

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

“Электроника ва асбобсозлик” кафедраси

БИТИРУВ МАЛАКАВИЙ ИШИНИНГ ҲИСОБЛАШ ТУШУНТИРИШ ҚИСМИ

Бажарди: 39-10 А гуруҳ талабаси
Аббазов А.

Рахбар: Ўрозалиев Ғ.

Такризчи: Ботиров Д.

Фарғона – 2014 й.

Мундарижа

Кириш.....	3
I –БОБ.Атмосферадаги карбонат ангдрид газы концентрациясини назорат қилишнинг мавжуд усуллари ва қурилмалари анализи.....	4
1.1. Иссиқлик газоанализаторлари.....	4
1.2. Акустик газоанализатор.....	5
1.3. Оптик азоанализаторлари.....	13
1.4. Оптик газоанализаторлари.....	15
II-БОБ. Атмосферани асосий таркиби ва карбонат ангдрид газининг оптик характеристикаларини тадқиқ илиш.....	26
2.1. Карбонат ангдрид газининг спектраль характеристикаларини тадқиқ қилиш.....	26
2.2. Атмосфера таркиби билан оптик нурларини бир-бирига таъсирини текшириш.....	28
III – БОБ. Атмосферадаги карбонат ангдрид газы концентрациясини аниқловчи оптоэлектрон қурилма учун нур диоди ва фотоприёмникни танлаш.....	30
3.1. Нур диодлар оптимал конструкциясини яратиш.....	30
3.2. Нур диодлар асосий характеристикаларини кўриб чиқиш.....	35
3.3. Фотоприёмниклар ва уларнинг асосий арактеристикалари.....	42
IV-БОБ. Дифференциал ютиш усулида ишловчи лазерли газанализаторларини принципиал схемасини ишлаб.....	47
4.1 Дифференциал ютиш усули.....	47
4.2. Дифференциал ютиш усулида ишловчи лазерли газанализаторларини принципиал схемасини ишлаб чиқиш.....	49
4.3. Дифференциал ютиш усулида ишловчи карбонат ангидрид газы концентрациясини назорат қилувчи лазерли газанализаторларини принципиал схемасини яратиш	54
V-БОБ.Мехнат муҳофазаси.....	59

VI-Хорижий нвеститция.....	65
Хулоса.....	68
Адабиётлар.....	69.

Кириш.

Хозирг даврда атроф-мухит холатини назорат қилиш катта аҳамиятга эга. Атроф-мухит холатини назорат қилишда асосан газоанализаторлар асосий қурилма ҳисобланади.

Газоанализаторларнинг асосий вазифаси ҳаво мухитида мавжуд инсон организми учун хатарли бўлган газлар миқдорини аниқлашдан иборат. Газоаналитик қурилмалар шунингдек яшаш жойлари мухитдаги газли ифлослантиришни аниқлаш ва ундан инсон саломатлигига хавfli бўлган захарли газ бирикмаларини топишда ҳам ишлатилади. Бу қурилма атроф-мухитни химоя ва назорат қилиш масалаларини ечишда қўлланади.

I-БОБ .АТМОСФЕРАДАГИ ГАЗЛАР КОНЦЕНТРАЦИЯСИНИ НАЗОРАТ ҚИЛИШНИНГ МАВЖУД УСУЛЛАРИ ВА ҚУРИЛМАЛАРИ

1.1 Иссиқлик газоанализаторлари.

Иссиқлик газоанализаторларининг ишлаш принципи аниқланаётган қўшимча иссиқлик хусусиятларини ўлчашга асосланган. Бу хусусиятлар аниқланаётган қўшимча концентрация ўлчами бўлиб хизмат қилади.

Иссиқлик газоанализаторлари ишлаш принципига кўра термокондуктометрик ва термохимик газоанализаторларга бўлинади.

Термокондуктометрик газоанализаторлар ишлаш принципи текшириладиган газ аралашмаси таркибидаги аниқланаётган қўшимча концентрацияга боғлиқ бўлган иссиқлик ўтказувчанликни ўлчашга асосланган. Молекуляр массалари яқин бўлган газ аралашмалари учун уларнинг иссиқлик ўтказувчанлиги аддитивлик қонунига қисман бўйсунди, яъни қуйидаги тенгликка мос келади:

$$\lambda_{cm} = \lambda_a C_a + \sum_{i=1}^n C_i \lambda_i \quad (1.1)$$

бу ерда: λ_{cm} , λ_a , λ_i – аралашмалар иссиқлик ўтказувчанлиги: аниқланаётган ва i -чи аниқланаётган қўшимчаларники, C_a , C_i – аниқланаётган ва i -чи аниқланаётган қўшимчалар (ҳажмий қисмдаги) концентрациялар.

$$C_a + \sum_{i=1}^n C_i = 1 \quad (1.2)$$

n – аниқланаётган қўшимчалар умумий сони.

(1) формуладан келиб чиқиб айтиш мумкинки, термокондуктометрик усул танланганда хисобланади ва фақатгина бинар ёки псевдобинар аралашмаларни текшириш учун ишлатилиши мумкин, яъни (1) тенгликлар бундай аралашмалар учун қуйидагича бўлади:

$$\lambda_{cm} = \lambda_a C_a + (1 - C_a) \lambda_m \quad (1.3)$$

бу ерда: λ_m – текшириладиган аралашма аниқланаётган қисми иссиқлик ўтказувчанлиги.

Бундан кўриниб турибдики, термокондуктометрик усул углеводород концентрациясини ёки сонини аниқлаш учун яроқсиз, чунки, углеводород иссиқлик ўтказувчанлиги кислородникига тенг. Хаводаги кислород концентрацияси эса углеводород концентрациясидан юқори. Бу эса ушбу усулни қўлланилишини қийинлаштиради.

Газларни термохимёвий усулда аниқлаш, текширилаётган газ аралашмасининг аниқланаётган қўшимчаси қатнашадиган катаметик оксидланиш реакцияси иссиқлик самарадорлигини ўлчашга асосланган. Бу усул кислорода ёнувчи газлар (H_2 ва метан бошқалар) концентрацияси ва ёнувчи газлар кўплигида кислород концентрациясини ўлчашда ишлатилади.

Термохимёвий газоанализаторлар асосан икки тури ишлаб чиқарилади:

Аниқланаётган қўшимча катталик оксидланиш реакцияси қаттиқ донатор катализаторда рўй беради. Қурилмалар шуни ҳам ҳисобга олиш керакки, реакциянинг фойдали иссиқлик эффекти катализатор қатламидаги ҳарорат ўзгариши бўйича қаршилиқлар термометри ёки бошқа термосезгир элемент орқали ўлчанади;

Аниқланаётган қўшимча катталик оксидланиш реакцияси қиздирилган катталик актив тола сиртида юз берадиган қурилмалар, улар бир вақтнинг ўзида реакциянинг фойдали иссиқлик эффекти ўлчови учун термосезгир элемент ҳисобланади. Термохимёвий усулга асосланган қурилмалар берк хоналар хавосидаги ёнувчи газлар, буғлар бу уларнинг турли гуруҳдаги аралашмалари миқдори ҳақида автоматик сигнализацияси сифатида қўлланилади.

1.2. Абсорбцион–оптик газ анализатори

Оптик газ анализаторларида оптик зичлик, синдириш коэффициенти ва бошқа оптик хоссаларнинг текширилаётган компонент концентрациясига боғлиқлигидан фойдаланилади. Электртромагнит нурланиш интенсивлигининг пасайиши ёки нурланиш оқимининг текширилаётган газ спектрининг инфрақизил, ультрабинафша ёки кўринадиган қисмларидаги ютилишни ўлчашга асосланган абсорбцион-оптик усул кўпроқ тарқалган. Водород, аммиак, метан каби газлар инфрақизил нурларни, хлор, озон, симоб буғлари эса ультрабинафша

нурларни ютади. Шунинг учун анализ қилинаётган компонент турига қараб бундай газ анализаторларида инфрақизил ёки ультрабинафша нурланишдан фойдаланилади.

Спектрнинг инфрақизил соҳасида ишлайдиган газ анализаторларида нурлаткичлар сифатида 700-800 °C гача қиздирилган сим спиралларидан фойдаланилади. Спектрнинг ультрабинафша соҳасида ишлайдиган газ анализаторларида эса газразряд лампаси нурланиш манбаи бўлиб хизмат қилади.

Оптик–абсорбцион газ анализаторларининг кўпи дифференциал схема бўйича қурилган(1.1-расм). Манба 1 дан олинadиган нурланиш оқими йўлида ёруғлик филтрлари 2 орасидан текшириладиган газ аралашмаси ўтадиган ишловчи камера 3 ва аниқланаётган компонент қўшилмаган газ аралашмаси билан тўлдирилган таққослаш камералари 4 ўрнатилади. Примёрник 5 ишчи ва таққослаш камераларидаги нурланиш интенсивлиги фарқини қабул қилади, аниқланаётган компонент миқдorigа пропорционал бўлган нобаланслик сигнали эса кучайтиргич 6 да кучайиб, ўлчаш асбоби 7 да қайд қилинади.

Одатда, оптик газ анализаторлари компенсацион схема бўйича ишланиб, ўлчаш схемаси оптик, газ ёки электр усуллари ёрдамида мувозанатланади. Оптик компенсация усули тескари алоқа сигнали тўсиқ ёки оптик пона силжишига айлантирилади. Бу эса таққослаш каналида нурланиш интенсивлигини тегишлича ўзгартиради. Иккинчи ҳолда, таққослаш каналида нурланиш оқими йўлида компенсацияловчи аралашма қатламининг қалинлиги ўзгаради. Ва нихоят, электр компенсациялаш усулида занжирда электр билан тахминлаш кучланиши ўзгартирилади.

Инфрақизил нурланишли газ анализаторларида қолдиқ энергия текшириладиган компонент билан тўлдирилган нур приёмникларида ютилади. Узлукли нурланишдан фойдаланилганда нур қабул қилгичда энергиянинг ютилиши сабабли температуранинг ўзгариши, шу билан бирга босимнинг ўзгариши вужудга келади. Бу тебранишларни тегишли ўлчаш асбоби билан олинган нур қабул қилгич микрофонининг мембранаси қабул қилади.

Бундай нур қабул қилгичда газ босимининг пулсланиши акустик эффект номини олган. Бундай газ анализаторлари эса оптик – акустик асбоблар дейилади. Бу асбобларнинг афзаллиги уларнинг унивесаллигидадир, чунки кўпчилик моддаларнинг инфрақизил ютилиш спектри бир – биридан фарқ қилади.

Оптик – акустик газ анализаторлари газ ва буғларнинг маҳлум тўлқин узунлигидаги инфрақизил нурларни (0,76 дан 750 мкм гача) танлаб ютишига асосланган. Бу газ анализаторларида, одатда, фақат тўлқин узунлиги 2,5–25 мкм бўлган нурлардагина фойдаланилади. Агар газ қатлами орқали инфрақизил нурлар ўтказилса, улардан фақат тебраниш частотаси газ молекулаларининг хусусий тебраниш частоталарига тенг бўлган нурларгина ютилади. Бунда ютилаган нурларнинг энергияси молекулаларнинг кинетик энергиясини кўпайтиришга сарфланади ва иссиқлик тарзида тарқалади. Молекулаларнинг тебраниш частотасидан фарқ қиладиган частотадаги нурлар эса газдан ўзгармасдан ўтади. Ҳар қайси газ ўзига ҳос спектрлар соҳасидаги маҳлум хоссали радиацияни ютади, масалан, углерод оксиди 3,4 мкм соҳасидаги, углерод қўш оксидида–2,7 ва 4,3 мкм соҳалардаги, метан–3,3 ва 7,65 мкм соҳадаги радиацияларни ютади. Бу эса оптик–акустик усуллар билан газларни анализ қилишни танлаб ўтказишга имкон беради.

Танлаб ютиш ҳодисаси Ламберт – Бер қонуни билан ифодаланади, у тўлқин узунлиги λ бўлган монохроматик нурланиш учун қуйидаги кўринишга эга бўлади.

$$C=(1/K_{\lambda} * l) * \lg(J_0/J)$$

Бу ерда C –текширилаётган газ намунасида ютадиган модданинг концентрацияси; K_{λ} тўлқин узунлиги λ бўлганда модданинг ютиш коэффиценти; l – намуна қатламининг қалинлиги (кюветнинг узунлиги); J_0 ва J – намуна олингунча ва намуна олингандан кейин нурланиш интенсивлиги.

Саноатда фойдаланиладиган инфрақизил ютилишли оптик–акустик газ анализаторларида вақти – вақти билан инфрақизил нурлар ўтказиб туриладиган кювет бўйича йўналтириб туриладиган мураккаб газ аралашмаси текширилаётган

газ намунаси бўлиб хизмат қилади. Бунда нурларнинг бир қисми ютилади, бир қисми эса иккинчи асбоб билан боғланган сезгир элементга тушади.

Нурлар намунадан ўтганидан кейин интеграл нурланишлар фарқини ўлчайдиган сезгир элемент сифатида танловчи нур приёмнигидан фойдаланилади. Бу приёмник анализ қилинаётган газ аралашмасидаги, концентрацияси аниқланаётган компонент билан тўлдирилган камерада иборат бўлиб, инфрақизил нурлар ўтиши учун туйнук билан жихозланган. Агар нур приёмнигига вақти – вақти билан инфрақизил нурлар тушиб турса, у ҳолда камерада турган газ вақти–вақти билан исиб–совиб туради.

Ўзгармас ҳажмли камерада турган газ температурасининг ўзгариши натижасида унинг босими ҳам ўзгаради, босимнинг бу ўзгаришини нур қабул қилич ичида турган мембрана қабул қилади. Нур қабул қилгич битта газ билан тўлдирилгани учун нур энергиясини ютиш процесси танловчи бўлади ва у билан боғлиқ бўлган температура ҳамда босим ўзгаришлари нур қабул қилгични тўлдириб турган газнинг ютиш спектрига мос келувчи маълум тўлқин узунлигидагина содир бўлади.

Газ аралашмаси ўтказиладиган кюветда, аниқланаётган компонентнинг концентрациясига қараб, нур энергияси оқими сусаяди, шунинг учун нур қабул қилигич камерасида температура ва босимнинг ўзгариш амплитудаси бу компонентнинг газ аралашмасидаги миқдorigа тескари пропорционал равишда ўзгаради.

Ўлчаш схемаларига кўра оптик – акустик газ анализаторлари икки гурпуага: компенсацион ва бевосита ўлчаш анализаторларига бўлиниши мумкин.

1.2–расмда оптик–акустик газ анализатори ОА–2209 ни принципиал схемаси кўрсатилган, у газ аралашмаларида углерод қўш оксидини аниқлаш учун мўлжалланган. Газ анализатори узлуксиз ишлайдиган автоматик асбоб бўлиб, приёмник блоки ва иккиламчи асбоб КСУ2 дан иборат.

Газ аралашмасидаги анализ қилинаётган компонентнинг миқдори компенсацион усул билан ўлчанади. Электр токи қиздирадиган иккита нихром спиралр 3 инфрақизил нурланиш манбаи бўлиб хизмат қилади. Нурларнинг йўналган

оқимини ҳосил қилиш учун ҳар қайси спиралр қайтаргич 2 нинг фокусига жойлаштирилган. Инфрақизил нурлар оқими қизиган спиралрлардан айна бир вақтда обтюратор 4 ёрдамида 5 Гц частота билан узилади ва икки оптик каналга йўналтирилади, обтюраторни синхрон двигателр 1 айлантиради.

Ўнг каналда инфрақизил нурларнинг узлукли оқими филтрлаш камераси 5 ва иш камераси 6 лардан кетма–кет ўтиб, қайтарувчи пластина 7 нинг сиртига тушади ва ундан нур қабул қилгич 9 нинг ўнг цилиндри 8 йўналади. Чап каналда инфрақизил нурларнинг узлукли оқими филтрлаш камераси 5 ва компенсацияловчи камера 13 дан ўтиб, нур қабул қилгич 9 нинг чап цилиндрига тушади. Фақат ўлчанмайдиган компонент билан тўлдирилган филтрлаш камералари 5 газ анализаторларининг хатолигини қўшимча равишда камайтиришга имкон беради, бу хатоликларга газ ралашмасида ўлчанмайдиган компонентлар миқдорининг ўзгариши сабаб бўлади. Компенсацияловчи камера 13 чап каналдаги инфрақизил нурлар оқимининг йўлида газ аралашмаси қатлмининг қалинлигини ўзгартириш, шунингдек, бу оқимнинг йўналишини ўзгартириш учун хизмат қилади.

Текширилаётган газ аралашмаси иш камераси 6 орқали узлуксиз ўтиб туради. Агар аралашмада анализ қилинаётган компонент бўлмаса, у холда нур қабул қилгичнинг камерасига инфрақизил нурларнинг юир ҳил оқими келади, мембрана тебранмайди ва нур қабул қилгичдан сигнал чиқмайди. Агар газ аралашмасида қидирилаётган компонент бўлса, у холда иш камераси 6 да инфрақизил нурларнинг нур қабул қилгичнинг ўнг цилиндрга уларнинг заифлашган оқими, чап цилиндрга эса заифлашмаган оқими киради. Бу эса цилиндрлардаги газ температураси ва босимнинг фарқлари ҳосил бўлишига олиб келади.

Обтюратор узлуксиз нур чиқариб турганида нур қабул қилгич цилиндрларидаги газ совийди ва босим камаяди: натижада цилиндрларда босимнинг вақти – вақти билан пулрсатсияланиши юз беради. Газ анализаторининг кўрсатишлари аниқлигини ошириш учун цилиндрлага инерт газлари қўшилган анализ қилинаётган газ тўлдирилади. Нур қабул қилгичнинг цилиндрлари фақат анализ

қилинаётган копонент ва инфрақизил нурларга инерт бўлган азот билан тўлдирилгани учун босимнинг пулрсацияланиши фақат анализ қилинаётган газ ютадиган нурланиш спектри ҳисобигагина вужудга келади. Шундай қилиб, асбобда танлаб ютишга ва анализ қилишга эришилади.

Нур қабул қилгич 9 да босимнинг ўзгариши конденсаторли микрофон 10 да ўзгарувчаан токка айланади. Бу ток кучайтиргич 11 да кучайтирилиб, реверсив двигателр 12 га берилади ва ротори айлана бошлайди. Бунда компенсацияловчи камера 13 нинг қайтарувчи пошени бирор томонга сурилиб, ютувчи қатламнинг қалинлигини оширади ёки камайтиради. Нур қабул қилгич цилиндрига тушаётган нур оқимлари бир–бириг тенг бўлиб қолган пайтда нур қабул қилгичдан чиқаётган электр сигнали йўқолади ва двигателр тўхтайди. Шундай қилиб, камера 13 поршенининг вазияти доимо аналлиз қилинаётган копонент концентрациясига мос келади. Поршеннинг бу вазияти ўз навбатида реохорд 14 орқали иккиламчи асбоб 15 билан қайт этилади. Углерод қўш оксидини ўлчаш чегаралари 0–1 дан 0 – 100% гача. Асосий хатолик $\pm 2,5\%$. Газ аралашмаси сарфи $8,3 \text{ см}^3/\text{с}$, босим 0,3 кПа. Кўрсатишларни аниқлаш вати 30 с. чиқиш сигнали 0–5 мА.

Баён қилинган ОА–2209 типдаги газ анализатори дифференциал (2 нурли, 2 каналли) копенсацияловчи асбобдир. Унинг асосий камчилиги нурлатгичларнинг эскириши, иш кюветларининг ифлосланиши, шишалар шаффофлигининг ўзгариши ва шу кабилар туфайли шкала ноли вазиятининг ўзгариб туришидир.

Бевосита ўлчайдиган бир нурли газ анализаторида нолнинг турғунлиги анча юқори бўлади. Бу асбоб дифференциал асбобга танловчанлиги юққорилиги билан фарқ қилади. Масалан, метанни анализ қилишда CO_2 , CO ва намнинг тахсири бир нурли асбоб учун икки нурли асбобга қараганда 3–5 марта кам бўлади. Камералари оптик кетма – кетликда жойлашган бир нурли асбобнинг танловчанлиги юққорилигига сабаб шуки, босимнинг натижавий ортишида ютиш чизғининг фақат марказий участкаси қатнашади ва шундай қилиб, чизикнинг актив қисми тораяди.

Ультрабинафша нурлари ютиладиган газ анализаторларида ҳаводаги симоб буғлари концентрациясини, хлор, водород сульфид, азот қўш оксид ва бошқа моддаларнинг концентрацияларини ўлчашда қўлланилади. Ультрабинафша нурларнинг манбаи симобли лампалар бўлиб, улар чиқарган нурларнинг кўп қисми ультрабинафша нурлар бўлади. Нурланишини қўшимчаа монохроматлаш учун шиша светафорларда фойдаланилади, улар анализ қилинаётган модда ютилишининг максимуми вазиятига қараб танланади. Ультрабинафша нурланишини электр сигналга айлантириш учун фотоэлементлар ва фоторезисторлардан фойдаланилади.

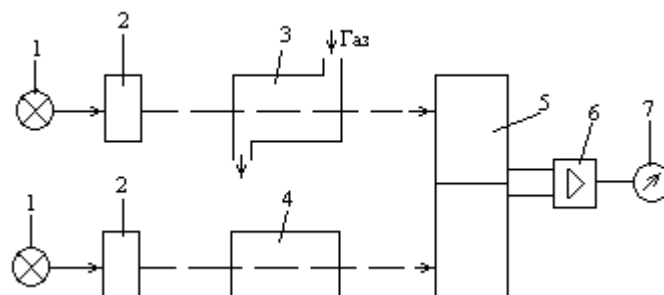
Амалда ультрабинафша нурларни ютадиган электр компенсацияли 2 нурли газ анализаторлари, оптик компенсацияли газ анализаторлари, шунингдек, бевосита ўлчайдиган, ультрабинафша нурларини ютадиган бир нурли газ анализаторлари ҳам ишлатилади.

1.3–расмда бир нурли ультрабинафша нурларни ютадиган газ анализаторнинг блок схема кўрсатилган. Асбобда битта манба 1 ва битта фотоприёмник 8 бор. Манбанинг нурланишини электр двигатели 2 айлантирадиган обтуратор 3 узади ва у қарама–қарши фазаларда ўзгарадиган иккита бир хил оқимга бўлинади. Бу оқимларнинг ҳар қайсиси тегишли оптик ёруғлик фильтри–иш фильтри 5 ва таққослаш фильтри 6 дан ўтади.

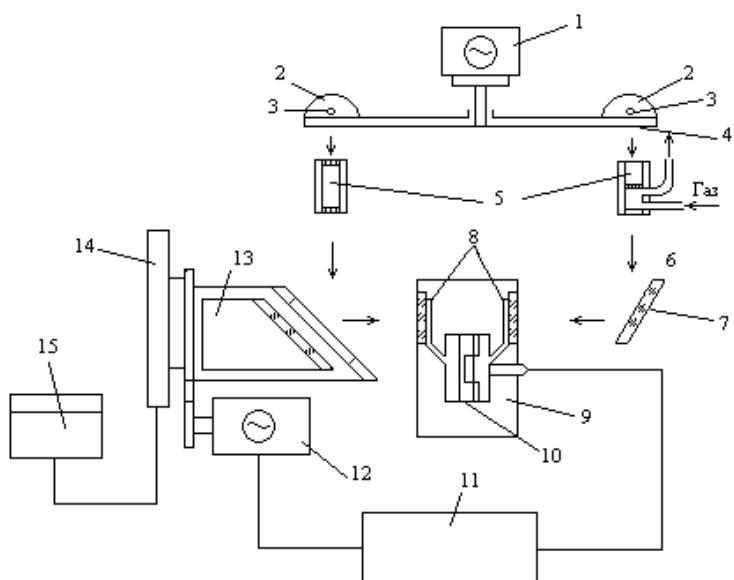
Фильтрларнинг шаффофлик чизиқлари беркитилмайди ва f_1 , f_2 частоталар диапозонида тўпланган. Нурларнинг фильтрланаган оқимлари иш кювети 7 дан ўтади, бу кювет орқали нурланишни f_1 частотада ютадиган анализ қилинаётган газ ҳайдалади, сўнгра оқим умумий нур қабул қилгичга келади. Кювет 7 да анализ қилинаётган компонент бўлмаганида иш ва таққослаш оқимларининг интенсивлиги нолни ростлаш заслонкаси 4 ни суриш йўли билан бараварлаштирилади. Бу ҳолда система мувозанатлашади ва фотоприёмникдан олинадиган фарқ сигнали нолга тенг бўлади. Анализ қилинаётган газ кюветга кирганида f_1 частотадаги нурланиш оқимининг интенсивлиги камаяди, f_2 частотасидагиники эса ўзгаришсиз қолади.

Фотоприёмник чиқишида фарқ сигнали ҳосил бўлади ва у кучайтиргич 9 да кучайтирилади. Фарқ сигнаlining амплитудаси анализ қилинаётган компонент концентрациясининг ўлчови бўлиб хизмат қилади. Концетарция иккиламчи асбоб 10 билан ўлчанади.

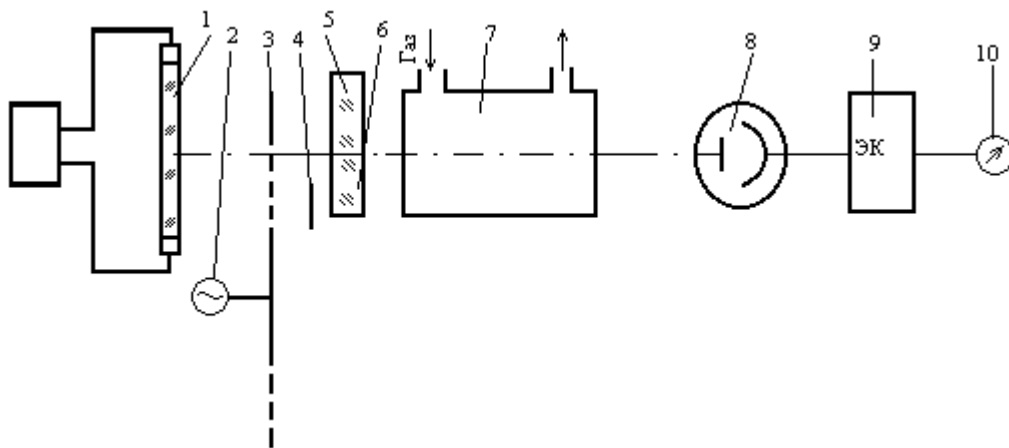
Температура туфайли юзага келадиган хатони йўқотиш учун асбоб термостатланади. Ўлчаш чегаралари 0 – 30 мг/л; масса бўйича 0 – 3%;асосий хатолик шкала дипазонинг $\pm 4\%$ и атрофида.



1.1-расм. Оптик – абсорбцион газ анализаторининг блок-схемаси.



1.2-расм. Оптик – акустик компенсацион газ анализаторининг схемаси.

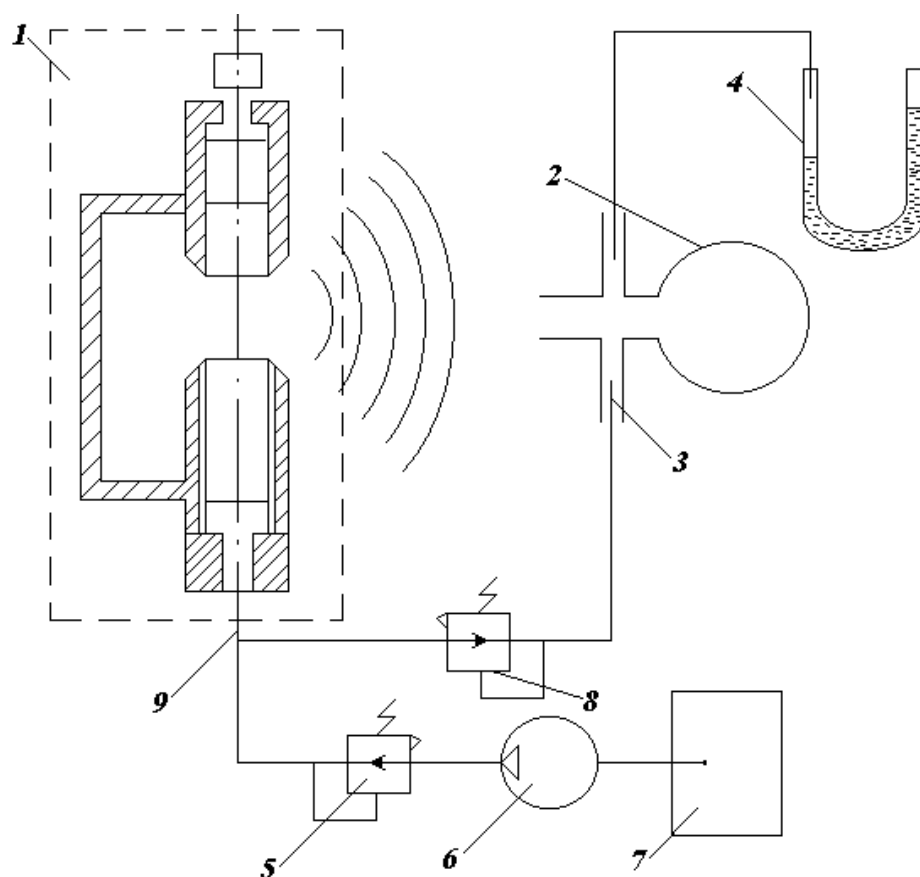


1.3 – расм. Бир нурли ультрабинафша газ анализаторининг блок-схемаси

1.3. Акустик газоанализатор

Акустик газоанализаторлар ишлаш принципи товуш тўлқинларининг газ аралашмасида тарқалишини ўлчашга асосланган.

Бу газоанализатор (1.4-расм) газни пуркайдиган 1 Гатртион генератор ива ионометр 4 га уланган, чиқиш капиляри ҳамда озиқлантирувчи ламинар капилярлардан ташкил топган Гелрмголрц резонатори кўринишидаги икки ўқдош капилярлардан тузилган.Шунингдек, схемага босим редуктори 5, озиқлантирувчи насос 6, текширилаётган аралашмали идиш 7, редуктор 8 ва генератор озуқа йўли киритилган.



1.4-расм. Акустик газоанализатор.

Генератор 1 орқали тоза аралашмаларсиз газ ўтказилганда, Гелрмголрц резонатори тебраниш хусусий частотасига редуктор 5 орқали узатилаётган озуқа доимий босимида созланади. Бу холда қабул қилувчи элемент чиқишида озуклантираётган капилляр 3 дан оқиб ўтаётган кўрсаткич бўйича кичик бўлган чиқиш сигнали хосил бўлади. Газ таркиби ўзгариши билан генератор 1 дан тарқалаётган товуш тебранишлари частотаси ўзгаради. Бу озикланувчи капиллярдан чиқаётган газ оқими турбулизация даражаси ўзгаришига олиб келади, натижада манометр 4 ўлчаётган қабул қилувчи элементни чиқишидаги босим ўзгаради. 5 ва 8 редукторлар генератор ҳамда озиклантирувчи капилляр 3 олдидаги босим доимийлигини таоминлайди. Буни эвазига ўлчаш аниқлиги ортади.

Акустик газоанализатор товуш камераси нафақат Голрмголрц резанаторлдари кўринишида, балки бошқа кўринишда ёки оддий қирқилган қувур кўринишида ҳам бўлиши мумкин.

1.4. Оптик газоанализаторлари.

Ишлаш принципига кўра оптик газоанализаторлар:

- а) фотокалориметри;*
- б) аланга фотометрик*
- в) флюоресцент*
- г) абсорбцион*

турларига бўлинади.

а) фотокалориметрик газоанализаторлар

Фотокалориметрик газоанализаторлари ишлаш хусусиятини текшириладиган газ аралашмаси аниқланаётган қўшимчаси ва махсус реагент-индикатор ўртасидаги танланма реакциясига асосланган. Бунинг натижасида концентрацияси Ламберт-Бер қонунидан фойдаланиладиган нур ютиш даражаси бўйича аниқланадиган бўялган боғланиши ҳосил бўлади.

Фотокалориметрик газоанализаторлари суюқлик ва тасмаларга бўлинади.

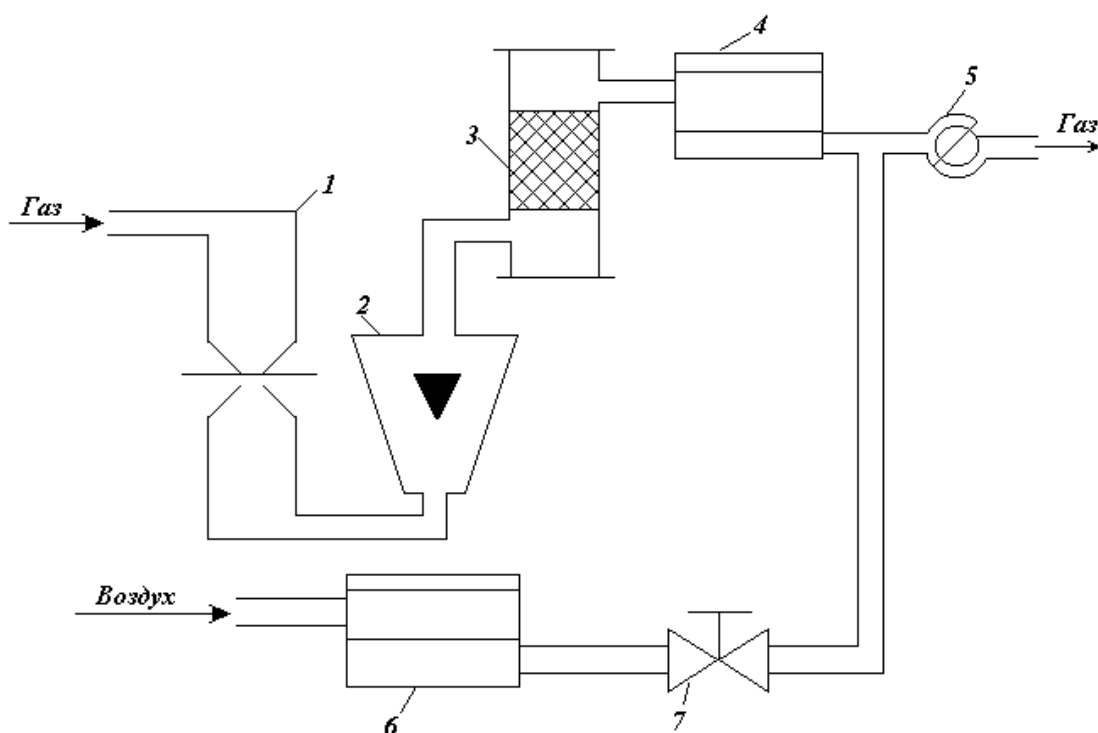
Суюқлик фотокалориметрик газоанализаторларида текшириладиган газ индикатори эритма қатлами орқали циклик ҳаракати қурилмалари кўп тарқалган. Уларда газ маолум бир вақтда эритмада кичик бўлган комплекслар концентрацияси ўлчанади, ишлатилган эритма тўкиб ташланади ва ўрнига янги қуйилиб, жараён қайтарилади.

Бундай усулда ўлчаш сезгирлиги текшириладиган газ ҳажмини индуктор эритма ҳажмига ўзаро муносабатига боғлиқ. Шунинг учун суюқлик фотокалориметрик газоанализаторлари захарли газларининг микроконцентрациясини аниқлашда ишлатилади.

Бўялган индикатор эритма оптик зичлиги одамда фотоэлектрик сезгир элемент сифатида фотоқаршиликлардан фойдаланилган дифференциал оптик схема ёрдамида аниқланади. Тасмали фотокалориметрик газоанализатори ишлаш принципи қуйидагилардан иборат. Индикатор эритмага шимдирилган қоғоз ёки матодан қилинган тасма текшириладиган газ билан теккизилади. Бу газнинг аниқланаётган компоненти индикатор билан бўялган боғланишни ҳосил қилади. Аниқланаётган қўшимча концентрациясига боғлиқ бўлган тасмани бўяш

интенсивлиги сиртдан акс этган ёруғлик оқими кучсизланиш даражаси бўйича ўлчанади. Мисол сифатида ФЛ5501М газоанализаторини кўриб чиқишимиз мумкин. У озон, азот (II) оксиди, водород сулфид, аммиак ёки хлорнинг технологик газлардаги микроконцентрациясини ва унингдек ишлаб чиқариш хоналаридаги хаво таркибини ўлчашда ишлатилади.

Газоанализатор циклик ҳаракат қурилмаси ҳисобланади. Унинг ишини автоматик дастурланган механизм бошқаради. Механизм буйруқлари асосида тасмага индикаторли таркиб сурилади, тасма силжитилади. Текширилаётган газ реакцион камерага берилади ва ўлчов схемасини ёқади.

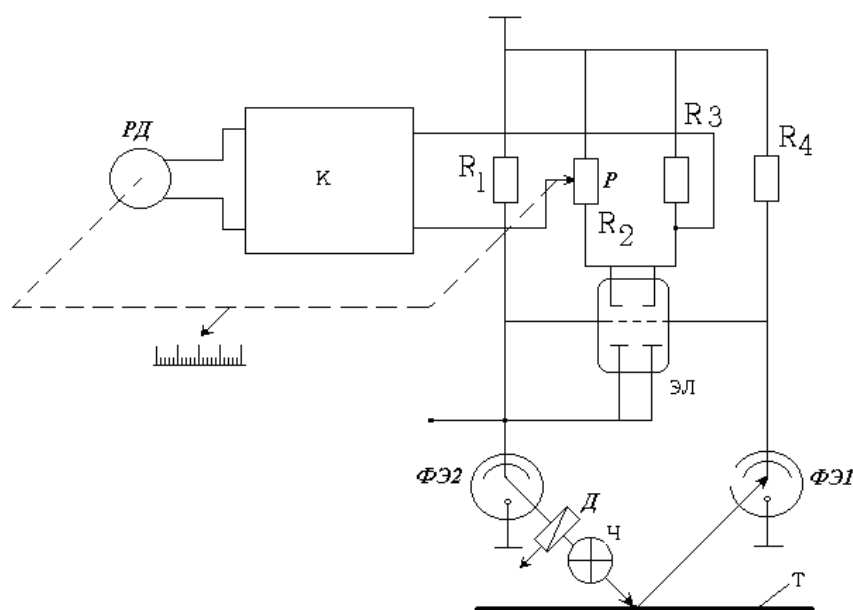


1.5а-расм. Фотоколориметрик газоанализатор.

Қурилманинг газли схемаси 1.5а-расмда келтирилган. Текширилаётган газ реакцион камера 1 га тушиб, намуна сарфини назорат қилишга белгиланган ротаметр 2 орқали ўтади. Газнинг қурилма орқали сўрилиши сарф уйғотувчиси орқали амалга оширилади. Уни текширилаётган аралашма нокерак қўшимчаларидан кимёвий 4 ва назорат 5 филтрлари ёрдамида химоя қилинади. Газ сарфи алмашувчи дроссел 3 орқали стабиллаштирилади. Сарф уйғотувчи

нормалр ишлаши учун зарур бўлган ортикча газ назорат филтртри 5 ва қулфловчи –қайтарувчи вентилр 7 лар ўрнатилган айланмас тизим орқали ўтади.

Қурилманинг принцинал ўлчов схемаси 1.5б-расмда келтирилган. Ишчи фотоэлемент ФЭ1 индикатор Т тасмасида акс этган ёруғлик оқими орқали ёритилади, қиёсловчи ФЭ2 эса Д диафрагма орқали ўтадиган Ч ёритувчи чирок нур оқими билан ёритилади. Фотоэлементлар ЭЛ элетрон лампага қурилган дифференциал катод қайтаргичининг тўрига уланган.



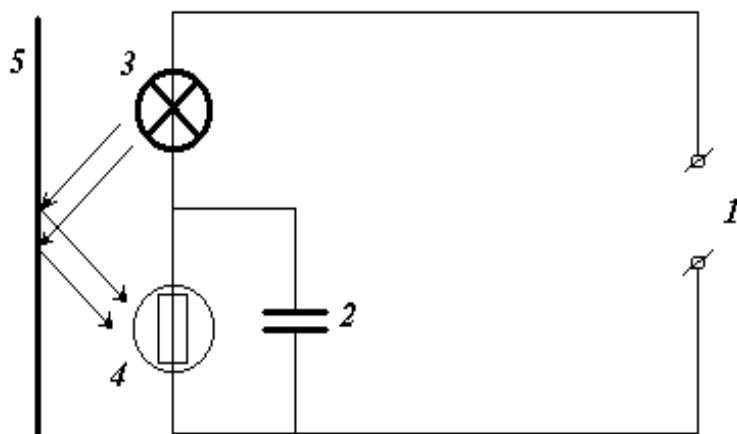
1.5б-расм. Фотокалориметрик газоанализатор.

Текширилаётган газ аралашмасида аниқланаётган қўшимча мавжуд бўлмаса ёруғлик оқимлари диафрагма Д орқали тенглаштирилади. Шунинг учун ишчи ва солиштирувчи фотоэлементлар фототоқлари $I_{и}$ ва $I_{с}$ лар бир хил бўлади ва электрон кучайтиргич К киришида кучланиш нолга тенг.

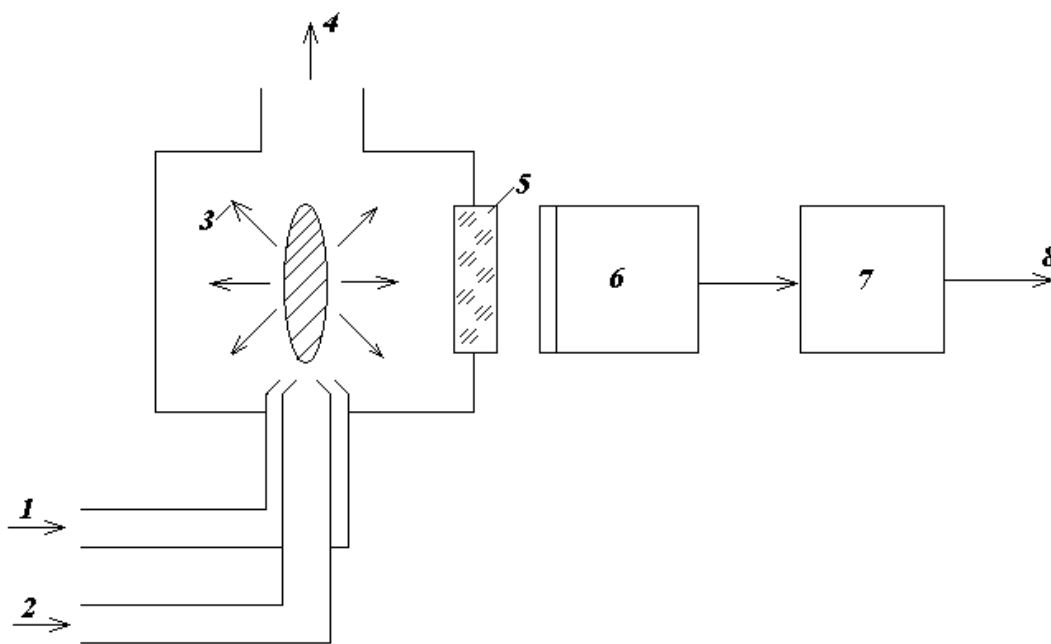
Аниқланаётган қўшимча пайдо бўлишида ва тасмадаги доғни ранг интенсивлиги ўзгаришида кучланиш ҳосил бўлади, бу кучланиш кучайтирилиб реверсив двигател РД га узатилади. Двигател кучайтиргич К билан қаттиқ боғланган реоход Р нинг югирдагини (R_2) схема мувозанати тикланишига қадар суради, шунингдек электрон кўприк базасидаги иккиламчи қурилма кўрсаткичини ҳам суради.

1.6-расмда фотокалориметрик сигнализатор схемаси келтирилган. Бу фотокалориметрик сигнализатор сезгир элемент 5, манба 3 ва нур қабул қилувчиларни ўз ичига олган. Схема қуйидагича ишлайди. Доимий кучланиш манбаси 1 уланганда конденсатор 2 заряди токи нур манбаси 3 орқали ўтади. Нур сезгир элемент 5 да акс этиб, фоторезистор 4 га тушади, бунинг натижасида охиригини қаршилиги камаяди ва электр токи занжирида оқишни бошлади: кучланиш манбаси–нур манбаси–фоторезистор.

Хавода текширилаётган газ аралашмаси пайдо бўлганда сезгир элемент ранги ўзгаради, демак, фоторезисторга тушадиган ёруғлик миқдори камаяди. Қаршилиги ортади, бу эса занжирдаги токнинг камайишига ва нур манбаси 3 дан таралаётган ёруғлик камайишига олиб келади. Бунинг натижасида фоторезисторга янада камроқ ёруғлик тушади, унинг қаршилиги ҳам схема ўчишига қадар янада камаяди.



1.6-расм. Фотокалориметрик сигнализатор.



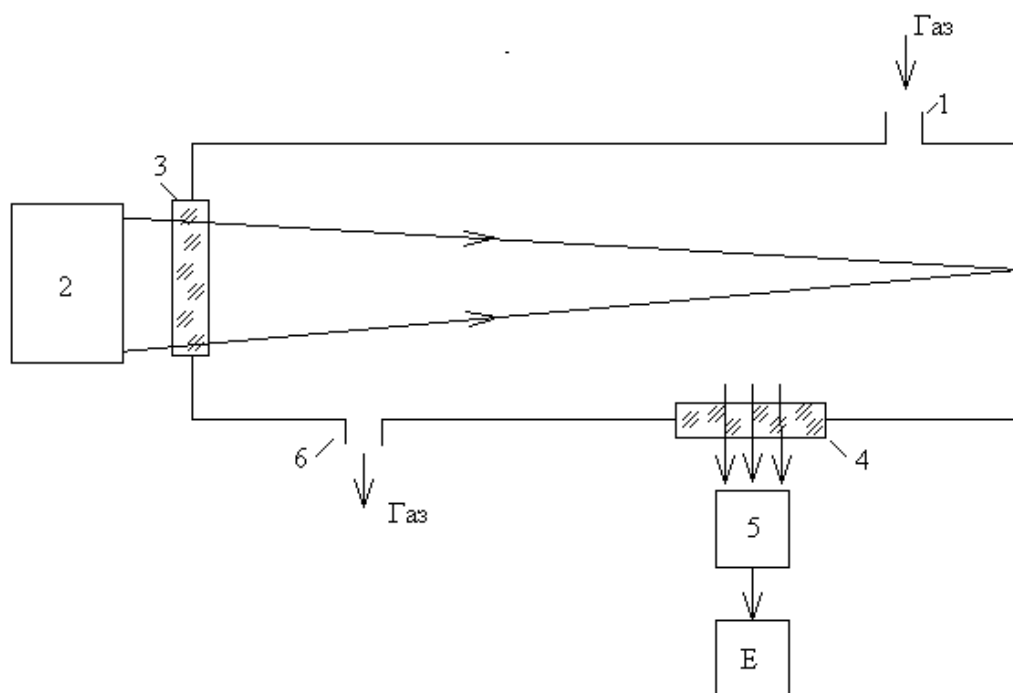
1.7-расм. Аланга-ионизацион газоанализатор.

б) аланга фотометрия усули

1.7-расмда аланга фотометрия усули қўлланилган қурилма схемаси келтирилган.

1-хаво кириши; 2-водород кириши; 3-аланга; чиқиш қувури; 5-оптик филтр; 6-ФЗУ; 7-электрон тизим; 8-электр сигнал чиқиши. Водород алангасида қўшимчаларда олтингурут мавжудлигида 394 нм диапазонда нур таркатади. Нур тарқатиш интенсивлиги текшириладиган хаводаги олтингурут концентрациясининг квадратиға пропорционалдир.

Бу усул барча аралашмалардаги (SO_4 , H_2S ва бошқалар) олтингурут миқдорини аниқлайди. Хар бир қўшимчалардаги концентрацияни алохида ўлчаш учун, уларни олдиндан газохромотографик колонкада бўлиб чиқиш керак. Бу усулни камчилиги хисобланади. Шунингдек ёнғинга хавфли бўлган газнинг катта миқдорини сақлашга боғлиқ бўлган водороднинг катта сарфи зарурлиги ҳам камчилик хисобланади.



1.8-расм. Флюоресцент газоанализатор.

в) флюоресцент усул

1.8-расмда ўлчашнинг флюоресцент усули келтирилган. Текшириладиган ҳаводаги 1 тешикдан ўтказиладиган углеводород флюоресценцияси манба 2 дан тараладиган ултрабинафша нурларда юзага келади. Манбадан чиқадиган нур филтр 3 орқали, флюоресценция нури эса филтр 4 (узун тўлқинли нурларни ушлаб қолувчи) орқали ўтиб ФЭУ га тушади. Кейин электр сигнал Е электрон тизимга тушади. Текшириладиган ҳаво тешик 6 орқали чиқиб кетади. Одатда флюоресценцияни қўзғатиш учун 240÷420 нм спектрал диапазондаги нурлардан фойдаланилади. Ҳавода концентрацияси доимий бўлмаган H_2O молекулалари билан флюоресценцияни тўхтатиш флюоресцент усулнинг камчилиги ҳисобланади. Флюоресцент усул сезгирлик бошланиши $5 \cdot 10^{-9}$, таъсир вақти эса 1 минут. Асосий бузилишлар ёйилган нур ва флюоресценция ҳисобланади.

г) абсорбцион газоанализатор

Абсорбцион газоанализаторлар кенг имкониятларга эга. Уларнинг ишлаш принципи текшириладиган муҳитдан ўтайдиган электромагнит нур энергия ютилиши даражасини ўлчашга асосланган. Ламберт-Бер қонуни текширишнинг абсорбцион спектрал усулининг назарий асоси ҳисобланади. Бунга асосан ундаги

С ютувчи қўшимча концентрацияси I қалинликдаги нарса катталигидан ўтувчи v тўлқин узунликдаги монохроматик нур оқими энергия ютилиши қуйидаги тенглик билан ёритилади:

$$I = I_0 \exp(-R_v l C) \quad (1.4)$$

Бу ерда: I_0 ва I – қатламга кириш ва чиқишдаги тегишлича нур оқими қуввати;

R_v нур тўлқин узунлиги ва ютувчи қўшимча табиатига боғлиқ бўлган ютилиш коэффициенти;

I_0 , R_v ва I доимий кўрсаткичлари, ҳамда доимий харорат ва босимда катталик нур нур ютувчи қўшимча концентрацияси орқали аниқланади.

Одатда моддаларнинг фоизда нур ютиш хусусияти нур утказиш катталиги билан характериладди:

$$\tau = \frac{I}{I_0} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

ёки унга боғлиқ бўлган нур ютиш катталиги билан

$$P_v = 100 - \tau_v \quad (1.6)$$

Шунингдек оптик зичлик билан:

$$D = \lg\left(\frac{I}{I_0}\right) = 0,434 \cdot R_v \cdot l C \quad (1.7)$$

τ_0 ёки P_v катталик l ва C нинг баози доимий кўрсаткичларида барча моддалар учун v дан функцияси ютилиш спектри дейилади. P нинг кўп кўрсаткичли спектри худудлари ютилиш чизиғи дейилади. Хар бир модданинг ютилиш спектри хар хил, лекин турли моддаларнинг ютилиш чизиғи бир-бирига мос келиши мумкин. Агар текшириладиган моддада бир вақтнинг ўзида бир хил тўлқин узунлигида нур ютувчи бир қанча қўшимчалар мавжуд бўлса, у ҳолда:

$$I = I_0 \exp\left(-l \sum_{j=1}^n R_{vj} C_j\right) \quad (1.8)$$

бўлади.

Бу ерда: n -текшириладиган аралашмадаги нур ютувчи қўшимчалар умумий сони;

C_j – ютилиш коэффиценти ва j –нур ютувчи қўшимча концентрацияси ($j = 1, 2n$);

Демак, умумий ҳолда ушбу усул нотанлов, чунки ўлчаш натижаси ютилиш чизиғи аниқланаётган қўшимчаникига қисман мос келувчи аниқланмаётган қўшимчалар концентрацияси ўзгаришига боғлиқ.

Текширишнинг абсорбцион спектрал усули аниқланаётган ва аниқланмаётган ютилиш чизиклари амалда узлуксиз бўлган тўлқин узунликлари таклаб олинганда кўпроқ фойдали қўлланилади. Агарда ютилиш чизиклари қисман беркилиб қолса, у ҳолда баъзи танлов катталаштирилиши қурилма схемаси ва унинг кўрсаткичларининг рационал танлови асосида ечишиш мумкин.

Ламберт–Берд конуни фақат монофوماتик нурлар учун ҳақлидир, лекин ишлаб-чиқаришга белгиланган автоматик анализаторларда ўлчаш одатда ν_n дан ν_k гача бўлган тўлқин узунликлари спектрини ўз ичига олган нур оқимлари қўлланилиши орқали амалга оширилади. Бу ҳолда (2) ва (3) формулалар ν_n – ν_k диапазон оралиғидаги ютилиш коэффиценти кўрсаткичи қўлланилганда тўғрилигича қолади:

$$\bar{R} = \frac{\int_{\nu_n}^{\nu_k} R_0(\nu) d\nu}{\nu_n - \nu_k} \quad (1.9)$$

Спектрнинг инфрақизил ҳудудида нур ютиш хусусияти фақат газларда мавжуд, бу газларнинг молекулаларида камида 2 та ҳар хил атом бўлиши шарт. Шунинг учун инфрақизил ютилиш газоанализаторлари кислород, азот, водород, хлор, аргон, гелий ва бошқа шу каби газларнинг концентрациясини ўлсаш учун яроқсиздир. Атмосфера ҳавоси тўлиқ шундай икки атомли газлардан ташкил топган. Шунинг учун водород сульфидни аниқлаш учун инфрақизил ютилиш газоанализаторини қўллаш кўпроқ истикболлидир.

Текширилаётган моддаларнинг нур энергиясини танлов ютилишига асосланган, газ, буғ ва суюқликларни текшириш учун қўлланиладиган қурилмалар, одатда ўз ичига нур энергияси манбаси (ёки манбалари) ни ва қабул қилгич (ёки қабул қилгичлар) ни ўз ичига олади. Шунингдек унда керакли оралиқдаги тўлқин

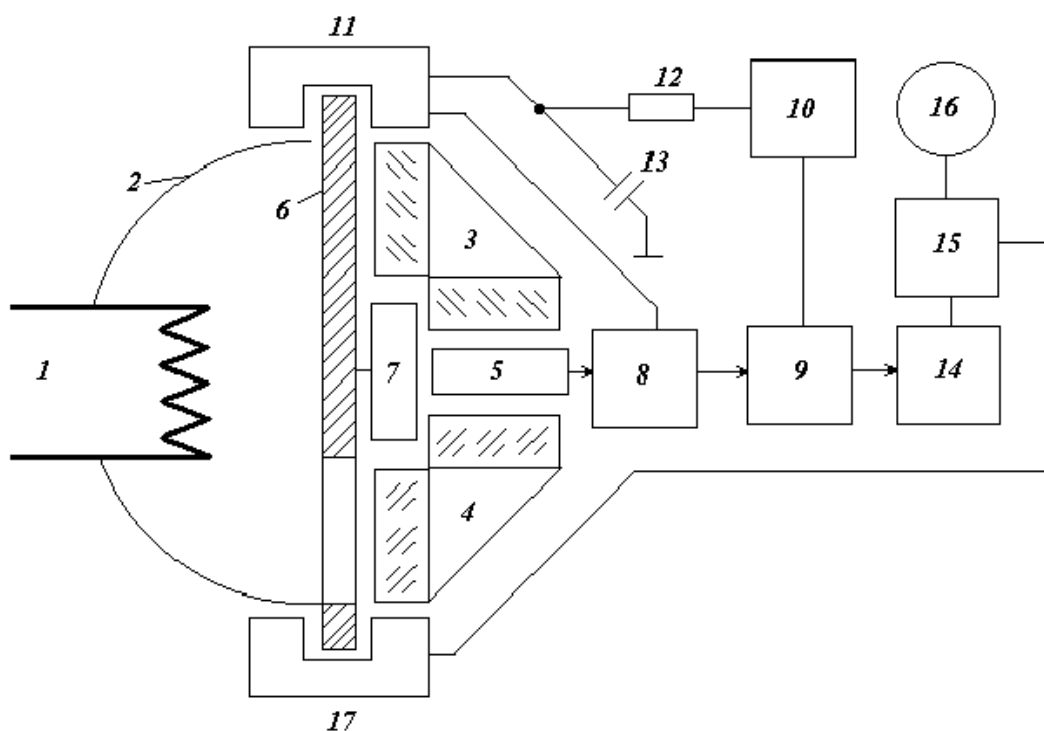
узушлигини ажратиш учун қурилма, текширилаётган модда учун кювет шунингдек аралашмада аниқланаётган қўшимча мавжудлигига функционал боғлиқ бўлган электр сигнални қайта ишлаш учун қурилма мавжуд.

Икки нур оқимини таққослашга асосланган текширишни дифференциал компенсацион усули ҳам маълум. Бунда нур оқимларидан бири, яъни ишчи оқимни текширилаётган аралашмадан ўткайилади. Бошқа таққословчи нур оқимини компенсацион ўзгариши учун реверсив двигателр орқали ҳаракатга келтириладиган компенсацияловчи қурилмани ўз ичига олган қуйидаги тизим қўлланади. Двигателр ишини бошқариш учун қувват кучайтиргичи зарур.

1.9–расмда оптик абсорбцион газоанализатор блок схемаси тасвирланган:

1–таоминот манбаси; 2–рефлектор; 3–ишчи камера; 4–таққослаш камераси; 5–назар қабул қилгич; 6–объектор; 7–синхрон двигателр; 8–дастлабки кучайтиргич; 9–ишчи ва эталон сигнал кучайтиргичи; 10–манба блоки; 11–эталон сигнал датчиги; 12–резистор; 13–конденсатор; 14–бир хил частота турли кутбли импульслар вақтий кетма-кетлигини олиш қурилмаси; 15–синхрон детектор; 16–чиқиш сигналинини ўрта ҳисобга келтириш блоки; 17–ўзгартирувчи кучланиш датчиги.

Аналитик ячейкани оптик зичлик ўзгаришининг концентрация бирлигини атом ютилиш коэффициентининг аниқлашни ва аниқланаётган модда концентрацияси олинган маълумотлари бўйича ҳисоб-китобни ўз ичига олган атом абсорбцион усул, текширувни ўтказиш давомида носелектив ютилиш ҳисоби текширувнинг аниқлигини ошириш мақсади билан ажралиб туради.



1.9-расм. ИҚ-газоанализатор.

Аналитик ячейканинг оптик зичлиги аниқланаётган элементнинг икки турли кенгликдаги резонанс чизиғида аниқланади. Бу кенгликлар асосида атом ютилиш коэффиценти 2-10 марта фарқланади, шу билан бирга атом ютилиш коэффицентлари резонанс чизиқ кенглиги икки кўрсаткичида аниқланади, кейин эса концентрация қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$C = \frac{D_1 - D_2}{\mu_1 - \mu_2} \quad (1.10)$$

Бу ерда: D_1, D_2 —резонанс чизиқ кенглиги биринчи ва иккинчи кўрсаткичлари учун оптик зичлик;

μ_1, μ_2 —резонанс чизиқ кенглиги икки кўрсаткичидаги ютилиш коэффицентлари;

Биз биламизкисаноатда ишлаб чиқарилаётган кўпгина газоанализаторларнинг оз қисмигина углеводородни қайд қилиш ярокли.

Бир нарсани айтиб ўтиш керакки, мавжуд углеводород анализаторлар бир канча камчиликларга эга; реагентлар зарурлиги, бесўнақайлиги, мураккаблиги, газ аралашмасини махсус курилма оркали олдиндан булиниши

зарурлиги.Шунингдек кўп ҳолларда газоанализаторларни электр занжиирга улаш керак бўлади.

Атмосфера ҳавоси икки атомли газлардан ташқил топган (N_2 , P_2 , H_2 ва бошқалар).Шунинг учун газоанализаторлар ишлаш керак бўлган усулни танлашда текширилаётган аралашмада бундан икки атомли газларда сонига носезгир бўлганлигига эҳтибор қаратиш керак.Бундай қулайликларга инфра қизил нурлар ютилиш қўлланилган усул эгадир.

Нихром спиралга қараганда яримўтказгичли инфрақизил нур тарқатувчилар муҳим устунликларга эга:ката частотали,100 кГц ва ундан ортиқ бўлган нур оқимларини бошқара олади, шунингдек 20 мкм чамасидаги спектрал диапазон тўлқин узунлигини кенгайтиради.

Нурдиоди мос танлови асосида ҳар қандай зарур тўлқин узунлиги тор оралиғида нур тарқатишни таоминлаш мумкин.

Барча инфрақизил ютилиш газоанализаторларида оптик оптик канал чиқишидаги нур тарқатиш оқими интенсивлигини электр сигналга ўзгартиришни танлов оптик-акустик ўзгартиргич ёрдамида амалга оширилади.Оптик-акустик усул 1880 йилда кашф этилган, 1938 йилда эса М.Л. Вейнгероф томонидан газ аниқлашда қўлланилган.У берк ҳажмда жойлашган газ босими пулсациясидан иборат,бу газ босими пулсациясини инфрақизил нурлантиришни модуллаштирилган оқими билан нурлантириш билан ҳосил қилинади.Оптик-акустик эффект,берк ҳажмда газнинг иситилишини ҳосил қиладиган исийқлик энергиясига ўтувчи нур тарқатиш энергиясини ютилишига асосланган.Ҳарорат ва босимнинг ўзгариши тушаётган нур оқими модуляция частотасига эга,уларнинг амплитудаси эса нур оқими энергияси тебраниш амплитудасига боғлиқ.Босим тебраниши конденсаторли микрофон ёки электр сигналга ўзгартирувчи бошқа қурилма орқали қабул қилинади.

Шунинг учун оптоэлектрониканинг замонавий элементлар базасини қўллаш атмосферадаги карбонат ангидрид газининг концентрациясини назорат қилувчи икки тўлқинли оптоэлектрон қурилмани яратиш имкониятини беради.

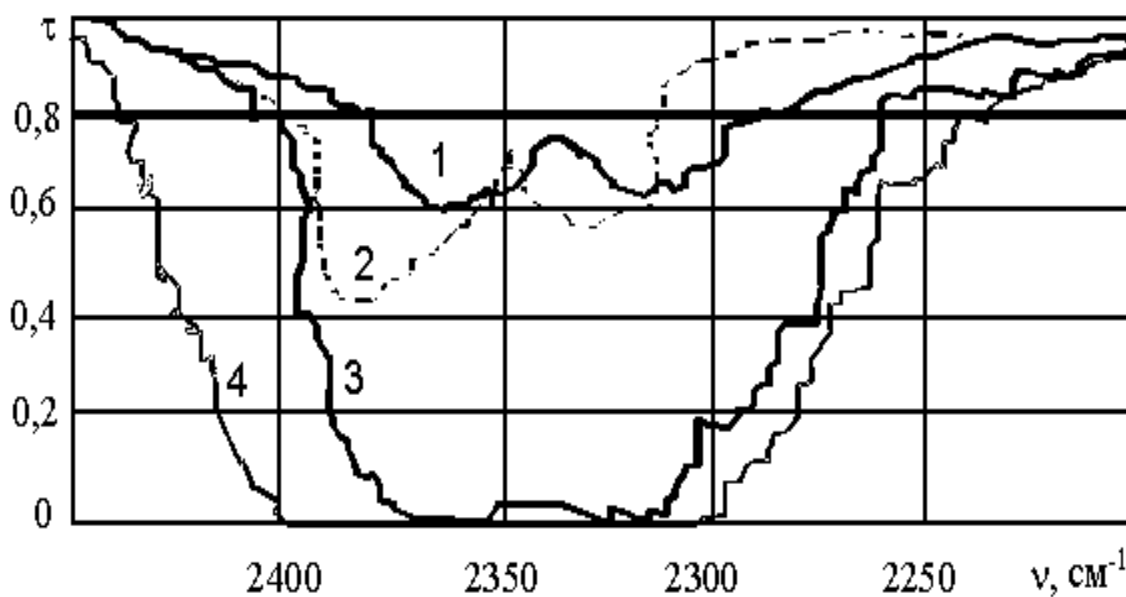
II-боб. Атмосферани асосий ташкил этувчиларининг оптик характеристикаларини тадқиқ қилиш.

2.1.Карбонат ангидрид газининг спектрал характеристикаси.

Карбонат ангидрид газини яна углерод(IV)оксиди деб ҳам юритилади.Унинг концентрацияси атмосферанинг $0,03 \div 0,04$ фоизини ташкил этади ва баландликка боғлиқ эмас (20 км гача) [8,11].

Карбонат ангидрид газини рангсиз,хидсиз ҳаводан анча оғир газ.Паст температурада ёки юқори босимда суюқликка айланади.У кучли совутилганда(-130°) каттиқ масса“қуруқ муз”га айланади.У одатдаги шароитда суюқликка айланмайди.Кобонат ангидрид сувда анча яхши эрийди.

Карбонат ангидрид газини (CO_2) нинг спектрал характеристикаси қуйидаги 2.1-расмда келтирилган, $\lambda=4,3$ мкм тўлқин узунлигидаги ютилиш чизиғи аниқланган.



2.1-расм. Турли концентрация W (атм.см) ва босим P (мм.сим.уст) даги

CO_2 нинг $\lambda=4,3$ мкм чизиқда нур ўтказиш спектри

2.2.Атмосфера таркиби билан оптик нурларини бир-бирига таъсирини ўрганиш.

Атмосферадаги карбонат ангидрид газини назорат қилувчи оптоэлектрон қурилмани яратиш учун оптик нурни атмосферанинг алоҳида ташкил этувчилари билан ўзаро таъсирлашиши жараёнини ўрганиб чиқиш зарур.Бунинг натижасида

халақит берувчи қўшимча ютилиш чизиғидан ҳоли бўлган оптимал ютилиш чизиғи аниқланади. Атмосферанинг асосий ташкил этувчиларига қуйидагилар киради: метан (CH_4), этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), пентан (C_5H_{12}), гексан (C_6H_{14}), гептан (C_7H_{16}), октан (C_8H_{18}), нонан (C_9H_{20}), декан ($\text{C}_{10}\text{H}_{22}$) ва ҳакозолар. Атмосферани асосий ташкил этувчиларига қуйидаги газсимон моддалар киради: сув буғлари (H_2O), углерод оксиди (CO), фреон-12 (CF_2Cl_2), аммиак (NH_3), олтингугурт водород (H_2S), азот оксиди (NO), азот (II) оксиди (NO_2), олтингугурт(II) оксиди (SO_2), водород фториди (HF), водород хлориди (HCl) ва озон (O_3).

Атмосферада сув молекулалари (H_2O), ис газ (CO) ва озон (O_3) нинг мавжудлиги кўпроқ интенсив ютилишни беради. Азот (N_2), кислород (O_2) ва аргон (Ar) газлари спекрининг инфрақизил ҳудудаги кам ютилишнигина беради.

2.2.1. Сув буғи.

Сув буғи (H_2O) атмосфера таркибидаги энг нур ютувчи аралашма ҳисобланади ва атмосферада нотекис тарқалган. У қуйидаги 2.2-расмда кўрсатилган $\lambda=3,6$ мкм тўлқин узунлигидаги ютилиш чизиғига эга. Сув буғлари асосий қисми 5 км гача бўлган баландликда жойлашган ҳарорат, босим, баландлик, йил вақти ва географик ҳолатига қараб сув буғлари жуда кенг чегараларда ўзгаради.

Спектрал характеристикадан кўриниб турибдики, $\lambda=3,6$ мкм тўлқин узунлигидан $\nu=1600 \text{ см}^{-1}$ чизик оптик активроқ.

Сув буғларидан фарқли ҳолда, CO , CO_2 газлари атмосферада текисроқ жойлашган. Углерод оксиди ютилиш бўйича инфрақизил нурнинг $\lambda=4,6\div 4,7$ мкм спектр ҳудудида аниқланади.

2.2.2. Углерод (II) оксиди.

Углерод (II) оксиди концентрацияси атмосферанинг $0,03\div 0,04$ фоизини ташкил этади ва баландликка боғлиқ эмас (20 км гача).

CO_2 нинг спектрал характеристикасидан қуйидаги 2.3-расмда келтирилган, $\lambda=3,4$ мкм тўлқин узунлигидаги ютилиш чизиғи аниқланган.

2.2.3.Озон.

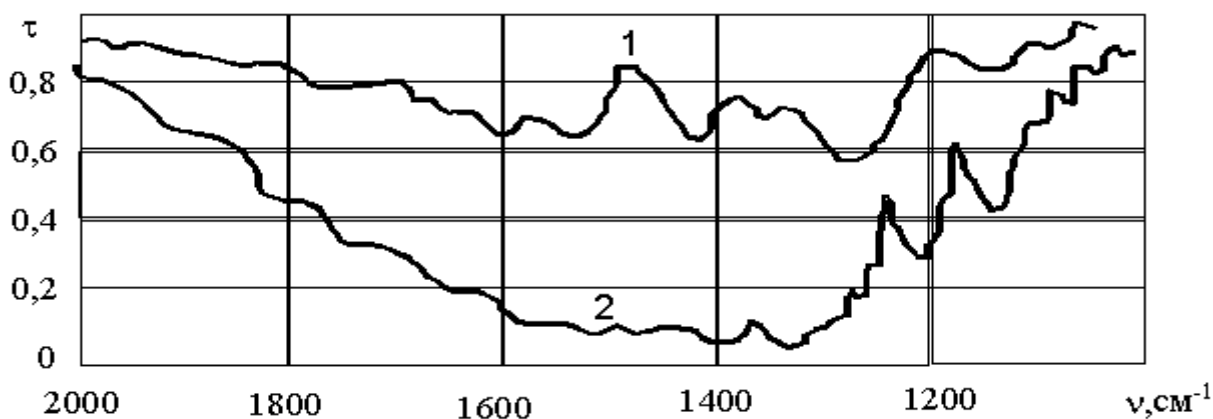
Озон атмосферада карбонад ангидридга (CO_2) караганда нотекис тарқалган. У асосан, атомар кислород молекулалари билан таъсирланганда, кислород молекулари фотохимёвий диссоциялашганда атмосферанинг юқори қатламларида ҳосил бўлади. Унга ката бўлмаган баландликларда озон 10^{-6} фоизини ташкил этади. Нур ютувчи сифатида озон $4,63 \div 4,95$ мкм, $8,3 \div 10,6$ мкм спектраль оралиқларда ютилиш чизиғи миқдори билан характерланади. 2.4-расмда озоннинг $3 \div 12$ мкм спектраль оралиқдаги нотекис нур ўтказиш чизиғи келтирилган.

2.2.4.Олтингугурт (II) оксиди.

Олтингугурт (II) оксиди қуйидаги 2.5-расмда келтирилган нур ютиш чизиғига эга:

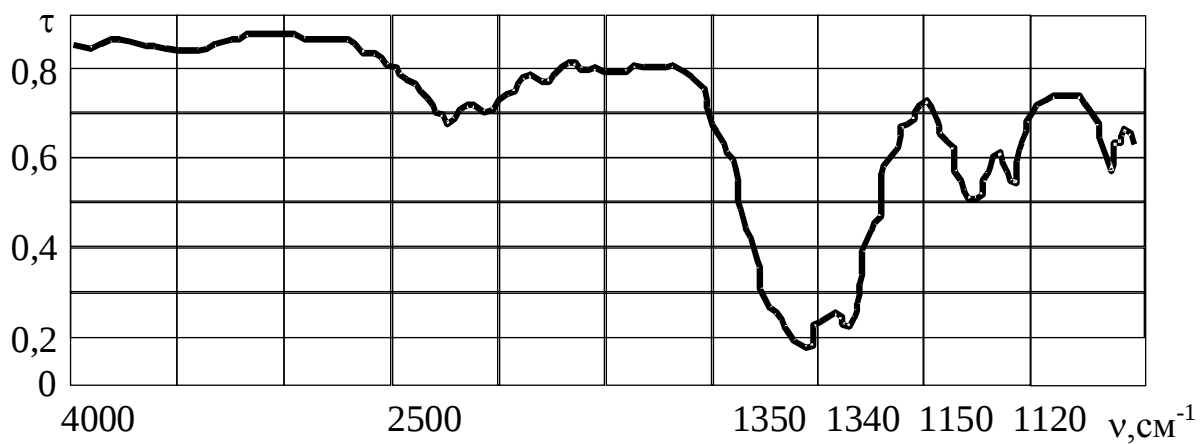
$\nu_1 = 2500 \text{ см}^{-1}$	$\lambda_1 = 4 \text{ мкм}$
$\nu_2 = 1340 \text{ см}^{-1}$	$\lambda_2 = 7,462 \text{ мкм}$
$\nu_3 = 1330 \text{ см}^{-1}$	$\lambda_3 = 7,518 \text{ мкм}$
$\nu_4 = 1150 \text{ см}^{-1}$	$\lambda_4 = 8,635 \text{ мкм}$
$\nu_5 = 1120 \text{ см}^{-1}$	$\lambda_5 = 8,928 \text{ мкм}$

Юқорида келтирилган қўшимчаларнинг баландлик бўйича жойлашиш қонунияти монографияда келтирилган электрик боғлиқликлар билан шархланади. Атмосферанинг $2,8 \div 4,2$ мкм оралиқдаги умумий спектраль характеристикалари 2.-расмда келтирилган. Бу спектраль характеристикаларда

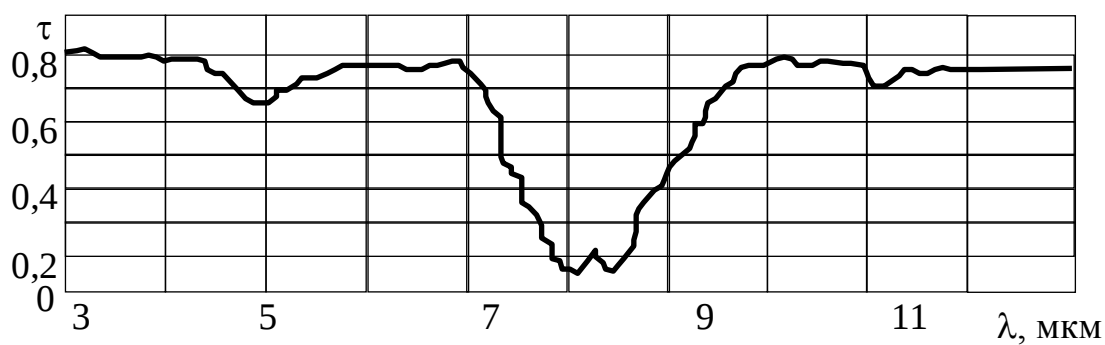


2.3-расм. Водород сульфиднинг спектраль характеристикаси.

атмосферанинг турли тўлқин узунликлардаги нур ўтказиш спектрлари кўрсатилган.



2.4-расм. Озоннинг нур ўтказиш спектри.



2.5-расм. Олтингугурт (II) оксид спектраль характеристикаси.

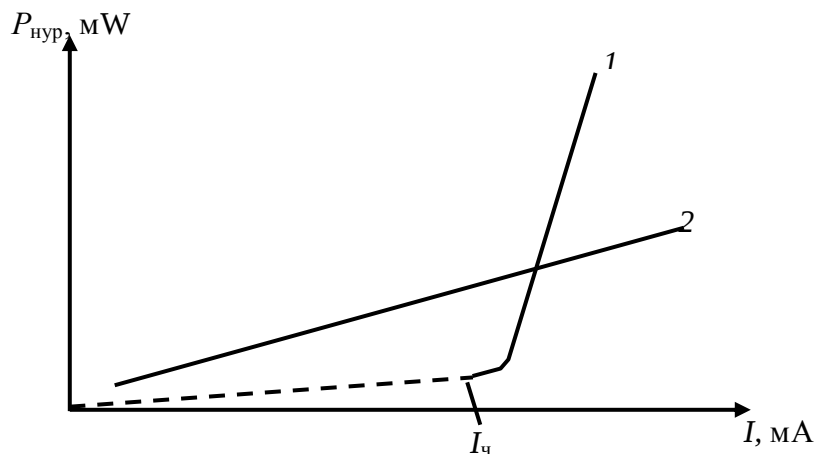
III – боб. ДИФФЕРЕНЦИАЛ ЮТИШ УСУЛИДА ИШЛОВЧИ ЛАЗЕРЛИ ГАЗАНАЛИЗАТОРЛАРИ УЧУН ЛАЗЕР ДИОДИ ВА ФОТОПРИЁМНИКНИ ТАНЛАШ.

3.1. Лазер диоди (ЛД), унинг тавсиф ва параметрлари.

Лазер диодлар (ЛД) одатда узоқ масофали ва юқори тезликли (155 Мбит/с дан юқори) оптик тизимларида қўлланилади.

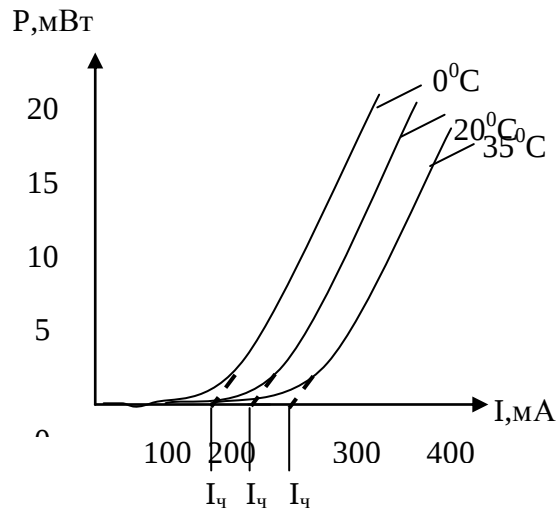
ЛДларнинг тавсифлари. ЛДлар хизмат муддати, нурланиш қуввати ва уни ташқи инъекция токига боғлиқлиги, нурланишни йўналганлик диаграммаси ва нурланиш спектри, хизмат муддати билан тавсифланади. ЛД ЁД га қараганда ташқи инъекция токини катта қийматларида ишлайди. Ташқи инъекция токи $I_{\text{ч}}$ ошиб, чегаравий $I_{\text{ч}}$ қийматга етгач, генерация, қачонки тузилишдаги йўқотишлар кучайишларга тенг бўлганда ёки лазер эффекти юзага келади, яъни индукцияланган (мажбурий) нурланиш ҳосил бўлади. Бу нурланиш юқори когерент бўлгани учун, ЛДни нурланиш спектри кенглиги ЁД га нисбатан тор. ЛДни нурланиш спектри 1-2 нм, ЁД ни нурланиш спектри эса 30-50 нм. Нурланиш қувватини ташқи инъекция токига боғлиқлигини ЛДни ватт-ампер характеристикасидан кўриш мумкин. 3.1-расмда ЛД ва ЁД ларни ватт-ампер характеристикалари кўрсатилган. Кичик ток қийматларида ЛДда кучсиз спонтан нурланиш юзага келади, у самарасиз ёруғлик диоди сифатида ишлайди. Юқорида айтиб ўтилгандек, ток қиймати чегаравий ток $I_{\text{ч}}$ қийматидан ошганда нурланиш қуввати $P_{\text{нур}}$ кескин ошиб, когерент мажбурий нурланиш ҳосил бўлади. ЛДнинг нурланиш қуввати 1-100 мВтни ташкил этади.

Расмдан кўриниб турибдики ватт – ампер тавсифи нозикдир. Шу сабабли, ватт – ампер тавсифини чизиқлаштиришнинг махсус чораларини қўлламадан, лазернинг инъекция токини аналог сигнал билан ўзгартириш йўли билан чиқиш нурланишини модуляциялаш амалий қўлланилмайди.



3.1-расм. Ватт-ампер характеристикалар: 1 - лазер диоди учун; 2 - ёруғлик диоди учун.

Одатда инжекция токини ва мос равишда лазернинг чиқиш оптик қувватини модуляциялашнинг қўлланилади. Шуни алоҳида айтиш керакли, лазер чегараланган пик қувватли нурланиш манбаи ҳисобланади. Бу нақча токининг катта қийматларида қувватни камайиб бориши билан боғлиқ. ЛД га хос яна бир муҳим хусусиятни айтиб ўтамыз: атроф муҳит температураси ўзгарса, ватт – ампер характеристикаси сурилади (3.2 – расм).



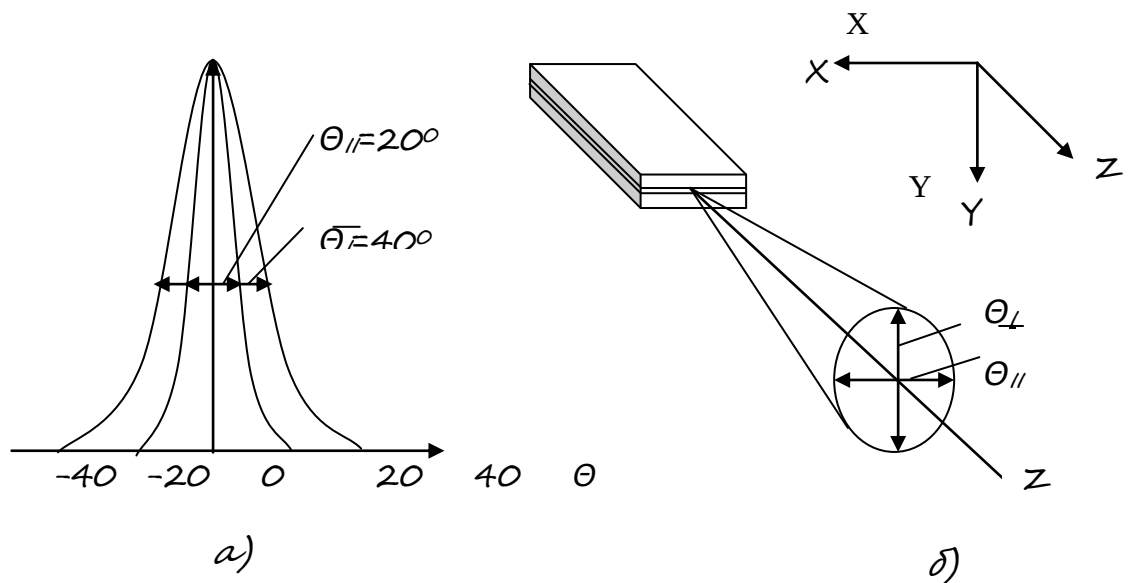
3.2-расм. Лазер диоднинг ватт-ампер
характеристикасининг температурага боғлиқ
равишда ўзгариши.

Бу чегаравий ток ва чиқиш қуввати қийматларининг ўзгаришига олиб келади.

Бу камчиликни бартараф этиш учун компенсациялашнинг электр схемалари, шунингдек микросовутгичнинг ишини бошқарувчи, термокомпенсациялаш схемаларидан фойдаланилади.

3.3 – расмда ЛД оптик нурланишининг йўналганлик диаграммаси кўрсатилган.

Расмдан кўришиб турибдики, лазер нурланишининг диаграммаси носимметрик. қувватнинг ярим сатҳида ўлчанганда унинг кенглиги ўтишга параллел юзада 20° дан кичик ва перпендикуляр юзада 40° дан катта (3.3,а–расм). 3.3,б–расмда ўзаро перпендикуляр йўналишларда нурланиш қувватининг бурчакка боғлиқлиги кўрсатилган.



3.3-расм. Оптик нурнинг лазер диоддаги йўналганлик диаграммаси: а) параллел ва перпендикуляр юзалардаги нурланиш кенглиги; б) ўзаро перпендикуляр йўналишларда нурланиш қувватининг бурчакка боғлиқлиги.

Йўналганлик диаграммаси эллипс конус кўринишига эга. Генерацияланадиган нурланишнинг етарли катта ёйилганлиги, уни кичик сонли апературали оптик толага самарали киритишга тўсқинлик қилади. Бунинг учун махсус мослаштирувчи қурилмаларни қўллаш талаб этилади.

Магистрал ТОО линияларида асосан сигналлар 1,3 ва 1,55 мкм тўлқин узунликларида узатилади. 1,55 мкм тўлқин узунлигида сўниш қийматлари кичик бўлгани учун ретрансляциясиз ($L=100\text{ км}$) узун участкаларда ана шу тўлқин узунлигидаги оптик узатиш манбаларидан фойдаланиш самаралидир. Магистрал алоқа линиялари кабеллари бир модали толалардан иборат бўлгани учун ҳам ЛДдан фойдаланиш керак. Чунки ЁД га қараганда ЛДнинг нурланишини йўналганлик диаграммаси тор. Бу нурланишни толага киритишни осонлаштиради [1].

Россиянинг «Нолатех» компанияси томонидан ишлаб чиқарилаётган ЛДларнинг асосий параметрлари 3.1-жадвалда берилган. 3.2-жадвалда эса 1шаффофлик ойнасида қўлланиладиган ЛДларнинг асосий параметрлари келтирилган (11).

Лазер диодларнинг параметрлари

ЛД турлари	$P_0, \text{мВт}$	$I_c, \text{мА}$	$I_{\text{ишчи}}, \text{мА}$	Тўқин узунлиги нм
ЛД- 1064- 10	10	20	50	1064
ЛД- 1064-20	20	20	70	1064
ЛД- 1064-30	30	20	100	1064
ЛД- 1064-40	40	20	130	1064
ЛД- 1064-50	50	20	150	1064
ЛД-1064-100 импульсли режимда	100	30	500	1064
ЛД- 1300-5	5	10	35	1310
ЛД- 1300- 10	10	10	40	1310
ЛД- 1300-20	20	10	60	1310
ЛД- 1300-30	30	10	90	1310
ЛД- 1300-30	30	10	90	1310
ЛД- 1300-40	40	10	150	1310
ЛД- 1300-50	50	20	200	1310
ЛД-1300-100, импульсли режимда	100	30	700	1310
ЛД-1550-5	5	15	50	1550
ЛД- 1550- 10	10	15	70	1550
ЛД- 1550-20	20	15	100	1550
ЛД-1550-30	30	30	150	1550
ЛД-1550-100, импульсли режимда	100	30	700	1550

Биринчи шаффофлик ойнаси учун ЛДларининг асосий параметрлари

Модель	Тўқин узунлиги нм	Чиқишдаги қуввати, мкВт	Ишчи ток, мА	Ишчи учланиш, В	Чегаравий ток, мА	Спектр узунлиги, нм	Ишчи температура °C
--------	----------------------	----------------------------	--------------	-----------------	-------------------	------------------------	------------------------

ИЛПН-80А	770-800	30-35	60-80	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-780	770-800	40-45	70-100	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-80В	770-800	30-35	90-140	1,8-2,4"	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-80А	800-870	30-35	60-80	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-820	800-870	40-45	70-100	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-80В	800-870	30-35	90-140	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-820	800-870	80-85	120-160	1,8-2,4'	15-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-820	800-870	30-35	90-140	1,8-2,4	15-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-11250	808-812	250-300	650-800	1,9-2,2	250-350	0,1-3	-40...+50
ИЛПН-112500	808-812	500-600	900-1000	1,9-2,2	250-350	0,1-3	-40...+50
ИЛПН-И2000	808-812	1000-1100	1450-1650	1,9-2,2	250-350	0,1-3	-40...+50
ИЛПН-900А	930-970	40-45	70-90	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-900	930-970	60-65	100-120	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-900В	930-970	80-85	110-150	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-900	930-970	100-105	160-200	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-80А	975-985	50-55	80-100	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50
ИЛПН-980	975-985	100-105	140-200	1,8-2,4	20-40	0,1-2	-40...+50

3.2. ЛДнинг турлари

ЛДнинг бир неча турлари мавжуд:

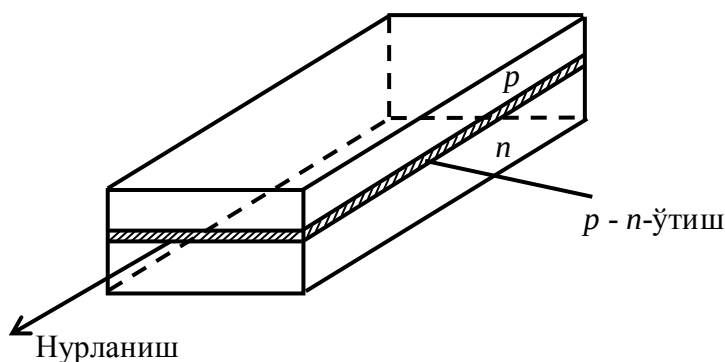
- кўп модали ёки Фабри-Перо резонаторли лазерлар;

- бир модали лазерлар;
- бир модали тақсимланган тескари алоқали (DFB) лазерлар;
- тақсимланган Брэгг акс этишли лазерлар;
- ташқи резонаторли лазерлар.

3.2.1. Кўп модали ёки Фабри-Перо резонаторли лазерлар

GaAs ёки InP ярим ўтказгич турларидан бири асосида тайёрланган, кристаллнинг икки қарама-қарши кўндаланг кесимига перпендикуляр бўлган p-n ўтишли параллелепипед кўринишидаги оддий ЛД тузилиши 3.4-расмда тасвирланган.

Акс эттирувчи параллел, кўндаланг юзалар Фабри-Перо резонаторларини ташкил этади. Ташувчилар рекомбинацияси ўтиш текислиги яқинида амалга ошади ва Фабри-Перо резонаторлари ҳисобига мусбат тескари алоқа ҳосил қилинади. Кўндаланг юзалардан акс этиш хавонинг ва ярим ўтказгичнинг n синдириш кўрсаткичларини фарқланиши билан тушунтирилади.



3.4-расм. p-n ўтишли, Фабри-Перо резонаторли лазер диоди.

Номакбул йўналишларда генерация юзага келмаслиги учун нурлантормайдиган юзаларнинг ғадир-будирлиги таъминланиб, уларнинг дағаллашувига эришилади [4].

3.1-расмда кўрсатилгандек нурланиш манбаларининг ватт – ампер тавсифида инжекция токи қиймати чегаравий қийматга етиб генерация, яъни лазер эффекти ҳосил бўлганда тузилишда тўлиқ оптик кучайиш тўлиқ йўқотишларга тенглашади.

Тўлиқ йўқотишлар узунлик бирлигида α коэффициент билан тавсифланадиган ички йўқотишлардан ва кўзгудан акс этиш коэффициентлари p_1 ва p_2 билан аниқланадиган, резонатор охирларидаги йўқотишлардан иборат. Резонаторнинг L узунлигида генерациянинг юзага келиши учун, муҳит узунлик бирлигида қуйидаги шарт билан аниқланадиган S кучайишга эга бўлиши керак:

$$S = \alpha + \frac{20}{L} \lg \frac{1}{\sqrt{p_1 p_2}}.$$

Одатда Ga As асосидаги инжекцион лазер учун $p_1=p_2=0,3$. Токнинг чегаравий зичлигини қуйидаги ифода орқали баҳолаш мумкин, A/cm^2

$$I_q = \frac{8\pi}{\eta_{ички}} \frac{10^4 q n^2 \Delta E_q^2 \Delta E d \gamma}{C^2 h^3} \left(\left(\alpha + \frac{20}{L} \right) \lg \frac{1}{p} \right),$$

бу ерда ΔE – спонтан нурланиш линиясининг энергияси; d -актив соҳа қалинлиги;

ΔE_q - ярим ўтказгич таъқиқланган зонасининг энергияси; γ - муҳитнинг кучайиш коэффициентини температуравий боғланишини ҳисобга олувчи, кўпайтувчи.

Гомолазер учун, уй температурасида генерация чегарасига эришиш учун, I_q нинг чегаравий зичлиги 30 ... 100 A/cm^2 бўлиши керак. Бу қуйидаги сабаблар билан тушунтирилади:

1) n турдаги ярим ўтказгичдан p-p ўтишга инжекцияланадиган электронларни бир қисми, ўзининг катта диффузия узунлигидан актив сохага сакраб ўтади ва индукцияланган (мажбурий) нурланишнинг ҳосил бўлиш жараёнида қатнашмайди;

2) актив сохадаги рекомбинация натижасида ҳосил бўлган нурланиш, ўлчамлари актив сохадан ошадиган қуйи сифатли ёруғлик ўтказгичда тарқалади. Актив сохадан ташқарида эгалланганлик инверсияси (инверсия населенности) шарти бажарилмайди ва нурланиш интенсив ютилади.

Ток зичлигининг жуда катталиги кристаллнинг ортиқ қизиб кетишига ва унинг тезда бузилишига олиб келади. Кристалл температураси суяқ азот температурасигача камайтирилганда лазер узоқ муддат хизмат қилиши мумкин.

Гомолазер мисолида фақатгина мажбурий нурланиш механизмининггина кўриб чиқиш мумкин, лекин уни ТОА тизимларида қўллаш амалий мумкин эмас. ТОА тизимлари учун лазер диоди нормал ташқи шароитларда модуляциялайдиган ток билан барқарор, мустаҳкам ишлаши керак. Ток зичлигининг ташқи совитишни талаб этмай, камайиши ва бошқа тавсифларни яхшиланиши кўп қатламли ярим ўтказгичлар – гетеротузилишлар ҳисобига эришилган. ИГТ ли ЛДда I_c қийматини $1...2 \text{ А/см}^2$ гача камайишига эришилади.

Агар ҳамма юзаси бўйлаб кенг контактли БГТ ли ва ИГТ ли ЛД да ток зичлиги оширилса, у ҳолда генерация аввал $3...5 \text{ мкм}$ кенгликли кичик сохада юзага келади. Ток оширилиши билан бундай сохалар кўпайиб боради, улардан ҳар бири мустақил генерацияланадигандек ҳисобланади. Бу шовқинларнинг ортишига, нурланишни ностабилигига ва ёйилиб кетишига олиб келади.

Амалиётда битта генерация каналига эга бўлиш мақсадга мувофиқ. Бунга резонатор бўйлаб актив сохани ингичка полоскадай чегаралаш ҳисобига эришиш мумкин. Бундай ЛД I_c лар полоска геометрияли лазерлар дейилади. Уларда I_c ток 500 мА/см^2 гача камаяди, нурлантирувчи юзани кичик сонли апертура – NA ли га оптик толага нурланиши самарали киритишни таъминловчи ўлчамларгача тайёрлаш мумкин ва нурланиш стабиллигини ошириш мумкин. Полоска

Legend:

- электрод
- изоляционный слой
- n-типа GaAs

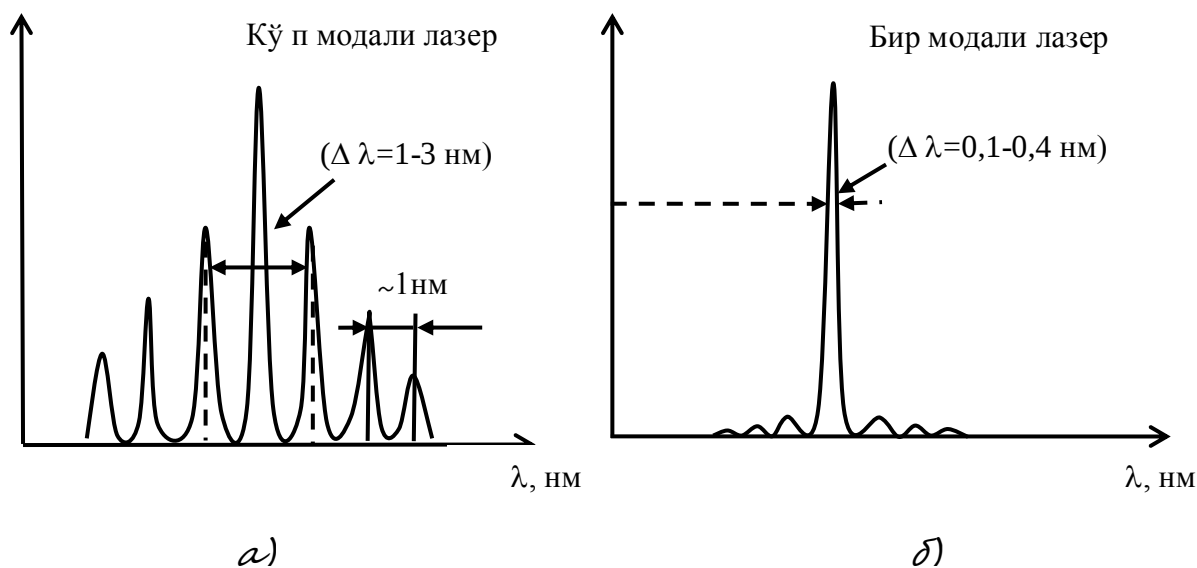
a) b) d)

Расмда кўрсатилган тузилишларнинг ҳаммаси n ва p турдаги Ga As актив қатламга эга, Ga As ли актив қатлам бир томондан p турдаги AlGa As қатлам билан чегараланган. p- турдаги AlGa As қатлам бошқа n турдаги чегараловчи қатламдан инжекцияланадиган электронлар учун потенциал тўсиқ ҳосил қилади. p ва n турдаги Ga As қатламлар омик ва иссиқлик контактларини яхшилаш учун мўлжалланган. 3.5,a – расм да мезаполоска тузилишли лазер тасвирланган. Бундай тузилиш бир неча қатламларни емириш (стравление), сўнг уларни изоляциялаш ва металл контактни чангитиб юбориш билан ҳосил қилинади. 3.5,б – расмда, полоскадан ташқарида актив сохани бузадиган, протонли портлатиш билан ҳосил қилинган полоскали контакт тасвирланган. 3.5,в – расмда чўктирилган (погруженный) тузилишли полоскали контакт

кўрсатилган. Бундай тузилиш n турдаги қатламга мезотузилишларни чўктириш йўли билан яратилади. Чўктирилган тузилишли ЛД ларда чегаравий токнинг кичик қийматлари ($I_{ч} = 5 \dots 10 \text{ мА/см}^2$) ва кичик чиқиш қувватлари ($P_{чик} = 0,5 \dots 2 \text{ мВт}$) кузатилади. Бундай кичик қийматлар нурлантирувчи юза ўлчамларининг кичиклиги, $1 \dots 2 \text{ мкм}$ дан ошмаслигидандир.

Фабри-Перо резонаторли ЛДлар кўп модали лазерлар ҳам дейилади. Чунки улар бир неча модаларни нурлантиради (3.6,а-расм).

3.6,а-расмдаги катта амплитудали мода – бу тўлқин узунлигининг асосий модаси, кичик амплитудали модалар – ён модалари ҳисобланади. Ён модалар ораси тахминан 1 нм га тенг. Лазер нурланиш модуляциясида нафақат асосий мода, шунингдек ён модалар ҳам модуляцияланади. Бундай лазерларда оптик нурланишнинг тўлиқ спектр кенглигини ярми $4\text{-}5 \text{ нм}$ га тенг [6].



3.6-расм. Лазер диодларнинг нурланиш спектрлари: а) - кўп модали ЛД нурланиш спектри; б) - бир модали ЛД нурланиш спектри.

Спектрнинг кенглиги дисперсияни ошишига олиб келади. Фабри-Перо резонаторли, кўп модали лазерлар жуда юқори техник тавсифларга эга эмас. Лекин тузилиши содда бўлгани учун нарх-самарадорлик нуқтаи назаридан,

бундай лазерлар жуда юкори тезликлар талаб этилмайдиган ОА тизимларида қўлланилади.

Айтиб ўтиш жоизки, бир модали нурланиш режимида бўлиб, $\Delta\lambda$ кичик бўлса ҳам узатиш тезлиги ошиши билан Фабри-Перо резонаторли ЛД модаларида қувватни қайтатдан тақсимланиши кузатилади [1]. Бунда ҳар бир алоҳида модани қуввати сезиларли даражада ўзгариши мумкин. Лазер сигнали тола бўйлаб узатилганда, тўлқин узунлигига боғлиқ бўлган гуруҳли кечикиш (хроматик дисперсия)ни ҳисобга олсак, модалар бўйлаб қувватни тақсимланиши чиқишда шовқин сатҳини ошишига [6] ва $\Delta\lambda$ спектрни динамик кенгайишига (1-2 ГГц частота модуляциясида 10 нм гача) [1] олиб келади. Юкори тезликли тизимларида бу секция узунлигини чегараловчи асосий омил бўлиши мумкин [6].

Оптик резонаторларни ташкил қилиш усули билан фарқланувчи, маълум даражада оддий Фабри-Перо резонаторларининг такомиллашуви ҳисобланган бошқа мукамал ЛДларда бу камчиликлар мавжуд эмас[1].

3.2.2. Бир модали лазерлар

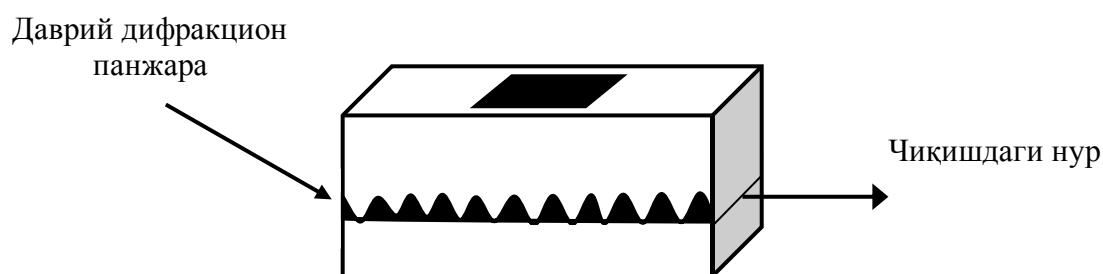
Юқорида айтиб ўтилганидек, кўп модали лазерларда нурланиш спектрининг кенглиги дисперсия қийматини ошишига олиб келади. Бу камчиликни бартараф этиш учун бир модали лазерлардан фойдаланиш талаб этилади. Бир модали лазерларда модани ўзини нурланиш спектри тор бўлиб, $\Delta\lambda=0,1-0,4$ нм ни ташкил этади (3.6,б-расм). Бундан ташқари, агар бир модали лазер тўғри созланган бўлса, унда биринчи ён мода асосий модадан жуда бўлмаганда 30 дБ га паст бўлиши мумкин [6].

3.2.2.1. Тақсимланган тескари алоқали ярим ўтказгич лазерлар

Тақсимланган тескари алоқали ярим ўтказгич лазер диоди (ТТА-ЛД, DFB) Фабри-Перо ясси резонаторининг такомиллашган тури бўлиб, уларнинг икки

қатлами ўртасида (одатда $n\text{-InP}$ ва $n\text{-InGaAsP}$ қатламлари ўртасида) даврий дифракцион панжара жойлашган бўлади (3.7-расм).

Бу билан синдириш кўрсаткичларининг даврий бир турда эмаслиги ҳосил қилинади, бу эса тўлқин тарқаладиган актив соҳа қалинлигини даврий ўзгаришига олиб келади.



3.7-расм. Тақсимланган тескари алоқали ярим ўтказгич лазер.

Инжекция токи

Тескари алоқа резонаторлар юзаси узунлиги бўйича тақсимланган бўлади. Бу турдаги лазерларни тузилиши тескари алоқа механизми эвазига тўлқин узунлигини танлаш имконини яратади. Дифракцион панжара қадами билан аниқланадиган, қайд этилган тўлқин узунликларидagina тескари алоқа ҳосил бўлади, яъни фақатгина панжара давридан қисқа бўлган тўлқин узунликлар қолади [4]. Бу билан резонаторларда қўзғаладиган модалар сони камаяди ва фақатгина юқори қувватли, қисқа спектрли асосий модаларни сигналнигина узатишга имконият яратилади.

Дифракцион панжара диод ичида жойлашган бу турдаги лазерларни ишлаб чиқариш технологияси мураккабдир.

3.3 Фотоприёмниклар асосий турлари ва уларнинг спектрал характеристикалари.

Лазерли газоанализаторларда қўлланиладиган нурсимон энергия қабул қилгичларни икки гуруҳга бўлиш мумкин: иссиқлик ва фотоэлектрик.

Иссиқлик қабул қилгичлар спектрнинг ИҚ ҳудудида (< 30 мкм) нур тарқатишни детекторлашга хизмат қилади. Бу қабул қилгичлар гуруҳига қиздиришда қиздириш ҳароратига пропорционал бўлган ЭЮК ҳосил бўладиган биметалик қурилма кўринишдаги термоэлементлар, ҳамда ката ҳарорат коэффицентли қаршиликли қаршилик кўринишидаги болометрлар киради. Уларнинг ижобий хусусиятлари сифатида ишчи диапазондаги қайд этилаётган нур тўлқин узунлигига сезгирликнинг кучсиз боълиқлигини ва ишлатилиши қулайлигини кўрсатиш мумкин.

Фотоэлектрик қабул қилгичлар спектрнинг УБ, кўринадиган ва ИҚ ҳудудларида нур тарқатишни детекторлаш учун қўлланилади. Бу қабул қилгичлар гуруҳини ички ва ташқи фотоэффектли фотоэлементларга бўлиш мумкин.

Ташқи фотоэффектли фотоэлементлар одатда спектрнинг УБ ва кўринадиган ҳудудларида нур қабул қилгич сифатида хизмат қилади. Фотоэлектрон кўпайтиргичлар деб номланадиган бундай детекторлар ишлаш хусусияти фотокатод сирти чиқиш ишини оширадиган, фотонлардан энергия оладиган фотокатод электронларининг эмиссиясига асосланган. Ҳосил бўлган электронлар электр майдонда тезлатади ва электродлар туркуми – тезлашаётган динодларда кўпаяди. Шундай қилиб, фотоэлектрон кўпайтиргич сигнали қабул қилгич фотокатодига тушаётган нур интенсивлигига пропорционалдир. Кенг миқёсда тарқалган фотоэлектрик кўпайтиргичлар $160\div 650$ нм ҳудуддаги максимал сезгирликли Sb-Cs фотокатодли; 400 дан 870 нм гача мулрти ишқор фотокатодли, 400 дан 1300 гача Ag-Cs фотокатоддилардир. ФЭК нинг вақт доимийси $\approx 10^{-8} - 10^{-10}$ с ни, сезгирлиги $\approx 10^{-14}$ Вт ни ташкил этади.

Ички фотоэффектли фотоэлектрик қабул қилгичлар одатда ИҚ спектр ҳудудига нурларни қайд қилишда фойдаланилади. Кўриб чиқиладиган детекторларнинг ишлаш принципи ярим ўтказгич элементларнинг фотон ютилишида ўзини ўтказувчанлигини ўзгариши хусусиятига асосланган. Мисол учун, бундай қабул қилгичлар сифатида < 4 мкм ҳудуддаги сезгиरोликли PbS фотоқаршилик ёки ҳам хона ҳароратида (293 K) ва ҳам паст ҳароратда (273 K) ишлайдиган, $< 7,5$ мкм

худуддаги сезгирликли InSb фотоқаршилиқ қўлланилади. Кенгрок спектралр оралиқ (< 14 мкм) да PbSnTe ёки HgCdTe турдаги детекторлар ишлаши мумкин, лекин фақат криоген (77 K) хароратларда.

Фотоқаршилиқларда фотоўтказувчанлик хусусияти, шу билан бирга моддаларнинг электр ўтказувчанлигини электромагнит нур таъсири остида ўзгаиши хусусияти қўлланилади; фоторезисторлар хусусий фотоўтказувчанликка эга ярим ўтказгич материаллардан тайёрланади.

Биринчи гуруҳга индий (InSb, InAs) ва қўрьошин (PbSe, PbS, PbTe) бирикмалари асосидаги фоторезисторлар киради. Иккинчи гуруҳга турли элементлар: олтин, сурма, қўрьошин, симоб, бор, кадмий, мис ва бошқаларнинг легирланган германий ва кремний асосидагилари киради. Кейинги пайтларда фоторезисторлар уч хил қаттиқ эритмалар асосида тайёрланмоқда. Бундай фоторезисторларнинг яхши хусусиятлари спектралр сезгирликнинг кенг чегараларда ўзгариши хисобланади. [16]

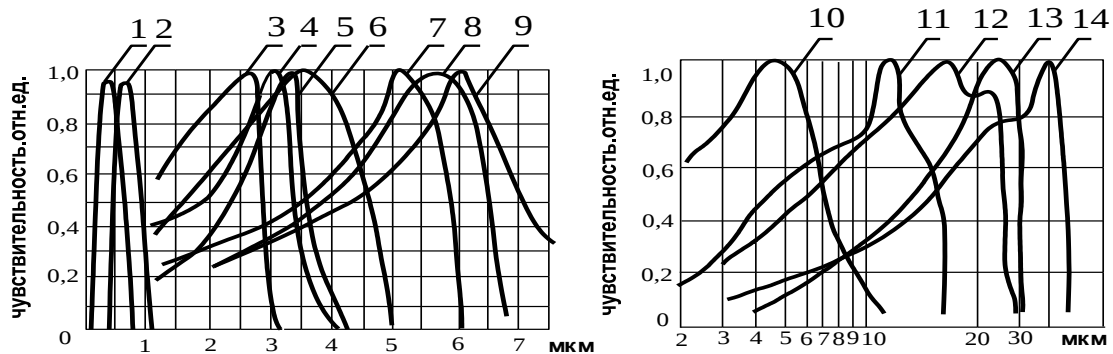
Фоторезисторларнинг асосий характеристикалари Волрт – Ампер, спектралр, Люкс – Ом ва Люкс – Ампер характеристикалари хисобланади.

3.8 -расмда баози фоторезисторлар учун спектралр характеристикалар келтирилган.

Фоторезисторларнинг асосий камчиликлари параметрларнинг кучли боълиқлиги ва юқори инерционлиги хисобланади. Умуман амалда барча фоторезистор куйидаги қисқартирилган ночизик Люкс – Ампер характеристикасини ўз ичига олган [16]:

$$I_{\phi} = cU^{\gamma}\Phi^{\alpha} \quad (3.1)$$

Бу ерда: I_{ϕ} – фототок; c – махсулот хусусиятлари бўйича аниқланадиган доимий; U – фоторезисторга берилган кучланиш; Φ – фоторезисторнинг нур тарқатувчи сиртига тушаётган нур оқими; γ , α - ночизиклик коэффицентлари.



3.8 -расм. Фоторезисторларнинг хусусий (а) ва нохусусий (б) фотоўтказувчанликдаги спектралр характеристикаси.

Фоторезистордан ўтаётган тўлиқ ток I_n :

$$I_n = I_\phi + I_m \quad (3.2)$$

Бу ерда: I_m – ёритилмаган фоторезистордан ўтаётган қороньюлик ток:

$$I_m = \frac{U}{R_m} \quad (3.3)$$

R_m – қороньюлик қаршилиги

Люкс – Ом характеристикаси қуйидаги кўринишда қабул қилинган:

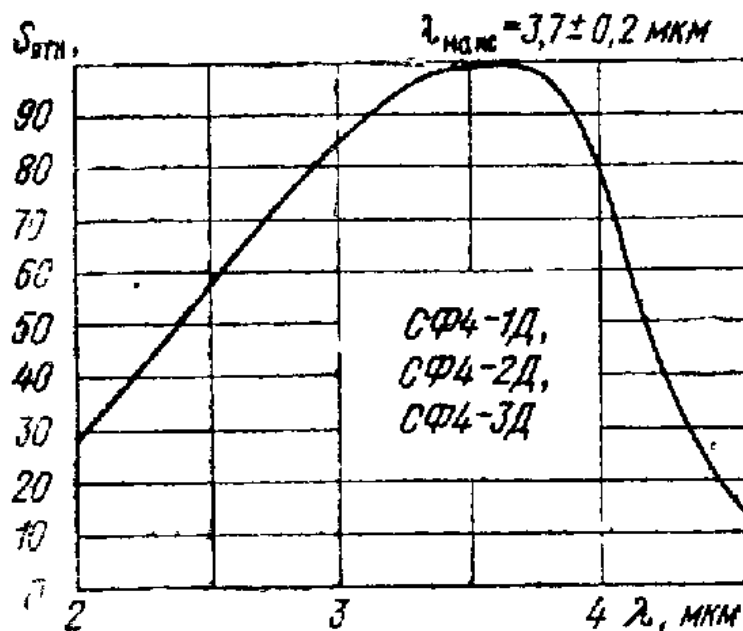
$$R_\phi = R_0 \left(\frac{E_0}{E} \right)^\gamma$$

Бу ерда: R_0 – E_0 ёритилмаганликдаги фоторезистор қаршилиги.

Инерционлик юқорида қайд этилганидек камчиликлардан бири хисобланади, чунки нур диодлари қурилмаларида кўп ҳолларда импульсли иш тизимидан фойдаланилади. Инерционлик фототокнинг тушиши τ_c ва кўтарилиш τ_n вақт доимийси билан характерланади. Тез ишлаши бўйича фоторезисторларни танлашда нур тарқатиш импульс давомийлиги кўтарилиш вақти доимийсидан ката бўлиши керак, чунки шу вақт ичида фототок ўзининг максимал кўрсаткичига етади.

Юқорида келтирилган маълумотлардан хулоса қилиб айтиш мумкинки икки тўлқинли оптоэлектрон қурилмаларда фотоприемник сифатида фоторезистор ишлатиш мақсадга мувофиқдир. Икки тўлқинли оптоэлектрон қурилмаларда

танланган фотопремник хар иккала тўлкин узунлигидаги ёруъликларни бир хилда сезиши керак худди шу мақсадда яратилаётган оптоэлектрон қурилма учун PbSe- ярим ўтказгичли фоторезистор СФ4–3Д мос келади. СФ4–3Д фоторезисторининг спектрал характеристикаси 3.9.- расмда келтирилган.



3.9- Расм. СФ4–3Д фоторезисторининг спектрал характеристикаси.

IV-боб. Дифференциал ютиш усулида ишловчи лазерли газанализаторларини принципиал схемасини ишлаб чиқиш

4.1 Дифференциал ютиш усули.

Дифференциал ютиш усулида ишловчи лазерли газанализаторларини иш принципини асосини 1964 йилда Счетленд таклиф қилган. Дифференциал ютиш усули принципи қуйдагича. Назорат қилинаётган газ концентрацияси орқали тор спектрал сохада ётувчи ҳар хил тўлқин узунлигига эга бўлган иккита оптик нурлар ўтказилади. Бу оптик нурларнинг бирининг тўлқин узунлиги назорат қилинаётган газнинг максимум ютиш оралиғида ётади, бу нур ўлчаш нури дейилади тўлқин узунлиги эса ўлчаш тўлқин узунлиги дейилади. Иккинчисининг тўлқин узунлиги назорат қилинаётган газнинг ютиш оралиғидан ташқарида ётади бу нур таянч нур, тўлқин узунлиги эса таянч тўлқин узунлиги дейилади. Ўлчанаётган газ концентрацияси ўлчаш ва таянч нурларнинг нисбати орқали аниқланади.

Объектдан ўтган нур оқимлари Φ_{λ_1} , ва Φ_{λ_2} қуйидагича ифодаланади:

$$\begin{aligned}\Phi_{\lambda_1} &= \Phi_{0\lambda_1} e^{-k_1 N_1 L} \cdot e^{-k_2 N_2 L} \\ \Phi_{\lambda_2} &= \Phi_{0\lambda_2} e^{-k_1 N_1 L}\end{aligned}\quad (4.1)$$

Бу ерда: N_1 — газ аралашмаси концентрацияси, N_2 — аниқланаётган газ концентрацияси,

L — оптик йўл узунлиги, K_1 ва K_2 — λ_1 ва λ_2 тўлқин узунликлардаги нур ютилиш коэффициенти.

Бошланғич нур оқимларининг интенсивлиги ўзаро тенг бўлган ҳолда қуйдагига эга бўламиз.

$$\Phi_{\lambda_1} / \Phi_{\lambda_2} = e^{-k_2 N_2 L} \quad (4.2)$$

Тенгликни ҳар иккала томонини логарифмлаб қуйдагини оламиз.

$$\ln (\Phi_{\lambda 1} / \Phi_{\lambda 2}) = \ln e^{-k_2 N_2 L} \quad (4.3)$$

Бу тенгликдан қуйдаги келиб чиқади.

$$k_2 N_2 L = - \ln (\Phi_{\lambda 1} / \Phi_{\lambda 2}) \quad (4.4)$$

Ўлчанаётган газ концентрацияси қуёдаги тенглик ёрдамида аниқланади.

$$N_2 = -1 / k_2 L [\ln (\Phi_{\lambda 1} / \Phi_{\lambda 2})] \quad (4.5)$$

Охирги тенгликдан кўриниб турибдики ўлчанаётган газ концентрацияси назорат объектидан ўтаётган ўлчаб ва таянч нурлар нисбатининг логарифми орқали ифодаланаяпти. Бу эса газ анализаторининг чиқиш характеристикасини нозикликка олиб келади яъни логарифмик шкалага. Шунинг учун газ анализаторининг чиқиш характеристикасини чизикли кўринишга келтириш учун икки тўлқинли функционал ёйилмалар усул таклиф этилган. Бу усулга кўра таянч тўлқин узунлигидаги нур оқими вақт бўйича экспоненциал қонун асосида ўзгаради:

$$\Phi_{0\lambda 2} = A e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4.6)$$

Бундан келиб чиқиб:

$$\Phi_{\lambda 2} = A e^{-\frac{t}{\tau}} \cdot e^{-k_1 L N_1} \quad (4.7)$$

$\Phi_{\lambda 2} = \Phi$ ларни тенглаб, қуйидагиларни оламиз:

$$\Phi_{0\lambda 1} = e^{-k_1 N_1 L} \cdot e^{-k_2 N_2 L} = A \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} \cdot e^{-k_1 L N} \quad (4.8)$$

Таянч нур оқими даражаси доимий бир хилда ушланганлиги сабабли, солиштириш вақтида қуйидагича кўринишда бўлади:

$$\Phi_{0\lambda 1} e^{-k_2 N_2 L} = A \cdot e^{-\frac{t_{yp}}{\tau}} \quad (4.9)$$

агар бошланғич оқимни $\Phi_{0\lambda 1} = A$ бўлишини тақдирланса, у ҳолда,

$$e^{-k_2 N_2 L} = e^{-\frac{t_{yp}}{\tau}} \quad (4.10)$$

ёки

$$K_2 N_2 L = \frac{t_{yp}}{\tau}$$

Тенгликдан келиб чиқиб,

$$N_2 = \frac{1}{K_2 L_2 \tau} \cdot t_{yp} = C \cdot t_{yp} \quad (4.11)$$

Бу ерда: $C = \frac{1}{K_2 L \tau} = const$

t_{yp} – Φ_{λ_1} ва Φ_{λ_2} оқимларнинг солиштириш вақтига тўғри келадиган вақт;

τ - экспонента вақт доимийси; A – экспонента амплитудаси.

4.2. Дифференциал ютиш усулида ишловчи лазерли газанализаторларини принципиал схемасини ишлаб чиқиш

Икки тўлқинли усул асосида дискрет функционал бўлинишли оптоэлектрон қурилма ишлаб чиқилди.

4.1-расмда яратилган қурилма блок-схемаси келтирилган.

4.2-расмда қурилма ишини тушунтирувчи вақт диаграммалари келтирилган.

Хаводаги углеводород концентрациясини назорат қилувчи куриома таркиби қуйидагича: таоминот манбаси 1, икки варама-варши чиқишли тўъри бурчакли импулрслар генератори 2, уларнинг бирига частота бўлувчиси 3 уланган, частота бўлувчиси чиқиши одновибратор 4 орқали экспонента модулятори 5 бошқарувчи киришга уланган, элементар қайтаргич 6, икки электрон калит 7 ва 8, ишчи 9 ва таянч 10 нур диодлари, газ камераси 11, фото қабул қилгич 12, ФҚҚ биринчи дифференциалловчи қурилма 13 билан уланган, биринчи дифференциалловчи қурилма чиқишидаги кириш қурилмаси 14 солиштирма схема 15 нинг биринчи кириши иккинчи дифференциалловчи қурилма 16 чиқишига уланган, 17 хисоблагич, унинг «нолни ўрнатиш» Кириши одновибратор 4 чиқишига уланган.

Газ камераси 11 ни тегишли равишда таянч λ_1 ва ишчи λ_2 тўлқин узунликдаги икки $\Phi_{0\lambda_1}$ ва $\Phi_{0\lambda_2}$ нур оқимлари билан нурлантирилади. Газ камерасидан ўтган нур оқимлари қуйидаги кўринишда бўлади:

$$\begin{aligned}\Phi_{\lambda_1} &= \Phi_{0\lambda_1} \cdot e^{-k_1 N_1 L} \\ \Phi_{\lambda_2} &= \Phi_{0\lambda_1} \cdot e^{-k_1 N_1 L} \cdot e^{-k_2 N_2 L}\end{aligned}\quad (4.8)$$

Бу ерда: $\Phi_{0\lambda_1}$ ва $\Phi_{0\lambda_2}$ - λ_1 ва λ_2 тўлқин узунлигида, газ камерасига тушаётган нур оқимлари;

Φ_{λ_1} ва Φ_{λ_2} - газ камерасидан ўтган λ_1 ва λ_2 тўлқин узунликларидаги нур оқимлари;

N_1 - газсимон моддалар аралашмаси концентрацияси;

L - оптик йўл, яъни газ камераси узунлиги;

N_2 - аниқланаётган газсимон модда концентрацияси;

K_1 - газсимон моддалар аралашмаси ёйилиш коэффициенти;

K_2 - аниқланаётган газсимон модда нур ютиш коэффициенти.

$\Phi_{0\lambda_1}$ оқим вақт бўйича экспоненциал қонун асосида ўзгаради:

$$\Phi_{\lambda_1} = A e^{-\frac{t}{\tau}} \cdot e^{-k_1 N_1 L} \quad (4.9)$$

Бу ерда: A - экспоненциал импулс амплитудасининг бошланғич кўрсаткичига тўғри келувчи доимий коэффициент.

Φ_{λ_1} ва Φ_{λ_2} оқимлар тенглигида:

$$\Phi_{0\lambda_2} \cdot e^{-k_2 N_2 L} = A e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4.10)$$

Бу ифодадан келиб чиқиб:

$$N_2 = \frac{1}{K_2 L_{\lambda}} \cdot t_c \quad (4.11)$$

Бу ерда: t_c - солиштириш (таққослаш) моментидаги вақт;

τ - экспонента вақт доимийси.

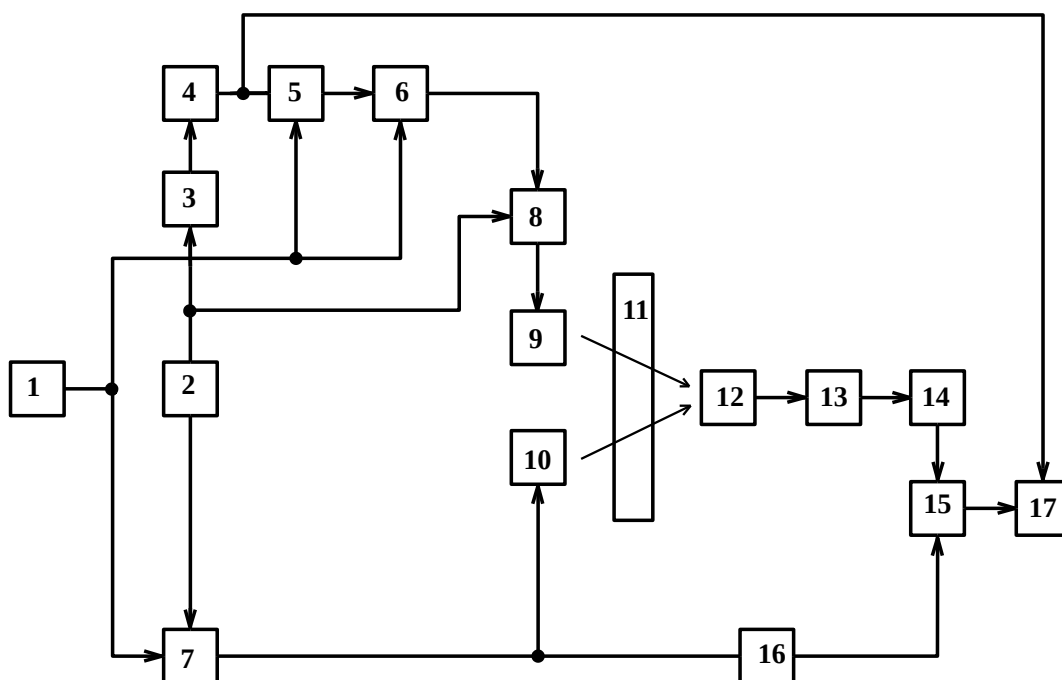
Тўғри бурчаклар импулслар генератори 2 қайталанадиган керакли частотадаги импулслар ишлаб чиқаради. Бу импулслар қарама-қарши фаза чиқишлардан частота бўлувчиси 3 киришига ва 7,8 бошқарувчи калитлар киришига тушади. Частота бўлувчиси 3 чиқишидан тўғри бурчакли импулслар одновибратор 4 киришига тушади (4.2 а-рasm).

Одновибратор 4 чиқишидан керакли давомийликда тўғри бурчакли импулслар экспонента модулятори 5 киришига тушади, унинг чиқшидан элементар

қайтаргшич киришига тушади ва у ерда токнинг дискрет экспоненциал импулрси хосил бўлади ва электрон калит 8 орқали нур диоди 9 га тушади. Унда экспоненциал қонун асосида нур оқими хосил бўлади ва газ камераси 11 дан ўтказилади. Экспонентани қарама-қарши тўлдирувчи импулрс электрон калит 7 ни улайди ва нур диоди 10 дан оқиб ўтаётган ток импулрси нур оқимини хосил қилади, бу оқим амплитудаси доимийдир. Газ камерасидан ўтган оқимлар ФҚҚ 12 да қабул қилинади.

4.2. в-расмда фото қабул қилгич 12 чиқишидаги йиьилган фотоэлектрик сигнал вақт диаграммаси келтирилган. Бу сигнал дифференциалловчи қурилмада дифференциалланиб, кириш қурилмаси 4 киришига тушади (4.2 г-расм).

Кириш қурилмаси 4 чиқишидаги сигнал (4.2 г-расм) солиштириш схемаси киришларининг бирига узатилади. Солиштириш схемаси иккинчи киришига иккинчи дифференциалловчи қурилма 16 дан узатилган сигнал тушади (4.2.е-расм). Солиштириш моменти t_c дан бошлаб солиштириш схемаси чиқишида ҳисоблагич 17 нинг ҳисобловчи киришига тушувчи импулрслар хосил бўлади

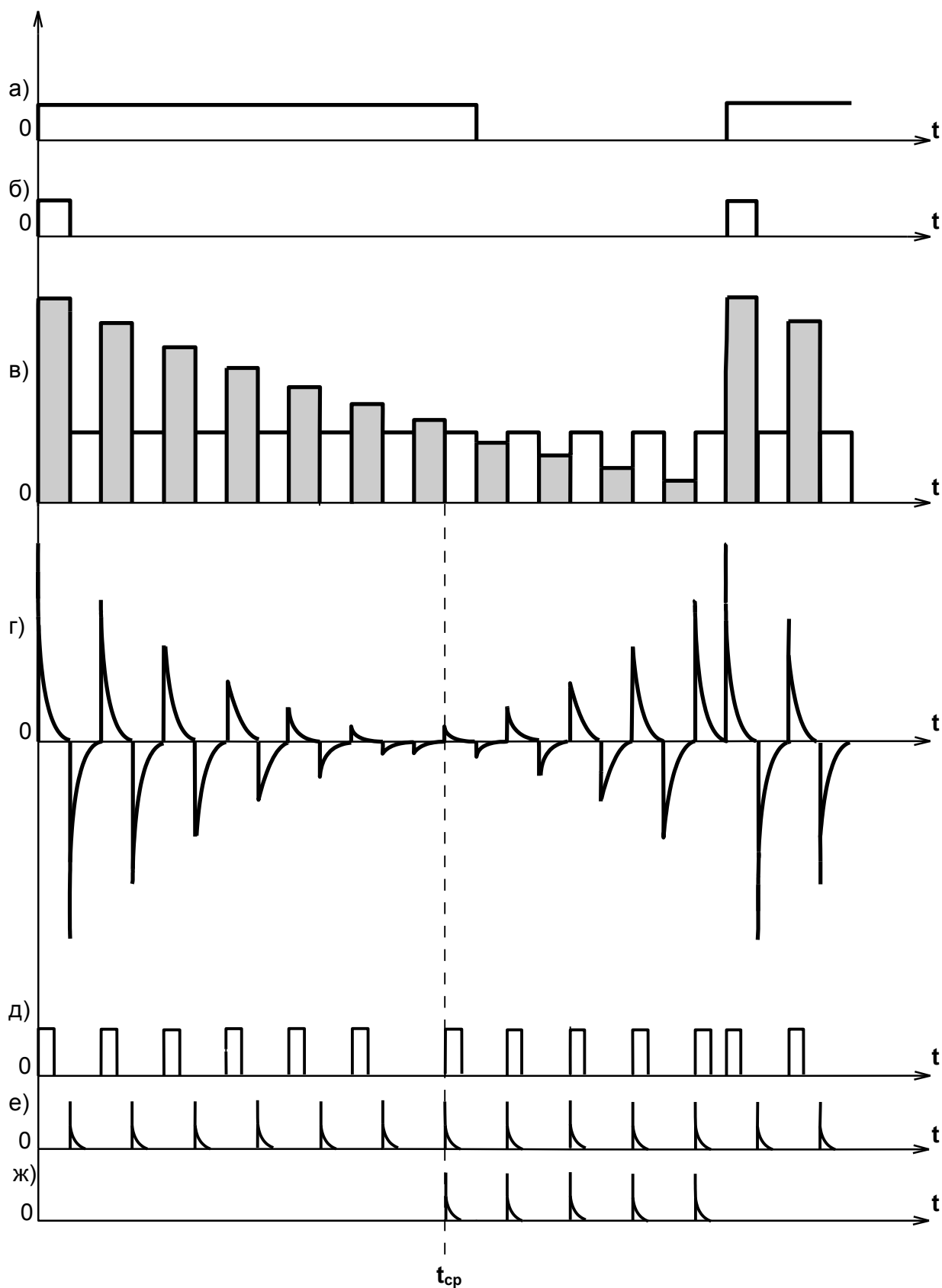


4.1-расм. Дифференциал ютиш усулида ишловчи карбонат ангидрид
гази концентрациясини назорат қилувчи лазерли
газанализаторларини блок-схемаси.

(4.2

Кейинги экспонента бошланишида хисоблагич 17 нинг «нолни ўрнатиш» киришига одновибратор 4 дан тўъри бурчакли импулрслар тушади ва хисоблагич 17 «тайёрлана» бошлайди.

Хисоблагич кўрсаткичларига асосланиб газсимон модда концентрациясини аниқлаш мумкин.



4.2-расм. Дифференциал ютиш усулида ишловчи карбонат ангидрид газни концентрациясини назорат қилувчи лазерли газанализаторларини блок-схемаси ишини таърифловчи вақт диаграммаси.

**4.3. Дифференциал ютиш усулида ишловчи карбонат ангидрид газы
концентрациясини назорат қилувчи лазерли газанализаторларини принципиал
схемасини яратиш.**

Оптоэлектрон қурилмани яратиш учун қуйидаги асосий микросхема ва транзисторлардан фойдаланилган:

- 1) К554СА3, К155ЛА3, К155ИД1, К155ТМ2 ва К155ИЕ2 микросхемалари.
- 2) КТ315И, КТ626А, КТ801 ва КП303Ж транзисторлари.

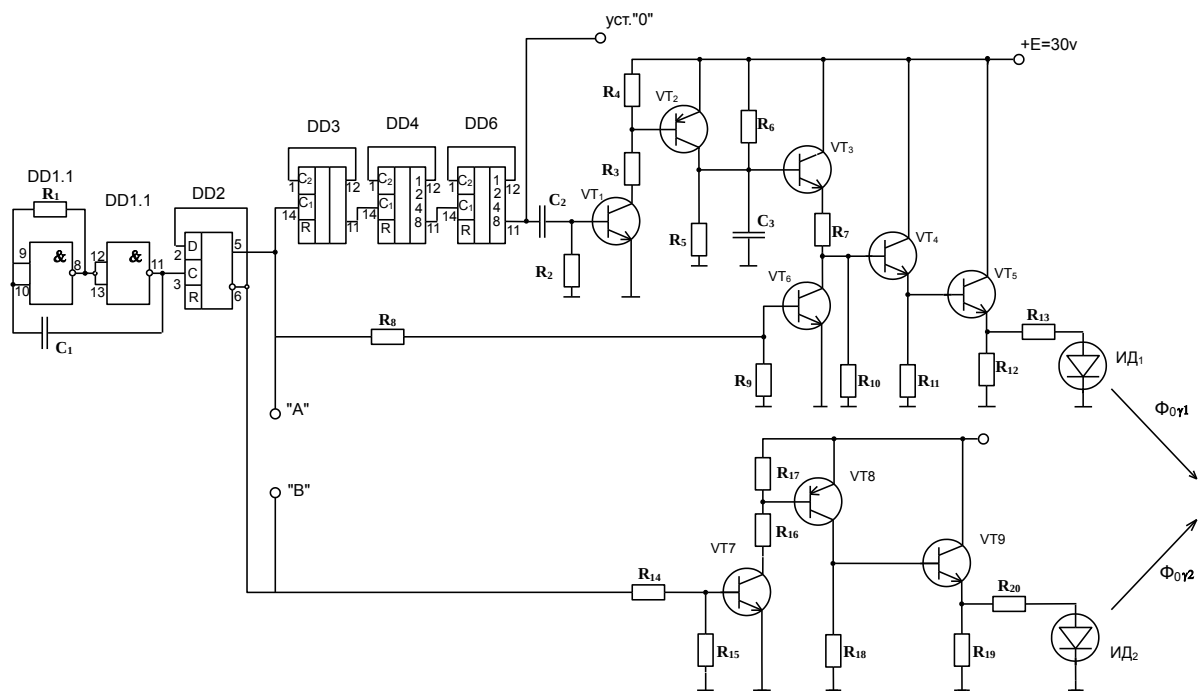
6.3-расмда оптоэлектрон қурилманинг сигнал берувчи блоки принципиал схемаси келтирилган. У берувчи генератор, триггер, частота бўлувчиси, экспоненциал функция генератор ива экспонента модуляторидан ташкил топган. Сигнал берувчи генератор К155 ЛА3 микросхема асосида тайёрланган бўлиб, керакли амплитудали, $f=1000$ Гц, частотали тўри бурчакли қарама-қарши фазалар ишлаб чиқарувчи, К155ТМ2 микросхема асосида тайёрлаган триггерга келиб тушади. Триггердан чиққан сигнал частота бўлувчисига берилади.

Частота бўлувчиси кетма-кет уланган учта бир хил К155ИЕ2 турдаги микросхемалардан қурилган. Хар бир микросхема $K=10$ бўлиш коэффициентига эга. Умумий бўлиш коэффициенти $K=1000$ га тенг. Керакли частота ($K=10$ Гц) қайталаниши билан тўри бурчакли импульслар частота бўлувчиси чиқишидан R_2C_2 дифференциалловчи занжир орқали экспоненциал функция генератори киришига берилади.

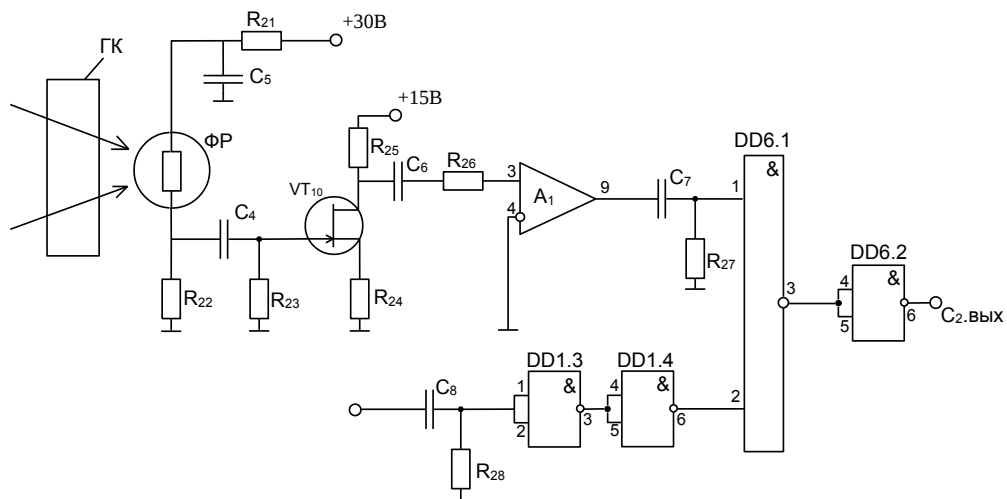
VT_1 ва VT_2 транзисторлар очилади. C_3 конденсатор кичик вақт мобайнида зарядланиб олишга улгиради, чунки $\tau=R_2C_2$ C_3 конденсатор тўлиқ зарядсизланиб олишига кетадиган вақт бўйича танланган. VT_2 транзистор ёпилгандан сўнг C_3 конденсатор R_5 қаршилик орқали зарядсизлана бошлайди. Натижада C_3 конденсаторда кичраювчи экспоненциал импульс хосил бўлади. Бу экспоненциал импульс VT_3 транзистордан тузилган элементар қайтаргич ёрдамида ток бўйича кучайтирилади. Резистор R_6 экспоненциал импульс яқунловчи қисмини бузилишини олдини олишга белгиланган.

VT_3 чиқишидан кучайтирилган экспоненциал импульс R_8 резистор орқали элементар қайтаргич VT_4 га узатилади. Элементар қайтаргичга VT_6 транзистордан ташкил топган модулятор уланган. Бу модулятор эмиттер қайтаргич киришини шунтлайди, натижада эмиттер қайтаргич чиқишида дискрет экспоненциал импульс шаклланади. Бу импульс амплитудаси вақт ўтиши билан экспоненциал конун бўйича ўзгаради. Хосил бўлган дискрет экспоненциал сигнал (керакли амплитудаги) эмиттер қайтаргичлар VT_4 ва VT_5 билан ток бўйича кучайтирилади ва чегараловчи резистор R_{13} орқали таянч нур диоди HD_1 га узатилади. Тўлдирувчи дискрет экспоненциал импульслар T триггер чиқишидан VT_7 транзистор киришига тушади. Натижада VT_7 ва VT_8 транзисторлар очилади, ҳамда VT_8 транзистор коллекторида керакли амплитудаги тўъри бурчакли импульсли хосил бўлади. Бу импульслар VT_9 эмиттер қайтаргичдан ток бўйича кучайтирилиб, чегараловчи резистор R_{20} орқали ўлчовчи HD_2 га узатилади. HD_1 ва HD_2 нур диодларидан чиқувчи таянч ва ўлчовчи нур оқимлари назорат обьектидан ўтиб фото қабул қилгич фото резистор орқали қабул қилинади.

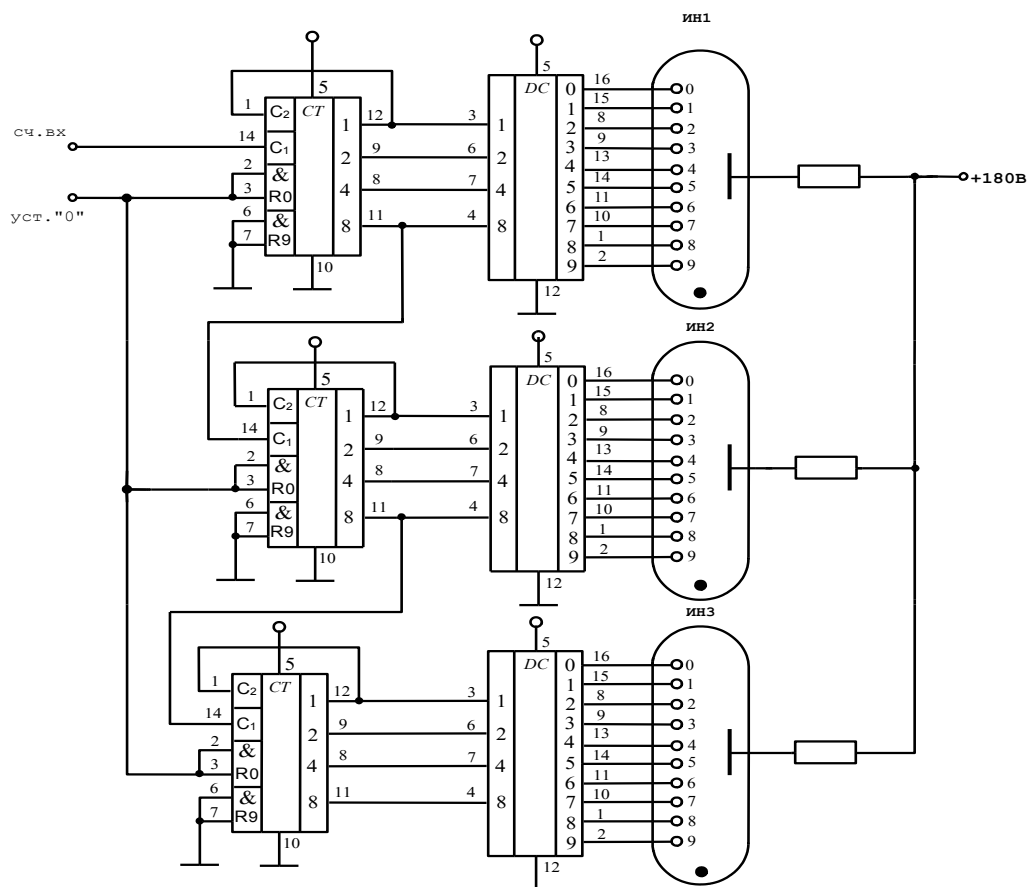
Фото резистор бу оқимларни фотоэлектрик сигналга айлантиради ва кам шовқинли кучайтиргич VT_{10} га юборади. VT_{10} чиқишидаги фотоэлектрик сигнал $K544CA3$ микросхемадан тайёрланган кириш қурилмасига узатилади. Бу қурилма чиқишида тўъри бурчакли импульслар шаклланади. Тўъри бурчакли импульслар дифференциалловчи занжир $R_{28}C_7$ дан ўтиб, $K155ЛА3$ микросхема асосида тайёрланган солиштириш схемасининг киришларидан бирига тушади. Унинг бошқа киришига $K155ЛА3$ микросхема асосида тайёрланган иккинчи дифференциалловчи қурилма чиқишидаги тўъри бурчакли импульслар келиб тушади. $ДД_{6.2}$ микросхема чиқишида шаклланган импульслар серияси $ДД_7$, $ДД_9$, $ДД_{11}$ микросхемаларидан тузилган хисоблагич киришига узатилади (6.5-расм). сигналлар мос келувчи дешифраторлар орқали ўтиб, индикатор киришига тушади. Индикатор кўрсаткичига қараб, хаводаги углеводородлар концентрацияси аниқланади.



4.3-расм. Дифференциал ютиш усулида ишловчи карбонат ангидрид газы концентрациясини назорат қилувчи лазерли газанализаторларини принципиал схемасининг узатиш қисми принципиал схемаси.



4.4-расм. Дифференциал ютиш усулида ишловчи карбонат ангидрид газы концентрациясини назорат қилувчи лазерли газанализаторларини принципиал схемасининг қабул қилувчи қисми принципиал схемаси.



4.5-расм. Дифференциал ютиш усулида ишловчи карбонат ангидрид газни концентрациясини назорат қилувчи лазерли газанализаторларини принципиал схемасининг хисоблагич қисми принципиал схемаси.

Хулоса

1. Мавжуд усуллар натижасини анализ қилиб ва газ концентрациясини аниқловчи қурилмаларга бир каналли икки тўлқинли оптоэлектрон назорат усули тавсия этилди.

2. **Карбонат ангидрид газининг** спектралр характеристикаларини тадқиқ қилиш атмосфера компонентлари билан оптик нурни бир – бирига боълиқлигини ўргандим. Шу асосда бўш ютилиш чизиъи ва инфрақизил нур спектрида ишловчи диапазон аниқланди.

3. Дифференциал ютиш усулида ишловчи карбонат ангидрид газини концентрациясини назорат қилувчи лазерли газанализаторларини блок-схемаси ишлаб чиқилди.

4. Дифференциал ютиш усулида ишловчи карбонат ангидрид газини концентрациясини назорат қилувчи лазерли газанализаторларини принципиал схемаси ишлаб чиқилди.

ТАҒСИЛОТЛАР РЎЙХАТИ

Белгиланиши	Номланиши	Тип	Изоҳ
	Микросхема		
DD1	– // –	К 155 ЛА 3	
DD2	– // –	К 155 ТВ 1	
DD3	– // –	К 155 ИЕ 2	
DD4	– // –	К 155 ИЕ 2	
DD5	– // –	К 155 ИЕ 2	
DD6	– // –	К 155 ЛА 3	
DD7	– // –	К 155 ИЕ 2	
DD8	– // –	К 155 ИЕ 2	
DD9	– // –	К 155 ИЕ 2	
DD10	– // –	К 155 ИД 1	
DD11	– // –	К 155 ИД 1	
DD12	– // –	К 155 ИД 1	
	Транзисторлар		
VT1	Транзистор	КТ 315И	
VT2	– // –	КТ 361И	
VT3	– // –	КТ 315И	
VT4	– // –	КТ 315И	
VT5	– // –	КТ 801А	
VT6	– // –	КТ 315И	
VT7	– // –	КТ 315И	
VT8	– // –	КТ 361И	
VT9	– // –	КТ 801А	
VT10	– // –	КП303Ж	
	Диодлар		
НД 1	Нурдиод	PbCdSe	
НД 2	– // –	PbSe	

	Конденсаторлар		
C ₁	Конденсатор	К 21-9 0.25x63V	
C ₂	– // –	К 21-9 100x63V	
C ₃	– // –	К 21-9 0.1x63V	
C ₄	– // –	К 21-9 0.1x63V	
C ₅	– // –	К 21-9 0.1x63V	
C ₆	– // –	К 21-9 0.1x63V	
C ₇	– // –	К 21-9 0.1x63V	
C ₈	– // –	К 21-9 0.1x63V	
	Резисторлар		
R ₁	Резистор	МЛТ-0,125-100 Ом ± 5%	
R ₂	– // –	СП 3-16-470 Ом ± 5%	
R ₃	– // –	МЛТ-0,125-100 Ом ± 5%	
R ₄	– // –	СП 3-16-470 Ом ± 5%	
R ₅	– // –	МЛТ-0,125-6,8кОм ± 5%	
R ₆	– // –	МЛТ-0,125-6,8кОм ± 5%	
R ₇	– // –	МЛТ-0,125-6,8кОм ± 5%	
R ₈	– // –	МЛТ-0,125-6,8кОм ± 5%	
R ₉	– // –	МЛТ-0,125-470кОм ± 5%	
R ₁₀	– // –	МЛТ-0,125-1,2кОм ± 5%	
R ₁₁	– // –	МЛТ-0,125-5,7кОм ± 5%	
R ₁₂	– // –	МЛТ-0,125-6,8кОм ± 5%	
R ₁₃	– // –	МЛТ-0,125-6,8кОм ± 5%	
R ₁₄	– // –	МЛТ-0,125-1кОм ± 5%	
R ₁₅	– // –	МЛТ-0,125-100кОм ± 5%	
R ₁₆	– // –	МЛТ-0,125-2,4кОм ± 5%	
R ₁₇	– // –	МЛТ-0,125-47кОм ± 5%	
R ₁₈	– // –	МЛТ-0,125-2,4кОм ± 5%	
R ₁₉	– // –	МЛТ-0,125-6,8кОм ± 5%	

R ₂₀	– // –	МЛТ-0,125-56кОм ± 5%	
R ₂₁	– // –	МЛТ-0,125-1,5кОм ± 5%	
R ₂₂	– // –	МЛТ-0,125- 1кОм ± 5%	
R ₂₃	– // –	МЛТ-1-910 Ом ± 5%	
R ₂₄	– // –	СП5-50М 100Ом ± 5%	
R ₂₅	– // –	МЛТ-0,125- 27 Ом ± 5%	
R ₂₆	– // –	МЛТ-0,125-2,4кОм ± 5%	
R ₂₇	– // –	МЛТ-0,125-2,4кОм ± 5%	
R ₂₈	– // –	МЛТ-0,125-1кОм ± 5%	
R ₂₉	– // –	МЛТ-0,125-5,7кОм ± 5%	
R ₃₀	– // –	МЛТ-0,125-6,8 кОм ± 5%	
R ₃₁	– // –	МЛТ-0,125-6,8 кОм ± 5%	
	Фотоприёмник		
ФР	Фоторезистор	СФ4–3Д	
	Индикаторлар		
<u>ИН 1</u>	Индикатор	ИН14	
ИН 2	Индикатор	ИН14	
ИН 3	Индикатор	ИН14	

Адабиётлар

1. Френкель Б.А., Степанов Н.Н., Грачева Е.Г. Приборы и средства автоматизации для контроля состояния окружающей среды и источников ее загрязнения и нефтехимическими продуктами. Журнал «Автоматизация и контрольно – измерительные приборы в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности» №1 2006г.
2. Контрольно – измерительные приборы. Сборник статей под. ред. Г. И. Богашева и В. С. Шермана. Изд. Химия., 1993 г.
3. В. Е. Манойлова. Приборы контроля окружающей среды. М., Атомиздат. 2001г.
4. Современные спектрометрические методы газового анализа. ВНИИКИ, М. , 2003 г.
5. Приборы контроля окружающей среды. Под. ред. Доктора технических наук профессора Манойлова В. Е., М., Политизлат, 1980г.
6. Лазерный контроль атмосферы. Под. ред. Э.Д. Хинкли перевод с английского Ю.Ф. Аршинова, Изд. «Мир», М., 1999г.
7. М.М. Мухитдинов. Светодиоды и их применение для автоматического контроля и измерения. Изд. «Фан». УЗССР. Г. Ташкент, 1986г.
8. Н.Е. Конюхов, А.А. Поют, П.И. Марков. Оптоэлектронные контрольно-измерительные устройства. – М.: Энергоатомиздат, 1995.
9. И.Н. Ермолов, Ю.Я. Останин. Методы и средства неразрушающего контроля качества.- М.: Высшая школа. 1988.
10. Методы анализа загрязнении воздуха / ЮС. Другов, А.Б. Беликов, Г.А. Дьякова, В.М. Тульчинский – Химия, М.: 1984.
11. Фоканов В.К. Разработка электрохимических методов и приборов для определения концентрации оксида углерода в газах: Автореф. дисс...канд.техн.наук.-Ташкент,1996.

12. В.В. Ключева. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий. Справочник в 2-х кн. – М.: Машиностроение, 1996.
13. Ю.Р. Носов. Оптоэлектроника. – М.: Радио и связь, 2000.
14. П.И. Бреслер. Оптические абсорбционные газоанализаторы и их применение. – Л.: Энергия, 1980.
15. Л.Ф. Порифеева. Оптико-электронные приборы в контрольно-измерительной технике. ЛИТМО – Л.: Б.ч. 1983.
16. Глущенко В.И., Кузнецов Ю.В., Рудин В.Л. // Изв. вузов. Приборостроение. 2011. Т.23. № 6. С. 75-78.
17. Ишанин Г.Г, Панков Э.Д, Андреев А.А, Польшиков Г.В. Источники и приемники излучения. М.: Изд-во. Политехника, 1991.
18. Голубев О.А, Рыжов В.В. Лазерные абсорбционные методы анализа микроконцентрации газов. Энергоиздат. М.: 1984.
19. Жаров В.П., Летохов В.С. Лазерная оптико – акустическая спектроскопия. Наука, М.: 1984.
20. Крайслер О.Д, Голдевсукий В.Л, Циткин АН // Оптика и спектральный анализ. 2001.
21. Э.Г. Азербайев, М.Е. Панюкова, А.М. Тыринова. Основы оптоэлектроники: Пер. с яп. - М.: Мир, 2008.
22. Коган Л.М. Полупроводниковые светоизлучающие диоды. - М.: Энергоатомиздат, 1993.
23. Методы повышения чувствительности оптоэлектронного газоанализатора ОЭГА. Мамасадилов Ю.М., Саримсаков А.А., Мойдунов Т.Т., Мамасадилова З.Ю. Сб. «Физика и техника». Часть 2. Выпуск №2, 2009.
24. Мамасадилов Ю.М., Мойдунов Т.Т., Мамасадилова З.Ю. Применение многокаскадных оптоэлектронных газоанализаторов в химической промышленности / Тезисы докладов. II - Республиканской конференции, Фергана, 2012.
25. Мухитдинов М.М. Оптоэлектронные методы неразрушающего контроля, Изд-во. «Фан» Ташкент, 1984.

