

В. В. ДЕМЁХИН, д. т. н. В. В. ДАНИЛОВ

Украина, Донецкое отд. Академии технологических наук Украины,
Донецкий национальный университет
E-mail: danilov@dongu.donetsk.ua

Дата поступления в редакцию
02.06 2004 г.

Оппонент к. ф.-м. н. Н. В. ФИНОШИН
(ДонНУ, г. Донецк)

МНОГУРОВНЕВАЯ ОПТИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ НА МИКРО- И НАНОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУРАХ

Использование для двоичной записи информации 2–3-мерных элементов сигнала приводит к возможности повышения плотности записи информации в (2–4)N раз.

При создании оптических запоминающих устройств со сверхплотной записью и с предельно допустимым быстродействием при считывании исключительно важную роль играют возможности параллельной организации этих процессов, позволяющие одновременно оперировать с N -битовым массивом данных в одной позиции светового луча (N — число бит).

В теоретических [1–3] и экспериментальных [4, 5] работах по исследованию возможности создания принципиально новых CD-дисков, основанных на многоуровневом способе записи данных, информационная емкость одной ячейки-пита достигает значений $N \approx 10$ бит. При этом в N раз возрастает не только плотность записи, но и скорость ее чтения. Разработаны технологии однократно и многократно записываемых дисков CD-R/RW. Разработчики таких микроструктур надеются в ближайшие несколько лет увеличить их емкость до десятков и даже сотен гигабайт.

Характерной чертой существующих технических решений многоуровневой памяти является быстрое возрастание количества градаций геометрической или оптической глубины пик (nl). При записи в каждый элемент сигналаграммы N бит информации число градаций nl растет как 2^N . В работе [6] предложен способ уменьшения количества уровней мощности записывающего лазера в $2^{\frac{N-1}{2}}$ раз.

Настоящая работа посвящена методу увеличения информационной емкости элемента сигналаграммы до $2N$ и $3N$ бит.

Для реализации метода предлагается поверхность носителя информации изготовить в виде структуры (рис. 1), напоминающей эшелетт (отражательную дифракционную решетку), широко исполь-

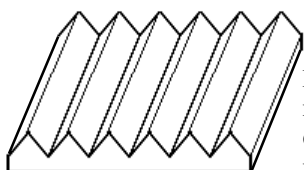


Рис. 1. Структура поверхности носителя информации с информационной емкостью элемента сигналаграммы $2N$ бит

зуемой в оптическом приборостроении. Каждая “ступенька” имеет оптическую длину, соответствующую одной из градаций. По ширине каждая ступенька также разбита на элементарные ячейки микронных размеров (на рисунке они не показаны, как бывает при модуляции только по показателю преломления). Таким образом, каждая ячейка имеет форму прямоугольного параллелепипеда, но для записи-считывания информации используются только две взаимно перпендикулярные грани. Преимуществом такой структуры является то, что ее можно выполнить в форме диска.

При трехмерной модуляции ячеек памяти поверхность носителя информации имеет вид, изображенный на рис. 2. Это твердотельная трехмерная структура, оптическая толщина которой промодулирована в трех взаимно перпендикулярных направлениях в соответствии с записываемой информацией. То есть это фотонный кристалл, каждая ячейка которого имеет форму прямоугольного параллелепипеда, повернутого так, чтобы его большая диагональ была перпендикулярна базовой плоскости носителя. Информация читается с каждой из трех взаимно перпендикулярных граней, выступающих над поверхностью базовой плоскости носителя, как показано на рис. 2. Микронные размеры ячейки благоприятствуют резкому, скачкообразному возрастанию внутреннего электромагнитного поля в ней и возникновению особых оптических резонансов. Эти особенности можно наблюдать как в отраженном, так и в прошедшем через носитель свете. В каждом направлении различным элементам сигналаграммы соответствует 2^N комбинаций разрешенных и запрещенных частот в зависимости от величины nl .

Изготовить такой микроструктурный носитель можно при помощи метода компьютерно-синтезированных голограмм [7] или одной из технологий получения фотонных кристаллов [8, 9] с дополнительной модуляцией показателя преломления в случае использования нелинейных оптических материалов.

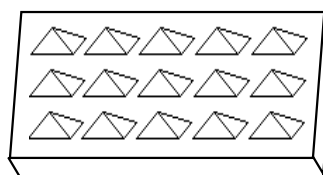


Рис. 2. Структура поверхности носителя информации с информационной емкостью элемента сигналаграммы $3N$ бит

Сегодня перспективу развития оптоэлектронных микро- и нанозлектронных элементов электронной техники связывают с применением синтезированных с помощью ЭВМ голограмм. Технология изготовления сложных микрорельефов этим методом достигла такой точности, что ошибка координаты структуры в десятую долю микрона на поле $d=300$ мм считается браком.

Локализация света в объектах объемом $V \ll \lambda^3$ (λ — длина световой волны) позволяет увеличить плотность записи информации оптических носителей до величины 10^{11} бит/см² [10]. Отклик вещества на такой локализованный свет изменяется вблизи наноструктур по сравнению со случаем свободного пространства. Однако спектральная селективность сохраняется до размеров ≈ 3 нм. Это позволяет распространить идеи и методы многоуровневой оптической памяти [1—3] и на регистрирующие среды на основе наноструктур, что должно привести к значительному повышению плотности записи информации.

Важным шагом на пути практической реализации идеи стало развитие технологий получения высокодисперсных частиц с узким распределением их по размерам и наличием у них свободной поверхности [11]. И если в методах [1—5] использовались классические размерные эффекты, то при переходе к наноразмерным средам для получения спектральных отличий трехмерных элементов сигналаграммы предлагается использовать как классические, так и квантовые размерные эффекты. В частности — трехмерного конфайнмента, оказывающего в области прозрачности наночастиц радикальное влияние на их свойства [11].

При одномерной многоуровневой записи каждая наночастица будет хранить информацию в N бит, если в ней используют наночастицы, отличающиеся по 2^N спектрам. При этом частицы одной градации оптического сигнала (соответствующие одной N -битовой комбинации) могут быть однозначно интерпретированы считывающим устройством.

Форма и размеры частиц влияют также на интенсивность и индикатрису вторичного свечения [11]. Последняя является сложной функцией размеров, формы и относительного показателя преломления частицы.

Приведенные соображения и составляют основу метода трехсторонней записи информации в каждую

наночастицу, что приведет к повышению плотности записи информации до значений $3N \approx 10^{12}$ бит/см². Для считывания такой информации могут быть использованы методы регистрации комбинационного рассеяния и другие, рассмотренные в [10], а также метод устранения фазовой неоднозначности [12] при интерферометрическом методе считывания с микроструктурного носителя.

Выводы

Использование для двоичной записи информации 2–3-мерных элементов сигналаграммы приводит к возможности повышения плотности записи информации в $(2—4)N$ раз по отношению к традиционным методам (типа DVD), а также к N -кратному увеличению скорости чтения.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Demekhin V. V. Vertical information writing for optical storages // Optoelectronics Instrumentation and Data Processing.— 1997.— N 6.— P. 58—60.
2. Демехин В. В. Обработка, передача и хранение k -уровневой информации при использовании m -частотных ($m > k$) оптических сигналов // Электромагнитные волны и электронные системы.— 2001.— Т. 6, № 4.— С. 64—67.
3. Демехин В. В. Метод записи k бит ($k \geq 2$) в одном элементе сигналаграммы нелинейного носителя информации // Реєстрація, зберігання і обробка даних.— 2000.— Т. 2, № 4.— С. 7—11.
4. Пат. 5854779 США. Optical disk reader for reading multiple levels of pits on an optical disc.— 1996.
5. Пат. 6381724 США. Method and apparatus for modulation encoding data for storage on multi-level optical recording medium.— 2000.
6. Демехин В. В. Использование метода входных адмитансов для разработки новой информационной технологии записи-считывания бинарных данных // Радиофизика и электроника.— 2001.— Т. 6, № 3.— С. 338—340.
7. На пороге квантовой эры // Компьютерные вести.— 2001.— № 39.— С. 13—18.
8. Ребане К. К. Два замечания о фотонных кристаллах // Оптика и спектроскопия.— 1999.— Т. 86, № 26.— С. 988—989.
9. Перестраиваемые фотонные кристаллы // Успехи физических наук.— 2003.— Т. 173, № 5.— С. 570.
10. Летохов В. С. Проблемы нанооптики // Там же.— 2001.— Т. 169, № 3.— С. 345—346.
11. Бобович Я. С. Нанопизика диэлектрических сред и ее место в оптоэлектронике // Оптический журнал.— 2001.— Т. 68, № 1.— С. 7—17; № 3.— С. 3—18.
12. Гужов В. И., Картавых Е. В. Проблема фазовой неоднозначности и ее решение в лазерной интерферометрии // Автоматрия.— 2000.— № 5.— С. 102—107.

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ В 2005 ГОДУ

- 75 лет назад (1930) выпущен первый отечественный коротковолновый четырехламповый приемник КУБ-4, разработанный в Центральной радиолaborатории группой радиолюбителей во главе с А. В. Кершаковым.
- 30 января — 75 лет со дня запуска (1930) первого в мире радиозонда для исследования атмосферы, изобретенного метеорологом П. А. Молчановым.
- 18 февраля — 50 лет со дня организации (1955) Всероссийского научно-исследовательского института физико-технических и радиотехнических измерений (ВНИИФТРИ).
- 27 февраля — 80 лет назад (1925) инженер О. А. Адамян подал заявку на разработанный им проект

- механической системы трехцветного телевидения с последовательной передачей цветов.
- 15 марта — 75 лет со дня рождения (1930) Ж. И. Алферова, ученого в области физики полупроводников и квантовой электроники, лауреата Нобелевской премии.
- 9 апреля — 85 лет со дня рождения А. В. Ржанова (1920—2000), ученого в области физики диэлектриков и полупроводников, полупроводниковой электроники.
- 10 апреля — 125 лет назад (1880) военный связист Г. Г. Игнатьев продемонстрировал в Киевском университете систему связи с одновременным использованием провода как для телефонной, так и для телеграфной передачи текста.