

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики

Кваліфікаційна робота бакалавра
**ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ДЛЯ ВІЗУАЛЬНОГО
ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

студента гр.ЕП-41

О.О. Подопригора

Науковий керівник,
д.ф.-м.н., професор

Л.В. Однодворець

Суми 2018

РЕФЕРАТ

Актуальність роботи полягає в широкому використанні пристроїв відображення інформації для виведення алфавітно-цифрової та графічної інформації, відображення довідкових даних по об'єктах контролю та управління технологічними процесами; які дозволяють отримувати інформацію у вигляді типу текстів, таблиць, рисунків, діаграм. Висока швидкодія більшості пристроїв відображення дозволяє використовувати їх у режимі реального часу.

Мета роботи полягала у вивченні фізичних принципів функціонування, конструктивно-технологічних особливостей, робочих параметрів і характеристик електронних пристроїв відображення інформації (індикаторів) та світловипромінюючих діодів як компонентів електронних систем.

Експериментально досліджено вольт-амперні характеристики індикаторів звукових сигналів КА2284/АН6884 і LM3915. Отримано, що при зростанні прямої напруги від 2,5 до 3,5 В сила струму збільшується від 0 до 0,7 А (КА2284/АН6884), при зростанні прямої напруги від 0 до 12,0 В сила струму збільшується від 0 до 30 мА. Проведено вимірювання і порівняння вольт-амперних характеристик світловипромінюючих діодів з різною довжиною хвиль випромінювання як компонентів електронних систем відображення інформації. Отримано, що для світлодіодів різного кольору світіння при зростанні величини прямого струму від 0,1 до 5,0 мА величина прямої напруги зростає в діапазоні від 1,3 до 3,0 В.

Робота викладена на 43 сторінках, містить 24 рисунки, 3 таблиці, список цитованої літератури із 16 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ, ЦИФРОВИЙ ІНДИКАТОР, ДИСПЛЕЙ, СВІТЛОДІОД, ЛЮМІНІСЦЕНЦІЯ.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ВСТУП..... | 5 |
| РОЗДІЛ 1 ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ І КОНСТРУКЦІЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ | 6 |
| 1.1 Електростатична електронно-променева трубка..... | 6 |
| 1.2. Отримання зображення на екрані електронно-променевої трубки | 8 |
| 1.3 Електронно-променеві трубки з електростатичним керуванням..... | 10 |
| 1.4. Електронно-променева трубка з магнітним керуванням | 12 |
| 1.5. Електронно-променева трубка для кольорового зображення | 15 |
| 1.6 Літерно-цифрові індикатори | 16 |
| 1.7 Дисплеї | 23 |
| РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ..... | 33 |
| 2.1 Схемотехнічне рішення та електричні параметри лабораторного стенду для вимірювання характеристик світлодіодів..... | 33 |
| 2.2 Результати вимірювань..... | 36 |
| ВИСНОВКИ | 41 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 42 |

ВСТУП

Пристрої відображення інформації (ПВІ) широко використовуються для виведення алфавітно-цифрової та графічної інформації, відображення довідкових даних по об'єктах контролю та управління технологічними процесами; дозволяють отримувати інформацію у вигляді типу текстів, таблиць, рисунків, діаграм [1 - 4]. Висока швидкодія більшості пристроїв відображення дозволяє використовувати їх у реальному масштабі часу.

У 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. У другому випадку інформація надається оператору з затримкою. За використанням символів поділ проводиться на алфавітно-цифрові, графічні та мнемонічні [5]. За конкретною технічною реалізацією поділ ПВІ ведеться на пристрої на основі: електронно-променевої трубок безпосереднього відображення; електронно-променевої трубок з проектуванням на екран; газорозрядних, електролюмінісцентних, квантових та інших пристроїв індикації. Швидкодія ПВІ характеризується швидкістю поновлення інформації на екрані, періодичністю зміни цієї інформації, часом накопичення даних для відображення кадру [6]. Спосіб відображення інформації характеризується методом кодування інформації, символікою та форматами даних. До параметрів зображення відносять яскравість, контрастність, роздільну здатність. Метод зв'язку з ЕОМ визначається інтерфейсом.

Мета роботи полягала у вивченні фізичних принципів функціонування, конструктивно-технологічних особливостей, робочих параметрів і характеристик електронних пристроїв відображення інформації (індикаторів) та світловипромінюючих діодів як компонентів електронних систем.

РОЗДІЛ 1

ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ І КОНСТРУКЦІЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИБОРІВ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Електростатична електронно-променева трубка

Електронно-променева трубка з фокусуванням і відхиленням променя електричним полем називається електростатичною трубкою (рис.1.1). Основні елементи ЕПТ: скляний балон, електронний прожектор, відхиляюча система та екран.

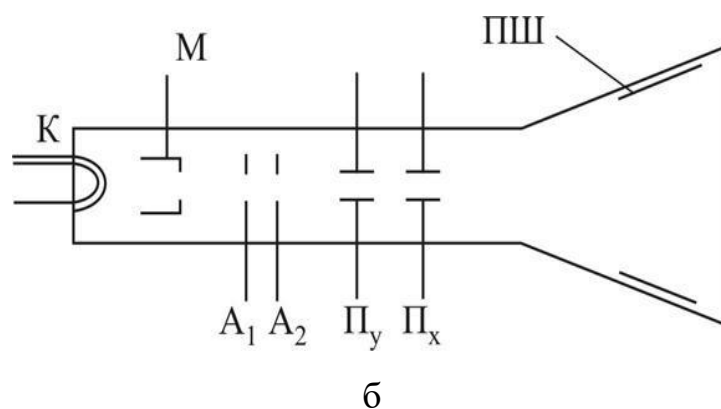
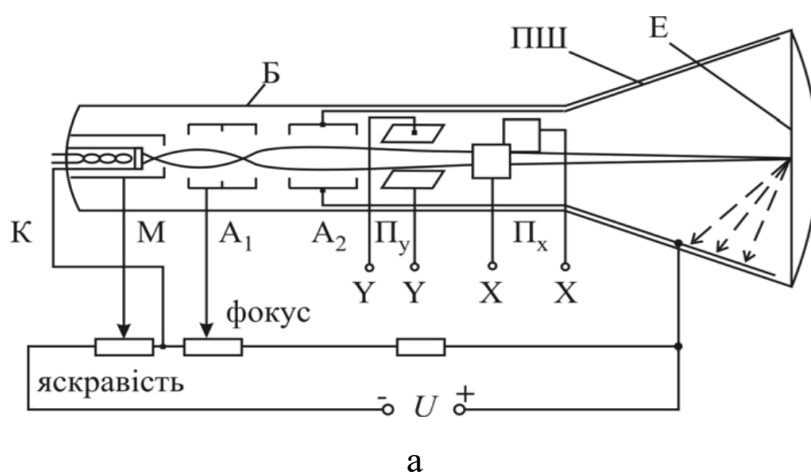


Рис.1.1. Принципова будова (а) і умовне позначення (б) електростатичної ЕПТ: К – катод; М – модулятор; A_1 , A_2 – перший і другий аноди; Π_y , Π_x – пластини вертикального і горизонтального відхилення променя; ПШ – провідний шар (аквадаг); Б – балон; Е – екран [2]

Потенціал на модуляторі нижчий порівняно з катодом і регулюється в межах від нуля до декількох десятків вольт. На аноди подаються позитивні напруги: декілька сотень вольт на перший і декілька кіловольт – на другий. Модулятор призначений для керування щільністю електронного потоку, а отже, і яскравістю світної плями на екрані Е електронно-променевої трубки та для попереднього фокусування променя.

Між модулятором і першим анодом створюється електричне поле, яке фокусує всі електрони, що вилітають з катода та проходять крізь отвір модулятора. Між першим і другим анодами створюється друга електростатична лінза. На відміну від першої – короткофокусної, вона є довгофокусною: її фокус розташований на осі ЕПТ у порожнині екрана Е.

Відхиляюча система призначена для спрямовування сфокусованого електронного променя в будь-яку точку екрана. Це досягається дією на електронний промінь поперечного електричного поля, створюваного двома парами відхиляючих пластин P_x і P_y . Напруга, підведена до них, наводить електричне поле, яке відхиляє електронний промінь у бік позитивно зарядженої пластини. Пластини P_y відхиляють промінь по вертикалі і називаються пластинами вертикального відхилення або Y-пластинами, а пластини P_x – пластинами горизонтального відхилення або X-пластинами [2-3].

Екран електронно-променевої трубки, призначений для перетворення електричних сигналів у світлові, покритий спеціальною речовиною – люмінофором, який світиться при потраплянні на нього сфокусованого потоку електронів. В якості люмінофорів використовуються сульфід цинку і цинку-кадмію, силікат цинку, вольфрамат кальцію і кадмію. Такі екрани називають люмінесцентними. На світіння люмінофора витрачається лише частина енергії електронного променя. Решта енергії передається електронам екрана Е, внаслідок чого виникає вторинна електронна емісія з поверхні екрана. Вторинні електрони притягуються провідним шаром ПШ, розташованим на внутрішній поверхні балона. Провідний шар ПШ звичайно буває графітовим, називається, як уже зазначалось, аквадагом і з'єднується з другим анодом A_2 .

1.2. Отримання зображення на екрані електронно-променевої трубки

Механізм отримання зображення на екрані ЕПТ базується на тому, що пластини горизонтального відхилення променя дають його часову розгортку. Це досягається завдяки ГЛН. При лінійному зростанні напруги (рис. 1.2, а, ділянка АБ) переміщення світлової точки по екрану буде прямо пропорційно часу. Потім напруга розгортки U_p стрімко падає до початкового значення (ділянка БВ) і світлова точка майже миттєво повертається у початковий стан. Око цього не помічає [1]. Далі цикл зміни світлового променя повторюється. Світлова лінія на екрані, яка утворюється цією напругою, являє собою вісь часу. Далі, залежно від того, як подається напруга на пластини вертикального відхилення променя (безперервно, дискретно, з пересуванням осі часу та ще будь-як), 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. 1.2, 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. 1.2, в).

Для отримання нерухомого зображення на екрані необхідно, щоб при кожному переміщенні променя вздовж лінії розгортки на нього діяли, кожен раз в одних і тих же точках розгортки, однакові напруги на Y-пластини.

Повний збіг окремих зображень, що повторюються, буде в тому випадку, коли період розгортки буде дорівнювати цілому числу N періодів досліджуваної напруги, тобто $T_p = N \cdot T_c$, де T_c – період сигналу, N – кількість періодів напруги. Ця умова називається синхронізацією періоду напруги розгортки з періодом досліджуваного сигналу.

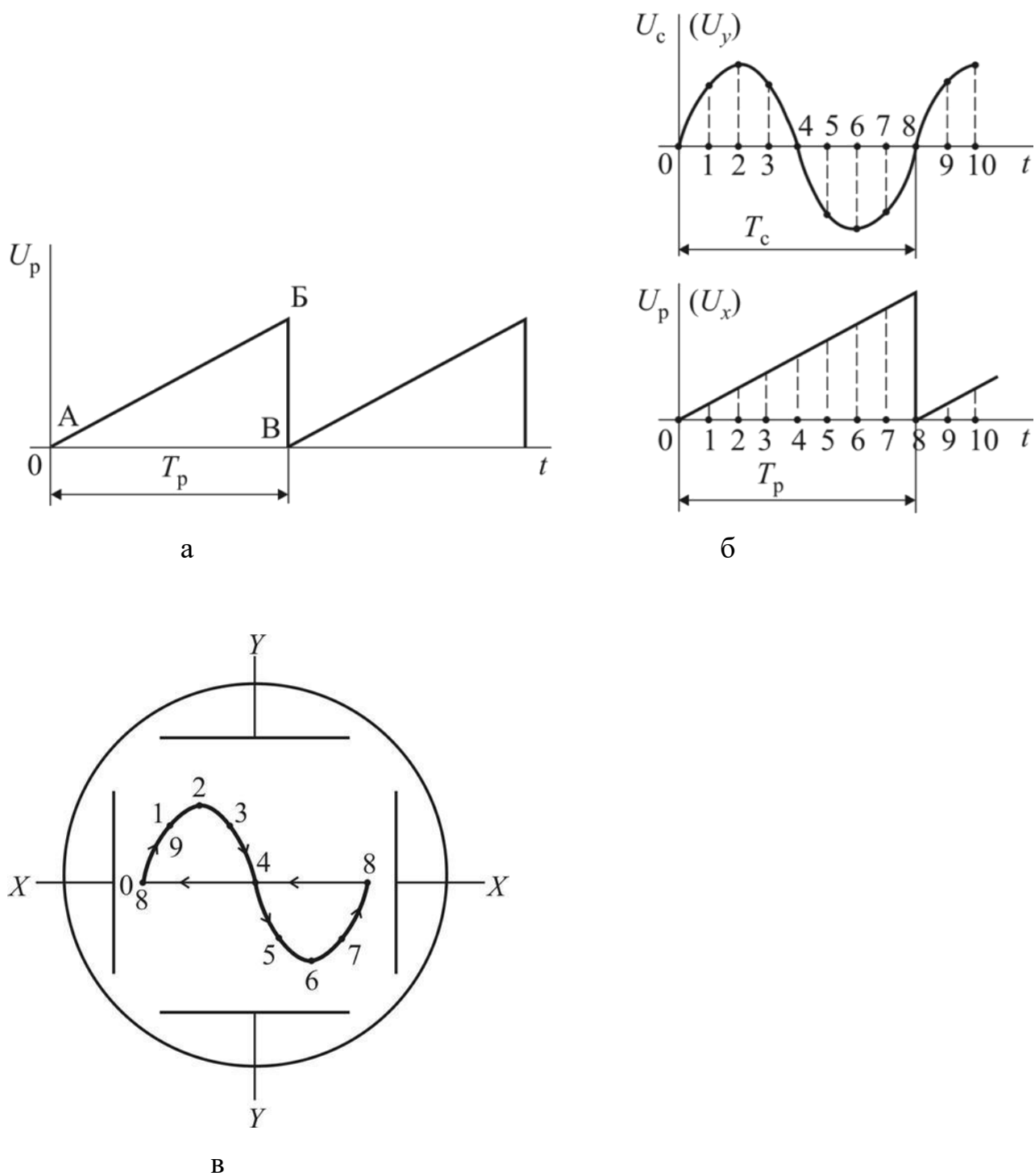


Рис.1.2. Принцип отримання осцилограми досліджуваної синусоїдальної напруги: а – пилоподібна напруга розгортки; б – напруга на вертикальних U_c і горизонтальних U_p пластинах; в – переміщення променя на екрані [1]

1.3 Електронно-променеві трубки з електростатичним керуванням

Електронно-променеві трубки з електростатичним керуванням забезпечують більш високі частотні властивості, тому їх широко використовують як індикатори електронних осцилографів.

Конструкція ЕПТ з електростатичним керуванням приведена на рис.1.3,*a*. Вона являє собою скляну колбу, у вузькій частині якої розташовані електронний прожектор (ЕП), відхильна система (ВС). У торцевій частині колби знаходиться екран (Е), вкритий спеціальною речовиною — люмінофором, який здатний світитися при бомбардуванні електронним пучком. Електронний прожектор складається з підігрівної нитки розжарення (Н), катода (К), модулятора (М) та двох анодів (A_1 та A_2).

Електрони, що покинули катод, утворюють електронну хмару, яка під дією поля анодів рухається у бік екрана, формуючись в електронний пучок. Цей пучок проходить модулятор, виконаний у вигляді циліндра, в діафрагмі якого зроблений отвір. До модулятора прикладається негативна відносно катода напруга у декілька десятків вольт. Ця напруга створює гальмуюче поле, яке попередньо фокусує електронний пучок та змінює яскравість свічення екрану. На перший анод A_1 подається позитивна відносно катода напруга в декілька сотень вольт, а на другий A_2 — в декілька тисяч вольт. Перший та другий аноди правлять для прискорення та фокусування електронного пучка. Значення напруги для аноду A_2 обирають з умови встановлення фокусу другої електростатичної лінзи в площині екрану.

Характер електростатичних полів, діючих між електродами, залежить від співвідношення їх потенціалів. При цьому слід нагадати, що електрони прагнуть рухатись перпендикулярно еквіпотенціальним поверхням, які показані на рис. 1.3, *a* дужками. Фокусування електронного пучка на екрані здійснюється зміною потенціалу першого анода A_1 . При цьому відбувається деяка зміна полів між відповідними електродами та змінюється траєкторія руху пучка.

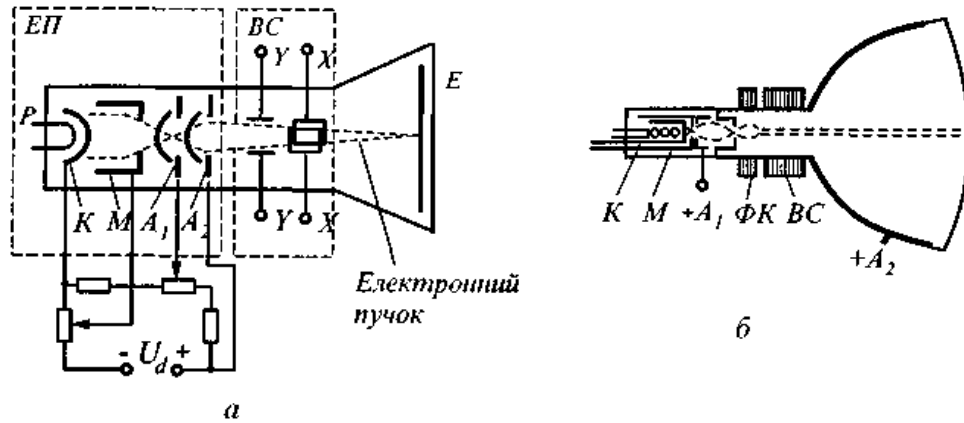


Рис. 1.3. Структурна схема електронно-променевої трубки (а) та умовне позначення (б) [3]

З рис. 1.3, а видно, що між модулятором та першим анодом A_1 є точка першого схрещення. Ця точка проектується на екран. Відхиляюча система ЕПТ складається з двох пар взаємно перпендикулярних пластин, які розташовані симетрично відносно осі колби. Напруга, що прикладається до пластин, скривлює траєкторію електронного пучка, викликаючи тим самим відхилення світлової плями на екрані.

При використанні ЕПТ в осцилографі основними є два наступні режими роботи. В першому режимі на вертикальні пластини подається напруга, пропорційна сигналу, що досліджується, а на горизонтальні — напруга генератора розгортки, яка змінюється з часом по лінійному закону з миттєвими скидами в нуль (пилкоподібна напруга). На екрані при цьому спостерігається осцилограма — графік сигналу, що досліджується у функції часу. У другому режимі на обидві системи пластин подаються напруги, пропорційні сигналам, що досліджуються $x(t)$ та $y(t)$, і на екрані спостерігається траєкторія відображуваної точки у площині координат x, y (фігура Лісажу). Спостереження можливо дякуючи післясвіченню, що виявляється в тому, що покриття екрану, збуджене в точках, які бомбардуються електронами, світиться деякий час після того, як промінь пересунувся. Тривалість післясвічення — від одиниць мікросекунд до

десятків секунд. Значення відхилення h_e прямо пропорційно напрузі U_{BC} на пластинах BC та обернено пропорційно напрузі U_{A2} на другому аноді, тобто

$$h_e = k l U_{BC} / U_{A2}, \quad (1)$$

де $k l$ — коефіцієнт пропорційності; $k l = R l / 2 d$; R — відстань від пластин до екрану; l — довжина пластин; d — відстань між пластинами.

Чутливість S_e трубки з електростатичним керуванням показує відхилення електронного пучка, яке припадає на 1В відхильної напруги $S_e = h / U_{BC}$. Підвищення анодної напруги знижує чутливість трубки.

1.4. Електронно-променева трубка з магнітним керуванням

Будова ЕПТ з магнітним фокусуванням і магнітним відхиленням променя показана на рис. 1.4, а. Електронна пушка складається з катода K , модулятора M та двох анодів A_1 і A_2 . Анод A_2 з'єднаний всередині балона B з провідним шаром ПШ – аквадагом. До фокусувальної котушки $ФК$ підводиться постійна напруга, внаслідок чого крізь неї проходить постійний струм, який утворює навколо котушки неоднорідне магнітне поле. Система відхилення променя по вертикалі і по горизонталі складається з двох пар відхиляючих котушок $ВК$, розташованих перпендикулярно одна до одної та до осі трубки (рис. 1.5, а). При магнітному керуванні чутливість до відхилення променя менше залежить від значення напруги прискорення, ніж при електростатичному. Внаслідок цього в ЕПТ з магнітним керуванням вдається отримати кут відхилення до 57° , а відповідно, більше відхилення при невеликій довжині трубки. Електронно-променева трубка з магнітним керуванням (рис. 1.3,б), як і ЕПТ з електростатичним керуванням, включає в себе ЕП та ВС. Конструкція ЕП обох трубок аналогічні. Попереднє фокусування електронного пучка в трубці з магнітним керуванням також здійснюється двома електростатичними лінзами, які утворені відповідно електричними полями між модулятором та першим анодом і між першим та другим анодами. В функції першого анода, який називається іноді прискорюючим електродом, додатково входить екранування модулятора від другого анода,

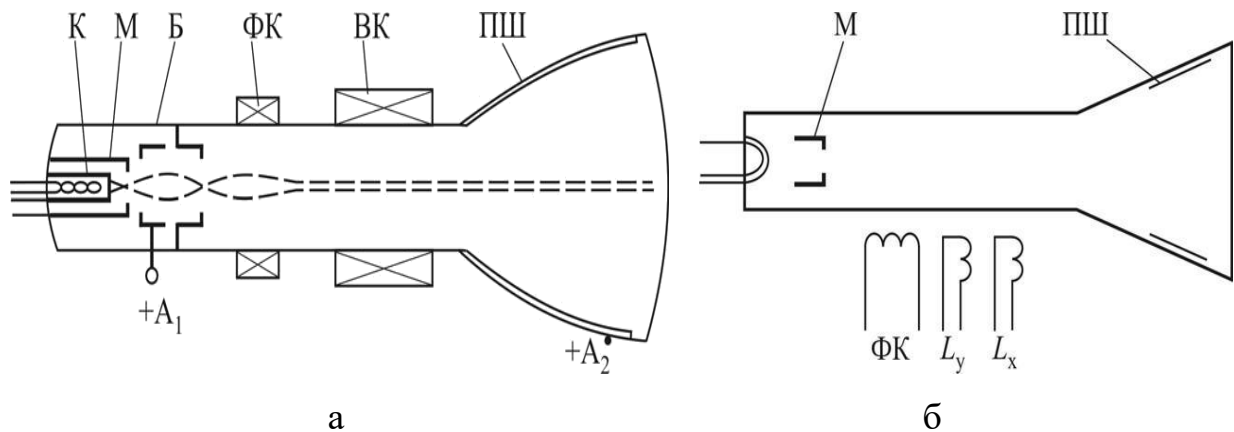


Рис.1.4. Принципова будова (а) і умовне позначення (б) ЕПТ з магнітним керуванням: К – катод; М – модулятор; A_1 , A_2 – перший і другий аноди ; ФК – фокусуєча котушка; ВК – відхиляючі котушки; ПШ – провідний шар; Б – балон. Із роботи [3]

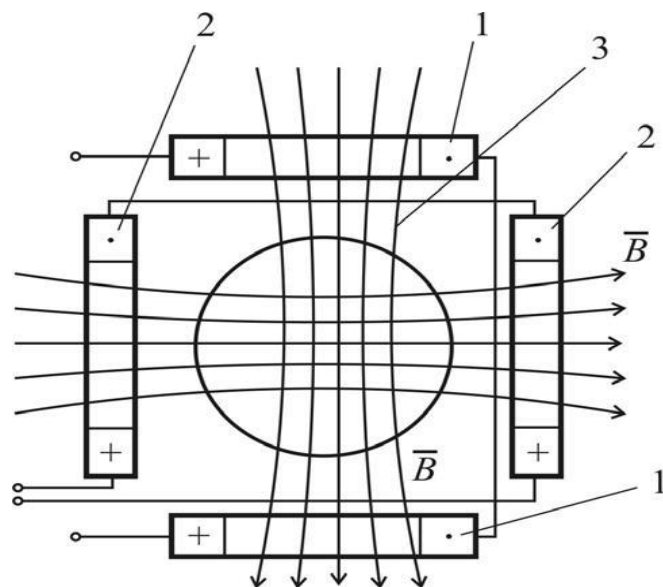


Рис. 1.5. Відхиляюча система променя ЕПТ: 1 – котушки горизонтального відхилення L_x ; 2 – котушки вертикального відхилення L_y ; 3 – силові лінії магнітного поля. Із роботи [3]

що майже повністю виключає залежність яскравості свічення екрану від напруги другого анода. В середині ЕПТ є ще один електрод з екрануючим покриттям з металу чи графіту (аквадаг), з'єднаний електрично з другим анодом. Покриття необхідне для екранування відхильних пластин та відводу вторинних електронів, що вибиваються з екрану електронним пучком. Основне фокусування електронного пучка робиться неоднорідним магнітним полем — фокуруючою котушкою (ФК), яка конструктивно розташована на горловині колби ЕПТ. Це поле, яке виникає при протіканні по ФК постійного струму, надає електронам обертовий рух навколо осі пучка, фокусуючи його в площині екрану.

Магнітна ВС містить дві пари послідовно ввімкнених взаємно перпендикулярних обмоток, конструктивно виконаних у вигляді єдиного блоку. Результируюче *поле*, утворене цими обмотками, примушує електрони рухатися по колу, радіус якого обернено пропорційний напруженості магнітного поля. Залишаючи поле, електрони рухаються по дотичній до первинної траєкторії, відхиляючись від геометричної осі колби. Значення одержаного таким чином відхилення h_m прямо пропорційне напруженості H_{BC} поля ФК та обернено пропорційне кореню квадратному з напруги U_{A2} на другому аноді, тобто

$$h_m = k2H_{BC}/\sqrt{U_{A2}} \quad (2)$$

Порівнюючи вирази (1) та (2), можна зробити висновок, що відхилення електронного пучка в ЕПТ з магнітним керуванням менше залежить від значення прискорюючої напруги на аноді A_2 , ніж відхилення пучка в ЕПТ з електростатичним керуванням. Тому при заданому значенні напруги на другому аноді ЕПТ з магнітним керуванням забезпечує більший кут відхилення електронного пучка, ніж ЕПТ з електростатичним керуванням, що дозволяє значно зменшити її розміри. Типове значення максимального кута відхилення в ЕПТ з магнітним керуванням складає 110° , а в ЕПТ з електростатичним керуванням не перевищує 30° . Відповідно при заданих значеннях відхилення електронного пучка

ЕПТ з магнітним керуванням працює з більшими значеннями напруги другого анода, ніж ЕПТ з електростатичним керуванням, що дозволяє підвищити яскравість одержаного зображення.

До сказаного слід додати, що ЕПТ з магнітним керуванням забезпечують краще фокусування електронного пучка, а отже, і кращу якість зображення, що і визначило широке розповсюдження їх як індикаторних пристроїв дисплеїв ЕОМ. Розглянуті ЕПТ забезпечують монохроматичний режим відображення інформації. Зараз все більше розповсюдження знаходять ЕПТ з кольоровим зображенням.

1.5. Електронно-променева трубка для кольорового зображення

Екрани електронно-променевої трубки, які застосовуються для отримання кольорового зображення, містять зерна люмінофорів з синім, червоним і зеленим світінням – тріади, розташовані у певному порядку (рис. 1.6). Усередині горловини трубки знаходяться три автономні електронні прожектори, встановлені так, що їхні електронні пучки сходяться на певній відстані від екрана. У порожнині перерізу променів розташована тіньова маска, що являє собою тонкий металевий лист злегка увігнутої форми, в якому зроблено дуже багато (~ 1 млн.) круглих отворів малого діаметра (частки міліметра) [2].

Пройшовши крізь отвори маски, електронні пучки розходяться. Відстань між маскою та екраном підібрана такою, що після проходження отворів маски електрони кожного пучка потрапляють на елементи екрану, які люмінесціюють відповідним кольором. Через малі розміри елементів екрану, що світяться, око людини вже на невеликому віддаленні не здатне розрізнити їх і сприймає сумарне свічення усіх комірок, інтегральні кольори яких залежать від інтенсивності електронного пучка ЕП. Якщо на модулятори усіх трьох ЕП подати однакові напруги, світові елементи екрану будуть світитися однаково і результируючий колір буде сприйматися як білий. При синхронній зміні напруги на модуляторах

яскравість білого кольору змінюється. Отже, якщо подавати на модулятори однакові напруги, можна одержати всі градації світіння екрану — від яскраво-білого до чорного. Таким чином, кольорові кінескопи можуть без спотворень відтворити і чорно-біле зображення.

Маркування ЕПТ складається з чотирьох елементів. Перший елемент — число, яке показує діаметр або діагональ екрану (см); другий показує тип відхилюючої системи: ЛО — електростатичне відхилення; ЛМ — електромагнітне відхилення; третій — число, яке характеризує модель трубки; четвертий — літера, яка показує колір світіння екрану трубки: А — синій; В — білий; И — зелений; М — блакитний; П — червоний. Наприклад: 6ЛО38И.

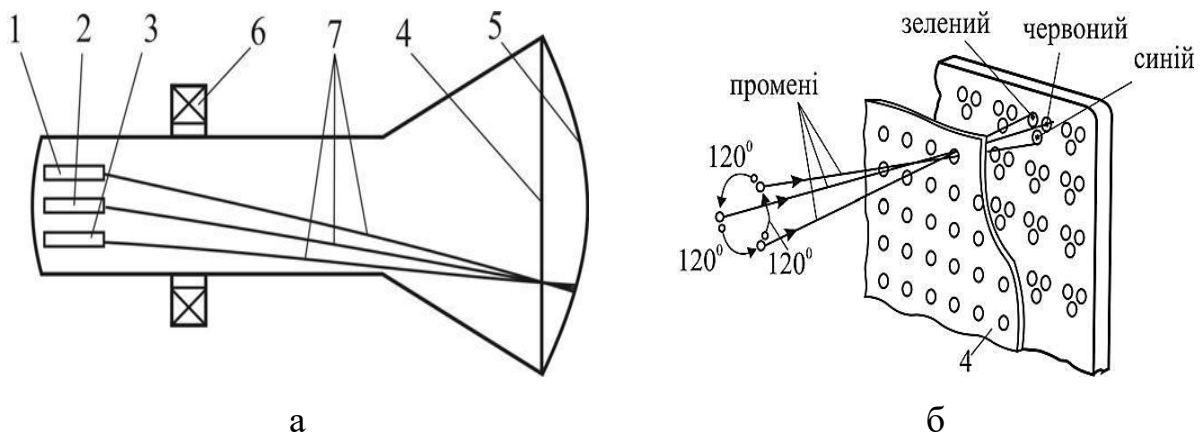


Рис.1.6. Кольоровий кінескоп: а – схематична будова; б – елемент тіньової маски та екран; 1, 2, 3 – електронний прожектор для отримання відповідно червоного, зеленого і синього кольорів; 4 – тіньова маска; 5 – екран; 6 – відхиляюча система; 7 – електронні промені. Із роботи [5]

1.6 Літерно-цифрові індикатори

У пристроях відображення інформації, поряд з електронно-променевими трубками, знаходять широке застосування різноманітні літерно-цифрові індикатори, побудовані на різній фізичній основі.

Перше покоління індикаторних приладів характеризується невеликим числом фізичних явищ, що використовуються, відносно низькими значеннями

ККД і яскравості, великими габаритами, однокольоровістю, великою керуючою напругою. Представниками цього покоління є газорозрядні і вакуумні розжарювальні та електролюмінесцентні індикатори. До другого покоління індикаторних приладів можна віднести напівпровідникові і рідкокристалічні індикатори, а також багаторозрядні люмінесцентні та плазмові монодисплеї [5]. Ці прилади характеризуються високою яскравістю світіння, економічністю, підвищеною інформаційною ємністю, багатокольоровістю. Літерно-цифрові газорозрядні індикатори є іонними приладами тліючого розряду, в яких світіння газу в процесі іонізації використовується для оптичної індикації сигналів, що відображаються.

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. 1.7, 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.

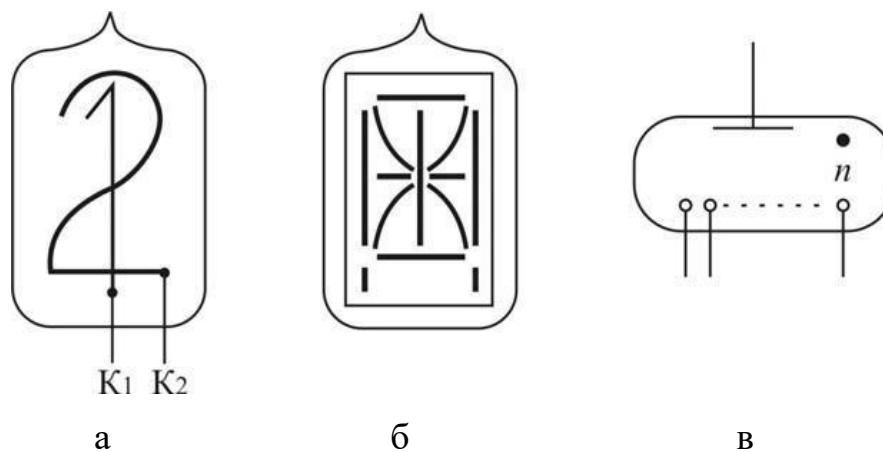


Рис.1.7. Варіанти пристрою (а, б) і умовне графічне позначення (в) знакового індикатора тліючого розряду. Із роботи [6]

При подаванні напруги між анодом та одним з катодів виникає світіння газу (біля катоду), тобто видно знак, який світиться. Товщина лінії, що світиться, дорівнює приблизно 1-2 мм. Світіння спостерігається через прозорий балон приладу. Випускаються також аналогічні індикатори з так званими

сегментними катодами, що синтезують зображення (рис. 1.7, 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.

Знакові розжарювальні вакуумні індикатори. Знакові розжарювальні вакуумні індикатори дають синтезоване зображення у вигляді цифр або букв, яке складається з розжарювальних дротиків (рис.1.8). У балоні з вакуумом на теплостійкій ізоляційній платі розміщено вольфрамові дротики (волоски розжарювання). Один вивід у них робиться спільним [5]. Підключення до джерела розжарювання тої або іншої комбінації дротиків дає зображення цифри або букви, яке світиться. Світіння жовтого кольору відповідає робочій температурі біля 1200 °С. Довговічність знакових розжарювальних вакуумних індикаторів становить десятки тисяч годин.

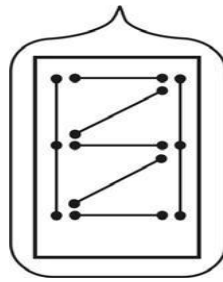


Рис.1.8. Знаковий розжарювальний вакуумний індикатор [6]

Вакуумні люмінесцентні індикатори. Вакуумні люмінесцентні індикатори – це багатоанодні тріоди, які мають оксидний катод прямого розжарювання, сітку та аноди-сегменти, покриті люмінофором (рис. 1.9). 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. Всередині балона 5 послідовно один до одного розташовані (рис. 1.9, 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.

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 електролюмінесцентного індикатоконденсатор (рис. 1.10). На металевий електрод 4 нанесено шар діелектрика 3 органічної смоли з люмінесцентним порошком, основу якого становить сульфід або селенід цинку. Додавання до люмінофора активаторів дозволяє отримати світіння різного кольору. Зверху люмінесцентний шар покритий електропровідною прозорою плівкою 2. Для захисту від зовнішніх впливів служить скляна пластинка 1. Якщо до електродів 2 і 4 прикласти змінну напругу, то під дією електричного поля в шарі 3 виникне світіння. Прозорий електрод 2 зазвичай виготовляється з окису олова і є суцільним, а електрод 4 має форму цифр, букв або сегментів для формування синтезованих знаків. Електрод 4 може бути растровим, тобто складатися з ряду смуг, або матричним – з великою кількістю точкових елементів.

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 електролюмінесцентні 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 [8].

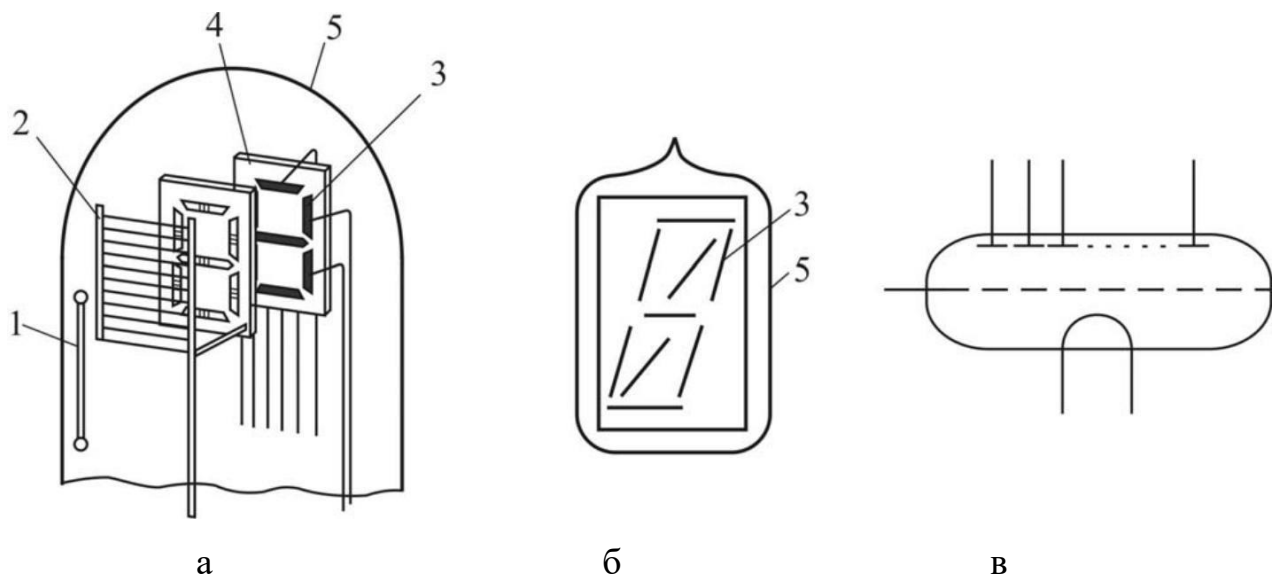


Рис.1.9. Вакуумний люмінесцентний індикатор [7]: а – конструктивна схема; б – вигляд балона з анодами; в – умовне позначення: 1 – катод прямого накаливання; 2 – сітка; 3 – анод; 4 – керамічна пластина; 5 – балон

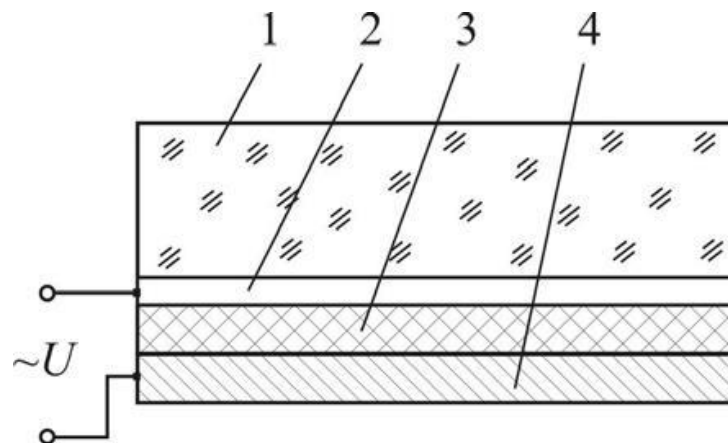


Рис.1.10. Принципова будова електролюмінесцентного індикатора [7]: 1 – скляна пластина; 2 – електропровідна прозора плівка; 3 – діелектрик; 4 – металевий електрод

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. 1.11). При температурі 15–70 °С під дією електричного поля орієнтація молекул стає упорядкованою (рис. 1.10, б), а в речовині виникає ефект динамічного розсіювання світла (як такого, що проходить крізь речовину, так і відображеного).

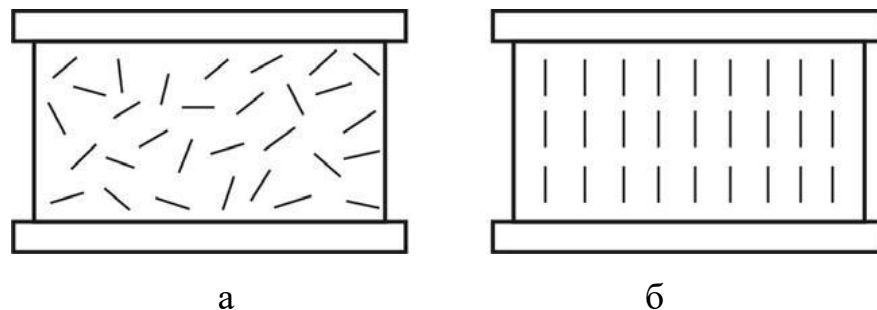


Рис.1.11. Рідкокристалічна комірка: а – неупорядкована структура без поля; б – упорядкована структура при наявності електричного. Із роботи [7]

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. 1.12) 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.

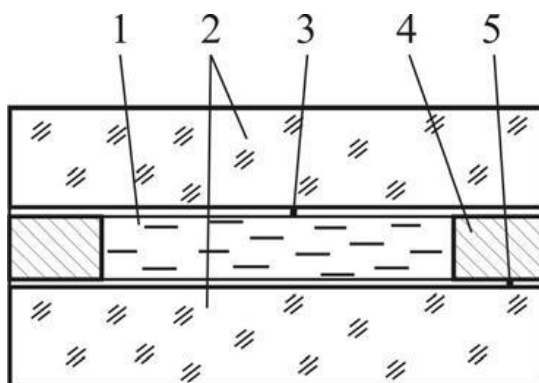


Рис.1.12. Конструкція елементарної рідкокристалічної комірки (індикатора): 1 – рідинний кристал; 2 – скляні пластини; 3 – прозорий електрод; 4 – ізоляційна прокладка; 5 – прозорий або відбивний електрод. Із роботи [7]

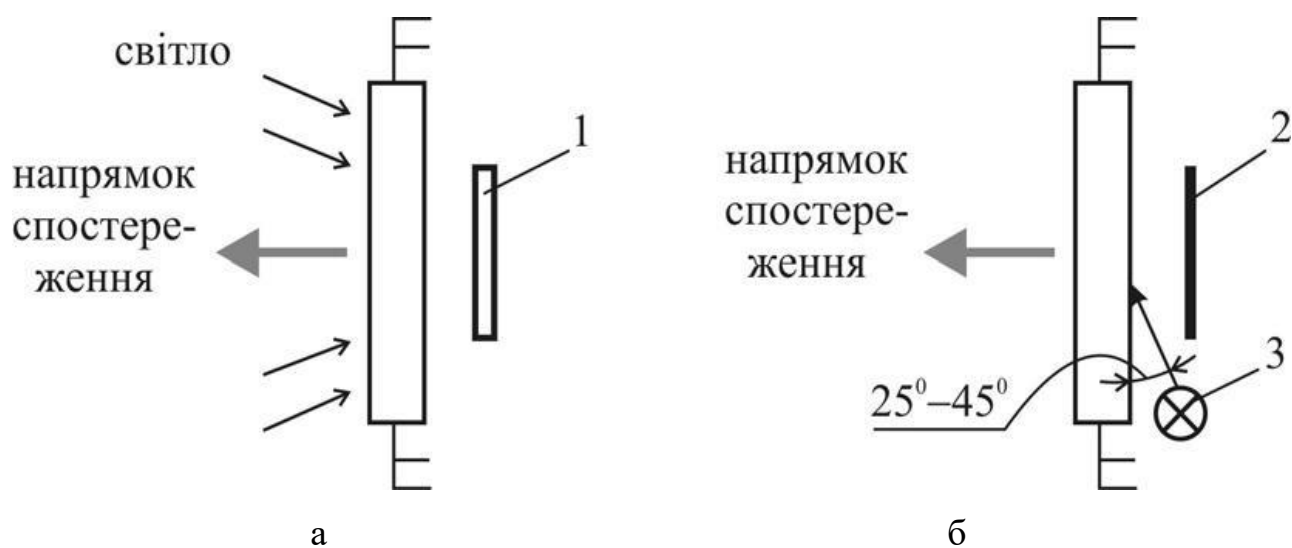


Рис.1.13. Схеми , що ілюструють роботу рідкокристалічної комірки: а – на відбиття світла; б – на пропускання світла: 1 – дзеркальна пластина; 2 – матово-чорна пластина; 3 – освітлювальна лампа. Із роботи [7]

Джерела світла, необхідні для роботи індикаторів на рідких кристалах, можна розташовувати як перед ними, так і позаду них. У першому випадку позаду цифрових сегментів встановлюють дзеркальну пластину (рис. 1.13, а), світло відбивається від неї і проходить крізь сегменти, прозорість яких залежить від значення сили струму, що пропускається крізь них. При роботі індикатора у відбивних променях як джерело світла можна використовувати навколишнє освітлення. У другому випадку джерело світла (мініатюрні лампи розжарювання або люмінесцентні випромінювачі) розташовують так, як показано на рис. 1.13, б. Замість дзеркальної пластини береться матово-чорна. Індикатор працює в світлі, що проходить. При використанні відповідних фільтрів можна отримати кольорове зображення тих або інших знаків.

1.7 Дисплеї

Дисплеї – це кінцеві пристрої інформаційних систем, що служать для візуального відображення інформації і зв'язку людини з ЕОМ. Дисплеї можна поділити на дві групи: ті, що випромінюють світло та ті, що його модулюють. Світловипромінювальний дисплей повинен давати світіння достатньої яскравості. Можна виділити такі типи світловипромінювальних дисплеїв: електронно-променеві дисплеї, що використовують електронно-променеві трубки; - дисплеї на світловипромінювальних діодах, що, як правило, мають невеликі (декілька сантиметрів) лінійні розміри і низьку (не більше 5 В) напругу живлення; - дисплеї на газорозрядних елементах (плазмові дисплеї), які мають дві взаємно перпендикулярні системи електродів у вигляді провідних смуг. Між електродами міститься інертний газ – неон, ксенон або суміш газів. Такі системи називають газорозрядними індикаторними панелями; електролюмінесцентні дисплеї, які складені з електролюмінесцентних індикаторів [9].

Основні типи світломодулюючих дисплеїв:

- рідкокристалічні дисплеї споживають малу потужність, дають гарну видимість зображення, мають низьку вартість;

- електрохромні дисплеї засновані на використанні електрохромного ефекту, який полягає в тому, що деякі речовини, наприклад, триоксид вольфраму WO_3 , під дією електричного поля або при проходженні струму змінюють свій колір. При подаванні напруги 0,5 - 1,5 В плівка WO_3 набуває синього кольору, а при зміні полярності напруги – початкового кольору [10, 12]. Ці дисплеї споживають невелику потужність і мають “пам’ять”, тобто зберігають кольорове зображення деякий час (хвилини) без споживання потужності;

- електрофорезні дисплеї базуються на явищі електрофорезу: під дією електричного поля в рідині пересуваються завислі частинки, наприклад частинки пігменту в фарбованій рідині, притягуючись або відштовхуючись до електрода залежно від знаку потенціалу. Рідина обирається з гарними діелектричними властивостями для зменшення споживаного струму. Пігмент повинен мати колір, що різко відрізняється від кольору рідини. Напруга для такого дисплея становить десятки вольт. Серед світломодуючих дисплеїв одним з найбільш перспективних є плазмовий дисплей на газорозрядних елементах.

Багаторозрядні плазмові дисплеї панельного типу. Електронна частина багаторозрядних плазмових дисплеїв панельного типу створена двома металічними решітками (електродами), які закріплюються на прозорих скляних пластинах і формують зображення (рис. 1.14). Пластини потім зварюються по контуру, а створена плоска посудина вакуумується, заповнюється інертним газом (неоном, ксеноном або сумішшю газів) і герметизується. Екран дисплея являє собою керамічну мозаїчну пластину, в якій зроблено багато отворів, що утворюють ізольовані один від одного розрядні проміжки. Плоска конструкція дисплея (його товщина не перевищує декількох міліметрів) дозволяє будувати на їхній основі матричні екрани (плазмові панелі), які містять не менше 10^4 - 10^5 елементарних газорозрядних комірок при роздільній здатності 10 - 20 лін/см. На екрані можуть висвічуватися різні символи і цілі картини. Високочастотний екран живиться двома збуджуючими напругами від генераторів G1 і G2: синусоїдною опорною з частотою в декілька кілогерц, яка підтримує розряд, і

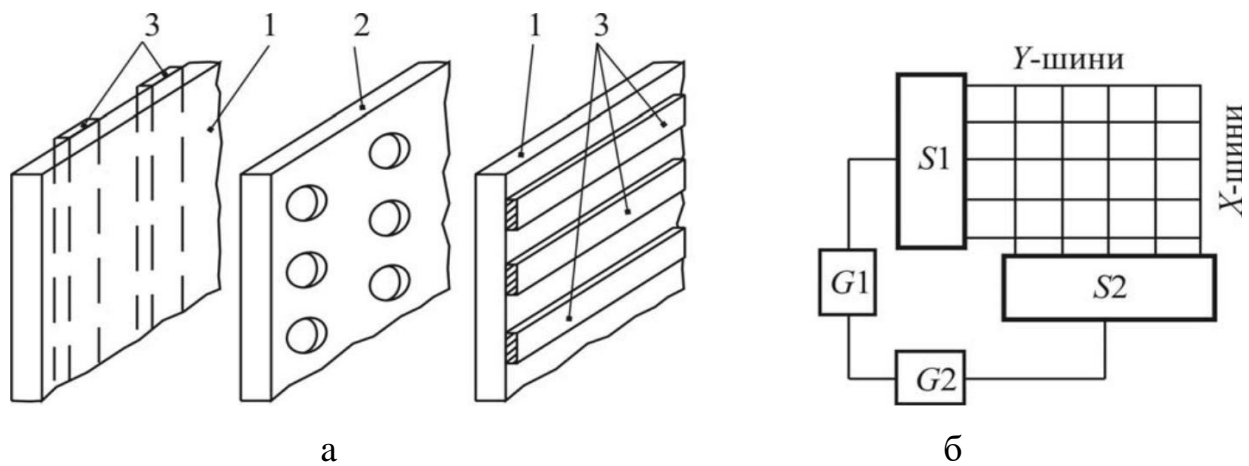


Рис.1.14. Основні конструктивні елементи (а) і схема пристрою керування (б) плазмового дисплея панельного типу: 1 – скляні пластини; 2 – центральна мозаїчна пластина; 3 – електроди; S1, S2 – комутатори; G1 – генератор підтримуючої напруги; G2 – генератор “пишучих” (“стираючих”) імпульсів. Із роботи [10]

записуючою (або стираючою) у вигляді коротких прямокутних імпульсів, що “підпалюють” ту або іншу комірку (рис. 1.14, б).

Напруги, що виробляються генераторами, підводяться до відповідних шин панелі через спеціальні комутатори S1 і S2, які дозволяють керувати зображенням, що формується на екрані. Пристрої керування плазмовим дисплеєм звичайно збираються на інтегральних мікросхемах і монтуються на задньому боці панелі [11, 12].

Рідкокристалічні індикатори є економічними. Струм, що споживається для відтворення одного знаку, не перевищує 1 мкА. Довговічність індикаторів досягає десятків тисяч годин. Для отримання кольорового зображення виготовляється прозора панель, кожний шар якої генерує світіння певного кольору (звичайно червоного, зеленого та синього), а потрібна кольоровість забезпечується керуванням яскравістю світіння відповідного шару. Так, неон дає помаранчеве свічення. Іноді на підкладку, на якій розташовані електроди, наносять люмінофор, що дає світіння іншого кольору. Живлення цих дисплеїв можна здійснювати постійним або змінним струмом.

Світловипромінювальний діод (світлодіод) — напівпровідниковий пристрій, який випромінює некогерентне світло при пропусканні через нього електричного струму (ефект, відомий як електролюмінесценція).

Випромінюване світло традиційних світлодіодів лежить у вузькій ділянці спектру, а його колір залежить від хімічного складу використаного у світлодіоді напівпровідника. Світлодіоди – це малоінерційні напівпровідникові джерела випромінювання, які працюють при прямій напрузі.

Матеріали для світлодіодів повинні мати ширину забороненої зони більше 1,7 еВ. Германій і кремній непригодні для цього, оскільки ширина забороненої зони у них набагато менша. Для сучасних світлодіодів застосовують головним чином фосфід галія GaP та карбід кремнію SiC, а також тверді розчини - GaAlAs, GaAsP. Внесення в напівпровідник фосфору дозволяє одержувати світіння різних кольорів.

Крім світлодіодів, які дають видиме світіння, випускаються світлодіоди інфрачервоного випромінювання (ІЧВ) із арсеніду галія GaAs. Їх застосовують у фотореле, різноманітних сенсорах, вони входять до складу оптронів. Існують світлодіоди змінного кольору з двома світло-випромінювальними переходами, один із яких має максимум спектральної характеристики в червоній частині спектра, а друга - в зеленій. Колір світіння такого світлодіода залежить від співвідношення струмів через переходи.

Основними параметрами світлодіодів є: яскравість - відношення сили світла до площини поверхні, яка світиться (10 - 1000 Кд на см²); постійна пряма напруга (2 - 3 В); колір світіння та довжина хвилі, які відповідають максимальному світловому потоку; максимальний постійний прямий струм (1 - 10 мА); діапазон температур навколишнього середовища, при яких світлодіод може нормально працювати (-60 - +70°C); швидкодія (10⁻⁸ с).

Основні характеристики світлодіодів наступні: яркісна – це залежність яскравості від прямого струму; світлова, спектральна, вольт-амперна характеристики; діаграма напрямленості випромінювання - визначається

конструкцією світлодіода, наявністю лінзи і її розташуванням. Випромінювання може бути напрямленим та розсіяним (дифузним).

Сучасні світлодіоди можуть випромінювати на довжині хвилі від інфрачервоної до близького ультрафіолету, та навіть існують методи поширення смуги випромінювання і створення білих світлодіодів. На відміну від ламп розжарювання, які випромінюють світловий потік широкого спектру рівномірно на всіх напрямках класичні світлодіоди випромінюють світло певної довжини хвилі і в певному напрямі. Світлодіод був розвинений до лазерних діодів, які працюють на тому ж принципі, але дозволяють направлене випромінювання когерентного світла.

Патент на перший світлодіод - прилад, що дає випромінювання на напівпровідниковому переході при пропусканні електричного струму, був отриманий працівниками компанії «Texas Instruments» Бобом Б'ярдом і Гарі Пітманом в 1961. Згодом світлодіоди на основі GaAs і GaP почали випускати промислово для використання як індикаторів. Перший світлодіод, який працює у видимому діапазоні був розроблений групою Ніка Холоняка в компанії «General Electric» в 1962. Еволюція світлодіодів у 1960-1970-х поступово привела до створення приладів, які мали колір від червоного до зеленого. Найбільш популярними матеріалами були GaP (червоний - зелений) та GaAsP (жовтий – високо-ефективний червоний). При цьому з'явилися багато нових сфер використання світлодіодів у калькуляторах, цифрових годинниках і тестових приладах. На початку 1980-х з появою нового матеріалу, GaAlAs (галій-алюмінієвий арсенід) почалася революція у виробництві світлодіодів. GaAlAs дозволив підвищити ефективність 10 разів, що привело до нових використань у зовнішніх знаках та надписах, зчитуванні штрих-коду, передачі даних через оптичне волокно і медичному обладнанні. Але GaAlAs працював тільки у червоній ділянці спектру (660 нм) та мав короткий час життя (більш 50% падіння ефективності після 100 000 годин роботи). Але частина цих проблем була вирішена за рахунок появи лазерних діодів у 1980-х роках. Через декілька років був розроблений новий люмінесцентний матеріал InGaAlP, який

дозволив плавне підстроювання кольорів за рахунок зміни ширини забороненої зони напівпровідникового матеріалу. Наступним кроком у розвитку була розробка компанією «Toshiba» метода нанесення MOCVD (метал–оксидне хімічне парове нанесення, Metal Oxide Chemical Vapor Deposition), який дозволив створити більш складний пристрій з ефективністю до 90%. У той же час корпорація «Nichia» запропонувала перші блакитні світлодіоди на основі GaN (нітриді галію), InGaN (індій-галій-нітриді) та SiC (карбіді кремнію). Одним з кроків також стало створення Лабораторією фундаментальних досліджень компанії NTT світлодіода, випромінюючого хвилі в ультрафіолетовій частині спектру $\lambda = 210$ нм. Випромінювання з такою короткою довжиною хвилі знайшло широке застосування в медицині і техніці. Сучасні напрямки розвитку включають розробку органічних світлодіодів, які повинні дозволити виробництво дешевих та екологічно безпечних пристроїв, використання квантових точок, які дозволяють отримувати біле світло, та просування далі у короткохвильову область.

Для більш повного розуміння процесів, що відбуваються в напівпровідникових світловипромінювальних діодах, було проведено огляд існуючих матеріалів з висвітленням основних питань щодо генерації випромінювання в напівпровідниках, та фізичних параметрів світловипромінювальних діодів.

Фізичною основою напівпровідникових випромінювачів є люмінесценція. Під люмінесценцією розуміють електромагнітне нетеплове випромінювання, що має тривалість, яка значно перевищує період світлових коливань. Таким чином, у визначенні підкреслюється той факт, що на відміну від світіння розжарених тіл для люмінесценції непотрібно нагрівання тіла, хоча, звичайно, підведення енергії в тому чи іншому вигляді необхідно. Крім того, на відміну від розсіювання світла люмінесценція триває декілька секунд після зняття енергії. Інакше кажучи, поглинена провідником енергія на деякий час затримується в ньому, а потім частково перетворюється в оптичне випромінювання, частково – в теплоту. Залежно від виду енергії, збудливою

люмінесценцію, розрізняють фото, електро- та інші види люмінесценції. Світяться можуть тверді, рідкі і газоподібні тіла. У оптоелектронних напівпровідникових приладах використовується люмінесценція кристалічних домішкових напівпровідників з широкою забороненою зоною. Люмінесценція включає два основних етапи. На першому з них під впливом збудливою енергії відбувається генерація носіїв заряду. Цей етап визначає тип люмінесценції. На другому етапі генеровані носії заряду рекомбінують на центрах рекомбінації. Виділяється при рекомбінації енергія перетворюється або на оптичне випромінювання, або в теплоту [2]. Як зрозуміло з самої назви, інжекційна електролюмінесценція, тобто генерація оптичного випромінювання в р – n – переході, об'єднує два процеси: інжекція носіїв і власне електролюмінесценція. За допомогою інжекції забезпечується створення нерівноважних носіїв заряду (зображено на рисунку 1.15). Матеріали випромінюючих структур, як уже зазначалося, повинні мати широку заборонену зону. У таких структурах виявляється значним і навіть переважаючим рекомбінаційний струм $I_{рек}$, викликаний процесами рекомбінації в області об'ємного розряду р – n-переходу (рис. 1.15). Чим більше ширина забороненої зони, тим більше потенційний бар'єр і тим значніше рекомбінація електронів в р – n-переході [5]. Ця рекомбінація відбувається зазвичай на глибоких центрах люмінесценції та закінчується генерацією теплової енергії (генерація на центрах рекомбінації 2 – рис.1.16).

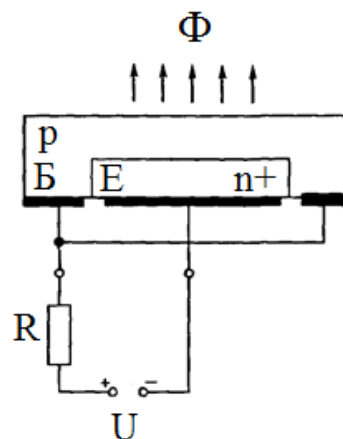


Рис. 1.15 – Електролюмінесценція на р – n – переході. Із роботи [3]

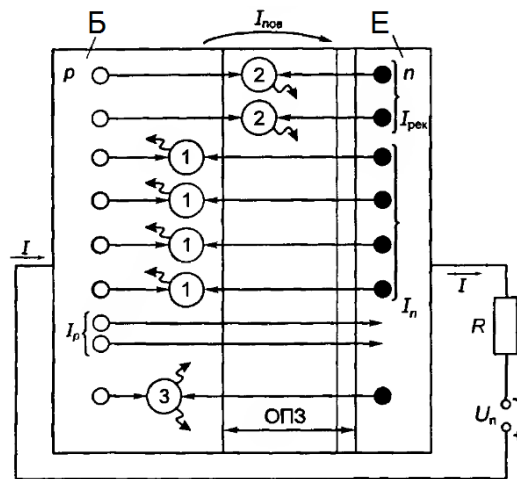


Рис.1.16 – Складові струму інжекційної електролюмінесценції ОПЗ – область поверхневої зони

Таким чином, для оптичного випромінювання ці електрони «пропадають», а рекомбінаційний струм $I_{рек}$, створюється ними, знижує ефективність інжекції «випромінюючих» електронів.

Корисною компонентою струму, що забезпечує випромінювальну рекомбінацію в р-базі, є електронний струм I_n інжегований емітером. Ефективність інжекції визначається тим, наскільки струм I_n відрізняється від повного струму I і характеризується коефіцієнтом γ :

$$\gamma = \frac{I_n}{I} = \frac{I_n}{(I_n + I_p + I_{рек} + I_{тун} + I_{нов})},$$

де I_p – дірковий складова струму, обумовлена інжекцією дірок у п-емітер;

$I_{рек}$ – струм не випромінювальної рекомбінації в області р – п-переходу;

$I_{тун}$ – тунельний струм, обумовлений «просочуванням» носіїв крізь потенційний бар'єр;

$I_{нов}$ – поверхневий струм витоку по поверхні р – п-переходу.

Світлодіоди випромінюють світло видимого спектру, коли через них протікає електричний струм. Прилади в металевому корпусі зі скляною лінзою забезпечують спрямоване випромінювання світла, а виготовлені в пластмасових корпусах, виконаних з оптично прозорого компаунда, створюють розсіяне випромінювання.

Хоча колір (довжина хвилі) випромінювання визначається використаним матеріалом, кількість світла, що випускається світлодіодом, залежить від струму збудження і швидко збільшується із зростанням щільності струму [9].

На рис. 1.17 якісно показані вольт-амперні характеристики діодів на р-n-переході у порівнянні із світловипромінюючими діодами на основі різних напівпровідникових матеріалів. Слід зазначити, що червоні GaP-світлодіоди починають випромінювати при малих щільностях струму, проте їх випромінювання досягає насичення при відносно низькій щільності струму в порівнянні з світлодіодами з інших НП.

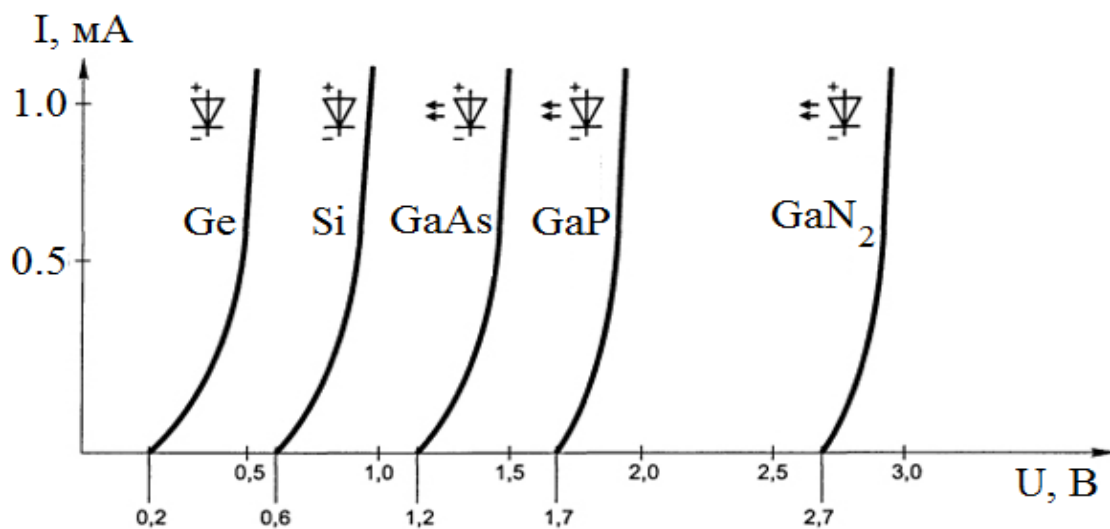


Рис.1.17 – Вольт-амперні характеристики діодів на р-n-переході у порівнянні із світловипромінюючими діодами на основі різних напівпровідникових матеріалів. Адаптовано із роботи [10]

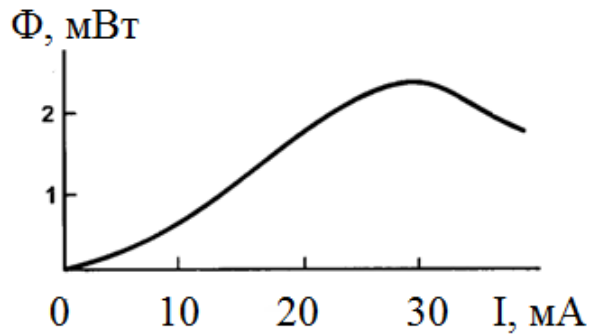


Рис.1.18 – Залежність світлового потоку від прямого струму (випромінювальна характеристика) для світловипромінюючих діодів. Адаптовано із роботи [10]

Світловипромінюючі діоди є основою більш складних приладів:

- лінійна світлодіодна шкала - інтегральна мікросхема, яка складається із світлодіодних структур (сегментів), кількість яких від 5 до 100, та розміщені послідовно. Такі шкали замінюють щитові вимірювальні прилади та використовуються для відображення інформації, яка постійно змінюється;
- цифро-літерний світлодіодний індикатор - інтегральна мікросхема із декількох діодних структур, які так, щоб при відповідній комбінації сегментів, які світяться, одержувалось зображення літери або цифри;
- багатоелементний блок – електронна система одержання складних зображень (до її складу входить понад 10000 світлодіодів).

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАНЬ

2.1 Схемотехнічне рішення та електричні параметри лабораторного стенду для вимірювання характеристик світлодіодів

Для побудови вольт-амперних характеристик (ВАХ) електронних цифрових індикаторів були проведені вимірювання напруги при зміні прямого струму на лабораторному стенді, принципова схема якого наведені на рис.2.1 [17]. До схеми стенду входять: світлодіоди різних типів; вузол комутації (виконаний на перемикачах SA1 та SA2); вимірювальні прилади (мультиметри типу DT-830A); змінний резистор типу ППБ-1А з опором 2,2 кОм; імпульсне джерело живлення на базі Push-down генератора з напругою до 10 В.

Були проведені дослідження ВАХ світлодіодного індикатора KA2284/AN6884 рівня сигналу, який призначений для індикації рівня змінного сигналу, індикації рівня сигналу на лінійному виході, індикації вихідний потужності, та LM3915 – світлодіодного індикатора, що реагує на зміну вхідного сигналу і видає сигнал на один або відразу декілька своїх виходів та знайшов практичне застосування в відображенні і контролі рівня сигналу в підсилювачах звукової частоти. Схема збірки індикатора KA2284/AN6884 наведена на рис. 2.2. Мікросхема дозволяє керувати шкалою із 5 світлодіодів. Сигнал не обов'язково повинен бути звуковим, але, оскільки шкала в цій мікросхемі логарифмічна, то вона найбільш підходить для індикації рівня звуку.

Індикатор LM3915 складається з десяти однотипних операційних підсилювачів, що працюють за принципом компаратора. Прямі входи ОУ підключені через ланцюжок з резистивних подільників з різними номіналами опорів. Завдяки цьому світлодіоди в навантаженні запалюються за логарифмічною залежності. На інверсні входи приходить вхідний сигнал, який обробляється буферним операційним підсилювачем (ОП). Внутрішній устрій

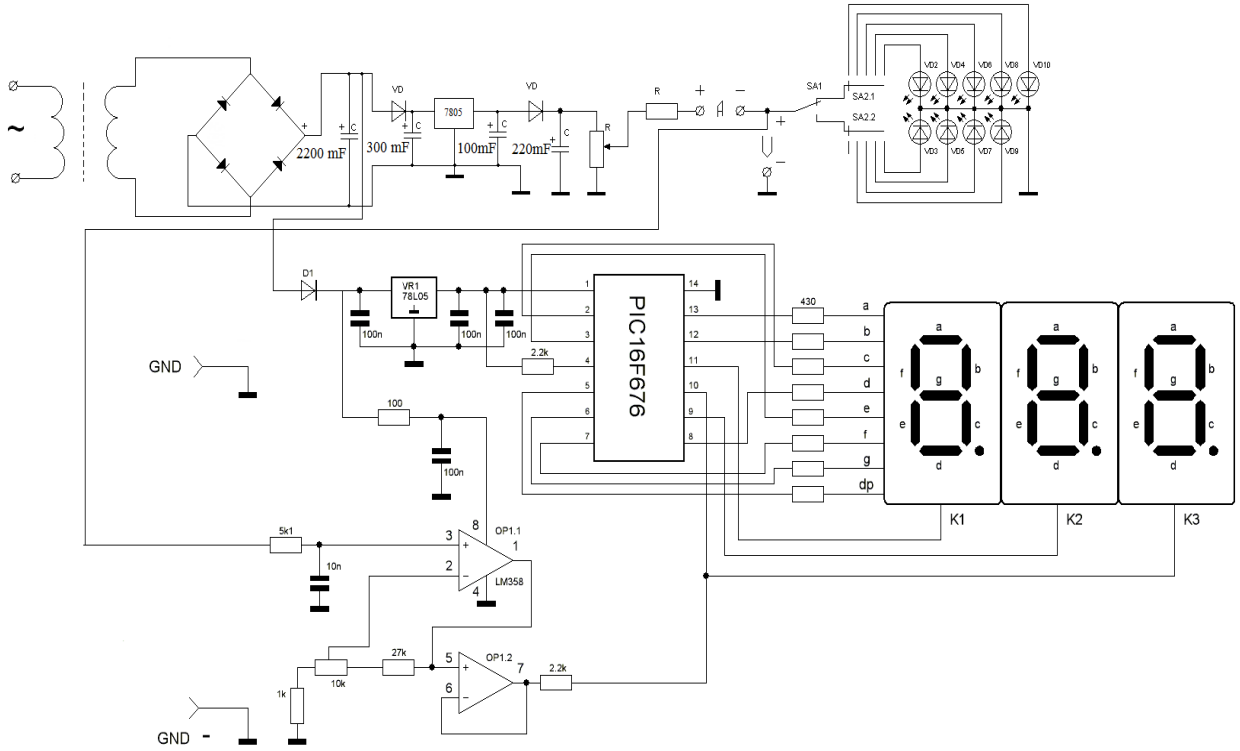


Рис. 2.1. Принципова електрична схема лабораторного стенду

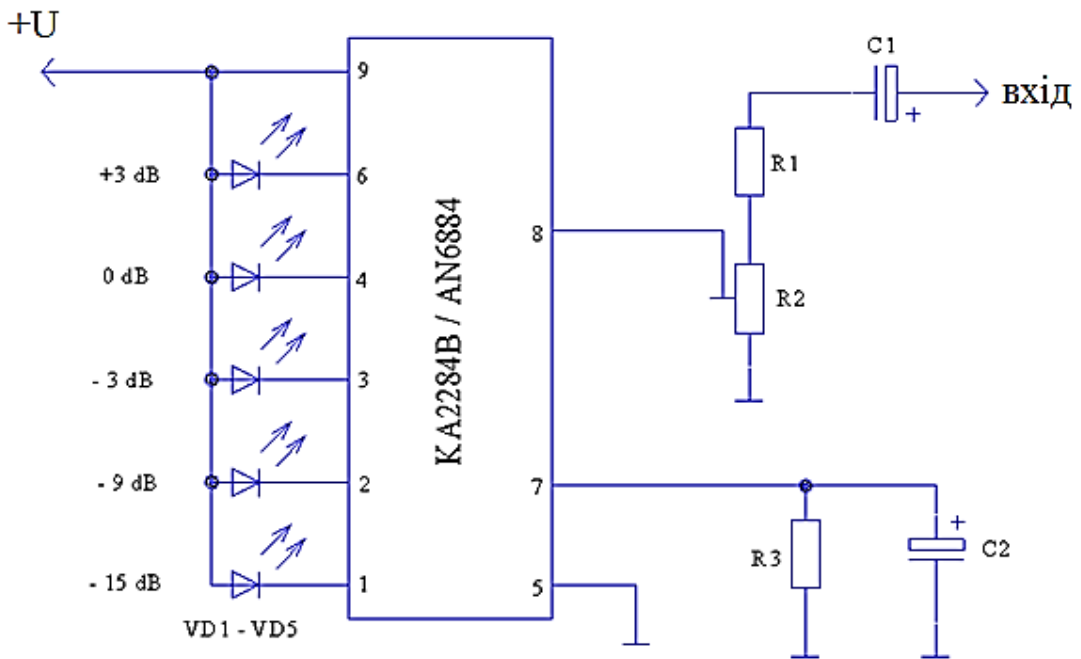


Рис. 2.2. Схема збірки індикатора KA2284/AN6884

Таблиця 2.1 – Технічні параметри індикатора КА2284/AN6884

| | |
|-------------------------------|------------|
| Напруга живлення, В | 3,5 – 15,0 |
| Вихідний струм, мА | 7 - 10 |
| Мінімальна вхідна напруга, мВ | 50 |
| Частотний діапазон, Гц | 20 - 20000 |
| Діапазон індикації, дБ | 18 - 20 |

Таблиця 2.2 – Значення номінальних опорів резисторів в схемі індикатора в залежності від вхідної напруги

| $U_{вх}, В$ | $R_1, кОм$ | $R_2, кОм$ |
|-------------|------------|------------|
| 0,05 – 0,1 | 1 | 100 |
| 0,1 – 0,5 | 47 | 47 |
| 0,5 – 5,0 | 100 | 47 |

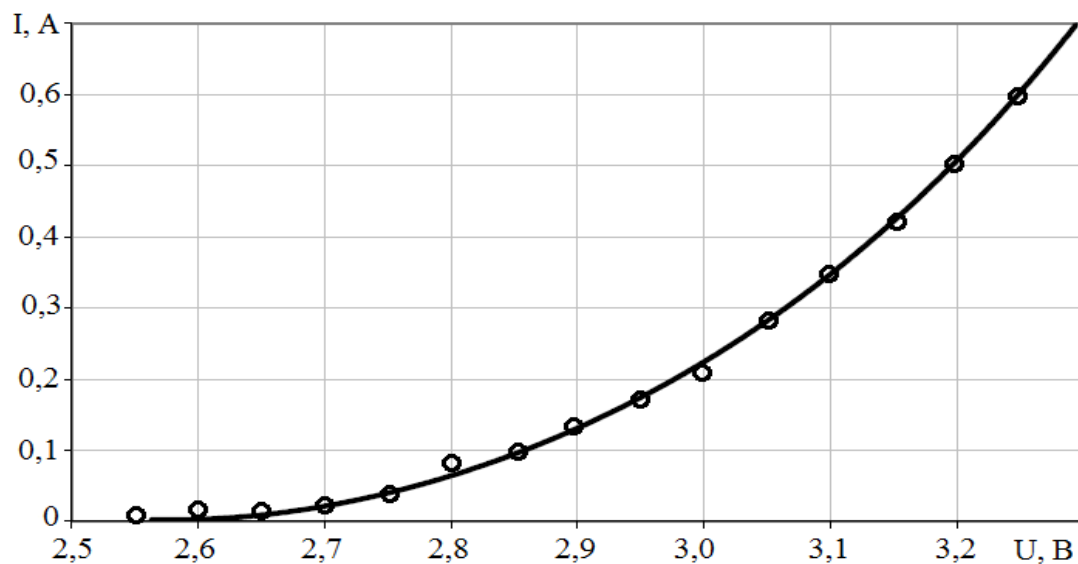


Рис. 2.3. Прямая гілка вольт-амперної характеристики цифрового електронного індикатора КА2284/AN6884

ІМС включає малопотужний інтегральний стабілізатор і пристрій для завдання режиму світіння. Діапазон напруги живлення становить 3 - 25 В. Величину опорної напруги можна задати в межах від 1,2 до 12В за допомогою зовнішніх резисторів. Вся шкала відповідає рівню сигналу в 30 дБ з кроком 3 дБ. Вихідний струм можна задати від 1 до 30 мА.

2.2 Результати вимірювань

Технічні параметри індикатора КА2284/AN6884 представлені в таблиці 2.1. До складу індикатора входять наступні елементи: резистори (номінальний опір 47 – 100 кОм), конденсатори (ємністю 1 мкФ та 10 мкФ, робоча напруга 10 В), логічний елемент АЛ307. Залежно від рівня вхідного сигналу застосовують номінали опорів R_1 і R_2 : опір R_1 служить для регулювання чутливості індикатора, ємність C_2 задає постійну часу індикації, а опір R_2 – задають постійну часу зворотного ходу індикатора. У роботі досліджено ВАХ індикатора КА2284/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. Із характеру ВАХ видно, що її характер аналогічний ВАХ світловипромінюючих діодів, які входять до складу електричної схеми індикатора.

Принципова електрична схема індикатора LM3915 складається з двох конденсаторів, дев'яти резисторів і мікросхеми, навантаженням для якої служать десять світлодіодів (Рис.2.4). Типове включення передбачає живлення від джерела 12В. У розімкнутому стані схема працює в режимі «точка», тобто відбувається світіння одного світлодіода, відповідного вхідного сигналу. Замикання перемички переводить схему в режим «стовпчик», коли рівень вхідного сигналу пропорційний висоті світиться стовпчика. Резистивний діляк обмежує рівень вхідного сигналу. У момент, коли вхідний сигнал подолає поріг нижнього рівня напруги на прямому вході першого компаратора, засвітиться перший світлодіод. Подальше наростання звукового сигналу призведе до почергової спрацьовування компараторів, про що сповістить

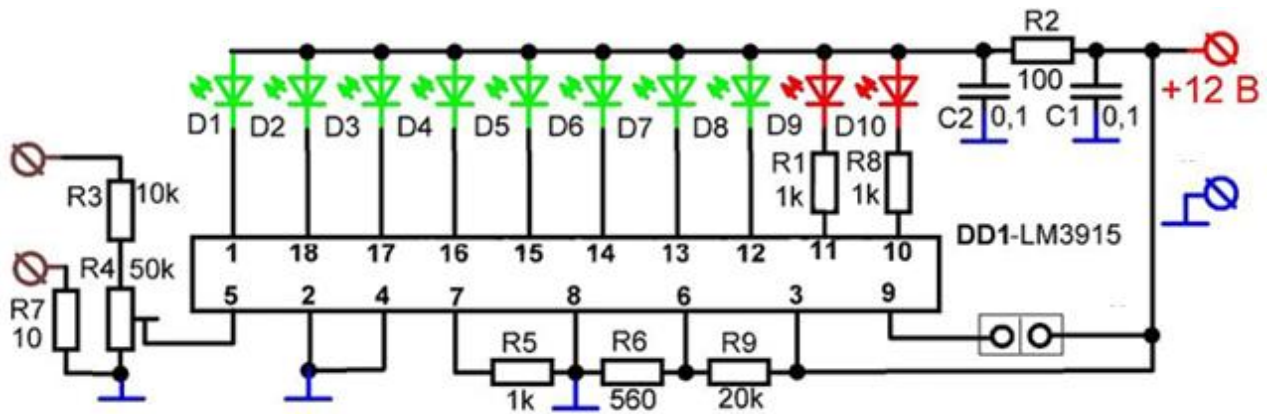


Рис.2.4. Схема збірки індикатора LM3915

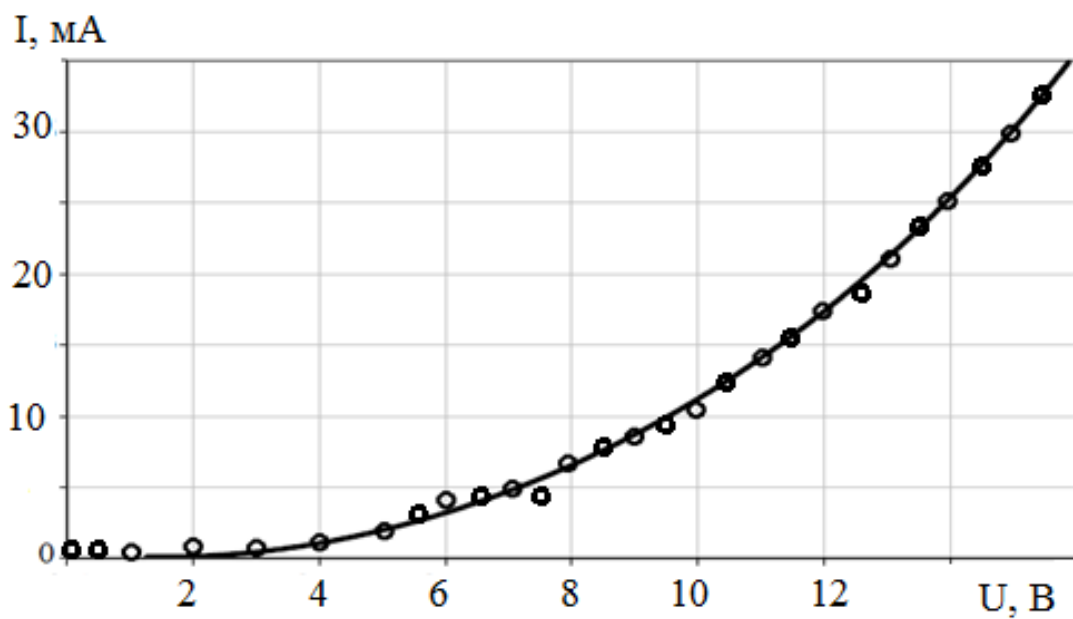


Рис. 2.5. Прямая гілка вольт-амперної характеристики цифрового індикатора LM3915

Таблиця 2.3 – Результати вимірювання ВАХ для світлодіодів з різною довжиною випромінюючого світла

| $I_{пр}, \text{мА}$ | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 1 | 2 | 5 |
|---------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| СД1 - зелений | | | | | | | | |
| $U_{пр}, \text{В}$ | 1,5 | 1,52 | 1,55 | 1,58 | 1,6 | 1,65 | 1,7 | 1,8 |
| СД2 - помаранчевий | | | | | | | | |
| $U_{пр}, \text{В}$ | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,65 | 1,7 | 1,75 | 1,8 | 1,85 |
| СД3 - червоний | | | | | | | | |
| $U_{пр}, \text{В}$ | 1,6 | 1,7 | 1,75 | 1,8 | 1,85 | 1,9 | 1,95 | 2 |
| СД4 - жовтий | | | | | | | | |
| $U_{пр}, \text{В}$ | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,75 | 1,8 | 1,85 | 1,9 | 1,95 |
| СД5 - зелений | | | | | | | | |
| $U_{пр}, \text{В}$ | 2,5 | 2,55 | 2,6 | 2,65 | 2,7 | 2,75 | 2,8 | 2,85 |
| СД6 - білий | | | | | | | | |
| $U_{пр}, \text{В}$ | 2,5 | 2,55 | 2,6 | 2,65 | 2,7 | 2,75 | 2,8 | 2,85 |
| СД7 – блакитний | | | | | | | | |
| $U_{пр}, \text{В}$ | 2,5 | 2,55 | 2,6 | 2,65 | 2,7 | 2,75 | 2,8 | 2,85 |
| СД8 – червоний | | | | | | | | |
| $U_{пр}, \text{В}$ | 1,3 | 1,35 | 1,4 | 1,45 | 1,5 | 1,55 | 1,6 | 1,65 |
| СД9 - синій | | | | | | | | |
| $U_{пр}, \text{В}$ | 2,6 | 2,7 | 2,78 | 2,85 | 2,9 | 2,95 | 3 | 3,1 |

відповідний світлодіод. До складу схеми входять резистори типу МЛТ-0,125Вт: R1, R5 R8 - 1 кОм; R2 - 100 Ом; R3 - 10 кОм; R4 - 50 кОм; R6 - 560 Ом; R7 – 10 Ом; R9 - 20 кОм та конденсатори C1, C2 - 0,1 мкФ.

При пропусканні електричного струму в прямому напрямі в СД, носії заряду рекомбінують з випромінюванням фотонів. Далеко не всі напівпровідникові матеріали ефективно випускають світло при рекомбінації. Випромінювачами світла є, як правило, прямозонні напівпровідники типу $A^{III}B^V$ (наприклад, GaAs або InP) і $A^{II}B^{VI}$ (наприклад, ZnSe або CdTe). Варіюючи склад напівпровідників, можна створювати світлодіоди різних довжин хвиль від ультрафіолета (GaN) до середнього інфрачервоного діапазону (PbS). Діоди на основі непрямозонних напівпровідників (наприклад, з Si або Ge, а також сплавів SiGe, SiC) світло практично не випромінюють. Останнім часом великі надії пов'язують з технологією квантових точок і фотонних кристалів.

Проведемо вимірювання напруги при зміні прямого струму для кожного із світлодіодів. До лабораторного стенду підключаємо два мультиметри: один для регулювання величини струму, другий – для показника значень напруги. Перемикаємо світлодіоди з одного на другий здійснюється за допомогою вузла комутації. Результати вимірювання занесемо у таблицю 2.3. На основі отриманих значень побудуємо вольт-амперні характеристики для кожного СД (рис. 2.6).

Основні характеристики світлодіодів наступні: яркісна - залежність яскравості від прямого струму; світлова, спектральна, вольт-амперна характеристики; діаграма напрямленості випромінювання - визначається конструкцією світлодіода, наявністю лінзи і її розташуванням. Виходячи із закону Ома проведено розрахунок опору СД та його зміни при збільшенні струму, а також за відомими нам величинами потужність, яку має кожен світлодіод при різних значеннях прямого струму та напруги.

Із рис.2.6 видно, що при зростанні величини електричного струму, опір світлодіода значно знижується (залежність має експоненціальний характер), а потужність зростає (лінійна залежність); світлодіоди є малопотужними

індикаторними приладами ($P \leq 0,01$ Вт); світлодіоди мають силу світла у межах від 0,5 до 50 мКд при прямому струмі 20 мА та значенні напруги 2 В.

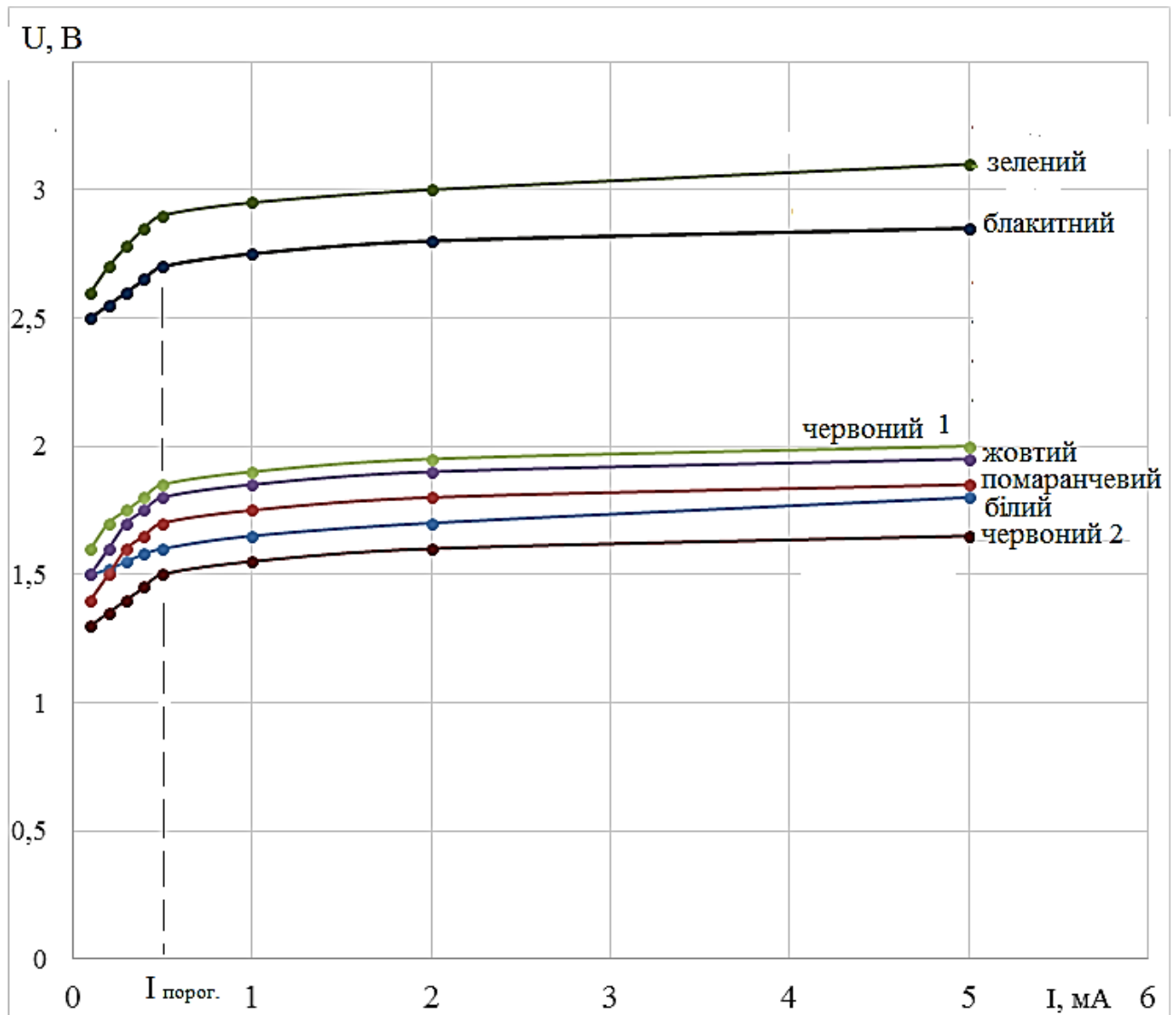


Рис. 2.6. Прямі гілки вольт-амперних характеристик світлодіодів з різною довжиною хвилі випромінювання

Таким чином, результати вимірювання ВАХ світловипромінюючих діодів говорить про її нелінійний характер в діапазоні прямого струму. Діод починає проводити струм починаючи з деякого порогового значення напруги, яке дозволяє досить точно визначити матеріал напівпровідника.

ВИСНОВКИ

1. У ході виконання кваліфікаційної роботи були вивчені принципи функціонування і конструкції електронних пристроїв відображення інформації; проведено вимірювання вольт-амперних характеристик цифрового індикатора та світлодіодів різних типоміналів, які входять до складу електронного блока індикатора.

2. Показано, що перетворення електричних сигналів у видиме зображення ґрунтується на явищах люмінесценції, газового розряду, зміни оптичних властивостей кристалів під дією електричного і магнітного полів, деформації, тощо.

3. Вимоги до індикаторів визначаються в основному особливостями зорового сприйняття інформації. Аналогічно друкувальним пристроям зображення на екрані індикатора прийнято характеризувати контрастністю і роздільною здатністю, яскравістю і базовим кольором.

4. Експериментально досліджено вольт-амперні характеристики індикаторів звукових сигналів KA2284/AN6884 і LM3915. Отримано, що при зростанні прямої напруги від 2,5 до 3,5 В сила струму збільшується від 0 до 0,7 А (KA2284/AN6884), при зростанні прямої напруги від 0 до 12,0 В сила струму збільшується від 0 до 30 мА. Із характеру ВАХ видно, що їх характер аналогічний ВАХ світловипромінюючих діодів, які входять до складу електричних схем електронних систем відображення інформації.

5. Проведено вимірювання і порівняння вольт-амперних характеристик світловипромінюючих діодів з різною довжиною хвиль випромінювання як компонентів електронних систем відображення інформації. Отримано, що для світлодіодів різного кольору світіння при зростанні величини прямого струму від 0,1 до 5,0 мА величина прямої напруги зростає в діапазоні від 1,3 до 3,0 В.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мілих В.І., Шавьолкін О.О. Електротехніка, електромеханіка та мікропроцесорна техніка. – К.: Каравела, 2007. – 688 с.
2. Руденко В.С., Трифонюк В.В., Ромашко В.Я. Промислова електроніка: Підручник. – К.: Либідь, 1993. – 432 с.
3. Болюх В.Ф., Данько В.Г. Основи електроніки та мікропроцесорної техніки. – Харків: НТУ ХПІ, 2011. – 257 с.
4. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. – Москва: Горячая Линия – Телеком, 2000. – 768 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. Сенько Л.І., Ясінський В.В. Елементна база електронних пристроїв. – К.: Обереги, 2000. – Т.1. – 300 с.
7. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
8. 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.
9. Мікропроцесорна техніка / Ю. І. Якименко, Т.О. Терещенко, Є. І. Сокол / За ред. Т. О. Терещенка. – К.: Видавництво «Політехнік», 2003. – 440 с.
10. Електротехніка, основи електроніки та мікропроцесорної техніки / Ф. П. Шкрабець, Д. В. Циценков, Ю. В. Куваєв. – Дніпропетровськ: ДНГУ, 2004. – 515 с.
11. Колонтаєвський Ю. П., Сосков А. Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум. – К.: Каравела, 2004. – 432 с.
12. Спеціалізовані мікроконтролерні системи. Теорія і практика / Є.І. Сокол, І.Ф. Домнін, О.М.Рисований. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – 252 с.
13. Стахів П.Г., Коруд В.І., Гамола О.Є. Основи електроніки: функціональні елементи та їх застосування. – Львів: Новий світ, 2003. – 128 с.

14. Павлов С.М. Основи мікроелектроніки. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 224 с.
Матвійків М.Д., Когут В.М., Матвійків О.В. Елементна база електронних апаратів – Львів: Вид-во НТУ «Львівська політехніка», 2007. – 428 с.
15. Однорець Л.В. Основи оптоелектроніки: Конспект лекцій. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 45 с.
16. Проценко І.Ю., Однорець Л.В. Технологія одержання і фізичні властивості плівкових матеріалів та основи мікроелектроніки (практикуми). - Суми: СумДУ 2011. – 105 с.