



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012131461/28, 24.07.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
24.07.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 24.07.2012

(45) Опубликовано: 20.12.2012 Бюл. № 35

Адрес для переписки:

105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр.1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦЗИС, для В.В.
Маркина (НИИРЛ МГТУ)

(72) Автор(ы):

Бетин Александр Юрьевич (RU),
Бобринев Владимир Иванович (RU),
Евтихий Николай Николаевич (RU),
Жердев Александр Юрьевич (RU),
Злоказов Евгений Юрьевич (RU),
Лушников Дмитрий Сергеевич (RU),
Маркин Владимир Васильевич (RU),
Одинокоев Сергей Борисович (RU),
Стариков Ростислав Сергеевич (RU),
Стариков Сергей Николаевич (RU)

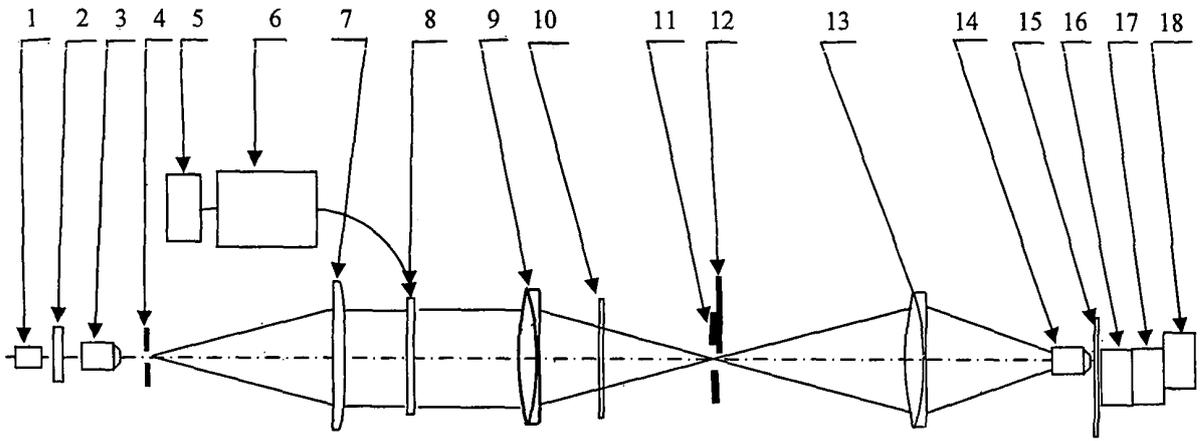
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана" (МГТУ
им. Н.Э. Баумана) (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ЗАПИСИ МУЛЬТИПЛЕКСНЫХ ГОЛОГРАММ В СИСТЕМЕ ОПТИКО-ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ

Формула полезной модели

Устройство записи мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти в составе аппаратуры формирования структуры интерференционной картины, соответствующей введенной странице информации, включающей лазер, оптические элементы для расширения пучка излучения, матричный пространственно-временной модулятор света для ввода информации, плоскую регистрирующую среду в области формирования структуры интерференционной картины, и устройства перемещения регистрирующей среды, обеспечивающего при записи мультиплексирование голограмм путем поворота среды на расчетный угол относительно оси, перпендикулярной поверхности регистрирующей среды и проходящей через центр записываемой голограммы, отличающееся тем, что аппаратура формирования структуры интерференционной картины включает устройство постраничного ввода записываемой информации, аппаратуру компьютерного преобразования вводимой страницы информации в структуру интерференционной картины, выводимой на апертуру матричного пространственно-временного модулятора света, и оптическую систему проекционного переноса изображения апертуры модулятора на регистрирующую среду.



RU 123184 U1

RU 123184 U1

Область техники

Техническое решение относится к топографическим системам записи информации.

Уровень техники

Известны устройства голографической записи и воспроизведения информации [1-3],
5 в которых с целью увеличения объема информации, записанной на носитель,
используется мультиплексирование голограмм, заключающееся в записи нескольких
голограмм на одно и то же место носителя.

В состав этих устройств входит аппаратура формирования структуры
интерференционной картины, соответствующей введенной странице информации, и
10 устройства перемещения регистрирующей среды, обеспечивающие при записи
мультиплексирование голограмм.

Аппаратура формирования структуры интерференционной картины в этих
устройствах является двухлучевой и содержит:

- источник когерентного оптического излучения (лазер),
- 15 - оптические элементы для формирования пространственно разделенных опорного
и предметного пучков,
- пространственно-временной модулятор света (ПВМС) в предметном пучке для
ввода записываемой страницы информации,
- Фурье-преобразующий объектив в предметном пучке для формирования частотного
20 спектра записываемой страницы информации в зоне записи информации на
регистрирующей среде,
- плоскую регистрирующую среду в области формирования структуры
интерференционной картины.

В области сведения предметного и опорного пучков формируется интерференционная
25 картина, записываемая в виде голограммы на регистрирующей среде.

Многократная (мультиплексная) запись голограмм в области сведения пучков на
одном участке регистрирующей среды производится с использованием отклоняющих
устройств, установленных в предметном [1] или опорном пучках [2] и обеспечивающих
изменение относительного углового положения предметного и опорного пучков для
30 записи каждой из единичных голограмм (субголограмм) в составе мультиплексной
голограммы. В устройстве записи мультиплексных голограмм [3] опорный пучок
направляется на регистрирующую среду перпендикулярно к ее поверхности и при
неизменном относительном положении предметного и опорного пучков
мультиплексирование производится с применением устройства линейного смещения
35 регистрирующей среды в плоскости, параллельной поверхности среды, на величину,
существенно меньшую размеров записываемой голограммы. Недостатком описанных
устройств является требование высокой угловой селективности субголограмм для
обеспечения раздельного восстановления записанных страниц информации, что влечет
за собой необходимость использования в качестве регистрирующих материалов
40 толстослойных фоточувствительных сред. Такие регистрирующие материалы в
настоящее время являются относительно дефицитными и дорогими. Недостатком
рассмотренных выше устройств записи является возможность на стадии воспроизведения
информации только последовательного восстановления изображения с каждой из
субголограмм путем изменения углового положения считывающего пучка относительно
45 регистрирующей среды [1, 2], либо путем линейного смещения регистрирующей среды
относительно считывающего пучка [3]. Это определяет сложность конструкций
устройств и ограничивает скорость воспроизведения информации.

Наиболее близким техническим решением является устройство записи

мультиплексных голограмм [4], в котором опорный луч направлен перпендикулярно к поверхности регистрирующей среды, а мультиплексирование осуществляется за счет того, что пластинка с регистрирующей средой установлена на устройство, обеспечивающее поворот регистрирующей среды, причем ось поворота совпадает с осью опорного луча. Недостатком прототипа является то, что для записи голограмм необходимо использовать сложную двухлучевую оптическую систему с высокими требованиями к жесткости конструкции для обеспечения вибростабильности и термостабильности схемы во время экспозиции. При этом для обеспечения необходимой контрастности записываемой интерференционной картины в качестве источника излучения должен использоваться лазер с большой длиной когерентности.

Раскрытие полезной модели

Задачей полезной модели является упрощение конструкции устройства записи мультиплексных голограмм для систем оптико-голографической памяти.

Решение задачи достигается за счет того, что в устройстве записи мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти в составе аппаратуры формирования структуры интерференционной картины, соответствующей введенной странице информации, включающей лазер, оптические элементы для расширения пучка излучения, матричный ПВМС для ввода информации, плоскую регистрирующую среду в области формирования структуры интерференционной картины, и устройства перемещения регистрирующей среды, обеспечивающего при записи мультиплексирование голограмм путем поворота среды на расчетный угол относительно оси, перпендикулярной поверхности регистрирующей среды и проходящей через центр записываемой голограммы, аппаратура формирования структуры интерференционной картины включает устройство постраничного ввода записываемой информации, аппаратуру компьютерного преобразования вводимой страницы информации в структуру интерференционной картины, выводимой на апертуру матричного ПВМС, и оптическую систему проекционного переноса изображения апертуры модулятора на регистрирующую среду. Это изображение на регистрирующей среде записывается в виде голограммы.

В отличие от используемого в прототипе способа записи с применением пространственно-разделенных опорного и предметного пучков здесь при проекционном переносе используется один оптический канал, что в результате дает:

- значительное упрощение оптической схемы устройства записи информации и уменьшение габаритов устройства,
- снижение требований к механической жесткости конструкции,
- снижение требований к когерентности используемого источника света.

Перечень чертежей

На фигуре 1 представлена оптическая схема предлагаемого устройства записи мультиплексных голограмм.

На фигуре 2 представлена схема оптического эквивалента компьютерного преобразования страницы информации в структуру интерференционной картины.

Осуществление полезной модели

Излучение лазера 1 (фиг.1) проходит через затвор 2, обеспечивающий необходимое время экспонирования при записи голограммы. Далее излучение проходит через телескопическую систему, состоящую из объективов 3 и 7, с помощью которых происходит увеличение диаметра и коллимация лазерного пучка для освещения апертуры ПВМС 8. Микродиафрагма 4 обеспечивает оптическую фильтрацию лазерного пучка. Устройство постраничного ввода информации 5 и компьютер 6 используются для

синтеза Фурье-голограммы вводимой страницы информации и вывода полученной структуры интерференционной картины на ПВМС. Сформированное на апертуре ПВМС изображение структуры с помощью системы оптических линз 9, 13, 14 переносится на регистрирующую среду 15 (фоточувствительный слой топографического носителя информации). Поляризатор 10 служит для регулирования мощности проходящего света, диафрагма 11, установленная в задней фокальной плоскости линзы 9, устраняет результаты рассеяния света в оптическом тракте, а также излучение в дифракционных порядках, обусловленных периодичностью структуры ПВМС.

Синтезированная компьютером структура интерференционной картины представляет собой двумерную дифракционную структуру, и при восстановлении изображения с голограммы с такой дифракционной структурой изображение появляется дважды, а именно в +1 и -1 дифракционных порядках. Один из этих порядков является также паразитным. Для его устранения служит шторка 12 в плоскости диафрагмы 11.

Устройство поворота регистрирующей среды 18 обеспечивает мультиплексирование субголограмм, а устройства линейного смещения регистрирующей среды в плоскости среды 16 и 17 используются для записи массива мультиплексных голограмм на носителе.

Компьютерное преобразование вводимой страницы информации в структуру интерференционной картины, выводимой на ПВМС, реализуется в соответствии со схемой оптического эквивалента, представленной на фиг.2. В этой схеме входное изображение 19 и точечный источник опорного луча 20 находятся в передней фокальной плоскости линзы 21 (плоскость X_1, Y_1), Интерференционная картина 22 при этом формируется в задней фокальной плоскости X_2, Y_1 линзы 21.

Формула для расчета функции распределения амплитуды светового поля в плоскости формирования интерференционной картины $H(x_2, y_2)$ в соответствии с преобразованиями, реализуемыми оптической системой на фигуре 2, имеет вид [5]

$$H(x_2, y_2) = \text{Real}[F(t(x_1 + \partial x_1; y_1 + \partial y_1))] + C,$$

где $t(x_1, y_1)$ - функция пропускания записываемой страницы информации, F - оператор преобразования Фурье, $\partial x_1, \partial y_1$ - смещение объекта записи от оптической оси, которое определяет угол между опорным и предметным пучками, C - константа.

На апертуре ПВМС производится дискретизация функции L в соответствии с его размерностью (числом пикселей). При этом минимальное значение периода функции должно соответствовать нескольким (не менее 3-х) пикселям ПВМС. Кроме того, непрерывная функция

H превращается в ступенчатую функцию, так как ее величина не может изменяться в пределах одного элемента ПВМС. Указанная дискретизация, а также конечная размерность ПВМС накладывают объективные ограничения на качество изображения, восстанавливаемого с топографического носителя, и объем содержащейся в нем информации.

Используемый в предлагаемом устройстве способ записи информации на топографический носитель обладает следующими основными достоинствами относительно прототипа:

- отсутствует необходимость создания громоздкой оптической схемы прямой записи голограмм с обеспечением высокой степени защищенности ее от вибраций и нестабильности температуры при эксплуатации;

- компьютерный синтез голограммы позволяет обеспечить высокую скорость синтеза и высокую точность синтеза голограммы из-за отсутствия искажений, обусловленных возможными аберрациями и дефектами оптических элементов здесь отсутствующей

схемы формирования голограмм и неточностью юстировки этой схемы;

- программа компьютерного синтеза может быть создана с учетом свойств ПВМС и регистрирующей среды, например, с учетом нелинейности характеристик пропускания ПВМС и чувствительности среды.

5 Отмеченные ограничения на качество изображения, восстанавливаемого с топографического носителя, и объем содержащейся в нем информации компенсируются отмеченными высокими эксплуатационными характеристиками рассматриваемого устройства записи, для обеспечения работы которого не требуется создавать специальные условия, и благодаря простоте конструкции обладающего

10 преимущественными ценовыми характеристиками при повышенной надежности записи.

Литература

1. Patent USA №US 7,209,270 B2 of Apr. 24, 2007

2. Патентная заявка 2007/0121184 США. МКИ G03H 1/26, заявлено 26.11.04; опубл. 31.05.07.

15 3. Patent USA №US 6,958,967 B2 of Oct. 25, 2005.

4. Одинокое С.Б., Лушников Д.С., Маркин В.В., Павлов А.Ю. Устройство записи мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти. Патент РФ №80968, Опубликовано 27.02.2009

5. J.W.Goodman, An introduction to the principles and applications of holography, Proceedings of IEEE, v.59. No.9, September 1971, special issue.

20

(57) Реферат

Полезная модель относится к устройствам записи мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти. Задачей полезной модели является упрощение

25 конструкции устройства записи мультиплексных голограмм для систем оптико-голографической памяти. Устройство записи мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти имеет в составе аппаратуру формирования структуры интерференционной картины, соответствующей введенной странице информации, включающей лазер, оптические элементы для расширения пучка излучения, матричный

30 пространственно-временной модулятор света для ввода информации, плоскую регистрирующую среду в области формирования структуры интерференционной картины, и устройства перемещения регистрирующей среды, обеспечивающего при записи мультиплексирование голограмм путем поворота среды на расчетный угол относительно оси, перпендикулярной поверхности регистрирующей среды и проходящей

35 через центр записываемой голограммы, а аппаратура формирования структуры интерференционной картины включает устройство постраничного ввода записываемой информации, аппаратуру компьютерного преобразования вводимой страницы информации в структуру интерференционной картины, выводимой на апертуру матричного пространственно-временного модулятора света, и оптическую систему

40 проекционного переноса изображения апертуры модулятора на регистрирующую среду.

2 ил.

Реферат

Полезная модель относится к устройствам записи мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти. Задачей полезной модели является упрощение конструкции устройства записи мультиплексных голограмм для систем оптико-голографической памяти. Устройство записи мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти имеет в составе аппаратуру формирования структуры интерференционной картины, соответствующей введенной странице информации, включающей лазер, оптические элементы для расширения пучка излучения, матричный пространственно-временной модулятор света для ввода информации, плоскую регистрирующую среду в области формирования структуры интерференционной картины, и устройства перемещения регистрирующей среды, обеспечивающего при записи мультиплексирование голограмм путем поворота среды на расчетный угол относительно оси, перпендикулярной поверхности регистрирующей среды и проходящей через центр записываемой голограммы, а аппаратура формирования структуры интерференционной картины включает устройство страничного ввода записываемой информации, аппаратуру компьютерного преобразования вводимой страницы информации в структуру интерференционной картины, выводимой на апертуру матричного пространственно-временного модулятора света, и оптическую систему проекционного переноса изображения апертуры модулятора на регистрирующую среду. 2 ил.

2012131461



МПК G03H1/00, G03H1/08, G11B7/0065

**Устройство записи мультиплексных голограмм
в системе оптико-голографической памяти**

Область техники

Техническое решение относится к голографическим системам записи информации.

Уровень техники

Известны устройства голографической записи и воспроизведения информации [1-3], в которых с целью увеличения объема информации, записанной на носитель, используется мультиплексирование голограмм, заключающееся в записи нескольких голограмм на одно и то же место носителя.

В состав этих устройств входит аппаратура формирования структуры интерференционной картины, соответствующей введенной странице информации, и устройства перемещения регистрирующей среды, обеспечивающие при записи мультиплексирование голограмм.

Аппаратура формирования структуры интерференционной картины в этих устройствах является двухлучевой и содержит:

- источник когерентного оптического излучения (лазер),
- оптические элементы для формирования пространственно разделенных опорного и предметного пучков,
- пространственно-временной модулятор света (ПВМС) в предметном пучке для ввода записываемой страницы информации,
- Фурье-преобразующий объектив в предметном пучке для формирования частотного спектра записываемой страницы информации в зоне записи информации на регистрирующей среде,
- плоскую регистрирующую среду в области формирования структуры интерференционной картины.

В области сведения предметного и опорного пучков формируется интерференционная картина, записываемая в виде голограммы на регистрирующей среде.

Множественная (мультиплексная) запись голограмм в области сведения пучков на одном участке регистрирующей среды производится с использованием отклоняющих устройств, установленных в предметном [1] или опорном пучках [2] и обеспечивающих изменение относительного углового положения предметного и опорного пучков для записи каждой из единичных голограмм (субголограмм) в составе мультиплексной голограммы. В устройстве записи мультиплексных голограмм [3] опорный пучок направляется на регистрирующую среду перпендикулярно к её поверхности и при неизменном относительном положении предметного и

опорного пучков мультиплексирование производится с применением устройства линейного смещения регистрирующей среды в плоскости, параллельной поверхности среды, на величину, существенно меньшую размеров записываемой голограммы. Недостатком описанных устройств является требование высокой угловой селективности субголограмм для обеспечения отдельного восстановления записанных страниц информации, что влечет за собой необходимость использования в качестве регистрирующих материалов толстослойных фоточувствительных сред. Такие регистрирующие материалы в настоящее время являются относительно дефицитными и дорогими. Недостатком рассмотренных выше устройств записи является возможность на стадии воспроизведения информации только последовательного восстановления изображения с каждой из субголограмм путем изменения углового положения считывающего пучка относительно регистрирующей среды [1, 2], либо путем линейного смещения регистрирующей среды относительно считывающего пучка [3]. Это определяет сложность конструкций устройств и ограничивает скорость воспроизведения информации.

Наиболее близким техническим решением является устройство записи мультиплексных голограмм [4], в котором опорный луч направлен перпендикулярно к поверхности регистрирующей среды, а мультиплексирование осуществляется за счет того, что пластинка с регистрирующей средой установлена на устройство, обеспечивающее поворот регистрирующей среды, причем ось поворота совпадает с осью опорного луча. Недостатком прототипа является то, что для записи голограмм необходимо использовать сложную двухлучевую оптическую систему с высокими требованиями к жесткости конструкции для обеспечения вибростабильности и термостабильности схемы во время экспозиции. При этом для обеспечения необходимой контрастности записываемой интерференционной картины в качестве источника излучения должен использоваться лазер с большой длиной когерентности.

Раскрытие полезной модели

Задачей полезной модели является упрощение конструкции устройства записи мультиплексных голограмм для систем оптико-голографической памяти.

Решение задачи достигается за счет того, что в устройстве записи мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти в составе аппаратуры формирования структуры интерференционной картины, соответствующей введенной странице информации, включающей лазер, оптические элементы для расширения пучка излучения, матричный ПВМС для ввода информации, плоскую регистрирующую среду в области формирования структуры интерференционной картины, и устройства перемещения регистрирующей среды, обеспечивающего при записи мультиплексирование голограмм путем поворота среды на расчетный угол относительно оси, перпендикулярной поверхности регистрирующей среды и проходящей через центр записываемой голограммы, аппаратура формирования структуры

интерференционной картины включает устройство постраничного ввода записываемой информации, аппаратуру компьютерного преобразования вводимой страницы информации в структуру интерференционной картины, выводимой на апертуру матричного ПВМС, и оптическую систему проекционного переноса изображения апертуры модулятора на регистрирующую среду. Это изображение на регистрирующей среде записывается в виде голограммы.

В отличие от используемого в прототипе способа записи с применением пространственно-разделенных опорного и предметного пучков здесь при проекционном переносе используется один оптический канал, что в результате дает:

- значительное упрощение оптической схемы устройства записи информации и уменьшение габаритов устройства,
- снижение требований к механической жесткости конструкции,
- снижение требований к когерентности используемого источника света.

Перечень чертежей

На фигуре 1 представлена оптическая схема предлагаемого устройства записи мультиплексных голограмм.

На фигуре 2 представлена схема оптического эквивалента компьютерного преобразования страницы информации в структуру интерференционной картины.

Осуществление полезной модели

Излучение лазера 1 (фиг. 1) проходит через затвор 2, обеспечивающий необходимое время экспонирования при записи голограммы. Далее излучение проходит через телескопическую систему, состоящую из объективов 3 и 7, с помощью которых происходит увеличение диаметра и коллимация лазерного пучка для освещения апертуры ПВМС 8. Микродиафрагма 4 обеспечивает оптическую фильтрацию лазерного пучка. Устройство постраничного ввода информации 5 и компьютер 6 используются для синтеза Фурье-голограммы вводимой страницы информации и вывода полученной структуры интерференционной картины на ПВМС. Сформированное на апертуре ПВМС изображение структуры с помощью системы оптических линз 9, 13, 14 переносится на регистрирующую среду 15 (фоточувствительный слой голографического носителя информации). Поляризатор 10 служит для регулирования мощности проходящего света, диафрагма 11, установленная в задней фокальной плоскости линзы 9, устраняет результаты рассеяния света в оптическом тракте, а также излучение в дифракционных порядках, обусловленных периодичностью структуры ПВМС.

Синтезированная компьютером структура интерференционной картины представляет собой двумерную дифракционную структуру, и при восстановлении изображения с голограммы

с такой дифракционной структурой изображение появляется дважды, а именно в +1 и -1 дифракционных порядках. Один из этих порядков является также паразитным. Для его устранения служит шторка 12 в плоскости диафрагмы 11.

Устройство поворота регистрирующей среды 18 обеспечивает мультиплексирование субголограмм, а устройства линейного смещения регистрирующей среды в плоскости среды 16 и 17 используются для записи массива мультиплексных голограмм на носителе.

Компьютерное преобразование вводимой страницы информации в структуру интерференционной картины, выводимой на ПВМС, реализуется в соответствии со схемой оптического эквивалента, представленной на фиг. 2. В этой схеме входное изображение 19 и точечный источник опорного луча 20 находятся в передней фокальной плоскости линзы 21 (плоскость X_1, Y_1). Интерференционная картина 22 при этом формируется в задней фокальной плоскости X_2, Y_2 линзы 21.

Формула для расчета функции распределения амплитуды светового поля в плоскости формирования интерференционной картины $H(x_2, y_2)$ в соответствии с преобразованиями, реализуемыми оптической системой на фигуре 2, имеет вид [5]

$$H(x_2, y_2) = \text{Real} \left[F(t(x_1 + \partial x_1; y_1 + \partial y_1)) \right] + C,$$

где $t(x_1, y_1)$ - функция пропускания записываемой страницы информации, F - оператор преобразования Фурье, $\partial x_1, \partial y_1$ - смещение объекта записи от оптической оси, которое определяет угол между опорным и предметным пучками, C - константа.

На апертуре ПВМС производится дискретизация функции H в соответствии с его размерностью (числом пикселей). При этом минимальное значение периода функции должно соответствовать нескольким (не менее 3-х) пикселям ПВМС. Кроме того, непрерывная функция H превращается в ступенчатую функцию, так как ее величина не может изменяться в пределах одного элемента ПВМС. Указанная дискретизация, а также конечная размерность ПВМС накладывают объективные ограничения на качество изображения, восстанавливаемого с голографического носителя, и объем содержащейся в нем информации.

Используемый в предлагаемом устройстве способ записи информации на голографический носитель обладает следующими основными достоинствами относительно прототипа:

- отсутствует необходимость создания громоздкой оптической схемы прямой записи голограмм с обеспечением высокой степени защищенности её от вибраций и нестабильности температуры при эксплуатации;

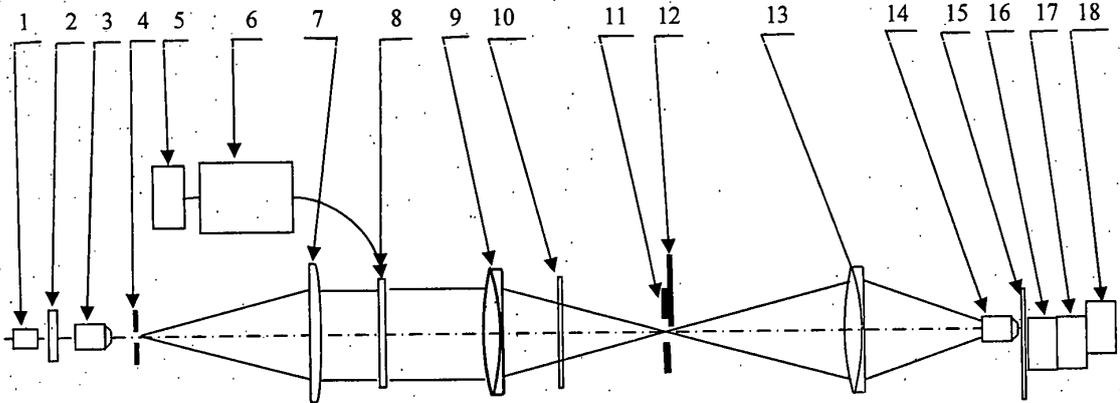
- компьютерный синтез голограммы позволяет обеспечить высокую скорость синтеза и высокую точность синтеза голограммы из-за отсутствия искажений, обусловленных возможными аберрациями и дефектами оптических элементов здесь отсутствующей схемы формирования голограмм и неточностью юстировки этой схемы;

- программа компьютерного синтеза может быть создана с учетом свойств ПВМС и регистрирующей среды, например, с учетом нелинейности характеристик пропускания ПВМС и чувствительности среды.

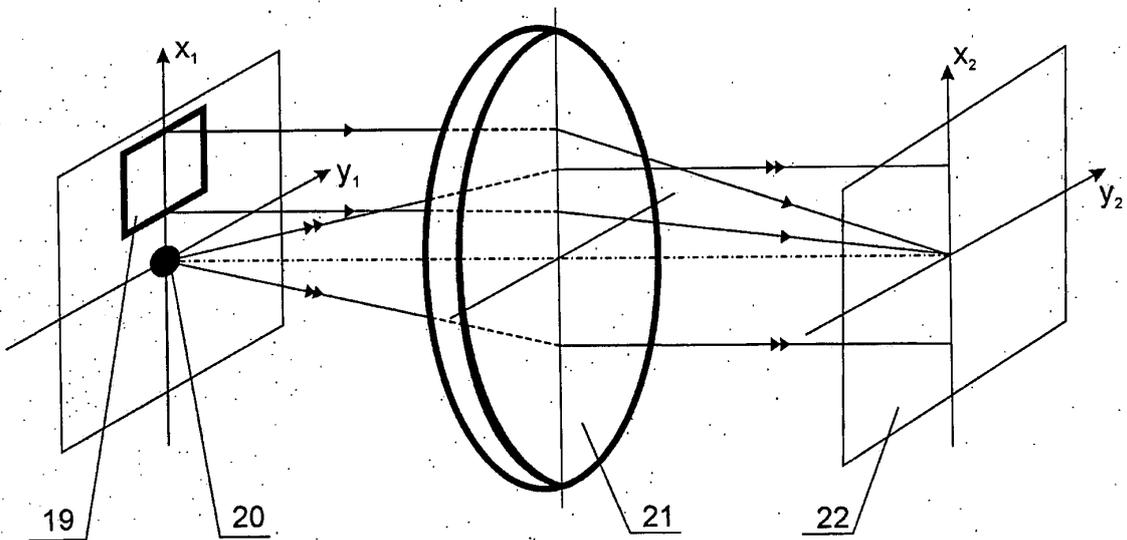
Отмеченные ограничения на качество изображения, восстанавливаемого с голографического носителя, и объем содержащейся в нем информации компенсируются отмеченными высокими эксплуатационными характеристиками рассматриваемого устройства записи, для обеспечения работы которого не требуется создавать специальные условия, и благодаря простоте конструкции обладающего преимущественными ценовыми характеристиками при повышенной надежности записи.

Литература

1. Patent USA № US 7,209,270 B2 of Apr. 24, 2007
2. Патентная заявка 2007/0121184 США. МКИ G03H 1/26, заявлено 26.11.04; опубл. 31.05.07.
3. Patent USA № US 6,958,967 B2 of Oct. 25, 2005.
4. Одиноков С.Б., Лушников Д.С., Маркин В.В., Павлов А.Ю. Устройство записи мультиплексных голограмм в системе оптико-голографической памяти. Патент РФ № 80968, Опубликовано 27.02.2009
5. J.W.Goodman, An introduction to the principles and applications of holography, Proceedings of IEEE, v.59, No. 9, September 1971, special issue.



Фиг. 1



Фиг. 2