

СЕКЦІЯ 2

ОПТИЧНІ ТА ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННІ ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ

УДК 535.5:621.38

ПРО ПРОБЛЕМИ ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ СТРАТОСФЕРНОГО АЕРОЗОЛЮ НА ГЛОБАЛЬНІ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ПОГОДИ НА ЗЕМЛІ МЕТОДОМ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОЇ ПОЛЯРИМЕТРІЇ

¹⁾Неводовський П.В., ¹⁾Видьмаченко А.П., ¹⁾Мороженко О.В., ²⁾Гераймчук М.Д., ³⁾Івахів О.В.

¹⁾Головна астрономічна обсерваторія НАН України, м. Київ, Україна

²⁾Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна

³⁾Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Варіації оптичної товщини аерозолі у верхніх шарах земної атмосфери є однією з причин які обумовлюють зміни клімату на Землі.

Для дослідження причин цих змін доцільно проводити поляриметричні виміри аерозолі в УФ - ділянці спектра, де стратосферний озоновий шар повністю поглинає сонячне випромінювання, і як наслідок виключає участь у формуванні поля дифузно-відбитого випромінювання, як земної поверхні, так і тропосфери [1].

Така задача може бути вирішена за допомогою дистанційного зондування стратосферного озонового шару з борта штучного супутника Землі за допомогою бортового малогабаритного ультрафіолетового поляриметра.

Незважаючи на переваги досліджень у ультрафіолетовій поляриметрії порівняно з поляриметриєю у видимій ділянці спектра вони мають низку проблем [2], які розв'язуються залежно від складності поставленої задачі, про що і буде розказано в доповіді.

Головна астрономічна обсерваторія НАН України разом з Національним технічним університетом України «КПІ» та Національним університетом «Львівська політехніка» мають досвід у розробці бортових поляриметрів для космічних досліджень [3, 4] і зараз працюють над реалізацією одного з таких Проектів.

Література

1. Nevodovskiy P.V., Morozhenko A.V. Studies into stratospheric ozone layer from near-earth orbit utilizing ultraviolet polarimeter // Acta Astronautica. Vol.69, N 1 Jan. 2009, P. 54-58.
2. P. Nevodovsky, A. Morozhenko, A. Vidmachenko, M. Geraimchuk, A. Zbrutskyi, Yu. Kureniov, V.Sergunin, Yu. Hirniak, O. Ivakhiv Ultraviolet Polarimeter for Studying the Aerosol Component in the Earth Atmosphere INTERNATIONAL SYMPOSIUM “ATMOSPHERIC RADIATION and DYNAMICS” (ISARD - 2013) June 24 – 27, 2013 Peterhof, St Petersburg, Russia, P. 21.
3. Мороженко А.В., Видьмаченко А.П., Неводовский П.В. О выявлении аэрозоля в верхнем слое земной атмосферы // Кинематика и физика небесн. тел. - 2013. - Т. 29, №5. - С. 57-63.

4. М.Д. Гераїмчук, О.М. Генкін, О.В. Івахів, Ю.П. Куреньов, О.В. Мороженко, П.В. Неводовський, С.Ф.Петренко. Елементи і системи поляризаційних приладів для космічних досліджень: монографія. - К.: ЕКМО, 2009. – 188 с.

Ключові слова: клімат, атмосфера, стратосферний аерозоль, ультрафіолетовий поляриметр.

УДК 681.7

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИК КАМЕР ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

¹⁾Добровольская Е. В., ²⁾Колобродов В. Г., ¹⁾Лихолит Н. И., ¹⁾Тягур В. М.

¹⁾Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал»,

²⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

С каждым годом дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) из космоса становится более востребованным. Исключительно актуальными в последнее время стали задачи контроля состояния окружающей среды, в том числе и с применением тепловой аэрокосмической съемки. ИК съемка основана на выявлении тепловых аномалий путем фиксации теплового излучения объектов Земли в инфракрасной области спектра.

Большое количество каналов в диапазоне 8-13 мкм позволяет решать проблему определения состава объектов земной поверхности по изменениям коэффициента излучения. Поэтому разрабатываются и созданы ИК сканеры дистанционного зондирования, содержащие от 3 до 6 каналов в длинноволновой области ИК диапазона. Данные об отношении энергетической яркости в нескольких спектральных диапазонах ИК излучения позволяют повысить точность измерения температуры зондируемой поверхности Земли.

Были проанализированы технические характеристики ИК камер, которые использовались как полезная нагрузка различных спутников, производимых в разных странах мира. Технические характеристики и спектральные рабочие диапазоны аналогов были сведены в сравнительные таблицы. В результате были рассмотрены такие области применения камер дальнего ИК диапазона, как геологическое картографирование, контроль использования земель, мониторинг потоков энергии и воды, изучение облачных образований, изучение тепловых куполов над городами, контроль температуры поверхности морей, мониторинг вулканов, побережья, пожаров. Температура поверхности Земли в этих случаях может составлять 200 - 400 К, а при мониторинге вулканов и пожаров может достигать 1500 К. Требуемая точность определения температуры – 0,5 – 2 К. Минимальная чувствительность камер составляет 0,1 - 1 К. Требуемое пространственное разрешение для решения таких задач колеблется в диапазоне 2 – 1000 м. При этом существующие ИК камеры обеспечивают пространственное разрешение 60 – 1000 м.

Неохлаждаемые микроболометры в настоящее время оказались наиболее целесообразным вариантом для использования в космосе благодаря небольшим значениям частоты кадров, их малым габаритам и небольшому весу.

Ключевые слова: ИК камера, пространственное разрешение, ДЗЗ.

УДК 629.7

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО В РЕЗУЛЬТАТЕ СУБПИКСЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ

Добровольская Е. В.

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

Одним из способов повышения разрешения изображения без изменения размера матричного приемника излучения и количества пикселей является суперразрешение. Данный способ охватывает не только процесс восстановления изображения высокого разрешения, но и процесс получения изображений низкого разрешения.

Оценка качества изображения является достаточно сложной комплексной задачей. Возможны два подхода к оценке качества изображений: количественная оценка с помощью использования математических методов и субъективная оценка на основе экспертных оценок. В настоящее время особый интерес представляют количественные параметры, которые позволяют объективно оценить эффективность решения поставленных задач в системах широкого класса.

Оценка алгоритмов восстановления изображений при суперразрешении не является прямой по нескольким причинам. Во-первых, большинство пакетов субпиксельной обработки используют дополнительные методики улучшения, такие как подавление шумов и восстановление контуров. Поскольку они улучшают результаты, их нельзя оценивать отдельно. Во-вторых, реальное изображение высокого разрешения не всегда можно получить. Например, часто отсутствует возможность съемки поверхности Земли с высоким разрешением при решении задач дистанционного зондирования. В-третьих, из-за восстановления изображения высокого разрешения при суперразрешении на изображении могут появляться артефакты, которые сложно оценить.

Были рассмотрены различные методики для оценивания алгоритмов восстановления изображения при суперразрешении. При использовании данных методик объекты съемки могут оцениваться только по восстановленному изображению высокого разрешения, или по восстановленному изображению с высоким разрешением вместе с одним из изображений с низким разрешением. Для некоторых методик необходимо еще и реальное изображение высокого разрешения.

Путем комбинации выбранных методик для оценивания алгоритмов восстановления изображения сформирован набор методик, который был использован для оценки эффективности суперразрешения. Он позволяет увеличить объективность оценки эффективности восстановления изображения, но требует дальнейшего усовершенствования.

Ключевые слова: оценка качества изображения, субпиксельная обработка, суперразрешение.

УДК 621.383

ОПТИЧНІ СПОВІЩУВАЧІ В ГАЛУЗІ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

Кравченко І.В.

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

Сьогодні оптичні сповіщувачі широко застосовуються для забезпечення виявлення техногенних небезпек на об'єктах промислового, громадського, адміністративного та житлового призначення. В протипожежній сфері оптичні сповіщувачі відіграють ключову роль.

Приводиться класифікація пожежних сповіщувачів, які базуються на оптичних технологіях. Розглядаються особливості застосування, недоліки та переваги, сучасний стан та тенденції розвитку.

Відмічаються наступні тенденції.

Точкові димові сповіщувачі:

- розширюються типи матеріалів, загоряння яких стійко виявляється. Зона виявлення з "чорних" димів розширюється до "сірих" та "білих";
- впроваджуються алгоритми компенсації зміни зовнішніх умов та стану елементів сповіщувача.

Сповіщувачі полум'я:

- підвищується надійність виявлення загоряння за рахунок застосування багатоспектральних систем ультрафіолетового та інфрачервоного діапазону, використання декількох інфрачервоних піддіапазонів, часово-просторових методів фільтрації.

Аспіраційні сповіщувачі:

- вводяться лазерні схеми обробки, які значно підвищують чутливість сповіщувачів;
- застосовуються багатоканальні системи, які дозволяють контролювати площі, які до 8 разів вищі, ніж при одноканальному варіанті.

Загальні тенденції:

- підвищення стійкості до хибних тривог за рахунок врахування "фонових" параметрів, та адаптації алгоритмів обробки до зміни умов;

- для підвищення надійності виявлення застосовуються схеми з тепловими, інфрачервоними димовими, газовими та, навіть, світловими перетворювачами;
- вага обробки сигналів переноситься з центральних пристроїв (приладів приймально-контрольних) безпосередньо в сповіщувачі.

Література

1. EN 54 part 7 Fire detection and fire alarm systems. Smoke detector. Point detectors using scattered light, transmitted light or ionization.
2. EN 54 part 10 Fire detection and fire alarm systems. Flame detector. Point detectors.
3. EN 54 part 20 Fire detection and fire alarm systems. Aspirating smoke detector.

Ключові слова: оптичний сповіщувач, сповіщувач полум'я.

УДК 621.383

НОВІТНІ ОПТИЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ЗАГОРЯНЬ

Кравченко І.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут,
м. Київ, Україна*

Сьогодні оптичні технології широко застосовуються в протипожежній техніці для виявлення пожежі по різноманітним ознакам.

Для виявлення диму найзастосованішими є оптичні сповіщувачі. В залежності від типу загоряння та його місця використовують димові, лінійні, аспіраційні сповіщувачі.

Для виявлення загоряння за ознакою наявності відкритого полум'я – оптичні сповіщувачі полум'я.

В світі в практичне застосування активно впроваджуються новітні засоби, які базуються на оптичних технологіях. Ґрунтовність ставлення до розробок підтверджує наявність сертифікатів найбільш поважного центру сертифікації виробів спеціального призначення – німецького центру VdS (Vertrauen durch Sicherheit) та американського FM Global Group.

Відеотехнології виявлення та ідентифікації загоряння переходять з дослідницького випробування до практичного використання, отримують нормативне підґрунтя [1] та з'являються в лінійках навіть таких обережних виробників, як Johnson Controls, UTC. Системи побудовані на IP або аналогових відеокамерах з спеціалізованим DSP процесором. Вони дозволяють виявляти відкрите полум'я та дим на відстані в декілька десятків метрів. Розглянуто принципи виділення інформації за рахунок просторово – частотної обробки відеозображень. Наведено типові ознаки, які застосовуються в відеосистемах детекції полум'я та диму. Вказано, що подібні системи є універсальними та дозволяють одночасно вирішувати протипожежні, охоронні та технологічно – адміністративні функції. Наведено порівняльний аналіз побудови та параметрів деяких систем.

Впроваджуються новітні волоконно-лазерні сповіщувачі для спеціальних об'єктів. За протипожежною класифікацією такий сповіщувач відноситься до лінійних теплових. Інформація отримується за рахунок розсіювання Рамана (Raman) імпульсного випромінювання на локальних неоднорідностях, які виникають в оптичному волокні під час нагрівання. Розглянуто принципи побудови та параметри відомих промислових зразків.

Література

1. NFPA 72: National Fire Alarm and Signaling Code. - 2013.
2. EN 54 part 22 Preliminary Fire detection and fire alarm systems. Resettable line type heat detectors.

Ключові слова: відеодетекція загоряння, волоконний перетворювач.

УДК 534.42

РОЗРАХУНОК МОДУЛЯЦІЙНОЇ ПЕРЕДАВАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ ДИФРАКЦІЙНОЇ ЛІНЗИ

Сірий Є. А., Колобродов В. Г.

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

В сучасному оптичному приладобудуванні використання дифракційних лінз (ДЛ) при проектуванні різноманітних оптичних систем набуває все більшого розповсюдження. Проте однією із вад ДЛ є її природна мультифокальність, тобто, окрім головного дифракційного порядку, ДЛ характерна наявністю паразитних порядків. В результаті цього у робочій фокальній площині ДЛ суміщаються одразу декілька зображень, що призводить до пониження контрасту головного зображення. Як відомо, чисельна оцінка контрасту зображення виконується через розрахунок модуляційної передавальної функції (МПФ), проте у випадку мультифокального елемента розрахунок МПФ традиційним методом хвильових перетворень є достатньо складною процедурою.

Розглянуто схему побудови зображення ДЛ за умови її паралельного освітлення. В такому випадку лінза створює нескінченну кількість просторово розділених зображень з різною ефективністю. На основі розглянутої схеми запропонована математична модель фону з рівномірним розподілом інтенсивності в площині головного зображення. Модель передбачає геометричний розрахунок інтенсивності фону, що визначається його ефективністю. З використанням запропонованої моделі фону розрахунок МПФ мультифокального елемента значно спрощується.

Спроектовано інфрачервону ДЛ з $\lambda_0 = 10\text{мкм}$, $f_0 = 100\text{мм}$, $D/f_0 = 0,25$ для роботи в спектральному діапазоні 8–12мкм. Проведені розрахунки ефективності ДЛ в різних дифракційних порядках для кожної довжини хвилі із заданого спектрального діапазону. За допомогою запропонованого методу було

проведено розрахунок МПФ для довжин хвиль 8 і 12 мкм. Побудовані графіки МПФ підтвердили, що контраст головного зображення на низьких просторових частотах пропорційний його ефективності в першому порядку, а саме, максимальне значення нормованої МПФ без урахування аберацій для $\lambda = 8$ мкм дорівнює 0,811, а для $\lambda = 12$ мкм – 0,912.

Для оцінки впливу сферичної аберації ДЛ на поведінку МПФ в програмі «ZEMAX» було проведено моделювання тонкої лінзи, сферична аберация, відносний отвір і фокусна відстань якої такі ж самі, як і у розрахованій ДЛ. Отримані в «ZEMAX» аберацийні ФРТ використані для розрахунку МПФ. Як виявилось, сферична аберация ДЛ в значній мірі впливає на контраст зображення, що слід враховувати при проектуванні широкоспектральних ДЛ.

Ключові слова: дифракційна лінза, модуляційна передавальна функція, сферична аберация.

УДК 681.7

A SYSTEM FOR FINDING THE PARAMETERS OF MOVING PARTICLES DURING THE FLOTATIONAL PURIFICATION OF OILY WATER

Taraborkin L. A., Traskovsky V. V.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Politechnical Institute», Kyiv, Ukraine

Effective water purification from pollutants having hydrophobic properties by flotation is possible only if carrying out strict control over such parameters of pollutant particles as their size and speed of move. Said control allows to form the stream of air bubbles with the required size and speed of floating-up by technical means.

In the presented work the development and testing of “the System for finding parameters of moving particles during the flotational purification of oily water” (hereinafter for brevity – System) were performed. The proposed System was designed on the base of the device for controlling geometric parameters previously developed by the authors [1]. The components of the System are a camera based on a charge-coupled device (CCD) and a processing information unit. The principle of the System functioning is to process two spaced between videos obtained by the CCD image sensors in real time.

These video data are read by the method of videotransfer that provides high sensitivity of the System. The electric analogue signal received from each CCD sensor is transformed by a built analogue-to-digital converter into parallel code and comes in through a 10-bit parallel port to the input of a multiplexer. From the output of the latter, the signal is sent through a given time interval to the parallel port of the microprocessor ADSP-BF561 (Analogue Devices and Intel, USA), which performs the final processing of videodata.

Structurally, the System is set to the aeration tank of the flotation plant [2] perpendicularly to the central axis of the aerator.

By the described system we performed experimental investigations of the distribution of aerated bubbles depending on their size. The considered fluid volume was 1 dm³. The diameter of bores of the aerator was 4·10⁻³m. Characteristics of other process parameters are given in the previous paper of the authors [2].

The System provides control over the size and speed of floating-up of air bubbles during the flotation of oily water that enables the adjustment process mode to improve the efficiency of the water purification process from hydrophobic pollutants.

References:

1. Glushchenko O.M., Kovtun V.S., Taraborkin L.A., Traskovsky V.V. A portable device for the technological control of geometric parameters of stationary objects//Instrument Design 2007: Status and Prospects, 24-25 Apr., 2007, Kyiv: Abstracts of papers. – K.: IDD NTUU «КПІ», 2007. – P.136-137. – (in Ukrainian).
2. Traskovsky V.V., Taraborkin L.A. Peculiarities of Usage of Coalescing Filters in Flotation Systems // Water Treatment. – Moscow: Publ.House «Panorama». – 2010. – №10. – P.49-52. (in Russian).

Key words: charge-coupled device, videotransfer, water, flotation, pollutant.

УДК 621.382

IMAGE FUSION FOR SURVEILLANCE APPLICATIONS: STATE OF THE ART AND NEW ASPECTS

Mykytenko V. I.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Politechnical Institute», Kyiv, Ukraine

Among lot of tasks of image fusion the special place is occupied by the group of techniques which merge information from a few video sensors and range-finder for real time surveillance imaging. Commonly, television and thermovision cameras are the sources of video data and an operator of optoelectronic system is recipient of information. Specific of the operator's current visual task stipulates the substantial difference of information combining methods from such, which are used in space remote sensing, medical imaging, digital picture and others like that. The shortage of time for difficult calculations causes the necessity of the use of the most simple algorithms which would not worsen visual perception of resulting image. Therefore images in information channels are processed with pixel level methods or (which is rarely) at region level. More difficult algorithms, which contain valuable semantic interpretation, while not utilized.

After the period of intensive development of image fusion programm tool the system investigations of the whole information complex, which takes into account visual perception, get more importance. One of effective mechanisms of combining of image fusion subjective and objective aspects is the so-called «image information map» [1]. Actually this instrument is a container, which can contain any metric for

optoelectronic system functioning efficiency estimation. Image quality metrics are of two types: those, which requires reference image, and which don't such as Petrovich metric, mutual information. Obviously selection of quality metric depends on current visual task. This means existence of adaptable algorithms of matching within the container.

This report on the background analysis of the image fusion modern state studies one of perspective directions for multi-sensor image fusion, that is related to the information map and new measure of image quality - the Targeting Task Performance (TTP) metric. This instrument also can be fixed in basis of mathematical model of informative environment for predicting target acquisition performance. Also there is demonstrated the possibility of conversion to more evident and traditional probabilistic metric of image quality – probability of object detection, recognition and identification from the synthetic complex evaluation of surveillance optoelectronic system functioning.

References

1. Колобродов В.Г., Микитенко В.І. Комплексування інформації в багатоканальних оптико-електронних системах спостереження: монографія – Київ: «Аверс», 2013. - 178 с.

Key words: multi-sensor image fusion, image evaluation, surveillance optoelectronic system.

УДК 535.8

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ФОРМЫ ОБЪЕКТОВ ТЕНЕВЫМ МЕТОДОМ

Боровицкий В. Н., Фесенко А. В.

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

В докладе представлена классификация и оценка погрешностей, которые возникают в оптическом микроскопе при измерении трехмерной формы объектов теневым методом. Сущность теневого метода заключается в проецировании на поверхность объекта тени от диафрагмы (ножа). Очевидно, что форма проекции тени будет повторять форму сечения поверхности объекта (Рис. 1). Поэтому в литературе этот метод называют методом теневого сечения. Погрешности, которые появляются при измерении трехмерной формы можно разделить на три основные группы: методические, случайные и инструментальные. В работе приводится подробная классификация таких погрешностей, обусловленных абберациями оптической системы микроскопа, пространственной и амплитудной дискретизации цифрового сигнала, шумами, погрешности изготовления деталей и сборки микроскопа, допущениях, имеющих место в данном методе и др. Выполнен анализ степени влияния каждой составляющей на суммарную погрешность измерения, определены пути минимизации этой погрешности.

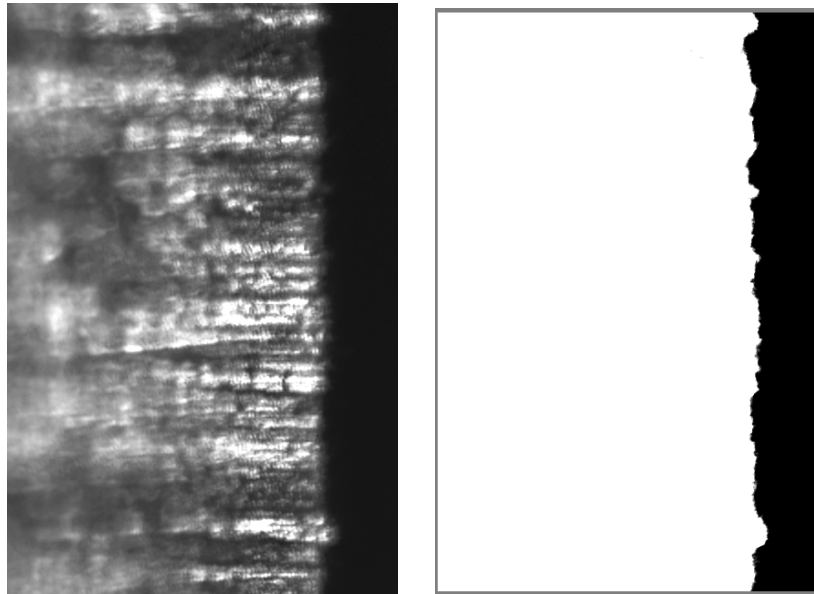


Рис. 1. Изображение, полученное теневым методом (слева) и результат цифровой обработки для получения сечения (справа).

Ключевые слова: оптический микроскоп, теневой метод, измерение, трехмерная форма, погрешность.

УДК 535.4

К ВОПРОСУ ЛИНЕЙНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Коваль С. Т.

*Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт",
г. Киев, Украина*

Наряду с первично определяющими признаками линейности пространственно – инвариантных к сдвигу оптических систем (ОС), дополнительное свидетельство о линейности дают формулы, связывающие входные и выходные сигналы в терминах пространственных и частотных координат. ОС линейна, если выходной сигнал находится с помощью интеграла свертки или перемножением комплексных спектров сворачиваемых функций. При этом обязательным условием в дополнение к исходным признакам является выполнение свойств коммутативности и ассоциативности. Также немаловажным фактором является степень когерентности оптического излучения.

Известно, что детектируемый выходной сигнал как когерентной, так и некогерентной ОС находится с помощью интеграла свёртки, где в качестве сворачиваемых функций фигурируют когерентные комплексные функции рассеяния точки (ФРТ) и входного электрического поля. Однако, если для когерентной ОС интенсивность на выходе определяется квадратом модуля когерентного интеграла свёртки, и поэтому по отношению к интенсивности

система являється нелінійною, то в разі некогерентної ОС вихідну інтенсивність знаходять за допомогою входної інтенсивності з квадратом модуля когерентної ФРТ, що дає підставу вважати ОС лінійною. Таке твердження справедливо при аксиальній симетрії сворачуваних функцій.

В тому разі, якщо, наприклад, в ОС присутні оптичні елементи растрової системи, не володіють аксиальною симетрією, або в ОС присутній “кома” і при цьому замість інтеграла свертки для знаходження фотосигналу використовується кореляційний інтеграл, лінійність ОС порушується. Цей факт, напевно, був би помічений спеціалістами, якщо б математична модель, наприклад, растрової системи записувалася з урахуванням властивостей і особливостей просторових сигналів.

В якості ілюстрації в повідомленні розглядається одномерний інтеграл свертки і кореляції, в яких одна з оптичних підінтегральних функцій не володіє парністю. Отримані вирази і графіки демонструють відсутність ознаки лінійності через невиконання властивості комутативності в разі, коли математична модель растрової системи в вигляді транспаранта записується правильно.

Ключові слова: оптичні лінійні системи, растри.

УДК 535 (075.8)

СПЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНЕ ПЕРЕТВОРЮВАННЯ ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

¹⁾Коваль С. Т., ²⁾Слободяник А. Д.

¹⁾Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна, ²⁾Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

Існує багато ситуацій, коли оптичне випромінювання зі спектром, наприклад, в видимій області необхідно перетворити в випромінювання в іншому діапазоні довжин хвиль, тобто виконати частотний зсув спектру. Подібні задачі існують в радіотехніці і телебаченні, де спектр вхідного сигналу транспонується в сусідні діапазони частот за допомогою модуляторів або демодуляторів, які виготовляються з використанням дискретних електронних компонентів. На відміну від відомих принципів в електроніці ефективна зміна спектрального складу оптичного випромінювання з переносом його в інший спектральний діапазон електромагнітних хвиль, - від гамма до радіо, потребує інших підходів, які переважно базуються на квантово-механічних явищах і законах взаємодії випромінювання з речовиною. Плавна або дискретна зміна частоти світла в активних середовищах здійснюється, як відомо, за допомогою генерації оптичних гармонік, вимушеного розсіювання Рамана або розсіювання Комптона, фазової самомодуляції та інших нелінійних ефектів, практична цінність яких різна.

В роботі досліджуються спектроенергетичні перетворювачі оптичного і близького до нього діапазонів та оцінюється ефективність їх роботи. Запропонована теоретична модель спектрогенераторів, котрі працюють в умовах самозбудження самої системи, побудована з використанням фундаментального рівняння Шредінгера. Аналіз отриманих результатів дозволяє вказати на можливі корисні застосування перетворювачів.

Як приклад розглядається технічна пропозиція створення системи екологічно чистого джерела енергії. Система складається з приймального вузла, в якості якого виступає дзеркальний концентратор космічних променів і кристал – спектроенергетичний перетворювач випромінювання, де спостерігається ефект Комптона. Розсіяні на електронах фотони за допомогою спектроаналізаторів надалі розкладаються на монохроматичні компоненти, з яких виділяється той, котрий потрібний для збуджування, наприклад, активного середовища лазера на парах лужних металів. За таких умов можна отримати досить потужне випромінювання як стоксового, так і антистоксового типу, використовуючи на вході системи космічне випромінювання, яке існує незалежно від зовнішніх умов.

Ключові слова: спектральні перетворювачі, оптичні випромінювачі.

УДК 543.3:535.379

АВТОМАТИЧНА РЕЄСТРАЦІЯ ОПТИЧНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

Курлянцева А. Ю., Таранов В. В.

Інститут колоїдної хімії і хімії води ім. А.В. Думанського НАН України, м. Київ, Україна

Проходження лазерного випромінювання через досліджуване середовище відтворює на екрані дифракційну картину, обробка якої дозволяє оцінити розмір і кількість різних домішок. Великі габарити та досить значна вартість пристроїв, заснованих на реєстрації дифракції лазерного випромінювання (Malvern, FRITSCH), унеможлиблює їх широке використання при необхідності виміру віддаленої точки та експрес-аналізу.

Принцип роботи нашого приладу також полягає у проходженні лазерного випромінювання через досліджуване водне або повітряне середовище з наступною програмною обробкою його дифракційного зображення. Основою отримання даних про кількісні і якісні параметри оптичних неоднорідностей є вирішення зворотної задачі побудови розмірних спектрів на основі індикатрисы розсіювання. Вимірювання зображення відбувається після запису фону, перетворені у матричну форму дифракції вчитуються одна з іншою. Проходження променя зондуючого лазера через прозору кювету з рідиною або повітрям із різними домішками дозволяє реєструвати їх кількість в 1 см³, визначати дисперсію їх розмірів за час не більш як 1 – 2 хвилини.

Точність приладу в процесі вимірювань контролювалася за допомогою використання кварцового еталону, колоїдних розчинів лейкоподіуму і латексу, розміри частинок яких рівні 30 і 10 мкм відповідно. Отримані експериментальні результати розмірного спектру відповідають реальним розмірами досліджуваних частинок, що і робить достовірними наступні розмірні дослідження. Похибка вимірювань для визначення кількісних змін нерозчинних частинок лейкоподіуму і латексу в об’ємі води і оптичних неоднорідностей в еталоні становила не більше 10 %.

Вплив зондуємого лазерного випромінювання на структурні зміни водного середовища вивчався за допомогою дії низькоінтенсивного (10 мВт/см²) додаткового випромінювача на дистильовану воду. Зміни кількісних і розмірних характеристик реєстрованих структур не перевищували 2 – 4 %, що зводить до мінімуму дію променя зондуємого лазера.

Простота у використанні, точність отриманих експериментальних даних та відносно невелика вартість запропонованого нами обладнання забезпечать ефективно його використання у системах екологічного контролю.

Ключові слова: лазерне випромінювання, дифракційна картина, оптичні неоднорідності, екологічний контроль.

УДК 616.13-089:616-005.6

УТОЧНЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ПРИ МАТРИЧНОМУ ОПИСІ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Трембовецька Р. В., Тичков В. В.

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

Для опису геометричної побудови зображення в центрованій системі лінз (тобто в системі, що складається із послідовності сферичних заломлюючих поверхонь, центри яких розташовані на одній оптичній вісі) застосуємо матричний метод розрахунку запропонований Гаусом [1].

Для опису параметрів променя на виході складної оптичної системи можна виразити через параметри вхідного променя шляхом послідовного застосування перетворень цих параметрів окремими елементами. Для розрахунків використовуємо матричну математичну модель [1, 2] перетворення лінзи (відповідно для товстої та тонкої лінзи).

Відповідно до прийнятих опорних площин для тонкої і товстої лінзи матриці утворення зображення матимуть вигляд:

- Для тонкої лінзи $M = \mathfrak{S}_2 \cdot M_H \cdot \mathfrak{S}_1 = \begin{pmatrix} 1 & a' \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f'} & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & -a \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ (1)

- Для товстої лінзи $M = \mathfrak{S}_2 \cdot M_{\text{лінзи}} \cdot \mathfrak{S}_1 = \begin{pmatrix} 1 & z' + S'_F \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot (M_{\text{лінзи}}) \cdot \begin{pmatrix} 1 & -(z + S_F) \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ (2)

де $(M_{\text{лінзи}})$ - матриця товстої лінзи.

Авторами виконано порівняльний розрахунок для тонкої і товстої лінз з наступними параметрами: $n = 1.59$, $r_1 = 10 \text{ мм}$, $r_2 = \infty$ [3].

Параметр	$\delta_{\text{метод}}, \%$		
	$d = 2 \text{ мм}$	$d = 10 \text{ мм}$	$d = 20 \text{ мм}$
Лінійне збільшення ОС	$3,45 \cdot 10^{-4}$	$1,26 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$
Кутове збільшення ОС	$1,15 \cdot 10^{-4}$	$6,08 \cdot 10^{-4}$	$1,304 \cdot 10^{-3}$
Розмір зображення	$0,95 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	$5,67 \cdot 10^{-3}$
Апертурний кут в області зображення	$1,47 \cdot 10^{-4}$	$7,3 \cdot 10^{-4}$	$6,8 \cdot 10^{-4}$

Таким чином, із розрахунків методичної похибки видно, що використані розрахункові формули не суттєво впливає на результат. Тобто, при товщині лінзи $d \leq r$ можна її вважати як тонку і використовувати для розрахунку простіші розрахункові співвідношення. При більш товстих лінзах $d > r$ застосовувати формули (1) або (2) вирішує конструктор з огляду на похибку.

Література

1. Введение в матричную оптику./А. Джеррард. Дж. М. Бёрч. – Под редакцией канд. физ. мат. наук В.В. Коробкина. Издательство «Мир» Москва 1978.
2. Бутиков Е.И. Оптика: Учебное пособие для вузов / Под ред. Н.И.Калитеевского. – М.: Высш.шк., 1986. – 512 с.

Ключові слова: тонка лінза, матричний опис оптичної системи.

УДК535.361.21

ЕЛІПСОЇДАЛЬНА ФОТОМЕТРИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОРозсіювальної ПОВЕРХНІ

Безуглий М. О.

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

Дослідження процесів взаємодії оптичного випромінювання з світлорозсіювальною поверхнею є актуальною науково-прикладною проблемою, методи вирішення якої концентруються залежно від того, об'єкт живої або неживої природи аналізується. Співвідношення часток розсіяного та поглиненого технічним зразком світла характеризує матеріал та якість обробки його поверхонь, тобто шорсткість (в окремих випадках покриття). Коефіцієнти розсіювання та поглинання біологічного зразка є біометричним базисом для з'ясування фізіологічного стану в умовах експерименту *in vivo*, а також для ідентифікації виду та стадії патології в умовах експерименту *in vitro*.

Оптико-електронні вимірні засоби, завдяки яким можна визначити поглинаючі та розсіювальні властивості, доволі різноманітні, при цьому широкого розповсюдження набувають засоби з криволінійними, зокрема еліпсоїдальними, рефлекторами. Основою конструкції таких рефлекторів є

еліпсоїдальне дзеркало з внутрішньою відбиваючою поверхнею, що ортогонально усічене в фокальних площинах. Зазначена особливість дозволяє збирати розсіяне зразком світло в межах тілесного кута 2π , при умові розміщення плоского зразка в одній фокальній площині еліпсоїдального рефлектора. У другій фокальній площині формується пляма розсіювання, яку за допомогою проєкційної системи спрямовують на матричний фотоприймач (ПЗЗ камеру) і отримують просторовий розподіл розсіяного випромінювання. Оскільки вимірними величинами при різних конфігураціях еліпсоїдальних фотометричних систем є, як правило, коефіцієнти дифузного відбиття та пропускання, повного відбиття та пропускання, а також колімованого відбиття та пропускання, точність вимірювання яких суттєво впливає на точність визначення взаємопов'язаних поглинальних та розсіювальних характеристик, то координатний приймач повинен забезпечувати можливість здійснення фотометрії в зазначеному діапазоні освітленостей.

У роботі проаналізований характеристичний розподіл яскравості розсіяного випромінювання технічними (з направленою та ненаправленою шорсткістю) та біологічними зразками. Розроблений комплект програмного забезпечення для аналізу світлорозсіювальних поверхонь, визначення оптичних параметрів біологічних середовищ методами Монте-Карло, а також візуалізації моделювання Монте-Карло для системи «еліпсоїдальний рефлектор - біологічна тканина».

Ключові слова: еліпсоїд обертання, еліпсоїдальний рефлектор, фотометрична система.

УДК 535.241.62

ТЕОРІЯ ФОРМУВАННЯ ПОЛЯ ОСВІТЛЕНОСТІ НА ВНУТРІШНІЙ ПОВЕРХНІ ІНТЕГРУЮЧОЇ СФЕРИ ФОТОМЕТРІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ СВІТЛОДІОДІВ

Коваленко А. В., Міхеєнко Л. А.

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

Світлодіодна промисловість бурхливо розвивається і система характеристик та методів їх вимірювання поки ще не усталена. Для вимірювання потоку світлодіодів (СД) найбільш прийнятими являються схеми з фотометрами на основі інтегруючої сфери (ІС). В міжнародних нормативних документах з метрології СД зустрічаються три основні схеми таких фотометрів. В першому випадку СД вмонтовано в стінку сфери так, що його випромінююча поверхня співпадає з внутрішньою поверхнею сфери. В другому випадку випромінююча поверхня СД розміщена в центрі сфери. В третьому випадку СД встановлюється перед вхідним вікном сфери в стандартній геометрії,

рекомендованій Міжнародною комісією з освітлення (МКО) для вимірювання часткового потоку світлодіодів. Очевидно, що результати вимірювання світлового потоку за цими схемами будуть відрізнятися між собою. Проведення детального порівняльного аналізу точності кульових фотометрів ускладнюється відсутністю фізико-математичної моделі кожної схеми. Тому метою даної роботи є розробка та порівняльний аналіз спрощених математичних моделей формування поля освітленості на внутрішній поверхні кульового фотометра в першому наближенні.

За результатами розробки запропоновано спрощені математичні моделі формування поля освітленості на внутрішній поверхні кульового фотометра для трьох загальноприйнятих схем конструктивного розміщення світлодіода. Моделі засновані на поєднанні методу послідовних відбивань з інтегруванням освітленостей елементарних кілець навколо сегмента, осесиметрично освітленого світлодіодом. Кожна модель враховує основні конструктивні параметри фотометра, які впливають на рівень освітленості, коефіцієнт відбивання внутрішнього покриття, а також направленість просторової індикатриси випромінювання світлодіода. Порівняльний аналіз розрахунків схем з типовими параметрами показує високу інформативність результатів. Показано, що при значенні коефіцієнта відбиття більше 0,98 а також діаметра сфери менше 0,6 м значно збільшується вплив нестабільності цих параметрів на загальну похибку фотометра. При звуженні індикатриси світлодіода сумарна освітленість зменшується при розміщенні його на стінці сфери, та зростає – при розміщенні в центрі. Результати розрахунків можна використати для вибору оптимальної схеми фотометра при заданих параметрах СД, та підбору оптимальних значень параметрів його конструкції. Подальших досліджень потребує вплив нестабільності кожного параметра приведених схем на загальну похибку вимірювання світлового потоку.

Ключові слова: світлодіод, фотометр, параметр, модель.

УДК 535.42

ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОПОРЯДКОВИХ ДИФРАКЦІЙНИХ ЛІНЗ

Кучугура І. О., Колобродов В. Г.

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

Дифракційні оптичні елементи є універсальними елементами, які широко використовуються в сучасних оптичних системах. Традиційно дифракційні лінзи (ДЛ) проектують для роботи в першому дифракційному порядку, в якому оптична сила лінзи прямо пропорційна відношенню розрахункової і робочої довжини хвилі світла. У свою чергу, багатопорядкові ДЛ (БПДЛ) одночасно працюють в декількох дифракційних порядках N , завдяки чому здатні

фокусувати хвилі різної довжини в одну точку із високою дифракційною ефективністю (ДЕ), що дозволяє формувати високоякісне поліхроматичне зображення.

В основі проектування БПДЛ лежить скалярна теорія дифракції Кірхгофа та емпірична формула показника заломлення для різних довжин хвиль, яка визначає долю фазової затримки 2π , що вводиться для довжин хвиль, відмінних від розрахункової.

БПДЛ складається із концентричних зон Френеля. Радіуси зон визначають із розв'язку рівняння $\varphi(r_q) = 2\pi m q$, де $\varphi(r_q)$ представляє фазову функцію ДЛ. Ширина кожної зони проектується з умови забезпечення зміни фази хвильового фронту на $2\pi i$, де $i = 1, \dots, m$. Фактично БПДЛ відрізняється від звичайної ДЛ товщиною. Число стрибків фази m є параметром, яким може керувати розробник для отримання необхідних характеристик оптичних систем.

Крім того, оптична сила БПДЛ залишається постійною для декількох дискретних довжин хвиль. Таку особливість цих лінз використовують для корекції хроматичної аберації.

Було проведено чисельне моделювання БПДЛ з фокусною відстанню $f' = 20$ мм, для розрахункової довжини хвилі $\lambda_0 = 525$ нм, $m = 6$, в спектральному діапазоні 400..700 нм. Визначено, що лінза фокусує світло з різними довжинами хвиль 450 нм, 525 нм, 630 нм з ДЕ 100% в одну точку.

Отримано вирази для обчислення розподілу інтенсивності світла, сформованого БПДЛ вздовж оптичної осі.

Розроблено математичну модель впливу похибки виготовлення глибини мікрорельєфу БПДЛ на ДЕ. Показано, що для похибки 5% дифракційна ефективність для довжин світла 450 нм, 525 нм і 630 нм складає 65%, 73% і 81% відповідно, а для похибки 10% – 25%, 13% і 40%. Таким чином, якість створюваного зображення БПДЛ великою мірою залежить від точності виготовлення її мікрорельєфу.

Ключові слова: багатопорядкова дифракційна лінза, дифракційний порядок, дифракційна ефективність.

УДК 535.241.63

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТЯЖЕННЫХ ДИФФУЗНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ

Михеенко Л. А.

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

В последнее время наблюдается интенсивное развитие прецизионных видеосистем с многоэлементными приёмниками излучения: цифровых фотоаппаратов, веб-камер, камер для оптической микроскопии, систем

наблюдения и других. Дальнейшее усовершенствование таких систем сдерживается недостаточным уровнем методов и средств измерения их энергетических характеристик, в первую очередь приборов, создающих переменное яркостное поле высокой интенсивности и однородности в пределах значительной апертуры. Обычно для этих целей используются диффузные излучатели переменной яркости (ДИПЯ) на основе интегрирующих сфер (ИС) с галогенными лампами, однако реализация потенциально высоких метрологических характеристик таких приборов невозможна без измерения их энергетических характеристик и калибровки. Практика выполнения таких операций показала, что известные методы и средства предъявляемым к ним требованиям в полной мере не удовлетворяют. В связи с этим автором был разработан специальный многофункциональный стенд, позволяющий измерять:

- распределение яркости в выходной апертуре ДИПЯ на различных расстояниях от излучателя;
- индикатрису силы излучения ДИПЯ в центре и на краю выходной апертуры;
- зависимость интегральной яркости выходной апертуры ДИПЯ на различных расстояниях от излучателя;
- распределение яркости в выходной апертуре ДИПЯ при наличии внутри ИС поглощающих и зеркально отражающих элементов;
- распределение яркости в выходной апертуре ДИПЯ при частичном включении первичных излучателей;
- динамическую характеристику ДИПЯ;
- спектральную характеристику ДИПЯ.

Погрешности отдельных измерений на стенде не превышали 5-7%, что достаточно для калибровки большинства прецизионных излучателей.

Ключевые слова: диффузный излучатель, измерение энергетических характеристик, метрологический анализ.

УДК 629.78

ТЕОРИЯ И МЕТРОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДИФFUЗНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СФЕРЫ ДЛЯ СИСТЕМ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Михеенко Л. А.

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

Диффузные излучатели (ДИ) на основе интегрирующей сферы (ИС) являются ключевыми элементами практически всех известных систем радиометрической калибровки (СРК), с помощью которых измеряются

основные характеристики оптико-электронных зондирующих систем (ОЭЗС) и производится перенос единицы калибровочной величины от первичного эталона к рабочим средствам измерений. Естественно, что характеристики и параметры ДИ непосредственно определяют метрологический уровень калибровки ОЭЗС, а также значительно влияют как на методику измерений, так и на выбор элементной базы СРК. Вместе с тем теоретический уровень исследований ДИ на основе ИС значительно отстает от предъявляемых к нему требований по точности, фотометрическим и энергетическим характеристикам, конструктивным параметрам, что не позволяет определить их потенциальные возможности и пути усовершенствования. В связи с этим, целью настоящей работы является разработка теории ДИ на основе ИС и определение на этой основе путей повышения его метрологических характеристик.

В частности, на основе метода последовательных отражений были получены аналитические выражения, которые в первом приближении описывают выходное яркостное поле ДИ в зависимости от интегрального и спектрального коэффициентов отражения и рассеяния внутреннего покрытия ИС и её геометрических параметров. Кроме этого, была разработана математическая модель узкополосного поглощения излучения во внутренней газовой среде ИС и методика численного анализа влияния микродефектов её поверхности и источников излучения, включая их арматуру, на формирование выходного яркостного поля.

Полученные результаты были проверены экспериментально на макете ДИ с искусственно созданными элементами макро и микрогеометрии ИС, а также с источниками излучения различных типов.

Ключевые слова: системы радиометрической калибровки, диффузные излучатели на основе интегрирующей сферы, энергетический и метрологический анализ.

УДК 681.7, 534.4

ОПТИЧНІ СИСТЕМИ ЗОБРАЖУЮЧИХ ФУР'Є – СПЕКТРОМЕТРІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

¹⁾Колобродов В. Г., ²⁾Лихоліт М. І., ²⁾Поздняков Д. В., ²⁾Тягур В. М.

¹⁾Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”,

²⁾Казенне підприємство спеціального приладобудування «Арсенал», м. Київ, Україна

Розвиток сучасної держави не можна уявити без використання космічного простору для вирішення як загальнодержавних, так і комерційних задач. Аналіз напрямків розвитку передових держав світу засвідчує, що впровадження сучасних космічних технологій дозволяє вирішувати комплекс задач зв'язку, навігації, картографування, моніторингу Землі та інше. Особливе значення набуває використання космічної техніки для створення систем дистанційного

зондування Землі (ДЗЗ). Знімки, які отримують з космічних апаратів ДЗЗ, використовують спеціалісти багатьох галузей, таких як пошук корисних копалин, оцінювання ґрунтів для сільського господарства, вивчення та оцінювання океанічних ресурсів, виявлення забруднень, аналіз та прогнозування кліматичних змін, картографування рельєфу та інше.

Одним з таких типів приладів ДЗЗ є зображуючі спектрометри, які можна поділити на 3 групи:

- дисперсійні;
- фільтрові;
- Фур'є - спектрометри.

Найбільш перспективними є зображуючі Фур'є - спектрометри. Особливістю даних приладів є те, що вони реєструють не спектр підстилаючої поверхні, а інтерференційну картину, відновлення спектру здійснюється шляхом використання зворотнього перетворення Фур'є до сигналу, що зареєстрований матричним приймачем випромінювання.

Під час роботи були проаналізовані можливі оптичні схеми, які можуть бути застосовані при розробці зображуючих Фур'є - спектрометрів.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, зображуючі Фур'є - спектрометри.

УДК 681.7

ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ МОДЕЛИ АЧТ НА ИЗМЕРЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ШУМУ РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР ТЕПЛОВИЗОРА

Кучеренко О. К., Ермоленко М. А.

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

Завершающей стадией производства тепловизионных приборов является проведение комплексных испытаний, подтверждающих расчетные характеристики этих приборов. Одной из таких характеристик является эквивалентная шуму разность температур (ЭШРТ). При экспериментальном определении ЭШРТ необходимо знать абсолютную и радиационную температуры излучающей поверхности теплового излучателя в виде модели АЧТ.

Для модели АЧТ, использующей полупроводниковые нагреватели на эффекте Пельтье, целесообразно применять в качестве излучающей поверхности нагреваемую медную пластину с двумя типами покрытий: черной оксидной пленкой или сильно окисленной медью. Необходимо учитывать, что излучательная способность этих покрытий ε зависит от температуры. Относительное отклонение ε для двух типов покрытий в температурном диапазоне 340–500К составляет 3–5%.

При проведенні измерений тепловизор реагує не на абсолютну температуру излучающей поверхності T_n моделі АЧТ, а на її радіаційну температуру T_p . Різниця в абсолютній і радіаційній температурах излучающей поверхності моделі АЧТ обумовлюють погрешність експериментального визначення ЕШРТ тепловизора. Ця погрешність може виявитися значущою ($\approx 20\text{--}50\%$) при мінімальних температурах вказаного температурного діапазону 340–500К.

Дослідження показали, що якщо при проведенні измерений ЕШРТ враховувати температурну залежність ε то погрешність визначення ЕШРТ може бути зменшена. Наприклад, для покриття в вигляді чорної оксидної плівки майже в два рази. Це є важливим перевагою цього покриття порівняно з сильно окисленою міддю.

Ключові слова: еквівалентна шуму різниця температур, ЕШРТ, излучальна здатність, модель АЧТ, тепловизор.

УДК 519.6

РОЗРОБКА КОМПАКТНИХ УЛЬТРАШИРОКОКУТНИХ ОБ’ЄКТИВІВ

Сокурєнко В. М., Сокурєнко О. М.

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

Для підвищення інформативності та розширення функціональних можливостей систем спостереження на базі цифрових камер в останні роки все частіше почали використовуватися ширококутні об’єктиви. Кут поля зору таких об’єктивів може досягати 180° .

На жаль, створення ширококутних об’єктивів з високою якістю зображення є однією зі складних задач розробки оптичних систем (ОС). Складність розробки зумовлена загальною тенденцією збільшення польових аберацій з розширенням кутового поля зору ОС. Насамперед, це стосується дисторсії, яка при великих кутах поля зору може досягати десятків відсотків, астигматизму похилих пучків та хроматизму збільшення.

В даній роботі представлено спосіб автоматизованої розробки таких об’єктивів, що базується на використанні засобів глобальної оптимізації (ГО). Розроблена авторами доповіді комп’ютерна програма, в якій реалізовано декілька сучасних алгоритмів ГО, дає змогу провести автоматизоване проектування практично довільної ОС.

Метою даної роботи є дослідження ефективності реалізованих в комп’ютерній програмі алгоритмів ГО для синтезу нових ОС з «екстремальними» значеннями поля зору та високою якістю зображення з урахуванням заданих користувачем граничних обмежень на конструктивні параметри та габаритні розміри ОС, значення різних аберацій тощо.

Як вихідні дані конструктору потрібно задати загальну кількість поверхонь, ввести системні параметри (довжини хвиль, поле зору, апертуру системи), вибрати параметри оптимізації та бажану оціночну функцію, а також вказати необхідні граничні обмеження на конструктивні параметри та аберації. Параметрами оптимізації слугують радіуси кривизни оптичних поверхонь, осьові повітряні проміжки та товщини лінз, коефіцієнти асферичності форми оптичних поверхонь. Крім того, в програмі передбачена можливість автоматичного пошуку марок оптичного скла з обраного каталогу. Зазвичай, критерієм оптимізації є мінімізація середньоквадратичного розміру світлової плями в площині зображень або мінімізація відхилення функції деформації хвильового фронту.

Результативність запропонованого підходу в даній роботі перевірялася на під час розробки об'єктива з кутом поля зору 180° для цифрових камер з сенсором (матрицею) зображення формату $1/3''$ для видимої області спектру.

В доповіді наведено результати досліджень та рекомендації, які можуть бути корисними для розробників ОС.

Ключові слова: оптична система, об'єктив, автоматизований розрахунок, глобальна оптимізація, аберації, оціночна функція.

УДК 533.6.08(043.2)

ЛАЗЕРНІ ДОППЛЕРІВСЬКІ ВИМІРЮВАЧІ КОМПОНЕНТ ВЕКТОРА ШВИДКОСТІ

¹⁾Чудесов О. П., ²⁾Дивнич В. М.

¹⁾Державне підприємство «ДержавтотрансНДІПРОЕКТ», м. Київ, Україна,

²⁾Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

Представлено ряд оптичних схем лазерних доплерівських вимірювачів швидкості (ЛВДШ), призначених для вимірювання двох та трьох компонентів вектора. Зокрема: оптична схема ЛДВШ x та z компонент вектора із часовим розділенням каналів вимірювання, що побудована на основі диференціальної та схеми на зустрічних променях; оптична схема ЛДВШ x та y компонент вектора з розділенням каналів вимірювання у часі, що побудована на основі диференціальної та схеми з опорним променем; оптична схема ЛДВШ x , y та z компоненти вектора швидкості з розділенням каналів вимірювання у часі, що побудована на основі диференціальної, схеми з опорним променем та схеми на зустрічних променях, оптична схема ЛДВШ x , y та z компонент вектора з розділенням каналів вимірювання у часі, що побудована на основі інверсно диференціальної та схеми з опорним променем, а також оптична схема ЛДВШ для одночасного вимірювання x та z компонент вектора з розділенням каналів вимірювання за довжиною хвилі лазерного випромінювання, що побудована на основі диференціальної та схеми на зустрічних променях.

Для підвищення якості доплерівського сигналу в диференціальному ЛДВШ, що характеризується відношенням його змінної складової до постійної, пропонується застосовувати фільтрацію розсіяного мікрочастинками випромінювання. Для цього необхідно, щоб на фотоприймач потрапляло випромінювання з високим ступенем узгодження розсіяних хвиль за інтенсивністю. Форма фільтру, що встановлюється замість апертурної діафрагми в ЛДВШ диференціального типу, може бути розрахована на основі теорії розсіяння Г.А. Мі.

Розроблений алгоритм визначення частоти доплерівського сигналу ЛДВШ, який реалізований у схемі, що синтезована у ПЛІС. Створена цифрова модель доплерівського сигналу ЛДВШ, яка використовується для налаштування роботи електронної схеми визначення його частоти.

Представлені електронні схеми фотоприймальної частини ЛДВШ з РІН фотодіодом та лавинним фотодіодом.

Розроблений лабораторний макет ЛДВШ, в якому використовується в якості джерела лазерного випромінювання потужний лазерний діод з низькою ступеню часової когерентності.

Ключові слова: лазер, доплерівський, анемометр, розробка, оптична схема

УДК 535.317

ПАССИВНАЯ ОПТИЧЕСКАЯ АТЕРМАЛИЗАЦИЯ И АХРОМАТИЗАЦИЯ ТРЕХЛИНЗОВОГО ИК ОБЪЕКТИВА

Муравьев А. В, Кучеренко О. К.

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

Приборы инфракрасной (ИК) техники часто эксплуатируются в сложных условиях окружающей среды. В первую очередь это относится к температурному диапазону, который согласно эксплуатационным требованиям для современных инфракрасных систем может достигать $\pm 60^\circ$. Исходя из этого, одной из важных задач при проектировании объективов ИК приборов является задача сохранения их основных характеристик при работе в указанном диапазоне температур. Изменение температуры приводит к изменению конструктивных параметров оптической системы и, как следствие, к терморасфокусировке и появлению термоаббераций в изображении. Поэтому оценку влияния температуры на характеристики и качество изображения ИК фокусирующих систем, а также применение атермализационных методик необходимо осуществлять ещё на этапе проектирования этих систем, когда прямые измерения недоступны, а аналоги разрабатываемых систем – отсутствуют.

При проектировании фокусирующих оптических систем ИК техники разработчиками широко применяются трехкомпонентные оптические системы.

Эти системы позволяют получить хорошее качество изображения без применения асферических поверхностей. Авторами разработана методика компенсации температурного влияния на качество изображения ИК объективов-триплетов для случая однородного температурного распределения в системе. При использовании пассивной оптической атермализации возможна одновременная минимизация хроматической аберрации триплета.

Разработаны основные математические соотношения и алгоритм работы по предлагаемой методике, позволяющей получить атермализованную ахроматическую трехкомпонентную оптическую систему путем подбора необходимой комбинации материалов и расчета конструктивных параметров объектива. На основе проведенных исследований предложен ряд возможных комбинаций атермализованных ахроматических триплетов для инфракрасной области спектра в диапазоне длин волн 8-14 мкм, а также приведена оптическая система объектива, рассчитанного на основе разработанной методики.

Ключевые слова: атермализация, инфракрасный объектив, трехлинзовый ахромат.

УДК 535.422

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ФОКУСНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПЕРВИННИХ АБЕРАЦІЙ ОКА

Чиж І. Г., Голембовський О. О.

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

Збільшення глибини простору об'єктів, яку можуть спостерігати пацієнти з втраченою акомодативною функцією або з імплантованим штучним кришталіком, в офтальмології є актуальною задачею. У зв'язку з цим існує потреба визначати довжину фокусної області та обсягу псевдоакомодатії ока об'єктивними методами та технічними засобами, які поки що знаходяться у стадії розвитку.

Нами запропоновано метод і пристрій для визначення довжини фокусної області з одночасним виявленням первинних аберрацій оптичної системи ока людини – аметропії та астигматизму. Метод полягає у проведенні тривимірного фотоелектричного аналізу «повітряного» зображення світлової мікроплями на сітківці в зоні макули, сформованого оптичною системою ока у зворотному ході променів. Показано, що *RMS* (Root Mean Square) розподілу освітленості, визначене за результатами відеозапису «повітряного» зображення світлової мікроплями на сітківці у декількох десятках його перетинів, і представлено як функція координати *z* вздовж візуальної осі, дозволяє об'єктивно відтворювати величину обсягу псевдоакомодатії пресбіопічного чи артіфакічного ока, а також виявляти його первинні аберрації: аметропію та астигматизм. Пристрій

для здійснення такого аналізу містить лазерний випромінювач, оптичну систему з варіолінзою, що оптично спрягається із зоною кришталіка ока, та швидкісну відеокамеру. Керування процесом відеозапису розподілу освітленості у перетинах вказаного зображення точки і керування оптичною силою варіолінзи компонента здійснюється за допомогою комп'ютера. Розроблено матзабезпечення методу з використанням оригінального апарату розрахунків *RMS* світлової плями з урахуванням розмірів мікроплями на сітківці ока від розходження лазерного випромінювання та з урахуванням амплітуд мод функції хвильової аберації ока, апроксимованої поліномами Церніке. Метод експериментально апробовано на фізичній моделі ока, яка адекватно відтворює пресбіопічне або артіфакічне око.

Ключові слова: обсяг псевдоакомодації, довжина фокусної області.

УДК 621.757

КОНТРОЛЬ МИКРОТОПОЛОГИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРФЕРОМЕТРОВ БЕЛОГО СВЕТА

Гураль Т. И., Овчар Н. И., Соболев В. П.

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

Современные средства контроля микротопологии поверхностей обеспечивают измерение отклонения формы поверхности от заданной с погрешностью, достигающей 0,1 нм и, таким образом, позволяют выявлять степень влияния внешних факторов на стабильность их характеристик в процессе изготовления и эксплуатации.

В применении к контролю оптических поверхностей и микроструктур, например микроэлектромашин (МЕМ), существенным фактором является возможность проведения бесконтактных измерений. Контроль таких поверхностей можно обеспечить различными средствами измерений, например, атомным силовым микроскопом, конфокальным микроскопом, интерферометром белого света, лазерным 3D профилометром с использованием метода модуляционной интерференционной микроскопии, хроматическими датчиками и CNC, оснащенными, как правило, несколькими датчиками различных типов.

Нами были разработаны и изготовлены образцы интерферометров белого света (ИБС) для измерения топологии оптических поверхностей двух типов:

- ИБС для измерения микротопологии, выполненный на основе схемы Мירו с интерференционным объективом Никон 50^X и оптическим разрешением в плоскости предмета лучше 0,5 мкм, при этом размер поля зрения равен 0,094x0,071 мм;

- ИБС для измерения макротопологии, выполненный по схеме Майкельсона, увеличение объектива равно 0,7^X, при этом размер поля зрения достигает 13x11 мм.

Разрешение по высоте профиля в обоих типах интерферометров сопоставимо

и, в зависимости от выбранных алгоритмов получения и обработки интерферограмм, находится в области от 1 до 0,1 нм. В качестве источника излучения используется светодиод белого свечения с корректировкой спектра излучения с помощью полосовых интерференционных светофильтров. Освещение в обоих типах интерферометров производится по схеме Келлера, что обеспечивает равномерное освещение поля зрения.

В обоих типах приборов сканирование поверхности в направлении высоты профиля осуществляется путем перемещения оптических блоков интерферометров с помощью пьезоактюатора. Наводка на плоскость измеряемой структуры производится с помощью двигателя постоянного тока перемещением всей оптической головки. Получаемые в процессе сканирования поверхности интерференционные картины регистрируются с помощью цифровой видеокамеры. Их обработка и расчет трехмерного профиля поверхности производится с использованием специального программного обеспечения. Управление аппаратурой, выбор параметров измерения и методики расчета профиля осуществляется с помощью пользовательского интерфейса.

В зависимости от свойств контролируемой поверхности для обеспечения требуемого разрешения используется различный шаг сканирования и алгоритмы обработки. Для получения высокого разрешения на полированных оптических поверхностях применяется метод сдвига фазы в сочетании с методом вертикальной сканирующей интерферометрии.

Программное обеспечение дает возможность произвести фильтрацию полученных данных и рассчитать параметры измеряемой поверхности, такие как шероховатость, разновысотность участков, гистограмму распределения высот и т.д. Визуализация полученной топограммы поверхности возможна как в 2D, так и в 3D представлении.

С использованием данных приборов были проведены исследования ряда поверхностных структур и выполнена оценка изменения свойств поверхности в зависимости от используемых технологических режимов ее обработки, а также оценена возможность определения износостойкости трущихся поверхностей в процессе их эксплуатации.

Ключевые слова: интерферометр белого света, микротопология и шероховатость поверхностей.

УДК 681.784

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОЗИЦІОНУВАННЯ ОФТАЛЬМОЛОГІЧНОГО АБЕРОМЕТРА ВІДНОСНО ВІЗУАЛЬНОЇ ОСІ ОКА

Чиж І. Г., Афончина Н. Б.

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

Проведення аберометричних вимірювань ока потребує суміщення візуаль-

ної осі ока пацієнта з оптичною віссю аберометра. Проте відомі на цей час методи позиціонування аберометрів відносно ока використовують вісь симетрії першої поверхні рогівки, яка не співпадає з візуальною віссю ока.

З метою усунення вказаної некоректності пропонується пристрій для пошуку візуальної осі за допомогою так званих характерних точок у площині зіниці ока – точки від візуальної осі, точки від осі симетрії рогівки, та точки центру симетрії отвору зіниці. Ці точки можна використовувати для коректного позиціонування аберометра відносно ока пацієнта.

Пристрій, який пропонується в даній роботі, складається з двох різновіддалених відносно ока пацієнта центрувальних марок, які опромінені за допомогою лампи. Система інфрачервоних світлодіодів у вигляді двох концентричних кілець розташована симетрично відносно оптичної осі пристрою. Пацієнт переміщує пристрій відносно ока до такого положення, при якому центрувальні марки він бачить центрованими. В цей час здійснюється запис зображення ока та рефлексних від рогівки зображень системи світлодіодів. Центральна точка відеокадру із зображенням радужки і отвору зіниці належить візуальній осі ока.

Зображення зберігається в пам'яті комп'ютера та обробляється за допомогою спеціальної програми.

Отримані відеокадри дозволяють визначити взаємне розташування осі симетрії рогівки відносно візуальної осі ока, та центру отвору зіниці відносно візуальної осі. 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.

Встановлено існування зворотної залежності між величиною розбіжності між характерними точками у площині зіниці ока та величиною гостроти зору.

Оскільки на сьогодні не існує ефективних методів та досконалої апаратури, які дозволяють виявляти асиметрію оптичної системи ока, запропонований пристрій може бути використаний з вказаною метою як окремий діагностичний офтальмологічний прилад.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на виявлення характеру залежності якості зору від параметрів асиметрії оптичної системи ока, а також створення наукового підґрунтя для розробки принципово нового діагностичного офтальмологічного приладу, який дає можливість у автоматичному режимі без участі пацієнта знаходити взаємне розташування у площині зіниці трьох характерних точок.

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

УДК 681.7

ДИФРАКЦІЙНІ ОПТИЧНІ ЕЛЕМЕНТИ МІЛІМЕТРОВОГО ТА СУБМІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ

Шевчик-Шекера А. В.

Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України, м. Київ, Україна

Дифракційні оптичні елементи (ДОЕ) знайшли широке застосування в оптичних приладах і пристроях зберігання і пошуку інформації, лазерних технологічних установках. ДОЕ можуть здійснювати різні функціональні перетворення світлових полів, виконувати функції складного багатолінзового об'єктива, корекцію сферичної або хроматичної аберації і т.д. Використання плоских елементів в оптичних схемах, особливо що використовують монохроматичні джерела світла, відкриває перспективу створення дешевих, компактних і функціонально складних приладів. ДОЕ є одними з перспективних елементів для управління випромінюванням міліметрового та субміліметрового діапазону .

Проведені розрахунки та розглянуто технології виготовлення кремнієвої дифракційної лінзи і поліпропіленової кіноформної дифракційної лінзи для міліметрового та субміліметрового діапазону. Оцінено вплив просвітлюючого покриття на пропускання кристалічних матеріалів. Характеристики дифракційних оптичних елементів досліджувалися в пучку терагерцового випромінювача при довжині хвилі 140 ГГц, при середній щільності потужності випромінювання 15 мВт/см².

Ключові слова: дифракційні оптичні елементи, міліметрове та субміліметрове випромінювання.

УДК 681.7.068

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ СВІТЛОВОД ІЗ БОКОВИМ ВИХОДОМ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

¹⁾Холін В. В., ²⁾Єременко О. Н., ¹⁾Єгоров Р. В., ¹⁾Чепурна К. М., ¹⁾Чепурна О. М.

¹⁾ПМВП «Фотоніка Плюс», м. Черкаси, Україна,

²⁾Клініка «Медикал-Юг», м. Севастополь, Україна

Для передачі лазерного випромінювання від апарату до зони втручання використовують волоконно-оптичні світловоди. Світловоди являють собою гнучке моноволокно, виготовлене із висушеного кварцу, діаметром 0,4- 1,0 мм, покрите захисною полімерною оболонкою товщиною 0,1 – 0,2 мм. Проксимальний кінець світловоду вмонтований в роз'єм SMA-905. Дистальний кінець світловоду може мати різноманітне виконання залежно від його функціонального призначення.

Найчастіше використовується світловід, у якому торець відполірований під кутом 90° відносно осі волокна, завдяки чому світло в ньому поширюється прямо, з певним кутом розкриття, який залежить від числової апертури волокна. Застосування такого світловоду для проведення операцій порожнинних органів, наприклад в урології (коагуляція гіперплазії передміхурової залози, пухлин та поліпів сечового міхура та інш.) не завжди забезпечує бажаний результат. Використання світловоду із прямим виходом променів в урології збільшує вірогідність появи так званих «сліпих зон», коли лазерне випромінювання не досягає потрібної цілі чи має недостатню щільність потужності для ефективного проведення операції.

Для оптимізації використання лазерної енергії та зменшення ризику пошкодження високоінтенсивним випромінюванням внутрішніх стінок органів застосовують світловід із боковим виходом світла. Існують різноманітні виконання такого світловоду. Існують світловоди типу «side-fiber», торцева поверхня якого має кут близький 42° . Такий кут приводить до повного відбиття променів і світло виходить із торця, заломлюючись перпендикулярно осі волокна. Однак процес виготовлення торця досить трудомісткий та високовартісний процес.

Нами пропонується виготовлення світловоду із боковим виходом лазерного випромінювання за допомогою електродугової зварювальної установки КСС-111. На рис. 1 показаний дистальний кінець такого світловоду та вигляд лазерного випромінювання при виході із торця. Для виготовлення такого світловоду можна використовувати скловолокно із різним діаметром кварцової жили.

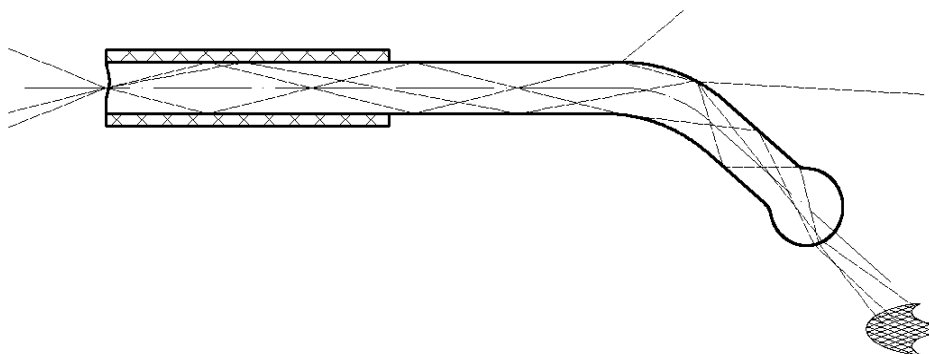


Рис. 1. Дистальний кінець та хід променів світловода

Процедура виготовлення дистального кінця відбувається наступним чином. Для фіксації підготовлений кінець світловоду кріпиться у V-подібних канавках зварювального апарату. Потім кінець волокна розплавляється дуговим розрядом, що виникає між вольфрамовими електродами. На кінці волокна, що знаходиться в розплавленому стані формується куля певного діаметру. На визначеній відстані від кулі (3-4 мм) волокно знову нагрівається розрядом та згинається під кутом $35-40^\circ$. На рис. 2 зображено: а) лазерне випромінювання

на виході із зробленого нами світловода та б) готовий вигляд дистального кінця.

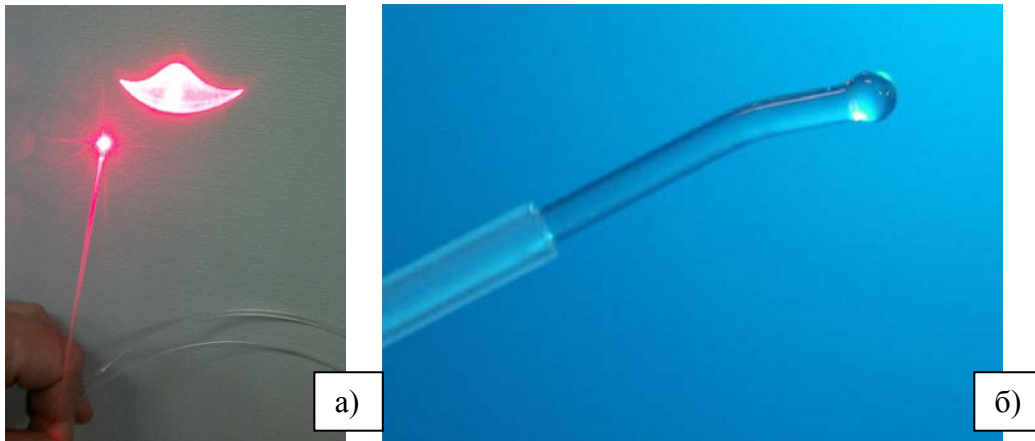


Рис. 2. а) - вихід лазерного випромінювання із світловоду, б) – вигляд сформованого дистального кінця світловоду

Отже, виготовлений нами світловод із боковим виходом променів дає можливість проводити операції порожнинних органів високоінтенсивним лазерним випромінюванням та, при потребі, працювати контактено, прицизійно, обробляти недоступні зони обробки. Запропонований нами процес виготовлення дистального кінця світловоду дозволяє спростити та знизити вартість порівняно із іноземними аналогами.

Ключові слова: світловод з боковим виходом світла, лазерне випромінювання, урологія, електро-дугова зварка.