



Archival Disc

«Белая Книга»:

Технология архивных оптических дисков
Archival Disc

Издание первое

Июль 2015

SONY

Panasonic

Содержание

1. Введение	2
2. Технология оптических дисков.....	4
3. Технология архивных оптических дисков Archival Disc	5
3.1. План развития стандарта Archival Disc	5
3.2. Структура диска	6
3.3. Новый записывающий материал	6
3.4. Физический формат	7
3.5. Логический формат	9
3.6. Параметры сигнала	11
3.7. Технические характеристики Archival Disc емкостью 300 ГБ	12
4. Долгосрочное архивирование	14
4.1. Срок службы носителя	14
4.2. Искривленность диска и её изменения, возникающие при колебаниях температуры	15
5. Перспективы развития технологии	16

1. Введение

Широкое распространение сетевого окружения и увеличение скорости обработки данных компьютерами позволяют подключать к сети Интернет все больше различных устройств. Эти устройства производят аудио, фото и видео материалы растущими темпами, так что, по прогнозам американской научно-исследовательской IT-компании IDC, весь глобальный объем создаваемых и хранимых данных к 2020 году достигнет 44 ЗБ (зеттабайт; 1 ЗБ = 10^{21} байтов) (Рис.1). Таким образом, постоянно растет потребность в архивировании этого стремительно увеличивающегося объема данных, чтобы поддерживать совместимость, проводить научные исследования, сохранять культурные активы и генерировать добавочную стоимость посредством анализа данных. Поскольку архивирование данных сопряжено со значительными затратами, можно утверждать, что перед компаниями, использующими дата-центры, которые обрабатывают большие объемы информации, с особенной остротой встает вопрос о сокращении расходов (первичных и эксплуатационных) на хранение данных. Оптические диски представляют весьма многообещающий вид носителей информации, способный удовлетворить такую потребность, однако для того, чтобы в надлежащей мере покрыть все запросы этих дата-центров в будущем, необходимо наращивать емкость дисков.



Рис.1. Прогнозируемый объем данных, который будет создаваться и храниться в глобальном масштабе в 2020 г.

Источник: «Цифровая Вселенная IDC – цифровая вселенная возможностей: Всевозможные данные и растущая значимость Интернета вещей»
Исследование IDC, спонсор EMC (апрель 2014)

Когда дата-центры решают архивировать данные на носителях с коротким сроком службы, затраты на перенос данных на более современные носители становятся значительными и в конечном итоге ложатся ощутимым бременем на корпоративный бюджет.

Однако, оптические диски могут быть использованы для надежной архивации на срок 50 и более лет без необходимости переноса данных, что существенно снижает расходы на услуги дата-центров.

Многие дата-центры отказываются от кондиционирования воздуха, чтобы работать как «зеленые дата-центры» с малой нагрузкой на окружающую среду и низкими эксплуатационными затратами. Оптические диски обеспечивают высокую производительность и помогают удовлетворить потребности таких «зеленых дата-центров». На Рис.2 приведены средние показатели температуры воздуха и относительной влажности в крупнейших городах мира. Оптические диски способны хранить данные более 50 лет при любых климатических условиях, которые представлены в синем поле диаграммы. Оптические диски позволяют создавать более экологичные дата-центры с низкими эксплуатационными затратами в любом городе мира.

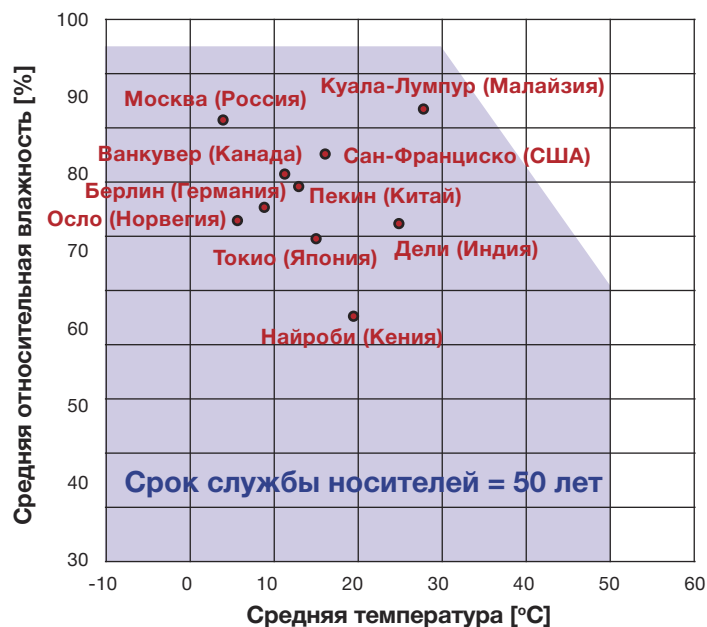


Рис.2. Средняя температура и относительная влажность в крупнейших городах мира

Запись и считывание данных с оптических дисков производится бесконтактно, лазерным лучом, поэтому покрытие записывающей поверхности защитной пленкой позволяет повысить износоустойчивость без потери качества записи и воспроизведения. Ниже приводятся два примера, иллюстрирующих повышенную надежность оптических дисков.

Первый пример – сопротивляемость воздействию морской воды. Даже после пребывания оптического диска с записанной информацией в морской воде на протяжении пяти недель, вы без проблем получите доступ к данным, просто промыв и просушив диск.

Второй пример – сопротивляемость воздействию магнитных бурь. Для хранения данных на оптическом диске не используется электромагнетизм, а потому сохраненные данные ни в коей мере не пострадают от геомагнитных возмущений.

Подводя итог вышесказанному, можно отметить, что оптические диски являются весьма перспективными носителями для дата-центров, если ставятся задачи снижения уровня воздействия на окружающую среду, сокращения эксплуатационных затрат и высокой надежности хранения. Вместе с тем, оптические диски, несомненно, нуждаются в увеличении емкости. В данной «Белой Книге» представлено описание Archival Disc (AD), нового оптического диска, обладающего этой повышенной емкостью.

2. Технология оптических дисков

Япония является мировым лидером в сфере технологий оптических дисков – носителей аудио- и видеoinформации, начиная от компакт-дисков (Compact Disc, CD) и до цифровых универсальных дисков (Digital Versatile Disc, DVD) и дисков формата Blu-ray Disc™.

Впервые оптические диски появились на рынке 1 октября 1982 г. – это были компакт-диски (CD) диаметром 12 см. CD распространились по всему миру как удобный носитель высококачественной музыки. В то время базовое программное обеспечение персональных компьютеров умещалось всего на 10 флоппи-дисках, и когда его удалось поместить на один CD-ROM, оптические диски стали неотъемлемой частью сферы IT.

Первые дискуссии относительно преемника CD сосредоточились на применении этих дисков в сфере аудиовизуального контента, включая видеoinформацию, в частности, кинофильмы. Однако в дальнейшем было решено, что любые новые оптические диски должны подходить для использования как в IT, так и для аудио/видео, а значит, емкость диска необходимо увеличить, чтобы обеспечить запись видео контента. Это привело к созданию DVD диска, для которого длина волны лазерного луча была уменьшена с инфракрасного до красного, а числовая апертура (numerical aperture, N.A.) увеличена до 0,60, что позволило сократить размер пятна при записи и чтении. Кроме того, размеры меток и расстояние между дорожками были уменьшены, что позволило повысить плотность записи. Разработка односторонних двухслойных дисков позволила увеличить максимальную емкость до 9 ГБ.

Для дисков Blu-ray™ длина волны лазера была уменьшена до сине-фиолетовой части спектра, а N.A. увеличена до 0,85, что позволило в пять раз увеличить емкость диска по сравнению с DVD. В настоящее время максимальная емкость Blu-ray Disc™ составляет 200 ГБ благодаря применению двухсторонних трехслойных дисков (Рис.3). При этом сокращение длины бита данных обеспечило Blu-ray Disc™ достаточную скорость передачи данных для записи и воспроизведения цифрового HD видео даже при скорости вращения как у DVD.

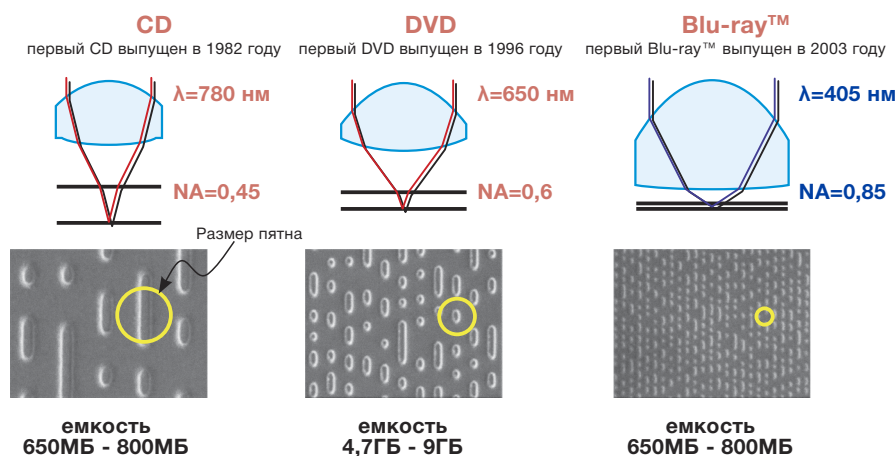


Рис.3. Пятно воспроизведения и формы меток при записи CD, DVD и Blu-ray Disc™

Процесс развития технологии оптических дисков от CD до DVD и Blu-ray Disc™ всегда предусматривал обратную совместимость: записывающие/проигрывающие устройства для DVD совместимы с CD, устройства для Blu-ray Disc™ совместимы с CD и DVD. Это значит, что пользователи могут переходить на новый стандарт без дополнительных неудобств.

3. Технология архивных оптических дисков Archival Disc

3.1. План развития стандарта Archival Disc

План развития стандарта AD представлен на Рис.4. Летом 2015 года предполагается вывести на рынок диски первого поколения емкостью 300 ГБ. Корпорации Panasonic и Sony планируют использовать свои технологии для увеличения емкости диска второго поколения до 500 ГБ, а диска третьего поколения – до 1 ТБ. Технологии, применяемые для каждого поколения дисков, детально рассматриваются ниже.

(1) 1-е поколение: двухсторонний трехслойный диск; технология подавления перекрестных наводок от узкого промежутка между дорожками.

Запись осуществляется методом «land-and-groove» (букв. «промежуток-и-дорожка»), т.е. сигнал записывается как на дорожках, так и в промежутках между ними, что повышает плотность записи. Перекрестные наводки между смежными дорожками вычищаются с помощью новой технологии подавления, обеспечивая приемлемое качество воспроизведения без ошибок считывания.

(2) 2-е поколение: 1-е поколение + технология подавления межсимвольной интерференции при высокой плотности.

Технология следующего поколения по подавлению межсимвольной интерференции будет реализована в приводах, чтобы исправлять уменьшенное разрешение пятна воспроизведения, появляющееся при повышении плотности записи. Затраты на разработку устройств, включая оптическую систему и технологию диска, будут невелики, а емкость диска вырастет до 500 ГБ.

(3) 3-е поколение: 2-е поколение + многоуровневая технология записи/воспроизведения.

Применение многоуровневой технологии записи/воспроизведения и оптической системы с высоким отношением сигнал/шум (signal to noise ratio, SNR) позволят довести емкость диска до 1 ТБ.

В рамках эволюции каждого поколения емкость диска продолжит увеличиваться без изменения основных оптических параметров и трехслойной структуры диска, что позволит минимизировать затраты на производство дисков и обеспечить обратную совместимость оборудования. Материалы для изготовления новых дисков будут обладать большей надежностью и более высоким SNR, что позволит повысить емкость каждого поколения дисков и тем самым добиться высокой точности записи, что важно при архивировании.

План развития стандарта Archival Disc		
Емкость	300 ГБ	500 ГБ
Технология обработки сигнала		повышенная линейная плотность (технология многоуровневой записи)
		повышенная линейная плотность (технология подавления межсимвольной интерференции)
Базовые технические характеристики	технология двухстороннего диска; $\lambda = 405 \text{ нм}$; $NA = 0,85$; структура слоёв: 3 слоя на каждую сторону	

Рис.4. План развития стандарта Archival Disc

3.2. Структура диска

Диск формата AD имеет двухстороннюю структуру, что позволяет удвоить емкость по сравнению с односторонним диском, и три слоя на сторону (Рис.5). Такая структура уже используется на традиционных оптических дисках, находящихся в массовом производстве. Главной особенностью AD является технология записи и/или воспроизведения одновременно с обеих сторон, что позволяет удвоить скорость передачи данных по сравнению с односторонней записью или воспроизведением.

Структура адресов, разработанная для формата AD, будет сохранена в каждом поколении, чтобы не менять технологический процесс производства дисков.

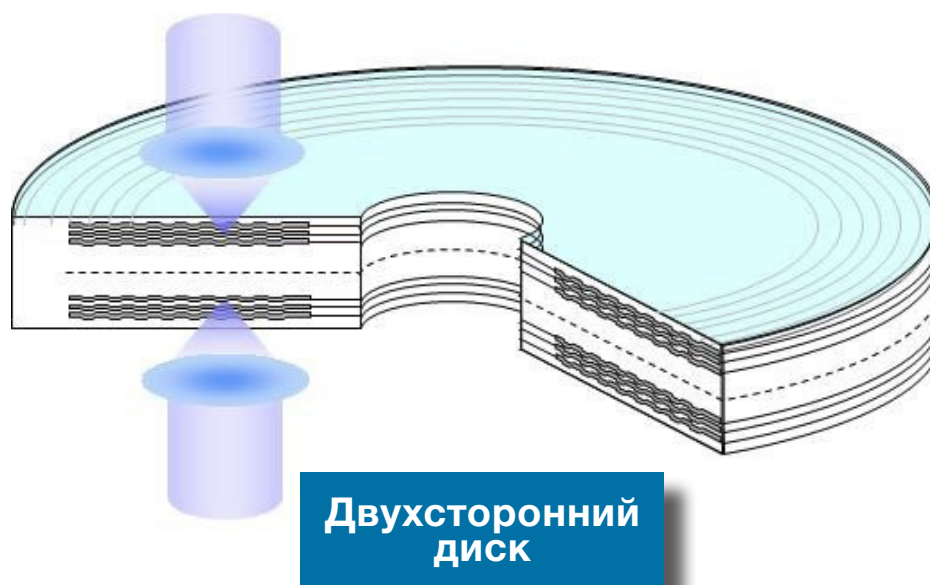


Рис.5. Структура Archival Disc

3.3. Новый записывающий материал

Для записывающего слоя была заново разработана простая многослойная структура, состоящая из перемежающихся слоев оксидированного записывающего материала и оксидированного изолятора, в которой лазерный луч без труда формирует метки.

Высокая скорость записи достигается тем, что записывающий слой обладает уникальной характеристикой умеренного оптического поглощения. Кроме того, как упомянуто выше, во всех записывающих слоях использован оксидированный материал, что позволяет в то же время добиться высокой надежности.

С точки зрения производства дисков, есть несколько преимуществ: такой записывающий слой имеет высокую электрическую проводимость, что позволяет производить напыление с применением постоянного тока при относительно низком вакууме. Эта особенность сокращает время такта и позволяет подбирать различные компоненты слоя для снижения стоимости диска. Кроме того, принята новая система контроля качества с использованием логического формата (см.п.3.5 ниже), которая позволяет преодолевать наводки в процессе записи от других слоев, что дает большую свободу в плане выбора оптических параметров записывающего слоя. Все это позволит еще больше сократить затраты на производство носителей.

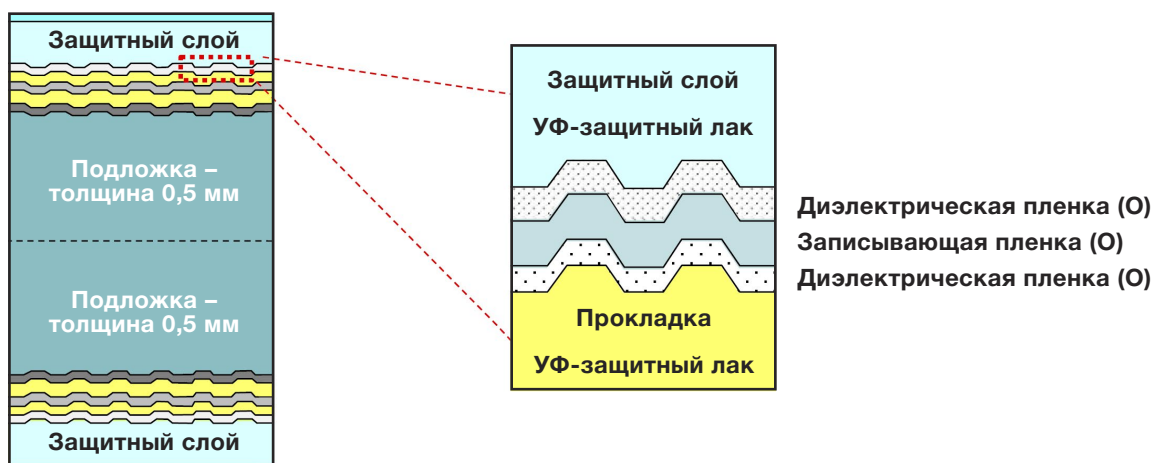


Рис.6. Записывающий слой Archival Disc

3.4. Физический формат

Этот раздел описывает новые технологии, принятые для физического формата Archival Disc.

(1) Технология записи «land-and-groove» и технология подавления перекрестных наводок.

В основе диска формата AD лежат технологии традиционных оптических дисков, при этом применяется технология записи «land-and-groove», а также технология подавления перекрестных наводок, что позволяет максимально увеличить записывающую емкость каждого слоя. Это значит, что радиальная плотность записи повышена на 40% по сравнению с дисками формата Blu-ray™. Новая система управления дефектами с применением логического формата (см. ниже пункт 3.5) позволяет решить проблему перекрестных наводок сервосигнала и уменьшить промежутки между дорожками.

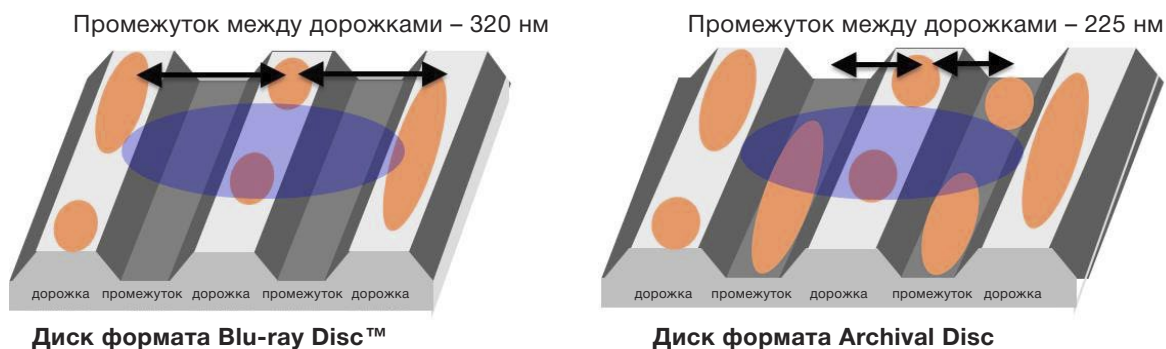


Рис.7. Запись в формате «land-and-groove»

(2) Формат физического адреса.

Физическая адресация дорожки оптического диска формируется с помощью вспомогательной дорожки (wobbled track), что позволяет получать мгновенный доступ к нужной позиции для записи/чтения данных. В предыдущих поколениях форматов физический адрес имеют только дорожки, тогда как новый формат записи «land-and-groove» позволяет присваивать физические адреса как дорожкам, так и промежуткам – и это главная особенность Archival Disc. Формат физического адреса AD позволяет существенно снизить помехи, вносимые вспомогательной дорожкой в сигнал при воспроизведении, и обеспечить высокую скорость чтения.

(3) Система формата зон.

В дисках Archival Disc используется система формата зон для привязки плотности записи данных к физическому адресу, который определяется вспомогательной дорожкой. Такая система позволяет получить адрес блока данных путем считывания физического адреса, который соответствует заданному формату зоны. Это позволяет записывать и читать данные на определенных участках диска.

Применение этих новых технологий позволяет получить следующие преимущества:

Стабильный произвольный доступ

Используя новый формат физического адреса со значительно улучшенными показателями считывания, мы получаем стабильный произвольный доступ даже при экстремальных температурах, а также после длительного периода хранения.

Снижение стоимости бита и возможность совместимости с оборудованием следующих поколений

При использовании традиционных оптических дисков плотность записи данных можно увеличить, изменив структуру дорожки, но формат зон Archival Disc позволяет нарастить плотность записи, просто изменив параметры форматов зон, без необходимости менять структуру физических адресов диска. Таким образом, для технологии Archival Disc, которая поддерживает эту систему формата зон, нет необходимости менять формат по мере повышения плотности записи, что дает значительные преимущества в плане снижения стоимости бита для дисков будущих поколений. Вместе с тем физическая структура диска остается неизменной, что обеспечивает обратную совместимость, так что на новом оборудовании всегда можно будет получить надежный доступ к данным, записанным на старых дисках и хранящимся в течение продолжительного времени.

3.5. Логический формат

3.5.1. Управление диском

Archival Disc использует двухстороннюю трехслойную структуру и формат записи «land-and-groove», однако пользователь может рассматривать архивный диск как обычный оптический диск высокой емкости. В то же время, обратная спиральная дорожка, расположенная на каждой стороне Archival Disc, обеспечивает одновременный доступ к обеим сторонам диска. Данные записываются одновременно в дорожках и в промежутках, что также повышает скорость передачи данных при использовании устройств с несколькими оптическими головками. Кроме того, для управления диском используется односторонняя закрытая структура, не зависящая от структуры привода, в то время как уникальные логические номера секторов (logical sector numbers, LSNs) определены для каждого физического участка диска для повышения совместимости при воспроизведении. Имеются функции контроля дефектов и «логической перезаписи» (logical over write, LOW), что позволяет без проблем использовать файловую систему, способную управлять традиционным оптическим диском, для простого управления Archival Disc.

3.5.2. Контроль дефектов

Функция контроля дефектов включена в Archival Disc, так что даже в том случае, если дефектный блок будет выявлен в пределах пользовательской зоны, данные могут быть альтернативно записаны на свободных участках внутренней и внешней зон диска, что повышает надежность диска. Система контроля дефектов Archival Disc оснащена новыми функциями защиты записанных данных, в частности, от наводок, появляющихся при записи на другие слои, а также коррекции перекрестных ошибок сервосигнала, появляющихся вследствие применения нового формата записи «land-and-groove». Таким образом, появляется возможность осуществлять контроль записи, используя только функцию управления диском, без фактического доступа к диску, что минимизирует потери производительности при записи и облегчает использование неспециалистом. Что касается резервных областей, областей функции контроля дефектов и т.п., то формат оптимизирован для однократной записи, записи информации последовательно, начиная с самого глубокого слоя.

3.5.3. Управление записью

В формате Archival Disc значительный акцент сделан на обеспечение совместимости с традиционными дисками однократной записи, с функцией последовательной записи так, что имеется возможность применять при работе с Archival Disc уже существующие приложения. Как и традиционные форматы оптических дисков, Archival Disc также позволяет работать с несколькими диапазонами последовательной записи (Sequential Recording Ranges, SRR) одновременно. Установка многократных SRR позволяет резервировать на диске несколько областей записи.

В Archival Disc нет необходимости заполнять неиспользованные области диска, чтобы закрыть SRR или диск – это означает, что операция закрытия может быть сокращена по сравнению с традиционными носителями с последовательной записью, такими как DVD. Кроме того, имеющаяся функция линейной замены в системе контроля дефектов позволяет выполнить логическую перезапись (LOW) поверх ранее записанных пользовательских данных.

3.5.4. Управление областями OPC

Технология Archival Disc позволяет отвести значительно больше областей для регулирования мощности записи, чем прежде, благодаря чему области оптимального управления мощностью (optimum power control, OPC) могут быть дополнительно выделены через привод дисков. Определение информации о диапазоне OPC (OPC range information, OPCRI) в структуре определения диска (disc definition structure, DDS) позволяет увеличить общее число доступных повторных использований пропорционально росту общей емкости диска.

3.5.5. Управление пользовательской областью

Archival Disc использует трехслойный формат «land-and-groove». Логические номера секторов (LSN) назначаются пользовательским областям (томам), доступным для пользователя, это значит, что пользователи могут получить доступ к этим областям, используя соответствующий LSN. Метод назначения LSN приведен на рис.8.

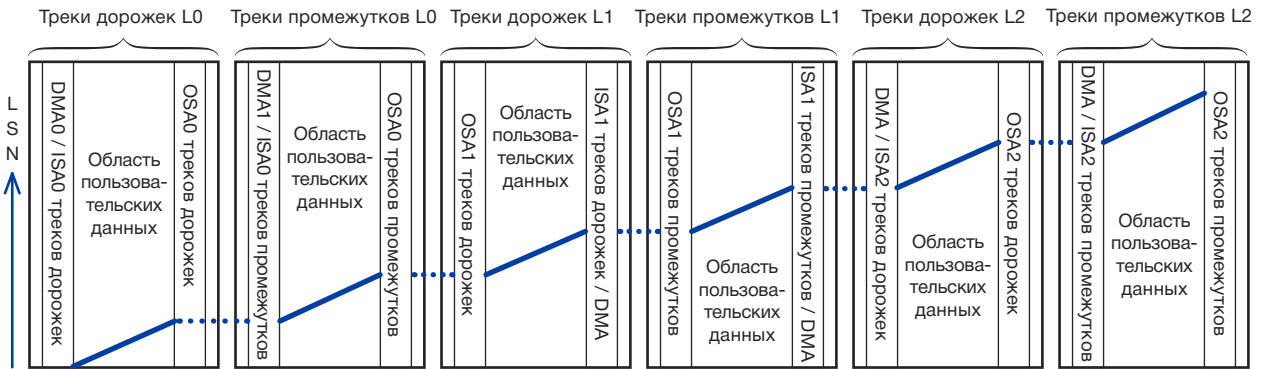


Рис.8. Метод назначения LSN

Здесь LSN размещаются последовательно по дорожкам слоя L0 в направлении от внутреннего периметра к внешнему, а затем по промежуткам между дорожками слоя L0 в направлении от внутреннего периметра к внешнему. После слоя L0, аналогичным образом размещение LSN происходит на слое L1, только в направлении от внешнего периметра к внутреннему, а затем подобным образом – на слое L2.

Номера LSN назначаются для пользовательских областей (логическое пространство) отдельно на каждой стороне, но существует возможность использовать комбинированно обе стороны диска и рассматривать их как единое логическое пространство (один том), при наличии соответствующего привода и совместимости системы управления.

3.6. Параметры сигнала

Для качественной оценки сигнала воспроизведения на дисках Archival Disc используется такой параметр, как «интегрированная ошибка последовательности по максимальному правдоподобию» (integrated maximum likelihood sequenced error, i-MLSE). Этот показатель определяется на основании метода обнаружения «максимального правдоподобия частичного ответа» (partial response maximum likelihood, PRML), который позволяет весьма точно определить качество сигнала воспроизведения. На Рис. 9 приведены результаты измерений частоты появления ошибочных символов (symbol error rate, SER) и i-MLSE в случаях, когда различные виды воздействий при воспроизведении применены к диску Archival Disc емкостью 300 ГБ (1-ое поколение). Наблюдается сильная корреляция между этими двумя переменными.

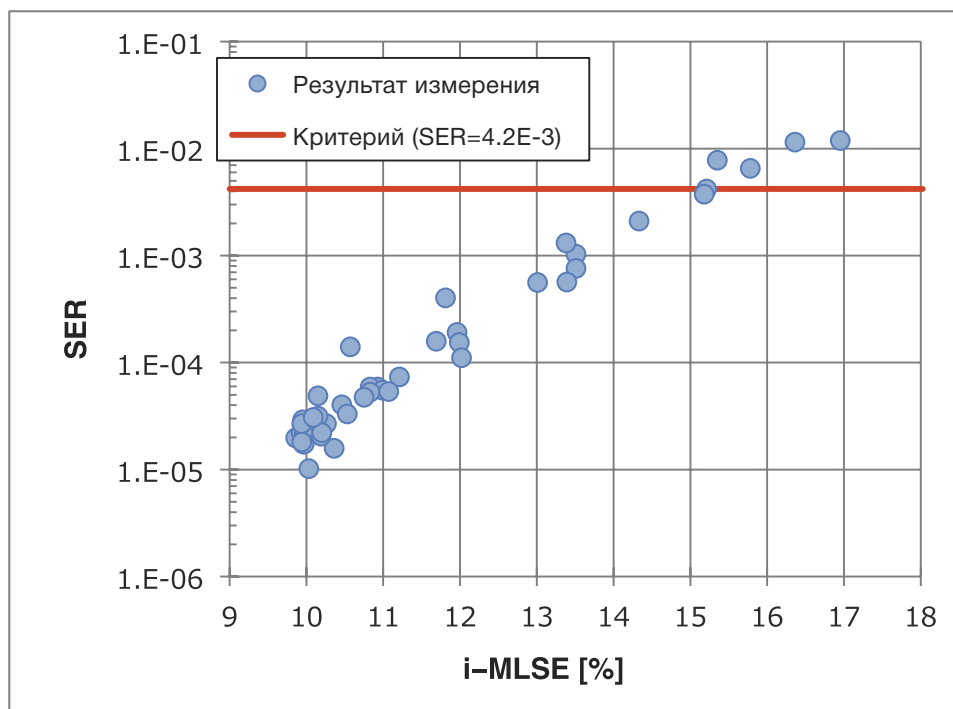


Рис.9. Показатель оценки качества сигнала i-MLSE и SER

3.7. Технические характеристики Archival Disc емкостью 300 ГБ

Основные параметры дисков Archival Disc приведены в Таблице 1. В целях обеспечения совместимости с дисками Blu-ray Disc™, значения основных параметров Archival Disc – включая длину волны лазерного луча, N.A. и толщину защитного слоя – сохранены такими же, что и для формата Blu-ray Disc™ (*см. Blu-ray Disc™ White Paper). По сравнению с характеристиками Blu-ray Disc™ емкостью 100 ГБ, радиальная плотность у Archival Disc увеличена на 40%, линейная плотность – на 5,5%, а записывающая поверхность увеличена вдвое, поскольку диск двухсторонний, что позволяет довести емкость до 300 ГБ. Максимальная скорость передачи пользовательских данных для дисков Archival Disc достигает 359,65 Мбит/с.

Таблица 1. Основные параметры диска Archival Disc

Основные параметры	Технические характеристики
Длина волны лазерного луча	405 нм
N.A.	0,85
Диаметр диска	120 мм
Общая номинальная толщина	1,2 мм
Двухсторонний диск	Три записывающих слоя (TL) на каждую сторону
Толщина защитного слоя	57,0 мкм
Полярность при записи	от высокого к низкому
Способ записи	land-and-groove
Зона данных, внутренний радиус /внешний радиус	24 мм/58 мм
Промежуток между дорожками	0,225 мкм
Способ адресации	Вспомогательные дорожки с адресами
Модуляция канала	17PP
Код коррекции ошибок	64KBLDC+BIS
Общая эффективность	81,738%
Максимальная скорость передачи	359,65 Мбит/с
Номинальная длина бита канала	53,0099 нм
Номинальная длина бита данных	79,5149 нм
Емкость пользовательских данных на 120 мм	300,00572 ГБ

В Таблице 2 приведены технические характеристики i-MLSE и частота случайного появления ошибочных символов (random symbol error rate, R-SER) (см. определение в пункте 3.6 Параметры сигнала) для каждого слоя диска Archival Disc.

Таблица 2. Технические характеристики i-MLSE и Random-SER (R-SER) для каждого слоя диска Archival Disc

Показатель оценки качества сигнала	Технические характеристики
Параметр i-MLSE, требуемый для диска при тестировании	L0 < 11.0% L1 < 11.5% L2 < 12.0%
Параметр R-SER, требуемый для диска при тестировании	< 2.0E-4

4. Долгосрочное архивирование

4.1. Срок службы носителя

Как разъясняется в п.3.3 настоящей статьи, записывающий слой, используемый в технологии Archival Disc, устойчив к окислению и неблагоприятным погодным условиям, что обеспечивает высокую надежность диска. Принцип нанесения меток подразумевает физическое воздействие на материал носителя; кроме того, слой оксидирован, что также значительно повышает надежность носителя. На рис. 10 представлены оценки надежности хранения, характеризующие возможности функции архивирования данных на диске Archival Disc.

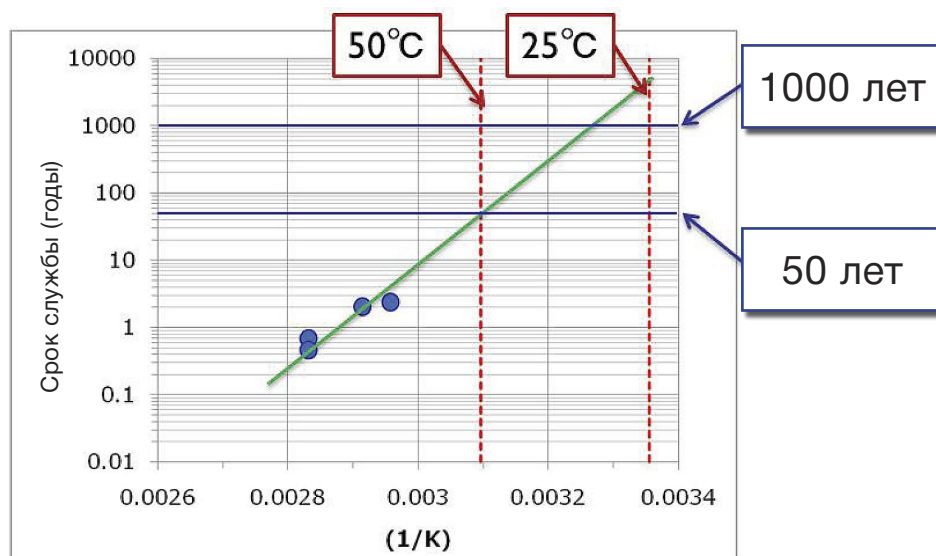


Рис.10. Надежность долгосрочного хранения на дисках Archival Disc

Испытания проводились в соответствии со стандартами ISO16963 для четырех различных состояний окружающей среды: температура 65°C/80% влажности; 70°C/75%; 80°C/70% и 80°C/80%. Применяв уравнение Аррениуса к результатам испытаний, мы рассчитали коэффициент ускорения, что позволило вывести время, за которое появление ошибок в воспроизводимых данных достигнет заданного критерия, вычисленного для температурных показателей окружающей среды 25°C и 50°C. Предполагаемый срок службы Archival Disc с применением наших инновационных записывающих материалов весьма впечатляет: 50 лет при температуре окружающей среды 50° C и выше, и более 1000 лет при комнатной температуре.

4.2. Искривленность диска и его изменения, возникающие при колебаниях температуры

Диск Archival Disc имеет симметричную структуру и состоит из склеенных дисков (сторон) А и Б, толщиной около 0,6 мм каждый. Эта структура подобна DVD, и для нее характерно малая искривленность при длительном хранении. Это помогает предотвратить снижение качества воспроизведения при проигрывании диска в дисковом устройстве. Для односторонних дисков, таких как CD и Blu-ray Discs™, пластиковая основа, клейкий слой и записывающий слой соединены однонаправленно, т.е. каждый слой в процессе длительного хранения может по-разному расширяться и сокращаться в одной плоскости. Это может вызвать небольшую деформацию верхней или нижней поверхностей диска, называемую искривленностью. Что касается двухстороннего диска, то у него деформация слоев с обеих сторон практически одинаковая, так что искривленность сведена к минимуму.

Эта двухсторонняя симметричная структура эффективна не только в плане длительного хранения, но также в смысле устойчивости к повышению температуры, которое может произойти сразу после помещения диска в привод. У одностороннего диска искривленность может легко вызываться повышением температуры внутри привода просто в процессе его запуска. Это может привести к ошибкам, таким как ухудшение качества лазерного пятна в процессе записи и воспроизведения, тогда как двухсторонняя структура диска позволяет в значительной степени избежать возникновения искривленности при повышении температуры. Однако даже при всех преимуществах двухсторонней структуры Archival Disc чрезмерное физическое воздействие или деформация губительны для диска и его способности длительного хранения, поэтому рекомендуется хранить диск в соответствующем картридже или футляре и держать в вертикальном или горизонтальном положении.

5. Перспективы развития технологии

Согласно плану развития, представленному в п.3, после выпуска Archival Disc первого поколения планируется разработка Archival Disc 2-го и 3-го поколений. Подготовка этих разработок и детальное обсуждение планов развития идут полным ходом.

Диск 2-го поколения сохранит ту же физическую структуру, а емкость диска возрастет до 500 ГБ за счет повышения линейной плотности. Будет внедрена технология следующего поколения по устранению межсимвольной интерференции, чтобы компенсировать снижение разрешения пятна воспроизведения, вызванное увеличением линейной плотности. Эксперименты подтвердили, таким образом можно повысить линейную плотность записи и воспроизведения и создать диск емкостью 500 ГБ, не внося изменений в оптическую систему или диск (см. рис. 11).



Рис.11. Параметры записи /воспроизведения для дисков Archival Disc 2-го поколения

Для дисков 3-го поколения планируется продолжить развитие оптической технологии с повышенным отношением сигнал/шум (SNR), а также разработку новейших записывающих материалов, которые позволят обеспечить еще более высокую надежность и высокий уровень SNR. Производительность устройств будет также улучшена за счет применения многоуровневой технологии записи/воспроизведения, что позволит повысить линейную плотность записи и довести емкость диска до 1 ТБ.

В стандарте Archival Disc будут использованы те же основные технические характеристики длины волны лазерного луча, N.A. и структуры слоев диска, как и у надежного Blu-ray Disc™, но с применением модернизированных технологий, позволяющих сократить промежутки между дорожками и повысить линейную плотность. Такие технологии позволят достигнуть более высоких уровней емкости записи. Стандарт Archival Disc – перспективное и экономичное средство хранения архивированных данных при продолжающемся стремительном росте объемов данных во всем мире.