

Лекция 8

Лазерные проигрыватели/рекордеры компакт-дисков

Основные принципы устройства и работы

Сервосистемы лазерных проигрывателей

Современный DVD - проигрыватель

Голографические лазерные диски HVD

Общие сведения о голографических дисках

Технология записи/считывания голограммы с диска

Info MICA

Литература

1. Авраменко Ю.Ф. CD-проигрыватели. Схемотехника.- Издательский дом «Додэка-XXI», МК-Пресс, 2006.
2. Авраменко Ю. Ф. Схемотехника проигрывателей компакт-дисков.- СП НИЦ, “Наука и техника”, 1999.- 128 с.
3. Авраамеко Ю.Ф. Схемотехника CD-проигрывателей.- С.П: “Наука и техника”, 2003.
4. Колаич Н.И. Ремонт CD-проигрывателей: принципы работы, типичные неисправности. – М.: Радиотон 1998. - 224 с.
5. Ленк Дж. Мой домашний аудиовидеокомплекс.- М: Энерготомиздат, 1994 –318 с.
6. Никамин В.А. Парадоксы цифрового звучания. – С.П: Лань,-1998 – 96с.
7. Николин В.А. Компакт-диски и CD-устройства. – С.П: Лань,-1997 – 110с.
8. Микросхемы для CD-проигрывателей.Сервосхемы.Справочник.- С.П: “Наука и техника”, 2003.
9. Специализированные микросхемы для проигрывателей компакт-дисков и приводов CD-ROM. Справочник.- М: Альтекс-А, 2004.

Лазерные проигрыватели компакт-дисков

Структурная схема проигрывателя компакт-дисков

- На **Рис. 1** изображены два основных типа применяемых звукоснимателей (устройств считывания).
- Наиболее распространен вариант ползункового типа, или салазочный (**Рис.1а**), при котором звукосниматель (оптическая считывающая система) перемещается поперек нижней стороны **CD** двигателем звукоснимателя.
- В другом варианте (**Рис.1б**) звукосниматель установлен на конце поворотного рычага (руки), который приводится в движение с помощью серводвигателя. Вместе с рычагом происходит перемещение звукоснимателя по полю **CD**.
- В проигрывателях **CD** имеется также двигатель загрузки и выгрузки **CD** из дискового отсека проигрывателя.

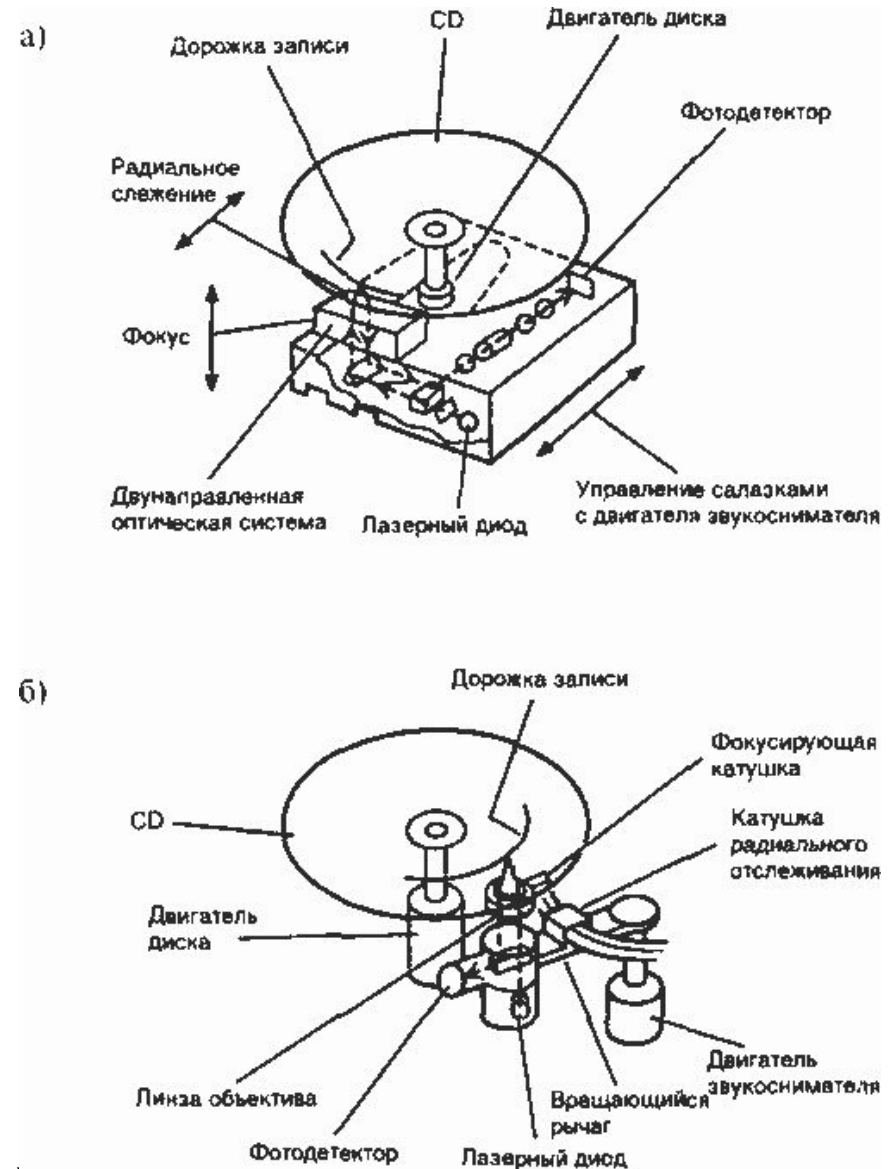


Рис. 1 Типы лазерного звукоснимателя: а) салазочный, б) поворотный рычаг

На Рис.2 показан принцип считывания информации с лазерного диска.

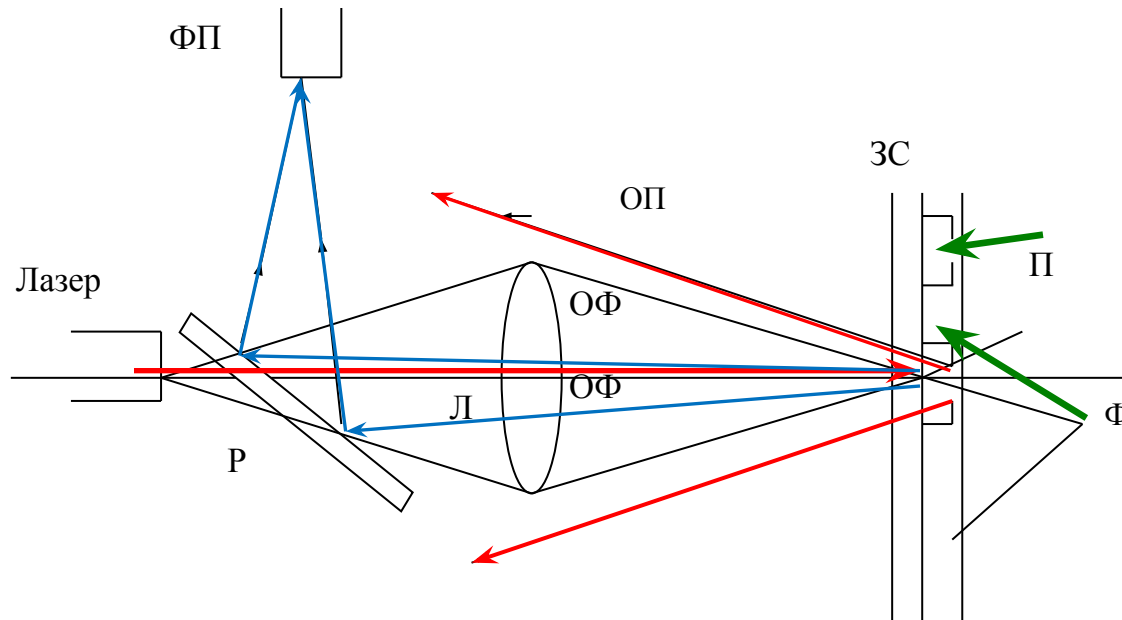


Рис.2 Принцип считывания записанной информации с поверхности диска

Р – расщепитель;

ФП – фотоприемник;

ЗС – защитный слой;

Ф – флэт;

ОП и ОФ – световые потоки, отраженные соответственно от пиков и флэтов
(соответствует плоскости фокуса)

Л – линза;

Д – диск;

П – пик;

Описание

- Световой поток от лазера фокусируется с помощью оптической системы (на **Рис.2** она условно показана в виде линзы **Л**) таким образом, что точка фокуса **Ф** располагается на поверхности дискового носителя записи **Д**.
- При совмещении точки фокуса с **питом** **П** отраженный от поверхности микроуглубления световой поток **ОП** за счет дифракции практически не попадает на поверхность линзы. Однако, если световой поток **ОФ** отражается от поверхности диска **Ф (флэт)**, покрытого защитным слоем **ЗС**, он достигает линзы и, пройдя через расщепитель **Р**, попадает на фотоприемник **ФП**.
- Сигнал воспроизведения **КД** представляет собой последовательность прерываемых отражений лазерного луча. При этом логической «1» соответствует участок отражающей поверхности (**флэт**), а логическому «0» – участок рассеивающей поверхности, т. е. микроуглубление (**пит**).
- От размеров **питов**, однозначно определяемых параметрами записанного сигнала, зависят характеристики выходного сигнала фотоприемника. Таким образом, существует связь между параметрами записываемого и воспроизводимого сигналов.

Характеристика/параметр	DVD-R/DVD-RW	обычный DVD (DVD-ROM)
Диаметр	120 /80 мм	12 см то же
Система предварительного форматирования	Wobble & LPP	нет
Управление скоростью привода диска	Модуляция спиральной дорожки	Тактовый импульс с диска
Максимальная информационная емкость	4,7 Гбайт (12 см DVD) 1,46 Гбайт (8 см DVD)	4,7 Гбайт – 1 слой; 8,54 Гбайт – 2 слоя (для 12-см дисков)
Максимальная скорость записи/воспроизведения	11,08 Мбит/с	то же
Длина волны лазера	635/650 нм	то же
Мощность лазера в режиме «запись»	15 мВт	-
Шаг информационной дорожки	0,74 мкм	то же
Минимальная длина пит	0,4 мкм	то же
Система модуляции цифровых данных	Модуляция «8 в 16»	то же
Отражающая способность информационного слоя	CD-R 30 – 40%	
CD-RW 18 – 30 %	45 – 85 %	

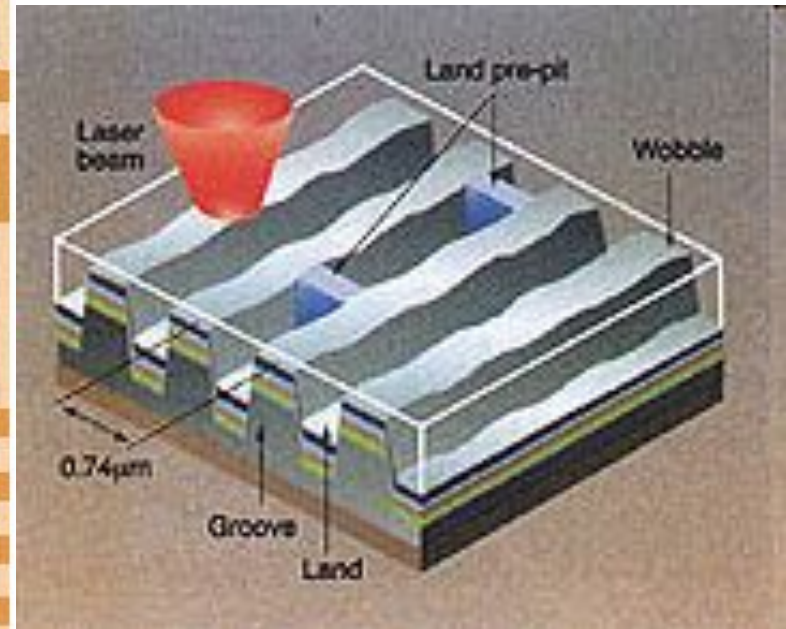


Рис.3 Требования к параметрам диска DVD

1 уровень - "физический" ("**Physical layer**"), определяет размеры информационных углублений (**пит**) и их расположение на диске, размеры диска, его основных зон, длину волны лазера в режимах записи и воспроизведения, мощность его излучения.

2 уровень - "системный" ("**File system layer**"), описывает файловую систему данных.

3 уровень - пользовательский ("**Application layer**") определяет формат и параметры цифрового потока, включая управляющие команды переключения режимов кодера (Play) и декодера (Rec) MPEG-2, данные о размещении файлов и доступе к ним и т.д.

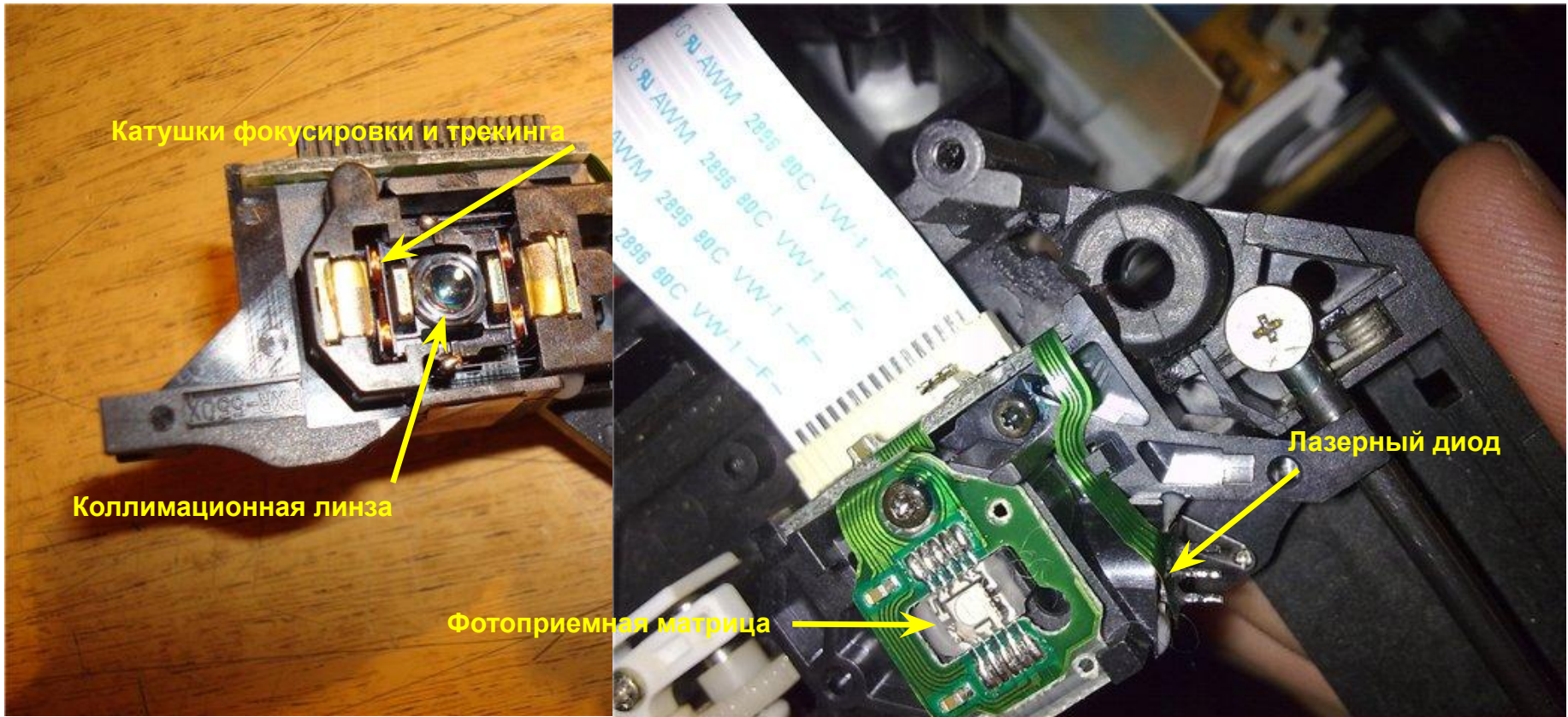


Рис.3.1 Типичная считывающая лазерная головка типа PXR-550X

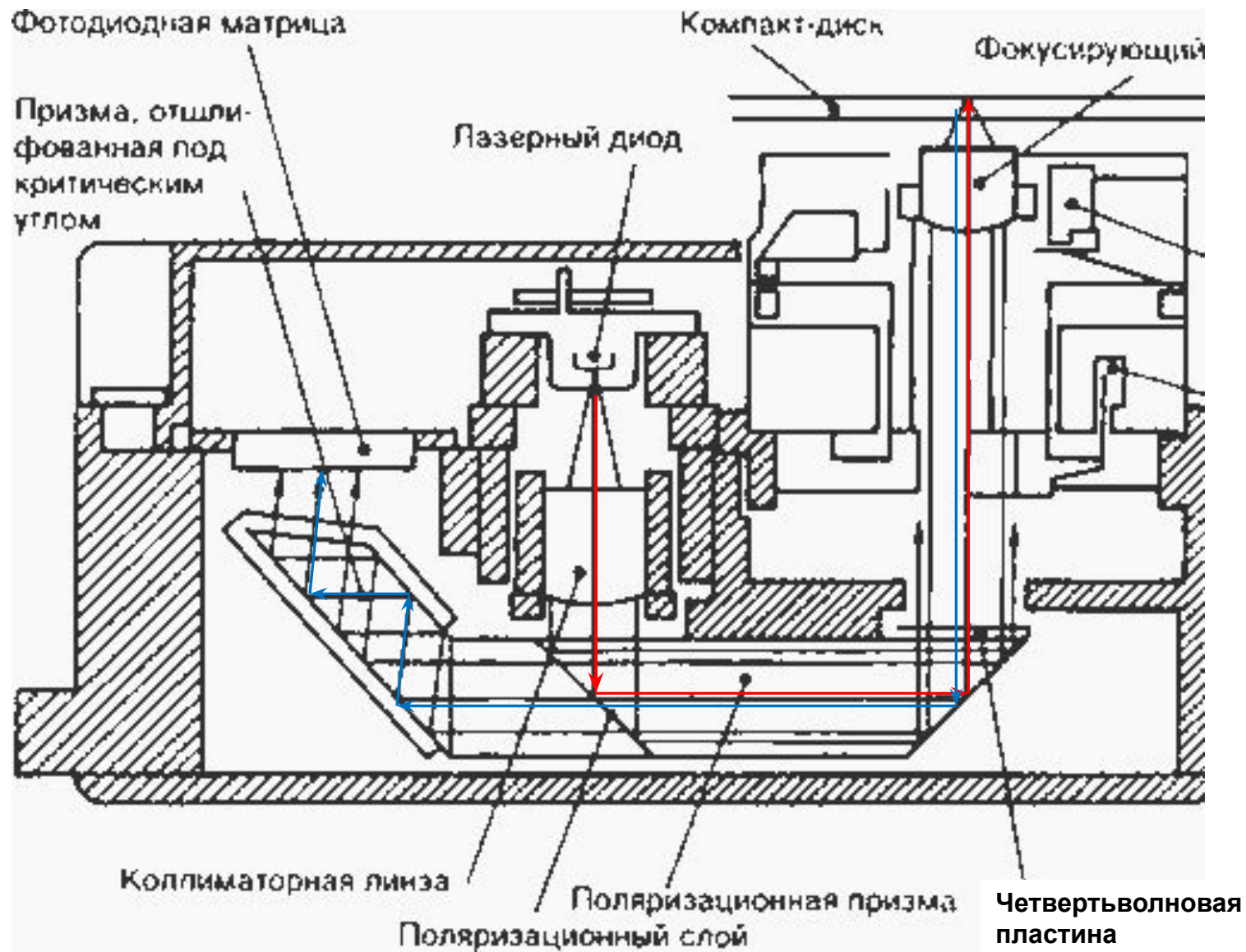


Рис. 4 Схематичное изображение лазерной считывающей головки

Описание

- Испускаемое лазерным диодом излучение подается в коллиматор — линзу, в которой преобразуется в пучок параллельных лучей (лазерный диод как точечный источник излучения).
- Линейно поляризованное излучение с $\lambda=780$ нм для (CD) или $=635/650$ для (DVD), преобразованное в параллельный пучок, подается на специальную призму. Так как направление поляризации пучка перпендикулярно к плоскости чертежа, пучок отражается от имеющегося в призме **поляризационного слоя** и отклоняется направо.
- Поляризационная призма представляет собой оптическое прозрачное тело, которое используется для преломления, отражения или рассеивания излучения (две склеенные призмы).
- Простейший вид такой призмы - это прямоугольная призма, показанная на **Рис.5**.

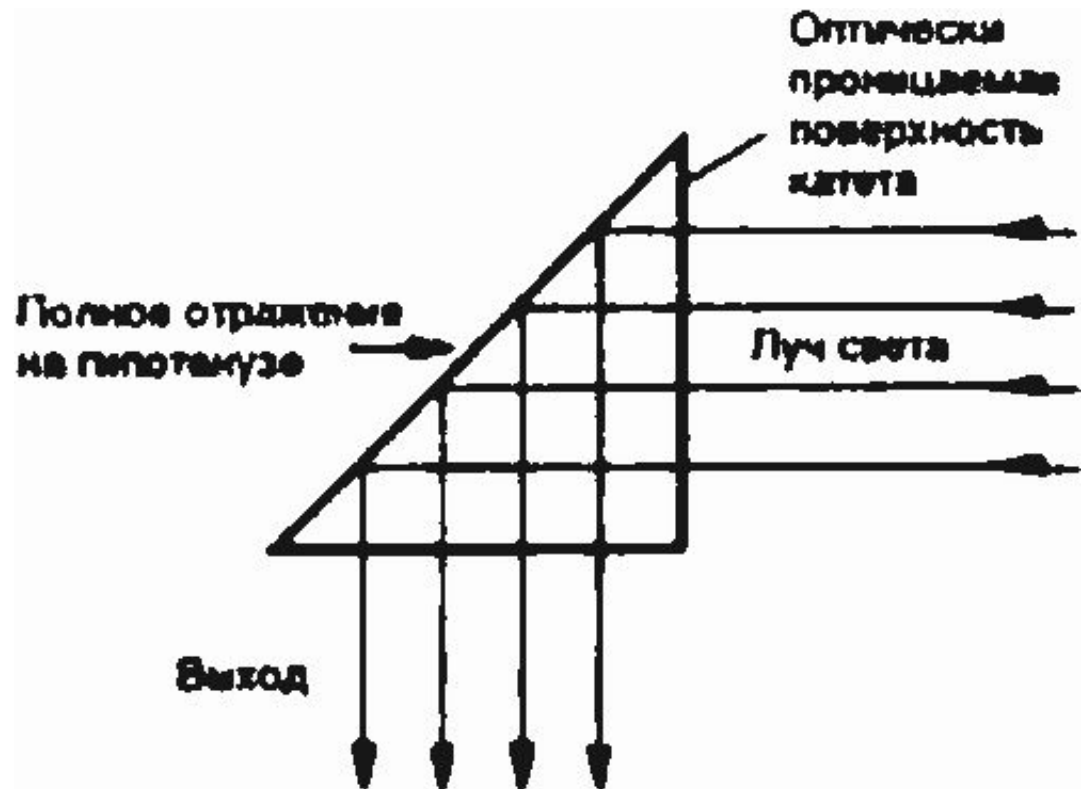


Рис. 5 Прямоугольная призма

- Световой поток, который падает под углом 90° на боковую грань (катет) призмы, полностью отражается от гипотенузы, отклоняется на 90° и выходит из призмы через вторую ее грань. Поверхности катетов полностью проницаемые. Так как угол отражения зависит от положения призмы относительно оптической оси, необходима точная юстировка такой призмы в оптической системе.

Действие поляризационной призмы основано на **законе Брюстера** (при отражении под определенным углом, при котором отраженный луч полностью линейно поляризуется, отраженный и преломленный лучи образуют прямой угол (**Рис.5**)).

- Поляризационная призма состоит из двух прямоугольных призм (**Рис.6**), изготовленных из различных материалов. Падающий под прямым углом к поверхности катета верхней призмы луч **A** на ребре преломления, которое соответствует оптической оси **O**, расщепляется на два луча.

- Так называемый **необыкновенный луч** (а) практически не отклоняется.

- **Обыкновенный луч** (б) отклоняется в сторону. Необыкновенный луч, таким образом, проходит поляризационную призму почти без отклонения, но *подвергается линейной поляризации*.

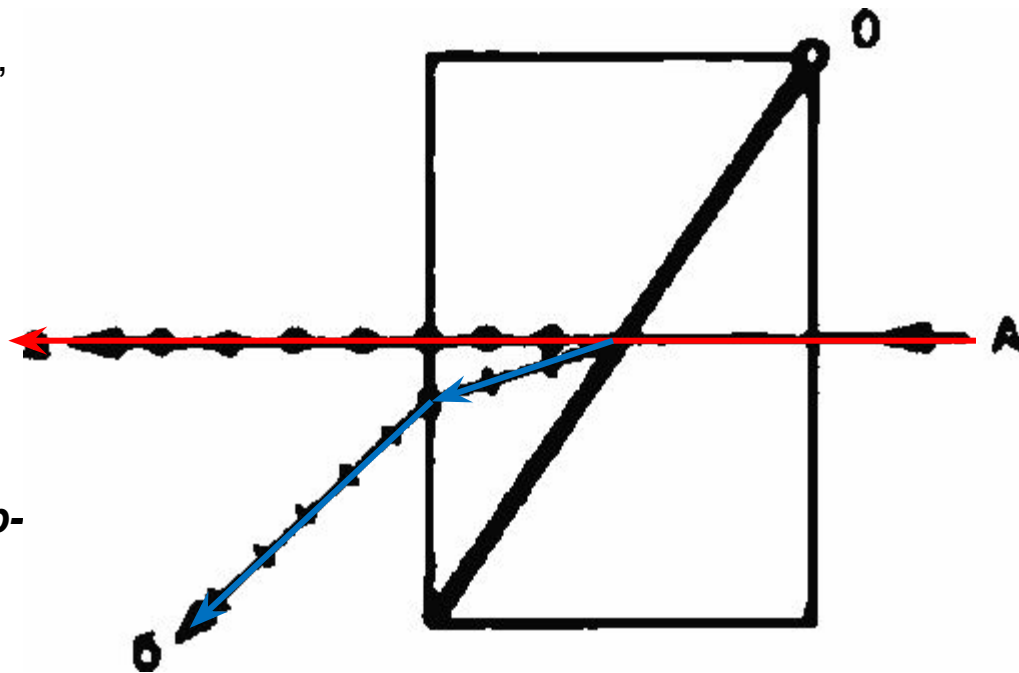


Рис.6 Расщепление луча A в спаренной призме

- После полного отражения на окончательной поверхности луч выходит из призмы, проходит через **четвертьволновую пластину** и подается на фокусирующий объектив (четвертьволновая пластина представляет собой специальный кристалл с различными индексами отклонения для лучей с различной поляризацией).
- Для поворота плоскости поляризации на **45°** применяют специальный анизотропный кристалл (**Рис.7**) с различными индексами отклонения в направлении X и Y. Линейно поляризованный луч, падающий в точку **A**, проходит анизотропный кристалл толщиной **d** и выходит из кристалла в точке **B**, изменив свою фазу на **90°** ($1/4 \cdot 360^\circ = 90^\circ$).
- Если луч света пройдет четвертьволновую пластину дважды, то плоскость поляризации повернется на **2x45°=90°**.
- После такого поворота плоскости поляризации на поляризационной призме оптической системы проигрывателя CD можно разделить луч, который падает с лазера, и луч, который отражается от CD.
- Объектив, имеющий короткий фокус, фокусирует световой поток так, что диаметр освещенного пятна на алюминиевом слое CD внутри прозрачного материала оказывается только около **1,0 мкм**.

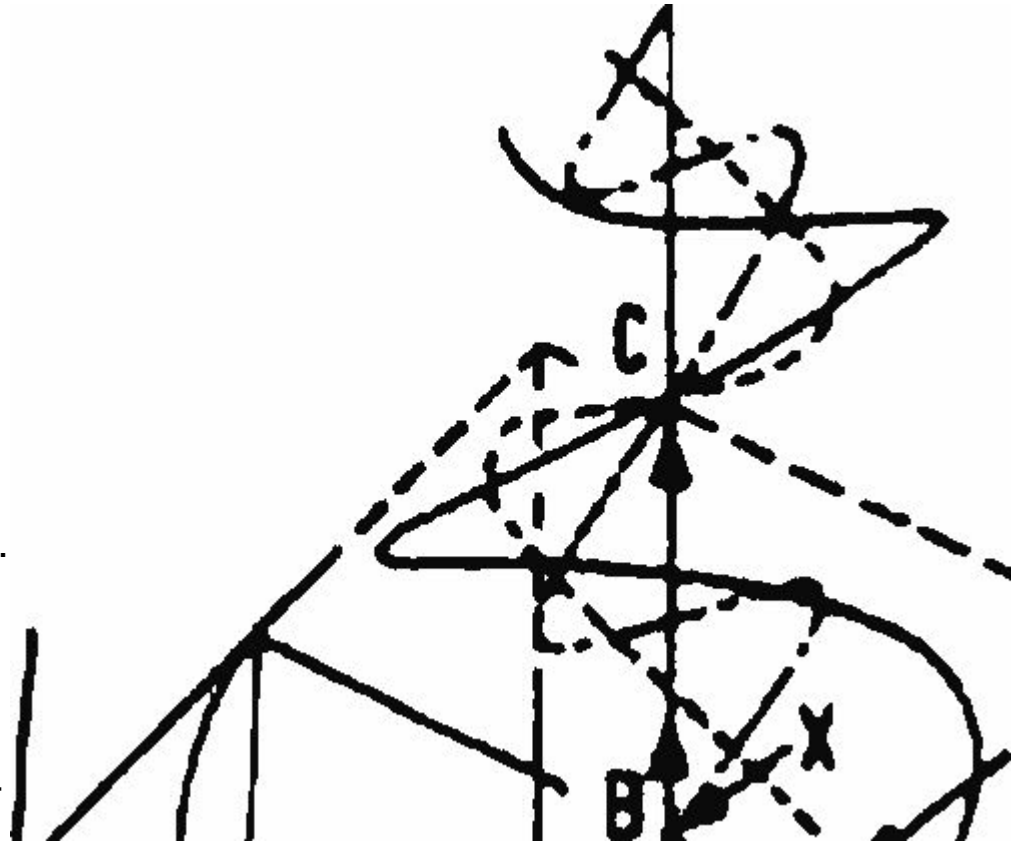


Рис.7 Вращение плоскости поляризации в анизотропном кристалле

- Свет на этом слое отражается и проходит тот же путь до поляризационного слоя в призме (направление налево). Луч проходит четвертьволновую пластину два раза: в прямом направлении и в обратном. Вследствие этого направление поляризации обратного луча, приходящего на поляризационный слой, в противоположность лучу, приходящему от лазерного диода, оказывается повернутым на 90° .
- Обратный луч не отражается в направлении лазера, а проходит поляризационный слой дальше.
- В расположенной далее призме, отшлифованной под критическим углом, обратный лазерный луч полностью отражается и через собирающую линзу попадает на детектирующее устройство, или фотодиодную матрицу.

- Луч, выходящий из лазерного диода, узкий и не расходится. Система, состоящая из двух линз, дает возможность увеличить диаметр светового потока. Диаметр входящего пучка преобразуется в соответствии с формулой $d_2 = d_1 \cdot f_2 / f_1$. Такое линзовое устройство также называют **Кеплеровской трубой**.

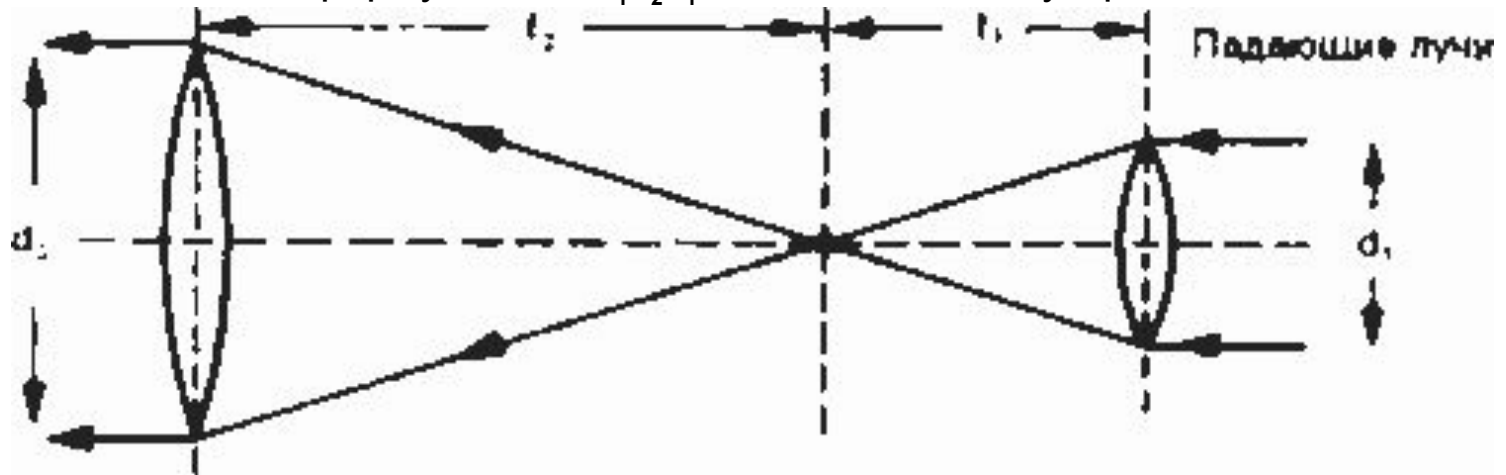


Рис. 8 Схематическое устройство двух дюрковыпуклых линз (собирающая линза)

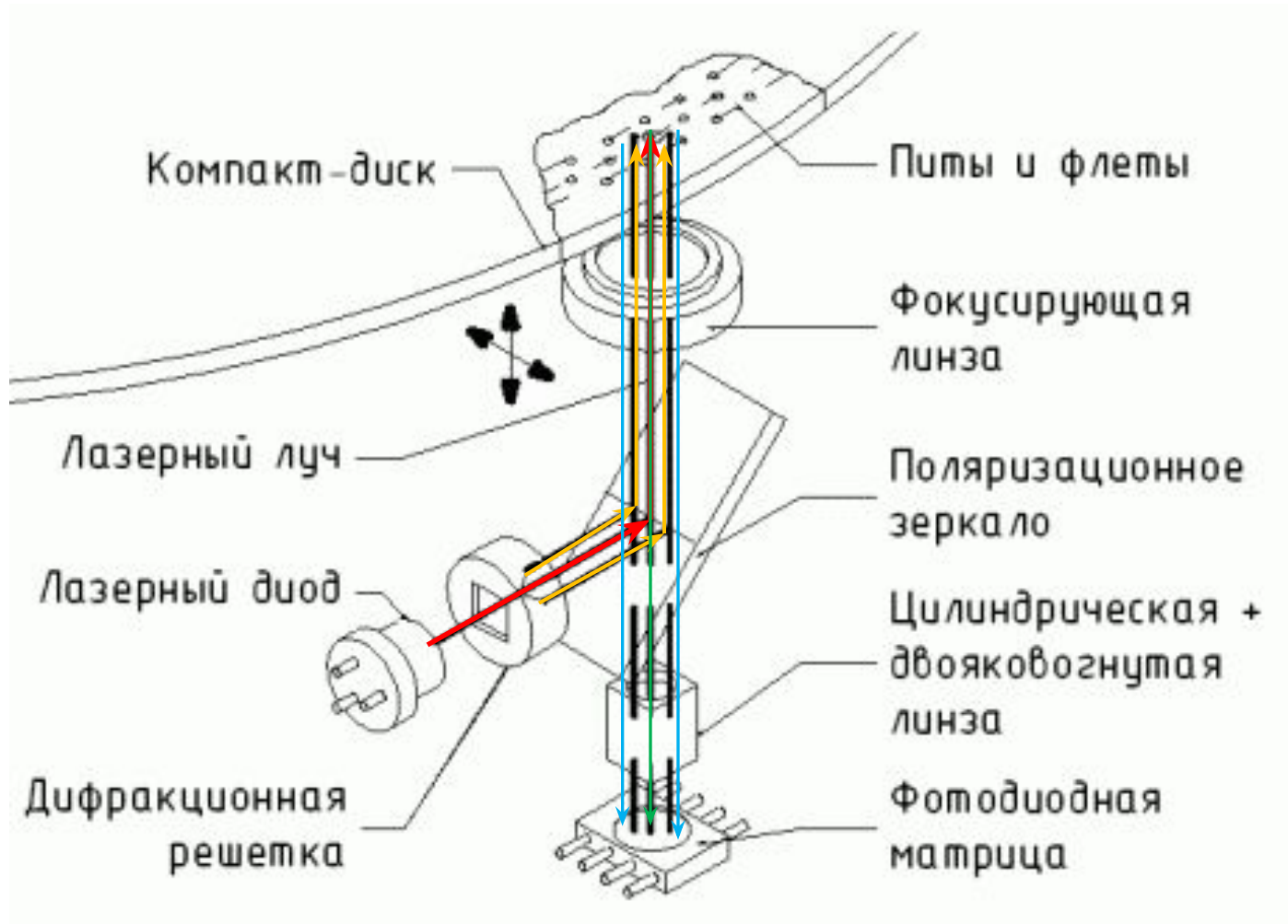


Рис. 9 Конструкция лазерной головки (ЛГ)

В корпусе ЛГ установлены лазерный диод, внутренняя оптическая система (дифракционная решетка, цилиндрическая, коллиматорная и другие линзы, призма), катушки фокусировки и трекинга с фокусирующей линзой, лазерный диод

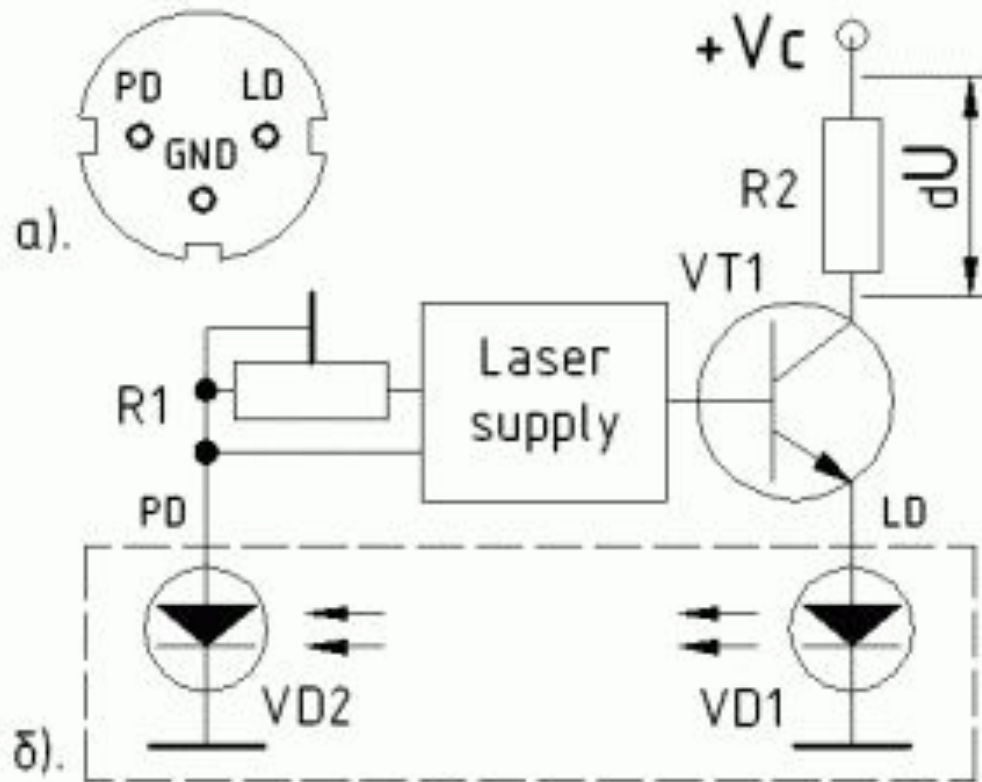


Рис.10 Система автоматического контроля питания лазера (ALPC)

а) размещение выводов лазерного диода; б) схема ALPC

ALPC поддерживает на заданном уровне мощность излучения лазерного луча. В корпусе лазерного диода вмонтирован фотоприемник VD2, который контролирует мощность излучения лазерного диода VD1. Нужный ток задается резистором R1.

Подстроечный резистор может быть расположен на корпусе лазерной головки или на плате проигрывателя. С помощью транзистора VT1 управляют током лазера.

- В оптической системе проигрывателя CD применяется **когерентное излучение** за счет индуцированной эмиссии в **pn-переходе** инжекционного лазерного диода (**ILD**).
- Когерентный световой пучок позволяет после отражения на поляризующей поверхности осуществить поворот фазы, чтобы полностью разделить исходный и отраженный лучи в оптической системе **CD-проигрывателя**.
- Максимальный ток возбуждения лазерных диодов в проигрывателях **CD** составляет **40-70 мА**, у некоторых он достигает 100 мА.
- Для обеспечения безопасности работы **ILD** необходимо постоянно контролировать эмиссию светового потока с лазерного диода.



Рис.11 Характеристика эмиссионной способности инжекционного лазерного диода

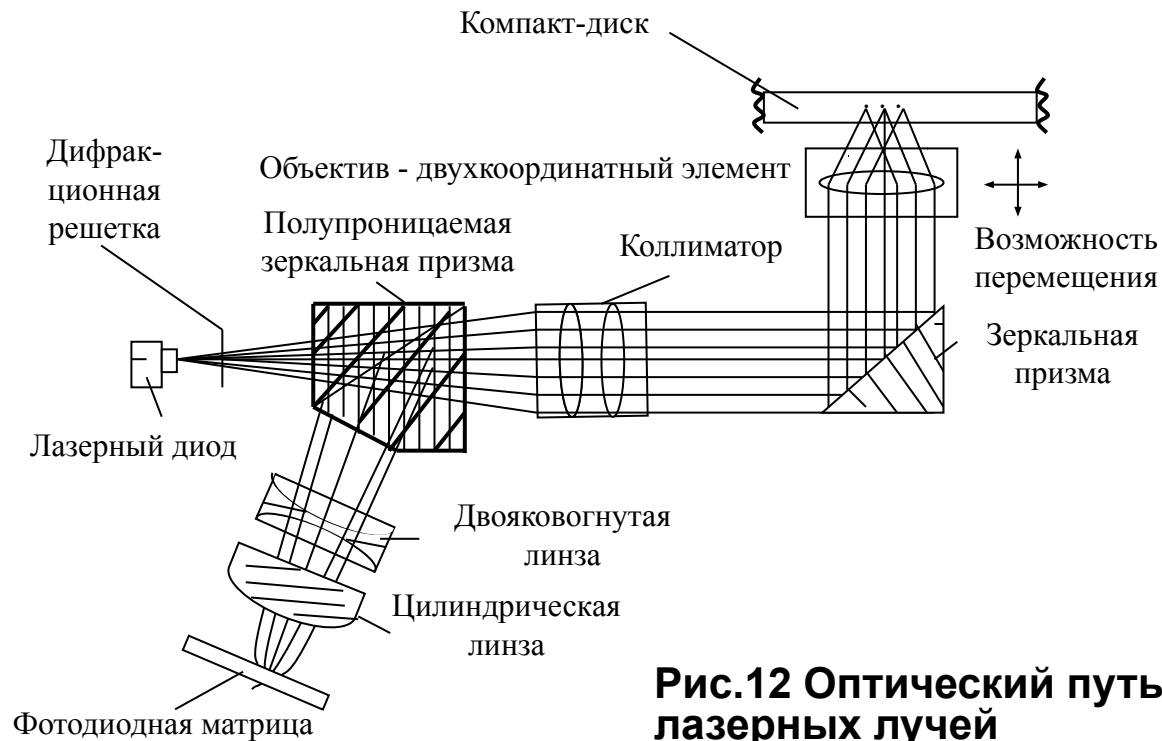


Рис.12 Оптический путь лазерных лучей через элементы ПОС

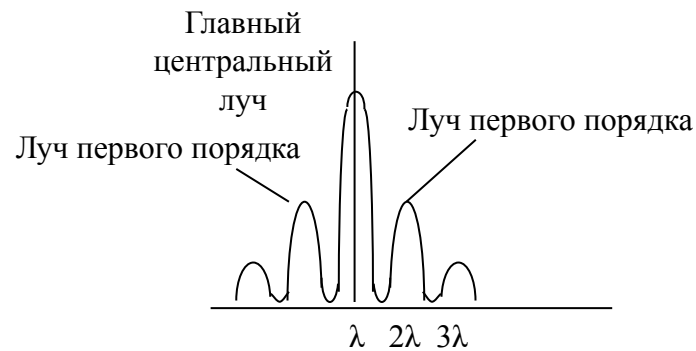


Рис.13 Диаграмма интенсивности излучения после прохождения дифракционной решетки

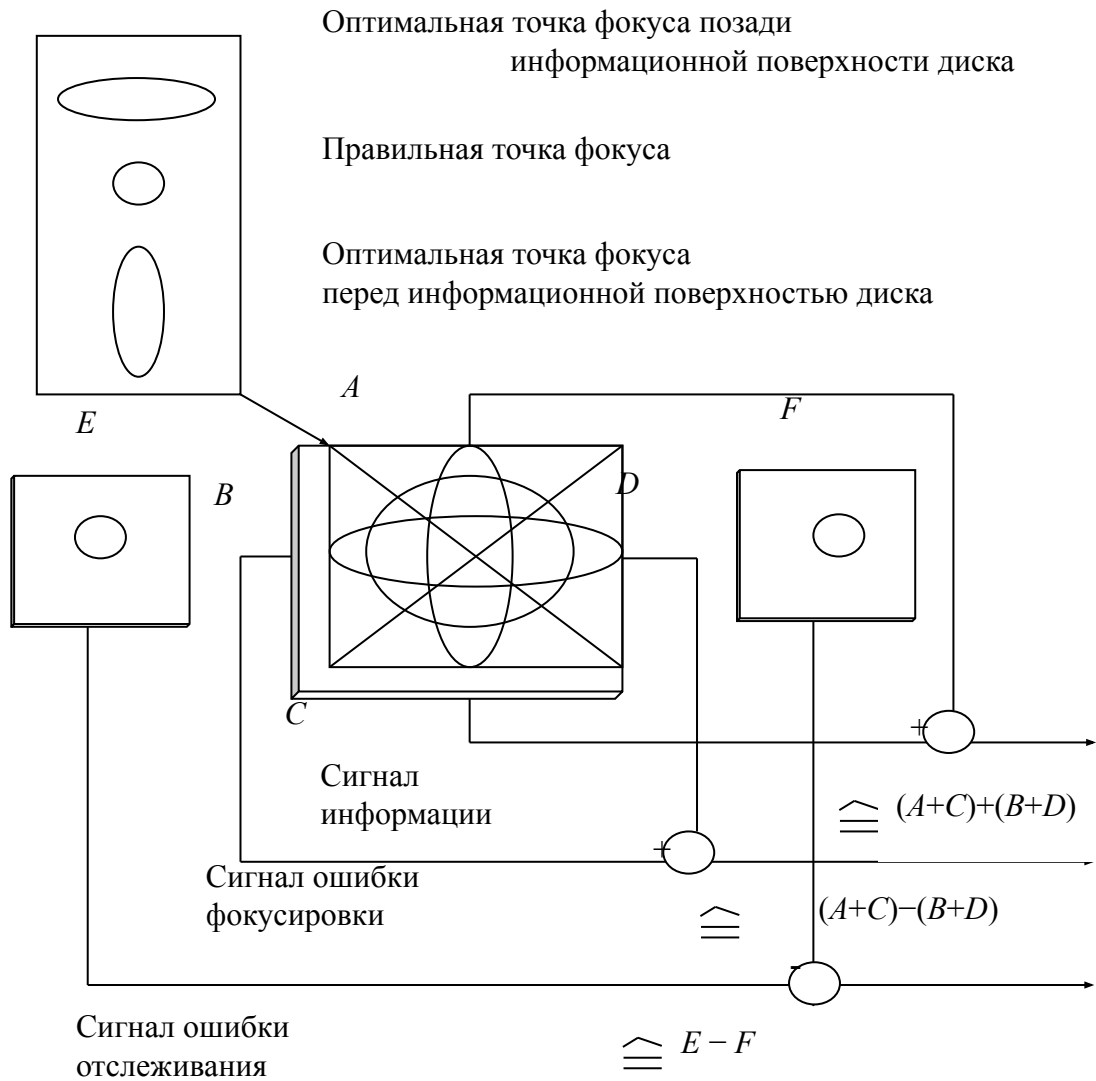


Рис.14 Сигналы на фотодетекторах

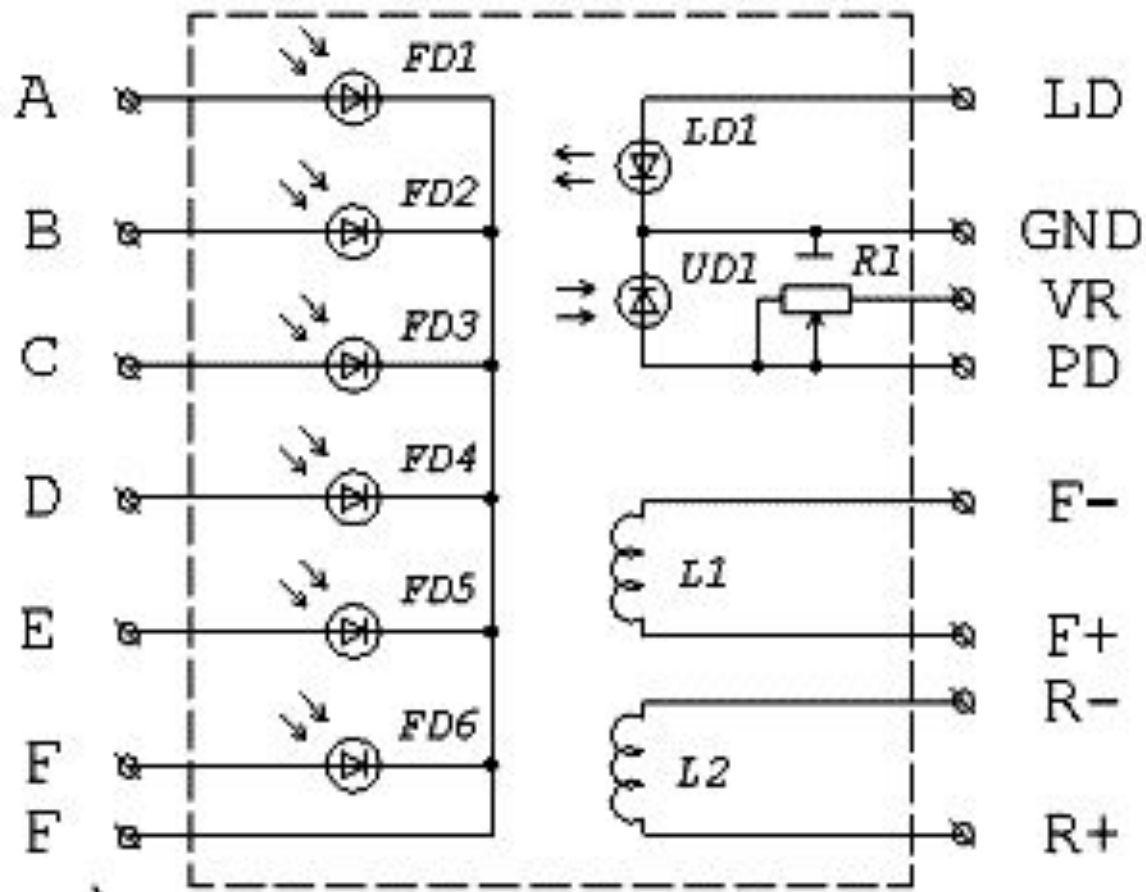


Рис.15 Принципиальная схема ЛГ KSS210B

В корпусе головки размещена фотодиодная матрица (FD1-FD6), фотодатчик (UD1), совмещенный в одном корпусе с лазерным диодом (LD1), катушки фокусировки (L1) и трекинга (L2), подстроечный резистор (R1).

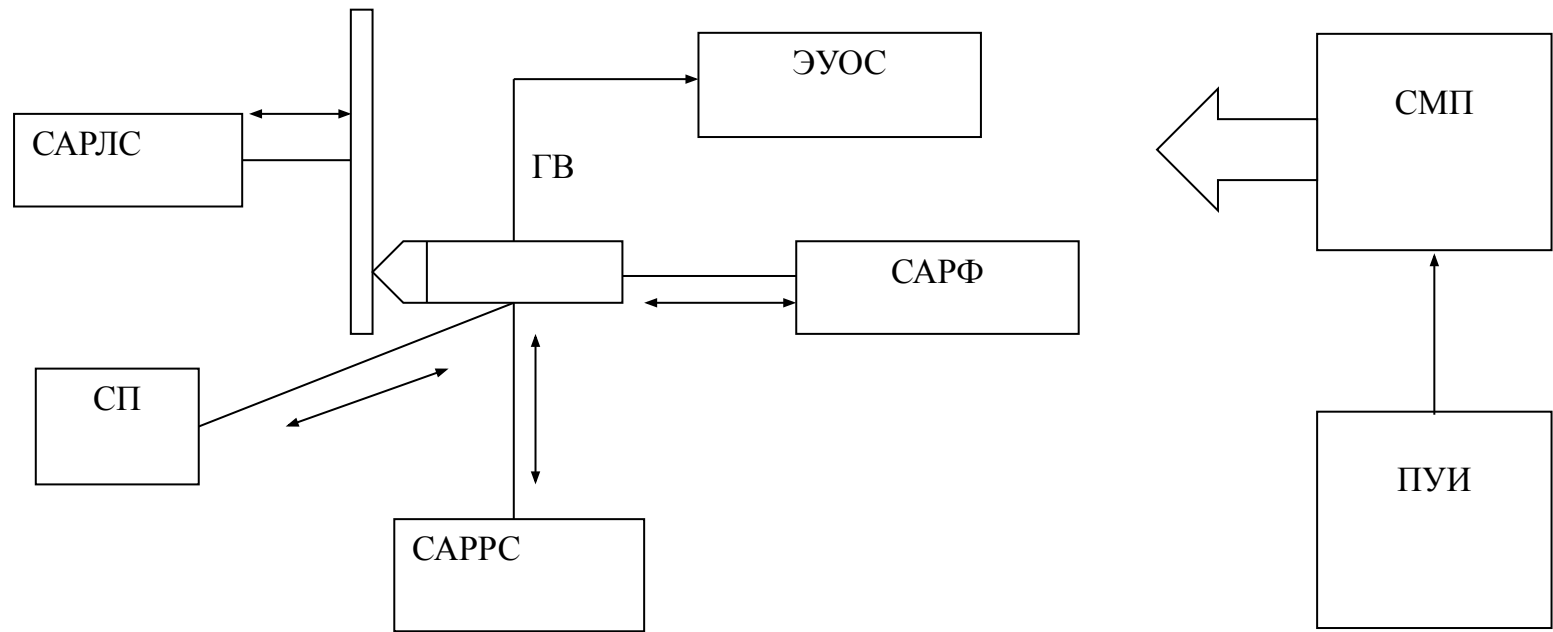


Рис.16 Обобщенная структурная схема лазерного проигрывателя

ГВ – головка воспроизведения;

САРЛС – система автоматического регулирования линейной скорости;

САРРС – система автоматического регулирования радиального слежения;

САРФ – система автоматического регулирования фокусировки;

ЭУОС – электронные устройства обработки сигналов;

СП – система позиционирования;

СМП – системный микропроцессор;

ПУИ – панель индикации и управления.

Сервосистемы управления проигрывателя компакт-дисков

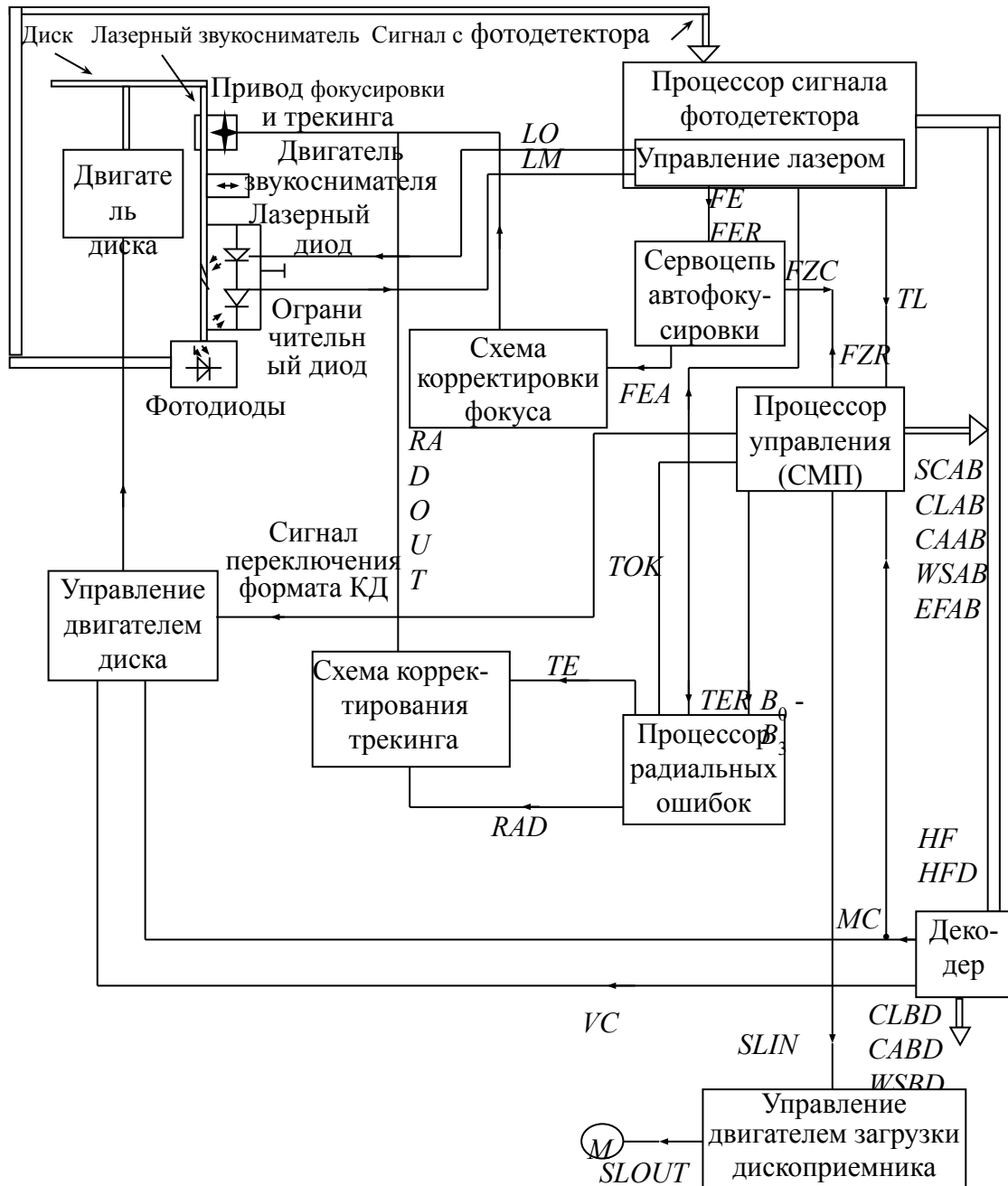


Рис.17 Блок-схема сервосистем управления и контроля проигрывателя компакт-дисков

Сервосистема управления вращением компакт-диска

- Скорость движения дорожки относительно светового пятна звукоснимателя в проигрывателях **КД** должна оставаться постоянной. При этом диск вращается с переменной частотой, которая зависит от точки считывания информации на диске. Такие вариации частоты вращения диска обусловлены тем, что количество информации на внутренних дорожках диска меньше, чем на его внешних дорожках.
- Управление двигателем привода, который обеспечивает такой характер вращения **КД**, осуществляется с помощью тактовых импульсов записи **WFCK** и тактовых импульсов считывания **RFCK**.
- В течение декодирования поток данных цифровой информации, считываемой с **КД**, по тактовым импульсам **WFCK** временно заносится в **ОЗУ**. При этом обращении к **ОЗУ** в зону памяти емкостью 64 байта записываются 32 символа, составляющие кадр данных. Память оказывается заполненной до половины ее емкости. Затем информационные биты считываются из памяти в соответствии с тактовыми импульсами **RFCK**, частота следования которых кварцована. Это обеспечивает постоянный поток данных **4,3218 Мбит/с**.
- Если занесение в память информационных битов происходит с не соответствующей скоростью считывания информационных битов из памяти, в ней нарушается половинно-полное состояние и начинает вырабатываться сигнал рассогласования **ШИМ**. Скважность этого сигнала пошагово может изменяться от 1,6 до 98,4% (принимает 62 значения).
- При старте двигателя за 0,25 с устанавливается скважность импульсов 98,4%, после чего двигатель, после фазы ускорения, начинает вращаться с постоянной частотой.
- При остановке двигателя за 0,2 с устанавливается скважность в 1,6%. Когда двигатель приобретает необходимую угловую скорость (установившийся режим), скважность сигнала управления двигателем диска составляет 50%.

- Процесс управления двигателем диска можно разделить на три стадии:
 - запуск двигателя;
 - установившийся режим (у двигателя необходимая угловая скорость вращения);
 - остановка двигателя.

- После того, как **КД** вставлен в проигрыватель и подано питание, двигатель диска запускается и начинает ускоряться, пока не будет достигнуто определенное значение скорости вращения.

- Работа двигателя диска происходит под управлением сигнала **CLV**, поступающего с управляющего микропроцессора (**СМП**) на декодер сигналов.

- В фазе старта диск работает холостую, и сигнал **CLV** имеет высокий уровень. После определенного периода холостого хода, который устанавливается **СМП**, в течение воздействия импульса запуска продолжительностью около 0,4 с сигнал **CLV** переходит в состояние низкого уровня и далее опять приобретает высокий уровень, а двигатель диска начинает ускоряться.

- Схемы **CLV**, встроенные в процессор цифровой обработки, начинают анализировать скорость поступления информационного сигнала с диска.

- По окончании процесса ускорения, когда скорость считывания информации с **КД** достигает номинального уровня, двигатель начинает работать в режиме поддержания постоянной линейной скорости считывания информации с **КД**.

- Этот процесс протекает до тех пор, пока в результате окончания программы диска или ручного воздействия не возникнет сигнал остановки и **СМП** не изменит уровень сигнала **CLV** на высокий.

- Одновременно с сигналом остановки наступает интервал торможения. После остановки **КД** тормоз автоматически освобождается, и двигатель готов для нового запуска.

Сервосистема позиционирования лазерного звукоснимателя

- Система позиционирования обеспечивает плавный подвод блока лазерного звукоснимателя к заданной дорожке записи с ошибкой, не превышающей половины ее ширины в режимах нормального воспроизведения и поиска выбранного фрагмента программы.
- Перемещение лазерного луча по полю диска обеспечивается двигателем звукоснимателя, контролируемым сигналами прямого и обратного перемещения, поступающими с СМП, а также сигналами, вырабатываемыми процессором радиальных ошибок.

Режим первоначальной установки

- При первоначальной установке диска СМП вырабатывает сигнал обратного перемещения, который через процессор радиальных ошибок, поступая на двигатель звукоснимателя, вызывает его перемещение к внутренней границе диска (к его стартовому положению).
- Используется переключатель, который до тех пор, пока звукосниматель и луч не достигнут внутренней границы диска, остается в открытом положении. При этом на вывод СМП, связанный с этим переключателем, подается сигнал высокого уровня, информирующий СМП о продолжении передачи сигнала обратного перемещения на двигатель. Как только звукосниматель достигнет внутренней границы диска, срабатывает (закрывается) переключатель, и вывод СМП «закорачивается на землю». Прекращается передача сигнала обратного перемещения, и двигатель звукоснимателя останавливается.
- При нажатии клавиши «Воспроизведение» или «Поиск» на передней панели управления проигрывателя, когда звукосниматель находится у внутренней границы диска, СМП вырабатывает сигнал прямого перемещения, который, в соответствии с программой процессора радиальных ошибок, поступает на двигатель звукоснимателя, обеспечивая перемещение звукоснимателя и луча по полю диска.

Режим воспроизведения

- В режиме воспроизведения возникает сигнал ошибки дорожки (TER). При увеличении ошибки дорожки возрастает и средний уровень постоянного напряжения сигнала TER .
- Благодаря RC -схеме, которая работает как усилитель-фильтр НЧ, для управления двигателем перемещения звукоснимателя в режиме воспроизведения используются только низкочастотные составляющие сигнала ошибки дорожки (RAD).
- Высокочастотные составляющие управляющего сигнала (TE) отфильтровываются и подаются на сервоцепь для управления перемещением объектива в диапазоне области регулирования (сервотрекинг).
- В процессе воспроизведения из-за внешних механических воздействий на проигрыватель или вследствие неисправностей самих КД могут возникать потери текущей дорожки. Для снижения воздействия этих факторов на качество воспроизведения используются схемы демпфирования толчков (например, апертурные компараторы).
- Задача такой схемы – организовать сообщение на системный процессор случае, когда сигнал ошибки дорожки превысит определенный уровень в положительном или отрицательном направлении, чтобы принудить систему позиционирования вернуть звукосниматель к считыванию правильной дорожки.

Сервосистема автоматической фокусировки лазерного луча

- Контроль и управление вертикальным движением фокусирующей линзы происходит под воздействием **сервофокуса**.
- Эта система обеспечивает точную фокусировку лазерного луча в процессе работы на информационной поверхности КД. После загрузки диска или включения режима воспроизведения процесс исполнения сервофункций проходит в несколько стадий.

Цель поиска фокуса

- Принцип действия системы автофокусировки лазерного луча схематично представлен на ранее приведенном **Рис.14**, а так же на **Рис.13**.
- После загрузки и старта КД сразу же начинается поиск фокуса; в соответствии с максимальным выходным уровнем информационного сигнала с фотодетекторной матрицы ($A - D$) и минимальным сигналом ошибки фокусировки FE с помощью детектора точной фокусировки и детектора прохождения нуля FZC определяется оптимальный диапазон фокусирования.
- В момент старта системы лазерный луч должен быть сфокусирован на информационной поверхности КД даже вопреки неопределенному положению покоя лазерного звукоснимателя. Инициализация поиска фокуса происходит в этом случае посредством выработки СМП проигрывателя корректирующих сигналов FSR , которые обеспечивают многократное (2 или 3 раза) перемещение фокусной линзы, необходимое для точной фокусировки луча на дорожку диска. При установлении фокуса вырабатывается сигнал FOK .
- Если после двух или трех попыток сигнал FOK не наблюдается, то СМП выключает систему, приостанавливая проигрывание диска (вращательный столик останавливается, а звукосниматель перемещается к внутренней границе диска). При отсутствии диска в рабочем положении не будет и информационного сигнала, и сигнала FOK , являющегося в данном случае сигналом обнаружения диска.
- Сервосистема управления вращением диска включает режим ускорения, который возможен только в том случае, когда имеются правильные сигналы со схем автофокусировки.

Усилитель сигналов ошибки фокусировки

- Выходные сигналы с оптических датчиков ($A-D$) (фотоприемник, состоящий из четырех зон) обрабатываются в ступенях сложения и вычитания и в соответствии с формулами $(A+C)+(B+D)$ и $(A+C)-(B+D)$ подаются для дальнейшей обработки (см. **Рис.18**).
- Суммарный сигнал со всех четырех датчиков $(A+C)+(B+D)$ представляет собой информационный сигнал. Эти же датчики вырабатывают и сигнал для осуществления сервоуправления фокусирующей линзой.
- Благодаря разнице уровней сигналов на инвертирующем и не инвертирующем входах дифференциального усилителя на его выходе возникает так называемое напряжение ошибки фокусировки $(A+C)-(B+D)$, сигнал рассогласования фокусировки FER , который подается на приводной механизм, перемещающий фокусную линзу вниз или вверх, обеспечивая точную фокусировку луча.
- Сигнал рассогласования (ошибки) фокусировки FER может проходить еще одну ступень усиления и коррекции. FER является базовым сигналом ошибки фокусировки. FE является скорректированным сигналом FER . Такая корректировка компенсирует неравномерное освещение фотодетекторных пар, вызванное ошибками радиального трекинга.
- Если в процессе воспроизведения лазерный луч точно следует по дорожке записи КД, то $FE=FER$. В фазе поиска фокуса сигнал ошибки фокусировки не используется и отключается соответствующей схемой.

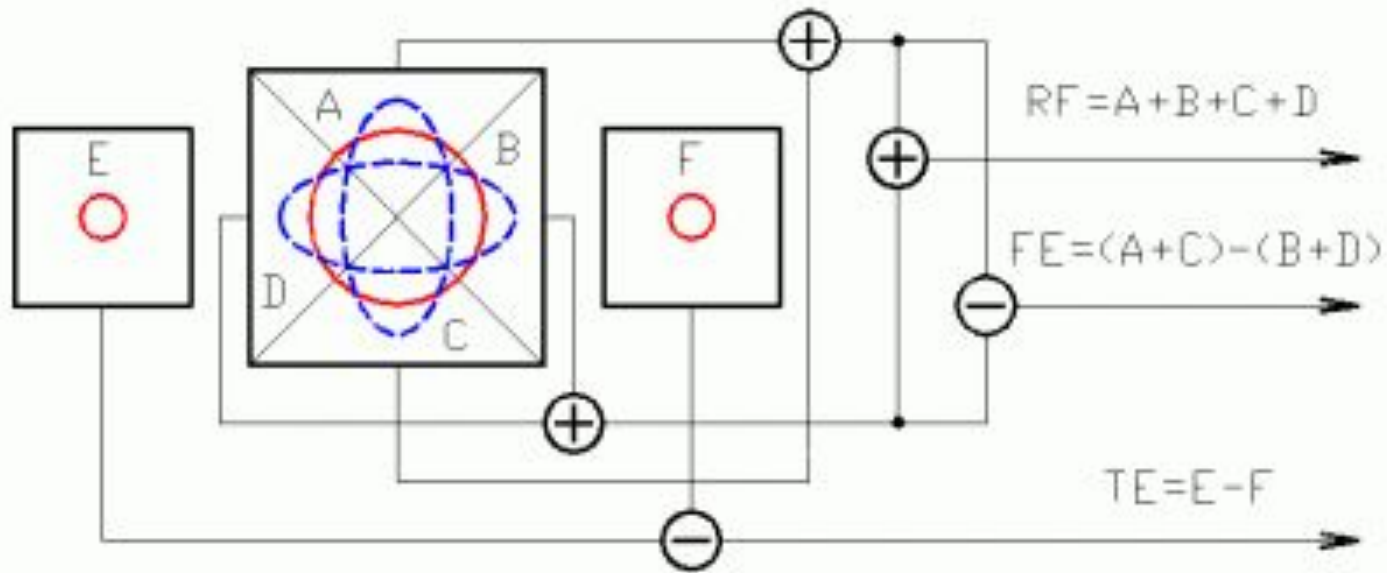


Рис. 18 Лучи и сигналы на фотодетекторах

Точную фокусировку лучей на диске осуществляют катушки фокусировки, устанавливающие нужное положение линзы. Отразившись от диска, лучи снова попадают на фокусирующую линзу и дальше в оптическую систему. При этом отраженные лучи отделяются от падающих благодаря их разной поляризации. Перед тем, как попасть на фотодиодную матрицу, основной луч проходит через цилиндрическую линзу, в которой используется **эффект дисторсии** для определения точности фокусировки.

Если луч сфокусирован точно на поверхности компакт-диска, отраженный луч на фотодатчиках имеет форму круга, если перед или за поверхностью - форму эллипса. Сигналы с фотодатчиков предварительно усиливаются, и по разности сигналов $(A+C)$ и $(B+D)$ определяется ошибка фокусировки FE (Focus Error). При точной фокусировке сигнал FE равен нулю.

Два боковых луча попадают на датчики E и F . Они используются для отслеживания прохождения основного луча по считываемой дорожке (треку).

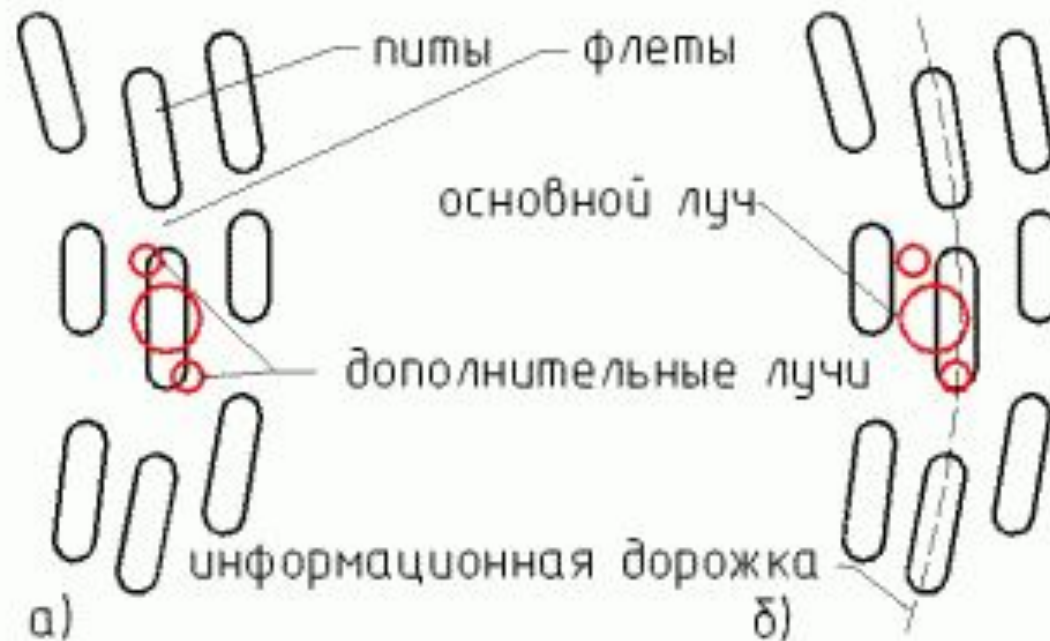


Рис.19 Принцип отслеживания трека:

а) точное прохождение луча по треку; б) ошибочное

Разность сигналов E и F определяет ошибку трекинга (отслеживания дорожки) TE (Tracking Error).

Суммарный сигнал с датчиков A, B, C и D представляет собой высокочастотный (RF) сигнал (>4 МГц) в формате EFM (Eight-to-Fourteen Modulation). Он содержит закодированную информацию и дополнительные данные.

Детектор точной фокусировки (*FOK*-детектор)

-Входной информацией для *FOK*-детектора является средний уровень постоянного напряжения, который с помощью *RC*-цепей выделяется из ВЧ-части сигнала данных.

-В схеме соответствующего компаратора определяется уровень постоянного сигнала. Сигнал с компаратора подается для обработки на СМП, который и распознает состояние «фокус» (луч сфокусирован точно на информационной поверхности диска).

-Контроль функций с постоянным уровнем

-возможен также и в режиме «стоп»

- (Рис.15).

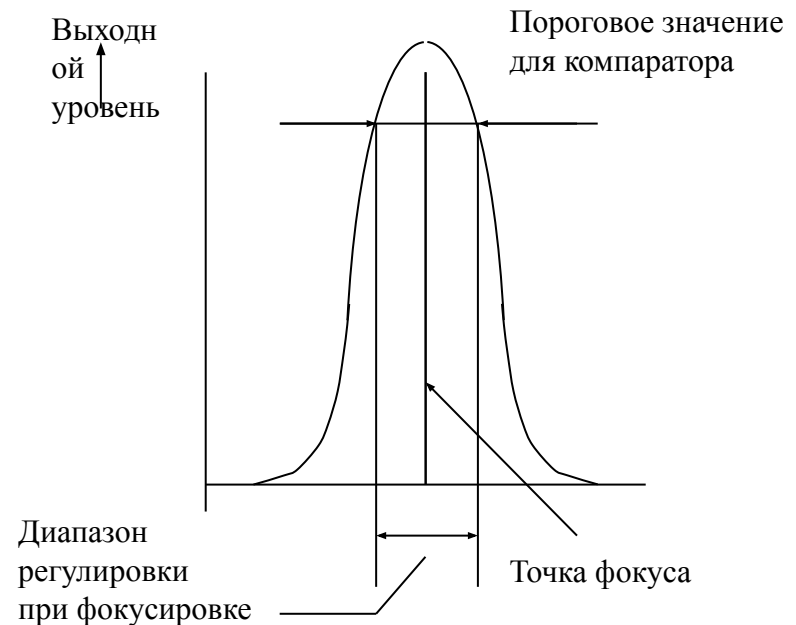


Рис.20 Оптимальный диапазон регулировки фокуса и пороговое значение выходного уровня

Детектор прохождения нуля (*FZC*)

- В состоянии «стоп» детектор прохождения нуля «подпирается» напряжением смещения. В режиме поиска «фокуса» детектор распознает положение, в котором сигнал рассогласования фокусировки проходит через «нуль» (отсутствует).
- Это необходимо для того, чтобы в момент, когда сигнал *FZC* становится равным 0, согласованно подключалось напряжение сигнала ошибки фокусировки, который отключен в фазе поиска фокуса, и приводилась в действие схема компенсации погрешности фокусировки.
- При достижении области правильной фокусировки возрастает уровень информационного сигнала и соответственно поднимается средний уровень постоянного сигнала.

Сервосистема отслеживания лазерного луча (радиального трекинга)

- На **Рис.18** показан принцип действия системы радиального трекинга. В проигрывателях КД применяется **метод трех световых пятен** (см. **Рис.13**). Он основан на разделении основного лазерного луча, проходящего через **дифракционную решетку**, на три отдельных луча, имеющих незначительное расхождение. Это лучи разных порядков. В проигрывателе используются **основной луч** для считывания информации и два **дополнительные луча** первого порядка для отслеживания трека. Мощность дополнительных лучей составляет 25% от мощности основного.
- Световые пятна, поступающие с фотодатчиков *E* и *F*, используются для генерации сигнала рассогласования при отслеживании *TER*, который аналогичен сигналам рассогласования фокусировки *FER*.

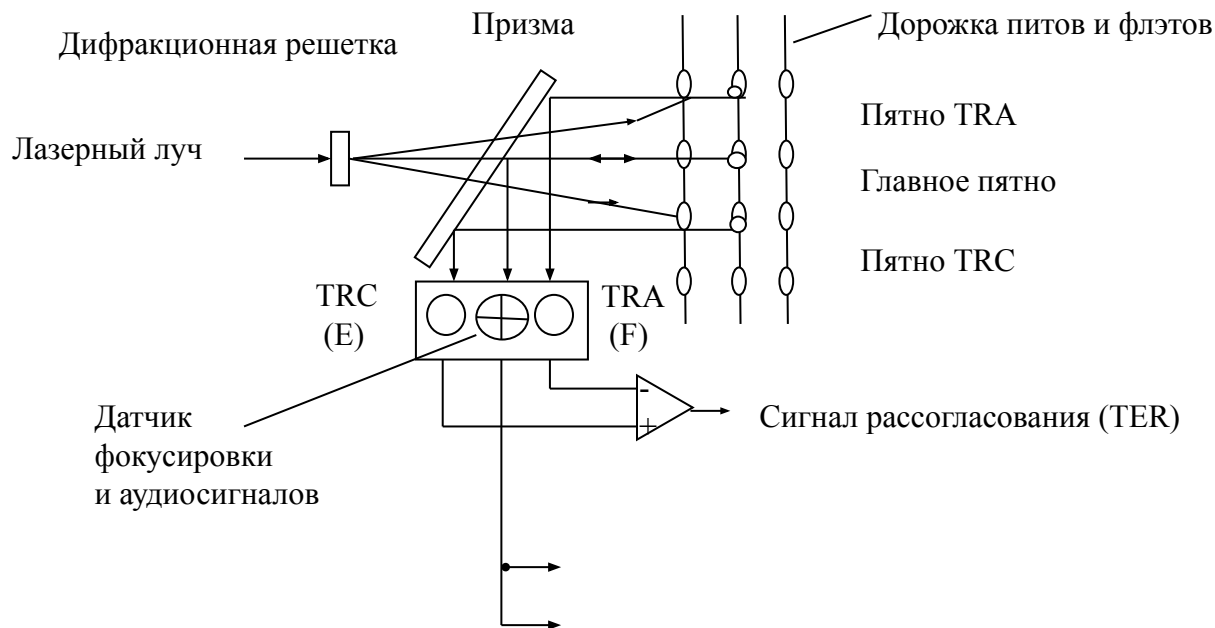


Рис.21 Принцип действия системы

- Центральное (основное) **отслеживания луча** световое пятно используется для формирования как сигнала фокусировки, так и основного сигнала.
- Два боковых луча располагаются впереди и позади основного луча с небольшим смещением одного луча вправо, а другого – влево от основного. Сигнал рассогласования этих двух лучей, являющийся результатом сравнения сигналов с датчиков *E* и *F* воздействует на привод отслеживания, вызывая при необходимости исправление положения главного лазерного луча.
- В большинстве звукоснимателей ползункового типа используется катушка радиального трекинга, которая перемещает только объектив, восстанавливая радиальный трекинг. Весь же узел звукоснимателя в радиальном направлении перемещается с помощью двигателя.

Усилитель сигналов отслеживания

- Уровней выходных сигналов, вырабатываемых боковыми фотодатчиками E и F , недостаточно для управления приводом радиального трекинга. Необходимо усиление.
- Для обеспечения симметрии напряжений датчиков E и F , один из сигналов датчиков проходит установочный элемент, который обеспечивает равенство нулю выходного сигнала TER при нормальном отслеживании дорожки записи (баланс трекинга).
- Сигнал одного из датчиков (датчика переднего луча) подается на схему сравнения через линию задержки. Необходимость временной задержки связана с тем, что схемы отслеживания требуют чтобы боковые лучи анализировали одну и ту же точку на диске, если даже эти лучи разделены оптической системой.

Зеркальный детектор

- Задачей зеркального детектора является сформировать сигнал, показывающий, находится ли главный луч на информационной дорожке или между дорожками, на так называемой зеркальной поверхности.
- Такая информация, отображаемая соответствующим импульсом опознавания, необходима, так как напряжение ошибки трекинга равно нулю и при следовании луча точно по дорожке записи, и при его следовании по зеркальной поверхности. Сигнал опознавания при максимальном ВЧ-сигнале имеет высокий уровень (H), а при минимальном – низкий (L).

Детектор пересечения дорожек записи

- Особенно большое значение имеет информация о считывании зеркальной поверхности при пересечении дорожек (при подтормаживании объектива в радиальном направлении).
- Подсчет пересеченных дорожек реализуется в детекторе пересечения дорожек, который вырабатывает из соответствующего напряжения ошибки трекинга прямоугольные импульсы различной ширины.
- Количество пересеченных дорожек вычисляется в СМП, исходя из числа выходных импульсов детектора. СМП вырабатывает команды для управления радиальным приводом объектива (до 20 дорожек) и двигателем звукоснимателя, когда поиск занимает до 100 дорожек.

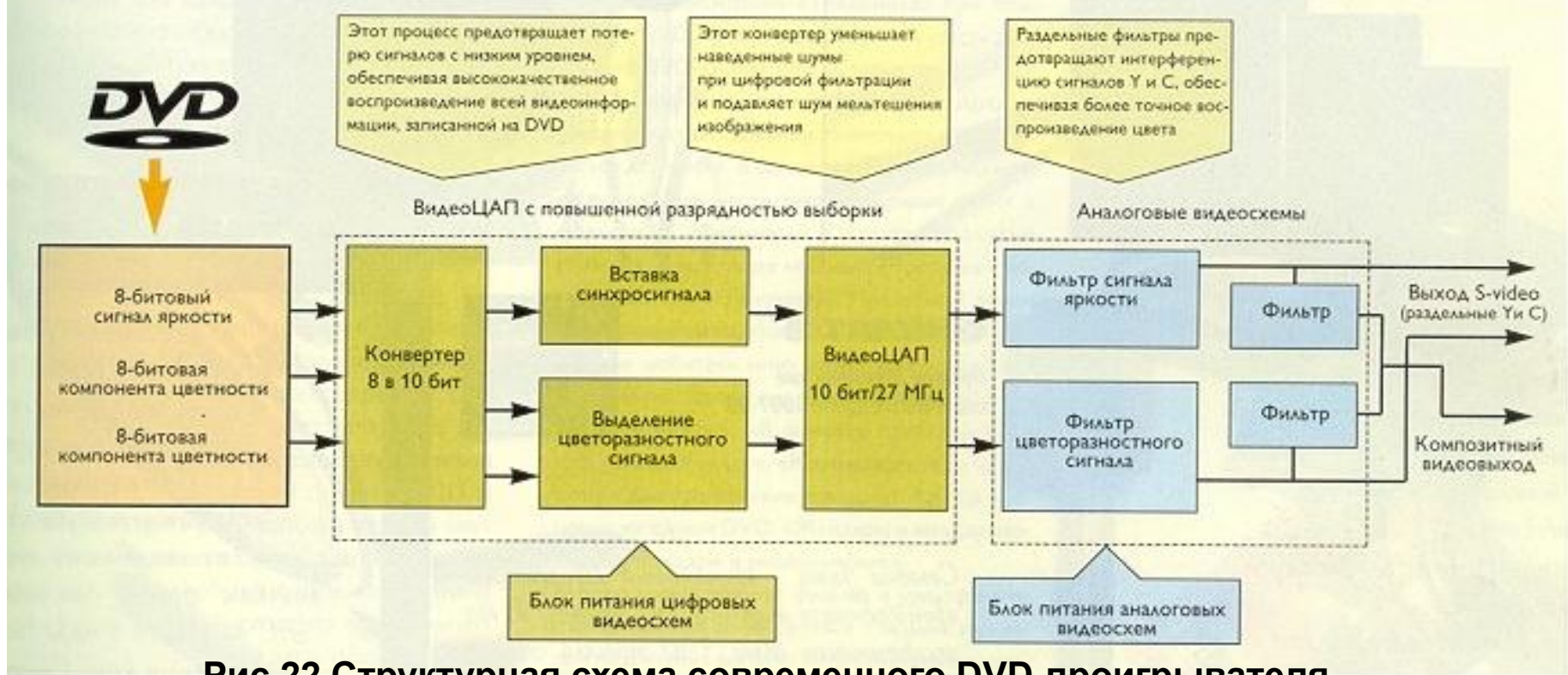


Рис.22 Структурная схема современного DVD-проигрывателя

- Цифровой СИ с выхода MPEG-2 декодера поступает на вход цифрового процессора High-Bit Sampling Video D/A Converter. Он осуществляет повышение разрядности (интерполяцию) и удваивает частоту дискретизации (см. **Рис.17**).
- В спец. конвертере интерполируются входные 8-битовые сигналы в 10-битовые.
- Из цифрового транспортного потока яркостного сигнала Y исключаются CC (и другая служебная информация), а Cg и Cb преобразуются в цветоразностный сигнал C.
- После удвоения частоты дискретизации (семплирования) сигналов Y и C, эти сигналы уже в формате 10 бит/27 МГц поступают на вход видео-ЦАП.
- Производится отдельная обработка аналоговых сигналов яркости Y и цветности C при помощи соответствующих фильтров.

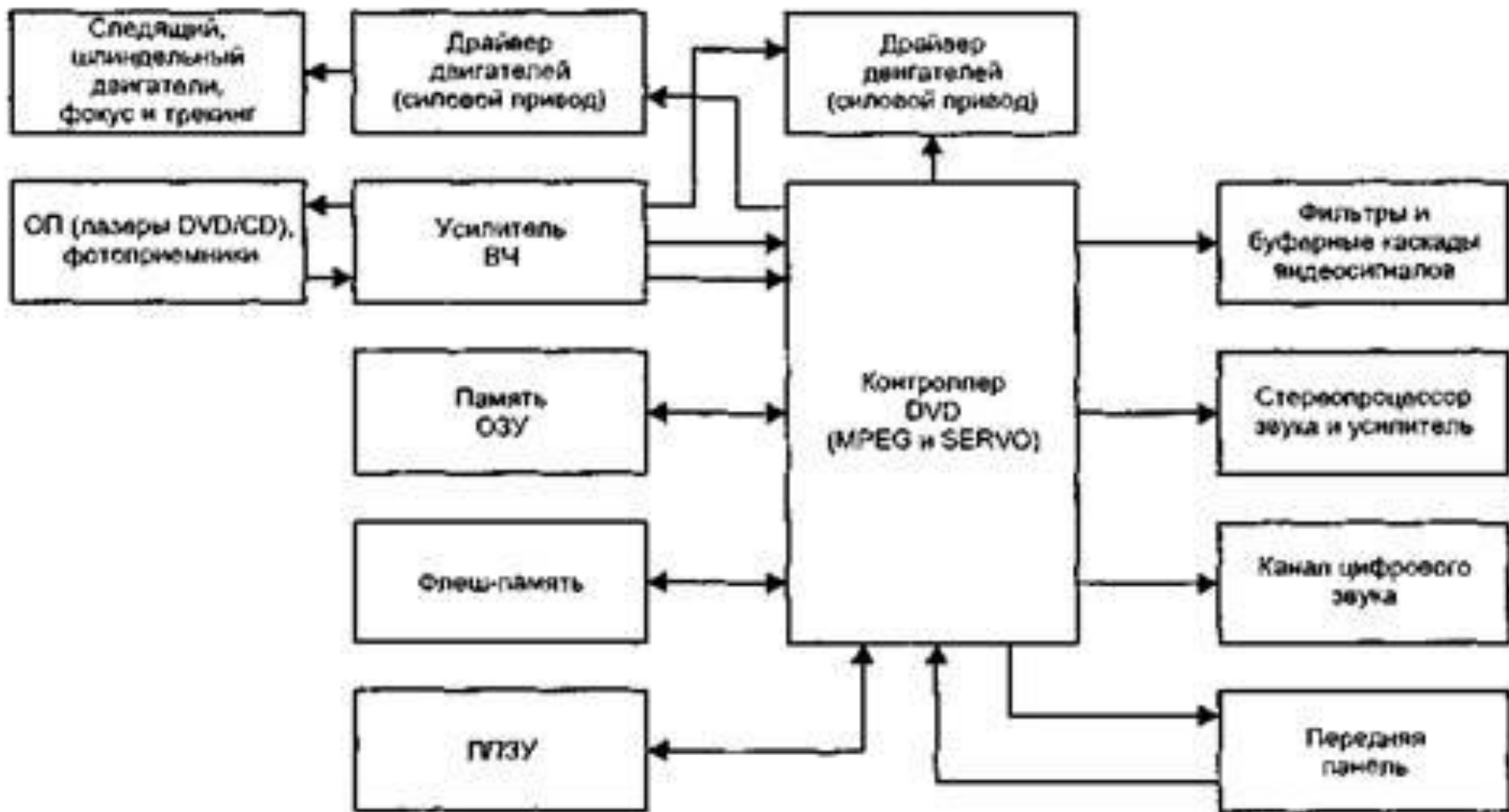


Рис.23 Блок-схема DVD-проигрывателей ВВК DV911/DV311S/DV113 (Китай)

Описание

- При включении происходит тестирование основных узлов. Проверяется положение концевых переключателей, исправность лазера (засветка), двигателя следящей системы (перемещение оптического преобразователя в начало диска), системы фокусировки и трекинга.
- Двигателем следящей системы и шпиндельным двигателем (вращение диска), катушками фокусирующими и трекинга управляет микросхема U302 (BA5954). Сигналы А, В, С, D, Е, F снимаемые с ФЭП обрабатываются в УВЧ микросхемы U301 (MT1336), которая связана с ОП по интерфейсу DV34.
- Анализ поступившей информации, цифровая и аналоговая обработка видеосигналов и цифровая обработка сигналов звука, выработка управляющих сигналов и напряжений для сервопривода выполняется контроллером DVD — микросхемой U201 (MT1379).
- К нему подключены микросхемы динамической синхронной памяти SDRAM U203, U204, flash-памяти U214 и ЭСППЗУ (EEPROM) U202. Сигнал изображения снимается непосредственно с выводов контроллера, а сигнал стереозвука формируется процессором U207 (CS4340).

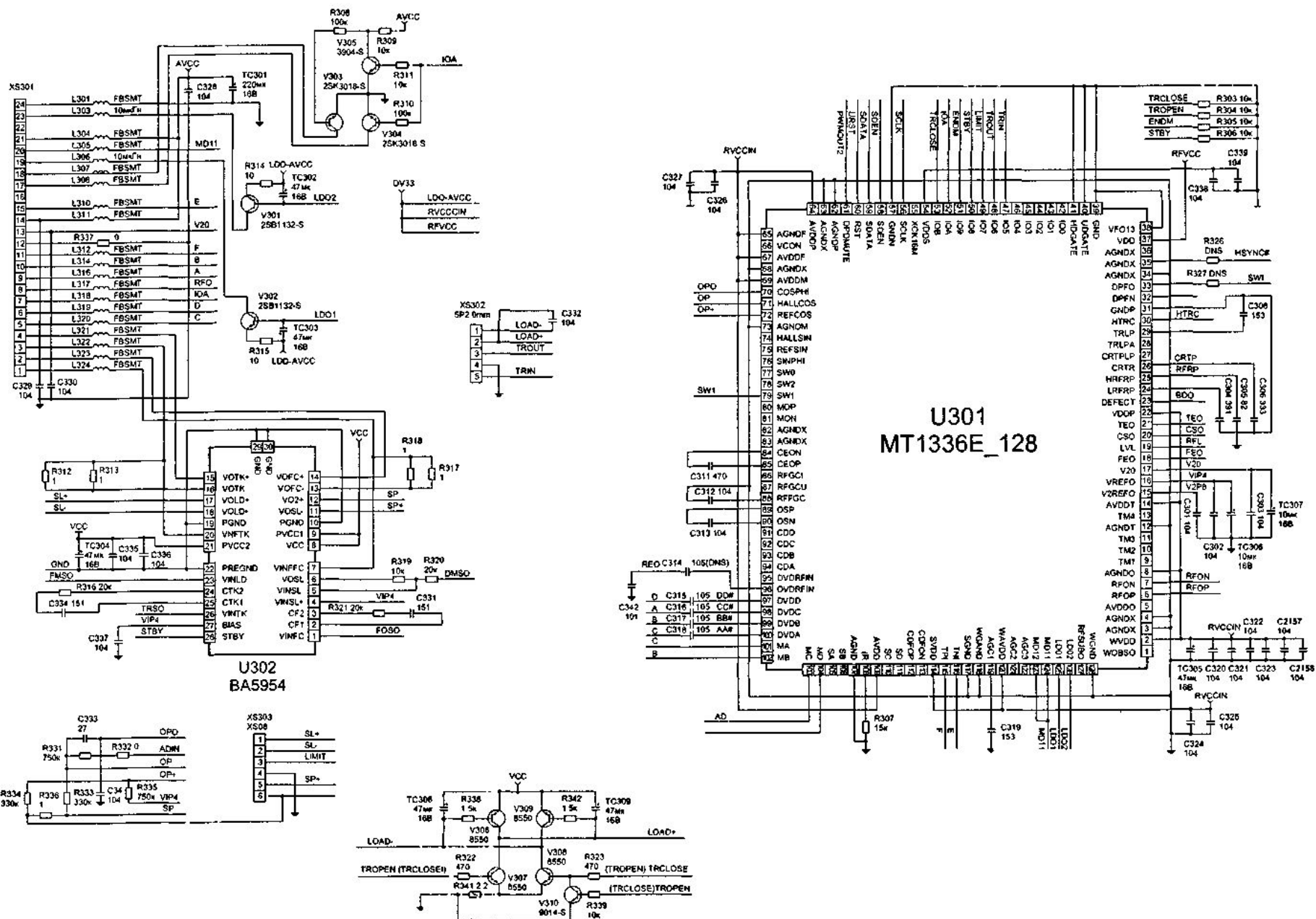


Рис.24 Тракт обработки ВЧ-сигнала (микросхема MT1366). Драйвер привода DVD

Тракт обработки выходного сигнала оптического преобразователя

- Основу тракта составляет микросхема U301 типа MT1336 фирмы MEDIATEK (Рис.24). Она выполнена в 128-контактном корпусе и питается напряжением 3,3 В (выв. 64, 67, 69, 109 — для секции обработки и 54, 37 — для выходной секции).

- Входными сигналами для микросхемы U301 являются:

- сигналы от четырех фотоприемников (A B C D), считанные с поверхности лазерного диска (выв. 97-100), из которых формируется поток данных с видео- и аудиоинформацией (A+B+C+D);
- инвертированные сигналы A, B, C, D (выв. 101-104), из которых формируются сигнал ошибки фокусировки (A+B) - (C+D);
- сигналы с фотоприемников E и F (выв. 115, 116), из которых вырабатывается сигнал ошибки следования по центру дорожки и трекинга;
- сигналы OP+, OP- (выв. 71 и 72), пропорциональные напряжениям управления шпиндельного двигателя (для обеспечения контроля его скорости вращения);
- сигнал с монитор-диода MD11 с ОП (выв. 124) — для обеспечения автоматического управления током лазерного диода DVD;
- сигнал ШИМ PWMOUT2 (выв. 61) с декодера MT1379 — для управления режимами работы привода DVD;
- сигнал сброса URST (выв. 60) формируется с помощью микросхемы U205 (HCU04);
- сигналы интерфейса SDATA, SDEN, SCLK (выв. 56, 58 и 59) обмена данными с контроллером DVD;
- сигналы с концевого переключателя положения лотка (выв. 47 и 48) — при закрытом (TRIN) и открытом (TROUT) состояниях;
- сигнал исходного положения ОП (в начале диска) — LIMIT (выв. 49).

- Микросхема U301 формирует следующие выходные сигналы:

- с выв. 125 и 126 снимаются напряжения LD01, LD02 для включения лазерных диодов DVD или CD;
- с выв. 52 снимается сигнал ШИМ IOA — для автоматической регулировки тока лазера DVD;
- с выв. 6 и 7 снимаются противофазные высокочастотные сигналы RFON, RFOR, используемые контроллером DVD для формирования цифрового звука и сигналов изображения;
- с выв. 18, 20 и 21 снимаются сигналы ошибки фокусировки FEO, отклонения луча от центра дорожки CSO и трекинга TEO, которые поступают на декодер для выработки сигнала управления катушками фокусировки и трекинга;
- на выв. 19 формируется огибающая ВЧ сигнала RFL, которая используется для контроля и обеспечения автоматической регулировки тока луча;
- с выв. 70 снимается опорное напряжение OPO разгона или торможения шпиндельного двигателя. Разница напряжений в виде сигнала ADIN используется для контроля его скорости вращения;
- на выв. 53 формируется сигнал загрузки диска TRCLOSE, а на выв. 50 — сигнал включения дежурного режима STBY (поступающий на силовой привод для приостановки работы двигателей при отсутствии диска в дисковом);
- на выв. 15, 16 и 17 формируются опорные напряжения 1,4 В, 2 В и 2,8 В для питания двигателей следящей системы, катушек трекинга и фокусировки.

Драйвер привода DVD

- **Управление двигателями привода DVD, катушками фокусировки и трекинга** осуществляется микросхемой U302 (BA5954).
 - Она включает в себя два канала силового привода катушек и два канала управления двигателями.
 - Микросхема питается напряжением 5 В (выв. 8, 9 и 21) и управляет
 - шпиндельным двигателем (выв. 11, 12),
 - двигателем следящей системы (выв. 17 и 18).
 - Силовой привод для фокусирующей катушки выполнен на выв. 13 и 14, а для трекинга — на 15 и 16.
 - На выв. 26 поступает от декодера MPEG сигнал TRSO управления катушкой трекинга, а на выв. 1 — сигнал FOSO включения катушки фокусировки.
 - На выв. 5 поступает ШИМ сигнал DMSO включения и управления следящим двигателем, а на выв. 23 — сигнал FMSO включения и управления скоростью шпиндельного двигателя.
 - На выв. 4 поступает опорное напряжение 1,4 В для корректировки положения луча лазера по центру дорожки, путем корректировки скорости вращения следящего двигателя.
- **Схема загрузки** выполнена в виде отдельной схемы на транзисторах V306, V307, V308, V309. Напряжение открытия лотка TROPEN поступает с контроллера DVD, а на закрытие (TRCLOUSE) — с микросхемы усилителя RF. Непосредственно сигнал загрузки/выгрузки снимается с коллекторов транзисторов V306 и V309.

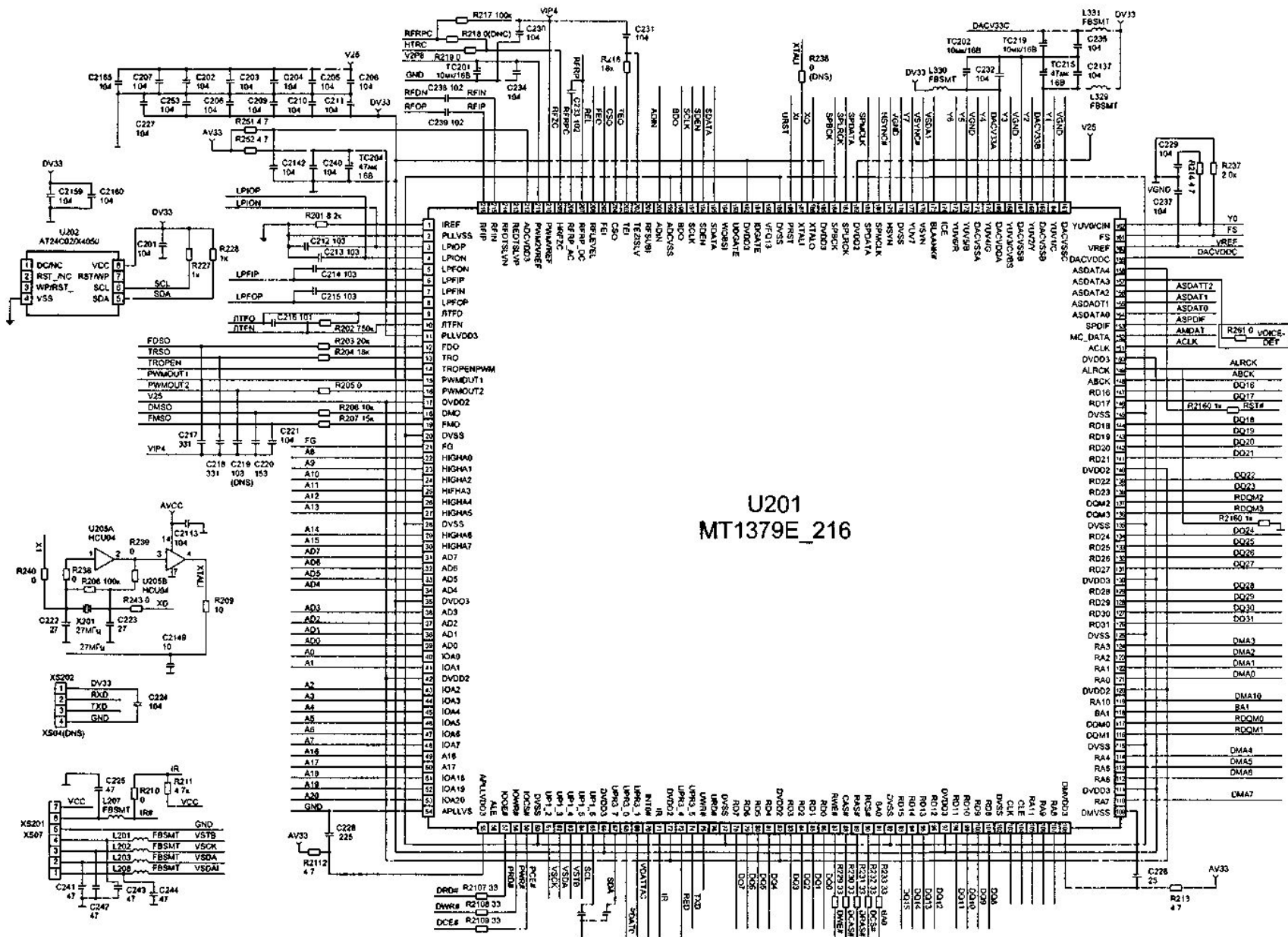


Рис.25 MPEG-1/2 и JPEG-декодер, сервоконтроллер, ТВ-видеопроцессор, декодер цифрового звука и микроконтроллер управления (микросхема MT1379)

Описание

-Функции MPEG-1/2 и JPEG-декодеров, сервоконтроллера, телевизионного видеопроцессора, декодера цифрового звука, микроконтроллера управления кнопками и ПДУ выполняет микросхема U201 (MT1379E_216) (Рис.25) **секционной структуры**.

- **Секция сервоуправления.** Для управления двигателями и оптическим преобразователем на микросхему U201 поступают следующие сигналы:

- сигнал слежения за траекторией движения луча по центру дорожки CSO (выв. 204);
- сигнал ошибки фокусировки FEO (выв. 205);
- сигнал ошибки трекинга TEO (выв. 203);
- напряжение, пропорциональное мгновенной скорости вращения шпиндельного двигателя ADIN (выв. 200);
- противофазные ВЧ сигналы RFIN, RFIP, считанные с диска (выв. 215, 216).

- **Блок декодера MPEG** формирует следующие выходные сигналы для управления двигателями привода DVD:

- на выв. 12 и 13 сигналы управления фокусирующей и трекинг-катушками FOSO и TRSO, которые поступают на силовой привод;
- с выв. 14 снимается сигнал TROPEN для открытия лотка;
- с выв. 16 снимается ШИМ сигнал PWMOUT2 автоматической регулировки тока лазера;
- с выв. 18 снимается ШИМ сигнал DMSO — для включения и управления следящим двигателем (перемещение ОП по дорожкам диска);
- с выв. 19 снимается сигнал ШИМ FMSO — для включения и управления шпиндельным двигателем.

- Секция микроконтроллера. Выполнена на основе RISC-микропроцессора, в составе микросхемы MT1379E_216.

- Имеет 16-битный интерфейс ввода-вывода (с выв. 105-124 — адресные шины, а с выв. 75-86 и 93-101 — шины данных) с двумя банками памяти SDRAM U203, U204, для временного хранения данных, обеспечивая скорость и качество декодирования.
- На выв. 22-27, 40-53 (адресная шина) и 31-39 (шина данных) организован 16-битный интерфейс обмена с Flash-памятью U214. В ней хранятся исходные данные для управления двигателями сервоустройств, реализован алгоритм взаимодействия элементов при формировании звука и изображения, цифровой и аналоговой обработки сигналов, меню OSD.

- Энергонезависимая память (ЭСППЗУ или EEPROM) U202 связана с микроконтроллером по шине PC (выв. 65 и 67). Обмен происходит во время включения и выключения и обеспечивает порядок тестирования проигрывателя, после чего управление передается программе, хранящейся в Flash-памяти. Кроме того, в этой микросхеме хранятся пользовательские настройки и данные региональной защиты (зоны).

- Секция обработки видео- и аудиосигналов. Здесь происходит декодирование сохраненных в ОЗУ кадров потока цифровых данных и кодирование в формате 4:2:2.

- Композитный видеосигнал ПЦТС (чересстрочная развертка) формируется в PAL и NTSC, снимается с выв. 168 и через ОУ Q216 поступает на разъем RCA.
- На выв. 170, 172, 173 формируются составляющие компонентного видеосигнала YPbPc (прогрессивная развертка), которые через усилители Q213, Q220, Q214 поступают на разъем задней панели RCA. При программном переключении сигнала на этих же выводах формируются аналоговые сигналы RGB, которые выводятся через разъем SCART.
- С выв. 164 и 166 снимаются сигналы яркости и цветности Y и C, которые выводятся через разъем S-VIDEO.

- **Декодер звукового сигнала** поддерживает форматы цифрового, 2-х канального стерео и окружающего звука в формате AC-3 5.1.

- Здесь используется стандартный входной интерфейс I2C и выходной цифровой выход S/PDIF (выв. 153).
- С выв. 183 (PSLRCK), 184 (PSBCLK), 181 (PSDATO), 180 (PMCLK) и 151 (ACLK) микросхемы U201 снимаются синхросигналы и данные, которые используются для формирования аналогового стереосигнала во внешнем стереопроцессоре.
- К выв. 152 подключается вход микрофона для режима "караоке".
- На выв. 158 формируется сигнал RESET для стереопроцессора.
- Состояние выв. 157 (лог. "1" или "0") определяет наличие микрофона на микрофонном входе.

- **Секция контроля и состояния**

- К выв. 186 и 187 U201 подключен кварцевый генератор на элементах U205 и X201, который стабилизирует частоту внутреннего генератора 27 МГц.
- На выв. 188 устанавливается напряжение RESET.
- Протокол управления ОП и усилителем ВЧ реализован с помощью 3-х проводной шины SPI — выв. 195, 196, 197 (SDATA, SDEN, SCLK).
- К выв. 71 подключен выход ИК приемника ДУ, а к выв. 62, 63 и 64 (DST, DCK, DAT) — матрица клавиатуры передней панели.
- К выв. 73 RXD и 74 TXD подключается внешний программатор flash-памяти, сигналы которого вводятся через разъем XS202.

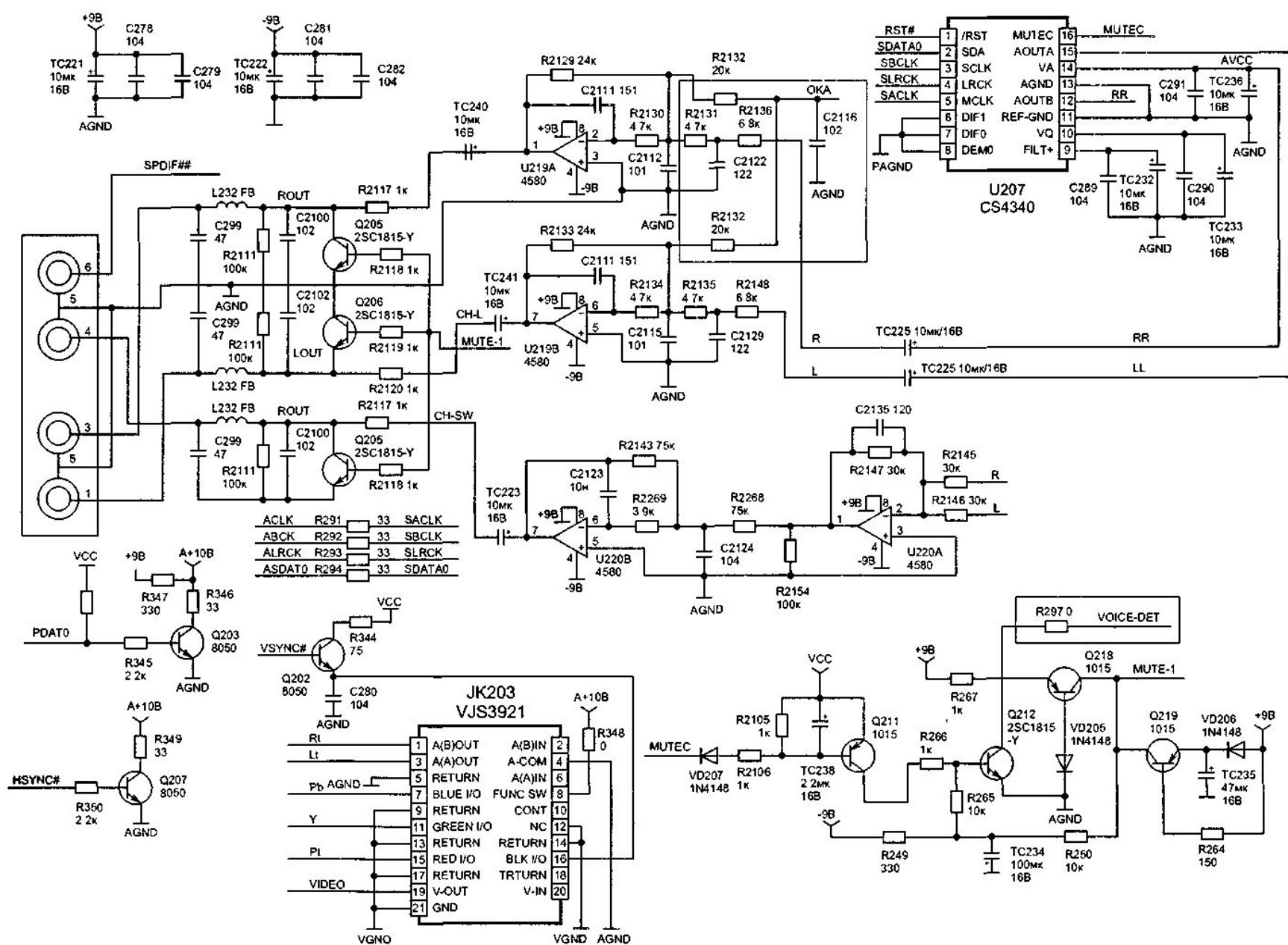


Рис.26 Декодер звукового сигнала CS4340

Звуковой тракт

Аналоговый звуковой сигнал формируется микросхемой U207 (CS4340) (Рис.26). На нее поступают следующие сигналы:

- RESET — начального сброса (выв. 1);
- SDATAO — данных (выв. 2);
- SBCLK — тактовый сигнал для управления интерфейсом звукового канала (выв. 3);
- SLRCK — сигнал переключения правого и левого каналов (выв. 4);
- SACLK — сигнал опорной частоты для работы стереодекодера (выв. 5);
- NUTEC — сигнал паузы (выв. 16).

-Микросхема питается напряжением 5 В (выв. 14).

-Аналоговые звуковые сигналы правого и левого каналов снимаются с выв. 12 и 15 U207. Отсюда сигналы через ОУ U219 поступают на разъемы RCA(JK201).

- Ключи на транзисторах Q205, Q206 и Q219, управляемые сигналом MUTE-1 (формирует узел на транзисторах Q211, Q212, Q218, Q219) служат для блокировки звука. ОУ U220 формирует звуковой сигнал для сабвуфера.

DVD-рекордер

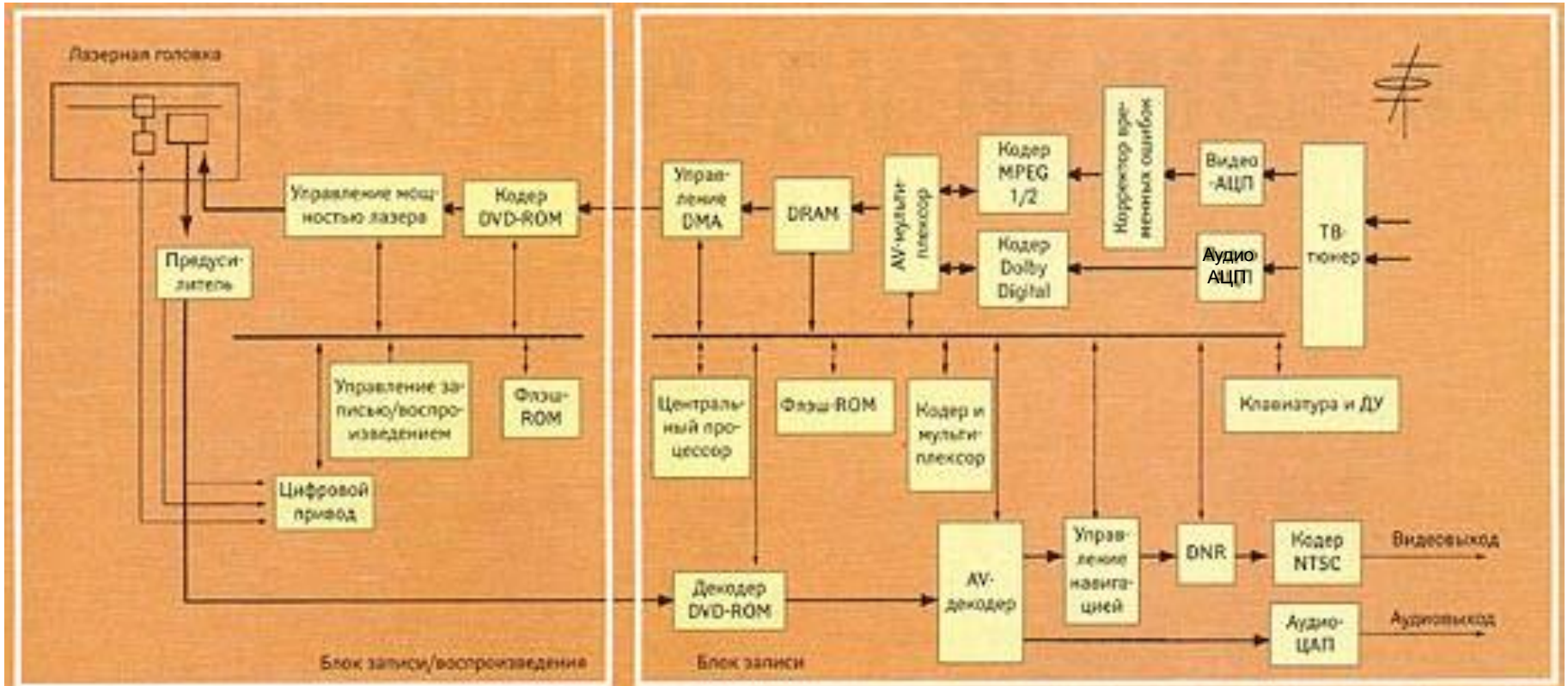


Рис.27 Упрощенная блок-схема записывающего DVD-проигрывателя

Описание

Рекордер состоит из транспорта (**Drive**), блока кодера/декодера сигналов звука и изображения (**Codec unit**), входного (**A/V input unit**) и выходного (**A/V output unit**) интерфейсов, а также блока управления (**System control unit**).

Входной интерфейс осуществляет прием, коммутацию и преобразование в цифровую форму сигналов от различных источников. Здесь на вход рекордера поступают аналоговые аудио- и видеосигналы. Но, как правило, есть и цифровые входы различных форматов.

Аналоговые сигналы поступают на AV-коммутатор (**AV SW**), с выхода которого подаются: видеосигнал - на мультистандартный декодер и затем - на **видео-АЦП**; звуковой - на **аудио-АЦП**.

Блок кодека (**Codec unit**) осуществляет кодирование (в режиме "запись") цифровых сигналов звука и изображения, поступивших на него с интерфейса (**A/V input unit**) и их мультиплексирование (объединение) в единый транспортный цифровой поток. Кроме того, кодек производит обратное преобразование (декодирование) транспортного потока для контроля записываемых на диск сигналов (в режиме "запись"), а в "воспроизведении" он переводит в аналоговую форму считанные с диска сигналы видео и аудио.

В зависимости от выбранного режима работы DVD-рекордера кодеры звука и изображения секции **Codec unit** осуществляют их компрессию по различным алгоритмам. Например. видео - либо по алгоритму **MPEG-2** (подвижная картинка), либо - **MPEG-1** (статичная).

Со звуком возможны 3 варианта кодировки: линейная **PCM** (без компрессии данных) и два вида обработки со сжатием **MPEG** и **Dolby Digital**. Причем звук может быть и моно, и стерео, и многоканальным.

Во многих моделях рекордеров есть и цифровой вход. Сигналы звука и изображения (например, от miniDV-камеркордера) уже подаются непосредственно на вход мультиплексора. Он подмешивает в общий цифровой поток различную служебную информацию и дополнительные данные, записываемые на диск (субтитры, экранные меню и т.д.).

Для контроля сигнала при записи и в режиме "воспроизведение" выходной сигнал с промежуточного буфера поступает на интерфейс **A/V output unit**, где преобразуется в аналоговую форму.

В режиме "запись" выходной сигнал буфера направляется на вход четвертого блока DVD-рекордера - DVD-транспорт **Drive**, в состав которого, помимо самого сервопривода и оптической головки, входят также схемы коррекции ошибок и модулятора/демодулятора интенсивности лазерного луча.

На вход схемы коррекции ошибок (**Error correction processing**) от кодека идет мультиплексированный транспортный поток, который в соответствии со стандартом на DVD-Video подвергается процедуре помехоустойчивого кодирования (добавлению контрольных битов и перемежению). Затем этот цифровой поток в блоке **Modulation/Demodulation** модулируется методом "8/16", и полученный при этом сигнал в формате DVD-Video используют для изменения мощности излучения лазера.

Непосредственное управление лазером осуществляется при помощи специальной схемы - **Laser power control**, которая при записи играет роль мощного силового ключа, а в режимах "воспроизведения" и "стирания" стабилизирует излучение считывающего луча лазера (обычно мощность излучения здесь на порядок меньше, чем при записи).

Запись на диск осуществляется через универсальную оптическую головку **Optical Head**, которую схема сервопривода **Servo** направляет по спиральной рабочей дорожке, отштампованной на "болванке" DVD-R или DVD-RW. Чтобы записывающий луч лазера находился точно на этой дорожке, схема Servo непрерывно контролирует сигнал отраженного от поверхности диска лазерного луча. Для этого разностный сигнал фотодиодов оптической головки (величина которого пропорциональна ошибке трекинга) поступает на вход схемы сервопривода головки, которая и осуществляет оперативную коррекцию смещения луча.

Типовые характеристики лазерных проигрывателей

DVD-проигрыватель лазерных дисков NAD T535

- HDMI-коммутация;
- Скейлер Faroudja с технологией DCDi;
- Поддержка (1080p) DVD-V, DVD-A, DVD R, DVD-R, VCD, SVCD, SACD, CD, CD-R, CD-RW
- Частотная характеристика (частота дискретизации 96кГц, DVD) 20 Гц - 44 кГц (-1 дБ)
- Частотная характеристика (SACD) 20 Гц - 50 кГц (-3 дБ)
- Отношение сигнал/шум (Видео) 90 дБ
- Отношение сигнал/шум (Аудио), DVD >95 ("А"-взвешенное) дБ
- Коэффициент нелинейных искажений < 0.002 (аудио, 0 дБ, 1 кГц) %
- Уровень выходного аудиосигнала 2 (RMS) В
- Динамический диапазон 90 (аудио) дБ
- **Входы/Выходы:**
- Цифровой коаксиальный (SPDIF) выход 1 RCA
- Цифровой оптический выход
- Есть RS232 порт
- Есть Компонентный видеовыход 3 RCA
- Выход S-Video
- Композитный видеовыход 1 RCA
- Выход HDMI
- ИК-вход
- **Функции и особенности:**
- Воспроизводимые форматы дисков DVD-R, DVD-A, WMA, DVD-Video, DVD R, SVCD, CD, CD-R, CD-RW, SACD, VCD, MP3
- Совместимость с PAL/NTSC
- Модель пульта ДУ NAD DVD-9
- Прогрессивная развертка На базе технологии DCDi от компании Faroudja
- Число дисков 1
- Поддержка протокола HDCP
- Поддерживаемые разрешения на выходе HDMI 480p, 720p, 1080i, 1080p
- Функция пометки сцен
- Возобновление воспроизведения
- **Общие:**
- Габаритные размеры (ШхВхГ) 428,5 x 73 x 300 мм
- Масса 3,9 кг
- Масса с упаковкой 5,8 кг

HDD/DVD рекордер Хоро HVR 5500

- запись на встроенный жесткий диск емкостью 160Гб
- или диски DVD R/RW с различной компрессией,
- редактирование записанного материала,
- просмотр материала во время его записи,
- порты USB и FireWire для видео захвата и копирования с внешних устройств,
- встроенный декодер DD5.1 и 5.1 аудио выход,
- поддержка прогрессивной развертки
- Запись на жесткий диск 160 Гб и диски DVD R(W) .
- Воспроизведение всех форматов, включая MPEG4 (DivX,XviD).
- Функция Timeshift - просмотр передачи во время ее записи .
- Перезапись материала с жесткого диска на DVD R(W) диски .
- Встроенный декодер многоканального звука Dolby Digital 5.1.
- Порты USB и FireWire для записи с внешней цифровой периферии
- Высококачественный видео выход с поддержкой прогрессивной развертки.

Blu-ray проигрыватель модели NAD M56

Входы/Выходы	
Композитный видеовыход	Есть
Компонентный видеовыход	Есть
ИК-вход	Есть
Выход HDMI	Есть (версия 1.3)
Цифровой оптический выход	Есть
USB-порт	1 (на передней панели)
Цифровой коаксиальный выход	Есть
Аналоговые аудиовыходы	2-канальный, 7.1-канальный
Технические характеристики	
Коэффициент нелинейных искажений	
Динамический диапазон	>95 дБ
Лазер	Полупроводниковый
Отношение сигнал/шум	>100 дБ
Частотная характеристика	20 Гц - 20 кГц (± 2 дБ)
Питание	
Потребляемая мощность	В режиме ожидания
Электропитание	Переменный ток 110 В - 240 В, 50/60 Гц
Функции и особенности	
Видео ЦАП	12 бит/148 МГц
Аудио ЦАП	24 бит/192 кГц
Пульт ДУ в комплекте	Есть (BR 2)
Поддерживаемые разрешения на выходе HDMI	1080p
Функция пометки сцен	Есть
Система цветности	PAL, NTSC, авто

Встроенные декодеры	DTS, Dolby Digital, MP3, WMA, Dolby Digital Plus, Dolby TrueHD, DTS HD/Master Audio
Воспроизведение потокового видео по локальной сети	Есть
BD Live	2.0
Параллельное воспроизведение стандартного видео и HD видео	Есть
Wi-Fi подключение	Есть
LAN подключение	Разъем Ethernet, 10 Base-T/100 Base-TX
Внутренняя память	1 Гбайт
Поддерживаемые разрешения на компонентном видеовыходе	1080i
Воспроизведение HD файлов по USB	Есть
Поддерживаемые носители	CD-R, CD-RW, USB, DVD, DVD-R, DVD-RW, CD, BD, DVD+R, BD-ROM, BD-R, BD-RE
Поддерживаемые форматы	MPEG4, JPEG, DivX HD, DivX, MPEG2, GIF, AVCHD, VC-1, PNG
Общие	
Масса с упаковкой	14 кг
Масса	8,5 кг
Габаритные размеры (ШxВxГ)	435 x 114 x 273 мм

Голографические диски HVD

Общие сведения о голографических дисках

- Работы по созданию голографической памяти начались более 40 лет назад.
- Ряд компаний, например **NTT** и **Optware** в Японии, **InPhase Technology** в США, имеют законченные разработки с голографическими дисками (**Holographic Versatile Disc - HVD** многоцелевые голографические диски) и картами (**Holographic Versatile Card - HVC**).
- На рынке **HVD** существуют две конкурирующие технологии голографической записи: от фирм **Optware** (Япония) и **Inphase Technologies** (США).
- За **Optware** стоят CMC Magnetics, Fuji Photo Film, Nippon Paint, Pulstec Industrial Toagosei, Toshiba, Panasonic, Intel Capital и Sony.
- За **Inphase Technologies** — Hitachi-Maxell, Bayer MaterialScience и Imation.

Достоинства голографической памяти

- высокая плотность записи и большая скорость чтения;
- параллельная запись информации (не по одному биту, а целыми страницами);
- высокая точность воспроизведения страницы;
- низкий уровень шума при восстановлении данных;
- неразрушающее чтение;
- длительный срок хранения данных - 30-50 и более лет;
- конкурентоспособность с другими оптическими технологиями.

Безопасность данных

- При голографическом «чтении» невозможно получить прямой доступ к носителю, т.к. данные находятся в толще носителя.
- Каждый голографический накопитель снабжен особой микросхемой, в которую занесена информация о размещении данных на диске.
- Нанесены особые метки, считывание и распознавание которых необходимо. Они расположены глубже, с определенными координатами. Для их чтения требуется лазер с иной длиной волны, которым не оснащаются обычные приводы.
- Длина волны, используемая для записи в голографических приводах лазера, варьирует в диапазоне от **403** до **407** нм.

Преимущества перед Blu-ray

- большой объем: **1,6 Тб** против **50 Гб**;
- большая скорость записи/считывания информации: 120 МБ/сек. против 26 МБ/сек;
- длительный срок службы (до 50 лет).

Характеристики HVD-дисков и приводов

Inphase-Technologies (<http://www.inphase-technologies.com>):

- Объём - до **1,6 Тбайта** (первые диски 300, а затем 800 Гбайт).
- Плотность записи - 350 (и даже 515) Гбит на квадратный дюйм.
- Скорость записи - считывания информации - до 960 Мбит/с (от 160,640 Мбит/с).
Запись или считывание 1 миллиона бит за раз.
- Скорость случайного доступа в режиме чтения — 200 мс.
- Диаметр диска - 5,25 дюйма (**130 мм**, на **10 мм больше обычных CD**).
- Толщина диска - 3,5 мм (основание -1 мм, записывающий слой 1,5 мм, защитный - 1).
- Длина волны лазера — **405 нм** (синий). Носители поддерживают **400-410 нм**.
- Длительность хранения информации - 50 лет.
- Диск размещен в защитном картридже.

Optware (http://www.optware.co.jp/english/index_tech.htm):

- Применен метод поляризованной коллинеарной голографии (оба луча, опорный и информационный, проходят через одну линзу, а их лучи по разному поляризованы).
Это дает совместимость с предыдущими **CD** за счет применения **красного лазера** для управления сервоприводом. Такая оптическая система компактнее классической.
- Объём — до **3,9 Терабайт** (100, 200, 500, затем и 3,9 Тб при расстоянии между центрами перекрывающихся голограмм 18, 13, 8 и 3 мкм соответственно).
- Диаметр диска — **120 мм** (как у обычных **CD**).
- Длина волны лазера — **532 нм** (зелёный) для данных и **650 нм** (красный) для сервосистемы и для чтения предыдущих форматов оптических дисков.
- Размер страницы данных на пространственном световом модуляторе — 3 мм, размер одного пикселя страницы — 13,7 мкм.
- Диаметр страницы данных на носителе — 200 мкм.
- Диск размещен в защитном картридже.

Технология хранения информации

- Страницы данных записываются на **CD** способом, схожим с записью голограмм.
- Для хранения данных применяются не плоские голограммы, а **объемные**, занимающие некоторую толщину фоточувствительного слоя диска. Это не послойное хранение информации! Вся информация записана в одном фоточувствительном слое диска!
- Записанные на диск страницы не являются голограммами в полном смысле этого слова. На диске фиксируется **плоская необъёмная световая информация**, сфокусированная линзой. А запись сфокусированной страницы происходит, как и запись голограмм, за счёт интерференции, что даёт право называть записанную информацию **объёмной голограммой плоского светового фронта**.
- У объёмной голограммы есть способность к **мультиплексированию** (которого нет у обычных плоскостных голограмм). Мультиплексирование (**МП**) - это способность хранить несколько разных слепков данных практически в одном и том же объёме записывающего вещества. (За счёт изменения угла наклона прожигаемых поперёк объёмного фотослоя плоскостей, являющихся элементарными кирпичиками записываемой информации (т.н. **брэгговских плоскостей**). Т.е для записи или считывания той или иной страницы данных достаточно изменить лишь угол подсветки голограммы.
- Существуют еще два способа: за счёт изменения **длины волны** и за счёт **сдвига фазы** опорного луча. Но требуют сложных оптических систем и толстых ($d =$ неск. мм) носит.
- Разработаны ещё три метода **МП**: **сдвиговое**; **апертурное**; **корреляционное**.
- **Сдвиговое** и **апертурное** мультиплексирование используют сферический опорный пучок, а **корреляционное** — пучок еще более сложной формы.
- Для еще более высокого уплотнения кроме **МП** страниц применяется **наложение книг**. Суть в том, что **МП** массивы страниц (книги) записываются **внахлест** друг на друга (см. **Рис.28**) Но с увеличением количества записанных страниц, и плотности наложения книг общая прозрачность голограммы падает. Это дает ограничение по плотности записи.



Рис.28 Наложение книг : запись внахлёт МП - массивов страниц (книги)

- Еще одним плюсом описываемой технологии является возможность удерживать точность оборудования на приемлемом для массового изготовления уровне.
- Страницы информации после их формирования уменьшаются чисто оптическим способом — всего лишь с помощью линзы, а при восстановлении подобной же линзой увеличиваются до размера считывающего устройства.
- Голографический способ хранения позволяет значительно повысить скорость доступа, поскольку обращение для чтения или записи происходит одновременно ко всей странице данных, а каждая такая страница может содержать до миллиона бит и более.

Запись и считывание голограммы оптического диска (Рис.29)

Запись бинарных данных в голограмму:

1. Лазерный луч разделяется на два луча с помощью полупрозрачного зеркала, имеющих абсолютно одинаковую длину волны λ и поляризацию.
2. Первый луч (информационный) проходит сквозь пространственный световой модулятор (ПМС) - плоский трафарет, где прозрачные ячейки соответствуют «1», а непрозрачные – «0». Этот луч, фокусируясь линзой, падает на фоточувствительный слой диска.
3. Второй (опорный) луч под некоторым углом направляется в ту же область диска, куда падает первый луч, чтобы они пересеклись в толщине фоточувствительного слоя. Поскольку лучи имеют одинаковую λ и поляризацию, то происходит **интерференция** (сложение амплитуд волн), в результате которого в местах, где фазы световой волны совпали, амплитуды волн увеличились и прожгли фоточувствительный слой (брэгговские плоскости поперёк фоточувствительного слоя). Размер плоскостей определяется размером ячейки трафарета, уменьшенной фокусирующей линзой, толщиной фоточувствительного слоя и углами обоих лучей по отношению к фоточувствительному слою. В результате с обратной стороны голограммы рассеивается световой фронт картинка трафарета, как будто он идёт непосредственно от него.

Считывание данных из голограммы:

1. Опорный лазерный луч (той же λ и с того же угла, что и в записи) падает на голограмму.
2. Отражаясь от полупрозрачных зеркал, образованных брэгговскими плоскостями голограммы, луч рассеивает с обратной её стороны световой фронт, содержащий сфокусированное изображение трафарета, который был записан на неё ранее.
3. Рассеянный световой фронт трафарета фокусируется линзой на массиве датчиков и переводится в цифровой код (При воспроизведении настоящей голограммы световой фронт не фокусируют).

Отличие метода поляризованной коллинеарной голографии (Optware) от классической технологии (Inphase Technologies)

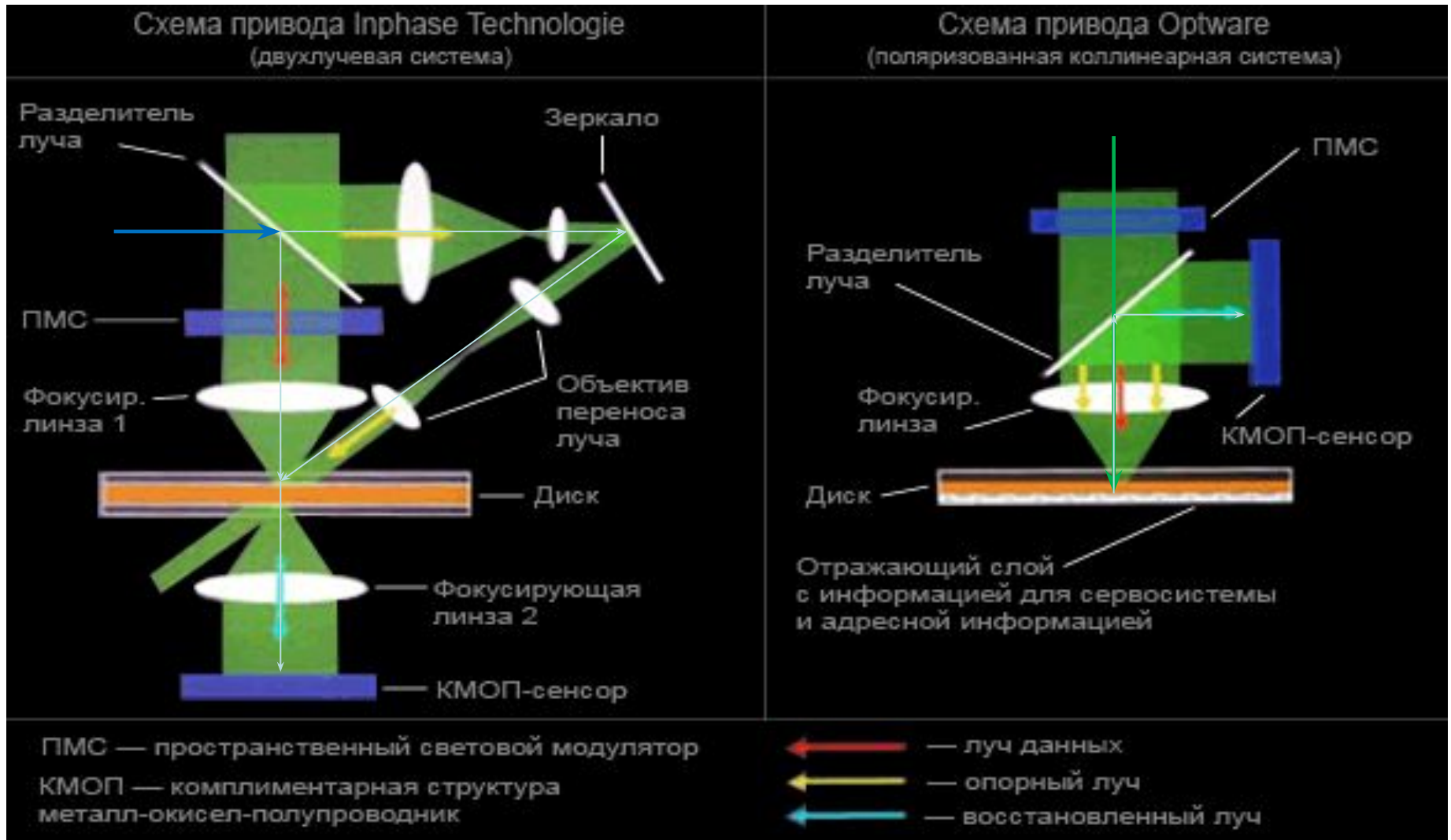


Рис.29 Методы голографической записи Optware и Inphase Technologies

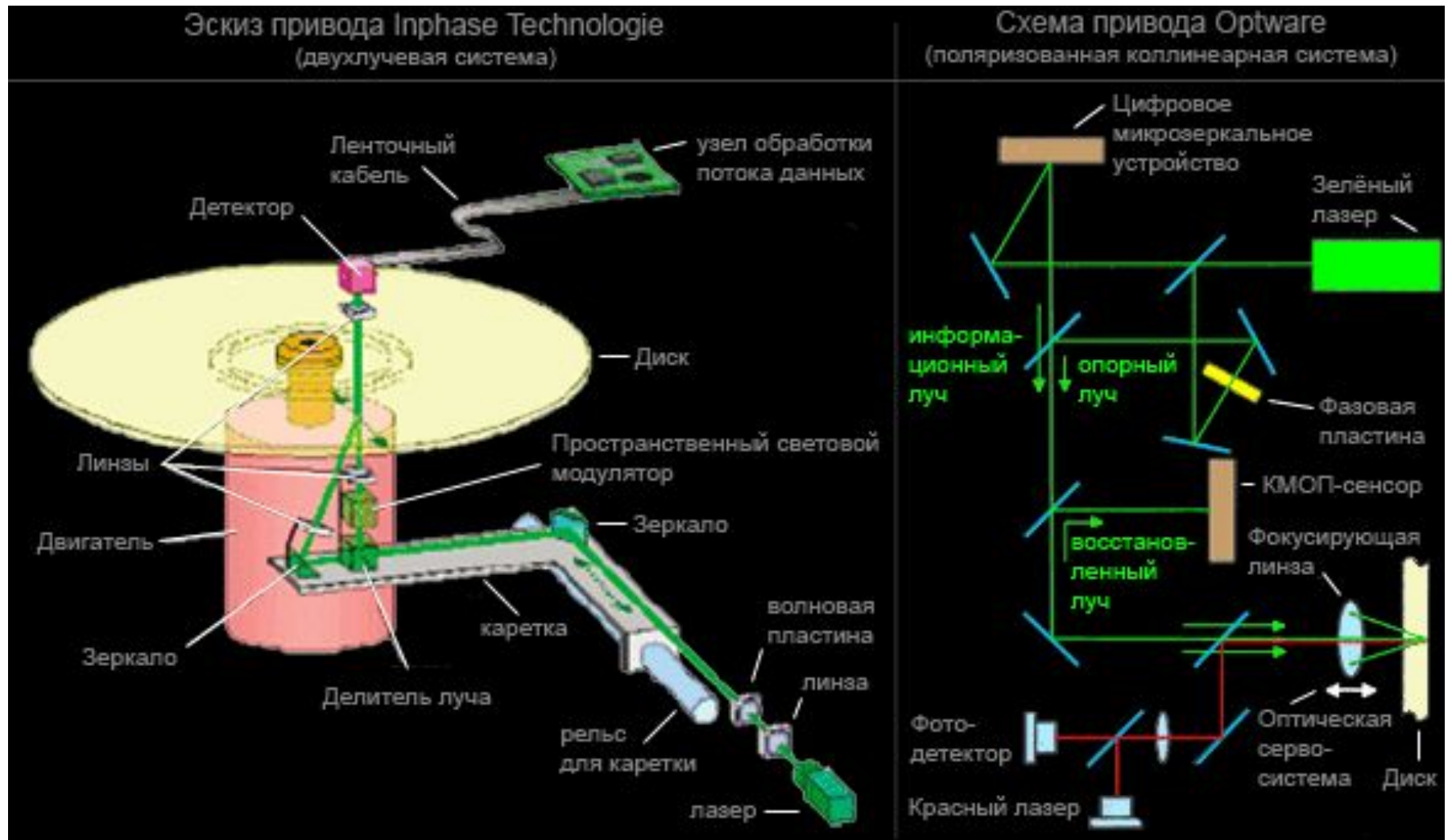


Рис.30 Еще одна версия голографической записи

- За счёт того, что у Optware диск не просвечивается насквозь, имеется возможность делать двухстороннее нанесение информации (двусторонний диск).
- Красный лазер (**650 нм**), отвечающий за работу сервопривода (фокусировку) может использоваться для чтения обычных дисков, то есть сохраняется обратная совместимость устройства с прежними стандартами CD и DVD.

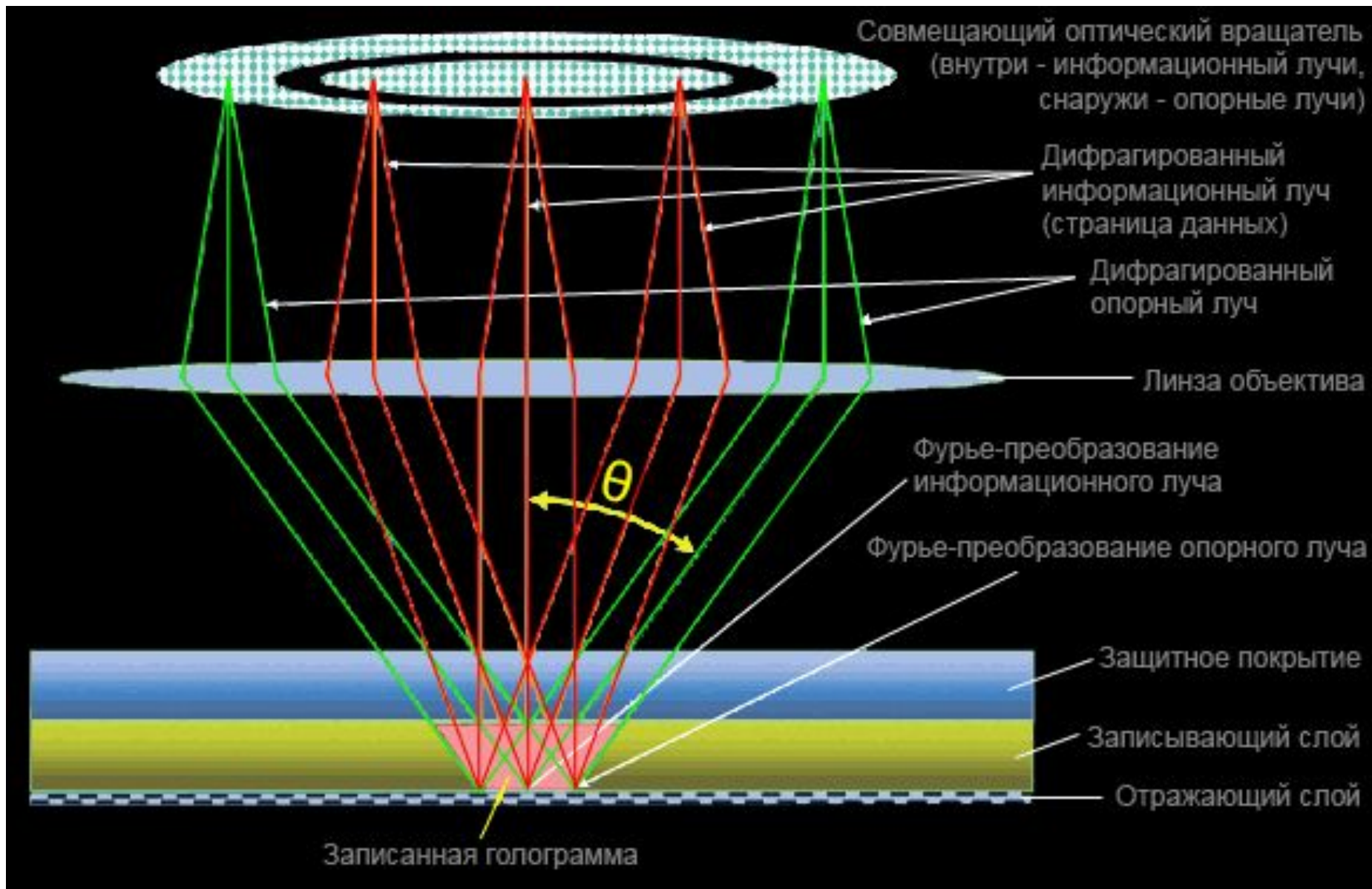


Рис.31 Схема записи голограммы по методу Optware

Описание

- Совмещающий оптический вращатель, состоящий из двух частей и стоящий непосредственно перед линзой, одной частью поворачивает на 45 градусов полярность опорного луча в одну сторону, а другой частью полярность информационного луча в другую сторону, одновременно разделяя эти лучи. В результате, изначально отличающиеся полярностью на 90 градусов лучи, приобретают одинаковую полярность и, как следствие, способность интерферировать друг с другом, что они и делают, пересекаясь после линзы.

- В методе **Optware** применено мультиплексирование пикселей одной страницы вместо мультиплексирования самих страниц, как это делается у **Inphase Technologies**.

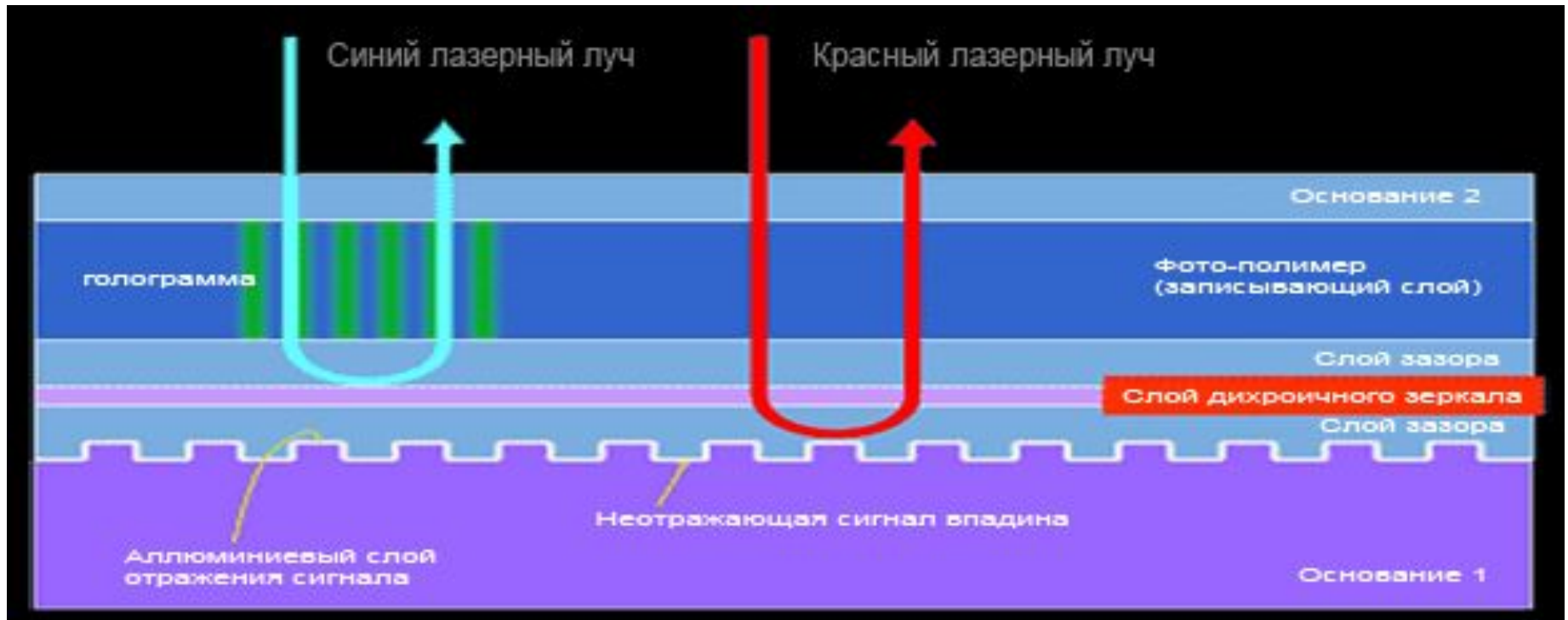


Рис.32 Диск Optware в разрезе

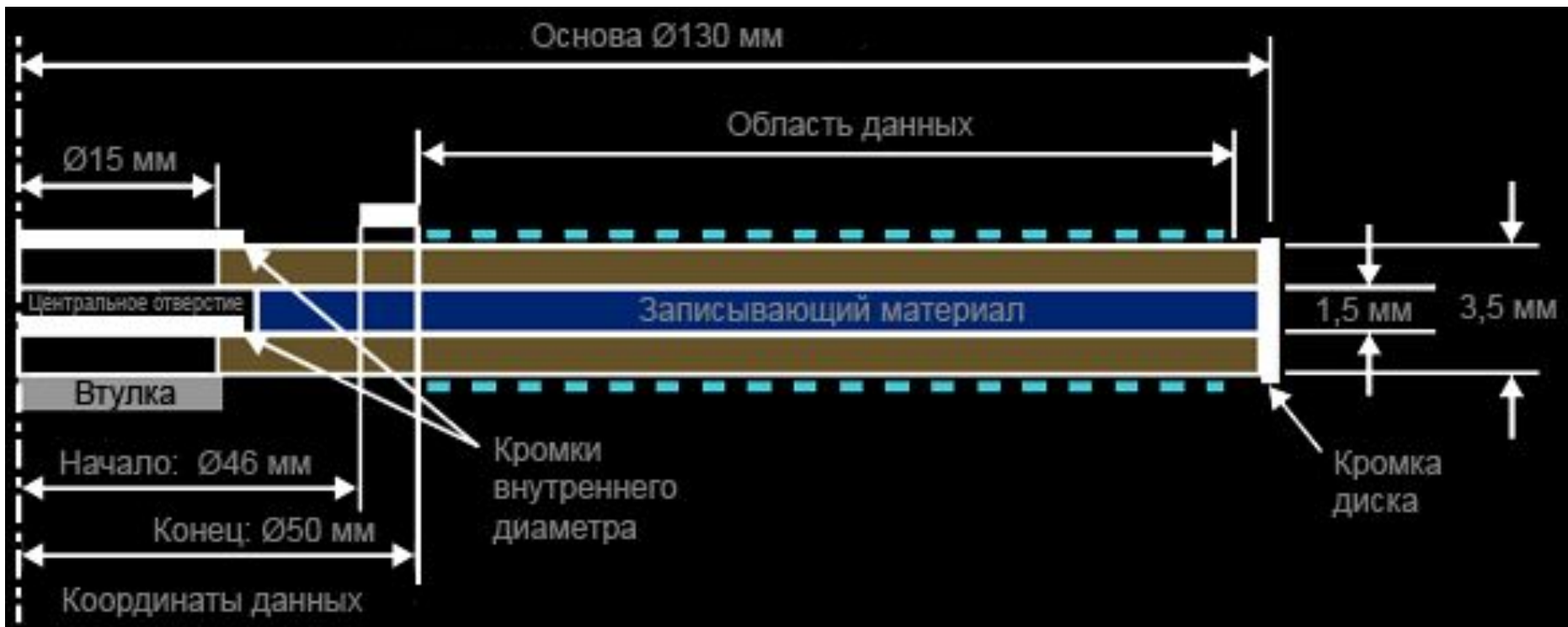


Рис.33 Чертёж диска Inphase Technologies

Компоненты и материалы (Optware)

- В качестве считывающих детекторов используются КМОП-матрицы.
- Пространственные световые модуляторы - это массивы микрзеркал и ферроэлектрических модуляторов, применяющихся в **цифровых проекторах**.
- Материал носителя информации - двухкомпонентная полимерная система. Первый формирует сетку, где растворен второй компонент, обладающий светочувствительными свойствами. При записи он под воздействием света полимеризуется, из-за чего возникает градиент концентрации неполимеризованного компонента, и начинается его диффузия. Образуется структура с переменным индексом отражения, колебания которого как раз и несут в себе записанную информацию.

Info-MICA от компании NTT

- В основу положена технология многослойной тонкопленочной голографии.
- Емкость носителя (сто слоев) размерами с почтовую марку - 1 Gb.
- Новая карта памяти была названа Info-MICA (Information-Multilayered Imprinted CArd), так как ее многослойная структура похожа на структуру породы слюды.
- В NTT полагают, что Info-MICA могут заменить другие устройства ROM.
- Рассматривают их и как заменитель бумаги в качестве носителя информации.
- Эти карты удачны для записи игр, музыки, кинофильмов и электронных изданий, т.к. клонирование их пиратами затруднено.
- Первые кард-ридеры и носители емкостью 1 Gb (\$1-2) уже появились на рынке.
- В планах выпуск Info-MICA ROM C = 10 Gb и разработка устройств записи/перезаписи.

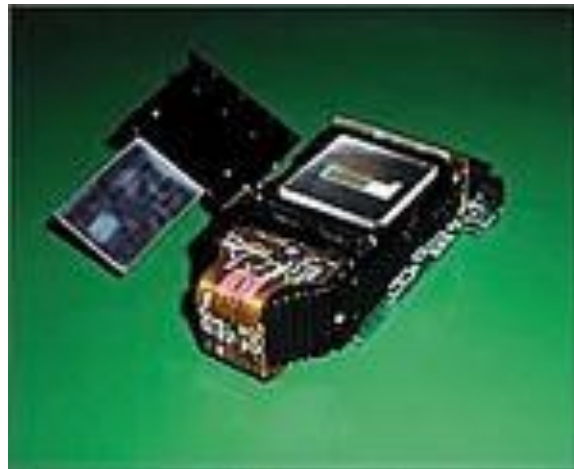
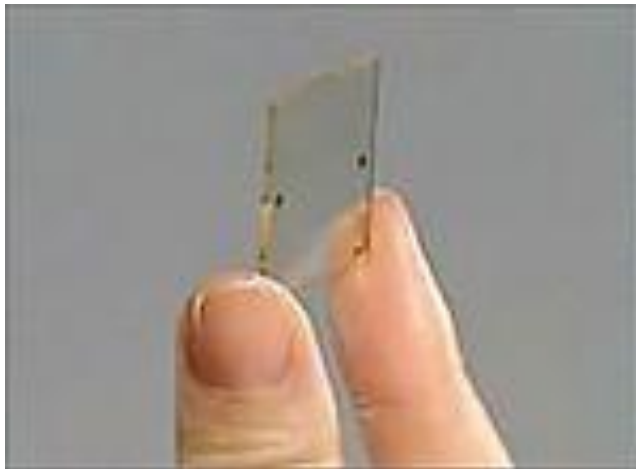


Рис.34 Голографическая карта Info - MICA, её устройство чтения и относительный размер кард - ридера

Голографический диск из графена (GHD)

GHD разработали ученые из Технологического университета Суинберна (Мельбурн, Австралия), добившись плотности записи почти 0,2 терабита на кубический сантиметр.

Процесс изготовления материала для голографической записи начинается с изготовления взвеси оксида графена (GO) с водой, которую перемешивают с поливиниловым спиртом (PVA). Полученным флуоресцентным полимером покрывают стеклянную основу диска. Запись осуществляется высокоточным фемтосекундным лазером, который «стреляет» импульсами по несколько наносекунд на точку. В участках, подвергшихся воздействию лазера, полимер меняет свою структуру, превращаясь в низкокачественный графен.

Считывание информации осуществляется таким же лазером меньшей мощности, в паре с фотодетектором. Технология позволяет лазеру фокусироваться на нескольких слоях прозрачного материала, поэтому возможна многослойная запись и считывание информации, а также изменение коэффициента преломления до нужных значений в каждой точке. Это и позволяет говорить о голографической памяти с высоким показателем плотности записи 0,2 Тб/см³. Для сравнения,

лучшие HDD сейчас только приближаются к показателю 0,16 Тб/см².

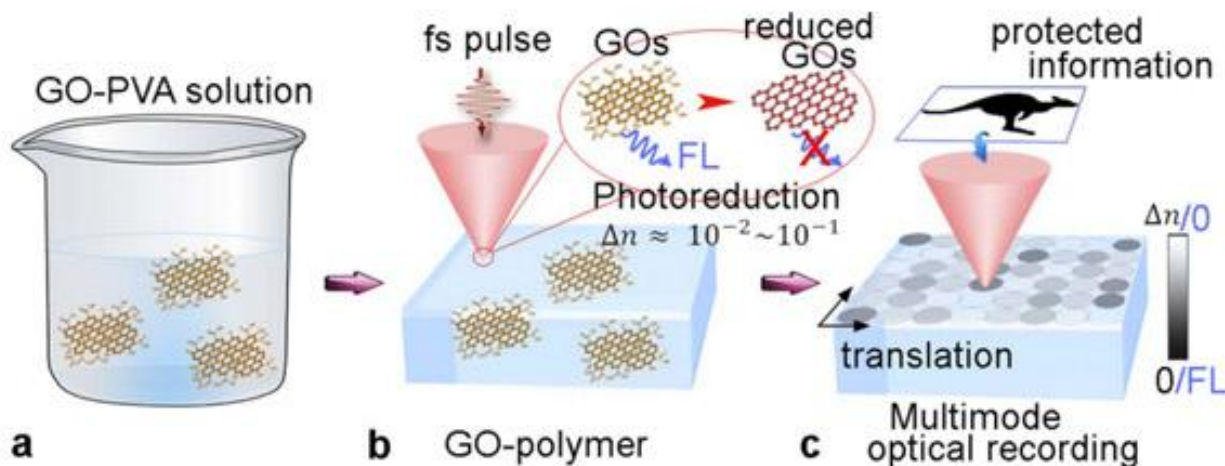


Рис. 35 Принцип записи голограммы на графен

Объемная память

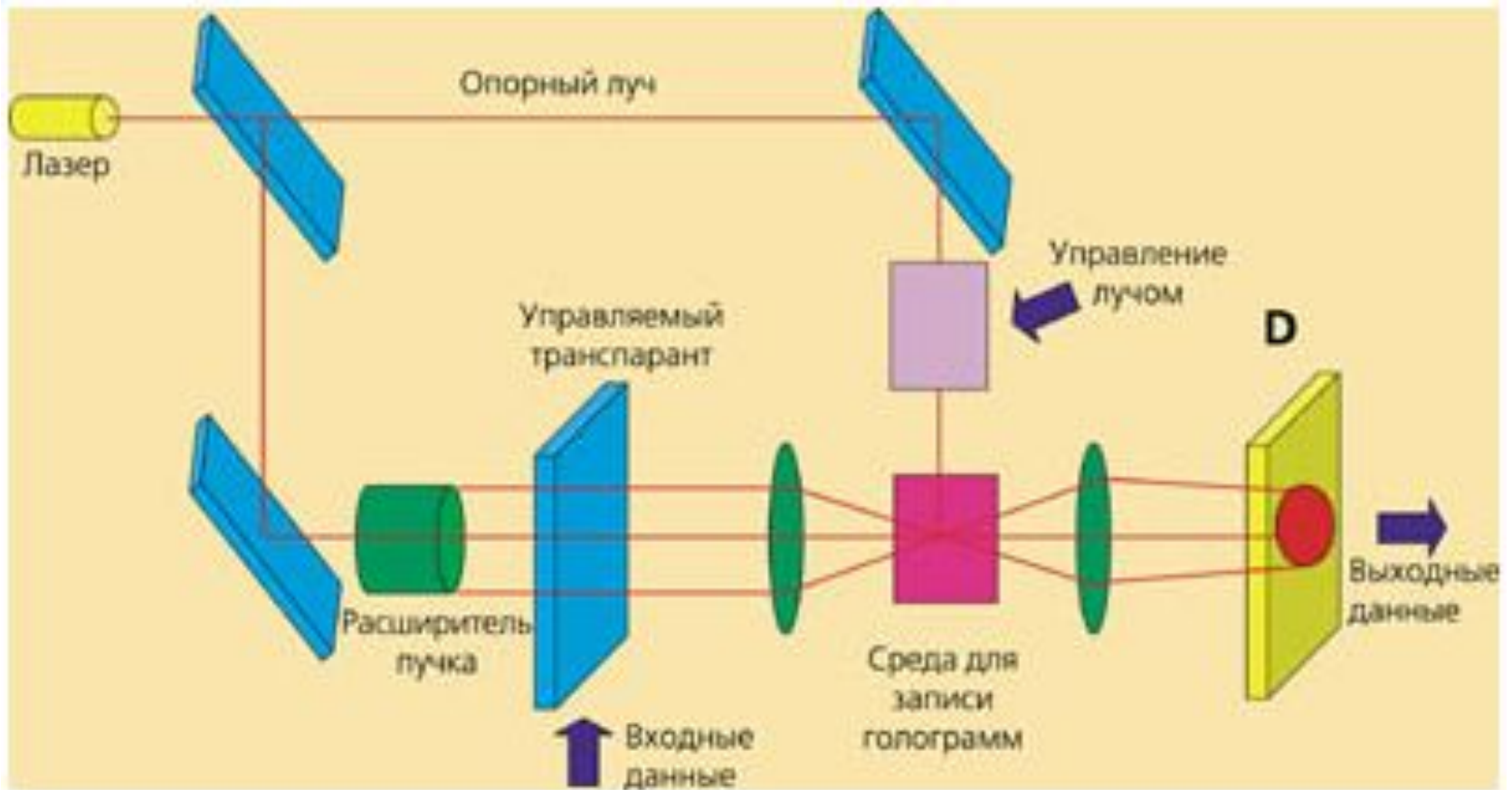


Рис.36 Устройство записи/воспроизведения на объемном носителе

- Компания Fujitsu объявила о разработке типа памяти, который использует свет с разной длиной волны.
- Ввод информации - с помощью управляемого оптического транспаранта.
- Адресацией при записи-считывании управляет Опорный луч.
- D - многоэлементный матричный фотоприемник.