

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

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 681.3.06

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Власюк Г. Г.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ___ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 171 Електроніка

на тему: « Методи та засоби для створення систем відеоспостережень за умов високих іонізаційних випромінювань».

Виконав студент VI курсу, групи ДВ-71мп
(шифр групи)

Кіблик Дмитро Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник професор д.т.н., професор Розорінов Г. М.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант _____

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2018 року

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

Інститут (факультет) _____ Факультет електроніки _____
(повна назва)

Кафедра _____ Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) 171 Електроніка (Електронні та інформаційні технології кінематографії та аудіовізуальних систем)
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Власюк Г.Г.

_____ (підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Кібliku Дмитру Олександровичу

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Методи та засоби для створення систем відеоспостережень за умов високих іонізаційних випромінювань.
науковий керівник дисертації Розорінов Георгій Миколайович, д.т.н.професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом по університету від «07» листопада 2018р. №4114-с

2. Строк подання студентом дисертації 10.12.2018р.

3. Об'єкт дослідження: системи відеоспостереження під впливом іонізуючого випромінювання і способи реалізації та покращення надійності камери на прикладі HD камери.

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): методи та засоби вдосконалення захисту від іонізаційного випромінювання HD камери.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити Дослідити вплив випромінення та зробити порівняльний аналіз за різних доз радіації. Модифікація матеріалів з метою збільшення радіоційної стійкості.
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу 18 рис., 26 табл., 1 презентація, 10 слайдів.
7. Орієнтовний перелік публікацій «Дослідження деградації під впливом радіації на HD-камері на основі матриці CMOS»; «Радіоційно захищені системи відеоспостереження».

8. Консультанти розділів дисертації[□]

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання 10.09.2017

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
	Написання першого розділу: «Види випромінювання і взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною».	10.10.2017	
	Написання другого розділу: «Вплив іонізуючого випромінювання на системи відеоспостереження».	15.12.2017	
	Написання третього розділу: «Радіоційна стійкість полімерних композиційних матеріалів».	01.05.2018	
	Написання четвертого розділу: «Практичне застосування радіації на камеру».	10.10.2018	
	Написання п'ятого розділу: «Розроблення стартап-проекту».	09.11.2018	
	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	25.11.2018	
	Підготовка та оформлення презентації для доповіді	30.11.2018	

Студент

_____ (підпис)

Кіблик Д. О.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Г. М. Розорінов
(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника

УДК 681.3.06

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 77с., 18 рис., 26 табл., 1 дод., 25 джерел.

ІОНІЗАЦІЙНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ,
ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ, АНАЛОГОВІ, ЦИФРОВІ,
IP, CCD, CMOS, CIS

Актуальність роботи полягає у тому, що на сьогоднішній день радіаційно захищені системи відеоспостереження, які можуть постійно відслідковувати ключові сфери обладнання та обладнання, стають все більш важливими, оскільки оператори атомних електростанцій мають на меті скоротити час перебування та мінімізувати дозу отриманої радіації.

Об'єктом дослідження є системи відеоспостереження під впливом іонізуючого випромінювання і способи реалізації та покращення надійності камери на прикладі HD камери.

Метою роботи є надання рекомендацій застосування сучасних камер відеоспостереження, покращення їх захисту від іонізаційного випромінювання, аналіз технічної реалізації з виявленням головних переваг і недоліків.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- Проаналізувати вплив радіації на різні матеріали;
- Дослідити вплив малих доз радіації на HD камеру;
- Модифікація матеріалу з метою збільшення радіоційної стійкості;
- Провести аналіз деградації вихідного сигналу;

SUMMARY

Master's dissertation: 77 pages, 18 pictures, 26 tables, 1 copies, 25 sources.

. IONIZED RADIATION, VIDEO-MONITORING, ANALOGUE, DIGITAL, IP, CCD, CMOS, CIS.

The urgency of the work is that to date, radiation-protected CCTV systems, which can constantly monitor key areas of equipment and equipment, are becoming increasingly important as nuclear power plant operators have the goal of reducing their stay and minimizing the dose of radiation received.

The object of the study is the cameras and methods of implementing the creation of methods and tools for improving the work under conditions of ionization radiation.

The aim of the work is to highlight the problem of choosing how to create cheap protection, analysis of technical implementation, identifying the main advantages and disadvantages.

To achieve the goal you must accomplish the following tasks:

- Analyze the effects of radiation on various materials;
- Investigate the effect of low doses of radiation on an HD camera;
- Modification of the material in order to increase the radiological stability;
- Analyze degradation of the output signal;

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ВИДИ ВИПРОМІНЮВАННЯ І ВЗАЄМОДІЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЧОВИНОЮ.....	11
1.1 Випромінювання.....	11
1.2 Вплив іонізуючого випромінювання на речовину	14
1.3 Дія радіації на конструкційні матеріали виробів електронної техніки.....	14
1.4 Дія радіації на напівпровідникові прилади і інтегральні мікросхеми.....	15
1.5 Дія радіації на п'єзокварцові матеріали та вироби.....	16
1.6 Дія радіації на радіодеталі і радіокомпоненти.....	18
2 ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ	20
2.1 Відеоспостереження.....	20
2.2 Радіаційно захищені системи відеоспостереження.....	21
2.3 Джерела іонізуючих випромінювань.....	26
2.4 Випробування апаратури на стійкість до впливу радіації	28
2.5 Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовинами	29
2.6 Вплив радіаційних випромінювань на різні напівпровідникові прилади	30
2.7 Погляд на ринок	32
3 РАДІАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	35
3.1 Реакція різних за структурою полімерів на радіаційний вплив.....	35
3.2 Радіаційна стійкість арамідних волокон.....	37
3.3 Модифікація полімерів, з метою збільшення радіаційної стійкості...39	

4	ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГРАДАЦІЇ HD КАМЕРИ НА ОСНОВІ ДАТЧИКУ CMOS ПІД ВПЛИВОМ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗА РІЗНОЮ ПОТУЖНІСЮ ДОЗИ	42
4.1	HD промислова камера.....	43
4.2	Особливості.....	45
4.3	Аналіз даних.....	47
4.4	Неперервний аналіз деградації вихідного сигналу	53
5	РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТРЕСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ.....	57
5.1	Загальні відомості	57
5.2	Технологічний аудит ідеї проекту.	58
5.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	59
5.4	Розроблення ринкової стратегії проекту	62
5.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	64
	ВИСНОВКИ.....	67
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	69
	ДОДАТОК А.ABSTRACT.....	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

CCTV	– Closed Circuit Television - система телебачення замкнутого контуру
IP	– Internet Protocol - міжмережевий протокол
CCD	– Charge-coupled device - ПЗЗ-матриця
CMOS	– Complementary metal–oxide–semiconductor - комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник
S-Video	– Separate Video - раздельный видеосигнал
CIS	– Contact Image Sensors - Контактний датчик зображення
TID	– ушкодження загальної іонізуючої дози
DD	– поглинена доза випромінювання
SNR	– якість вихідного сигналу в камері
FPGA	– Field-Programmable Gate Array - програмована логічна інтегральна схема
APS	– active-pixel sensor - напівпровідниковий сенсор
TID	– total ionizing dose – загальна доза іонізуючого випромінювання

ВСТУП

Відеоспостереження, свідками бурхливого розвитку якого ми є останні роки, може послужити не тільки відповіддю людства на виклик міжнародного тероризму, воно може стати надійним інструментом захисту людей і матеріальних цінностей від непередбачених обставин. Слід зазначити, що все це можливо лише в одному випадку - при правильному розумінні можливостей і ефективному використанні системи відеоспостереження - починаючи з коректної постановки задач і проектування систем, і закінчуючи навчанням персоналу і грамотної експлуатацією обладнання.

З кожним роком, ще більший інтерес людства викликає захист свого здоров'я, вони працюючи на атомних електростанціях мають на меті скоротити час перебування та мінімізувати дозу отриманої радіації.

Користуючись цими міркуваннями, дана тема є **актуальною** в наш час.

Саме тому, **метою магістерської дисертації** є надання рекомендацій застосування сучасних камер відеоспостереження, покращення їх захисту від іонізаційного випромінювання, аналіз технічної реалізації з виявленням головних переваг і недоліків.

Відомо, що питання радіаційної стійкості відеокамер та інших охоронних систем є досить новим напрямком для галузі. І не у кожній компанії є здатність для випробування на радіаційну стійкість. Адже ці данні потребують розшифровки: на стійкість до якого виду випромінювань проводилися випробування, яке зміна параметрів при подібних впливах приймалося за допустимий, на яких моделюють установках, що створюють частки, з якою енергією проводилися випробування.

Саме для таких матеріалів буде корисною дана робота. Вона допоможе узагальнити причини, які зумовлюють погіршення якості зображення та виокремити необхідні аспекти, що зможуть покращити захист від іонізаційного випромінювання.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання:

- Проаналізувати вплив радіації на різні матеріали;
- Дослідити вплив малих доз радіації на HD камеру;
- Модифікація матеріалу з метою збільшення радіоційної стійкості;
- Провести аналіз деградації вихідного сигналу;

Методом дослідження є результати деградації та процес випробуваної камери, спричинений пошкодженням TID, і результат SNR в порівнянні з потужністю дози.

Об'єктом дослідження є системи відеоспостереження під впливом іонізуючого випромінювання і способи реалізації та покращення надійності камери на прикладі HD камери.

Новизна дослідження полягає у розробці рекомендацій по захищенню відеоспостереження від іонізаційного випромінювання, та методах вдосконалення їх.

Практична цінність полягає в запропоновані пропозиції HD CMOS-камери вихідних даних камери для користувачів в області випромінювання.

1 ВИДИ ВИПРОМІНЮВАННЯ І ВЗАЄМОДІЯ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЧОВИНОЮ

1.1 Випромінювання

Іонізуюче випромінювання - це сукупність різних видів мікрочастинок і фізичних полів, що володіють здатністю іонізувати речовину, тобто утворювати в ньому електрично заряджені частинки - іони. Розрізняють декілька видів іонізуючих випромінювань: альфа-, бета-, гамма-випромінювання, а також нейтронне випромінювання.

Альфа-випромінювання

У формуванні позитивно заряджених альфа-частинок беруть участь 2 протона і 2 нейтрона, що входять до складу ядер гелію. Альфа-частинки утворюються при розпаді ядра атома і можуть мати початкову кінетичну енергію від 1,8 до 15 МеВ. Характерними особливостями альфа-випромінювання є висока іонізуюча і мала проникаюча здатність. При русі альфа-частинки дуже швидко втрачають свою енергію, і це обумовлює той факт, що її не вистачає навіть для подолання тонких пластмасових поверхонь. В цілому, зовнішнє опромінення альфа-частинками, якщо не брати до уваги високоенергійні альфа-частинки, отримані за допомогою прискорювача, не несе в собі ніякої шкоди для людини, а ось проникнення частинок всередину організму може бути небезпечно для здоров'я., Оскільки альфа-радіонукліди відрізняються великим періодом напіврозпаду і мають сильну іонізацією. У разі потрапляння всередину організму альфа-частинки часто можуть бути навіть небезпечніше, ніж бета- і гамма-випромінювання.

Бета-випромінювання

Заряджені бета-частинки, швидкість яких близька до швидкості світла, утворюються в результаті бета-розпаду. Бета-промені мають більшу проникаючу здатність, ніж альфа-промені - вони можуть викликати хімічні

реакції, люмінесценцію, іонізувати гази, надавати ефект на фотопластинки. В якості захисту від потоку заряджених частинок бета-випромінювання (енергією не більше 1MeV) досить буде використовувати звичайну алюмінієву пластину завтовшки 3-5 мм.

Фотонне випромінювання: гамма-випромінювання і рентгенівське випромінювання

Фотонне випромінювання включає в себе два види випромінювань: рентгенівське (може бути гальмівним і характеристичним) і гамма-випромінювання.

Найбільш поширеним видом фотонного випромінювання є володіють дуже високою енергією при ультракороткою довжині хвилі гамма-частинки, які представляють собою потік високоенергетичних, що не володіють зарядом фотонів. На відміну від альфа- і бета-променів гамма-частинки не відхиляються магнітними і електричними полями і мають значно більшу проникаючу здатність. У певних кількостях і при певній тривалості впливу гамма-випромінювання може викликати променеви хворобу, привести до виникнення різних онкологічних захворювань. Перешкоджати поширенню потоку гамма-частинок можуть тільки такі важкі хімічні елементи, як, наприклад, свинець, збіднений уран і вольфрам.

Нейтронне випромінювання

Джерелом виникнення нейтронного випромінювання можуть бути ядерні вибухи, ядерні реактори, лабораторні та промислові установки. Самі нейтрони є електрично нейтральні, нестабільні (період напіврозпаду вільного нейтрона становить близько 10 хвилин) частки, які завдяки тому, що у них відсутній заряд, відрізняються великою проникаючою здатністю при слабкому ступені взаємодії з речовиною. Нейтронне випромінювання дуже небезпечно, тому для захисту від нього використовують ряд спеціальних, в основному водородосодержащих, матеріалів. Найкраще нейтронне випромінювання

поглинається звичайною водою, поліетиленом, парафіном, а також розчинами гідроксидів важких металів.

Дія іонізуючого випромінювання оцінюється дозою випромінювання. Розрізняють поглинуту, еквівалентну та експозиційну дози.

Поглинута доза D - це відношення середньої енергії E , що передається випромінюванням речовині в деякому елементарному об'ємі, до маси m у цьому об'ємі:

$$D = \frac{E}{dm}$$

Одиницею поглинутої дози в системі одиниць СІ є грей (Гр), а позасистемною - рад; $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$.

Оскільки різні види іонізуючого випромінювання навіть при однакових значеннях поглинутої дози спричинюють різний біологічний ефект, введено поняття еквівалентної дози H , що визначається як добуток поглинутої дози та коефіцієнта якості даного випромінювання $K_{\text{я}}$:

$$H = D \cdot K_{\text{я}}$$

Коефіцієнт якості показує у скільки разів радіаційна небезпека даного виду випромінювання вище радіаційної небезпеки рентгенівського випромінювання при однаковій поглинутій дозі. У табл. 2.1 наведені значення коефіцієнта якості для деяких видів випромінювання:

Таблиця 2.1. Значення коефіцієнта якості для деяких видів випромінювання

№	Види випромінювання	Коефіцієнт якості, K
1	Рентгенівські та гамма-випромінювання	1
2	Електрони та позитрони, бета-випромінювання	1
3	Протони з енергією менше 10 МеВ	10
4	Нейтрони з енергією 0,1- 10 МеВ	10
5	Альфа-випромінювання з енергією менше 10 МеВ	20
6	Важкі ядра атомів	20

Одиницею еквівалентної дози опромінення в системі СІ є зіверт (Зв): $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$. Бер (біологічний еквівалент рада) - позасистемна одиниця H .

1.2 Вплив іонізуючого випромінювання на речовину.

Дія іонізуючих випромінювань на матеріали та вироби можливо розділити на імпульсна (протікає дуже короткий час) і безперервна (тривалий час).

Між впливом імпульсної радіації, що виникає в результаті ядерного вибуху, і безперервної радіації, що діє на об'єктах з ядерними енергетичними установками і космічні об'єкти, існує велика різниця.

Вплив безперервної проникаючої радіації призводить до поступової необоротної зміни електричних параметрів виробів електронної техніки, що викликається в основному зсувами атомів, тобто порушеннями в структурі матеріалу, а також незначною зміною хімічного складу (активацією).

Імпульсна радіація, яка діє короткий час ($10^{-7} - 10^{-3}$ с.) разом з незворотнім зміною електричних параметрів виробів електронної техніки аналогічно впливу безперервної проникаючої радіації, створює дуже велику щільність іонізації як в самих опромінювальних виробках, так і навколо виробів (іонізація повітря). Це, як правило, призводить до оборотної зміни електричних параметрів виробів. Тому в умовах впливу іонізуючого випромінювання здійснюватиме незворотні зміни електричних параметрів матеріалів і виробів електронної техніки вивчаються в залежності від інтегрального потоку частинок або дози опромінення, а зворотні - в залежності від щільності потоку або потужності дози.

1.3 Дія радіації на конструкційні матеріали виробів електронної техніки

В даний час встановлено, що фундаментальні параметри реальних кристалів (електро- і теплопровідність, механічні, оптичні і магнітні властивості, коефіцієнти дифузії та ін.) Пов'язані з точковими дефектами. Отже, ці дефекти (і їх вторинні освіти) будуть визначати комплекс електричних

параметрів тих елементів електронної техніки, основою яких є кристалічна структура.

В результаті впливу ядерних випромінювань у всіх твердих тілах незалежно від типу структури можуть відбуватися зміщення атомів з утворенням вакантних вузлів і впроваджених атомів. У міру накопичення цих дефектів, коли їх кількість стає порівнянним з вихідним кількістю, властивим цьому матеріалу або виробу, електрофізичні властивості починають істотно «обов'язковими».

Основи теоретичних уявлень про процес виникнення радіаційних дефектів викладені в роботах Бора, Зейтца, Динса і Віньярд, Кінчіна і Піза, Кейвелл, Харрісона, Вавилова та інших дослідників. Більшість цих теорій при підрахунку повного числа зсувів засноване на спрощених уявленнях (модель взаємодії твердих куль) і, як правило, не враховує впливу непружних процесів. В теорії Ліндхард, розвиненою Стейном, ці процеси враховані.

Основним вихідним положенням теорії радіаційних порушень в твердому тілі є припущення про утворення первинних дефектів типу пари Френкеля (вакансія і междуузельний атом) в кристалічній решітці в результаті пружного зіткнення рухається частинки з ядром атома або з атомом речовини.

1.4 Дія радіації на напівпровідникові прилади і інтегральні мікросхеми

В даний час є значна кількість робіт, присвячених дослідженню механізмів деградації біполярних транзисторів при впливі проникаючого випромінювання. Частина з них широко узагальнена, наприклад в монографіях В. С. Вавілова, Н. А. Ухіна і Ф. Ларіна.

Експериментально доведено, що при опроміненні більшість параметрів біполярних транзисторів змінюється. Однак серед них можна виділити основний - статичний коефіцієнт передачі струму, зменшення якого при

опроміненні обмежує радіаційну стійкість багатьох класів схем на транзисторах.

У загальному випадку зміна цього параметра обумовлено зміною як об'ємних, так і поверхневих властивостей напівпровідників. Випромінювання, що втрачають основну частину своєї енергії в процесі пружного розсіювання, створюють, головним чином, радіаційні дефекти в обсязі напівпровідника, що приводить до зміни часу життя, концентрації і рухливості носіїв заряду. Випромінювання, які при проходженні через речовину втрачають свою енергію за рахунок непружного розсіювання, іонізують газ в корпусі приладу, генерують і збуджують вільні носії заряду, що може привести до зміни поверхневих властивостей напівпровідників внаслідок захоплення генеруються носіїв поверхневими рівнями або осадження заряджених іонів, на поверхню кристала.

Для бездрейфовий транзисторів з однорідною досить товстою базою при наявності тільки об'ємних змін, використовуючи відому з теорії зв'язок між граничною частотою коефіцієнта передачі струму в схемі з загальним емітером і рекомбінаційними втратами: можна отримати вираз, що описує зміну при опроміненні статичного коефіцієнта передачі струму в схемі з загальним емітером.

1.5. Дія радіації на п'єзокварцові матеріали та вироби

П'єзокварцові вироби є найбільш відповідальними функціональними елементами радіоелектронної апаратури. Завдяки вдалому поєднанню механічних, електричних і оптичних властивостей кристалічний кварц зайняв виняткове становище в науці і техніці (кварцові високостабільні генератори, електричні фільтри, ультразвукові пристрої). Кварц є з'єднанням атомів кремнію з атомами кисню. Хоча окис кремнія- широко поширене на землі з'єднання, проте прозорі кристали кварцу, придатні для використання в електронній промисловості, зустрічаються досить рідко.

У природі існують дві модифікації прозорого кристалічного кварцу: α -кварц (з температурою освіти до 573°C) і β -кварц (з температурою освіти від 573 до 880°C). Ці модифікації кварцу відрізняються своєю структурою і мають абсолютно різними електрофізичними властивостями. Властивістю п'єзоефекту має тільки α -кварц. Структура α - і β -кварцу заснована на трьох, вставлених одна в іншу, гексагональних решітках, при цьому β -кварц має гексагональну симетрію, а α -кварц - тригональну.

Вивчення впливу випромінювань на кварц становить інтерес як з точки зору визначення можливих змін параметрів кварцових виробів (резонаторів, фільтрів, ліній затримки та інших), які працюють в умовах інтенсивного опромінення, так і з точки зору можливості спрямованого зміни фізичних властивостей кристалів кварцу і параметрів готових виробів шляхом введення дозованих кількостей радіаційних дефектів. До числа електрофізичних властивостей кварцу, чутливих до впливу іонізуючих випромінювань, відносяться:

1. механічні (константи пружності, внутрішнє тертя);
2. електричні (стабільність частоти, діелектрична проникність, провідність, тангенс кута діелектричних втрат, п'єзоелектричні властивості);
3. магнітні (магнітна проникність, парамагнітний резонанс);
4. оптичні (створення нових смуг поглинання світла, поява центрів забарвлення, обертання площини поляризації і т. д.);
5. теплові (коефіцієнт теплопровідності).

Проходження випромінювань через кристалічний кварц супроводжується рядом складних процесів, серед яких основну роль відіграють такі:

1. зміщення атомів і бомбардування частинками;
2. електронно-діркові або іонізаційні процеси (генерація і рекомбінація електронно-доручених пар, захоплення електронів і дірок пастками, утворення центрів забарвлення);

3. радіаційно-стимульована дифузія точкових дефектів (домішок, вакансій), що супроводжується змінами концентрацій різних електронних і доручених центрів;
4. заміщення в процесі опромінення лужних іонів-компенсаторів поблизу А-центрів іонами водню;
5. руйнування колоїдно-дисперсних включень не структурних домішок, поширених в синтетичних кристалах.

Зміна параметрів кварцу в результаті впливу випромінювання має оборотний і необоротний характер. Незворотні зміни параметрів обумовлені процесами зсуву атомів, а оборотні - їх іонізацією.

1.6 Дія радіації на радіодеталі і радіокомпоненти

Конденсатори за своєю конструкцією є системи що складається з електродів (обкладок), розділених діелектриком. Залежно від виду діелектрика конденсатори поділяються на такі класи: паперові, плівкові, слюдяні, керамічні, стеклокераміческие, електролітичні і оксидно-напівпровідникові.

Для забезпечення необхідної стабільності характеристик і підвищення експлуатаційної надійності конденсаторні секції поміщаються в металеві або ізоляційні корпуси ущільненої або герметичній конструкції, а в необхідних випадках проводиться також просочення секцій органічними матеріалами (парафіном, церезином, конденсаторним маслом і ін.).

В якості електродів в конденсаторах використовуються металева фольга (мідь, алюміній) або тонкий шар металу (цинк, алюміній), нанесений безпосередньо на діелектрик.

Якщо в слюдяних фольгових конденсаторах використовується просочення секцій органічними матеріалами для підвищення стабільності параметрів, то радіаційна стійкість таких виробів стає порівнянної з радіаційною стійкістю конденсаторів з органічним діелектриком.

В електролітичних і оксидно-напівпровідникових конденсаторах основним діелектриком є тонка оксидна плівка, що отримується в процесі виробництва на одному з електродів конденсатора. У електролітичних конденсаторів електролітом служить розчин борної або сірчаної кислоти. У оксидно-напівпровідникових конденсаторах роль електроліту виконує двоокис марганцю.

При дії іонізуючих випромінювань в електролітичних конденсаторах відбувається радіоліз електроліту, що супроводжується виділенням газоподібних продуктів. В результаті цього спостерігається порушення ущільнень і катастрофічне погіршення електричних параметрів (в першу чергу, ємності). У рідинних електролітичних конденсаторах з об'ємним пористим анодом з оксидів танталу і ніобію найменш радіаційно-стійким елементом є герметизуюча прокладка з фтороорганіческою гуми, яка при дозах втрачає необхідні пластичні властивості. В результаті розчин сірчаної кислоти може вилитися за межі герметизованого обсягу і викликати додаткові зміни характеристик конденсаторів і навіть привести до порушення його працездатності.

Причиною погіршення електричних параметрів оксидно-напівпровідникових конденсаторів в умовах впливу радіації при великих інтегральних потоках є зниження опору двоокису марганцю і, відповідно, порушення працездатності конденсаторів.

Висновки до розділу

Для того щоб, забезпечити необхідну стабільність характеристик і підвищити експлуатаційну надійність різних матеріалів або пристроїв їх потрібно помістити в металеві або ізоляційні корпуси ущільненої або герметичної конструкції, а в необхідних випадках проводиться також просочення секцій органічними матеріалами.

2 ВПЛИВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

2.1 Відеоспостереження

Відеоспостереження (англ. Closed-circuit television, CCTV) — система передавання інформації з відеокамер, телевізійних камер на обмежену кількість моніторів та записувальних пристроїв [1].

Відмінність систем відеоспостереження від телевізійного мовлення полягає у тому, що сигнал не передається у відкритому режимі. Системи відеоспостереження часто використовуються для спостереження у місцях, які потребують постійного нагляду, таких як банки, банкомати, казино, вокзали, аеропорти, військові об'єкти та звичайні магазини, тощо.

На промислових об'єктах камери спостереження можуть використовуватись для централізованого стеження за виробничим процесом, або, у разі наявності середовища, небезпечного для людини. Системи відеоспостереження можуть знімати безперервно, або вмикатись лише за заданою подією. Досконаліші системи стеження, з використанням цифрових відеореєстраторів, дозволяють створювати записи, які зберігатимуться роками, з різною якістю та з додатковими можливостями.



Рисунок 2.1 - Відеоспостереження

Стандартна система відеоспостереження складається з:

- відеокамери;
- відеореєстратора;
- монітора.

Водночас, системи відеоспостереження підрозділяються на дротові(аналогові) та бездротові(IP).

2.2 Радіаційно захищені системи відеоспостереження

Радіаційно захищені системи відеоспостереження, які можуть постійно відслідковувати ключові сфери обладнання та обладнання, стають все більш важливими, оскільки оператори атомних електростанцій мають на меті скоротити час перебування та мінімізувати дозу отриманої радіації.

Відеоспостереження може використовуватися на атомних електростанціях для перевірки обладнання, спостереження за критичним обладнанням, а також для ознайомлення з робочими місцями в навчальних цілях.

Як правило, немає регуляторних вимог стосовно захищеності камер відеоспостереження, що використовуються на атомній електростанції, однак камери, встановлені у захисному середовищі, як правило, мають бути сейсмо-захищеними (щоб запобігти потенційному пошкодженню, котре може привести до падіння камери під час землетрусу). Замовник визначає вимоги до камери, вони зазвичай вибирають комбінацію камер, придатних для різних задач. Деякі з високим, середнім або низьким захистом від випромінювання. Це рішення залежить від таких факторів, яка максимальна (загальна тривалість) загальна доза, максимальна (динамічна) потужність дози, інтервал обслуговування та вартість послуги (запасні частини та робоча сила).

Існує два основних типи радіаційно захищених технологій відеоспостереження: камери цифрового електронного променя у старому стилі (катодно променева трубка) або цифрові технології, такі як CCD (зарядний

пристрій) та CMOS (комплементарні металеві оксидні напівпровідники), які виробляються за допомогою напівпровідника замість вакуумної трубки. Загалом, камерні трубки мають більшу радіаційну стійкість і потребують менше технічного обслуговування, ніж технологія CCD. Проте трубчасті камери можуть мати більші витрати на технічне обслуговування, а зображення може бути пошкоджене, вигорівше або буде відставання кадру та перезавантаження .

Трубні камери включають R981, що постачається компанією Mirion Technologies та Diakont D70. Обидва ці конструкції, розміщені в корпусі з нержавіючої сталі, мають захист до випромінювання 1 MGy або 108 Rad та здатні працювати при температурі навколишнього середовища до 55 ° C в повітрі.



Рисунок 2.2 – R981



Рисунок 2.3 – Diakont D70

D70 (роздільна здатність 600+ ліній НТВ), яка постачається приблизно до трьох десятків заводів, в основному в Росії та Східній Європі, також доступний з активним охолодженням (вентилятори, що розсіюють тепло від блоку), для роботи в температурах до 100 ° С, що необхідно для ядра реактора. Чорно-білий колір D70 використовує трубку 2/3 "E-Chalnicon" (Chalnicon є однією маркою трубки) і може працювати до 3x10⁵ Рад / год і при мінімальному освітленні 16 люкс . Камера обладнана x20 оптичний зум і має поле зору від 2,25 до 45 °. Він захищений від повного та безперервного занурення в воду (IP68) до глибини 40 м.

Пропозиція Mirion Technologies, R981, може працювати з трохи меншою максимальною потужністю дози до 1kGy / год (105 Рад / година) з трубкою Chalnicon або до 30kGy / год (3x10⁶ Рад / год) за допомогою Vidicon. Він має 6-кратне оптичне збільшення, з панорамирою та нахилом ± 180 ° та максимальною швидкістю руху 6 ° за секунду. Версія захисту IP66, маса 13 кг. R981 є "герметичною" і захищена від потужних струменів води. Горизонтальна роздільна здатність камери становить 550 ліній НТВ.

Основна система керування камерою може бути в декількох кілометрах від камер. Як правило, камери повинні бути підключені до основних стійок обладнання локально через відповідні кабелі, які проходять через захисну стінку, використовуючи спеціальні електричні проникнення. Протоколи управління камерою, як правило, сумісні з галузевими стандартами. Як Mirion R981, так і продукти Diakont D70 пропонуються як частина рішення "під ключ" з системами управління.

Rolls-Royce постачала дві радіаційно стійкі чорно-білі відеокамери на атомних електростанціях. Обидва фотоапарати мають захист до випромінювання 1x10⁶ Рад / год, а загальна інтегрована доза 1x10⁷ Рад. Вони також засновані на технологіях катодно-променевої трубки. Обидва сенсори для зображень працюють при максимальній температурі навколишнього середовища 120 ° С та мають термін експлуатації близько двох років. Для обох компаній Rolls-Royce виконував проектування та розробку, об'єднав головку

камери з неорієнтованим зум-об'єктивом та встановив завершену збірку, в тому числі панорамні та нахильні агрегати. Перша система контролює процеси в районах високої радіації. Система складається з головки камери, яка встановлена на місці, і передає подачу до окремого процесора, розташованого за межами області випромінювання. Друга система монтується на кранах, і контролює рух палива в районі високого випромінювання.

Шведська компанія Ahlberg Electronics також постачає різні камери для використання на атомних станціях. Їх CCD-камера N82Z з високою роздільною здатністю (720 ТВ ліній у режимі S-Video) вже існує на ринку приблизно п'ять років. Модель N82Z оснащена оптичним зумом x10 і цифровим зумом x10 (всього x100), а кут огляду - від 5 ° до 50 °. N82Z має загальний захист до випромінювання 106 Рад. Він працює максимум зі швидкістю 105 Рад / год, максимальною температурою 60 ° С і мінімальною освітленням 10 люкс. Камера з нержавіючої сталі, яка поєднується з додатковим пристроєм H250DC з повним нахилом та нахилом 360 °, важить близько 20 кг.



Рисунок 2.4 - N82Z

Час роботи модуля камери для N82Z або тісно пов'язаного N129Z, який постачається з активним охолодженням, залежить від конструкції реактора та потужності дози. Зазвичай модулі потрібно замінювати кожні три-п'ять років. Однак, оскільки електроніка та оптика інтегровані в модуль камери, під час

заміни модуля не потрібні додаткові налаштування, що займає близько 15 хвилин.

Нарешті, корейська фірма Nucron Co Ltd також створила кольорову камеру з захистом від іонізуючого випромінювання, KR17090ZWC (105 Рад / год, 107 Рад, 6х оптичний зум) у співпраці з Korea Hydro & Nuclear Power.



Рисунок 2.5 - KR17090ZWC

Сьогодні вже досить докладно проаналізовано вплив температур на параметри роботи відеокамер і запропоновані різні кожухи. Деякі виробники пішли далі і заявляють про створення радіаційно-стійких відеокамер. Подібні випадки вже непоодинокі, обладнання активно рекламується. Найчастіше інсталятору складно оцінити вид деградації параметрів виробів, що створюються іонізуючим випромінюванням, а також рівень іонізуючих випромінювань, які обумовлюють погіршення параметрів апаратури. Не кажучи вже про необхідний ступінь захисту.

Адже, як відомо, під дією проникаючої радіації змінюються властивості практично всіх матеріалів: менш міцними стають метали, втрачають прозорість скла, погіршуються електричні характеристики напівпровідників. При аналізі радіаційної стійкості напівпровідникових пристроїв основну увагу приділяють нейтронного, протонному, електронного та альфа-випромінювання.

2.3 Джерела іонізуючих випромінювань

Іонізуючі випромінювання можуть мати штучне та природне походження. Космічний простір є природною радіаційною середовищем, в якій діють галактичне випромінювання - потоки протонів, альфа-частинок і інших важких ядер з енергіями 10^2 - 10^{14} MeV і випромінювання Сонця (джерелом енергії сонячного випромінювання служить термоядерна реакція - кожен секунду на Сонці $\sim 6 \cdot 10^{11}$ кг водню перетворюється в гелій). Значна частина космічного випромінювання - протони (близько 90%). Процеси на Сонці носять нерегулярний характер, проявляючись у період підвищеної сонячної активності (до 10 спалахів протягом декількох днів на рік). В результаті захоплення магнітним полем Землі заряджених частинок космічного простору утворюються радіаційні пояси Землі. Випромінювання внутрішніх природних радіаційних поясів Землі складаються з потоків протонів з енергіями до 700 MeV і електронів з енергіями менше 1 MeV, зовнішніх поясів Землі - з потоків протонів з енергіями до 60 MeV і електронів з енергіями 0,2-5 MeV. Радіаційні пояси Землі мають складну асиметричну будову, яке визначається структурою магнітного поля Землі. В результаті доза іонізуючого випромінювання, яку може накопичити бортова апаратура при знаходженні в радіаційному поясі Землі протягом 5 років, становить $5 \cdot 10^4$ - $2 \cdot 10^5$ радій. [1]. Іонізуючі випромінювання космічного простору можуть надавати помітний вплив на апаратуру, розташовану в гірській місцевості.



Рисунок 2.6 – напівпровідниковий прилад

Штучні радіаційні середовища можуть створюватися в технологічних цілях.

Ядерний вибух є джерелом потужного імпульсу гамма-випромінювання і запізнілого щодо гамма-квантів імпульсу швидких нейтронів. В ядерних енергетичних установках - безперервних і імпульсних ядерних реакторах - процес поділу ядер супроводжується гамма-нейтронним випромінюванням. Крім того, джерелами іонізуючих випромінювань є атомні енергетичні установки, прискорювачі, гамма-установки, рентгенівські та інші установки, що створюють потоки електронів, гамма-квантів, нейтронів, важких заряджених частинок [1]. У промислових ядерних установках прилади в основному піддаються нейтронного опромінення і гамма-випромінювання. При цьому потік нейтронів може становити 10^{11} см⁻², доза гамма-квантів може становити 104 рад.

Залишкове випромінювання пов'язане зі штучною радіоактивністю, наведеної нейтронами в ґрунті, матеріалах будівель і інших об'єктів, що опинилися в зоні ядерної реакції, а також осколками поділу ядер з великим періодом напіврозпаду. До залишковим відносять все гамма-випромінювання, що існує через 15 секунд після ядерної реакції. З цієї точки зору правомірно поява радіаційно-стійкої камери і спеціальних установок відеоспостереження для обстеження подібних об'єктів. Такі відеокамери, які мають в якості чутливого елемента ПЗС-матрицю, стійкі до впливу гамма-випромінювання 105 радій.

Крім того, при бомбардуванні металевого анода (металевої перегородки) пучком електронів, гамма-квантів або іонів відбувається гальмування останніх всередині матеріалу анода і генерація електромагнітного випромінювання,

званого гальмівним. Тому екрани часто можуть виявитися джерелами вторинного випромінювання. При опроміненні багатьох матеріалів нейтронами і протонами можуть відбуватися ядерні реакції, в результаті опромінене вироб стає джерелом гамма-квантів або електронів.

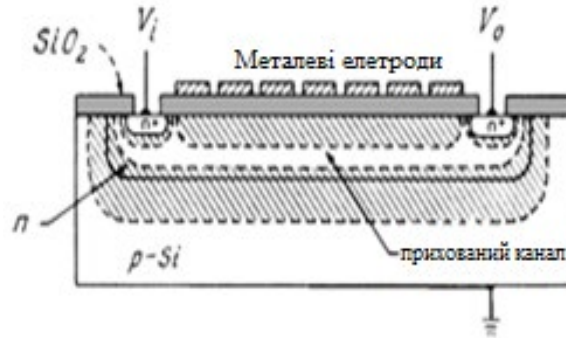


Рисунок 2.7 - застосування ПЗС з вбудованим каналом

2.4 Випробування апаратури на стійкість до впливу радіації

Такий докладний опис існуючих видів радіаційних випромінювань було приведено для того, щоб дати уявлення про складність і великому обсязі методик випробувань виробів РЕА на радіаційну стійкість.

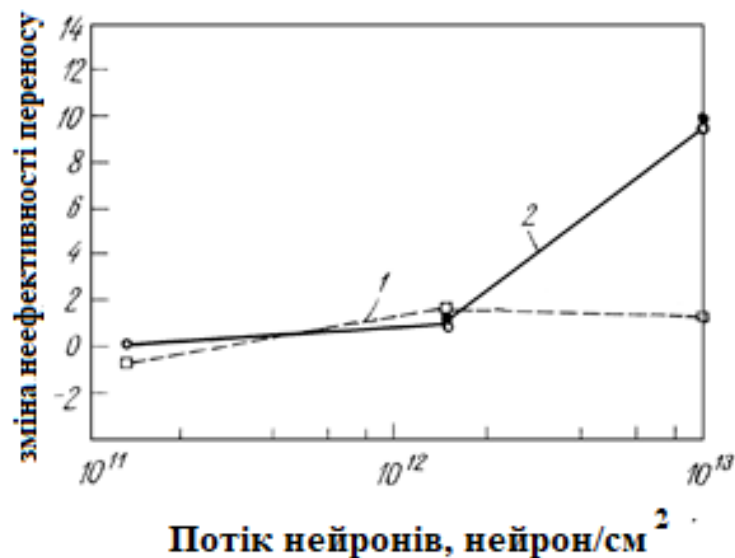


Рисунок 2.8 - залежність деградації від радіації параметрів ПЗС з поверхневим і вбудованим каналом

Всі параметри існуючих іонізуючих випромінювань в умовах проведення випробувань промоделювати неможливо. Характеристики випромінювань, створених випробувальними моделюючими установками, відрізняються від тих, які можуть реально впливати на апаратуру. Тому при подачі інформації про проведені випробування на радіаційну стійкість необхідно обумовлювати характеристики модельної установки: енергію і вид випромінювання, так як різні види випромінювання взаємодіють з речовиною по-різному. Існують досить докладно розроблені ГОСТи, які описують методики випробування виробів на стійкість до впливу радіаційних випромінювань. При цьому окремо наводяться випробування на стійкість до впливу іонізуючого випромінювання космічного простору і окремо - випромінювань ядерних реакцій.

2.5 Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовинами

Проаналізуємо вплив різних видів випромінювань на матеріали електронних виробів. В даний час практично всі електронні компоненти виготовлені на основі напівпровідників. Радіаційні випромінювання в напівпровідникових матеріалах втрачають свою енергію в основному за рахунок двох фізичних процесів: атомних зіткнень і іонізації. При атомних зіткненнях атоми напівпровідника вибиваються з рівноважних положень в кристалічній решітці, в результаті чого утворюються різного типу дефекти. Це незворотні зміни. Ці ефекти в основному викликають важкі незаряджені нейтрони і протони.

При іонізації ядерні частинки вибивають електрони з атомних орбіт, що збільшує в кристалі концентрацію іонів і вільних електронів. В основному це оборотні ефекти, тобто, з припиненням дії радіації іонізаційний струм зникає. Відносна роль цих механізмів визначається характером радіаційного впливу. Електрони і гамма-кванти, будучи зарядженими частинками, втрачають свою енергію в напівпровідниках за рахунок іонізації. Протони, будучи зарядженими частинками, також викликають іонізацію речовини. Приблизно

50% енергії швидких нейтронів витрачається на пружні атомні зіткнення, що призводять до зміщення атомів з вузлів кристалічної решітки. Протони передають атомам речовини, що опромінюється меншу, в порівнянні з нейтронним опроміненням енергію, що йде на їх усунення. На заключній стадії, коли протон володіє відносно невисокою кінетичною енергією, він здатний захоплювати електрон з утворенням атома водню, що володіє достатньою кінетичною енергією для генерації вторинних радіаційних дефектів. Після повного гальмування атом водню перетворюється в домішка. Тому однакові концентрації радіаційних дефектів вводяться при опроміненні істотно меншим потоком протонів, ніж нейтронів [2].

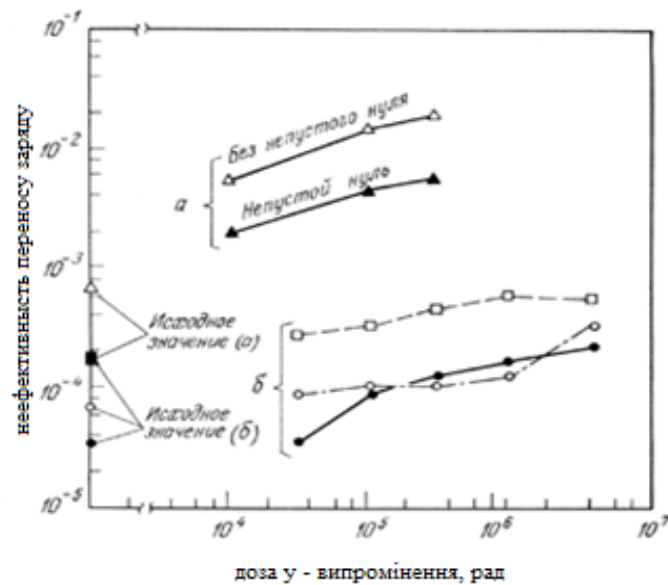


Рисунок 2.9 - залежність деградації від радіації параметрів ПЗЗ з поверхневим і вбудованим каналом

2.6 Вплив радіаційних випромінювань на різні напівпровідникові прилади

Чутливість напівпровідникових приладів до впливу різних типів радіаційних впливів залежить від того, за яким принципом працює прилад. У приладах, які працюють на основі об'ємних ефектів, такі як біполярні транзистори, фотодіоди головним чином деградують за рахунок об'ємних

радіаційних дефектів, створених при зміщенні атомів їх кристалічної решітки. Такі прилади відчувають значну деградацію при опроміненні високими рівнями потоків нейтронів (більш 10^{13} см²) і протонів (більш 10^{12} см²), що наглядно показано на рис. 2,6. Випромінювання, що викликають в основному іонізаційні ефекти, не призводять до значної деградації параметрів приладів. На рис. 2,8 показано, що зменшення чутливості фотодіодів при опроміненні іонізуючим випромінюванням дозою 10^4 - 10^6 радій - всього близько 10%. Як відомо, в деяких високоякісних камерах відеоспостереження в якості чутливого елемента використовуються фотодіоди. Застосування таких структур виправдано з багатьох точок зору[3].

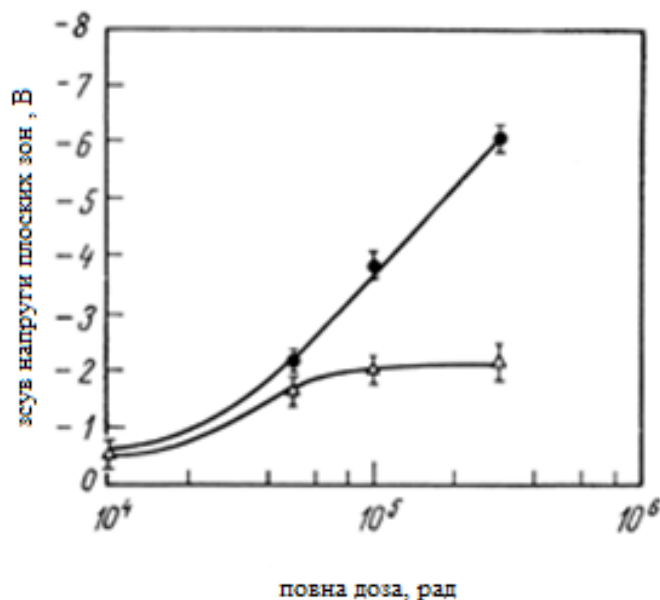


Рисунок 2.10 - залежність напруги плоских зон під алюмінієвими і полікремнієвими електродами

На роботу приладів із зарядним зв'язком (ПЗС) і КМОН впливають як об'ємні, так і поверхневі дефекти. Роботу цих приладів в значній мірі визначають поверхневі ефекти. Як відомо, в камерах відеоспостереження найбільш часто застосовуються ПЗС і КМОН-матриці. Крім того, що зчитує електроніка відеокамер також побудована на основі ПЗС і МДП-мікросхем. В деградації цих приладів, характеристики яких визначаються властивостями кордону розділу напівпровідник - діелектрик, істотну роль відіграють процеси

іонізації, що змінюють величину вбудованого заряду в діелектрику і збільшують щільність поверхневих дефектів. В даний час застосовуються широко відомі методи підвищення стабільності і радіаційної стійкості ПЗС - застосування ПЗС ні з поверхневим, а з вбудованим каналом (рис. 2,7). На рис. 2,9 приведена залежність деградації від радіації параметрів ПЗЗ з поверхневим і вбудованим каналом.

Також для підвищення радіаційної стійкості приладів застосовується оксид, спочатку створює мінімальний рівень напруженості між напівпровідником і оксидом, що нейтралізує при іонізації поверхневі стану. Радіаційно-стійкий оксид в тандемі з електродами з спеціально підібраних матеріалів утворюють радіаційно-стійку конструкцію МДП-приладу. Так як структура МДП створюється в єдиному технологічному процесі, то всі її елементи впливають один на одного ще на етапі виготовлення. Залежність напруги плоских зон під алюмінієвим і полікремнієвих електродами ПЗС від дози радіації приведена на рис. 2,10.

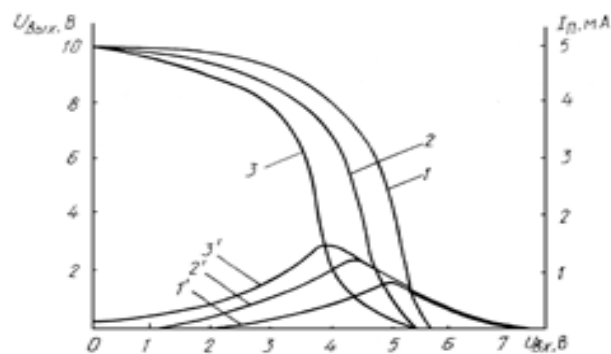


Рисунок 2.11 – вплив радіації на КМОН - електроніку

Треба відзначити, що КМОН-електроніка в основному володіє достатньою радіаційною стабільністю. Тобто КМОН-осередки не втрачають працездатності навіть при впливі дози 10^6 рад (рис. 2.11). Тільки трохи зсувається передавальна характеристика.

2.7 Погляд на ринок

Судячи з усього, для створення радіаційно-стійких камер застосовується один з подібних способів. Ці відеокамери, які мають в якості чутливого елемента ПЗС-матрицю, стійкі до впливу гамма-випромінювання 105 радій, що майже в 100 разів вище, ніж відеокамери на звичайних ПЗС-матрицях. Радіаційна стійкість досягається за рахунок застосування радіаційно-стійких елементів (в тому числі ПЗС-матриці), а також завдяки спеціально розробленим методом схемотехнічної захисту ПЗС-матриці від негативного впливу іонізуючого випромінювання. За твердженням виробників (науково-виробничої і комерційної компанії «Телекорт», створеної в 1992 р з фахівців «ВНДІ телебачення» - в минулому головного підприємства військово-промислового комплексу СРСР в області мовного, прикладного та спеціального телебачення, м.Санкт-Петербург) , наприклад, у відеокамері КТА-ІЗІ передбачена можливість подальшого підвищення радіаційної стійкості до рівня 106 рад.

Компанія Funktel успішно постачає радіаційно-стійкі відеокамери до випромінювання ядерного вибуху обладнання. Стійкість до впливу випромінювання потужністю 102 рад / год при сумарній дозі за час експлуатації 104 рад досягається шляхом використання спеціального кожуха. Стійкість до впливу випромінювання потужністю 103 рад / год при сумарній дозі за час експлуатації 105 радій досягається за рахунок застосування спеціально виготовлених радіаційно-стійких ПЗС-матриць, вертикального розташування відеокамер в свинцевих оболонках. Крім того, пряме попадання спрямованого радіоактивного випромінювання на ПЗС-датчик вимикається за рахунок зламу оптичної осі з допомогою дзеркала. Стійкість до випромінювання потужністю 106 рад / год при сумарній дозі за час експлуатації 108 радій забезпечує застосування в якості чутливого елемента не ПЗС або КМОН-матриць, а видикона - елемента, що містить фотопровідних мішень, яка складається з прозорої металевої плівки з боку проєктованого зображення і розташованого на

неї з боку електронно-оптичної системи фотопровідного шару. Конструктивне виконання цих приладів дозволяє проводити їх дезактивацію і забезпечує захист від проникнення радіоактивного пилу всередину приладів. Російська компанія «Діаконт» виробляє відеокамери типу D70 з Відікон 2/3 "на основі CdSe, стійкі до впливу гамма-випромінювання дозою 108 радій, при потужності гамма-випромінювань $3 * 10^5$ рад / год. Це ж підприємство випускає відеокамери, радіаційно-стійкі до впливу дози гамма-випромінювання 107 радій при потужності 105 рад / год типу S90 з чутливим елементом, виготовленим на основі APS-датчика.

Висновки до розділу

Питання радіаційної стійкості відеокамер та інших охоронних систем є досить новим напрямком для галузі. Затвердження виробників і постачальників відеокамер про те, що їх відеокамери пройшли випробування на радіаційну стійкість, зрозуміло, вимагають розшифровки: на стійкість до якого виду випромінювань проводилися випробування, яке зміна параметрів при подібних впливах приймалося за допустимий, на яких моделюють установках, що створюють частки, з якою енергією проводилися випробування.

ПЗС- і КМОН-матриці, широко застосовуються для камер відеоспостереження, дуже чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, ніж дискретні прилади, такі як фотодіоди. Тому відеокамери з чутливим елементом, як фотодіодів мають найбільшу радіаційну стабільністю. Існують певні способи для виготовлення радіаційно-стабільних ПЗС-матриць, які застосовують для отримання радіаційно-стабільних матриць для камер відеоспостереження, призначених для роботи в полях іонізуючих випромінювань.

3 РАДІАЦІЙНА СТІЙКІСТЬ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Радіаційна стійкість - здатність матеріалу зберігати структуру і властивості під час і після впливу радіаційного випромінювання.

Істотний вплив на радіаційну стійкість надає вид випромінювання, розмір дози випромінювання, характеристик навколишнього середовища, властивостей випробуваного матеріалу і т.д.

3.1 Реакція різних за структурою полімерів на радіаційний вплив

Вплив випромінювання призводить до зміни фізичних властивостей полімеру, на відміну від інших твердих тіл, де вплив призводить до руйнування, у випадку з полімерами фізичні властивості підвищуються. Як правило, опромінений полімер має більшу міцність, великим модулем пружності, меншою газопроникністю, має підвищену термічну і хімічну стійкість.

Однак в кожному окремому випадку поведінка полімеру при опроміненні визначається його хімічною будовою. Найбільш стійкими є ароматичні сполуки (арени), найменш стійкі - аліфатичні вуглеводи. Висока стійкість ароматичних сполук обумовлюється високою енергією зв'язку, енергія опромінення для таких структур абсорбується і розсіюється. Диссіпація (тобто розсіювання) відбувається в ароматичних вуглеводнях пояснюється наявністю великої кількості енергетичних рівнів в ядрах таких з'єднань, що забезпечує розсіювання в короткі терміни і без прояву небажаних ефектів. Крім цього, отримана в результаті опромінення енергія не зосереджується на окремих зв'язках в полімері, а розподіляється по всій системі. Дослідження впливу опромінення на ароматичні сполуки були проведені в роботах Болта, де органічні сполуки були піддані впливу потоку теплових нейтронів $1,41-1,63 \times 10^{18}$ нейтрон / см^2 при температурі близько 70 градусів.

Таблиця 3.1 – Залежність стійкості полімерів від наявності бічних ланцюгів

з'єднання	ароматичність, %	клас стійкості
1-метилнафталін	91	1
9-п-Додецілантрацен	54	2
Додецілнафталін	45	3
Октадецілнафталін	36	4
9-(-2-фенілетіл) гептадекан	24	5
Октадеціл-1,2,3,4-терагідронафталін	21	6
п-гептадекан	0	7
9-(2-Ціклогексилетіл) гептадекан	0	8
9-(3-ціклопентілпропіл) гептадекан	0	9

Дані, приведені в таблиці, свідчать про те, що на стійкість полімерів впливають бічні замісники. Це пов'язано із забезпеченням бічними замісникам більш простого проникнення випромінювання в кільце і подальшого розподілу.

Крім цього, на процес зшивання полімеру впливає розташування подвійних зв'язків щодо решт молекули, навколишнє середовище (для деяких полімерів на повітрі зшивання відбувається значно повільніше, порівняно з вакуумом), а також добавки, добавлені в полімер.

Повномірною оцінкою радіаційної стійкості полімерного матеріалу неможлива без урахування фактора фазового стану. При розгляді стає ясно, що вязкотекучем полімери найбільш чутливі на радіаційний вплив, коли ж полімери в склоподібному стані схильні до нього найменш. Також аморфна фаза легше піддається радіаційному впливу, і перетворення в ній відбуваються легше, ніж в кристалічній фазі.

Поведінка полімерного композиційного матеріалу під впливом радіаційного випромінювання залежить від числа і характеру дефектів в з'єднанні до впливу на нього.

Крім іншого, умови навколишнього середовища безпосередньо впливають на радіаційні перетворення. Швидкість таких перетворень зростає при підвищених температурах, що особливо помітно при проходженні через температури фазових перетворень. Вплив тиску так само яскраво виражено, значне його підвищення знижує швидкість деструкції полімерів. Невід'ємним фактором умов є денне світло, що представляє собою сукупність видимого випромінювання, ІК випромінювання та УФ випромінювання. Спільний вплив декількох видом випромінювання призводить до ще більш швидким і глибоких змін в структурі полімерів.

В сукупності, наведені вище фактори, значно варіюють стійкість полімерів до радіаційного випромінювання від нестійких до дуже стійким полімерів. Дані, наведені в таблиці нижче, можуть наочно продемонструвати радіаційну можливість різних класів полімерів. У таблиці 4.2 представлені дози випромінювання, при яких міцність з'єднання зменшується вдвічі.

3.2 Радіаційна стійкість арамідних волокон

Як було сказано раніше, введення ароматичних ядер в структуру полімеру значно підвищує його радіаційну стійкість. При розгляді арамідів в ряду від жирноароматических поліамідів до ароматичних стійкість так само збільшується. Наприклад, при опроміненні полі-*n*-ксіліленсебацінаміда дозою 1000 кГр його термомеханічні властивості зазнали різкої зміни, однак повністю ароматичні поліаміди зберегли початкові властивості до дози практично рівною 10000 кГр. Найкращим чином показав себе ароматичний політерефталамід, що зберіг початкові властивості до дози опромінення рівній 12000 кГр.

Таблиця 3.2 - Дози радіаційного випромінювання, що призводять до зниження властивостей полімерних матеріалів в 2 рази

полімер	D, мгр
політетрафторетилен	0,01
політрифторхлоретилен	0,03
поліметилметакрилат	0,3
Полікапролактам	0,6
поліпропілен	1
ПЕВТ	1
полівінілхлорид	1,5
поліетилентерефталат	2
поліефірна смола	
ТГМ-3	2
ПЕНД	3
поліуретани	3
меламіноформальдегідна смола	4
Полікарбонати	5
полістирол	5
Епоксидна смола ЕД-10	15
ЕТЗ-10	30
КМУ-1Л	30
КМУ-4Л	30
Поліаміди	100

При випробуваннях зміни характеристик міцності та деформаційних характеристик волокон Кевлар під дією радіації були отримані дані, представлені на рисунку 3,1.

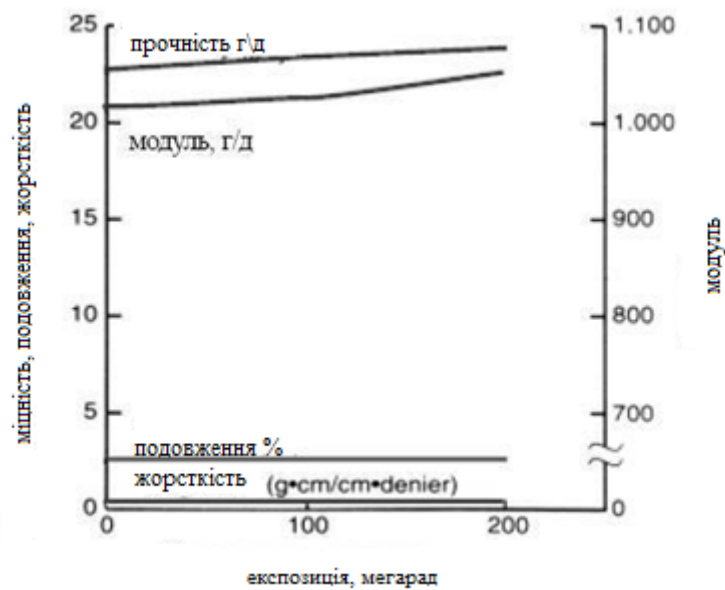


Рисунок 3.1 - Вплив радіації на механічні характеристики волокна Кевлар

При дозі опромінення дорівнює 2000 кГр міцність і модуль пружності волокон зростають. Виходячи з цього, можна припустити, що доза 2000 кГр є пороговою, нижче якої в полімері переважають деструкційні процеси, а вище - зшивання по амідних груп. Досить високий пороговий рівень кевлара досягається за рахунок захисної дії фенільних кілець. При заміні метильних груп на фенільні енергія, необхідна для утворення поперечних зв'язків, значно збільшується, що вимагає впливу великих доз опромінення на волокно для зшивання.

3.3 Модифікація полімерів, з метою збільшення радіаційної стійкості

Як спосіб підвищення радіаційної стійкості полімеру шляхом усунення дефектів використовується отжиг. Для впливу на кожен дефект йому необхідно передати певну кількість енергії E_a - енергія активації отжигу. Залежність накопичення потрібної кількості енергії E_a від температури обумовлює використання нагріву як основної умови отжигу. Для радіаційних дефектів можливе застосування як ізотермічного отжигу (витримка при незмінній

температурі протягом довгого часу), так і ізохронного отжигу (витримка зростаючих температур протягом однакового проміжку часу). Перший вид отжигу недоцільний при великій енергії активації отжигу, тобто великій енергії зв'язку комплексу дефектів, тому що в такому випадку дефекти знаходяться у великому температурному діапазоні.

При ізохронному отжигу дефектів можна виділити п'ять стадій процесу.

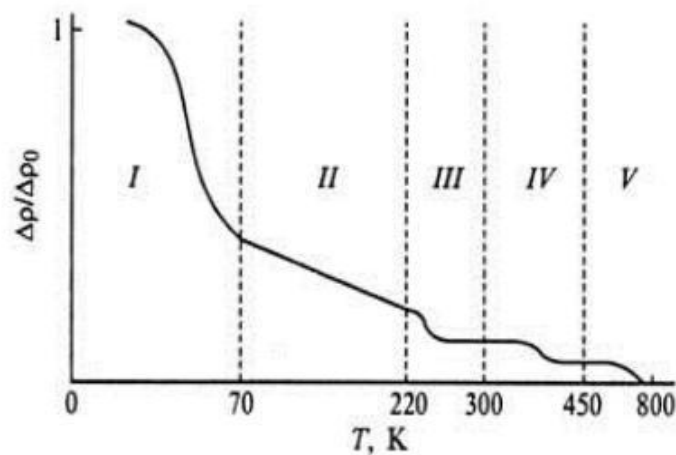


Рисунок 3.2 - Стадії процесу при ізохронному отжигу дефектів, де ρ - питомий опір

Дефекти в структурі, є центрами розсіювання носіїв заряду, тому ρ знаходиться в прямій залежності від їх кількості.

Протягом першої стадії відбувається рекомбінація близько розміщених пар Френкеля, за рахунок руху атомів в міжвузлів.

У другій стадії відбувається розподіл атомів з междоузлія.

Під час зростання температури в третій стадії отжигу починається процес розпаду кластерів, наприклад, розпади комплексів междоузельних атомів і домішкових атомів.

На завершальній четвертій та п'ятій стадіях відбуваються кінцеві процеси міграції вакансій і рекристалізації, з інтенсивним виходом дефектів на поверхню.

Радіаційна стійкість деяких високомолекулярних сполук, таких як поліолефіни, може бути підвищена шляхом введення ароматичних з'єднань,

проте в більшості випадків ефективність цього методу мала. Велику ефективність показують антирад-стабілізатори, які гальмують старіння полімерів під дією радіаційного випромінювання. Як антирад застосують ароматичні з'єднання з конденсованими кільцями і стабільні радикали.

Для поліпшення стійкості застосуємо метод зшивання - закріплення розташування макромолекул в полімері за рахунок міцних ковалентних зв'язків. Однак, у зв'язку зі зменшенням гнучкості полімеру, він має підвищену жорсткість і крихкість, знижену міцність при стиранні.

Для захисту вже готових виробів від радіаційного впливу застосовні багатошарові покриття, що наносяться за допомогою клейової основи на зовнішню поверхню виробу. Переважно використовується для радіаційних космічних об'єктів. Як подслоя в таких покриттях використовується розчин полібутілтітаната або розчин елементоорганічних сполук. В шарі покриття в якості матриці використовується кремнійорганічний полімер, а в якості неорганічного наповнювача шар матеріалу, що містить порошки важких металів і структурує агент на основі суміші ефіру ортокремневої кислоти і продуктів його гідролізу.

Висновки до розділу

Підводячи підсумки, можна ще раз відзначити, що найбільш радіаційно-стійкими сполуками є ароматичні сполуки, за рахунок високих енергій зв'язків, забезпечених циклічним будовою. І тому основний вплив випромінювання ґрунтується на утворенні точкових дефектів, то найбільш прийнятним методом усунення впливу є отжиг полімерів.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕГРАДАЦІЇ HD КАМЕРИ НА ОСНОВІ ДАТЧИКУ CMOS ПІД ВПЛИВОМ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗА РІЗНОЮ ПОТУЖНІСТЮ ДОЗИ

Датчики зображення CMOS (CISs) швидко розвивалися в останні роки, скориставшись зменшенням розміру транзисторів. Тепер CIS мають багато переваг, таких як низьке енергоспоживання, широкий динамічний діапазон, низький рівень шуму, висока частота кадрів, висока швидкість передачі даних та просте управління послідовністю синхронізації [11 , 12 , 13 , 14]. Зокрема, CISs з радіаційним захистом (RH-CIS) широко використовувались для відеоспостереження під час переривань реакторів атомних станцій та застосувань космічних детекторів на супутниках через їх загальну вищу толерантність до випромінювання порівняно з загальними CISs [15 , 16 , 17]. Тим не менш, загальні CISs мають меншу вартість, більш високу просторову роздільну здатність, більш низький темп струму та більшу надійність, а збиток від ядерної радіації є прийнятним у конкретній середовищі з низькою дозою [18 , 19 , 20 , 21]. Аналіз деградації ядерного випромінювання спільної CMOS -камери може стати важливим доказом для проектування та вибору камери, що застосовується в області випромінювання. Тому необхідно проаналізувати деградацію ядерного випромінювання спільної CMOS -камери.

Радіаційний ураження переважно включає ушкодження загальної іонізуючої дози (TID) при різних потужності дози, пошкодження дози (DD) та одноразові перехідні (SET) пошкодження. TID -пошкодження викликає деградацію продуктивності і навіть викликає функціональний збій CIS, тому цей збиток є одним з найбільш пов'язаних з застосуванням HD CMOS-камери. Goiffon et al. представили TID проти пошкоджень DD в CISs, індукційним протонним випромінюванням [22]. Leonello Servoli вивчали прогресивне пошкодження CIS без радіаційного зміцнення [23]. Чжун Ванг та співавт. повідомляють про деградацію 3T CIS, виготовлених за технологією 0,35 мкм, індукційним TID-опроміненням при 7,2 та 1800,0 Гр (Si) / год і

неупереджених умовах [24]. Незважаючи на те, що в кількох статтях досліджується TID-індукційна деградація в країнах CISs, деякі статті зосереджені на впливі потужності дози на якість зображення HD-камери на основі CIS.

4.1 HD промислова камера

Промислова камера, що випробовується, в основному складається з об'єктива із збільшеним збільшенням, модуль камери на рівні дошки, блок збору даних та системне програмне забезпечення. Всі частини камери розміщені в звичайній оболонці алюмінієвого сплаву. Об'єктив доступний у модулі камери на основі 2/3 "прогресивного сканування CIS і підтримує C-mount, як показано в Рисунок 5.1. Щоб уникнути впливу об'єктива на випробування, вибрана лінза була високо стійкою до випромінювання. Крім того, він був виготовлений з оптичного скла ZF7, який є радіаційним твердим матеріалом; Тобто, підсвічування або зміна кольору не відбудеться, коли об'єктив піддається впливу випромінювання. Товщина скла становить близько 62 мм, що визначається довжиною лінзи. Радіаційна стійкість лінзи гарантує, що її затухання не є очевидним під час вимірювань, а ефект затухання на експеримент можна ігнорувати.



Рисунок 4.1 – Об'єктив для тесту.

Рисунок 4.2 що модуль камери HD складається в основному з CIS, FPGA контрольного мікросхеми та пристрою зв'язку. CIS є зображенням компонентів камери, і може захоплювати процес деградації камери. У цьому документі вибирається CMV2000, виготовлений за стандартною технологією CIS 0,168 мкм від компанії CMOSIS, завдяки високій чутливості, низькому рівню шуму та високій якості. Массив зображення в CIS складається з 2048×1088 пікселів розміром $5,5 \text{ мкм} \times 5,5 \text{ мкм}$. Піксель має найсучаснішу архітектуру, яка пропонує корельовані подвійні вибірки (CDS) на основі фронт-кінця фотодіаду 4Т, що значно знижує фіксований шум та темний шум. Піксель контролюється за допомогою глобального затвора з конвеєром 8Т, що дозволяє експозиції під час читання поліпшити частоту кадрів. Чіп та блок зв'язку FPGA також опромінюються гамма-променями. Було доведено, що FPGA на основі Flash на 20% зниження робочої частоти може нормально працювати під час TID 800 Гр. FPGA використовувався для реалізації синхронізації та цифрового читання сигналу датчика зображення.

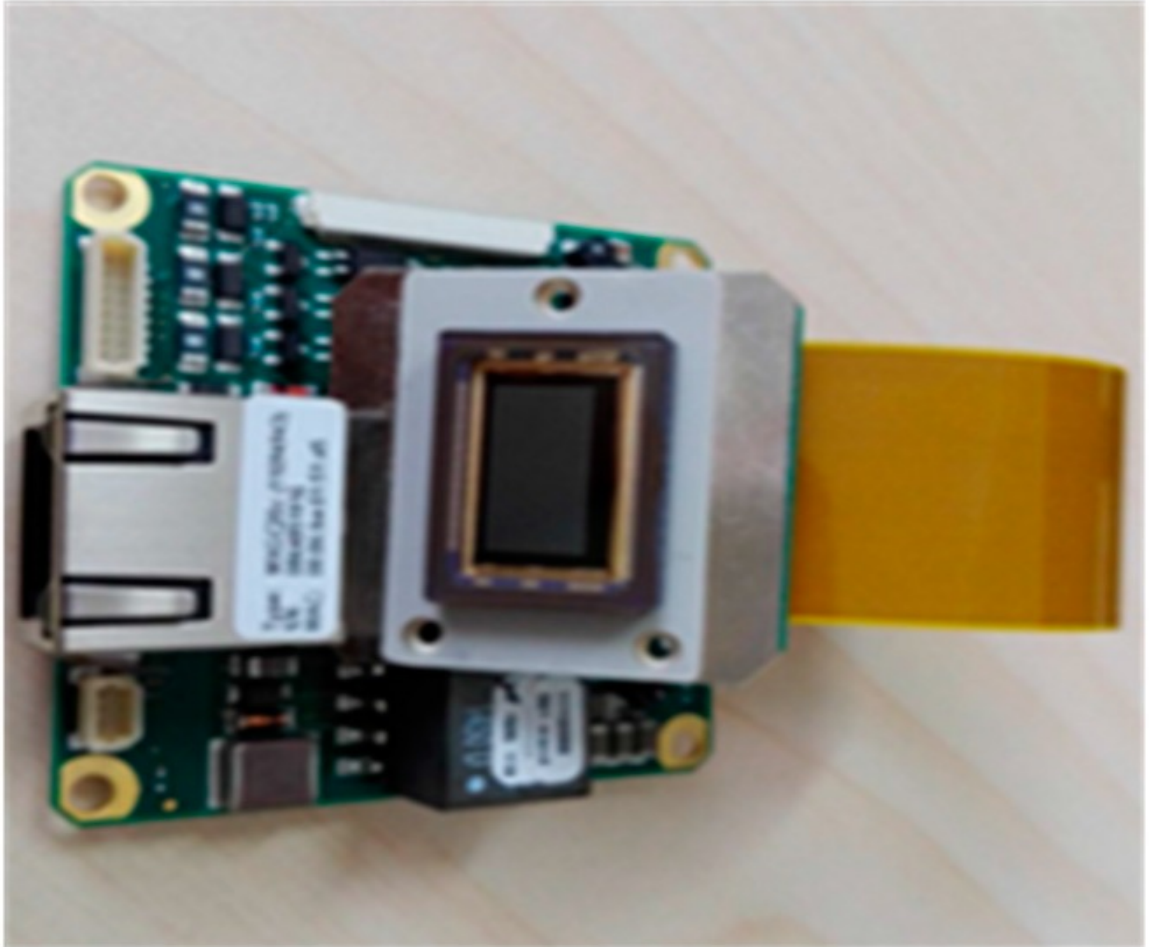


Рисунок 4.2 – Модуль HD камери під випробуванням.

4.2 Особливості

П'ять камер HD опромінюються γ -фотонами, виробленими джерелом гамма-випромінювання Cobalt-60 (у Китайському ізотопі та радіації корпорації, Ченду, Китай) при кімнатній температурі. Коефіцієнт дози випробувального положення калібрується за допомогою Срібного діхроматного дозиметра перед випробуванням на опромінення. Камери мають серійні номери від A01 до A05, а всі CISs походять з того ж партії. Камери опромінують при температурі 1,0, 10,0, 20,0, 50,0 та 100,0 Гр / год протягом 8 годин. Це тому, що камера зі швидкістю 100,0 Гр / год не може вижити після більш ніж 8 годин; Тобто, після цього періоду часу зображення не виводиться. Тести на кожну камеру зайняли таку ж кількість часу. У роботі представлені умови експерименту

випромінювання та серійний номер тестованих камер Таблиця 4.1 . Всі камери постачаються з 12 В постійного струму та можуть виводити відеосигнал у реальному часі.

Таблиця 4.1 - Умови випробувань випромінювання та серійні номери випробуваних камер.

Номер камери	Стан смуги	Швидкість дози (Г / год)	Загальна доза (Gy)
A01	Упередженість	1.0	8.0
A02	Упередженість	10.0	80,0
A03	Упередженість	20.0	160.0
A04	Упередженість	50,0	400.0
A05	Упередженість	100,0	800.0

Метод випробувань, використаний у цьому документі, полягає в наступному: по-перше, у всьому спрямовує джерело світла, щоб забезпечити достатню кількість світла поля для тестування. Перемикач джерела світла можна регулювати для вимірювання темряви датчика. Потім дані п'яти камер постійно записуються у відеопотік під час прогресивного руйнування, відповідно. Для порівняння SNR камер до, під час та після випромінювання, відеопотік включає зображення в трьох умовах. Нарешті, рівень деградації фотокамери розраховується як стандарт Європейської асоціації візуалізаторів машин (EMVA) 1288.

4.3 Аналіз даних

Коефіцієнт дози є постійним значенням для кожної камери в межах певного просторового діапазону під час випробування на опромінення. Щоб уникнути впливу TID на аналіз потужності дози, перед випробуванням на опромінення джерело світла вимикається. На початку тесту на опромінення всі онлайн-кадри фіксуються за п'ятьма різними потужними дозами для вимірювання гармошок одночасно, відповідно. Відповідні зображення можна побачити в Рисунок 4.3 а-е. Потім джерело світла негайно вмикається. Зображення також схоплені за п'ятьма різними значеннями дози, відповідно. У полі перегляду камери розташовані відносно яскраві та темні області з однорідним фоном. Схоплені зображення можна побачити в Рисунок 4.4 а-е.

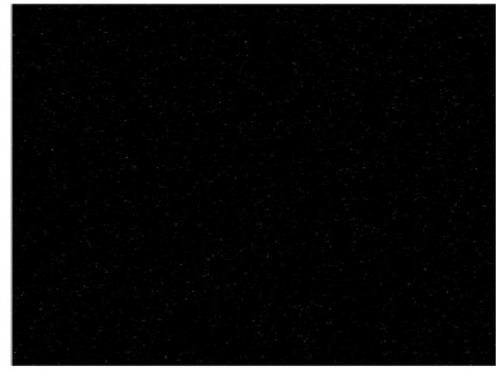
**(a)****(b)****(c)****(d)****(e)**

Рисунок 4.3 - Знімки, отримані без джерела світла, за умови п'яти доз, відповідно. (а) Зображення отримане при 1,0 Гр / год. (б) Зображення отримане при 10.0 Грн / год. (в) зображення отримане при 20,0 Гр / год. (г) зображення отримане при 50,0Гр / год. (е) зображення отримане при 100,0 Гр / год.

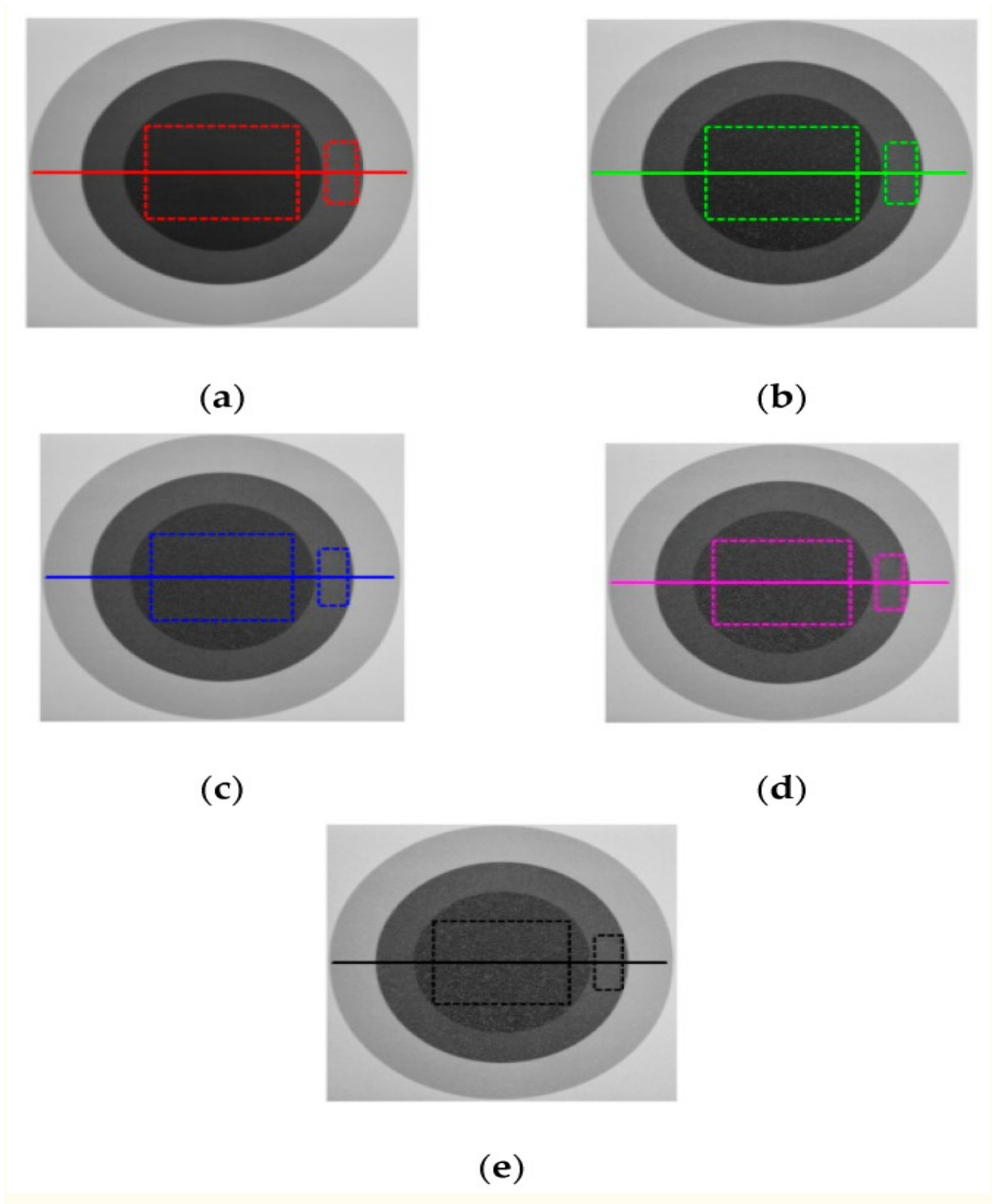


Рисунок 4.4 - Зображення, отримані джерелом світла, за умови п'яти доз, відповідно. (а) Зображення отримане при 1,0 Гр / год. (б) Зображення отримане при 10.0 Грн / год. (в) зображення отримане при 20,0 Гр / год. (г) зображення отримане при 50,0 Гр / год. (е) зображення отримане при 100,0 Гр / год.

Один темний диск та дві відносно яскраві кільця відповідають об'єкту пікселя у полі перегляду, а білі крапки - це протони, виявлені камерою. Для того, щоб інтуїтивно оцінити вплив радіації на об'єкт при різних потужності дози, горизонтальний поперечний рівень значень пікселів в Рисунок 4.4 а-е обчислено. Відповідне порівняння горизонтального перерізу значень пікселів показано в Рисунок 4.5 а-d, відповідно. Один з помітних ефектів від ядерного радіаційного ураження є те, що чим яскравіше піксель, тим менше ефект випромінювання при однаковій потужності дози, і навпаки. Результати також показують, що при збільшенні потужності дози загальні сірі значення зображення зростають; а саме, ці ж зображення стають яскравішими.

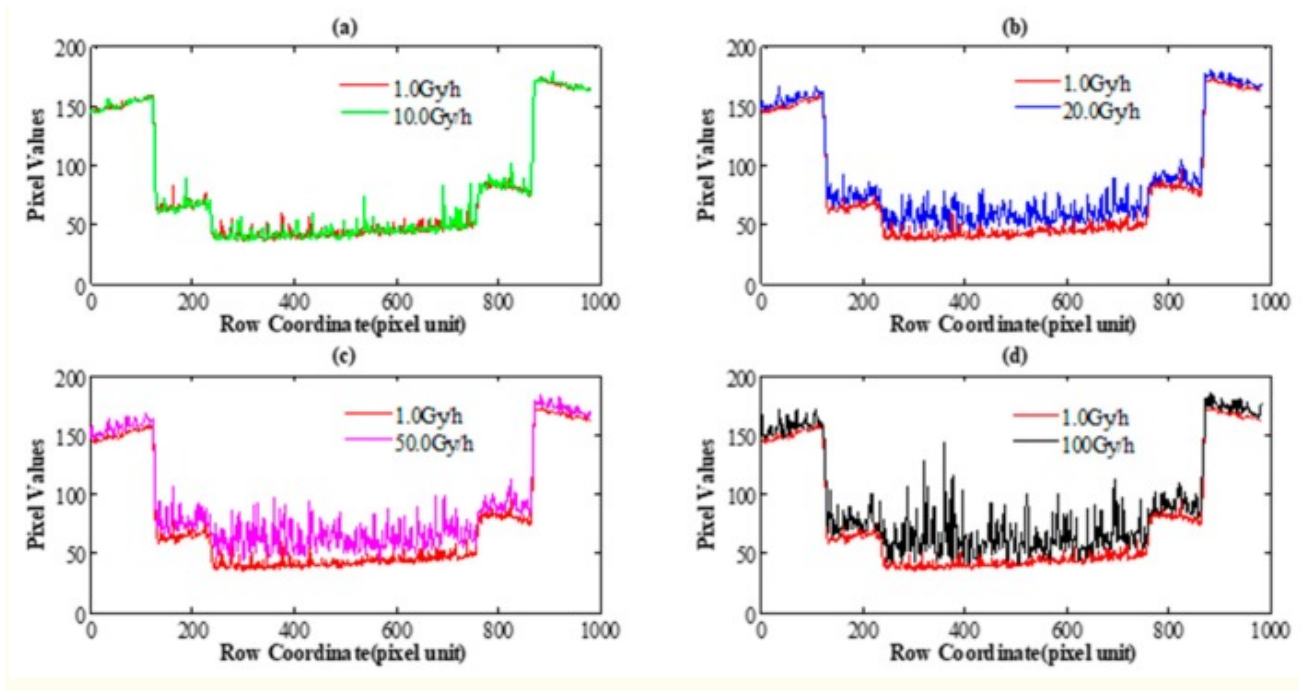


Рисунок 4.5

(а) Порівняння горизонтального перерізу в Рисунок 4а (червона суцільна лінія) і Рисунок 4.4 б (зелена суцільна лінія). (б) Порівняння горизонтального перерізу в Рисунок 4.4а (червона суцільна лінія) і Рисунок 4.4 с (синя суцільна лінія). (в) Порівняння горизонтального перерізу в Рисунок 4.4а (червона суцільна лінія) і Рисунок 4.4 d (рожева суцільна лінія). (г)

Порівняння горизонтального поперечного перерізу в Рисунок 4а (червона солідна лінія) і Рисунок 4.4 е (чорна суцільна лінія).

Щоб детально вивчити такий ефект, ми використовуємо гістограми зображень для аналізу розподілу шумів. Велика прямокутна коробка відповідає темній області, а маленька відповідає світлій області Рисунок 4.4 а-е. Використовуючи гістограму зображення, результати аналізу з п'ятьма різними значеннями дози показані в Рисунок 4.6, відповідно. Згідно з Нарисунку 4.6 ми можемо зробити наступні висновки: при однаковій потужності дози в порівнянні з темною областю ефект випромінювання в яскравій області нижчий, а відповідна дисперсія менша. Під дією різних рівнів дози, чим більше потужність дози, тим гірша ефект випромінювання в яскравому та темному областях, а відповідні дисперсії стають більшими. Варто зазначити, що з збільшенням потужності дози, середні значення цих двох ділянок також стають більшими, відповідно. Це вказує на те, що зображення стають яскравішими. Це явище добре узгоджується з результатами аналізу в Росії Рисунок 4.5. Це означає, що динамічний діапазон зображення зменшується, а саме, динамічні характеристики системи йдуть погано. Результати також показують, що чим вище потужність дози, тим більше дисперсія шуму знаходиться в області випромінювання, а саме, якість зображення зменшується із збільшенням радіаційного шуму. Це явище добре узгоджується з візуальним спостереженням в Росії Рисунок 4.4.

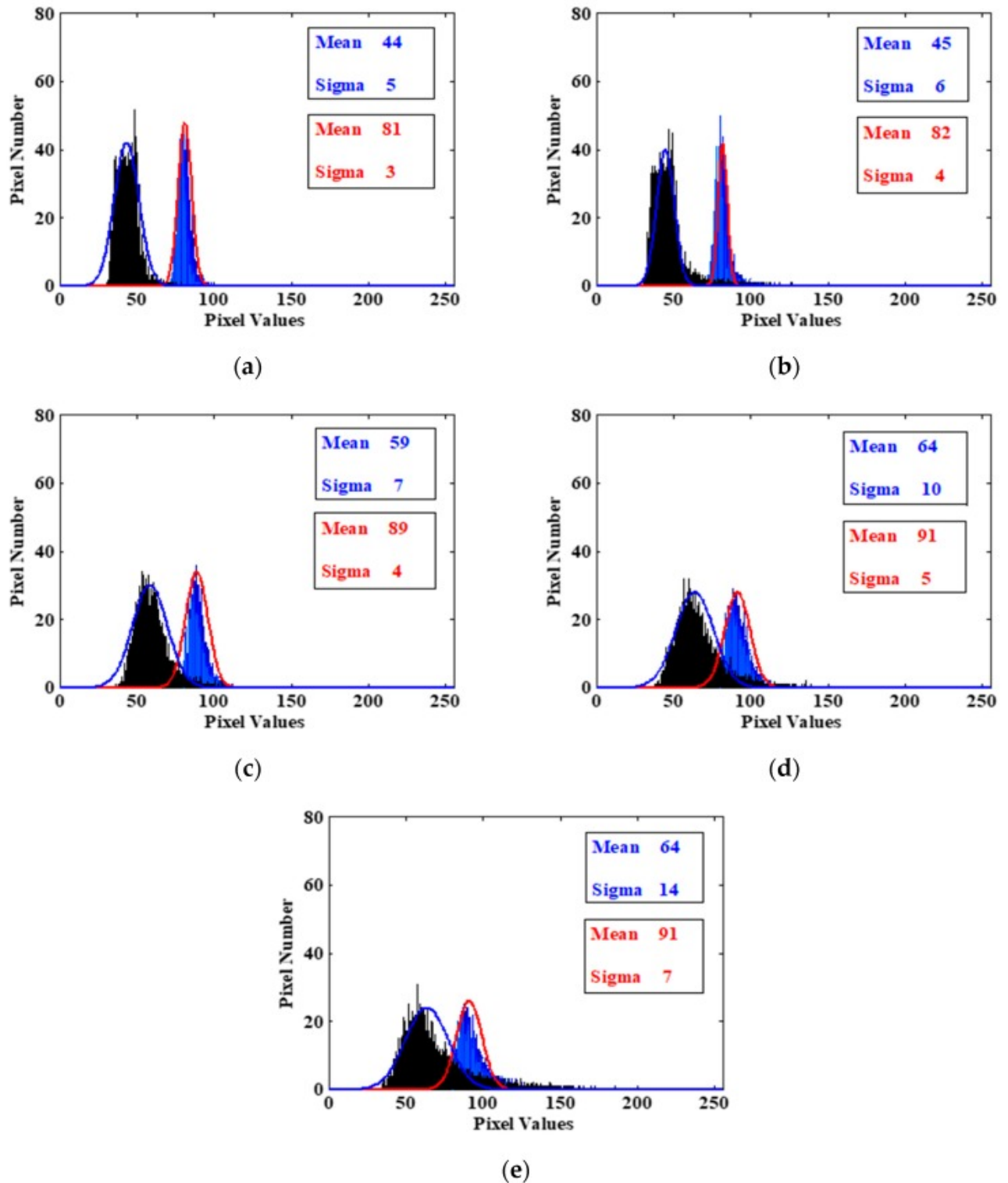


Рисунок 4.6 - (а) Порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутника в Рисунок 4.4 а. (б) Порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутника в Рисунок 4.4 б. (в) порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутників в Рисунок 4.4 с. (г) порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутника в Малюнок 4.4 d. (е) Порівняння гістограми темних і яскравих областей прямокутника в Рисунок 4.4 е.

4.4 Неперервний аналіз деградації вихідного сигналу

Безперервне отримання даних під час процедури опромінення було використано для запису прогресивного зносу камери в робочих умовах. SNR означає якість вихідного сигналу в камері на базі CISs. Як змішана сигнальна схема, SNR є ключовим параметром камери. SNR може бути вказано як:

$$\text{SNR} = 20 \lg \left(\frac{V_{\text{Sig}}}{V_{\text{N}}} \right)$$

де V_{Sig} означає вихідний сигнал, V_{N} означає весь шум на заданому рівні сигналу.

Згідно з стандартом EMVA1288, по-перше, ми визначаємо середнє сіре значення яскраво-темної ділянки прямокутника в отриманому зображенні відповідно:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{y,\text{bright}} = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} y_{\text{bright}}[\mathbf{m}][\mathbf{n}] \\ \mu_{y,\text{dark}} = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} y_{\text{dark}}[\mathbf{m}][\mathbf{n}] \end{array} \right.$$

де M і N є кількість рядків і стовпців, відповідно, яскравою прямокутної область y_{bright} і темна область прямокутника y_{dark} . m та n - індекси рядка та стовпця масиву, відповідно.

Тоді SNR яскравої та темної області прямокутника задаються як [25]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{SNR}_{\text{bright}} = 20 \lg \left(\frac{\mu_{y,\text{bright}} - \mu_{y,D}}{\sigma_{y,\text{bright}}} \right) \\ \text{SNR}_{\text{dark}} = 20 \lg \left(\frac{\mu_{y,\text{dark}} - \mu_{y,D}}{\sigma_{y,\text{dark}}} \right) \end{array} \right.$$

де $\mu_{y,D}$ середнє сіре значення у зображеному відповідному зображенні без джерела світла, $\sigma_{y,\text{bright}}$ і $\sigma_{y,\text{dark}}$ є стандартним відхиленням сірого значення яскраво-темної області прямокутника, відповідно.

Оскільки SNR пов'язаний із ступенем насичення датчиків, ми виміряли SNR_{bright} і SNR_{dark} при цьому час інтеграції (20 мс) та однакова інтенсивність світла в цьому документі. SNR_{bright} і SNR_{dark} при різних рівнях дози можна побачити в Рисунок 4.7. Згідно з На рисунку 4.7 можна зробити висновок, що ослаблення обох SNR_{bright} і SNR_{dark} не є очевидними при збільшенні часу випромінювання за умови однакової потужності дози протягом 8 годин вимірювань. Між тим, SNR_{bright} набагато краще, ніж SNR_{dark} при однаковій потужності дози. Це явище добре узгоджується з результатами аналізу в Росії Рисунок 4.6. І зменшення SNR_{bright} і SNR_{dark} залежить від потужності дози, як показано в Рисунок 4.7. SNR_{bright} і SNR_{dark} зниження при 20,0, 50,0 і 100,0 Гр / год набагато більше, ніж на рівні 1,0 і 10,0 Гр / год. Варто відзначити, що зменшення SNR_{bright} і SNR_{dark} при 10.0 Gy / h все ще легкі, і їх ослаблення становить не більше 5 дБ. Він вище 40 дБ, що відповідає потребам загального моніторингу за якістю зображення.

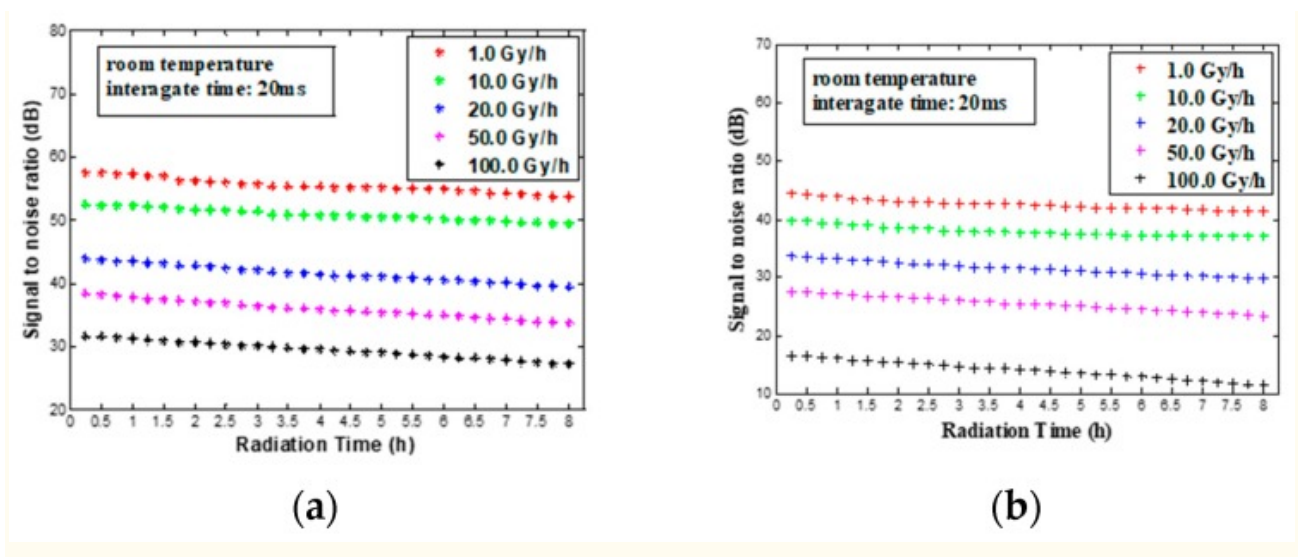


Рисунок 4.7(а) SNR_{bright} в порівнянні з часом випромінювання при різній кількості дози. (б) SNR_{dark} в порівнянні з часом випромінювання при різній кількості дози.

Варто відзначити, що зменшення обидвох SNR_{bright} і SNR_{dark} залежить від потужності дозування в наших вимірах. Це відрізняється від результатів в умовах незміщеності в посиланнях [24]. Цілком можливо, що електронно-

діркові пари закріпленого фотодіода, створюваного випромінюванням, складніше зміщувати під дією електричного поля, створюваного зміною умови. Отже, сенсори набагато чутливі до потужності дози та TID при упередженому стані.

Висновки до розділу

У цій роботі ми досліджували деградацію ядерного випромінювання на HD CMOS-камери в умовах упередження на рівні 1,0, 10,0, 20,0, 50,0 та 100,0 Гр / год при кімнатній температурі. Основний модуль HD CMOS-камери - це CISs, виготовлений з використанням стандартної технології CMOS з частотою 0,18 μm з чотирьох-транзисторною піксельною архітектурою PPD без радіаційного зміцнення. Камера постійно отримувала дані під час опромінення, дозволяючи вимірювати пошкоджуючі ефекти в робочих умовах. Поведінка випробуваних камер показує помітне погіршення після опромінення і відрізняється від потужності дози.

Під час опромінення один видимий ефект камери опромінюється Коефіцієнт ^{60}Co γ полягає в тому, що чим яскравіше піксель, тим менше ефект випромінювання при однаковій потужності дози. Чим вище потужність дози, тим більша роздільна здатність шуму зони випромінювання знаходиться на початку випробування на опромінення. Проте аналіз деградації радіації не є достатньо комплексним. Тест не робить різниці між TID і внесенням потужності дози до ефекту радіації. Фактично, TID може бути основною причиною зміни шуму, що виникає в області випромінювання. У майбутньому, для підтвердження висновку потрібно буде провести більш радіаційні експерименти одного і того ж TID.

Аналізуючи SNR зображення, ми отримуємо, що загасання SNR не є очевидним з часом збільшення випромінювання, а зниження SNR залежить від потужності дози. Незважаючи на це, зниження SNR на 10,0 Г / год залишається

м'яким, а його загасання становить 5 дБ. Отже, індустріальна камера HD, заснована на спільних країнах CISs, може бути доцільною для деяких застосувань, де задіяні іонізуючі випромінювання з помірним радіаційним ураженням.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТРЕСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

5.1 Загальні відомості

Загальна суть стартапу полягає в тому – при дослідженні ринку захисту відеоспостереження запропоновано методи та засоби для покращення роботоспроможності камер. Зміст ідеї та визначення характеристик ідеї стартапу наведемо в табл. 5.1 та табл. 5.2.

Таблиця 5.1 – Зміст ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Запропонувати методи та засоби рішення вдосконалення камер з подальшою підтримкою системи	1. АЕС	Надійний та якісний продукт
	2. Приватні підприємства	Здешевлення виробництва
	3. Малі компанії	Доступність та вітчизняне виробництво

Таблиця 5.2 – Визначення характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Запропонований метод	Загальноживаний метод			
1.	Пропозиція продажу або оренди професійного обладнання	Дає змогу	Дає змогу	Комплект обладнання є габаритним	Рівень цін продажу та оренди не задовільняє звичайного споживача	Рішення є дешевшим ніж аналоги конкурентів
2.	Підвищення якості трансляції в умові іонізаційного випромінювання	Дає змогу	Не дає змогу	Не гарантується 100% гарантія усіху проведення	Потребує додаткових затрат на периферію	Забезпечується високоякісне передавання відеосигналу

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.

У таблиці 5.3 показано оцінку технологічної здійсненності ідеї проекту та наведено технології, що можуть бути використані для реалізації проекту.

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Організація встановлення відеоспостереження	Спеціалізоване обладнання	Наявна	Доступна
2		Застосування апаратних систем загального призначення	Необхідно розробити	При обмеженому бюджеті недоступна
3		Розробка власних апаратно-програмних рішень	Наявна	При обмеженому бюджеті недоступна

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: застосування спеціалізованого обладнання для проведення.

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У таблиці 5.4 показано попередню характеристику потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	500000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Зацікавлення потенційних клієнтів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Ліцензування на телевізійне мовлення
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	$500000/210000 = 238\%$

У таблиці 5.5 показано характеристику потенційних клієнтів стартап-проекту.

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Забезпечення стабільності мережного зв'язку під час роботи	ЗМІ, медійні компанії	Рівень очікування якості передавання відеоконтенту	Відповідність результату найвищим стандартам якості
2	Забезпечення передавання відеосигналу високої чіткості	ЗМІ, медійні компанії	Кожна з потенційних цільових груп має свої вимоги до стандартів відеозображення	Забезпечення передавання відеосигналу від рівня потреб споживача

У табл. 5.6 показані фактори загроз реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Незацікавленість клієнтів	Внаслідок невдалого маркетингу клієнт може не зацікавитись послугами	Внесення додаткових сервісних послуг
2	Втрата конкуренції	Втрата рангу надійного поставника	Якісне та кількісне нарощування інтенсивності та грамотна цінова політика

У табл. 5.7 показано фактори можливостей при реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Перехід до домінування на ринку послуг	Зростання попиту	Якісне та кількісне нарощування потужностей
2	Імплементация технологій в існуючі системи	Зростання попиту внаслідок зростання об'ємів закупівель	Якісне та кількісне нарощування потужностей

У таблиці 5.8 визначено особливості конкурентного середовища та його вплив на впровадження проекту .

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1.Конкуренція	Використання вже існуючих технологій	Стандартизація на високому рівні
2.Локальний	Відсутність єдиного національного постачальника послуг	Окремий підхід до кожної локальної ділянки
3.Міжгалузева	Відсутня	Відсутня
4.Товарно-видова	Застосування стандартизованих технологій	За необхідності, використання загальноживаних апаратних та програмних засобів
5.Цінова	Застосування спеціалізованих комплексів, які мають значну ціну	Можливість заощадити за допомогою застосування загальноживаних апаратних засобів
6.Марочна	Кожна діагностика має бути стандартизованою	Отримання переваги на ринку медійних послуг

У таблиці 5.9 показано аналіз конкуренції проекту в галузі за М. Портером

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
		Апаратні постачальники	Необхідність пошуку постачальників	Залучення малопопулярних постачальників	Незалежність у прийнятті клієнтських рішень
Висновки:	Середня	Можливість виходу на ринок є	Постачальники диктують цінову політику на обладнання	Клієнти диктують вимоги до якості	Обмеження існують лише у разі відмови від діагностики

У табл. 5.10 показано фактори конкурентноспроможності та їх обґрунтування.

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентноспроможності

№ п/п	Фактор конкурентноспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1	Раціональніший ціновий показник	Можливість більш раціонально використати ресурси на покращення якості дослідження
2	Надання сервісних послуг	Сервісна підтримка апаратної та програмної частини

У табл. 5.11 наведено сильні та слабкі сторони проєкту.

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проєкту

№ п/п	Фактор конкурентноспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Раціональніший ціновий показник	15	+							
2	Надання сервісних послуг	12			+					
3	Періодична діагностика	10					+			
4	Необхідність залучення висококваліфікованих кадрів	10							+	

У табл. 5.12 наведено SWOT-аналіз стартап-проєкту.

Таблиця 5.12. SWOT-аналіз стартап-проєкту

Сильні сторони: раціональний ціновий показник, надання сервісних послуг	Слабкі сторони: періодична діагностика, необхідність залучення висококваліфікованих кадрів
Можливості: Перехід до ексклюзивного застосування нового методу, Імплементация методу в існуючі аудіо логічні комплекси	Загрози: Незацікавленість клієнтів, Втрата монополії

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту наведені у табл. 5.13.

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Укладення договорів з медійними компаніями та швидке захоплення ринку при використанні нового рішення	висока	незначні
2	Використання приладів загального вжитку для підвищення конкурентноспроможності	середня	незначні

Обрана альтернатива - укладення договорів з медійними компаніями та швидке захоплення ринку при використанні нового рішення

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Обґрунтування вибору цільових груп потенційних споживачів наведено у табл. 5.14 .

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	АЕС Надання якісних послуг	Середня	Високий	Середня	Середня
2	Індивідуальні компанії	Низька	Середній	Середня	Висока

Визначення базової стратегії розвитку наведено у табл. 5.15.

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Використання альтернативних технологій та пристроїв	Встановлення нового стандарту якості	Зацікавлення та залучення гігантів у галузі телебачення	Стратегія диференціації
2	Дешевизна проекту	Раціональніші витрати на обладнання, та послуги	Застосування загальноживаних апаратних рішень замість спеціалізованих комплексів	Стратегія лідерства по витратах

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки наведено у табл.

5.16.

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Так	Забирати існуючих та шукати нових	Не буде	Стратегія виклику лідера

Визначення стратегії позиціонування наведено у табл. 5.17.

Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока якість послуг	Стратегія диференціації	Новизна, гарант якості, точність дослідження	Якість, надійність, точність
2	Мінімальні витрати	Стратегія лідерства по витратах	Універсальність запропонованого рішення	Дешевизна, універсальність

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Ключові переваги концепції потенційного товару наведено у табл. 5.18.

Таблиця 5.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Якість	Висока якість, надійність	Надійність
2	Дешевизна	Раціональне використання коштів, дешевше обладнання	Дешевизна

Визначено три рівні моделі товару. Сутність та складові рівнів товару наведено у табл. 5.19.

Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Якісний товар та послуги, стандартизована якість послуг та обладнання		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1)Вартість обслуговування,	1) М	1)Е
	2)Кількість комплектів обладнання	2) М	2) Пр
	3)Строк безвідмовної праці	3) М	3)Нд
	4)Технологічна собівартість товару	4) М	4)Тх
	Якість: міжнародні стандарти якості, постійна підтримка обладнання		
	Доставка, встановлення та налаштування		
	Марка: Відеовиробництво		
III. Товар із підкріпленням	До продажу – обладнання, встановлення		
	Після продажу – сервісна підтримка		

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: специфічна методика обробки даних.

Визначення меж встановлення ціни на послугу наведено у табл. 5.20.

Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	10000 у.о./од. (стандартна методика)	-	Високий	Н.5000 у.о. – В.11000 у.о. (Товар) Н.300 у.о. – В.1000 у.о. (Послуга)

Формування системи збуту послуги наведено у табл. 5.21.

Таблиця 5.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтована на отримання максимальної якості власної трансляції	Поставки якісного, точного та надійного товару	Значна	Договірна система збуту

Концепції маркетингових комунікацій наведено у табл. 5.22.

Таблиця 5.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Зацікавленість в якісному та точному продукті з раціональним використанням ресурсів	Мережні ресурси	Гарантованість якості та стандартизація, політика сервісності	Зацікавити у покращеннях пов'язаних із зростаючою популярністю послуг	Представлення центру синхронізації відправною точкою на шляху до над якісного контенту
2	Зацікавленість у великій кількості продукту із дотриманням умов якості	Мережні ресурси	Глибина каналу постачальників, гарант якості	Зацікавити у позитивних сторонах первісності та в глибині каналу постачання	Представлення послуг центру синхронізації єдиним раціональним шляхом у забезпеченні стабільного трафіку

Висновки до розділу

1. Комерціалізацію стартап-проекту щодо розвитку та впровадження запропонованого рішення для створення та вдосконалення відеоспостереження, можна вважати доцільною. На дану пропозицію на ринку послуг присутній попит, наразі він задовольняється товарами замінниками та більш дорогими рішеннями, саме тому важливо зайняти нішу конкурента у якості поставника вигідного продукту, порівнюючи з конкурентами. Рентабельність на ринку послуг насамперед обумовлена заміною повної апаратної залежності на універсальність, що обумовлена використанням спеціалізованих комплексів

2. Впровадження є перспективним, адже основними групами клієнтів є АЕС, приватні підприємства та малі компанії, і після набуття достатньої авторитетності можливе охоплення в масштабах міжнаціональних ринків. Конкурентноспроможність проекту обумовлена меншою ціною на повний продукт та високою якістю в умовах, коли конкуренти за цим параметром у даних умовах програють. Це вигідно вирізняє запропоноване рішення, власне, і є основним критерієм входження на ринок.

3. Обраною альтернативою впровадження було обрано – пошук альтернативних технологій та пристроїв для побудови систем передавання відео. Імплементация проекту доцільна, оскільки рентабельність та зацікавленість потенційних груп клієнтів створює досить сприятливі умови для розвитку проекту.

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації надано рекомендації для підвищення надійності відеоспостереження відеосигналу в умовах високого іонізаційного випромінювання шляхом удосконалення виготовлення захисних матеріалів та нових сполук.

1. Проаналізовано основні види випромінювання та взаємодію іонізуючого випромінювання з речовиною. Для того щоб, забезпечити необхідну стабільність характеристик і підвищити експлуатаційну надійність різних матеріалів або пристроїв їх потрібно помістити в металеві або ізоляційні корпуси ущільненої або герметичної конструкції, а в необхідних випадках проводиться також просочення секцій органічними матеріалами.

2. Визначено, що ПЗС- і КМОН-матриці, широко застосовуються для камер відеоспостереження, дуже чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, ніж дискретні прилади, такі як фотодіоди. Тому відеокамери з чутливим елементом, як фотодіодів мають найбільшу радіаційну стабільністю. Існують певні способи для виготовлення радіаційно-стабільних ПЗС-матриць, які застосовують для отримання радіаційно-стабільних матриць для камер відеоспостереження, призначених для роботи в полях іонізуючих випромінювань.

3. Проаналізовано, що найбільш радіаційно-стійкими сполуками є ароматичні сполуки, за рахунок високих енергій зв'язків, забезпечених циклічним будовою. І тому основний вплив випромінювання ґрунтується на утворенні точкових дефектів, то найбільш прийнятним методом усунення впливу є отжиг полімерів.

4. Дослідили деградацію ядерного випромінювання на HD CMOS-камері в умовах упередження на рівні 1,0, 10,0, 20,0, 50,0 та 100,0 Гр / год при кімнатній температурі. Основний модуль HD CMOS-камери - це CISs, виготовлений з використанням стандартної технології CMOS з частотою 0,18 μm з чотирьох-транзисторною піксельною архітектурою PPD без радіаційного зміцнення. Камера постійно отримувала дані під час опромінення, дозволяючи вимірювати

пошкодуючі ефекти в робочих умовах. Поведінка випробуваних камер показує помітне погіршення після опромінення і відрізняється від потужності дози.

5. Дослідили, що під час опромінення один видимий ефект камери опромінюється. Коефіцієнт ^{60}Co γ полягає в тому, що чим яскравіше піксель, тим менше ефект випромінювання при однаковій потужності дози. Чим вище потужність дози, тим більша роздільна здатність шуму зони випромінювання знаходиться на початку випробування на опромінення. Проте аналіз деградації радіації не є достатньо комплексним. Тест не робить різниці між TID і внесенням потужності дози до ефекту радіації. Фактично, TID може бути основною причиною зміни шуму, що виникає в області випромінювання. У майбутньому, для підтвердження висновку потрібно буде провести більш радіаційні експерименти одного і того ж TID.

6. Проаналізували, що загасання SNR не є очевидним з часом збільшення випромінювання, а зниження SNR залежить від потужності дози. Незважаючи на це, зниження SNR на 10,0 Г / год залишається м'яким, а його загасання становить 5 дБ. Отже, індустріальна камера HD, заснована на спільних країнах CISs, може бути доцільною для деяких застосувань, де задіяні іонізуючі випромінювання з помірним радіаційним ураженням.

7. Розроблено стартап-проект, який базується на просуванні на ринок технологій захисту відеоспостереження від іонізаційного випромінювання. Проведено дослідження доцільності та рентабельності даного бізнес-проекту та визначено, що комерціалізація проекту є доцільною.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Радиационная стойкость в оптоэлектронике. Ф. А. Зайтов, Н. Н. Литвинова, В. Г. Савицкий, В. Г. Средин. Под редакцией В. Г. Средина. – М.:Воениздат, 1987
2. Действие проникающей радиации на изделия электронной техники. В. М. Кулаков, Е. А. Ладыгин, В. И. Шаховцов и др. Под редакцией Е. А. Ладыгина. – М.: Сов. радио, 1980
3. В. Н. Устюжанинов, А. З. Чепиженко. Радиационные эффекты в биполярных интегральных микросхемах. Сов. радио, 1989
4. Приборы с зарядовой связью. Под редакцией Д. Ф. Барба. – М.:Мир, 1982
5. А. А. Чернышев, А. З. Чепиженко, Ю. А. Борисов Ю и др. Перемежающиеся и устойчивые отказы в цифровых интегральных микросхемах при воздействии ионизирующего излучения. Зарубежная электронная техника, 1986, № 7 (302)
6. Дубинин, Г.Н., Авраамов Ю.С. Конструкционные, проводниковые и магнитные материалы. – М: Машиностроение, 1973. – 374 с.
7. Нейман, М.Б. Старение и стабилизация полимеров. – М: Наука, 1964.
8. Пакшвер, А.Б. Физико-химические основы технологии химических волокон. – М: Химия, 1972. – 48 с.
9. Любин, Дж. Справочник по композиционным материалам. – М: Машиностроение, 1988. – 7 с.
10. Шустова, О.А. Полимеризационные пленкообразователи. – М: Химия, 1971. – 132 с
11. Nie K., Yin Z., Xu J. A fast correlated multiple sampling technique based on 12-bit SAR ADC with digital calibration for low-noise CMOS image sensor. *Microelectron. J.* 2017;59:47–54. doi: 10.1016/j.mejo.2016.11.010.
12. Liu Y., Xing D., Wang Y., Chen J. A low power dissipation high-speed CMOS image sensor with column-parallel sigma-delta ADCs. *Microelectron. J.* 2015;46:860–868. doi: 10.1016/j.mejo.2015.06.021.

13. Kawahito S., Seo M. Noise Reduction Effect of Multiple-Sampling-Based Signal-Readout Circuits for Ultra-Low Noise CMOS Image Sensors. *Sensors*. 2016;16:1867 doi: 10.3390/s16111867.
14. Yu C., Nie K., Xu J., Gao J. A Low Power Digital Accumulation Technique for Digital-Domain CMOS TDI Image Sensor. *Sensors*. 2016;16:1572 doi: 10.3390/s16101572.
15. Snoeys W., Rinella G., Hillemanns H., Kugathasan T., Mager M., Musa L., Riedler P., Reidt F., Hoorne J., Fenigstein A., Leitner T. A process modification for CMOS monolithic active pixel sensors for enhanced depletion, timing performance and radiation tolerance. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*. 2017;871:90–96. doi: 10.1016/j.nima.2017.07.046.
16. Mamdy B., Lu G., Roy F. P-type BSI Image Sensor with Active Deep Trench Interface Passivation for Radiation-hardened Imaging Systems. *Procedia Eng*. 2016;168:176–180. doi: 10.1016/j.proeng.2016.11.211.
17. Yang X., Wang Y., Du B., Yu C. Total dose radiation effects of hybrid bulk/SOI CMOS active pixel with buried channel SOI source follower. *Microelectron. J*. 2014;45:477–481. doi: 10.1016/j.mejo.2014.02.021.
18. Michail C., Valais I., Seferis I., Kalyvas N., Fountos G., Kandarakis I. Experimental measurement of a high resolution CMOS detector coupled to CsI scintillators under X-ray radiation. *Radiat. Meas*. 2015;74:39–46. doi: 10.1016/j.radmeas.2015.02.007.
19. Pérez M., Lipovetzky J., Haro M., Sidelnik I., Blostein J., Bessia F., Berisso M. Particle detection and classification using commercial off the shelf CMOS image sensors. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*. 2016;827:171–180. doi: 10.1016/j.nima.2016.04.072.
20. Uher J., Holy T., Jakubek J., Lehmann E., Pospisil S., Vacik J. Performance of a pixel detector suited for slow neutrons. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*. 2005;542:283–287. doi: 10.1016/j.nima.2005.01.149.

21. Lee C., Huang H., Yeh H. The Development of Sun-Tracking System Using Image Processing. *Sensors*. 2013;13:5448–5459. doi: 10.3390/s130505448.
22. Goiffon V., Magnan P., Saint-Pé O., Bernard F., Rolland G. Ionization versus displacement damage effects in proton irradiated CMOS sensors manufactured in deep submicron process. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*. 2009;610:225–229. doi: 10.1016/j.nima.2009.05.078.
23. Servoli L., Bizzarri F., Passeri D. Continuous measurement of radiation damage of standard CMOS imagers. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*. 2011;658:137–140. doi: 10.1016/j.nima.2011.04.059
24. Wang Z., Ma Y., Liu J., Xue Y., He B., Yao Z., Huang S., Liu M., Sheng J. Degradation and annealing studies on gamma rays irradiated COTS PPD CISs at different dose rates. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*. 2016;820:89–94. doi: 10.1016/j.nima.2016.03.006.
25. European Machine Vision Association (EMVA) EMVA 1288. [(accessed on 1 December 2017)];

ДОДАТОК А
ABSTRACT

Video surveillance, witnessed by the rapid development of which we have been in recent years, can serve not only as a response to the challenge of international terrorism by mankind, it can become a reliable tool for protecting people and material assets from unforeseen circumstances. It should be noted that all this is possible only in one case - with the correct understanding of the possibilities and effective use of the CCTV system - from the correct statement of tasks and design systems, and ending with the training of staff and the competent use of equipment.

Every year, even more of humanity's interest in protecting their health, they are working at nuclear power plants to reduce their stay and minimize the dose of radiation received.

Using these considerations, this topic is relevant in our time.

That is why the purpose of the master's thesis is to provide recommendations for the use of modern CCTV cameras, to improve their protection against ionizing radiation, to analyze technical implementation with the identification of the main advantages and disadvantages.

It is known that the issue of radiation resistance of video cameras and other security systems is a rather new direction for the industry. And not every company has the ability to test for radiation resistance. After all, these data need to be deciphered: the resistance to which type of radiation was tested, which change of parameters under such influences was taken as permissible, on which models that create particles, with which energy the tests were modeled, are modeled.

This work will be useful for such materials. It will help summarize the causes that impair image quality and highlight the necessary aspects that can improve ionization radiation protection.

To achieve this goal, the following tasks were identified:

- Analyze the effects of radiation on various materials;
- Investigate the effect of low doses of radiation on an HD camera;
- Modification of the material in order to increase the radiological stability;

- Analyze degradation of the output signal;

The research method is the degradation results and the process of the test chamber, the inductive damage to the TID, and the SNR is reported in comparison with the dose rate.

The object of the study is an HD-based camera based on the CMOS matrix.

The novelty of the study is to develop recommendations for the protection of video surveillance from ionizing radiation, and methods for improving them.

The practical value lies in the proposed offerings of HD CMOS camera data source camera for users in the field of radiation.

In this work, we irradiated a high-definition (HD) industrial camera based on a commercial-off-the-shelf (COTS) CMOS image sensor (CIS) with Cobalt-60 gamma-rays. All components of the camera under test were fabricated without radiation hardening, except for the lens. The irradiation experiments of the HD camera under biased conditions were carried out at 1.0, 10.0, 20.0, 50.0 and 100.0 Gy/h. During the experiment, we found that the tested camera showed a remarkable degradation after irradiation and differed in the dose rates. With the increase of dose rate, the same target images become brighter. Under the same dose rate, the radiation effect in bright area is lower than that in dark area. Under different dose rates, the higher the dose rate is, the worse the radiation effect will be in both bright and dark areas. And the standard deviations of bright and dark areas become greater. Furthermore, through the progressive degradation analysis of the captured image, experimental results demonstrate that the attenuation of signal to noise ratio (SNR) versus radiation time is not obvious at the same dose rate, and the degradation is more and more serious with increasing dose rate. Additionally, the decrease rate of SNR at 20.0, 50.0 and 100.0 Gy/h is far greater than that at 1.0 and 10.0 Gy/h. Even so, we confirm that the HD industrial camera is still working at 10.0 Gy/h during the 8 h of measurements, with a moderate decrease of the SNR (5 dB). The work is valuable and can provide suggestion for camera users in the radiation field.

CMOS image sensors (CISs) have evolved rapidly in recent years, taking advantage of the smaller size of transistors. Now CIS has many advantages, such as low power consumption, wide dynamic range, low noise, high frame rates, high data rates and easy synchronization control. In particular, CISs with radiation protection (RH-CIS) were widely used for video surveillance during interruptions of nuclear reactor reactors and applications of space detectors on satellites because of their overall higher radiation tolerance compared to common CISs. However, overall CISs have lower cost, higher spatial resolution, lower current rates and greater reliability, and damage from nuclear radiation is acceptable in a specific low-dose environment. The analysis of the nuclear radiation degradation of a CMOS-camera can be an important proof for the design and selection of a camera used in the field of radiation. Therefore, it is necessary to analyze the degradation of nuclear radiation of a common CMOS camera.

Radiation damage mainly involves damage to the total ionizing dose (TID) at various dose rates, dose damage (DD), and single-use transient (SET) damage. TID-damage results in degradation of performance and even a functional failure of CIS, so this damage is one of the most associated with the use of an HD CMOS camera. Goiffon et al. introduced TID against damages DD in CISs, induction proton radiation. Leonello Servoli studied the progressive damage to the CIS without radiation reinforcement. Zhong Wang et al. reported the degradation of 3T CISs, manufactured using 0.35 μm technology, with an induction TID of 7.2 and 1800.0 Gy (Si) / h, under unbiased conditions. Although several articles investigate TID induction degradation in CISs, some articles focus on the impact of dose-rate effects on the image quality of an HD-based CIS image.

The purpose of this work is to confirm the degradation of performance on a HD CMOS camera with varying dose rates. First, degradation of the image is observed and fixed by radiating experiments. Then, based on data analysis using MATLAB, we investigate the degradation results and process of the tested camera, inductive TID damage, and reported the SNR as compared to the dose rate. Finally, the proposed

proposals for HD CMOS cameras are represented by an intuitive analysis of the camera's output data for camera users in the field of radiation.

The issue of radiation resistance of video cameras and other security systems is a rather new direction for the industry.

The approval of manufacturers and suppliers of video cameras that their video cameras tested for radiation resistance, of course, require decoding: on the stability of what kind of radiation were tested, which change in parameters with such influences was taken as permissible, on which models that create particles are modeled, with which energy was tested.

CCD and CMOS matrices are widely used for CCTV cameras, which are very sensitive to ionizing radiation than discrete devices such as photodiodes. Therefore, video cameras with a sensitive element, like photodiodes, have the highest radiation stability. There are certain methods for making radiation-stable CCD matrices that are used to obtain radiation-stable matrices for video surveillance cameras designed to work in fields of ionizing radiation.

Video - System information transfer from video cameras, television cameras on a limited number of monitors and recording devices.

Surveillance System - a surveillance technology used to monitor a particular area and the processes occurring within it. Video surveillance systems typically have a special link between cameras and monitors. The use of these systems is becoming more popular. Currently, a lot of money invested in this technology as a leading tool in the fight against crime and terrorism.

Video surveillance system is not something magical. CCTV system - is more a set of several technologies designed for a specific purpose. In most cases, this goal is to increase the level of security in a particular area. Not surprisingly, the popularity of these systems today is growing among ordinary people, because their price is available for almost everyone. Without doubt it can be argued that this popularity will only increase over time.

Radiation-protected CCTV systems, which can continuously track key equipment and equipment, are becoming increasingly important because nuclear power plant operators have the goal of reducing their stay and minimizing the dose of radiation received.

Video surveillance can be used at nuclear power plants to test equipment, monitor critical equipment, and to familiarize with workplaces for educational purposes.

As a rule, there are no regulatory requirements regarding the security of CCTV cameras used by the nuclear power plant, but cameras installed in the protective environment should, as a rule, be seismically protected (to prevent potential damage that may result in camera dropping during an earthquake). The customer determines the requirements for the camera, they usually choose a combination of cameras suitable for various tasks. Some with high, medium or low radiation protection. This decision depends on such factors as the maximum (total duration) total dose, maximum (dynamic) dose rate, interval of service and cost of service (spare parts and labor).

There are two main types of radiation-protected CCTV technology: an old-style digital camera (cathode ray tube) or digital technology such as a CCD (charger) and CMOS (complementary metal oxide semiconductors) that are produced by a semiconductor instead of a vacuum tube. In general, chamber tubes have higher radiation resistance and require less maintenance than CCD technology. However, tubular cameras may have higher maintenance costs, and the image may be damaged, burned out, or there will be a frame lag and reboot.