

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Дидархан Бүркіт

«Жартылай өткізгіш оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді
моделдеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2022

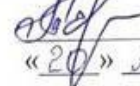
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
Кафедра меңгерушісі

 Е. Таштай
«20» мамыр 2022 ж.


ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

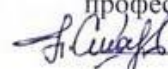
Тақырыбы «Жартылай өткізгіш оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Д. Бүркіт

Пікір беруші
АЭЖБУ
т.ғ.д, профессор
 Якубова. М. З
«20» мамыр 2022 ж.

Ғылыми жетекші
PhD докторы
қауымдастырылған
профессор
 Н.К. Смайлов
«20» мамыр 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И.Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

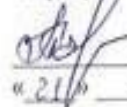
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

ҚОРҒАУДА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

 Е. Таштай
« 21 » 12 2022ж

Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА

Білім алушы: Дидархан Бүркіт

Тақырыбы: «Жартылай өткізгіш оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу»

Университет ректорының « 24 » 12 № 10 Бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі « 30 » сәуір 2022 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері:

1.ГОСТ ИСО 13694-Оптика және оптикалық құралдар. Лазерлер және лазерлік қондырғылар. Лазерлік сәуленің қуат тығыздығын бөлуді өлшеу әдістері.2.ГОСТ Р ИСО 11554—2008 Оптика және фотоника. Лазерлер және лазерлік қондырғылар (жүйелер). Лазерлерді сынау және қуатты өлшеу әдістері.3.ГОСТ Р ИСО 13694—2010 «Оптика және оптикалық құралдар. Лазерлер және лазерлік қондырғылар.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері:

а) Оптика туралы түсінік

б) Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіштерге анализ жасау

в) Жартылай өткізгішті лазерді зерттеу

г) OptiSystem бағдарламасы арқылы модел жасау

Сызбалық материалдар _12_ слайдпен көрсетілген


Дипломдық жұмысты (жобаны) дайындау

КЕСТЕСІ

| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі | Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі | Ескерту |
|--|---|-----------|
| Талшықты оптикалық байланыс негіздері | 20.01.2022 | Орындалды |
| Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіштерге анализ жасау | 05.02.2022 | Орындалды |
| Жартылай өткізгішті лазерді зерттеу | 27.02.2022 | Орындалды |
| OptiSystem бағдарламасы арқылы модел жасау | 20.03.2022 | Орындалды |
| Дипломдық жұмысты ресімдеу, плагиатқа қарсы, рецензия және нормобақылау | 30.04.2022 | Орындалды |

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа (жоба) қойған

Қолтаңбалары

| Бөлімдер атауы | Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол қойылған күні | Қолы |
|----------------|--|-------------------|---|
| Норма бақылау | PhD докторы қауымдастырылған профессор Смайлов Нуржигит Куралбаевич | 18.05.2022 |  |

Ғылыми жетекшісі PhD докторы  Н.К. Смайлов

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Д. Бүркіт

Күні «20» мамыр 2022 ж.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыстың мақсаты жартылай өткізгішті оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу.

Дипломдық жұмыста оптикалық құбылыстардың негізгі заңдарына, жарық заңдары, оптикалық жүйелерге және сақиналы линазаға талдау жасалынды. Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіштерге анализ жасап олардың өнімділік параметрлерін қарап және олардың түрлерін қарастырдым, оған қоса жартылай өткізгішті лазер зерттелді. OptiSystem бағдарламасы арқылы жұмыс жасадым.

АННОТАЦИЯ

Цель дипломной работы моделирование кольцевого лазера на основе полупроводникового оптического усилителя.

В дипломной работе проведен анализ основных законов оптических явлений, законов света, оптических систем и Кольцевой линазы. Проанализировав полупроводниковые оптические усилители, я осмотрел их параметры производительности и рассмотрел их типы, кроме того, был исследован полупроводниковый лазер. Работал через программу OptiSystem.

ANNOTATION

The purpose of the thesis is to simulate a ring laser based on a semiconductor optical amplifier.

The thesis analyzes the basic laws of optical phenomena, the laws of light, optical systems and ring laser. After analyzing semiconductor optical amplifiers, I examined their performance parameters and considered their types, in addition, a semiconductor laser was investigated. Worked through the OptiSystem program.

Мазмұны

| | |
|---|----|
| Кіріспе | 10 |
| 1 Талшықты оптикалық байланыс негіздері | 11 |
| 1.1 Оптикалық құбылыстарды сипаттайтын негізгі заңдар | 15 |
| 1.2 Оптикалық жұқа линзаларды қарастыру | 18 |
| 2 Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіштерге анализ жасау | 22 |
| 2.1 SOA артықшылықтары мен кемшіліктері | 26 |
| 3 Жартылай өткізгішті лазерді зерттеу | 28 |
| 3.1 Жартылай өткізгішті лазерді қайда қолданамыз | 32 |
| 3.2 Жартылай өткізгішті сақиналы лазер | 34 |
| 3.3 OptiSystem бағдарламасы мен жұмыс | 35 |
| Қорытынды | 38 |
| Пайдаланған әдебиеттер тізімі | 39 |

КІРІСПЕ

Бұл дипломдық жұмыста жартылай өткізгішті оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы линзаны қарастырдық. Дипломдық жұмыста тақырыпты 3 кезеңге бөліп жұмыс жасадық.

Оптика - жарықтың мінез-құлқы мен қасиеттерін, оның ішінде оның затпен әрекеттесуін және оны пайдаланатын немесе анықтайтын құралдардың құрылысын зерттейтін физика саласы. Оптика әдетте көрінетін, ультракүлгін және инфрақызыл сәулелердің әрекетін сипаттайды. Жарық электромагниттік толқын болғандықтан, рентген сәулелері, микротолқындар және радиотолқындар сияқты электромагниттік сәулеленудің басқа түрлері ұқсас қасиеттерді көрсетеді.

Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіш (SOA), лазерлік күшейткіш ретінде де белгілі, жартылай өткізгіш лазердің белсенді ортасы болып табылады. Басқаша айтқанда, SOA - оптикалық кері байланысы жоқ немесе өте төмен лазерлік диод. SOA – жарықты күшейтетін жартылай өткізгіш элемент. Резонатор құрылымын жою үшін жартылай өткізгіш лазердің екі жағында да шағылысқа қарсы өңдеу қолданылады. Жартылай өткізгіштің сыртынан жарық түскенде, жарық ынталандырылған сәуле шығару арқылы күшейеді. SOA оптикалық сигналды күшейту үшін қолданылады.

Жартылай өткізгішті лазер мөлшері мен сыртқы түрі бойынша өте кішкентай. Ол транзисторға ұқсас және жарық диодты сияқты жұмыс істейді, бірақ шығыс сәулесі лазер сәулесінің сипаттамаларына ие. Жартылай өткізгішті лазерде жиі қолданылатын материал галлий арсениді болып табылады, сондықтан жартылай өткізгіш лазер кейде галлий арсениді лазері деп аталады. Температура жартылай өткізгіш лазердің шығуына үлкен әсер етеді. Температура жоғарлағанда лазерде айтарлықтай қуат жоғалады. Сондықтан жартылай өткізгішті лазер кейде сұйық азотпен немесе басқа салқындату жүйесімен салқындатылады. OptiSystem бағдарламасы арқылы сақиналы лазердің моделін жасадық. Керекті параметрлерді қойып сұлбаны алдым.

1 ТАЛШЫҚТЫ ОПТИКАЛЫҚ БАЙЛАНЫС НЕГІЗДЕРІ

Оптикалық талшықтың жарықты мінез - құлқы мен қасиеттерін, оның ішінде оның затпен және оны пайдаланатын немесе анықтайтын құралдардың құрылысын зерттейтін физика саласы . [1] Оптика әдетте көрінетін, ультракүлгін және инфрақызыл сәулелердің әрекетін сипаттайды . Жарық электромагниттік толқын болғандықтан, рентген сәулелері , микротолқындар және радиотолқындар сияқты электромагниттік сәулеленудің басқа түрлері ұқсас қасиеттерді көрсетеді.[1]

Көптеген оптикалық құбылыстарды жарықтың классикалық электромагниттік сипаттамасын қолдану арқылы есепке алуға болады . Жарықтың толық электромагниттік сипаттамасын іс жүзінде қолдану жиі қиын. Практикалық оптика әдетте жеңілдетілген модельдер арқылы жасалады. Олардың ең кең тарағаны, геометриялық оптика жарықты түзу сызықтармен таралатын және беттерден өткенде немесе олардан шағылысқан кезде иілетін сәулелердің жиынтығы ретінде қарастырады . Физикалық оптика - бұл дифракция және интерференция сияқты толқындық әсерлерді қамтитын жарықтың кеңірек моделі бұл геометриялық оптикада есепке алынбайды. Тарихи тұрғыдан алдымен сәулеге негізделген жарық моделі, содан кейін жарықтың толқындық моделі жасалды. 19 ғасырдағы электромагниттік теориядағы прогресс жарық толқындарының шын мәнінде электромагниттік сәулелену екенін ашуға әкелді.[1]

Кейбір құбылыстар жарықтың толқындық және бөлшектік қасиеттерге ие болуына байланысты . Бұл әсерлерді түсіндіру кванттық механиканы қажет етеді . Жарықтың бөлшектерге ұқсас қасиеттерін қарастырғанда, жарық « фотондар» деп аталатын бөлшектердің жиынтығы ретінде модельденеді . Кванттық оптика кванттық механиканы оптикалық жүйелерге қолданумен айналысады.[1]

Оптика ғылымы астрономия, әртүрлі инженерлік салалар, фотосурет және медицина (әсіресе офтальмология және оптометрия, ол физиологиялық оптика деп аталатын) сияқты көптеген байланысты пәндерге қатысты және зерттеледі . Оптиканың практикалық қолданулары әртүрлі технологиялар мен күнделікті заттарда, соның ішінде айналар, линзалар , телескоптар , микроскоптар , лазерлер және талшықты оптикада кездеседі .[1]

- Оптика әдебиеттеріне шолу - Оптика ежелгі египеттіктер мен месопотамиялықтардың линзаларды жасауынан басталды . Жылтыратылған кристалдан, көбінесе кварцтан жасалған ең ерте белгілі линзалар Криттен (Гераклион археологиялық мұражайы, Грекия) біздің эрамызға дейінгі 2000 жылдан бастап жасалған. Родос линзалары, Нимруд линзасы сияқты ассириялық линзалар сияқты біздің дәуірімізге дейінгі 700-ге жуық. [2] Ежелгі римдіктер мен гректер линза жасау үшін шыны шарларды сумен толтырған . Бұл практикалық дамулар көне гректердің жарық және көру теорияларының дамуымен

жалғасты және үнді философтары және грек-рим әлеміндегі геометриялық оптиканың дамуы. Оптика сөзі ежелгі гректің ὀπτική (*optikē*) сөзінен шыққан, «сыртқы көрініс, қарау» дегенді білдіреді. [3] Платон алғаш рет сәуле шығару теориясын, визуалды қабылдау көзден шығарылатын сәулелер арқылы жүзеге асады деген идеяны тұжырымдады. Ол сондай-ақ түсіндірді туралы паритет реверсную айналар Тимее . [5] Шамамен жүз жылдан кейін Евклид (б.з.б. 4–3 ғасырлар) « Оптика онда ол көруді геометриямен , геометриялық оптиканы жасады . [6] Ол өзінің жұмысын Платонның сәуле шығару теориясына негіздеді, онда ол перспективаның математикалық ережелерін сипаттады және синусапалы, дегенмен ол көзден түсетін жарық шоғы біреу жыпылықтаған сайын жұлдыздарды бірден жарқырата алады деп күмәнданды. [7] Евклид жарықтың ең қысқа траекториясының принципін айтып, жазық және сфералық айналардағы көп рет шағылуын қарастырды. Птолемей өзінің « Оптика» трактатында көрудің экстрамиссия-интрамиссия теориясын ұстанды: көзден түсетін сәулелер (немесе ағын) конусты құрады, шыңы көздің ішінде, ал негіз көру өрісін анықтайтын. Сәулелер сезімтал болды және бақылаушының интеллектіне беттердің қашықтығы мен бағыты туралы ақпаратты берді. Ол Евклидтің көп бөлігін қорытындылады және одан әрі өлшеу әдісін сипаттадысыну бұрышы , дегенмен ол оның түсу бұрышы арасындағы эмпирикалық байланысты байқамады. [8] Плутарх (б.з. 1–2 ғ.) сфералық айнадағы көптеген шағылысуларды сипаттап, шынайы және қиялдағы үлкейтілген және кішірейтілген кескіндерді жасауды, соның ішінде кескіндердің хиральділігі жағдайын талқылады.

Орта ғасырларда оптика туралы грек идеялары мұсылман әлемінің жазушыларымен жанданды және кеңейтілді . Олардың ең алғашқыларының бірі – оптикалық құбылыстарды жақсырақ анықтай алатын сәуле шығару теориясын қолдап, Аристотельдік және евклидтік оптика идеяларының артықшылықтары туралы жазған Аль-Кинди (шамамен 801–873)

болды. [10] 984 жылы парсы математигі Ибн Сахл Снелл заңына эквивалентті сыну заңын дұрыс сипаттап, «Жанған айналар мен линзалар туралы» трактатын жазды. [11] Ол бұл заңды линзалар мен қисық айналар үшін оңтайлы пішіндерді есептеу үшін пайдаланды. 11 ғасырдың басында Альхазен (Ибн әл-Хайсам) «Оптика кітабын» («Китаб әл-маназир») жазды, онда ол шағылысу мен сынуды зерттеді және бақылау мен экспериментке негізделген көру мен жарықты түсіндірудің жаңа жүйесін ұсынды. [12] Ол птолемейлік оптиканың сәулелері көзден шығарылатын "шығару теориясын" жоққа шығарды және оның орнына жарықтың барлық бағыттағы түзу сызықтармен шағылысуы туралы идеяны алға тартты. ол көздің сәулелерді қалай түсіретінін дұрыс түсіндіре алмаса да, қаралып жатқан заттардың барлық нүктелерін, содан кейін көзге кірді. [13] Альхазеннің жұмысы араб әлемінде еленбеді, бірақ ол біздің дәуіріміздің 1200 жылы латын тіліне анонимді түрде аударылды және одан әрі поляк монахы Витело [14] жинақтап, кеңейтіп, оны Еуропадағы келесі 400 жылда оптика бойынша стандартты мәтінге айналдырды. [15]

Алғашқы киілетін көзілдірік шамамен 1286 жылы Италияда ойлап табылды. [16] Бұл осы "көзілдіріктерге" арналған тегістеу және жылтырату линзаларының оптикалық өнеркәсібінің бастамасы болды, алдымен Венеция мен Флоренцияда XIII ғасырда [17], кейінірек Нидерландыда да, Германияда да көзілдірік жасау орталықтары. [18] Көзілдірік жасаушылар сол кездегі қарапайым оптикалық теорияны (көбінесе тіпті дұрыс түсіндіре алмайтын теория) емес, линзалардың әсерін бақылау нәтижесінде алынған эмпирикалық білімге негізделген көруді түзету үшін линзалардың жетілдірілген түрлерін жасады. көзілдірік қалай жұмыс істеді). [19] [20] Бұл практикалық даму, шеберлік және линзалармен тәжірибе жасау тікелей 1595 жылы қосынды оптикалық микроскоптың және 1608 жылы сыну телескопының ойлап табылуына әкелді, олардың екеуі де Нидерландыдағы көзілдірік жасау орталықтарында пайда болды. [21] [22]

- классикалық оптика екі негізгі салаға бөлінеді: геометриялық (немесе сәулелік) оптика және физикалық (немесе толқындық) оптика. Геометриялық оптикада жарық түзу сызықпен таралады деп есептелсе, физикалық оптикада жарық электромагниттік толқын ретінде қарастырылады.

Геометриялық оптиканы қолданылатын жарықтың толқын ұзындығы модельденетін жүйедегі оптикалық элементтердің өлшемінен әлдеқайда аз болған кезде қолданылатын физикалық оптиканың жуықтауы ретінде қарастыруға болады.

- геометриялық оптика немесе сәулелік оптика жарықтың таралуын түзу сызықтар бойымен таралатын және жолдары әртүрлі орталар арасындағы интерфейстердегі шағылу және сыну заңдарымен басқарылатын «сәулелер» тұрғысынан сипаттайды. [24] Бұл заңдар біздің заманымыздың 984 жылы [11] эмпирикалық жолмен ашылған және сол кезден бастап бүгінгі күнге дейін оптикалық компоненттер мен аспаптарды жобалауда қолданылған. Оларды төмендегідей қорытындылауға болады:

Жарық сәулесі екі мөлдір материалдың шекарасына түскенде, ол шағылған және сынған сәулелерге бөлінеді.

- физикалық оптикада жарық толқын ретінде таралады деп есептеледі. Бұл модель геометриялық оптикамен түсіндірілмеген интерференция және дифракция сияқты құбылыстарды болжайды. Жарық толқындарының ауадағы жылдамдығы шамамен $3,0 \times 10^8$ м/с (вакуумда дәл 299 792 458 м/с) . Көрінетін жарық толқындарының толқын ұзындығы 400 мен 700 нм аралығында өзгереді, бірақ «жарық» термині инфрақызыл (0,7–300 мкм) және ультракүлгін сәулеленуге (10–400 нм) жиі қолданылады.

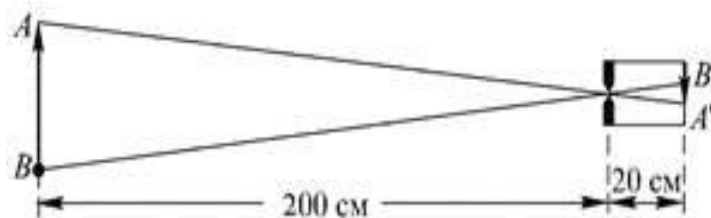
Толқындық модельді оптикалық жүйенің қандай ортада «толқындағанын» түсіндіруді талап етпей-ақ қалай әрекет ететіні туралы болжам жасау үшін пайдалануға болады. 19 ғасырдың ортасына дейін физиктердің көпшілігі жарықтың бұзылуы таралатын «эфирлік» ортаға сенді. [25] Электромагниттік толқындардың бар болуы 1865 жылы Максвелл теңдеулері арқылы болжанған . Бұл толқындар жарық жылдамдығымен таралады және бір-біріне, сондай-ақ толқындардың таралу бағытына ортогональ болатын әртүрлі электрлік және магниттік өрістерге ие. [26]

1.1 Оптикалық құбылыстардың сипаттайтын негізгі заңдар

Жарықтың түзу сызықты таралу заңы. Біртекті ортада жарық түзу сызықпен таралады.

Бұл заң Евклидке (б.з.б 300ж.) жатқызылған оптика туралы еңбектерде кездеседі және ол әлдеқайда ертерек қолданылған болуы мүмкін.

Бұл заңның тәжірибелік дәлелі нүктелік жарық көздерімен берілген өткір көлеңкелерді бақылау немесе ұсақ тесіктердің көмегімен кескіндерді алу арқылы қызмет ете алады. Сурет. 1.1 кескіннің пішіні мен өлшемі проекцияның түзу сызықты сәулелермен жүретінін көрсететін шағын апертураның көмегімен кескінді алуды суреттейді. [27]



1.1 Сурет - Жарықтың түзу сызықты таралуы: кішкентай апертурамен бейнелеу.

Түзу сызықты таралу заңын тәжірибеде берік бекітілген деп санауға болады. Оның өте терең мағынасы бар, өйткені түзу ұғымының өзі оптикалық бақылаулардан туындаған сияқты. Екі нүктенің арасындағы ең қысқа қашықтықты бейнелейтін түзу ретіндегі геометриялық түсінік біртекті ортада жарық таралатын түзу ұғымы болып табылады.

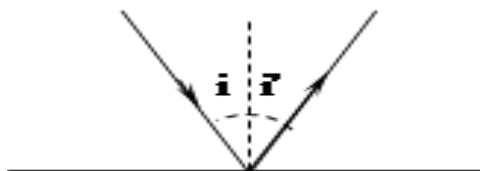
Сипатталған құбылыстарды неғұрлым егжей-тегжейлі зерттеу жарықтың түзу сызықты таралу заңы, егер біз өте кішкентай саңылауларға өтетін болсақ, күшін жоғалтатынын көрсетеді.[27]

Осылайша, суретте көрсетілген экспериментте. 1, біз шамамен 0,5 мм тесік өлшемі бар жақсы сурет аламыз. Тесік 0,02-0,03 мм болғанда кескін өте жетілмеген болады. Кескін мүлде шықпайды және экран шамамен 0,5-1 микрон тесік өлшемімен біркелкі дерлік жарықтандырылады.[27]

Жарық сәулелері. - Бізді қоршаған ортадағы денелерді біз тек екі жағдайда ғана көре аламыз; 1) оның өзі жарық көзі болып табылады (шырақтар, жұлдыздар) сондықтан оның шығарған жарығын тікелей көре аламыз; 2) көріп отырған денеміз өзіне түскен жарықты шағылтады. Көп жағдайда жарықты түзусызықпен таралады деп есептеуге болады. Осыған байланысты жарық сәулелері деген түсінік пайда болды. Жарықтың түзу сызықты таралу траекториясын жарық сәулелері деп атайды. Жарық сәулесі идеалданған модель, бұл жерде жарық сәулесі шексіз жіңішке жарық шоғы.[28]

Жарықтың шағылу заңы - Қайсыбір дененің бетіне түскен, жарық жартылай шағылады. Жарықтың қалған бөлігі не денеге сіңеді (жылуға айналады), не (егер дене су немесе шыны тәрізді мөлдір болса) дене арқылы өтіп кетеді. Жылтыр бетке, күмістелген айнаға түскен жарықтың 95%-ы шағылады деуге болады.[28]

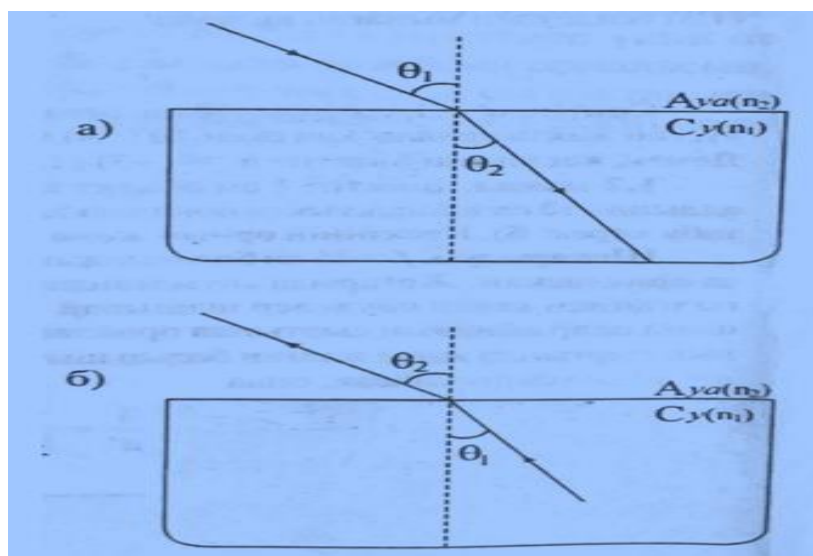
Егер жіңішке жарық шоғы жазық бетке түсетін болса, онда бетке жүргізілген нормаль мен түсетін сәуленің арасындағы i бұрыш түсу бұрышы, ал осы нормаль мен шағылған сәуленің арасындағы i' бұрыш шағылу бұрышы деп аталады. Жазық беттер үшін түсетін және шағылған сәулелер беттің нормалімен бір жазықтықта жатады және түсу бұрышы шағылу бұрышына тең болады. Бұл шағылу заңы деп аталады.(1.2-сурет)[28]



1.2 Сурет - шағылу заңы.

Жарықтың сыну заңы. - Жарық бір ортадан екінші ортаға өткенде шектесу бетінде оған түсетін жарықтың бір бөлігі шағылады. Жарықтың қалған бөлігі жаңа ортаға өтеді. Егер жарық шектесу бетіне тік бұрыш жасай түспейтін

болса, онда шектесу бетінде жарық өзінің бағытын өзгертеді. Бұл жарықтың сынуы деп аталды.



1.3 Сурет - ауадан суға өтіп жатқан жарық сәулесі көрсетілген.

I- бұрыш түсу бұрышы, ал r- сыну бұрышы. Суда сәуле перпендикулярға, нормалға қарай еңкейді. Егер сәуле жарық жылдамдығы артығырақ, ортадан жарық жылдамдығы кемірек ортаға өтетін болса, әрқашан осылай болады. Ал егер жарық жылдамдығы кішірек ортадан жарық жылдамдығы артығырақ ортаға өтетін болса, онда сәуле нормалдан ауытқиды, қашады. Бұл 1.3-суретте судан ауаға өтіп жатқан сәуле көрсетілген.[28]

Сынуудың арқасында көпке аян бірқатар оптикалық фокустар пайда болды. Мысалға, суда тұрған адамның аяғы қысқарған секілді болып көрінуі немесе суға батырылған таяқтың судағы бөлігінің сынған тәрізді көрінуі.

Сыну бұрышы екі ортаның сыну көрсеткіштеріне және жарықтың түсу бұрышына тәуелді болады. I және r бұрыштарының арасындағы аналитикалық қатынасты тәжірибе жүзінде 1621 жылы шамасында Виллеброрд Снелль (1580-1626) тағайындады. Бұл заң қазір Снелль заңы деп аталды және[28]

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \quad (1.1)$$

болып жазылады, мұндағы i – түсу бұрышы, r – сыну бұрышы, n_1 және n_2 – орталардың сыну көрсеткіші. Снелль заңы негізгі сыну заңы болып табылады.[28]

Идеал оптикалық жүйелер. Гаусс (1841) оптикалық жүйелердің жалпы теориясын берді, ол көптеген математиктер мен физиктердің еңбектерінде одан әрі дамыды.

Гаусс теориясы идеалды оптикалық жүйенің теориясы болып табылады, яғни. сәулелер гомоцентрлік және кескін геометриялық тұрғыдан нысанға ұқсас жүйе. Бұл анықтамаға сәйкес объектілер кеңістігіндегі кез келген нүкте

идеалды жүйеде кескіндер кеңістігіндегі нүктеге сәйкес келеді; бұл нүктелер конъюгат деп аталады. Сол сияқты объектілік кеңістіктегі әрбір түзу немесе жазықтықтың кескін кеңістігінде конъюгаттық түзу немесе жазықтық болуы керек. Сонымен идеалды оптикалық жүйе теориясы нүктелер, түзулер, жазықтықтар арасындағы қатынасты белгілейтін таза геометриялық теория болып табылады.[27]

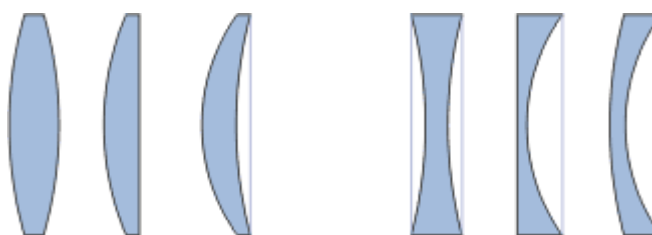
Идеал оптикалық жүйені орталықтандырылған оптикалық жүйе түріндегі жеткілікті жуықтаумен жүзеге асыруға болады, егер біз өзімізді симметрия осіне жақын аймақпен шектейтін болсақ, яғни. параксиалды шоғырлар. Гаусс теориясында жүйенің «жұқалығы» талабы жойылады, бірақ сәулелер бәрібір параксиалды деп есептеледі. Қолданбалы геометриялық оптиканың осындай міндеті айтарлықтай ашылатын сәулелермен де идеалға жақындайтын оптикалық жүйені іздеу болып табылады.[27]

Сфералық беттердің центрлерін қосатын сызық центрленген жүйенің симметрия осі болып табылады және жүйенің негізгі оптикалық осі деп аталады. Гаусс теориясы бірқатар нүктелер мен жазықтықтар деп аталатындарды белгілейді, олардың міндеті оптикалық жүйенің барлық қасиеттерін толығымен сипаттайды және оны жүйедегі сәулелердің нақты жолын ескермей пайдалануға мүмкіндік береді.[27] Оптикалық жүйелердің құрамдас бөліктері.

Нақты оптикалық жүйелер сәулелердің белсенді сәулелерінің енінің белгілі шектеуімен ғана қанағаттанарлық кескін береді. Бірақ тіпті сәуленің ашылуының кез келген бұрышында тегіс нысанның дұрыс кескіндерін бере алатын идеалды жүйелер үшін оларды шектеу өте маңызды.

1.2 Оптикалық жұқа линзаларды қарастыру

Жұқа линзалар ең маңызды және ең қарапайым оптикалық құралдарға жатады. Жұқа линзалар көбіне дөңгелек түрде болады, олардың әрбір беті сфераның сигменті болып табылады. Линзаны шектеп тұрған беті дөңес, ойыс және де жазық бола алады.(1.5-сурет) Енді линзалардың жалпы қасиеттеріне тоқталайық.[28]



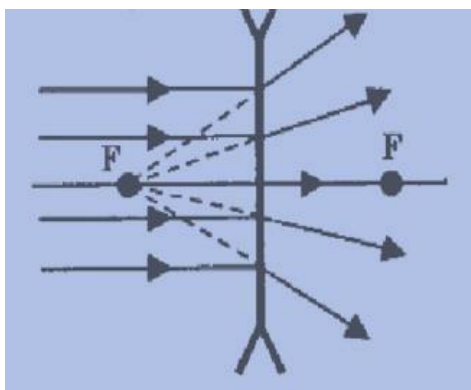
1.5 Сурет – линзаның түрлері

Қос дөңес линзаның осіне параллель сәулелерді қарастырайық (1.6-сурет). Линза шыныда, немесе басқа бір мөлдір заттан жасалған болса, сонда оның сыну көрсеткіші бірден артық болады. Снеллдің заңы бойынша, линзаның әрбір бетінде сәулелер ось бағытында сынады. Егер жұқа линзаларға оның бас осіне параллель сәулелер түсетін болса, онда олар фокалдық нүкте, немесе фокус деп аталатын нүктеде жинақталады.

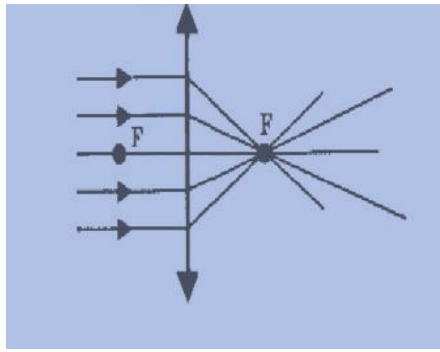
Егер линзаның диаметрі оның сфералық беттерінің қисықтық радиустарымен салыстырғанда аз болатын болса, онда аталған тоқтам біршама дәл орындалады. Мұндай шарттарды жұқа линзалар, яғни қалыңдықтары диаметрімен салыстырғанда кіші болатын линзалар толық қанағаттандырады.[28]

Алыста орналасқан объект үшін одан шығатын сәулелер параллель дерлік болғандықтан, фокалдық нүкте бас өсте шексіз алыс орналасқан объекттің нүктелік кескіні болып табылады. Фокалдық нүктеден линзаның центріне дейінгі қашықтық фокус аралығы деп аталады. Егер параллель сәулелер линзаға қайсыбір бұрышпен келіп түсетін болса, онда олар нүктеде қиылысады.(1.6-сурет). F және F^{\wedge} типтес барлық нүктелер орналасатын жазықтық линзаның фокалдық жазықтығы деп аталады.

Шетіне қарағанда центрінде қалыңдау болатын кезкелген линзалар параллель сәулелерді бір нүктеге жинайды. Мұндай линзалар жинағыш линзалар деп аталады(1.6 -сурет). Шетіне қарағанда центрінде жұқалау болатын линзалар шашыратқыш линзалар деп аталады. Олардан өткеннен кейін параллель сәулелер шашырап кетеді(1.7-сурет). Шашыратқыш линзаның фокалдық нүктесі немесе фокус деп, түсетін сәулелердің параллель шоғының сынығынан кейін шығатын көзі тәрізді болып көрінетін нүкте аталады(1.7-сурет)



1.7 Сурет – Шашыратқыш линза



1.6 Сурет – Жинағыш линза

Адам көзі (1.8-сурет) тұйықтал көлем болып табылады, оған жарық линза арқылы түседі. Көздің түсті қабықша деп аталатын дифрагмасы (көздің түсті боялған бөлігі), ол көзге түсетін жарықтың шамасын автоматты түрде реттеп отырады. Түсті қабықшаның жарықты өткізіп отыратын тесігі (қарашық) қара болып көрінеді, себебі ішінен жарық аз ғана шашырайды. Жарық сезгіш қабыршақ рөлін атқаратын тор қабықша (фото және кинокамералардағы тәрізді) көздің артқы бөлігін жауып тұрады. Ол жүйке талшықтары мен рецепторлардың (қабылдағыштардың) күрделі жиынтығынан тұрады, олар колбочкалар мен таяқшалар деген атпен белгілі, бұлардың рөлі жарық энергиясын жүйке талшықтары бойымен таралатын электр сигналдарға айналдыру. Тор қабықшаның ортасында кішігірім (диаметрі 0,25 мм шамалас) сары дақ деп аталатын аумақ бар. Жарық сары даққа түсетін болса, көз ең жақсы көру қабілетіне жетеді және түстерді де өте жақсы ажыратады.[28]

Көздің линзасы (хрусталик) жарық сәулелерін әлсіз сындырады. Сыну негізінен роговицаның (мүйіз қабықшаның) алдыңғы бетіне өтеді, ол сақтандырғыш жапқыш рөлін де атқарады. Хрусталик болса көздің түрліше



1.8 Сурет - Адам көзінің құрылысы

қашықтықтарға дәлірек фокустейді. Мұндай фокусировка цилиарлық бұлшық еттердің қысқаруы арқасында іске асырылады (1.8-сурет), осының нәтижесінде хрусталиктің қисықтығы, демек оның фокус аралығы өзгереді.

Сақиналық лазерлер - тұйық контурда қарама-қарсы бағытта («қарсы айналатын») таралатын бірдей поляризациялық екі жарық шоқтарынан тұрады .

Сақина лазерлері көбінесе автомобильдер, кемелер, ұшақтар және зымырандар сияқты қозғалатын кемелерде гироскоптар (сақиналы лазерлік гироскоп) ретінде қолданылады. Әлемдегі ең үлкен сақиналы лазерлер Жердің айналуының егжей-тегжейлерін анықтай алады. Сондай-ақ мұндай үлкен сақиналар гравитациялық толқындарды , Френель кедергісін , Линза-Тирринг эффектін және кванттық-электродинамикалық әсерлерді анықтауды қоса, көптеген жаңа бағыттар бойынша ғылыми зерттеулерді кеңейтуге қабілетті .

Айналмалы сақиналы лазерлік гироскопта екі қарсы таралатын толқын жиілікте аздап ығысады және айналу жылдамдығын анықтау үшін қолданылатын кедергі үлгісі байқалады . Айналу реакциясы екі сәуленің арасындағы жиілік айырмашылығы болып табылады, ол сақиналы лазердің айналу жылдамдығына пропорционал . Айырмашылықты оңай өлшеуге болады. Алайда, әдетте, екі сәуленің арасындағы таралудағы кез келген өзара әрекетсіздік соққы жиілігіне әкеледі .[28]

Сақиналық лазерлерде бұрыштардағы лазер сәулелерін фокустау және қайта бағыттау үшін айналар қолданылады. Айналардың арасында жүргенде сәулелер газ толтырылған түтіктерден өтеді. Сәулелер әдетте радиожиілік арқылы газды жергілікті қозу арқылы жасалады.

Сақина лазерінің құрылысындағы маңызды айнымалыларға мыналар жатады:

- Өлшемі: Үлкенірек сақиналы лазерлер төменгі жиіліктерді өлшей алады. Үлкен сақиналардың сезімталдығы өлшеміне қарай квадраттық түрде артады.

- Айна: Жоғары шағылысу маңызды.

- Тұрақтылық: Құрастыру температура ауытқуларына жауап ретінде ең аз өзгертін затқа (мысалы, Zerodur немесе өте үлкен сақиналар үшін негіз жынысы) бекітілуі немесе оның ішінде салынуы керек.

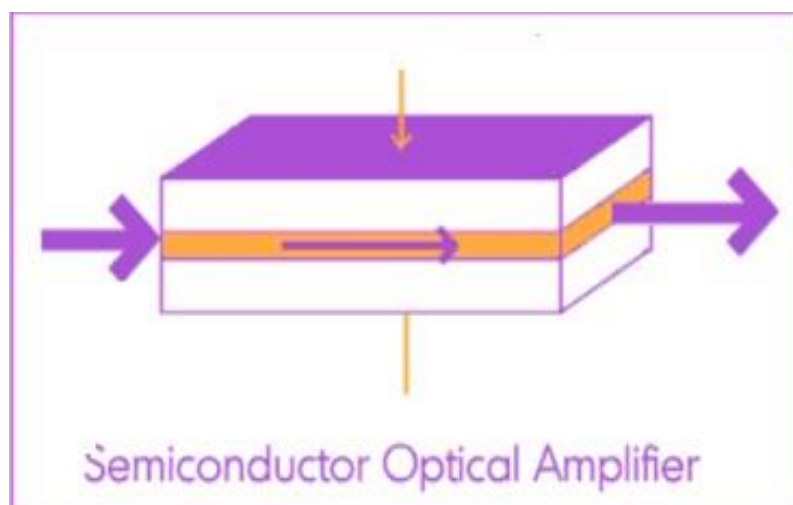
- Газ: HeNe үлкен сақиналы лазерлер үшін ең қажетті мүмкіндіктері бар сәулелерді жасайды. Гиростар үшін, негізінен, монохроматикалық жарық сәулелерін шығару үшін пайдалануға болатын кез келген материал қолданылады.[28]

2 ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ ОПТИКАЛЫҚ КҮШЕЙТКІШТЕР (SOA)

Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіш (SOA), лазерлік күшейткіш ретінде де белгілі, жартылай өткізгіш лазердің белсенді ортасы болып табылады. Басқаша айтқанда, SOA - оптикалық кері байланысы жоқ немесе өте төмен лазерлік диод. Белсенді аймақтағы электрондарды қоздыратын лазерлік құрылғыға электр тогы сырттан беріледі. Фотондар белсенді аймақ арқылы өткенде, бұл электрондардың бастапқы толқын ұзындығына сәйкес келетін көбірек фотондар түрінде қосымша энергиясының бір бөлігін жоғалтуына әкелуі мүмкін. Сондықтан белсенді аймақ арқылы өтетін оптикалық сигнал күшейтіледі және оптикалық күшейтуді бастан кешірді деп айтылады.

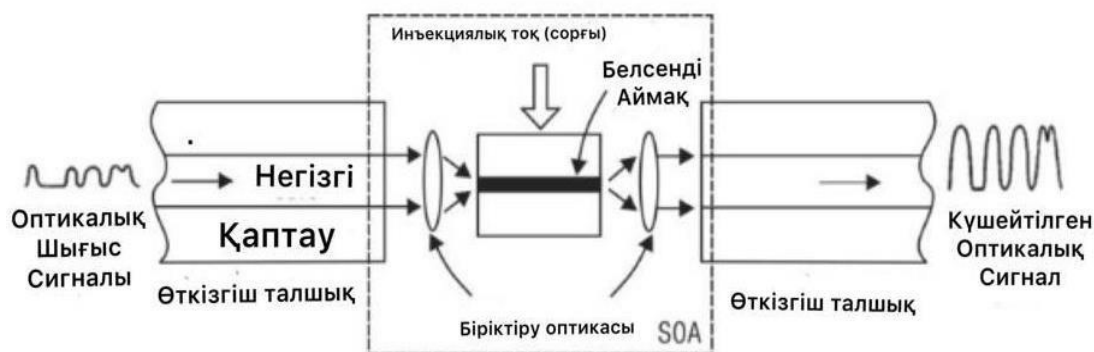
Сонымен, жартылай өткізгішті лазер өзінің шекті мәніне өте жақын жұмыс істегенде жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіш ретінде әрекет ете алады деп айта аламыз.[29]

Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіштердің (SOA) жұмысы Ынталандырылған эмиссия принципі, ең алдымен, лазерлік операциядағыдай, оптикалық ақпараттық сигналды күшейту үшін жартылай өткізгішті оптикалық күшейткішпен қолданылады. Төмендегі суретте SOA жұмыс істеу принципі көрсетілген.



2.1 Сурет - SOA жұмыс істеу принципі

SOA жұмысының негізгі қағидасы жартылай өткізгіш лазермен бірдей, бірақ кері байланыс жоқ. SOA симуляцияланған сәуле шығару арқылы түскен жарықты күшейтеді. Жарық белсенді аймақ арқылы өткен кезде, бұл электрондар Фотон түрінде энергияны жоғалтып негізгі күйге қайта оралады. Бұл ынталандырылған фотондар оптикалық сигналмен бірдей толқын ұзындығына ие, осылайша оптикалық сигналды күшейтеді.



2.2 Сурет - SOA конструкциясы

Көрсетілгендей, популяцияның инверсиясына қол жеткізу үшін белсенді аймақтағы инъекциялық ток (сонымен бірге сорғы сигналы деп аталады) қалаған оптикалық күшейтуге жауап береді. Байланыс оптикасы белсенді аймақтың екі жағындағы трансмиссиялық талшықпен тиімді байланыстыру үшін белсенді аймақтың кірісі мен шығысында қолданылады. Оптикалық күшейту келесі факторларға байланысты:

- оптикалық кіріс сигналының толқын ұзындығы
- күшейткіш ортаның түрі мен сипаттамалары (белсенді аймақ)
- белсенді аймақтың кез келген нүктесіндегі жергілікті сәуленің қарқындылығы[29]

Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіштің конструкциясы SOA жұмыс принципі кіріс қоздырғыш сәулелену фотондарының белсенді ортаның электронды-тесік жұптарымен әрекеттесуі нәтижесінде пайда болатын қоздырылған эмиссияны пайдалануға негізделген. Бұл жағдайда кіріс сигналы бастапқы фотондардың көзі болып табылады, оның энергиясы өткізгіштік зонаның жоғарғы деңгейлерінен валенттік аймақтың төменгі деңгейіне электрондарды түсіру үшін жеткілікті болуы керек, онда электрондар мен саңылаулар қайта қосылып, пайда болуын тудырады. екінші реттік фотондар. Соңғысы белсенді аймақтың толқын өткізгіш құрылымы арқылы өтеді, онда олар көшкіні ұлғаяды және пішіні, толқын ұзындығы, поляризация күйі және SOA кірісіне бірдей басқа параметрлері бар сәулеленуді шығарады.

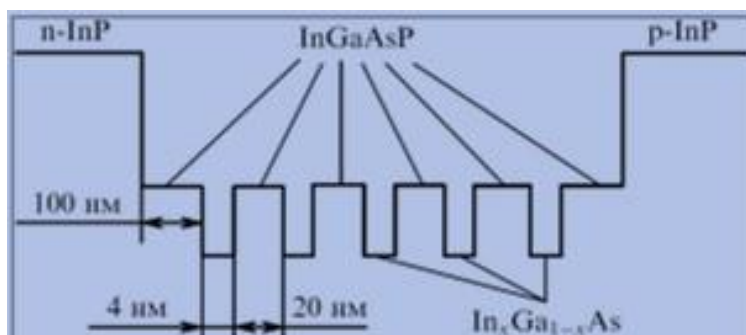
Бұл жұмыста жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіш құрлымдарының негізі;

- бір кванттық ұңғыма(квантовой ямой) негізінде 840 нм диапазон үшін GaAlAs/GaAs;
- негізінде екі кванттық ұңғымамен 1060 нм диапазон үшін InGaAs/GaAlAs/GaAs;
- негізінде бес кванттық ұңғымамен 1300 және 1550 нм жолақтары үшін InGaAsP/inp.

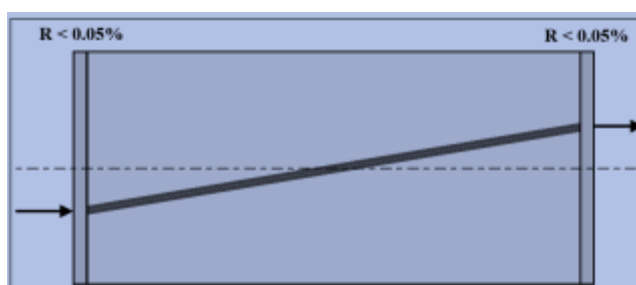
Кванттық өлшем құрылымдарын қолдану тасымалдағышты айдау тиімділігін арттыруды және жоғары температурада белсенді аймақтан тасымалдаушының ағып кетуін болдырмауды қамтамасыз етеді.

Бес кванттық ұңғымасы бар InGaAsP/InP негізіндегі кванттық ұңғыма құрлымының геометриялық өлшемдері сур. 2.3 Бастапқы кванттық ұңғыманың гетероқұрлымдар, меза-жолақты белсенді жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіш элементтер сур. 2.4 көрсетілген.

Меца-жолақ ені 3 мкм, резонатордың ұзындығы 800-1600 мкм болды. Алдыңғы және артқы белсенді элементтің беттері шағылысу коэффициенті 0,05% көп қабатты шағылысқа қарсы жабындармен қапталған. Меца-жолағы ол сынған беттерге 7 градус бұрышта орналасқан белсенді элемент.

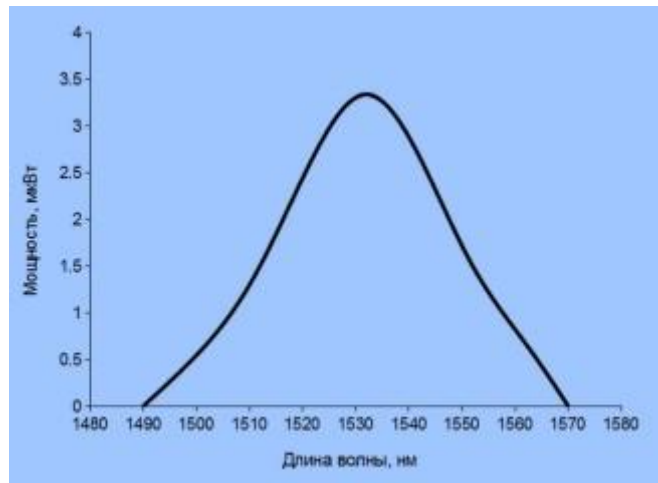


2.3 Сурет - SOA белсенді аймағының конструкциясы

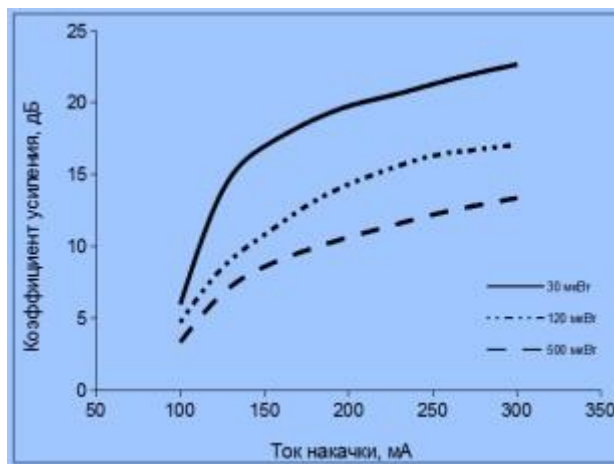


2.4 Сурет - SOA белсенді элементі

Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіш зерттеулер - Күшейткіштің кірісіне күшейтілген сигналды қолданбай, 300 мА сорғы тоғы кезінде 1532 нм толқын ұзындығындағы күшейткіштің сәулелену спектрін зерттеу (2.5-сурет) сәулелену спектрінің жарты ені 30–40 нм, болатынын көрсетті, бұл сәулеленудің суперлюминесценттік сипатын және күшейткіштің бұл түрі жылжымалы толқын күшейткіші екенін көрсетеді.



2.5 Сурет - 300мА инъекциялық тоқ кезінде SOA оптикалық сәулелену спектрі.



2.6 Сурет - 30,120,500 мкВт кіріс сигналындағы сорғы тоғының функциясы ретінде SOA күшейту

SOA шығысындағы сәулелену күшейтілген спонтанды сәулелену (ASE) болып табылады. ASE - өздігінен және ынталандырылған эмиссияның қосындысы. Өткізгіштік диапазондағы жеткілікті жоғары тасымалдаушы тығыздықта фотондардың өздігінен сәулеленуі орын алады. Бұл фотондардың кейбірі белсенді толқын өткізгіштің негізгі режиміне сәйкес келеді, сондықтан олар күшейтіледі. Күшейткіштің шығысында кең спектрлі (ASE-нің стихиялық сипатына байланысты) және салыстырмалы түрде жоғары қуаттылық (стимулданған эмиссия арқылы оптикалық күшейтуге байланысты) сәулелену пайда болады.

G күшейту коэффициенті оптикалық күшейткіштің шығысындағы P_{out} сигнал қуатының оның кірісіндегі P_{in} сигнал қуатына қатынас арқылы анықталады.

$$G = P_{out} / P_{in}. \quad (2.1)$$

Күшейткіш кірісіндегі кіріс сигналының әртүрлі мәндері үшін SOA күшейткішінің сорғы тоғына тәуелділігі сурет-2.6 көрсетілген.

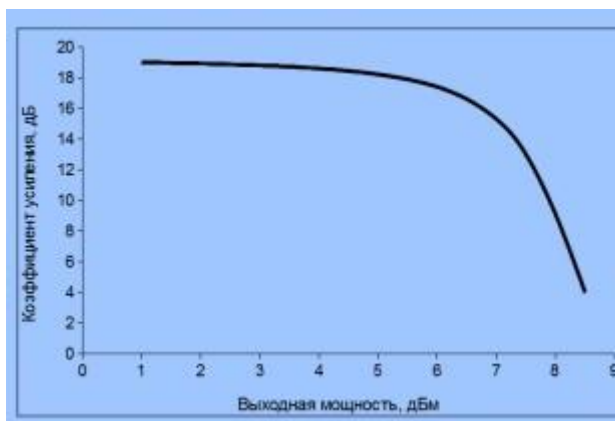
SOA күшейту күшейтілген сигнал қуатына да байланысты. Күшті кіріс сигнал белсенді аймақтағы тасымалдаушы тығыздығын төмендетеді, бұл өз кезегінде күшейтуді азайтады және күшейтуді максималды толқын ұзындығына қарай жылжытады.

180 мА инъекциялық ток кезінде SOA шығысындағы күшейтудің қуатқа тәуелділігі сур.2.7

Күшейтудің қанықтығы P шығыс қуатының функциясы ретінде жазылады,

$$G = G_{ss} \exp(P / P_{sat}) \quad (2.2)$$

мұнда G_{ss} – сигналдың аз күшеюі, P_{sat} – қанықтыру қуаты.



2.7 Сурет - Қанықтылықты алу. Инъекциялық ток 180 мА

1 Кесте – Қанықтыру қуатының айдау тоғына тәуелділігі

| Ток накачки, мА | Мощность насыщения, дБм |
|-----------------|-------------------------|
| 150 | 5 |
| 200 | 8 |
| 250 | 10 |
| 300 | 11 |

$$P_{sat} = hvA\eta / (\tau\Gamma\alpha) \quad (2.3)$$

мұндағы τ – тасымалдаушылардың қызмет ету мерзімі, Γ – оптикалық шектеу коэффициенті, α – дифференциалды күшейту, A – белсенді жолақтың көлденең қимасының ауданы, η – радиацияның кіріс коэффициенті.

Қанықтыру қуаты - қуат шығу кезінде оның күшейту коэффициенті 2 есе төмендейді. Инъекциялық токтың жоғарлауы қанықтыру қуатын арттырады,

өйткені тасымалдаушылардың өмір сүру уақыты мен дифференциалды пайда азаяды. Әр түрлі инъекция токтарындағы қанықтыру қуатының мәні кестеде.1 келтірілген.

2.1 SOA артықшылықтары мен кемшіліктері

SOA арқылы пайда болатын шу - Өздігінен шығарылатын және күшейтілген фотондар оптикалық күшейткіште күшейтілген өздігінен сәулеленуді (ASE) құрайды. Бұл құбылыс өзінің белсенді ортасындағы шуды тудырады. Олар фазасы мен бағыты бойынша кездейсоқ болғандықтан, олар сигналдың өткізу қабілеттілігінде шуды тудырады. Спонтанды эмиссия коэффициенті (n_{sp}) популяцияның инверсиялық факторы деп те аталады, қозған энергия деңгейлерінің популяциясының қатынасы және қозған және төмен энергия деңгейлерінің популяциялары арасындағы айырмашылық ретінде анықталады.

$$n_{sp} = N_2 / (N_2 - N_1) \quad (2.4)$$

мұндағы, N_2 және N_1 тиісінше қозған және төмен энергия деңгейлерінің популяциялары.[32]

SOA артықшылықтары

- SOA қамтамасыз ететін оптикалық күшейту оптикалық сигналдың толқын ұзындығына салыстырмалы түрде тәуелсіз.
- инъекция тогы басқа лазер емес, күшейту үшін сорғы сигналы ретінде қызмет етеді.
- ықшам өлшемнің арқасында SOA бір жазық субстраттағы бірнеше толқындық фотонды құрылғылармен біріктірілуі мүмкін.
- Олар диодты лазерлер сияқты технологияны пайдаланады.
- SOA кеңірек өткізу қабілеттілігімен (100 нм дейін) 1300 нм және 1550 нм жұмыс толқын ұзындығында жұмыс істеу мүмкіндігіне ие.
- Оларды оптикалық қабылдағыштың соңында алдын ала күшейткіштер ретінде жұмыс істеу үшін конфигурациялауға және біріктіруге болады.
- Шағын өлшем
- Төмен қуатты лазермен қосуға болады.
- SOA WDM оптикалық желілерінде қарапайым логикалық қақпалар ретінде жұмыс істей алады.[32]

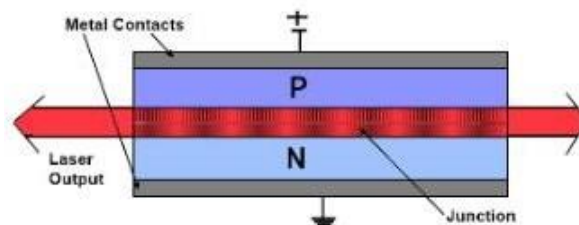
SOA шектеулері SOA шығыс оптикалық қуатын тек бірнеше мВт-қа дейін жеткізе алады, бұл әдетте талшықты-оптикалық байланыс байланысындағы бір арна жұмысы үшін жеткілікті. Дегенмен, WDM жүйесі әр арнаға бірнеше мВт қуат қажет етуі мүмкін.

- Кіріс оптикалық талшықтың SOA біріктірілген чипіне қосылуы сигналдың жоғалуын тудыратындықтан, SOA осы жоғалтудың белсенді аймақтың кіріс қырына әсерін азайту үшін қосымша оптикалық күшейтуді қамтамасыз етуі керек.
- SOA кіріс оптикалық сигналының поляризациясына өте сезімтал.
- Олар белсенді ортада жоғары шу деңгейін жасайды.
- WDM қолданбаларында талап етілетіндей бірнеше оптикалық арналар күшейтілген жағдайда, SOA қатты қиылысуды тудыруы мүмкін.[32]

3-БӨЛІМ. ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІ ЛАЗЕРДІ ЗЕРТТЕУ

Жартылай өткізгішті лазер мөлшері мен сыртқы түрі бойынша өте кішкентай. Ол транзисторға ұқсас және жарық диодты сияқты жұмыс істейді, бірақ шығыс сәулесі лазер сәулесінің сипаттамаларына ие. Жартылай өткізгішті лазерде жиі қолданылатын материал галлий арсениді болып табылады, сондықтан жартылай өткізгіш лазер кейде галлий арсениді лазері деп аталады.[34]

Мүмкіндіктері - Шындығында жартылай өткізгішті лазер жай жартылай өткізгіш диод болып табылады, өйткені оны белсенді ортасы алға ығысқан PN диодының түйісуі болып табылады.



3.1 Сурет - Металл контактілер PN материалы

Мұнда көрсетілген металл контактілер PN материалын тұрақты ток көзіне қосу үшін пайдаланылады. Көрсетілген тораптың қалыңдығы бірнеше микрометр. Түйісуде N типті материалдан электрондар немесе ток өткен кезде жарық шығады. Басқаша айтқанда ток N және P типті материалдар арасындағы түйіспеге енгізіледі. Сондықтан біз жартылай өткізгіш лазерге инъекциялық лазер атауын да қолданамыз.

Лазингтің пайда болуы үшін минималды ток тығыздығы қажет екенін білеміз. Осылайша, минималды ток тығыздығына жеткенде түйісу аймағындағы ток тығыздығын арттыру лазердің шығысын арттырады.[34]

Басқа лазерлерден айырмашылығы, жартылай өткізгіш лазерге кері байланыс механизмін жасау үшін қажетті шағылыстыру қабілетін алу үшін айналар қажет емес. Жартылай өткізгіш микросхеманың кесілген ұштарынан шағылысу ласинг жасау үшін жеткілікті.

Жартылай өткізгіш материал мен ауа арасындағы интерфейстің шағылыстыру қабілеті шамамен 36% құрайды, бұл барабар кері байланысты қамтамасыз ету үшін жеткілікті, сонымен қатар шығыс қосқышы ретінде қызмет етеді. Сәуле екі жағынан да бар. Егер лазердің бір ұшынан сәуле қажет болса, онда қарама-қарсы ұштарды көбірек жарық мөлшерін көрсету үшін жабуға болады.

Температура жартылай өткізгіш лазердің шығуына үлкен әсер етеді. Температура жоғарлағанда лазерде айтарлықтай қуат жоғалады. Сондықтан жартылай өткізгішті лазер кейде сұйық азотпен немесе басқа салқындату жүйесімен салқындатылады. Алайда бұл лазерлерді бөлме температурасында жұмыс істеуге болады, егер шыңындар қолайлы болса және тоқ тығыздығы жеткілікті жоғары болса.

Тоқтың импульсі біздің өте жақсартылған өнімділікке әкеледі. Галлий арсениді лазерлері әдетте импульстік режимде жұмыс істейді, жұмыс циклі 1%-дан аз, себебі жоғары жұмыс циклдері шығыс сипаттамаларына үлкен әсер ететін температураның жоғарлауын тудырады. Галлий арсенидінің лазері 845нм-ден 905-нм-ге дейінгі диапазондағы жақын инфрақызыл спектрде жарық шығарады. Жартылай өткізгішті лазердің лазерлік ортасы қысқа және төртбұрышты. Сондықтан шығыс сәулелінің тік және көлденең осьте бірдей өлшемі болмайды. Демек, сәулелік профиль әдеттен тыс пішінге ие. Жартылай өткізгішті лазерлердің сәулелік дивергенциясы температураға байланысты көптеген лазерлерге қарағанда әлдеқайда үлкен, сондықтан 125-тен 400 милли радианға дейін ауытқиды.

Жартылай өткізгішті лазерлер лазерлердің басқа түрлерінде қажетті сипаттамаларға ие сәулелерді шығармайтынына қарамастан олардың шағын өлшемдері, төмен қуат тұтынуы және салыстырмалы түрде жоғары тиімділігі оларды өте пайдалы құрылғы етеді.

Жартылай өткізгішті лазер - жұмыс материалы ретінде тікелей жолақ аралық жартылай өткізгіш материалдан тұратын Pn өткелі немесе Pin өтпесі бар миниатюрленген лазер.

Жартылай өткізгішті лазердің ондаған жұмыс заттары бар, ал лазерлерге жасалған жартылай өткізгіш материалдарға галлий арсениді, индий арсениді, индий антимониді, кадмий сульфиді, кадмий теллурид, қорғасын селениді, қорғасын теллурид, алюминий галлий мышьяк, индий фосфоры, т.б. .

Жартылай өткізгіш лазерлерді қоздырудың үш негізгі әдісі бар, яғни:

- Электрлік инъекция түрі
- Жеңіл сорғы түрі
- Жоғары энергиялы электрон сәулесінің қозу түрі

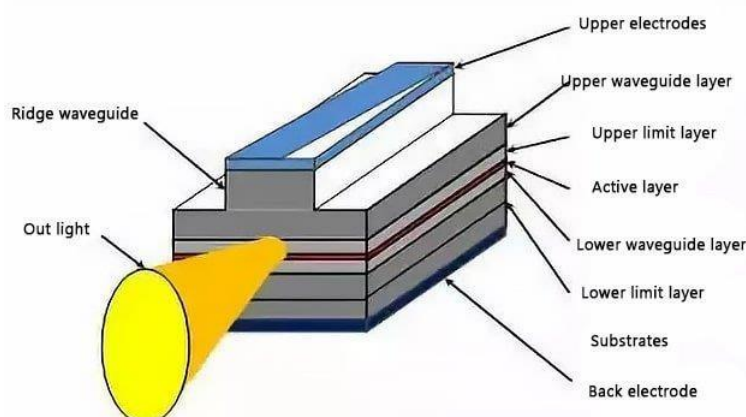
Жартылай өткізгішті лазерлердің көпшілігі электрлік инъекция арқылы қозғалады, яғни түйісу жазықтығы аймағында қозған сәуле шығару үшін Pn өткеліне тура кернеуді қолдану арқылы, яғни алға бағытталған диод.

Сондықтан жартылай өткізгішті лазерді жартылай өткізгіш лазерлік диод деп те атайды.

Жартылай өткізгіштер үшін электрондар дискретті энергия деңгейлері арасында емес, энергетикалық жолақтар арасында секіретіндіктен, секіру энергиясы белгілі мән емес, жартылай өткізгіш лазерлердің шығыс толқын ұзындығын кең диапазонда таратады.

Олар 0,3-тен 34 мкм аралығындағы толқын ұзындығын шығарады.

Толқын ұзындығы диапазоны қолданылатын материалдың энергетикалық диапазонының аралығымен анықталады және ең көп тарағаны - шығыс толқын ұзындығы 750-ден 890 нм-ге дейінгі AlGaAs қос гетероидациялық лазер.



3.1 Сурет - Лазерлік құрылымның схемасы

Жартылай өткізгішті лазерді өндіру технологиясы диффузиядан сұйық фазалық эпитаксияға (LPE), бу фазасының эпитаксисіне (VPE), молекулярлық сәуле эпитаксисіне (MBE), MOCVD әдісі (металл органикалық қосылыстардың буларын тұндыру), химиялық сәуле эпитаксисіне (CBE) дейін әртүрлі процестерден өтті.) және олардың әртүрлі комбинациялары.

Жартылай өткізгішті лазерлердің ең үлкен кемшілігі лазердің өнімділігіне температура қатты әсер етеді, ал сәуленің дивергенция бұрышы үлкен (әдетте бірнеше градус пен 20 градус арасында), сондықтан оның бағыттылығы, монохроматикалық және когеренттілігі нашар.

Дегенмен, ғылым мен техниканың қарқынды дамуымен жартылай өткізгішті лазерлік зерттеулер тереңдік бағытында ілгерілеуде, жартылай өткізгіш лазерлердің өнімділігі үнемі жақсаруда.

Жартылай өткізгішті лазер 21 ғасырдағы ақпараттық қоғамда жартылай өткізгішті оптоэлектроника технологиясының өзегі ретінде үлкен прогреске қол жеткізеді және үлкен рөл атқарады.

Жартылай өткізгішті лазер когерентті сәулелену көзі болып табылады, оның лазер сәулесін шығаруы үшін үш негізгі шарт болуы керек:

- алу шарты Қоздыру ортасындағы (белсенді аймақ) тасымалдаушылардың инверсиялық таралуын орнату үшін жартылай өткізгіштегі электрон энергиясы үздіксіз дерлік энергия деңгейлерінің қатарынан тұратын энергетикалық жолақтар қатарымен ұсынылған.

Сондықтан жартылай өткізгіштерде бөлшектер санының инверсиясына қол жеткізу үшін екі энергетикалық аймақтың арасында болу керек.

Жоғары энергетикалық күйдегі өткізгіштік зонаның төменгі жағындағы электрондар саны төменгі энергетикалық күйдегі валенттік зонаның жоғарғы жағындағы саңылаулар санынан анағұрлым көп, бұл гомо-қосылуға немесе гетеройысуға алға ығысуды қосу арқылы қол жеткізіледі және төменгі

энергетикалық валенттік аймақтан жоғары энергия өткізгіштік диапазонына электрондарды қоздыру үшін белсенді қабатқа қажетті тасымалдаушыларды енгізу.

Қоздырылған эмиссия бөлшектер санының кері күйіндегі электрондардың көп саны саңылаулармен біріктірілгенде пайда болады.

-тиісті ынталандырылған сәулеленуді нақты алу. Көптеген кері байланыс алу және лазерлік тербелістің пайда болуы үшін қоздырылған сәулеленуді оптикалық резонанстық қуыста жасау керек.

Лазердің резонанстық қуысы шағылыстырғыш ретінде жартылай өткізгіш кристалдың табиғи ерітінді бетін пайдалану арқылы қалыптасады, әдетте сәуле шығармайтын ұшында шағылысатын көп қабатты диэлектрлік пленка және сәуле шығаратын жағында шағылыстыратын редуциялық пленка бар.

Fr қуысы (Фабри-Перот қуысы) жартылай өткізгіш лазерлері үшін Fr қуысын рп түйісу жазықтығына перпендикуляр кристалдың табиғи ерітінді жазықтығын пайдалану арқылы оңай құруға болады.

-тұрақты тербелістерді қалыптастыру үшін лазерлік орта жеткілікті үлкен күшейтуді қамтамасыз ете алуы керек.

Резонанстық қуыстың әсерінен болатын оптикалық жоғалтуды және қуыс бетінен лазердің шығуынан болатын жоғалтуды және т.б. толтыру үшін қуыстағы оптикалық өрісті үнемі арттырыңыз.

Бұл жеткілікті күшті ток инъекциясын қажет етеді, яғни бөлшектер санының кері айналуы жеткілікті, ал бөлшектер санының кері айналу дәрежесі неғұрлым жоғары болса, алынған пайда соғұрлым көп болады, яғни талап белгілі бір ток шекті шартына сай болуы керек.

Лазер шекті мәнге жеткенде, белгілі бір толқын ұзындығы бар жарық қуыста резонанс тудырып, күшейтілуі мүмкін, ақырында лазерді және үздіксіз шығысты қалыптастырады.

Жартылай өткізгішті лазерлерде электрондар мен саңылаулардың дипольдік секірісі негізгі жарық шығару және жарықты күшейту процесі болып табылатынын көруге болады.

Жаңа жартылай өткізгішті лазерлер үшін кванттық ұңғымалар жартылай өткізгіш лазерлерді дамытудың негізгі қозғаушы күші болып табылатыны енді мойындалды.

Кванттық сымдар мен кванттық нүктелер кванттық әсерлерді толық пайдалана алады ма деген тақырып осы ғасырға дейін кеңейтілді және ғалымдар өздігінен ұйымдастырылған құрылымдары бар әртүрлі материалдарда кванттық нүктелерді жасауға тырысты, ал GaInN кванттық нүктелер жартылай өткізгіш лазерлерде қолданылды.

Жартылай өткізгішті лазерлердің шығу тарихы

1960 жылдардың басындағы жартылай өткізгішті лазерлер біртекті қосылыс лазерлері болды, олар бір материалда жасалған рп қосылыс диодтары болды.

Алға жоғары ток инъекциясы кезінде электрондар р аймағына үздіксіз енгізілді және n аймағына саңылаулар үздіксіз енгізілді.

Нәтижесінде, тасымалдаушының таралуы бастапқы рп түйісуінің сарқылу аймағында кері болады және электрондардың миграция жылдамдығы саңылаулардың миграция жылдамдығынан жылдамырақ болғандықтан, флуоресценция шығаратын белсенді аймақта сәулелену және композиция пайда болады және белгілі бір жағдайларда лазер пайда болады, ол тек импульс түрінде жұмыс істей алатын жартылай өткізгіш лазер болып табылады.

Жартылай өткізгішті лазердің дамуының екінші кезеңі - GaAs, GaAlAs сияқты екі түрлі жолақты жартылай өткізгіш материалдың жұқа қабатынан тұратын гетероқұрылымдық жартылай өткізгішті лазер, біріншісі - жалғыз гетероқұрылымдық лазер (1969).

Токтың шекті тығыздығын төмендету үшін GaAsP-N түйісуінің р-аймағындағы жалғыз гетероидациялық инъекциялық лазерлер (SHLD) мәні гомо-қосылыс лазерлерінен төменірек, бірақ жалғыз гетероидациялық лазерлер әлі де үздіксіз жұмыс істей алмайды. бөлме температурасы.

1970 жылдардың аяғынан бастап жартылай өткізгішті лазерлер екі бағытта анық дамыды, бірі ақпаратты беру мақсатындағы ақпараттық лазерлер, екіншісі оптикалық қуатты арттыру мақсатындағы қуаттылық негізіндегі лазерлер.

Айналмалы қатты күйдегі лазерлер, жоғары қуатты жартылай өткізгіш лазерлер (үздіксіз шығыс қуаты 100 мВт немесе одан көп, импульстік шығыс қуаты 5 Вт немесе одан жоғары, жоғары қуатты жартылай өткізгіш лазерлер деп атауға болады) сияқты қолданбаларға негізделген.

1990-шы жылдары жартылай өткізгіш лазерлердің шығу қуатының айтарлықтай ұлғаюымен ерекшеленетін серпіліс жасалды, шетелдік киловатт класты жоғары қуатты жартылай өткізгіш лазерлер коммерцияланды, отандық үлгілік құрылғылардың шығуы 600 Вт-қа жетті.

Лазер толқын ұзындығының кеңеюіне қарасақ, алдымен инфрақызыл жартылай өткізгіш лазер, содан кейін 670 нм қызыл жартылай өткізгішті лазер көптеген қолданбаларға, содан кейін толқын ұзындығы 650 нм, 635 нм, көк-жасыл, көк жартылай өткізгіш лазерлер де енгізілді. табысты дамыды, 10 мВт масштабты күлгін және тіпті ультракүлгін жартылай өткізгіш лазерлер, сонымен қатар қарқынды дамуда.

1990 жылдардың аяғында ультра параллельді оптоэлектроникада әртүрлі қолданбалар үшін беттік сәуле шығаратын және тік қуысты беттік сәуле шығаратын лазерлердің қарқынды дамуы қарастырылды.

980 нм, 850 нм және 780 нм құрылғылар оптикалық жүйелерде практикалық болды.

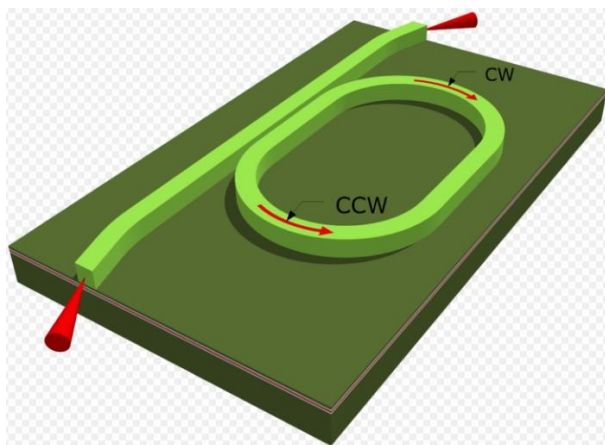
Қазіргі уақытта гигабиттік Ethernet үшін жоғары жылдамдықты желілерде тік қуысты беттік сәуле шығаратын лазерлер қолданылады.

3.1 Жартылай өткізгішті лазерді қайда қолданады

- Олар төмен жиілікті сигналды модуляциялау үшін жоғары жиілікті толқындарды қамтамасыз ету үшін талшықты оптикалық байланыста қолданылады.
- Олар лазерлік көрсеткіш ретінде пайдаланылады.
- Олар CD немесе DVD дискілерінде деректерді сақтау үшін қолданылады.
- Олар қатты күйдегі лазерде айдау көзі ретінде пайдаланылады.
- Жартылай өткізгішті лазерлердің артықшылықтары
- Жартылай өткізгіш лазер оның жұмыс істеуі үшін төмен қуатты қажет етеді.
- Олар ықшам және жеңіл.
- Олардың өмірі ұзақ.
- Лазердің шығысын түйісу тогын басқару арқылы оңай арттыруға болады.
- Лазердің үздіксіз толқындық шығысы немесе импульстік шығысы бар.
- Бұл лазер жоғары тиімділікті көрсетеді.
- Орналастыру қарапайым және ықшам.
- Жартылай өткізгішті лазердің кемшілігі
- Салыстырмалы түрде төмен қуат өндірісіне байланысты бұл лазерлер көптеген әдеттегі лазерлік қолданбаларға сәйкес келмейді.
- Жартылай өткізгішті лазер температураға өте тәуелді. Температура лазердің шығуына қатты әсер етеді.
- Жартылай өткізгішті лазерлердің лазерлік ортасы тыс қысқа және тікбұрышты, сондықтан шығыс сәуле профилі әдеттен тыс пішінге ие.
- Сәуленің дивергенциясы барлық басқа лазерлермен салыстырғанда 125-тен 400 милли радианға дейін әлдеқайда үлкен.
- Салқындату жүйесіне қойылатын талаптар кейбір жағдайларда оның кемшілігі ретінде қарастырылуы мүмкін. [35]

3.2 Жартылай өткізгіш сақиналы лазерлер

Жартылай өткізгішті сақиналы лазерлер - бұл лазерлік ортасы бар сақина тәрізді оптикалық толқын өткізгіштер. Олардың сақинадағы жарықты ұстап тұру мүмкіндігі бар және олар қуат көзі болғанша оны үздіксіз қайта айналдырады. SRL үшін таңдау материалы индий фосфиді болып табылады. ^[1] SRL бұрыштық шағылыстырғыштары бар төртбұрышты болуы мүмкін немесе кішігірім конструкцияларда жиі кездесетіндей, иілген, "ипподром" пішіні болады. Құрылғылар қазіргі уақытта 100 микрометр деңгейінде, бірақ одан әрі кішірейту қолданыстағы кремний микроэлектроника технологиясының көмегімен мүмкін болуы керек.



3.3 Сурет - Жартылай өткізгішті сақиналы лазер

3.3 OptiSystem бағдарламасы мен жұмыс

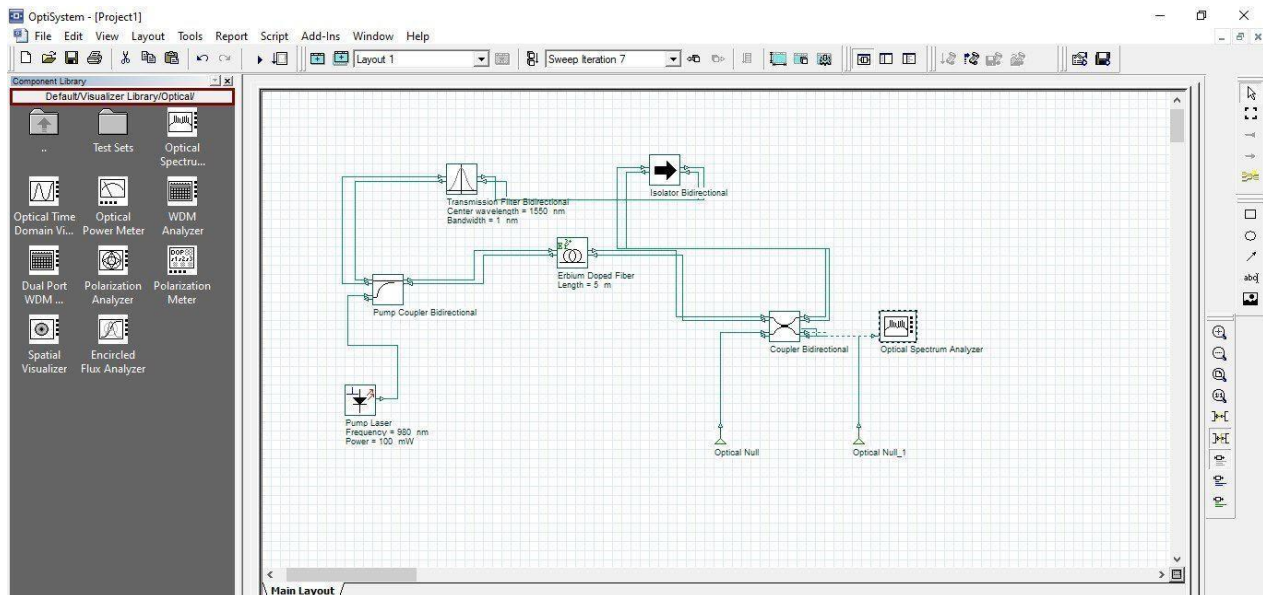
Эр-қоспаланған талшықты лазерлерді (EDFL) кейбір кері байланыс құралдарының арқасында ASE когерентті тербелісі орын алатын белгілі бір режимде жұмыс істейтін EDFA ретінде қарастыруға болады. Стандартты анықтама келесідей болуы мүмкін: EDFL когерентті жарық сигналын генерациялау көздері ретінде пайдаланылады, ал EDFA когерентті жарық сигналын регенерациялау үшін толқындық толқынды күшейткіштер ретінде пайдаланылады.

Барлық EDFL-лерді ықшам, тиімді және кейде арзан лазерлік диодтармен соруға болады. Олар байланыста қолданылатын әртүрлі талшықтармен және талшықты-оптикалық құрамдастармен үйлесімді, сондықтан олардың байланыс жоғалтулары шамалы.

Талшықты толқынды бағыттау және біріктіру бөлшектердің кез келген механикалық туралануын жеңілдетеді және қоршаған ортаның жоғары тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Көптеген ықтимал лазерлік қуыс конструкциялары мен конфигурациялары бар. Мұнда ұсынылған реттелетін EDFL конфигурациясы толық талшықты сақиналы лазерлік қуысты пайдаланады. Толқын ұзындығының селективтілігіне реттелетін беру сүзгісі арқылы қол жеткізуге болады. Бұл мысал OptiSystem лазер сақинасының дизайнын және ASE көздерін қалай модельдейтінін көрсетеді.

Орнату параметрлері тұрақты күйдегі шығыс қуатын алу үшін өте маңызды. Бұл дұрыс нәтижелерді алу үшін пайдаланушы конвергенция итерацияларының ең аз санын табуы керек дегенді білдіреді.



3.4Сурет - Сақиналы лазер жобасы

3.4-суретте лазердің орналасуы көрсетілген.Сүзгі ортасының толқын ұзындығын өзгертетін лазерлік толқын ұзындығы таңдалғанын және сүзгі өткізу жолағын өзгертетін лазерлік сызық ені таңдалғанын бақылаңыз.

Transmission Filter Bidirectional Properties

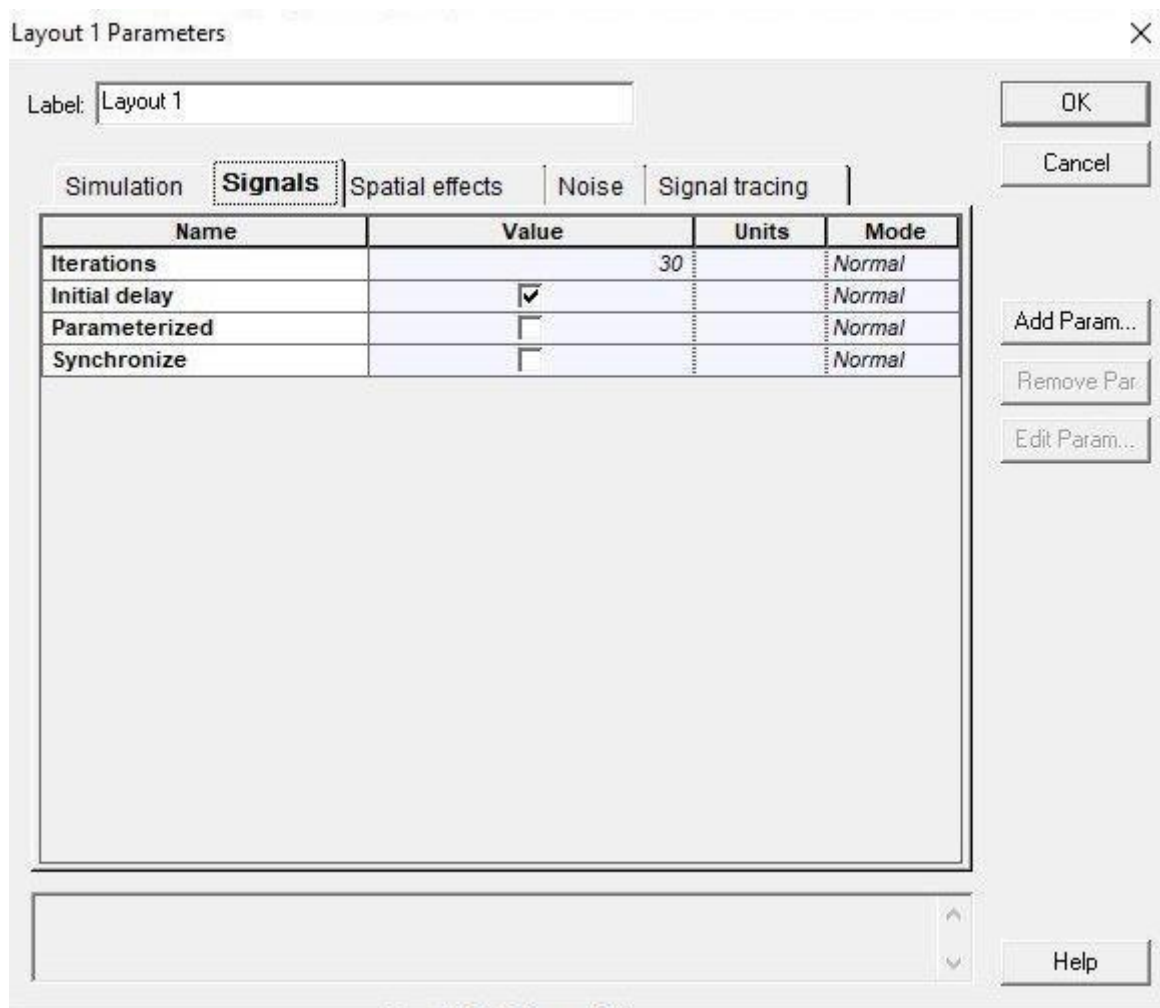
Label: Transmission Filter Bidirectional Cost\$: 0.00

Buttons: OK, Cancel, Evaluate Script, Load..., Save As..., Security..., Help

| Disp | Name | Value | Units | Mode |
|-------------------------------------|---------------------|-----------|-------|--------|
| <input type="checkbox"/> | Filter type | Rectangle | | Normal |
| <input type="checkbox"/> | Order | 2 | | Normal |
| <input type="checkbox"/> | Roll off factor | 0.5 | | Normal |
| <input type="checkbox"/> | Zero dB bandwidth | 0.01 | nm | Normal |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Center wavelength | 1550 | nm | Normal |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Bandwidth | 1 | nm | Normal |
| <input type="checkbox"/> | Insertion loss | 0.5 | dB | Normal |
| <input type="checkbox"/> | Max. insertion loss | 20 | dB | Normal |
| <input type="checkbox"/> | Return loss | 30 | dB | Normal |

3.4 Сурет - сүзгі құрамдас параметрлері

Бұл лазер 1 нм желі енімен 1550 нм қуат өндіреді (3.5-сурет).



3.5 Сурет - Жаһандық параметрлер: итерациялар

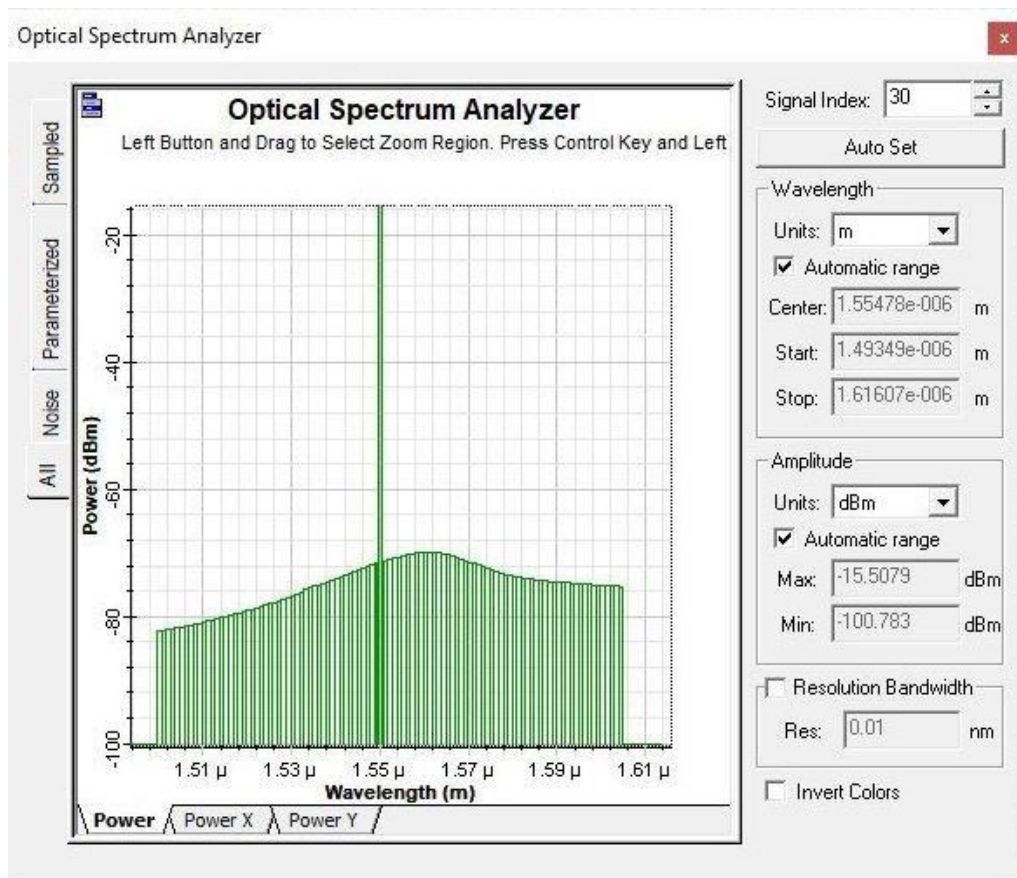
Итерациялардың жаһандық параметрі (3.6-сурет) тұрақты күйдегі шығыс қуатын алу үшін өте маңызды. Дұрыс нәтижелерді алу үшін пайдаланушы итерациялардың ең аз санын табуы керек.

Модельдеуді іске қосу үшін Файл мәзіріне өтіп, Есептеуді таңдауға болады. Сондай-ақ Control+F5 пернелерін басуға немесе құралдар тақтасындағы есептеу түймесін пайдалануға болады. Есептеуді таңдағаннан кейін есептеу диалогтық терезесі пайда болуы керек.

Нәтижелерді көру

- Оптикалық спектр анализаторын екі рет басыңыз.
- Сигнал индексінің параметрін 30-ға дейін арттырыңыз (максималды мән – жаһандық параметр Итерацияларымен бірдей).

3.7-суретте муфтаның шығыс портындағы сигнал көрсетілген. Пайдаланушы сигнал индексінің параметрін 0-ден 30-ға дейін арттыра алады және сигнал шамамен 25 итерацияның тұрақты күй мәніне жеткенше өзгеретінін көре алады.



3.6 Сурет - муфтаның шығысындағы сигнал

Қорытынды

Маған берілген дипломдық жұмыс жартылай өткізгішті оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу. Бұл дипломдық жұмыста оптика бойынша зерттелген жұмыстарды және әдебиеттерді қарап керекті мағұлыматтарды алдым және жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіш бойынша жұмыс жүргізілді, жартылай өткізгішті лазер туралы керекті материал жинап OptiSystem бағдарламасы арқылы жұмыс жүргіздім, керекті параметрлерін қойып OptiSystem бағдарламасында сұлбасын алдым.

1. McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology (5th ed.). McGraw-Hill. 2012.
2. "World's oldest telescope?". BBC News. July 1, 2011.
3. T.F. Hoad (1996). The Concise Oxford Dictionary of English Etymology. ISBN 978-0-19-283098-2.
4. A History Of The Eye Archived 2012-01-20 at the Wayback Machine. stanford.edu. Retrieved 2012-06-10.
5. T.L. Heath (2003). A manual of greek mathematics. Courier Dover Publications. pp. 181–182. ISBN 978-0-486-43231-1.
6. William R. Uttal (1983). Visual Form Detection in 3-Dimensional Space. Psychology Press. pp. 25–. ISBN 978-0-89859-289-4.
7. Euclid (1999). Elaheh Kheirandish (ed.). The Arabic version of Euclid's optics = Kitāb Uqlīdis fī ikhtilāf al-manāzīr. New York: Springer.
8. Ptolemy (1996). A. Mark Smith (ed.). Ptolemy's theory of visual perception: an English translation of the Optics with introduction and commentary. DIANE Publishing. ISBN 978-0-87169-862-9.
9. Verma, RL (1969), "Al-Hazen: father of modern optics", *Al-Arabi*, 8: 12–3, PMID 11634474
10. Adamson, Peter (2006). "Al-Kindī and the reception of Greek philosophy".
11. Rashed, Roshdi (2010). "A pioneer in anaclastics: Ibn Sahl on burning mirrors and lenses
12. Hogendijk, Jan P.; Sabra, Abdelhamid I., eds. (2003). *The Enterprise of Science in Islam*:
13. Ian P. Howard; Brian J. Rogers (1995). *Binocular Vision and Stereopsis*. Oxford University Press.
14. Elena Agazzi; Enrico Giannetto; Franco Giudice (2010). *Representing Light Across Arts and Sciences: Theories and Practices*. V&R unipress GmbH. p. 42.
15. El-Bizri, Nader (2010). "Classical Optics and the Perspectiva Traditions Leading to the Renaissance".
16. D.C. Lindberg, *Theories of Vision from al-Kindi to Kepler*, (Chicago: Univ. of Chicago Pr., 1976), pp. 94–99.
17. Vincent, Iardi (2007). *Renaissance Vision from Spectacles to Telescopes*. Philadelphia, PA: American Philosophical Society. pp. 4–5. ISBN 978-0-87169-259-7.
18. "The Galileo Project > Science > The Telescope" by Al Van Helden Archived 2012-03-20 at the Wayback Machine. Galileo.rice.edu. Retrieved 2012-06-10.
19. Henry C. King (2003). *The History of the Telescope*. Courier Dover Publications. p. 27. ISBN 978-0-486-43265-6.
20. Paul S. Agutter; Denys N. Wheatley (2008). *Thinking about Life: The History and Philosophy of Biology and Other Sciences*. Springer.

21. Ilardi, Vincent (2007). Renaissance Vision from Spectacles to Telescopes. American Philosophical Society. p. 210. ISBN 978-0-87169-259-7.
22. Microscopes: Time Line Archived 2010-01-09 at the Wayback Machine, Nobel Foundation. Retrieved April 3, 2009
23. Watson, Fred (2007). Stargazer: The Life and Times of the Telescope. Allen & Unwin. p. 55. ISBN 978-1-74175-383-7 Archived from the original on 2016-05-08.
24. Ariel Lipson; Stephen G. Lipson; Henry Lipson (28 October 2010). Optical Physics.
25. MV Klein & TE Furtak, 1986, Optics, John Wiley & Sons, New
26. Maxwell, James Clerk (1865). "A dynamical theory of the electromagnetic field" (PDF). Philosophical Transactions of the Royal Society of London.
27. Григорий Самуилович Ландсверг (1976г) Оптика
28. Н.Қойшыбаев оптика алматы 2006
29. Слепов Н.Н. Оптические усилители. Ч. 1 // Мир связи. 2000.
30. I. Yamamoto, H. Tsuchiya, «Optical Receiver Sensitivity Improvement by a Semiconductor Laser Preamplifier», Electron. Letts, v. 16, №6, p. 233 (1980).
31. J. C. Simon, J. L. Favennec, J. Charil, «Comparison of noise characteristics of Fabry-Perot-type and travelling-wave-type semiconductor laser amplifiers», Electron. Letts, v. 19, №8, p. 288 (1999).
32. D. M. Fye, «Practical limitations on optical amplifier performance», J. Lightwave Technol, v. 2, с. 403 (2001).
33. M. J. Connelly, "Semiconductor optical amplifiers", Kluwer Academic publishers (2004)
34. Frede, Maik (2007). "Fundamental mode, single-frequency laser amplifier for gravitational wave detectors".

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

Дипломдық жұмыс

ДИДАРХАН БҮРКІТ

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тақырыбы: **Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу**

Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу жұмысы жүргізілді.

Дипломдық жұмыста оптикалық құбылыстардың негізгі заңдарына, жарық заңдары, оптикалық жүйелерге және сақиналы линазаға талдау жасалынды. Жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіштерге анализ жасап олардың өнімділік параметрлерін қарап және олардың түрлерін қарастырылып, оған қоса жартылай өткізгішті лазер зерттелді. OptiSystem бағдарламасы арқылы жұмыс жасалды.

Бірінші бөлімде оптика негізіне қатысты ғылыми еңбектерді қарай отырып оның негізгі сипаттамасы мен заңдары қарастылды.

Екінші бөлімде жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіш жан жақты қарастырылып анализ жасалды.

Үшінші бөлімде жартылай өткізгішті лазер және сақиналы лазер қарастырылып оларды OptiSystem бағдарламасы арқылы құрастырып сызбасын алдық.

Студент дипломдық жұмыс жасау уақытында өздігінен жұмыс істеу қабілетін көрсете алды. Жалпы, дипломдық жұмыс "өте жақсы" (95%) деген баға, студент Дидархан Бүркіт - 5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТ және FT каф.

Доктор PhD

Қауымдастырылған профессор

Н.Қ. Смайлов



«20» мамыр 2022 ж.

СЫН - ПІКІР

Дипломдық жұмыс

Дидархан Бүркіт

5B071900-Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тақырыбы: Жартылай өткізгіш оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу

Орындалды:

- а) графикалық бөлім парак;
б) түсініктеме бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыста **Дидархан Бүркіт** Жартылай өткізгіш оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу жұмыстарын жүргізді. Дипломдық жұмыста келесі бөлімдерден тұрады.

Бірінші бөлімде оптика негізіне қатысты ғылыми еңбектерді қарай отырып оның негізгі сипаттамасы мен заңдары қарастылды.

Екінші бөлімде жартылай өткізгішті оптикалық күшейткіш жан жақты қарастырылып анализ жасалды.

Үшінші бөлімде жартылай өткізгішті лазер және сақиналы лазер қарастырылып оларды OptiSystem бағдарламасы арқылы құрастырып сызбасын алдық.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Бұл дипломдық жоба жоғарға оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – желілерді құруды талдау және салыстыру технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жұмыс "өте жақсы" (95%) деген баға, ал студент **Дидархан Бүркіт** мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавры» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Сын - пікір беруші

Алматы энергетика және байланыс университеті

т.ғ.д, профессор

«*Якубова*» М. З

«*10*» *якубова* 2022 ж.

Ф КазҰТЗУ 704-24. Рецензия



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Дидархан Бүркіт

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жартылай өткізгіш оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 0.2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

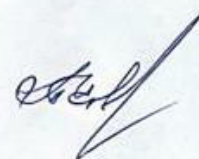
Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2022-05-19

Дата

Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Дидархан Бүркіт

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Жартылай өткізгіш оптикалық күшейткішке негізделген сақиналы лазерді моделдеу

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 0.2

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 1

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2022-05-19

Дата



Сүңғат Марқсұлы

проверяющий эксперт

