

Применение объемных голограммных оптических элементов. Часть 1

*Ю. Ц. Батомункуев¹**

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

* e-mail: opttechnic@mail.ru

Аннотация. Настоящая работа посвящена обзорному описанию практических применений объемных голограммных оптических элементов в устройствах, разработанных в Сибирской государственной геодезической академии (СГГА) и в ЦКБ «Точприбор» (Новосибирск). В первой части работы рассмотрены примеры использования объемных голограммных оптических элементов в голографическом нивелире, в голографическом прицеле и в голографическом спектроуказателе. Показано, что применение объемных голограммных оптических элементов открывает возможность разработки и создания принципиально новых конструктивных решений оптических и спектральных приборов. В работе отмечаются как достоинства, так и недостатки использования объемных голограммных оптических элементов в разработанных голографических устройствах. Указывается, как возникающие недостатки этих устройств могут быть исправлены при их дальнейшем совершенствовании.

Ключевые слова: объемный голограммный оптический элемент, голографическое устройство

Application of volume hologram optical elements. Part 1

*Yu. Ts. Batomunkuev¹**

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

* e-mail: opttechnic@mail.ru

Abstract. This paper is devoted to an overview of practical applications of volume holographic optical elements in devices developed at the Siberian State Geodetic Academy (SSGA) and at the СКВ «Tochpribor» (Novosibirsk). In the first part of the work, examples of the use of volume holographic optical elements in a holographic level, in a holographic sight and in a holographic spectrum indicator are considered. It is shown that the use of volume holographic optical elements opens up the possibility of developing and creating fundamentally new design solutions for optical and spectral devices. The paper notes both the advantages and some disadvantages of using volume holographic optical elements in the developed holographic devices. It is indicated how the emerging shortcomings of these devices can be corrected with their further improvement.

Keywords: volume holographic optical element, holographic device

Введение

Известно, что разработка принципиально новых и совершенствование известных оптических устройств может быть осуществлено применением новых оптических элементов, например, голограммных оптических элементов (ГОЭ).

Среди голограммных оптических элементов особое внимание оптиков-разработчиков привлекли объемные голограммные оптические элементы, обладающие теоретической стопроцентной дифракционной эффективностью, обеспечивающие возможность выбора заданного участка объекта наблюдения, возможность наблюдения предмета вблизи заданного угла и выбора требуемого узкого диапазона длин волн. Кроме этого объемные ГОЭ обладают повышенным отношением сигнал/шум [1]. На рис. 1а представлена схема регистрации в объеме ГОЭ интерференционной картины, возникающей при наложении когерентных расходящейся и сходящейся сферических волн [2], а на рис. 1б – этап восстановления этого объемного ГОЭ. Объемные отражающие ГОЭ (рис. 2а, б) были впервые разработаны и изготовлены Денисюком Ю. Н. [3].

В Сибирской государственной геодезической академии (СГГА) и ЦКБ «Точприбор» (Новосибирск) также был выполнен цикл работ по исследованию и объяснению некоторых особенностей объемных ГОЭ, например, в работах [4–6]. Настоящая публикация посвящена обзорному описанию практических применений объемных ГОЭ в устройствах, разработанных в СГГА и ЦКБ «Точприбор» при непосредственном участии автора. В этой первой части работы представлены примеры использования объемных ГОЭ в разработанных голографическом нивелире, в голографическом прицеле и в голографическом спектроуказателе [7–10]. Следует отметить, что указанными устройствами не исчерпывается перечень разработок СГГА и ЦКБ «Точприбор», в которых использовались или предлагалось использование объемных ГОЭ.

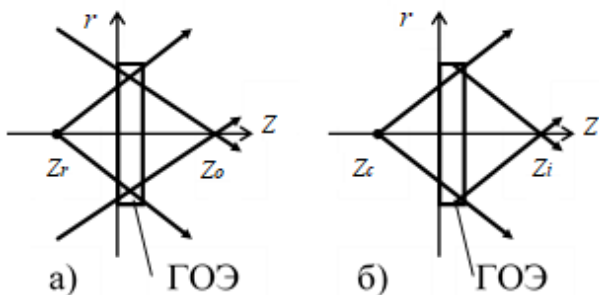


Рис. 1. Схемы регистрации (а) и восстановления (б) пропускающего объемного ГОЭ

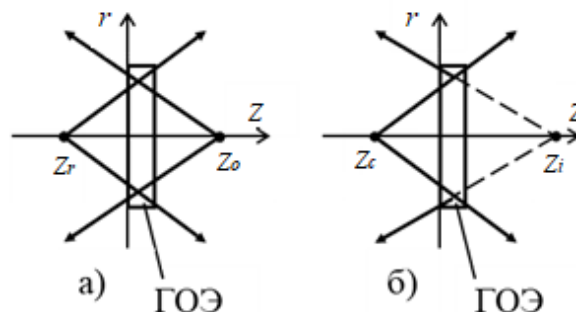


Рис. 2. Схемы регистрации (а) и восстановления (б) отражающего объемного ГОЭ

Применение объемных ГОЭ

В процессе практических применений лазерных нивелиров выяснился ряд их недостатков, в частности, трудности их использования при контроле горизонтальности прозрачных предметов, например, прозрачных стекол, также затруд-

нено использование с ярко освещенными отражающими поверхностями, в частности, с отражающими солнечный свет крышами домов. На практике применение лазерных нивелиров ограничено необходимостью наблюдения лазерной горизонтальной линии с относительно близкого расстояния, то есть требуется доступ к поверхностям с лазерной линией, поэтому автором в 1995 году был разработан и предложен голографический коллиматорный нивелир [8] (рис. 3а).

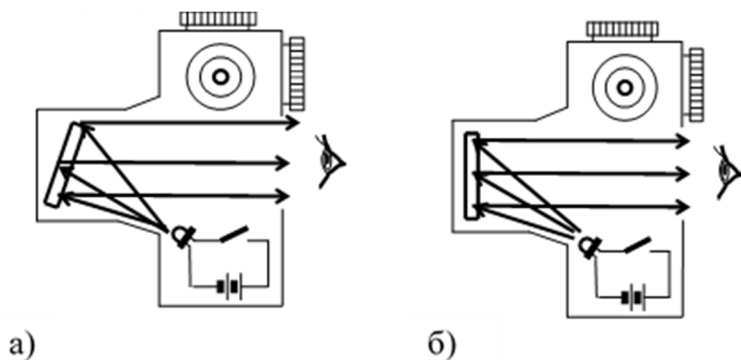


Рис. 3. Голографический коллиматорный нивелир (а) и компактный голографический нивелир

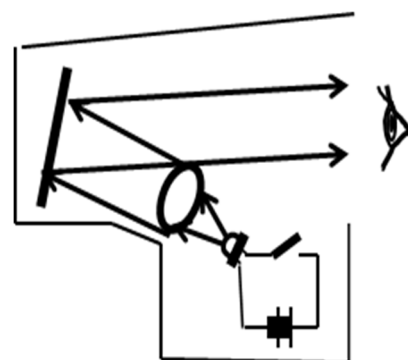


Рис. 4. Спортивно-охотничий голографический прицел «Галилей»

При проверке работы голографического коллиматорного нивелира светящаяся точка в поле зрения наблюдения имела искаженное изображение, поэтому позже нами был предложен компактный голографический нивелир [6]. Оптические системы компактного голографического нивелира (рис. 3б) и спортивно-охотничьего голографического прицела «Галилей» [7] (рис. 4) имеют значительные отличия. Принципиальные отличительные особенности голографического нивелира и прицела подробно рассмотрены автором в работе [5]. Прицел «Галилей» [7] разработан группой инженеров и конструкторов в 1992 году в ЦКБ «Точприбор» (Новосибирск). В Техническом задании на разработку спортивно-охотничьего голографического прицела «Галилей» указано, что ведущим разработчиком является Батомункуев Ю. Ц.

Во многих задачах спектрального анализа требуется легкое малогабаритное устройство экспресс обнаружения и идентификации спектральных линий. Для этой цели в работе [9] предложен голографический визуальный спектроуказатель (рис. 5). Наличие источника излучения требует системы постоянного электрического питания, при прекращении работы (выходе из строя) источника излучения становятся невозможными количественные измерения и идентификация параметров наблюдаемых спектральных линий (возможно лишь визуальное наблюдение линий излучения или поглощения), поэтому нами была разработана другая схема компактного голографического спектроуказателя [10] (рис. 6), в котором отсутствует электрическая система, а шкала определения длин волн под-

свечивается анализируемой световой волной и вводится в поле зрения при помощи линзы. Массогабаритные характеристики компактного голографического спектроуказателя позволяют реализовать его в виде очков. Существенные отличия голографического и визуального спектроуказателя рассмотрены в работе [5].

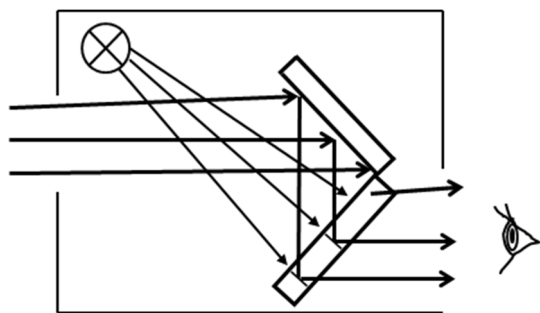


Рис. 5. Визуальный спектроуказатель

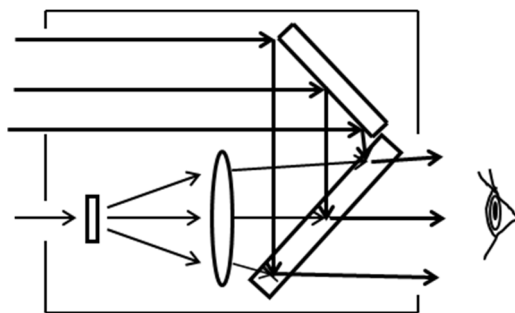


Рис. 6. Голографический спектроуказатель

Заключение

Разработка новых светочувствительных объемных голографических материалов, обладающих соответствующими практическими эксплуатационными характеристиками, и новых технологий формирования 3D заданных прецизионных дифракционных структур в объеме светочувствительных материалов открывают возможности практической реализации новых и совершенствования уже известных конструктивных решений оптических и спектральных приборов и устройств.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л. Оптическая голография / Р. Кольер, К. Беркхарт, Л. Лин. – М.: Мир, 1973. – 686 с.
2. Gabor D. Microscopy by reconstructed wave – fronts // Proc. Roy. Soc. – 1949. – V. 197A, № 1051. – P. 454–487.
3. Денисюк, Ю. Н. Об отображении оптических свойств объекта в волновом поле рассеянного им излучения / Ю. Н. Денисюк // Оптика и спектроскопия – 1963. –Т. 15, № 4. – С. 522–532.
4. Батомункуев, Ю.Ц. Аберрации объемных голограмм / Ю.Ц. Батомункуев, Е. А. Сандер, С. А. Шойдин // Тез. Всесоюз. семинара «Автоматизация проектирования оптических систем». – М., 1989. – С.101–112.
5. Батомункуев, Ю.Ц. Исследование объемных голограммных оптических элементов / Ю. Ц. Батомункуев, Н.А. Мещеряков // Материалы Междунар. конф. «Гео-Сибирь-2007». – 2007. – Т. 4. – С. 3–11.
6. Батомункуев, Ю. Ц. Разработка и расчет объемных голографических оптических элементов / Ю. Ц. Батомункуев // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Новосибирск, 2003. – 184 с.
7. Спортивно-охотничий голографический прицел «Галилей». Техническое задание на разработку конструкции. ЦКБ «Точприбор»/ Ю. Ц. Батомункуев, Г. П. Завадовский, А. А. Куз-

нецов, А. К. Мовшев, В. С. Сидоров, В. Ю. Филатов, С. А. Шойдин, Ю. И. Ямщиков. – Новосибирск, 1992. – 4 с.

8. Батомункуев, Ю. Ц. О возможности применения коллиматорных оптических систем для решения задач геодезии / Ю. Ц. Батомункуев // Тез. докл. Междунар. конф. «Сферы применения CPS технологий». – Новосибирск, 1995. – С. 34–35.

9. Батомункуев, Ю.Ц. О возможности создания визуального спектроуказателя светящихся тел на основе объемной голографической решетки / Ю. Ц. Батомункуев, С. А. Шойдин, В. И. Суханов // Тез. докл. Всесоюз. конф. «Измерения и контроль при автоматизации производственных процессов». – Барнаул, 1991. – С. 115–116.

10. Батомункуев, Ю. Ц. Спектроуказатель на основе глубоководного голограммного оптического элемента / Ю. Ц. Батомункуев, Н. А. Мещеряков // Материалы VII Междунар. конф. «Актуальные проблемы электронного приборостроения» АПЭП-2004 – Новосиб., НГТУ, 2004. – Т.2. – С.140–143.

© Ю. Ц. Батомункуев, 2022