

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики

Кваліфікаційна робота бакалавра

**ОПТОЕЛЕКТРОННІ ТА ГОЛОГРАФІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАПISУ І
ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

Студент гр. ЕП - 61

Т.В. Шкарупа

Науковий керівник

к.ф - м.н, ст. викладач



Ю.М. Шабельник

Завідувач кафедри ЕЗПФ,

д.ф. – м.н., професор



І.Ю. Проценко

Суми 2020

РЕФЕРАТ

Предметом дослідження є фізико-конструктивні особливості оптоелектронних та голографічних систем для запису і зберігання інформації.

Метою даної роботи є аналіз та порівняння фізично-конструктивних особливостей оптоелектронних та голографічних систем для запису і зберігання інформації, а також їх застосування.

У роботі проведений аналіз та порівняння фізичних принципів функціонування та конструктивних особливостей оптоелектронних та голографічних систем для запису і зберігання інформації. Розглянуто нові типи оптоелектронних приладів, такі як флуоресцентні диски та прилади запису інформації на основі об'ємної голографії.

Установлено, що на основі оптоелектронного принципу можуть бути побудовані безвакуумні аналоги електронних пристроїв та систем, такі як дискретні або аналогові перетворювачі електричних сигналів. До цього класу приладів відносять елементи пам'яті, генератори, логічні схеми, тощо; перетворювачі оптичних сигналів, наприклад, плоскі екрани, підсилювачі світла та зображення.

Робота викладена на 24 сторінках і складається з двох розділів, містить 8 рисунків.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОПТОЕЛЕКТРОНІКА, СВІТЛОДІОД, ІНТЕРФЕРЕНЦІЯ, ФЛУОРЕСЦЕНТНІ ДИСКИ, ГОЛОГРАФІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОПТОЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАПИСУ І ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ	5
1.1 Оптоелектронні прилади. Перспективи розвитку.....	5
1.2 Сучасні оптоелектронні пристрої. Флуоресцентні диски.....	7
РОЗДІЛ 2. ГОЛОГРАФІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАПИСУ І ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ	12
2.1 Основи голографічного запису інформації.....	12
2.2 Оптоелектронні запам'ятовуючі пристрої.....	13
2.3 Приклади застосування голограм.....	17
ВИСНОВКИ	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	23

ВСТУП

Особливістю та відміною оптоелектронних приладів від інших класів приладів є те, що елементи в них пов'язані за допомогою оптичного зв'язку, але, разом з тим, електрично ізольовані один від одного. Оптоелектроніка сьогодні розвивається за двома напрямками: електронно-оптичним та оптичним. Оптичний напрям заснований на таких ефектах, що пов'язані із взаємодією твердого тіла з електромагнітним випромінюванням. Це – фотохімія, голографія, електрооптика. В рамках електронно-оптичного напрямку використовують принцип фотоелектричного перетворення при внутрішньому фотоефекті та фотолюмінесценцію (заміна гальванічного та магнітного зв'язків на оптичний та волоконні лінії зв'язку).

Однією з головних проблем оптоелектроніки є проблема суттєвого зменшення паразитних зв'язків між елементами однієї мікросхеми та між мікросхемами. Використовуючи оптоелектронний принцип можна створити безвакуумні аналоги електронних пристроїв і систем: аналогові та дискретні перетворювачі електричних сигналів, наприклад, генератори, елементи пам'яті, логічні схеми, підсилювачі, ключові елементи, лінії затримки тощо; перетворювачі оптичних сигналів, наприклад, плоскі екрани, підсилювачі світла та зображення; пристрої відтворення інформації (цифрові табло, індикаторні екрани, картинна логіка тощо).

Метою даної роботи є аналіз та порівняння фізично-конструктивних особливостей оптоелектронних та голографічних систем для запису і зберігання інформації, а також їх застосування.

РОЗДІЛ 1. ОПТОЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАПISУ І ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

1.1 Оптоелектронні прилади. Перспективи розвитку.

Хоч і оптоелектронні прилади розроблені відносно недавно, вони отримали широке поширення в різних галузях науки та техніки, завдяки своїм унікальним властивостям. Оптоелектронні пристрої відрізняються від інших тим, що передача інформації здійснюється електрично нейтральними фотонами і це – надає їм принципові переваги у порівнянні з електронними приладами, а саме [1]:

1) висока інформаційна ємність оптичного каналу. Це обумовлено тим, що частота світлових коливань, яка становить $10^{13} \div 10^{15}$ Гц у $10^3 \div 10^5$ раз вища, ніж в радіотехнічному діапазоні;

2) велика щільність запису інформації, що досягає 10^6 біт/мм², Таке значення довжини хвилі світлових коливань сприяє фокусуванню променя лазера на невеликій площі, що становить 1 мкм²;

3) паралельна обробка інформації та оперування образами, що сприймаються за допомогою зору;

4) високу стійкість каналів зв'язку від зовнішніх впливів через те, що оптичне випромінювання не сприймає вплив електромагнітних полів;

5) ідеальна гальванічна розв'язка кіл та, відповідно, створення сильно розгалужених комунікацій, що можуть включати в себе неузгоджені споживачі енергії;

6) передача сигналу тільки в одному напрямі та відсутність зворотного впливу приймача на джерело інформації. Це значно спрощує аналіз та проектування оптоелектронних систем;

7) подальша мікромініатюризація компонентів і перехід до середовищ із розподіленими параметрами. Це дає можливість створення пристроїв функціональної мікроелектроніки й інтегральної оптики.

Елементну базу оптоелектроніки складають оптоелектронні прилади

(наприклад, волоконно-оптичні лінії зв'язку (рис. 1), що використовують для своєї роботи випромінювання оптичного діапазону.

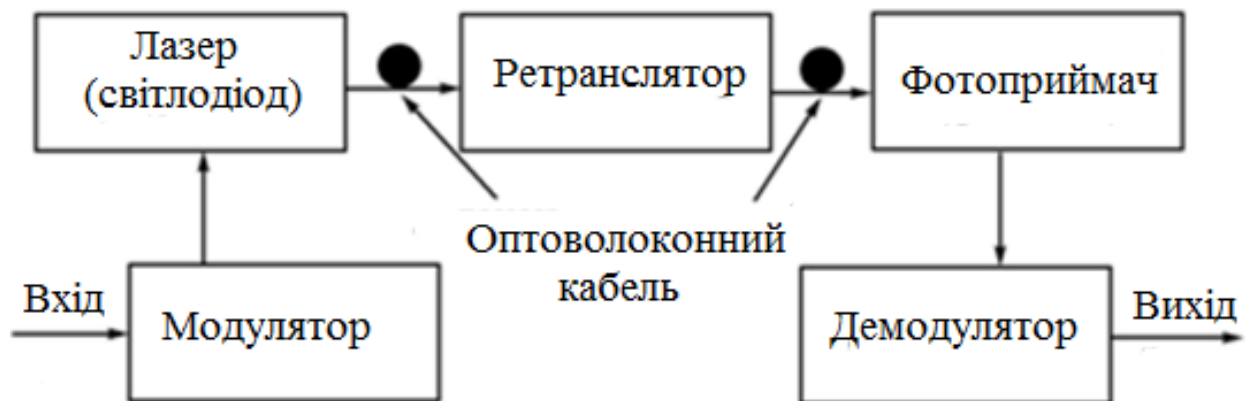


Рисунок 1 – Схематична структура ВОЛЗ. Із роботи [2]

Елементна база оптоелектроніки містить наступні групи приладів [3]:

- 1) джерела випромінювання, наприклад, світлодіоди, лазери тощо;
- 2) фотоприймачі випромінювання. До цього класу приладів належать (фототранзистори, фоторезистори, фотодіоди, фоточутливі прилади з зарядовим зв'язком (ПЗЗ), фототиристри тощо;
- 3) оптрони та оптоелектронні мікросхеми;
- 4) прилади для відображення інформації, такі як дисплеї;
- 5) оптичні канали зв'язку тощо.

В оптоелектроніці є перспективні прилади на основі рідких кристалів, котрі широко використовуються, як індикатори в електронних годинниках. Рідкі кристали являють собою органічну речовину (рідину) з властивостями кристала та знаходяться в перехідному стані між кристалічною рідиною і фазою. Індикатори на рідких кристалах мають високу роздільну здатність, порівняно дешеві у виробництві, споживають малу потужність і працюють при великих рівнях освітленості. Рідкі кристали з властивостями, подібними до монокристалів (нематички), більш часто використовують у світлових індикаторах і пристроях оптичної пам'яті. Розроблені і доволі широко застосовуються рідкі кристали, що змінюють колір при нагріванні (холестерики). Інші типи рідких

кристалів (сметкики) використовують для термооптичного запису інформації. Останнім часом також швидко розробляються і набувають поширення оптичні інтегральні мікросхеми (ОІМС) [4-6], всі елементи яких формуються осадженням на підкладку необхідних матеріалів.

Сучасні пристрої оптоелектроніки виконують завдання, пов'язані з дослідженням процесів обробки, зберігання, передачі, відтворення інформації та конструюванням відповідних функціональних систем [7-8]. До найважливіших елементів таких систем відносяться: оптичні модулятори, дисплеї, дефлектори, елементи довгострокової та оперативної пам'яті й ін. Таким чином, використання сучасної оптоелектронної елементної бази дає можливість забезпечувати нові функціональні і сервісні можливості, котрі неможливо здійснити традиційними технічними методами. При поєднанні оптоелектроніки з мікроелектронікою можна мінімізувати системотехнічні розв'язки, ліквідувати апаратну надлишковість, організувати завадозахищені безреактивні просторові зовнішні і внутрішні зв'язки.

1.2 Сучасні оптоелектронні пристрої. Флуоресцентні диски

Нещодавно, компанією «С3D» було оголошено про створення новітнього типу носіїв інформації, що має назву флуоресцентний багатошаровий диск. FMD ROM (fluorescent multilayer disk) [9]. На рисунку 2 представлені структура та зовнішній вигляд такого носія інформації.

Ця перспективна розробка, як гадають її винахідники, має після свого виходу замінити всі існуючі на сьогоднішній момент пристрої зберігання інформації. Це стосується не тільки вже давно відомих CD-ROM дисків, але і нових – DVD-ROM. Магнітні диски вже існують більше тридцяти років, CD-ROM – трохи менше двадцяти років. На зміну CD прийшов стандарт DVD, а наступником DVD має всі перспективи бути технологія FMD ROM.

Вчені заявляють, що вже зараз перші зразки таких оптоелектронних пристроїв можуть вміщати до 140 Гб інформації. Розміри такого диска

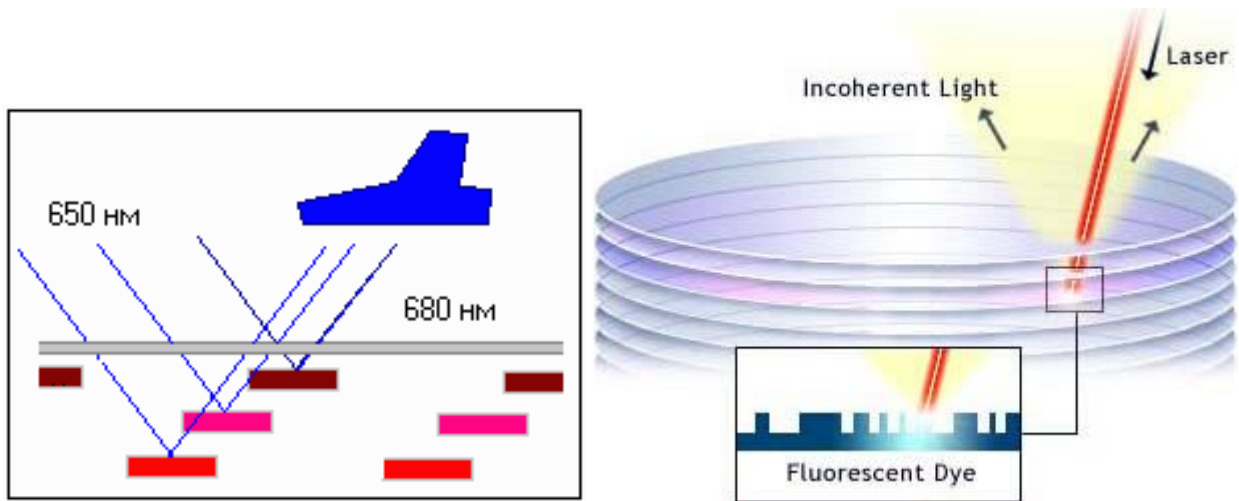


Рисунок 2 – Принцип дії FMD ROM. Адаптовано із роботи [9]

становлять 12 см в діаметрі, що є стандартним розміром DVD дисків. Такий диск має десять шарів. В найближчих планах розробників [9] є збільшення числа шарів, як мінімум, в десять разів. При цьому, як говорять вчені, є цілком реальна можливість створити змінні носії інформації об'ємом десятки терабайт. Місткість, яку на сьогоднішній день досягається лише при використанні величезних дискових масивів, що можуть займати часом цілі шафи та, навіть, кімнати, може бути забезпечена компактним диском, розмір якого становитиме не більше десяти сантиметрів.

Зовнішній вигляд та структура FMD ROM зображені на рис. 3 та 4 відповідно. Диск є прозорим, і має формат звичайних в наш час CD або DVD дисків. Але на відміну від CD-ROM, який є не прозорим через нанесений алюмінієвий шар на видавлену підкладку з полімеру, диск FMD ROM є монолітним. Для збільшення об'єму записаної інформації диск розділений по вертикалі на умовні області, що були названі вченими "шарами" (layer). Ці "шари" не є "шарами" в нашому звичному розумінні слова. Це особливий параметр форматування диска, найближчий аналог якого є сектори і доріжки в магнітних носіях інформації. Товщина таких шарів строго фіксована. Щоб краще зрозуміти, чому саме розробники вибрали таку товщину кожного з шарів, треба розглянути принципи запису та зчитування інформації диском типу FMD ROM.

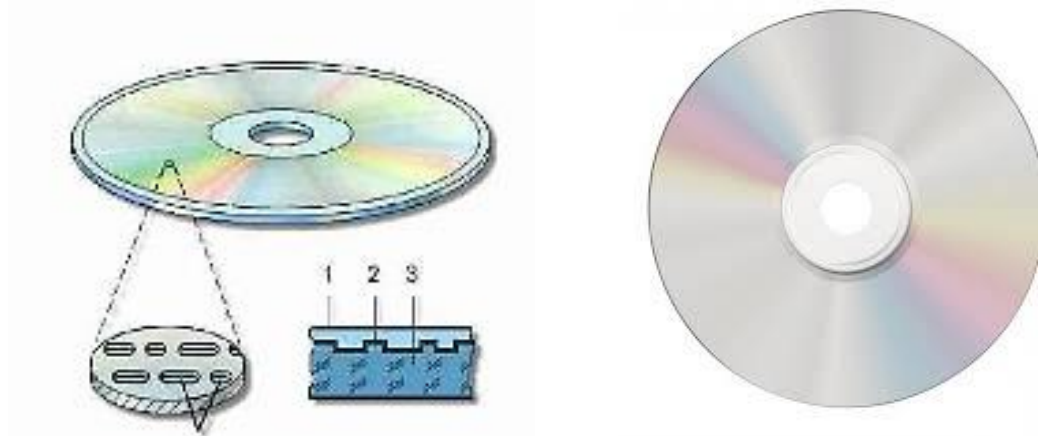


Рисунок 3 – Зовнішній вигляд FMD диску. Із роботи [10]

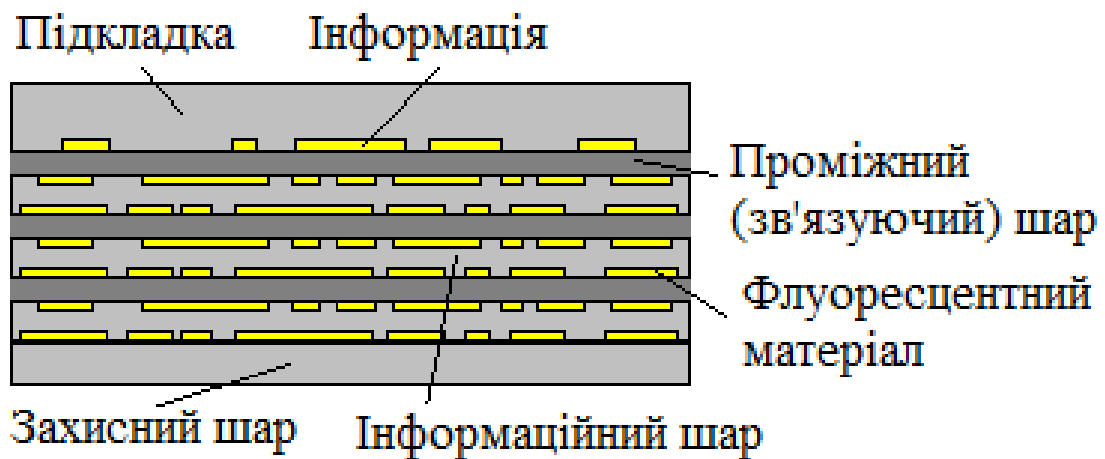


Рисунок 4 – Структура FMD диску. Адаптовано із роботи [10]

Ідея використання фотохромів серед вчених як носіїв інформації – не нова, близько тридцяти років ведуться такі дослідження. Але тільки в наш час ця концепція була реалізована на практиці. У перспективі на майбутнє є розробка носія інформації, що сумісний із сучасними приводами, де для зчитування інформації буде використовуватися червоний лазер. FMD матиме 6 шарів, що у 3 рази більше (2 у DVD). У такому випадку об'єм складе 15 Гбайт, а швидкість зчитування може досягати 36 Мбіт/с. Згідно інформації фахівців компанії, ці параметри можна збільшити. Так, в майбутньому планується

досягти об'єму в 30 Гбайт. Зовні DMD виглядають абсолютно прозорими через те, що вони покриті прозорим флуоресцентним матеріалом. Шари такого диску накладаються та не маскують один одного. При такій структурі не створюється перешкод для читання інформації, котрі характерні для традиційних двошарових DVD. На жаль, даний формат поки що не отримав визнання та підтримки у лідерів ІТ-індустрії і, можливо, ніколи не досягне до стадії комерціалізації продукту.

Нещодавно, розробниками компанії C3D було зроблене оголошення про створення нового типу носіїв інформації, що отримав назву FMD ROM – флуоресцентний багатошаровий диск. Ця перспективна розробка, як говорять її розробники, має підстави після свого виходу на ринок замінити існуючі на сьогодні пристрої зберігання інформації. Причому не тільки застарілі диски CD-ROM, але й також відносно новий формат – DVD-ROM [9].

Розробниками FMD [10] було запропоноване наступне наукове рішення: матеріал, що містить записану інформацію, не відображає її, як підкладка в DVD або CD дисках, а випромінює її. Тут використано явище флуоресценції. При освітленні активуючим випромінюванням (напівпровідниковим лазером з деякою довжиною хвилі) речовина починає випромінювати світло, тим самим зміщуючи спектр падаючого на нього випромінювання у бік червоного кольору на деяку величину. При цьому величина зміщення залежить від товщини шару. Таким чином, підібравши таку товщину шару, щоб спектр відбитого світла виходив зміщеним щодо довжини хвилі лазера, що використовується для випромінювання світла на чітко зазначену певну величину, наприклад на 30 або 50 нм, можна з високою чіткістю записувати інформацію вглиб диска і згодом зчитувати її без втрат даних.

Для FMD ROM вченими так само запропоновано іншу назву приладу – "тривимірний диск". Густина запису залежить і від чутливості детектора. Що використовується для реєстрації сигналу. Чим менше додаткове випромінювання флуоресцентної речовини, що додається до частоти робочого червоного лазера, який можна зафіксувати, тим більше число робочих шарів

можна вмістити в один диск. Однією з основних особливостей цієї експериментальної розробки є можливість паралельного читання інформації із шарів (послідовність біт інформації записана не по "доріжках", як у звичайних дисках, а по шарах) – швидкість вибірки даних при цьому повинна бути високою. Це і мається на увазі, коли говорять про "трьохмірний диск".

Принцип запису на FMD диск заснований, як було зазначено вище, на явищі фотохромізму. Фотохромізм – це властивість речовин під дією активуючого випромінювання переходити з одного стану в інший і при цьому змінювати свої фізичні властивості (наприклад, колір, поява або зникнення флюоресценції). Цей процес обов'язково повинен бути оберненим. Матеріал, з якого складається FMD диск повинен мати спеціальну фотохромну субстанцію, яка має здатність пам'яті і під впливом лазерного випромінювання певної довжини, перетворюється на необхідний стійкий флюоресцент. Зворотна реакція – операція стирання називається рециклізація, що приводить до зникнення флюоресцентних властивостей, відбувається під дією лазера з іншою довжиною хвилі. Частота лазера, що використовується для стирання інформації вибирається з таким розрахунком, щоб вона не була типовою і не зустрічалася в повсякденному житті. Це обов'язкова вимога, щоб уникнути втрати даних. З цього випливає, що і лазер, що використовується для зчитування інформації, не повинен вносити зміни в дані, які зберігаються на диску. Найкращими фотохромними властивостями володіють з'єднання, що називаються фульгіди [10].

РОЗДІЛ 2. ГОЛОГРАФІЧНІ СИСТЕМИ ДЛЯ ЗАПISУ І ЗБЕРІГАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

2.1 Основи голографічного запису інформації

Розглянемо метод запису за допомогою голографії. Основним етапом в цьому методі є реалізація запису деякого хвильового поля, що створюється від об'єкта на світлочутливому матеріалі, що відбувається при взаємодії його із певною опорною хвилею. Голографічний спосіб складається з двох етапів: на першому етапі реалізується запис інформації, а потім відбувається відновлення хвильового поля об'єкту.

Під час запису відбувається реєстрація інтерференційної картини, що створюється двома хвилями: об'єктною хвилею і когерентною опорною хвилею. Зареєстрована у такий метод структура називається голограмою (рис. 5) [11].

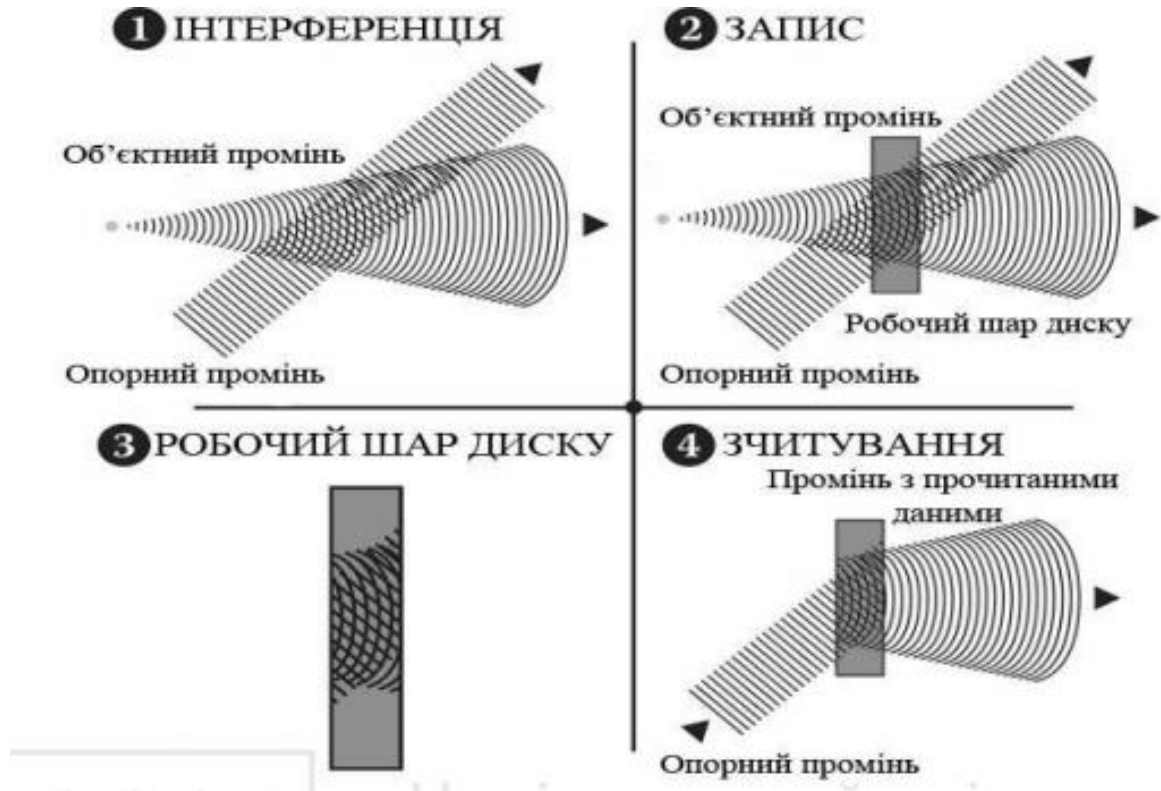


Рисунок 5 – Принцип роботи голографічної системи запису/зчитування.
Адаптовано із роботи [11]

Вчений, що перший дослідив явище голографії – англійський фізик Деніс Габор, що у 1947 році винайшов голографію. Це відбулось, коли дослідник займався іспитами з вдосконалення якості зображення електронного мікроскопу. Ще однією з найбільш важливих робіт в області голографії є робота Ю.Н. Денисюка, що була опублікована у 1962 році і стосується об'ємних голограм типу Ліппманна-Брегга. Наступний етап в розвитку та практичну застосуванні цього методу був розвинутий на початку шестидесятих років (1964) американськими вченими Е. Лейтом та Ю. Упатнієксом. Це відбулось після винайдення перших лазерів, які використовувалися дослідниками як монохроматичні джерела випромінювання високої когерентності.

2.2 Фізичні принципи оптоелектронних запам'ятовуючих пристроїв

Необхідність розробки нових типів запам'ятовуючих пристроїв – оптичних запам'ятовуючих пристроїв, в першу чергу, зумовлена тим, що, на даний час, прилади, які використовуються в ІТ-індустрії і діють за іншими фізичними принципами (наприклад, магнітна та напівпровідникова пам'ять), не можуть в повній мірі задовольнити вимог до об'єму інформації, що весь час зростає, і яку потрібно зберігати, а також щільності її запису. Базовими пристроями для оптичної пам'яті є два методи запису інформації. Це – послідовний та паралельний (інша назва – посторінковий). У пристроях, які відносяться до першого типу використовується тільки направленість світлового променя, а на противагу цьому, в пристроях другого типу – голографічного – використовується когерентність лазерного випромінювання та застосовується можливість його просторової модуляції.

В запам'ятовуючих пристроях послідовного типу запис інформації [12] відбувається з допомогою випалювання лазерним променем великої кількості отворів в металевій плівці, яка розміщена на прозорій підкладці-основі. Направити лазерний промінь на металеву плівку можна механічно (через зміну

взаємного положення променя і запам'ятовуючого середовища) або з допомогою пристрою – дефлектора, що служить для керування світловим променем за заданою спеціальної програми. Під час запису інформації випалений таким чином отвір в металевій плівці є логічною одиницею, а відсутність отвору свідчить про логічний нуль. Як запам'ятовуюче середовище в цьому випадку використовують металізовані вісмутом або ж радієм смужки спеціальних матеріалів – полієфірної плівки, фотоплівки та пластинки, на які нанесені фоторезисти та фотополімери. Але органічні матеріали мають здатність до «старіння». Найвища стабільність при достатньо довгому зберіганні інформації в оптичних запам'ятовуючих пристроях забезпечується використанням плівок хрому на склі. Такі пристрої характеризуються швидкістю запису $3-4 \cdot 10^4$ біт/с та ємність пам'яті, що становить приблизно 10^{17} - 10^{18} біт. Голографічний принцип запису інформації, схема якого зображена на рисунку 6 оснований на фіксації фоточутливим шаром інтерференційної картини, яка завжди створюється двома когерентними хвилями. Перша – це відбита від об'єкта запису хвиля або хвиля, яка пройшла через нього, а також допоміжною або опорною. Ця, таким чином, зафіксована на фотопластинці

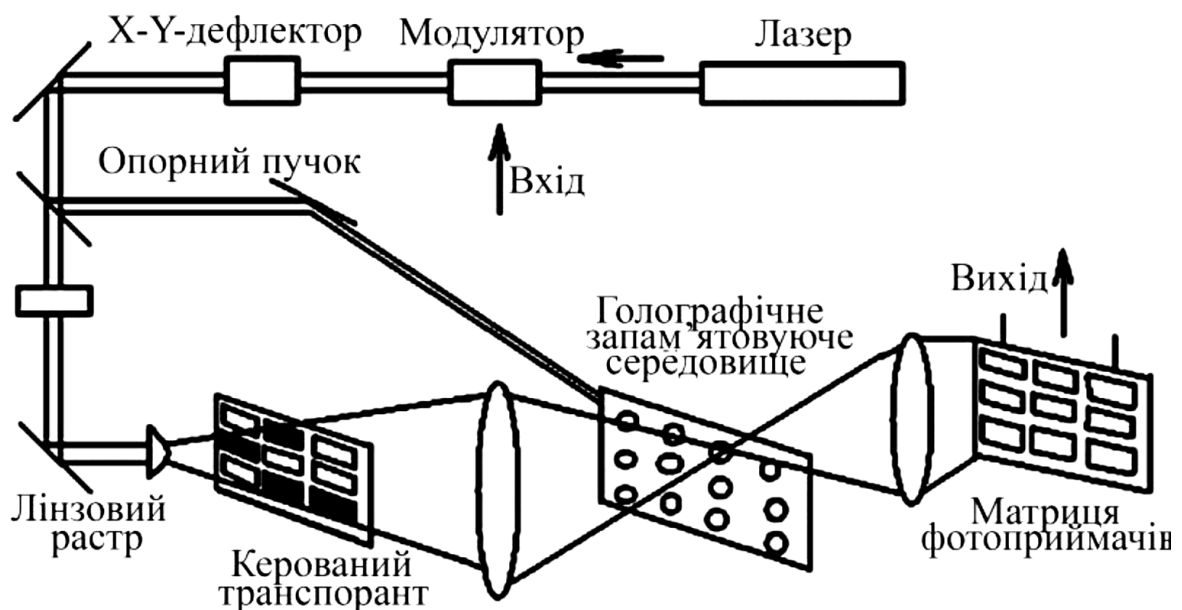


Рисунок 6 – Схема голографічного запам'ятовуючого пристрою.
Адаптовано із роботи [12]

картина, яка містить повну інформацію про відбиту від об'єкта хвилю, що враховує не лише інтенсивності, але і фази коливань, і називається голограмою. А при освітленні голограми променем світла відбувається її відновлення. Таким чином відтворюється зображення об'єкта. Однією з головних особливостей голографії є можливість запису достатньо великого числа голограм на одній пластині. Для цього використовуються різнонаправлені опорні пучки. Об'єктом запису є двовірна матриця двійкових знаків.

Використання голографічного принципу в запам'ятовуючих пристроях зумовлює ряд особливостей. Наведемо ці переваги:

1. Висока щільність запису інформації, що властива всім оптичним системам і є можливою через малу довжину хвилі світла λ .

2. Зчитування інформації відбувається у вигляді масивів розміром $10^4 - 10^6$ біт. Це сприяє підвищенню продуктивності системи і зменшенню числа ІМС. Швидкодія таких пристроїв може бути на декілька порядків вища, ніж дефлектора, який здійснює сканування лазерного променя. Таким чином, в голографічних системах швидкодія запам'ятовуючого пристрою зростає.

3. Захищеність від перешкод та зовнішніх впливів. Інформація записується у вигляді інтерференційної картини на всій поверхні фотопластинки. Таким чином голограма нечутлива до мікродфектів (порошинки, проколи і т.д.), що мають великий вплив в розрядних системах запису. Крім того, також голограма зберігає всю інформацію, навіть при механічному пошкодженні частини фотопластинки.

4. Запис інформації здійснюється в аналоговій формі, що відрізняє голографічні запам'ятовувальні пристрої від всіх інших видів такого класу пристроїв зі збереженням символів двоїчного коду. У такому випадку фіксація повної картини об'єкту значно простіша і швидша, ніж це відбувається при традиційному послідовному запису по крапках в процесі розгортки зображення. Це, у свою чергу, забезпечує добре сполучення голографічного запам'ятовуючого пристрою із системами аналогової оптичної обробки інформації.

5. Реалізоване поєднання в одному ЗП функцій і зберігання і логічної обробки, що дає змогу реалізувати так звану асоціативну вибірку інформації.

6. Запис інформації відбувається в об'ємі фотореєструючого матеріалу, що розширює цю номенклатуру.

7. Менші вимоги до точності механічного юстування окремих елементів та до оптичної системи голографічних пристроїв, ніж в порозрядних оптичних запам'ятовуючих пристроях.

Це пов'язано з тим, в першу чергу, що голограма в закодованій формі зберігає інформацію про положення об'єкта. У процесі запису інформації світловий промінь лазера за допомогою напівпрозорого дзеркала поділяється на два: сигнальний сигнал, який проходить через об'єкт та опорний. Зміна з допомогою дефлектора напрямку опорного променя дозволяє послідовно записувати велику кількість голограм на одну фотопластинку. Як об'єкт запису у такому варіанті використовуються фототранспаранти, які при роботі з цифровою інформацією представляють собою двовимірну матрицю прозорих та непрозорих ділянок, що відповідають одиницям та нулям двійкового коду [12]. Розрізняють транспаранти двох типів: постійні та керовані. Під час зчитування інформації дефлектор налаштовується на певне положення опорної хвилі і таким чином вибирається зображення необхідного транспаранта. Під час цього процесу сигнальний промінь перекривається затвором. Наступний вибір потрібного числа з усього масиву здійснюється автоматичним електронним способом при обробці сигналів фотореєструючої матриці. Зменшення рівня інтенсивності засвітки елементів фотоприймальної матриці на цій стадії від інтерференційних картин інших голограм (що не приймають участі в даній операції зчитування) може досягатися зміною оптичної системи, коли буде забезпечуватися просторовий розподіл голограм на фотопластинці. Більш повноцінного використання фоточутливого матеріалу пластинки можна досягнути при використанні багатоканальної схеми запису/зчитування інформації. При такій схемі на кожен голограму одночасно записується 4 - 12 транспарантів, при цьому кожний з них має свій індивідуальний масив

інформації і освітлюється своєю оптичною схемою, опорний промінь у такому випадку загальний для всіх систем. Під час зчитування або відновлення зображення ці транспаранти повинні потрапити на свої рознесені в просторі фото приймальні матриці. Розрахунки, проведені вченими, показують, що за допомогою такого методу можна збільшити щільність запису інформації приблизно до 2 - 8 разів при початковій потужності лазера. Характеристики голографічних запам'ятовуючих пристроїв в основному залежать від властивостей фотореєструючих плівкових матеріалів. Стандартні фотопластинки, які довгий час використовуються в голографічних запам'ятовуючих пристроях, забезпечують поєднання таких характеристик як висока роздільна здатність (приблизно $3 \cdot 10^3$ ліній/мм) та фоточутливість (10^{-5} Дж/см²). Ефективність зчитування інформації, що визначається відношенням енергії в зображенні до енергії променя, що формує це зображення для фотопластинок відносно невелика і становить приблизно 5%. З використанням фотоемульсій на основі біхромату желатину вдається досягнути ефективності зчитування інформації до 30 % в тонких і до 85 % – в товстих плівках. У фотопластинок на основі срібно – галоїдного розчину чутливість на декілька порядків вища. Для більш товстих шарів характерні також деякі деформаційні явища, що можуть спотворювати об'ємні голограми при достатньо високій щільності запису. Запам'ятовувальні пристрої оптичної пам'яті повинні задовільняти таким вимогам, як висока направленість та когерентність світлового променя. Саме таким вимогам із урахуванням вартості і габаритних розмірів якнайкраще задовільняє гелій-неоновий оптичний лазер. Для збільшення щільності запису можна використати більш короткохвильові лазери. Наприклад, аргонові з довжиною хвилі $\lambda = 0,5$ мкм, гелій – кадмієві – $\lambda = 0,33$ мкм, криптонові ($\lambda = 0,35$ мкм) або ксенонові ($\lambda = 0,36$ мкм). [13].

2.3 Приклади застосування голограм

Одним з застосувань є голографічна інтерферометрія. На відміну від

класичної інтерферометрії, де об'єкти досліджень повинні мати поверхні оптичної якості, для голографічної інтерферометрії ця вимога не обов'язкова. Поверхні, які досліджуються можуть відбивати світло дифузійно. Наступною перевагою голографічної інтерферометрії перед класичною є можливість відтворити форму зареєстрованої хвильової поверхні у ті моменти часу, коли предмет вже може і не існувати. Але ,в той же час аналіз голографічних інтерференційних картин є досить складним. За допомогою голографічної інтерферометрії можна досліджувати динамічні процеси, деформації, теплові потоки, об'єкти, що рухаються, коливні процеси та ін. [13].

Голограмні оптичні елементи. За допомогою голографічного запису можна отримати різноманітні оптичні елементи: зонні пластини, голографічні дифракційні решітки, голографічні оптичні елементи для корекції оптичних абераций та ін.

Голографічна обробка інформації. Голографічний запис та зчитування є одним з найперспективніших напрямків пам'яті з високою ємністю. В голографічній системі пам'яті інформація просторово розподілена і кожному бітові інформації відповідає своя інтерференційна картина. Під час запису великої кількості інформації одночасно або послідовно формується складна інтерференційна картина. При зчитуванні можна розділити окремі картини інтерференції, якщо їх положення відрізняються, по крайній мірі, на один період решітки. Повідомлялось, що виготовлені голографічні диски з ємністю 200 ГБ. Також існують різноманітні способи кодування просторової інформації з використанням голограм, та її відновлення, просторової фільтрації, розпізнавання образів.

Серед інших застосувань голографії можна зазначити художню голографію, кінематограф. Можна також проводити синтез голограм за допомогою обчислювальної техніки. Слід також зазначити використання голографії у неоптичному діапазоні, а саме акустичних хвиль та хвиль радіодіапазону [14].

У приладі, що використовується для запису інформації на основі об'ємної

голографії, що виготовляє компанія InPhase (рис. 7) використана класична схема з двома неколінеарними світловими променями. Науковцями зазначеної компанії було створено перший в світі дисковод типу Tapestry HDS-300R, що містить вбудовану систему радіо ідентифікації (RFID) та використовує диски об'ємом 300 Гб з однократним записом, що призначені для професійного архівування [15].

Він складається з SCSI-інтерфейсу, дані по якому передаються зі швидкістю до 20 MBps, середній час доступу становить 250 мс. Довжина хвилі лазера при цьому дорівнює 407 нм, а обсяг сторінки – 1,4 Мб,

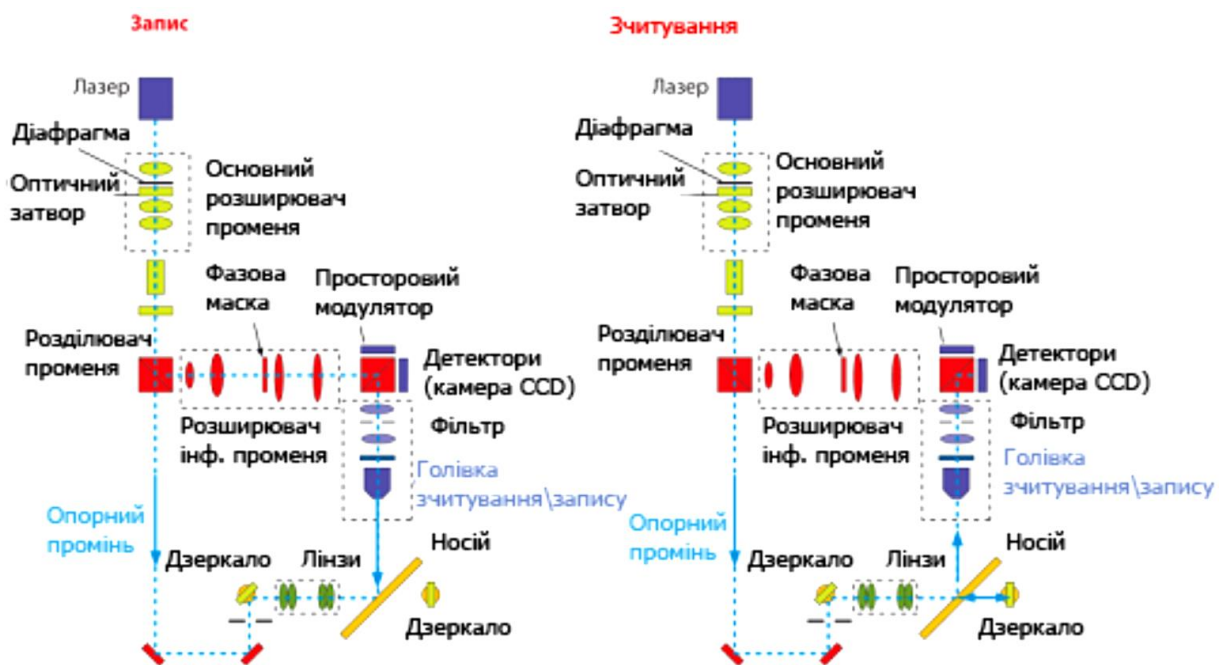


Рисунок 7 – Схема приладу запису інформації на основі об'ємної голографії компанії InPhase. Адаптовано із роботи [15]

ймовірність помилки при роботі не перевищує значення 10-12. А середній час роботи становить приблизно 100000 годин. Інформація записується на диск розміром 130 мм, що міститься у картриджі розміром 5,25×6×0,25 см. Термін зберігання інформації становить до трьох років, а архівного зберігання – більше 50 років. Інша компанія – Optware, на відміну від InPhase, використовує колінеарні промені, що дозволяють спростити конструкцію системи

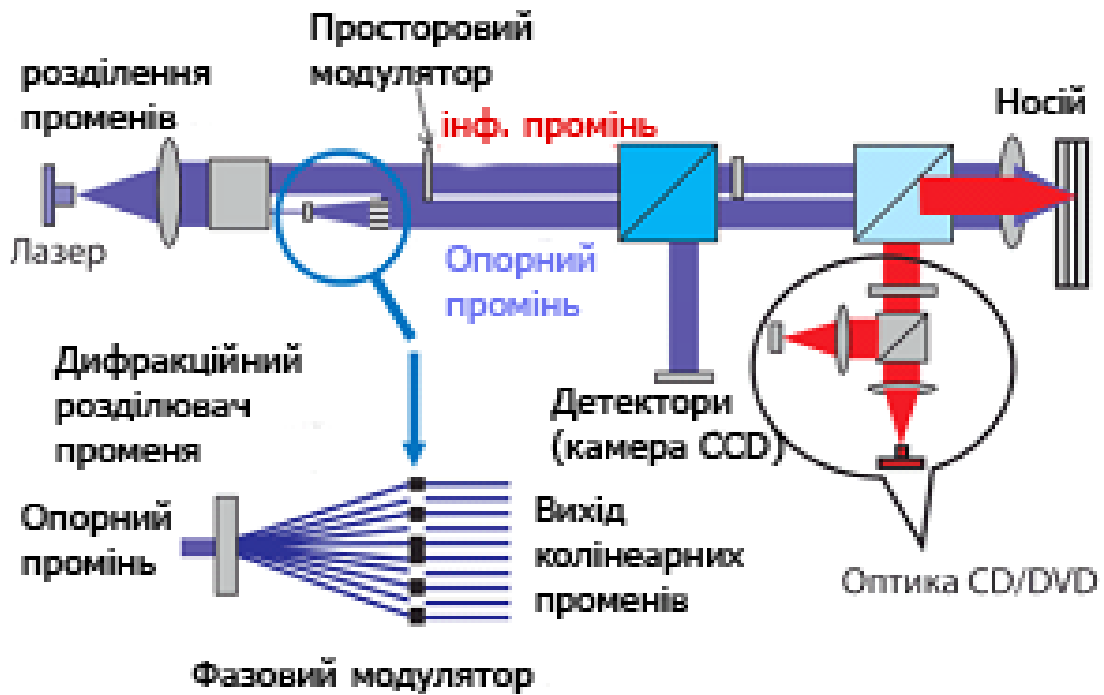


Рисунок 8 – Схема приладу запису інформації на основі об'ємної голографії компанії Optware. Адаптовано із роботи [15]

читання/запису інформації, підвищують надійність приладу, а також знижують вартість (рис. 8).

Ця колінеарна система, яка застосована в приладі може використовувати форматвані диски з адресними мітками, які нанесені на поверхню гальванічного покриття. Подібна технологія використовується в CD і DVD дисках. У той час як зелено-блакитний лазер зчитує і записує дані, лазер, що генерує сигнал в червоній області спектра може гарантувати прецизійне позиціонування. Така система позиціонування сервоприводу подібна стандартному DVD. Завдяки цьому дисководи Optware можуть працювати з дисками вище зазначених обох типів.

Хоча слід відзначити, що експериментальні розробки в основному ведуться тільки над методами збільшення об'єму інформації, яка зберігається та швидкістю її запису. Цього може бути не достатньо для зберігання інформації з обмеженим доступом. Для збільшення конфіденційності можна використовувати властивості голографічної 3D пам'яті, що дають можливість

розділяти частини інформації або закривати доступ до інформації з допомогою приховування параметрів запису вищевказаної інформації.

Ще однією важливою особливістю голографічної 3D пам'яті є те, що записана на носій інформація може бути прочитана тільки з такими самими параметрами, з якими її туди записали. Відповідно до цього виділяють ряд вимог до приладів запису та зчитування цифрової інформації. Це – точність механічної системи і стабільність світлового потоку або лазера. Не менш важливими параметрами запису інформації на зовнішній носій також є кут перетину опорного та інформаційного променів оптичного лазера, а також частота світла, адже тільки з такими вихідними параметрами можна буде зчитати інформацію з носія в майбутньому.

ВИСНОВКИ

1. Був проведений аналіз та порівняння фізичних принципів функціонування та конструктивних особливостей оптоелектронних та голографічних систем для запису і зберігання інформації.

2. Оптоелектронні прилади відрізняються від інших класів приладів завдяки особливій конструкції. Так, між елементами цих приладів є два типи зв'язку – оптичний та електричний. Причому елементи електрично ізольовані один від одного. Це дозволяє забезпечити узгодженість високо- та низьковольтних, а також високочастотних ланцюгів.

3. На основі оптоелектронного принципу можуть бути побудовані безвакуумні аналоги електронних пристроїв та систем, такі як дискретні або аналогові перетворювачі електричних сигналів. До цього класу приладів відносять елементи пам'яті, генератори, логічні схеми, тощо; перетворювачі оптичних сигналів, наприклад, плоскі екрани, підсилювачі світла та зображення. А також пристрої відтворення інформації, такі як цифрові табло, індикаторні екрани або картинна логіка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В. Електроніка і мікросхемотехніка. – Т.1. Елементна база електронних пристроїв. – Київ: Обереги, 2000. – 300 с.
2. Хоружний В.А., Письмецький В.О. Функціональна мікроелектроніка, опто- та акустоелектроніка. – Харків, 1995. – 186 с.
3. Волоконно-оптичні лінії зв'язку. . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://opticstoday.com/> (Дата доступу: 15.04.2020 р.).
4. Осадчук В.С., Осадчук О.В. Волоконно-оптичні системи передачі. Навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 225 с.
5. Васюра А. С. Елементи та пристрої систем управління і автоматики. – Вінниця: Вид-во ВДТУ, 1999. – 157 с.
6. Дорощенко Г. Д., Колесницький О. К., Тужанський С. Є. Радіокомпоненти та мікроелектронна технологія: Навчальний посібник. – Вінниця: Вид-во ВНТУ, 2006. – 147 с.
7. Павлов С. М., Рудик А. В., Возняк О. М. Схемотехніка: Навчальний посібник. – Вінниця: – Вид-во ВДТУ, 2001. – 144 с.
8. Колонтаєвський Ю. П., Сосков А. Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка. – Київ: Вид-во «Каравела», 2004. – 432 с.
9. Різновиди флуоресцентних дисків. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.alphadevix.com/a/42-Fluorescent-Multi-layer-Disc-\(FMD\)](http://www.alphadevix.com/a/42-Fluorescent-Multi-layer-Disc-(FMD)) (Дата доступу: 15.04.2020 р.).
10. Принцип побудови зображення у флуоресцентних дисках. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.thocsp.net/hardware/fmd_rom.htm (Дата доступу: 15.04.2020 р.).
11. Лебедь О. О., Орленко В. Ф., Кочергіна О. Д. Фізичні основи інформаційних систем. Навчальний посібник. – м. Рівне; НУВГП, 2013р. – 185 с.
12. Deng Zi-Lan. Metasurface optical holography / Zi-Lan Deng, Guixin Li // Mater. Today Phys. – 2017. – V. 3. – P. 16–32.

13. Digital Holography, a metrological tool for quantitative analysis: Trends and future applications / Melania Paturzo, Vito Pagliarulo, Vittorio Bianco, et al. // Opt. Laser. Eng. – 2018. – V. 104. – P. 32–47.
14. Поняття про голографію. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/Зpavlov_osnovy_mikroelektroniky/86.htm (Дата доступу: 15.04.2020 р.).
15. Никоненко О. В. Особливості голографічної системи захисту інформації / О. В. Никоненко // Комп'ютерні технології. – 2018. – №2. – С. 127–130.