

Власник документу:  
Бевза Олег Миколайович

ID перевірки:  
1004035742

Дата перевірки:  
15.06.2020 02:38:05 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
15.06.2020 02:52:57 EEST

ID користувача:  
90740

Назва документу: 2020-bachelor-EDD\_Shut\_vyavlennya\_OEZ\_fch

ID файлу: 1004048810 Кількість сторінок: 22 Кількість слів: 8018 Кількість символів: 58530 Розмір файлу: 98.84 KB

## 5.96% Схожість

Найбільша схожість: 3.37% з джерело бібліотеки. ID файлу: 1000085818

2.67% Схожість з Інтернет джерелами 71 ..... Page 24

5.86% Текстові збіги по Бібліотеці акаунту 142 ..... Page 24

## 0% Цитат

Не знайдено жодних цитат

## 0% Вилучень

Вилучений текст відсутній

## Підміна символів

Заміна символів 57

Олеся ШУТ

## Електронна система виявлення оптичних та оптико-електронних засобів АНОТАЦІЯ

Дипломна робота присвячена розробці електронній системі виявлення оптичних та оптико-електронних засобів.

Метою даної роботи є розробка унікального пристрою, що не буде помітним в роботі, тобто невеликих габаритів та при виявленні цілі не подає звукового сигналу.

Роботу викладено на 50 сторінках, вона містить 4 розділи, 19 ілюстрацій, 5 таблиць та 25 джерел в переліку посилань.

У першому розділі сформовано огляд науково-технічної літератури, а саме було розібрано основні типи та принципи роботи приладів електронно-оптичної протидії, огляд існуючих електронно-оптичних систем виявлення оптичних та електронно-оптичних приладів, огляд існуючих дефлекторів та основні особливості інфрачервоного випромінення.

У другому розділі розроблено структурну схему, схему електричну принципову та розрахунок.

У третьому розділі розроблено друковану плату а саме здійснено вибір матеріалу, типу та класу точності друкованої плати, конструкторсько-технологічний розрахунок елементів друкованого монтажу та розрахунки, що підтверджують працездатність схеми.

У четвертому розділі детально розписана методика проектування друкованого вузлу в середовищі Altium Design.

### ANNOTATION

Thesis is devoted to the study of electronic detection system of optical and optoelectronic means.

The purpose of this work is to develop a unique device that will not be noticeable in the work, small size and when detecting a target does not give a sound signal.

The work is presented on 50 pages, it contains 4 sections, 19 illustrations, 5 tables and 25 sources in the list of references.

The first section provides a review of scientific and technical literature, namely the main types and principles of electron-optical countermeasures, a review of existing electron-optical detection systems of optical and electron-optical devices, a review of existing deflectors and the main features of infrared radiation.

In the second section the structural scheme, the scheme of the electric principle, calculation of the scheme of the electric principle which confirms correctness of the circuit technical decision is developed.

In the third section the design of the printed circuit board is developed, namely the choice of material, type and accuracy class of the printed circuit board, design and technological calculation of the elements of the printed circuit board and calculations confirming the efficiency of the circuit.

The fourth section describes in detail the method of designing a printed assembly in the environment of Altium Design.

Вступ

Багато країн використовують різні військові снайперські підрозділи у військових частинах, установах та тактиці.

Як правило, основна функція снайпера в сучасній війні полягає в забезпеченні детального спостереження з прихованих позицій і, при необхідності, зниження ефективності бойових дій противника шляхом нейтралізації високоякісних цілей і придушення та деморалізації цілей. Типові снайперські місії включають управління інформацією, яку вони збирають під час розвідки, збирання цілей та зворотній зв'язок для набігів та артилерії, допомога в точній вогневій підтримці та тактиці в боротьбі зі снайперами, вбивстві ворожих командирів, виборі випадкових цілей і навіть знищенні військової техніки[1].

Як видно з досвіду бойових дій в останні роки, військові фахівці в даний час приділяють пильну увагу розвитку і вдосконаленню різних типів розвідки (радіолокація, радіотехніка, оптика, оптоелектроніка та інші. Це пов'язано з постійним удосконаленням і розробкою систем озброєння нового покоління, скорочує час, необхідний для об'єктів в зоні виявлення і руйнування, зменшує видимість об'єктів, підвищує їх захист від шуму і контрзаходи і змінює тактику їх дії. З цих причин використання радіолокаційної і радіорозвідки не завжди можливо і ефективно.

Потрібно запровадити принципово нові концепції інтеграції систем контролю, зв'язку та ураження супротивника. Як показує аналіз сучасних досліджень, поки особлива увага приділялася оптико-електронним пристроям (ОЕП) для спостереження, виявлення та націлювання. Основними перевагами є:

- секретність їх використання;
- нескладність конструкції, експлуатації та незначні габарити;
- енергоефективні;
- екологічні.

Метою роботи є розробка системи виявлення оптико-електронних засобів (ОЕЗ). Спостереження, виявлення та націлювання для підвищення ефективності використання зброї та військової техніки в бою.

В даний час застосовуються ОЕЗ розвідки на основі:

- телевізійних матриць (ТМ);
- болометричних приладів (БП);
- електронних оптичних перетворювачів (ЕОП).

Етап модернізації існуючих та нових систем виявлення оптоелектронних засобів - це створення інтегрованої системи управління алгоритмами та програмами в роботі з:

- автоматичною перевіркою приміщень з багатьма векторами;
- автоматичний пошук та виявлення об'єктів;
- автоматичний супровід через кутові координати та область «N» кількості об'єктів;
- автоматичне виявлення та розпізнання об'єктів;

- Поєднання відеозображень об'єктів з різними приладами спостереження (телевізор та камери тепловізорування) з метою вдосконалення варіантів виявлення та розпізнавання.[2].

**Мета дослідження:** розробка електронної системи виявлення оптичних та оптико-електронних засобів.

Розглядались наступні задачі:

- Огляд існуючих електронно-оптичних систем виявлення оптичних та електронно-оптичних приладів;
- Типи дефлекторів, в якості скануючого пристрою;
- Особливості інфрачервоного випромінювання;
- Розробка структурної схеми;
- Розробка принципової схеми системи виявлення оптичних та оптико-механічних засобів;
- Проектування друкованої плати;

**Об'єктом дослідження** є принцип електронної системи виявлення оптичних та оптико-електронних засобів.

**Предметом дослідження** є електронна система виявлення оптичних та оптико-електронних засобів на базі STM.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ПО ЕЛЕКТРОНО-ОПТИЧНИМ СИСТЕМАМ

### 1.1 Основні типи та принцип роботи приладів електронно-оптичної протидії

Перш за все потрібно розібрати актуальність засобів електронно-оптичних приладів(ЕОП) та необхідність розвивати цей напрям в електроніці.

Військові конфлікти останніх двох століть чітко дали зрозуміти, що без удосконалення високоточного озброєння людство не може існувати. Дивлячись на ситуацію в Україні, війна почалась в 2014 році і до нині продовжується, тим самим військова техніка набирає оборотів удосконалення. Найперше, на що потрібно звернути увагу, це прилади замаскованого цілодобового спостереження, що передають інформацію про дії супротивників на дуже великих відстанях. Ця інформація дуже важлива в бойових умовах за для цілісності війська. Найбільша проблема, однак, полягає в тому, що пристрої **ЕОП** і **ОП** використовуються не поодиноці, а в поєднанні з далекобійною високоточною зброєю. Ця сторона збройного конфлікту без ресурсів для протидії ЕО та О взагалі може мати серйозні наслідки. Є багато ЕОП та ОП, і багато способів протидіяти їм[3].

Війська, які тривалий час перебували в обороні, в більшості випадків не вели активних бойових дій. У зв'язку з цим фокус їх бойових дій значною мірою перемістився на проведення розвідувальних та снайперських операцій. Бойова практика показує нам, що лише деякі добре навчені та оснащені снайпери можуть відігравати вирішальну роль у бою.

Снайпер - спеціально навчена людина, яка досконало володіє своєю зброєю, професійний військовий стрілець, який бере участь у вогневих завданнях на відстані та за умов, які потребують спеціальних навичок та високого рівня індивідуальної стрільбової підготовки(рис.1.1)[4].

Наразі методи виявлення ворогів снайперів автоматизовані. У більшості випадків використовується метод триангуляції проти снайпера, який може бути використаний для точного визначення положення снайпера за допомогою діаграми кліків[2]. Цей метод заснований на обробці спеціальних часових мікрофонів із дуловими часовими властивостями та звуковими хвилями від вистрілених снарядів. Одна з перших таких систем була розроблена в США і отримала назву Бумеранг. Однак пасивні динаміки мають суттєві недоліки. Наприклад, американська система бумерангу могла працювати лише в парникових умовах - на відкритих просторах і без шумового забруднення. Акустичні пристрої для визначення положення снайперів також неефективні під час військових операцій у місті. Пристрій просто загинув під час сильного вогню з кулеметів та важкої зброї, вчинених сторонами конфлікту біля багатьох будівель, які дають відлуння.

Коли інженери американської компанії IROBOT зрозуміли, акустичної системи поодиночі недостатньо, вони розробили пристрій під назвою RedOwl, який крім акустики також використовував лазерні датчики. Інструменти, оснащені лазерним скануванням області, і виявляють ефект лінзи противника. В ідеальних умовах вони можуть визначити місцезнаходження снайпера до 2,5 кілометрів. Але у цих пристроїв є свої недоліки (пристрій на певній відстані не міг визначити чи то снайпер, чи дівчина із дзеркалом), і вони виявилися дуже дорогими і застосовуються лише в невеликій кількості[5].

Прикладом є ще один комплекс "СОВА" – "система обнаружения выстрела акустическая" (рис.1.2).

Цей комплекс може визначити місце розташування снайперів у режимі реального часу. "СОВА" складається зі стовідсоткового російського виробництва та пройшла всі випробування у будь-яких погодних та часових умовах. "СОВА" навіть встигла брати участь у бойових діях на Північному Кавказі.

Там система використовувалася для захисту дорожніх блоків, деяких місць різних підрозділів, а також для забезпечення груп бойових охоронців.

Ця бойова місія повністю підтвердила найвищі показники роботи системи "СОВА". Система може легко поєднуватися з автоматичною зброєю для нейтралізації вогневих позицій. Наприклад, з'єднання з гранатометом AGS-17 було успішно випробувано. Це комплексне рішення забезпечує максимальне обслуговування системи для визначення та придушення позиції пострілу суперника.

Інформація негайно надсилається оператору, обмежуючи координацію системи до вибору пріоритету. "СОВА" може полегшити розвідницькі завдання, оскільки він легко визначає цілі до 1 км під час інтенсивної стрільби. Можливе використання системи для координації вогню окремого підрозділу, використовуючи дані, отримані з різних джерел у системі. Система швидко виконує розрахунки та коригування в режимі реального часу на пристрій[7].

**1.2 Огляд існуючих електронно-оптичних систем виявлення оптичних та електронно-оптичних приладів**

В цій частині будемо розглядати найсучасніші ЕОС, приведемо порівняльну характеристику цих пристроїв для подальшого розроблення приладу.

#### СПИН-2

СПИН-2 - це прилад для виявлення ОП(рис.1.3), який використовується для дистанційного виявлення О та ЕОП, прицілів, фокусних об'єктів при інтенсивному денному світлі та поганому нічному освітленні.

Прилад дозволяє реєструвати оптико-електронні засоби спостереження (ЗС) у вигляді яскравого відблиску на тлі підстильної поверхні. Об'єкти, що спостерігаються візуалізуються за допомогою вбудованого електронного псевдобінокля. Забезпечується управління потужністю лазера. Стандартний відео роз'єм CCIR включений в комплект поставки для запису або отримання більш якісного зображення. Пристрій має пилонепроникний корпус, який можна прикріпити до штативу.

Таблиця 1.1

Технічні характеристики

ЛУЧ-1М -це пристрій застосовується для виявлення снайперів та забезпечення антиснайперської діяльності(рис.1.3).

Індикатор «Луч-1М» забезпечує швидку перевірку зони захисту та виявлення оптичних систем, а також визначення дальності та їх кількості, незалежно від принципу функціонування (пасивний, активний, телевізійний, лазерний). Інформація про відстань до оптичної системи подається за допомогою голосового повідомлення або переривчастого звукового сигналу.

Таблиця 1.2

Технічні характеристики

#### LAS 1000

LAS 1000(рис.1.5) виявляє снайперів та інших спостерігачів з фронту перед стрільбою. Хоча більшість систем виявлення снайперів акустичні і допомагають операторам реагувати на загрозу після того, як вона вже завдала шкоди, LAS 1000 працює оптично і тому може вказати місце загрози, перш ніж вона зможе спрацювати. Ця система ідеально підходить для захисту кордонів та зазначеного периметра.

Прилад розпізнає лінзи та відбивачі на лінії, навіть якщо ці об'єкти перекриті зарослями або лобовим склом на автомобілі. Пристрій можна тримати в руці або встановити на штатив. При виявленні оптичного відбивача вказується його положення в полі зору. Щоб підвищити рівень обізнаності про ситуацію, є можливість встановити звуковий сигнал, який буде активовано автоматично при виявленні загрози. LAS 1000 може надійно виявляти снайперів та інші оптичні пристрої в різних тактичних ситуаціях [8].

Таблиця 1.3

Технічні характеристики

### 1.3 Огляд існуючих дефлекторів

#### Типи дефлекторів

Важлива частина ЕОС є скануючий пристрій, в нашому випадку це дефлектор. Завдання просторового сканування за допомогою лазерного випромінювання є важливим для оптичної системи позиціонування.

Сканування – виявляється, як кероване просторове переміщення по заданому закону досить вузького цілеспрямованого випромінювання (пучка електронів, променя світла). Однак сканування, звичайно, сприймається як послідовна перевірка системи обробки обмеженої площини, яка спрямована на рух радіопроменя, електронного променя та оптичного променя, що рухається по певному закону та траєкторії. Сканування дозволяє виявити об'єкти, що знаходяться в зоні спостереження, зчитувати і вводити інформацію про характеристики та властивості об'єктів. Для цього використовують дефлектори - пристрої, що дозволяють передавати лазерне випромінювання в просторі.

У наш час дефлектори поділяються за фізичними принципами на електрооптичні, оптико-механічні, ультразвукові, магнітоелектричні, п'єзоелектричні, дисперсійні та термооптичні; за характером відхилення можемо поділити на неперервні та дискретні дефлектори; за просторовим переміщенням – одно-, дво- та трьохкоординатні дефлектори[9].

В основі електрооптичних методів управління лежить явище змінення оптичної індикатриси різних кристалів, володіючих електрооптичним ефектом під впливом електричного поля. Ультразвукові методи управління основані на явищі зміни показника заломлення під впливом збуджених в різних оптично прозорих, фотопружних середовищах ультразвукових хвиль. В основі термооптичних методів лежить явище зміни показника заломлення середовища від температури під дією електричного струму. Дисперсійні методи основані на зміні показника заломлення при зміщенні краю смуги поглинання напівпровідникових середовищ під дією електричного струму. При всіх інших забезпечується кутовим переміщенням дзеркальних відбивачів.

#### **Параметри та характеристики дефлекторів**

Головні параметри: закон сканування, частота сканування та діапазон, полоса пропускання, амплітуда кута відхилення, спотворення світлової хвилі, роздільна здатність, напруга, струм та ін. Ці параметри будуть застосовані при розробці даного дефлектора.

Для подальшої розробки потрібно згадати головні характеристики:

- амплітудна
- частотна
- вольт-амперна.

#### **Переваги та недоліки дефлекторів**

##### **1) Неперервні заломлюючі електрооптичні дефлектори**

Час перемикання електрооптичного модулятора з одного стану в інший становить всього 3с. Для перемикання потрібна висока напруга, яка перевищує 100 В, це являється недоліком у нашому випадку. До недоліків ЕОМ ще можемо віднести залежність параметрів від температури і низький коефіцієнт контрастності (близько 100), що представляє собою відношення між максимальною і мінімальною світловою потужністю випромінювання, яка проходить через модулятор. Більшість з відомих електрооптичних матеріалів володіють незначним електрооптичним ефектом, тому застосовуються високі напруги управління (близько 1 кВ) для відхилення світлового пучка на 1 мрад. Для отримання достатнього кутового відхилення  $\Delta\theta$  необхідно напруга в кілька

кВ. Діапазон зміни кутів переломленого пучка обмежується так само максимально можливою зміною показника заломлення призми  $\Delta n = 10^{-3}$ .

### 2) Дискретні поляризовані дефлектори

Двовимірне відхилення пучка електронів, яке можна реалізувати двома однаковими каскадами, один з яких повернутий на 90 градусів. Велика кількість лазерних променів з дуже високою швидкістю і високою точністю.

### 3) Ультразвукові дифракційні дефлектори

Для реалізації малих відхилень пучка потрібна лінза з фокусною відстанню 10 м, тому потрібно конструювання спеціальної ОС.

Встановлений зв'язок між роздільною здатністю і швидкістю. При фіксованій величині збільшення роздільної здатності можна домогтися за рахунок зменшення швидкості і навпаки. Одночасно збільшення роздільної здатності і швидкості можливо лише при збільшенні ширини смуги частот, тобто - важлива характеристика акустичного середовища.

### 4) Оптико-механічні дефлектори

Проста конструкція, велика швидкість і великі кути відхилення, розповсюдженість, але недоліками є: низька частота, великі габарити, низька надійність.

### 5) Магнітно-електричні дефлектори

Різка зміна зменшення кута розгортки зі збільшенням частоти, яке робить неможливим застосування даного способу в пристроях для широкоформатного і високошвидкісного розгортки лазерного пучка.

#### 1.4 Особливості інфрачервоного випромінювання

Основний параметр системи, що розробляється є довжина хвилі (або діапазон цієї хвилі) лазера. Оскільки основою електронного лазера є потужний інфрачервоний лазер, варто враховувати теоретичні властивості інфрачервоного випромінювання(рис.1.6).

Людське око не може бачити ІЧ-випромінювання, але тварини, такі як змії та кажани сприймають органами чуття, завдяки чому добре орієнтуються в повній темряві.

Через залежність спектру та інтенсивності від температури та сприйняття шкірою людини, як відчуття тепла ІЧ-випромінювання ще називають «тепловим випромінюванням». Довжина хвиль, що випромінюється тілом, залежить від температури нагріву: чим вище температура, тим коротша довжина хвилі і вище інтенсивність випромінювання. Тому із збільшенням температури максимальна інтенсивність випромінювання зміщується у бік коротших хвиль, тобто у напрямку видимого. Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла при відносно низьких температурах зазвичай знаходиться в цьому діапазоні. Інфрачервоне випромінювання випромінює збуджені атоми або іони.

Оптичні властивості речовини (прозорість, коефіцієнт відбиття, коефіцієнт заломлення) в інфрачервоній області спектру значно відрізняються від тих же властивостей у нормальному видимому діапазоні.

Для прикладу, вода не пропускає ІЧ-випромінювання, тому що є непрозорою, а пластини кремнію вважаються прозорими в інфрачервоному спектрі. В повітрі перешкод немає для проходження випромінювання, через те що молекули азоту і



кисню не поглинають ІЧ-випромінювання, а тільки послаблюють в результаті розсіювання. Але те, що знаходиться в повітрі-дим, пил та природні опади – також послаблюють ІЧ випромінювання внаслідок розсіювання. А пари води та вуглекислий газ поглинають ІЧ-випромінювання; пари води - у всій ІЧ області спектра, вуглекислий газ - в середній області[11].

### **Висновки до розділу 1**

Цей огляд був спрямований на пошук та дослідження найкращих варіантів скануючої системи з врахуванням, їх конструкцій, параметрів, характеристик.

У цьому розділі, був представлений огляд дефлекторів, а також тенденції використання цих пристроїв. Кожен тип дефлектору за різними критеріями мають свої переваги та недоліки, а також невирішені до сьогодні проблеми їх експлуатації, ремонту, конструювання, захисту та адаптації для роботи з ними.

Найважливішим викликом для розвитку дефлекторів це широкоформатне, високочастотне сканування з великою роздільною здатністю. Технології вже зробили багато кроків для вирішення цієї проблеми, але й досі розробка знаходиться не в короткостроковій перспективі. Також важливим завданням є забезпечення найкращих параметрів для 3-вимірного сканування. Останнім завданням огляду є огляд важливих властивостей інфрачервоного випромінювання, оскільки воно є основним пристроєм сканування.

Враховуючи існуючі на даний момент типи лазерів та вимоги, що висуваються до системи, що розробляється, а саме невеликі масо габаритні параметри, діапазон випромінювання та низьке енергоспоживання, було вирішено використати в системі напівпровідниковий ІЧ лазер.

При оцінці параметрів всіх типів дефлекторів, оптимальним виявився оптико-механічний дефлектор. Він майже повністю відповідає завданню до дипломної роботи, а його недоліки, як низька надійність і маленька частота повністю перекриваються простотою його конструкції.

## **РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ОПТИЧНИХ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ**

### **2.1 Розробка структурної схеми електронно-оптичної системи**

В огляді науково-технічної літератури по ЕОС, було обрано відповідний ІЧ-лазер та оптико-механічний дефлектор, які задовольнили вимоги розробки. Головною задачею системи сканування, що розробляється. Це ефективне сканування певної ділянки на значних відстанях та отримувати відбите ІЧ випромінювання з метою отримання інформації про наявність в області сканування ОП та ОЕЗ у разі непередбачених погодних умов (індикатори чутливості, динамічний діапазон, співвідношення сигнал-шум тощо).

Схема має 3 структурних блока:

- Дефлекторний блок, що містить дефлектори та його блок живлення
- Блок ІЧ лазера, що містить ІЧ лазер та його драйвер
- Блок приймача ІЧ випромінювання, що містить ІЧ приймач, систему живлення та дисплей

В системі три структурні блоки є головними і при несправності одного блоку прилад не буде виконувати поставленої цілі. Але найвразливішим є блок ІЧ лазера, тобто несправність лазерного діода виведе з ладу сам лазер. Отже,

драйвер лазерного діоду повинен задовольняти параметри лазера, для надійності в будь-яких умовах.

При підключенні напруга подається від системи живлення до дефлекторів, після чого на драйвер лазерного діоду та ІЧ камеру. Далі в активному середовищі лазера утворюється резонанс, а електродвигуни починають обертатися та утворюється лазерна розгортка. При наявності в полі зору системи оптичних приладів на блок приймача ІЧ випромінювання надходить відбитий ІЧ сигнал.

## 2.2 Розробка конструкції оптико-механічного дефлектора

Оптико-механічний (ОМ) дефлектор – це пристрій, який використовує механічний метод переміщення заломлюючих або дзеркальних оптичних елементів для управління оптичним променем у просторі.

ОМ дефлектори на сьогоднішній день розвинені краще, ніж інші оптичні дефлектори, і найчастіше використовуються в скануючих системах. Важливими недоліками оптико-механічних дефлекторів є нестабільність та спотворення траєкторії сканування оптичного променя. Щоб розробити дефлектор, потрібно знати поглинання та розсіювання оптичних променів на дзеркала та лінзах[12].

Для поставленої задачі обираємо діелектричні дзеркала на склі К8, довжина хвилі 808нм забезпечує 99,8 % (рис. 2.2).

Детально розглянемо не менш важливі проблеми конструкції оптико-механічного дефлектора:

- Збільшення габаритів
  - Забезпечення малого кута розходження лазерного променя
  - Недостатня частота обертання
- Відповідно до проблем потрібно знайти методи вирішення для поліпшення роботи.

Перша проблема пов'язана з конструкцією оптико-механічного дефлектора, є його швидке збільшення габаритів при збільшенні кількості вимірювань в просторі оптичного пристрою. Це пов'язано з тим, що після проходження через перший дефлектор кут розбіжності змушує дзеркальну поверхню другого дефлектора збільшити, щоб усунути неефективне використання фактично необхідної потужності лазерного променя. Тому що кут розходження лазерного променя не може бути менше або більше, так як він впливає на ефективні параметри пристрою.

Тому є спосіб уникнути збільшення за рахунок появи системи фокусування - це збільшити розмір другого дефлектора (мається на увазі висоту) (рис.2.3).

Другою проблемою є забезпечення малого кута розходження лазерного пучка. Оскільки забезпечення малих кутів, які мають застосовуватися для ефективної роботи схеми, шляхом збільшення кількості граней неможливо у зв'язку з технологічними проблемами створення такої кількості граней дзеркала, не збільшуючи його розміри. Щоб вийти з цієї ситуації залишається тільки використання фокусує систем з лінз, які забезпечують необхідний кут розгортки пучка.

Третя проблема більшості оптико-механічних дефлекторів це їх недостатня частота обертання, але проблема вирішилась, коли створили нову конструкцію дефлектора, який міг зробити 2 000 000 обертів за секунду[15].

#### Розрахунки

Оптимальна кількість граней дзеркал

Для розрахунку необхідно знайти висоту другого дефлектора, яку можна знайти за формулою косинуса трикутника.

Де  $b$  – сторона створена крайнім положенням пучка розгортки,

$\alpha$  – кут лазерної розгортки.

Якщо  $b$  дорівнює 50мм, а  $\alpha$  дорівнює  $12^\circ$  тоді:

$$a = 7,39\text{мм, що задовільняє нашу систему}$$

Отже оптимальними кількостями граней дзеркал дефлекторів є 30 граней на дефлекторі горизонтальної розгортки і 18 вертикальної розгортки.

### 2.3 Розробка принципової схеми системи виявлення оптичних та оптико-механічних засобів

Схема має 3 структурних блока:

- Дефлекторний блок, що містить дефлектори та його блок живлення
- Блок ІЧ лазера, що містить ІЧ лазер та його драйвер
- Блок приймача ІЧ випромінювання, що містить ІЧ приймач, систему живлення та дисплей

#### 2.3.1. Розробка принципової схеми живлення дефлекторів

Дефлекторний блок включає в себе систему живлення та дефлектори

Схема ШІМ на основі таймера NE555 є серцем цієї схеми. NE555 веде себе як нестабільний мултивібратор, робочий цикл якого можна регулювати, змінюючи РОТ R1. Вихід ІС1 з'єднаний з базою транзистора Q1, який приводить в рух двигун відповідно до сигналу ШІМ, доступного на його базі. Вищий цикл спрацьовування середньої напруги на двигуні буде високим, що призведе до збільшення швидкості двигуна і навпаки.

Зміна напрямку двигуна постійного струму досягається за допомогою перемикача S1 DPDT, який при вмиканні просто перемикає полярність, прикладену до двигуна.

Час паузи не зможе перевищити час імпульсу, тобто досягти шпаруватості ( $S = T / t1$ ) більше 2 одиниць не вдасться. Для вирішення проблеми в схему додають діод, катод якого з'єднують з виводом 6, а анод з виводом 7.

Схема працює в такий спосіб. У момент подачі живлення конденсатор C1 розряджений, що переводить вихід таймера в стан високого рівня. Потім C1 починає заряджатися, набираючи ємність до верхнього граничного значення  $2/3 U_{пит}$ . Досягнувши порога ІМС перемикається, і на виході з'являється низький рівень сигналу. Починається процес розряду конденсатора ( $t1$ ), який триває до нижнього порогового значення  $1/3 U_{пит}$ . За його досягненні відбувається зворотне перемикання, і на виході таймера встановлюється високий рівень сигналу. В результаті схема переходить в автоколивальний режим[16].

#### Розрахунок

Принципова схема живлення дефлекторів є найбільш важливим методом їх управління і розрахунок параметрів такої схеми займає дуже важливу позицію в

процесі розробки електричної схеми електронно-оптичної системи. По-перше ми маємо в цій принциповій схемі основну частину на базі операційного підсилювача NE555, яка виконує функцію мультивібратора і основними його параметрами є параметри вихідних імпульсів: протяжність високого  $t_h$  (низького  $t_l$ ) стану імпульсу, період  $T$ , частота  $f$ , вихідний робочий цикл драйвера  $\frac{t_h}{T}$  (форми хвилі  $\frac{t_l}{T}$ ), співвідношення  $\frac{t_l}{t_h}$ . Зробимо розрахунок для трьох значень  $R_1$  (0,1 КОм, 50КОм и 100КОм)[13].

Також необхідно знайти вихідний струм операційного підсилювача, напруга якого дорівнює  $U_{жив}$ -1,5В для високого рівня і 0,25В для низького.

Отримавши наші параметри і підставивши їх у вольт-амперну характеристику нашого транзистора, ми зможемо знайти швидкодію його роботи (рис.2.5).

$I_C$  MAX PULSED –максимальний імпульс струму;

$I_C$  MAX CONT – струм максимального продовження;

PULSE OPERATION – операція пульсації;

D.C. OPERATION \*For single non repetitive pulse – постійна операція для одиничного неповторного імпульсу.

### 2.3.2. Драйвер світлодіодного лазера

WLD3343-3A - драйвер лазерного діоду загального призначення, який підтримує точний лазерний діодний струм (режим постійного струму) або стійкий фотодіодний струм (режим постійного живлення) за допомогою електроніки, сумісної з будь-яким типом лазерного діоду. Це призводить до затримки і повільно збільшує струм для максимального захисту. Подайте струм до 3.0 А лазерного діода з одного джерела живлення від +5 В(рис.2.6).

Внутрішній термостат безпечно вимикає драйвер WLD, якщо температура пристрою перевищує 105 ° С. Цей пристрій працює до температури навколишнього середовища 45 ° С. Дистанційно вмикати чи вимикати драйвер.

Діапазон струму масштабується зовнішнім резистором.

Інструмент калькулятора обчислень обертає вибір значень зовнішніх компонентів.

Цей драйвер лазерного діода ідеально підходить. Він широко застосовується в електрооптичній кваліфікації, комбінованій спектроскопії, медичному діагностичному обладнанні та на стендах дослідження(рис.2.7)[18].

### 2.3.3. Розробка приймача випромінювання інфрачервоного діапазону

#### 2.3.3.1 Розробка конструкції приймача випромінювання інфрачервоного діапазону

Важливою частиною системи є блок приймача ІЧ випромінювання. Взагалі то більшість сучасних камер володіють чутливістю в ближньому інфрачервоному спектрі ,але коли йде мова лише про інфрачервоний спектр нам вже потрібно думати над тим , як ізолювати камеру від всього видимого спектру і залишити лише інфрачервоний. Існує декілька способів вирішення цієї проблеми ,але найбільш простим і ефективним є використання монохромної матриці з регульованою апертурою об'єктива або використання фільтрів видимого світла для можливості зберігання контрастності освітлення з

інфрачервоною підсвіткою, але в день перший варіант підходить набагато краще через наявність сильного джерела іч-випромінення - сонця.

Монохромні (чорно - білі) аналогові камери підходять для цих цілей значно краще ніж кольорові. Визначається це їх устроєм і принципом дії(рис.2.8).

По-перше, виготовлені по CCD (ПЗС) технології матриці, які використовуються в цих приладах не мають на своїй поверхні додаткових мікроелектронних елементів, відповідно, вся їх площа використовується виключно для формування зображення[19].

По-друге, оскільки чутливість матриці багато в чому визначається кількістю світла, що припадає на одиницю її площі, а для формування кольорового зображення використовуються три елементарні майданчики (монохромного - одна) перевага відеокамер чорно-білого зображення стає очевидним.

Ще один аспект конструкції, який необхідно вибрати для оптимальної роботи блоку приймача іч діапазону це вибір стандарту сигналу ,яким буде передаватися інформація на окремий дисплей і тип цього дисплею.

### **2.3.3.2 Вибір матриці камери з високою чутливістю до інфрачервоного діапазону випромінювання**

Оскільки ми вже визначили тип матриці ,яку ми будемо використовувати ,далі нам необхідно визначити роздільну здатність матриці і вона повинна бути вищою за роздільну здатність лазерної розгортки і дисплею, але не сильно щоб уникнути злиття пікселів, для таких умов ідеальним стандартом буде європейський PAL, який має роздільну здатність 752x582 пікселів, а також є надзвичайно простим в використанні.

Для використання ІЧ-камери, мабуть найбільш важливим параметром вважається розмір матриці. Вона може визначати кут огляду, роздільну здатність, величину пікселя і впливати на безліч других параметрів. Оскільки при умовах відеозйомки кращу якість буде мати матриця з найменшим розміром, то для використання в нашій камері найкраще підходить матриця розміром 1/2" і розмірами 6,4 × 4,8 мм.

Для виконання завдання була вибрана матриця з оптимальними параметрами, яка краще за інших виконує своє основне завдання – прийом випромінення інфрачервоного діапазону.

ICX429ALL –це інтерфейсний ПЗЗ твердотільний сенсор зображення, придатний для відеокамер CCIR B/W з діагоналлю 8мм (тип 1/2") системи. Такі основні характеристики, як чутливість, динамічна відстань та інші були вдосконаленні через EXEW HAD CCD технологію. Також в цій матриці застосована система зчитування поля і електронний затвор з змінним часом накопичення/зберігання. Також вона має 752(Г)x582(В) активних пікселів, з їх розмірами 8,6мкм(Г)x8,3мкм(В), і габаритами кремнієвої підкладки складають 7,4мм(Г)x5,95мм(В). І нарешті її чутливість до інфрачервоного випромінення довжини 808нм, яка складає 50% і є одним з найбільших показників для камер оптичного діапазону(рис.2.9).

**Висновки до розділу 2**

В даному розділу була розроблена структурна та схема електронно-оптичного приладу, було також вирішено ряд задач конструювання системи виявлення ОП та ОЕЗ, а саме:

1) Розроблена дзеркальна система, яка забезпечує кут поля зору 18x1 та задовільняє вихідним даним до проекту.

2) Були дослідженні параметри і характеристики всіх компонентів загальної системи з метою оптимізації її роботи і пошуку нових методів зв'язку між ними.

3) Розробка пристроїв на основі розрахованих характеристик системи.

Складається з кількох поки окремих блоків: інфрачервоний лазерний промінь, оптико-механічні дефлектори, приймач інфрачервоного сигналу.

Для блоку приймача ІЧ випромінювання було обрано камеру з ПЗС матрицею. Це обумовлено її більш високою чутливістю в порівнянні з КМОП матрицями, меншим рівнем власних шумів CCD матриць відносно CMOS та КМОП матриць. А також мають малий рівень енергоспоживання.

**4) РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛУ****5) 3.1 Вибір матеріалу друкованої плати**

6) Для розробки потрібно вибрати матеріал, який буде основою друкованої плати. Вибраний матеріал повинен містити достатню механічну міцність, високі електроізоляційні властивості та бути стійким до кліматичних умов. Цим критеріям відповідають:

7) Склотекстоліт

8) Кераміка

9) Ситал

10) Сапфір

11) Гнучка фторопластова плівка

12) З переліку матеріалів більш всього відповідає вищезазначеним критеріям склотекстоліт. Склотекстоліт є основою конструкційного матеріалом для виготовлення жорстких ДП.

**13) 3.2 Вибір типу друкованої плати**

14) Для оптимального розміщення елементної бази обираємо двосторонню ДП, яка має високу трасувальну здатність, механічну міцність, забезпечує високу щільність монтажу та високу надійність з'єднань.

15) FR4-2-35-1.5 – двостороння друкована плата (2), де товщина фольги-35мкм та товщина ДП-1.5мм. Для схеми середньої важкості це ідеальний варіант. Тому що трасувальна здатність вища ніж у одношаровій ДП, а складність виконання не складна[21].

**16) 3.3 Вибір методу виготовлення друкованої плати**

17) Є багато методів виготовлення ДП: хімічний, електрохімічний та комбінований позитивний метод.

18) Для виготовлення ДП було вибрано комбінований позитивний метод, який широко застосовується при розробленні ДДП. При використанні цього методу використовуються діелектрики з фольги, але з меншою товщиною.

19) Формування трасування провідників відбувається методом гальванічного осадження міді з використанням фотомасок[20].

**20) 3.4 Вибір класу точності друкованої плати**

21) ГОСТ 23571-86 має п'ять класів точності ДП (Таблиця 3.1). Клас точності залежить від певних технологічних параметрів, тобто визначає основні параметри елементів ДП.

22) Таблиця 3.1

23) Технічні характеристики

24) В Таблиці 3.1 вказані умовні позначення, де параметр:

25)  $b$ , [мм] - ширина друкованого провідника;

26)  $S$ , [мм] – відстань між краями сусідніх елементів;

27)  $b_{\text{по}}$  [мм] - гарантований поясок;

28)  $K_{\text{дт}}$  - відношення номінального значення діаметра найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати.

29) Обираємо для цього завдання четвертий клас точності, оскільки він пропонує достатню щільність відстеження та встановлення та враховує необхідні розміри пристрою. Вибраний клас точності дозволяє розміщувати друковані провідники між контактними поверхнями мікросхеми.

30) Четвертий клас розробляється на високоточному обладнанні, але попит на матеріали, обладнання та виробниче обладнання нижчий, ніж на обладнання п'ятого класу. П'ятий клас точності не потрібен для планування цього проекту[22].

31) **3.5 Виконання конструкторсько-технологічного розрахунку елементів друкованого монтажу**

**32) 3.5.1. Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі**

33) Мінімальну ширину друкованого провідника по постійному струму

34)  $b_{\text{мін}}$  (мм) для ланцюгів живлення та землі можна знайти за формулою:

35) де  $I_{\text{max}}$  - максимально можливий струм, А

36)  $j_{\text{доп}}$  - допустима щільність струму ДП, яка розраховується за комбінованим позитивним методом  $j_{\text{доп}} = 48 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

37)  $t_{\text{пров}}$  – товщина друкованого провідника, яка розраховується за комбінованим позитивним методом:

38) де  $h_{\text{ф}}$  – товщина фольги, відома з типу FR4-2-35-1.5, що  $h_{\text{ф}} = 0,035 \text{ мм}$ ,

39)  $h_{\text{гм}}$  – товщина шара гальванічної осадженої міді,  $h_{\text{гм}} = 0,055 \text{ мм}$

40)  $h_{\text{хм}}$  – товщина шара хімічно осадженої міді,  $h_{\text{хм}} = 0,0065 \text{ мм}$

41)  $t_{\text{пров}} = 0,035 + 0,055 + 0,0065 = 0,0965 \text{ мм}$

42) Параметр  $I_{\text{max}}$  це сума струмів, усіх активних елементів схеми. Показники струмів активних елементів схеми, наведені у таблиці 3.2.

43) Можливо знайти за формулою мінімальну ширину друкованого провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та «землі»:

- 44) Отримане значення задовольняє умовам 4-го класу точності (0.15мм)
- 45) **3.5.2. Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому**
- 46)
- 47) Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому, рахується за формулою:
- 48) де  $\rho$  – питомий опір провідника, який виготовлений комбінованим позитивним методом,  $\rho=0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
- 49)  $L_{\text{пров}}$  – найдовша довжина друкованого провідника ДП,  $L_{\text{пров}}=55.2$  мм
- 50)  $U_{\text{доп}}$  – допустиме падіння напруги на друкованому провіднику,
- 51) **3.5.3. Визначення номінального діаметру монтажного отвору**
- 52) де  $d_{\text{вз}}$  – діаметр виводу елементів, для якого визначається діаметр монтажного отвору,
- 53)  $\Delta d_{\text{мо}}$  – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру МО,  $\Delta d_{\text{мо}}=0,1$  мм
- 54)  $r$  – різниця між мінімальним діаметром МО та максимальним діаметром виводу елемента,  $r=0,1 \dots 0,2$  мм
- 55) **3.5.4. Визначення діаметра контактної площини**
- 56)
- 57) де  $D_{\text{min1}}$  – мінімальний ефективний діаметр КМ, мм
- 58)  $h_{\text{ф}}$  – товщина фольги,  $h_{\text{ф}} = 0,035$  мм. Коефіцієнт  $1,5n_{\text{ф}}$  включає травлення друкованої провідникової фольги по ширині,
- 59)  $0,03$  – КМ виготовлюють комбінованим позитивним методом.
- 60) де  $d_{\text{max}}$  – максимальний діаметр отвору в ДП, мм,
- 61)  $b_{\text{по}}$  - ширина пояса КМ,  $b_{\text{по}} = 0,05$  мм (Таблиця 3.1)
- 62)  $\delta_{\text{о}}$  - похибка розташування центру отвору відносно вузла КС,  $\delta_{\text{о}} = 0,07$  мм (Таблиця 3.1),
- 63)  $\delta_{\text{км}}$  - похибка розташування центру КМ відносно вузла КС,  $\delta_{\text{км}} = 0,05$  (Таблиця 3.1),
- 64) Максимальний діаметр отвору ДП:
- 65) де  $d$  – номінальний діаметр МО, мм,
- 66)  $\Delta d$  - допуск на діаметр отвору,  $\Delta d = 0,05$  мм
- 67) Максимальний діаметр КМ:
- 68) **3.5.5. Визначення мінімальної ширини провідника**
- 69) де  $b_{\text{пр}}^e$  – мінімальна ширина провідника. Визначаємо з таблиці класів точності (Таблиця 4.1). Для 4-го класу точності ДМ  $b_{\text{пр}}^r = 0,15$  мм
- 70) Максимальна ширина провідника:
- 71) **3.5.6. Визначення мінімальної відстані між провідником та контактною площиною**
- 72) кроку КС,  $L_0 = 1,27$  мм.
- 73)  $D_{\text{max}}$  - максимальний діаметр КП,
- 74)  $b_{\text{max}}$  - максимальна ширина провідника,



75)  $\delta_{км}$  - похибка розташування центра КП відносно вузла КС,  $\delta_{км}=0,05$  (Таблиця 3.1),

76)  $\delta_{сп}$  - похибка, яка враховує зміщення провідника,  $\delta_{сп} = 0,05$  мм

77) **3.5.7. Визначення відстані між двома сусідніми провідниками**

78) **3.5.8. Визначення мінімальної відстані між двоконтактними площадками**

Рис. 3.5.3 Мінімальна відстань між двоконтактними площадками [24]

79) де  $L_{01}$  - відстань між центрами сусідніх КП,  $L_{01}=2,5$  мм.

80) Отримані значення відповідають 4-му класу точності.

81) **3.6. Електричний розрахунок друкованої плати**

82) **3.6.1. Визначення падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику**

83) Падіння напруги на друкованому провіднику визначається:

84) де  $\rho$  - питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення ДП,  $\rho = 0,0175 \frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

85)  $I_{пр}$  – максимальна довжина друкованого провідника,  $I_{пр}=0,055$  м.

86)  $t_{пр}$  - товщина провідника,  $t_{пр} = 0,0965$  мм

87)  $I_{max}$  – максимальний струм у провіднику,  $I_{max} = 85.14$  мА

88) Розраховане падіння напруги не перевищує 5% від напруги живлення (12В).

89) **3.6.2. Визначення потужності втрат двосторонньої друкованої плати**

90) Потужність втрат визначається:

91) де  $f = 1$ , тому що розрахунок виконується на постійному струмі

92)  $tg\alpha$  – тангенс кута діелектричних втрат для матеріалу ДП,  $tg\alpha = 0,002$  для матеріалу FR-4

93)  $C$  – ємність ДП

94) де  $\epsilon$  – діелектрична проникність,  $\epsilon = 4,5$  для обраного матеріалу FR-4

95)  $S_m$  - площа металізації,  $S_m = 1421$  мм<sup>2</sup>

96)  $h$  - товщина ДП, мм

97) **3.6.3. Визначення ємності між двома сусідніми провідниками, які розташовуються на одній стороні ДП та мають однакову ширину**

98) де  $S$  – відстань між двома паралельними провідниками,  $S=0,1$  мм

99)  $b_{max}$  - ширина друкованого провідника, мм

100)  $t_{пр}$  - товщина друкованого провідника, мм

101)  $I_{пр}$  - довжина взаємного перекриття двох паралельних провідників, 20 мм

102) Так як плату покриваємо лаком, врахуємо це :

103) **3.6.4. Визначення взаємної індуктивності двох паралельних провідників однакової довжини**

104) де  $I_{пр}$  – довжина перекриття паралельних провідників,  $I_{пр}=1.3$  см

105)  $L_0$ -відстань між осьовими лініями двох паралельних провідників[24],  $L_0=0,1$  см.

**106) 3.7. Розробка друкованої плати**

107) Altium Designer - це найпоширеніша програма для проектування ДП протягом останні десяти років. Близько 5000 інженерів відмовляються від застарілих методів розробки на користь оптимізованого проектування Altium Designer.

108) Всі інструменти доступні в унікальному дизайнерському середовищі, що забезпечує високу продуктивність та економію часу.

109) Дана розробка проектувалася в середовищі Altium Designer(студентська версія) - це система оптимізованого проектування(САП) радіоелектронних засобів, яка була створена австралійською компанією Altium. Програма має змогу передавати інформацію в механічний САП (SolidWorks, Pro/ENGINEER та ін).

110) На початку роботи було створено проект для створення електрично принципової схеми та трасування плати.

111) Далі було створено бібліотеки компонентів, тобто умовно графічне зображення(УГО) елементної бази, їх параметри та виробника, щоб надалі програма могла автоматизовано сформувавши специфікацію(рис.3.7.1).

112) Для всієї елементної бази було створено 3D моделі та посадкові місця, завдяки налаштованій функції IPC Compliant Footprint Wizard. Дані моделей елементної бази прив'язані до відповідних УГО(рис.3.7.2).

113) Наступним кроком є створення нового листа для побудови електрично-принципової схеми. Для побудови використовуємо раніше створені бібліотеки елементної бази та вбудовані можливості програми: провідники, шини, контакт землі та ін(рис.3.7.3).

114) Повторно створили новий лист для трасування плати. На даному етапі розробки використовували посадкові місця, які були створені напередодні. Головним пріоритетом Altium Designer є автоматизоване трасування з подальшим виправленням вручну. Відповідно скористувалися цією змогою, всі зв'язки проведено згідно з електрично-принциповою схемою(рис.3.7.4).

115) Отримали всі вихідні дані для оформлення креслень у середовищі Autocad та автоматично згенерований список елементів та специфікацію плати[25].

**116) Висновки до розділу 3**

117) Для конструювання ДП було вибрано матеріал та тип друкованого вузлу FR4-2-35-1.5. Переглянувши електричну принципову схему, прийшли до рішення, що плата повинна бути двосторонньою із-за її об'ємності, але ця задача виявилася не складною, навпаки перевагою двосторонніх друкованих плат є наявність двох струмопровідних шарів, що дозволяє щільно розташувати елементи та підвищує простежуваність друкованої плати.

118) Конструкторським рішенням було обрано 4 клас точності, із-за розмірів схеми було зрозуміло, що розроблення є високоточним на відміну 2 і 3 класу, але ДП не потребує дорогих матеріалів та обладнання, як зазначено в 5 класі точності. Було розраховано мінімальну ширину ДП на постійному струмі

для ланцюгів живлення та землі, мінімальну ширину провідника з урахуванням допустимого падіння на ньому напруги, номінальний діаметр монтажного отвору, діаметр контактної майданчику, мінімальну ширину провідника, мінімальної відстані між провідником та контактною площиною, мінімальну відстань між краями провідників та мінімальну відстань між двома контактних майданчиків. Завдяки розрахункам прийшли до рішення, що 4 клас точності підходить для створення даної схеми.

119) Також було розраховано електричний розрахунок ДП: визначення падіння напруги на самому довгому друкованому провіднику, визначення потужності втрат ДДП, визначення ємності між двома сусідніми провідниками (що розташовані на одній стороні ДП та мають однакову ширину) та визначення взаємної індуктивності двох паралельних друкованих провідників однакової довжини. Вплив ємності та індуктивності сигналу виражається в затримці ланцюга. Час затримки залежить від струму, опору

120) навантаження та від опору провідника.

121) З розрахунків отримали значення паразитної ємності ( $C = 25.6$  пФ) та взаємної індуктивності ( $M = 0.032$  нГн), які досить малі.

122) В середовищі Altium Designer було розроблено схему електричну принципову з параметрами, що були розраховані в п. 3.1.-3.6.4., креслення друкованої плати, складальне креслення, специфікацію плати та список елементів.

### 123) ВИСНОВКИ

124) Дипломний проект присвячений розробці електронної системи виявлення оптичних та оптико-електронних засобів.

125) Цей огляд був спрямований на пошук та дослідження найкращих варіантів скануючої системи з врахуванням, їх конструкцій, параметрів, характеристик.

126) У першому розділі, був представлений огляд дефлекторів, а також тенденції використання цих пристроїв. Кожен тип дефлектору за різними критеріями мають свої переваги та недоліки, а також не вирішені до сьогодні проблеми їх експлуатації, ремонту, конструювання, захисту та адаптації для роботи з ними.

127) Найважливішим викликом для розвитку дефлекторів це широкоформатне, високочастотне сканування з великою роздільною здатністю. Технології вже зробили багато кроків для вирішення цієї проблеми, але й досі розробка знаходиться не в короткостроковій перспективі. Також важливим завданням є забезпечення найкращих параметрів для 3-вимірного сканування. Останнім завданням огляду є огляд важливих властивостей інфрачервоного випромінювання, оскільки воно є основним пристроєм сканування.

128) Враховуючи існуючі на даний момент типи лазерів та вимоги, що розробляються, а саме невеликі масо габаритні параметри, діапазон випромінювання та низьке енергоспоживання, було вирішено використати в системі напівпровідниковий ІЧ лазер.

129) При оцінці параметрів всіх типів дефлекторів, оптимальним виявився оптико-механічний дефлектор. Він майже повністю відповідає

завданню до дипломної роботи, а його недоліки, як низька надійність і маленька частота повністю перекриваються простотою його конструкції.

130) У другому розділі була розроблена структурна та схема електронно-оптичного приладу, було також вирішено ряд задач конструювання системи виявлення ОП та ОЕЗ, а саме:

131) Розрахована система дзеркал, яка дозволяє зменшити масогабаритні параметри дефлектора.

132) Були дослідженні параметри і характеристики всіх компонентів загальної системи з метою оптимізації її роботи і пошуку нових методів зв'язку між ними.

133) Розробка пристроїв на основі розрахованих характеристик системи.

134) Структурна схема складається з кількох поки окремих блоків: інфрачервоний лазерний промінь, оптико-механічні дефлектори, приймач інфрачервоного сигналу.

135) Для блоку приймача ІЧ випромінювання було обрано камеру з ПЗС матрицею. Це обумовлено її більш високою чутливістю в порівнянні з КМОП матрицями, меншим рівнем власних шумів CCD матриць відносно CMOS та КМОП матриць. А також мають малий рівень енергоспоживання.

136) У третьому розділі детально описано проектування друкованої плати. Для конструювання ДП було вибрано матеріал та тип друкованого вузлу FR4-2-35-1.5. Переглянувши електричну принципову схему, прийшли до рішення, що плата повинна бути двосторонньою із-за її об'ємності, але ця задача виявилася не складною, навпаки перевагою двосторонніх друкованих плат є наявність двох струмопровідних шарів, що дозволяє щільно розташувати елементи та підвищує простежуваність друкованої плати.

137) Конструкторським рішенням було обрано 4 клас точності, із-за розмірів схеми було зрозуміло, що розроблення є високоточним на відміну 2 і 3 класу, але ДП не потребує дорогих матеріалів та обладнання, як зазначено в 5 класі точності. Було розраховано мінімальну ширину ДП на постійному струмі для ланцюгів живлення та землі, мінімальну ширину провідника з урахуванням допустимого падіння на ньому напруги, номінальний діаметр монтажного отвору, діаметр контактного майданчику, мінімальну ширину провідника, мінімальної відстані між провідником та контактною площиною, мінімальну відстань між краями провідників та мінімальну відстань між двома контактних майданчиків. Завдяки розрахункам прийшли до рішення, що 4 клас точності підходить для створення даної схеми.

138) Також було розраховано електричний розрахунок ДП: визначення падіння напруги на самому довгому друкованому провіднику, визначення потужності втрат ДДП, визначення ємності між двома сусідніми провідниками (що розташовані на одній стороні ДП та мають однакову ширину) та визначення взаємної індуктивності двох паралельних друкованих провідників однакової довжини. Вплив ємності та індуктивності сигналу виражається в затримці ланцюга. Час затримки залежить від струму, опору

139) навантаження та від опору провідника. З розрахунків отримали значення паразитної ємності ( $C = 25.6$  пФ) та взаємної індуктивності ( $M = 0.032$  нГн), які досить малі.

140) Останнім етапом є проектування в середовищі Altium Designer, де було розроблено схему електричну принципову з параметрами, що були розраховані в п. 3.1.-3.6.4., креслення друкованої плати, складальне креслення, специфікацію плати та список елементів.

141) **SUMMARY**

142) **Electronic system for detecting optical and optoelectronic means**

143) The diploma project of first educational level "Bachelor" by specialty 171 Electronics, specialization Electronic devices and devices Shut Olesia. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». Faculty of Electronics, Department of Electronic Devices and Systems. Academic group 61.

144) - Kyiv: Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2020. - 50p., Ill. 19, tables 5.

145) *Keywords: electron-optical devices, electron-optical systems, surveillance equipment, infrared radiation, scanning device, printing unit.*

146) **Summary of the work:** Thesis is devoted to the study of electronic detection system of optical and optoelectronic means.

147) As can be seen from the experience of hostilities in recent years, military experts are now paying close attention to the development and improvement of various types of reconnaissance (radar, radio engineering, optics, optoelectronics, etc.). the time required for objects in the detection and destruction zone reduces the visibility of objects, increases their protection against noise and countermeasures and changes their tactics. For these reasons, the use of radar and radio reconnaissance is not always possible and effective.

148) It is necessary to introduce fundamentally new concepts of integration of control systems, communication and defeat of the enemy. As the analysis of modern research shows, so far special attention has been paid to optoelectronic devices for surveillance, detection and targeting.

149) The first section provides a review of scientific and technical literature, namely the main types and principles of electron-optical countermeasures, review of existing electron-optical detection systems of optical and electron-optical devices, review of existing deflectors and the main features of infrared radiation.

150) This review was aimed at finding and researching the best options for a scanning system, taking into account their designs, parameters, characteristics, as well as their prevalence and price.

151) This study, first of all, presented an overview of deflectors, as well as trends in the use of these devices. Each type of deflector according to different criteria has its advantages and disadvantages, as well as unresolved problems of their operation, repair, design, protection and adaptation to work with them.

152) **The most important challenge for the development of deflectors is large-format, high-frequency scanning with high resolution.** Technology has already taken many steps to solve this problem, but development is still not in the short term. It is also important to provide the best settings for 3D scanning. The last task of the

review is to study the important properties of infrared radiation, as it is the main scanning device.

153) Therefore, according to the review, it is possible to make the most optimal, at the moment, electron-optical system for finding the OEP and OP of the enemy, namely the most optimal deflector and LED laser.

154) When evaluating the parameters of all types of deflectors, the optical-mechanical deflector was optimal. It almost completely satisfies our parameters, and its shortcomings, as low reliability and low frequency, are completely covered by its simplicity of its design, prevalence, and at the same time the cost of production.

155) In the second section the structural scheme, the scheme of the electric principle, calculation of the scheme of the electric principle which confirms correctness of the circuit technical decision is developed.

156) In the course of work the structural and electric scheme of the electron-optical device in which a number of the problems arising at designing, namely:

157) The design of the optical-mechanical deflector is investigated. Identifying a number of its shortcomings. It was also suggested the best solutions to its problems, for example: to overcome the increase in the size of the structure due to the angles of divergence of the device, it was proposed to introduce into the structure focusing system.

158) The necessity of estimating the speeds of rotation of the deflectors and their interaction to create a personnel scan was investigated, and the attempt to overcome one of the key shortcomings of optical-mechanical deflectors was considered.

159) The optical problems of the electron-optical device were very closely considered, the most important of which is the preservation of the power of the light-emitting diode by focusing it on the laser beam, the need to improve the brightness of the observed image by focusing the laser scan. And also one of the important problems of uneven illumination of the area given by the scanning angles by precise focusing of the laser aperture is overcome.

160) The parameters and characteristics of all components of the overall system were studied in order to optimize its operation and find new methods of communication between them.

161) Development of devices based on the calculated characteristics of the system. It consists of several separate blocks: infrared laser beam, optical-mechanical deflectors, infrared signal receiver.

162) The found schematics for their work were also optimized.

163) So, other things being equal: the sensitivity of CCD-based matrices is higher than CMOS, and monochrome is better than color, CCD's own matrix noise level is lower than CMOS, CMOS matrices have less power consumption, cheaper in production.

164) The third section develops the design of the printed circuit board, namely the choice of material, type and accuracy class of the printed circuit board, design and technological calculation of the elements of the printed circuit board and calculations that confirm the efficiency of the scheme.

165) The material and type of printing unit FR4-2-35-1.5 were chosen for the design of the BF. After reviewing the electrical schematic, we decided that the board should be two-sided because of its volume, but this task was not difficult, on the contrary, the advantage of double-sided printed circuit boards is the presence of two conductive layers, which allows tight placement of elements and increases traceability.

166) The design decision chose the 4th class of accuracy, from the size of the scheme it was clear that the development is high-precision in contrast to the 2nd and 3rd class, but the BF does not require expensive materials and equipment, as indicated in the 5th class of accuracy. The minimum DC width of the DC for supply and ground circuits, the minimum width of the conductor taking into account the allowable voltage drop, the nominal diameter of the mounting hole, the diameter of the contact pad, the minimum width of the conductor, the minimum distance between the conductor and the contact area conductors and the minimum distance between two contact pads. Thanks to the calculations, it was decided that the 4th class of accuracy is suitable for creating this scheme.

167) The electrical calculation of the BF was also calculated: determining the voltage drop on the longest printed conductor, determining the power loss of the BD, determining the capacitance between two adjacent conductors (located on one side of the BF and having the same width) and determining the mutual inductance of two parallel printed conductors of the same length. The influence of signal capacitance and inductance is expressed in the delay of the circuit. Delay time depends on current, resistance load and from the resistance of the conductor.

168) The fourth section describes in detail the method of designing a printing unit in the Altium Design environment.

169) Altium Designer provides many opportunities to create a BF of any type, size and element base, even if we can not create a seat of an element Altium Designer allows you to download a ready-made model created in another SAP.

170) The main advantage is automated tracing with settings that include: minimum distances between elements, the size of the transition holes, etc. According to the tracing system, the user can make edits if he does not arrange automatic tracing.

171) We also exported files for further drawing. Based on the design development in the Altium Designer environment, the electrical circuit diagram, circuit board drawing, assembly drawing, board specification and list of elements were obtained.

172) The next no less important step is the list of used literature. 22 sources were reviewed and used for literature review. Appendix A is attached to the work, namely the list of elements. Also, drawings were added to the diploma project: schematic electrical diagram, printed circuit board and assembly drawing. Decorated according to the standards provided by the teacher on the eve.

## Схожість

Схожість із джерелами з Інтернету

71

6	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28544/1/Leonov_bakalavr_keoa.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28544/1/Leonov_bakalavr_keoa.pdf</a>	9 Джерело	1.98%
8	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28088/1/Myroshnychenko_bakalavr.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28088/1/Myroshnychenko_bakalavr.pdf</a>		1.5%
9	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28094/1/Diachuk_bakalavr.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28094/1/Diachuk_bakalavr.pdf</a>	26 Джерело	1.46%
13	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28085/1/Tsymbol_bakalavr.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28085/1/Tsymbol_bakalavr.pdf</a>	3 Джерело	0.97%
21	<a href="http://eds.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/06/Blank_Diplom_Bachalavr2020.docx">http://eds.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/06/Blank_Diplom_Bachalavr2020.docx</a>		0.42%
23	<a href="https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28086/1/Sakharov_bakalavr.pdf">https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28086/1/Sakharov_bakalavr.pdf</a>		0.24%
24	<a href="https://ci.kpi.ua/METODA/15_teza_mizhnarodna.pdf">https://ci.kpi.ua/METODA/15_teza_mizhnarodna.pdf</a>		0.24%
29	<a href="https://scholar.google.com/citations?user=Jsn2XOAAAA&amp;hl=en">https://scholar.google.com/citations?user=Jsn2XOAAAA&amp;hl=en</a>	27 Джерело	0.12%
33	<a href="https://www.intechopen.com/books/current-developments-in-optical-fiber-technology/multimode-graded-index-optical-fibers-...">https://www.intechopen.com/books/current-developments-in-optical-fiber-technology/multimode-graded-index-optical-fibers-...</a>		0.1%
35	<a href="http://afgp.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/05/Metod.-rekom.-do-napysannya-dyplomnyh-robit-OKR-spetsialist-Pravoznavstvo...">http://afgp.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/05/Metod.-rekom.-do-napysannya-dyplomnyh-robit-OKR-spetsialist-Pravoznavstvo...</a>		0.1%

Схожість по Бібліотеці акаунту

142

1	<b>Леонов Д.В._ПЗ</b> ID файлу: 1000085818 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 57 Джерело	3.37%
2	<b>ПЗ_Тимошенко</b> ID файлу: 1000053729 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	2.98%
3	<b>ПЗ_Рыженков</b> ID файлу: 1000053734 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	2.39%
4	<b>Бунда</b> ID файлу: 1000075274 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	2.39%
5	<b>Сорокін_ДК51_Диплом 1.4</b> ID файлу: 1000066750 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	2.08%
7	<b>Кучеренко_Р_Ю_ДП</b> ID файлу: 1000066705 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	1.9%
10	<b>Буханько-ПЗ</b> ID файлу: 1000053735 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	1.26%
11	<b>ПЗ_Голуб</b> ID файлу: 1004041375 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" 2 Джерело	1.06%
12	<b>ДК62.421417.001</b> ID файлу: 1003985890 Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"	1.02%



14	2020-bachelor-EDD_Pakhomov_protydiya_lazeram_fch	ID файлу: 1004048804	Institution: National Technical	<a href="#">26 Джерело</a>	0.89%
15	PZ_Лисенко	ID файлу: 1000062095	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"		0.76%
16	DPfinal1_tocheck	ID файлу: 6006744	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"		0.66%
17	ДК62.468222.001ПЗ_Перевірка_на_плагіат_Острянко	ID файлу: 1004025127	Institution: National Technical Univ...		0.6%
18	2020-bachelor-EDD_Ulizko_elektronni_paneli_fch	ID файлу: 1004040156	Institution: National Technical University of U...		0.55%
19	Ярощенко-М.О.-ПЗ	ID файлу: 1000053739	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Poly	<a href="#">29 Джерело</a>	0.46%
20	2020-bachelor-EDD_Kovalov_renthenoteleviziyna_ustanovka_fch	ID файлу: 1004048814	Institution: National	<a href="#">3 Джерело</a>	0.42%
22	Студентська робота	ID файлу: 1000792929	Institution: Lviv Polytechnic National University		0.25%
25	2020-bachelor-EDD_Natalych_muz_syntezator_fch	ID файлу: 1004044647	Institution: National Technical University of...		0.22%
26	Пояснювальна записка - перевірка на плагіат - Пономаренко	ID файлу: 1004030708	Institution: National Tec...		0.21%
27	Студентська робота	ID файлу: 1000779001	Institution: Lviv Polytechnic National University		0.2%
28	Диплом Стрижеус А.І	ID файлу: 1000032450	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechn...		0.16%
30	Карнаух	ID файлу: 8290632	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institut	<a href="#">5 Джерело</a>	0.12%
31	Студентська робота	ID файлу: 1003441913	Institution: Lviv Polytechnic National University		0.11%
32	Студентська робота	ID файлу: 1000129421	Institution: National University of Life and Environmental Sciences of...		0.1%
34	Кочерга Д.В._ПБ-361	ID файлу: 1004005830	Institution: National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic...		0.1%
36	Студентська робота	ID файлу: 1001023219	Institution: National Aviation University		0.1%