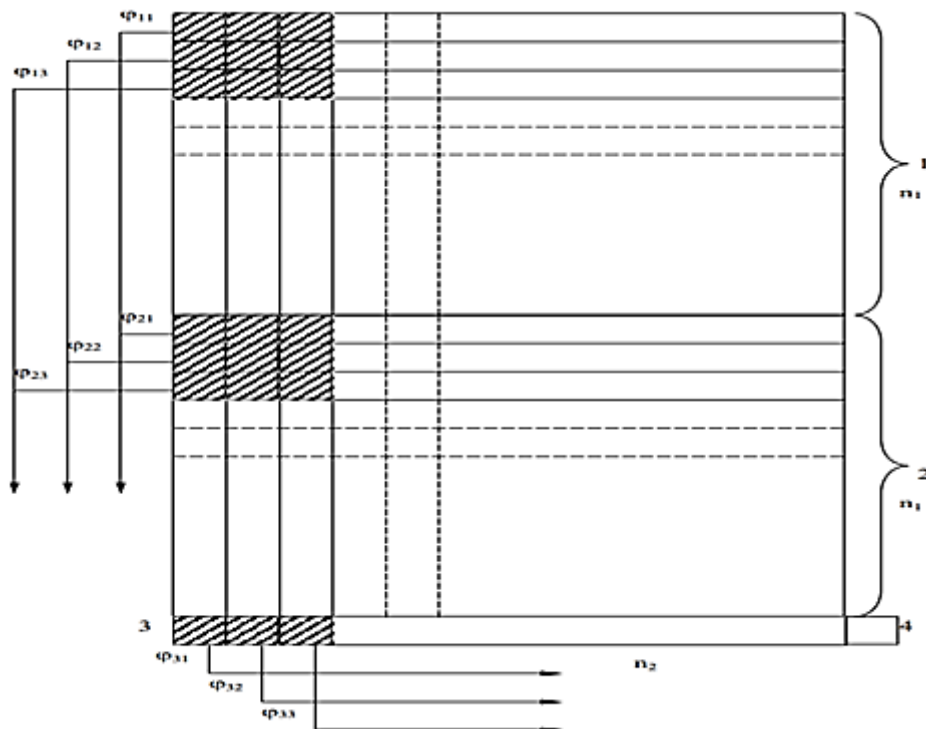
Спектрлік диапазон белгілі бір көру өрісін қамтамасыз ететін оптикалық жүйенің сипаттамаларына сәйкес таңдалады, ал динамикалық диапазон объектінің диапазонының жарықтығына да сәйкес келеді.



Сурет 3.5 Фазалық кернеулердің графиктері

Суретте көрсетілген кернеулер циклі ретімен қайталанады, зарядтар бір электродтан екіншісіне өтіп, сигнал қабылданатын және күшейтілетін бастапқы элементке жетеді.

Бірінші матрица, яғни генерациялаушы, жарық ағынын қабылдайды, ал екіншісі, жады матрицасы жарық ағынынан оқшауланған және сигналды оқуға арналған. Зарядтардың бірінші матрицадан екінші матрицаға ауысуы кернеулер тізбегін құрудың ұқсас әдісімен жүреді.

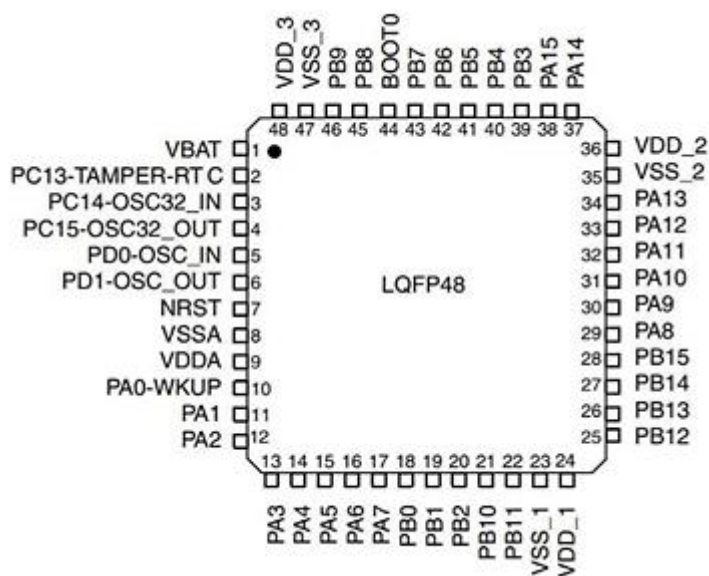


Сурет 3.6 Тұрақты есте сақтау құрылғысы матрицасына сигнал беру схемасы

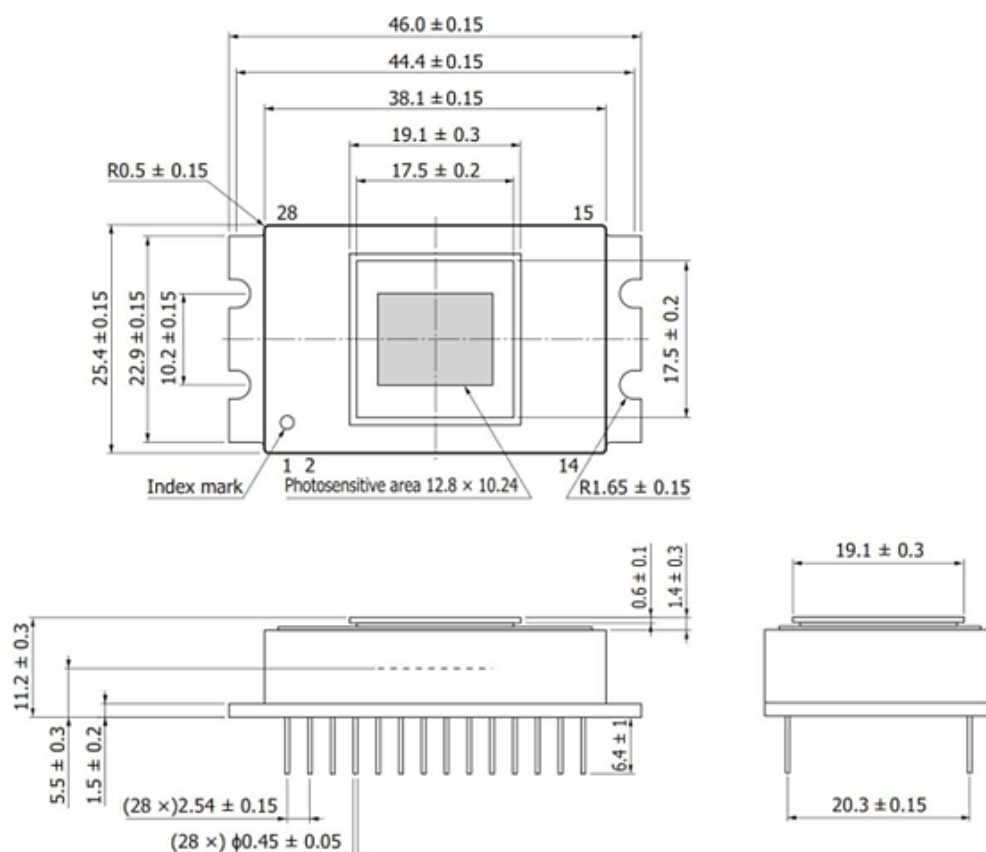
Содан кейін зарядтау схемасы U11, U12, U13, U21, U22, U23 импульстары арқылы 2 секцияға беріледі. Секциялар оптикалық түрде бөлінген, олардың электрондық схемасы ортақ. Түсінікті болу үшін импульстарды белгілеудегі бірінші сандар енгізілген. Тасымалдау уақыты $t1=n1/f1$ қатынасымен анықталады, мұндағы $n1$ – әр секциядағы желілердің саны, $f1$ – желілерді беру жиілігі. 2-бөлімде зарядтар жолдар бойынша 3-регистрге және U31, U32, U33 элементтік импульстар арқылы 4-шығыс элементіне ауыстырылады. Бір жолдың шығыс элементі арқылы өту уақыты $t2=n2/f2$, мұндағы $n2$ - бұл қатардағы элементтер саны, $f2$ – жіберу жиілігі. Бір заряд үлгісін бастапқы элементке тасымалдау үшін $t3=n1n2/f2$ уақыт қажет.

Тұрақты есте сақтау құрылғысының негізгі паспорттық сипаттамаларына мыналар жатады: жұмыстық жарықтандыру E - параметрлердің номиналды мәндерін қамтамасыз ететін жарықтандыру; спектрлік сезімталдық аймағы P S(t) - сезімталдық $0,1S_{max}$ болатын min және max екі мәнінің арасындағы интервал; N_c сигналының кескін өрісі бойынша біркелкі болмауы сигналдың бір мақсатты жарықтандыру кезінде оның орташа мәнінен ауытқуы; рұқсат.

3.3 Инфрақызыл газ анализаторын құрайтын компоненттер



Сурет 3.7. STM32f104 микроконтроллер құрылымы



Сурет 3.8 Оптикалық газанализаторының датчигі

SSD1289 сипаттамасы:

- 262 түсті аморфты TFT LCD үшін 240RGBx320 жалғыз басқару микроконтроллерінің драйвері;

- қуат блогы;

- VDDEXT = 1,4 В – 3,6 В (ішкі логикасы) VDDIO = 1,4 В – 3,6 В (шығыс/кіріс интерфейсі)

- VCI = 2,5 В – 3,6 В (ішкі аналогтық схемаға арналған қуат көзі)

- Шығу кернеулері

- VGH-GND = 9V ~ 15 В VGL-GND = -7 ~ -15 В VGH-VGL = 30Vp-p

- драйвер көзі: V0 – V63 = 0 – 5V

Көздегі шығыс кернеуінің әдеттегі ауытқуы: ±10 мВ

- привод VCOM:

- VCOMH = 3,0 В ~ 5,0 В VCOML = -2.0V ~ -3.0V VCOMHA = 5,5 В

- Жүйе интерфейсі

- 8/9-/16-/18-биттік 6800 сериясы/параллель 8080 сериясы арқылы жоғары жылдамдықты интерфейс

- сериялық перифериялық интерфейс (SPI)

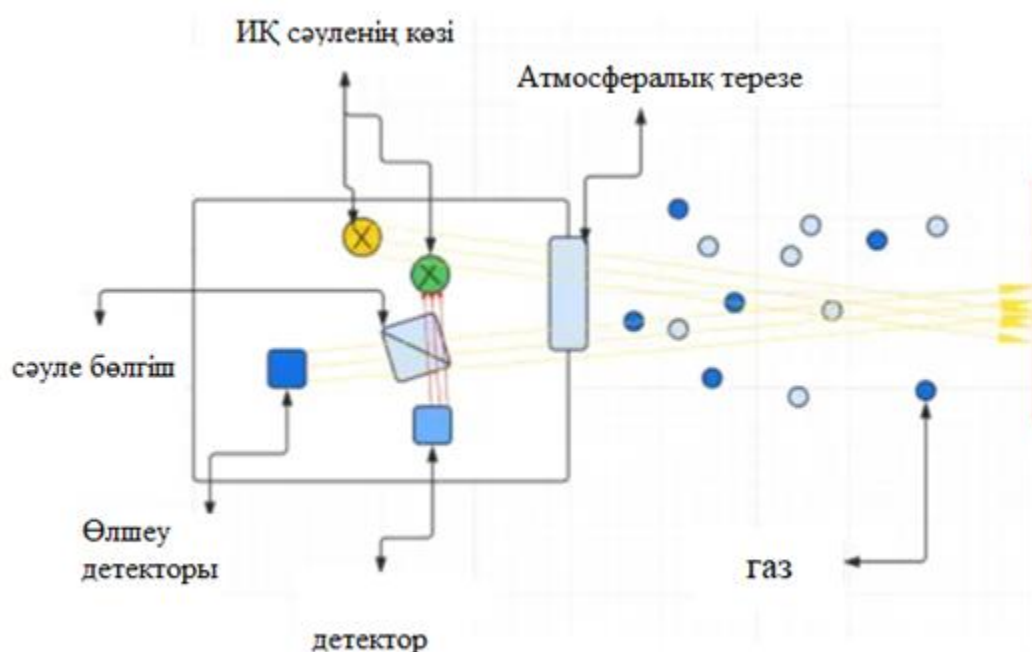
- қозғалатын кескінді көрсету интерфейсi

- 6-/16-/18-битті RGB-интерфейс (DEN, DOTCLK, HSYNC, VSYNC, DB17-0)

- интерфейс VSYNC (Жүйе интерфейсі + VSYNC)
- интерфейс WSYNC (Жүйе интерфейсі + WSYNC)
- Төмен қуатты қолдау:
 - төмен кернеу көзі;
 - төмен ағымдағы ұйқы режимі;
 - Қуатты үнемдеу үшін 8 түсті дисплей режимі;
 - күшейтілген схемалар үшін зарядты бөлісу функциясы;
- Жоғары жылдамдықты RAM мекенжай функциялары
- оперативті жадқа жазуды синхрондау функциясы

Өлшеуге кедергі келтіретін атмосфералық терезелер қарастырылды. Сондай-ақ осы бөлімде соңғы құрылғының негізгі құрамдас бөліктері қарастырылды, олардың сипаттамалары таңдалды.

Оптикалық инфрақызыл газ анализаторларын пайдалану. Бұл өлшеу принципі көптеген газдар инфрақызыл сәулелерді жұтатындығы және бұл газдардың әрқайсысының белгілі бір жұтылу спектрі бар екендігі белгілі фактіге негізделген. Датчик ИҚ жарық көзі мен датчиктен тұрады, олардың арасында оптикалық сүзгі мен өлшеуіш ұяшық орнатылған. Өлшеу ұяшығына кіре отырып, газ белгілі бір мөлшерде инфрақызыл сәулені жұтады, бұл кезде сенсор кіріс инфрақызыл сәулесінің қарқындылығының төмендеуін анықтайды және белгілі тәуелділікке (калибрлеу қисығы) негізделген шығыс сигналын тудырады [2]. Оптикалық инфрақызыл газ анализаторының сұлбасы төменгі суретте көрсетілген.



Сурет 3.9. Оптикалық инфрақызыл газ анализаторының сұлбасы

Көмірсутектер белгілі бір толқын ұзындығы диапазонында, шамамен 3,3-3,5 микрон шамасында сәулеленуді сіңіреді. Сонымен бірге бізді қоршаған ауаның негізін құрайтын азот пен оттегі бұл толқын ұзындығымен сәулені сіңірмейді. Сондықтан дәл осы толқын ұзындығы көмірсутек газдарының оптикалық инфрақызыл газ анализаторларында қолданылады. Өлшеу детекторының кристалы тек толқын ұзындығы 3,4 мкм, ал анықтамалық детектор 4,0 мкм сәулеленуді ғана қабылдайды. Көмірсутекті газдар толқын ұзындығы 4,0 мкм сәулеленуді сіңірмейді, сондықтан анықтамалық детектор газ анализаторының оптикалық ластануына және эмитенттің қартаюуына сезімтал еместігін қамтамасыз етеді және техникалық қызмет көрсету сигналын жасауға мүмкіндік береді.

Инфрақызыл газ анализаторларының артықшылықтары: Полимерлеуші және коррозиялық заттарға және катализдік улануға сезімталдық ең маңызды артықшылықтардың бірі болып табылады. Сондай-ақ, оттегісіз және оттегі аз атмосферадағы газдарды анықтау мүмкіндігі және сутегі мен күкіртті көміртегіге сезімталдық бұл құралды қолдануда жан-жақты етеді. Ал ақауларға төзімділіктің жоғарылауы, газ ағынының жылдамдығына сезімталдық және көрсеткіштердің ұзақ мерзімді тұрақтылығы бұрын қиын болған жерде өлшеулерді жүргізуге мүмкіндік береді.

Жалпы сенімділікті бағалау

Сенімділік параметрі өнімнің қасиеттерін сақтайтын уақыт кезеңін анықтайды. Стандартты құрылымдардың сенімділік көрсеткіштерін есептеу үшін бастапқы деректер мыналар болып табылады: оған кіретін бөлшектердің түрлерін, барлық бөлшектердің жұмыс режимін (электрлік, климаттық және механикалық), қалыпты жағдайда бөлшектердің барлық түрлерінің істен шығу жылдамдығын көрсететін схемалар және нақты режимдер, бірте-бірте істен шығуға ұшырайтын элементтер үшін белгісіз жұмыс және орташа уақыты.

Жалпы алғанда сенімділікті арттыру мәселесі интегралдық схема элементтерінің оңтайлы құрылымын әзірлеумен, материалдарды саналы түрде таңдаумен, схема шешімдерін сынаумен және оңтайландырумен байланысты күрделі міндет екені көрсетілген.

Егер 100 сағатта өнім 0,01 істен шықса, жұмыстың бір сағатында бұл сан 100 есе аз, яғни сағатына 0,0001 істен шығуы керек. Бұл мән сәтсіздік жылдамдығы немесе сәтсіздік деңгейі деп аталады және МТВФ-тің өзара мәні болып табылады.

Бұл мән статистикалық, орташаланған, өнімнің жеткілікті үлкен саны үшін және ресурстық кезең ішінде, яғни өнімнің орташа тәуліктік қызмет ету мерзімі ішінде әділ болып табылады. Бұл мән жабдықтың жеке элементтерінің де, бүкіл құрылғының да сенімділігін сипаттай алады. Құрылғының істен шығуы осы жабдықтың барлық элементтерінің істен шығу жылдамдығының қосындысына тең болады:

$$\Lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i h_i$$

мындағы λ_i - сәтсіздік деңгейі. Содан кейін сәтсіздіктер арасындағы уақыт:

$$t = \frac{1}{\Lambda}$$

Жасалған құрылғының сенімділігін есептеу

Есептің міндеті 100 сағат жұмыс кезінде істен шықпау ықтималдығын $P(t)$ және $t(m)$ істен шығудың жалпы уақытын анықтау болып табылады. Ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы істен шығуды ескеруі керек: апатты (кенеттен), параметрлік (біртіндеп). Аспап элементтерін және тұтастай алғанда бүкіл құрылғыны пайдалану кезінде бірқатар сенімділік позициялары қолданылады.

Бір типті элементтердің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы:

$$P(t) = \prod_{i=1}^N P_i(t),$$

мындағы N - элементтегі компоненттер саны,

P_i - i -ші санның құрамдас бөлігінің ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы.

Зертханалық жағдайларда қалыпты жұмыс жағдайында ($t, ^\circ\text{C} = 20$), бөлшектердің «бекіту» кезеңі аяқталған кезде, істен шығу жылдамдығын тұрақты деп санауға болады. Барлық құрамдастардың істен шығу жылдамдығын көрсететін арнайы іздеу кестесі бар. Компоненттер тобынан тұратын элементтер үшін жалпы қарқындылық ретінде анықталады:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N N_i \lambda_i$$

Ақаулар арасындағы уақыт мөлшері (жұмыс уақыты) заңмен анықталады:

$$t_m = \int P(t) dt = \int \lambda_{-\lambda t} dt = 1 / \lambda$$

мындағы λ_{Σ} жұмыс жағдайлары үшін түзету коэффициенттерін ескере отырып λ тең.

t кезінде ақаусыз жұмыс істеу ықтималдығы:

$$P(t) = e^{-\frac{t}{t_m}}$$

мұндағы t әдетте 1000 сағатқа тең қабылданады.

Бірінші тенденция өнімді әзірлеуге және сынауға кететін шығындарды қысқарту және өндірісті бастау уақытын қысқарту қажеттілігіне байланысты коммерциялық құрамдастарды пайдаланудың артуына қатысты анықтау.

Бұл қолданбалардың көпшілігінде қатаң сенімділік (сенімділік және қолжетімділік) талаптары бар, себебі жүйенің ақаулығы экономикалық шығынға, адам қауіпіне немесе қоршаған ортаға зиян келтіруі мүмкін. Жүйенің істен шығуына әкелетін ақаулардың әртүрлі түрлерінің ішінде желілік құрылғының тұрақты ақаулары негізгі әсер етеді. Олар ұзақ уақыт бойы байланысқа кедергі келтіруі мүмкін, сондықтан басқару алгоритмдерін бұзады немесе тіпті өшіреді. Тұрақты ақауларды бағалауға құрылымдық тәсілдің жоқтығы жүйе құрастырушыларына осы оқиғаларды азайтатын шешімдерді онтайландыруға кедергі жасайды.

Температура 20°C (қалыпты зертханалық жағдайлар) мен 60°C және одан жоғары болуы мүмкін. Бұл жобада құрылғы төтенше жағдайларға арналған деп, элемент 100% жүктемемен жұмыс істейді деп есептейміз, яғни $K_N = 1$.

Төмендегі 3.1-3.4 кестелерде спецификацияға сәйкес электронды инфрақызыл датчигінің тізбегін әзірлеу кезінде қолданылатын электрондық компоненттер үшін температураны түзету коэффициентінің мәні көрсетілген. 3.5-кестеде сенімділік көрсеткішін есептеу үшін қажетті баспа тақшасын жобалауда қолданылатын элементтер және олардың параметрлері келтірілген.

3.5-кесте. Температураға байланысты германий резисторлары үшін K_T температуралық коэффициентінің мәні

T, °C	K_T
20	1
30	1,5
40	1,9
50	2,5
60	3,2

Кесте 3.2 Температураға байланысты галлий арсенидті диодтар үшін K_T түзету температуралық коэффициентінің мәні

T, °C	K_T
-------	-------

20	1
30	1,15
40	1,2
50	1,25
60	1,5

3.3-кесте. Температураға байланысты интегралдық схемалар үшін K_T температуралық коэффициентінің мәні

$T, ^\circ\text{C}$	K_T
20	1
25	1
45	1,2
60	1,5

3.3-кестедегі интегралды схемалар үшін K_T температураны түзету коэффициентінің мәндері схеманы құрастыруда қолданылатын кремний транзисторлары үшін бірдей. ИҚ және фотодиодтар ұқсас температураны түзету коэффициенті және экстремалды пайдалану жағдайында олар дерлік бірдей мәнге ие болады $K_T = 1,5$.

Керамикалық конденсаторлар үшін температураны түзету коэффициентінің K_T мәні температураға байланысты

$T, ^\circ\text{C}$	K_T
20	1
30	1,2
40	1,4
50	1,6
60	2,0

Біз барлық конденсаторлар керамикалық, монолитті, бір типті деп есептейміз; есептеуді жеңілдету үшін бұл сенімділік параметрін есептеуге дерлік әсер етпейді, өйткені металл пленкалы конденсаторлар мен керамикалық конденсаторлар 60°C (2,0) температурада K_T температураны түзету коэффициентінің ұқсас мәніне ие. Резисторлар үшін түзету коэффициентінің мәні ОМЛТ-0,125 типті германий резисторларының мысалында алынды.

Нақты жұмыс жағдайында құрылғының элементтеріне: діріл, соққы, қысым, күн және енетін радиация және басқа факторлар әсер етуі мүмкін. Сондықтан нақты жабдық элементтерінің сенімділігі элементтердің жұмыс істеуінің зертханалық жағдайындағы жабдықтың сенімділігінен айтарлықтай ерекшеленеді. Шамамен есептеу K_λ интегралды түзету коэффициенті арқылы

жүргізіледі. Техникалық сипаттамалары бойынша құрылғы стационарлық жердегі құрылғыларға жатады, яғни $K_\lambda = 10$. Құрылғының құрамдас базасына сәйкес экстремалды жағдайларда құрылғының сенімділік индексі есептеу үшін қажетті негізгі параметрлер таңдалды.

Элемент 100% жүктемемен жұмыс істейді делік, яғни $K_H = 1$. Барлық қажетті параметрлер 3.5-кестеде құрылымдалған, төменде сенімділік индексінің есебі берілген. Рі электрондық компоненттерінің қарқындылығы қосымша әдебиеттерден алынды.

3.5-кесте

Баспа схемасын жобалау үшін қолданылатын элементтер тізімі және олардың сенімділік индексі есептеу үшін қажетті параметрлері

Элементтер мен түйіндер	Саны, N_i	K_T	Сәтсіздік деңгейі λ_i
Микросұлбалар	1	1.5	$0.2 \cdot 10^{-6}$
Конденсаторлар	6	2.0	$0.5 \cdot 10^{-6}$
ИҚ диод	1	1.5	$0.5 \cdot 10^{-6}$
Резисторлар	3	3.2	$0.1 \cdot 10^{-6}$
Дисплей	1	1.5	$0.1 \cdot 10^{-6}$
Сенсор	1	1.6	$0.1 \cdot 10^{-6}$
Квартцты резонатор	1	2.0	$0.1 \cdot 10^{-6}$
Кернеу реттегіш	1	1.7	$0.1 \cdot 10^{-6}$

Сенімділік көрсеткішін есептеу

$$\lambda_0 = N_i \cdot \lambda \cdot K_T = 1 \cdot 1,5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} + 6 \cdot 2,0 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 1,5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6} + 3 \cdot 3,2 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 1,5 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} + 1,6 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} + 2,0 \cdot 1 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} + 1 \cdot 1,7 \cdot 0,1 \cdot 10^{-6} = 8,69 \cdot 10^{-6}$$

$$\lambda = \lambda_0 \cdot K_\lambda = 8,69 \cdot 10^{-6} \cdot 10 = 8,69 \cdot 10^{-5}$$

$$1/8,69 \cdot 10^{-5} = 1150 \text{ жыл}$$

$$P(t) = e^{-\frac{t}{t_m}} = e^{-1000/1150} = 2,718^{-0,8695} = 0,4191$$

ИҚ датчигінің сенімділік көрсеткіші есептелді.

Датчиктің сенімділігінің көрсеткішін есептеу құрылғыны экстремалды жағдайларда 1000 сағат жұмыс істеу арқылы алынды. Алынған нәтиже 0,4191, бұл құрылғының экстремалды жағдайларда 1000 сағат жұмыс істей алатындығын көрсетеді және бұл ол үшін маңызды емес, ол сәтсіздікке ұшырамайды, әрине есептеу шамамен алынған, бірақ соған қарамастан, біз бұл

деп айта аламыз. схема өте жақсы және сенімді, өйткені нақты жағдайларда ол ұзағырақ және сенімдірек жұмыс істей алады.

ҚОРТЫНДЫ

Бұл жұмыста газдың концентрациясын өлшейтін құрылғы жасалды, зерттелетін газ – көмірсутек.

Көмірсутекті анықтау үшін 2,5-5,5 нм толқын ұзындығына әрекет ететін индий антимионидінен жасалған сенсор зерттелді.

Жұмыста алдымен газанализаторлар түрі қарастырылып оның тиімдісі таңдалынды. Бірінші бөлімде көмірсутекті газдардың, концентрациясын анықтау үшін қандай электронды құралдарды қолдануға болатындығын анықтадық. Біздің зерттеу мақсатымызға жету үшін ауадағы жанғыш газдардың концентрациясының жоғары деңгейін анықтау үшін ең қолайлы датчиктер жартылай өткізгіш датчиктер екенін анықтадық, өйткені олар кең ауқымдағы газдарды анықтауға арналған.

Екінші бөлімде газдың спектралдық қасиеттерін зерттеу жұмыстары орындалды.

Оптикалық әдіс спектрдің инфрақызыл диапазонында жарық ағынының энергиясын жұту үшін анықталатын газ молекулаларының қабілетіне негізделген. Схема бойынша, осы принцип бойынша құрастырылған құрылғы келесідей көрінеді: ИҚ спектрінде қажетті толқын ұзындығын таңдайтын белгілі бір оптикалық сүзгісі бар сәулелену көзі (қыздыру шамы немесе жарықдиодты) және инфрақызыл сәулелену қабылдағышы (пиродетектор немесе фотодиод) бар.

Термиялық каталитикалық әдіспен салыстырғанда өлшеудің оптикалық әдісінің екі артықшылығын бірден атап өтейік. Біріншіден, ол датчиктің улану мүмкіндігін жояды. Екіншіден, осы принцип бойынша құрастырылған құрылғы оттегісіз атмосферада шексіз сезімталдыққа ие, ал оттегі аз атмосферада этилен, сутегі және күкірт көміртегіге сезімталдық жоқ.

Дегенмен, оптикалық газ анализаторларының дамуының өзіндік қиындықтары бар. Құрылғының сезімталдығы оптикалық жолдың ұзындығына байланысты: ұзындық неғұрлым ұзақ болса, сезімталдық соғұрлым жоғары болады. Өлшемді ұлғайтпай оптикалық жолды ұлғайту үшін өндірушілер жиі айналар арқылы бірнеше шағылыстыру схемаларын жүзеге асырады.

Көмірсутектер белгілі бір толқын ұзындығы диапазонында, шамамен 3,3-3,5 микрон шамасында сәулеленуді сіңіреді. Сонымен бірге бізді қоршаған ауаның негізін құрайтын азот пен оттегі бұл толқын ұзындығымен сәулені сіңірмейді. Сондықтан дәл осы толқын ұзындығы көмірсутек газдарының оптикалық инфрақызыл газ анализаторларында қолданылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Богуш М.В. Пьезоэлектрические датчики для экстремальных условий эксплуатации. Ростов-на-Дону. Издательство СКНЦ ВШ, 2006, 346 с: ил.
- 2 Богуш М.В. Бинеев Р.У. Шатуновский О.В. Пьезоэлектрические датчики давления для вихревых расходомеров. – В кн.: Методы и средства измерения в системах контроля и управления. Материалы Международной научно-технической конференции. – Пенза: изд-во ПГУ, 1999, с 6- 8.
- 3 Богуш М.В. Пьезоэлектрические датчики для вихревых расходомеров воды, газа и пара. – В кн.: Коммерческий учет энергоносителей. – СПб.: Политехника, 2000, с 28-30.
- 4 Проектирование датчиков для измерения механических величин/ Под общ. ред. Е.П. Осадчего. – М.: Машиностроение. 1979. -480 с.
- 5 8.Левшина К.С., Новицкий И.В. Электрические измерения физических величин, М.: Энергоатомиздат, 1973, с. 107-130
- 6 Датчики теплофизических и механических параметров: Справочник в трех томах. Т.1/ Под общ. ред. Ю.Н. Коптева, М.:ИПРЖР, 1999 –548 с.
- 7 Физические величины: Справочник/ А.П.Бабичев, Н.А. Бабушкина, А.М. Братковский и др.; Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. – М.; Энергоатомиздат, 1991. -1232 с.
- 8 Кулаков М.В., Казаков А.В., Шелястин М.В. Технологические измерения и аналитические приборы в химической промышленности. М.: Машиностроение, 1964.-237 с.
- 9 Павленко В.А. Газоанализаторы,- М.: Машиностроение, 1965,205 с.
- 10 Махмутов, Ш. Я. Применение газочувствительных датчиков при бурении нефтегазовых скважин: научная статья по теме / Ш. Я. Махмутов, А. В. Соколов. — Москва: Москва, 2007. - 32 с. - ISSN: 2072–4799
- 11 Латышенко, К. П. Технические измерения и приборы в 2 т. Том 1 в 2 кн. Книга 2: учебник для академического бакалавриата / К. П. Латышенко. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2019. - 259 с. - (Университеты России). - ISBN 978–5-534–04193-4
- 12 Хаматдинова, А. В. Приборный контроль состояния газовой среды на предприятиях нефтепереработки: журнал «Технологии техносферной безопасности», выпуск № 4 / А. В. Хаматдинова, О. В. Смородова. - Москва, 2015. - 7 с.
- 13 Кировская И.А. Возможные пути регулирования свойств поверхности алмазоподобных полупроводников и некоторые аспекты их реализации // Неорганические материалы, 1994. Т. 30. № 2. С. 144-152.
- 14 Марков В.Ф., Маскаев Л.Н. Полупроводниковый чувствительный элемент газоанализатора оксидов азота на основе сульфида свинца // Журн. аналит. химии, 2001. Т. 56. № 8. С. 846-850.

15 Кировская И.А. Поверхностные явления. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001 -175 с.

16 Кировская И.А. Поверхностные свойства алмазоподобных полупроводников. Адсорбция газов. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1984. -186 с.

17