

таты представлены на рисунке 4. Обработка данных, полученных в ходе измерений, показала, что время жизни уровня ${}^4I_{13/2}$ ионов эрбия в кристалле Er:GdYSiO₅ составляет 7.2 мс.

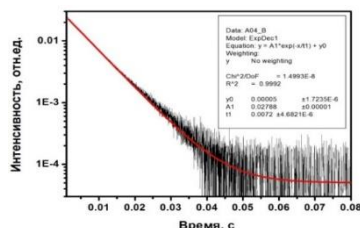


Рисунок 4 – Кинетика затухания люминесценции с уровня ${}^4I_{13/2}$ ионов эрбия

Время жизни уровня ${}^4I_{11/2}$ составило 20 мкс. Сравнительно короткое время жизни уровня ${}^4I_{11/2}$ снижает потери, связанные с обратным переносом энергии от ионов иттербия к ионам эрбия и ап-конверсионными переходами на вышележащие уровни. Эффективность переноса энергии от ионов иттербия к ионам эрбия оценивалась по сокращению времени жизни уровня ${}^2F_{5/2}$ ионов иттербия в кристалле GdYSiO₅, соактивированном ионами Er и Yb, относительно соответствующего

времени жизни в кристалле, активированном только ионами Yb [1]. Время жизни верхнего уровня ионов Yb³⁺, измеренное в кристалле Er,Yb:GdYSiO₅, составило 180 мкс. Время жизни верхнего уровня ионов Yb³⁺ в кристалле Yb:GdYSiO₅ для оценки эффективности переноса энергии было взято из литературы (670 мкс [2]). Таким образом, результаты расчетов показывают, что эффективность переноса энергии Yb→Er в кристалле силиката достигает 73 %.

Проведенные исследования спектроскопических характеристик кристаллов Er,Yb:GdYSiO₅ показали, что кристалл является перспективным для использования в качестве активной среды лазеров спектрального диапазона 1.5-1.6 мкм, работающих в непрерывном режиме генерации и режиме пассивной модуляции добротности.

Литература

1. Optimization of Er,Yb:YCOB for CW laser operation / P.A. Burns [et al.] // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 2004. – Vol. 40, № 11. – P. 1575–1582.
2. Growth and Spectroscopic Characteristics of Yb:GSO Single Crystal / C. Yan [et al.] // J. Phys. Con. Mat. – 2006. – Vol. 18. – P. 1325–1330.

УДК 535.421; УДК 681.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРИБОРАХ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Шкадаревич А.П., Вершинин А.А., Храпцов Э.А.

Научно-производственное унитарное предприятие
Научно-технический центр «ЛЭМТ» БелОМО
Минск, Республика Беларусь

Голографический способ записи оптических изображений основан на способности оптической структуры, записанной в регистрирующем слое и называемой голограммой, создавать точную копию светового пучка,шедшего от объекта во время записи [1]. Голограмма представляет собой амплитудный или фазовый «отпечаток» интерференционной картины от когерентных объектного и опорного световых пучков [2].

Одним из основных параметров характеризующих голограммы – дифракционная эффективность η , которое определяется как отношение потока излучения в дифрагированной волне данного порядка дифракции к падающему на голограмму потоку излучения.

Одним из направлений голографии – создание голографических оптических элементов (ГОЭ).

На примере традиционной линзы и голограммной, фокусное расстояние первой определяется рабочей длиной волны излучения, материалом, из которого сделана линза и ее геометрической формой. Фокусное же расстояние голограммной линзы, определяется в большей степени соотношением длин волн записи и восстановления го-

лограммы и геометрическими параметрами схемы ее записи и в меньшей степени от материала и геометрической формы[3].

Возможность применения ГОЭ для формирования мнимого изображения удаленных «на бесконечность» представляет интерес уже много десятилетий. Одним из ярких примеров применения ГОЭ в приборах двойного назначения – коллиматорные голографические прицелы. Принцип такого прицела основан на восстановлении голограммы изображения прицельной марки, пример которой представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Фотография голограммы прицельной марки

Основными преимуществами таких прицелов по сравнению с классическими коллиматорными: 1) отсутствие демаскирующих признаков;

2) отсутствие ухудшения цветопередачи; 3) любой тип прицельной марки.

Наличие демаскирующих признаков и ухудшение цветопередачи в классических коллиматорных прицелах связано с использованием отражающего покрытия для переноса изображения прицельной марки в глаз стрелка.

Стандартный тип прицельной марки в обычных коллиматорных прицелах – точка, мнимое изображение тела свечения светодиода удаленного «на бесконечность». Реализация в любого другого типа прицельной марки возможна, однако весьма сложна в технологическом плане, в связи с использованием усложненной оптической системы для формирования изображения прицельной марки: в данном случае прицельной маркой будет являться изображение не тела свечения светодиода, а специальной сетки. Для формирования качественного изображения сетки необходим объектив с высокими оптическими характеристиками. А в силу ограниченности массогабаритных параметров, такая реализация оптической схемы довольно дорогостоящая, но реальная.

Первым разработчиком голографического прицела является фирма EoTech США, оптическая схема которого представлена на рисунке 2.

Отражательная голографическая дифракционная решетка представляет собой объемную фазовую отражательную голограмму, записанную по схеме Денисюка и служит для выверки прицела на оружие, а также для компенсации температурного дрейфа длины волны лазерного диода, которое может привести к уходу прицельной марки.

Недостатком такой оптической схемы является неполная компенсация возникающих аббераций из-за внесосевого расположения зеркала Манжена [4].

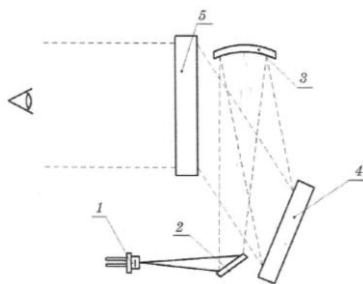


Рисунок 2 – Эскиз оптической схемы голографического прицела фирмы EoTech:

- 1 – лазерный диод; 2 – зеркало; 3 – зеркало Манжена; 4 – объемная отражательная голографическая дифракционная решетка; 5 – голограмма прицельной марки

Оригинальный вариант оптической схемы коллиматорного голографического прицела была разработана учеными АО «ГОИ имени С.И.Вавилова» г. Санкт-Петербург, РФ и реализован в

серийном выпуске специалистами Унитарного предприятия «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО» г. Минск, РБ, и представлена на рисунке 3.

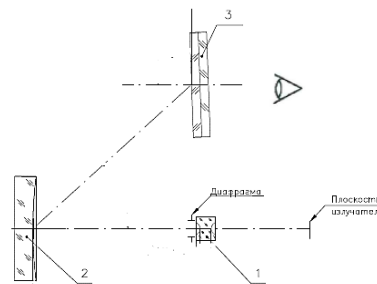


Рисунок 3 – Эскиз оптической схемы голографического прицела:

- 1 – линза; 2 – голографическая дифракционная решетка на вогнутой подложке; 3 – голограмма прицельной марки

Голографическая дифракционная решетка (2) представляет собой оптический элемент обладающий одновременно свойствами сферического зеркала и отражательной голографической дифракционной решетки. Такой ГОЭ уменьшает количество оптических элементов, что улучшает технологичность изделия и уменьшает его стоимость.

Еще одна оригинальная оптическая схема коллиматорного голографического прицела была разработана учеными АО «ГОИ имени С.И. Вавилова», воссоздана в реальном прицеле специалистами Унитарного предприятия «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО», и представлена на рисунке 4.

Принцип работы такого прицела основан на многократном восстановлении одной голограммы. Композиция склейки из двух ГОЭ, голографической дифракционной решетки и голограммы прицельной марки, представляет собой интересное технологическое решение для минимизации массогабаритных параметров прицела.

Голограмма прицельной марки представляет из себя объемную фазовую голограмму, характеризующуюся высоким коэффициентом пропускания в видимом диапазоне спектра (интегральный коэффициент пропускания примерно 80 %), что делает несущественным поглощение света в эмульсионном слое, а свет, прошедший эмульсионный слой и отраженный под углом полного внутреннего отражения от внутренней поверхности стеклянной подложки голограммы, не будет восстанавливать изображение, поскольку для него не выполняются соответствующие условия Брэгга [5].

Разработка такого прицела является перспективным направлением т. к. он обладает потенциальными конкурентоспособными массогабаритными характеристиками.

Представленные в данной работе примеры прицелов – один из вариантов использования ГОЭ в приборах двойного назначения, где один элемент

используется для восстановления голограммы, а второй элемент несет информацию. Но это не единственный вариант использования ГОЭ.

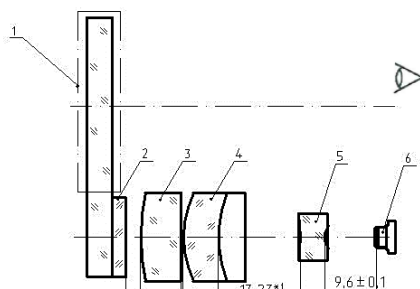


Рисунок 4 – эскиз оптической схемы голографического прицела световодного типа:
1 – голограмма прицельной марки;
2 – голографическая дифракционная решетка;
3–5 – объектив; 6 – лазерный диод

К примеру использование двух голографических дифракционных решеток: одна отражательная, другая пропускающая переносят информацию сформированную на ЖК-матрице

УДК 681.7.063:681.7.064.43

РАМАН ФИЛЬТРАЦИЯ В СРЕДСТВАХ ОПТИЧЕСКОЙ БИМЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Гапонюк А.А., Безуглый М.А.

*Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского
Киев, Украина*

Данная работа посвящена анализу средств и принципов спектроскопии рассеяния при использовании рамановских фильтров в задачах оптической биомедицинской диагностики, в частности при определении уровня глюкозы.

В работе «Using Raman spectroscopy to characterize biological materials» описан специальный протокол для рамановской микроспектроскопии, который может быть применен к исследованию различных биологических образцов независимо от приборов и программного обеспечения конкретного производителя. Дисперсионные спектрометры комбинационного рассеяния используют специализированные фильтры Рэлея или многоступенчатые монохроматоры, в которых присутствует недостаток пропускной способности при их использовании. Поэтому чаще используется одиночный монохроматор в сочетании с фильтрами Рэлея. Недисперсионные спектрометры часто используют преобразования Фурье на основе интерферометра Майкельсона. Однако, чаще используются голографические режекторные и диэлектрические edge фильтры. Металл-оксидные edge фильтры имеют гораздо больший срок службы, чем режекторные фильтры. Стекланные предметные стекла, которые обычно используются в оптической микроскопии в

Также использование ГОЭ представляет особый интерес в реализации очков дополненной реальности или AR-очков.

Исходя из вышеизложенного, используя свойства ГОЭ и комбинируя их в различных композициях можно получить различные оптико-электронные приборы с техническими характеристиками лучше, чем у аналогов, в которых используется классическая оптика.

Литература

1. Могильный В.В. Полимерные фоторегистрирующие материалы и их применение. – Мн. : БГУ, 2003. – 116 с.
2. Андреева О.В. Прикладная голография. Учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМО, 2008. – 184 с.
3. Корешев С.Н. Основы голографии и голограммной оптики, Учебное пособие. – СПб: СПбГУИТМО, 2009. – 97 с.
4. Корешев С.Н., Шевцов М.К. Оптические системы голографических коллиматорных прицелов. Оптический журнал. – 2015. – Т. 82. – № 9. – С. 22–28.
5. Корешев С.Н., Шевцов М.К. Голографический прицел световодного типа с синтезированным зрачком. Оптический журнал. – 2018. – Т. 85. – № 3. – С. 38–42.

качестве субстрата, являются исключительно экономически эффективными и имеют сильную фоновую флуоресценцию на большинстве длин волн, за исключением длины 532 нм. Для минимизации фоновых сигналов используются стекланные предметные стекла с металлическим (алюминиевым или золотым) покрытием, которое эффективно устраняет сигналы стекла. Фторид кальция, кварц или плавленый кварц как субстрат имеют минимальные фоновые помехи. Предметные стекла с фторид бария также используются в качестве рамановских и инфракрасных субстратов, но такие есть частично растворимыми в воде [1].

Работа «Volume Bragg Gratings as Ultra-Narrow and Multiband Optical Filters» демонстрирует последние достижения технологий VBG (от англ. «volume Bragg gratings» – объемные решетки Брэгга), которые используются для разработки уникальных оптических фильтров для спектроскопии комбинационного рассеяния. Высокоэффективные объемные решетки Брэгга записаны в объеме PTR стекла (от англ. «photo-thermorefractive glass» – фото-термо-рефракционное стекло) обеспечивают возможности оптической фильтрации с плотностью до 50 дБ и шириной линии до 1 см⁻¹. Показано также мультиплексные