

## 大学物理实验报告

## 第一部分 (实验目的与原理)

学部(院) 电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 \_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_

## 【实验名称】

液晶的电光效应与显示原理

## 【实验目的】

1. 掌握液晶光开关的工作原理
2. 通过实验测量液晶光开关的电光特性、响应时间等, 从而了解液晶的工作条件和相关特性
3. 通过实验演示液晶光开关构成图像矩阵的显示方法, 从而了解液晶显示器件的工作原理

## 【实验原理】

液晶是介于液体与晶体之间的一种物质状态。它既有液体的流动性, 又有晶体的取向性。当光通过液晶时, 会产生偏振面旋转, 由于液晶分子是极性分子, 在电场作用下, 液晶分子会按电场方向取向, 导致分子的排列方式发生变化, 从而使液晶的光学性质也随之改变, 这种因外电场引起的液晶光学性质的改变称为液晶的电光效应。

一块液晶显示屏分成若干个显示单元, 每个显示单元称为液晶光开关。由于液晶的种类很多, 下面以常用的TN(扭曲向列)型液晶为例说明液晶光开关的工作原理。

液晶光开关工作原理:

在两块玻璃板的内表面涂有透明电极, 电极的表面预先作了定向处理, 上下电极的定向方向相互垂直, 然后在两电极之间充上液晶, 液晶层厚度为5-8微米。液晶分子的形状呈棍状, 在电极表面就会躺倒在定向处理形成的微沟槽里。

这样电极表面的液晶分子按照定向方向排列, 即上下电极表面的液晶分子的取向相互垂直, 而电极之间的这些液晶分子因范德瓦尔斯力的作用, 液晶分子的排列从上电极到下电极均匀地扭曲状排列, 从上到下扭曲了90度。

这种扭曲的排列结构, 使得偏振光从上电极表面透过液晶传播到下电极表面时, 偏振方向会旋转90度。

这样在两玻璃的表面分别贴上偏振片 $P_1$ 和 $P_2$ , 其透光轴与其电极的定向方向相同, 于是 $P_1$ 和 $P_2$ 的透光轴垂直。

在两电极未加电压时, 光源的自然光经过偏振片 $P_1$ 后形成线偏振光, 再经过液晶到达 $P_2$ 时, 其偏振面旋转了90°, 出射光的偏振面与 $P_2$ 的透光轴平行, 因而有光出射, 即光开关呈亮的状态。

那么当两电极加上一定的驱动电压时, 在静电场的吸引下, 除了电极表面附近的液晶分子被“锚定”以外, 其他的液晶分子则趋向平行于电场方向排列。原来的扭曲状结构被破坏, 形成了均匀结构。偏振光的偏振方向在液晶中传播时不再发生旋转, 这时出射光的偏振方向与 $P_2$ 正交, 因而光被关断, 没有光出射, 即光开关呈暗的状态。



这种在没加电压时,当 $P_1$ 和 $P_2$ 的透光轴垂直,则有光透过的显示模式,叫做常白模式,也称常通型光开关。  
而在没加电压时,则没有光透过,加电压时才有光透过的显示模式,叫做常黑模式。(P<sub>1</sub>和P<sub>2</sub>应怎样放置?)

液晶的相关特性:

由于液晶分子的结构呈各向异性,所以引起的电光效应就会因为方向不同而有所差异,即液晶分子在介电常数、折射系数等电光特性都具有各向异性。

因此液晶显示屏就是利用液晶本身的这些特性,加上适当的电压来控制液晶分子的转动,进而影响光线的强度和行进方向,形成不同的灰阶,作为显示影像的工具。

### 1. 液晶光开关的电光特性:

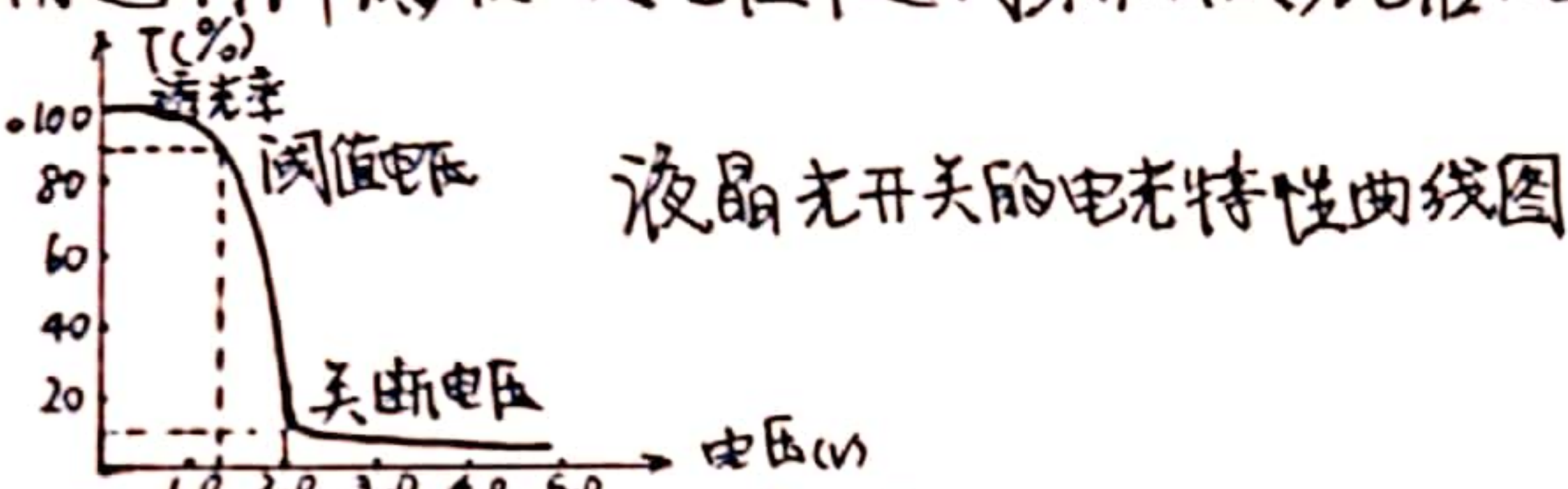
液晶光开关的驱动电压发生变化时,液晶分子转动角度也发生改变其透光的强度也随之变化。

对于常白模式的液晶,其透射率随外加电压的升高而逐渐降低,在一定电压下达到最低点,此后略有变化。

根据电光特性曲线图找出阈值电压和关断电压。

阈值电压:透射率为90%时的供电电压;

关断电压:透射率为10%时的供电电压。



### 2. 液晶的时间响应特性:

液晶用作显示屏,就要能够显示动态图像,对于单个的液晶光开关就要能够产生亮、暗变化。我们从液晶的电光特性曲线可看出,液晶是利用电压来调节液晶分子的转动从而控制光的通断,因此只要反复改变驱动电压即可控制光开关亮暗的变化。

由于液晶具有液体的粘性,会影响液晶分子的转动速度与反应时间,即液晶分子的转动需要一个时间过程,这就是液晶的时间响应特性。

给液晶板加上一个周期性的作用电压,液晶的透射率也会随电压的改变而变化,就可以得到液晶的响应时间。

响应时间分为:上升时间 $\Delta t_1$ 和下降时间 $\Delta t_2$

上升时间:透射率由10%升到90%所需时间

下降时间:透射率由90%降到10%所需时间

### 3. 液晶光开关的视角特性

由于液晶分子大多呈棍状,因此与分子长轴平行或垂直方向上的物理特性会有一些差异,参照单光轴晶体的折射系数定义,它会有两个折射率,当光入射液晶时,便会受到两个折射率的影响,造成在垂直液晶长轴与平行液晶长轴方向上的光速会有所不同。

液晶光开关的视角特性表示对比度与视角的关系。

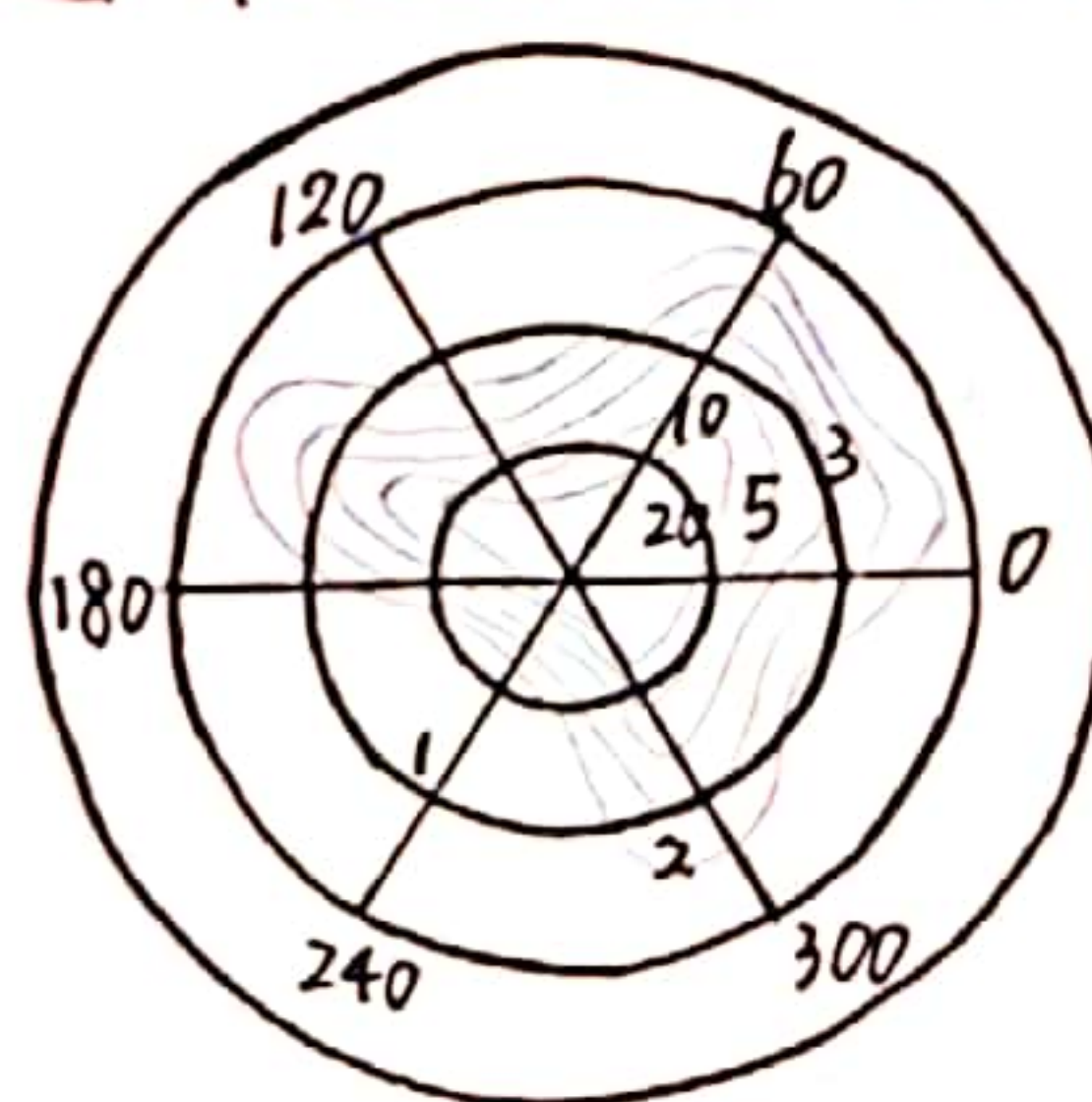
对比度定义为光开关打开和关断时透射光的强度之比。

对比度大于5时,可以获得满意的图像;

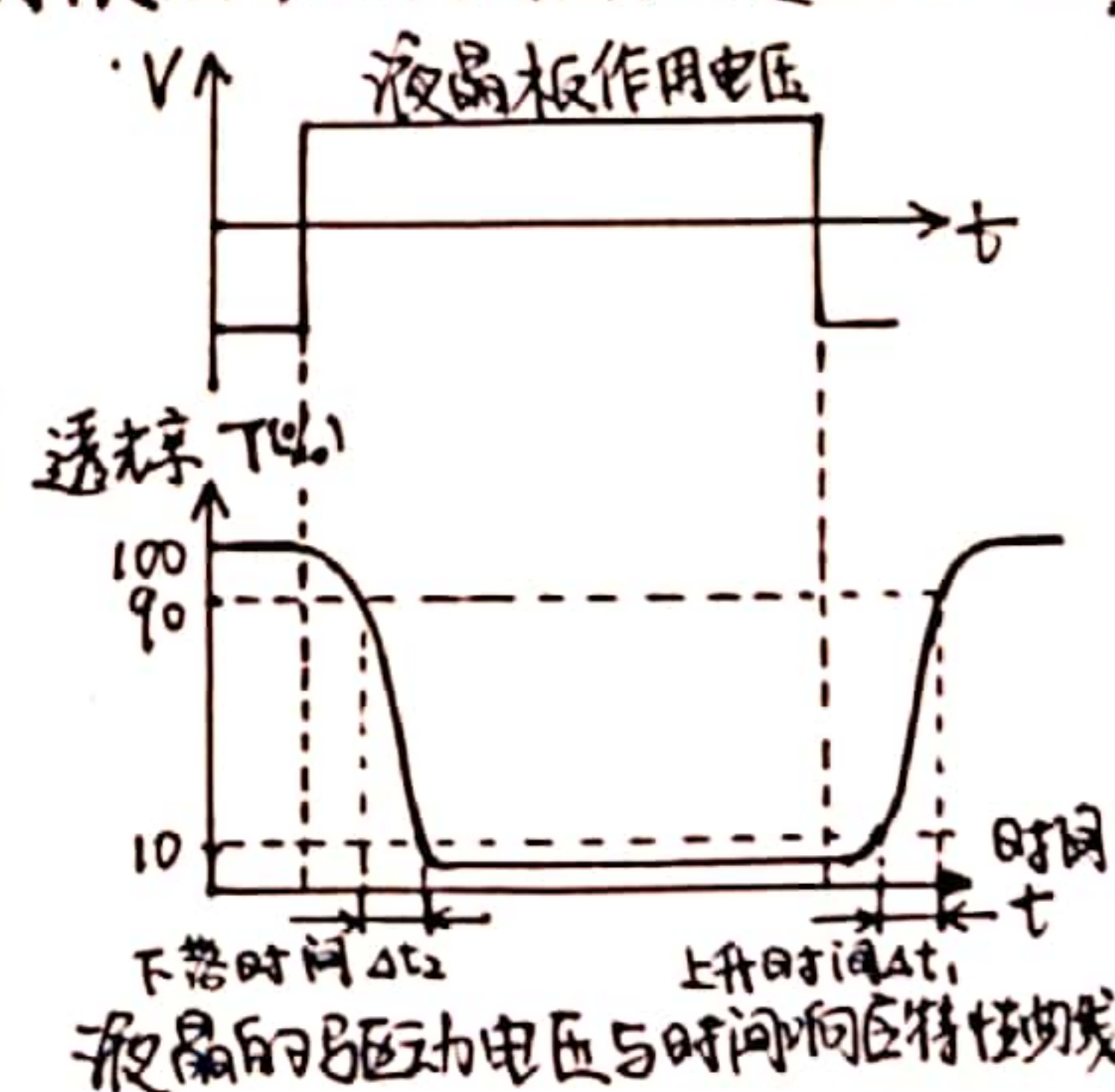
对比度小于2时,图像就模糊不清了。

如图所示,3个同心圆表示垂直视角30°、60°和90°,90°同心圆外圈的数字表示水平视角。由图中可以看出:

对比度与垂直与水平视角都有关,而且视角特性具有非对称性。



液晶的视角特性示意图



液晶的驱动电压与时间响应特性曲线

### 【实验仪器】

液晶电光效应实验仪  
示波器

液晶的显示原理:

液晶屏由若干液晶光开关构成,显示图像的方式是矩阵显示方式。

把横条形状的透明电极做在一块玻璃片上,叫做扫描电极;

而把竖条形状的电极制做在一块玻璃片上,叫做信号电极。

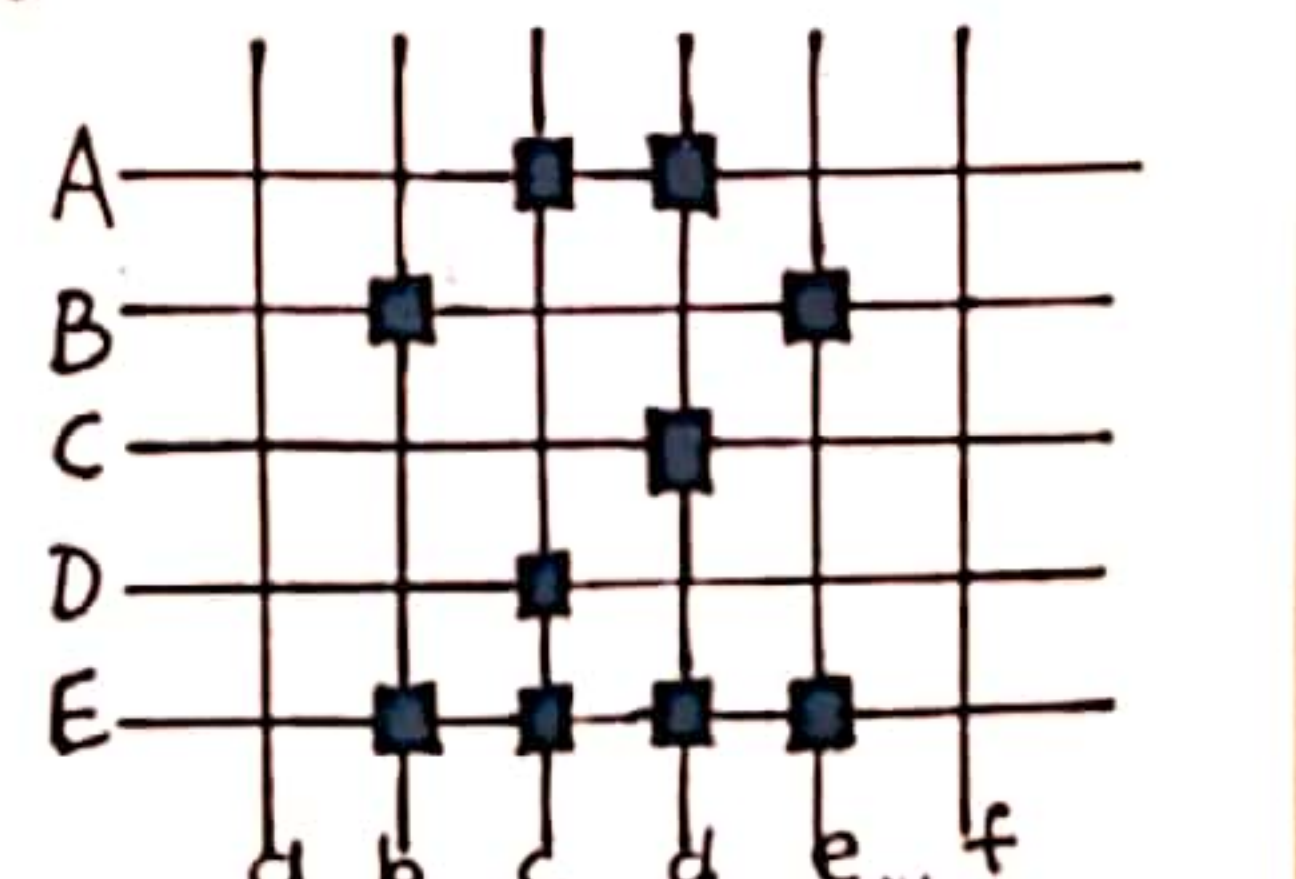
矩阵显示是一次同时显示一行信号。

如图所示,各显示图中有方块的这些像素。

首先在A行加上高电平,其余行加上低电平,同时在信号电极c、d上加上低电平,于是A行带有方块的像素就被显示出来。<sup>2</sup>

然后B行加上高电平,其余行加上低电平,同时在信号电极b、e上加上低电平,因而B行带有方块的像素就被显示出来。

依此类推,最后显示出一整场的图像。这种方式称为扫描方式。





## 大学物理实验报告

## 第二部分（实验记录）

学部（院）电子信息学院 姓名乔洪煜寒 学号2028410073 专业电科

实验日期\_\_\_\_\_ 成绩\_\_\_\_\_

## 【原始实验数据及实验现象记录】

表一：测量液晶光开关的电光特性

电压(V)		0	0.5	0.8	0.9	1.0	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4	1.45	1.5	1.55	1.6	1.65	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	3.0	4.0	5.0
透射率 (%)	1	100	99.9	99.6	99.0	95.3	84.8	77.0	68.2	58.8	50.0	41.3	33.5	26.8	21.0	16.4	12.8	9.9	7.7	5.0	3.8	3.4	3.3	4.3	3.8	3.3
	2	100	99.9	99.7	99.0	95.2	84.6	76.8	67.9	58.6	49.9	41.2	33.3	26.6	20.9	16.2	12.6	9.8	7.7	5.0	3.8	3.4	3.3	4.3	3.8	3.3
	3	100	99.9	99.6	99.0	95.2	84.5	76.6	67.8	58.5	49.7	41.0	33.2	26.5	20.8	16.2	12.6	9.8	7.6	5.0	3.8	3.4	3.3	4.3	3.8	3.3
	平均																									

表二：测量液晶光开关的时间响应特性

次数 项目	1	2	3	平均值
上升时间 $\Delta t_1$ (ms)	40	50	40	
下降时间 $\Delta t_2$ (ms)	30	40	30	



## 大学物理实验报告

## 第三部分（实验方法与结果讨论）

学部（院）电子信息学院 姓名 乔洪煜寒 学号 2028410073 专业 电科

实验日期 \_\_\_\_\_ 成绩 \_\_\_\_\_

## 【实验方法及步骤】

## 1. 接通仪器电源。

- ① 检查模式转换开关是否处于凸起状态（即静态模式），然后打开液晶电光效应实验仪机箱后面的电源开关，将看到光源发出白光使实验仪器预热10分钟左右。
- ② 在预热过程中，轻轻转动液晶板转盘，使其0刻度与刻度红线对齐（即光线垂直入射液晶面）。
- ③ 将观察到电压表示值为000，透过率示值在600左右。（如果透过率示值小于500，应适当调节光源和光接收装置。

## 2. 测量液晶光开关的电光特性。

- ① 待透过率显示示值稳定时（说明预热好了），按下透过率校准按钮3秒，将看到透过率显示变为100（即为无透过率）。
- ② 按电压调节按钮改变液晶的供电电压，电压值从0V开始升高，测量并记录表格中各电压下对应的透光率，一直测量到5V。
- ③ 将电压降到0，如果透过率小于100%，必须重新校准透过率，然后再次重复测量。
- ④ 重复3次，并计算各电压下对应的透光率的平均值。

## 3. 测量液晶的时间响应特性。（模式开关置于静态模式）

- ① 将液晶供电电压调到2.00V，按一下开关矩阵右上角清屏/闪烁按钮。将看到液晶屏在闪烁，透过光也在闪亮，透光率示值在0到100之间变化。
- ② 打开示波器电源，按下运行/停止按钮，在示波器上将观察到液晶光开关在静态闪烁状态下的时间响应特性曲线。
- ③ 利用示波器的功能按钮（光标1、光标2和多功能旋钮），测量液晶的上升时间 $\Delta t_1$ 和下降时间 $\Delta t_2$ 。重复三次测量。

## 4. 演示液晶显示器的显示原理

- ① 按下模式转换开关，使液晶屏处于动态模式，并将液晶供电电压调到4.5V左右。
- ② 初始时各液晶光开关都处于开通状态，即处于亮屏。按一次矩阵开关板上的某一按键（即给相应的液晶光开关加上一定的电压），可观察到对应的液晶光开关变暗，再按一次光开关又变亮。
- ③ 这样按矩阵板上不同的电压按键来改变光开关的通断状态，使液晶屏上显示出一个图形或字符。

## 5. 实验完成后，关闭电源开关。



## 【实验数据处理及实验结果】

表一：测量液晶光开关的电光特性

电压(V)		0	0.5	0.8	0.9	1.0	1.1	1.15	1.2	1.25	1.3	1.35	1.4	1.45	1.5	1.55	1.6	1.65	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	3.0	4.0	5.0
透射率(%)	1	100	99.9	99.6	99.0	95.3	84.8	77.0	68.2	58.8	50.0	41.3	33.5	26.8	21.0	16.4	12.8	9.9	7.7	5.0	3.8	3.4	3.3	4.3	3.8	3.3
	2	100	99.9	99.7	99.0	95.2	84.6	76.8	67.9	58.6	49.9	41.2	33.3	26.6	20.9	16.2	12.6	9.8	7.7	5.0	3.8	3.4	3.3	4.3	3.8	3.3
	3	100	99.9	99.6	99.0	95.2	84.5	76.6	67.8	58.5	49.7	41.0	33.2	26.5	20.8	16.2	12.6	9.8	7.6	5.0	3.8	3.4	3.3	4.3	3.8	3.3
	平均	100	99.9	99.6	99.0	95.2	84.6	76.8	68.0	58.6	49.9	41.2	33.3	26.6	20.9	16.3	12.7	9.8	7.7	5.0	3.8	3.4	3.3	4.3	3.8	3.3

表二：测量液晶光开关的时间响应特性

项目 \ 次数	1	2	3	平均值
上升时间 $\Delta t_1$ (ms)	40	50	40	43
下降时间 $\Delta t_2$ (ms)	30	40	30	33

图像见反面。

由图一知：透光率为90%时有阈值电压1.05V

透光率为10%时有关断电压1.65V

由图二知：透光率由10%升到90%所需上升时间 $\Delta t_1$ 为43ms

透光率由90%降到10%所需下降时间 $\Delta t_2$ 为33ms

## 【问题讨论】

(1) 如何实现常黑型、常亮型液晶显示？

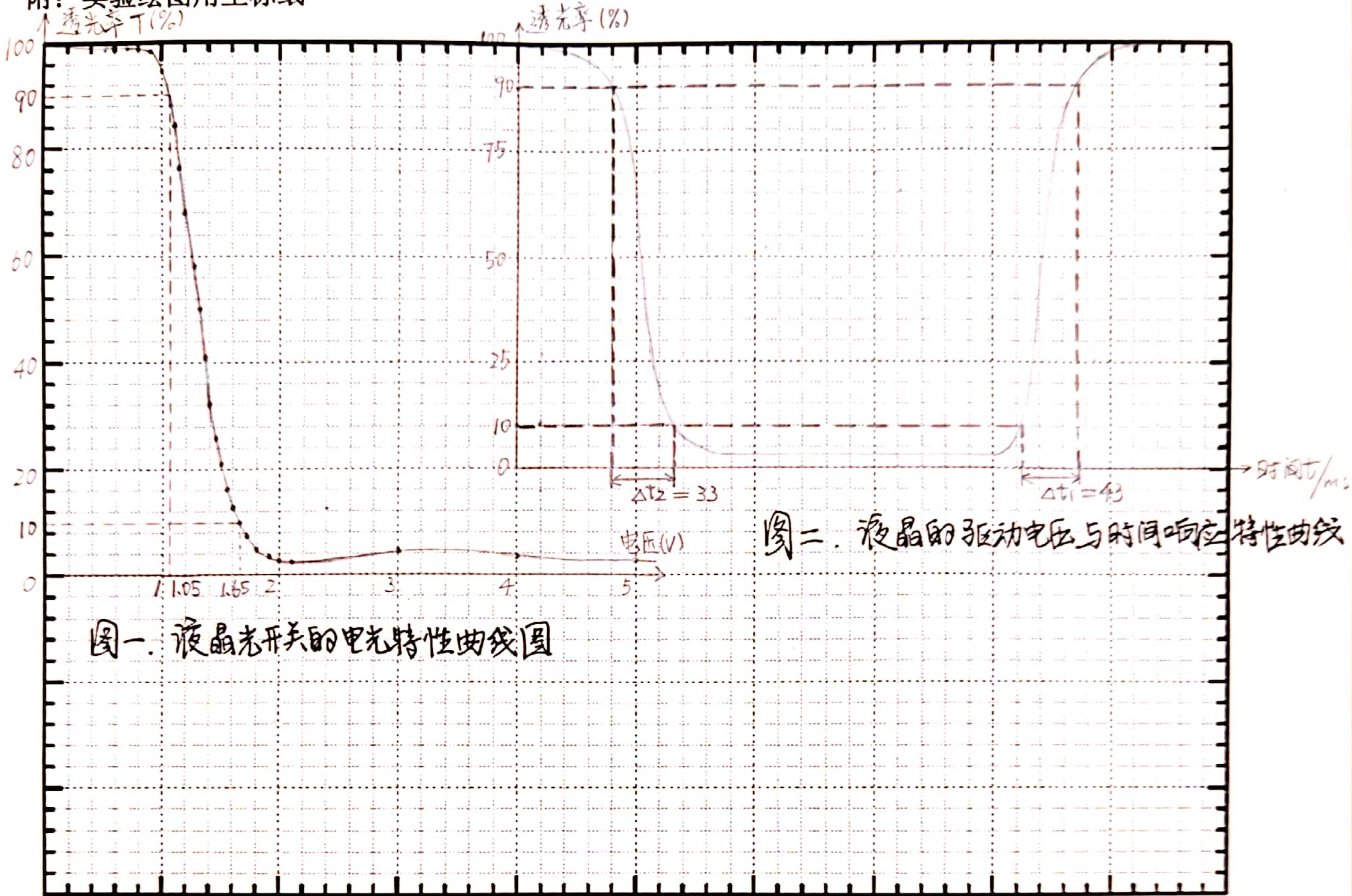
答：取两张偏振片贴在玻璃两侧， $P_1$ 的透光轴与上电极的定向方向相同， $P_2$ 的透光轴与下电极的定向方向相同，于是 $P_1$ 与 $P_2$ 透光轴正交。光开关在没有电场的情况下让光透过，加上电场时光被关断，叫长通型光开关，又叫长白模式。若 $P_1$ 和 $P_2$ 的透光轴相互平行，则构成长黑模式。

(2) 液晶电光特性如何表现出开关特性？

答：液晶及其分子按一定规律有序排列，使它呈现晶体的各向异性。光通过液晶时，产生偏振面旋转，双折射等效效应。液晶分子在电场作用下，偶极子会按电场方向取向，导致分子原有的排列方式发生变化，液晶的光学性质也随之发生改变，这种因外电场引起的液晶光学性质的改变称为液晶的电光效应。



附：实验绘图用坐标纸



图一. 液晶光开关的电光特性曲线图

图二. 液晶的驱动电压与时间响应特性曲线