

СЕКЦІЯ 2

ОПТИЧНІ ПРИЛАДИ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

УДК 681.783.27

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АМОРТИЗАТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Алексеев А.В., Гордиенко В.И., Хомченко А.Я., Научно-производственный комплекс «Фотоприбор», г. Черкассы, Украина

Одной из особенностей использования оптико-электронных приборов (ОЭП) в составе подвижных объектов, таких как вертолет, танк или корабль является обеспечение их защиты от воздействия внешних возмущающих факторов возникающих в процессе движения объектов. С другой стороны требования к безотказной работе современных ОЭП все время возрастают. Ухудшение надежности и стабильности работы ОЭП обусловлены механическими воздействиями, наиболее опасными из которых являются линейные перегрузки, вибрации и удары. Интенсивность механических воздействий на ОЭП зависит от объекта, на котором он устанавливается, и характеризуется частотой колебаний возмущающей силы, амплитудой или перемещением и мгновенной скоростью.

Необходимость защиты ОЭП от механических воздействий обусловлена тем, что их интенсивность возрастает из-за увеличения скоростей подвижных объектов, кроме того, ОЭП представляют сложные оптико-механические конструкции, в которых возникают резонансные колебания конструктивных элементов, усиливающие механические нагрузки.

В докладе рассматриваются критерии выбора способов защиты ОЭП от вида воздействия и характера возмущающих сил, от частотного диапазона возмущений, а также от конструктивных особенностей прибора, таких как массогабаритных характеристик, обеспечения тепловых режимов, ремонтпригодности и т.п. Проведенный анализ показал, что основным способом защиты от источников механических воздействий применяемым при разработках ОЭП является установка амортизаторов. Разработаны обобщенные требования к амортизаторам по обеспечению климатических и конструктивных условий эксплуатации ОЭП на подвижных объектах.

Проведен анализ эксплуатации ОЭП разработанных на НПК «Фотоприбор» для подвижных объектов и выработаны рекомендации по применению различных типов амортизаторов. В том числе при разработках ОЭП предназначенных для эксплуатации на воздушных объектах рекомендуется применять амортизаторы типа АПН-1, АПН-2 АПН-4, АПН-5, АПН-6, а для подвижных наземных объектов - амортизаторы типа АПН-5, АПН-6.

Ключевые слова: оптико-электронный прибор, защита от воздействия внешних возмущающих факторов, амортизатор.

УДК 621.59

**ДРОСЕЛЬНІ БАЛОННІ МІКРОКРІОГЕННІ СИСТЕМИ (МКС).
ПРОЕКТУВАННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ**

Дорошенко Д.В., Чалий Д.О., КП СПС "Арсенал", м. Київ, Україна

Компоненти оптико-електронних приладів для забезпечення робочих параметрів потребують охолодження на рівні криогенних температур (77-87 К) та утримання їх при цій температурі. Ця задача вирішується використанням у таких приладах МКС. Також такі МКС можна використовувати у медичних кріоінструментах. До МКС висувається ряд вимог: охолодження об'єкта до заданих температур; підтримка температури на постійному рівні; забезпечення мінімального часу досягнення робочої температури об'єкта; простота експлуатації і великий робочий ресурс.

Такі вимоги можуть бути реалізовані в МКС побудованих на базі дросельного мікроохолодильника (МХ), що працює за відкритим циклом. Принцип його роботи оснований на ефекті Джоуль-Томсона. Такі охолоджувачі мають ряд переваг над іншими типами МХ: мала вартість; відсутність необхідності технічного огляду; малий час досягнення робочих температур; простота використання; відсутність будь яких рухомих частин, відповідно великий ресурс. Для роботи більшості дросельних МХ у якості кріоагенту використовується азот або аргон, що запасується в балонах високого тиску (ВТ). Це обмежує час автономної (безперервної) роботи і мобільність пристроїв з такими МКС, а також потребує заправки кріоагента в балони на спеціальних підприємствах.

Нашим підприємством створені конструкції МХ які працюють від балона заправленого азотом і забезпечують досягнення робочої температури на рівні 78 К вже на 3 с.

При початковому тиску в балоні 35,0 МПа робоча температура підтримується на постійному рівні до тиску 80 МПа.

Для збільшення автономної роботи МКС були створені МХ з механічним та електро-механічним регулюванням витрати кріоагенту і проведено дослідження їх роботи. Автономна робота таких МХ збільшується в 1,5-2 рази у порівнянні з аналогічними без регуляторів в такому ж робочому діапазоні тисків кріоагенту. При цьому, параметр часу виходу на режим і температури охолодження не погіршуються.

Для вирішення проблеми перезавправки кріоагенту нашим підприємством проводяться роботи з дослідження можливості підготовки кріоагенту з навколишнього повітря шляхом його очистки і осушки. По теплофізичним властивостям повітря близьке до азоту і тому може забезпечити необхідний рівень температури охолодження.

Ключові слова: мікрокріогенні системи, кріоінструмент, дросельні мікроохолодильники, балони високого тиску, кріоагент.

УДК 623.4.053.5

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОМПЕНСАЦІЇ УВОДА ЛІНІЇ ВИЗИРОВАННЯ ГИРОСТАБІЛІЗОВАНИХ ПРИЦЕЛІВ

Гордиенко В.И., Хомченко А.Я., Ревякин Л.Д., Научно-производственный комплекс «Фотоприбор», г. Черкасы, Україна

Одним из основных требований, предъявляемых к прицелу с независимой линией прицеливания, является точность сохранения заданного направления линии визирования (головного зеркала) в инерциональном пространстве при воздействии на него различных динамических возмущений. При этом одним из параметров, влияющих на эту точность, является скорость дрейфа гироскопов гиростабилизатора, которая приводит к уводу линии визирования (ЛВ) прицела.

Известно, что скорость дрейфа гироскопа определяется возмущающим моментом, действующим относительно оси прецессии, и кинематическим моментом гироскопа. Величины и характер изменения возмущающих моментов определяются не только конструктивными особенностями гиростабилизатора, но и эксплуатационными условиями. По характеру изменений возмущающие моменты медленно изменяющиеся и вся трудность определения скорости дрейфа гироскопов заключается в нахождении величины возмущающего момента в условиях эксплуатации.

Предлагается способ автоматической компенсации увода ЛВ прицела (Патент №86155 Україна, Опубл. 25.03.2009, Бюл. №6), который базируется на схемотехнической реализации следящей системы контроля сигналов датчиков углового положения головного зеркала прицела по высоте и направлению в составе объекта. При этом в режиме компенсации увода с заданной периодичностью измеряют изменение величины сигналов датчиков углового положения головного зеркала по высоте ($\Delta\text{ДУВН}$) и направлению ($\Delta\text{ДУГН}$) и сравнивают эти значения с заданной пороговой величиной ($\Delta\text{П}$) соответствующей минимальной скоростью увода, если значения изменения сигналов датчиков $\Delta\text{ДУВН}$ и $\Delta\text{ДУГН}$ больше значения $\Delta\text{П}$, то в каналы наведения прицела по высоте и направлению вводят компенсационные сигналы, величина которых последовательно изменяется на величину шага квантования, до тех пор, пока значения $\Delta\text{ДУВН}$ и $\Delta\text{ДУГН}$ не станут меньше величины $\Delta\text{П}$, причем шаг квантования компенсационных сигналов обеспечивает изменение сигналов датчиков $\Delta\text{ДУВН}$ и $\Delta\text{ДУГН}$ на величину не более чем на половину значения $\Delta\text{П}$.

В докладе рассматриваются вопросы реализации предлагаемого способа компенсации увода ЛВ в панорамном прицеле ПНК-6. Приводятся данные экспериментальной оценки работы системы автоматической компенсации увода прицела ПНК-6 в составе объекта. Погрешность компенсации увода ЛВ при наличии скорости увода в диапазоне до 12 т.д./мин не превышает 0,5 т.д./мин. Время цикла режима компенсации увода ЛВ прицела ПНК-6 в составе объекта составляет не более 30 с.

Ключевые слова: прицел с независимой линией прицеливания, гироскоп, увод линии визирования, компенсация увода.

УДК 621.384.3

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛОВІЗОРА «ПИТОН»

¹⁾Колобродов В.Г., ²⁾Лихоліт М.І.; ¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна; ²⁾КП СПБ «Арсенал», м. Київ, Україна

Тепловізор «Питон» призначений для виявлення та розпізнавання об'єктів на граничні дальності. В цьому тепловізорі використовується лінійка приймачів випромінювання із Ge:Hg, а оптична система (ОС) складається із багатьох оптичних елементів і має складну достатньо складну систему розгортки зображення.

Модернізація тепловізора «Питон» полягала, перш за все, в заміні фотоприймального пристрою (ФПП) на новий ФПП “PLUTON” і розробці нової ОС. За цих умов ОС і ФПП “PLUTON” нового тепловізора “ARSOF” не повинні займати об'єм більший за об'єм тепловізора «Питон». Дослідний зразок тепловізора “ARSOF” використовує ФПП “PLUTON LW RM2”, який виготовляє французька фірма Sofradir. Це інфрачервоний приймач другого покоління формату 4×288 на основі HgCdTe-матеріалу. Використання такого ФПП дозволяє реалізувати послідовно-паралельний метод сканування при формуванні зображення.

Було розроблено дві оптичні системи, які мають діафрагмове число 1,6 і два поля зору: мале 3°×2° і велике 10,5°×7,5°. В обох системах для зменшення габаритів використано телескопічну насадку Кеплера. При горизонтальному скануванні зліва направо перша лінза об'єктива з фокусною відстанню 180 мм має діаметр 120 мм. Однак, якщо здійснювати сканування простору предметів по вертикалі знизу вверх, а матрицю ФПП розташовувати горизонтально, то для малого поля зору ОС має фокусну відстань 150 мм, а діаметр першої лінзи становить 90 мм.

Найбільш перспективною для розробки тепловізора “ARSOF” є ОС, яка складається із телескопа з діаметром вхідної лінзи 90 мм і дискретним збільшенням 6,5[×] і 2,17[×]; пристрою сканування; приймального об'єктива з фокусною відстанню 23 мм і ФПП “PLUTON”.

Було розроблено методику розрахунку максимальної дальності виявлення і максимальної дальності розпізнавання теплоконтрастного об'єкта, яка базується на стандарті НАТО 4347. Розрахунки за цією методикою засвідчили, що тепловізор “ARSOF” відповідає кращим світовим зразкам тепловізорів аналогічного класу (наприклад, тепловізору “Catherine” французької фірми Thales).

Ключові слова: тепловізор, оптична система, максимальна дальність виявлення і розпізнавання.

УДК 535.21

ОБґРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОВІЗОРА

¹⁾Гордієнко В.І., ²⁾Колобродов В.Г., ¹⁾НВК «Фотоприлад», м. Черкаси, Україна;

²⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Тепловізори знаходять широке застосування в різних сферах виробництва, медицині, космосі та військовій техніці. Головними елементами тепловізорів є оптична система (ОС), приймач випромінювання (ПВ), електронний блок обробки відеосигналів і дисплей. Основними характеристиками тепловізорів являються просторове і температурне розділення.

Нами була розроблена методика розрахунку вихідних параметрів ОС, яка забезпечує задані узагальнені характеристики тепловізора, такі як кутове поле зору, просторове і температурне розділення. Температурне розділення визначається еквівалентною шуму різницею температур (ЕШРТ) *NETD* (Noise Equivalent Temperature Difference), яка визначається за формулою

$$NETD = \frac{4k_{eff}^2}{\tau_o \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} D^*(\lambda) \frac{\partial M_\lambda(\lambda, T)}{\partial T} d\lambda} \sqrt{\frac{\Delta f}{A_D}},$$

де k_{eff} і τ_o – ефективне діафрагмове число і середній коефіцієнт пропускання ОС відповідно; $D^*(\lambda)$ – питома виявлювальна здатність ПВ; $M_\lambda(\lambda, T)$ – функція Планка; Δf – ефективна шумова смуга пропускання еталонного фільтра; A_D – площа пікселя ПВ.

Виходячи із умови використання тепловізора та доцільності, обирається ПВ, а ОС задається такими параметрами як робочий спектральний діапазон, фокусна відстань, діаметр вхідної зіниці, кутове поле зору та мінімальне кутове розділення. В основу розрахунку вихідних параметрів ОС покладено рівняння для ЕШРТ.

Розроблений метод проектування (синтезу) ОС складається із п'яти етапів визначення параметрів системи. Наприклад, поле зору тепловізора визначається розмірами матриці ПВ, фокусною відстанню ОС та збільшення телескопічної насадки, а діаметр вхідної зіниці – питомою виявлювальною здатністю ПВ та відносним отвором ОС.

Як приклад застосування розробленої методики було розглянуто тепловізор “Catherine” французької фірми Thales. Порівняння отриманих параметрів з паспортними даними тепловізора підтвердили достовірність запропонованої методики.

Ключові слова: тепловізор, оптична система, температурне і просторове розділення.

УДК 621.384.3

ТЕПЛОВІЗІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ОБ’ЄКТІВ, ЩО ЗДІЙСНЮЮТЬ ОБЕРТАЛЬНИЙ РУХ

Грабко В.В., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Відомо, що використання тепловізорів дозволяє на ранніх стадіях виявляти дефекти будь-якого електрообладнання. Так, для контролю теплових полів об’єктів, що обертаються, наприклад, роторів електричних машин, застосовуються тепловізори загального та спеціального призначення. Очевидно, що отримання коректного теплового портрета об’єкта, що обертається, за допомогою тепловізора загального призначення неможливо, оскільки, при його використанні різні точки поверхні теплового зображення накладаються одна на одну, спотворюючи загальний вигляд останнього. У такому випадку тепловізійний контроль об’єкта, що обертається, можна здійснити лише за допомогою спеціального тепловізора, в якому розгортка зображення здійснюється в полярній системі координат. Застосування такого тепловізора передбачає суміщення геометричних осей самого тепловізора та об’єкта дослідження.

Метою роботи є розробка математичної моделі та тепловізійного пристрою, що здійснюють автоматичне суміщення осей тепловізора та об’єкта дослідження для отримання якісного теплового зображення.

В даній роботі пропонується вдосконалення математичної моделі, яка дозволяє відновлювати тепловий портрет об’єкта контролю в разі несуміщення геометричних осей тепловізора та об’єкта дослідження, шляхом введення в неї складових, які враховують напрямок переміщення об’єктива тепловізора по горизонтальній та вертикальній осях від геометричної вісі пристрою. Для реалізації такої моделі, тепловізор повинен містити додаткові засоби для керування положенням об’єктива в горизонтальній та вертикальній площинах.

У роботі запропоновано структуру тепловізійного пристрою, яка реалізує розроблену математичну модель. Оптико-механічну розгортку запропоновано замінити на оптико-електронну, що суттєво покращує показники надійності, енергоспоживання та обробки зображення. Основою пристрою є блок керування процесом здійснення оптико-електронної розгортки теплового зображення, блоки синхронізації, візуалізації інформації та передачі інформації в комп’ютер для подальшої обробки та систематизації.

Ключові слова: тепловізор, тепловий портрет, тепловізійне дослідження.

УДК 621.328

ОКО-ПРОЦЕСОРНИЙ KVP-ПЕРЕТВОРЮВАЧ

Кожем’яко В.П., Гуцол О.М., Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Сучасні інформаційні технології тісно пов'язані з необхідністю обробки великих об'ємів інформації. Своєчасна та ефективна обробка інформації є однією з найважливіших науково-технічних проблем створення засобів обробки зображень на рівні людських візуальних здібностей.

Системи розпізнавання є базою для побудови і функціонування автоматичних та автоматизованих систем управління практично всіх класів. Обробка та розпізнавання образної інформації широко використовуються в різних галузях науки і техніки: в медицині, робототехніці при аналізі сцен, контролі матеріалів та середовищ, прикладних задачах фізики, системах розпізнавання цілей, криміналістиці та ін.

KVP-перетворення представляє собою фундаментальну процедуру, що формує універсальну функцію, яка описує зображення згідно генерованого в процесі роботи комплексу явно і неявно виражених ознак. KVP-перетворювач базується на використанні апарату логіко-часових функцій, у вигляді яких можна представити будь-які вхідні сигнали. Отримані логіко-часові функції підлягають обробці у каналах аналізу по кількісним та якісним ознакам. При цьому в каналах якісної обробки синтезують відповідні ознаки об'єкта, а у каналах кількісної обробки формують комутаційні коди ознак. За результатами обробки логіко-часових функцій формують цільовий кодер. На основі синтезованих ознак і цільового кодера формують ключову логіко-часову функцію. Розпізнавання здійснюється шляхом порівняння отриманої ключової логіко-часової функції з раніше записаними в пам'яті бази знань еталонними зразками (Рис. 1).

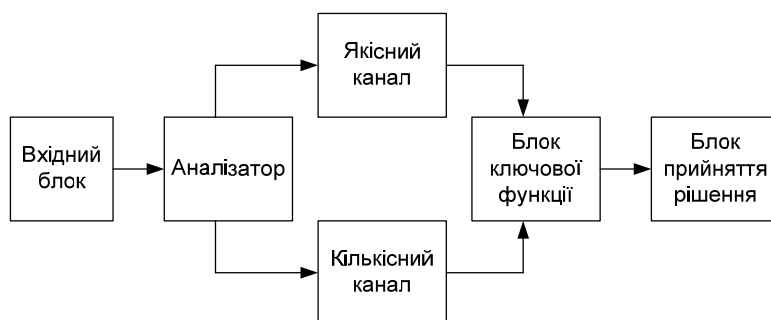


Рис. 1. Розпізнавання зображень з виділенням ознак

Ключові слова: KVP-перетворювач, логіко-часова функція, система розпізнавання

УДК 681.78.6

КІНЕТИКА ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ І СПЕКТРАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ СОКІВ ЯБЛУК РІЗНИХ ГЕНОТИПІВ

Кривець С.В., Чорна Н.О., Лазаренко Я.П., Інститут прикладних проблем фізики і біофізики НАН України, м. Київ, Україна

Вивчення механізмів існування власного слабкого світіння клітин у тварин і рослин та складних процесів, що супроводжуються світінням, залишаються актуальною проблемою біофізики і фізико-хімічної біології, вирішення якої значно активізувалось паралельно з тим, як вдосконалювалась техніка люмінесцентного аналізу.

Вже отримано значну інформацію про фізичну сутність названого явища та особливості його проявів у великій кількості біологічних структур. При значному обсягу досліджень щодо створення та використання трансгенних продуктів харчування майже відсутні дослідження відмінностей їх фізико-хімічних властивостей, в тому числі і біохемілюмінісцентних, запахоутворюючих, окислювальних, концентраційних, складу сполук-продуктів метаболізму, в тому числі летких сполук які є специфічними ідентифікаторами гібридів.

Із застосуванням флуориметра FLx800 фірми „BioTek,, УФ- та ІК-спектрметрів вивчались ефекти флуоресценції, оптичної активності соків яблук різних генотипів, мандаринів, лимонів, картоплі, їх здатності утворювати збуджені димери кисню, які переходять в основний стан з випускненням видимого світла та інші фотобіологічні явища хвильовому діапазоні 200-4000 см⁻¹

Виявлено відмінності кінетики флуоресцентного сигналу соку різних сортів яблук при довжині хвилі збудження 360 нм та прийому 460 нм залежно від часу приготування соку, від складу та вмісту прооксидантів та антиоксидантів.

Дослідження спектральних характеристик рослинних продуктів на комп'ютеризованих спектрометрах „Spesord,, також підтвердили відмінності складових соків, що свідчить про набуті властивості захисту від гниття при тривалому зберіганні, від окислення, стійкості до окислювального стресу.

Проведено визначення інтенсивності процесів перекисного окислення при нормальних умовах та при додаванні оптично значимих реагентів.

Результати досліджень використовуються для розроблення інструментальних засобів контролю якості плодівих продуктів харчування.

Ключові слова: спектральний аналіз, характеристики рослинних продуктів.

УДК 621.373

ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК «ZIG-ZAG» ЛАЗЕРОВ ОТ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ ТРЕХЗЕРКАЛЬНОГО РЕЗОНАТОРА

Манак И.С., Жуковский В.В., Леоненя М.С., Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Твердотельные лазеры с зигзагообразным ходом луча («zig-zag» лазеры) в оптическом резонаторе представляют большой практический интерес благодаря малогабаритности и высокому качеству пучка лазерного излучения. Зигзагообразный ход луча в таких лазерах реализуется между двумя наклоненными друг к другу под углом α боковыми зеркалами, и расположенным под углом φ к од

ному из них полупрозрачным выходным зеркалом, причем число отражений определяется формулой $N = 1 + \phi / \alpha$.

Параметрами конструкции резонатора, определяющими энергетические характеристики, являются углы α и ϕ , длина L и высота d плоской усеченной призмы, коэффициенты отражения боковых и выходного зеркал r и r_z соответственно. Исходя из определения N , на углы α и ϕ накладываются ограничения, при которых число отражений должно быть целым и больше 2. На рис.1 представлены зависимости от углов α и ϕ мощности, генерируемой в единице объема неодимового лазера на стекле, S^{vd} и коэффициента энергетических потерь ρ^* , учитывающего потери на поглощение и рассеяние в матице активного вещества и потери излучения на прохождение через боковые зеркала, для активной среды, характеризуемой параметрами $\beta = 0,1 \cdot 10^7 \text{ см}^3/\text{Дж}$, $\rho = 0,01 \text{ см}^{-1}$, $k_0 = 0,15 \text{ см}^{-1}$, и конструкции резонатора со значениями $d = 1 \text{ см}$ и $r = 0,99$.

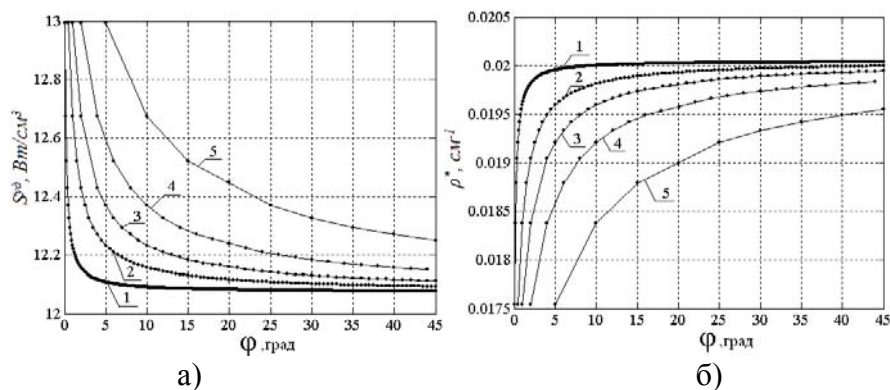


Рис. 1. Зависимость мощности S^{vd} (а) и энергетических потерь ρ^* (б) от угла ϕ при значениях угла $\alpha = 0,1^\circ$ (1), $\alpha = 0,5^\circ$ (2), $\alpha = 1^\circ$ (3), $\alpha = 2^\circ$ (4), $\alpha = 5^\circ$ (5)

Как показано на рис.1, падение удельной мощности S^{vd} на 7% по отношению к максимальному значению ($S^{vd} = 13 \text{ Вт/см}^3$ при $N=2$) как и рост энергетических потерь ρ^* обусловлены вредными потерями излучения на прохождение через боковые зеркала. Падение удельной мощности и рост потерь более значительны при увеличении количества отражений N , которое испытывает луч при зигзагообразном ходе в активном элементе.

Таким образом, необходимым является использование высокоотражающих покрытий для достижения максимально-возможного коэффициента отражения боковых зеркал ($r \approx 0,99$), что предъявляет высокие требования к качеству изготавливаемой конструкции.

Ключевые слова: малогабаритный лазер, удельная мощность, энергетические потери, высокоотражающее покрытие.

УДК 621.373

КОМПАКТНЫЕ ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ ПЛОСКИЕ «ZIG-ZAG» ЛАЗЕРЫ

Манак І.С., Жуковский В.В., Леоненя М.С., Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Одним из возможных путей решения задачи миниатюризации лазерных источников излучения является разработка конструкций, в которых достигается эффективное взаимодействие активных частиц и излучения в резонаторе. К таким относятся прежде всего лазеры с активным элементом в виде плоской усеченной призмы (slab-лазеры) с зигзагообразным ходом луча («zig-zag» лазеры) в трехзеркальном устойчивом оптическом резонаторе (рис.1а). Slab-лазеры высокотехнологичны. Плоская усеченная призма (рис.1б) вырезается и соответствующим образом обрабатывается из активного вещества в твердой фазе, например, из кристаллов алюмо-иттриевого граната или стекла, активированных ионами неодима. Две плоскопараллельные поверхности призмы, отстоящие друг от друга на расстояние t , могут использоваться для осуществления накачки активного вещества.

Особенно перспективны в этом случае лазерные диодные или светодиодные матрицы на основе тройных соединений $Ga_{1-x}Al_xAs$, спектром которых можно эффективно управлять изменением компонентного состава полупроводника. В спектре поглощения неодима имеется широкая полоса на длине волны $\sim 0,8$ мкм и поэтому возможно идеальное согласование спектра поглощения ионов Nd^{3+} и спектра излучения $Ga_{1-x}Al_xAs$ -матрицы. Две другие плоские грани усеченной призмы 1 и 2 наклонены друг к другу под углом α , их поверхности тщательно полируются, затем на них наносятся высокоотражающие покрытия. Выходное полупрозрачное зеркало 3 наклонено под углом φ к одной из этих поверхностей 2. Оптический луч, распространяющийся в активном элементе перпендикулярно зеркалу 3, поочередно отражается от зеркал 2 и 1 до тех пор пока угол падения на одно из зеркал не становится равным нулю. Тогда луч отражается в обратном направлении и выходит через зеркало 3. Таким образом реализуется зигзагообразный ход луча в оптическом резонаторе. Число возможных отражений оптического луча в такой системе дается простой формулой $N = 1 + \varphi / \alpha$. Отсюда легко получить требование, налагаемое на углы α и φ плоской усеченной призмы: $\varphi \geq \alpha$ и $\varphi / \alpha = n$, где n – целое число.

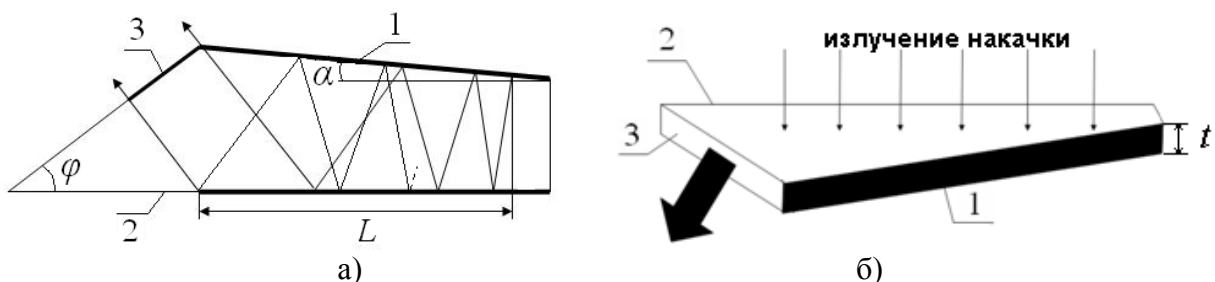


Рис. 1. Оптическая схема трёхзеркального резонатора лазера и хода луча в нём (а) и лазер с планарной геометрией активного элемента (б)

Хотя высота призмы меняется с расстоянием L , однако, ввиду малости угла α , в первом приближении можно считать, что высота призмы равна d , где d – максимальное расстояние между плоскостями 1 и 2. Отличительной особенностью рассматриваемых «zig-zag» лазеров является наличие в них дополнительных потерь энергии в резонаторе на пропускание через неидеальные высокоотражающие зеркала 1 и 2 ($r \neq 1$).

Ключевые слова: малогабаритный лазер, slab-лазер, миниатюризация, усеченная призма, диодная накачка, высокоотражающее покрытие.

УДК 620.004.5:681.586.5

МОДУЛЯЦІЙНА ПЕРЕДАВАЛЬНА ФУНКЦІЯ КОНЕКТОРА ПРИ НАЯВНОСТІ ПОХИБОК ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ

Кучеренко О.К., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

У волоконно-оптичних лініях зв'язку (ВОЛЗ) найбільш критичним вузлом з точки зору енергетичних втрат та спотворень форми сигналу є конектор що забезпечує ввід випромінювання від джерела випромінювання до світловоду. Дослідження частотних характеристик цього вузла в залежності від похибок позиціонування окремих елементів є важливою науковою задачею. У ВОЛЗ, де модуляція сигналу відбувається за допомогою живлючої напруги, важливо не тільки зменшити енергетичні втрати, але й передати сигнал у світловод за допомогою конектора з мінімальними спотвореннями. Найбільш ефективним засобом оцінки впливу похибок позиціонування елементів конектора на ступінь спотворення сигналу є використання Фур'є-перетворення сигналу з подальшим аналізом його частотних характеристик. До похибок конектора перш за все відносяться розфокусування та кутове і поперечне децентрування. Наприклад, при наявності розфокусування модуляційна передавальна функція (МПФ) конектора може бути визначена із співвідношення

$$T(R, \Delta) = \frac{4}{\pi a} \cos aR \left\{ \theta J_1(a) - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n} \sin(2n\theta) \times \right. \\ \times [J_{2n-1}(a) - J_{2n+1}(a)] \Big\} - \frac{4}{\pi a} \sin aR \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{2n+1} \sin[(2n+1)\theta] \times \\ \times [J_{2n}(a) - J_{2n+2}(a)] \quad (1)$$

де $J_{(n)}$ – функція Бесселя n -го порядку; $a = \left(\frac{8\pi}{\lambda} \right) lR$; $\theta = \arccos R$; R – відносна просторова частота, що дорівнює $R = \lambda(f'/D)^{1/2}$; D – діаметр вхідної зіниці оптичної системи; $l = (\Delta \sin^2 \sigma'_A)/2$ – хвильова аберація; Δ – розфокусування, мм; σ'_A – апертурний кут оптичної системи у просторі зображень; λ – довжина

хвилі; f' – фокусна відстань оптичної системи конектора; ν' – просторова частота в площині зображення.

Обчислення ФПМ згідно співвідношення (1) проводилися за допомогою програми SYNOPSIS. Проведені дослідження дозволили отримати результати, що характеризують частотні властивості конектора для вводу випромінювання лазерного діоду у одномодовий світловод. Проаналізовано вплив похибок позиціонування випромінюючої площини лазерного діоду, а саме розфокусування та децентрувань, на ФПМ конектора. Встановлено, що найбільш жорсткі вимоги (на рівні декількох мікрон) слід встановити до можливого дефокусування випромінюючої площини лазерного діода. Можливе поперечне децентрування обмежується десятими долями міліметра і в кінцевому рахунку його величина визначається допустимим він’єтуванням потоку випромінювання. Найменший вплив на частотні властивості оптичної системи конектора робить кутове децентрування, припустимі значення якого можуть сягати декількох градусів.

Ключові слова: волоконно-оптична лінія зв’язку, модуляційна передавальна функція, конектор, похибки позиціонування.

УДК 535.21

ТЕРМОКОМПЕНСАТОР РАСФОКУСИРОВКИ ДЛЯ ОБЪЕКТИВА НА БАЗЕ ЗЕРКАЛЬНО-ЛИНЗОВОЙ СИСТЕМЫ

Кучеренко О.К., Лисица Д.Н., Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

При проектировании приборов на базе зеркально-линзовых оптических систем разработчики сталкиваются с проблемой компенсации влияния температурных воздействий на выходные оптические характеристики данных систем. К таким характеристикам в первую очередь относятся фокусное расстояние и параметры кружка рассеяния объектива.

Во многих случаях задача проектирования осложняется тем, что оптическая система должна работать в условиях ограниченного объема, узкой номенклатуры применяемых материалов, значительных динамических нагрузок и при воздействии нестационарных температурных полей. Обеспечение работоспособности системы с учетом действий указанных факторов на базе пробных подвижек фоточувствительного узла в ходе предварительной настройки прибора не является достаточно эффективным методом. Кроме того, в реальных условиях эксплуатации внешние воздействия могут меняться, что исключает возможность подстройки прибора оператором. Применение автоматических средств компенсации расфокусировки требует предварительного компьютерного моделирования для оценки влияния температуры на изменение конструктивных параметров оптической системы и, как следствие, на изменение ее выходных характеристик. В зависимости от параметров расфокусировки и определяется конструкция термокомпенсатора

Авторами було проделано таке моделювання для типових видів малогабаритних катадиоптричних оптичних систем з використанням програми Zemax. Змінними параметрами в ході моделювання являлись: температурний діапазон роботи системи і градієнт температур; температурні характеристики рекомендованих оптичних і механічних матеріалів елементів конструкції; значення конструктивних параметрів оптичних і механічних деталей. В результаті були отримані фокусировочні криві, даючі інформацію про діапазон расфокусировки і якості зображення в площині установки фотоприймача, відповідної визначеній номінальній температурі експлуатації приладу.

Предложена конструкція і місцерозташування автоматичного термокомпенсатора расфокусировки, забезпечуючого работоспособність приладу на базі зеркально-линзової системи при заданному діапазоні зміни температури.

Ключові слова: зеркально-линзовий об'єктив; температурні впливи; комп'ютерне моделювання; термокомпенсатор.

УДК 528.7: 629.78

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІОМЕТРИЧНОГО КАЛІБРУВАННЯ БАГАТОСПЕКТРАЛЬНИХ СКАНУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Міхєєнко Л.А., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Радіометричне калібрування багатоспектральних скануючих пристроїв (БСП) космічного базування є одним з найважливіших етапів їх передпольотної підготовки, від метрологічного рівня якого багато в чому залежить якість інформації, що отримується з космічного апарату. Однак існуючі системи калібрування вже не задовольняють вимогам сучасних і перспективних космічних апаратів високої роздільної здатності. Особливо гостро ця проблема стосується України, де розпочато розробку БСП високого рівня, але практично відсутня метрологічна база для їх калібрування.

Метою даної роботи є розробка рекомендацій щодо метрологічного забезпечення вимірювань енергетичних характеристик і радіометричного калібрування вітчизняних БСП на основі існуючої в Україні еталонної і елементної бази.

Зокрема в роботі розглядаються фізичні величини та їх одиниці, що використовуються при радіометричному калібруванні, аналізуються методи вимірювань енергетичних характеристик БСП, пропонуються нові оригінальні методи та засоби прецизійного калібрування космічних систем, оцінюються їх перспективи з урахуванням існуючої в Україні системи передачі одиниці спектральної густини енергетичної яскравості. Окремо обговорюються менш точні, але

більш доступні в Україні методи побічного калібрування БСП. Для практичного використання, в роботі наводяться довідкові данні щодо найбільш перспективних і поширених прецизійних джерел випромінення, монохроматорів, оптичних систем та приймачів випромінення, які можуть використовуватися у вимірювальних та калібрувальних установках.

Отримані результати будуть цікаві спеціалістам в галузі оптичної радіометрії і особливо розробникам апаратури для енергетичного калібрування БСП високої роздільної здатності.

Ключові слова: оптико-електронні системи дистанційного зондування Землі, оптична метрологія, радіометричне калібрування.

Література:

1. Михеенко Л.А. Боровицкий В.Н. Метрологическое обеспечение радиометрической калибровки оптико-электронных систем дистанционного зондирования Земли // Космічна наука і технологія. – 2009. – с.3 - 15.

УДК 629. 78

РАДИОМЕТРИЯ И МЕТРОЛОГИЯ СВЕТОДИОДОВ

Михеенко Л.А. , Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

В настоящее время продолжается интенсивное развитие светодиодов (СД), но если раньше функции этих приборов ограничивались, в основном, индикацией, то сейчас приоритетным направлением считается разработка сверхярких СД для освещения и высокостабильных СД для использования в измерительной аппаратуре. Очевидно, что совершенствование известных и разработка перспективных СД невозможна без создания соответствующего измерительного оборудования и его метрологического обеспечения. И если эта задача достаточно успешно решается в США и Европе, то для Украины, где начаты аналогичные работы, ситуация является более сложной, что связано, в основном, с недостаточным развитием методической, измерительной и эталонной баз.

Целью настоящей работы является обзор и анализ известных методов измерения радиометрических характеристик СД, а также разработка установки для исследования и калибровки современных и перспективных СД на базе имеющегося и доступного в Украине оборудования.

В работе рассматривается разработанная автором универсальная установка для измерения основных радиометрических характеристик СД малой и средней мощности – индикатрисы излучения в относительных и абсолютных величинах, силы излучения в ближней и дальней зонах, интегрального светового потока, тонкой структуры излучения и ряд других. Методы измерений базируются на рекомендациях и стандартах NIST (1), но с использованием отечественного измерительного оборудования и метрологического обеспечения. В частности в установке применяются цифровой люксметр – яркомер ТЭС 0693, вторичный

еталон яркості на базі світодиодів білого свечення і інтегруючої сфери, фотоелектричні головки, скореговані під відносну спектральну світлову ефективність і оригінальний мікрофотометр з вимірним фотодіодом ФД – 24 к. Калібровка всіх приймачів установки вироблялась по джерелу типу А. Метрологічне забезпечення вимірювань базировалося на ДСТУ 3193 – 95 і міждержавному стандарті ГОСТ 8. 023 – 2003. Похибка вимірювання на установці не перевищує 5 – 7 %, що повністю достатньо для рішення більшості практичних і наукових завдань.

Результати роботи будуть корисні як розробникам сучасних вимірних СД, так і спеціалістам по їх використанню в прецизійній оптико – електронній апаратурі.

Ключові слова: радіометрія, оптична метрологія, світодиоди.

Література

1. Д. Дежі, Ю. Зонг, С. С. Міллер і др. Еталонний випромінювач NIST для фотометрії світодиодів// Світотехніка. – 2004. - №6. – с. 56 – 59.

УДК 621.382

СТРАТЕГІЯ КОМПЛЕКСУВАННЯ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ

Микитенко В.І., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Надійшли всепогодні відеоспостереження за допомогою оптико-електронних систем все частіше забезпечуються шляхом реалізації багатоканальності та комплексування інформації в цих системах. Таке ускладнення системи спостереження обумовлюється насамперед її призначенням і видом фоноцільової обстановки. Загалом можливі сполучення різних типів окремих інформаційних каналів, але найчастіше використовуються двоканальні системи у складі телевізійного та інфрачервоного каналів. Для них існують багато методів комплексування. Практичні дослідження і комп’ютерне моделювання показують, що ефективність цих методів не є однаковою. Більш того, в деяких випадках комплексування за обраним алгоритмом погіршує ефективність системи. Метою проведених досліджень став пошук заходів по забезпеченню постійної максимальної ефективності багатоканальних оптико-електронних систем спостереження (БОЕСС).

В доповіді розглядається запропонований шлях вирішення поставленої проблеми. Він полягає в розробленні для кожної БОЕСС індивідуальної стратегії комплексування. Ця стратегія передбачає постійну оцінку ефективності всього інформаційного комплексу починаючи від фоноцільової обстановки і закінчуючи оператором БОЕСС. Алгоритми комплексування або їх внутрішні параметри мають змінюватись в напрямку підтримання максимального значення поточної оцінки. Критерій оцінки ефективності в розробленій методиці залежить від типу візуальної задачі оператора (пошук та виявлення об’єкту, його розпізна-

вання). Лабораторні експерименти показали, що при значних змінах умов візуального спостереження суттєво змінюється загальна ефективність інформаційного комплексу. Тобто критерій оцінки ефективності в цьому випадку має враховувати також і умови спостережень. На вибір методу комплексування насамперед впливають параметри фоноцільової обстановки. Розроблені кілька сценаріїв еволюції фоноцільової обстановки при спостереженнях з наземних та повітряних носіїв. Для найпростішого сценарію статичної фоноцільової обстановки на протязі доби розроблений адаптивний алгоритм двоканального комплексування.

Ключові слова: комплексування зображень, багатоканальні оптико-електронні системи, оцінка ефективності, візуальні спостереження

УДК 535.21

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОПТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАЛОГАБАРИТНЫХ КАТАДИОПТРИЧЕСКИХ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

¹⁾Молодык А.В., ¹⁾Лысенко С.Ф., ¹⁾Фесенко В.В., ²⁾Кучеренко О.К., ²⁾Лисица Д.Н., ¹⁾Казенное предприятие “Центральное конструкторское бюро “Арсенал”, г. Киев, Украина;

²⁾Національний технічний університет України “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

При проектировании оптико-электронных приборов на базе катадиоптрических оптических систем ИК-диапазона, разработчики сталкиваются с проблемой компенсации влияния температурных воздействий на выходные оптические характеристики фокусирующего узла. К таким характеристикам в первую очередь относятся фокусное расстояние и параметры кружка рассеяния объектива.

Во многих случаях задача проектирования осложняется тем, что оптическая система должна работать в условиях ограниченного объема, узкой номенклатуры применяемых материалов, значительных динамических нагрузок и при воздействии неоднородных температурных полей. Обеспечение работоспособности системы с учетом действий указанных факторов путем пробных подвижек фоточувствительного узла в ходе предварительной настройки прибора не является достаточно эффективным методом. Применение автоматических средств компенсации расфокусировки требует предварительного компьютерного моделирования для оценки влияния температуры на изменение конструктивных параметров оптической системы и, как следствие, на изменение ее выходных характеристик.

Авторами было проделано такое моделирование для типичных видов малогабаритных катадиоптрических оптических систем с применением программы Zemax. Переменными параметрами в ходе моделирования являлись: температурный диапазон работы системы и градиент температур; температурные характеристики применяемых оптических и механических материалов элементов конструкции. В результате были получены фокусировочные кривые, дающие

информацию о диапазоне расфокусировки и качестве изображения в плоскости установки фотоприемника соответствующей определенной номинальной температуре эксплуатации прибора.

Наряду с результатами компьютерного моделирования представлены данные по экспериментальной оценке температурных воздействий на оптические характеристики системы аналогичной системе исследуемой при моделировании.

Полученные результаты рекомендуется применять при проектировании устройств термокомпенсации для оптико-электронных приборов на базе катадиоптрической оптической системы.

Ключевые слова: катадиоптрическая оптическая система; температурные воздействия; компьютерное моделирование.

УДК 535.317

ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСКІВ НА ПАРАМЕТРИ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ

*Сокуренько В. М., Сокуренько О.М., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Розрахунок допусків на параметри оптичних систем є однією з найбільш складних та затратних задач, що мають місце під час проектування оптичних систем. Ефективне розв'язання цієї задачі потребує відповідних комп'ютерних засобів, причому якість розрахунку допусків визначається можливостями закладених алгоритмів.

Метою даної роботи була розробка алгоритмів, які б забезпечували гнучкі та потужні можливості визначення допусків, та їх програмна реалізація.

В доповіді розглядаються основні функціональні можливості розробленої програми щодо визначення допусків на параметри довільної оптичної системи.

Доступні для аналізу допуски включають варіації таких конструктивних параметрів як кривизни поверхонь, осьові товщини, показники заломлення середовищ, числа Аббе, коефіцієнти асферичних поверхонь тощо. Закладена підтримка аналізу децентрування окремих поверхонь та компонентів, нахилів поверхонь та компонентів навколо довільної точки, нерегулярності форми поверхонь, а також варіацій значень додаткових (специфічних) параметрів поверхонь. Оскільки останні призначені для опису коефіцієнтів асферичних поверхонь, параметрів дифракційних ґраток, градієнтних середовищ тощо, то всі ці величини можуть бути задіяні для розрахунку допусків.

В програмі передбачена оцінка допусків за різними критеріями, серед яких є СКВ радіусу плями, СКВ похибки хвильового фронту та оціночна функція користувача. Додатково можуть задаватися компенсатори та допустимі межі на їх зміну для моделювання прийнятних регулювань (юстувань) оптичної системи під час складання.

Допуски можуть визначатися трьома шляхами (режимами):

1. Аналіз чутливості: Окремо для кожного допуску з заданого набору допусків розраховується зміна критерію.

2. Обернений аналіз чутливості: Для заданої допустимої зміни критерію (відносно номінального) або межі критерію розраховується граничне значення окремо на кожний допуск.

3. Аналіз Монте-Карло: Визначається спільний вплив всіх допусків. Завдяки одночасному розгляду всіх допусків можливе точне моделювання результатів, очікуваних після виготовлення та складання оптичної системи.

Перевагами розроблених алгоритмів є адекватність (аналіз допусків здійснюється на базі розрахунку дійсних променів) та універсальність.

Ключові слова: оптична система, допуск, проектування, програма, Монте-Карло.

УДК 53.084.4

МЕТОД ЮСТИРОВКИ КООРДИНАТОРОВ ЦЕЛИ

Молодык А.В., Ткаченко Е.А., Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Киев, Украина

При сборке и юстировке координаторов цели, работающих в среднем или дальнем инфракрасном (ИК) диапазоне, необходимо обеспечивать размещение задней фокальной плоскости оптической системы координатора относительно плоскости пространственного анализатора, при котором оптическая система обеспечивает наилучшее качество изображения в интервале температур ($-60 \dots +60$)°С.

При визуализации этой технологической операции требуются:

а) сложное и дорогостоящее тепловизионное оборудование, б) согласование спектрального диапазона тепловизора со спектральным диапазоном координатора, в) затраты времени на выполнение юстировки, неприемлемые для условий крупносерийного производства указанных устройств.

Актуальной является задача разработки метода юстировки, который бы не требовал применения визуализаторов ИК изображений, существенно сокращал время юстировки, позволял находить наилучшее для указанного диапазона температур расположение анализатора относительно плоскости изображений, легко поддавался автоматизации.

Нами предлагается метод, соответствующий указанным выше требованиям. В основу метода положено получение фокусирующей кривой – графика зависимости от величины расстояния до цели амплитуды сигнала, вырабатываемого координатором, прогретым до нужной температуры. Для этого используется коллиматор, который в рабочем спектральном диапазоне, при фиксированной температуре координатора моделирует мнимое или действительное изображение точечной ИК цели, находящейся на известном вдоль оптической оси регулируемом расстоянии. При нескольких фиксированных расстояниях до модели-

руемой цели измеряется величина электрического сигнала, вырабатываемого фотоприемником координатора. Данные измерений используются для построения семейства (для ряда температур) кривых зависимости амплитуды сигнала от расстояния до цели. Для этого применяется аппроксимация указанной зависимости базисом степенных или других функций. Коэффициенты аппроксимации вычисляются гауссовым методом наименьших квадратов. Графики, достигающие максимума при конечных расстояниях до моделируемой цели, свидетельствуют о дефокусированном изображении цели на анализаторе при данной температуре. Найдены формулы, позволяющие по положению максимумов фокусировочных кривых, полученных для ряда фиксированных температур, находить положение анализатора вдоль оптической оси, обеспечивающее оптимальную фокусировку изображения цели с учетом температурной нестабильности координатора.

Ключевые слова: фокусировка ИК-координатора цели, фокусировочная кривая.

УДК 681.7.013.8

ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ПОВНОЇ ВАРІАЦІЇ КОЕФІЦІЄНТІВ ВЕЙВЛЕТ РОЗКЛАДУ

Захарченко В.С., Колобродов В.Г., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Швидкий розвиток оптично-електронних приладів, особливо приймачів випромінювання та засобів обробки цифрових сигналів, обумовлює необхідність розробки нових методів обробки зображень. При цьому увагу слід звернути на алгоритми обробки зображень малорозмірних цілей при малому відношенні сигнал/шум. Відповідно постає необхідність розробки методу, застосування якого дозволяло б виявляти малорозмірні цілі поблизу регіону поділу фонів із різними текстурами.

Основною проблемою за таких умов є те, що корисний сигнал міститься на рівні розкладу із найбільшою концентрацією шумів. Для вирішення проблеми запропоновано замінити порогову фільтрацію коефіцієнтів вейвлет-розкладу сигналів на адаптивну фільтрацію, яка враховуватиме не лише наявність шумів, але і зміну градієнту яскравості в регіоні фільтрації. Фільтрація проводиться на основі методу повної варіації функції:

$$E_{\lambda}(u) = \|u - u_0\|^2 + \lambda \cdot TV(u),$$

де $E_{\lambda}(u)$ - цільова функція, яка обирається за критерієм Рудіна-Ошера-Фатемі; u - функція, яка описує зображення; u_0 - отримане повідомлення; $TV(u)$ - повна варіація функції; λ - параметр, який визначає величину регіону фільтрації.

Проведено дослідження, які дозволяють обрати параметр λ у відповідності до сюжетного наповнення зображення (текстури фону, розміру об'єкту). У порівнянні з методом класичної порогової фільтрації коефіцієнтів вейвлет-

перетворення, запропонований метод фільтрації має більшу швидкість та не спричиняє втрати корисної інформації за рахунок того, що фільтрація проводиться одноразово на певному рівні розкладу. Запропоновано реалізацію методу на основі процесору цифрових сигналів TI TMS320DM6437.

Розроблений метод може бути застосований при проектуванні систем обробки зображень в оптично-електронних системах спостереження. Подальші дослідження можуть бути направлені на розробку методу, здатного відновлювати не лише зображення цілі, а і текстуру фонові складові.

Ключові слова: оптично-електронна система спостереження, цифрова обробка зображень, вейвлет-перетворення.

УДК 004.932.72

ВИЯВЛЕННЯ ОБ’ЄКТІВ ДЛЯ ГРУПОВОГО СТЕЖЕННЯ

Зінченко А.М., Дубовой В.М., Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, Україна

Відеоспостереження прямо впливає на життя й безпеку людей, тому недооцінити його значимість просто неможливо. Одним з найважливіших напрямків розвитку відео спостереження є інтелектуальний аналіз спостережуваної сцени. Це визначення по відеозображенню деяких характеристик спостережуваних об’єктів і їхньої взаємодії.

Системи відеоспостереження, у яких реалізовані інтелектуальні функції, дозволяють більш ефективно вирішувати поставлені завдання з меншими трудомісткістю й на більше високому якісному рівні.

Для визначення об’єктів для подальшого слідкування за ними необхідно в першу чергу знайти границі існуючих об’єктів на зображенні.

Було проаналізовано градієнтні алгоритми та з застосуванням других похідних, алгоритм Собела, алгоритм Кірша, алгоритм Робертса, алгоритм Лапласа, алгоритм Кенні, алгоритм Snake, алгоритм SUSAN та інші. Для реалізації цієї задачі було використано алгоритм Кенні через численні його позитивні характеристики.

Для знаходження об’єктів на зображенні, зокрема облич були використані вейвлети Хаара. Перевагами є швидкий алгоритм обчислення вейвлет коефіцієнтів та схожість алгоритмів багаторівневого вейвлет аналізу зображення з алгоритмами багаторівневої обробки зображення зорової системи людини, а також зменшення впливу змін освітлення та зміни міміки обличчя при розпізнаванні облич, вейвлет Хаара має властивості регулярності, ортогональності та симетричності.

Задачею даної роботи є дослідження динаміки систем спостереження за рухомими об’єктами.

При розробці програми була використана бібліотека OpenCV. Були використані шаблони для детекції анфасу лиця, профілю лиця та інші. Для детекції

рухів були використанні стандартні шаблони “Motion templates”.

Час визначення об’єктів, судячи з тестувань може коливатись від 99 до 1133мс. Це залежить від роздільної здатності, кількості кадрів за секунду, різноманітності зовнішнього середовища та швидкості руху об’єктів.

Проблема може виникнути через те, що при різних кутах зору об’єкти спотворюються і їх розпізнавання не дає бажаного результату.

При рухові об’єктів необхідне удосконалення алгоритмів, яке дозволить скоротити час розпізнавання контурів, за рахунок виділення лише динамічних змін аналізованого зображення.

Ключові слова: детекція рухів, групове стеження, розпізнавання.

УДК 681.7.055.34

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ДИФРАКЦИОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ АСФЕРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Тягур В.М., Чумак А.П., Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Киев, Украина

Контроль качества асферических поверхностей – неотъемлемая часть проектирования оптических систем. Для решения таких задач разработано множество различных методов, одним из которых является компенсационный метод контроля асферики, который в последнее время пользуется всё большей популярностью. В этом методе применяется вспомогательная оптическая система, рассчитываемая так, что совместно с контролируемой поверхностью, она формирует стигматическое изображение точечного источника. Для асферических поверхностей с большой апертурой и светосилой требуются большие диаметры и толщина компенсирующих линз, в которых даже маленькие ошибки приводят к значительной погрешности измерения. В связи с этим целесообразно заменить рефракционные линзы на дифракционные элементы или голограммы, которые изготавливаются, как правило, на поверхности достаточно тонких плоских оптических пластин. Киноформный компенсатор представляет собой плоскопараллельную пластину с дифракционной поверхностью в виде аксиально-симметричных зон. Центральная зона используется для контроля асферической поверхности, а вспомогательная (в виде четырех или шести секторов) для взаимной юстировки киноформа относительно интерферометра и контролируемой поверхности относительно киноформа.

Разработана программа, которая позволяет для асферических поверхностей второго порядка полностью рассчитывать параметры киноформной поверхности. Расчет выполняется для центральной зоны киноформа (контроль асферической поверхности) и двух вспомогательных зон для юстировки киноформа и системы в целом. В основу расчета положена модель, основанная на том, что все лучи, которые падают на контролируемую поверхность, должны падать на нее по нормали. При этом радиусы зон киноформной поверхности определяют-

ся из условия, что на границах кольцевых зон, оптическая разность хода луча прошедшего через зону и главного луча должна быть кратна длине волны излучения (т.е. на границах раздела зон фаза излучения изменяется на 2π).

Ключевые слова: контроль асферических поверхностей, дифракционные голографические элементы, киноформы.

УДК 681.7.535

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СКАНЕРА ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Тягур В.М., Чумак А.П., Сахарнова О.Ю., Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г.Київ, Україна

На разрешающую способность и качество, с которым сканер дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) может построить изображение тест-объекта, влияет множество факторов. Основные из них – качество оптической системы, энергетические параметры объекта, модуляционная передаточная функция (МПФ) атмосферы, МПФ фотоприемного устройства, функции снижения МПФ за счет движения космического аппарата по орбите и д.р. Множество факторов, которые будут заложены в физико-математическую модель сканера, позволят повысить точность полученных результатов. С этой целью была создана программа для расчета энергетических и пространственных характеристик оптико-электронных систем сканеров, установленных на космических аппаратах (КА). Данная программа позволяет еще на ранних этапах проектирования систем ДЗЗ быстро и качественно оценить характеристики проектируемой системы.

Программа позволяет производить расчет таких параметров оптико-электронной системы сканера ДЗЗ, как: параметры движения КА по орбите; облученность земной поверхности; пропускание излучения атмосферой; облученность входного зрачка объектива; облученность ПЗС; параметры сигнала на выходе фотоприемного устройства; линейное разрешение на местности.

Программа позволяет рассчитывать перечисленные выше параметры в зависимости от:

1. Условий облученности земной поверхности Солнцем (время года, время съемки, географическая местность снимаемого участка Земли).
2. Состояния атмосферы (пары воды, озон, однородные газы, аэрозоли).
3. Параметров движения космического аппарата по орбите (тип орбиты, нестабильность высоты КА, нестабильность оси КА).
4. Параметров объектива (конструктивные параметры, МПФ, количество спектральных диапазонов, спектральное пропускание).
5. Параметров фотоприемного устройства (ПЗС, метод считывания сигнала с ПЗС, параметры предварительного усилителя, АЦП, АСП).

Ключевые слова: сканер высокого разрешения, дистанционное зондирование

Земли, отношение сигнал/шум, линейное разрешение на местности, модуляционная передаточная функция.

УДК 621.383

ПРЕДЕЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МОЩНОСТИ, ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ШУМУ ПРИЕМНИКОВ ИНФРАКРАСНОГО, СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО И МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНОВ

Шевчик-Шекера А.В., Институт физики полупроводников им. В.Е. Лашкарева НАН Украины, г.Киев, Украина

Присутствие шумов в системах технического видения показало необходимость их изучения и дальнейших попыток уменьшения влияния шумовых составляющих сигнала.

Фундаментальными факторами, которые определяют граничные шумовые значения для фотонных и тепловых приемников излучения чувствительных в инфракрасном, субмиллиметровом и миллиметровом диапазонах, являются флуктуации фонового излучения. Приемники излучения, ограниченные в основном флуктуациями плотности потока фотонов фонового излучения или флуктуациями потока его мощности, называют работающими в BLIP (background limited infrared performance) режиме. Главной из показательных характеристик приемников излучения служит NEP (noise equivalent power) – мощность, эквивалентная шуму. Значения NEP являются критерием способности фотоприемника измерять предельно слабые оптические сигналы.

В работе представлены расчеты предельных значений NEP для приемников излучения инфракрасного, субмиллиметрового и миллиметрового диапазонов с учетом фактора группировки фотонов на больших длинах волн при их излучении нагретыми телами. Для области высоких частот ($h\nu \gg k_B T$) приведены расчеты с учетом использования распределения фотонов, соответствующие классической статистике Пуассона для независимых случайных событий.

Показано преимущество использования тепловых приемников излучения над фотонными для диапазона спектра $\lambda_{гр} \geq 50 \text{ мкм}$, при низких температурах эксплуатации и малых значениях фоновой нагрузки.

Ключевые слова: приемник инфракрасного, субмиллиметрового и миллиметрового диапазонов; мощность, эквивалентная шуму.

УДК 621.382.8

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ СИГНАЛ МНОГОЭЛЕМЕНТНОГО ПРИЁМНИКА ПРИ ИЗОБРАЖЕНИИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Коваль С.Т., Национальный технический университет Украины «Киевский политехниче

Известно множество оптико – электронных приборов (ОЭП) с многоэлементными приёмниками, в которых в плоскости изображения формируется картина, с периодической структурой. Такая картина может создаваться растрами, дифракционными решётками, пространственными модуляторами, интерферометрами, диспергирующими элементами и многими другими устройствами, входящими в оптическую систему ОЭП. Подобная ситуация характерна и для случая, когда рассматриваемый ОЭП применяется в системах контроля и наблюдения объектов с периодической структурой. К числу таких объектов можно отнести ткани организмов и материй, компоненты микроэлектроники, матрицы дисплеев, мерные линейки и т.д. То, что функционально объединяет перечисленное выше, – это взаимодействие периодо-структурированного изображения с периодичным растром многоэлементного приёмника.

Очевидно, что параметры изображения (период, скважность, контраст, постоянная освещённость) и особенно его пространственная ориентация относительно приёмника влияют на выходной фотоэлектрический сигнал.

В работе представлена общая модель линейного многоэлементного приёмника, помещённого в плоскость изображения, где сформировано поле периодичной облучённости вдоль одной координаты. Используя пространственный и частотный подход при описании произвольно расположенных периодических структур, получено общее выражение, описывающее выходной сигнал, произведен анализ влияния исходных параметров, изучены причины возможных искажений выходного сигнала и даны рекомендации относительно наилучшего взаимного согласования периодов линейных растров.

Ключевые слова: приёмники излучения, изображающие оптико – электронные приборы, растры.

УДК 535.826.001.24

СВЕРХРАЗРЕШЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВОЙ МИКРОСКОПИИ (В ПОРЯДКЕ ДИСКУССИИ)

Коваль С.Т., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Стремительное развитие микроэлектроники, нанотехнологии, генетики, а также необходимость всё глубже проникнуть внутрь живой клетки и атомного ядра, - всё это стимулировало работы по совершенствованию оптической микроскопии. Сообщения последних десятилетий свидетельствовали о преодолении предела разрешения, установленного Аббе. Ведущие производители микроскопов действительно разработали микроскопы с цифровой обработкой изображения, с помощью которых можно наблюдать и разрешать микрообъекты размером вплоть до нескольких десятков нанометров, что намного меньше, чем

наименьший размер, предсказанный теорией Аббе для оптической визуальной микроскопии. В этой связи возникает вопрос о справедливости теоретически установленном пределе разрешения.

Современная теория изображения в микроскопе предсказала возможные пути достижения сверхразрешения. В работе представлен обзор современных цифровых микроскопов и их характеристик. Для некоторых из микроскопов определён тот из теоретически обоснованных методов, который был положен в основу принципа его работы. В то же время отдельные типы микроскопов хотя и продемонстрировали некоторое сверхразрешение, однако были построены с использованием иных принципов функционирования. В этой связи возникает дискуссионный вопрос: “Решена ли при этом задача улучшения критерия разрешения или же решается обратная задача восстановления изображения?” На примере одного из известных типов цифровых микроскопов обсуждаются проблемы, представляющие наибольший научно – практический интерес, без преодоления которых невозможно существенно улучшить качество изображения мелкоструктурных объектов.

Ключевые слова: микроскоп, разрешающая способность.

УДК 535.2

ЕВОЛЮЦІЯ ПОНЯТТЯ СИНГУЛЯРНОСТІ В ОПТИЦІ

¹⁾Богатирьова Г.В., ²⁾Чернишов О.О., ²⁾Фельде Х.В., ²⁾Полянський П.В., ¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна;

²⁾Чернівецький національний університет ім. Ю.Федьковича, м.Чернівці, Україна

В математиці термін «сингулярність» описує особливу точку у комплексній площині, де амплітуда дорівнює нулю і, відповідно, фаза не може бути визначена. В оптиці, як відомо, будь-який хвильовий рух може бути описаний комплексною функцією. Поняття про «крайові» та «гвинтові» дислокації, як сингулярності хвильового фронту, увійшли в оптику з фізики твердого тіла [1], де дислокації кристалічної ґратки можна буквально побачити під мікроскопом. Виявилось [2], що аналогічні особливості хвильового фронту можна також продіагностувати інтерференційними та дифракційними методами. Фазова сингулярність хвильового фронту проявляє себе [3] як протифазність симетричних відносно нуля амплітуди світлих зон у розподілі поля в поперечному перетині пучка, так і наявністю тиску світла вздовж вектора Умова-Пойтинга, що не дозволяє нано-об'єкту вийти із зони нульової амплітуди.

Математичне означення сингулярності наштовхнуло вчених-оптиків на думку, що дислокації можуть зустрічатись не лише у однорідно поляризованому повністю когерентному монохроматичному полі, чого в реальності і немає, а і в будь-якому параметрі поля, який описується комплексною функцією. Так з'явилися L-контур та C-точка – лінія та точка стрибкоподібної зміни стану поляризації, сингулярність функції просторової когерентності у частково коге-

рентних полях, сингулярність у поліхроматичному світлі, U-сингулярність комплексного ступеня поляризації.

В роботі проведено аналіз еволюції сингулярної оптики від когерентної до кореляційної та представлено основні напрямки кореляційної сингулярної оптики. Обговорюються перспективи застосування фундаментальних досліджень в цій області у техніці та промисловості.

Ключові слова: фазова сингулярність, комплексна функція, кореляційна оптика.

Література:

1. Nye J.F., Physical Properties of Crystals: Their Representation by Tensors and Matrices. - Oxford University Press, 1957.
2. Nye J.F. and Berry M.V. Dislocations in wave trains. // Proc.R.Soc.Lond. – 1974. – A.336. – P.165-190.
3. Soskin M.S., Vasnetsov M.V. “Singular optics” in Progress in Optics Vol. 42 (Ed. E. Wolf). - Amsterdam: North-Holland, 2001.

УДК 535.2

ЗМІШАНІ ПОЛЯРИЗАЦІЙНІ СИНГУЛЯРНОСТІ ВЕКТОРНИХ ОПТИЧНИХ ПОЛІВ

¹⁾Богатирьова Г.В., ²⁾Фельде Х.В., ²⁾Чернишов О.О., ²⁾Полянський П.В., ¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна;
²⁾Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна

Центральним предметом сингулярної оптики строго когерентних, неоднорідно поляризованих оптичних полів є так звані *C* точки (точки із циркулярною поляризацією, де азимут поляризації невизначений) та *L* контури (замкнені, або такі, що замикаються на нескінченості, лінії, вздовж яких поляризація лінійна, із плавно змінним азимутом поляризації, а невизначеним, сингулярним є напрямок обертання світлового вектора). У наших недавніх роботах [1, 2], із залученням поняття *комплексного* ступеня поляризації, введено альтернативний тип векторних сингулярностей, притаманний некогерентній суміші поляризаційно ортогональних пучків, принаймні один з яких містить звичайні фазові сингулярності (оптичні вихори). Це *U* лінії (контури), вздовж яких результуюче поле повністю неполяризоване, й невизначеним є стан поляризації, та *P* точки, у яких ступінь поляризації є одиничним, а стан поляризації відповідає поляризації несингулярної компоненти.

У даній роботі показується, що у найбільш загальному (й реалістичному) випадку, коли поляризаційно ортогональні компоненти є *частково* взаємно когерентними, виникають незвичні «змішані» (когерентно-некогерентні) *U – L* та *P – C* сингулярності, що співіснують й співпадають просторово. Цей результат, вперше викладений у роботі [3], є показовим виключенням із майже універсального правила, що від одного типу сингулярностей неможливо перейти до іншого *безпосередньо*, тобто шляхом зміни єдиного експериментального параметра. Результати теоретичного розгляду підтверджено експериментально. Обго-

ворюються перспективи застосувань отриманих результатів в оптичній криптографії із поляризаційним кодуванням сигналів.

Ключові слова: фазові сингулярності, часткова когерентність, часткова поляризація.

Література

1. Фельде К.В., Чернышов А.А., Богатырева Г.В., Полянский П.В., Соскин М.С. Поляризационные сингулярности в частично когерентных комбинированных пучках // Письма в ЖЭТФ. – 2008. – Т. 88, № 7. – С. 490-494.
2. Chernyshov A.A., Felde Ch.V., Bogatyryova H.V., Polyanskii P.V., Soskin M.S. Vector singularities of the combined beams assembled from mutually incoherent orthogonally polarized components // Journ. of Optics A: Pure and Appl. Optics. – 2009. – V. 11, No. 9. – P. 1-8 (094010).
3. Soskin M.S., Polyanskii P.V. New polarization singularities of partially coherent light beams // Proc. SPIE. – 2010. – V. 7613 0G. – P. 1-11.

УДК 676. 017. 55

ИЗМЕРЕНИЕ ЦВЕТА СОВМЕСТНО С БЛЕСКОМ

Бушинский В.О., Воронов С.А., Панкратов В.И., Родионов В.А., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Визуальное восприятие предметов в значительной мере определяется их цветом и блеском. Несмотря на то, что цвет и блеск во многих отраслях промышленности являются важными критериями качества продукции, на сегодня в этом вопросе отсутствует какая-либо единая нормативная политика. Для количественной оценки цвета и блеска на предприятиях используются измерительные приборы, осуществляющие отдельный лабораторный контроль цвета и блеска, что не соответствует реальному восприятию поверхности предметов. Для количественной оценки качества поверхности предметов необходим прибор, позволяющий производить измерение цвета совместно с блеском. В настоящее время такие измерения проводятся зарубежными приборами по их нормативным документам. Поэтому весьма актуальным является создание отечественного прибора, позволяющего проводить совместное измерение цвета и блеска.

Особенностью предлагаемой схемы измерения является то, что одновременно с измерением цвета при стандартной геометрии освещения / наблюдения (обычно $d/8$ или $45/0$) производится измерение блеска поверхности под углами 20° , 45° , 60° и 85° .

В качестве стандартного источника предлагается использовать набор светодиодов с разными спектрами излучения и геометрией размещения. Такая схема измерения расширяет возможности для более информативной оценки качества поверхности большого ассортимента материалов и позволяет разработать отечественный прибор для измерения цвета совместно с блеском.

Ключевые слова: измерение цвета, блеск.