

СЕКЦІЯ 2

ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

УДК 621.384.326

АНАЛІЗ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ЦИФРОВИХ КАМЕР НА ОСНОВІ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ШУМОВОЇ СМУГИ ПРОПУСКАННЯ

Колобродов В.Г. – Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна; Шустер Норберт – Vision & Control GmbH, Suhl, Germany

В останній час широкого розповсюдження набули цифрові камери, в яких використовуються матричні приймачі випромінювання (МПВ). Це перш за все цифрові фотоапарати, відеокамери з ПЗЗ-приймачами, тепловізори з мікроболометричними матрицями. Якість зображення, що створюють цифрові камери, визначається їх просторовою роздільною здатністю. Існує декілька класичних визначень роздільної здатності, але всі вони стосуються оптичних систем. Для аналізу роздільної здатності цифрових камер пропонується використовувати геометричну шумову смугу пропускання GNBW (Geometrical Noise Bandwidth).

Аналогом геометричної смуги є ефективна шумова смуга, яка з великим успіхом використовується в електронних інформаційних системах. Геометрична смуга визначається як

$$GB = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} M_{dc}^2(v_x, v_y) dv_x dv_y, \quad (1)$$

де $M_{dc}(v_x, v_y)$ – модуляційна передаточна функція (МПФ) цифрової камери, яка є добутком МПФ об'єктива і МПВ; v_x, v_y – просторові частоти в площині МПВ. При цьому геометричний шум можна розглядати як кружок розсіювання.

Отримана формула для розрахунку діаметра кружка розсіювання цифрової камери

$$D_c = \frac{2}{\sqrt{\pi \cdot GB}}. \quad (2)$$

Розглянуті приклади розрахунку діаметра кружка розсіювання камери з фотоплівкою, камери з монохромним МПВ та камери з новим приймачем Fuji Super CCD. Знайдено діаметри кружків розсіювання камер уздовж осей та в діагонального напрямку. В якості меж інтегрування в (1) використана частота Найквіста. Результати розрахунків свідчать про те, що роздільна здатність камер залежить від орієнтації об'єктів відносно матричної структури приймача, а також від кружка розсіювання об'єктива. Теоретичні розрахунки були підтверджені експериментальними дослідженнями. Для визначення роздільної здатності цифрових камер в якості тест-об'єкта була використана зірка фірми Siemens. Порівняння камер, що використовують фотоплівку, з цифровими

камерами, свідчить про те, що при кількості пікселів у кадрі більше 4 млн., цифрові камери по якості зображення не поступаються фотокамерам.

Ключові слова: цифрова камера, роздільна здатність, модуляційна передаточна функція, смуга пропускання.

УДК 528.7: 629.78

УСТАНОВКА ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Колобродов В.Г., Микитенко В.И., Михеенко Л.А. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

К космическим системам дистанционного зондирования Земли предъявляются высокие требования по чувствительности, амплитудному, спектральному и пространственному разрешению, линейности статической характеристики.

Для реализации указанных требований, сканеры проходят аттестацию как на стадии предполетной подготовки, так и во время функционирования на орбите искусственного спутника Земли. Схемы аттестации отличаются большим разнообразием, однако, во всех случаях они обеспечивают очень высокие метрологические характеристики.

Кафедра оптических и оптико-электронных приборов НТУУ «КПИ» ведет разработку установки для аттестации отечественных спутниковых систем, причем основное внимание уделяется использованию имеющейся и доступной в Украине элементной базы.

Установка позволяет:

1. Производить калибровку и привязку всех элементов измерительной схемы по одному эталонному источнику излучения.
2. Непосредственно измерять:
 - интегральную зонную статическую характеристику в относительных единицах;
 - спектральную характеристику в относительных единицах.
3. Производить абсолютизацию шкал яркости и получать:
 - интегральную зонную статическую характеристику в абсолютных величинах;
 - абсолютную спектральную характеристику.
4. По результатам измерений определять:
 - интегральную и абсолютную спектральную чувствительность;
 - спектральное и амплитудное разрешение сканеров.

Анализ погрешностей установки показал, что по точностным характеристикам она не уступает известным зарубежным системам, отличаясь простотой изготовления и низкой стоимостью.

Ключевые слова: Земля, аттестация, зондирование, аппаратура, спектральные характеристики.

УДК 666.189.2:535.8

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ, ИЗГОТАВЛЯЕМЫЕ «НПФ ОПТРОН»

Ваганов В.А. ООО «НПФ ОПТРОН», г. Мелитополь, Украина.

Оптическое волокно. Волокно изготавливается из специальных марок оптического стекла диаметром от 15 до 80 мкм и поставляется заказчику в пучках диаметром до 16 мм и длиной до 4 метров. На фирме оптическое волокно используется для изготовления жестких или гибких световодов, различных технических и медицинских смотровых устройств.

Световоды. Гибкие световоды используются для подвода светового потока от источника света (осветителя) непосредственно в зону осмотра. и могут иметь как стандартные размеры и типы наконечников, так и произвольные. Световоды изготавливаются также в виде многоканальных коллекторов.

Один из видов жестких световодов представляет собой заполненную оптическим волокном изогнутую металлическую трубку, на обеих торцах которой волокно пропитывается клеящим составом и полируется. Такие световоды снабжаются специальными замками и обычно применяются в качестве осветительных адаптеров для смотровых инструментов.

Другой вид световодов изготавливается методом горячего прессования и используется для передачи мощных световых потоков, например, в стоматологических фотополимеризационных аппаратах.

Осветители. Выпускаемые на фирме осветители предназначены для подключения к ним гибких волоконно-оптических световодов. В качестве источника света в них используется галогенная лампа мощностью 150 Вт.

Налобный прожектор. Прожектор содержит закрепленную на шлеме оптическую фокусирующую систему, которая с помощью волоконно-оптического жгута подсоединяется к осветителю и обычно используется при хирургических операциях. Диаметр зоны освещения прожектора на расстоянии 350 мм регулируется от 40 до 100 мм.

Эндоскопы. Эндоскопы, в зависимости от их назначения могут изготавливаться жесткими или гибкими, а также иметь управляемый дистальный конец как в одной, так и в двух плоскостях. Такие эндоскопы находят применение в медицине и технике. Например, через свечное отверстие можно определить состояние узлов камеры сгорания ДВС, с помощью специальных каналов провести диагностику авиационных двигателей непосредственно на самолетах или увидеть качество обработки поверхностей в глубоких отверстиях, например, в винтовочных стволах.

Фирма осуществляет также ремонт всех видов и марок эндоскопических устройств.

Ключевые слова: оптическое волокно, световод, многоканальный коллектор, осветитель, эндоскоп.

УДК 389: 681.7

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Проненко С.В., Рабичев Е.И. УкрЦСМ, г. Киев, Украина

Метрологическое обеспечение измерений характеристик пропускания, отражения и видоизменения света веществами и материалами в различных областях оптического диапазона гарантирует необходимую точность измерений 80 % лабораторных анализов в медицине, а это до 30 миллионов измерений в год параметров крови, мочи и т.п. только по г. Киеву; 90 % параметров в офтальмологии – от подбора и изготовления очков до тончайших измерений параметров глаза при хирургической и лазерной коррекции зрения; 70 % показателей качества и безопасности пищевых продуктов и сырья в технологии: сахар в свекле и напитках; цветность пива и вина; сухие вещества в жидкостях; цветность муки, сахара, жидкостей; содержание токсичных элементов; при контроле качества в полиграфии, производстве фотоматериалов, бумаги, как таковой, денежных знаков, ценных бумаг; при контроле и защите окружающей среды и эффективности сгорания топлив – по качеству выхлопа дизельных двигателей автотранспортных средств и печных дымов ТЭЦ; при контроле выходной мощности излучений в терапии: соляриях и кабинетах лазерной и ультрафиолетовой терапии, в клиниках, больницах и санаториях.

В настоящее время эталонную базу оптико-физических измерений УкрЦСМ составляют:

- 5 исходных эталонов Украины. Это: вторичный эталон единиц угла вращения плоскости поляризации, вторичный эталон единиц редуцированных коэффициентов направленного пропускания, компаратор-рефрактометр 1-го разряда, поляриметр универсальный фотоэлектрический для измерения разности хода при двойном лучепреломлении;

- 9 исходных эталонов УкрЦСМ;

- более 40 рабочих эталонов.

От этих эталонов единицы физических величин передаются сотням тысяч рабочих средств измерений. Передача единиц и контроль точности измерений происходят через государственные испытания, метрологическую аттестацию, поверку и калибровку средств измерений, аттестацию методик выполнения измерений, межлабораторные сравнения результатов измерений.

Современное развитие оптического приборостроения требует совершенствования существующей эталонной базы. С этой целью в головной

организации Госпотребстандарта Украины по оптико-физическим измерениям – Харьковском Государственном научно-исследовательском институте метрологии и УкрЦСМ продолжаются работы по созданию государственных эталонов единиц оптико-физических величин.

Ключевые слова: метрологическое обеспечение, точность, оптико-физические измерения, эталоны.

УДК 681.586.57 : 681.7.015.2

МИНИАТЮРНЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ДАТЧИК ЛИНЕЙНОГО И УГЛОВОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

Краковный А. А.¹⁾, Конопальцева Л. И., Раренко И. М.²⁾, Молодык А. В., Белинский И. Д., КП “ЦКБ “Арсенал”, г. Киев, Украина. ¹⁾Научно-исследовательский инженерно-внедренческий центр приоритетных технологий оптической техники, г. Киев, Украина. ²⁾Черновицкий национальный университет, г. Черновцы, Украина.

При разработке инфракрасных оптико-электронных приборов возможно использование миниатюрных фотоэлектрических растровых преобразователей линейных и угловых перемещений в виде оптоэлектронных микросхем, работающих на отражении света. Совокупность специфических требований к такого рода датчикам определяет их постоянное совершенствование, в основном в части достижения высокой разрешающей способности, например, не хуже 0,1 - 0,2 мм линейного перемещения, высокого уровня сигнала и в широком температурном интервале.

Как следует из расчетов координатной характеристики отражательного оптрона, рост ее амплитуды при движении края полубесконечной отражающей плоскости на расстоянии до 1 мм от поверхности активных элементов происходит на протяжении 0,4 - 0,5 мм, что в основном и определяет разрешающую способность существующих датчиков. Задача доведения ее до уровня 0,1 - 0,2 мм решена при разработке серийноспособной конструкции оптоэлектронной многоканальной микросхемы с улучшенной координатной характеристикой, являющейся продолжением ряда работ по этой тематике.

В корпусе стандартной 16-ти выводной металлокерамической микросхемы типа 402.16.39 размером 12х9х3 мм созданы два независимых оптических канала на расстоянии 5 мм друг от друга с безкорпусной логической схемой, оптические фокусирующие элементы в виде шариковых входных и выходных стеклянных микролинз, прецизионно сформированных стеклоспаем в коваровой крышке микросхемы, передающие излучение от инфракрасных безкорпусных излучателей GaAlAs на растр и далее к безкорпусным фототранзисторам типа п-р-п на основе эпитаксиального кремния. При этом создается изображение растра в области узкой фотоприемной площадки фототранзистора. Как показали измерения координатных характеристик на стенде, позволяющем производить

прецизионные перемещения растра в трех взаимноперпендикулярных направлениях, расположение цепочки “излучатель - линза - фотоприемник” оптимально.

Разработанные датчики прошли успешные испытания также в составе оптико-электронной аппаратуры, при которых были подтверждены их высокие технические характеристики.

Ключевые слова: оптоэлектронный датчик, растр, фототранзистор, разрешающая способность.

УДК 531.748

ДВУХНАПРАВЛЕННЫЙ АВТОКОЛЛИМАТОР

Мусяненко В.Ю. Казенное предприятие "Центральное конструкторское бюро "Арсенал", г. Киев, Украина

В представленном докладе приведен принцип работы, устройство и результаты экспериментальных исследований макета двухнаправленного автоколлиматора, предназначенного для измерения в реальном масштабе времени взаимного углового положения элементов конструкции объекта.

Областью применения данного автоколлиматора являются навигационные и геодезические приборы, приборы точной механики.

Особенностью конструкции двухнаправленного автоколлиматора, является моноблок, состоящий из объектива, разделительной призмы, анализирующего фотодиода и блока подсветки (двух излучателей с разными информационными параметрами - длиной волны излучения). В оптических элементах автоколлиматора использовано специальное покрытие, обеспечивающее энергетическое разделение измерительных каналов, при этом влияние одного канала на другой не более 0,01%.

Ключевые слова: измерители углов, автоколлиматор, двухнаправленный автоколлиматор.

УДК 681.7.013.8

ВИМІРЮВАЛЬНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОБ'ЄКТИВІВ

Ліхоліт М.І., Маркочев А.С., Овчар М.І., Полежаев В.В., Соболев В.П., Тягун В.М.¹⁾, Кучеренко О.К., Кравченко І.В.²⁾, ¹⁾КП ЦКБ “Арсенал”, м. Київ, Україна; ²⁾Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Сучасний розвиток оптико-електронного приладобудування вимагає досконального вивчення якості зображення, що створює об'єкти, як один з ланцюгів оптико-електронного приладу. Найбільш повно об'єкти може бути охарактеризований оптичною передавальною функцією (ОПФ), а саме її

модулем модуляційною передавальною функцією (МПФ) та аргументом функцією передачі фази (ФПФ). Ці критерії визнані міжнародною системою стандартизації (ISO) як найбільш інформативні і універсальні.

Нами був створений вимірювально – обчислювальний комплекс для визначення МПФ та ФПФ об'єктів, що виготовляються для приладів різного призначення на КП ЦКБ “Арсенал”. Комплекс призначений для контролю якості зображення об'єктів, що мають наступні характеристики:

- | | |
|--|---|
| - спектральний діапазон роботи | - $\Delta\lambda = 404 - 786 \text{ нм.}$ |
| - діапазон фокусних відстаней | - $f = 20 - 550 \text{ мм.}$ |
| - кут поля зору | - $\omega = 0 - 60^\circ$ |
| - світловий діаметр | - $D = 5 - 145 \text{ мм.}$ |
| - коефіцієнт пропускання | - $\tau = 0,5.$ |
| - розрахункове значення максимальної розподільної здатності при рівні контрасту $T(v) = 0.1$ | - $v = 100 \text{ мм}^{-1}$ |

Принцип дії комплексу заснований на вимірюванні функції розсіювання лінії об'єктива, що випробується, з наступним обчислюванням швидкого перетворення Фур'є для визначення значень МПФ та ФПФ. Програмне забезпечення комплексу містить ряд заходів, що сприяють підвищенню швидкості та точності вимірювань. Контроль проводиться в реальному масштабі часу.

В докладі наведені основні теоретичні положення, на яких ґрунтується робота комплексу. Визначені вимоги до точності окремих оптико-механічних та електронних вузлів комплексу виходячі з припустимої похибки вимірювань. Відображені особливості програмного забезпечення. Також приведені дані по результатах метрологічної атестації комплексу за допомогою зразкових об'єктів з наперед розрахованими значеннями МПФ та ФПФ. Похибками виготовлення та складання цих об'єктів можна зневажати в наслідок їх простої конструкції.

Проведені метрологічні випробування комплексу показали, що похибка вимірювання значень МПФ та ФПФ лежить в межах 0,025-0,035 одиниць величини, що вимірюється.

Ключові слова: об'єктив, вимірювання, оптична передавальна функція.

УДК 535.361

РОЗРАХУНКИ ДВОНАПРАВЛЕНОГО КОЕФІЦІЄНТА РОЗСІЯННЯ ПРИ ВСІХ КУТАХ ПО НЕЗНАЧНІЙ КІЛЬКОСТІ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ТОЧОК

*Макаренко О.В., Шайкевич І.А. Київський національний університет імені
Тараса Шевченка, пр.Глушкова 6, фізичний факультет, 03127 Київ, Україна.
E-mail: almakar@phys.univ.kiev.ua*

Однією з основних оптичних характеристик об'єкта є його коефіцієнт розсіяння, який обчислюється як відношення світлового потоку, розсіяного цим об'єктом до світлового потоку, який розсіюється еталонним зразком при тих самих умовах освітлення та спостереження розсіяного світла. Останнє широко використовується в колориметричних вимірюваннях. За еталонний зразок обирають так званий ідеальний розсіювач, який розсіює все світло, що на нього падає, причому розсіяння відбувається ізотропно. Оскільки, всі відомі об'єкти розсіюють світло анізотропно, коефіцієнт розсіяння буде змінюватись при зміні умов освітлення та спостереження.

Уникнути цієї неоднозначності можна визначивши так званий двонаправлений коефіцієнт відбивання об'єкта. Процедура визначення двонаправленого коефіцієнта відбивання об'єктів, які використовуються як робочі еталони отримала назву гоніофотометричної калібровки. Гоніофотометрична калібровка містить велику кількість вимірювань і потребує багато часу. Саме тому ця процедура застосовується лише для еталонних об'єктів. Коефіцієнт розсіяння всіх інших об'єктів визначається при одній з чотирьох стандартних умов освітлення, які були затверджені Міжнародною комісією по освітленню. Такий підхід не надає вичерпних даних про світлорозсіюючі характеристики об'єкта, однак дозволяє суттєво зменшити час вимірювань.

Враховуючи сказане вище, швидке визначення двонаправленого коефіцієнта відбивання об'єктів є актуальною задачею. На думку авторів її вирішення пов'язано з побудовою адекватної фізичної моделі світлорозсіяння. Тоді, за результатами незначної кількості гоніофотометричних вимірювань визначаються основні параметри моделі, після чого, за цими параметрами обчислюється значення двонаправленого коефіцієнта розсіяння. На сьогоднішній день, на основі результатів теорії переносу авторами розроблена модель розсіяння світла для об'єктів з гладкими поверхнями. Результати наших розрахунків згідно запропонованої моделі добре узгоджуються з даними експериментів інших авторів.

Ключові слова: розсіяння світла, гоніофотометрична калібровка.

УДК681.7

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИФРАКЦИОННО-ОГРАНИЧЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Полежаев В.В., Тягун В.М. КП «ЦКБ «Арсенал», г.Киев, Украина

С появлением интерферометрических комплексов с математической обработкой интерферограммы от поверхности оптического элемента и аппроксимации и разложения отклонения волнового фронта в ортогональный ряд полиномов Цернике стало возможным описание отклонения формы поверхности, как математической модели. Примером такого

інтерферометричного комплексу може служити, успішно експлуатуючись в КП «ЦКБ «Арсенал», інтерферометр ИКД-Р з програмою обробки інтерферограм «Zebra». Погрешність вимірювання середньоквадратичного відхилення хвильового фронту цим комплексом становить $\lambda/500$.

Кожна оптична поверхня, виготовлюваного об'єктива, контролюється на інтерферометрі, в результаті чого для кожної поверхні отримуємо математичну модель відхилення форми поверхні від заданої в вигляді коефіцієнтів полінома Церніке, середньоквадратичного відхилення хвильового фронту ($W_{СКВ}$) і розмаху максимальних відхилень хвильового фронту ($PV - peak to valley$).

Одним із суттєвих факторів, впливаючих на якість зображення оптичних систем, близьких до дифракційних, є якість оптичного матеріалу і особливо оптична неоднорідність Δn .

Визначення неоднорідності показателя заломлення проводиться на плоскопаралельній пластині з допомогою інтерферометричного комплексу. Значення розмаху (PV), в одержаній інтерферограмі, викликане максимальною неоднорідністю показателя заломлення в матеріалі контролюваної пластини.

В доповіді наведено методика, за якою відбувається врахування реальних деформацій поверхонь оптичних деталей і пошук юстировочних підвижок в оптичній системі, а також методика визначення неоднорідності показателя заломлення інтерферометричним способом.

Ключові слова: інтерферограма, середньоквадратичне відхилення хвильового фронту, неоднорідність показателя заломлення.

УДК 535.317.6

МОДЕЛЬ ПАРАЛАКТИЧНОЇ ПОХИБКИ КОЛІМАТОРНОГО ПРИЦІЛА НА БАЗІ СФЕРИЧНОГО ДЗЕРКАЛА ЗІ ЗМІЩЕНОЮ ГЕОМЕТРИЧНОЮ ВІССЮ

Сенаторов М.В. КП «ЦКБ «Арсенал» м. Київ, Україна

В теперішній час при створенні коліматорних прицілів для стрілецької зброї багато фірм-виробників – «Falcon» (США), «Рифей» (Росія), «Ring Sight Ltd.» (Велика Британія) та інші роблять ставку на прості дзеркальні меніскові схеми. Їхня перевага перед лінзовими в тому, що світлоподільник (спектроподільник) на концентричному меніску одночасно виконує функції колімації зображення прицільної сітки та суміщення її з простором цілей і тим самим спрощує конструкцію прицілу. Однак специфіка компоновки дзеркальної меніскової схеми передбачає зміщення геометричної осі дзеркального об'єктива відносно сітки, що веде до збільшення похибки кутового положення лінії прицілювання, яка обумовлена сферичною аберрацією.

Методи, які зараз використовують при оцінці цієї похибки (“паралаксу” стосовно до коліматорної схеми), потребують складного математичного апарату.

Мета даної роботи – розробка простої моделі, яка дозволяла б конструктору вже на етапі габаритного розрахунку оптичної схеми приціла визначати паралакс і раціонально обирати її технічні характеристики.

Основу моделі складають графіки, які отримано за певним алгоритмом для коліматорних схем на базі дзеркально-лінзового елемента та суто дзеркального меніска зі зміщеною геометричною осью.

Графіки також можуть бути використані для знаходження положення лінії прицілювання, при якій паралакс буде симетричним при зміщенні ока стрільця в межах вихідної зіниці.

Ключові слова: коліматорний приціл, дзеркально-лінзовий елемент, дзеркальний меніск.

УДК 535.317.1

МОДУЛЯЦИОННАЯ ПЕРЕДАТОЧНАЯ ФУНКЦИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ДЕФОРМАЦИИ ВОЛНОВОГО ФРОНТА

Тягур В.М. КП «ЦКБ «Арсенал», г.Киев, Украина.

Современное оптическое приборостроение позволяет разрабатывать оптические системы с качеством изображения, близким к дифракционному. Но такие системы требуют и особого подхода к пониманию факторов, влияющих на снижение качества изображения в процессе расчета, изготовления и сборки оптического прибора.

Существует несколько критериев качества изображения оптических систем, основанных на определении допустимых отклонений волнового фронта от идеального. Хорошо известен критерий Релея, согласно которому оптическую систему можно считать совершенной, если наибольшее отклонение или размах деформации волнового фронта $\Delta W_{\max} \leq \lambda/4$. Так как волновая абберация может иметь более сложный вид, то более удобно применять критерий среднеквадратической деформации волнового фронта.

$$W_{CKB} = \sqrt{\iint_S (W - \bar{W})^2 dS} = \sqrt{\bar{W}^2 - (\bar{W})^2}$$

Согласно Марешалю оптическую систему можно считать совершенной, хорошо корригированной, если нормированная освещенность:

$$S_t \geq 0,8 = 1 - \frac{4\pi^2}{\lambda^2} W_{CKB}^2$$

Отсюда следует, что допуск на деформацию волнового фронта равен:

$$W_{CKB} \leq 0,071\lambda$$

В соответствии с международным стандартом ISO10110-5 и отраслевым стандартом ОСТ 5476-83 деформация волнового фронта, измеряемая интерферометрическим методом при контроле оптической системы или деформации оптической поверхности, характеризуется двумя величинами:

- 1) среднеквадратической деформацией волнового фронта $W_{СКВ}$ (RMS);
- 2) размахом деформации волнового фронта PV (peak to valley).

При одной и той же $W_{СКВ}$ размах деформации может быть различным для различных типов аберраций, а соотношение между размахом и среднеквадратической деформацией может находиться в больших пределах.

В данной статье рассматривается соотношение между размахом и среднеквадратическим отклонением волнового фронта для различных видов аберраций, а также влияние различных видов деформации волнового фронта на качество оптической системы, в частности на модуляционную передаточную функцию.

Ключевые слова: среднеквадратическое отклонение волнового фронта, размах отклонений, коэффициенты полинома Цернике, модуляционная передаточная функция.

УДК 535.32, 681.7

ЛАЗЕРНИЙ ЕЛІПСОМЕТР ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ПОВЕРХНІ ВЕЛИКИХ РЕАЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Мельниченко Л.Ю., Титарчук Б.Б., Шайкевич И.А. Кафедра оптики фізичного факультету
Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, г. Київ, Україна*

При еліпсометричних дослідженнях стану поверхні металічних зразків (шари адсорбованих молекул і шари, що виникли внаслідок хімічних реакцій) досліджувані зразки встановлюються на столику гоніометра, який є невід'ємною частиною кожного еліпсометра або спектроеліпсометра. Як правило, це невеликі по площі плоскі дзеркала. Для реальних металічних об'єктів великих розмірів, вищезгадані еліпсометри не годяться. Тому нами запропонована схема лазерного еліпсометра для дослідження стану поверхні реальних об'єктів. Еліпсометр працює на застосуванні метода Бітті. Вхідна частина еліпсометра складається з лазера, промінь якого вводиться в оптичне волокно, що розгалужується на три оптичні волокна, розміщених в одній площині. Волокна закріплюються в металічній коробці у формі прямокутного паралелепіпеда і закріплюються в ній так, що площина в якій розміщені волокна, перпендикулярна площині падіння світла на досліджуваний об'єкт. Поверхня об'єкта притискається до поверхні коробки, в якій є отвір для проходження світлових променів. Три лазерні пучки, що виходять з трьох волокон проходять крізь поляризатор (поляроїд) Поляроїд орієнтовано так, що його площина поляризації розміщена під кутом 45^0 до р- та s-напрямів падіння на об'єкт світлової хвилі. Три волокна закріплюються в коробці так, щоб кут

падіння на об'єкт був 70^0 . Для більшості металів цей кут близький до головного кута падіння у видимій ділянці спектру. Пройшовши крізь поляроїд, а також лінзу, в фокальній площині якої знаходяться кінці оптичних волокон, три пучки відбиваються від досліджуваного об'єкту і надходять на лінзу, в фокальній площині якої знаходяться три фотоприймачі, що закріплені в коробці. Перед кожним приймачем стоїть поляроїд. Вони орієнтовані по різному. Один має площину поляризації, що співпадає з р-напрямком відбитої хвилі, другий з s-напрямком і третій розміщено так, що його площина поляризації розміщена під кутом 45^0 до р- та s-напрямів. Одержані три сигнали підсилюються електронною системою, порівнюються, як це описується в методі Бітті, і за допомогою ЕОМ одержуються значення еліпсометричних параметрів. Якщо відомий метал, або металічний сплав, з якого зроблено досліджуваний об'єкт, то за допомогою тієї ж ЕОМ можна визначити як показник заломлення поверхневого шару на досліджуваному об'єкті, так і його товщину. Запропонований прилад цікавий ще й тим, що можна провести сканування по поверхні об'єкту і визначити неоднорідність поверхневого шару.

Ключові слова: еліпсометр, еліпсометричні параметри, поверхневий шар, показник заломлення.

УДК 520.36+523.4+4-852

РАСЧЕТ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ВХОДНОЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ АСФЕРИЧЕСКОЙ ОПТИКИ ДЛЯ ИК-ПРИБОРА

Иванов Ю.С., Монсар О.А. Синявский И.И. Главная астрономическая обсерватория НАНУ, г. Киев, Украина.

В настоящей работе рассматриваются некоторые практические вопросы расчета и изготовления входной зеркальной оптики фурье-спектрометра, где фокусирующий элемент имеет профиль деформированной асферической поверхности, которую можно представить следующим уравнением:

$$z = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{(1+k)c^2r^2}} + \alpha_1 r + \alpha_2 r^2 + \alpha_3 r^3 + \alpha_4 r^4 + \alpha_5 r^5 + \alpha_6 r^6$$

где $c = \frac{1}{r}$ - кривизна поверхности, r - радиальная координата, k - константа,

характеризующая профиль поверхности (-1 для параболы), $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$ - коэффициенты деформации.

Исходными параметрами для расчета являются диаметр входного зрачка системы r , а также значение величины выходной апертуры, задаваемое углами α и β .

Разработанные методы расчета и технология изготовления асферических поверхностей имеют преимущества по сравнению с изготовлением асферики

алмазным точением: - простота и доступность, а следовательно - и существенное уменьшение стоимости производимых деталей.

Изготовление подразумевает процесс обработки материала (алюминиевого сплава) путем точения резцом с острой режущей кромкой на токарном станке с использованием специально разработанных приспособлений, а затем дальнейшую полировку рабочей поверхности.

Размер пятна на выходе такой системы составляет менее 0.7 мм при $\beta \approx 30^\circ$, что является приемлемым для ИК диапазона.

Ключевые слова: зеркальная оптика ИК-диапазона, асферическая поверхность, конус.

УДК 523

АСТРОНОМИЧЕСКИЙ СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

*Видьмаченко А.П., Неводовский П.В., Бардаш А. Главная астрономическая обсерватория
НАН Украины, г. Киев, Украина*

Разработанный в ГАО НАНУ двухканальный астрономический спектрополяриметр (АСП) совмещает в себе спектрометр и фильтровый фотометр, и позволяет одновременно измерять все четыре параметра Стокса для поляризационного излучения. Для АСП разработано и изготовлено светоприемное устройство, состоящее из охлаждаемой фотометрической головки на базе двух фотоумножителей с InGaAs-фотокатодом, работающих в одноэлектронном режиме и чувствительных в диапазоне длин волн 330-1060 нм. Блок термостабилизации собран на термобатареях, работающих на эффекте Пельтье, и представляет собой устройство, позволяющее охлаждать фотоприемник в диапазоне температур $+2^\circ\text{C} \div -20^\circ\text{C}$ с дискретностью 1°C и стабилизировать выбранную температуру с точностью $\pm 0.5^\circ\text{C}$. Для измерения компонент матрицы вектора Стокса на оптическую ось АСП вводятся специальные оптические элементы - анализаторы, преобразующие параметры Стокса Q , U и V в изменения полной интенсивности I . Выполнение поставленной задачи реализовано при помощи специально разработанного алгоритма, и конструктивно выполненного в блоке «вычислительно-технический комплекс», состыкованном с персональным компьютером, в котором находится электронная плата PCL-830, представляющая собой 10 независимых счетчиков с 32 программируемыми арифметическо-логическими входами и выходами. Устройство обработки входной информации осуществляет прием входной информации от охлаждаемых блоков фотометрических головок и последующую ее обработку по одному из алгоритмов, задаваемых выбором соответствующего режима измерения. При этом основная программа управления АСП координирует взаимодействие всех

его узлов с электромеханическими устройствами, находящимися в оптико-механическом блоке. Режим работы задается с клавиатуры персонального компьютера с отображением задаваемой информации на его дисплее в соответствующих окнах различной глубины вложения. Структурно АСП состоит из: оптико-механического блока; блока вычислительно-технический комплекс; персонального компьютера типа РС 486-686; комплексного блока низковольтного питания; высоковольтного блока питания; охлаждаемых блоков фотометрических головок; комплекта кабелей соединительных.

Ключевые слова: спектрометр, фотометр, поляриметр, дистанционные измерения, фотометрия, поляриметрия, спектрометрия.

УДК 523

ЦИФРОВОЙ ПАНОРАМНЫЙ ПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НЕБЕСНЫХ ОБЪЕКТОВ.

Видьмаченко А.П., Делец А.С., Неводовский П.В., Андрук В.М. Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, г. Киев, Украина

Поляризационный метод изучения небесных объектов по ряду объективных причин является весьма эффективным средством для определения их оптических и физических параметров. Астрономический наблюдательный комплекс «Цифровой панорамный поляриметр» (ЦПП) - результат длительной и целенаправленной работы по созданию и освоению аппаратуры для панорамной поляриметрии проведенной в ГАО НАНУ. Сейчас создан экспериментальный образец ЦПП - оригинальной астрономической телевизионной установки с высокочувствительным приемником “суперизокон” типа ЛИ-804 и оптико-механическим блоком, в состав которого входит поляроидный модулятор с вращающейся ахроматической фазовой пластинкой оригинальной конструкции большого размера. ЦПП позволяет определять полный вектор Стокса поляризованного оптического излучения от источников, дающих изображение в фокальной плоскости телескопа, а также в лабораторных условиях. Прибор предназначен для регистрации и обработки изображений в фокальной плоскости телескопа в режимах фотометрии и поляриметрии и обеспечивает следующие технические характеристики: спектральный диапазон 350-750нм; кадр разделяется на 1024 элементов в линии и на 4096 линий по полю; размер рабочего поля в фокальной плоскости (22x22)мм²; полное поле 7.5x7.5 (угл. мин.) с разрешением 0.45"x0.45" на один элемент разложения; каждый элемент в текущем кадре раскладывается на 256 уровней по интенсивности со следующим вводом и обработкой на РС в режимах фотометрии и поляриметрии и с возможностью накапливать сигнал для увеличения экспозиции; точность измерения линейной поляризации до 0.3%; при наблюдениях регистрируются звезды до 17 звездной величины;

создан комплекс программ в операционных системах UNIX/MIDAS/ROMAFOT и WINDOWS/IDL для обработки телевизионных кадров изображений звездных полей и для получения позиционных и фотометрических характеристик зарегистрированных с помощью ЦПП объектов; обеспечена привязка к точному времени получаемых данных. До конца 2003 г. планируется модернизировать ЦПП, использовав астрономическую камеру с охлаждаемой ПЗС-матрицей. Это позволит получать поляризационную информацию в спектральном диапазоне 340-1000 нм.

Ключевые слова: цифровой панорамный поляриметр, дистанционные измерения, фотометрия, поляриметрия, редукция изображений, точные положения небесных объектов.

УДК 621.384.3

МАКСИМАЛЬНА ДАЛЬНІСТЬ ВИЯВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОННО-ОПТИЧНОГО ВІЗИРА

Гордієнко В.І. ВО "Фотоприлад", м. Черкаси, Україна; Олексенко О.В. Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

Електронно-оптичні візирі (ЕОВ), призначені для спостереження за об'єктами в нічних умовах та в умовах пониженої освітленості, знайшли широке застосування в військовій справі. Найбільш важливою характеристикою таких візирів є максимальна дальність виявлення об'єкта, яку можна розуміти як максимальну відстань між ЕОВ та об'єктом спостереження, при якій спостерігач виявляє на екрані електронно-оптичного перетворювача (ЕОП) об'єкт із заданою імовірністю. Розроблено узагальнену математичну модель для ЕОВ активного та пасивного типів:

$$C_{sth} + I = \frac{\pi R_D k_r}{j_{th}} \frac{D_o^2}{4 f_o'^2} e^{-K_A R} \cdot \int_0^\infty \iota_o(\lambda) \left[E_n(\lambda) + \frac{I}{R^2} e^{-K_A R} I_s(\lambda) \right] [\rho_t(\lambda) - \rho_b(\lambda)] d\lambda$$

де C_{sth} - пороговий контраст об'єкта на екрані ЕОП; f_o' - фокусна відстань об'єктива; R_D - інтегральна чутливість фотокатода ЕОП; k_r - коефіцієнт використання випромінювання об'єкта фотокатодом ЕОП; j_{th} - густина току термоелектронної емісії фотокатода; D_o - вхідна зіниця об'єктива; K_A - коефіцієнт ослаблення атмосфери; R - відстань спостереження об'єкта; $\iota_o(\lambda)$ - спектральний коефіцієнт пропускання об'єктива; $E_n(\lambda)$ - спектральна освітленість об'єкта; $I_s(\lambda)$ - спектральна сила випромінювання прожектора; $\rho_t(\lambda)$, $\rho_b(\lambda)$ - відповідно спектральні коефіцієнти відбиття об'єкта та фону.

Отримане трансцендентне рівняння дозволяє дослідити залежність максимальної дальності виявлення від параметрів прожектора (активний режим), об'єкта, атмосфери, об'єктива та ЕОП.

В результаті аналізу даної моделі проведено дослідження впливу на максимальну дальність виявлення коефіцієнту ефективності ЕОВ. Аналіз засвідчує, що збільшуючи коефіцієнт ефективності можна збільшити максимальну дальність виявлення. На коефіцієнт ефективності впливають наступні параметри: відносний отвір об'єктива; коефіцієнт пропускання об'єктива; коефіцієнт перетворення ЕОП; електронно-оптичне збільшення ЕОП; коефіцієнт використання випромінювання.

Аналіз математичної моделі дозволяє дослідити вплив параметрів ЕОВ, та проводити синтез активних та пасивних візирів.

Ключові слова: електронно-оптичний перетворювач, візир, максимальна дальність виявлення.

УДК 621.384.326

ВПЛИВ ЗОРОВОГО СПРИЙНЯТТЯ ЗОБРАЖЕННЯ НА МАКСИМАЛЬНУ ВІДСТАНЬ ВИЯВЛЕННЯ ОБ'ЄКТА ТЕЛЕВІЗІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

Гордієнко В. І. ВО “Фотоприлад”, м. Черкаси, Україна; Прожсейко О. Б. Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

Тепловізійні системи спостереження (ТСС) знайшли широке застосування в охоронних системах та військовій справі. Найбільш важливою узагальненою характеристикою ТСС є максимальна відстань виявлення об'єкта MDR (Maximum Detectable Range). Існує ряд методик розрахунку максимальної відстані виявлення, в основі яких лежить визначення порогового контрасту в зображенні об'єкта спостереження. Однак ці методики не в повній мірі враховують закони зорового сприйняття оператором зображення об'єкта на екрані дисплею. Виходячи з того, що контрастна чутливість зору є дуже важливим фактором при розрахунку MDR, потрібна більш ефективна та достовірна методика розрахунку контрастної чутливості зору. Була розроблена модель, в якій відсутні недоліки ранніх методик та враховуються такі фактори як ймовірність виявлення оператором, зашумленість зображення об'єкта, кутові розміри зображення об'єкта та час пред'явлення зображення. По розробленій методиці був проведений розрахунок MDR для ПЗЗ матриці 1 200 ЦМ 2А з кількістю чутливих елементів 576 x 360 і розміром чутливого елемента 24 x 21 мкм; для об'єкта розміром 2,3 x 2,3 м з коефіцієнтом відбиття 0,3 м і рівномірного фону з коефіцієнтом відбиття 0,15; розмір екрана 9 x 6 см, фокусна відстань об'єктива $f'_0 = 100 \text{ мм}$, діафрагмове число $k_0 = 1$; ймовірність виявлення об'єкта 90 %; метрологічна відстань видимості 20 км, освітленість поверхні Землі 10 лк. В результаті розрахунку отримали максимальну відстань виявлення 7,1 км.

Принципово новий підхід, який можна використати для розрахунку контрастної чутливості зору та застосувати для розрахунку MDR,

запропонували вчені Vehicle Detectability Research Team US Army. Вони розробили новий принцип математичного моделювання системи сприйняття та побудови зображень людиною на основі розширеного аналізу даних Блеквела Мак Кріді (BM) – закон $(ABC)_t$. Даний закон оперує чотирма важливими параметрами: A – площа області знаходження цілі; B – яскравість фону; C – пороговий контраст; t – час пред’явлення зображення. Цей закон описується сімейством гіпербол і відображає взаємозв’язки між головними параметрами A , B , C і t , що дозволило знайти аналітичний зв’язок між цими параметрами у вигляді рівняння закритої форми. При такому підході підвищується точність розрахунків контрастної чутливості зору.

Ключові слова: тепловізійна система, максимальна відстань виявлення, закони зорового сприйняття зображення

УДК 681.327.66:621.38

ЙМОВІРНІСТЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ’ЄКТА ОГЛЯДОВОЮ ТЕЛЕВІЗІЙНОЮ СИСТЕМОЮ

*Гаврилюк А.І. Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Розпізнавання зображення об’єкта на екрані дисплея є однією з важливих завдань, що стоять перед оглядовими телевізійними системами (ОТВС). Вирішення задачі розпізнавання зображення об’єкта залежить від якості зображення, яке формується ОТВС, умов спостереження, зорового сприйняття оператора та алгоритмів обробки зображення. Головним показником, що відображає процес розпізнавання зображення об’єкта є ймовірність розпізнавання P_r , яка показує ймовірність віднесення виявленого об’єкта до вузького класу об’єктів. Існує ряд фундаментальних робіт присвячених розпізнаванню та обробці зображень. Аналіз науково-технічної літератури свідчить про те, що немає єдиного підходу до визначення ймовірності розпізнавання об’єкта в ОТВС, який би враховував енергетичні характеристики об’єкта, дальність до об’єкта, стан атмосфери, матричну структуру приймача випромінювання, характеристики ОТВС і зорове сприйняття оператора.

В загальних випадках ймовірність розпізнавання об’єкта з урахуванням кількості елементів та величини сигналу матричного приймача випромінювання (МПВ) можна записати у вигляді:

$$P_r = P_d P_r(N),$$

де P_d - ймовірність виявлення об’єкта з урахуванням зорового сприйняття оператора; $P_r(N)$ - ймовірність розпізнавання об’єкта в залежності від кількості ліній N по горизонталі та вертикалі, що укладаються в зображення об’єкта (критерій Джонсона).

Отриманий аналітичний вираз для обчислення ймовірності розпізнавання об'єкта ОТВС враховує енергетичні параметри об'єкта і фону, матричну структуру приймача випромінювання, характеристики ОТВС і зорове сприйняття оператора. При підстановці конкретних параметрів у даний вираз, можна проаналізувати вплив характеристик ОТВС, параметрів МПВ на процес розпізнавання зображення об'єкта в ОТВС. При заданих параметрах об'єкта та характеристиках ОТВС також можна визначити максимальну дальність розпізнавання зображення об'єкта ОТВС.

Ключові слова: телевізійні системи, матричний приймач випромінювання (МПВ), ймовірність розпізнавання об'єкта.

УДК 535.345.6

МОДЕЛЬ СТОХАСТИЧНОГО ПОЛЯ З ПЛЯМИСТОЮ ТЕКСТУРОЮ

*Коваль С. Т. Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Побудова оптимальних оптико-електронних приладів, їх аналіз і синтез неможливий без необхідної інформації про шуми. В більшості випадків перш за все зовнішні оптичні шуми і завади обмежують потенційні можливості оптико-електронних приладів. Тому отримання кількісних статистичних характеристик фонових утворень експериментальними або аналітичними методами є актуальною і складною задачею, особливо, коли фон неоднорідний.

Відомі теоретичні моделі, які розроблені для найпростіших плямистих полів, утворених випадково розташованими квадратами, кружечками або іншими елементами однакового розміру з однаковим контрастом на тлі рівномірного поля.

Розглядається альтернативний до відомих підхід синтезу моделі ізотропного стохастичного поля з плямистою структурою, яке складене з однаково контрастних кружечків різного розміру. Розподілення їх центрів при цьому підпорядковано закону Пуасона, а їх розмірів – експоненціальному закону. Таку, приблизно, текстуру має зоряне небо, полірована поверхня металів і композитних матеріалів, кров або віруси у полі зору мікроскопа з великим збільшенням, тощо.

Для вказаної моделі отримані формули для розрахунку математичного очікування і автоковаріаційної функції, розглянуті додаткові приклади з іншими структурами. На основі статистичної моделі стохастичного поля, запропонований просторово – часовий підхід визначення фотосигналу, який утворюється під час сканування плямистого фону полем зору певної конфігурації і розміру. Завдяки отриманим співвідношенням досліджено, як плямистий фон і поле зору впливають на кількісні параметри і характеристики випадкового фотосигналу оптико-електронного приладу.

Ключові слова: оптичний фон, стохастичне поле, випадкове поле, ймовірна модель.

УДК 681.78.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРОВ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЭВМ

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

Анализатор изображения является важной частью оптико-электронного прибора, определяющей первичную обработку информации.

До 1950-1960 гг. анализ растровых анализаторов изображений носил, в основном, эмпирический характер. На сегодняшний день теория подвижных анализаторов изображений хорошо проработана и широко известна. Однако, практическое её использование позволяет получить конечное выражение для фотоэлектрического сигнала только в простейших случаях.

С увеличением быстродействия и объёма памяти ЭВМ появилась возможность смоделировать процесс формирования фотоэлектрического сигнала в реальном масштабе времени и следить за его изменениями как во временной, так и в спектральной областях.

С помощью такой модели можно исследовать влияние топологии растров и функций облучённости изображения на характер изменения выходного фотоэлектрического сигнала в динамическом режиме.

Цель работы – разработать программный продукт для компьютерного моделирования обобщенного подвижного анализатора, показать его адекватность теории и продемонстрировать возможность анализа и оптимизации растровых систем; указать перспективы развития данного направления, дать рекомендации для дальнейших работ.

В работе дано описание модели подвижного анализатора, показаны её возможности, даны рекомендации по её использованию.

Входные данные (распределение коэффициента пропускания анализатора, распределение освещённости в плоскости анализатора изображения, движение анализатора) выбираются и могут модифицироваться пользователем из заранее сформированной базы или вводятся им непосредственно. Выходные данные (сигнал, снимаемый с приёмника излучения, и его спектр), а также другая необходимая информация выводятся на дисплей.

Программный продукт может быть использован в качестве дополнения к расчёту и анализу оптических систем.

Ключевые слова: растры, оптические анализаторы, оптико-электронные приборы.

ЭФФЕКТИВНАЯ ПРОГРАММА АВТОМАТИЗАЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

*Попов В.О., Яцук В.П. Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко,
г. Киев, Украина.*

В работе предлагается программа автоматизации спектральных измерений и обработки экспериментальных данных, позволяющая существенно повысить производительность и удобство таких измерений с помощью общедоступной аппаратуры.

Программа позволяет проводить измерения и обработку данных по заданному экспериментатором сценарию. Изменение сценария осуществляется редактированием файла, отдельного от основного тела программы.

Программа имеет удобный многооконный интерфейс, позволяющий одновременно наблюдать как измеряемые, так и обработанные по заданной методике данные, а также графики изменения входных и обработанных сигналов. Существует возможность менять условия измерений в их процессе. Измеряемые данные записываются в базу, что является электронным вариантом журнала измерений. Это позволяет легко находить и отбирать данные по необходимому критерию, используя все возможности работы с базами данных.

Программа поддерживает формат MS EXCEL, что обеспечивает удобство работы при совместном использовании пакета MS Office. Предусмотрено взаимодействие с другими программами через OLE, что придает гибкость при работе программы в комплексе с другими системами.

Описано использование программы в автоматизированном спектральном комплексе, который включает лазерные и обычные источники светового излучения, монохроматоры (МДР-2 и МДР-4), ФЭУ, АЦП-ЦАП и компьютер с операционной системой Windows 95 (или выше). Комплекс позволяет регистрировать и обрабатывать спектры люминесценции, генерации, поглощения и возбуждения люминесценции. Погрешность воспроизведения длины волны не превышает 0.5 нм и 1 нм при измерениях соответственно с помощью МДР-2 и ДМР-4. Погрешность измерения относительной интенсивности зависит от количества отсчетов и не превышает 1%.

Интенсивность излучения автоматически измеряется заданное число раз, усредняется, вычисляется погрешность и записывается в файл. Блок корректировки ошибок в процессе измерений отслеживает возможные ошибки и исправляет их по заданному сценарию. Предусмотрен автоматический подбор и изменение чувствительности приемных каналов.

Программа показала высокую надежность работы и удобство в эксплуатации.

Ключевые слова: автоматизация измерений, спектральные измерения, программа, обработка спектральных данных, люминесценция.

РЕГИСТРАЦИЯ И АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА ИМПУЛЬСНЫХ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВЕБ-КАМЕРЫ.

*Попов В.О., Яцук В.П. Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко,
г. Киев, Украина.*

Для регистрации спектров излучения импульсных источников обычно используют ПЗС-линейки, которые достаточно дороги и требуют дополнительной электронной аппаратуры для считывания, оцифрования и ввода информации в компьютер. Эта задача может быть решена более просто использованием общедоступных и сравнительно дешевых веб-камер, которые выдают видеосигнал сразу в оцифрованном виде. Спектр излучения источника может быть получен при соответствующей обработке ее видеосигнала.

В работе описана структура и функционирование программы, позволяющей с помощью веб-камеры и персонального компьютера с операционной системой Windows 95 (или выше) регистрировать и обрабатывать спектр импульсного источника излучения за один импульс. Программа позволяет в процессе эксперимента одновременно наблюдать видеоизображение спектра и реальное распределение в нем энергии с учетом нулевого сигнала и спектральной чувствительности. Все спектры записываются в электронную базу данных. Многооконный интерфейс позволяет проводить сравнение с любым из ранее полученных спектров. Благодаря ПЗС-матрице веб-камеры имеется возможность регистрировать и сравнивать спектры излучения различных участков исследуемого источника излучения.

Полученные данные обрабатываются по алгоритму, заданному в отдельном от основной программы файле, который легко редактируется пользователем на языке высокого уровня. Файлы алгоритмов обработки составляют электронную библиотеку и легко могут быть заменены во время измерений. Для минимизации погрешности калибровка по длинам волн производится программой непосредственно перед измерениями по спектру неоновой лампы. Полученные данные могут быть экспортированы программой в виде EXCEL-таблиц, и использованы в любом из приложений пакета MS Office. Для использования совместно с другими программами предусмотрена возможность ее взаимодействия через OLE.

Описана работа программы с лазерно-спектральным комплексом в составе лазера на YAG:Nd³⁺ и дифракционного спектрографа с обратной линейной дисперсией $\approx 7\text{Å}/\text{мм}$. Погрешности воспроизведения длины волны и измерения относительной интенсивности составили $\sim 2\text{Å}$ и 1% соответственно.

Эксплуатация программы продемонстрировала ее надежность и удобство в работе.

Ключевые слова: автоматизация измерений, спектральные измерения, программа, обработка спектральных данных, обработка фотографий спектров.

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВООРУЖЕНИЕМ «ТАНДЕМ»

*Гузь В.И., Пиронер Я.М., Протасов В.Г., Яновский Ю.В.
НИИ «Квант-Радиолокация», г. Киев, Украина.*

Развитие новой элементной базы в областях микроэлектроники и фотоприемников позволяет значительно повысить технико-экономические показатели систем управления вооружений легкой бронетанковой техники.

Система «Тандем» разработана предприятием НИИ «Квант-Радиолокация» в рамках работ по модернизации существующего парка машин типа БМП-1, БТР и включает оптико-электронный модуль ОЭМ, пульт управления ПУ, блок управления механизмами БУМ носителя и коммутатор электропитания.

Оптико-электронный модуль системы разработан в виде единого конструктива, содержащего лазерный дальномер с системой выверки и две телевизионные камеры с полями зрения $2^{\circ} 20' \times 1^{\circ} 50'$ и $9^{\circ} \times 6^{\circ} 40'$.

Телевизионные камеры оптико-электронного модуля ОЭМ изготовлены на базе матриц SONY ICX429ALL, что позволило в сочетании со схмотехническими решениями отказаться от применения в изделии ЭОП. Рабочий диапазон освещенностей телевизионных камер обеспечивает работу ОЭМ как днем, так и ночью и составляет: $10^5 - 5 \times 10^{-3}$ люкс. Измеренное разрешение оптико-телевизионного тракта составляет 50 мм^{-1} , что позволяет обнаруживать типовые цели на расстояниях 6-8 километров при поле зрения телевизионной камеры $2^{\circ} 20' \times 1^{\circ} 50'$. Вторая телевизионная камера ОЭМ выполняет функции предварительного поиска целей. В изделии предусмотрено также подключение тепловизора. Измерительный канал дальномера ОЭМ позволяет измерять дальность до цели с точностью до 5м при наличии в створе луча лазерного дальномера нескольких целей и выделять нужное значение дальности. В изделии применено специальное устройство выверки, что дает оператору возможность оперативно определять положение оси дальномера и визуализировать положение оси дальномера на экране видеомонитора пульта управления.

С целью обеспечения оперативного изменения алгоритмов и режимов управления изделием, а также облегчения адаптации системы для различных носителей в соответствии с требованиями Заказчика, пульт управления изделия выполнен на базе микроконтроллера.

Блок управления механизмами связан с микроконтроллером ПУ и датчиками носителя и предназначен для управления двигателями и электромагнитами носителя. Узлы коммутации силовых цепей блока управления выполнены на базе силовых транзисторов, обеспечивающих коммутацию токов до 100А и не содержат электромеханических реле и

коммутаторов. Конструкция и схемотехнические решения системы защищены двумя патентами Украины.

Ключевые слова: телевизионная камера, дальномер, система управления.

УДК 621.382

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ОПЕРАТОРА В ПОШУКОВО-ПРИЦІЛЬНИХ ОПТИЧНИХ І ОПТИКОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ

*Микитенко В.І. Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м.Київ, Україна*

Для виконання сучасних вимог щодо оперативності пошуку і точності прицілювання необхідне точне узгодження характеристик оптикоелектронної системи (ООЕС) з параметрами всіх елементів на шляху оптичного сигналу від об'єкта до зорової системи оператора включно. Характеристики фонів, цілей, особливості проходження оптичного випромінювання в атмосфері в видимій та інфрачервоних діапазонах спектра вже досить добре вивчені. Також є багато результатів дослідження зорового сприйняття оператором телевізійного і інших зображень. Тобто, на сьогодні існують багато детальних моделей пошукових та прицільних ООЕС стаціонарного та мобільного базування. Значно гірший стан в моделюванні ООЕС стрілецького озброєння.

Робота присвячена формулюванню вихідних даних для моделювання діяльності стрільця в контексті виконання задач пошуку об'єкта і прицілювання. Розглянуті основні типи існуючих та перспективних ООЕС – коліматорні, телескопічні, екранні, нашоломні. Серед характеристик ООЕС, озброєння, оператора, зовнішніх умов роботи виділені основні групи впливу на кожному етапі виконання завдання. Показано, що за певних умов зорова діяльність та рухова активність стрільця можуть бути описані в межах теорії лінійних систем. Даний математичний опис деяких блоків моделі "оператор – ООЕС". Причому, кожна модель містить кілька фільтрів просторових частот, характеристики і склад яких залежать від типу озброєння і ООЕС. Також запропоновано механізм врахування в математичному моделюванні алгоритмів пошуку і прицілювання, які визначаються типом озброєння.

Ключові слова: оператор, пошуково-прицільні системи.

УДК 535.21

ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОВІЗОРОМ З МІКРОБОЛОМЕТРИЧНОЮ МАТРИЦЕЮ

*Колобродов В.Г., Овечкін В.С. Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Події останніх років показали велику перевагу використання систем, що працюють в інфрачервоному діапазоні спектру для ведення бойових дій. Тому виникла проблема адекватної оцінки таких систем. Для оглядових систем гостро постала проблема визначення максимальної дальності роботи, виявлення, розпізнавання й ідентифікації. Розроблялися різні методи розрахунку. У даній статті нами запропонована модель розрахунку максимальної дальності розпізнавання $MRR(R_r)$, основана на рівності мінімальної роздільної різниці температур $MRTD(\psi_x)$ температурному контрасту об'єкта ΔT , і критерії Джонсона при умовах, прийнятих у стандарті НАТО 4247. Нами отримане вираження для визначення максимальної дальності розпізнавання:

$$\frac{R_r \cdot \exp(\kappa_a R_r)}{M_{TS}(\psi_{xr})} = 2.14 \cdot \frac{\Delta T \cdot V_t}{SNR_r \cdot NETD \cdot [7.45 \cdot \sqrt{-\ln(1 - P_r)} - 1]} \cdot \sqrt{\frac{f_f \cdot t_E}{\alpha_D \cdot \beta_D}},$$

де κ_a - коефіцієнт ослаблення атмосфери; R_r - дальність розпізнавання; $M_{TS}(\psi_{xr})$ - модуляційна передаточна функція системи; ψ_x - просторова частота об'єкта; ΔT - температурний контраст об'єкта; V_t - критичний розмір об'єкта; SNR_r - коефіцієнт розпізнавання; $NETD$ - еквівалентна шуму різниця температур; P_r - імовірність розпізнавання об'єкта; f_f - частота кадрів; t_E - постійна часу ока; α_D, β_D - кутові розміри приймальної площадки матриці.

Стандарт НАТО передбачає: $\kappa_a = 0.2 \text{ км}^{-1}$; $\Delta T = 2 \text{ К}$; температура фону $T_b = 288 \text{ К}$; розміри об'єкта $W \times V = 2.3 \times 2.3 \text{ м}$; для розпізнавання об'єкта на екрані необхідно три пари ліній на критичний розмір об'єкта. Тоді просторова частота об'єкта: $\psi_x = \frac{3R_r}{V_t}$.

Проведено розрахунок максимальної дальності розпізнавання за даною методикою і результат порівняно з результатами, отриманими за допомогою інших методик.

Ключові слова: тепловізор, критерій Джонсона, мінімально роздільна різниця температур, максимальна дальність розпізнавання.

УДК 681.772.2

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛА ФОТОМЕТРИРУВАННЯ В СТЕНДІ ВИМІРЮВАННЯ МПФ ОБ'ЄКТИВІВ

*Кучеренко О.К., Назаренко Д.М., Савекін А.В. Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Одним з методів визначення модуляційної передавальної функції (МПФ) об'єктивів є вимірювання функції розсіювання лінії (ФРЛ), як імпульсного відгуку оптичної системи, із подальшим використанням швидкого Фур'є-

перетворення для розрахунку МПФ. При цьому вузол фотометрирування вимірює значення освітленостей в площині зображення щільової діафрагми в залежності від лінійної координати. У якості фотоприймача в даному вузлі доцільно використовувати лінійний приймач із переносом заряду (ЛППЗ), перевагами якого є жорстка координатна прив'язка, широкий динамічний діапазон та достатньо висока просторова роздільна здатність. Кращі існуючі зразки ЛППЗ мають крок світлочутливих елементів (пікселів) 8-13 мкм, що в ряді випадків є недостатнім для визначення МПФ із визначеною похибкою.

Задача узгодження параметрів вузла фотометрирування може бути розв'язана за допомогою мікрооб'єктива, необхідне значення збільшення якого β може бути визначене на основі теореми Котельнікова. Але умова визначення β на підставі цієї теореми не є цілком достатньою, бо при фотометрируванні ФРЛ елемент ЛППЗ усереднює значення освітленості в межах лінійного розміру пікселя і при цьому похибка вимірювань перевищує припустимі значення.

Авторами було проведене комп'ютерне моделювання процесу визначення МПФ, що дало можливість узгодити роздільну здатність досліджуваного об'єктива, частотну характеристику ЛППЗ та припустиму похибку вимірювань значень МПФ у залежності від необхідного збільшення мікрооб'єктива.

Іншим чинником, що впливає на похибку вимірювання МПФ є власні шуми ЛППЗ. Внаслідок перекриття спектрів шумів та корисного сигналу значення МПФ спотворюються. Тому виникає необхідність віднімання шумової складової сигналу від корисного сигналу шляхом обмеження його нижнього рівня на певний відсоток. Такі обмеження впливають на точність Фур'є-перетворення і, як наслідок, на похибку вимірювання МПФ. Проведене в дослідженнях математичне моделювання цього процесу дозволило знайти можливі значення рівня обмежень сигналу, що характеризує ФРЛ об'єктива, в залежності від припустимих похибках вимірювань.

Ключові слова: модуляційно передавальна функція, похибка вимірювань, комп'ютерне моделювання, Фур'є-перетворення.

УДК 623.4.025

ТЕПЛОПЕЛЕНГАТОР НА ОСНОВЕ Pb-Se ПРИЕМНИКА

Колобродов В.Г., д-р техн.наук. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина; Я.М. Пиронер, В.Г. Протасов.

НИИ «Квант-Радиолокация», г. Киев, Украина.

Наряду с матричными неохлаждаемыми приемниками излучения на основе матриц микроболометров, линейные фотоприемники на базе Pb-Se продолжают привлекать внимание разработчиков, что обусловлено их низкой стоимостью и простотой формирования изображения. НИИ «Квант-Радиолокация» совместно с НТУУ «Киевский политехнический институт» был

изготовлен и испытан макет тепlopеленгатора на основе фотоприемного устройства разработки ЦКБ «Ритм», содержащего 128 чувствительных элементов из материала Pb-Se размером 50x50 мкм. каждый, расположенных в виде линейки с интервалом в 20 мкм. Оптическая схема тепlopеленгатора содержит однокоординатный сканер, совмещенный с приемным объективом тепlopеленгатора и светодиодным узлом. В качестве сканирующего элемента использовано плоское зеркало, установленное в пружинном подвесе и оснащенное электродинамическим приводом. Собственная частота колебаний зеркала и частота сканирования составляет 10 Герц. Поле зрения тепlopеленгатора- 18° x 9°. В макете тепlopеленгатора использован объектив, который имеет фокусное расстояние $f_0 = 60$ мм., относительное отверстие $D_0 : f_0 = 1 : 1$ и интегральный коэффициент пропускания $\tau_0 = 0.85$.

Электрическая схема тепlopеленгатора выполнена в виде совокупности усилителей, нагрузкой которых является светодиодный узел. При включении сканера, изображение объектов в диапазоне 3-5 микрон преобразуется фотоприемным устройством в сигналы управления светодиодным узлом и могут наблюдаться визуально.

Расчет обнаружительных характеристик тепlopеленгатора показывает возможность обнаружения объекта с площадью излучающей поверхности, равной 2.2 м² и температурой $T_t = 405^\circ\text{K}$ с вероятностью $P = 0.9$ на дистанции не менее 11 км. при коэффициенте ослабления излучения атмосферой $\alpha = 0.2 \text{ км}^{-1}$. Проверка обнаружительной способности тепlopеленгатора была проведена в лабораторных условиях. Аналогом объекта являлась проволока диаметром 0.9 мм., натянутая на расстоянии 5 метров от тепlopеленгатора. При нагреве проволоки до температуры T_t было зарегистрировано значение сигнал/шум $S/N = 10$, что соответствует расчетным данным.

Ключевые слова: тепlopеленгатор, фотоприемное устройство, сканер.

УДК 621

MANY-BODY THEORY FOR INTERSUBBAND SEMICONDUCTOR OPTICS

*M.F. Pereira Jr NMRC, University College, Prospect Row, Lee Maltings, Cork, Ireland
mpereira@nmrc.ie*

Intersubband optical devices open new frontiers in optoelectronic applications and allow the construction of efficient room temperature infrared lasers.

The relevant optical transitions occur between electronic subbands and realistic microscopic simulations require a combination of many particle and bandstructure effects. In this paper, the combined influence of many particle and nonparabolicity effects in the optical transitions of multiple quantum well structures is addressed. Numerical results are presented under various temperature, and excitation conditions, through the solution of generalized Semiconductor-Bloch Equations derived from a

Non equilibrium Green's functions approach that allows the discussion of both equilibrium and non equilibrium conditions. The resulting theory can be used in the interpretation and prediction of novel physical phenomena and as the starting point of advanced device simulation tools.

Key words: Semiconductor, Green's functions

УДК 621.315.592

АНІЗОТРОПНІ МАТЕРІАЛИ $A^{III}B^{VI}$ ДЛЯ ДАТЧИКІВ ЛІНІЙНО-ПОЛЯРИЗОВАНОГО СВІТЛА

*Катеринчук В.М., Ковалюк З.Д., Ковалюк М.З. Інститут проблем матеріалознавства
НАН України, Чернівецьке відділення, м. Чернівці, Україна*

Створення датчиків лінійно-поляризованого світла є актуальною задачею в зв'язку широкого його поширення і застосування в наукових дослідженнях, медицині, спеціальній техніці. Причому оптимальним рішенням є створення такого датчика, що поєднує одночасно азимутальну, високу світлову чутливість і є перетворювачем світлового сигналу в електричний. Таким вимогам можуть відповідати фоточутливі р-п-переходи, створені на основі анізотропних напівпровідників. Причому тип напівпровідника одночасно визначає спектральну область фоточутливості і застосування датчика.

В даній роботі представлені дослідження азимутальної фоточутливості гетероструктур, створених на основі шаруватих кристалів $A^{III}B^{VI}$. Відмінність хімічного зв'язку атомів в різних кристалографічних напрямках таких кристалів як GaSe, InSe і інших забезпечує необхідну анізотропію фотоелектричних властивостей, потрібну для створення згаданого датчика. В якості його зразків досліджувались гетероструктури $n^+-\text{In}_2\text{O}_3\text{-p-GaSe}$ і власний провідний оксид-р-InSe. В останній гетероструктурі спектральними і електричними вимірюваннями встановлено, що в результаті окислення на повітрі InSe має місце утворення на його поверхні сполуки по властивостям подібної до сполуки In_2O_3 .

Характеристиками досліджуваного датчика є спектральний діапазон фоточутливості, коефіцієнт фотоплекроїзму і азимутальна фоточутливість. Щодо спектру, то в досліджуваних гетероструктурах спостерігається фоточутливість в УФ, видимій і ближній ІЧ областях. Коефіцієнт фотоплекроїзму становить від 40 до 95% в залежності від зразків. Азимутальна фоточутливість досягає значень 10 мА/(Вт-град).

Ключові слова: шаруваті кристали $A^{III}B^{VI}$, лінійно-поляризоване світло, фотоплекроїзм, фоточутливий датчик.

УДК 621.796.1:681.7.047

ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИЙ ФІЛЬТР ТА СПЕКТРОПОДІЛЮВАЧ ДЛЯ ІЧ ДІАПАЗОНУ СПЕКТРУ НА ОСНОВІ СКЛАДНИХ СУЛЬФІДІВ ТА ФТОРИДІВ МЕТАЛІВ

Соболь В. П.¹⁾, Горштейн Б. А.¹⁾, Мозкова О. В.¹⁾, Полтавчук О. М.¹⁾, Єфрюшина Н. П.²⁾, Зінченко В. Ф.²⁾, Кочерба Г. І.²⁾, Марків В. Я.³⁾, Білявіна Н. М.³⁾, ¹⁾ Центральне конструкторське бюро «Арсенал», м. Київ, Україна, ²⁾ Фізико-хімічний інститут ім. О.В. Богатського НАН України, м. Одеса, Україна, ³⁾ Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ, Україна

Створено широкосмугові просвітляючі покриття для оптичних елементів (інтерференційного фільтра та спектроподілювача) з підвищеною прозорістю в ІЧ діапазоні спектру та високою механічною міцністю.

Оптичні покриття представляють собою багатошарові тонкоплівкові системи з почергових шарів з високим ($n > 2.3$) та низьким ($n < 1.5$) показниками заломлення. Як плівкоутворюючий матеріал для нанесення високозаломлюючих шарів застосовано сульфід цинку, модифікований добавками сульфуру або сульфідів РЗМ. Матеріалом для низькозаломлюючих покриттів слугували складні фториди РЗМ.

Покриття наносили методом резистивного випаровування зазначених матеріалів у вакуумі. Проведені вимірювання оптичних (показник заломлення, коефіцієнт розсіювання) та експлуатаційних (механічна міцність, термічна та кліматична стійкість) характеристик покриттів підтвердили перспективність їх використання для створення багатошарових конструкцій підвищеної якості.

Проведено оптимізацію способів та умов нанесення покриттів. Методом комп'ютерного моделювання розраховано оптимальну конструкцію багатошарового інтерференційного просвітляючого покриття. Створене покриття пройшло випробування і виявило відповідність усім поставленим вимогам.

Роботу виконано за фінансової підтримки Науково-технологічного центру в Україні в рамках проекту 1356.

Ключові слова: інтерференційна оптика, тонкоплівкові покриття, моделювання структур, оптичні матеріали.

УДК 621.382

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГЕТЕРОПЕРЕХОДІВ $\text{In}_2\text{S}_3\text{-Hg}_3\text{In}_2\text{Te}_6$

Горлей П. М., Грушка О. Г., Волощук А. Г., Грушка З. М. Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича, м. Чернівці, Україна

Розвиток оптоелектронної техніки для спектрального діапазону 0.7-1.6 мкм стимулює пошук не тільки нових напівпровідникових матеріалів, але й нових технологій створення фотоприймачів. В роботі для виготовлення

приймачів для даного діапазону використана сполука $\text{Hg}_3\text{In}_2\text{Te}_6$ з прямою забороненою зоною шириною $E_g=0.74$ еВ. Практичний інтерес до кристалів $\text{Hg}_3\text{In}_2\text{Te}_6$ обумовлений їх стійкістю до впливу іонізуючих випромінювань, високою квантовою ефективністю фотопровідності в спектральному діапазоні 0.4-1.7 мкм, низькою концентрацією носіїв заряду ($\sim 10^{13} \text{ см}^{-3}$ при 300К) і ін.

З метою створення фотодіодів був вибраний електрохімічний метод одержання гетеропереходів (ГП) на основі $\text{Hg}_3\text{In}_2\text{Te}_6$. Для цього проводився електрохімічний синтез плівок In_2S_3 на поверхні підкладок, вирізаних з кристалу $\text{Hg}_3\text{In}_2\text{Te}_6$, вирощеного за методом Бриджмена. Утворення плівок In_2S_3 здійснювалося завдяки хемосорбції іонів S^{2-} з водно-органічного розчину Na_2S і наступній взаємодії іонів S^{2-} з власними іонами In^{3+} на поверхні підкладки. Утворення плівок In_2S_3 підтверджується рентгено-фазовим аналізом. Сульфідні низькоомні плівки служили оптично прозорими провідними електродами. Виконувати роль вікна плівці In_2S_3 дозволяла її придатна ширина забороненої зони $E_g=2.03$ еВ, яка відповідає прямим оптичним переходам. Електричні контакти ГП виготовлялися нанесенням індію.

З вимірів вольт-амперних характеристик (ВАХ) ГП встановлено, що ВАХ мають діодний характер з напругою відсічки при кімнатній температурі 0.24 В. Досліджено механізми переносу носіїв заряду через неосвітлений ГП при протіканні струму в залежності від температури в області 218-320К. Прямий струм при малих зміщеннях U описується співвідношенням $I \sim \exp(eU/nkT)$, у якому величина діодного фактора $n \leq 2$ обумовлена впливом на ВАХ процесів рекомбінації в області об'ємного заряду. При $T < 250\text{K}$ до рекомбінаційного струму додається тунельна складова. При великих прямих струмах ВАХ залежить від послідовного опору бази. При зворотному зміщенні переважним є генераційний струм, обумовлений власним характером провідності базового матеріалу, що є причиною відсутності насичення зворотного струму. Досліджено спектри фоточутливості отриманих діодів у режимі фотоерс. При освітленні інтенсивним світлом максимальна величина фотоерс на всіх зразках була 0.22 В, що добре узгоджується з напругою відсічки ВАХ.

Ключові слова: гетероперехід, фотодіод, вольт-амперна характеристика.

УДК 546.48'86:681.7.064.43

ИНФРАКРАСНЫЙ ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ОХЛАЖДАЕМЫЙ ФИЛЬТР-РАСТР НА ОСНОВЕ CdSb

*Стребезев В.Н., Дремлюженко С.Г., Куликовская С.М., Раренко И.М.
Черновицкий национальный университет им. Ю.Федьковича,
Коцюбинского 2, 58012 Черновцы, Украина, streb@ukr.net*

В спектральном приборостроении, использующем инфракрасное излучение, в навигационных приборах и системах широко применяются ИК-светофильтры. Актуальна задача создания светофильтров с улучшенными опти-

ческими характеристиками, пригодных к эксплуатации при азотных и гелиевых температурах. Для фотоприемников, которые функционируют в области $\lambda = 2,5 \div 5,5$ мкм, основными излучательными помехами является прямое и рассеянное излучение солнца, а также излучение искусственных источников, яркость которых в области до $\lambda = 2,5$ мкм может значительно превышать яркость объектов наблюдения в диапазоне $\lambda > 2,5$ мкм.

С целью фильтрации излучения в указанных областях разработан инфракрасный двухканальный фильтр-растр на базе монокристаллов CdSb, предназначенный для систем обнаружения и наведения, преимуществом которого является глубокое подавление CdSb солнечных и других излучательных помех в области $\lambda < 2,5$ мкм. Проведены расчеты и моделирование оптимальных конструкций многослойных интерференционных покрытий, формирующих в двух оптических каналах отрезающие фильтры с граничной длиной волны $\lambda_{гр.} = 3,9$ мкм и $\lambda_{гр.} = 2,5$ мкм. Установлено, что условием оптимизации пропускания интерференционно-абсорбционного фильтра на CdSb является включение в конструкцию многослойного покрытия из Ge – SiO неравнотолщинных слоев на границах элементарных подсистем и согласующих слоев из ZnS.

Отработана технология химико-механической полировки шайб CdSb и на-несения на них металлизующих покрытий, задающих диафрагмы фильтра-растра сложной топологии. Оптимизирована технология вакуумного напыления на CdSb интерференционных и металлических покрытий, обеспечивающая устойчивость фильтра по отношению к внешним воздействиям и термо-циклированию в диапазоне $77 \div 393$ К (1000 термоциклов). Это, с учетом значительно более низкой теплопроводности CdSb по сравнению с Ge, Si, InSb; делает перспективным применение фильтра-растра в охлаждаемых фотоприемных устройствах ИК-техники, где необходимо обеспечить высокое быстродействие при выходе на рабочий режим температур ~ 80 К.

Фильтр обладает высокими оптическими характеристиками и параметрами – крутизна границы отрезания 0,97; среднее пропускание в рабочем диапазоне $T_{ср.} \geq 80$ %; подавление помех в области фона в $10^5 \div 10^6$ крат.

Ключевые слова: инфракрасная техника, интерференционное покрытие, металлизующая диафрагма, интерференционно-абсорбционный фильтр, антимонид кадмия.

ПІРОЕЛЕКТРИЧНИЙ ПРИЙМАЧ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ПОТУЖНИХ ЛАЗЕРНИЙ ІМПУЛЬСІВ

*Лисюк В.О., Стащук В.С., Поперенко Л.В., Ключ М.І.**

Фізичний факультет, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, просп.

Акад. Глушкова, 6, Київ 03127, Україна

**Інститут фізики напівпровідників, НАН України, просп. Науки, 41, Київ 030286 Україна*

Розроблено піроелектричний приймач випромінювання (ППВ) на основі систем „тонка нікелева плівка – ніобат літія” та „тонка паладієва плівка – ніобат літія”, імплантованих іонами аргону. Для експерименту були вирізані пластини піроактивного кристалу ніобата літія товщиною 100 мкм, на котрі іоноплазмовим методом наносились плівки нікелю (паладію) товщинами 30 та 40 нм. Іонна імплантація проводилась іонами аргону з енергіями 100 кеВ.

Досліджено оптичні властивості та технічні характеристики чутливих елементів ППВ. Встановлено, що внаслідок імплантації спектр відбивання втрачає селективність для паладієвих плівок на ніобаті літія на відміну від нікелевих плівок. Дослідження спектральних характеристик ППВ показали, що крива спектральної чутливості ППВ на основі нікелевої плівки виявилась селективною, а на основі паладієвої – неселективною. Ця обставина окреслює область застосування таких ППВ. Скажімо, найбільш ефективне використання ППВ на основі нікелевої плівки – для реєстрації випромінювання фіксованої довжини хвилі. Для ППВ на основі паладієвої плівки – для реєстрації випромінювання в широкому спектральному інтервалі (де крива спектральної чутливості не є селективною).

Досліджено характеристики ППВ. Стала часу таких приймачів значно менша ніж у аналогічних (покритих золотою черню) за рахунок малої товщини поглинаючої плівки і складає 5 мкс. Вольтова чутливість таких приймачів на 2 порядки вища ніж у болометрів і дорівнює 3.5×10^3 В/Вт та 5.5×10^3 В/Вт для нікелевих та паладієвих плівок на ніобаті літія відповідно. Ефективна напруга шумів таких приймачів порівняно невелика і складає 1.5×10^{-6} В.

Головною перевагою таких ППВ є широкий робочий діапазон ($\lambda = 0.2 - 15$ мкм) та висока променева стійкість. Справа в тому, що при імплантації відбувається перемішування атомів плівки з атомами підкладки, що збільшує їх адгезію. Внаслідок цього променева стійкість таких ППВ зросла в 1000 разів порівняно з ППВ на основі таких же систем до імплантації, що є підтвердженням експериментально при реєстрації випромінювання лазерів різних потужностей (He-Ne, Ar, N₂, CO₂). Така поведінка ППВ в умовах реєстрації потужного випромінювання робить можливість їх використання в лазерній спектроскопії та для вимірювання параметрів лазерів надзвичайно ефективним. Крім цього застосування таких ППВ замість серійних болометрів ролі приймачів випромінювання спектрофотометрів на порядок збільшує роздільну здатність отриманих таким чином спектрів.

Ключові слова: піроелектрик, іонна імплантація, тонкі плівки.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАЛОГАБАРИТНИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ГАЗОАНАЛІЗАТОРІВ

*Міхеєнко Л.А., Корніяк С.О. Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Газоаналітичні вимірювання мають давні традиції в хімічному виробництві, в забезпеченні нормального складу повітря виробничих приміщень, у визначенні складу атмосфери. Їх роль значно збільшилася у зв'язку з різким збільшенням об'єму світового хімічного виробництва, а також загального об'єму забруднення промисловим виробництвом атмосфери. Виникла гостра необхідність глобального контролю за вмістом в атмосфері великого числа різноманітних компонентів, у тому числі компонентів, які мають концентрацію 10^{-9} (по об'єму) і нище. Апаратура, яка використовується для екологічного моніторингу та визначення складу шкідливих речовин від забруднюючих викидів повинна забезпечувати високу чутливість, можливість якісного аналізу, оперативність вимірювань, можливість дистанційних вимірювань, надійність вимірювання при різноманітних термодинамічних і метрологічних умовах, повинна бути транспортабельною для проведення вимірювань у найрізноманітніших районах земної кулі і на різних висотах над поверхнею землі і достатньо вибірковою по відношенню до окремих компонентів.

В даній роботі аналізуються деякі відомі схеми оптичних газоаналізаторів та їх характеристики. Основна увага приділяється дослідженню та аналізу багатоходових багатокомпонентних кювет. На основі аналізу запропонована нова схема малогабаритного багатокомпонентного газоаналізатора на такі гази як CO , CO_2 , N_2O , CH_4 . Пристрій містить n-джерел випромінювання, кювету із системою дзеркал, фотоприймач, підсилювач ширококутовий, електронні фільтри, електронний блок обробки сигналу, перетворювач інформації, пристрій для живлення світлодіодів, індикатори. Перевага цієї схеми в тім, що за допомогою неї можна аналізувати багатокомпонентну суміш газів, вона малогабаритна, у ній використані в якості джерел випромінювання сучасні ІЧ світлодіоди.

Подається методика розрахунку параметрів кювети за заданими параметрами газової суміші. Також даються рекомендації по конструюванню таких кювет. Отримані результати будуть корисні для спеціалістів в області спектроскопії, екологічного моніторингу, тощо.

Ключові слова: газовий аналіз, багатоходова кювета, розрахунок.