

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики

«До захисту допущено»

Завідувачка кафедри
_____ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

31 травня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

за спеціальністю 171 «Електроніка» освітньо-професійної програми
«Електронні інформаційні системи»
на тему «Оптоелектронні індикатори в контрольно вимірювальних системах»
здобувачки групи ЕП-01 Мещерякової Діани Сергіївни

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Діана МЕЩЕРЯКОВА

Керівник завідувачка кафедри електроніки, загальної та
прикладної фізики, д.ф.-м.н., професор _____ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Спеціальність 171 – Електроніка, освітньо-професійна програма
«Електронні інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ЕЗПФ
Л.В.Однорець
«01» травня 2024 року

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
Мещерякової Діани

Тема роботи: **«ОПТОЕЛЕКТРОННІ ІНДИКАТОРИ В КОНТРОЛЬНО ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ»**

затверджена наказом СумДУ від «24» квітня 2024 р., № 0417-VI

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 24 травня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи (актуальність, мета):

Швидкий розвиток електронних технологій стимулює постійне вдосконалення контрольно-вимірювальних систем, компонентами яких оптоелектронні пристрої, які завдяки своїм унікальним властивостям забезпечують високоточні вимірювання та контроль процесів. Особливу увагу в рамках цієї роботи буде приділено огляду оптоелектронних пристроїв, які використовуються в контрольно-вимірювальних системах (лазерні далекоміри, фотодіоди, оптичні сенсори), знайшли широке застосування в промисловості, медицині, науці та інших сферах.

Мета кваліфікаційної роботи полягала в огляді сучасних оптоелектронних пристроїв, що застосовуються в контрольно-вимірювальних системах, а також дослідження перспектив та особливостей використання органічних оптоелектронних пристроїв у цій сфері. У роботі будуть розглянуті основні принципи роботи, конструктивні особливості, області застосування та перспективи розвитку цих пристроїв, що дозволить сформулювати цілісне уявлення про їх роль та значення в сучасних технологічних процесах, проведені вимірювання вольт-амперних характеристик індикаторів.

4. Зміст текстової частини роботи (перелік питань, які необхідно розробити):

1. Алфавітно-цифрові дисплеї.

2. Конструктивно-технологічні особливості оптоелектронних індикаторів.
3. Сучасні оптоелектронні системи візуалізації на основі органічних матеріалів.

4. Методика вимірювання робочих характеристик індикаторів.

5. Результати вимірювань та розрахунків.

6. Висновки.

7. Список використаних джерел.

4. Перелік графічного матеріалу для презентації:

Слайди № 1-2. Актуальність і мета роботи.

Слайди № 4-6. Фізичні основи роботи оптоелектронних приладів.

Слайди № 7-12. Конструкція електронних індикаторів різних типів.

Слайди № 13-14. Методика і результати вимірювань.

Слайд №15. Висновки.

6. Дата видачі завдання 01.05.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка про стан вик. роботи
1.	Аналіз літературних даних	до 07.05.2024 р.	<i>вик.</i>
2.	Проведення вимірювань, моделювання, розрахунків, обробка результатів	до 22.05.2023 р.	<i>вик.</i>
3.	Оформлення тексту кваліфікаційної роботи	до 26.05.2023 р.	<i>вик.</i>
4.	Попередній захист роботи	31.05.2024 р., 10-00, онлайн	<i>вик.</i>
5.	Захист кваліфікаційної роботи	05.06.2024 р., 10-00, онлайн	

Здобувач вищої освіти

Діана МЕЩЕРЯКОВА

Керівник

Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота викладена на 36 сторінках, зокрема, містить 19 рисунків, список використаних джерел складається з 16 найменувань.

Актуальність теми: Швидкий розвиток електронних технологій стимулює постійне вдосконалення контрольно-вимірювальних систем, компонентами яких оптоелектронні пристрої, які завдяки своїм унікальним властивостям забезпечують високоточні вимірювання та контроль процесів. Особливу увагу в рамках цієї роботи буде приділено огляду оптоелектронних пристроїв, які використовуються в контрольно-вимірювальних системах (лазерні далекоміри, фотодіоди, оптичні сенсори), знайшли широке застосування в промисловості, медицині, науці та інших сферах. Використання органічних матеріалів в оптоелектроніці відкриває нові можливості для створення гнучких, легких та відносно дешевих пристроїв з унікальними характеристиками.

Мета кваліфікаційної роботи полягала в огляді сучасних оптоелектронних пристроїв, що застосовуються в контрольно-вимірювальних системах, а також дослідження перспектив та особливостей використання органічних оптоелектронних пристроїв у цій сфері; основних принципів роботи, конструктивних особливостей, областей застосування та проведенні вимірювань вольт-амперних характеристик індикаторів.

Отримані результати:

1. У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра вивчені принципи функціонування і конструкції електронних пристроїв відображення інформації, у т.ч. оптоелектронних індикаторів; проведено вимірювання вольт-амперних характеристик цифрового індикатора та світлодіодів різних типоміналів, які входять до складу електронного блока індикатора.
2. Перетворення електричних сигналів у видиме зображення ґрунтується на явищах люмінесценції, газового розряду, зміни оптичних властивостей рідких кристалів, світлового випромінювання напівпровідниковими матеріалами. Вимоги до електронних визначаються особливостями зорового сприйняття

інформації. Зображення на екрані монітора прийнято характеризувати контрастністю і роздільною здатністю, яскравістю і базовим кольором.

3. Показано, що індикаторні системи споживають малу потужність, дають гарну видимість зображення, мають низьку вартість споживають невелику потужність і мають «пам'ять», тобто зберігають кольорове зображення деякий час (хвилини) без споживання потужності.
4. Експериментально досліджено вольт-амперну характеристику індикатора КА2284/АН6884. Отримано, що при зростанні прямої напруги від 2,5 до 3,5 В сила струму збільшується від 0 до 0,7 А. Із характеру ВАХ видно, що її характер аналогічний ВАХ світловипромінюючих діодів, які входять до складу електричної схеми індикатора.

Рекомендації щодо використання: врахування вольт-амперних характеристик індикаторів при конструюванні систем візуалізації та відображення інформації.

Ключові слова: оптоелектроніка, оптоелектронні індикатори, індикатори, візуалізація інформації, контрольно-вимірювальна система.

ЗМІСТ

С.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ІНДИКАТОРІВ В КОНТРОЛЬНО ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ	6
1.1. Класифікація та основні принципи роботи оптоелектронних індикаторів.....	6
1.1.1. Електростатична електронно-променева трубка.....	11
1.1.2. Алфавітно-цифрові дисплеї.....	14
1.2. Оптоелектронні індикатори та їх характеристики.....	16
1.3. Реалізація оптоелектронних індикаторів у контрольно-вимірювальних системах.....	21
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЧНІ ОПТОЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ, ЩО РОЗТЯГУЮТЬСЯ.....	24
2.1. Органічні оптико-електронні прилади.....	24
2.1.1. Дисплеї на основі органічних світлодіодів.....	26
2.1.2. Органічні фотодіоди і органічні фотоелектричні діоди.....	27
2.1.3. Органічні фототранзистори.....	28
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ.....	30
3.1. Схемотехнічне рішення та електричні параметри лабораторного стенду для вимірювання характеристик індикаторних приладів.....	30
3.2. Вольт-амперні характеристики індикаторів.....	32
ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ІНДИКАТОРІВ У КОНТРОЛЬНО ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

1.1. Класифікація та основні принципи роботи оптоелектронних індикаторів

Оптоелектроніка представляє галузь фізики і техніки, яка використовує ефекти взаємного перетворення електромагнітного випромінювання оптичного діапазону в електричний струм і назад. Вона досліджує і застосовує процеси взаємодії оптичного випромінювання з речовиною для передачі, прийому, переробки, зберігання і відображення інформації.

Пристрої відображення інформації (ПВІ) широко використовуються для виведення алфавітно-цифрової та графічної інформації, відображення довідкових даних по об'єктах контролю та управління технологічними процесами. Пристрої відображення інформації дозволяють надавати людині інформацію у найсприятливішому вигляді типу текстів, таблиць, рисунків, діаграм. Висока швидкодія більшості пристроїв відображення дозволяє використовувати їх у реальному масштабі часу.

В залежності від характеру задач можливі два режими поновлення інформації. Перший режим дозволяє відслідковувати відображення безперервно в режимі реального часу, а другий дозволяє дискретне відображення через певні проміжки часу. Робота ПВІ в реальному масштабі часу має на увазі наявність такого спостереження оператором візуальної інформації, коли забезпечується її повне сприйняття. В другому випадку інформація надається оператору з затримкою. Припустимість затримки визначається швидкістю протікання процесів в інформаційній системі.

Швидкодія ПВІ характеризується швидкістю поновлення інформації на екрані ПВІ, періодичністю зміни цієї інформації, часом накопичення даних для відображення кадру та максимальною частотою надходження запитів на відображення. Об'єм інформації, що відображається, оцінюється загальним об'ємом даних, що одночасно відображаються, числом окремих пристроїв відображення та

кількістю операторів, які одночасно працюють з ПВІ. Спосіб відображення інформації характеризується методом кодування інформації, символікою, що використовується, та форматами даних. До параметрів зображення відносять яскравість, контрастність, роздільну здатність. Метод зв'язку з ЕОМ визначається інтерфейсом.

Оптоелектронні індикатори – це електронні пристрої, які використовують оптичні ефекти для відображення інформації або вимірювання різних параметрів. Вони використовують комбінацію електроніки та оптики для перетворення електричних сигналів в оптичні сигнали та навпаки. Оптоелектронні індикатори зазвичай включають у себе світлодіоди (LEDs), лазерні діоди (Laser Diodes), фотодіоди, фототранзистори та інші оптоелектронні компоненти.

Класифікація оптоелектронних індикаторів базується на різних аспектах їхньої роботи, принципу дії, конструкції та застосування.

1. За принципом дії визначається тим, як саме ці пристрої перетворюють світлову енергію в електричний сигнал. Основні типи оптоелектронних індикаторів в цьому відношенні включають:
 - Фотодіоди – напівпровідникові пристрої, що виробляють електричний струм при поглинанні фотонів світла. При попаданні фотонів на поліміноритарну зону напівпровідника відбувається зворотне зміщення, що створює електричне поле, яке розділяє носії заряду.

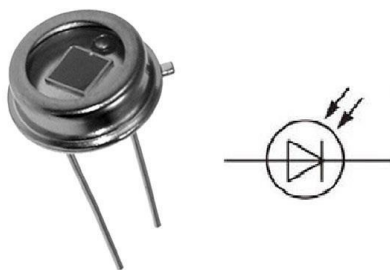


Рисунок 1.1 – Вигляд та умовне позначення фотодіду [1]

Використовуються для вимірювання інтенсивності світла, а також у великій кількості застосувань, де необхідно виявляти або контролювати наявність світла.

- Фототранзистори – схожі на звичайні біполярні транзистори, але вони мають світлочутливу базу. Коли світло попадає на базу фототранзистора, відбувається збільшення кількості електронів та отже збільшення струму колектора.



Рисунок 1.2 – Фототранзистор [1]

Використовуються там, де необхідна більша чутливість до світла, наприклад, у слабкосвітлих умовах або для роботи з інфрачервоним світлом.

- Фотоприймачі – отримують світловий сигнал і перетворюють його в електричний сигнал. Ці пристрої можуть бути різних типів, включаючи фотодіоди, фототранзистори, фотоелементи тощо.



Рисунок 1.3 – Фотоприймач [1]

Використовуються в широкому спектрі застосувань, включаючи фотодетектори, фотоелектричні датчики, фотоелементи в оптичних системах тощо.

2. Класифікація за конструкцією враховує організацію фоточутливих елементів та їхнє взаєморозташування у пристрої:
 - Одиночні індикатори – найпростіші оптоелектронні пристрої, що містять один фоточутливий елемент. Зазвичай використовуються там, де потрібно виміряти інтенсивність світла або виявити його присутність.

- Масиви індикаторів – ці пристрої складаються з групи фоточутливих елементів, які можуть бути організовані у вигляді матриці або ряду. Масиви індикаторів дозволяють вимірювати розподіл інтенсивності світла у просторі. Вони корисні, наприклад, для визначення розмірів об'єктів у зображеннях або для вимірювання освітленості у приміщеннях.
 - Фотодіодно-транзисторні масиви (PDAs) – це спеціальні масиви індикаторів, які поєднують у собі фотодіоди і транзистори. Фотодіоди в цих масивах перетворюють світлову енергію в електричний сигнал, а транзистори використовуються для підсилення цього сигналу. PDAs зазвичай використовуються в застосуваннях, де потрібно високочутливий детектор і велика кількість каналів.
 - Фотоприймачі зі збільшеною чутливістю – включають в себе спеціальні структури або матеріали, які забезпечують підвищену чутливість до світла. Вони можуть виявляти навіть дуже слабкий світловий сигнал, що робить їх корисними для додаткових застосувань у низькоосвітлених умовах.
3. Класифікація оптоелектронних індикаторів за застосуванням визначається їхньою роллю та функціональним призначенням у системах контролю та вимірювань:
- Вимірювальні індикатори – використовуються для вимірювання різних параметрів, таких як інтенсивність світла, колір, час вимірювання тощо. Найпоширеніші вимірювальні індикатори - фотодіоди та фототранзистори. Вони мають високу чутливість до світла і використовуються в різних вимірювальних системах, включаючи спектрофотометрію, фотометрію, вимірювання відстаней тощо.
 - Сигнальні індикатори – і індикатори використовуються для передачі сигналів або інформації на основі змін в інтенсивності світла. Сигнальні індикатори можуть включати світлодіоди (LED), які використовуються для відображення стану пристроїв, сенсори, що реагують на зміни освітленості,

та інші пристрої, що використовують світлові сигнали для передачі інформації.

- Оптичні датчики – використовуються для виявлення об'єктів або подій за допомогою світлових сигналів. Оптичні датчики можуть включати інфрачервоні сенсори для виявлення руху, світлові бар'єри для вимірювання відстаней, оптичні вимірювальні системи для контролю геометричних параметрів тощо.
- Візуальні індикатори – використовуються для візуального відображення інформації для оператора або користувача системи. Візуальні індикатори можуть бути вбудованими в прилади або пристрої (наприклад, світлодіодні індикатори на приладах), а також можуть включати екрани та дисплеї для відображення тексту, графіки та інших видів інформації.

Класифікації можуть бути використані для категоризації різних типів оптоелектронних індикаторів залежно від їхньої будови, функціональності та застосування.

Оптоелектронні індикатори використовують оптоелектронні принципи для відображення інформації або вимірювань у вигляді оптичних сигналів. Основними принципами їхньої роботи є:

1. *Перетворення світла в електричний сигнал*: Оптоелектронні індикатори зазвичай використовують фотодіоди або фототранзистори для перетворення світлового випромінювання на електричний сигнал. Коли світло падає на поверхню фотодетектора, генерується електричний струм або напруга, які відображають інтенсивність світла.
2. *Підсилення сигналу*: Отриманий електричний сигнал може бути підсилено за допомогою вбудованих підсилювачів, що дозволяє підвищити чутливість індикатора та покращити відтворення вхідного сигналу.
3. *Обробка сигналу*: Після підсилення сигналу може проводитися обробка для фільтрації шумів, компенсації фонового освітлення або корекції нелінійностей, що забезпечує точніше вимірювання або відтворення інформації.

4. *Відображення або передача інформації*: Оптоелектронні індикатори можуть бути використані для відображення інформації на дисплеях, світлодіодах або інших візуальних пристроях. Також їх можна використовувати для передачі сигналів у системах зв'язку або передачі даних.
5. *Реакція на зовнішні подразники*: Деякі оптоелектронні індикатори можуть реагувати на зовнішні подразники, такі як світло, температура або тиск, змінюючи свої електричні характеристики. Це може бути використано для створення сенсорних систем або систем автоматичного контролю.
6. *Мультиплексування інформації*: Деякі оптоелектронні індикатори можуть бути використані для мультиплексування інформації, що дозволяє виводити більше одного сигналу на один канал зв'язку або візуального відображення.

Оптоелектронні індикатори використовують різноманітні оптоелектронні принципи для перетворення, підсилення та відображення інформації у вигляді оптичних сигналів, що робить їх незамінними елементами в контрольно-вимірювальних системах.

1.1.1. Електростатична електронно-променева трубка

Електронно-променева трубка являє собою електронний прилад, в якому електронний промінь, що випромінюється катодом, фокусується в поперечному перерізі до розмірів крапки на екрані, покритому люмінесцентним матеріалом.

Електростатична трубка, що забезпечує фокусування та відхилення променя електричним полем, має назву електростатична трубка (Рис.1.4).



Рисунок 1.4 – Вигляд електронно-променевої трубки [2]

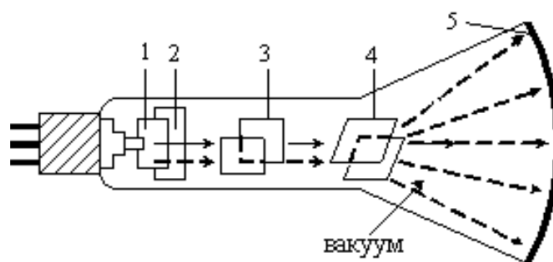


Рисунок 1.5 – Будова електронно-променевої трубки: 1 – катод, 2 – анод, 3 та 4 – керувальні пластини, 5 – екран [3]

Принципи функціонування ЕПТ базуються на використанні електронного променя та електромагнітного поля.

Основними принципами функціонування електростатичної ЕПТ є:

Електронне прожекування. В ЕПТ використовується електронна гармата, яка випускає електрони. Ці електрони прискорюються до великої швидкості за допомогою електричного поля, що створюється між катодом і анодом. Після прискорення електрони формують промінь, який вибухає з катодного кінця ЕПТ.

Фокусування. Щоб забезпечити точність відображення променя на екрані, в ЕПТ використовується система фокусування. Ця система включає фокусувальну анодну сітку та анодну заглушку. Електричне поле, що створюється між цими елементами, дозволяє змінювати шлях руху електронів і фокусувати промінь на малу площину на екрані.

Відхилення променя. Для переміщення променя по екрану і створення зображення в ЕПТ використовується система відхилення. Ця система може складатися з пари дефлектуючих пластин або котушок, через які пропускається струм, створюючи магнітне поле. Зміна сили цього поля дозволяє відхиляти промінь в горизонтальному і вертикальному напрямках, що дозволяє формувати бажане зображення на екрані.

Екран. ЕПТ має екран, на якому відображається інформація. Електронний промінь, який вибухає з ЕПТ, попадає на екран і збуджує фосфор, що призводить до світіння і формування видимого зображення. Екран може бути розділеним на

рядки і стовпці, що дозволяє відображати текст, графіку та іншу інформацію. Ці принципи функціонування ЕПТ дозволяють створювати високоякісні зображення і застосовувати їх у різних галузях, таких як телевізійна техніка, комп'ютери, медична діагностика та багато інших.

Механізм отримання зображення на екрані ЕПТ базується на використанні пластин горизонтального та вертикального відхилення променя, що контролюються електричними напругами. Це досягається за допомогою процесу розгортки та синхронізації.

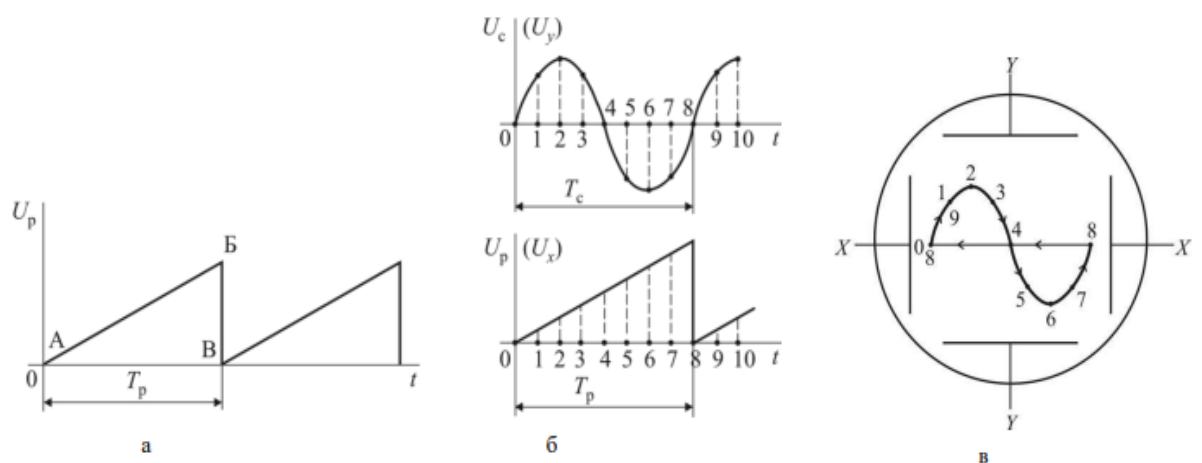


Рисунок 1.6 – Принцип отримання осцилограми досліджуваної синусоїдальної напруги: а – пилкоподібна напруга розгортки; б – напруга на вертикальних U_c і горизонтальних U_p пластинах; в – переміщення променя на екрані [4]

Пластини горизонтального відхилення променя відповідають за часову розгортку зображення. При лінійному зростанні напруги (Рис. 1.6, а, ділянка АБ) переміщення світлової точки по екрану буде прямо пропорційно часу. Потім напруга розгортки U_p стрімко падає до початкового значення (Рис. 1.6, а, ділянка БВ) і світлова точка майже миттєво повертається у початковий стан.

Далі цикл зміни світлового променя повторюється. Світлова лінія на екрані, що утворюється цією напругою, являє собою вісь часу. Потім, залежно від того, як подається напруга на пластини вертикального відхилення променя, можна передавати зображення на екран, ув'язавши його з часом.

Наприклад, якщо синусоїдальну напругу підвести до X-пластин вертикального відхилення, а пилкоподібну напругу розгортки U_p на горизонтально відхиляючі X-пластини (Рис. 1.6, б), то електронний промінь одночасно переміщуватиметься у вертикальному напрямку під дією напруги U_c і в горизонтальному під дією напруги U_p . При цьому промінь буде окреслювати на екрані розгорнуту в часі діаграму досліджуваної напруги (Рис. 1.6, в). Для отримання нерухомого зображення на екрані, необхідно синхронізувати період розгортки з періодом досліджуваного сигналу. Це досягається збігом періоду розгортки з цілим числом N періодів досліджуваної напруги, тобто $T_p = T * T_c$, де N - кількість періодів напруги, а T_c - період сигналу. Цей процес називається синхронізацією і забезпечує повний збіг повторюваних зображень.

Застосування цих принципів дозволяє електростатичній ЕПТ створювати стабільні та якісні зображення, що знаходять широке застосування в різних галузях, включаючи телевізійну техніку, комп'ютери, медичну діагностику та інші.

1.1.2. Алфавітно-цифрові дисплеї

Залежно від складності та функціональності, алфавітно-цифрові дисплеї (АЦД) можна класифікувати на два типи: прості дисплеї з апаратною реалізацією основних функцій і "інтелектуальні" дисплеї, де обробка інформації відбувається програмно-керованим дисплейним процесором. Ця класифікація заснована на рівні складності та розширених можливостях функціонування.

При відображенні текстів інформація, яка надходить в пристрій відображення (ПВ), має вигляд стандартних кодів. Якщо відображається графічна інформація, то вхідні дані визначають координати окремих крапок чи елементів зображення.

В текстових ПВ ємність буферного ЗП повинна бути достатньою для запам'ятовування всіх кодів символів, які відображуються на екрані ЕПТ. Оскільки відображення тексту розбивається на ряд текстових рядків з обмеженою кількістю знаків в них, то максимальний об'єм інформації яка відображується на екрані можна визначити як

$$N_{eKp} = N_{стр} * N_{ЗН} * n \quad (1)$$

де $Ne_{кр}$ – об'єм буферного ЗП для зберігання всіх символів екрана, $N_{Стр}$ – кількість рядків, що відображається на екрані, $N_{ЗН}$ – максимальна кількість знаків в рядку, n – кількість біт інформації, що кодує один знак (символ).

Для перетворення кодових слів та символів на зображення на екрані ЕПТ використовується знакогенератор. Вихідний сигнал знакогенератора може безпосередньо передаватися на керувальний електрод ЕПТ (модулятор яскравості) або поступати через цифро-аналоговий перетворювач для керування системою відхилення електронного променя.

У деяких випадках, наприклад, коли електронно-променева трубка використовується як термінал, до її складу може входити клавішний пристрій, що складається з алфавітно-цифрової та функціональної клавіатури. Головна задача такого пристрою полягає в забезпеченні комунікації користувача з ЕОМ та оперативному коригуванні інформації.

Найбільш просто формування кадру зображення на екрані ЕПТ забезпечується при однозначному взаємозв'язку між номером комірки БЗП, де зберігається код символу та знакомісцем на екрані, де буде відображатись цей символ (Рис. 1.7). Так, наприклад, символ, код якого зберігається в першій комірці БЗП повинен відображатись на першому знакомісці (перший знак в першому рядку), а символ, код якого знаходиться в другій комірці - на другому знакомісці і т.д. При такій організації процесу відображення пристрій керування (БК) організує послідовну вибірку кодів з пам'яті та синхронне з нею зміщення променя по екрану, по горизонталі (формування рядка) та по вертикалі (формування кадру).

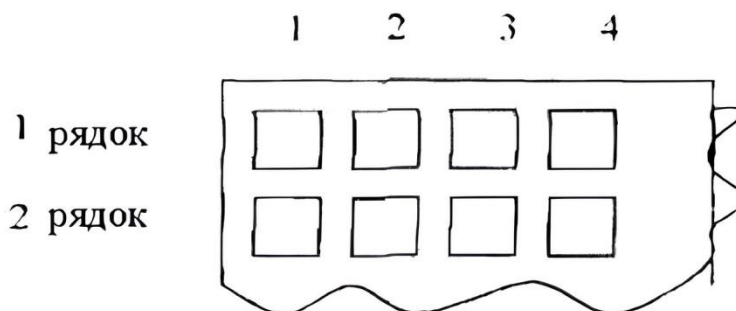


Рисунок 1.7 – Кадр зображення на ЕПТ [5]

Для функції редагування інколи використовують так зване "світлове перо", що являє собою спеціальну конструкцію з фотоприймачем (Рис. 1.8).

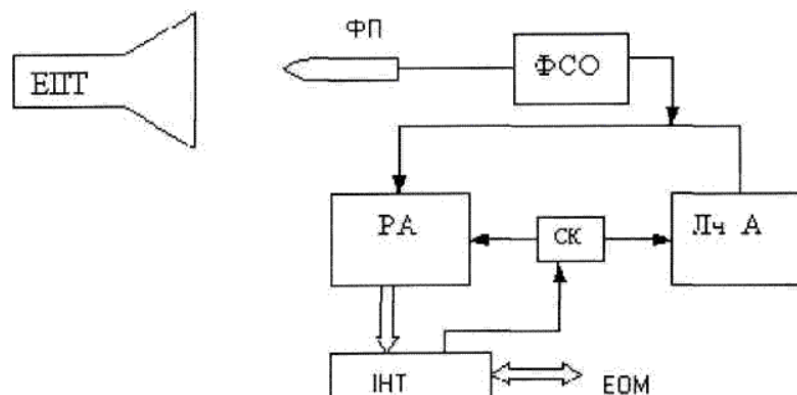


Рисунок 1.8 – Структурна схема «світлового пера», де РА – регістр адреси, ФП – фотоприймач, ФСА – формувач сигналів адреси, ЛЧ – лічильник адреси, СК – схема керування, ІНТ – інтерфейс з ЕОМ [6]

При наближенні світлового пера до обраного символу на екрані або до спеціально визначеної світлової області, фотоприймач у наступному циклі регенерації зображення генерує електричний сигнал, який реєструє адресу відповідної комірки відеопам'яті (БЗП), що відповідає адресі символу на екрані.

Подальші дії виконуються так само, як при взаємодії з курсором. Функції редагування, такі як вставка символу або вставка рядка, фактично зводяться до переміщення тексту відповідних комірок відеопам'яті і виконуються блоком керування, спільно з блоком редагування та блоком введення/виведення.

1.2. Оптиелектронні індикатори та їх характеристики

Оптиелектронні індикатори – це електронні пристрої, які використовуються для вимірювання, відображення або передачі інформації у вигляді світлових сигналів. Вони можуть бути використані в різних пристроях і системах, включаючи

контрольно-вимірювальні системи, комунікаційні пристрої, світлодіодні дисплеї, сенсорні пристрої та багато інших.

Оптоелектронні індикатори можуть використовувати різні оптоелектронні ефекти, включаючи фотоелектричний ефект, фотопровідність, ефект фотодіодного елемента, ефект фототранзистора та інші.

Контрольно-вимірювальна система (КВС) – це комплекс обладнання, програмного забезпечення та процедур, спрямований на збір, обробку, аналіз та візуалізацію даних, які стосуються фізичних, хімічних або технічних параметрів об'єкта чи процесу.

Перше покоління індикаторних приладів характеризується обмеженою кількістю використовуваних фізичних явищ, низькими значеннями коефіцієнта корисної дії (ККД) і яскравості, великими розмірами, однокольоровістю та високою керуючою напругою. До цього покоління відносяться газорозрядні і вакуумні розжарювальні і електролюмінісцентні індикатори.

Друге покоління індикаторних приладів включає напівпровідникові і рідкокристалічні індикатори, а також багаторозрядні люмінесцентні та плазмові монодисплеї [7].

Ці прилади відрізняються високою яскравістю світіння, економічністю, великою інформаційною ємністю та багатокольоровістю.

Літерно-цифрові газорозрядні індикатори є іонними приладами з тліючим розрядом, де світіння газу під час іонізації використовується для оптичного відображення сигналів.

Знакові індикатори тліючого розряду. У балоні з неоном вміщено катоди, які вигнуті з дроту у вигляді цифр або інших знаків і розташовані один за одним. На рис. 1.9, а показано лише перші два катоди у вигляді цифр 1 і 2. У буквено-цифрових індикаторах є 10 катодів у вигляді цифр від 0 до 9. Анод зазвичай зроблений з дротової сітки. При подаванні напруги між анодом та одним з катодів виникає світіння газу (біля катода), тобто видно знак, який світиться. Товщина лінії, що світиться, дорівнює приблизно 1-2 мм.

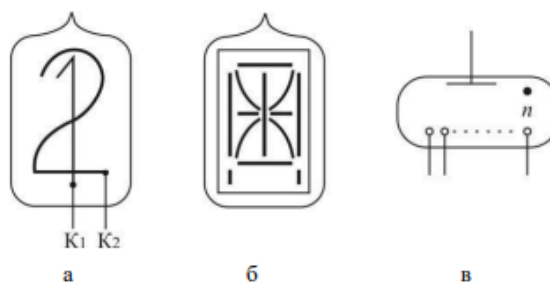


Рисунок 1.9 – Варіанти пристрою (а, б) і умовне графічне позначення (в) знакового індикатора тліючого розряду [8]

Світіння спостерігається через прозорий балон приладу. Випускаються також аналогічні індикатори з так званими 18 сегментними катодами, що синтезують зображення (Рис. 1.9, б). Включення цих катодів у тій або іншій комбінації дає зображення світної цифри або знаку. Газорозрядні індикатори виконуються як з торцевою, так і з бічною індикацією.

Електролюмінесцентні індикатори. В електролюмінесцентних індикаторах використовується явище електролюмінесценції, яке полягає в тому, що деякі речовини спроможні випромінювати світло під дією електричного поля. За будовою ці індикатори являють собою плоский електролюмінісцентного індикатоконденсатор (рис. 1.10).

Найбільш поширеними є буквено-цифрові сегментні індикатори. Для зображення цифр вони мають від 7 до 9 сегментів, а індикатори з 19 сегментами дозволяють висвічувати всі цифри і букви російського й латинського алфавітів. Звичайно електролюмінісцентні індикатори виготовляються в пластмасових корпусах. Для їх живлення застосовується змінна синусоїдальна напруга 220 В частотою від 400 до 1200 Гц. Перевагою цих індикаторів є невелике споживання потужності при відносно високій яскравості зображення, плоска конструкція, висока механічна міцність, довгий термін служби [9]. *Вакуумні люмінесцентні індикатори.* Вакуумні люмінесцентні індикатори – це багатоанодні тріоди, які мають оксидний катод прямого розжарювання, сітку та аноди-сегменти, покриті люмінофором (рис. 1.11).

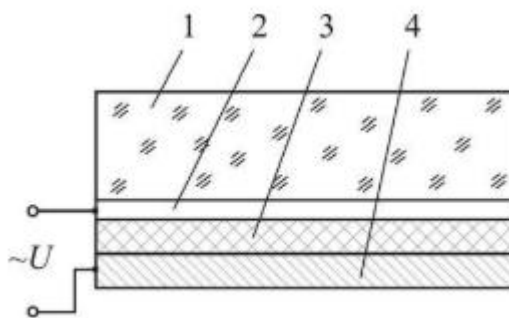


Рисунок 1.10 – Принципова будова електролюмінесцентного індикатора: 1 – скляна пластина; 2 – електропровідна прозора плівка; 3 – діелектрик; 4 – металевий електрод [8]

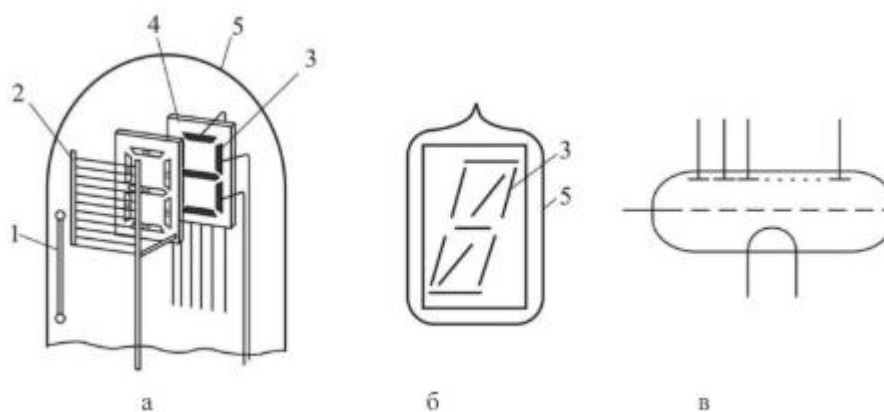


Рисунок 1.11 – Вакуумний люмінесцентний індикатор: а – конструктивна схема; б – вигляд балона з анодами; в – умовне позначення: 1 – катод прямого накаливання; 2 – сітка; 3 – анод; 4 – керамічна пластина; 5 – балон [8]

Вакуумні люмінесцентні індикатори зовнішньо являють собою мініатюрні електронні лампи. Вони належать до триелектродних приладів, у яких електрони, що виділяються нагрітим катодом, прискорюються в електричному полі сітки керування та бомбардують сегменти анода, покриті люмінофором. В середині балона 5 послідовно один до одного розташовані (рис. 1.11, а): катод прямого розжарювання 1, сітка 2 і декілька анодів 3 – сегментів, розміщених на спільній керамічній пластині 4.

Такого типу індикатори призначені для роботи в колах виводу інформації, створення знаків в обчислювальних і вимірювальних пристроях широкого призначення. Основним недоліком газорозрядних індикаторів є необхідність використання порівняно високих напруг, що викликають запалювання відповідного газового проміжку.

Рідкокристалічні індикатори. Рідкокристалічні індикатори базуються на використанні так званих рідких кристалів, що являють собою певні органічні речовини з упорядкованим розташуванням молекул, характерним для кристалів. Рідкі кристали складаються з ланцюжкових, ниткоподібних органічних молекул, витягнутих у певних напрямках (рис. 1.12). При температурі 15–70 °С під дією електричного поля орієнтація молекул стає упорядкованою (рис. 1.12, б), а в речовині виникає ефект динамічного розсіювання світла (як такого, що проходить крізь речовину, так і відображеного). У результаті цього коефіцієнт заломлення світла змінюється, і рідкий кристал, непрозорий у нормальному стані, починає пропускати світло. Внаслідок того що рідкокристалічні комірки самі не випромінюють світло, вони використовуються спільно з яким-небудь зовнішнім джерелом світла.

Елементарна рідкокристалічна комірка – індикатор (рис. 1.13) складається з двох скляних пластин 2, покритих з внутрішнього боку шаром електропровідного матеріалу 3 і 5, а також із розташованого між ними рідкого кристала 1 товщиною 8 - 25 мкм. Один з електродів 3 є прозорим, а інший 5 – може бути або прозорим, якщо індикатор працює на пропускання світла, або дзеркальним, якщо індикатор працює на відбиття. Електроди 3 і 5 розділені ізоляційною підкладкою 4.

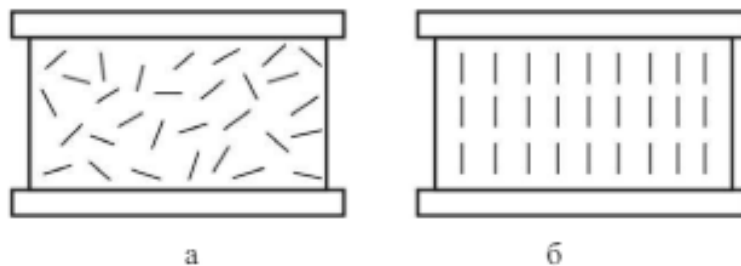


Рисунок 1.12 – Рідкокристалічна комірка: а – неупорядкована структура без поля; б – упорядкована структура при наявності електричного [8]

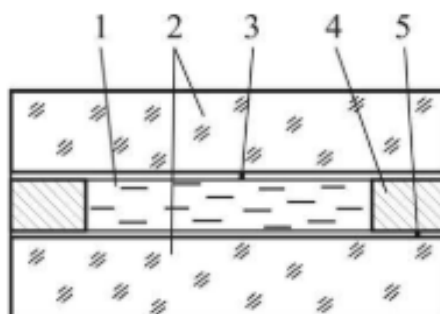


Рисунок 1.13 – Конструкція елементарної рідкокристалічної комірки (індикатора): 1 – рідкий кристал; 2 – скляні пластини; 3 – прозорий електрод; 4 – ізоляційна прокладка; 5 – прозорий або відбивний електрод [8]

1.3. Реалізація оптоелектронних індикаторів у контрольно-вимірювальних системах

У контрольно-вимірювальних системах оптоелектронні індикатори виконують важливі функції, пов'язані з відображенням інформації та наданням користувачам зручного та зрозумілого способу спостереження та аналізу даних.

Одна з основних задач оптоелектронних індикаторів - це відображення статусу різних елементів системи або вимірюваних параметрів. Наприклад, вимірювальний прилад може мати індикатори, що вказують, чи виміряна величина перевищує певний поріг, чи показує нормальний режим роботи. Це дозволяє операторам швидко сприймати інформацію про стан системи без необхідності глибокого аналізу даних.

Крім того, оптоелектронні індикатори можуть використовуватися для відображення вимірюваних значень або інших важливих даних. Наприклад, на LCD-дисплеях можуть відображатися числові значення, графіки або текстові повідомлення про стан системи. Це дозволяє операторам та інженерам отримувати доступ до детальної інформації про процеси, що відбуваються у системі, та здійснювати необхідні корекції чи втручання.

Крім функціональності, важливою характеристикою оптоелектронних індикаторів є їх дизайн та ергономіка. Якісний дизайн дозволяє забезпечити зручність користування системою, забезпечуючи чітке та зрозуміле відображення інформації, а також забезпечуючи естетичний вигляд системи в цілому.

У цілому, оптоелектронні індикатори в контрольно-вимірювальних системах допомагають забезпечити ефективне та зручне відображення інформації про стан системи та вимірюваних параметрів, що є важливим для забезпечення безперебійної та ефективної роботи системи.

Процес реалізації оптоелектронних індикаторів у контрольно-вимірювальних системах включає в себе такі кроки:

1. Вибір оптоелектронного індикатора – вибір відповідного типу оптоелектронного індикатора, що найкраще відповідає вимогам системи. Наприклад, для

вимірювання інтенсивності світла можна використовувати фотодіод, для відображення інформації - світлодіод, а для контролю рівня рідини - оптичний датчик.

2. Розробка електричних схем – після вибору індикатора потрібно розробити електричні схеми для підключення і керування ним. Це включає в себе вибір потрібних компонентів (резисторів, конденсаторів, транзисторів), створення схем живлення та інших необхідних елементів.
3. Дизайн корпусу – якщо індикатор буде використовуватися у зовнішньому середовищі або в агресивних умовах, важливо розробити відповідний корпус для захисту від вологи, пилу, ударів і температурних змін.
4. Інтеграція з КВС – інтеграція включає встановлення індикатора у вимірювальну систему, підключення до неї та налаштування відповідних параметрів. Крім того, може знадобитися програмне забезпечення для зчитування та обробки сигналів, що надходять від індикатора.
5. Тестування та налагодження – після інтеграції система повинна бути протестована на відповідність вимогам та налаштована для оптимальної роботи. Це включає в себе перевірку точності вимірювань, стабільності сигналу, швидкості реакції та інші параметри.
6. Валідація та випробування – це проведення випробувань та валідація системи для переконання в її правильному функціонуванні. Це може включати в себе випробування в реальних умовах експлуатації, порівняння результатів з належними стандартами та інші тести.

Реалізація оптоелектронних індикаторів у КВС – це складний процес, який вимагає ретельного проектування, інтеграції та тестування. Важливо враховувати всі аспекти проекту, щоб забезпечити надійну та ефективну роботу системи.

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЧНІ ОПТОЕЛЕКТРОННІ ПРИСТРОЇ, ЩО РОЗТЯГУЮТЬСЯ

2.1. Органічні оптикоелектронні прилади

Оптоелектронні пристрої, що імітують функції людини, стали однією з найпопулярніших тем дослідження з останнього десятиліття. Величезні зусилля були спрямовані на розробку зручних і функціональних оптикоелектронних пристроїв на основі виготовлення пристроїв на гнучких підкладках. Це призвело до швидкого розвитку гнучкої електроніки, від футуристичних концепцій до практичних застосувань, включаючи приєднувану, імплантовану, носиму, надлегку та одноразову електроніку [9]. Незважаючи на їх розробку, все ще необхідно мінімізувати дискомфорт користувача в інтерфейсах, до яких прикріплені ці пристрої, або тривалий контакт із м'якими поверхнями, такими як шкіра та тканини людини, через їх обмежену здатність деформуватися. Досягнення розтяжної електроніки можуть допомогти подолати дискомфорт, спричинений невідповідністю механічних властивостей між людським тілом і гнучкими пристроями.

Органічні оптикоелектронні пристрої можуть бути побудовані на підкладках, що розтягуються, і забезпечують відмінну пружну розтяжність і робочу довговічність при механічній деформації в порівнянні зі звичайними неорганічними електронними пристроями. На додаток до хороших електричних характеристик, інші переваги цих пристроїв, такі як легкий доступ до економічно ефективних низькотемпературних процесів на великій площі та здатність адаптувати оптичні властивості за допомогою молекулярної інженерії, є дуже привабливими. В даний час органічна оптоелектроніка, що розтягується, є перспективною технологією для реалізації зручних інтегрованих електронних систем з різними функціональними пристроями, такими як тонкоплівкові транзистори (TFT), світловиpromінювальні діоди, фотодетектори та фотоелектричні пристрої. Тим часом, існуючі дослідження оптикоелектронних пристроїв, сумісних із людською шкірою та тканинами, натякнули на їхній новий потенціал у практичних біомедичних застосуваннях.

Наприклад, безперервний, надійний і точний моніторинг фізіологічного стану дає пацієнтам свободу без накладення будь-яких обмежень через місцезнаходження. Отримані медичні дані можна безпосередньо передати сертифікованим експертам для діагностичної оцінки, щоб пацієнти могли в режимі реального часу отримувати самопочуття вдома без будь-яких обмежень у своїй повсякденній діяльності. Таким чином, очікується, що отримання біометричної інформації за допомогою інтегрованих інтелектуальних датчиків, що носяться, на інтерфейсі людина-машина (Рис. 2.1) матиме позитивні наслідки як для наукових кіл, так і для промисловості. Дисплеї на основі органічних світлодіодів (OLED) можуть випромінювати світло у відповідь на електричний струм і досягати вищої роздільної здатності, більшої швидкості, більшого світіння, кращого коефіцієнта контрастності та низького енергоспоживання порівняно зі звичайними рідкокристалічними дисплеями. Крім того, OLED-дисплеї можуть бути тонкими, легкими, гнучкими та розтягнутими, які використовуються в гнучких смартфонах, демонструючи їх багатообіцяючу комерційну цінність на споживчих ринках, що швидко зростають. Як показано на рис. 2.2 (а), OLED складаються з світловипромінюючих органічних матеріалів, розміщених між двома електродами (анодом і катодом) [10]. Між катодом і анодом OLED є емісійний шар для рекомбінації заряду між шаром транспортування електронів і шаром транспортування дірок, що сприяє підвищенню ефективності через зниження енергетичних бар'єрів на межах розділу, що показано на рис. 2.2 (b).

Органічні фотодіоди (OPD) і органічні фотоелектричні діоди (OPV) перетворюють світлову енергію в електричну. OPD і OPV складаються з фотоактивного шару, розташованого між анодом і катодом (на рис. 2.3 а), і мають структуру, подібну до OLED, з протилежним механізмом роботи. У більшості OPD і OPV активний шар складається зі змішаних донорних і акцепторних матеріалів зі структурою об'ємного гетеропереходу (ВНГ). Коли енергія падаючого світла більша або дорівнює ширині забороненої зони донора (р-тип), в активному шарі утворюється електрон-діркова пара, відома як екситон.

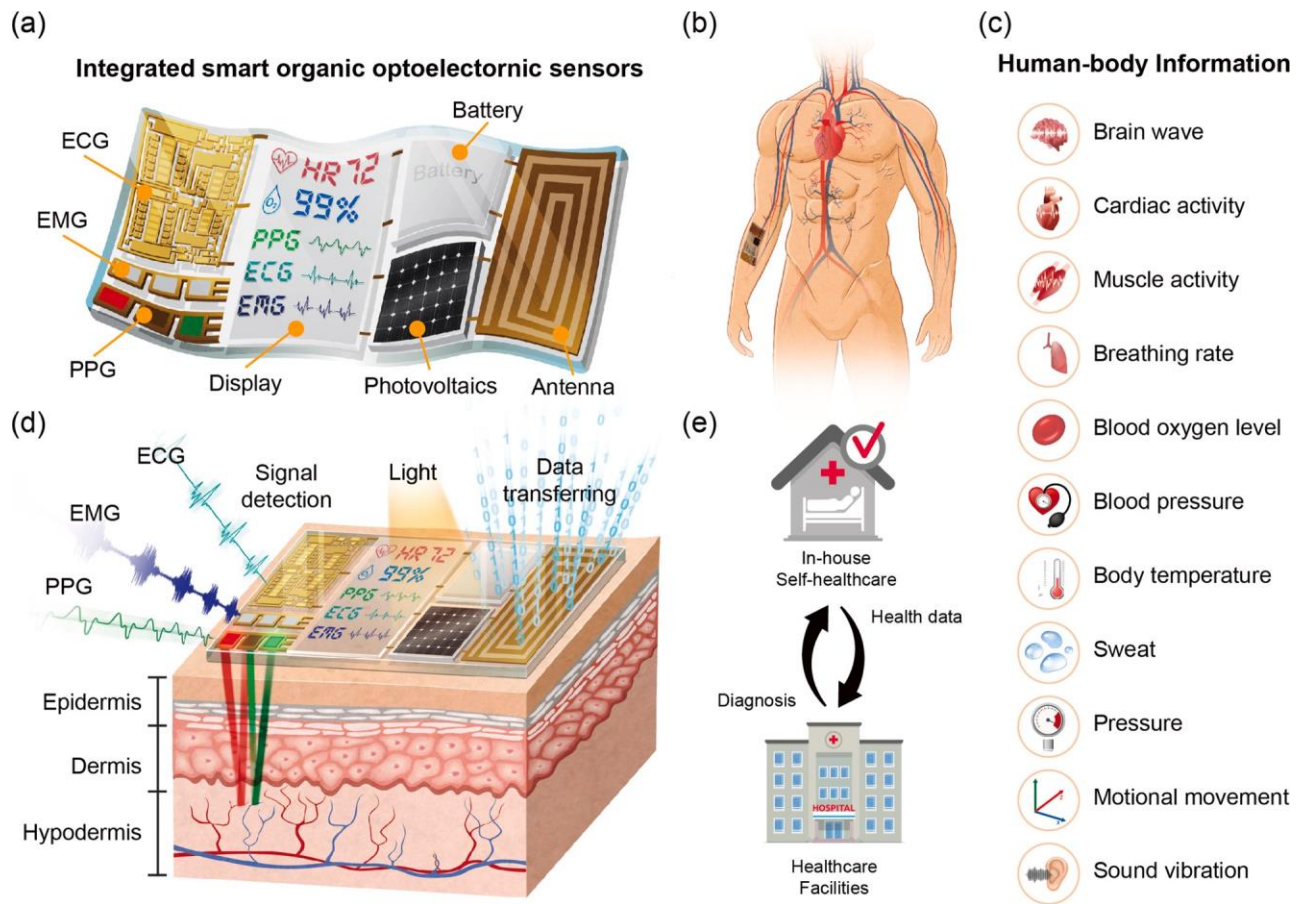


Рисунок 2.1 – Перспектива майбутніх розтяжних органічних оптоелектронних пристроїв. а – Огляд потенційних застосувань інтегрованих інтелектуальних систем зондування за допомогою розтягуваних органічних оптоелектронних та інших пристроїв. Пристрої включають датчики, дисплеї, батареї, фотоелектричні елементи та антени. б – Інтелектуальну сенсорну систему можна прикріпити до шкіри людини для зчитування сигналів від людського тіла, наприклад артерій і вен. с – Інформація про людське тіло, яку можна зчитувати за допомогою розумних сенсорних систем. д – Інтелектуальну сенсорну систему можна плавно та відповідно прикріпити до тіла людини для запису різних сигналів у режимі реального часу та завантаження даних через бездротові мережі. е – Інтеграція між бездротовими технологіями передачі даних і інтелектуальними сенсорними системами повинна розвиватися далі, щоб реалізувати зручну для людини електроніку та діагностичні медичні програми з системами швидкого зворотного зв'язку від закладів охорони здоров'я [9]

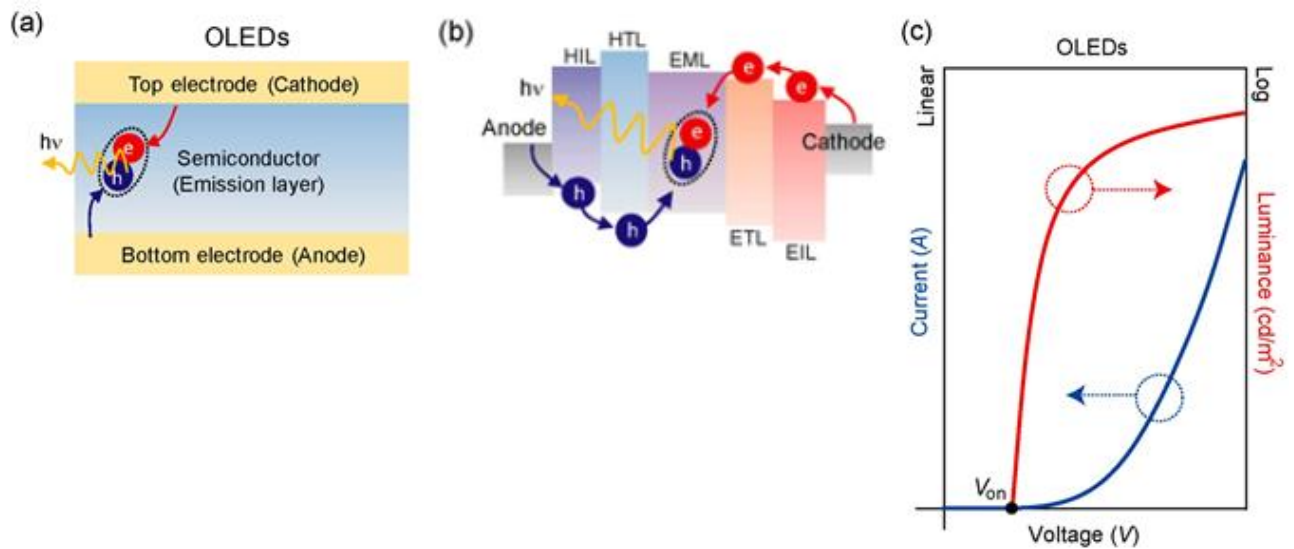


Рисунок 2.2 – Структура та електричні характеристики дисплеїв на основі органічних світлодіодів: а - схема пристрою органічного світловипромінюючого діода (OLED); б - смугова діаграма OLED;; с - типові вольт-амперні характеристики OLED [10]

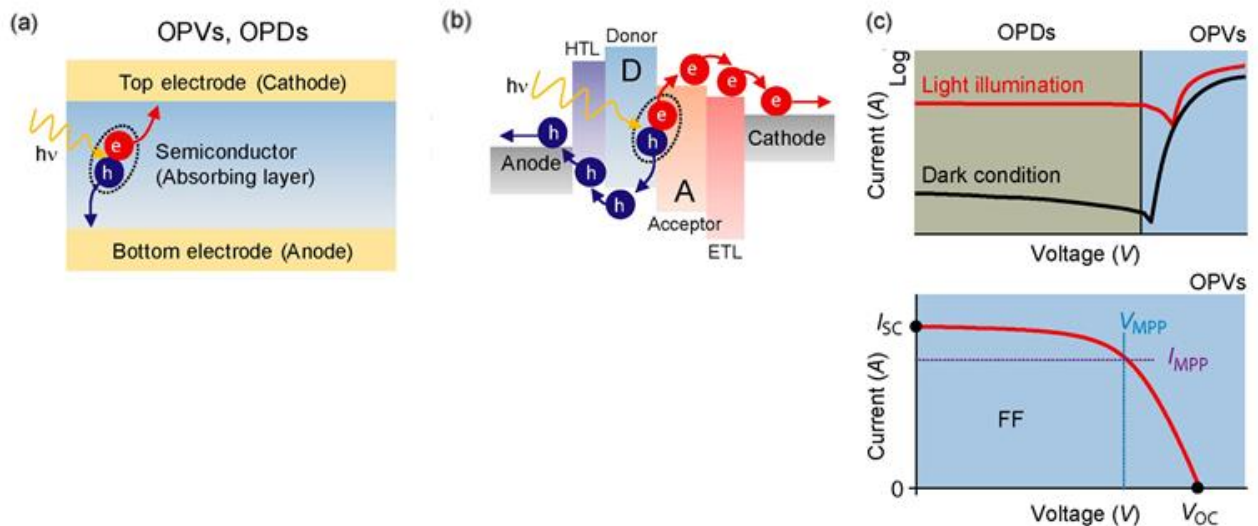


Рисунок 2.3 – Структура та електричні характеристики органічних фотодіодів: а - схема, що зображує структуру пристрою органічного фотодіода (OPD) і фотоелектричного (OPV); б - зонні діаграми OPD і OPV; с - типові вольт-амперні характеристики OPD (верхня) і OPV (нижня) [11]

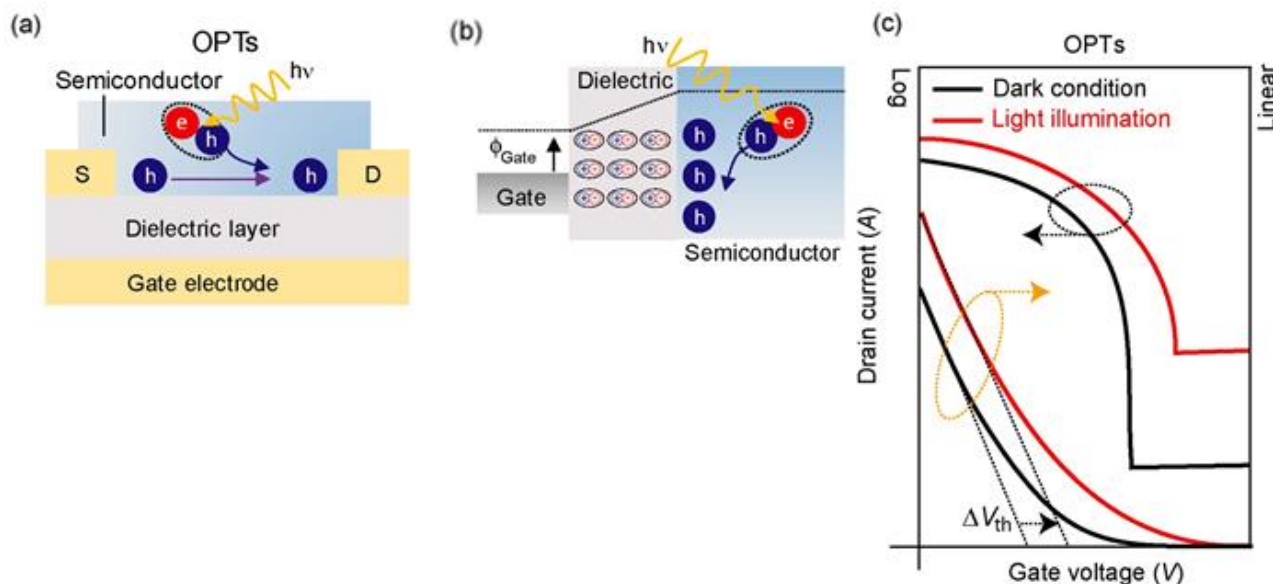


Рисунок 2.4 – Структура та електричні характеристики органічних фототранзисторів: а - схема, що зображує структуру органічного фототранзистора (OPT); б - зонна діаграма OPT; в - типові вольтамперні характеристики OPT [14]

Органічні фототранзистори (OPT) — це тип світлочутливих органічних польових транзисторів (OFET), які привернули все більшу увагу завдяки їх високій світлочутливості, високій прозорості, малій вазі та хорошій гнучкості/розтяжності. OPT можуть реагувати на ультрафіолетове (УФ), видиме, ближнє інфрачервоне [12] і навіть інфрачервоне [13] джерела світла чудовою генерацією фотоструму на основі властивостей активного шару. Традиційно OPT — це пристрої, що складаються з трьох кінцевих електродів (затвору, виток та сток), діелектричного шару та напівпровідникового шару, і мають ту саму структуру, що й звичайні TFT.

Для роботи р-типу TFT дірки накопичуються в каналному шарі, і кількість таких зарядів контролюється ємністю діелектричного шару під прикладеним зміщенням затвора. Тоді, залежно від різниці потенціалів між виводами виток та сток, струм тече від джерела до виводів сток. На відміну від звичайних TFT, світлочутливий напівпровідник використовується в каналному шарі OPT (рис. 2а). Коли немає світла, OPT працює так само, як і звичайний тонкоплівковий транзистори.

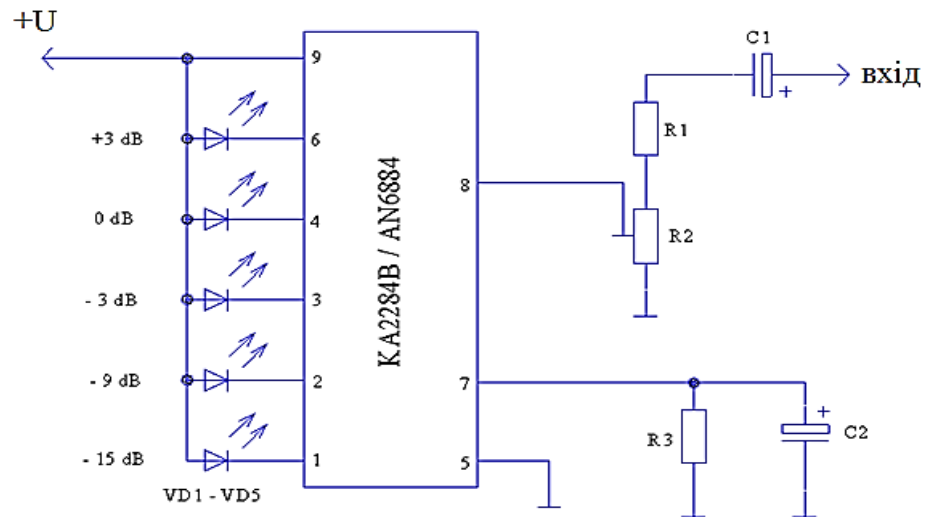


Рисунок 3.2 – Схема збірки індикатора KA2284/AN6884

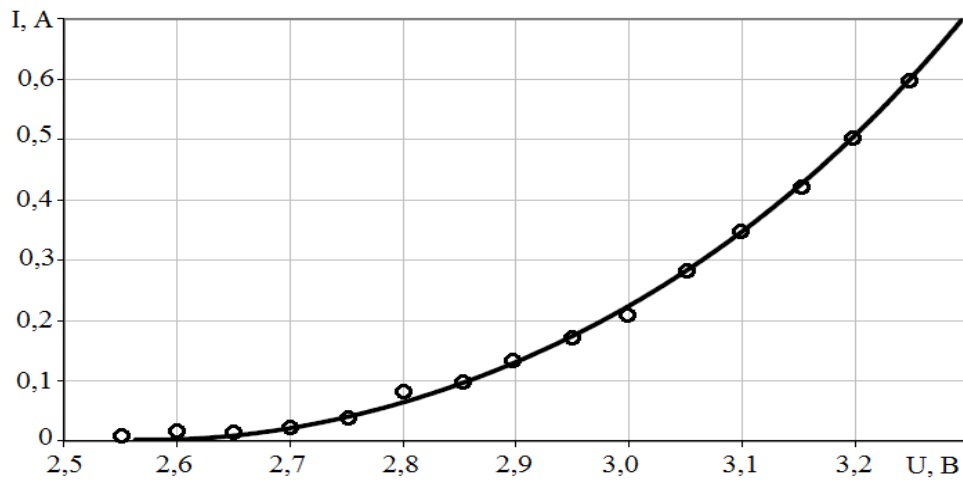


Рисунок 3.3 – Пряма гілка вольт-амперної характеристики електронного індикатора KA2284/AN6884

Сигнал не обов'язково повинен бути звуковим, але, оскільки шкала в цій мікросхемі логарифмічна, то вона найбільш підходить для індикації рівня звуку. У роботі досліджено вольт-амперну характеристику індикатора KA2284/AN6884. Отримано (рис.2.3), що при зростанні прямої напруги від 2,5 до 3,5 В сила струму збільшується від 0 до 0,7 А.

ВИСНОВКИ

1. У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра вивчені принципи функціонування і конструкції електронних пристроїв відображення інформації, у т.ч. оптоелектронних індикаторів; проведено вимірювання вольт-амперних характеристик цифрового індикатора та світлодіодів різних типоміналів, які входять до складу електронного блока індикатора.
2. Перетворення електричних сигналів у видиме зображення ґрунтується на явищах люмінесценції, газового розряду, зміни оптичних властивостей рідких кристалів, світлового випромінювання напівпровідниковими матеріалами. Вимоги до електронних визначаються особливостями зорового сприйняття інформації. Зображення на екрані монітора прийнято характеризувати контрастністю і роздільною здатністю, яскравістю і базовим кольором.
3. Показано, що індикаторні системи споживають малу потужність, дають гарну видимість зображення, мають низьку вартість споживають невелику потужність і мають «пам'ять», тобто зберігають кольорове зображення деякий час (хвилини) без споживання потужності.
4. Експериментально досліджено вольт-амперну характеристику індикатора КА2284/AN6884. Отримано, що при зростанні прямої напруги від 2,5 до 3,5 В сила струму збільшується від 0 до 0,7 А. Із характеру ВАХ видно, що її характер аналогічний ВАХ світловипромінюючих діодів, які входять до складу електричної схеми індикатора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Оптоелектронні напівпровідникові прилади. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/14966854/page:46/> (дата звернення: 02.05.2024).
2. Електронно-променева трубка. StudFiles. URL: <https://studfile.net/preview/7218606/page:22/> (дата звернення: 02.05.2024).
3. Матвієнко М.П. Основи електроніки: підручник. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 364 с.
4. Руденко В.С., Трифонюк В.В., Ромашко В.Я. Промислова електроніка: Підручник. – К.: Либідь, 1993. – 432 с.
5. Перетворювальна техніка / Ю.П.Гончаров, О.В. Будьонний, В.Г. Морозов / За ред. В.С.Руденка. – Ч.2. – Харків: Фоліо, 2000. – 360 с.
6. Перетворювальна техніка / Ю.П.Гончаров, О.В. Будьонний, В.Г. Морозов / За ред. В.С.Руденка. – Ч.2. – Харків: Фоліо, 2000. – 360 с.
7. Сенько Л.І., Ясінський В.В. Елементна база електронних пристроїв. – К. Обереги, 2000. – Т.1. – 300 с.
8. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
9. H.-W. Chen, J.-H. Lee, B.-Y. Lin, S. Chen, S.-T. Wu, Light Sci. Appl. 7 (2018), 17168–17168.
10. Y. Liu, C. Li, Z. Ren, S. Yan, M.R. Bryce, Nat. Rev. Mater. 3 (2018) 1–20.
11. S. Park, T. Kim, S. Yoon, C.W. Koh, H.Y. Woo, H.J. Son, Adv. Mater. (2020), 2002217 n/a.
12. Однодворець Л.В. Основи оптоелектроніки: конспект лекцій. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 44 с.
13. Бобицький Я.В., Матвіїшин Г.Л. Лазерні технології: навчальний посібник. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2015. – 320 с.
14. Колесник Ю.І., Кіпенський Ю.І. Елементи та пристрої квантової електроніки: навч. посібник. – Харків: НТУ «ХП», 2016. – 318 с.

15. Hjelme D.R., Mickelson A.R. On the theory of external cavity operated single-mode semiconductor lasers // IEEE J. –2017. –V. QE-23, № 6. – P.1000-1009.
16. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник у 4-х т. / Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В. та ін. – Харків: Фоліо, 2002. – Т. 2. Аналогові та імпульсні пристрої. – 510 с.