

УДК 681.787:621.373

О ПРИМЕНЕНИИ СВЕТОДИОДА В ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ БЕЛОГО СВЕТА

¹⁾Овчар Н.И., ¹⁾Гураль Т.И., ²⁾Кучеренко О.К., ²⁾Чуча А.М.; ¹⁾Казенное предприятие «ЦКБ» Арсенал», г. Киев, Украина; ²⁾Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина

Рассмотрена возможность применения светодиода в интерферометре белого света на основе сравнения спектрофотометрических характеристик этого излучателя с галогенной лампой накаливания и анализа выходного сигнала интерферометра для рассматриваемых типов излучателей

Вступление

Современные интерферометры белого света оснащаются высоко-скоростными камерами и компьютерами, что позволяет проводить контроль профиля поверхности в реальном масштабе времени, и получать трехмерную картину с разрешением до 1 \AA .

Необходимость создания новых приборов обусловлена высокими требованиями по точности контроля зеркал интерферометров, лазерных гироскопов, элементов микросхем и т. п. Сущность работы интерферометра белого света заключается в сканировании поверхности в направлении нормали к ней и определения положения экстремума контраста интерференционной картины. Особенностью получения интерференционной картины в белом свете является требование минимизации разности оптической длины хода лучей в опорном и измерительном каналах интерферометра. Если эта разность превышает 3 мкм, то интерференция в белом свете не наблюдается.

Постановка задачи

При разработке интерферометров белого света важное значение имеет выбор элементной базы прибора. К таким элементам относятся источники излучения. Традиционно для создания интерферометров в качестве источника излучения применялись галогенные лампы накаливания. Однако эти лампы имеют ряд недостатков влияющих на технические и эксплуатационные характеристики прибора. Спектр излучения лампы накаливания выходит за видимую область и несет в себе большую долю теплового излучения. Значительная тепловая мощность выделяется в цепях питания лампы. Все это негативно влияет на температурный режим работы интерферометра и в конечном итоге на его разрешающую способность.

Для уменьшения влияния этих факторов приходится усложнять конструкцию осветительной части прибора вводя в нее осветительный световод, позволивший расположить галогенную лампу на значительном расстоянии от измерительного блока интерферометра белого света. Кроме этого, спектрофотометрические характеристики лампы накаливания меняются с

течением времени и зависят от стабильности питающих напряжений. Срок работы лампы накаливания невелик. Вместе с тем в настоящее время промышленностью выпускаются яркие, долговечные и дешевые светодиоды, имеющие непрерывный спектр излучения в видимой области спектра. В тоже время следует отметить, что спектральная характеристика излучения не в полной мере соответствует спектру излучения лампы накаливания, а это может повлиять на вид выходного сигнала интерферометра реализующего Фурье преобразование интерференционной картины белого света [1].

Задача настоящей статьи заключается в сравнении спектрофотометрических характеристик галогенной лампы накаливания и светодиода белого света, а также сравнение путем математического моделирования сигналов на выходе интерферометра при применении в качестве источника излучения ламп накаливания и светодиодов белого света.

Целью исследования является подтверждение возможности использования светодиодов при разработке приборов.

Экспериментальные исследования спектрофотометрических характеристик галогенной лампы накаливания и светодиода белого света

Нами было проведено экспериментальное сравнение спектрофотометрических характеристик блока излучателя при применении двух типов излучателей.

Измерения проводились на аттестованном фотометре-радиометре ФР2. При определении характеристик узла излучателя с галогенной лампой КГМ 12-50 в состав узла входили эллиптический отражатель, осветительный световод длиной 1,5м и дихроичный светофильтр на базе стекол СЗС21-ЖС17. Результаты измерения освещенности создаваемой этим узлом на входном окне фотометра при изменении питающего напряжения приведены в табл.1.

Таблица 1

U, В	12	11	10	9	8
E, лк	$4,27 \cdot 10^3$	$3,66 \cdot 10^3$	$2,65 \cdot 10^3$	$1,83 \cdot 10^3$	$1,34 \cdot 10^3$

Применение в узле излучателя светодиода белого света позволило исключить из конструкции осветителя световод.

В состав узла излучателя кроме светодиода LXHL-LW6C входила линзовая конусная насадка формирующая индикатрису излучения в диапазоне телесных углов $\pm 10^\circ$ на уровне $1/e$ и диафрагмой диаметром 4мм.

В ходе измерений изменялось расстояние L от насадки до входного окна фотометра, а также изменялся ток питания I светодиода.

Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблиця 2

L, мм	0	10	20	30	40
E, лк					
I=300мА	$96 \cdot 10^3$	$82,9 \cdot 10^3$	$72,3 \cdot 10^3$	$61,2 \cdot 10^3$	$50,8 \cdot 10^3$
E, лк					
I=700мА	$174 \cdot 10^3$	$148 \cdot 10^3$	$130 \cdot 10^3$	$110 \cdot 10^3$	$90,4 \cdot 10^3$

Сравнение полученных результатов показывает, что по световому потоку и создаваемой освещенности узел излучателя со светодиодом белого света более чем на порядок превосходит узел излучателя на базе галогенной лампы накаливания.

Особенностью спектральной характеристики светодиода белого света является наличие двух максимумов в спектре излучения один из которых находится в фиолетовой области спектра. На практике спектральная характеристика светодиода корректируется дихроичным светофильтром на базе стекол ЖС17. Скорректированная спектральная характеристика узла излучателя на базе светодиода приведена на рис.1.

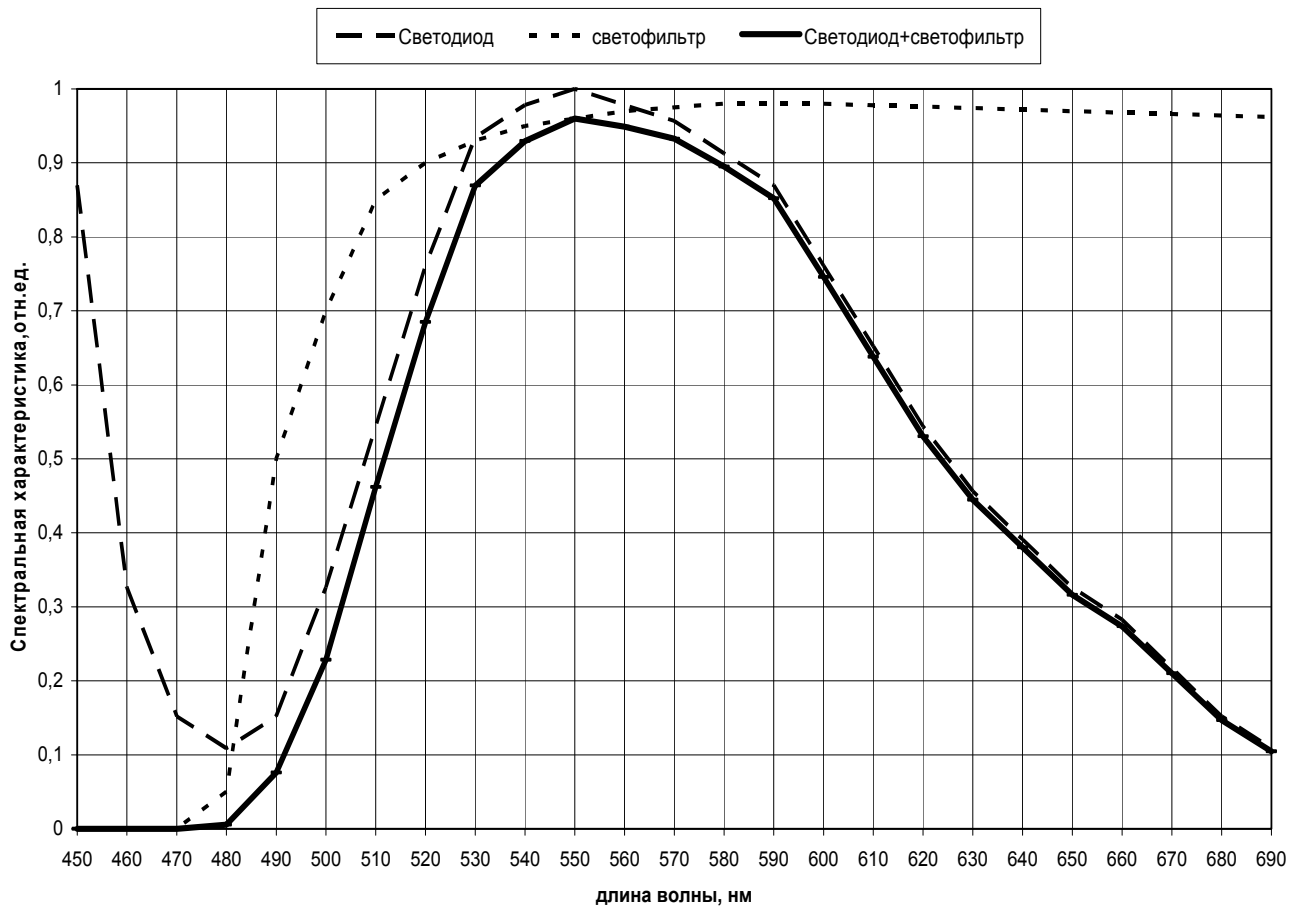


Рис. 1. Спектральная характеристика узла излучателя на базе светодиода белого света

Характеристика спектральной излучательной способности узла излучателя на базе галогенной лампы КГМ 12-50 с эллиптическим отражателем, световодом и светофильтром на базе стекол СЗС21-ЖС17 приведена на рис.2.

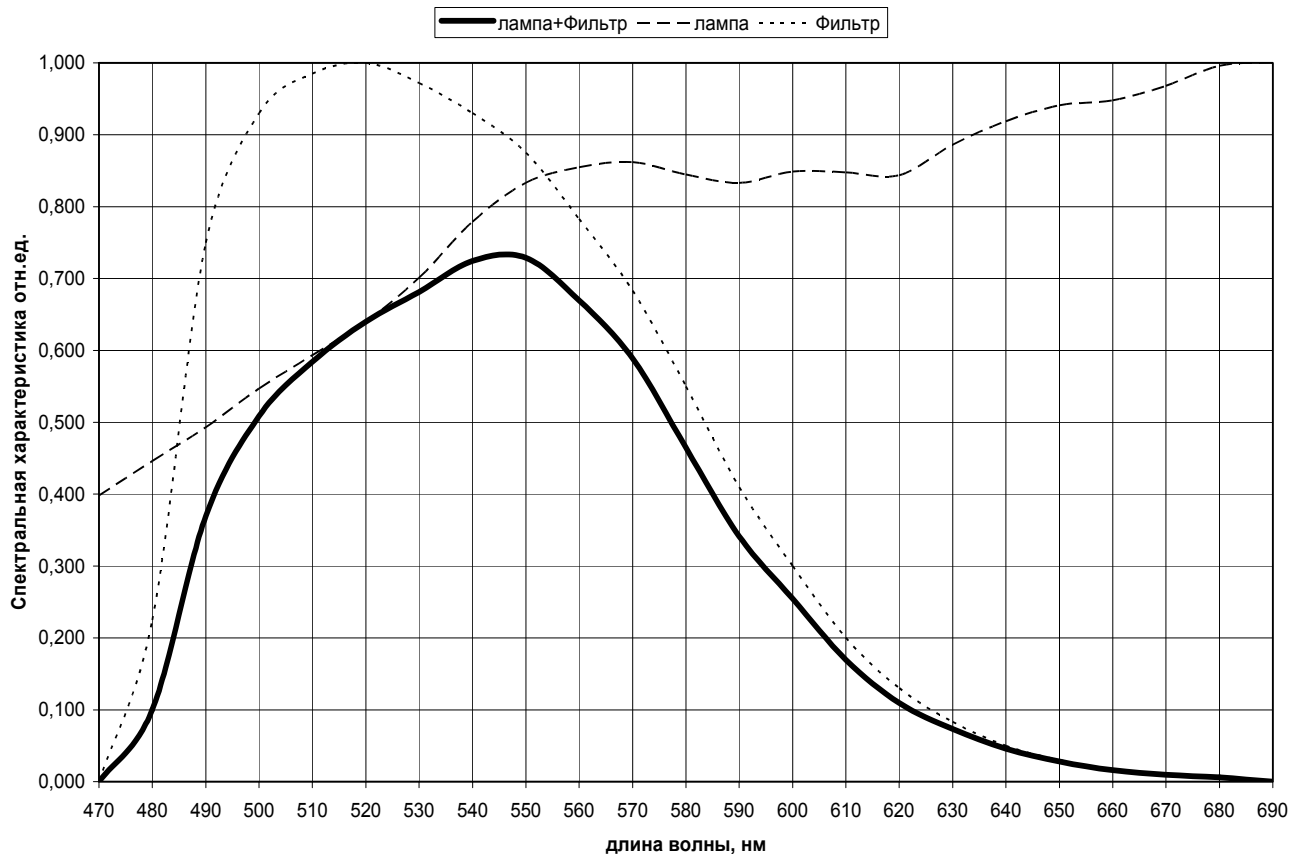


Рис. 2. Спектральная характеристика узла излучателя на базе галогенной лампы

Анализ приведенных кривых показывает, что спектральные характеристики излучательной способности двух типов осветителей отличаются. В таблице 3 приведены данные по спектральной излучательной способности рассматриваемых типов осветителей в области спектра 470-670нм с шагом 10 нм.

Математическое моделирование выходного сигнала интерферометра

В ходе контроля микродефектов поверхности компьютер регистрирует данные о интенсивностях $I(x)$ в последовательных кадрах камеры во время непрерывного механического сканирования ξ интерференционной системой много раз через несколько десятков микрометров. $\xi=0$ – положение сканирования соответствующее нулевой оптической разности хода в начале отсчета. Таким образом, обрабатывается массив интерференционных картин белого света как функция положения сканирования для множества пикселей в кадре. Выбранная нами модель изменения во времени модулированной интенсивности для отдельного пикселя представляет собой совокупность интерференционных картин образованных несвязным наложением монохроматических длин волн выбранных с шагом 10 мкм в спектральной области 470-690 мкм соответствующей видимой части спектра.

Таблиця 3

Длина волны, мкм	Лампа, отн. ед.	Светодиод, отн. ед.	Длина волны, мкм	Лампа, отн. ед.	Светодиод, отн. ед.
λ_i	P_{Mi}	P_{Di}	λ_i	P_{Mi}	P_{Di}
470	0,000	0,000	590	0,342	0,852
480	0,100	0,005	600	0,255	0,746
490	0,370	0,076	610	0,170	0,638
500	0,509	0,228	620	0,110	0,530
510	0,584	0,462	630	0,074	0,445
520	0,640	0,685	640	0,046	0,380
530	0,681	0,869	650	0,028	0,316
540	0,724	0,929	660	0,016	0,274
550	0,729	0,960	670	0,010	0,210
560	0,669	0,949	680	0,006	0,147
570	0,589	0,933	690	0,000	0,105
580	0,465	0,895			

Амплитудные значения каждой гармоники были взяты из таблицы 3. Такой подход соответствует реальной функции преобразования интерферометра представляющей собой Фурье преобразование вида [1]:

$$p(k, x) = |FT[I(\xi, x)]|^2, \quad (1)$$

$$\varphi(k, x) = \arg\{FT[I(\xi, x)]\}, \quad (2)$$

где P и φ – величина и фаза каждого слагаемого интерференционной картины; k – волновое число; x – текущая координата или номер кадрового пикселя.

Моделирование процесса наложения волн производилось в соответствии с соотношениями:

$$S_M(t) = \sum_{i=1}^n P_{Mi} \cos\left(\frac{2\pi \cdot t \cdot 10^{-6}}{\lambda_i \cdot 10^{-9}}\right), \quad (3)$$

$$S_D(t) = \sum_{i=1}^n P_{Di} \cos\left(\frac{2\pi \cdot t \cdot 10^{-6}}{\lambda_i \cdot 10^{-9}}\right), \quad (4)$$

где S_M – результат суммирования интерферирующих длин волн для галогенной лампы; S_D – результат суммирования интерферирующих длин волн светодиода; P_{Mi} , P_{Di} – амплитуды гармоник спектральных составляющих для галогенной лампы и светодиода соответственно; n – количество гармоник.

Результат моделирования в графическом виде представлен на рис. 3. Из рисунка следует, что вид интерференционной картины при замене лампы

накалювання світодиодом практично не змінюється. Відхилення амплітуд в інформаційних максимумах інтерференційної картини не перевищує 2%.

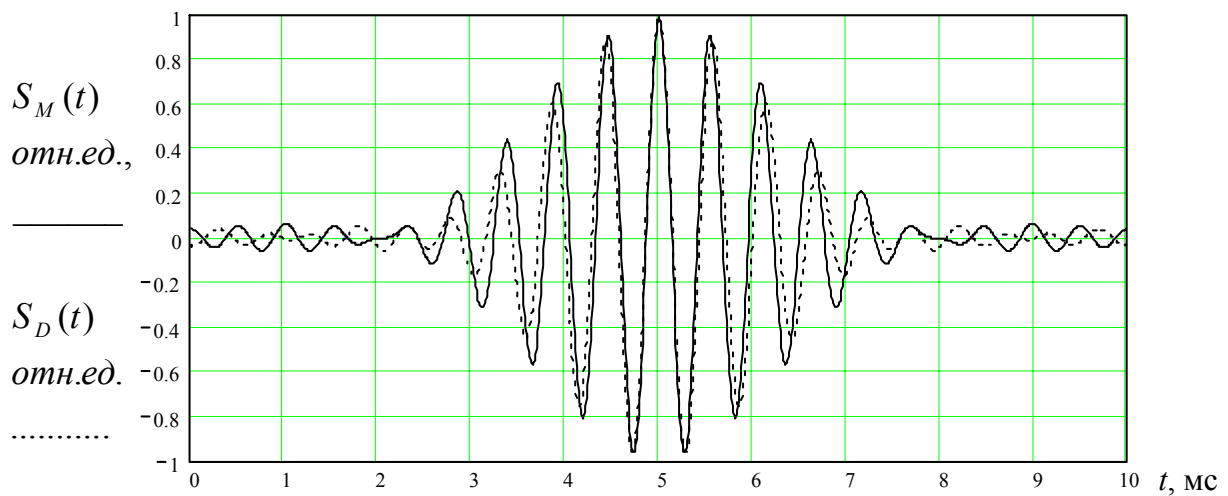


Рис. 3. Вид інтерференційної картини отриманої в результаті моделювання.

Висновки

Проведені експериментальні дослідження і математичне моделювання доводять, що потік випромінювання і освітленість, створювані вузлом випромінювача інтерферометра білого світла на основі світодиода, на порядок перевищують аналогічні характеристики для вузла випромінювача на основі галогенової лампи накалювання. Відмінності спектральної характеристики вузлів випромінювача двох типів практично не впливають на вигляд інтерференційної картини інтерферометра білого світла. Відхилення інформаційних амплітуд не перевищують 2%. Ураховуючи зазначені в статті переваги вузла випромінювача на основі світодиода, саме це конструктивне рішення може бути рекомендовано при проектуванні інтерферометрів білого світла. Далішні дослідження по розглядаваній проблемі будуть присвячені вдосконаленню схеми і конструкції інтерферометра білого світла з метою підвищення точності і надійності проводимих на приладі вимірювань.

Література

1. Лазерна дальнометрія. / Під ред. В.П. Васильєва. - М.: Радио і зв'язь, 1995. - 257 с.
2. Карих Е.Д., Манак І.С. Полупровідникові лазери. - Мн.: БГУ, 1999. - 199 с.
3. U.S. Bialiauski, I.S. Manak Influence Laser Diode Radiation Phase Non-Uniformity Account for Improvement Phototachymeter Accuracy Characteristics // Electronics and Electrical Engineering. – 2006. – №3(67). - С. 5-8.

Овчар Н.И., Гураль Т.И., Кучеренко О.К., Чуча А.М. Про використання світло діода в інтерферометрі білого світла.

Розглянута можливість використання світло-

Ovchar N.I., Gural T.I., Kucherenko O.K., Chucha A.M. About application light diode in white light interferometer.

The opportunity of application light diode in

діода в інтерферометрі білого світла на основі порівняння спектрофотометричних характеристик цього випромінювача з галогенною лампою накаливання і аналізу вихідного сигналу інтерферометра для типів випромінювачів, що розглядаються.	white light interferometer is considered on the basis of comparison spectrophotometric of the characteristics irradiator with halogen incandescent lamp and analysis of a target signal interferometer for considered types излучателей.
---	--

*Надійшла до редакції
12 червня 2007 року*

УДК 528.7, 629.78

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗНОГО ИЗЛУЧАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРУЮЩЕЙ СФЕРЫ

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

В работе представлены методика и аппаратура для измерения распределения яркости в плоскости выходной апертуры диффузного излучателя на основе интегрирующей сферы. Выполнен анализ экспериментальных данных о распределении яркости и сформулированы рекомендации по выбору оптимальных параметров диффузного излучателя

Введение

Диффузные излучатели (ДИ) на основе интегрирующей сферы (ИС) нашли широкое применение при измерении энергетических характеристик многоэлементных приемников излучения и устройств на их основе: цифровых фотоаппаратов, цифровых видеокамер, цифровых оптических микроскопов, обзорно-поисковых и следящих систем, многоспектральных сканирующих устройств космического базирования и др.[1-2]. Одной из основных характеристик ДИ является неравномерность распределения яркости в плоскости выходной апертуры. В большинстве практических случаях эта неоднородность не должна превышать величин порядка 1 – 3% [3].

Достаточно полная теория ДИ представлена в работах [4-5]. Однако получение аналитических выражений, описывающих распределение яркостного поля в выходной апертуре ДИ связано со значительными математическими трудностями. Это обусловлено сложным характером формирования яркостного поля в реальной ИС при произвольном расположении источников излучения, формы и направленности их индикатрис, влияния технологических факторов (элементы крепления источников излучения и т.п.) .

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование факторов, определяющих формирование яркостного поля выходной апертуры ДИ и разработка практических рекомендаций по обеспечению максимальной однородности яркости в проектируемых ДИ для прецизионной фотометрии.

Экспериментальная установка