

Ю. Ц. Батомункуев^{1,2}✉

Применение объемных голограммных оптических элементов. Часть 4

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация

²Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: opttechnic@mail.ru

Аннотация. Настоящая работа является продолжением обзорного цикла работ, выполненных автором во время работы в ЦКБ «Точприбор» (г. Новосибирск) и в Сибирском государственном университете геосистем и технологий (СГУГиТ). В четвертой части работы рассмотрены применения объемных голограммных оптических элементов в различных устройствах с учетом их особенностей.

Ключевые слова: объемные голограммные оптические элементы

Yu. Ts. Batomunkuev^{1,2}✉

Application of volume hologram optical elements. Part 4

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

²Siberian State University of Telecommunications and Information Science,
Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: opttechnic@mail.ru

Abstract. This work is a continuation of the review cycle of works performed by the author during his work at the Central Design Bureau "Tochpribor" (Novosibirsk) and the Siberian State University of Geosystems and Technologies (SSUGT). The fourth part of the work considers the use of volume holographic optical elements in various devices, taking into account their features.

Keywords: holographic optical elements

Введение

Отличительные особенности объемных голограммных оптических элементов (ГОЭ), такие как высокая дифракционная эффективность, пространственная, угловая и спектральная селективности, позволяют при их использовании в оптических устройствах не только существенно улучшать их характеристики, но и разрабатывать принципиально новые устройства [1-4]. Указанные отличительные особенности обеспечивают возможность выполнения одним объемным ГОЭ нескольких функций.

Настоящая работа является продолжением обзорной работы [5, 6], в которой рассматриваются применения объемных ГОЭ в различных устройствах.

Использование наложенных объемных ГОЭ в устройствах ввода информации в поле зрения наблюдателя

В 80-х годах прошлого века были предложены разные варианты устройств ввода информации в поле зрения наблюдателя с использованием объемных голограммных оптических элементов. На рис. 1 представлена схема такой установки – схема визуального спектроуказателя. Это устройство, предназначенное для визуального наблюдения спектра излучения, было разработано в соавторстве с Сухановым В. И. и Шойдиным С. А. [7]. В объеме используемого ГОЭ были наложены две голограммы, одна – объемная дифракционная решетка – разлагала падающее излучение в спектр, а вторая голограмма накладывала в поле зрения на полученный спектр изображение шкалы. Таким образом, ГОЭ выполнял две функции, разлагая в спектр видимое излучение и одновременно позволяя определить длины волн спектра излучения.

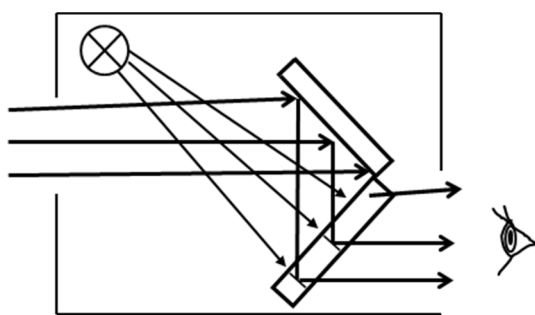


Рис. 1. Визуальный спектроуказатель

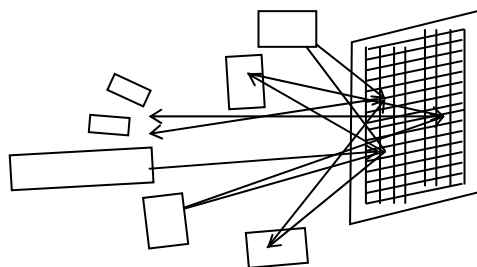


Рис. 2. Двухкоординатный датчик перемещений

Датчик перемещений и положений на основе наложенного объемного ГОЭ

Голограммный оптический элемент в виде объемной двумерной дифракционной решетки может использоваться в качестве шкалы при разработке устройств, позволяющих измерить перемещения в плоскости с погрешностью в несколько нанометров. Эта объемная дифракционная решетка представляет собой сформированные в объеме материала две скрещенные перпендикулярно объемные линейные решетки из повторяющихся модуляций показателя преломления. При использовании ГОЭ в датчике перемещений в объеме решетки формируются две взаимно перпендикулярные интерференционные картины пространственных полос, совпадающих с объемными решетками модуляции показателя

преломления. При взаимном смещении пространственных интерференционных полос относительно объемной дифракционной решетки в дифрагировавших волнах происходит уменьшение и увеличение интенсивности световых волн до первоначального значения при взаимном смещении на один период решетки. Это явление называется многократной дифракцией световой волны на дифракционной решетке и использовалось ранее при разработке датчиков перемещений [8]. На базе этого явления автором вместе с Н. А. Мещеряковым был разработан двухкоординатный датчик перемещений, на который был получен патент на изобретение [9].

Узкополосные фильтры для ИК и видимой области спектра излучения

При создании и применении лазеров в устройствах наблюдения и дальнометрии возникла необходимость создания компактных узкополосных фильтров для выделения и регистрации отраженного лазерного излучения от наблюдаемого объекта. Разработка и использование таких фильтров открывало возможность совмещения визуального и приемного оптических каналов при одновременном уменьшении весогабаритов оптических систем устройств наблюдения и дальнометрии. Достигалось это тем, что в оптической системе размещался голограммный оптический элемент, направляющий на фотоприемник отраженное излучение от объекта наблюдения. При этом естественный свет беспрепятственно должен был проходить через оптическую систему.

Одним из вариантов создания узкополосных спектральных фильтров было изготовление объемных ГОЭ в виде объемных решеток, отражающих когерентное излучение видимого диапазона электромагнитного спектра. В ГОИ имени Вавилова был выполнен цикл работ по разработке полимерных светочувствительных материалов, позволяющих изготовить отражающие объемные решетки толщиной до 3 мм с требуемыми техническими характеристиками [10, 11]. Технологические трудности [12, 13] при изготовлении этих объемных решеток были преодолены, и достигнута относительная дифракционная эффективность выше 99 %.

Применение внеосевых объемных ГОЭ

Относительно высокая пространственная и угловая селективность объемных ГОЭ может быть использована для разработки голограммных оптических систем из составных внеосевых объемных ГОЭ [14]. Особенность внеосевых объемных ГОЭ заключается в произвольном расположении плоскостей предмета и изображения. Используя эту особенность и пространственную селективность объемного ГОЭ, можно создать составные ГОЭ, существенно улучшающие технические характеристики устройств. Так, составной объемный ГОЭ может обеспечивать наблюдение только выбранных участков поля зрения наблюдения. Также он может принимать модулированный оптический сигнал только на определенной длине волны и направлять его на фотоприемное устройство. Внеосевые объемные ГОЭ перспективны в использовании в качестве составных оптических элементов в волоконной и в адаптивной оптике.

Заключение

Таким образом, в статье приведен краткий обзор некоторых работ, выполненных автором во время работы в ЦКБ «Точприбор» (г. Новосибирск) и Сибирском государственном университете геосистем и технологий (СГУГиТ). Часть работ выполнялась в соавторстве с сотрудниками СГУГиТ. Некоторые идеи выполненных работ, например, обеспечение многофункциональности используемых объемных ГОЭ в рассматриваемых устройствах, могут быть применены и в новых разработках.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Денисюк Ю. Н. Об отображении оптических свойств объекта в волновом поле рассеянного им излучения // *Опт. и спектр.* – 1963. – Т. 15, вып. 4. – С. 522–532.
2. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография. – М.: Мир, 1973. – 686 с.
3. Ган, М.А. Теория и методы расчета голограммных и киноформных оптических элементов / М.А. Ган. – Л.: ГОИ, 1984. – 140 с.
4. Батомункуев, Ю.Ц. Разработка и расчет объемных голографических оптических элементов / Монография // СГУГиТ. – Новосибирск, 2020. – 195 с.
5. Батомункуев, Ю.Ц. Применение объемных голограммных оптических элементов. Часть 1 / Ю.Ц. Батомункуев // Сб. материалов Международной научной конференции «СИБОПТИКА-2022». Новосибирск: СГУГиТ, – 2022. – Ч.1. – С. 22–26.
6. Батомункуев, Ю.Ц. Применение объемных голограммных оптических элементов. Часть 3 / Ю.Ц. Батомункуев // Сб. материалов Международной научной конференции «СИБОПТИКА-2024». Новосибирск: СГУГиТ, – 2024. – Ч.1. – С. 3–7.
7. Батомункуев Ю.Ц., Шойдин С.А., Суханов В.И. О возможности создания визуального спектроуказателя светящихся тел на основе объемной голографической решетки // Тез. докл. Всесоюз. конференции “Измерения и контроль при автоматизации производственных процессов”. – Барнаул. – 1991. – С. 115–116.
8. Патент РФ на изобретение № 2400703. Двухкоординатный датчик перемещений / Ю. Ц. Батомункуев, Н. А. Мещеряков. Заявка № 2009103470. Приоритет от 02.02.2009. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 27.09.2009.
9. Суханов В.И., Лашков Г.И., Петников А. Е., Ащеулов Ю.В. Трехмерная голограмма на реоксане как узкополосный спектральный селектор // *Письма в ЖТФ.* – 1984. – Т. 10, № 15. – С. 925–928.
10. Попов А. П., Гончаров В. Ф., Вениаминов А. В., Любимцев В. А. Высокоэффективные узкополосные спектральные селекторы // *Опт. и спектр.* – 1989. – Т.66, вып. 1. – С. 3–4.
11. Батомункуев Ю. Ц. Особенности перекачек энергии при записи объемного ГОЭ в динамической среде // *Мат. Междун. конф. ”Соврем. проблемы геодезии и оптики“.* Часть 2. – Новосибирск, 2003. – С. 219–221.
12. Батомункуев Ю. Ц., Мещеряков Н. А. Стабилизация интерференционных полос при записи объемной голограммы в реальном времени // *Автометрия.* – 2000. – № 1. – С. 50–56.
13. Батомункуев Ю.Ц., Дианова А.А., Маганаква Т.В., Райхерт В.А., Харитошин Н.А. Компьютерный синтез пленочных составных и наложенных дифракционных элементов / *Ползуновский вестник.* – 2012. – № 3/2. – С. 139–142.

© Ю. Ц. Батомункуев, 2025