

"ТРЕХМЕРНЫЙ" ДИСК

Появление компакт-дисков можно считать революционным событием, прямо или косвенно повлиявшим на многие направления человеческой деятельности. Появилась возможность записывать музыку высокого качества, причем таким образом, чтобы качество не ухудшалось при использовании, как это происходит на магнитных лентах и виниле. Сразу после начала использования CD в компьютерной индустрии они стали неоценимыми помощниками как для пользователей, так и для программистов. У последних появилась возможность увеличивать объем своих программных продуктов путем добавления видео и аудио элементов и т.п. Далее диски использовались и для просмотра оцифрованного видео (VideoCD).

Но прогресс не стоит на месте. Объемы информации растут. Обычного компакт-диска (640 Мбайт) уже не давно не хватает. И вот на смену приходит технология DVD. Конечно, нас радует возможность хранения на DVD дисках до 17 Гбайт информации, но "запаса прочности" у этой технологии уже практически нет - такой объем, в принципе, уже является предельным.

Возникла необходимость в принципиально новом способе хранения информации на съемных носителях. И вот компанией **Constellation 3D** был продемонстрирован новый формат: FMD (Fluorescent Multilayer Disk), который уже скоро может стать новым лидером.

О КОМПАНИИ CONSTELLATION 3D INC.(C3D)

Президентом и исполнительным директором компании C3D является физик Евгений Левич, эмигрировавший из России в 1975 году.

Компания C3D существует с 1995 года. Основная цель компании заключается в разработке прогрессивных технологий в области хранения данных, а также в производстве продуктов для потребления и образования. Constellation 3D обеспечивает революционные, против эволюционных, решения в области хранения информации, и её позиция такова, что все предлагаемые ею продукты должны задавать тон в высокопроизводительных технологиях хранения информации, использующихся на многих производствах. Компания имеет офисы в Нью-Йорке, Флориде и Калифорнии, а также лаборатории в Израиле и России. Компания имеет более 60 патентов.

В 1998 году в России была создана фирма 3-DOM, занимающаяся теми же вопросами что и C3D. Но все же наибольших успехов добилась американская компания.

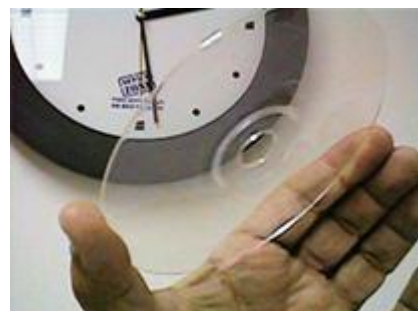
Первым поколением дисковых продуктов компании Constellation 3D станет семейство 120 мм многослойных FM -дисков с вместимостью до 140 Гбайт и со скоростью чтения до 1 Гбита в секунду. Стоит сравнить это с дисками DVD, имеющими вместимость до 17.4 Гбайта. Новые диски будут способны, например, вместить до 20 часов сжатых фильмов в формате HDTV.

ПРИНЦИП ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ FMD-ROM

На рисунке представлен внешний вид FMD-ROM

Из него мы видим, что FM диск прозрачный, и вы можете спросить: а где же отражающий слой, как на CD и DVD дисках? Дело в том, что данная технология не нуждается в присутствии отражающего слоя. Рассмотрим FM диск более детально.

В оптических носителях типа CD, DVD и MO

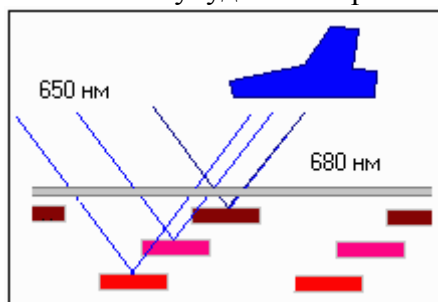


процесс считывания происходит следующим образом. Луч полупроводникового лазера падает на поверхность информационного слоя, затем отражается от алюминиевой (или другой металлической - это роли не играет) подложки и фиксируется детектором-приемником. В носителях FMD не используется отраженный луч лазера, так как при воздействии лазерного луча на информационный слой последний сам начинает излучать.

Принцип действия флуоресцентных дисков основан на явлении фотохромизма. Несколько лет назад российские химики открыли стойкий органический материал "стабильный фотохром", под воздействием лазерного луча приобретающий флуоресцентные свойства (флуоресцентное свечение).

Дело в том, что информационный элемент FM-диска (фотохром) может менять свои физические свойства (такие как цвет или наличие флуоресценции) под воздействием лазера определенной мощности и длины волны. Изначально фотохром не обладает флуоресцентными свойствами. При воздействии лазера большой мощности, инициируется фотохимическая реакция, в результате которой и начинают проявляться флуоресцентные свойства. При считывании данное вещество опять же возбуждается, но посредством лазера меньшей мощности, и начинает флуоресцировать. Это свечение улавливается фотоприемником и принимается как значение "1".

Также возникает вопрос об устойчивости состояния фотохрома с точки зрения долговечности, так как все физические элементы природы со временем теряют свои свойства. По заявлению компании C3D ухудшения происходить не будет.



Возбужденный фотохром излучает свет, сдвигая спектр падающего на него излучения в сторону красного цвета на определенную величину (в пределах 30-50 нм), что позволяет легко различить сигнал лазера и свет, излучаемый материалом диска.

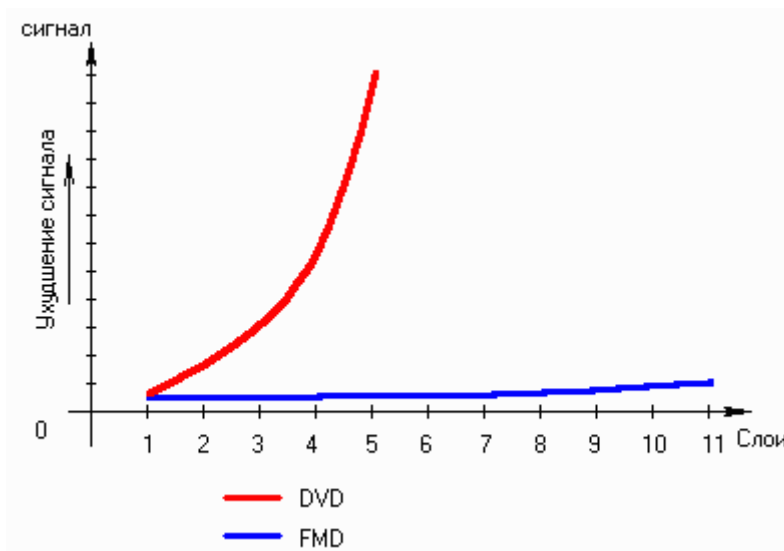
Необходимо отметить, что данная технология позволяет обойти проблему множественной интерференции между слоями, которая может привести к потере луча в многослойном диске, так как излученный фотохромом свет не когерентен и хорошо контрастирует с отраженным лазером, свободно проходит сквозь слои, и легко определяется фотодатчиком. Рассмотрим данную проблему подробнее.

В обычных оптических носителях (CD/DVD) при увеличении числа информационных слоев происходит качественное ухудшение сигнала. Это объясняется тем, что в данных технологиях используется отраженный от информационного слоя сигнал, то есть существует необходимость в зеркальных поверхностях. Поэтому в технологии DVD при изготовлении двухслойных дисков внешний информационный слой делается полупрозрачным для того, чтобы дать возможность лазеру добраться до внутреннего слоя.

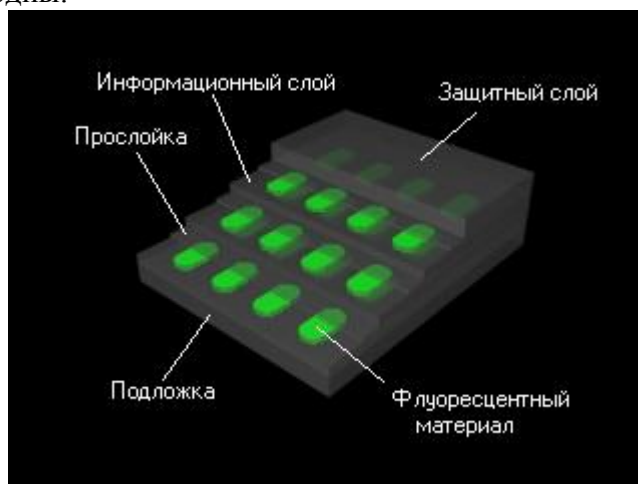


При этом сигнал, проходящий через внешний слой, "оставляет" в нем часть энергии

вследствие отражения. Причем отраженные от обоих слоев сигналы интерферируют (накладываются друг на друга или складываются) из-за их когерентности (совпадение частоты, и постоянной во времени разности фаз), в результате чего происходят потери полезного сигнала. Увеличение количества слоев усугубляет эффект множественной интерференции между слоями, и усложняется процесс считывания. Эту проблему можно решить путем усовершенствования детекторов-приемников, но это пока возможно осуществить только в лабораторных условиях. В случае флуоресцентных дисков такое качественное ухудшение сигнала при нарастании числа слоев происходит гораздо медленнее. Если это представить в виде графика, то выглядеть все будет примерно так:

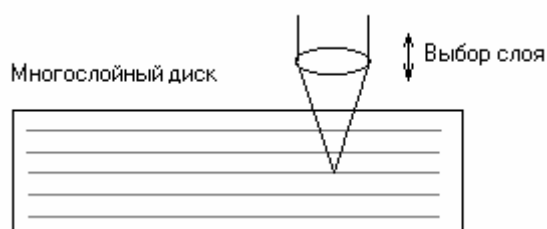


По заявлению разработчиков FMD-ROM, даже при количестве слоев больше сотни не будет происходить сильного искажения полезного сигнала, так как все слои диска прозрачны и однородны.



FM-диск в разрезе

Как видно из рисунка, диск состоит из нескольких пластиковых (поликарбонатных) слоев, соединенных между собой. Слой содержит поверхностные структуры ("питы"), которые заполняются флуоресцентным материалом. При считывании лазер фокусируется на определенном слое и возбуждает его флуоресцентные элементы, после чего это свечение улавливается фотодетектором.



Разработчики заявляют, что при использовании синего лазера (480 нм) возможно увеличение плотности записи до десятков Тбайт на один FM диск.

Другая интересная особенность данной технологии заключается в возможности параллельного считывания. Если записывать последовательность бит не вдоль дорожки, а вглубь по слоям, то можно значительно повысить скорость выборки данных. Вследствие этого разработчиками FM диска, в шутку или всерьез, было предложено название своему детищу как "трехмерный диск". И действительно!

Приведем список ряда преимуществ FMD/C:

1. Многослойный диск прозрачен и однороден
2. Малая потеря полезного сигнала при прохождении нескольких слоев
3. Флуоресцентное свечение отдельного элемента беспрепятственно проникает сквозь слои диска
4. Меньшая, чем у CD/DVD, чувствительность к различным недостаткам устройств считывания и т.д. Флуоресцентная технология не требует особых производственных условий
5. Излучающийся флуоресцентный свет с любого слоя не когерентен, тем самым устраняется проблема множественных интерференций, которая присутствует в технологиях CD/DVD
6. FMD-технология совместима с CD и DVD форматами, поддерживая ту же систему распределения данных на каждом слое

Здесь представлена сводная таблица некоторых параметров одного из будущих проектов компании C3D: 50 Гбайтного диска (12-слоев):

Параметр	CD	DVD	FMD
Диаметр диска, мм	120	120	130
Вместимость, Гбайт	0,64	17,4	50,8
Число слоев	1	2 (на каждой стороне)	12
Расстояние между слоями, мкм	-	40	25±5
Общая толщина информационных слоев, мкм	0,11	2	275
Формат	CD	DVD	Модифицированный DVD
Расстояние между треками, мкм	1,6	0,74	0,8
Оптическая система: Длина волны, нм	780	635-650	532

ПРОИЗВОДСТВО FM ДИСКОВ

Необходимо отметить, что многие этапы производства FM дисков унифицированы под уже существующие методы производства CD и DVD дисков. Конечно, требуются

некоторые изменения. В частности, они касаются формы "пита" и способов заполнения флуоресцентным материалом, а также убирается технологическая операция по напылению алюминиего слоя, что уменьшает количество шагов при изготовлении одного информационного слоя.

Процесс мастеринга (изготовление мастер-копии) очень похож на аналогичный для CD/DVD. Пара слов о самом процессе изготовления CD дисков.

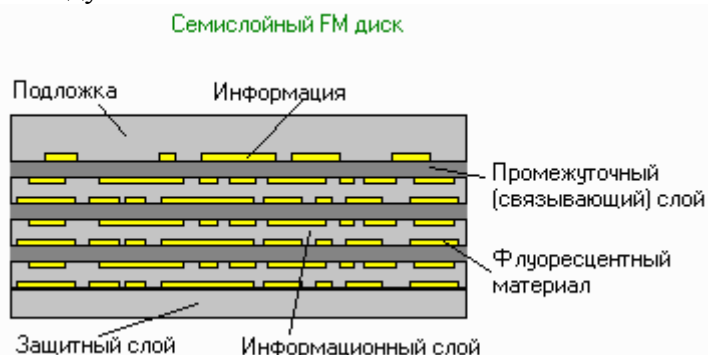
В качестве носителя записанной информации используется стеклянная пластина с нанесенным на нее тонким фоторезистивным слоем. Лазерный луч, интенсивность которого промодулирована цифровой информацией, "врезается" в фоторезист, так что на его поверхности появляются отметины, соответствующие "единицам" цифрового кода. Далее фоторезист проявляют и покрывают металлическим слоем. Это так называемый образец (Master) после записи содержит цифровую информацию в форме пиков. Затем гальваническим способом изготавливается точная негативная копия, которая позднее служит в качестве пресс-матрицы. Эту негативную копию уже можно было бы использовать в качестве матрицы и изготавливать CD. Однако для того, чтобы сберечь единственную имеющуюся матрицу, с ее помощью изготавливают одну или несколько промежуточных копий, которые, однако, не применимы в качестве пресс-матрицы, так как являются копиями позитивными. Эти копии в просторечии называют "матками". С "матки" гальваническим способом изготавливается пресс-матрица, которая является негативной копией. И уже с помощью этой матрицы начинается штампование CD. После запрессовывания информации на информационную поверхность в вакууме напыляется тонкий слой алюминия. С наружной стороны металлический слой покрывается защитным слоем лака, во избежание его механических повреждений.

В технологии FMD очень важно получения точной формы пика, так как впоследствии производится его заполнение флуоресцентным материалом. Поэтому технология изготовления CD и FM дисков отличается. Здесь мастер-копией является никелевая матрица (назовем ее штампом). Она, также как и в CD-технологии, является негативной копией производимого диска. FM диск состоит из нескольких слоев, поэтому процесс разбивается на этапы: отдельно изготавливаются информационные слои, после чего они связываются между собой.

Технологическое производство FM дисков имеет две разновидности.

В первой используется метод горячего тиснения (выдавливания). Каждый слой получается посредством прессовки поликарбонатного слоя двумя штампами (Мастер-копиями) при высокой температуре. В результате получается так, что один слой несет информацию с двух сторон. Затем производится заполнение пиков флуоресцентным материалом. После того, как он затвердевает, изготовленные слои спрессовываются под давлением.

На рисунке представлен пример структуры семислойного диска, производимого по вышеописанному методу.



Второй метод использует процесс фотополимеризации, при котором многослойный диск получается складыванием слоев одним за другим, формирующиеся из "тонких

отпечатков" (или информационных слоев).

Изготовление одного информационного слоя представляет собой изготовление пластиковой пленки с определенными оптическими характеристиками. Толщина пленки варьируется от 25 до 30 микрон. Пленка (на которую вскоре будет нанесена информация) либо штампуются, либо вырезается лазером до необходимого размера. Приготовленная пленка закрепляется в специальной оснастке и устанавливается на внешнюю поверхность никелевой матрицы, несущую негативную копию изготавливаемого информационного слоя. В процессе вращения фотополимерное вещество равномерно вносится в пространство между поверхностью штампа и пластиковой пленки. Позднее, когда фотополимерное вещество затвердевает, пленка отделяется от поверхности штампа. Подложка теперь содержит питы с определенной геометрией. При этом геометрия пита по качеству превосходит геометрию, получаемую при использовании матриц для изготовления CD или DVD, так как в этих технологиях используется процесс выдавливания питов (штампования). После получения слоя с необходимым расположением питов производится их заполнение флуоресцентным материалом. Во время заполнения питов флуоресцентный материал равномерно наносится на всю информационную сторону. После нанесения полимера производится химическая обработка поверхности для достижения желаемой контрастности питов и флэтов. Далее производится проверка копии на наличие различных дефектов и правильности заполнения питов, для чего производится возбуждение фотоэлементов, и затем вся картина улавливается CCD камерами и производится необходимый анализ. Затем слои "налепляют" на подложку, толщина которой 0,6 мм. Сверху все это заливается защитным слоем, который впоследствии можно использовать для какого-либо графического оформления. Для избежания физического контакта с информационными слоями на кромке диска эта область также заполняется полимерным материалом, аналогично технологиям CD или DVD.

УСТРОЙСТВА ЧТЕНИЯ FM ДИСКОВ

На фотографии представлен прототип устройства, работающего с FM дисками. Разработчики заявляют, что приводы, предназначенные для чтения этих дисков, будут легко понимать форматы как CD, так и DVD дисков. В этом есть необходимость, так как рынок переполнен CD и (в меньшей степени) DVD дисками. По строению приводы для FM дисков аналогичны приводам для CD/DVD по многим компонентам, например по таким как: наличие лазера, оптика, сервопривод, система трекинга и фокусировки, различные контроллеры. Добавляются лишь системы, способные улавливать и различать флуоресцентное свечение от лазерного, а также сервис по выборке информационного слоя.



ЗАПИСЬ НА FMD-ROM

На момент написания статьи пока еще не был представлен прототип записывающего устройства на FM-диски, но компания C3D заявляет, что оно в стадии разработки. При записи на FMD-ROM используется технология WORM (Write Once Read Many - один раз записал, много раз прочитал). Серия перезаписываемых дисков так и будет называться: FMD WORM. Технология производства данных дисков остается та же, что

и при производстве FMD ROM, за исключением того, что будет использоваться иной флуоресцентный материал, способный обратимо менять свое состояние под действием лазера при записи. При этом появляются некоторые правила, согласно которым запись на диск следует двум критериям:

- необходимо иметь достаточную мощность записывающего лазера, который наделял бы элемент диска флуоресцентным свойством
- при записи использовать пороговую мощность лазера, при которой происходит изменение флуоресцентных свойств материала, а при чтении использовать меньшую мощность лазера, дабы не испортить записанные на диске данные.

Также очень важно выбрать метод записи на диск. Разработчики FMD технологии предлагают 2 принципа записи.

Первый принцип (термический) предполагает использование материала, изначально обладающего флуоресцентным свойством (логическая единица). При записи же, участки, на которые производится термическое воздействие посредством лазера, теряют это свойство (логический ноль).

Второй принцип (химический) предполагает использование материала не обладающим флуоресцентным свойством. При воздействии лазера происходит фотохимическая реакция, в результате которой материал наделяется флуоресцентным свойством. Для возбуждения данной реакции достаточно маломощного лазера, либо обычного светодиода (или светодиодной матрицы). При использовании светодиодной матрицы возможна одновременная запись целого массива информации, что ускоряет процесс записи.

Записывающие устройства не имеют принципиальных отличий от считывающих устройств. Единственное отличие будет в использовании немного другой формы лазера, позволяющей производить как чтение, так и запись. Необходимо отметить еще одну интересную особенность в плане того, что есть возможность совмещение WORM и ROM на одном носителе! Например, представьте себе 20 слойный диск, у которого 10 слоев уже содержат информацию (записанную при изготовлении), а остальные 10 оставлены под нужды пользователя.

К сожалению, информация, поступающая от официальных источников очень скудна, и нам остается только дожидаться первых экземпляров FMD WORM и записывающих устройств.

Компания C-3d также планирует выпуск перезаписываемых FM дисков (в конце 2001 года). Принцип записи остается практически таким же, как и у CD-RW технологии за исключением того, что здесь нет необходимости управлять отражающей способностью слоя - достаточно будет переводить флуоресцентный материал из одного состояния (отсутствие флуоресценции) в другое (наличие флуоресценции). Например, весь слой FM диска будет покрыт флуоресцентным материалом, изначально не обладающим флуоресценцией (логический ноль), и при записи логической единицы в нужном месте посредством маломощного лазера возбуждается фотохимическая реакция, вследствие чего этот участок наделяется флуоресценцией. Стирание будет производиться более мощным лазером, под действием которого элементы теряют флуоресценцию.

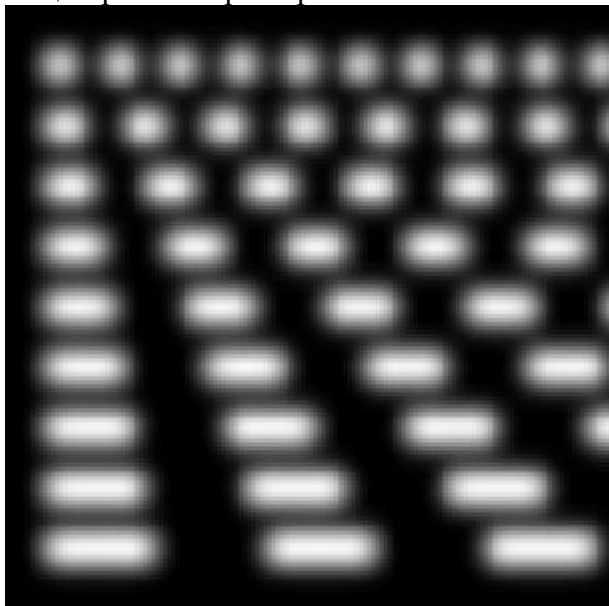
Достоинством данной технологии можно назвать то, что флуоресцентный материал намного устойчивее к фазовым преобразованиям, нежели используемый в CD-RW дисках, поэтому возможно произвести намного больше циклов перезаписи.

Как уже и упоминалось выше, в данной технологии существует возможность параллельного чтения, то есть последовательность бит записывается не вдоль дорожки, а вглубь по слоям. Таким образом, появляются три способа чтения данных: последовательный, последовательно-параллельный и параллельный.

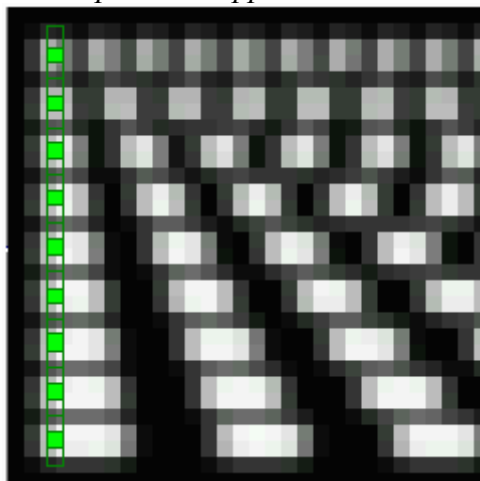
Немного о том, как происходит параллельное чтение.

Процесс чтения производится с помощью фоточувствительного элемента, который представляет собой массив CDD камер. Данный прибор способен считывать маломощное свечение с частотой в несколько десятков МГц. При этом скорость считывания достигает 1 Гбита/с. Надо отметить, что механическая скорость работы привода при этом в 450 раз меньше чем у DVD.

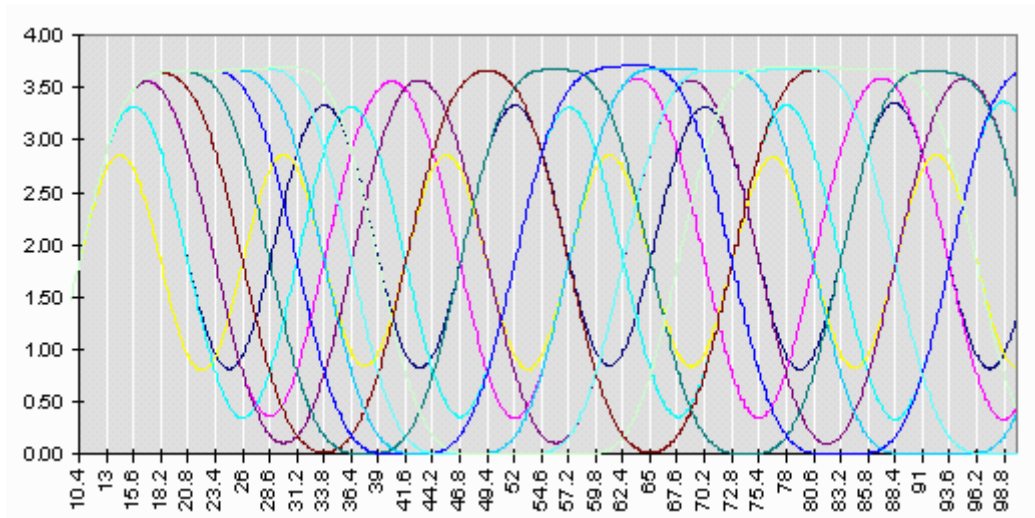
Далее показаны рисунки, представленные на сайте компании C3D, наглядно демонстрирующие принцип работы при параллельном чтении.



Изображение фрагмента FMD



Двенадцатикратное увеличение изображение участка FMD полученное CDD камерами



Сигналы, получаемые с каждого элемента массива CDD

Немного о других продуктах компании СЗД

Кроме FM дисков, у компании есть еще один продукт под названием FMC ClearCard™ ROM. Он представляет собой устройство хранения информации размером с кредитную карту, внутри которой находится FM диск диаметром 50 мм. Первые модели данного устройства будут способны хранить до 10 Гбайт информации при 20-ти слойном исполнении и плотностью записи 400 Мбайт/см². Себестоимость производства данной продукции составляет менее 10\$. Считается, что это будет хорошей заменой нынешним флэш-картам во многих (пусть и не во всех) областях. Устройства считывания FMC не громоздки и требуют относительно небольших затрат электроэнергии.



Кроме того, компания заявляет, что в лабораторных условиях был изготовлен диск в 50-и слойном исполнении с вместимостью 1 Тбайт и скоростью передачи данных до 1 Гбита/с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение могу сказать, что появление всей этой продукции вполне может потеснить на рынке уже занявшие свою нишу технологии CD и DVD.

Компания СЗД планирует выпустить свою первую продукцию уже в конце 2000 года. О ценах пока ничего говорится, и на сегодняшний день трудно предположить, когда данная продукция станет массовым товаром.