

Рис. 5. Изображения транспаранта, восстановленные с голограммы на двух длинах волн.

использования транспаранта с размерами, не превышающими допустимые, и при восстановлении голограмм под углом таким, что $\sin \alpha_B = (\lambda_2/\lambda_{10}) \sin \alpha_0$, трансформация изображения не наблюдается и при этом появляется дополнительный канал считывания (рис. 5). В случае равенства углов записи и считывания наблюдаются искажения восстановленного изображения по оси x . Максимальная величина искажения при этом

получается равной 303 мкм, что превышает допустимую величину. При этом ограничение на величину объема записываемой информации можно снять, вводя поправку на топологию транспаранта или фотоприемной матрицы. Максимальное смещение изображения при восстановлении с разных голограмм, обусловленное наличием aberrаций используемых объективов, равно 50 мкм и не превышает допустимой величины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bordogna I., Keneman S. A., Amodei I. I. Recyclable holographic storage media.—“RCA Rev.”, 1972, vol. 33, N 1, p. 227—247.
2. Миорчук М. А., Самойлов В. Д. Информационная емкость запоминающего устройства при записи и считывании голограмм источниками с различными длинами волн излучения.—«Квантовая электроника», 1974, № 3, с. 609—614.
3. Миняков В. Г., Федоров В. Б. Aberрации поля изображения и информационная емкость микроголограмм при записи и считывании источниками излучения с различными длинами волн.—«Опт. и спектр.», 1975, т. 39, вып. 5, с. 951—955.
4. Hill B. Some aspects of a large capacity holographic memory.—“Appl. Opt.”, 1972, vol. 11, N 1, p. 182—191.

Поступила в редакцию 15 октября 1976 г.,
окончательный вариант — 11 февраля 1977 г.

УДК 681.84

А. КОРПЕЛЬ
(Чикаго, США)

ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВИДЕОДИСКА

Большинству инженеров-оптиков представляется очевидным, что только сфокусированный лазерный луч является достаточно тонким, чтобы им можно было считывать видеодиск. Чтобы убедиться в этом, кратко рассмотрим некоторые параметры видеодиска. Получасовая теле-

визионная программа состоит примерно из $2 \cdot 10^{10}$ информационных элементов. Диск диаметром 30 см имеет полезную площадь около 500 см^2 , поэтому на один элемент изображения будет приходиться $2,5 \text{ мкм}^2$ площади диска. Очевидно, что никакая механическая игла не сможет считывать такие тонкие детали. Однако **подобное заключение ошибочно**, несмотря на то, что обычные механические иглы — так называемые датчики движения — вероятно, не смогут противостоять ускорениям, возникающим при считывании очень высокочастотной информации. Рассмотрим пример. Если такая игла будет вести отслеживание со скоростью 3 МГц при неровности записи высотой 1 мкм, то на нее будут действовать ускорения порядка $2 \cdot 10^7 g$. Даже на очень легкую иглу, скажем весом 0,1 г, будет действовать сила $2 \cdot 10^4 \text{ Н}$. Естественно, что такие силы очень быстро разрушат либо иглу, либо запись. На этом основании многие инженеры могут прийти к заключению, что осуществить считывание механической иглой невозможно, и будут искать другое решение, например считывание лучом лазера.

В 1970 г. инженеры фирмы “Telefunken” решили преодолеть эти трудности и изобрели то, что называется датчиком давления [1]. В датчике такого рода игла практически неподвижна, а неровности записи (гибкой) сжимаются иглой, когда они проходят под нею. Как только сжатый выступ такой неровности выходит из под иглы, он быстро возвращается к своей исходной форме (пружинит) и давление, оказываемое на иглу, мгновенно исчезает. Это исчезновение давления, в свою очередь, передается к пьезоэлектрическому элементу, на выходе которого возникает электрический сигнал. Принцип работы такого датчика показан на рис. 1.

Хотя система “Teldec”, как она была названа, успешно воспроизводила 10-минутную телевизионную программу, однако имела недостаточное разрешение и, кроме того, возникали другие трудности, связанные с износом иглы. Позднее фирмой “RCA” была разработана система с механической иглой, которая детектировала изменения емкости, образованной ямками на металлическом диске [2]. Как показано на рис. 2, диск этой системы имеет более сложную конструкцию. На него нанесены канавки, используемые в качестве направляющих для иглы; на дне канавок электронным пучком сделаны углубления, с помощью которых кодируется видеосигнал. Диск покрыт тремя различными слоями: металлическим, изолирующим и слоем смазки. Игла имеет электрод, воспринимающий изменение емкости между этим электродом и металлической информационной площадкой диска. Вариации емкости чрезвычайно малы — порядка 10^{-16} Ф . Несмотря на это, фирма “RCA” ус-

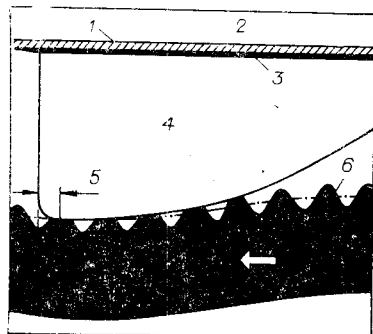


Рис. 1. Датчик давления фирмы “Teldec”:

1 — электрод, 2 — пьезокерамика, 3 — слой клея или припоя, 4 — алмаз, 5 — зона заднего угла, 6 — диск.

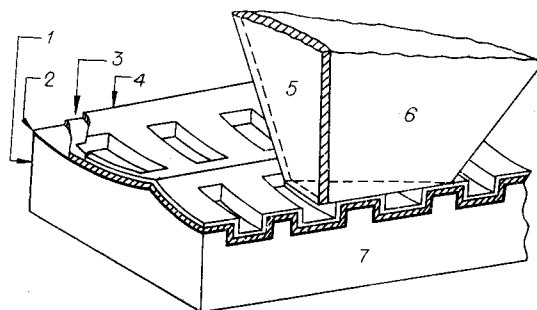


Рис. 2. Емкостный датчик фирмы “RCA”:

1 — винил, 2, 5 — металл, 3 — диэлектрик, 4 — смазка, 6 — сапфир, 7 — движение диска.

пешно записывает и воспроизводит с помощью своей системы телевизионное изображение с приемлемым качеством.

В данной статье я не стану обсуждать далее механические системы: читатели, интересующиеся этими системами, могут ознакомиться с ними по литературе, указанной в приводимом перечне. Я хотел бы лишь отметить, что оптические системы видеопроигрывателей являются не единственным решением, а также то, что в некоторых отношениях механические системы проще. Так, например, в этих системах нет необходимости в слежении за дорожкой и фокусировке. Однако диски таких систем подвержены износу, и вследствие того, что они не могут быть закрыты, то не могут быть и защищены от воздействия царапин и появления на них отпечатков пальцев.

Оптические системы, которые будут рассмотрены ниже, характеризуются двумя общими признаками: подобно механическим системам в них используется последовательная запись (в противоположность голографической) и информация кодируется в виде микроскопических выемок или углублений вдоль спиральных дорожек. Рациональность последовательного кодирования во времени будет обсуждаться ниже; кодирование в виде углублений диктуется главным образом нелинейной природой записывающей среды.

В 1970 г. разработка оптических видеодисковых систем велась несколькими фирмами. Немецкая фирма "Philips" сконцентрировала свои усилия на системе, использующей толстый (≈ 1 мм) отражающий диск [3—8], показанный на рис. 3. Следует заметить, что считывание производится через толщу пластика, поэтому отпечатки пальцев и царапины оказываются вне фокуса и почти не ухудшают качества воспроизведения. Для отслеживания информационной дорожки лазерный пучок управляется подвижным регулируемым зеркалом, как показано на рисунках. Для управления фокусировкой объектив крепится на подвижной катушке типа громкоговорителя, образуя элемент системы регулирования.

Французская фирма "Thomson-CSF" в то же время разработала систему с гибким прозрачным диском [9, 10]. В некоторых отношениях эта система проще системы фирмы "Philips". Для стабилизации фо-

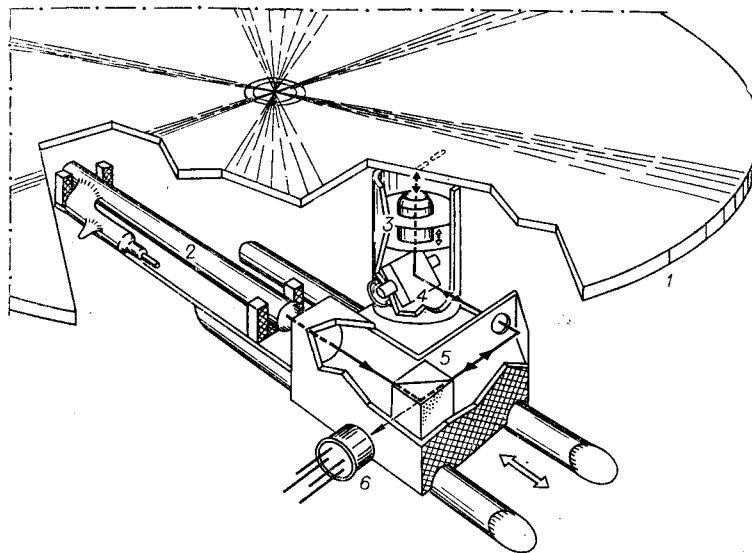


Рис. 3. Оптический датчик фирмы "Philips":
1 — диск, 2 — лазер, 3 — объектив, 4 — поворотное зеркало, 5 — лучеделитель,
6 — фотоприемник.

кусного расстояния инженеры этой фирмы предложили так называемый «аэродинамический стабилизатор» [11]. Это устройство показано на рис. 4. При движении диска между близко расположенными поверхностями стабилизатора увлекаемый им воздух сжимается, образуя воздушный подшипник, удерживающий диск в фокусе объектива с точностью до нескольких микрон. К сожалению, на диске очень быстро появляются царапины при прохождении крупных частиц пыли через узкую щель между пластинами стабилизатора. Поэтому такая система оказывается малоподходящей для использования в быту, но для экспериментов стабилизатор фирмы «Thomson» является очень простым и наиболее удобным средством удержания летящего диска в фокусе считывающего объектива. Очень прост и удобен для лабораторных исследований гибкий прозрачный диск. Такие диски легко изготавливать прессованием листов ПВХ (полихлорвинил) в условиях повышенной температуры и давления. Кроме того, не требуется дополнительного покрытия, как это делается для отражающих дисков. Тем не менее я могу предсказать, что видеодиск будущего, предназначенный не для лабораторного, а широкого использования, должен работать на отражение. Только такого типа диски могут быть защищены посредством нанесения на них металлического слоя и защитного покрытия. Такое покрытие не может быть использовано для диска, работающего на пропускание, так как оно заполнит углубления и, имея почти такой же показатель преломления, что и сама запись, сделает информацию невидимой.

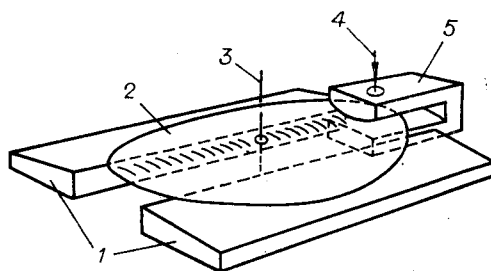


Рис. 4. Система U-образного стабилизатора:
1 — смазанные пластины, 2 — гибкий диск, 3 — ось шпинделя, 4 — оптическая ось считывания, 5 — U-образный стабилизатор.

В фирме «Zenith Radio Corporation» экспериментировали с дисками того и другого типа [12—18] и, признав преимущество защищенных дисков, предложили использовать именно такие диски с рядом улучшений, разработанных совместно с инженерами и учеными фирм «Philips» и «МСА». Вместе с коллегами этих фирм мы внесли предложение о создании совместимых проигрывателей, способных воспроизводить как толстый (1,1 мм), так и тонкий (200 мкм) диски. Это сделано потому, что мы почувствовали, что, хотя толстые диски являются хорошо защищенными и очень удобными для записи ценных материалов: кинофильмов, спектаклей, опер и т. п., однако тонкие диски удобны для вставки и пересылки в периодических изданиях и могут оказаться лучшим материалом для записи сводок последних новостей, спортивных сообщений, документов, туристических путеводителей и т. д.

Сам формат записи до определенной степени обычен. Как и при звуковой записи, информация записывается на спиральных дорожках, но в отличие от звукозаписи, где плотность дорожек составляет порядка 10 дорожек на миллиметр, для видеодиска необходима плотность 660 дорожек на миллиметр.

Такая плотность при скорости вращения 1800 об/мин обеспечивает получасовое время воспроизведения для диска диаметром 30 см. Скорость вращения 1800 об/мин выбрана с тем, чтобы каждое телевизионное изображение или полукадр (1/30 с — в США) могли быть записаны на одном обороте диска. Это позволяет легко останавливать изображение посредством перескока назад лазерного луча в конце каждой дорожки. Также легко можно добиться замедления и ускорения просматриваемой записи.

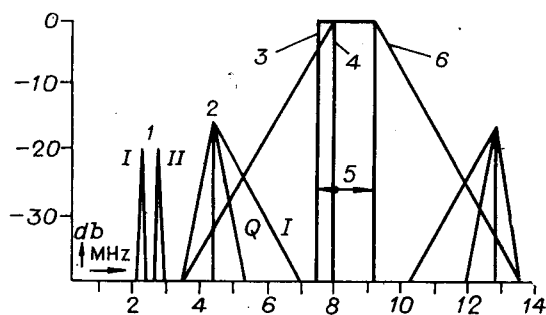


Рис. 5. Параметры кодирования видеодиска в стандарте NTSC:

1 — звук, I, II — каналы, 2 — цвет, 3 — вершина импульса синхронизации, 4 — уровень черного, 5 — девиация частоты, 6 — уровень белого.

2,8 МГц посредством модуляции ширины последовательности импульсов. Электрооптический модулятор преобразует модуляцию последовательности импульсов в модуляцию пучка света гелий-кадмиевого (≈ 100 мВт) лазера, который последовательно записывает информацию на образцовый стеклянный диск, покрытый положительным резистивным материалом [20, 21]. После проявления получается штамп, который используется для прессования записанной картины на тонких полихлорвиниловых листах. Тонкие диски изготавливаются либо обычным методом компрессионного литья, либо литья под давлением. В любом случае на диске получается модулированная последовательность углублений вдоль дорожек. Электронная микрофотография такой последовательности луночек показана на рис. 6.

При воспроизведении, когда углубление проходит под сфокусированным пучком лазера, свет рассеивается на углублении и детектируется фотодиодом, расположенным на пути отраженного света. Имеется два механизма полезного рассеяния, каждый из которых требует определенной глубины лунки.

В первом методе, предложенном в моей лаборатории, глубина лунок выбрана такой, что получается разность хода в $\lambda/4$ между лучами, проходящими через центр лунки и область, окружающую лунку. Для диска, работающего на пропускание, это изображено на рис. 7. Призмоподобное отражение света при его прохождении через края лунки становится понятным из изображения отдельных участков волнового фронта, приведенного на рисунках. Если расщепленный фотодиод, соединенный пушпульно, установить в выходящем пучке света, он будет формировать на выходе импульсы различной полярности на каждом последующем крае лунки. Таким образом, фотодиод фактически действует как детектор пересечений нуля, т. е. дает именно то, что необходимо для системы с ЧМ и ШИМ модуляцией.

Такой режим работы не может быть осуществлен в том случае, когда глубина лунок (по вышеприведенному определению) равна $\lambda/2$. Как показано на рис. 8, в этом случае рассеяние от обоих краев совершенно симметрично, поэтому невозможно выде-

Сама видеоинформация кодируется в виде модуляции частоты и рабочего цикла последовательности импульсов. Параметры кодирования показаны на рис. 5. Составляющие яркости и цвета полного NTSC сигнала [19] модулированы по частоте на номинальной несущей 8 МГц с девиацией частоты 1,7 МГц. К частотно-модулированному кодированному NTSC сигналу добавлено два звуковых канала на поднесущих 2,3 и

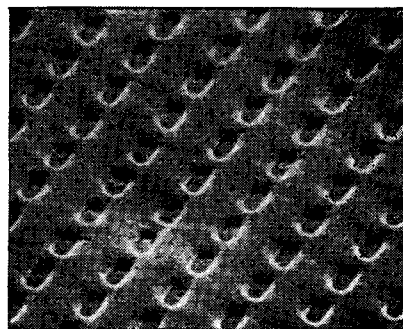


Рис. 6. Электронная микрофотография лунок:

длина лунок 1,2 мкм, расстояние между дорожками 2,5 мкм (фирма «Зенит», США).

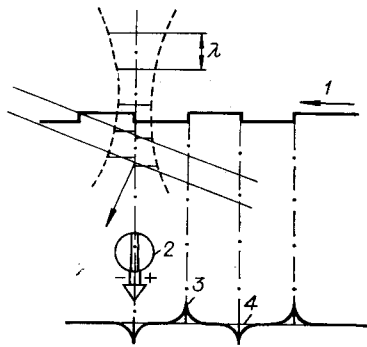


Рис. 7. Отклонение сфокусированного луча лунками $\lambda/4$:
1 — дорожка, 2 — фотодиод, 3 — ВЧ сигнал, 4 — нулевой уровень.

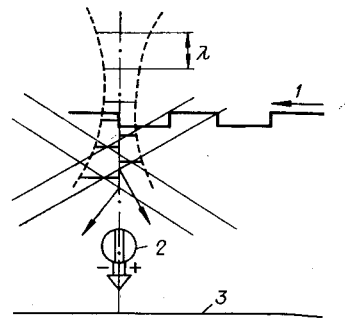


Рис. 8. Симметричное тангенциальное рассеяние сфокусированного луча лунками $\lambda/2$:
1 — дорожка, 2 — фотодиод, 3 — ВЧ сигнал, равный 0.

лить различия между левым и правым краями лунки*. При использовании такой системы пятно света должно быть шире диаметра лунки с тем, чтобы свет рассеивался боковыми сторонами лунки, когда ее центр проходит под лучом лазера. Такое устройство показано на рис. 9, из которого видно, что одинарный диод с апертурой формирует однополярный сигнал, совпадающий с центром лунки. Нулевые пересечения при этом определяются моментами, когда сигнал имеет какую-то промежуточную амплитуду. Тогда первая система в принципе позволяет более точно определить нулевые пересечения за счет меньших искажений сигнала. Однако для этого необходимы лунки определенной глубины, что исключает те (более общие) формы записи, при которых свет рассеивается почти произвольно. Такой формат не подходит для фотографического способа записи, при котором свет поглощается, а не рассеивается. Именно поэтому в своих технических рекомендациях мы пред-

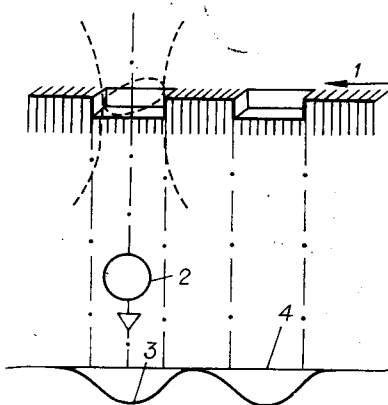


Рис. 9. Радиальное рассеяние сфокусированного луча лунками $\lambda/2$:
1 — дорожка, 2 — фотодиод, 3 — ВЧ сигнал, 4 — средний уровень.

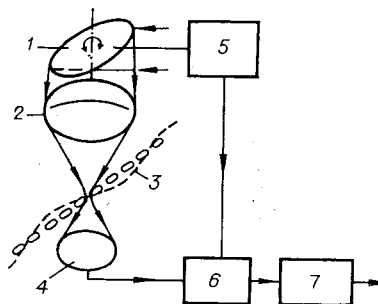


Рис. 10. Слежение за дорожкой методом качания луча:
1 — наклоняемое зеркало, 2 — объектив, 3 — положение пятна, 4 — фотоматрица, 5 — генератор, 6 — умножитель, 7 — интегратор.

* В первых экспериментах с лунками глубиной около $\lambda/2$ инженеры фирмы "Thomson-CSF" заметили, что можно получить различный сигнал при расфокусировке объектива. Анализируя этот эффект, мы пришли к выводу, что подобный эффект с лунками глубиной $\lambda/4$ получается при сфокусированном объективе, позднее это было подтверждено экспериментально.

ложили формат $\lambda/2$. При этом достигается большая совместимость с записями, сделанными различными способами, например фотоспособом.

Однако, несмотря на все сказанное, при экспериментировании более удобными являются лунки глубиной $\lambda/4$. Они позволяют довольно легко получить сигнал ошибки, необходимый для удержания считывающего пятна на информационной дорожке, или так называемый сигнал радиального слежения. Для его получения может быть использован тот же механизм, который отклоняет луч света вперед и назад по дорожке, когда лунка проходит под лучом. Для этого можно просто использовать второй расщепленный фотодиод, повернутый на 90° относительно считывающего фотодиода, т. е. обе половинки этого фотодиода расположить на противоположных сторонах дорожки.* Полярность сигнала постоянного тока, получаемого на выходе фотодиода, будет указывать на то, по какую сторону дорожки находится луч. После электронной обработки этот сигнал подается на гальванометрическое зеркало, которое возвращает луч к центру дорожки.

В системе, использующей лунки $\lambda/2$, применяются различные методы получения сигнала радиального слежения. Мы использовали так называемый метод «качания луча», когда луч периодически отклоняется (на очень малую величину) поперек дорожки. Такое периодическое отклонение изменяет выходное напряжение фотодиода с частотой отклонения пятна от центра дорожки; фаза выходного сигнала указывает на положение сфокусированного луча относительно дорожки. Эта ситуация показана на рис. 10. Существуют и другие методы, однако мы считаем, что метод качания реализуется проще и надежнее.

Кроме сервосистемы радиального слежения, необходима другая сервосистема для корректирования ошибок фокусировки, вызванных вертикальными смещениями (качением) диска. И в этом случае существует много способов получения сигнала ошибки фокусировки, однако мы нашли, что наиболее простой является система [10], предложенная инженерами фирмы «Thomson-CSF» и показанная на рис. 11. В этой системе цилиндрическая линза установлена в отраженном пучке света, которая анастигматизирует пучок и расщепляет исходную сфокусированную точку на две ортогональные сфокусированные линии, разделенные определенным промежутком. Счетверенный фотодиод, показанный на рис. 12, помещается посредине между двумя сфокусированными линиями таким образом, что когда диск находится в фокусе, то на фотодиод падает круглое пятно света и на выходе счетверенного фотодиода проявляется равный выходной сигнал. При смещении диска вверх пятно из круглого становится эллиптическим, так как приближается к одной из фокусных линий, и два диагональ-

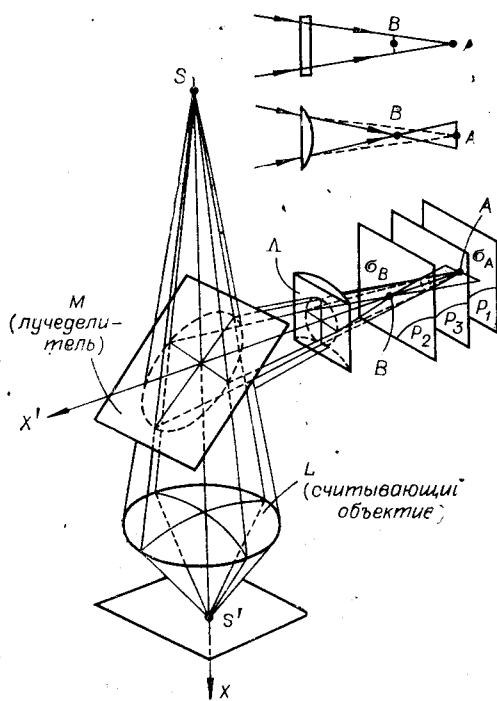


Рис. 11. Схема астигматического датчика.

* Практически используется не два фотодиода, а один счетверенный.

но расположенных сегмента диода получают больше света, чем два других. Когда диск смещается вниз от положения «в фокусе», другая пара сегментов получает больше света. Соответствующим поперечным соединением четырех сегментов формируется биполярный сигнал ошибки фокусировки. Он подается на подвеску (типа катушки громкоговорителя) объектива, перефокусирующего пятно на поверхность диска.

Представляют интерес количественные параметры оптической системы. Для считывания используется гелий-неоновый лазер мощностью 1 мВт с объективом, апертурное число которого равно 0,4. Наиболее высокая пространственная частота, которая может быть считана с помощью такой системы, равна 1250 период/мм. Так как тангенциальная скорость на внутреннем радиусе диска равна приблизительно 10 м/с, то наивысшая пространственная частота 1250 колеб./мм соответствует наивысшей временной частоте около 12,5 МГц. Этого вполне достаточно для считывания сигнала, закодированного в соответствии с параметрами, указанными на рис. 5.

Неизбежный эксцентриситет, обусловленный неточным положением отверстия в центре диска, равен примерно 100 мкм. Сфокусированное пятно должно следовать по центру дорожки с точностью до десятых долей микрона. Поэтому коэффициент усиления в системе радиального слежения за дорожкой должен быть равен нескольким сотням.

Колебания толстого диска могут достигать 1 мм на частоте вращения 30 Гц; на более высоких частотах колебания снижаются в соответствии с законом $1/f^2$ и достигают 1 мкм на частоте 1 кГц. Глубина фокуса лазерного луча равна примерно 3 мкм. Поэтому система фокусировки должна иметь усиление, равное 300 на частоте 30 Гц, и падать до 1 на частоте 1 кГц [4, 8].

Кроме двух указанных систем регулирования, необходима еще одна — для коррекции развертки. Телевизионные приемники в США, как правило, имеют большие постоянные времени схем синхронизации и демодуляции цвета с целью подавления шума. Такие схемы не могут отслеживать изменения сигналов временной синхронизации и фазовые изменения в сигнале цветности, которые возникают в результате изменений скорости вращения в проигрывателе и деформации диска. Поэтому необходимо корректировать эти изменения с помощью сервосистемы, которая бы смещала лазерный луч вдоль дорожки, это — так называемая сервосистема тангенциального слежения. Опорные сигналы для работы этой сервосистемы получают из сигналов синхронизации строчной развертки, имеющихся в телевизионном сигнале, или от специальной управляющей несущей, помещенной в записанный видеосигнал. Хотя вполне можно скорректировать ошибки синхронизации только электронными средствами, такими как устройства с зарядовой связью, нам удалось достичь этого электромеханическим способом. Для этого мы использовали так называемое двухосевое зеркало, показанное на рис. 13; одна ось используется для радиального слежения, а другая — для тангенциального слежения за дорожкой. Путем сравнения частоты с частотой импульсов синхронизации по горизонтали и фазового сравнения с сигналами синхронизации цвета по вертикали нам удалось сохранить флюктуации поднесущей цвета 3,58 МГц в пределах $\pm 10^\circ$, что соответствует стандарту NTSC.

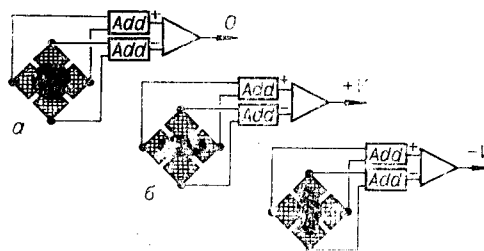


Рис. 12. Астигматический датчик. Типичные картины распределения освещенности фото-матриц:

а — диск в фокусе, б — диск вне фокуса (удален), в — диск вне фокуса (приближен).

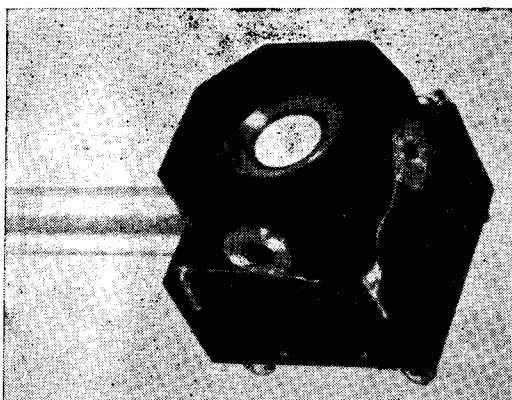


Рис. 13. Двухосевое зеркало для радиального и тангенциального слежения за дорожкой (фирма «Зенит», США).

Этот краткий обзор я хотел бы заключить ответами на некоторые часто задаваемые вопросы, которые могут также возникнуть у читателя. Одним из таких вопросов является вопрос о том, почему мы не используем голографическую систему, такую как голотайпная система фирмы "RCA" [22] со всеми ее преимуществами: отсутствием систем точной фокусировки и слежения за дорожкой? Хотя такая система была разработана, причем очень остроумно, инженерами фирмы "Hitachi" [23, 24], но мы пришли к выводу, что наличие считывающего видикона

усложняет систему и она оказывается более дорогой по сравнению с системой, использующей для последовательного считывания простой фотодиод. Кроме того, кодирование звука в такой голографической системе становится чрезвычайно сложной проблемой.

Другой часто задаваемый вопрос относится к потенциальным возможностям использования видеодиска в качестве памяти с произвольным доступом [25, 26]. Как уже указывалось, относительно просто остановить определенный кадр на экране простым методом перескока лазерного луча к началу дорожки после каждого оборота. Из-за того, что на диске может быть до 50 000 дорожек, возможно его использование (при желании) в качестве книги с 50 000 отдельных (телевизионных) страниц с быстрым доступом к любой странице. Более того, доступ может управляться микропроцессором по сигналу пользователя. Очень обширным может оказаться применение такого диска при обучении; процесс обучения может быть изменен коренным образом. Хотя видеомэгнитофон в развлекательных целях является конкурентом видеодиска, их возможности по произвольному доступу несопоставимы.

Если говорить кратко, то видеодисковая технология, рассмотренная в этой короткой статье, является необычной смесью точной механики, электроники и оптики.

Для тех из нас, кто принимал участие в его разработке, видеодиск оказался интересным приключением. Мы надеемся, что наши усилия окажутся бесполезными.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dickopp G. and Redlich H. Design simplicity cut costs for German color-video disc system.— "Electronics", 1973, p. 93—99.
2. Clemens Jon. K. Videodisc systems with contacting pickups.— Int. Symposium Digest of Technical Papers. Lewis Winner, N. Y., 1976, p. 162—163.
3. Compaan K. and Kramer P. An optical readout video disc system with optoelectronic tracking.— Int. Symposium Digest of Technical Papers. Lewis Winner, N. Y., 1974, p. 40, 41.
4. Bogels P. W. System coding parameters, mechanics and electromechanics of the reflective video disc player.— "IEEE Trans. on Consumer Electronics", 1976, p. 309—317.
5. Compaan K. and Kramer P. The Philips "VLP" system.— "Philips Techn. Rev.", 1973, vol. 33, N 7, p. 178—180. (Also in "J. of the SMPTE", 1974, vol. 83, N 7, p. 564—566.)
6. Bussche W., Hoogendyk A. H. and Wessels J. H. Signal processing in the Philips "VLP" system.— "Philips Techn. Rev.", 1973, vol. 33, N 7, p. 181—185. (Also in "J. of the SMPTE", 1974, vol. 33, N 7, p. 567—571).

7. Bouwhuis G. and Burgstede P. The optical scanning system of the Philips "VLP" record player.—"Philips Tech. Rev.", 1973, vol. 33, N 7, p. 186—189. (Also in "J. of the SMPTE", 1974, vol. 83, N 7, p. 572—575).
8. Janssen P. J. M. and Day P. E. Control mechanism in the Philips "VLP" record player.—"Philips Techn. Rev.", 1973, vol. 33, N 7, p. 190—193. (Also in "J. of the SMPTE", 1974, vol. 83, N 7, p. 576—579.)
9. Broussaud G., Spitz E., Tinet C. M. and Carvenec F. L. A video disc optical design.—Int. Symposium Digest of Technical Papers. Lewis Winner, N. Y., 1974, p. 38, 39.
10. Bricot C., Lehureau J. C., Puech C. Optical readout of video disc.—"IEEE Trans. on Consumer Electronics", 1976, p. 304—308.
11. Ahmed M., Brown R. and Korpel A. The aerodynamic stabilization of video discs.—"IEEE Trans. on Consumer Electronics", 1975, vol. CE-21, N 2.
12. Korpel A. Optical video disc technology.—Proc. of the S. P. I. E. Vol. 53. Laser Recording. San Diego, California, 1974.
13. Whitman R. L. A transmission mode optical video disc system.—Int. Symposium Digest of Technical Papers. Lewis Winner, N. Y., 1974, p. 34—35.
14. Korpel A. A review of video disc principles.—Int. Symposium Digest of Technical Papers. Lewis Winner, N. Y., 1974, p. 32—33.
15. Laub L. J. Optics of reflective video disc players.—"IEEE Trans. on Consumer Electronics", 1976, p. 258—265.
16. Adler R. An optical video disc player for N. T. S. C. Receivers.—"Trans. BTR", 1974, p. 230—234.
17. Adler R. Video disc system alternatives.—"IEEE Trans. on Consumer Electronics", 1976, p. 302—303.
18. Hrbek G. W. An experimental optical videodisc playback system.—"J. of the SMPTE", 1974, vol. 83, N 7, p. 580—582.
19. Fink O. G. Electronic engineers' handbook. Sect. 20. McGraw-Hill, N. Y., 1975.
20. Palermo P., Korpel A., Dickinson G. and Watson W. Video disc mastering and replication (to be published in "Optics and Laser Technology" (G. B.)).
21. Winslow J. S. Mastering and replication of reflective videodiscs.—"IEEE Trans. on Consumer Electronics", 1976, p. 318—326.
22. Hannan W. J. et al. Holo tape: a low-cost prerecorded television system using holographic storage.—"J. of the SMPTE", 1973, vol. 82, N 11, p. 905—915.
23. Tsunoda Y. et al. Holographic video disk: an alternative approach to optical video disks.—"Appl. Opt.", 1976, vol. 15, N 6, p. 1398—1403.
24. Tsunoda Y. and Takeda Y. High density image-storage holograms by a random phase sampling method.—"Appl. Opt.", 1974, vol. 13, N 9, p. 2046—2051.
25. Kenney G. C. Special purpose applications of the optical videodisc system.—"IEEE Trans. on Consumer Electronics", 1976, p. 327—338.
26. Mathieu M. A random access system adapted for the optical video disc: its impact on information retrieval.—"J. of the SMPTE", 1977, vol. 86, N 2, p. 80—83.

Поступила в редакцию 8 апреля 1977 г.

УДК 535.4 : 778.38

В. П. КОРОНКЕВИЧ, Г. А. ЛЕНКОВА, И. А. МИХАЛЬЦОВА
(Новосибирск)

КИНОФОРМНЫЕ ЛИНЗЫ, Ч. 1 ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ФОТОШАБЛОНА

В связи с появлением управляемых от ЭВМ многоградационных графопостроителей и новых перспективных светочувствительных материалов вновь возник интерес к дифракционным оптическим системам, которые можно тиражировать, снимая копии с предварительно нарезанных матриц. Изготовление таких матриц представляло большие трудности, так как требовалось механическим путем получить поверхностный рельеф с переменным профилем, минимальное расстояние между элементами которого порядка длины волны.

В отличие от обычных оптических систем в дифракционных системах длина оптического пути вдоль всех лучей, соединяющих объект