

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Приладобудівний факультет

Кафедра приладів та систем неруйнівного контролю

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Анатолій ПРОТАСОВ

« ____ » _____ 2020 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи
та технології неруйнівного контролю і діагностики»**

спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

**на тему: «Прилад для визначення інтенсивності ультрафіолетового
випромінювання»**

Виконав :

Студент ІV курсу, групи ПК-61

Опришко Максим Сергійович _____

Керівник:

К.т.н., ст.викладач

Лисенко Юлія Юріївна _____

Консультант з графічного розділу:

Старший викладач, к.т.н.,

Богдан Галина Анатоліївна _____

Рецензент:

К.т.н., ст.викладач

Морозова М.М. _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту на тему: Прилад для визначення
інтенсивності ультрафіолетового випромінювання

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Приладобудівний факультет
Кафедра приладів та систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології неруйнівного контролю і діагностики»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Анатолій ПРОТАСОВ

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Опришко Максим Сергійович

1. Тема проєкту «Прилад для визначення інтенсивності ультрафіолетового випромінювання», керівник проєкту Лисенко Юлія Юріївна, к.т.н., ст.викладач, затверджені наказом по університету від «25» травня 2020 р. № 1180-с
2. Термін подання студентом проєкту 12.06.2020
3. Вихідні дані до проєкту : Розробити портативний прилад для вимірювання вттенсивності ультрафіолетового випромінювання.
4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ

1. Загальні положення
2. Огляд приладів оптичного неруйнівного контролю
3. Підбір електронних компонентів
4. Розрахунок похибок при вимірюванні

Висновок

Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) :

- 1)Складальний кресленик.
- 2)Кришка
- 3)Корпус
- 4)Схема функціональна
- 5)Схема електрична принципова

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Графічний	Галина БОГДАН		
Електричний	Віктор БАЖЕНОВ		

7. Дата видачі завдання 11.03.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Формулювання завдання проекту	12.03.2020	
	Проведення аналітичного огляду	18.04.2020	
	Підбір компонентів приладу	15.05.2020	
	Оформлення пояснювальної записки	30.05.2020	
	Розробка кресленників	03.06.2020	

Студент

Максим ОПРИШКО

Керівник

Юлія ЛИСЕНКО

Анотація

На дипломний проєкт студента четвертого курсу групи ПК-61 Опришка Максима Сергійовича з теми: «Прилад для вимірювання інтенсивності ультрафіолетового випромінювання»

У цьому дипломному проєкті був розроблений портативний прилад для вимірювання інтенсивності ультрафіолетового випромінювання.

В першому розділі були представлені загальні теоретичні відомості оптичного неруйнівного контролю та його методів. Також наведені моделі оптичного випромінювання.

У другому розділі цього дипломного проєкту було розглянуто прилади для оптичного неруйнівного контролю. Також було наведено теоретичні відомості про типи фотоприймальних елементів, їх структуру та характеристики.

В третьому розділі описано підбір електронних компонентів, а саме мікроконтролера, датчика ультрафіолету, дисплею, Bluetooth-модуля та підвищуючого перетворювача струму та елемент живлення. Також було наведено структурну та функціональну схеми приладу.

В останньому розділі було описано методики розрахунку похибок приладу при вимірюванні.

Annotation

On the diploma project of the fourth-year student of group PK-61 Opryshko Maksym on the topic: "Device for measuring the intensity of ultraviolet radiation"

In this diploma project, a portable device for measuring the intensity of ultraviolet radiation was developed.

The first section presents general theoretical information about optical non-destructive testing and its methods. Models of optical radiation are also given.

In the second section of this diploma project, devices for optical non-destructive testing were considered. Theoretical information about the types of photodetector elements, their structure and characteristics was also given.

The third section describes the selection of electronic components, namely the microcontroller, ultraviolet sensor, display, Bluetooth module and step-up converter and battery. The structural and functional diagrams of the device were also given.

In the last section the methods of calculation of errors of the device at measurement were described.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. Загальні положення.....	11
1.1 Оптичний метод НК.....	11
1.2 Взаємозв'язок візуального методу неруйнівного контролю з іншими методами.....	13
1.3 Характер взаємодії оптичного випромінювання з контрольованим об'єктом.....	13
1.4. Моделі оптичного випромінювання.....	17
2. Огляд деяких приладів для оптичного неруйнівного контролю.....	18
2.1 Фотоприймачі.....	24
2.1.1 Фоторезистори.....	25
2.1.2 Фотодіоди.....	28
2.1.3 Фототранзистори.....	31
3. Підбір електронних компонентів.....	35
4. Розрахунок похибок при проведенні вимірювань.....	40
Висновок.....	42
Список використаних джерел.....	43

					ПК61.120000.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Опришко М.С.			Прилад для визначення інтенсивності ультрафіолетового випромінювання	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Лисенко Ю.Ю.					8	43
Реценз.						ПСНК КПІ гр. ПК-61		
Н. Контр.								
Затверд.								

ВСТУП

Складно уявити собі, чи можливе життя без ультрафіолетових променів. У рослинних організмах вони активізують процес фотосинтезу. В організмі людини і тварин вони впливають на безліч біохімічних процесів, важливих для життєдіяльності. У помірних кількостях ультрафіолетове випромінювання сприяє боротьбі з дефіцитом в організмі вітаміну D. Активізація метаболізму вітаміну D вкрай важлива і для нормальної діяльності імунної системи, яка забезпечує природний захист організму від зовнішніх і внутрішніх нападів.

Але останнім часом людство все більше звертає увагу на небезпеку, що йде від ультрафіолетового випромінювання, адже надмірний вплив такого опромінення на організм здатне завдати шкоди, часом непоправної.

Поряд з цілою низкою позитивних ефектів (нормалізація обміну нейромедіаторів і вітамінів, покращення зовнішнього вигляду шкіри) сонячні промені надають і негативні впливи на зовнішні тканини. В першу чергу це стосується випадків надмірного опромінення. Негативний вплив виражається в наступних ефектах:

- запуск механізмів старіння клітин в результаті руйнування колагену, що призводить до втрати пружності та еластичності шкіри;
- тривале опромінення негативно позначається на структурі клітин, що при несприятливому результаті може спровокувати розвиток онкологічних патологій;
- зневоднення клітин шкіри в результаті випаровування великої кількості вологи, заповнювати яку організм не встигає;
- травми шкіри у вигляді сонячних опіків;

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

крім локальних дефектів, при великій площі опіку можливі системні реакції у вигляді порушення терморегуляції, ослаблення імунного захисту організму; порушення метаболізму пігменту меланіну, що локалізується в спеціальних клітинах шкіри, результатом розладу є зміна шкірної пігментації.

Яскраве сонячне світло може викликати не тільки суб'єктивний дискомфорт. Надлишок ультрафіолетового випромінювання здатне спровокувати появу дефектів слізної плівки, що є невидимим захистом органу зору, такого чутливого до впливу зовнішнього середовища. Крім захисної і зволожуючої функції, слізна плівка грає роль формування гостроти зору, оскільки є заломлюючої середовищем. Дефекти, обумовлені впливом ультрафіолету, позначаються не тільки на стані рогівки, а й на якості зорового сприйняття. В результаті надмірного впливу сонячного світла на орган зору можуть виникати патологічні стани, подібні до синдрому сухого ока. Є дані про те, що надмірна інсоляція може сприяти формуванню катаракти.

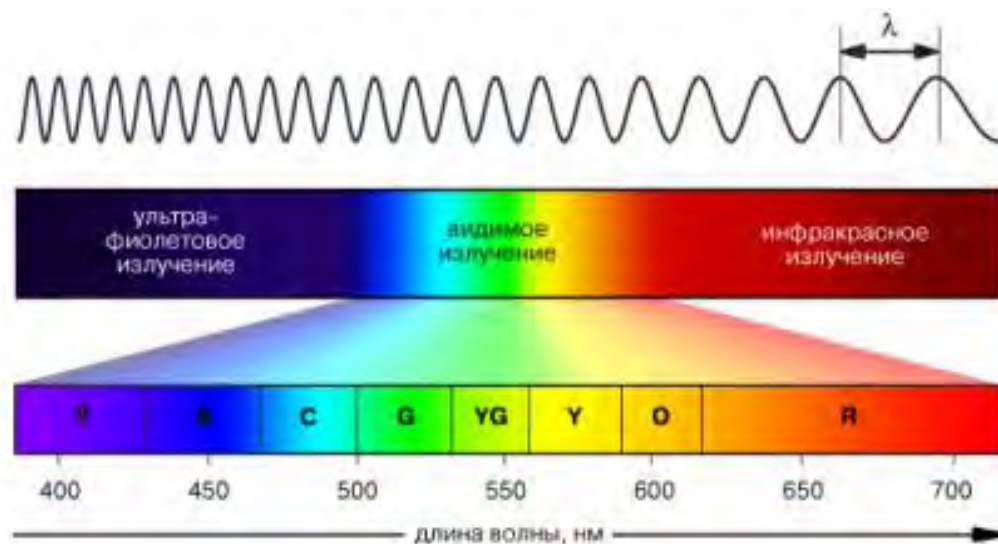
Саме тому дуже важливо щоб люди мали можливість вимірювати дозу ультрафіолетового випромінювання, перевіряти надійність сонцезахисних окулярів. Для цього розробляються прилади, що вимірюють інтенсивність ультрафіолету – УФ-тестери, котрі реєструють кількість випромінювання яким просвічують лінзи окулярів та методи оптичного неруйнівного контролю.

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

1. Загальні положення

1.1 Оптичний метод НК

Візуальний метод (VT) контролю відноситься до оптичного виду неруйнівного контролю (НК). Він заснований на використанні оптичної області спектра електромагнітного випромінювання (діапазон довжин хвиль 0,38 ... 0,76 мкм з метою оцінки технічного стану об'єктів контролю при візуальному спостереженні або за допомогою оптичних приладів зі збільшенням до 20 разів і знайшов широке застосування при контролі виробів всіх галузей промисловості.



Візуально-оптичний метод - метод неруйнівного контролю, заснований на отриманні первинної інформації про об'єкт при візуальному спостереженні або за допомогою оптичних приладів.

Візуально-вимірвальний контроль - це візуальний контроль, здійснюваний із застосуванням засобів вимірювання. Проводиться для перевірки відповідності розмірів деталей або її дефектів вимогам нормативної документації.

При візуальному контролі оцінці піддають основний матеріал, зварні з'єднання, наплавлення і т.п., виконуються вимірювання форми і розмірів

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

напівфабрикатів, деталей, складальних одиниць, розміри поверхневих дефектів, вимірювання конструкційних елементів зібраних під зварювання з'єднань, а також обсягів виконаних зварних швів як в при підготовці до експлуатації, так і при технічному діагностуванні в процесі експлуатації виробів відповідно до вимог креслень і нормативно-технічної документів.

Основними перевагами візуального методу є:

- простота контролю, доступність, нескладне обладнання;
- 100% контроль в сумнівних місцях;
- незалежність від фізичних властивостей матеріалу;
- можливість проведення ефективного контролю в важкодоступних ділянках конструкції, внутрішніх поверхонь;
- велика продуктивність, порівняно мала трудомісткість;
- мала собівартість (економічність) при виявленні поверхневих дефектів.

До недоліків можна віднести:

- суб'єктивність (низьку вірогідність), залежить від гостроти зору, втоми, досвіду роботи дефектоскопіста і умов проведення контролю

(Освітленість, оптичний контраст і т.д.);

- низька чутливість, яка залежить від зору людини (при гостроті зору 1 - 0,1 мм);
- низька ймовірність виявлення дрібних дефектів.

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.2 Взаємозв'язок візуального методу неруйнівного контролю з іншими методами

Майже всі системи НК мають ряд загальних характеристик:

- об'єкти, що підлягають контролю різними методами, дефекти в них і причини їх виникнення часто є одними і тими ж;
- інформаційні моделі дефектів у багатьох методах НК аналізуються і інтерпретуються візуально.

Зір людини є основою неруйнівного контролю, для ряду методів НК обумовлюються критерії видимості дефектів. У зв'язку з цим майже будь-який метод НК може вважатися візуальним на стадіях виявлення і інтерпретації.

Візуальний метод контролю може існувати як самостійний спосіб оцінки якості виробів, так і як доповнює інші методи. Виявлення та розпізнавання дефектів відбувається, як правило, в умовах різних чинників, що заважають. Рівні освітленості, розміри частинок дефектоскопічних матеріалів, кути зору, чутливість до світла, які стосуються зору дефектоскопіста, контролюються для забезпечення надійності і точності методів НК. Крім того, практично у всіх автоматизованих системах НК використовуються оптичні елементи, які тісно пов'язані з властивостями органу зору людини.

1.3 Характер взаємодії оптичного випромінювання з контрольованим об'єктом

Оптичний метод неруйнівного контролю базується на дослідженні характеру взаємодії оптичного випромінювання з об'єктом аналізу. Таке визначення є сукупністю двох основних областей спектра, до яких відносяться інфрачервона та ультрафіолетова області. Вони є невидимими для людського ока. Тому для фіксації їх параметрів в процесі взаємодії з об'єктом застосовуються спеціальні

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

вимірювальні прилади. Вони різняться в залежності від типу фіксованої випромінювання.

Методи оптичного неруйнівного контролю за характером взаємодії випромінювання з ОК

1) метод власного оптичного випромінювання: метод оптичного неруйнівного контролю, заснований на реєстрації параметрів власного випромінювання (емісії) об'єкта контролю.

2) метод індукованого оптичного випромінювання: метод оптичного неруйнівного контролю, заснований на реєстрації параметрів оптичного випромінювання (емісії), що генерується об'єктом контролю при впливі стороннього збудження.

3) метод проникаючого оптичного випромінювання; трансмісійний метод: метод оптичного неруйнівного контролю, заснований на реєстрації параметрів оптичного випромінювання, що пройшло крізь об'єкт контролю.

4) метод поглиненого оптичного випромінювання; абсорбційний метод: метод оптичного неруйнівного контролю, заснований на аналізі параметрів поглинання оптичного випромінювання об'єктом контролю. У тих випадках, коли величина поглинання визначається за величиною інтенсивності проникаючого оптичного випромінювання, терміни "абсорбційний" і "трансмісійний" методи еквівалентні.

5) метод відбитого оптичного випромінювання; рефлектометричний метод: метод оптичного неруйнівного контролю, заснований на реєстрації параметрів оптичного випромінювання, відбитого від об'єкта контролю.

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

б) метод розсіяного оптичного випромінювання: метод оптичного неруйнівного контролю, заснований на реєстрації параметрів оптичного випромінювання, розсіяного від об'єкта контролю.

7) метод люмінесцентного оптичного випромінювання; люмінесцентний метод: метод оптичного неруйнівного контролю, заснований на реєстрації люмінесцентного випромінювання об'єкта контролю і на аналізі параметрів люмінесценції.

За принципом дії засобів вимірювань ОІС ОНК можна поділити на такі основні типи:

- візуально-фотометричні ОІС - засіб вимірювання містить оптичну систему, що складається з набору лінз, фотоприймач (Очі або фотоелемент), оцінювання результатів спостережень проводить сам спостерігач. За допомогою таких ОІС (мікроскоп, телескоп, фотоапарат) можна визначити, головним чином, форму і розміри ОК, а основний фізичною моделлю, яку використовують для їх опису, є геометрична оптика;

- інтерференційні ОІС - засіб вимірювання містить інтерферометр. Такі ОІС роблять визначення просторового розподілу амплітуди, фази і ступеня когерентності оптичного сигналу, а в основі процедури оцінювання лежить скалярна хвильова теорія світла. При цьому контроль, як правило, проводиться на фіксованій частоті, що досягається або за рахунок монохроматичності джерела випромінювання, або шляхом виділення монохроматичної складової оптичного сигналу в засобі вимірювання. Інтерферометричні ОІС володіють високою роздільною здатністю і використовуються для високоточних вимірювань лінійних розмірів ОК або його частин, швидкостей руху ОК;

- поляризаційні ОІС - засіб вимірювання містить поляриметр, в якості основного інформаційного параметра оптичного сигналу використовується

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		15

ступінь його поляризації. Різновид поляризаційних ОІС - еліпсометрія використовуються для високоточних вимірювань складу і товщини тонких плівок на поверхні ОК;

- спектральні ОІС - засіб вимірювання містить спектроаналізатор - пристрій здатний просторово розділяти світлові хвилі різних частот (призма, дифракційна решітка), і відповідну оптичну систему. Застосовуються для вивчення хімічного складу ОК.

За своєю суттю ОНК - фізичний експеримент, метою якого є визначення інформаційних параметрів об'єкта контролю, що відбувається в процесі обробки інформаційних характеристик оптичного сигналу. Тому, будь-який пристрій або прилад ОНК - це оптична інформаційна система (ОІС). Структурнологічна схема ОІС приведена на рис. 1. Як видно з цієї схеми, процес роботи ОІС виглядає наступним чином. Оптичне випромінювання, що генерується джерелом світла, взаємодіє з ОК. В результаті цієї взаємодії оптичний сигнал надходить на засіб вимірювання. У засобі вимірювання на підставі прийнятої фізичної моделі і під впливом зовнішніх (по відношенню до ОК) джерел похибок формуються результати спостережень у вигляді безперервного або дискретного сигналу (показань приладу).

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

типовим прикладом тут може служити інтроскопія. Інтроскопи (в дослівному перекладі - «заглядають всередину») - прилади, призначені для візуалізації внутрішньої структури об'єктів, непрозорих у видимій області спектра, але прозорих в УФ або ІЧ областях спектра. По суті, це ІЧ або УФ телевізійні мікроскопи, проектори або поляріскопи. Велика частина інтроскопів працює в ІЧ області спектра. Типові області застосування - виробництво багатокомпонентних матеріалів, в тому числі напівпровідникова промисловість. Для опису виникнення ОВ, його поширення в просторі і взаємодії з речовиною використовуються три основні фізичні моделі:

- геометрична оптика;
- фізична оптика, яка складається з скалярною хвильової оптики і електромагнітної теорії світла;
- квантова оптика.

У геометричній оптиці світло розглядається як потік нескінченно великого числа світлових променів, причому кожен промінь - це чисто геометричний об'єкт, тобто лінія, уздовж якої поширюється світло. Геометрична оптика дозволяє пояснити найпростіші оптичні явища, наприклад, виникнення тіней і отримання зображень в оптичних приладах і базується на чотирьох фізичних законах.

2. Огляд деяких приладів для оптичного неруйнівного контролю

Візуально-оптичний метод базується на використанні різноманітних оптичних приладів, які ділять на три групи:

- Прилади для огляду близько розташованих (менше 25 см від очей) об'єктів (Лупи, мікроскопи).
- Прилади для огляду віддалених (понад 25 см) об'єктів (зорові труби, біноклі).

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

- Прилади для огляду внутрішніх поверхонь об'єктів (ендоскопи).

Оптичний прилад для забезпечення якісного контролю в умовах експлуатації повинен володіти високою роздільною здатністю, великою світосилою, достатньою кратністю збільшення, стійкістю до дії низьких і високих температур, вологи і пилу. Прилади першої групи представлені кількома типами луп і мікроскопів. Їх використовують для виявлення дрібних (менше 0,1 мм) дефектів, що мають вузьку зону локалізації (тріщини, ризики). Прилади цієї групи використовують також і в поєднанні з іншими методами НК (капілярним, магнітопорошкова і т.д.).

Оптичний дефектоскоп: прилад оптичного неруйнівного контролю, призначений для виявлення несучільностей і неоднорідностей матеріалів і виробів.

Лазерний еліпсометр: прилад оптичного неруйнівного контролю, призначений для вимірювання товщини і (або) показника заломлення прозорих плівок поляризаційним методом.

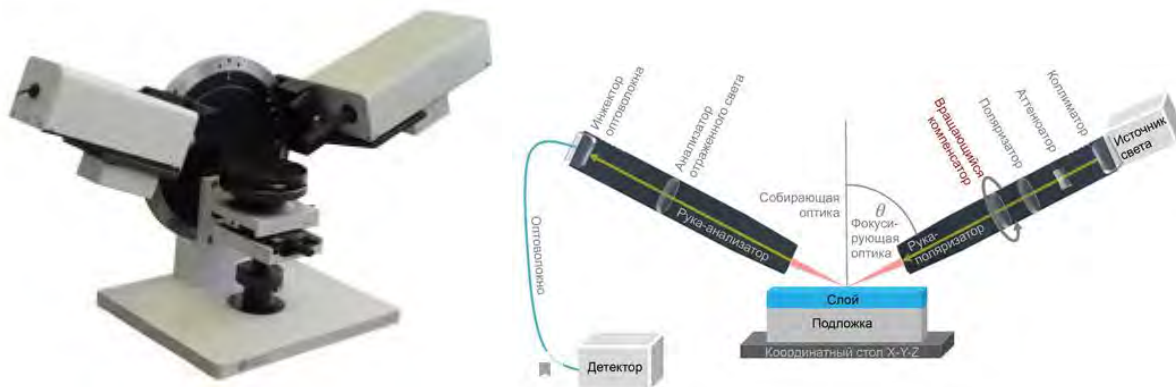


Рис. 2. Аналітичний комплекс «ЕЛЛИПС-АМ»

Оптичний структуроскоп: прилад оптичного неруйнівного контролю, призначений для аналізу структури і (або) фізико-хімічних властивостей матеріалів і виробів.

Оптичний товщиномір: прилад оптичного неруйнівного контролю, призначений для вимірювання товщини об'єктів контролю і (або) глибини залягання дефектів.

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19



Рис. 3. Оптичний товщиномір для покриттів "MicroCaliper"

Оптический компаратор: оптический прибор, предназначенный для одновременного наблюдения объекта контроля та контрольного зразка.



Рис. 4. Оптический компаратор 16" «FOCUS ADVANCE»

Субтрактивный видеоанализатор: оптический прибор для формирования різносного зображення об'єкта контролю та контрольного зразка.

					ПК61.120000.000	СТ
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Оптичний дiсдрометр: оптичний прилад для аналізу об'ємного розподiлу мiкрочастинок в контрольованому середовищi. Та iн.



Рис. 5. Оптичний дiсдрометр

Прилад для перевiрки якостi сонцезахисних окулярiв - УФ-тестер. Прилад показує спектр свiтла, що пропускається лiнзами.



Рис. 6. УФ-тестер "UV-400"

До числа дефектiв, якi виявляються неруйнiвними оптичними методами, вiдносяться порожнечi (порушення цiлiсностi), розшарування, пори, трiщини, вклучення чужорiдних тiл, внутрiшня напруга, змiна структури матерiалiв i їх фiзико-хiмiчних властивостей, вiдхилення вiд заданої геометричної форми i т. д. За допомогою оптичних методiв внутрiшнi дефекти виявляються тiльки у виробax з матерiалiв, прозорих в оптичнiй областi спектра.

					ПК61.120000.000	СТ
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

Випромінювання перетвориться у видиме зображення або в електричний сигнал. Для перетворення невидимого зображення у видиме використовуються індикатори: плівки, пластинки які під впливом оптичного випромінювання змінюють свою яскравість або колір. Для перетворення випромінювання в електричний сигнал використовуються вимірвальні перетворювачі (фотодіоди, фоторезистори і т. д.).

Прилади оптичної дефектоскопії діляться на візуально-оптичні, для контролю внутрішніх поверхонь і виявлення дефектів в важкодоступних місцях, автоматичного контролю дефектів поверхні.

- Візуально-оптичні прилади

До приладів цього класу відносяться проектори різного типу, в тому числі телевізійні, звичайні і стереоскопічні мікроскопи, ендоскопи.

- Телевізійні проектори

Телевізійні проектори широко застосовують в дефектоскопії і володіють наступними перевагами: можливістю посилення яскравості, контрасту зображення, порівняно малими світловими навантаженнями на об'єкт, рівномірним розподілом яскравості екранів, високою якістю зображення, спостереження на великій відстані від об'єкта, широким спектральним діапазоном перетворення світлового сигналу.

Найбільш поширена схема проектора з передавальною телевізійною трубкою вона включає джерело світла, об'єктив, передавальну трубку, відеотракт з блоками посилення і обробки сигналу і пристрій виводу .

- Прилади для контролю внутрішніх поверхонь і виявлення дефектів у важкодоступних місцях. Прилади цього типу називають ендоскопами або бороскопами.

Принцип дії ендоскопів полягає в огляді об'єкта за допомогою спеціальної оптичної системи, що дозволяє передавати зображення на значну відстань (До декількох метрів). Існують лінзові, волоконно-оптичні та комбіновані ендоскопи.

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

Лупи, мікроскопи виготовляють на базі лінійних оптичних елементів (лінзи, дзеркала, призми) і використовуються для підвищення роздільної здатності та гостроти зору. Лупа є простим оптичним приладом, виконаний на базі однієї або декількох лінз. Кратність збільшення лупи залежить від її фокусної відстані. Для практичних цілей доцільно використовувати лупи кратністю не більше 10х, так як великі збільшення істотно скорочують поле зору і глибину різкості, що сприяє пропуску дефектів при проведенні огляду конструкцій. Застосування біноклярних луп дозволяє підвищити надійність контролю і зменшити втому оператора.



Рис. 7. Лупа з підсвіткою

Мікроскоп являє собою оптичний прилад, що складається з об'єктива і окуляра. Деякі типи мікроскопів оснащуються рядом додаткових пристроїв, що підвищують їх універсальність (освітлювачі, штативи, дзеркала, змінні об'єктиви і окуляр і т. Д.).

Кратність збільшення мікроскопа залежить від фокусних відстаней об'єктива і окуляра а також від відстані між ними. Діапазон збільшень оптичних

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

мікроскопів зазвичай лежить в межах від 6х до 1000х. Для технічних цілей зручно використовувати бінокулярні мікроскопи мають кілька ступенів збільшення (від 6х до 100х), постійне фокусна відстань (64 мм) і вбудований освітлювач. Мікроскопи застосовують, в основному, при проведенні досліджень пошкоджених деталей і виявлення особливо дрібних дефектів.



Рис. 8. Мікроскоп

2.1 Фотоприймачі

Фотоприймачі - напівпровідникові прилади, що реєструють оптичне випромінювання і перетворюють оптичний сигнал на вході в електричний сигнал на виході фотодетектора.

Основні фотоприймачі:

- 1) Фоторезистори
- 2) Фотодіоди
- 3) Фототранзистори
- 4) ФПЗС

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

2.1.1 Фоторезистори

Фоторезистор - це напівпровідниковий прилад, опір якого (якщо зручно - провідність) змінюються в залежності від того, наскільки сильно освітлена його чутлива поверхня. Конструктивно зустрічаються в різних виконаннях. Найбільш поширені елементи такої конструкції, як зображено на малюнку нижче. При цьому для роботи в специфічних умовах можна знайти фоторезистори, укладені в металевий корпус з віконцем, через яке потрапляє світло на чутливу поверхню. Зміна опору під впливом світлового потоку називається фоторезистивним ефектом.

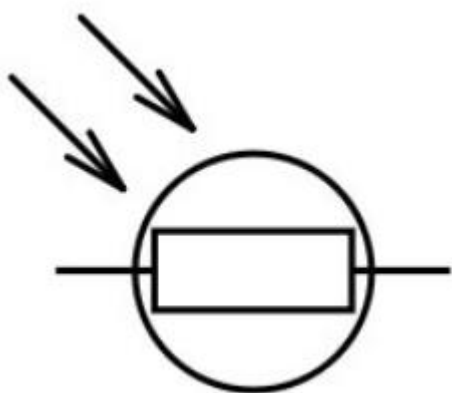


Рис. 9. Схематичне позначення фоторезистора

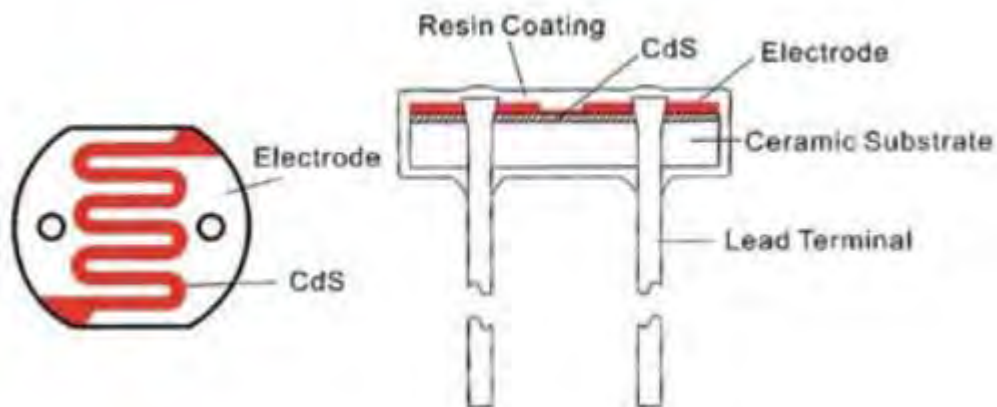


Рис. 10. Конструкція фоторезистора

Принцип дії полягає в наступному: між двома провідними електродами знаходиться напівпровідник (на малюнку зображений червоним), коли

напівпровідник не освітлений - його опір великий (до декількох МОм). Коли ця область освітлена її провідність різко зростає, а опір відповідно падає.

Як напівпровідники можуть використовуватися такі матеріали як: сульфід Кадмію, сульфід свинцю, селеніт кадмію та інші. Від вибору матеріалу при виготовленні фоторезистора залежить його спектральна характеристика. Простими словами - діапазон кольорів (довжин хвиль) при освітленні якими буде коректно змінюватися опір елемента. Тому вибираючи фоторезистор, потрібно враховувати в якому спектрі він працює. Наприклад, під УФ-чутливі елементи потрібно підбирати ті види випромінювачів, спектральні характеристики яких підійдуть до фоторезистора. На рис. 11 зображено спектральні характеристики кожного з матеріалів.

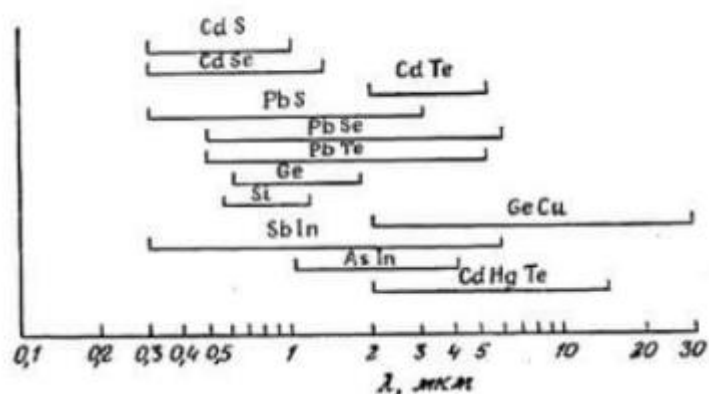


Рис. 11. Відповідність матеріалу напівпровідника до спектру випромінювання

Довжина хвилі світла впливає на чутливість фотоопору. Якщо величина довжини світлової хвилі виходить за межі діапазону роботи, то освітленість вже не впливає на такий резистор, і він стає нечутливим в цьому інтервалі довжин світлових хвиль.

Різні матеріали мають різними спектральними графіками відгуку хвилі. Фотоопори з зовнішньою залежністю найчастіше використовуються для значної довжини хвилі, з наближенням до інфрачервоного випромінювання. При експлуатації світлового резистора в цьому діапазоні слід бути обережним, щоб уникнути надмірного нагріву, який впливає на показання виміру опору в залежності від ступеня нагрівання.

Приблизну залежність опору від освітленості ви можете бачити на графіку нижче:

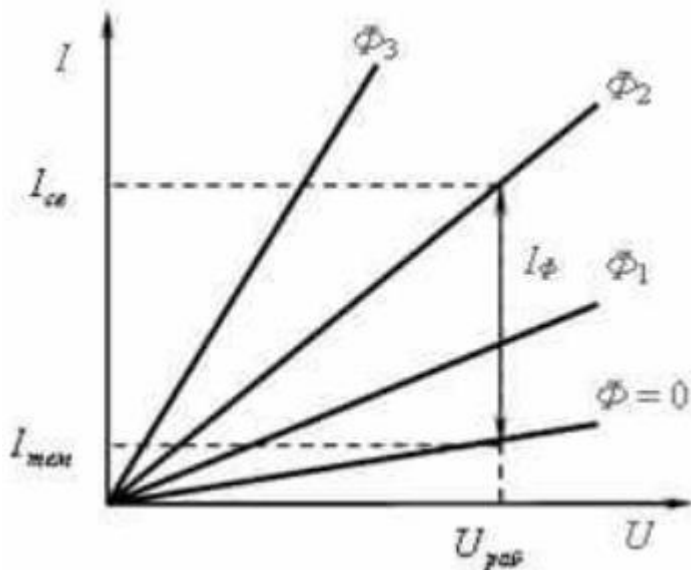


Рис. 12. Графік залежності опору від рівня світла

У фоторезисторів немає р-п переходу, тому не має значення, в якому напрямку протікає струм.

У фоторезисторів є основні характеристики, на які звертаються увага при виборі:

Темновий опір. Як зрозуміло з назви - це опір фоторезистора в темряві, тобто при відсутності світлового потоку.

Інтегральна фоточутливість - описує реакцію елемента, зміна струму через нього на зміну світлового потоку. Вимірюється при постійній напрузі в А / лм (або мА, мкА / лм). Позначається як S. $S = I_{\phi} / \Phi$, де I_{ϕ} - фотострум, а Φ - світловий потік.

При цьому вказується саме фотострум. Це різниця між темновим струмом і струмом освітленого елемента, тобто тією частиною, яка виникла через ефект фотопровідності.

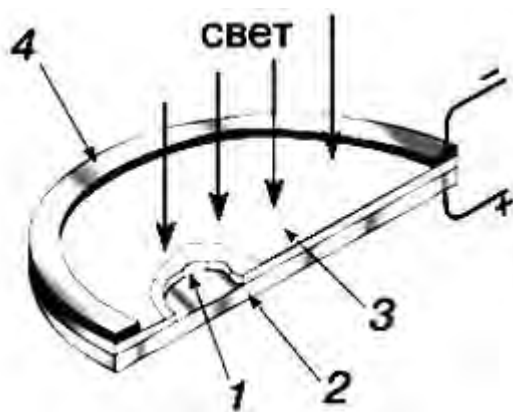
Фоторезистори мають певну інерційність, тобто його опір змінюється не моментально після опромінення світловим потоком, а з невеликою затримкою.

Цей параметр називається гранична частота. Це частота синусоїдального

сигналу, що модулює світловий потік через елемент, при якому чутливість елемента знижується в корінь з 2 раз. Швидкодія компонентів зазвичай лежить в межах десятків мікросекунд (10^{-5} с). Таким чином, використання фоторезистора в схемах, де потрібна швидка реакція обмежена.

2.1.2 Фотодіоди

Фотодіодом називається напівпровідниковий елемент, за своїми властивостями подібний до простого діоду. Його зворотний струм прямо залежить від інтенсивності світлового потоку, що падає на нього. Найчастіше в якості фотодіода застосовують напівпровідникові елементи з р-п переходом.



- 1 - напівпровідниковий перехід.
- 2 - позитивний полюс.
- 3 - світлочутливий шар.
- 4 - негативний полюс.

При дії потоку світла на площину переходу фотони поглинаються з енергією, що перевищує граничну величину, тому в n-області утворюються пари носіїв заряду - фотоносіїв.

При змішуванні фотоносіїв в глибині області «n» основна частина носіїв не встигає рекомбінувати і проходить до кордону р-n. На переході фотоносії діляться електричним полем. При цьому дірки переходять в область «р», а електрони не здатні пройти перехід, тому накопичуються біля кордону переходу р-n, а також області «n».

Зворотний струм діода при впливі світла підвищується. Значення, на яке підвищується зворотний струм, називають фотострумом.

Фотоносії у вигляді дірок здійснюють позитивний заряд області «р», по відношенню до області «n». У свою чергу електрони виробляють негативний заряд «n» області щодо «р» області. різниця потенціалів що при цьому виникає називається фотоелектрорушійною силою, і позначається «Еф». Електричний

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		28

струм, що виникає в фотодіоді, є зворотним, і спрямований від катода до анода. При цьому його величина залежить від величини освітленості.

Фотодіоди здатні функціонувати в наступних режимах:

Режим фотогенератора - без підключення джерела електрики.

Режим фотоперетворювача - з підключенням зовнішнього джерела живлення.

В роботі фотогенератора фотодіоди використовуються замість джерела живлення, які перетворюють сонячне світло в електричну енергію. Такі фотогенератори називаються сонячними елементами. Вони є основними частинами сонячних батарей, які застосовуються в різних пристроях, в тому числі і на космічних кораблях.

Види фотодіодів

Існує кілька різних видів фотодіодів, які мають свої переваги.

p - i - n фотодіод

В області p-n у цього діода є ділянка з великим опором і власною провідністю. При впливі на нього світла виникають пари дірок і електронів. Електричне поле в цій зоні має постійне значення, просторовий заряд відсутній.

Цей допоміжний шар значно знижує ємність замикаючого шару, і не залежить від напруги. Це розширює смугу робочих частот діодів. В результаті швидкість різко підвищується, і частота досягає 10^{10} герц. Підвищений опір цього шару значно зменшує струм роботи при відсутності освітлення. Щоб світловий потік зміг проникнути через p-шар, він не повинен бути товстим.

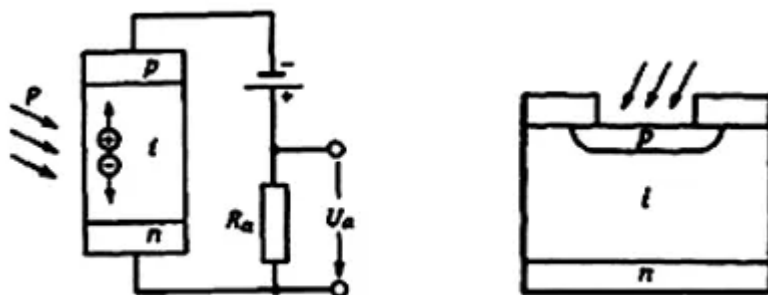


Рис. 13. p-i-n фотодіод

Фотоприймачі з поверхневим бар'єром Шоттки також володіють високою швидкістю і ефективністю. Бар'єри на контакті металу з напівпровідником можуть бути отримані і на напівпровідникових матеріалах, в яких неможливо створити р-n переходи. Якщо електронний напівпровідник контактує з металом, у якого робота виходу менше роботи виходу напівпровідника, то певне число електронів переходить з напівпровідника в метал. Іонізована донорна домішка в напівпровіднику утворює шар позитивного просторового заряду, володіє високим опором. При включенні діода в зворотному напрямку ширина області просторового заряду (ОПЗ) збільшується.

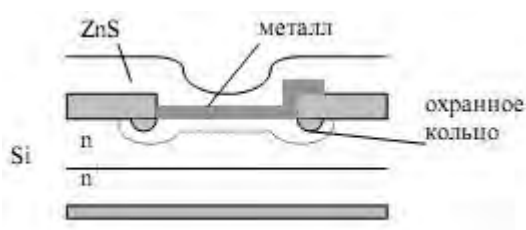
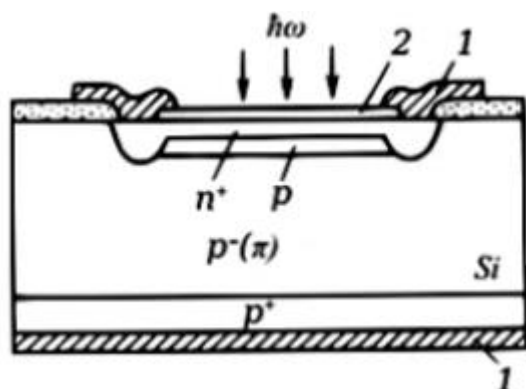


Рис. 14. Структура фотодіода з бар'єром Шоттки.

Випромінювання направляють крізь напівпрозору плівку металу (шар Au пропускає 95% потоку випромінювання з $\lambda = 0,63$ мкм). Основна частина випромінювання поглинається в ОПЗ. Виникаючі електронно-діркові пари швидко розділяються полем і час прольоту носіїв може бути дуже малим (10^{-11} - 10^{-10} с). Таким чином, фотодіод з бар'єром Шоттки є аналогом р-i-n фотодіода в короткохвильової частини спектра, коли все випромінювання поглинається в ОПЗ. У цих фотодіодах зі зменшенням довжини хвилі випромінювання також поглинається в шарі просторового заряду, але ближче до металу.

Лавинні фотодіоди

Такий вид діодів є напівпровідниками з високою чутливістю, які перетворюють освітлення в сигнал електричного струму за допомогою фотоэффекту. Іншими словами, це фотоприймачі, що підсилюють сигнал внаслідок ефекту лавинного множення.



множення.

1- Омічні контакти

2 – антивідбивне покриття

Рис. 15.Лавинний фотодіод

Лавинні фотодіоди більш чутливі, на відміну від інших фотоприймачів. Це дає можливість застосовувати їх для незначних потужностей світла.

У конструкції лавинних фотодіодів застосовуються надрешітки. Їх суть полягає в тому, що значні відмінності ударної іонізації носіїв призводять до падіння шумів.

Іншою перевагою застосування аналогічних структур є локалізація лавинного розмноження. Це також знижує перешкоди. У надрешітки товщина шарів складає від 100 до 500 ангстрем.

Принцип дії:

При зворотній напрузі, близькій до величини лавинного пробою, фотострум різко посилюється за рахунок ударної іонізації носіїв заряду. Дія полягає в тому, що енергія електрона підвищується від зовнішнього поля і може перевершити межу іонізації речовини, внаслідок чого зустріч цього електрона з електроном із зони валентності призведе до появи нової пари електрона і дірки. Носії заряду цієї пари будуть прискорюватися полем і можуть сприяти утворенню нових носіїв заряду.

2.1.3 Фототранзистори

Фототранзистори є твердотільними напівпровідниками з внутрішнім посиленням, що застосовується для передачі цифрових і аналогових сигналів. Цей прилад виконаний на основі звичайного транзистора. Аналогами фототранзисторів є фотодіоди, які поступаються їм за багатьма властивостями, і не поєднуються з роботою сучасних електронних приладів і радіопристроїв. Їх принцип дії схожий на роботу фоторезистора.

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

Чутливість фототранзисторів набагато вище, ніж у фотодіода. Вони знайшли застосування в різних пристроях, в яких застосовується залежність від світлового потоку. Такими пристроями є лазерні радари, пульти дистанційного керування, датчики диму і інші. Фототранзистори можуть реагувати як на звичайне освітлення, так і на ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання. Найбільш популярні біполярні фототранзистори структури n-p-n.

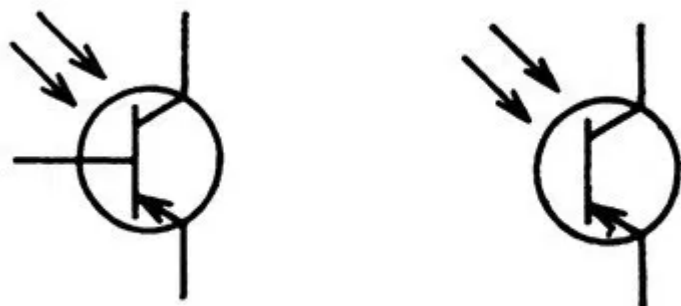


Рис. 16. Схематичне позначення фототранзисторів

Ф-транзистори мають чутливість до світла більше, ніж прості біполярні, так як вони оптимізовані для кращої взаємодії з променями світла. У їх конструкції зона колектора і бази має велику площу. Корпус виконаний з темного непрозорого матеріалу, з віконцем для пропускання світла.

Більшість таких напівпровідників виготовляють з монокристалів германію і кремнію. Існують також фототранзистори на основі складних матеріалів.

Принцип дії:

Транзистор включає в себе базу, колектор і емітер. При функціонуванні фототранзистора база не включена в роботу, так як світло створює електричний сигнал, який дає можливість протікати струму по напівпровідниковому переходу.

При неробочій базі перехід колектора транзистора зміщується в зворотному напрямку, а перехід емітера в прямому напрямку. Прилад залишається без активності до тих пір, поки промінь світла не освітить його базу. Освітлення активізує напівпровідник, при цьому створюючи пари дірок і електронів

провідності, тобто носії заряду. У підсумку через колектор і емітер проходить струм.

Фототранзистори мають робочий діапазон, розмір якого залежить від інтенсивності падаючого світла, так як це пов'язано з позитивним потенціалом його бази.

Струм бази від падаючого світла піддається посиленню в сотні і тисячі разів. Додаткове посилення струму забезпечується особливим транзистором Дарлінгтона, який являє собою напівпровідник, емітер якого з'єднаний з базою іншого біполярного транзистора. На схемі зображено такий вид фототранзистор.

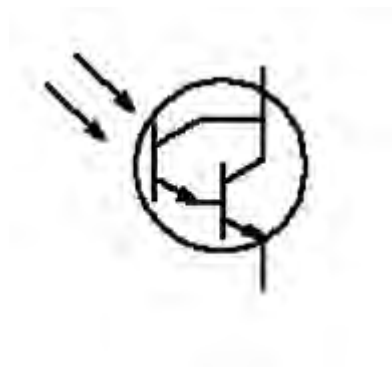


Рис. 17. транзистор Дарлінгтона

Це дає можливість створити підвищену чутливість при слабкому освітленні, так як відбувається подвійне посилення двома напівпровідниками. Двома транзисторами можна домогтися посилення в сотні тисяч разів. Необхідно враховувати, що транзистор Дарлінгтона повільніше реагує на світло, на відміну від звичайного фототранзистора.

Схеми підключення:

- *Схема із загальним емітером*

За цією схемою створюється сигнал виходу, що переходить від високого стану в низьке, при падінні променів світла.

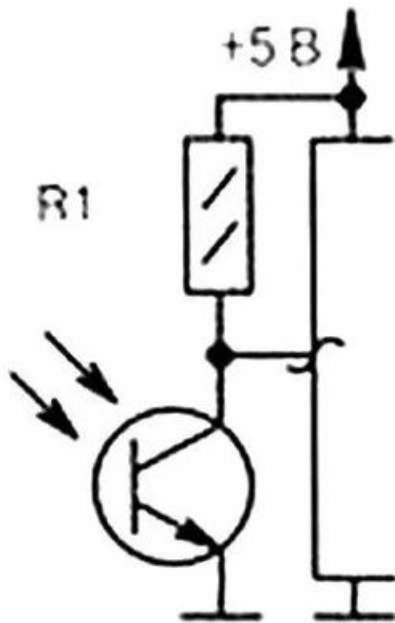


Рис. 18.Схема із загальним емітером

Ця схема виконана за допомогою підключення опору між колектором транзистора і джерелом живлення. Напругу виходу знімають з колектора.

- Схема із загальним колектором

Підсилювач, підключений з загальним колектором, створює сигнал виходу, перехідний від низького стану в високий, при потраплянні світла на напівпровідник.

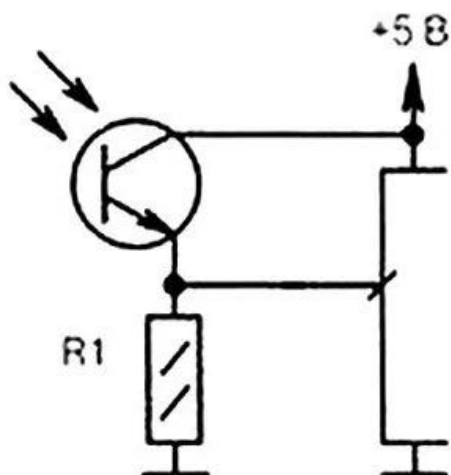


Рис. 19.Схема із загальним колектором

Ця схема утворюється підключенням опору між негативним висновком харчування і емітером. З емітера знімається вихідний сигнал.

В обох варіантах транзистор може працювати в 2-х режимах:

Активний режим

В цьому режимі фототранзистор створює сигнал виходу, залежить від інтенсивності падаючого світла. Коли рівень освітленості перевершує певну межу, то транзистор насичується, і сигнал на виході вже не буде підвищуватися, навіть якщо збільшувати інтенсивність променів світла. Такий режим дії рекомендується для пристроїв з функцією порівняння двох порогів потоку світла.

Режим перемикачання

Дія напівпровідника в цьому режимі означає, що транзистор буде реагувати на подачу світла вимиканням або включенням. Такий режим необхідний для пристроїв, в яких необхідне отримання вихідного сигналу в цифровому вигляді. Шляхом зміни значення резистора в схемі підсилювача, можна підібрати один з режимів функціонування.

Для експлуатації фототранзистор в якості перемикача найчастіше застосовують опір більше 5 кОм. Напруга виходу підвищеного рівня в перемикає режимі дорівнюватиме живлячої напруги. Напруга виходу малого рівня має дорівнювати менше 0,8 В.

3. Підбір електронних компонентів

Задачею диплому є проектування приладу для вимірювання інтенсивності ультрафіолетового випромінювання. Для вирішення цієї задачі потрібно підібрати електронні компоненти, що відповідають поставленим вимогам.

За головну плату було вирішено взяти Arduino nano v3 на мікроконтролері Atmel ATmega328.

Характеристики

Мікроконтролер	Atmel ATmega328
----------------	-----------------

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

Робоча напруга (логічний рівень)	5В
Вхідна напруга (рекомендована)	7-12В
Вхідна напруга (порогова)	6-20В
Цифрові входи/виходи	14(6 із яких можуть бути використані як виходи ШІМ)
Аналогові входи	8
Постійна напруга через вхід/вихід	40 mAh з одного виводу та 500 mAh з усіх виводів
Флеш-пам'ять	32 Кб (2Кб використано для завантажувача)
ОЗУ	2 Кб
EEPROM	1 Кб
Тактова частота	16 МГц
Розміри	18,5 мм x 42 мм

Arduino Nano може працювати з різних джерел живлення, його можна підключити як через Mini-USB комп'ютера, або від звичайного нерегульованого 6-20 вольт (pin 30), або регульованого 5 вольт (pin 27). Плата автоматично вибере харчування з найвищим напругою.

Зовнішнє живлення стабілізується завдяки LM1117IMPX-5.0 з напругою 5В. Коли підключення відбувається через USB використовується діод Шотткі.

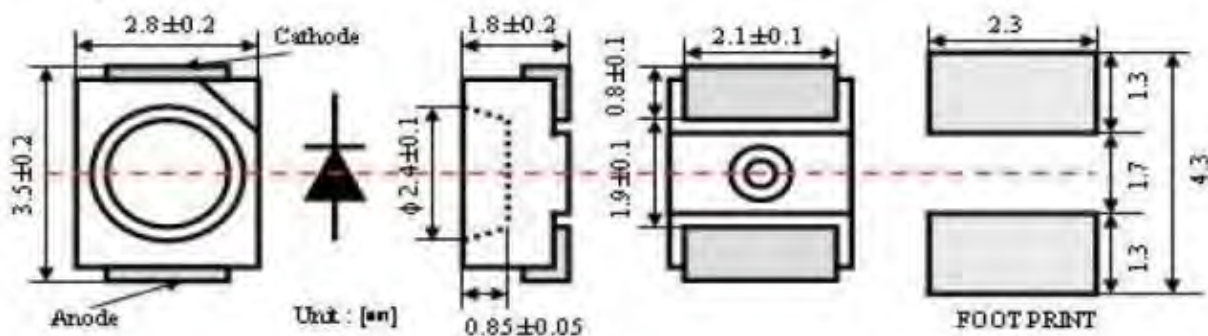
					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

27 - напруга 5,0 В;

30 - плюс живлення модуля 2-20 В

Вибір датчика ультрафіолетового випромінювання:

Щоб вимірювати шкідливе випромінювання ближнього А-типу було обрано датчик ультрафіолету GUVA-S12SD. Він чудово підходить для цієї задачі, простий в підключенні та має малу ціну.



Характеристики датчика:

Датчик: GUVA-S12SD

Напруга живлення: 2.5 В ~ 5 В

Робочий струм становить: 1 мА

Тип характеристики: лінійна

Розміри: 11 мм x 27 мм

особливості:

висока чутливість

висока стабільність

Діапазон вимірювань: 240nm-370nm

Великий кут реєстрації: 130 градусів

Тип світлочутливих елементів: діоди Шотткі

Підбір дисплея:

Для виводу вимірювань датчика для користувача було обрано дисплей SSD1306. Він має достатній розмір, велику яскравість та контрастність, що дуже важливо адже вимірювання можуть відбуватися на сонці.

Характеристики дисплея:

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		38

Розмір екрану 0.96 "

Тип екрану OLED

Роз'єм 4-pin

напруга живлення 3.3 - 6 V

Роздільна здатність дисплея 128 * 64

Товщина 11 мм

Ширина 27 мм

Висота 27 мм

Вага 4.0 грам

Специфікація:

Драйвер OLED модуля: SSD1306

Кут огляду:> 160 градусів

Роз'єм: 4-pin

Напруга живлення: 3.3-6V

Рівні вхідних сигналів: 3.3V / 5V

Цоколювання роз'єму підключення:

GND: Загальний

VCC: Напруга живлення

SDA: Шина даних

SCL: Шина тактування даних

Щоб була можливість передати дані вимірювань для подальшого зберігання та обробки на телефон чи комп'ютер до схеми приладу додано Bluetooth-модуль HC-05.

Характеристики блютуз модуля HC-05:

Протокол зв'язку Bluetooth Specification v2.0 + EDR

Частота GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)

Потужність відправки $\leq 4\text{dBm}$, Class 2

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

Потужність прийому $\leq -84\text{dBm}$ at 0.1% BER

Швидкість асинхронна 2.1Mbps (Max) / 160 kbps, синхронна 1Mbps / 1Mbps

Безпека Authentication and encryption

Профіль Bluetooth serial port

Живлення + 5VDC 50mA

Робочі температури -20 ~ +75 C

Розміри 26.9мм x 13 мм x 2,2 мм

Оскільки для живлення було обрано батарею CR2, через її розміри та ємність(800 мАг), але оскільки вона номінально має напругу 3В було додано регульований підвищуючий перетворювач 2А 28В МТ3608 для того щоб довести напругу до 9В та підключити до виходу V_{in} .

Характеристики:

Тип перетворювача: підвищуючий

Мікросхема: МТ3608

Вхідна напруга: від 2В до 24В

Максимальний вихідний струм: 2А

Максимальна вихідна напруга: > 5В - 28В

ККД: > 93%

Таким чином було підібрано оптимальні компоненти , що задовольняють поставлені вимоги.

4. Розрахунок похибок при проведенні вимірювань

1 Метод:

Стандартна невизначеність, джерелом якої є

випадкові складові u_A , при багаторазових прямих вимірах оцінюється в такий спосіб.

При багаторазовому вимірі енергетичної освітленості були отримані результати:

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$x_1; x_2 \dots x_i, \quad (B1)$$

За результат цієї вхідної величини приймають середнє арифметичне цих результатів спостережень:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (B2)$$

Для оцінки невизначеності вимірювань, зумовлених внеском випадкових факторів, проводиться n вимірювань однією і тою ж особою в одних і тих же умовах, за результатами яких отримано статистична оцінка середньоквадратичного відхилення ряду результатів вимірювань:

$$u_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}, \quad (B3)$$

де n - число незалежних вимірювань енергетичної освітленості;

x_i - результат одного незалежного вимірювання;

\bar{x} - середнє арифметичне значення результатів вимірювання розміру, що визначається за формулою (B1)

2-ий Метод:

- невизначеність яку вносить вимірювальний прилад

$$u(\Delta_0) = \frac{\Delta_0}{\sqrt{3}}, \quad (B4)$$

де Δ_0 - абсолютна похибка еталона;

- невизначеність, яку вносить дискретність вимірювального приладу

$$u(\Delta_{ц}) = \frac{\Delta_{ц}}{2\sqrt{3}}, \quad (B5)$$

де $\Delta_{ц}$ - ціна поділки;

Сумарна стандартна невизначеність:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}, \quad (B6)$$

Оцінка розширеної невизначеності для рівня довіри $P = 0,95$

при $k = 2$ по формулі:

					ПК61.120000.000	ст
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$U = k \cdot u_c, \quad (B7)$$

Повний результат вимірювань включає в себе оцінку вихідний величини і приписане їй значення розширеної невизначеності з зазначенням рівня довіри $Y = y \pm U$, при $P = 0,95$.

Висновок

Завданням дипломного проекту було проектування та розробка приладу для вимірювання інтенсивності ультрафіолетового випромінювання.

В процесі проектування було проаналізовано багато наукових матеріалів в області оптичного НК та електронних вимірювальних приладів.

Спираючись на дані знання були проаналізовані електронні компоненти для приладу, що можуть задовольнити поставлені вимоги. Обрано оптимальний головний мікроконтролер, що обчисляє отримані дані, датчик, що підходить під діапазон розмірів хвиль, які потрібно буде виміряти, дисплей для візуального виводу результатів вимірювання та Bluetooth модуль для передачі отриманих даних на пристрої, що призначені для подальшого зберігання та обробки даних. Також було представлено методики обрахувань похибок та калібровки приладу, що спроектований.

В процесі проектування приладу ми ознайомилися з основними принципами НК, отримали знання необхідні для проектування та розрахунку компонентів власних електронних приладів для виконання основного індивідуального завдання диплому.

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

Список використаних джерел

1. Пивоваров В.А, Белоусов Г.Г, Померанцев Д.С, Пенкин А.А. Методы и средства оптико – визуальной диагностики авиационных ГТД: Учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2005. – 80с.
2. Ландсберг Г.С. Оптика: учебное пособие для вузов. – 6-е изд., стереот. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848-ISBN 5-9221-0314-8.
3. Measurement Technologies. Remote Visual Inspection. – USA: General Electric Company, 2007.
4. Калиниченко А.Н. «ВИЗУАЛЬНЫЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ: Учебное пособие для подготовки специалистов I, II и III уровня».
5. Киреев П. С. Физика полупроводников. — М.: Высшая школа, 1975. — 584 с.
6. Measurement of Ultraviolet Radiation – Canadian Conservation Institute [Электронный ресурс]//Режим доступа: <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/measurement-ultraviolet-radiation.html>

					ПК61.120000.000	ст
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43