электронный журнал
МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
Издатель ФГБОУ ВПО "МГТУ им. Н.Э. Баумана". Эл No. ФС77-51038.

УДК 004.074.2+004.032.2

Оптические системы оптико-голографической памяти на базе компьютерно-синтезированных голограмм Фурье

***Подгородняя А.С.**, студент*
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Лазерные и оптико-электронные системы»

Научные руководители:
Одиноков С. Б., д.т.н., профессор, Вереникина Н. М., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Введение. Разработка методов компактного и долгосрочного хранения данных является важной проблемой современных информационных технологий. Использование оптических средств записи и считывания информации имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с магнитной записью и хранением информации на Flash носителях.[1] Применение голографических методов для решения задач хранения данных позволит в перспективе существенно увеличить плотность записи информации. Одним из основных преимуществ голографической памяти (наряду с высокой плотностью записи) является гарантированно высокий срок хранения информации на носителе. Возможность увеличения плотности записи информации связано с возможностью накладывать (мультиплексировать) голографические структуры в зоне записи друг на друга. Последние достижения в области разработки голографических носителей показали возможность записи в отдельной зоне оптического носителя до 40 наложенных друг на друга голограмм. [1,2]

Оптико-голографическая память - это память, в которой биты информации закодированы в светочувствительном материале в виде трехмерной интерференционной картины. В отличие от CD и DVD, где запись и считывание информации происходит последовательно (бит за битом), считывание информации с голографического диска можно проводить постранично.Для уменьшения габаритов и сложности работы существующих оптических схем записи и считывания микроголограмм Фурье (МГФ) в работе будем использовать компьютерный синтез голограмм.[2,3]

Синтез голограммы. Объектом для записи на голограмму являлся двумерный

массив бинарных данных со специальными реперными точками (рис. 1). Особенностью такого объекта является то, что каждый его пиксель является информационным, поэтому любые искажения критичны для целостности восстановления данных.

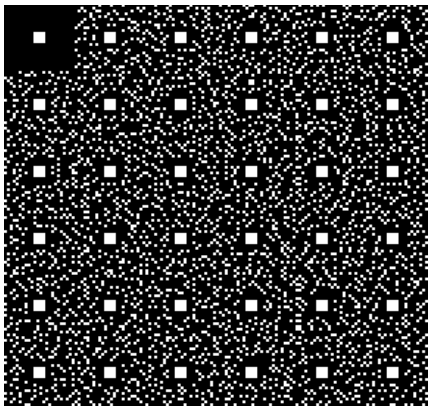
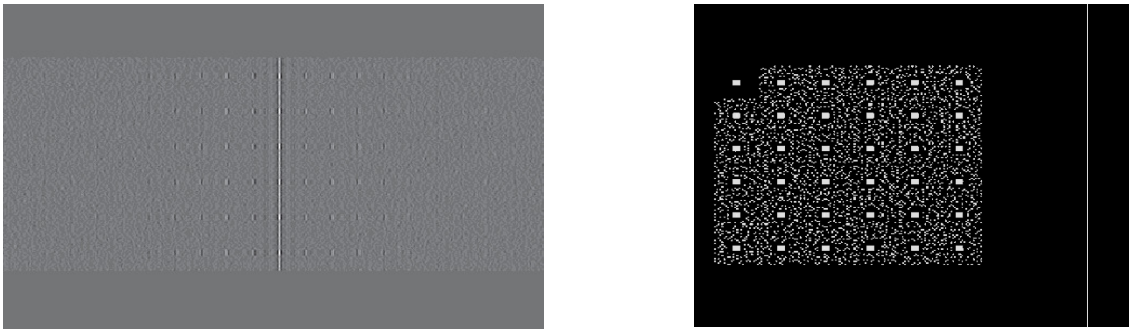


Рис. 1. Изображение тестового объекта (страница данных)

Ниже на рисунке 2 представлены примеры синтезированной голограммы и изображения тестового объекта, численно восстановленного с нее.



а) б)

Рис. 2. Компьютерное моделирование проекционной записи и считывания: а – синтезированная амплитудная фурье-голограмма; б – компьютерно-восстановленное изображение страницы данных

Рассчитанная голограмма обладает следующей дифракционной эффективностью отношение интенсивности нулевого порядка к интенсивности первого составило величину порядка 102. Использование проекционных оптических схем записи голограмм позволяет исключить нулевой порядок из системы записи голограмм.

Принципиальная оптическая схема для записи голограмм с использованием

проекции. На рисунке 3 показана оптическая схема устройства записи компьютерно-синтезированных МГФ на регистрирующую среду методом проекции с помощью светодиода (поз.1, рис.3) и осветительной системы (поз.2,3, рис.3), формирующей однородную плоскую волну.

Если осветить пространственно-временной модулятор света (ПВМС) (в качестве ПВМС используется жидкокристаллический (ЖК) экран с электродной структурой) плоской волной, то в фокальной плоскости фурье-преобразующего объектива (поз.5, рис.3), установленного после ПВМС (поз.4, рис.3), получаем двумерный спектр (распределение поля, выведенное на ПВМС), в состав которого входит множество порядков дифракции на структуре ЖК.

Фильтр, установленный в фокальной плоскости объектива, отсекает неинформационные порядки, которые лежат в более высокочастотной области, чем ± первые информационные порядки дифракции. Таким образом, имеется возможность отсечь спектр структуры электродов и исключить проекцию структуры электродов на регистрирующую среду. Оптическая фильтрация осуществляется фильтром (поз.6, рис.3), установленным в фокальной плоскости фурье-преобразующего объектива (поз.5, рис.3).

Одновременно с фильтрацией оптическая система выполняет функцию переноса информации, выведенной на ПВМС, с необходимым уменьшением в плоскость носителя информации, например в 30..60х (поз.8, рис.3). И таким образом, в плоскости голографического диска записывается МГФ в небольшой области регистрирующей среды.

В нашем случае используется ПВМС Sony LCX017DLT с разрешением 1024x768 пикселей, светодиод с длиной волны излучения λ=630 нм и и уменьшение голограммы в 30 х.

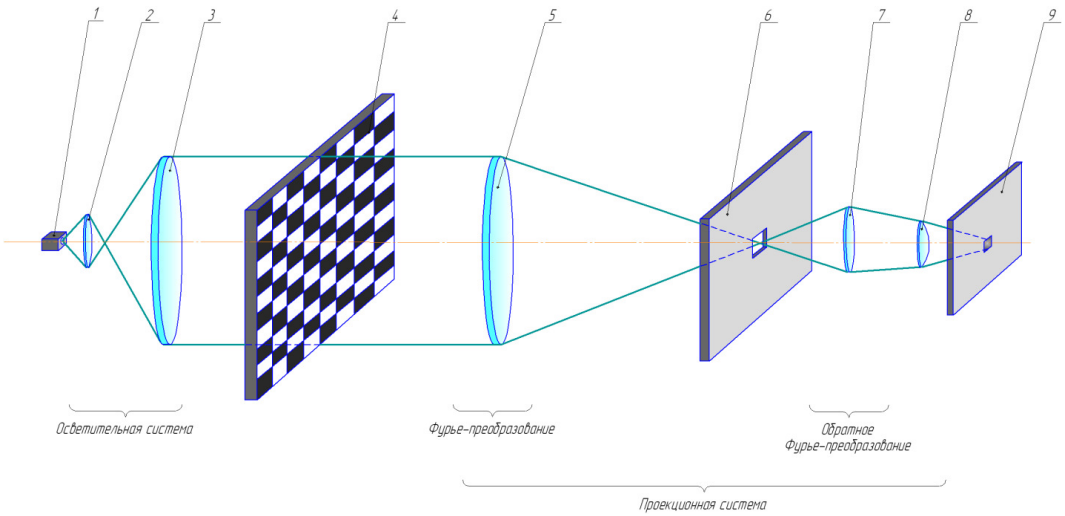


Рис. 3. Принципиальная схема проекционной оптической системы записи МГФ:
1 - источник излучения; 2- конденсор; 3 – объектив осветительной системы;
4 – модулятор света; 5 – фурье-преоб-разующий объектив;
6 – диафрагма; 7 - фурье-преобразующий объектив; 8 – микрообъектив;
9 - плоскость фоточувствительного носителя

Постраничное считывание фурье-голограмм. Вариант оптической схемы считывания информации с фоточувствительного носителя показан на рисунке 4. Данная оптическая система позволяет восстановить исходную страницу данных, записанную на носитель информации, при этом используется обратное преобразование Фурье.

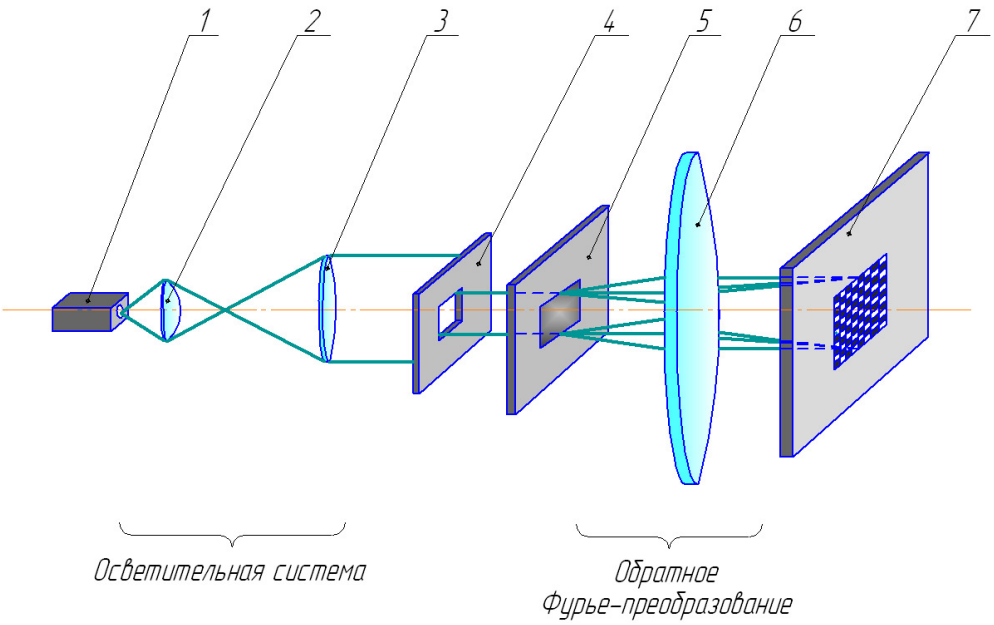


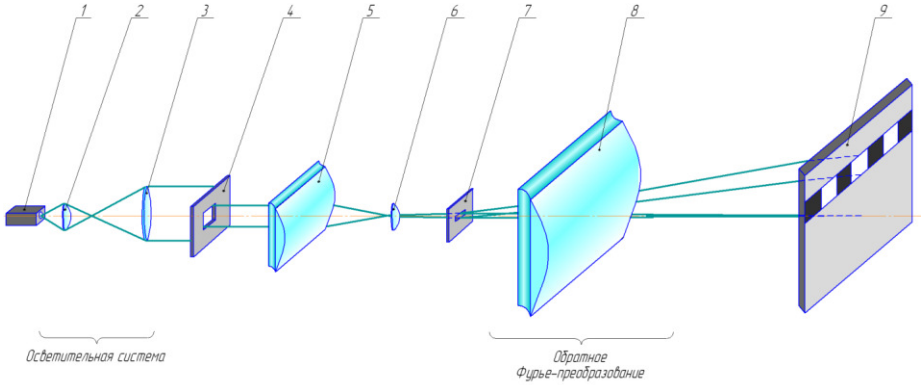
Рис. 4. Принципиальная оптическая схема постраничного считывания информации: 1 - источник излучения (в качестве источника излучения используется He-Ne лазер с длиной волны λ= 630 нм); 2- микрообъектив; 3 – длиннофокусный объектив; 4 – диафрагма; 5 – фоточувствительный носитель информации; 6 –фурье-преобразующий объектив; 8 –ПЗС – матрица

При использовании постраничного считывания компьютерно-синтезированных голограмм Фурье нет возможности разделить наложенные друг на друга голограммы. Для увеличения плотности записи информации используется мультиплексирование. Данный процесс целесообразен в том случае, когда есть возможность разделить и восстановить записанные друг на друга изображения. Раздельное считывание наложенных (мультиплексных) страниц цифровой информации возможно в случае использования компьютерно-синтезированных 1D фурье-голограмм.

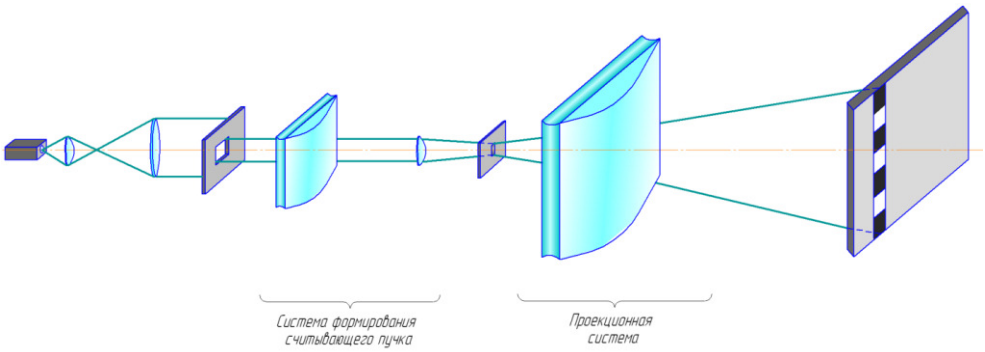
Использование одномерных (1D фурье-голограмм) для реализации

проекционной записи с мультиплексированием. Для построчной записи компьютерно-синтезированных голограмм Фурье используется та же оптическая система, что и для постраничной записи, но с разворотом по углу. В 1D фурье-голограмме каждая строка рассчитанной голографической структуры однозначно привязана к строке страницы цифровой информации. Повернутые относительно друг друга на фиксированный угол 1D голографические структуры обладают пространственно-угловой селективностью. Использование в осветительной системе цилиндрических компонентов позволяет в плоскости носителя информации формировать световой пучок в

виде линии, сфокусированной по одной из координат в размер ширины отдельной строки. Принципиальная оптическая схема построчного считывания 1D голограммы представлена на рисунке 5.



а)



б)

Рис. 5. Принципиальная оптическая схема построчного считывания 1D фурье-голограмм в двух взаимно перпендикулярных сечениях (а, б):
1 - источник излучения (в качестве источника излучения используется He-Ne лазер с λ= 630 нм); 2- микрообъектив; 3 – длиннофокусный объектив (микрообъектив и длиннофокусный объектив образуют телескопическую систему, увеличение телескопической системы определяется из условия необходимой равномерной засветки апертуры считываемой голограммы); 4 – диафрагма; 5 – анаморфотный объектив; 6 – микрообъектив (анаморфотный объектив в паре с микро-объективом формируют в плоскости голограммы считывающий пучок в виде полосы, длина которой равна апертуре голограммы, ширина равна высоте строки голографической структуры); 7 – носитель информации; 8 – анаморфотный объектив (осуществляет обрат-ное фурье-преобразование, фокусное расстояние объектива определяется требуемым масштабом изображения в задней фокальной плоскости фурье-объектива); 9 – ПЗС - матрица

Необходимым условием возможности построчного считывания мультиплексных 1D фурье-голограмм является резкое падения уровня яркости восстановленного изображения при угловом рассогласовании считывающего пучка и апертуры информационной строки 1D фурье-голограммы. При построчном считывании мультиплицированных 1D фурье-голограмм, требования к характеристикам анаморфотной оптической системы, формирующей в плоскости голограммы считывающий пучок, достаточно жесткие. Например, при проекции рассчитанных и выведенных на ЖК-модулятор голографических структур на фоточувствительный носитель с тридцатикратным уменьшением, ширина считывающего пучка должна быть не более 2 мкм. Дополнительным достоинством схемы построчного считывания наряду с повышением плотности записи мультиплицированных 1D фурье-голограмм является возможность использования в качестве фотоприемного устройства ПЗС линейки, что снижает стоимость и габариты устройства считывания.

Заключение

В данной работе представлены разработанные оптические схемы записи и считывания компьютерно-синтезикованных микроголограмм Фурье. Рассмотрены варианты постраничного и построчного считывания микроголограмм Фурье. Показано, что оптические схемы, реализующие построчное считывание, в отличие от постраничного, обеспечивают возможность повышения плотности записи информации за счет использования мультиплексирования.

Список литературы

1. Betin A.Yu., Bobrinev V.I., Evtikhiev N.N., Starikov R.S., Starikov S.N., Zlokazov E.Yu. Holographic memory optical system based on computer-generated Fourier holograms // Applied Optics. Information processing. 2013. Vol. 52 № 33. P. 8142-8145.
2. Bobrinev V.I., Verenikina N.M., Zherdev A.Yu., Lushnikov D.S., Markin V.V., Betin A.Yu., Zlokazov E.Yu., Starikov R.S., Evtikhiev N.N., Starikov S.N. Holographic memory based on computer generated Fourier-holograms Holography: Advances and Modern Trends III, edited by Miroslav Hrabovsky, John T. Sheridan, Antonio Fimia-Gil, Proc. Of SPIE Vol. 8776, 877608. 2013. P. 87760S-1-87760S-5. DOI 10.1117/12.2017610.
3. Бетин А.Ю., Донченко С.С., Кузнецов А.С., Вереникина Н.М., Злоказов Е.Ю., Стариков С.Н., Стариков Р.С. Синтез одномерных голограмм Фурье для системы голографической памяти с проекционной схемой записи // Естественные и технические

науки. 2013. № 5. С. 48-51.

4. Бетин А.Ю., Бобринёв В.И., Евтихиев Н.Н., Жердев А.Ю., Злоказов Е.Ю., Лушников Д.С., Маркин В.В., Стариков С.Н., Стариков Р.С. Метод компьютерного синтеза и проекционной записи микроголограмм для систем голографической памяти: математическое моделирование и экспериментальная реализация // Квантовая Электроника. 2013. № 1. Т. 43. С. 87-89.
5. Маркин В.В., Лушников Д.С., Усович Е.А., Гончаров А.С., Кузнецов А.С., Павлов А.Ю., Николаев А.И., Андреева О.В., Одиноков С.Б.. Разработка и исследование метода и оптической системы получения мультиплексных голограмм в системах архивной оптико-голографической памяти. // Оптический журнал. 2009. Т. 76. № 7. С. 3-9.
6. Кузнецов А.С., Одиноков С.Б., Вереникина Н.М., Маркин В.В., Лушников Д.С., Павлов А.Ю., КовалевМ.С., Соломашенко А.Б. Оптическая система для записи мультиплексных микроголограмм на фоточувствительный материал в системе голографической памяти // Естественные и технические науки. 2011. № 4. С. 405-406.