

СЕКЦІЯ 2

ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ

УДК 681.7

ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ТЕРАГЕРЦОВОМ ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ

*Шевчик-Шекера А. В., Голенков А. Г., Забудский В. В., Петряков В. А.
Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкарева НАН Украины,
г. Киев, Украина*

Терагерцовые системы видения обладают рядом преимуществ по сравнению с системами видения СВЧ и ИК диапазонов.

За счет меньшей длины излучения (λ), чем в СВЧ диапазоне, позволяют получить существенно лучшее пространственное разрешение исследуемых объектов и имеют большую проникающую способность, по сравнению с ИК-излучением.

В ходе работы основной задачей было разработка и создание оптической системы, позволяющей получить изображение на частоте излучения источника порядка 150 ГГц и обеспечивающей разрешение близкое к Рэлеевскому пределу.

Рассматривались два случая: использование неохлаждаемого одноэлементного КРТ приемника на горячих электронах и линейки неохлаждаемых КРТ приемников на горячих электронах.

Для получения изображений в ТГц диапазоне частот, в качестве фокусирующих элементов, наибольшее распространение получили внеосевые параболические зеркала и асферические линзы.

Для расчета были выбраны системы из четырех асферических линз из фторопласта (PTFE), с диаметром заготовок 110 мм и 60 мм. PTFE имеет однородное стабильное пропускание около 80-90%, начиная $\lambda \sim 200$ микрон и далее.

Рассчитанные системы – дифракционно-ограниченные.

Разрешающая способность определяется радиусом кружка Эйри и составляет, для длины волны $\lambda = 2$ мм, $r = 1,22 \cdot \lambda \cdot F/\# = 1,22 \cdot 2 \cdot 2.2 = 5,4$ мм (система с одноэлементным приемником) и $r = 1,22 \cdot \lambda \cdot F/\# = 1,22 \cdot 2 \cdot 2.61 = 6,37$ мм (система с линейкой приемников (8x2)).

Система с одноэлементным приемником была изготовлена.

Результаты, полученные в ходе эксперимента, соответствуют расчетным данным (рис.1.).

В ходе работы были получены изображения высокого разрешения (рис.2.).

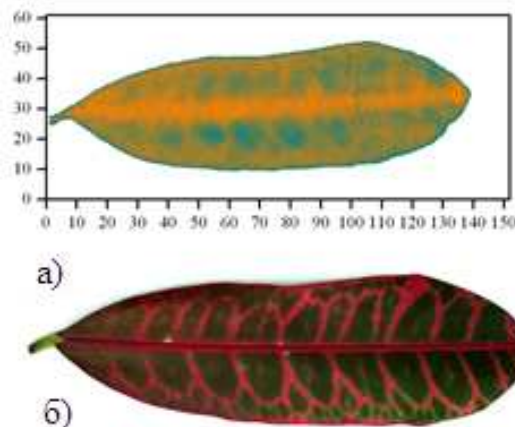
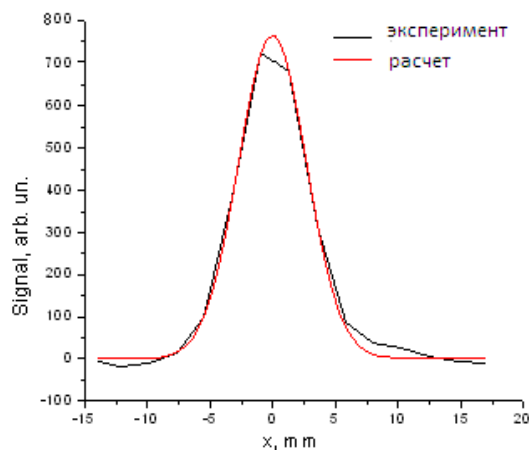


Рис.1. Экспериментальные и расчетные данные профиля сигнала. Рис.2. Изображение листьев в ТГц диапазоне (150 ГГц) (а) и в видимом (б).

Ключевые слова: оптическая система, терагерцовый диапазон, асферические линзы.

УДК 621.391.161

СОГЛАСОВАННЫЙ ВЫБОР ЗОНДИРУЮЩЕГО СИГНАЛА В ИМПУЛЬСНЫХ ОЭП

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

Улучшение основных выходных характеристик импульсных оптико-электронных дальномеров, локаторов и подобных им приборов достигается повышением отношения сигнала к шуму.

На отношение сигнала к шуму на выходе фотоприёмного устройства влияют не только амплитуда и в меньшей степени вид зондирующего импульса, но и его длительность, определяющая полосу пропускания частот как полезного сигнала, так и шума. Чем меньше длительность импульса, тем выше разрешающая способность и точность прибора. Однако, чтобы минимизировать при этом потерю энергии и искажения сигнала, необходимо формировать широкую полосу пропускания электронной системы, сохраняя обратно пропорциональную зависимость полосы частот от длительности импульса.

Известно, что сужение полосы пропускания уменьшает шумы на выходе прибора, но, в то же время, приводит к затягиванию фронтов и снижению амплитуды сигнала.

В зависимости от свойств сигнала и шума можно подобрать такое фотоприёмное устройство, которое обеспечит наилучшее отношение сигнала к шуму. Анализ совместного влияния инерционности приёмной системы и

длительности зондирующего импульса на выходное отношение сигнала является не тривиальной задачей и представляет практический интерес.

На примере зондирующего импульса в виде меандра и линейного фотоприёмного устройства с импульсным откликом, характерным для фильтра низких частот, получено отношение сигнала к шуму во временных и частотных координатах и продемонстрировано как длительность импульса и постоянная времени фильтра линейной приёмной системы влияют на это отношение.

Решением оптимизационной задачи найдено соотношение для определения согласованных значений названных выше параметров.

Ключевые слова: импульсные ОЭП, линейные системы.

УДК 621.382

ВИБІР КІЛЬКОСТІ СПЕКТРАЛЬНИХ КАНАЛІВ ОГЛЯДОВИХ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

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

Відомо, що в задачах візуального пошуку об'єктів колір є однією з найбільш стійких і інформативних ознак. В двоканальних оптико-електронних оглядових системах з телевізійним і тепловізійним (ТПВ) каналами тільки перший канал забезпечує кольорове зображення, в ТПВ каналі формується інтегральне по спектру зображення. На практиці досить широко використовуються методики підвищення контрасту зображення об'єкту на фоні шляхом спектральної режекторної оптичної фільтрації. Враховуючи те, що більшість сучасних ТПВ каналів побудовані на мікроболометричних матричних приймачах випромінювання з широким спектральним діапазоном роботи, в них можна реалізувати ефективну спектральну фільтрацію. Однак, виділення вузьких спектральних смуг світлофільтрами суттєво знизить енергетичну чутливість ТПВ каналу. Отже перед застосуванням спектральної фільтрації очевидна необхідність оцінки балансу між покращенням контрасту об'єкта і погіршенням загальної чутливості системи. Було розроблено методику оцінки ймовірностей виконання візуальних задач оператором двоканальної оптико-електронної оглядової системи.

В доповіді приведені результати досліджень означеної проблеми з врахуванням моделей спектрального розподілу енергетичної світності типових об'єктів і фонів, а також особливостей зорового сприйняття оператора. Показано, що в умовах складних фонів для певних типів об'єктів виділення в ТПВ каналі двох і більше спектральних смуг підвищує ймовірність правильного виявлення. Але при цьому значно збільшується час обробки сигналів при їх комплексуванні. Для систем реального часу на сьогодні не є доцільним послідовна спектральна фільтрація на одному приймачі

випромінювання, а при дистанційному зондуванні природних ресурсів така процедура дозволяє підвищити ефективність спостереження. Окремо розглянуто питання відображення вузько смугових зображень в полі зору оператора. Показано, що ефективність псевдокольорового кодування комплексованого зображення суттєво залежить від поточної візуальної задачі: на етапі пошуку і виявлення об'єкта кодування може сприяти виконанню завдання, а на етапі розпізнавання - заважати.

Ключові слова: багатоканальні оптико-електронні системи спостереження, виявлення та розпізнавання об'єктів, спектральна фільтрація

УДК 519.6

РОЗРАХУНОК НОВИХ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ЗАСОБАМИ ГЛОБАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

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

Під час проектування сучасних оптичних систем (особливо дифракційно-обмежених оптичних систем з граничними параметрами та змінними характеристиками) конструктору все частіше доводиться розв'язувати громіздкі та складні задачі. На жаль, скористатися відомими методиками розрахунку або існуючими каталогами вже розроблених оптичних систем не завжди є достатньо. В зв'язку з цим, найбільш потужні комерційно доступні комп'ютерні програми з розрахунку оптики пропонують використовувати засоби глобальної оптимізації (ГО).

Авторами доповіді було удосконалено власну комп'ютерну програму автоматизованого проектування оптичних систем для здійснення ГО довільних систем.

В програмі реалізовано декілька алгоритмів ГО, серед яких метод проб, імітаційний відпал, генетичний алгоритм, метод диференційної еволюції, метод електромагнетизму та їх різновиди.

Користувач програми (розробник оптичної системи) має зазначити кількість поверхонь, вказати середовища, задати системні параметри (довжини хвиль, поле зору, апертуру системи тощо), вибрати параметри оптимізації та бажану оціночну функцію, а також вказати необхідні граничні обмеження на конструктивні параметри та аберації системи (якщо вони є).

Зазвичай, параметрами оптимізації слугують радіуси поверхонь та осьові товщини. Проте, можлива оптимізація специфічних параметрів поверхонь (наприклад, коефіцієнтів асферичності) та параметрів моделі оптичного середовища (скла). Стандартна оціночна функція передбачає мінімізацію середньоквадратичного (або максимального) розміру світлової плями на поверхні зображень або відхилення функції деформації хвильового фронту.

Метою даної роботи є дослідження ефективності реалізованих в комп'ютерній програмі алгоритмів ГО для синтезу нових оптичних систем з високою якістю зображення з урахуванням встановлених користувачем граничних обмежень на конструктивні параметри та значення аберацій.

Результативність такого підходу в даній роботі перевірялася на прикладах розробки оптичних систем різноманітного призначення, які мають сталі та змінні параметри, неоднакове розташування апертурної діафрагми та працюють в видимій та інфрачервоній областях спектру.

В доповіді представлені результати досліджень та наведені рекомендації, які можуть бути корисними для розробників оптичних систем.

Ключові слова: оптична система, глобальна оптимізація, алгоритм, синтез, аберації, оціночна функція.

УДК 537.226.

СЕГНЕТОЕЛЕКТРИЧНИЙ СЕНСОР ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Тягур Ю. І., Коперльос Б. М., Ужгородський національний університет, м. Ужгород, Україна

Важливим напрямком розвитку сучасного приладобудування є створення сенсорів інфрачервоного випромінювання з використанням піроелектричного ефекту сегнетоелектричних матеріалів. До числа таких конкурентних матеріалів відносяться монокристали $Sn_2P_2S_6$, $Sn_2P_2Se_6$ та їх аналоги [1-3]. На основі зразків чутливих елементів $Sn_2P_2S_6$ можна розробити приймачі видимого та інфрачервоного діапазонів електромагнітного випромінювання, які працюють на основі зміни спонтанної поляризації моно доменного зразка, або - зміни діелектричної проникності, електричного опору, фотопровідності при зміні його температури на величину ΔT поблизу фазового переходу. Для виготовлення теплового сенсора необхідно мати: X-зріз, плоско - паралельну, поліровану, тонку пластинку монокристалу $Sn_2P_2S_6$. Товщина пластинки $a = (0.10 \div 0.60) \text{ mm}$, а її площа: $A \approx (b \cdot c)$. При квазістатичному нагріванні піроелектричного елемента в замкнутому колі виникає піроелектричний струм $I_{\text{пиро}}(T)$, величина якого визначається рівнянням

$$I_{\text{пиро}}(T) = A \frac{dP_s(T)}{dT} \frac{dT}{dt} = A \cdot p(T) \cdot V = A \cdot V \cdot \sqrt{\frac{\alpha_0}{\beta}} \cdot \frac{1}{2 \cdot \sqrt{(T_0 - T)}} = \frac{C_1}{(T_0 - T)^n},$$
 де A - площа,

$p(T)$ – піроелектричний коефіцієнт, V – швидкість, α_0, β – коефіцієнти, C_1 – параметр, $T_0 \approx 337 \text{ K}$. Експериментальні дослідження $p(T)$ приведені в роботі [1]. Відомо [4], що для вибору піроелектричного матеріалу для теплового сенсора існують критерії якості M_1, M_2, M_3 , які визначаються рівняннями: $M_1(T) = p(T)/C_p(T)$, $M_2(T) = p(T)/C_p(T) \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon^l(T) = M_1(T) / \epsilon_0 \cdot \epsilon^l(T)$,

$M_3(T) = p(T)/C_p(T) \cdot \{\epsilon_0 \cdot \epsilon^l(T) \cdot \operatorname{tg} \delta(T)\}^{0.5}$, де $C_p(T)$, $\epsilon^l(T)$, $\operatorname{tg} \delta(T)$ - питома теплоємність, діелектрична проникність, тангенс діелектричних втрат піроелектричного елемента. При відомих $p(T)$, $C_p(T)$, $\epsilon^l(T)$, $\operatorname{tg} \delta(T)$, можна вибрати оптимальні робочі температури сенсора. При кімнатній температурі піроелектричні критерії мають наступні значення: $p \approx 7 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^2 \cdot \text{K}$, $M_1 \approx 4.3 \cdot 10^{-10} \text{ A} \cdot \text{m/W}$, $M_2 \approx 0.16 \text{ m}^2 \cdot \text{V/J}$, $M_3 \approx 0.8 \cdot 10^{-4} \sqrt{\text{m}^3/\text{J}}$, де $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$, $\epsilon^l \approx 300$, $\operatorname{tg} \delta \approx 0.01$, $C_p \approx 1.68 \cdot 10^6 \text{ J/m}^3 \cdot \text{K}$ і свідчать про те, що зразки $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ є конкурентноздатні в порівнянні з відомими зразками ТГС, LiNbO_3 , LiTaO_3 для розробки піроелектричних приймачів [1-4]. Кристали $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ не розчиняються у воді і не містять дорогих компонентів.

Ключові слова: піроелектричний сенсор, монокристал $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$.

Література

1. Тягур Ю. И., Герзанич Е. И., Качер И. Э. Пироэлектрический материал. А.с.1266297 от 02.01.1984;
2. Высочанский Ю. М., Сливка В. Ю. Сегнетоэлектрики семейства $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ – Львов. – 1994. – 264 с.
3. Tyagur Yu. Spontaneous Polarization in $\text{Sn}_2\text{P}_2\text{S}_6$ Ferroelectric Single Crystals. *Ferroelectrics*, 2006. – v.345. – p. 91 – 101.
4. Кременчугский Л. С., Ройцина О. В. Пироэлектрические приемные устройства. – К., 1987. – 200 с.

УДК 535.422

МЕТОД ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ ФОКУСНОЇ ОБЛАСТІ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОКА

Чиж І. Г., Голембовський О. О. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Фокусна область оптичної системи ока – це сформоване оптичною системою ока зображення точкового джерела, на якому фіксовано погляд людини. Фокусна область існує завдяки дифракції світла на зіниці та внаслідок дії аберацій оптичної системи ока. Через це зображення точкового джерела є витягнутим уздовж візуальної осі ока. Фокусна область обумовлює оптичну складову обсягу псевдоакомодації, а тому потребує об'єктивних вимірювань. Наразі методи та прилади для вимірювань фокусної області недостатньо розвинуті. Тому створення вимірювачів фокусної області є актуальною задачею, на вирішення якої спрямовані проведені нами дослідження.

Мета – пошук методу і обґрунтування принципу дії апаратного засобу для об'єктивного вимірювання довжини фокусної області та оптичної складової обсягу псевдоакомодації пресбіопічного, чи артіфакічного ока.

Огляд та порівняльний аналіз методів та засобів для вимірювання довжини фокусної області показав, що майже всі вони потребують дій пацієнта, і фактично вимірюють обсяг псевдоакомодації, в якому фокусна область має лише часткову складову. Тривалість сеансів вимірювань становить десятки хвилин.

Відомий об’єктивний метод визначення фокусної області за результатами аберометрії, але його реалізація надто складна технічно, а спосіб визначення довжини фокусної області є опосередкованим і потребує громіздкого математичного забезпечення.

Нами пропонується метод вільний від недоліків існуючих методів.

Суть метода полягає у фотоелектричному аналізі зображення світлової мікроплями на сітківці у зоні макули, сформованого оптичною системою ока у зворотному ході променів. Пристрій для здійснення такого аналізу містить лазерний випромінювач, оптичну систему з панкратичним компонентом та швидкісну відеокамеру. Керування процесом відеозапису розподілу освітленості у перетинах вказаного зображення точки і керування оптичною силою панкратичного компонента здійснюється за допомогою комп’ютера, тому сеанс відеозапису 50 перетинів «повітряного» зображення точки займає не більше секунди. Нами здійснена успішна апробація методу і вимірювача фокусної області на фізичній моделі ока, що адекватно відтворює пресбіопічне або артіфакічне око.

Ключові слова: фокусна область ока, обсяг псевдоакомодації.

УДК 621.384.3

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ТЕПЛОВИЗОРОВ В СПЕКТРАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНАХ 3-5 И 8-12 МКМ

Ахмед Малик Лазим Аль-Мзирави, Колобродов В. Г., Котовский В. Ю.

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

Методы термографии начали внедряться в медицинскую практику более 40 лет назад. Однако диагностические возможности и надежность этих методов в то время были существенно ограничены из-за недостаточной чувствительности и малого пространственного разрешения тепловизоров.

Существуют два типа матричных ИК систем: охлаждаемые и неохлаждаемые. Современные охлаждаемые ИК камеры, фотоприемники которых работают при температуре жидкого азота (-196°C), могут работать в диапазонах 3-5 и 8-12 мкм и обеспечивают чувствительность (ограниченную температурным эквивалентом шума) $0,015-0,02^{\circ}\text{C}$ при скорости регистрации до 400 кадров в секунду. При компьютерной обработке ИК изображений чувствительность таких ИК систем может быть повышена до тысячных долей

градуса при скорості 25-50 кадрів в секунду. Неохлаждаемые микроболометрические ИК камеры имеют чувствительность 0,04-0,08 °С при скорости 50 кадров в секунду и работают в диапазонах 7-14 и 8-12 мкм.

На базе профилактория НТУУ «КПИ» с помощью двух разных камер было проверено обследование пациентов с различными сосудистыми патологиями конечностей. Нам необходимо было ответить на вопрос, пригодны ли дешевые микроболометрические тепловизоры для измерения абсолютной температуры в различных точках тела человека.

Тепловизор с охлаждаемой матрицей из антимонида индия, который использовался нами, обладал пространственным разрешением 320×280 пикселей и имел температурную чувствительность не хуже 0,07°С при скорости регистрации 150 кадров в секунду. Измерения температурных распределений с этой камерой проводились в диапазоне ИК длин волн 3-5 мкм. Тепловизор базе неохлаждаемой микроболометрической матрицы размером 320×240 пикселей имел температурную чувствительностью 0,1°С при скорости регистрации 50 кадров в секунду. С его помощью измерения проводились в диапазоне длин волн 8-12 мкм. После учета поправок тепловые портреты людей в диапазонах 3-5 и 8-12 мкм различаются незначительно. Таким образом, нами было установлено, относительно дешевые тепловизоры на основе микроболометрической неохлаждаемой матрицы, работающие в диапазоне 8-12 мкм, могут с успехом применяться для диагностики воспалительных и сосудистых заболеваний нижних конечностей.

Ключевые слова: медицинский тепловизор, микроболометрическая матрица

УДК 681.7

СВЕТОСИЛЬНЫЙ ОБЪЕКТИВ ДЛЯ СИСТЕМЫ АСТРООРИЕНТАЦИИ

Анохина Н. П., Лихолит Н. И., Тягур В. М.,

Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Киев, Украина

Для системы астроориентации рассчитан светосильный объектив с большим полем зрения, состоящий из восьми одиночных линз. Объектив предназначен для использования в приборе точной ориентации космических аппаратов по звездам. К объективу предъявляются высокие требования по габаритам и весу, качеству изображения, в частности к дисторсии, светораспределению энергии в кружке рассеяния, светопропусканию, светорассеянию, терморасстраиваемости.

Объектив имеет такие характеристики: фокусное расстояние – 50 мм, относительное отверстие 1:1,4, поле зрения $2\beta=22^{\circ}30'$, спектральный диапазон – 0,43...1 мкм. Световой диаметр первой линзы объектива 42 мм, длина объектива 72,2 мм, задний отрезок 13,1 мм, коэффициент виньетирования на

краю поля зрення 25%. В об'єктиві використані скляка ТК21, ТФ7, Ф8, СТК12, ТФ4.

В об'єктиві для малогабаритної системи астроорієнтації хорошо ісправлена дисторсія, кривизна поля зрення, сферическая абєррація і хроматические абєррації. Максимальная расчётная дисторсія по полю 0,002мм, расчётное смещение энергетического центра относительно главного луча 0,003мм, 80% энергии распределяется в кружке 0,020...0,023мм.

Для повышения точности измерений прибора поле зрення об'єктива увеличено до $2\beta=22^{\circ}30'$ по сравнению с аналогом при тех же габаритах. Точность определения координат прибора повышается также за счет небольшой расфокусировки и увеличения кружка рассеяния в изображении звезды. Прибор работает по звездам от -1.5^m до $+7.2^m$ звездных величин и звездным классам от М до В.

Благодаря выбору конструкции и материала оправы терморасстраиваемость об'єктива практически отсутствует.

Ключевые слова: качество изображения, абєррації, дисторсія, светораспределение, терморасстраиваемость.

УДК 535.826.001.24

ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОПТИЧЕСКОЙ МИКРОСКОПИИ

Боровицкий В. Н., Чёрная В. В. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Одним из перспективных направлений в современной цифровой микроскопии является получение трехмерных изображений объектов. Ввиду того, что количество методов получения трехмерных изображений является большим, то появляется необходимость в их классификации и сравнительном анализе. Наиболее широко применяются лазерная сканирующая конфокальная микроскопия, классическая конфокальная микроскопия, интерференционные и голографические микроскопы, микроскопия с пространственной модуляцией освещения. Современные лазерные сканирующие конфокальные микроскопы оборудованы лазерными источниками, которые контролируются акустически оптическими фильтрами для точной регулировки длины волны и интенсивности лазерного излучения. Они имеют механическую систему сканирования и обеспечивают послойное наблюдение фрагментов ткани с последующей трехмерной реконструкцией изображения. В классическом конфокальном микроскопе освещение формируется при помощи изображений точечных диафрагм, например на вращающемся диске Нипкова. Образец сканируется световым пятном малого размера в пределах поля зрення, затем строится цифровая трехмерная карта объекта. В основе интерференционных

микроскопов лежат различные схемы двухлучевых интерферометров Майкельсона, Маха-Цендера и Мירו основаны на интерференции световых пучков лазерного излучения. Метод заключается в специальной обработке интерферограмм и фазовой модуляции. В результате воссоздается трехмерный рельеф объекта, строящийся на основе его фазового портрета. Для формирования трехмерного изображения в микроскопе с пространственной модуляцией освещения считываются несколько цифровых изображения поверхности образца при различных фазовых сдвигах транспаранта в виде одномерной или двумерной периодической структуры. После этого программное обеспечение выполняет цифровую обработку полученных кадров и формирует одно результирующее трехмерное изображение.

В работе проведен анализ современных методик формирования трехмерных изображений в оптической микроскопии, рассмотрены преимущества и недостатки представленных методов.

Ключевые слова: микроскопия, трехмерные изображения.

УДК 528.8.042.6

АТЕРМАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТИВ ДЛЯ ИК-СКАНЕРА ДЗЗ, РАБОТАЮЩИЙ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ -10°C ДО $+50^{\circ}\text{C}$

Варенова А. Л., Лихолит Н. И., Парубец В. В., Тягур В. М., Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Киев, Украина

Современные оптические системы для применения в космическом дистанционном зондировании Земли (ДЗЗ) должны обеспечить высокое качество изображения в широком диапазоне эксплуатационных изменений температур. Изменение температуры влечет за собой изменение таких важных параметров оптических систем как: радиусов, толщин оптических элементов и воздушных толщин, изменение показателей преломления оптических сред, что влечет за собой дефокусировку плоскости изображения относительно плоскости приемника и приводит к ухудшению качества изображения.

В работе представлен объектив ИК-сканера ДЗЗ, в котором используются пассивный (оптический) метод атермализации, предполагающий выбор оптических материалов, расстановку и расчет оптических сил линз, обеспечивающих выполнение условий: сохранение фокусного расстояния объектива, исправление хроматизма и атермализацию.

Были выбраны три материала, обеспечивающие качество изображения в заданном диапазоне температур и атермализацию системы, обладающие приемлемыми механическими свойствами.

Разработана математическая модель и программа расчета оптических сил линз и промежутков между ними с учетом выбранной комбинации стекол; рассчитаны параметры объективов с различными комбинациями стекол.

Об'єктив состоит из трех линз. Материал первой линзы – бескислородное стекло ИКС-25 ОСТЗ-3441-83, второй – селенид цинка, третьей – германий. Параметры объектива сканера: фокусное расстояние $F=112$ мм, относительное отверстие 1:1. Стекло ИКС-25 устойчиво к воздействию γ -излучения, применение просветляющих покрытий обеспечивает повышение пропускания этих бескислородных оптических стекол в ИК-диапазоне оптического спектра 1-17 мкм до 90-95 %. Сочетание термооптических свойств стекла ИКС-25, кристаллических материалов селенида цинка и германия позволило создать атермальный объектив, работающий в диапазоне температур от -10 °С до $+50$ °С. При этом плоскость изображения смещается не более чем на $\pm 0,010$ мм. Представлена конструкция объектива, работающего в спектральном диапазоне 8 ... 14 мкм.

Представлено семейство графиков МПФ для частоты Найквиста данного объектива и графики фокусируемых кривых при температурах -10 °С, $+20$ °С, $+50$ °С. Для расчетов использовано программное обеспечение Matlab, ZEMAX.

Обсуждены достоинства предложенной оптической схемы.

Ключевые слова: атермальный объектив ИК-сканера ДЗЗ.

УДК 621.757

АППАРАТУРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ПРИБОРОВ

Гураль Т. И., Генсницкая Т. Н., Овчар Н. И., Соболев В. П., Тягунов В. М.

Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал», г. Киев, Украина

Основными характеристиками, определяющими качество тепловизионных приборов, как и для приборов, работающих в видимом диапазоне, являются модуляционная передаточная функция (МПФ), и характерные только для ИК диапазона: минимально обнаруживаемая разница температур (MDTD), минимально разрешаемая разница температур (MRTD) и минимальная разница температур, эквивалентная шуму (NETD). При контроле объективов, помимо измерения МПФ, необходимо определять фокусное расстояние, задний фокальный отрезок, поле зрения и ряд других оптических характеристик.

Нами была создана автоматизированная аппаратура для контроля ИК объективов и тепловизионных приборов на базе коллиматора с зеркальным объективом, выполненным в виде внеосевой параболы. В отличие от большинства известных средств контроля в качестве приемника излучения при контроле объектива использовался не одноэлементный приемник со сканированием по полю зрения, а тепловизионная камера с болометрической матрицей. В качестве тест-объекта использовалась щель. Несмотря на сравнительно большой размер пикселя матрицы, удалось получить достаточно

высокое разрешение, необходимое для достоверного вычисления МПФ, используя специальный алгоритм обработки изображения щели. При этой же конфигурации схемы измерения нами проводились измерения фокусного расстояния, заднего фокального отрезка и поля зрения ИК объективов. Данная схема позволяет также измерять дисторсию и кривизну поля объектива, а также записывать фокусирующие кривые. Одним из достоинств этой схемы является возможность проведения измерений в сагиттальной и меридиональной плоскостях без поворота источника излучения – глобара.

При контроле тепловизионных приборов в качестве тест-объектов использовался набор сменных мир, непосредственно за которыми устанавливался плоский ИК излучатель с использованием элементов Пелетье и возможностью регулировки его температуры в диапазоне $\pm 20^{\circ}\text{C}$. Датчики температуры мир и излучателя позволяли контролировать их температуру с дискретностью $0,01^{\circ}\text{C}$. Для измерения NETD использовалась мира с квадратным отверстием, MDTD – миры с круглым отверстием. При контроле МПФ и MRTD использовались миры Фуко.

Ключевые слова: модуляционная передаточная функция, качество ИК объективов и тепловизионных приборов.

УДК.623.6-523.8:623.4.017

КОРОТКЕ АНАЛІЗУВАННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ ОПТОЕЛЕКТРОННОЇ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ, ЩО ПРЕДСТАВЛЕНІ В ЗАРУБІЖНИХ ДОВІДНИКАХ ЩОДО НАДІЙНОСТІ

*Козачук О. Д., Костановский В. В. Державне підприємство
«Науково-дослідний інститут «Квант», м. Київ, Україна*

Одною з основних проблем, які вирішуються під час розроблення на Україні високонадійних оптоелектронних систем, є проблема прогнозування показників надійності оптоелектронної елементної бази в процесі проектування. Підприємства–розробники під час розроблення оптоелектронних пристроїв змушені використовувати до 90% імпоротної елементної бази (Японія, ЄС, Китай, США, Російська Федерація, Білорусія та ін.). Тому під час розроблення необхідно застосування зарубіжних довідників щодо надійності.

У сучасній світовій практиці для прогнозування надійності оптоелектронних пристроїв використовують наступні довідникові посібники:

- довідник «Надежность электрорадиоизделий», редакції 1990, 2000 - 2008 р.р., РНИИ «Электронстандарт», м. Санкт-Петербург, РФ;
- довідник щодо надійності ЕРВ армії США «MIL-HDBK-217F, 2 December 1991, Reliability prediction of electronic equipment with MIL-HDBK-217F, NOTICE 2, 28 February 1995.»

- європейський стандарт IEC 61709, «Electronic components - Reliability - Reference conditions for failure rates and stress models for conversion»
- європейський довідниковий посібник IEC TR 62380 Ed.1, «Reliability Data Handbook - Universal model for reliability prediction of Electronics components, PCBs and equipment» редакція 2004 р.
- європейський довідниковий посібник SR-322 «Reliability Prediction Procedure for Electronic Equipment» Telcordia Technologies.

У доповіді буде представлено:

- короткий аналіз математичних моделей для розрахунку показників безвідмовності та довговічності оптоелектронних пристроїв, представлених у сучасних довідниках та посібниках щодо надійності;
- порівняльний аналіз значень інтенсивностей відмов оптоелектронних пристроїв, які представлені в російських, американських та європейських довідникових посібниках щодо надійності.

У доповіді також буде показано, що довідники щодо надійності США та Російської Федерації пропонують тільки традиційні моделі розрахунку надійності (під час постійності впливу чинників зовнішнього середовища в процесі експлуатування), що призводить до заниження оцінок показників надійності. Однак у європейських посібниках щодо надійності (IEC TR 62380 Ed.1 и SR-322 Telcordia Technologies) пропонується застосування більш сучасних математичних моделей, що враховують усереднену модель клімату, річні та денні циклічні моделі зміни температури та області застосування апаратури (наземна, морська, авіаційна, космічна).

Ключові слова: прогнозування показників надійності оптоелектронної елементної бази

УДК 681.7, 535.317.7

ОБЪЕКТИВЫ СИСТЕМ ПРИКЛАДНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

*Кравченко И. В., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

На сегодняшний день в области прикладной телевизионной техники наблюдается стабильная тенденция увеличения емкости матриц телевизионных камер. За несколько лет типичные размеры изображений увеличились с 640x480 (4CIF) до 1080p (1920x1080). Емкость доступных к использованию матриц составляет до 10MPx (3648x2752). При этом размер матриц колеблется от 1/4” до 1/2”.

Указанная тенденция предъявляет повышенные требования к качеству оптики для камер высокого разрешения. Частота Найквиста для с матрицей 1/3” (4,8x3,6мм) составляет: при 720p - 130мм^{-1} , 1080p - 200мм^{-1} , 3MPx - 280мм^{-1} .

Кроме возможности установки на камеры объективов сторонних производителей, часто предлагаются комплекты («kits») с предустановленной оптикой. Оптические системы из комплектов систем прикладного телевидения, в большинстве случаев не являются разработкой фирмы производителя.

Продукцию известных производителей «Tamron», «Fujinon», «Goyo», «Kowa», «СВС - Computar», «Ricoh -Pentax» и т.д. защищает многолетняя репутация. Чего нельзя сказать о заполнившей рынок продукции «желтой» сборки.

С целью проверки соответствия заявленных характеристик проведены измерения разрешающей способности «мегапиксельных» панкратических объективов для осевой и внеосевой точек.

Заявленные параметры объективов: светосила - 1/1.4 -1/1.6, разрешающая способность 720р, 1080р, 3Мрх.

Описывается методика измерения коллимационным методом и обработки данных. Приводятся результаты измерений, анализируются полученные данные, оценивается приближение к дифракционному пределу.

По результатам измерений делаются выводы:

- расчетные характеристики разрешения составляют (60-80)% от дифракционного предела;
- измеренные характеристики разрешения существенно ниже, чем расчетные, и составляют (20-40)% от дифракционного предела;
- объективы не имеют многофокусной коррекции. Разброс значений коэффициента передачи модуляции для коротких и длинных фокусных расстояний составляет до 1.5 крат;
- объективы имеют значительные полевые aberrации, астигматизм. Коэффициент модуляции уже для поля зрения в несколько градусов снижается от 30 до 180%

Ключевые слова: «мегапиксельный» объектив, коэффициент передачи модуляции

УДК 681.7

СИСТЕМЫ ПРИКЛАДНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

*Кравченко И. В., Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Стабильной тенденцией в области прикладной телевизионной техники является внедрение информационных цифровых технологий обработки и передачи информации. На смену «классическим» телевизионным камерам стандартов CCIR/EIA, PAL/NTSC, RS-170, RS-250 приходят системы, построенные по ИТ принципам с кодированием сигнала в цифровом формате и передаче по каналам компьютерных сетей.

Рассматривается состояние систем прикладного телевидения. Отмечаются основные закономерности:

Смена ориентации новых разработок с роста емкости, снижения размеров фоточувствительных матриц на расширение функциональных характеристик.

Уменьшение размеров матриц ниже 1/4” не обеспечивает требуемую чувствительность и динамический диапазон систем. Системы сверхвысокого разрешения (5- 50) Мрх имеют ограничения по частоте кадров, пропускной способности каналов связи, стоимости.

Рассматриваются особенности встроенных в передающие камеры решений для:

- увеличения чувствительности: «Lightfinder», «Lightfunnel» и др.;
- улучшения качества: «Exmor», «2/3DNR», «XDNR» «Blue-i» и т.д.;
- расширения динамического диапазона: «SDV», «DWDR», «SBLC» и т.д.;
- обработки информации: «IPELA», «IVA» и т.д.

Выпуск изделий производителями, ранее не работавшими в области прикладного телевидения.

Наряду с изделиями устоявшихся производителей: «Honeywell», «Siemens», «Schneider Electric», «Axis», «Arecont», - отмечается активный выход на рынок изделий IT производителей «Cisco», «D-link», Китая.

Агрегатирование устройств с использованием узлов сторонних производителей.

Рассматриваются примеры комплексирования оптических, электронных узлов. Анализируются меры, обеспечивающие качественное улучшение характеристик видеокамер за счет использования связок фотоприемник – объектив (P-iris), фотоприемник – процессор цифровой обработки.

Внедрение стандартизации кодирования и передачи информации.

Рассматриваются особенности, перспективы стандартов ONVIF, PSIA, HDCSTV.

Ключевые слова: прикладное телевидение, IPССТV

УДК 621.384.3

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОКАНАЛЬНОЇ ОЕСС З КОМПЛЕКСУВАННЯМ ІНФОРМАЦІЇ ЗА РІЗНИХ ЗОВНІШНІХ УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ

¹⁾Мамута М. С., ¹⁾Микитенко В. І., ²⁾Мамута О. Д.

¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна; ²⁾Інститут фізики Національної академії наук України, м. Київ, Україна

Двоканальні оптико-електронні системи спостереження (ОЕСС) дозволяють проводити цілодобові, всепогодні спостереження, виявлення, супровід об’єктів різного базування, розвідку, оцінку екологічного стану, виявлення та

моніторинг надзвичайних ситуацій. Їх переваги перед одноканальними системами є очевидними. Однак відкритим залишається питання оцінки ефективності таких систем, так як існуючі на сьогоднішній день методики та моделі дозволяють здійснювати оцінку ефективності лише окремих каналів двоканальних ОЕСС.

Для вирішення цього питання було розроблено математичну модель двоканальної ОЕСС у складі телевізійного (ТВ) та тепловізійного (ТПВ) каналів на базі показника успішності виконання завдання, який було вдосконалено та застосовано для систем з комплексуванням. Модель дозволяє враховувати як особливості проходження сигналу в інформаційному комплексі «фоново-цільова обстановка – двоканальна ОЕСС – оператор», так і особливості цифрової обробки сигналів, зокрема комплексування інформації. Реалізована модель за допомогою пакету MathCad.

На основі розробленої моделі були проведені дослідження ефективності двоканальної ОЕСС з комплексуванням інформації за різних зовнішніх умов функціонування: за нормальних умов, в сутінках, за наявності світлових перешкод та за наявності аерозолів і гідрометеорів (сніг, туман, дим).

Моделювання стану зовнішнього середовища були проведені за допомогою програми MODTRAN. Комплексування інформації ТВ та ТПВ каналів реалізовані в пакеті Matlab.

Результати моделювань показали, що за різних умов функціонування двоканальної ОЕСС з комплексуванням її ефективність значною мірою залежить від методу комплексування. На основі проведених досліджень була запропонована стратегія комплексування в двоканальних ОЕСС у складі ТВ та ТПВ каналів, що дозволяє обирати найкращий для даних умов функціонування метод комплексування даних з точки зору максимальної ефективності системи, і забезпечує підвищення ймовірнісних характеристик системи до 10 %.

Результати розрахунків підтвердились даними натурних випробувань.

Ключові слова: оптико-електронна система спостереження, комплексування, показник успішності виконання завдання.

УДК 621.32

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ИСТОЧНИК СВЕТА

*Овчарик И. И., Лескин В. Ф. Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Последние достижения в области оптической электроники показывают большой потенциал использования устройств, которые управляются с помощью движений человека или предметов, например Smart TV.

Важной задачей в производстве оптических устройств является разработка

адаптированных под изделие средств формирования опорных источников света со специфическими характеристиками для автоматизированного тестирования изделий в процессе производства. Например, для тестирования изделий (Time of light), разрабатываемых в компании «Мелексис», требуются высокочастотные источники света инфракрасного диапазона с возможностью изменения частоты модуляции оптического сигнала, фазы и калиброванной выходной мощности. Ввиду отсутствия на рынке изделия, удовлетворяющего указанным требованиям, прибор был разработан в лаборатории «Мелексис».

Данный прибор имеет два выхода: электрический и оптический. Для управления высокоскоростным инфракрасным светодиодом был разработан специальный драйвер с форсированным током формирования фронтов светового сигнала, благодаря которому удалось достичь значений времени нарастания и времени убывания сигнала в 4 нс.

Благодаря применению микроконтроллера с ядром ARM, а также синтезатора частоты, частота модуляции источника света программируется от 3 МГц до 100 МГц с дискретностью 0,25 МГц, а также программируется фаза электрического сигнала по отношению к оптическому с шагом в 45 градусов.

Управление источником света производится от базового тестера типа ХТА через последовательный интерфейс RS-232, посредством специально разработанной системы команд.

Устройство способно измерять собственную выходную оптическую мощность, автоматически калибруется внешним измерителем оптической мощности, а также стабилизирует выходную оптическую мощность при изменении температуры прибора или с деградацией светодиода.

Устройство состоит из оптической системы формирования оптического луча, блока управления, драйвера светодиода, системы мониторинга выходной оптической мощности.

Ключевые слова: источник света, драйвер инфракрасного светодиода, тестирование оптических устройств.

УДК 621.384.3

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОЙ ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНОЙ ФИЛЬТР-МАСКИ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С БОЛЬШИМ ДИАПАЗОНОМ ЯРКОСТЕЙ ПРИ ЦИФРОВОЙ ФОТОСЪЕМКЕ

Колобродов В. Г., Пивторак Д. А. Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина

В современных цифровых фотокамерах с целью снижения потерь информации, вызванных несоответствием динамического диапазона входного сигнала (интервала яркостей объектов аэроландшафта) динамическому диапазону регистратора изображения, широко используется предварительная фильтрация оптического сигнала. Функции простейших фильтров выполняют

экспонетрические устройства, обеспечивающие подавление низких пространственных частот изображения, в основном не несущих полезной информации. При съёмке в условиях большого интервала яркостей в пределах кадра, экспонетрические устройства должны обеспечивать управление экспозицией каждого элементарного участка кадра, то есть, обеспечивать локальное управление экспозицией.

В работе рассмотрен фотографический сенсор, содержащий матрицу светочувствительных элементов, перед которыми установлен светофильтр из фотохромного материала. Роль светофильтра могут выполнять фокусирующие микролинзы. Кроме того, фотографический сенсор содержит систему впечатывания частотно-избирательной фильтр-маски на светофильтр, представляющую собой матрицу излучателей, каждый элемент которой направлен на соответствующую ему зону светофильтра или группу фокусирующих микролинз. На светофильтре строится маска, представляющая собой негативное нерезкое изображение объекта фотографирования, через которую проводится основное экспонирование светочувствительных элементов. Рассмотрены варианты реализаций мультипликативного и смешанного метода пространственной фильтрации изображения.

Предложен алгоритм, позволяющий преобразовать полученное с помощью рассмотренного фотографического сенсора изображение с стандартным SDR (*Standard Dynamic Range*) или малым динамическим диапазоном LDR (*Low Dynamic Range*) в изображение с большим динамическим диапазоном HDR (*High Dynamic Range*). Формирования HDR изображения осуществляется на основе записанного цифрового массива, полученного в результате основного экспонирования изображения через построенную маску и сохранённых данных о величине коэффициента пропускания участка фотохромного светофильтра перед каждым светочувствительным элементом во время экспонирования.

Ключевые слова: цифровая камера, экспозиция, пространственная фильтрация, HDR, изображение

УДК 53.082.5:535.346:621.373.826

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ГРУБООБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ОБРАЗУЮЩЕЙ

*Солоневич С. В., Рыжевич А. А., Смирнов А. Г., Лепарский В. Е., Казак Н. С.
Институт физики НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь*

Оптическую профилометрию чаще всего используют для контроля небольших по массе и размеру объектов с поверхностями, отполированными до оптической чистоты. В то же время, в реальном производстве настолько гладкая поверхность имеется далеко не у всех деталей или изделий. Нами разработаны методика и устройство для неразрушающего бесконтактного

измерения всех видов неровностей на объектах, закрепленных с возможностью контролируемого перемещения, в том числе не дающих зеркального отражения, шероховатых, крупногабаритных, с поверхностями, имеющими в качестве образующей прямую, т.е. цилиндрическими, коническими и плоскими. Устройство работает следующим образом. ССD-камера регистрирует диффузно отраженный поверхностью объекта лазерный пучок, с помощью специальной программы определяется положение оси пучка, после чего объект смещается вдоль образующей поверхности объекта на известное малое расстояние. Угол отклонения каждого участка поверхности объекта от образующей рассчитывается по углу отклонения оси отраженного пучка. После того, как определяются углы отклонения всех участков, рассчитывается профиль поверхности объекта вдоль образующей поверхности объекта. Затем в зависимости от формы, объект перемещается в направлении, перпендикулярном образующей, и производится очередная серия измерений. Посредством расчета профиля объекта по линии вдоль образующей определяются макронеровности и волнистость. Микронеровности детали, т.е. шероховатость определяются по методике, основанной на подсчете значительных колебаний интенсивности в спеклах диффузно отраженного света. Чем больше микронеровности, тем мельче спеклы. Чем менее шероховатой является поверхность объекта, тем на большее расстояние R можно отнести от объекта ССD-камеру, и тем с большей точностью определить отклонение реального профиля поверхности от образующей ее прямой. При R около 0,5 м точность определения отклонения составляет единицы микрометров даже для деталей, диаметр и длина которых составляют по несколько метров. Поскольку не требуется механического контакта с поверхностью исследуемого объекта, возможно исследование поверхностей деталей действующих механизмов, в том числе нагретых, в условиях реального производства. В процессе измерений можно использовать лазерное излучение малой мощности, безопасное для органов зрения и не оказывающее в подавляющем большинстве случаев разрушающего воздействия на поверхность объектов.

Ключевые слова: контроль качества поверхности, образующая.

УДК 535.3+535.8:535.214

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОЧАСТИЦАМИ С ПОМОЩЬЮ КОЛЬЦЕВОГО СВЕТОВОГО ПОЛЯ

*Солоневич С. В., Рыжевич А. А., Казак Н. С.
Институт физики НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь*

Предложено и реализованной экспериментально устройство для формирования лазерного однокольцевого светового поля с возможностью

перестройки диаметра кольца на основе Фурье-преобразования конического светового пучка. Исследованы свойства перестраиваемого кольцевого светового поля, полученного данным методом, и возможности его применения. Зарегистрирована экспериментально зависимость пространственного распределения интенсивности поля от угла конусности перестраиваемого конического светового пучка, формируемого телескопической системой. Устройство позволяет варьировать размер выходного светового кольца с точностью не менее 0,2 мкм. Пиковая интенсивность кольцевого поля плавно уменьшается при увеличении диаметра кольца, причем нелинейно. Поскольку ширина кольца сравнительно небольшая (менее 50 мкм), и почти вся энергия светового пучка сосредоточена в этом кольце, можно приближенно считать, что в пределах регулировки системы пиковая интенсивность в кольце обратно пропорциональна радиусу или диаметру кольца. Тем не менее, при изменении диаметра кольца в довольно широких пределах его пиковая интенсивность остается достаточной для того, чтобы обеспечивать возможность управления полистироловыми сферическими частицами с диаметром 10 мкм и больше. При взаимодействии с материалами и средами важно учитывать характер взаимодействия, на который большое влияние, в частности, оказывает распределение градиентов интенсивности в области кольцевого максимума. Исследована каустика выходного однокольцевого поля при различных углах конусности конического пучка, падающего на линзу, формирующую это поле, в окрестности ее фокусной плоскости. Данные по каустике предоставляют возможность выбрать зону однокольцевого пучка, оптимальную для того или иного воздействия на различные среды и материалы, в том числе и для формирования фотонных структур. Применяя отвердевающие суспензии микрочастиц, можно формировать фотонные структуры в виде колец и кругов. Все использованные в предложенной схеме для формирования кольцевого светового пучка оптические элементы пригодны для преобразования мощного лазерного излучения, особенно при наличии на входных и выходных поверхностях соответствующего просветляющего покрытия. Благодаря этим фактам вполне реально использовать полученные кольцевые пучки также и для точной лазерной обработки различных материалов, включая металлы.

Ключевые слова: управление микрочастицами, Фурье-преобразование, кольцевой световой пучок

УДК 621.384.3

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПИЛУ В ШАХТІ НА ОСНОВІ ОПТИЧНОГО МЕТОДУ

Соломічев Р. І. Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна

Процеси виїмки вугілля супроводжуються утворенням тонкодисперсного

пилу в атмосфері вугільних шахт. Несвоєчасне вживання заходів із знепилювання, мала вірогідність результатів вимірювань концентрації вугільного пилу, що витає, у сукупності сприяють підвищенню імовірності виникнення загорянь і вибухам пилометаноповітряних сумішей.

Існуючі аспіраційні пробовідбірники пилу не задовольняють сучасним вимогам контролю запиленості рудничної атмосфери за швидкодією і точністю результатів вимірювання.

Найбільш ефективними є пиломіри, що базуються на вимірюванні часткового оптичного поглинання світлового випромінювання, що пройшло через шар пилу у відкритому оптичному вимірювальному каналі.

Для застосування даного методу вимірювання були встановлені характеристики і параметри середовища вимірювання, від яких залежить спектр поглинання світлового випромінювання: максимальними вибуховими властивостями володіє пил з розмірами часток від 1 до 3 мкм [1]; нижня концентраційна межа вибуховості дорівнює $\delta=10$ г/м³ (вихід летючих $V^{daf} \geq 35\%$, зольність $A^s < 5\%$, зміст води $\varphi \leq 1,5\%$) [1].

При змісті метану у виробленні $C_{CH_4}=1\%$, межа знижується в два рази, отже діапазон вимірювання концентрації пилу C_{II} вимірювача, що розробляється, повинен складати від 0 до 3 г/м³, що дозволить забезпечити безпеку роботи в шахті.

Математичне моделювання дало можливість встановити функціональну залежність зміни інтенсивності світлового випромінювання, яке пройшло, від зміни концентрації пилу, а проведений аналіз результатів моделювання дозволяє поставити вимоги до параметрів оптичних компонентів макетного зразка вимірювача: для рівномірності чутливості вимірювання концентрації пилу необхідно проводити вимірювання на декількох лінеаризованих піддіапазонах вимірювання на різних довжинах хвиль випромінювання λ (від 0 до 0,64 г/м³ – $\lambda=0,47$ мкм; від 0,64 до 1,54 м/м³ – $\lambda=0,52$ мкм; від 1,54 до 3 г/м³ – $\lambda=0,583$ мкм).

При цьому чутливість вимірювання першого піддіапазона складе $S_{C1}=0,817$ од/(г/м³), другого – $S_{C2}=0,345$ од/(г/м³), третього – $S_{C3}=0,162$ од/(г/м³), що дозволить охопити необхідний діапазон концентрацій від 0 до 3 г/м³ і одержати сумарну похибку вимірювання не більш ніж 10%.

Ключові слова: вимірювач, концентрація пилу, поглинання, випромінювання, математична модель.

Література:

1. Шевцов Н. Р. Взрывозащита горных выработок (курс лекций): Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 280 с.

УДК 681.782.473

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ПЕЛЕНГАЦИИ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРОТИВОТАНКОВЫХ И ПРОТИВОВЕРТОЛЕТНЫХ РАКЕТ И СНАРЯДОВ

Степаненко А. Ф., НПК «Фотоприбор», г. Черкассы, Украина

Вниманию участников конференции представляется система пеленгации ракеты или снаряда, имеющих световой инфракрасный трассер в корме.

Система состоит из пеленгатора, фиксирующего положение ракеты относительно линии визирования, направленной на цель, и блока обработки информации, генерирующего сигналы управления и передающего их в командную СВЧ радиолинию.

Система предназначена для управления ракетами и снарядами, применяемых для поражения наземных и воздушных бронезащищенных объектов на дальностях до 6 км в дневных и ночных условиях, и сопряжена с лазерным дальномером, телевизионными камерами дневного и ночного видения.

Ключевые слова: фотоприбор, система наведения, оптико-электронная, пеленгатор, управляемая ракета, система пеленгации, противотанковая, противовертолетная, прицел, управляемый снаряд.

УДК 629.78

РАДІОМЕТРИЧНЕ КАЛІБРУВАННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗОНДУЮЧИХ СИСТЕМ КОСМІЧНОГО БАЗУВАННЯ

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

Однією з основних проблем розробки і вдосконалення нових оптико-електронних систем (ОЕС) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) високої роздільної здатності є вимірювання їх енергетичних характеристик і радіометричне калібрування перед запуском. На думку фахівців, існуючі калібрувальні установки цю задачу в повній мірі вирішити не здатні і потрібна розробка нових систем, що забезпечують більш високі енергетичні характеристики.

В доповіді розглядається запропонована автором принципово нова система радіометричного калібрування ОЕС ДЗЗ високої роздільної здатності, що по своїм метрологічним характеристикам значно перевищує відомі калібрувальні установки.

Система спирається на використання оригінального дифузного випромінювача змінної яскравості [1], вторинного еталона яскравості нового типу [2] і широкодіапазонного спектрокомпаратора. Вона забезпечує наступні параметри: яскравість вихідної апертури діаметром 0,2м, більше ніж 600 Вт/ср.м², при неоднорідності поля яскравості менше 0,5%, зміну яскравості в

динамічному діапазоні $10^5..10^6$ з похибкою установки не більше 5%, спектральний діапазон – 0,4...2,2мкм.

Крім того в доповіді обговорюється математична модель запропонованої системи, аналізуються її метрологічні характеристики, розробляються рекомендації щодо проектування і абсолютизації вимірювань, вибору елементної бази.

Наводяться також результати експериментального дослідження випромінювача змінної яскравості і вторинного еталона яскравості.

Робота буде цікава розробникам систем ДЗЗ нового покоління і спеціалістам в галузі прецизійної радіометрії.

Ключові слова: оптико-електронна система дистанційного зондування Землі, радіометричне калібрування, оптична метрологія.

Література

1. Михеенко Л. А., Боровицкий В. Н. Излучатель переменной яркости на основе сопряженных интегрирующих сфер // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2006. – №6. – с. 61 – 64.

2. Михеенко Л. А., Боровицкий В. Н. Вторичный эталон яркости на базе галогенной лампы с рассеивателем // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2008. – №3 – с. 61 – 64.

УДК 629.78

МАКЕТИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ «МУЛЬТИСФЕРА»

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

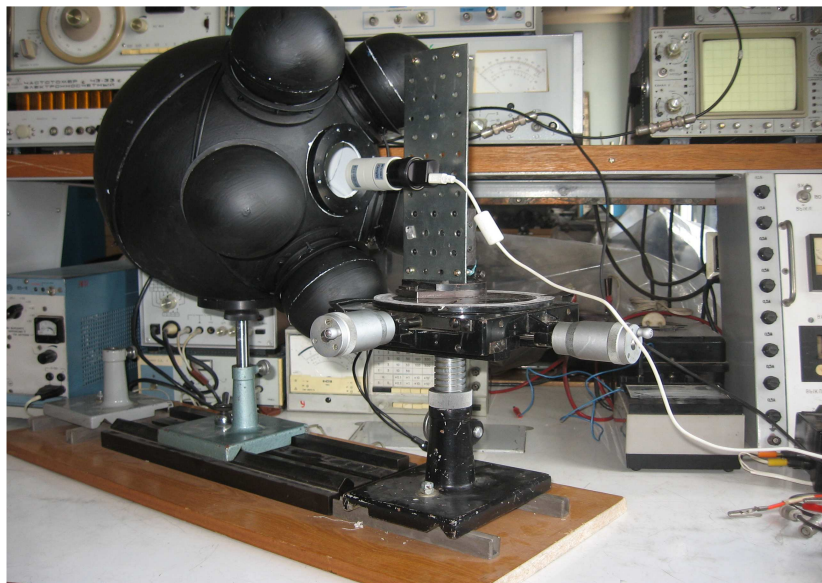
Учитывая значительную технологическую сложность и очень высокую стоимость стендов и оборудования для радиометрической калибровки прецизионных оптико-электронных зондирующих систем (ОЭЗС) космического базирования, для исследования таких систем применяется их масштабное макетирование.

В докладе описывается макетирование и экспериментальное исследование макета системы радиометрической калибровки (СРК) «Мультисфера», предложенной авторами. При этом основное внимание уделялось максимальному подобию параметров макета и его элементов проектируемым системам, а методы измерений полностью соответствуют реальным.

Такой подход позволяет достаточно точно прогнозировать параметры разрабатываемых СРК и определять пути их оптимизации.

На разработанном макете можно измерять функцию передачи сигнала, зонную характеристику, динамический диапазон и темновые параметры ОЭЗС.

Внешний вид макета СРК «Мультисфера» показан на рисунке.



Ключевые слова: система радиометрической калибровки, макетирование.

УДК 681.7:681.4.075

СОБСТВЕННОЕ ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ИНФРАКРАСНЫХ ПРИБОРОВ

*Муравьев А. В., Кучеренко О. К. Национальный технический университет Украины
«Киевский Политехнический Институт», г. Киев, Украина*

Современные инфракрасные (ИК) приборы реагируют на тепловое излучение объектов, максимум излучательной способности которых соответствует, например, для тепловизионных приборов, температурам близким к температуре элементов конструкции этих приборов. На практике вполне возможна ситуация, когда собственное тепловое излучение от оправ и конструктивных элементов тракта вносит настолько значимый вклад в паразитный поток на фотоприёмнике, что пренебрегать им недопустимо. Поэтому оценивать внутренние излучения оптических трактов подобных систем необходимо ещё на этапе проработки их конструктивных решений, когда прямые измерения недоступны, а аналоги разрабатываемых систем – отсутствуют.

В среде САПР Zemax существует возможность создавать математические модели, настраивающиеся на конкретную конструктивную схему и параметры анализируемого ИК прибора.

Модель учитывает излучение и многократные переотражения от линз, оправ и иных конструктивных элементов оптического тракта, оперирует реальными материалами и покрытиями.

Методика анализа фоновых засветок позволяет получать абсолютные значения паразитного потока попадающего на фотоприёмник, оценивать пространственное распределение потока по поверхности фотоприёмника, а

также анализировать вклад каждого из элементов тракта в суммарный паразитный поток. Всё это в целом позволяет адекватно моделировать паразитные засветки в оптических трактах оптико-электронных приборов инфракрасного диапазона.

Авторами произведен анализ значений коэффициентов собственного теплового излучения типичных элементов конструкции ИК приборов, методики его измерения, а также температурные, спектральные и другие зависимости параметров этого излучения. Проанализирован оптико-механический тракт реального ИК оптического прибора. В частности определено соотношение паразитных потоков от оптических и механических элементов конструкции, распределение паразитного потока в фотоприемной плоскости. Даны рекомендации по минимизации собственного паразитного излучения в конструкциях ИК оптических приборов.

Ключевые слова: тепловое излучение, инфракрасный оптический прибор, собственное тепловое излучение элементов конструкции.

УДК 681.784

МЕТОД І ПРИЛАД ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ АСИМЕТРІЇ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОКА

*Чиж І. Г., Афончина Н. Б., Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Асиметрія оптичної системи ока є чинником погіршення гостроти зору, який потрібно діагностувати перед проведенням корекції абераційних вад ока. Проте на цей час не існує ефективних методів і досконалої апаратури, що дозволяють здійснювати таку діагностику. Тому метою даної роботи є створення наукового підґрунтя для розробки принципово нового діагностичного офтальмологічного приладу, який дає можливість знаходити взаємне розташування у площині зіниці трьох характерних точок – точок від візуальної осі, від центру зіниці та від осі симетрії рогівки.

Метод виявлення асиметрії оптичної системи ока базується на визначенні візуальної осі як лінії, що поєднує дві по різному віддалені від ока точки у просторі об'єктів, зображення яких на сітківці ока розміщується в центрі фовеоли. Точка проходження візуальної осі через площину зіниці повинна бути центральною точкою відеокадру, на якому реєструється зображення площини зіниці. В центрі відеокадру ця точка може опинитися в момент візуального суміщення осьових точок не менш як двох прицільних маркерів. Таке суміщення повинен здійснювати сам пацієнт. Одночасно на зображенні зіниці у відеокадрі фіксується відбите від передньої поверхні рогівки зображення системи точкових джерел, симетрично розташованих відносно оптичної осі приладу.

Розшифрування відеокадру дає дані про розташування осі симетрії рогівки відносно візуальної осі ока, а також дані про розташування отвору зіниці відносно візуальної осі та форми країв зіниці. Якщо у площині зіниці візуальна вісь, вісь симетрії передньої поверхні рогівки та точка центру симетрії зіниці є суміщеними, то це свідчить про наявність симетрії всієї оптичної системи ока відносно візуальної осі ока. В протилежному випадку ці точки розбігаються і тим більше, чим більшою є асиметрія.

Попередні дослідження дозволили встановити кореляційну залежність між гостротою зору та розбіжностями розташування вище вказаних точок. Запропонований метод доповнюється використанням даних про розташування відносно візуальної осі в площині зіниці і оптичної осі приладу так званих Пуркінє-образів – рефлексних зображень системи точкових джерел, симетрично розташованих відносно оптичної осі, утворених задньою поверхнею рогівки, передньою та задньою поверхнями кришталика. Асиметричне розташування цих поверхонь призводить до поперечних зсувів Пуркінє-образів, що також фіксується телевізійною камерою. Обробка отриманої з відеокадрів інформації здійснюється у автоматизованому режимі за допомогою спеціально створеної для цього комп'ютерної програми.

Ключові слова: асиметрія оптичної системи ока, візуальна вісь, характерні точки на зіниці ока.

УДК 615.47:681.7

МЕТРОЛОГІЧНА ОЦІНКА ОПТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРАДАНІВ

Трембовецька Р. В. Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

В роботі [1] виконано моделювання положення координати променя в площині зображення та встановлено, що на хід променя в градані-об'єктиві впливають показник заломлення матеріалу та коефіцієнт розподілу показника, а в вихідній площині градану положення координати променя не залежить від довжини хвилі випромінювання. Для комп'ютерного моделювання кількісної оцінки відхилення координати променя використовувалися градан об'єктивів ГВ-1,0-80 $g_0 = 0.75 \text{ мм}^{-1}, n_0 = 1.72$; ГВ-1,5-80 $g_0 = 0.5 \text{ мм}^{-1}, n_0 = 1.72$; градан-транслятор ГН-1,0-180 $g_0 = 0.126 \text{ мм}^{-1}, n_0 = 1.54$, ГН-1,0-210 $g_0 = 0.080 \text{ мм}^{-1}, n_0 = 1.54$ при довжині хвилі $\lambda = 0,6328 \text{ мкм}$ [2]. В результаті розрахунку максимальної відносної похибки отримані наступні результати:

Довжина хвилі, мкм	ГВ-1,0-80	ГВ-1,5-80	ГН-1,0-180	ГН-1,0-210
$\lambda = 0,48 \text{ мкм}$	$\delta_{\text{max}} = 7,03 \%$	$\delta_{\text{max}} = 1,39 \%$	$\delta_{\text{max}} = 7,66 \%$	$\delta_{\text{max}} = 15,31 \%$
$\lambda = 0,52 \text{ мкм}$	$\delta_{\text{max}} = 4,5 \%$	$\delta_{\text{max}} = 0,878 \%$	$\delta_{\text{max}} = 4,89 \%$	$\delta_{\text{max}} = 9,847 \%$
$\lambda = 0,58 \text{ мкм}$	$\delta_{\text{max}} = 2,28 \%$	$\delta_{\text{max}} = 0,366 \%$	$\delta_{\text{max}} = 2,098 \%$	$\delta_{\text{max}} = 4,376 \%$

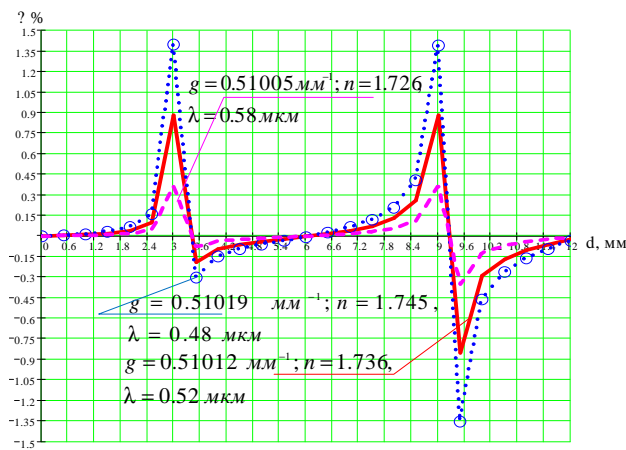


Рисунок – Залежність відносної похибки вздовж гадану ГВ-1,5-80

Комп'ютерне моделювання положення координати променя вздовж гадана показує: 1) максимальна похибка положення координати виникає при переході променя через оптичну вісь; 2) в вихідній площині гадану положення координати променя не залежить від λ – похибка

мінімальна.

Ключові слова: гадан-об'єктив, гадан-траслятор; оптичні характеристики, коефіцієнт розподілу показник

Література

1. Хацевич Т. Н., Михайлов И. О. Эндоскопы: Учебное пособие. – Новосибирск: СГТА, 2002. – 196 с.

УДК 623.4.084.7

ОПТИЧНА НЕОДНОРІДНІСТЬ ОБТІКАЧА ГСН ВІД НЕСТАЦІОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ

¹⁾Ткаченко О. А., ²⁾Кузьменко Б. М.,

¹⁾Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», м. Київ, Україна,

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

Обтікач головки самонаведення (ГСН), що знаходиться в носовій частині ракети, в ідеальному випадку має виконувати тільки захисну функцію для системи самонаведення від впливу всіх зовнішніх факторів, та при цьому не вносити жодних викривлень у сигнал від цілі. Але в реальних умовах під час польоту ракети з надзвуковою швидкістю обтікач ГСН зазнає швидкої градієнтної зміни температури від аеродинамічного нагріву. Показник заломлення матеріалу, з якого виготовлений обтікач, змінюється внаслідок нерівномірної зміни температурного поля, що може призвести до погіршення тактико-технічних характеристик ГСН. Тому актуальною є задача визначення впливу, який вносить оптична неоднорідність, та зміна форми обтікача від нестационарного температурного поля під час польоту.

У даній роботі досліджено оптичну неоднорідність матеріалу обтікача, викликану нестационарним температурним полем. Для визначення зміни показника заломлення була створена методика розрахунку нестационарного температурного поля обтікача сферичної форми, що включає в себе розрахунок коефіцієнтів теплопровідності та температури пограничного шару.

При пошуку коефіцієнтів теплопровідності були використані критеріальні рівняння течії ламінарного й турбулентного потоку та метод ефективної довжини. Для знаходження в конкретний момент часу температури у кожній точці на поверхні обтікача було складено та вирішено диференціальне рівняння теплопровідності методом скалярної прогонки.

Двовимірною функцією показника заломлення була отримана за допомогою лінійного наближення знайденого температурного поля, також була проведена апроксимація методом найменших квадратів для отримання профілю показника заломлення в конкретний момент часу.

Використовуючи дану методику розраховано градієнт показника заломлення та визначено його профіль для типового режиму польоту ракети на висоті 10 км. Розрахунок показав, що неоднорідність показника заломлення виникає в усіх напрямках, як в радіальному так і в осьовому. Проте градієнт в осьовому напрямку менший ніж в радіальному. Він приймає своє максимальне значення в діапазоні кутів 30..32 °, відрахованих від оптичної осі обтікача із центру кривизни його зовнішньої оптичної поверхні.

Ключові слова: аеродинамічний нагрів, нестационарне температурне поле, пограничний шар, градієнт показника заломлення, профіль показника заломлення.

УДК 621.383.811

ВИКОРИСТАННЯ СПЕКТРОЗОНАЛЬНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ОСЛАБЛЕННЯ ВПЛИВУ ПОВІТРЯНОГО ТРАКТУ В ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ПОЛОЖЕННЯ

*Фоліушняк В. В., Лисенко О. І. Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Існуючі процедури обстеження технічного стану і експертизи промислової безпеки переважної більшості будівель і споруд мають нерегулярний характер, тому з метою запобігання техногенним катастрофам актуальне вживання розподілених оптико-електронних систем (РОЕС) довготривалого і оперативного контролю просторового положення елементів. Для таких систем необхідна можливість забезпечувати паралельні і незалежні виміри зсувів з погрішністю до 0,1 мм і високою частотою оновлення інформації (до 10 кГц) для безлічі контрольних крапок. РОЕС з багатоелементними фотоприймачами (МФП) мають цілий ряд переваг в порівнянні з останніми методами виміру координат. Потенційна точність для таких вимірників досягає 0,05 елементу від кроку фото приймальної багатоелементної структури. У сучасних РОЕС істотний вплив на процеси контролю надає середовище поширення оптичного випромінювання. Перш за все, на величину погрішності вимірів робитимуть вплив такі явища в атмосфері, як рефракція і турбулентність повітряного

тракту. Рефракція викликає систематичне відхилення напряму поширення оптичного випромінювання, в основному, унаслідок температурного градієнта показника заломлення повітря. Одним із способів зменшення впливу рефракції є використання принципу спектрональної селекції. Найбільш доступним варіантом для реалізації спектрональної селекції є вживання трьох каналного спектронального датчика, в якого канали відповідають трьом основним кольорам системи RGB. В результаті такого вибору з'являється можливість використання трьох незалежних спектрональних каналів з єдиного фото приймального матричного поля. У зв'язку з цим особливостями прикладних досліджень була оцінка характеристик РОЕС для випадку міток (PM) реперів, реалізованих у вигляді напівпровідникових випромінюючих діодів білого кольору.

Ключові слова: метод спектрональний, система оптико-електронна, повітряний тракт.

Література

1. Тарасов В. В., Якушенков Ю. Г. Двух- и многодиапазонные оптико-электронные системы с матричными приемниками излучения. – М.: Логос, 2007. – 192 с.

УДК 681.7

РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ БЛЕНДЫ ОБЪЕКТИВА СИСТЕМЫ ОРИЕНТАЦИИ ПО ЗВЕЗДАМ

*Анохина Н. П., Лихолит Н. И., Мозковая О. В., Нечай В. И., Панасенко О. Н.,
Тягуур В. М., Харитоненко Е. В. Казенное предприятие специального приборостроения
«Арсенал», г. Киев, Украина*

При работе особо точных систем ориентации по звездам большую роль играют бленды, устраняющие боковые помехи. Источниками боковых помех являются Солнце и Луна, находящиеся за пределами углового поля прибора, которые приводят к появлению фона. Одним из основных параметров бленды является коэффициент ослабления $K_{осл.}$, представляющий отношение освещенности от боковой помехи на входе бленды к освещенности, создаваемой рассеянным светом на ее выходе.

Для объектива астроизмерительной системы (поле зрения $2\omega = 22,6^\circ$, относительное отверстие 1:1,4, фокусное расстояние 50,1 мм) была рассчитана бленда с габаритными размерами $\varnothing 150 \times 172$ мм. Высокие значения коэффициента ослабления при незначительных габаритах бленды были достигнуты за счет разработки новых покрытий и технологии изготовления кромок диафрагм. Математическое моделирование оптических свойств бленды и расчет коэффициента ослабления выполнены в программном пакете «Zemax».

Была исследована зависимость коэффициента ослабления бленды и бленды с объективом и оправами от угла падения излучения. Также было показано, что объектив и оправы дополнительно ослабляют рассеянное излучение. Были

смоделированы различные варианты формы и размеров кромок диафрагм. В результате исследования влияния этих факторов на ослабление блендой боковых засветок было показано, что форма кромок диафрагм при размере кромки менее 10 мкм незначительно изменяет значение коэффициента ослабления. Бленда объектива была рассчитана с моделированием свойств покрытий диафрагм в соответствии с измеренными характеристиками покрытия изготовленных диафрагм. При этом минимальное значение коэффициента ослабления составило $K_{осл} = 3,1 \cdot 10^5$. С учетом дополнительного ослабления рассеянного света объективом и элементами его конструкции общее ослабление является достаточным для осуществления работы астроизмерительной системы высокой точности. Полученные расчетные значения коэффициента ослабления бленды для разных углов засветки хорошо согласуются с измеренными значениями. Таким образом созданная в программном пакете «Zemax» модель бленды позволяет осуществлять расчет и оценку значений ее коэффициента ослабления.

Ключевые слова: астроизмерительная система, бленда, боковые помехи, моделирование рассеяния.

УДК 004.932, 681.786.3

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ПЕРЕПАДІВ ІНТЕНСИВНОСТІ ДЛЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СЕНСОРІВ КУТА

Чайковський А. В. Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

Принцип роботи оптико-електронного сенсора кута ґрунтується на аналізі зображення фрагмента кодового диска із послідовності світлих та темних секторів різної ширини та визначенні відліку за положенням їх меж. Важливою задачею проектування таких сенсорів є аналіз ефективності методу локалізації перепаду інтенсивності на одновимірних тінювих зображеннях кодового диску.

В роботі проаналізовано точність локалізації перепаду за допомогою декількох поширених субпіксельних методів: лінійної інтерполяції, фотометричної інтерполяції, перетину примежових кривих, а також досліджено вплив попередньої цифрової фільтрації зображення на змінну складову похибки методу лінійної інтерполяції. Ефективність методів перевірялася на декількох перепадах інтенсивності: лінійно-змінній функції, лінійно-змінній функції із ділянками різного нахилу, функції Лапласа, експериментально виміряному перепаді ізольованої межі та межі зі накладанням сусідньої.

Для оцінки ефективності методів локалізації перепадів моделювали процес отримання та обробки зображення. За допомогою математичної моделі фотоматриці розраховували відклики пікселів для досліджуваних перепадів інтенсивності при субпіксельному зміщенні фотоматриці. З отриманих

відкликів та відомого зміщення за допомогою досліджуваних методів розраховували координату краю. Як показники ефективності використовували розмах коливання визначеної координати межі та максимальну різницю визначеної координати для експериментальних перепадів. Чим ці показники менші – тим меншою є змінна складова похибки вимірювання кутового положення, при цьому постійна адитивна похибка локалізації перепаду не впливає на точність сенсора.

Результати моделювання отримали експериментальне підтвердження при вимірюванні положення диска оптико-електронного сенсора кута. Для цього одночасно отримували і обробляли зображення із двох фотоматриць, встановлених із протилежних сторін диска, а похибку визначення кута оцінювали за різницею результатів вимірювання. Низькочастотні складові похибки, спричинені неточностями кодового диска відкидали.

В результаті дослідження встановлено, що для розглянутого випадку вимірювання кутових координат найбільш точними та стійкими до впливу поверхневих дефектів диска виявився метод лінійної інтерполяції фільтрованого зображення. Введення операції фільтрації в поширений алгоритм лінійної інтерполяції дозволило зменшити похибку локалізації перепаду на 43%,: коливання визначеної координати склало 0.14 кроку пікселів.

Ключові слова: субпіксельна локалізація перепаду, сенсор кута

УДК 539.3 621.378

АНОМАЛЬНЕ ПІДВИЩЕННЯ СИГНАЛУ МИТТЄВОЇ ЧАСТОТИ В ЛАЗЕРНИХ ДОППЛЕРІВСЬКИХ ВІБРОМЕТРАХ

Яровой Л. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Лазерні доплерівські віброметри (ЛДВ) вимірюють миттєву частоту доплерівського зсуву зондувального лазерного променя, яка характеризує коливальну швидкість об'єкту.

Якщо в ЛДВ додатково до опорного та зондувального променів в фотодетектуванні бере участь третя когерентна хвиля, то у загальному випадку це призводить до спотворення вихідного сигналу [1].

Однак за певних умов виникають інші ефекти, серед них аномальне підвищення сигналу миттєвої частоти для коливань з малою амплітудою [2].

Якщо у «класичному» двопроменевому ЛДВ коливальна швидкість є пропорційною миттєвій частоті $\omega_1(t) = d\Phi_1(t)/dt$, то при трихвильовому фотозмішуванні (ТХФ) миттєва частота складової фотоструму детектора на частоті гетеродина, котра задається в опорній хвилі, буде:

$$\omega(t) = \frac{1}{2} \left[\frac{d}{dt} (\Phi_1(t) + \Phi_2(t)) \right] + \frac{\frac{1}{2} (\eta^2 - 1) \cdot \left[\frac{d}{dt} (\Phi_1(t) - \Phi_2(t)) \right]}{2\eta \cdot \cos(\Phi_1(t) - \Phi_2(t)) + \eta^2 + 1}, \quad (1)$$

де Φ_1, Φ_2 - фази, а $\eta = E_1 / E_2$ - відношення між амплітудами зондувальної та третьої хвиль.

У частковому випадку, якщо $\Phi_2 = \pi$, а фаза зондувальної хвилі визначається гармонічним законом коливання поверхні об'єкту $\Phi_1 = 2kX_1 \cos(\Omega t)$, де X_1 - амплітуда, Ω - частота акустичних коливань, k - хвилевий вектор зондувального випромінювання, то для малих X_1 з (1) випливає, що сигнал $\omega(t)$ такого «трихвильового» віброметра буде перевищувати сигнал $\omega_1(t)$ «класичного» двопробеневого ЛДВ в $\alpha(\eta) = \eta / (\eta - 1)$ разів.

В доповіді розглянуто можливості підвищення чутливості віброметрів, покращення заводо захищеності вимірювань, наведено результати експериментальних досліджень віброметрів з ТХФ, а також обговорюються їх переваги та слабкі місця.

Ключові слова: лазерні доплерівські віброметри, інтерференційні прилади, оптичне гетеродинування, миттєва частота.

Література

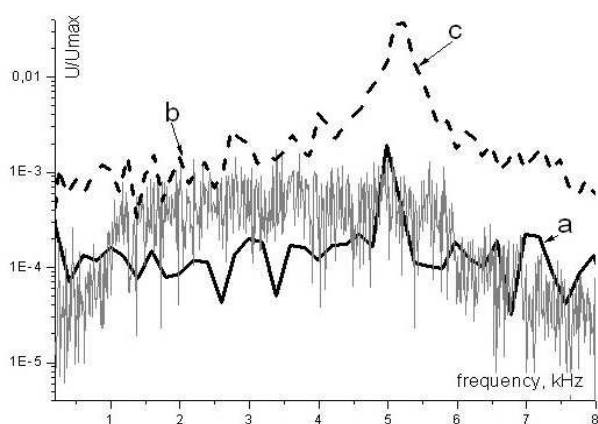
1. Yarovoi L., Siegmund G. The effect of three-wave interference in laser Doppler vibrometry // Meas. Sci. Technol. – 2004. – Vol. 15. – P. 2150–2156.
2. Яровой Л. К. Особливості роботи лазерного доплерівського віброметра з трихвильовим фотозмішуванням в нанометровому діапазоні // Вісник Київського університету. Серія: Математика. Механіка. 2011. – Випуск. 26. – С. – 39 – 43.

УДК 539.3 621.378

ЗАВАДОЗАХИЩЕНИЙ ЛАЗЕРНИЙ ВІБРОМЕТР НАНОМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ЗІ СВІТЛОВИДНИМ ЗОНДОМ

Яровой Л., Іващенко Д., Розумнюк В. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Експериментально продемонстровано можливість створення лазерного доплерівського віброметра (ЛДВ) зі світловидним зондом довжиною більше десяти метрів, який має підвищену чутливість та заводо захищеність в нанометровому діапазоні. Вплив завод на світловид суттєво зменшується за рахунок трихвильового фотозмішування (ТХФ) [1], при якому на поверхні фотодетектору ЛДВ інтерферують три когерентні хвилі: опорна, зондувальна, а також, друга опорна хвиля. Умови для позитивного впливу ТХВ на сигнал ЛДВ досягають спеціальними засобами у світловидному зонді [2].



Як зразок, на малюнку наведено спектри вихідного сигналу ЛДВ для коливань об'єкту з амплітудою 0,3 нм і частотою 5kHz.

Суцільна чорна лінія (а) відображає сигнал класичного ЛДВ з відсутнім додатковим опорним каналом; завада також відсутня. Можна бачити, що на частоті 5 кГц існує спектральний максимум, який відповідає вимірюваному сигналу.

Наявність завади з рівномірною спектральною щільністю в діапазоні 1 – 6 kHz підвищує рівень шуму у вихідному сигналі віброметра з поглинанням сигнал вібрації (суцільна сіра лінія – b). Після увімкнення другого опорного каналу (пунктирна чорна лінія (c)) спостерігається покращення співвідношення сигнал до шуму приблизно на 7 дБ.

Отже, покращення заводозахищеності зондувального світловодного каналу можна вважати експериментально підтвердженим. Розрахунки показують, що за належного вибору параметрів ТХФ чутливість ЛДВ в умовах завод може бути підвищена на десятки децибел.

Ключові слова: лазерні доплерівські віброметри, оптичне гетеродинування, світловодні сенсори, миттєва частота.

Література

1. Яровой Л. К. Особливості роботи лазерного доплерівського віброметра з трихвильовим фотозмішуванням в нанометровому діапазоні // Вісник Київського університету. Серія: Математика. Механіка. 2011. – Випуск. 26. – С. – 39 – 43.
2. Пат. України 990558 від 09.04.2012 G01C 3/00, G01C 3/08, G01B 9/02. Лазерний доплерівський вимірювач вібрації / Яровой Л. К., Іващенко Д. О., Розумнюк В. І.; заявник Київський національний університет імені Тараса Шевченка – № а20110548 Україна; друк 10.07.12, Бюл. № 13.

УДК 535.317

МЕТОД КОРЕКЦІЇ СФЕРИЧНОЇ АБЕРАЦІЇ РЕФРАКЦІЙНОЇ ЛІНЗИ ШЛЯХОМ ПРОЕКТУВАННЯ ЇЇ ЯК ГІБРИДНОЇ

Сірий Є. А., Колобродов В. Г. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

Використання дифракційних оптичних елементів (ДОЕ) при проектуванні оптичних систем (ОС) набуває все більшого розповсюдження. Унікальні оптичні властивості ДОЕ успішно використовується для створення мультифокальних, ахроматичних, атермічних ОС, що формують зображення. Особливістю рефракційно-дифракційного компонування ОС є те, що ДОЕ

суттєво не змінюють кривизну хвильового фронту, а лише забезпечують його корекцію. В той же час проектування саме світлосильних ДОЕ відкриває нові можливості та розширює область їх застосування. Тому абераційний аналіз світлосильних ДОЕ, зокрема аналіз сферичної аберації – є актуальною задачею.

На основі функції пропускання ДОЕ отримано вираз першої суми Зейделя, значення котрої в значній мірі залежить від відношення між розрахунковою і робочою довжинами хвиль. Встановлено, що для світла з довжиною хвилі меншою розрахункової, сферична аберація має від’ємне значення, а для світла з довжиною хвилі більшою розрахункової – додатне значення. На основі зазначеної властивості ДОЕ запропоновано метод корекції сферичної аберації рефракційної лінзи шляхом проектування її як гібридної. Метод оснований на рівнянні, котре дозволяє при відомій величині сферичної аберації рефракційної лінзи визначити параметри коригуючого ДОЕ.

Розраховано гібридну германієву плоско-випуклу лінзу з $D/f = 0,5$, $f = 50$ мм, котра формує ідеальний сферичний фронт для світла з довжиною хвилі $\lambda = 10$ мкм (сферична аберація повністю скоригована). Розрахункова довжина хвилі дорівнює $\lambda_0 = 13,9$ мкм. Дифракційна ефективність такої лінзи обмежується ефективністю її дифракційної частини і для 1-го дифракційного порядку складає 60 %. Для підвищення дифракційної ефективності необхідно зменшувати розрахункову довжину хвилі λ_0 . Наприклад, для $\lambda_0 = 12,5$ мкм дифракційна ефективність складає 80 %, а сферична аберація по відношенню до рефракційної германієвої лінзи з $D/f = 0,5$, $f = 50$ мм зменшена в 15 разів.

Для селективної корекції хроматичної аберації розрахованої гібридної лінзи в спектральному діапазоні 8–12 мкм запропоновано проектувати її дифракційну поверхню як багатопорядкову. Збільшені в 12 разів радіуси дифракційних зон гібридної лінзи забезпечують ахроматичність для світла з довжинами хвиль $\lambda = 8, 8,6, 9,2, 10, 10,9, 12$ мкм, а сферична аберація такої лінзи в порівнянні із рефракційною ($D/f = 0,5$, $f = 50$ мм) зменшена в 8 разів.

Ключові слова: гібридна лінза, сферична аберація.

УДК 535.317; 681.7

ПРОГРАММА ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ППП ОПАЛ И ПП ZEMAX

Артюхина Н. К., Марчик В. А. Белорусский национальный технический университет, Приборостроительный факультет, г. Минск, Беларусь

Проектирование оптических систем – сложный творческий процесс, требующий навыков работы с различными системами автоматизированного проектирования. Для эффективного решения практических задач и успешного использования, заложенных в программы возможностей, необходим оперативный обмен данными.

Расчет оптических систем на базе параллельно используемых программных комплексов ОПАЛ [1] и ZEMAX достаточно распространен в расчетной оптике.

Одним из наиболее трудоемких и длительных этапов является ввод исходных данных. Возникла необходимость в автоматизации этого процесса.

Программа OZ разработана на основе самостоятельной программы Оптический Выпуск (Рис. 1) и предназначена для преобразования файлов исходных данных ППП ОРАЛ в файлы формата zmx для последующего использования в программе ZEMAX.

Программа позволяет оперативно генерировать файлы центрированных оптических систем со сферическими и асферическими поверхностями, используя каталоги как российских, так и зарубежных производителей стекол (Рис. 2).

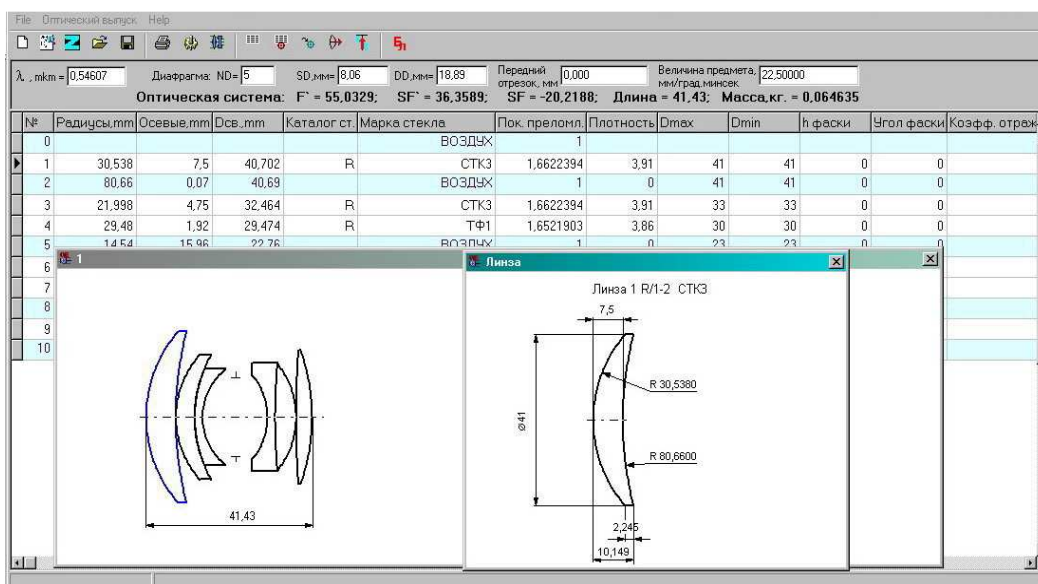


Рис. 1.

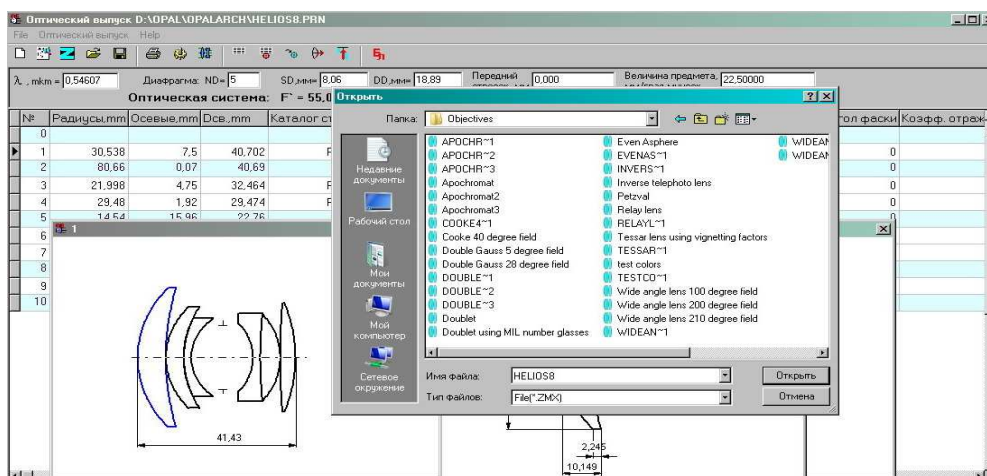


Рис. 2.

Програма Оптичний випуск помимо расчета параксиальных характеристик, автоколлимационных точек всей системы (импортируемой из программы ОРЛ) и её отдельных компонентов, бликов 2-го порядка, вывода эскизов линз и оптической схемы содержит дополнительный блок считывания конструктивных данных оптической системы из ZEMAX для последующих расчетов.

В результате заполняются следующие редакционные окна [2] ПО ZEMAX (Рис. 3):

- Lens Data Editor (LDE),
- Field Data,
- Wavelength Data,
- Surface Properties .

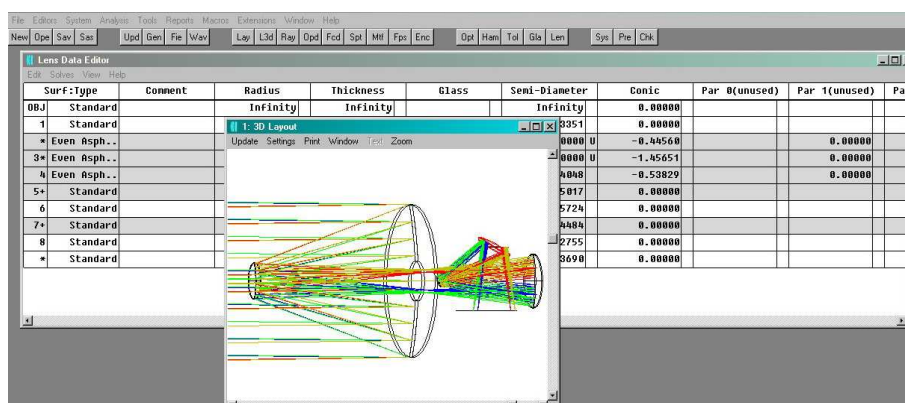


Рис.3

Таким образом, достигается:

- одновременное использование программных комплексов ОРЛ и ZEMAX,
- оперативный обмен данными между программами,
- исключаются ошибки ввода данных.

Ключевые слова: ОРЛ, ZEMAX, оптический выпуск.

Литература

1. Родионов С. А. Автоматизация проектирования оптических систем, Ленинград, Машиностроение, 1982.
2. ZEMAX Optical Design Program, User's Guide, Zemax Development Corporation, www.zemax.com.