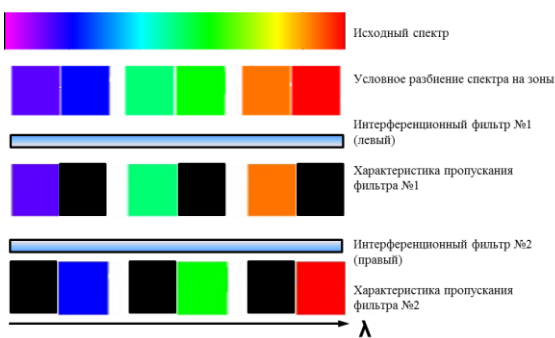


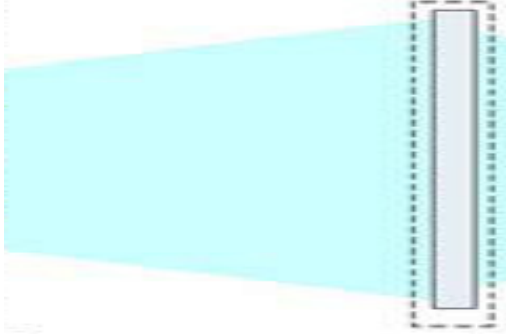
- Но современная, более продвинутая технология, подразумевает спектрональное разделение.

Технология является эволюцией технологии анаглифов. Основана на цветовом разделении внутри спектра цветов (цветовых волн) (Infitec- произошло от слов «Interference filter technology» — технологии, связанные с использованием эффекта интерференции). Для левого и правого глаза используют разные цвета (как и в анаглифической технологии), но в данной 3D технологии разделение происходит не на два цвета, а на отдельные полосы внутри спектра этих цветов, что позволяет намного улучшить качество стереоизображения. Так, если мы возьмем спектр радуги от красного до фиолетового, мы одни спектральные полосы вырезаем для левого глаза, другие, промежуточные – для правого. Тогда получится, что в каждом глазу мы имеем полноцветные изображения, но физически они разделены. Поэтому каждый глаз все равно будет видеть свое. В данной стереотехнологии также применяются очки со светофильтрами, и их строение непростое, потому как они разделяют целый спектр цветов. Очки эти имеют относительно высокую стоимость, что и является одним из главных недостатков технологии.

Однако в сравнении с поляризационной технологией (о которой речь пойдёт ниже) данный метод позволяет сэкономить на стоимости экрана (не требуется посеребрённый или алюминированный экран) вот почему технология нашла своё широкое применение в 3D кинотеатрах.



- Весь визуальный спектр может восприниматься человеком через сочетание красного, зелёного и синего цветов (RGB) В фильтрующем диске есть сегменты, которые фильтруют свет проектора на красный, зелёный и синий цвет разных длин волн для каждой части стереопары ^[1]. При этом красный цвет определённой частоты видит левый глаз, а красный цвет другой частоты — правый (каждый глаз видит красный своего цвета). То же самое верно для зелёного и синего. Разница в цветовом восприятии для левого и правого глаза корректируется дополнительными фильтрами очков. Такие очки стоят дешевле, чем активные затворные и не требуют управляющего сигнала для синхронизации с кинопроектором.**



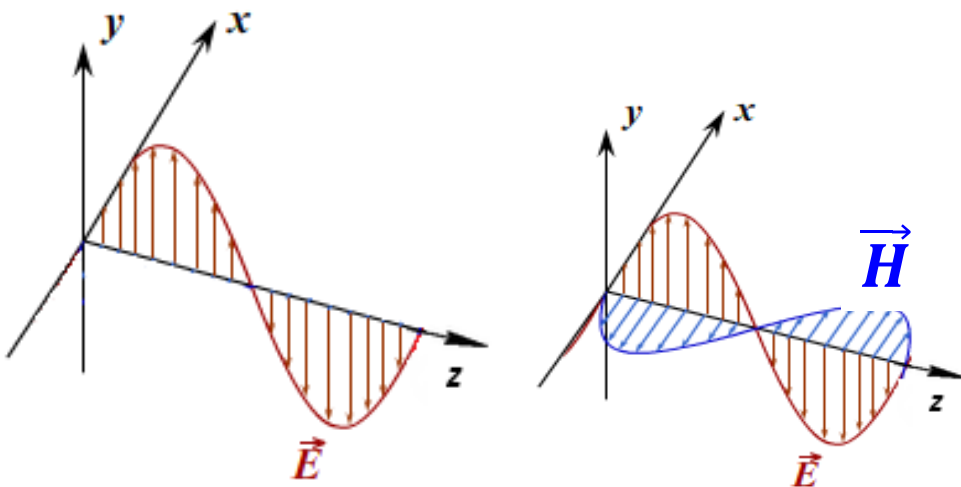
- **Цифровой кинопроектор**, используемый для такой технологии, пригоден как для «плоского» показа 2D, так и для объёмного 3D. Для 3D показа стандартный **обтюратор** с тремя цветными **светофильтрами красного, зелёного и синего цветов аддитивного цветового синтеза**, заменяется другим, с тремя дополнительными светофильтрами тех же **основных цветов**, но имеющими другой **спектральный диапазон** пропускания. Всего такой обтюратор оснащён шестью светофильтрами, перекрывая свет лампы с удвоенной частотой. Таким образом, за время проекции одного «плоского» кадра проектор успевает показать обе части **стереопары**, каждую часть через «свою» группу цветных светофильтров, спектральный диапазон пропускания которых смещён друг относительно друга, но в сумме даёт обычную цветопередачу^[1]. **Очки**, выдаваемые зрителям, также оснащены светофильтрами, пропускающими узкие спектральные полосы основных цветов, причём фильтры для разных глаз имеют разные полосы пропускания для красного, зелёного и синего цветов, создавая при этом одинаковое зрительное ощущение от цветного изображения за обоими стёклами. Такая технология создания стереоэффекта называется «визуализация через волновое умножение» или технология интерферентной фильтрации и

лицензирована Dolby у немецкой компании *Infitec GmbH* (сокращение от [нем. Interferenzfiltertechnik](#)).

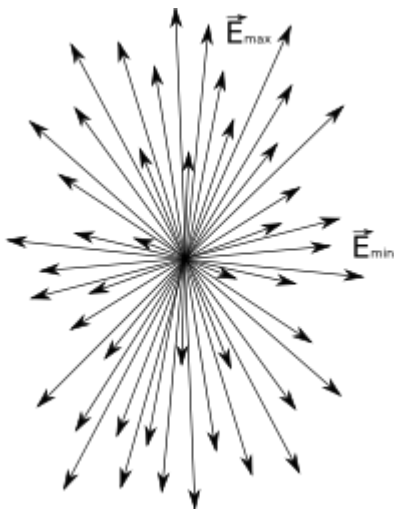
Слайд 59

Видимый свет, благодаря которому мы получаем информацию об окружающем нас мире, - это **узкий диапазон электромагнитного излучения** с длинами волн от 380 нм до 750 нм.

В электромагнитной волне вектора **напряжённости электрического поля \vec{E}** и **напряжённости магнитного поля \vec{H}** перпендикулярны друг другу и лежат в плоскости, перпендикулярной направлению распространения волны, поэтому очень часто в поясняющих рисунках оставляют только вектор \vec{E} , перпендикулярный вектор \vec{H} подразумевается. Во всех процессах взаимодействия света с веществом основную роль играет вектор напряжённости электрического поля \vec{E} , поэтому его называют **световым вектором**.



Неполяризованный свет или естественный свет, испускаемый обычными источниками (например, солнечный свет, излучение ламп накаливания и т. п.), состоит из огромного числа волн, колеблющихся с различной частотой, с различной амплитудой и с различной ориентацией светового вектора. Распределение светового вектора E по углам симметрично относительно направления распространения волны.



Частично поляризованный свет - то же, что и естественный, но распределение светового вектора E по углам несимметрично. Частично поляризованный свет характеризуется такой величиной, как *степень поляризации* - отношением E_{max} к E_{min} . Для естественно поляризованного света степень поляризации равна единице.

Причиной возникновения поляризации волн может быть:

- несимметричная генерация волн в источнике возмущения;
- **анизотропность** среды распространения волн;
- **преломление** и отражение на границе двух сред.

Поляризация описывается **фигурами Лиссажу**, и соответствует сложению поперечных **колебаний** равной частоты (с различным сдвигом **фаз**). При равенстве частоты колебаний фигуры Лиссажу представляют собой эллипс, двумя крайними формами которого являются круг и отрезок прямой.

В общем случае для **гармонических волн** конец вектора колеблющейся величины описывает в плоскости, поперечной направлению распространения волны, **эллипс**:

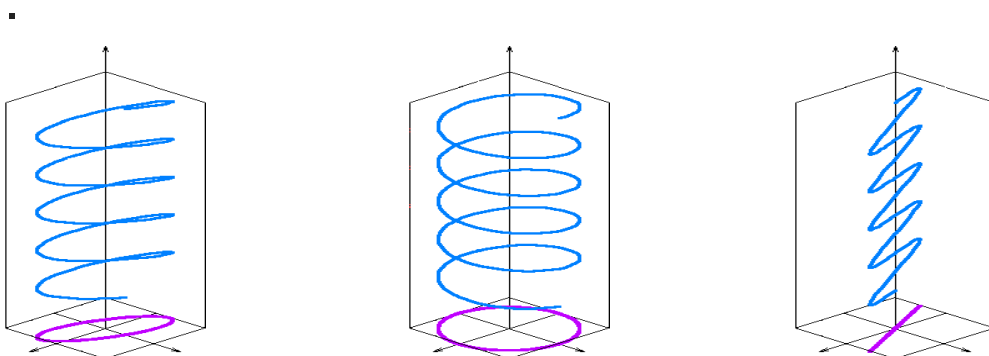
это **эллиптическая поляризация**. Важными частными случаями являются **линейная поляризация**, при которой колебания возмущения происходят в какой-то

одной **плоскости**, в таком случае говорят о «**плоско-поляризованной волне**», и **круговая** или **циркулярная**

поляризация, при которой конец вектора амплитуды описывает **окружность** в плоскости колебаний; круговая поляризация (как и эллиптическая) в зависимости от

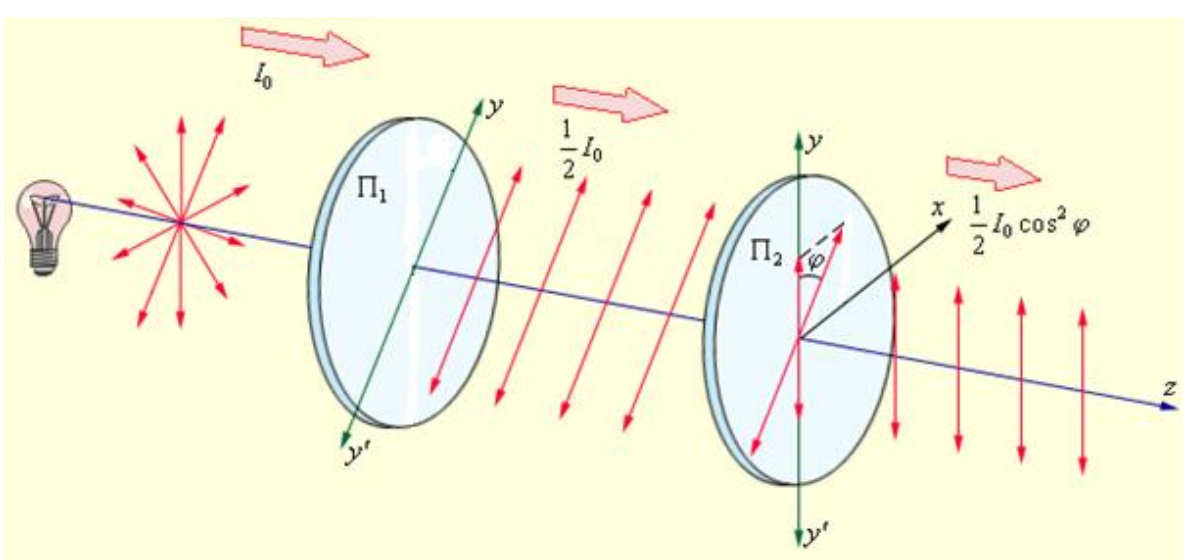
направления вращения вектора может

быть *положительной* или *правой* и *отрицательной* или *левой*



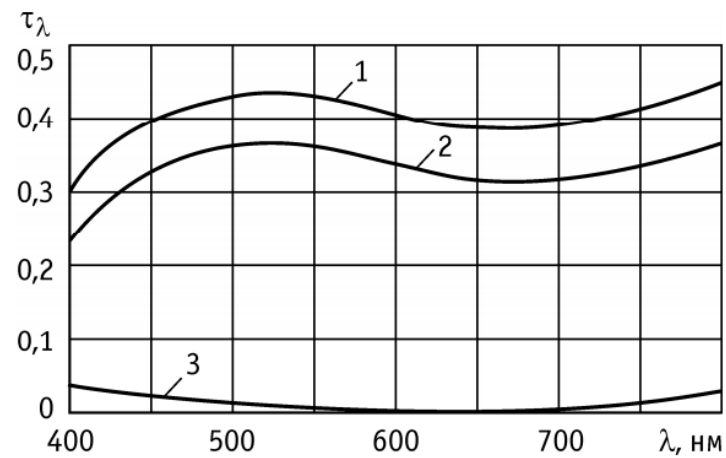
Слайд 62

Поляризаторы осуществляют деление изображений путем поляризации световых лучей во взаимно-перпендикулярных плоскостях. Наиболее пригодными являются **искусственные поляризационные фильтры**, которые представляют собой **совокупность множества одинаково ориентированных микроскопических кристалликов** (коллоидальные соединения йода с хинином), вкрапленных в желатин. Поскольку ориентация кристаллографических осей всех кристалликов одинакова, совокупность их ведет себя как один кристалл-поляризатор. В последнее время в качестве поляризационных фильтров для видимой области спектра стали широко применяться растянутые в одном направлении гидрофильные пленки поливинилового спирта, окрашенные йодом и обычно заклеенные для защиты от действия влаги между плоскопараллельными пластинками из стекла, кварца или полимерных изотропных пленок.



Слайд 63

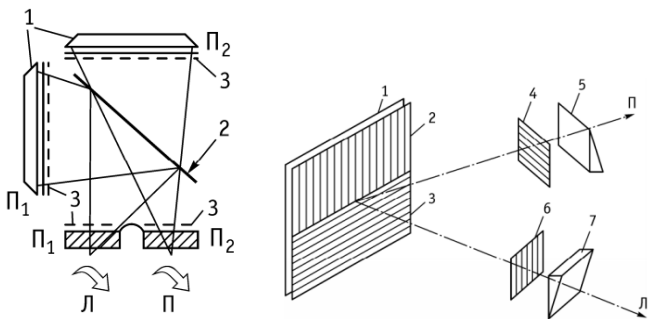
Поляроиды можно использовать как для поляризации естественного света, так и для фильтрации уже поляризованного света. На паре поляроидов можно наглядно продемонстрировать их работу - при вращении одного относительно другого на 90 градусов можно наблюдать практически полное затухание проходящего через них света.



Поляризационные фильтры практически нейтральны в видимой части спектра электромагнитных колебаний (рис. 2.24, на котором под τ_λ понимается спектральный коэффициент пропускания света поляризационным фильтром). Некоторые отклонения в красной и фиолетовой областях спектра заметно не сказываются при просмотре стереоцветных изображений.

Слайд 64

Для селекции изображений стереопары используются два поляроида P_1 и P_2 со взаимно-перпендикулярными плоскостями поляризации, которые устанавливаются перед экранами плазменных или жидкокристаллических панелей, управляемых одновременно передаваемыми видеосигналами изображений стереопары (рис. 2.22). При этом следует иметь в виду, что свет большинства жидкокристаллических экранов линейно поляризован под углом 45° относительно горизонтальной (вертикальной) границы воспроизводимого изображения. Это связано с конструкцией LCD-матрицы. Совмещение изображений стереопары осуществляется на полупрозрачном зеркале. Наблюдатель снабжается очками из таких же поляроидов (анализаторов), причем для левого глаза L плоскость поляризации параллельна плоскости поляризации поляроида P_1 , а для правого глаза P – плоскости поляризации поляроида P_2 . Через такие очки наблюдатель увидит левым глазом только левое изображение стереопары, а правым – только правое изображение.



Подобный формат размещения кадров стереопары на экране воспроизводящего устройства получил название Top-Bottom («верх-низ»). Для обеспечения вертикальной четкости отображаемых левого и правого изображений стереопары, соответствующей стандарту HDTV, необходимо использовать специально разработанные плазменные панели, воспроизводящие 2160 активных пикселей в вертикальном направлении.

Слайд 65

К достоинствам данного способа селекции относится практически полное пространственное разделение изображений стереопары поляроидами при условии, что плоскости поляризации поляроидов в очках наблюдателя и у экранов устройств воспроизведения все время остаются параллельными. В этом случае $K_m ; 0,02$. При произвольном наклоне головы наблюдателя, имеющего поляризационные очки, плоскости поляризации расходятся, что приводит к увеличению степени проникновения мешающего изображения. Зависимость коэффициента пропускания мешающих изображений K_m от угла наклона головы наблюдателя θ_n оценивается соотношением 2

$K_m \approx \text{tg}^2 \theta_n K_{mн} ; \text{tg} \theta$. Практически для сохранения нормального стереоэффекта угол θ_n не должен превышать 13° , при этом $K_m ; 0,05$.

Слайд 67

В первых разработках стереотелевизионных устройств поляроиды устанавливались таким образом, что плоскости их поляризации совпадали с вертикальной и горизонтальной границами телевизионных изображений.

Затем с целью исключения ошибок при изготовлении и эксплуатации поляроидных очков стали использовать диагональную, т.е. V-ориентацию

плоскостей поляризации (под углом $\pm 45^\circ$ относительно границ телевизионного изображения). Впоследствии была выявлена зависимость контрастной чувствительности зрительного аппарата человека от изменения ориентации плоскости поляризации света [32]. Экспериментально установлены колебания контрастной чувствительности зрения в пределах 20% с периодичностью в

$60^\circ \pm 10^\circ$ при изменении направления плоскости поляризации света.

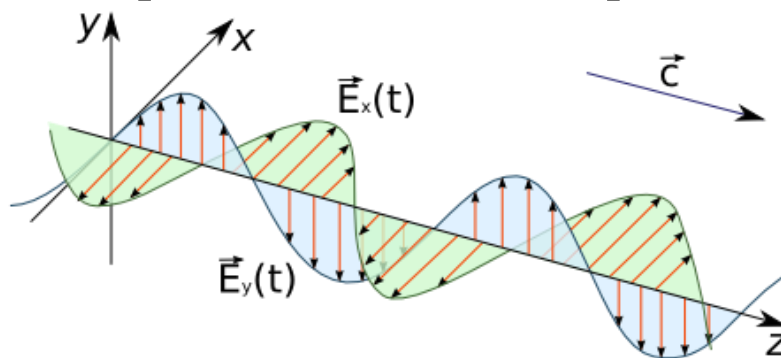
Данная зависимость в полярной системе координат образует фигуру, близкую по форме к гексагональной, что соответствует известной ранее гексагональной форме взаиморасположения фоторецепторов сетчатки и организации их взаимосвязей. Гексагональная

упорядоченность сохраняется и на последующих уровнях зрительной системы человека. При этом наблюдается сдвиг по фазе на 30° в полярной системе координат кривых контрастной чувствительности для левого и правого глаза от угла поворота плоскости поляризации.

Причем абсолютные значения максимумов контрастной чувствительности и соответствующие им направления поляризации света индивидуальны. Бинокулярная зрительная система человека при гексагональной упорядоченности фоторецепторов сетчатки

обладает способностью заполнения минимумов чувствительности одного глаза максимумами чувствительности другого глаза, повышая тем самым число анализируемых элементов рассматриваемых изображений. Практически для улучшения восприятия стереотелевизионных изображений в поляризованном свете, снижения утомляемости необходимо плоскости поляризации поляроидов в стереотелевизионных устройствах ориентировать в соответствии с индивидуальными особенностями наблюдателей. В полной мере эту возможность можно реализовать только в стереотелевизионных устройствах, предназначенных для отображения визуальной информации одному наблюдателю.

- Если при распространении электромагнитной волны световой вектор сохраняет свою ориентацию, такую волну называют *линейно-поляризованной* или *плоско-поляризованной*. Плоскость, в которой колеблется световой вектор называется плоскостью колебаний (плоскость yz на рисунке), а плоскость, в которой совершает колебание магнитный вектор – плоскостью поляризации (плоскость xz на

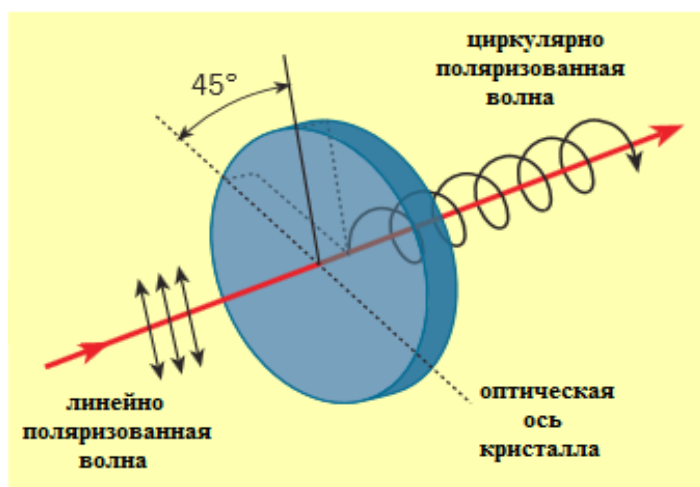


рисунке).

- **Линейно поляризованного света в природе не существует.** Это - математическая абстракция. Говоря о линейно поляризованном свете, в действительности имеют в виду *частично поляризованный свет* с высокой *степенью поляризации*, то есть когда нелинейные составляющие пренебрежимо малы. Границу пренебрежения устанавливают в зависимости от решаемой задачи.
- Если вдоль одного и того же направления **распространяются две монохроматические волны, поляризованные в двух взаимно-перпендикулярных плоскостях**, то в результате их сложения в общем случае возникает *эллиптически-поляризованная волна*. В эллиптически-поляризованной волне в любой плоскости P , перпендикулярной направлению распространения волны (в данном случае эта плоскость = xu), конец результирующего вектора за один период светового

колебания обегает эллипс, который называется эллипсом поляризации. Форма и размер эллипса поляризации определяются амплитудами a_x и a_y линейно-поляризованных волн и фазовым сдвигом $\Delta\varphi$ между ними. Стоит отметить, что по знаку фазового сдвига различают левую и правую поляризацию. Частным случаем эллиптически-поляризованной волны является волна с круговой поляризацией ($a_x = a_y, \Delta\varphi = \pm \pi / 2$).

- четвертьволновая пластина – это специальный материал с двойным преломлением. Типичный пример такого материала – кальцит, а точнее, исландский шпат.
- **Вращение плоскости поляризации** поперечной волны — физическое явление, заключающееся в повороте поляризационного вектора линейно-поляризованной поперечной волны вокруг её волнового вектора при прохождении волны через анизотропную среду.
- непосредственной причиной поворота плоскости поляризации является **набег разности фаз между циркулярно поляризованными составляющими линейно-поляризованной волны при её распространении в циркулярно-анизотропной среде**. Для электромагнитных колебаний такая среда называется оптически активной (или гиротропной),



Четвертьволновые пластинки представляют собой слой оптически активного вещества с двумя взаимно перпендикулярными оптическими осями. В данном случае поляроиды у воспроизводящих устройств должны иметь параллельные плоскости поляризации, расположенные под углом

45° по отношению к границам изображений стереопары. Тогда световые потоки, излучаемые воспроизводящими устройствами, проходя через поляризационные фильтры и четвертьволновые пластинки, приобретут круговую поляризацию с правым направлением вращения плоскости поляризации, т.е. совпадающим с направлением вращения часовой стрелки. У светового потока, формируемого одним из устройств воспроизведения, при зеркальном отражении от полупрозрачного зеркала направление круговой поляризации изменится на противоположное (левосторонняя поляризация). Наблюдение стереотелевизионных изображений в этом случае осуществляется также через очки с фильтрами (см. рис. 2.22), состоящими из четвертьволновых пластинок, которые преобразуют световые потоки с круговой поляризацией в линейно-поляризованные, и поляроидов со взаимно-перпендикулярными плоскостями поляризации, имеющими V-ориентацию. Ортогональность плоскостей поляризации поляроидов, установленных в очках, обеспечивает пространственную селекцию световых потоков с правосторонней и левосторонней круговой поляризацией, а значит и отдельное восприятие изображений стереопары правым и левым глазами наблюдателя. В общем случае четвертьволновая пластинка вводит некоторую разность хода, например $\lambda/4$, только для одного вполне определенного светового колебания с длиной волны λ . В стереотелевизионных устройствах следует

использовать ахроматические пластинки, создающие одинаковый сдвиг фазы для световых колебаний с разными длинами волн. Ахроматические пластинки

изготавливаются из растянутых пленок нитрата целлюлозы.

Кроме того,

применяются и составные четвертьволновые пластинки, состоящие из двух

или более слоев одного и того же материала, например слюды.

Составные

пластинки практически ахроматичны в диапазоне длин волн световых колебаний от 400 до 780 нм. Поляризационные фильтры обеспечивают равные световые нагрузки на зрительный аппарат человека.

Недостатком такого способа селекции является большая потеря света в поляроидных пленках, достигающая 70%

Слайд 70

При использовании линейных фильтров, очки должны располагаться всегда в одном положении - при изменении угла фильтры пропускают часть противоположно-поляризованного света - другой ракурс, образуется гхост. Причём сильное взаимопроникновение ракурсов происходит уже при малых углах наклона. При использовании круговой поляризации головой можно крутить свободно, что является основным преимуществом её перед линейной для стерео, однако она обходится дороже.

Слайд 71

- Для стереопоказа с одного кинопроектора на нем вместо обычного объектива устанавливается двухобъективная насадка и на каждой из трех RGB матриц половина площади используется для построения левого кадра, а другая половина - для построения правого кадра. На объективах установлены фильтры с круговой поляризацией.
- Для кинопоказа по системе «**Sony 3D**» также может использоваться два отдельных проектора.
- Как известно, идеально поляризованного света не бывает, а значит не бывает идеальных фильтров. Для достижения **большого затухания нежелательного ракурса** толщину поляроида увеличивают, что сказывается на уровне поглощения света в целом - **понижается контраст**, а для круговой поляризации ещё сильнее (круговые фильтры представляют собой линейный поляризатор + прослойку для разделения линейно поляризованного света на две перпендикулярные волны света с круговой поляризацией). **Хорошие очки с линейными поляризационными фильтрами при одинаковом уровне затемнения 'паразитного' ракурса в разы выигрывают по контрасту очкам с круговыми фильтрами.**

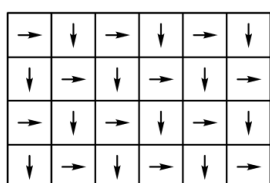
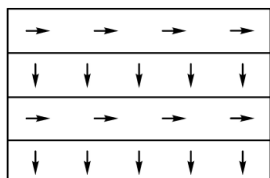
В настоящее время в случае поляроидного способа пространственной селекции изображений стереопары находит применение **микрополяризационная технология изготовления пленок-поляроидов, использующая принцип варьирования направлений поляризации на уровне пикселей или горизонтальных полосок, соответствующих четным или нечетным строкам** чересстрочного раstra (рис. 2.25). Изготовленная подобным образом пленка-поляризатор вплотную прикладывается к фронтальной стеклянной поверхности одной плазменной панели [35].

Именно так формируется стереоскопическая картинка на экранах большинства 3D-кинотеатров, только в случае с IMAX 3D поток для каждого глаза "поляризуется" отдельным проектором, а в случае RealD перед единым проектором с необходимой скоростью сменяется поляризатор.

LG FPR (Film-type Patterned Retarder, в вольном переводе – "плёночный структурированный разделитель").

- . Прежде всего, отпадает необходимость использования быстрой ЖК-матрицы, как для активно-затворной технологии, где требуется частота обновления не менее 120 Гц, по 60 кадров для каждого глаза в секунду.
- Таким образом, телевизор с пассивной поляризацией и разрешением экрана Full HD (1920x1080 точек) для 2D-картинки, в режиме 3D выводит для каждого глаза только

половинное количество строк, то есть картинку с разрешением **1920x540** точек для каждого глаза. **Однако при бинокулярном рассмотрении изображений стереопары трехмерный образ наблюдаемых объектов будет восприниматься с полным разрешением.**



- Пассивные 3D-очки с круговой поляризацией чрезвычайно просты, не требуют питания, весят считанные граммы. Потери яркости при прохождении света через FPR-покрытие и поляризационные очки минимальны, так что яркость экрана для нормального просмотра 3D-изображения может быть существенно ниже, чем при использовании активно-затворных очков с заметно более тёмными ЖК-фильтрами. В комплекте с телевизором LG LW575S поставляется четыре пары удобных поляризационных 3D-очков весом 16 граммов каждая. Стоят очки недорого, сегодня они представлены в широком ассортименте, включая дизайнерские решения от Alain Mikli, очки-клипсы, детские очки и прочие.
- Отсутствие необходимости временного разделения правого и левого каналов также позволяет избежать типичных проблем активно-затворной технологии, а именно мерцания и боковых засветок.
- преимущества пассивной 3D-технологии LG Cinema 3D: недорогие лёгкие очки, яркую картинку, отсутствие эффекта "мерцания".
- дополнительные 3D-очки стоят недорого.
- Из очевидных минусов можно назвать двойное снижение строчного разрешения контента в режиме стерео 3D. Впрочем, эта особенность характерна для всех телевизоров с пассивной круговой поляризацией по технологии LG Cinema 3D, а не только для этой конкретной модели телевизора

Обтюрационный способ селекции изображений.

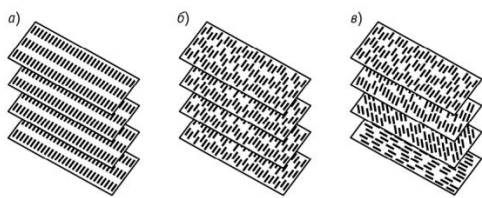
В стереотелевизионных установках для пространственной селекции изображений стереопары достаточно широкое применение получили обтюрационные (эклипсные) устройства, работающие в режиме светового клапана, управляемого электрическим полем (Active Shutter Glasses – активные очки с затвором). Основой обтюрационных устройств могут являться керамический материал, обладающий пьезоэлектрическими свойствами, фотоэлектрические поляроидные стекла, жидкие кристаллы (ЖК), прозрачность которых зависит от величины управляющего напряжения. Однако в трехмерных системах воспроизведения изображений наибольшее применение получили жидкие кристаллы.

В декабре 1922 года инженер Лоренс Хаммонд (изобретатель знаменитого [электрооргана](#)) и Уильям Кэссиди представили публике свою систему «Телевью» ([англ. Teleview](#)). Процесс представлял собой самый ранний пример реализации «затворного» метода: два проектора поочередно, с повышенной [частотой](#) демонстрировали части стереопары; встроенные в подлокотники зрительских кресел синхронизированные визоры открывались и закрывались соответствующим образом, так что, эксплуатируя инерционность человеческого зрения, создавалась эффектная стереоскопическая иллюзия. Единственным театром, который установил у себя эту систему, оказался нью-йоркский «Селвин» ([англ. Selwyn Theater](#)). По системе «Телевью» был снят всего один полнометражный фильм «Человек с М. А. Р. С. А.»

([англ. *The Man From M.A.R.S.*](#)), [27 декабря 1922 года](#) перевыпущенны
й под названием «Радиомания» ([англ. *Radio-*](#)
Mania). Стоит заметить, что идея самому Хаммонду не принадлежала
, но он смог добиться её жизнеспособной реализации^{[\[13\]](#)}

- В технологии **NVIDIA 3D Vision** используется затворный метод разделения изображений для левого и правого глаз. Изображения проецируются поочередно, а в активных очках смонтированы ЖК-затворы, которые синхронно с проектором поочередно закрываются, позволяя каждому глазу видеть только своё изображение. Сигнал синхронизации передаётся на очки посредством инфракрасного излучения или через провод USB (зависит от модели очков). Для получения 3D-изображения необходим монитор или проекторы, поддерживающий частоту 120 Гц, ПК с графическим процессором NVIDIA GeForce и одна или несколько пар очков NVIDIA 3D Vision.
- Так как в настоящий момент не существует общепринятого программного стандарта для рендеринга стереопар, большинство приложений и игр сами по себе не способны обеспечить стереоэффект. Эту задачу берёт на себя [драйвер](#) видеокарты, способный перехватывать вызовы графического API и отрисовывать кадры сразу с двух точек зрения (вместо одной), соответствующих глазам наблюдателя. Однако некоторые игры (такие как обе части [Trine](#), [Metro 2033](#) и другие) были разработаны с учётом требований технологии, что исключает появление каких-либо визуальных артефактов, позволяет настраивать параметры эффекта (глубина изображения, расстояние между глазами и т. п.).

ЖК – это органическое вещество, которое, обладая основным свойством жидкости – текучестью, – сохраняет упорядоченность во взаимном расположении молекул и анизотропию некоторых свойств, характерные для кристаллов. Главным признаком жидкокристаллического состояния вещества является выраженная направленность молекул относительно общей оси. Благодаря анизотропному строению ЖК обладают оптическими свойствами. Температурный интервал существования жидкокристаллической фазы может составлять десятки градусов. В ЖК молекулы имеют вытянутую, в большинстве случаев сигарообразную форму, чем определяется их некоторая преимущественная ориентация. От ориентации молекул зависят некоторые физические свойства ЖК, в частности, диэлектрическая проницаемость ϵ и показатель преломления n пр.



Типы структур ЖК

а) смектическая; б) нематическая; в) холестерическая

Преимущественная ориентация молекул характеризуется вектором D_r , называемым директором. В зависимости от степени упорядоченности молекул различают три типа (мезофазы) ЖК (рис. 2.15) [28]:

- смектические; молекулы расположены слоями, а их продольные оси параллельны друг другу (рис. 2.15, а);

• нематические; молекулы параллельные друг другу, но смещены вдоль своих продольных осей на произвольные расстояния. Послойная структура отсутствует (рис. 2.15, б);

• холестерические; повторяют структуру нематических кристаллов, но направление директора изменяется по спирали. Образуется винтовая структура ЖК (рис. 2,15, в).

Главным свойством ЖК, благодаря которому возможно создание на их основе устройств отображения информации, является способность переориентироваться во внешнем электрическом поле и менять поляризацию и фазу проходящего света

В устройствах воспроизведения изображений **наибольшее применение**

получили ЖК нематического типа, у которых нитеобразно вытянутые органические молекулы стремятся ориентироваться таким образом, чтобы их

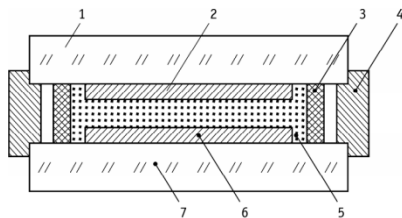
главные оси были параллельны друг другу. Основными электрическими

эффектами в подобных ЖК являются: динамическое рассеяние света и

управляемое вращение плоскости поляризации в закрученной структуре

или «твист-эффект».

Слайд 79



Конструкция жидкокристаллической ячейки, работающей в режиме динамического рассеяния

1, 7 – стеклянные пластины; 2, 6 – проводящие покрытия; 3 – распорки;
4 – герметик; 5 – жидкий кристалл

Для наблюдения электростатических эффектов используются специальные ячейки типа сэндвич, которые в наиболее простом виде состоят из

двух параллельных стеклянных пластин толщиной 1 мм, называемых подложками, между которыми помещен тонкий слой ЖК нематического типа

толщиной до нескольких десятков мкм (рис. 2.16). Чаще всего толщина

пленки ЖК устанавливается в пределах 6...25 мкм. Прозрачные для света,

тонкие проводящие покрытия или штриховые линии, изготовленные из оксида индия и олова и нанесенные на внутреннюю поверхность стеклянных

пластин, на которые подается постоянное напряжение, создают внутри

ячейки однородное электрическое поле. С внутренней стороны стеклянные

пластинки и прозрачные электроды дополнительно покрыты отполированной полимерной пленкой с нанесенными продольными микроканавками на поверхностях, соприкасающихся с ЖК.

Микроканавки расположены таким

образом, что они параллельны на каждой подложке, но перпендикулярны

между двумя подложками. В результате чего молекулы ЖК вблизи подложек выстраиваются вдоль микроканалов. Таким образом, проявляется ориентирующее действие подложек, характеризуемое вектором D

г

В зависимости от способа обработки поверхностей подложек и направления вектора ориентирующего действия в нематическом ЖК можно

получить три вида ориентации молекул:

- **планарную** (гомогенную); все молекулы ориентированы параллельно

друг другу и обоим подложкам;

- **нормальную** (гомеотропную); все молекулы ориентированы параллельно друг другу и перпендикулярно (по нормали) обоим подложкам;

- **закрученную** (твистированную); так же как и при планарной ориентации, молекулы ЖК располагаются параллельно подложкам, но векторы

ориентирующего действия подложек развернуты относительно друг друга. В результате директор жидкокристаллического вещества плавно

изменяет свою ориентацию

В воспроизводящих устройствах, использующих динамическое рассеяние света в ЖК, **в отсутствие электрического поля ЖК прозрачен**, т.е.

полностью пропускает падающий на него свет, почти не рассеивая его. В

том случае, когда к обкладкам приложено постоянное или низкочастотное

(несколько десятков Герц) напряжение в ЖК появляется оптоэлектрический эффект динамического рассеяния, при котором молекулы стремятся

ориентироваться своим дипольным моментом по полю. В таком состоянии

ЖК становится турбулентным и непрозрачным (диффузно-рассеивающим),

приобретая молочно-белую окраску. Для осуществления оптоэлектрического эффекта динамического рассеяния напряженность электрического

поля в ЖК должна составлять около 5000 В/см. Например, для ячейки с

толщиной пленки ЖК 12 мкм необходимо прикладывать напряжение величиной 6...50 В.

Слайд 80

При рассматривании стереотелевизионного изображения с использованием ячеек обтюрационного типа на экране, например, плазменной панели телевизора поочередно воспроизводятся отдельные кадры стереопары. **В тот момент, когда воспроизводится левое изображение, левая ячейка обтюратора, укрепленная в очках наблюдателя, должна быть прозрачной, а жидкий кристалл правой ячейки находится в турбулентном состоянии и наоборот. Импульсы управления ячеек с жидким кристаллом должны вырабатываться специальным генератором и передаваться на очки наблюдателя по кабелю, а также с помощью ультразвуковых волн или инфракрасного излучения.** Активные стереоскопические очки обтюрационного типа с инфракрасным приемником имеют более высокую стоимость, они имеют несколько большие габариты и вес, чем очки с проводным переключением.

Ведь, помимо собственно инфракрасного приемника, в их корпусе (в местах крепления дужек) необходимо разместить две литиевые батареи (на

45

пряжением обычно 9 В) и схему управления прозрачностью жидкокристаллических ячеек (контроллер). Очки включаются автоматически при надевании, при этом индикация включенного состояния осуществляется

светодиодом, размещенном в корпусе очков. Заметим, что при

использовании стереоскопических очков с проводным соединением собственный источник питания не требуется. Отношение светового потока, проходящего через ячейку с жидким кристаллом в исходном состоянии, к количеству света, проходящего через ячейку в турбулентном состоянии, равно от 7:1 до 15:1 в зависимости от величины приложенного напряжения. При этом коэффициент пропускания мешающих изображений K_m будет находиться в пределах от 0,067 до 0,143, что свидетельствует о достаточно высокой степени селекции изображений. **Обтюрационные жидкокристаллические очки обеспечивают равенство световой нагрузки на глаза наблюдателя. Световые потери в них минимальны.** Устройства, использующие эффект динамического рассеяния в жидких кристаллах, являются очень экономичными, например, их потребляемая мощность находится в пределах 1...2000 мкВт/см² [29].

Слайд 81

Важным достоинством способа селекции изображений стереопары с помощью очков на основе жидких кристаллов является возможность их применения при воспроизведении как черно-белых, так и цветных стереоизображений, вследствие прозрачности жидкокристаллических ячеек практически во всем видимом диапазоне волн.

К недостаткам селектора обтюрационного типа относится относительная сложность очков на основе жидких кристаллов, а также сравнительно высокая его инерционность, например, среднее значение времени включения $t_{вкл}$ составляет 10...50 мс, а времени выключения $t_{выкл}$ равняется 50...100 мс. (Время включения – это промежуток времени от момента подачи на ячейку полного напряжения возбуждения до момента, когда интенсивность прошедшего света уменьшается на 90% от максимального значения. Время выключения – это промежуток времени от момента снятия напряжения возбуждения до момента, когда интенсивность прошедшего света через ячейку, достигнет 90% своего исходного значения). Практически $t_{вкл}$, $t_{выкл}$; $d_{жк}^2$, где $d_{жк}$ – толщина слоя жидкого кристалла. Быстродействие обтюрационных устройств зависит также от химического состава, например, от наличия добавок, понижающих вязкость, (например, холестерическая добавка в ЖК нематического типа уменьшает время срабатывания) и температуры жидкого кристалла, амплитуды и частоты управляющего напряжения, предыстории включения

жидкого кристалла. При увеличении управляющего напряжения от 9 до 100...150 В время включения уменьшается в 103 раз. **Одним из способов**

повышения быстродействия является поддержание в обтюрационной ячейке так называемого предварительного состояния. Оно заключается в возбуждении жидкого кристалла подачей на электроды напряжения, которое несколько ниже порогового. Для уменьшения времени включения применяется **принудительное стирание.** С этой целью по окончании импульса

46

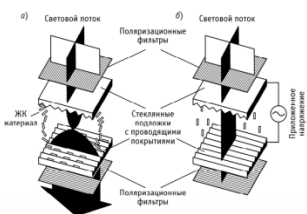
управляющего напряжения подается стирающее напряжение с частотой 1...1,5 кГц [29].

Другая **особенность нематических ЖК** заключается в постепенно меняющейся ориентации его молекул (т.е. в их закручивании) от одной стеклянной пластины к другой. Направление поляризации света при прохождении его через такое устройство также изменяется винтообразной структурой молекул ЖК на 90° . При наложении электрического поля молекулы

ЖК раскручиваются («твист-эффект») и ориентируются в направлении его вектора напряженности (рис. 2.17).

Конструкция воспроизводящей ячейки при использовании «твист-эффекта» в нематическом ЖК отличается от ранее рассмотренной наличием двух дополнительных пленок-поляризаторов, расположенных с наружной стороны стеклянных пластин (рис. 2.18). **Молекулы ЖК обладают дипольным моментом.** В результате взаимодействия электрических полей диполей образуется спиралевидная структура из молекул жидкокристаллического вещества. **Слои ориентирующих покрытий на верхней и нижней подложках совместно с дипольной структурой ЖК в отсутствие электрического поля обеспечивают поворот плоскости поляризации светового потока на 90° .** Как видно из рис. 2.18, *a*, световой поток сначала проходит через верхний поляризационный фильтр (поляризатор). При этом половина светового потока, не имеющая азимутальной поляризации, теряется. У остальной части уже поляризованного света, проходящего через слой жидкокристаллического материала, плоскость поляризации поворачивается на 90° . В результате ориентация плоскости поляризации светового

потока будет совпадать с плоскостью поляризации нижнего фильтра (анализатора) и поток будет проходить через него практически без потерь. Если ЖК поместить в электрическое поле, подав на электроды адресации напряжение так, как показано на рис. 2.18, б, спиралевидная молекулярная структура в нем разрушается. Проходящий через жидкокристаллический материал световой поток уже не изменяет плоскость поляризации и почти полностью поглощается нижним поляризационным фильтром.



Пороговое напряжение,

при котором начинает уменьшаться светопропускание, составляет примерно 1,8 В. Следовательно, ЖК имеет два оптических состояния: прозрачное и непрозрачное. Отношение коэффициентов пропускания в обоих состояниях определяет контрастность изображения. При параллельных осях поляризации пленок-поляризаторов наблюдается обратный эффект. Таким образом, жидкокристаллическая ячейка фактически является светофильтром с электрическим управлением (электронно-оптическим модулятором) и нуждается во внешней подсветке.

В целом воспроизводящие устройства на ЖК, использующие «твистэффект», обеспечивают более высокое качество получаемых изображений по сравнению с ячейками, работающими на основе эффекта

динамического
рассеяния света, требуют меньших значений управляющего
напряжения
(1...10 В). Поэтому жидкокристаллические воспроизводящие
устройства,
использующие «твист-эффект», получили наибольшее применение в
различных телевизионных устройствах, в компьютерной технике.
Дальнейшее повышение качества воспроизводимых изображений,
например, увеличение их контраста, удалось реализовать с
синтезированием
в 1983 г. супертвист-нематических ЖК (STN – Super Twisted
Nematic), молекулы которых способны поворачиваться на 270° , что
обуславливает более резкий изгиб на графике электрооптической
характеристики по сравнению с рис. 2.17

Слайд 83

В настоящее время рядом ведущих фирм-производителей телевизионного оборудования налажен выпуск плазменных телевизоров, поддержки электрического поля вающих режим 3D, в которых применяется селекция изображений стереопары с помощью жидкокристаллических очков. **Важнейшая особенность** данных стереотелевизоров заключается в их способности **работать при более высоких частотах обновления изображений (кадровой развертки)**. Дело в том, что каждый глаз зрителя видит изображения соответствующего ракурса с пониженной вдвое частотой кадров, поэтому возможно появление эффекта мерцания. **Частота отображения кадров, при которой мерцания незаметны, зависит от ряда факторов – в частности, от соотношения длительности интервала активной части кадра и интервала гашения.** Например, в вещательном двумерном телевидении изображения отображаются на экранах воспроизводящих устройств в течение 18,4 мс с перерывом на интервал гашения всего в 1,6 мс и мерцания фактически незаметны. В случае с жидкокристаллическими очками интервал гашения даже несколько превышает время активной части кадра (рис. 2.19). **Например, если частота обновления изображений равна 100 Гц, то каждый глаз зрителя будет поочередно наблюдать изображения в течение 9 мс, а затемненный экран –**

11 мс. В таком случае появление мерцаний неизбежно. Для устранения

этого неприятного эффекта необходимо, чтобы частота обновления изображений на экране стереоскопического телевизора была порядка 150 Гц.

Однако для многих практических случаев при чересстрочной развертке

частота смены полей изображений стереопары, равная 120 Гц, (60 Гц для

каждого глаза) является уже приемлемой, чтобы зрители не заметили

мельканий наиболее ярких деталей воспроизводимых стереоизображений.

Слайд 84

Для формирования телевизионных изображений по технологии TI используются **быстродействующие матрицы, состоящие из множества электронно-управляемых микрозеркал, равного количеству воспроизводимых пикселей.** Подобные матрицы обозначаются аббревиатурой DMD (Digital

Micromirror Device – цифровой микрозеркальный прибор), а



технология,

реализованная в них – DLP (Digital Light Processing – цифровая обработка

света). Микрозеркала имеют всего два рабочих состояния. **В одном состоянии световой поток от внешнего источника света направляется через**

проекционный объектив в плоскость отражающего экрана. В другом состоянии микрозеркала направляют световые лучи в светопоглотитель. В

некоторых конструкциях DMD-матриц используются микрозеркала с исключительно малыми размерами – до 1 мкм.

В очень дорогих DLP проекторах находятся три отдельных DLP чипа, по одному для каждого канала: красного, зеленого и синего. Однако, в большинстве DLP проекторов стоимостью менее 000 присутствует только один чип. Для того чтобы определять цвета существует цветное колесо, которое состоит из красных, зеленых, синих и иногда белых (прозрачных) фильтров. Это колесо вращается в световой дорожке между лампой и DLP чипом и "создает" цвета светового потока,

**попадая на чип то красным, то зеленым, то синим. Зеркала
наклоняются то от линзы, то к линзе в зависимости от того,
какое количество цвета требуется для каждого пикселя в любой
данный момент времени. Такое движение модулирует свет и
создает изображение, которое проецируется на экран. (В
дополнение к красным, зеленым, синим и белым сегментам,
некоторые цветовые колеса теперь используют темно-зеленые
или желтые сегменты.)**

Слайд 85

При подготовке к стереопроекции левое и правое изображения стереопары подвергаются ортогональной дискретизации и прореживанию.

При этом в каждом изображении в шахматном порядке удаляется половина пикселей, что приводит к снижению в два раза разрешения каждого

кадра стереопары как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении. Рис. 2.19 Временные зависимости, иллюстрирующие наблюдение изображений

стереопары на плазменной панели с помощью обтюраторных очков

а) временная зависимость яркости свечения плазменной панели при воспроизведении изображений стереопары;

б) временная зависимость коэффициента пропускания светового потока левой ячейки жидкокристаллических очков;

в) временная зависимость коэффициента пропускания светового потока правой ячейки жидкокристаллических очков

50

ниях (рис. 2.20). Затем осуществляется последовательная проекция прореженных изображений стереопары в плоскость отражающего экрана с

частотой, близкой к 150 Гц. Зрители наблюдают проецируемые изображения с помощью жидкокристаллических очков, что обеспечивает пространственное разделение отдельных кадров

стереопары, т.е. прореженные левое и правое изображения попадают в соответствующие глаза

зрителей.

При этом в сознании зрителей формируется образ комбинированного изображения, представляющего собой сочетание чередующихся

пикселей

изображений стереопары, в котором каждый пиксель левого изображения

окружен пикселями правого кадра и наоборот (см. рис. 2.20).

Предложенный фирмой Texas Instruments способ проекции с учетом инерционных

свойств зрительного аппарата человека позволит воспринимать

трехмерное изображение рассматриваемых сцен с полным разрешением, соответствующим дискретизированным изображениям стереопары.

Сочетание двух быстродействующих жидкокристаллических ячеек в совокупности с пленкой-поляризатором, расположенной с наружной стороны стеклянной пластины одной из ячеек, позволяет создать электронноуправляемый поляризационный фильтр (рис. 2.21) [31].

Управление фильтром осуществляют сигналы контроллера, под действием которого меняется не прозрачность, а направление поляризации,

которое электронно-управляемый фильтр сообщает проходящему через

него световому потоку.

Слайд 87

- **Вращающийся дисковый фильтр «Dolby DFC 100 Rotary».**
Устанавливается в стандартный цифровой кинопроектор между лампой и DMD чипом. Работает при демонстрации в формате 3D, при демонстрации в 2D фильтр переводится в нерабочее положение.
- **Контроллер DF C 100 Dolby**

- Автоматически синхронизирует вращающийся фильтр с проецируемым 3D цифровым контентом



Слайд 88

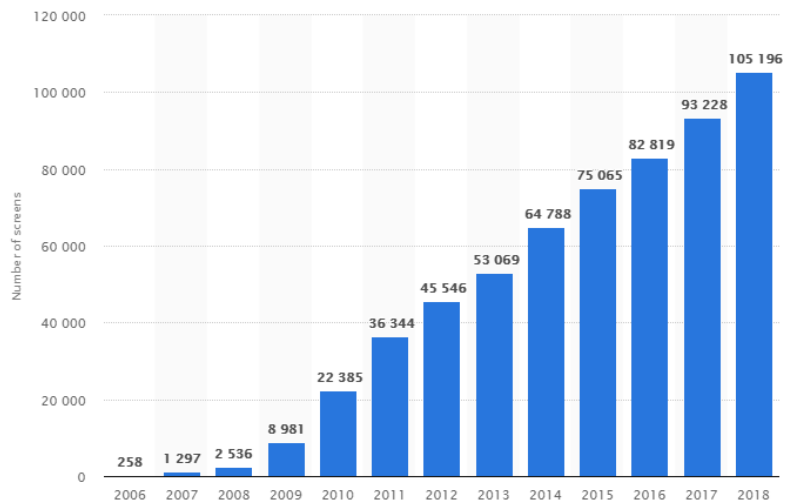
- Диск с двумя разными поляризующими секторами «MasterImage» устанавливают перед объективом цифрового кинопроектора



Слайд 93

Как уже было указано выше, число кинозалов, где можно посмотреть 3D, с 2006 по 2018 выросло в 400 раз

Number of 3D cinema screens worldwide from 2006 to 2018



И если в 2006 году на практике фильм можно было посмотреть только в крупных городах Европы и США, где располагалась львиная доля жалких 258 3D-кинозалов, то сегодня, в 2019, доступность залов выросла на два порядка. Кроме того, если в Китае, например, 3D-залов фактически не было, то сегодня это один из мировых лидеров, т.е. 3D-фильмы как индустрия появились в Азии.

Выводы:

- Такой рост числа залов и расширение географии — это очень существенно, поскольку по факту решение делать или не делать фильм в 3D зависит от сборов. Возможность их увеличить на 2 порядка — это **ОЧЕНЬ** существенно.
- Важно, что количество 3D-залов продолжает устойчиво расти примерно пропорционально выпуску новых лазерных проекторов, сразу работающих в 2D и в 3D.

Слайд 94

Так сложилось, что мы какое-то время назад «поработали киномеханиками», обслуживая профессиональные ламповые проекторы [Digital Projection](#), установленные в МГУ. И пришлось плотно столкнуться с рынком ламп, когда производители проекторов зарабатывают на лампах, примерно как производители принтеров на картриджах. Лампы положено менять часто, и оригинальные лампы стоят ОЧЕНЬ дорого (как вам [лампа за полмиллиона рублей?](#)). Эта ситуация породила выпуск китайцами неоригинальных ламп по цене в [6–10 раз ниже](#), но с более низкими и менее стабильными от партии к партии характеристиками. Описание приключений с ними достойно отдельной саги, пришлось познакомиться с профессиональными форумами и т.п. Угадайте, какие лампы стоят с огромной вероятностью в кинотеатре рядом с вашим домом? Конечно, оригинальные китайские.

Для зрителя это означает существенно более темный экран, что на восприятии 3D сказывается крайне печально. Помнится, авторы «Сталинграда» (если не ошибаюсь, единственного IMAX 3D-фильма, произведенного в России) жаловались, что в поисках зала для премьерного показа обошли множество лучших кинотеатров, и везде (везде!) изображение было темным.

Ситуация резко поменялась в лучшую сторону с появлением лазерных проекторов, изображение которых намного ярче, и (что важно!) деградация яркости происходит намного медленнее. Более того, один из лидеров рынка

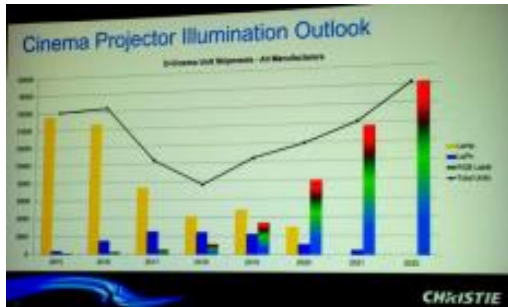
кинопроекторов [Christie Digital Systems](#) констатирует, что прямо сейчас выходит уже второе поколение лазерных проекторов (заметим, что их 10–18 тысяч в год вполне соответствуют приросту 3D кинозалов в мире с учетом обновления устаревшего оборудования у части 3D кинозалов):

Соответственно, текущие [Laser Phosphor](#) проекторы (LP или LaPh) будут очень скоро заменены на RGB Laser проекторы, которые по ряду показателей, в том числе по яркости, значительно лучше. Чтобы никого не обижать, сошлемся на FAQ конкурентов Christie — Barco — по [сравнению этих двух лазерных технологий](#). Заметим, что только в Китае появилось уже более десятка производителей лазерных кинопроекторов и конкуренция на этом рынке, с точки зрения потребителя, вырисовывается очень интересная. Впрочем, это отдельная большая многообещающая история.

Выводы:

- Производители проекторов для кинотеатров дружно снижают производство ламповых моделей и переходят на лазерные проекторы (уже второго поколения).
- При этом у нас, на родине слонов, люди не готовы платить больше за качество. В итоге, в Москве (в отличие от Пекина) почти нет лазерных залов. Был бы рад ошибиться, но что-то типа 4 зала всего... К счастью, [совокупная стоимость владения](#) лазерных проекторов быстро падает. Она уже давно ниже «оригинальной лампы» и такими темпами скоро станет ниже «китайской лампы». Поэтому новые залы начнут ставить-таки с лазерными проекторами.
- А чтобы ставили не с самыми дешевыми, нужно разбираться, рассказывать людям разницу и голосовать рублем. Люди! Вы достойны лучшего

качества. Не ходите в ужасные залы с вырвиглазным оборудованием, выбирайте только лучшие залы, пусть реже! Пусть появится стимул заменить ужасное оборудование хотя бы на свежее китайское!



Слайд 95

Но и это еще не все хорошие новости. Недавно появились совершенно новые устройства, принципиально меняющие расклад. Это шлемы, предназначенные специально для просмотра кино, в том числе 3D-кино. Возможны они стали благодаря появлению новых микро-экранов (производства, в частности, Sony) с фантастическими характеристиками. По количеству точек на дюйм экрана для широкой публики лидерами являются гуру маркетинга — Apple с iPhone X. Однако у этих устройств плотность пикселей в 7 раз выше чем у iPhone X!



Основная разница — оптическая система сконструирована не как в VR шлемах, где важен большой угол обзора, а как будто экран висит перед вами (угол обзора меньше). Причем люди не понимают, что тут такого. А происходит невероятная вещь. Благодаря этому в прямом смысле слова маленькому чуду появилась возможность впервые массово смотреть дома 3D-кино с параллаксом большого экрана!

Суть простая — параллакс 1% при ширине экрана 6,5 метров — это сдвиг объектов на 6,5 сантиметров (расстояние между глазами) и вуаля — луна висит для нас в бесконечности и 3D-сцена завораживает глубиной. А если у нас 3D-телевизор с шириной

экрана 60 см, 1% того же контента — это 6 мм. Рисуем пропорцию. Грустим. Ибо луна висит максимум в десятке сантиметров за экраном (и то, если расположиться от экрана подальше, подробно вопрос был разобран в разделе про параллакс). Ни о какой «бесконечности» речи быть не может, ибо 6 мм в 6 см не превратить, визуально воспринимаемая глубина мала и 3D кино выглядит «плоским» (ибо с вылетами из экрана на зрителя — та же беда, они уменьшаются пусть не в бесконечное количество раз, но в разы). Все плоско и уныло!

Можно ли сделать параллакс и видимую глубину фильма больше?

Ответ — да, можно, но делать это никто не будет

По нашим измерениям (см. график выше), видимая глубина, скорее, падает, и в среднем она заметно меньше, даже чем у «Аватара». Вам не расскажут про это в интервью, но киноиндустрия живет в первую очередь на сборы кинотеатров, и своими руками пилить сук, на котором сидят (ибо торренты работают как часы), выпуская версии под просмотр с экрана телевизора, они не будут. Так что, если хотите 3D-эффект, чтобы прям «Вау!» — добро пожаловать в лазерный IMAX (это, к сожалению, не реклама, это минимальное требование). Поднимать параллакс алгоритмически тоже можно. Но это тема отдельной печальной истории.

Впрочем, долой грусть и печаль, так было вчера! А сегодня появились шлемы, которые позволяют смотреть дома «как в кино», в том числе по 3D-эффекту и в FullHD. Благодаря

замечательному энтузиасту Владимиру ([@ED-209](#)) у нас с коллегами была возможность две модели таких шлемов протестировать. Очень надеюсь, что мы напишем про эти устройства большую статью, ибо они того достойны. Особенно они должны понравиться тем, кто «ненавидит 3D-очки»:

В итоге получаем:

- Отсутствует **проблема кросстокка** как класс... Ибо даже в IMAX белые космонавты на фоне черного неба в «**Гравитации**» были ужасны! Особенно, если сидеть не по центру зала (это важная проблема, во многом определяющая большую цену на билеты в центре зала). Тут ее нет!
- Нет вертикального параллакса при наклоне головы. Неграмотные зрительницы любят наклонить голову в очках на плечо (молодого человека), а потом жаловаться на головную боль! Тут можно смотреть, хоть лежа на диване.
- Нет мерцания. Совсем! Как в лучших залах IMAX. Для проверки — когда придете в кинозал в следующий раз — обернитесь. Если вы видите 2 луча проекторов над головой — у вас не будет мерцания. Залов без мерцания меньше 1% от всех 3D-залов в России. И за уменьшение головной боли при этом **стоит** платить.
- Нет бликов. Помню, в одном IMAX зале в Москве мучился, поскольку над экраном ~~очень~~грамотнорасположили покрытые лаком панели на потолке и они жутко стробили в глазах. Отраженный свет поляризован (привет физике), а разделяется по ракурсам в IMAX изображение благодаря поляризации. В итоге мерцание потолка становится дискомфортным. Тут этого опять нет!

Естественно, проблемы у устройств тоже есть. Основная — пиксели этого чуда очень малы и им не хватает **глубины цвета**. Было даже подозрение, что там 7 бит, но вскрытие (включавшее нетривиальное получение закрытой технической документации от производителя) показало, что честные 8 бит есть, но экран так контрастен, что их временами заметно не хватает. Надеюсь, удастся про эти приключения и тесты, а также предтечи этих шлемов от Sony подробно рассказать.

Выводы:

- **Благодаря появлению сверхмалых FullHD экранов, впервые в истории появилась техническая возможность дома (в поезде, в самолете...) смотреть 3D-фильмы, сделанные с параллаксом под большой экран, с нормальным 3D-эффектом (видимой глубиной).**
- **Также впервые в массовых серийных устройствах появилась возможность смотреть 3D в FullHD, не разделяя ракурсы тем или иным (обычно недостаточно эффективным) способом. Что избавляет от массы неприятных побочных эффектов. И это — хорошо увлажненная тяжелым трудовым потом инженеров благодатная почва для новой революции, о которой пока знают только редкие специалисты и энтузиасты.**
- **И наконец, очевидно, что сейчас мы наблюдаем раннее младенчество технологии киношлемов. Через короткое время, когда тиражи станут больше, ее качество вырастет, появятся (очень надеюсь) многочисленные конкуренты, а цена устройств упадет в разы. И вот тогда-то и начнется самое интересное.**