

ПОЛЯРИЗОВАННЫЙ СВЕТ И ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ – ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ ДИСПЛЕЕВ

ОМУРАЛИЕВА К. О.
(КГТУ им. И. Раззакова, кафедра физики)
izvestiya@ktu.aknet.kg

Рассматриваются физические основы решения проблемы миниатюризации основного элемента информационного дисплея.

1. Введение

Общеизвестно, что свет является *видимым диапазоном* электромагнитных волн. А электромагнитная волна представляет собой волну, в которой во взаимно перпендикулярных плоскостях колеблются векторы напряженности электрического поля \vec{E} и магнитного поля \vec{H} , перпендикулярно к направлению распространения волны. Такой луч называется *плоскополяризованным*. Поскольку векторы E и H взаимосвязаны, обратим внимание на колебание вектора E

$$E = A \sin(\omega t + \varphi_0), \text{ где } A - \text{амплитуда,}$$

$\varphi_0 = 2\pi \frac{l}{\lambda}$ – начальная фаза; l – длина пути, $\omega = 2\pi\nu$ – круговая частота волны. Скорость распространения света в среде определяется по формуле $\mathcal{G} = c/n$, где n – показатель преломления среды. Кроме них волна характеризуется *поляризацией*.

2. Поляризация света

Передача информации осуществляется с помощью световой волны путем изменения, какое-либо из выше приведенных параметров – *модуляцией волны*. Возникает вопрос, как разделить волны с одинаковыми параметрами, например с плоскостью поляризации. Для этого используются анизотропные свойства кристаллов. Анизотропных кристаллов диэлектрические проницаемости вдоль координатных осей могут быть различными ($\epsilon_x \neq \epsilon_y \neq \epsilon_z$). Поэтому будут различаться и показатели преломления для лучей, поляризованных вдоль координатных осей с электрическими векторами \vec{E}_x и \vec{E}_y . Показатель преломления n , диэлектрическая проницаемость кристалла ϵ и скорости распространения света \mathcal{G} и c в нем связаны соотношениями $n_x = \sqrt{\epsilon_x}$, $n_y = \sqrt{\epsilon_y}$; $\mathcal{G} = c/\sqrt{\epsilon\mu}$.

μ – магнитная проницаемость среды (для диэлектриков $\mu = 1$).

При падении этих волн в анизотропный кристалл волны,

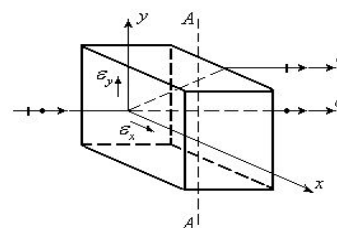


Рис.1. Двойное Лучепреломление.

имеющие поляризацию в направлениях x и y , распространяются с различными скоростями $\mathcal{G}_x = c/n_x$ и $\mathcal{G}_y = c/n_y$, и они пространственно разделяются, и происходит *двойное лучепреломление* (рис.1). Изменения амплитуды поляризованной волны, прошедшей через поляризатор или анализатор света, происходят по **закону Малюса** $I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$.

Интенсивность света, прошедшего через анализатор I_2 , равна интенсивности света, прошедшего через поляризатор I_1 , умноженной на квадрат косинуса угла α между анализатором и поляризатором.

Таким образом, вращая анализатор вокруг оси, совпадающей с направлением распространения света, можно менять интенсивность прошедшего через анализатор света от максимального до нуля.

3. Жидкие кристаллы

Появление полупроводников (в начале 40-х годов 20 века) и бурное развитие полупроводниковой микроэлектроники многократно уменьшило габариты и потребление энергии электронных приборов. Но при этом выяснилось, что устройство, передающее информацию от малогабаритных электронных устройств к человеку, – *электронно-лучевая трубка* (ЭЛТ), по-прежнему оставалась **слишком громоздкой, потребляла много энергии и высокие напряжения**. Проблема миниатюризации ЭЛТ заставила вспомнить о жидких кристаллах, открытых Ф. Рейнитцером еще в 1888 г. Жидкий кристалл – это жидкости органического происхождения, их оптические свойства поразительно похожи на свойства кристаллов.

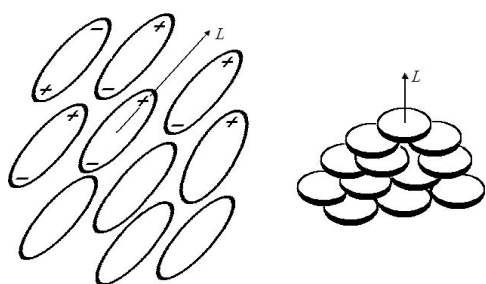


Рис. 2. Взаимная ориентация «длинных» и плоских молекул.

Жидкий кристалл – это жидкость, состоящая из несферических молекул, которые не только удерживаются на некотором расстоянии друг от друга, но при этом их единичные векторы \vec{L} остаются параллельными друг другу. Но при этом вещество остается жидким. В этих случаях атомы в молекулах располагаются в основном либо вдоль определенной линии (рис.2а), либо лежат в выделенной плоскости (рис.2б). Такое расположение молекул определяет *его анизотропное свойство* и зависит от температуры и их плотности.

4. Оптические свойства жидких кристаллов

Оптические эффекты, присущие твердому кристаллу, свойственны и жидким кристаллам. Они связаны с наличием в них оптической оси. В твердых кристаллах эта **ось постоянна**, а в жидком кристалле этой осью легко **можно управлять** с помощью различных

действий, в том числе электрическим полем. Эффект изменения оси жидкого кристалла под действием электрического поля называется эффектом Фредерикса.

Циферблатами современных электронных приборов служат жидкокристаллические индикаторы. На рис. 3 показано, как жидкокристаллический индикатор отображает ту или иную цифру, букву, дату и т. п. Здесь имеются два поляризатора Р и А, оптические оси которых скрещены, две полированные стеклянные пластинки C_1 и C_2 со скрещенными осями полировки

наполняются жидким кристаллом. Под нижним поляризатором расположено зеркало З, отражающее дошедший до него свет.

Нижний электрод \mathcal{E}_2 сделан сплошным, верхний \mathcal{E}_1 – фигурным. Фигурный электрод состоит из сегментов, из которых можно составить любую цифру, букву, число и слово.

Например, для изображения цифры достаточно семи сегментов.

Каждый сегмент имеет свой собственный электрический контакт и включается в цепь по специальной команде.

Сигналы – команды замыкания цепи с нужным набором сегментов, т.е. цифр, букв и т. д., подаются миниатюрным генератором, работающим по специальной программе.

Свет – дневной или от электрической лампочки – падает на верхний поляризатор. Пройдя этот поляризатор, естественный свет поляризуется в заданном направлении.

Далее свет проходит верхнюю прозрачную пластинку и попадает в слой ЖК. Здесь распространение света зависит от того, замкнута или разомкнута электрическая цепь электродов, управляющая ориентацией молекул. Управляющие электроды \mathcal{E}_1 и \mathcal{E}_2 оптически прозрачны: нижний электрод сплошной, верхний электрод состоит из 7 сегментов для формирования цифр.

Например, на участке индикатора пучок света проходит в момент замыкания электрической цепи на цифру 8.

Поляризованный свет, попав в слой ЖК точно под включенными сегментами, встретит вертикально ориентированные оптические оси молекул (рис.3). Именно так электрическое поле поворачивает молекулы, хорошо поляризующиеся вдоль продольной оси. Поэтому свет пройдет слой ЖК под сегментами цифры 8, не изменив своей поляризации. Но, пройдя ЖК и вторую стеклянную пластинку, этот свет будет встречен нижним поляризатором, ось которого перпендикулярна поляризации света.

Следовательно, пучок света под сегментами цифры 8 не сможет пройти сквозь поляризатор: он либо поглотится, либо будет отведен куда-нибудь в сторону этим поляризатором. Значит, правый пучок в местах расположения сегментов не дойдет до зеркала и не отразится от него в глаз наблюдателя. Таким образом, индикатор в месте расположения цифры 8 будет выглядеть для наблюдателя темным, т.е. наблюдатель увидит на светлом фоне темную цифру 8. В следующие моменты времени придут команды замкнуть цепь на другие цифры или буквы. И

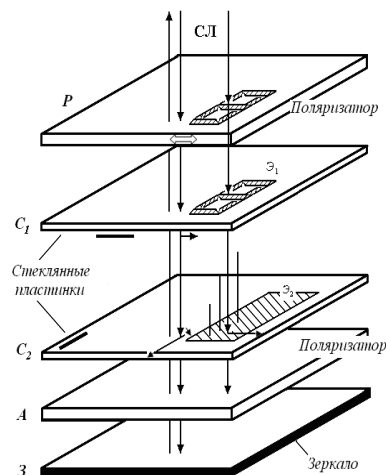


Рис. 3. Принцип действия циферблата электронного прибора

точно так же мы увидим их. Так устроены очень многие буквенно-цифровые индикаторы в часах, калькуляторах, электронных переводчиках, а также шкалы измерительных приборов и шкалы настройки, разнообразные табло. Но жидкокристаллические экраны с большим числом сегментов-электродов и сложной электронной схемой управления служат в качестве дисплеев (в том числе цветных) различных электронных устройств – телевизоров, сотовых телефонов, преобразователей изображения (приборы ночного видения), средств управления световым лучом в системах оптической связи и оптической обработки информации в современных компьютерах.

Выводы

Рассмотрены такие физические явления, как поляризация света и жидкие кристаллы, привадившие в середине 20 века к решению проблемы миниатюризации основного элемента современных информационных систем – дисплея.

Использованная литература:

1. *А. Маринов*. Физические основы электроники. Бишкек 2010 г., 250с.
2. *С.А. Пинкин, Л. М. Блинов*. Жидкие кристаллы. М.: «Наука», 1982 г.
3. Remo Giust, Jeon- Piesse. Determinotion of the twist aangl and the retadatron propetrits of twisted nematik lignid crystal television by spectral meosbrements (Liqnid crystal tellevision) Optical Enqineestng -1998,v37,#2. pp.629-635.

POLARIZED LIGHT AND LIQUID CRYSTALS ARE THE BASE OF MODERN DISPLAYS

Omuralieva K. O.

(I. Razzakov's KTSU, Department "Physics")

Physical basis for the solving of problem of minimizing of display informational system basic element is considered.