

大学物理实验报告

实验名称：

液晶电光效应

学院：理学院 专业：应用物理学 班级：应物 1601

学号：20161413 姓名：谢尘竹 电话：18640451671

实验日期： 2019 年 7 月 22 日

第 二十一 周 星期 一 第 一 节

实验室房间号：313

实验组号：8

成绩

指导教师

批阅日期

程显中

2019 年 7 月 22 日

1. 实验目的:

①.在掌握液晶光开关的基本工作原理的基础上,测量液晶光开关的电光特性曲线,并由电光特性曲线得到液晶的阈值电压和关断电压;

②.测量驱动电压周期变化时液晶光开关的时间响应曲线,并由时间响应曲线得到液晶的上升时间和下降时间;

③.测量由液晶光开关矩阵所构成的液晶显示器的视角特性以及在不同视角下的对比度,了解液晶光开关的工作条件;

④.了解液晶光开关构成图像矩阵的方法,学习和掌握这种矩阵所组成的液晶显示器构成文字和图形的显示模式,从而了解一般液晶显示器件的工作原理。

2. 实验器材:

名称	编号	型号	精度
16×16 点阵液晶片			
液晶电光效应综合试验仪	1014	ZKY-LCDEO-2	
数字示波器	20185758	GS-11028	

3. 实验原理（请用自己的语音简明扼要地叙述，注意原理图需要画出，测试公式需要写明）

液晶是介于液体与晶体之间的一种物质状态。

一般的液体内部分子排列是无序的，而液晶既具有液体的流动性，其分子又按一定规律有序列，使它呈现晶体的各向异性。当光通过液晶时，会产生偏振面旋转、双折射等效应。液晶分子是含有极性基团的极性分子，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，从而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。

1888 年，奥地利植物学家 Reinitzer 在做有机物溶解实验时，在一定的温度范围内观察到液晶。1961 年美国 RCA 公司的 Heimeier 发现了液晶的一系列电光效应，并制成了显示器件。从 20 世纪 70 年代开始，日本公司将液晶与集成电路技术结合，制成了一系列的液晶显示器件，并至今在这一领域保持领先地位。

液晶显示器件由于具有驱动电压低（一般为几伏），功耗极小，体积小，寿命长，环保无辐射等优点，在当今各种显示器件的竞争中有独领风骚之势。

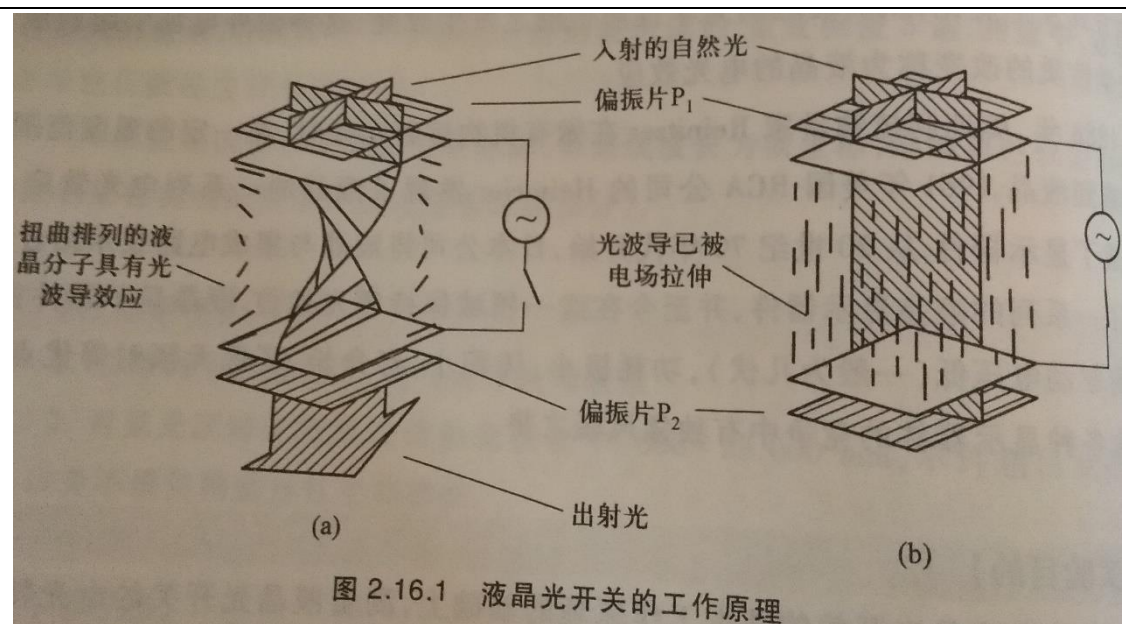
1. 液晶光开关的工作原理

①.液晶的种类很多，仅以常用的 TN（扭曲向列）型液晶为例，说明其工作原理。

TN 型光开关的结构如图 2.16.1 所示，在两块玻璃板之间夹有正性向列相液晶，液晶分子的形状如同火柴一样，为棍状。棍的长度为几纳米，直径为 $0.4\sim 0.6\text{ nm}$ 。

液晶层厚度一般为 $5\text{-}8\text{ }\mu\text{m}$ 。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（可用软绒布朝一个方向摩擦，也可在电极表面涂取向剂），这样液晶分子在透明电极表面就会躺倒在摩擦所形成的微沟槽里；电极表面的液晶分子按一定方向排列，且上下电极上的定向方向相互垂直。

上下电极之间的那些液晶分子因范德瓦耳斯力的作用，趋向于平行排列然而由于上下电极液晶的定向方向相互垂直，所以从俯视方向看，液晶分子的排列从上电极的沿 -45° 方向排列逐步地、均匀地扭曲到下电极的沿 $+45^\circ$ 方向排列，整个扭曲了 90° ，如图 2.16.1（a）所示：



理论和实验都证明，上述均匀扭曲排列起来的结构具有光波导的性质，即偏振光从上电极表面透过扭曲排列起来的液晶传播到下电极表面时，偏振方向会旋转 90° 。

②.取两张偏振片贴在玻璃的两面， 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 和 P_2 的透光轴相互正交。

在未加驱动电压的情况下，来自光源的自然光经过偏振片 P_1 后只剩下平行于透光轴的线偏振光，该线偏振光到达输出面时，其偏振面旋转了 90° ，这时光的偏振面与 P_2 的透光轴平行，因而有光通过。

在施加足够电压情况下（一般为 $1\sim 2V$ ），在静电场的作用下，除了基片附近的液晶分子被基片“锚定”以外，其他

液晶分子趋向于平行于电场方向排列。于是原来的扭曲结构被破坏,成了均匀结构,如图 2.16.1(b)所示,从 P_1 透射出来的偏振光的偏振方向在液晶中传播时不再旋转,保持原来的偏振方向到达下电极。这时光的偏振方向与 P_2 正交,因而光被关断。

由于上述光开关在没有电场的情况下允许光透过,加上电场时光被关断,因此叫做常通型光开关,又叫做常白模式。若 P_1 和 P_2 的透光轴相互平行,则构成常黑模式。

③.液晶可分为热致液晶与溶致液晶,热致液晶在一定的温度范围内呈现液晶的光学各向异性,溶致液晶是溶质溶于溶剂中形成的液晶。目前用于显示器件的都是热致液晶,它的特性随温度的改变而有一定变化。

2.液晶光开关的电光特性

图 2.16.2 为光线垂直于液晶面入射时,本实验所用液晶的相对透射率(以不加电场时的透射率为 100%)与外加电压的关系:

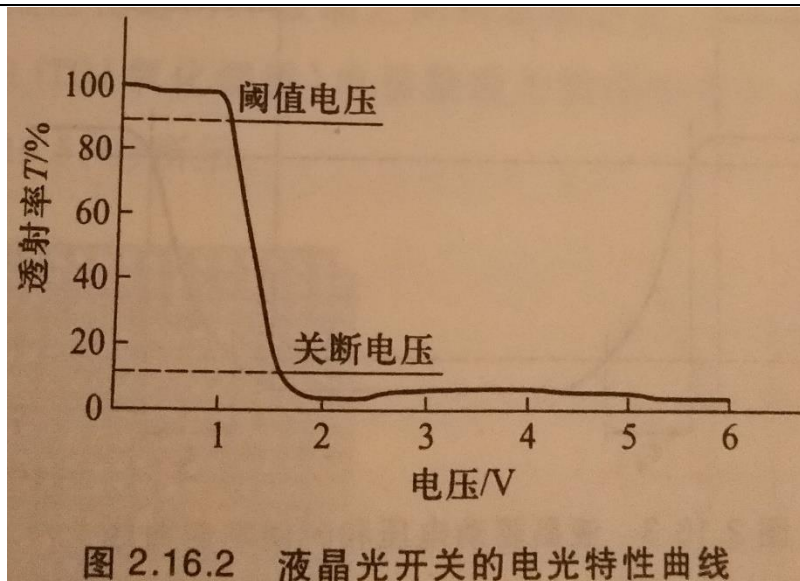


图 2.16.2 液晶光开关的电光特性曲线

由图 2.16.2 可见，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，在一定电压下达到最低点，此后略有变化可以根据此电光特性曲线得出液晶的间值电压和关断电压（阈值电压：透过率为 90% 时的驱动电压；关断电压：透过率为 10% 时的驱动电压）。

液晶的电光特性曲线越陡，即阈值电压与关断电压的差值越小，由液晶开关单元构成的显示器件允许的驱动路数就越多 TN 型液晶最多允许 16 路驱动，故常用于数码显示。而在电脑、电视等需要高分辨率的显示器件中，常采用 STN（超扭曲向列）型液晶，以改善电光特性曲线的陡度，增加驱动路数。

3. 液晶光开关的时间响应特性

加上（或去掉）驱动电压能使液晶的开关状态发生改变，是因为液晶的分子排序发生了改变，这种重新排序需要一定

时间，反映在时间响应曲线上，用上升时间 τ_r ，和下降时间 τ_d 描述。

给液晶开关加上一个如图 2.16.3 (a) 所示的周期性变化的电压，就可以得到液晶的时间响应曲线、上升时间和下降时间（上升时间：透过率由 10%升到 90%所需时间；下降时间：透过率由 90%降到 10%所需时间），如图 2.16.3 (a) 所示：

液晶的响应时间越短，显示动态图像的效果越好，这是液晶显示器的重要指标。早期的液晶显示器在这方面逊色于其他显示器，现在通过结构方面的技术改进，已达到很好的效果。

4.液晶光开关的视角特性

液晶光开关的视角特性体现在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，图像就模糊不清了。

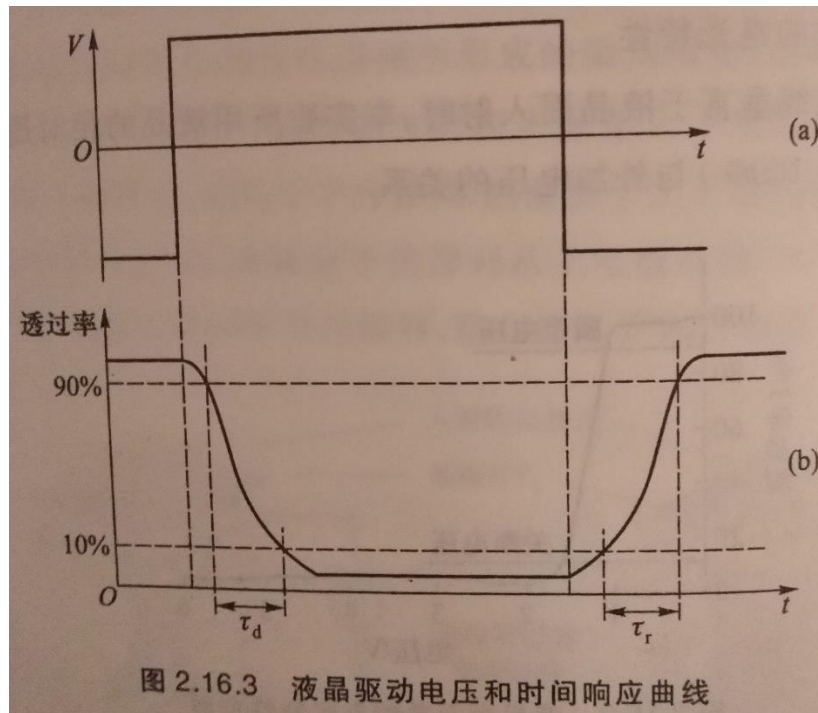


图 2.16.4 表示了某种液晶视角特性的理论计算结果。图中，用与原点的距离表示垂直视角（入射光线方向与液晶屏法线方向的夹角）的大小。

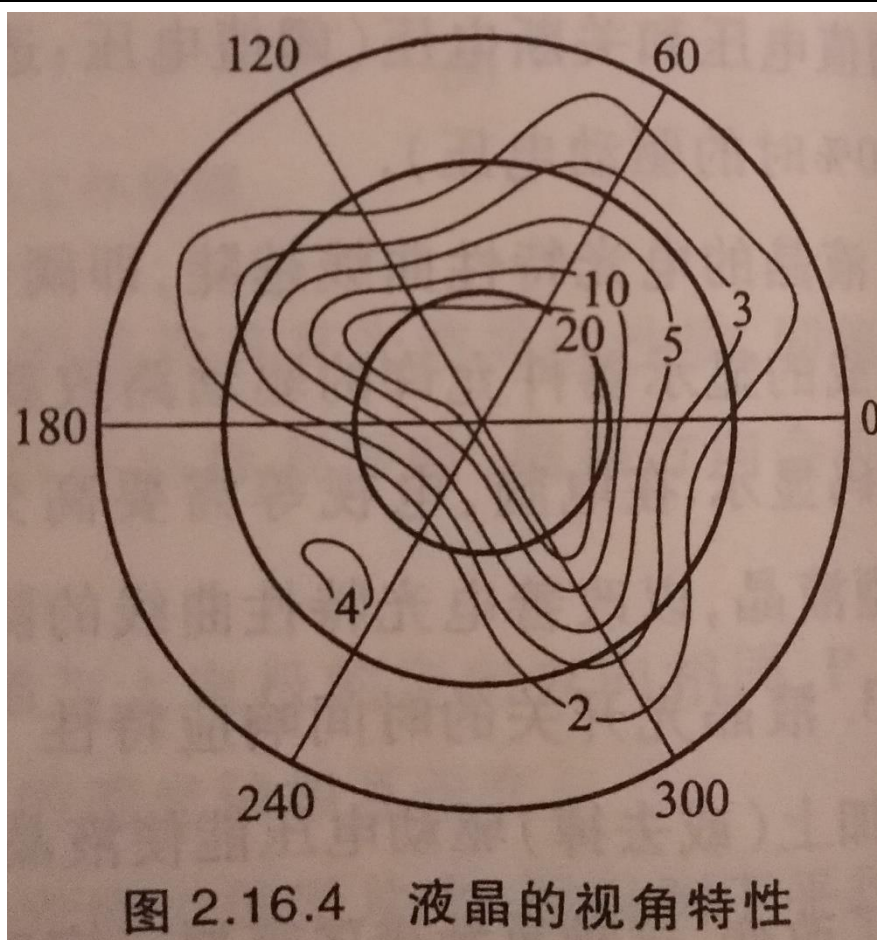


图 2.16.4 液晶的视角特性

图 2.16.4 中 3 个同心圆分别表示垂直视角为 30° 、 60° 和 90° 。 90° 同心圆外面标注的数字表示水平视角（入射光线在液晶屏上的投影与 0° 方向之间的夹角）的大小。图中的闭合曲线为不同对比度时的等对比度曲线。

由图 2.16.4 可以看出，液晶的对比度与垂直、水平视角都有关，而且具有非对称性。若我们把具有如图 2.16.4 所示视角特性的液晶开关逆时针旋转，以 220° 方向向下，并由多个图 2.16.4 液晶的视角特性显示开关组成液晶显示屏，则该液晶显示屏的左右视角特性对称。在左、右和俯视 3 个方向，垂直视角接近 60° 时对比度为 5，观看效果较好；在仰视

方向对比度随着垂直视角的加大迅速降低，观看效果差。

5.液晶光开关构成图像显示矩阵的方法

除了液晶显示器以外，其他显示器靠自身发光来实现信息显示功能，这些显示器因为要发光,所以要消耗大量的能量。

液晶显示器通过对外界光线的开关控制来完成信息显示任务，为非主动发光型显示，其最大的优点在于能耗极低正。因为如此，液晶显示器在便携式装置例如电子表、万用表、手机、计算机等的显示方面，具有不可代替的地位。下面我们来看如何利用液晶光开关来实现图形和图像显示任务。

矩阵显示方式，是把如图 2.16.5 (a) 所示的横条形状的透明电极做在一块玻璃片上，叫做行电极，简称行电极(常用 X_i 表示)，面把竖条形状的电极制在另一璃片上，叫做列驱动电极，简称列电极(常用 S_i 表示)，把这两块玻璃片面对面合起来，把液晶灌注在这两片玻璃之间构成液晶盒。为了简洁，通常将横条形状和竖条形状的 ITO（氧化钢锡）电极抽象为横线和竖线，分别代表扫描电极和信号电极。如图 2.16.5(b)所示。

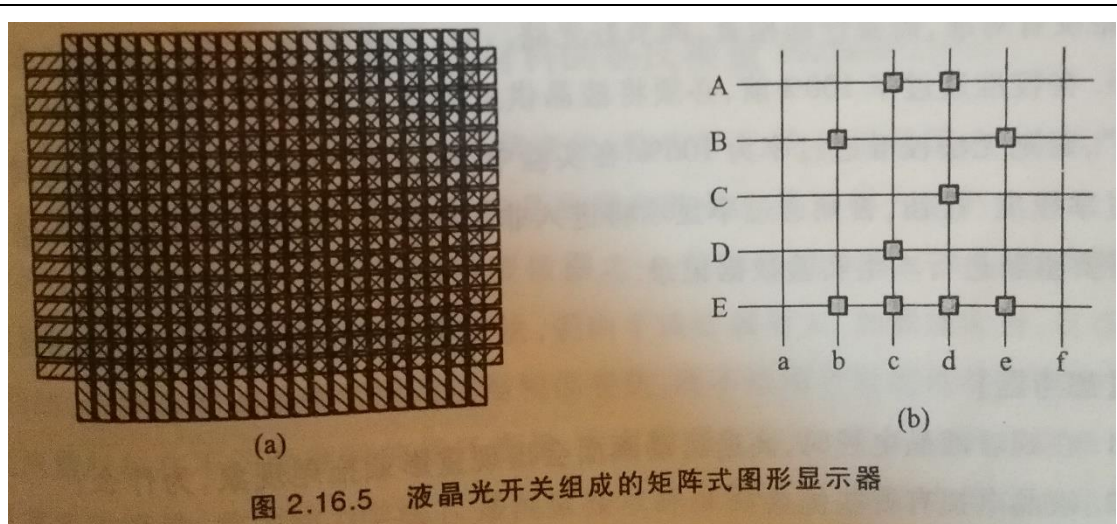


图 2.16.5 液晶光开关组成的矩阵式图形显示器

矩阵型显示器的工作方式为扫描方式，显示原理可用以下的简化说明作一介绍：

欲显示如图 2.16.5 (b) 所示的那些有方块的像素，首先在 A 行加上高电平，其余行加上低电平，同时在列电极的对应电极 c、d 上加上低电平，于是 A 行的那些带有方块的像素就被显示出来了然后在 B 行加上高电平，其余行加上低电平，同时在列电极的对应电极 b、e 上加上低电平，于是 B 行的那些带有方块的像素被显示出来了然后是 C 行、D 行……依此类推，最后显示出整体的图像。这种工作方式称为扫描方式。

这种分时间扫描每一行的方式是平板显示器共同的寻址方式，用这种方式，可以让每一个液晶光开关按照其上的电压的幅值令外界光关断或通过，从而显示出任意文字、图形和图像。

4. 实验内容与步骤

①.液晶的电光特性实验,测量液晶的阈值电压和关断电压。

②.液晶的时间特性实验,测量液晶的上升时间和下降时间。

③.液晶的视角特性实验。

④.液晶的图像显示原理实验。

5. 实验记录（注意：单位、有效数字、列表）

一. 原始数据

实验1601
 2016/4/3
 谢时生

液晶电光效应实验
 1. 测量液晶光开关的电光特性

表1: 液晶光开关电光特性测量
 (模式转换开关置于静态模式, 将透过率显示校准为100%)

No. _____
Date. _____

电压(V)	0	0.5	0.6	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	3.0	4.0	5.0
透射率(%)	100%	100%	99.8%	96.1%	87.5%	73.2%	56.1%	39.1%	25.4%	15.7%	9.8%	6.4%	3.9%	4.0%	3.7%	3.4%
第一次	100%	100%	99.8%	96.1%	87.5%	73.2%	56.1%	39.1%	25.4%	15.7%	9.8%	6.4%	3.9%	4.0%	3.7%	3.4%
第二次	100%	99.6%	99.5%	95.6%	86.7%	72.3%	55.1%	38.4%	24.9%	15.4%	9.6%	6.3%	3.8%	4.0%	3.7%	3.4%
平均值																

2. 测量液晶光开关的时间响应特性

上升时间: 35.50 ms
 下降时间: 26.50 ms

3. 测量液晶光开关的视角特性

表2: 液晶光开关视角特性测量

角度(°)	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20
最大值V=0.0V T_{max} (%)	35.6%	49.0%	58.9%	69.1%	76.5%	81.7%	85.9%	89.6%	91.8%	94.5%	96.2%	97.4%
最小值V=2.0V T_{min} (%)	12.5%	15.0%	15.9%	14.8%	13.3%	10.7%	8.7%	6.9%	5.6%	4.7%	4.2%	3.8%
对比度 T_{max}/T_{min}												

2V → 0V	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
	98.2%	99.0%	99.6%	99.9%	100%	100%	99.8%	99.4%	98.8%	97.4%	95.4%	93.7%
	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%	3.8%	3.9%	4.1%	4.6%	5.3%	6.7%	8.5%

	45	50	55	60	65	70	75
	90.5%	86.1%	81.1%	74.1%	65.0%	52.7%	37.2%
	10.8%	13.2%	15.7%	18.4%	19.2%	18.6%	14.6%
	90.5%	86.1%	81.1%	74.1%	65.0%	52.7%	37.2%

4. 液晶显示器显示原理

2019. 7. 22

6. 数据处理及误差分析

一.测量液晶光开关的电光特性

表 1 液晶光开关电光特性测量数据表 (全表)

(模式转换开关置于静态模式，将透过率显示校准为 100%)

电压(V)		0	0.5	0.8	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2	3	4	5
透射率(%)	第1次	100	100	99.8	96.1	87.5	73.2	56.1	39.1	25.4	15.7	9.8	6.4	3.9	4	3.7	3.4
	第2次	100	99.6	99.5	95.6	86.7	72.3	55.1	38.4	24.9	15.4	9.6	6.3	3.8	4	3.7	3.4
	平均值	100	99.8	99.65	95.85	87.1	72.75	55.6	38.75	25.15	15.55	9.7	6.35	3.85	4	3.7	3.4

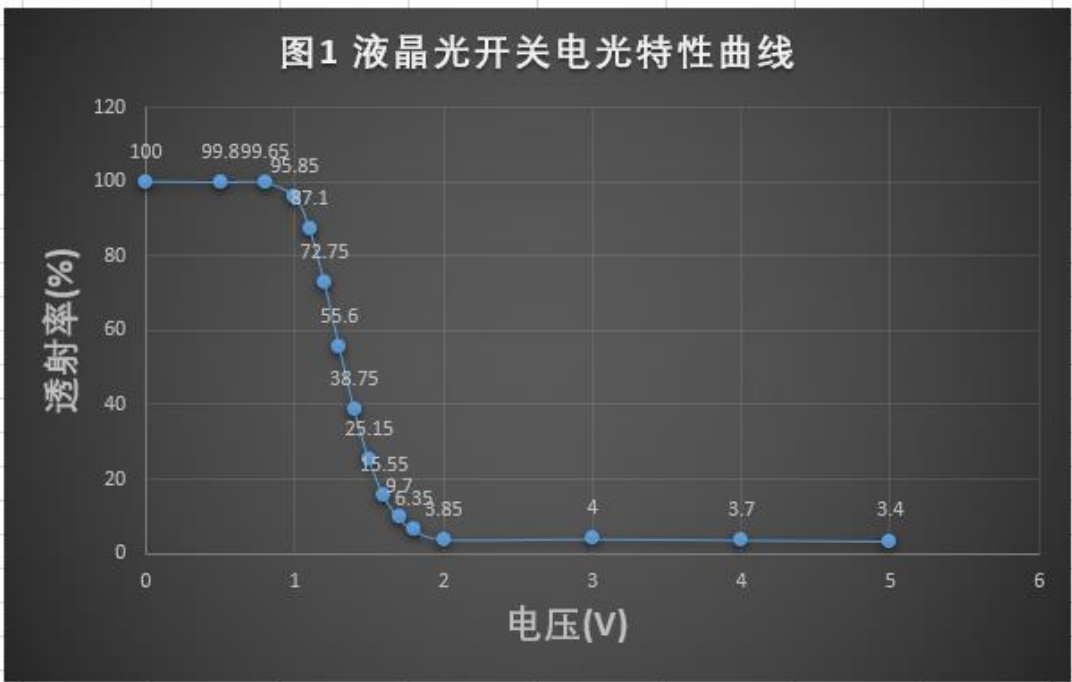
表 1 液晶光开关电光特性测量数据表 (半表 1)

电压(V)		0	0.5	0.8	1	1.1	1.2	1.3
透射率(%)	第1次	100	100	99.8	96.1	87.5	73.2	56.1
	第2次	100	99.6	99.5	95.6	86.7	72.3	55.1
	平均值	100	99.8	99.65	95.85	87.1	72.75	55.6

表 1 液晶光开关电光特性测量数据表 (半表 2)

1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	2	3	4	5
39.1	25.4	15.7	9.8	6.4	3.9	4	3.7	3.4
38.4	24.9	15.4	9.6	6.3	3.8	4	3.7	3.4
38.75	25.15	15.55	9.7	6.35	3.85	4	3.7	3.4

图 1 液晶光开关电光特性曲线



2.测量液晶光开关的时间响应曲线

上升时间 τ_r : 35.50 ms;

下降时间 τ_d : 26.50 ms。

3.测量液晶光开关的视角特性

表 2 液晶光开关视角特性测量数据表 (全表)

角度(°)	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	
最大值V=0.0V Tmax (%)	35.6	49	58.9	69.1	76.5	81.7	85.9	89.6	91.8	94.5	96.2	97.4	98.2	99	99.6	
最小值V=2.0V Tmin (%)	12.5	15	15.9	14.8	13.3	10.7	8.7	6.9	5.6	4.7	4.2	3.9	3.8	3.8	3.8	
对比度 Tmax/Tmin	24.05	32	37.4	41.95	44.9	46.2	47.3	48.25	48.7	49.6	50.2	50.65	51	51.4	51.7	
角度(°)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
最大值V=0.0V Tmax (%)	99.9	100	100	99.8	99.4	98.8	97.4	95.4	93.7	90.5	86.1	81.1	74.1	65	52.7	37.2
最小值V=2.0V Tmin (%)	3.8	3.8	3.8	3.9	4.1	4.6	5.3	6.7	8.5	10.8	13.2	15.7	18.4	19.2	18.6	14.6
对比度 Tmax/Tmin	51.85	51.9	51.9	51.85	51.75	51.7	51.35	51.05	51.1	50.65	49.65	48.4	46.25	42.1	35.65	25.9

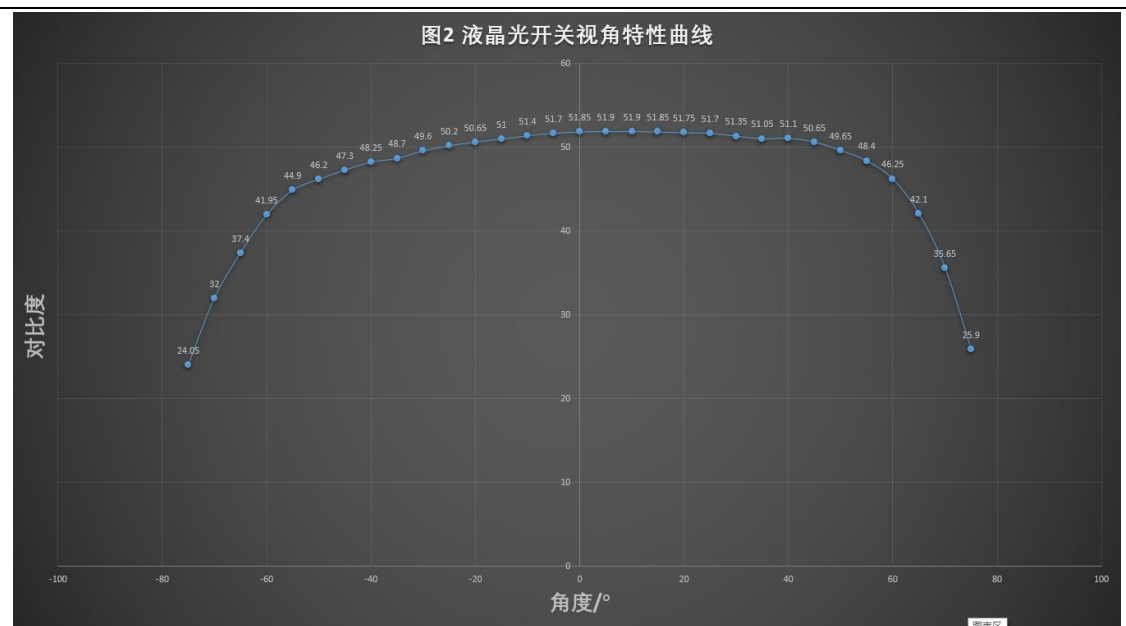
表 2 液晶光开关电光特性测量数据表 (半表 1)

角度(°)	-75	-70	-65	-60	-55	-50
最大值V=0.0V Tmax (%)	35.6	49	58.9	69.1	76.5	81.7
最小值V=2.0V Tmin (%)	12.5	15	15.9	14.8	13.3	10.7
对比度 Tmax/Tmin	24.05	32	37.4	41.95	44.9	46.2
角度(°)	0	5	10	15	20	25
最大值V=0.0V Tmax (%)	99.9	100	100	99.8	99.4	98.8
最小值V=2.0V Tmin (%)	3.8	3.8	3.8	3.9	4.1	4.6
对比度 Tmax/Tmin	51.85	51.9	51.9	51.85	51.75	51.7

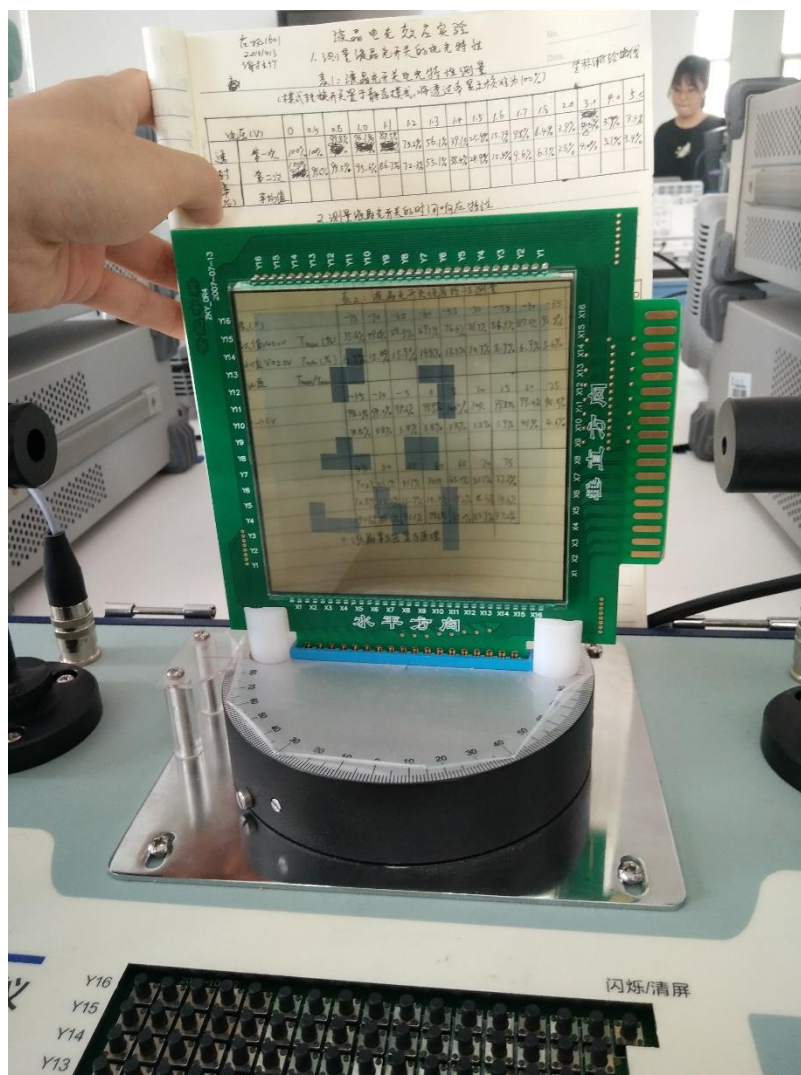
表 2 液晶光开关电光特性测量数据表 (半表 2)

-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	
85.9	89.6	91.8	94.5	96.2	97.4	98.2	99	99.6	
8.7	6.9	5.6	4.7	4.2	3.9	3.8	3.8	3.8	
47.3	48.25	48.7	49.6	50.2	50.65	51	51.4	51.7	
30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
97.4	95.4	93.7	90.5	86.1	81.1	74.1	65	52.7	37.2
5.3	6.7	8.5	10.8	13.2	15.7	18.4	19.2	18.6	14.6
51.35	51.05	51.1	50.65	49.65	48.4	46.25	42.1	35.65	25.9

图 2 液晶光开关视角特性曲线



4.液晶显示器显示原理 (7 种俄罗斯方块)



7. 思考题及实验小结

①.液晶显示器相对射线管显示器有哪些优点?

答:

- 1.零辐射，低耗能，散热小。
- 2.纤薄轻巧。正是液晶显示器的出现，才令手提电脑的发明成为可能。
- 3.精确还原图像。
- 4.显示字符锐利。画面稳定不闪烁。液晶显示器的字体非常锐利，完全没有 CRT 显示器显示文本时候出现的字体模糊，字体泛色等现象。
- 5.屏幕调节方便。

②.观看液晶电视时，高速运动的影像有时会有拖尾现象，为什么？

答：因为液晶电视因发光原理所限，响应时间多在 4 毫秒以上，而等离子电视、CRT 电视的响应时间能达到微秒级。虽然现在液晶电视在解决拖尾问题上取得了一定进展，但在相当长时间内还无法从根本上解决。

以下内容为报告保留内容，请勿填写或删除，否则影响实验成绩

上课时间：

上课地点：

任课教师：

报告得分：

教师留言：

操作得分：

教师留言：

预习得分：

预习情况：