

液晶电光效应综合实验

廖荣

中国科学技术大学 物理学院, 合肥 230026

摘要: 液晶是一种介于液体和晶体之间的特殊物质, 其既有液体的流动性, 又具有晶体的各向异性。当光通过液晶的时候, 会发生偏振面旋转、双折射等效应。本实验利用 TN 型 (扭曲向列型) 液晶, 验证了液晶光开关的电光特性、时间响应特性和视角特性, 测量了液晶的阈值电压、关断电压和响应时间, 并了解了液晶光开关构成图像矩阵的方法。

关键词: 液晶; 电光特性;

Comprehensive experiment on electro-optical effect of liquid crystal

Rong Liao

School of Physical Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230026

Abstract: Liquid crystal is a kind of special substance between liquid and crystal. In this experiment, TN type liquid crystal (twisted nematic type) was used to verify the electro-optical characteristics, time response characteristics and view Angle characteristics of liquid crystal optical switch, and the threshold voltage, off voltage and response time of liquid crystal were measured.

Keywords: Liquid crystal; electro-optical characteristics

1 实验原理 [1]

1.1 液晶光开关的工作原理

TN 型光开关的结构如图 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。棍的长度在十几埃, 直径为 4~6 埃, 液晶层厚度一般为 5-8 微米。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, 中间层液晶分子会均匀扭转, 产生光波导性质, 使光偏振面旋转 90°, 则可通过下层偏振片。

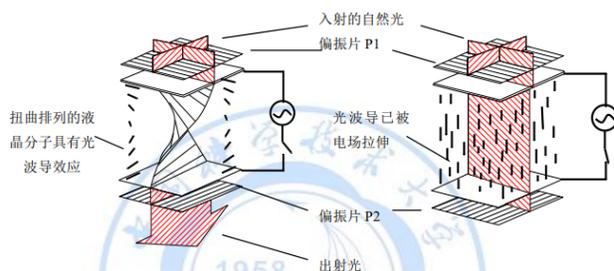


图 1: 液晶光开关示意图

在施加足够电压情况下 (一般为 1~2 伏), 在静电场的作用下, 中间层液晶会平行于电场方向排

列, 由于两偏振片方向正交, 光无法透过下层偏振片, 进而被关断。

1.2 液晶光开关的电光特性

当光线垂直液晶面入射时, 液晶相对透过率随着外部所加的电压不同而不同。图2是一台实验数据图, 表示液晶相对透过率 (以不加电场时的透射率为 100%) 与外加电压的关系。

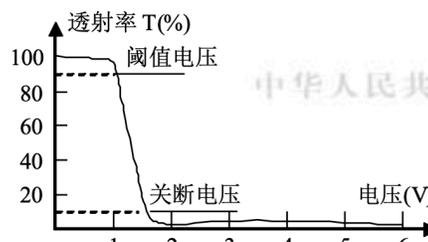


图 2 液晶光开关的电光特性曲线

图 2: T-V 关系参考图

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。可以根据此电光特性曲线图得出液晶的阈值电压和关断电压。

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。

1.3 液晶光开关响应时间

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。

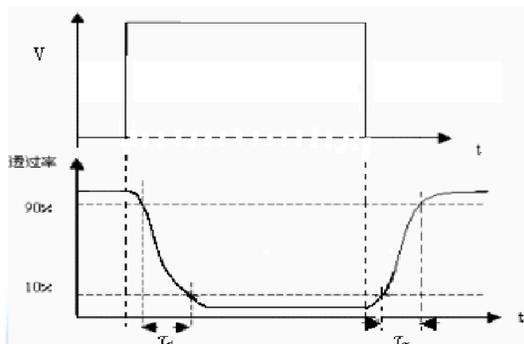


图 3: 时间响应曲线

上升时间 τ_r 和下降时间 τ_d 的定义为

上升时间：透过率从 10% 上升到 90% 所需的时间

下降时间：透过率从 90% 下降到 10% 所需的时间

液晶显示器的帧率可由下式计算

$$f = \frac{1}{\tau_r + \tau_d} \quad (1)$$

1.4 液晶光开关的视角特性

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。

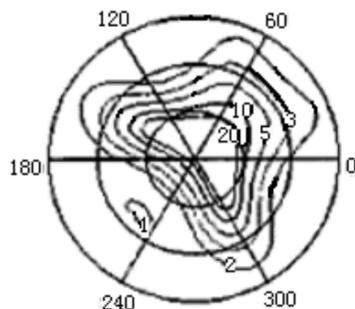


图 4: 各视角对比度

图 4 表示了某种液晶视角特性的理论计算结果。图 4 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。

2 实验器材与内容

2.1 实验器材

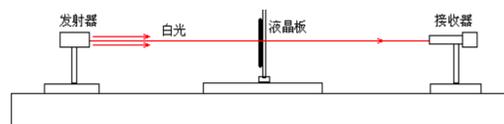


图 5: 器材正视图

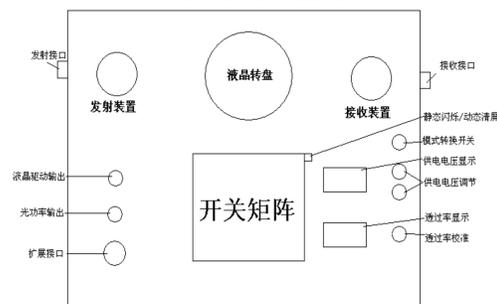


图 6: 器材俯视图

实验所用液晶屏器材如图 5、图 6 所示，此外还有示波器用于测量响应时间。

2.2 液晶光开关电光特性的测量

在静态、0 度、0V 供电电压条件下，透过率显示大于“250”时，按住透过率校准按键 3 秒以上，透过率可校准为 100%。

透过率显示校准为 100% 后，液晶转盘的转角置于 0 度，保持当前转盘状态。改变电压，使得电

压值从 0V 到 6V 变化，记录相应电压下的透射率数值。重复 3 次并计算相应电压下透射率的平均值，依据实验数据绘制电光特性曲线，可以得出阈值电压和关断电压。

3 实验结果与讨论

3.1 液晶光开关电光特性测量

表 1: 液晶光开关电光特性测量

电压	测量 1	测量 2	测量 3	平均值
0	99.9	100	100	99.97
0.5	99.8	99.9	100	99.90
0.8	99.6	99.9	99.9	99.80
1.0	96.5	6.7	96.6	96.60
1.1	87.7	88.1	88.0	87.93
1.2	72.8	73.3	73.1	73.07
1.3	55.4	54.9	55.2	55.17
1.4	38.2	38.1	38.5	38.27
1.5	25.2	24.8	25.0	25.00
1.6	16.0	15.8	15.8	15.87
1.7	10.0	10.0	10.0	10.00
2.0	4.3	4.3	4.3	4.30
3.0	4.6	4.6	4.6	4.60
4.0	4.1	4.1	4.1	4.10
5.0	3.6	3.6	3.6	3.60
6.0	3.3	3.3	3.3	3.30

2.3 液晶时间响应的测量

将模式转换开关置于静态模式，透过率显示调到 100；然后再将液晶供电电压调到 2.00V，在液晶静态闪烁状态下，用存储示波器观察此光开关时间响应特性曲线，可以根据此曲线得到液晶的上升时间 τ_r 和下降时间 τ_d 。重复测量三次，计算液晶光开关帧率

2.4 液晶光开关视角特性测量

2.4.1 水平方向视角特性测量

确定液晶屏标有水平方向的接口插入样品台，在静态模式将透射率校准为 100%。

调节供电电压为 0V，旋转样品转盘，测定 $-75^\circ \sim 75^\circ$ 时光强透过率最大值 T_{max} 。

调节供电电压为 2V，旋转样品转盘，测定 $-75^\circ \sim 75^\circ$ 时光强透过率最小值 T_{min} ，计算对比度 $V = \frac{T_{max}}{T_{min}}$

2.4.2 垂直方向视角特性测量

确定液晶屏标有垂直方向的接口插入样品台，在静态模式将透射率校准为 100%。

调节供电电压为 0V，旋转样品转盘，测定 $-75^\circ \sim 75^\circ$ 时光强透过率最大值 T_{max} 。

调节供电电压为 2V，旋转样品转盘，测定 $-75^\circ \sim 75^\circ$ 时光强透过率最小值 T_{min} ，计算对比度 $V = \frac{T_{max}}{T_{min}}$

将数据点按多项式插值方法绘制得到电光特性曲线，可得

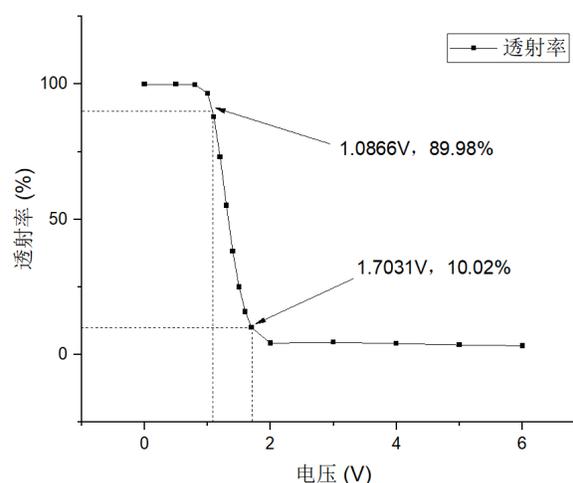


图 7: 液晶光开关电光特性

根据插值函数得到阈值电压和关断电压为

$$V_1 = 1.0866V, V_2 = 1.7031V \quad (2)$$

3.2 液晶时间响应的测量

表 2: 上升与下降时间

	测量 1	测量 2	测量 3	平均值
$\tau_r(ms)$	37.4	37.8	37.8	37.67
$\tau_d(ms)$	31.4	31.2	31.4	31.33

可知上升时间为 $\tau_r = 37.67ms$, 下降时间 $\tau_d = 31.33ms$, 根据式3可求得液晶屏帧率为

$$f = \frac{1}{\tau_r + \tau_d} = 14.5Hz \quad (3)$$

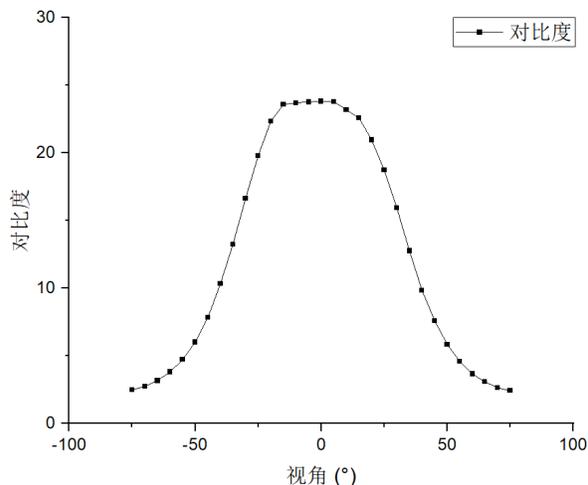


图 8: 对比度随视角变化图

3.3 液晶光开关视角特性测量

测得垂直方向时透射率随视角变化如下表

测得水平方向时透射率随视角变化如下表

表 4: 垂直方向透射率变化

表 3: 水平方向透射率变化

θ	正角度			负角度		
	T_{max}	T_{min}	比值	T_{max}	T_{min}	比值
0	100	4.2	23.80	100	4.2	23.80
5	99.9	4.2	23.79	99.8	4.2	23.76
10	99.7	4.3	23.19	99.5	4.2	23.69
15	99.3	4.4	22.57	99.0	4.2	23.57
20	98.5	4.7	20.96	98.2	4.4	22.32
25	97.4	5.2	18.73	97.0	4.9	19.80
30	95.6	6.0	15.93	94.9	5.7	16.65
35	93.1	7.3	12.75	92.7	7.0	13.24
40	90.5	9.2	9.84	89.8	8.7	10.32
45	86.6	11.4	7.60	86.0	11.0	7.82
50	81.8	14.0	5.84	81.2	13.5	6.01
55	75.6	16.5	4.58	75.0	15.9	4.72
60	67.4	18.4	3.66	67.3	17.7	3.80
65	57.7	18.8	3.07	58.0	18.3	3.17
70	45.1	17.1	2.64	46.9	17.1	2.74
75	31.0	12.8	2.42	32.8	13.2	2.48

θ	正角度			负角度		
	T_{max}	T_{min}	比值	T_{max}	T_{min}	比值
0	99.9	4.2	23.79	99.9	4.2	23.79
5	99.7	4.9	20.35	99.8	5.6	17.82
10	99.3	7.2	13.79	99.5	9.8	10.07
15	98.6	10.7	9.21	98.9	16.5	5.99
20	97.4	14.5	6.72	97.8	26.8	3.65
25	95.5	18.5	5.16	96.0	38.3	2.51
30	92.7	22.2	4.18	93.5	51.3	1.82
35	89.5	25.3	3.54	90.4	63.2	1.43
40	85.8	27.6	3.11	86.4	72.2	1.20
45	80.6	28.6	2.82	82.2	77.1	1.07
50	75.6	28.8	2.63	77.2	76.5	1.01
55	69.3	27.8	2.49	71.0	71.2	1.00
60	62.0	25.7	2.41	63.8	61.5	1.04
65	53.1	22.1	2.40	54.5	48.5	1.12
70	42.0	17.5	2.40	43.6	36.0	1.21
75	28.5	12.0	2.38	30.8	23.1	1.33

对比度随角度变化图为

对比度随角度变化图为

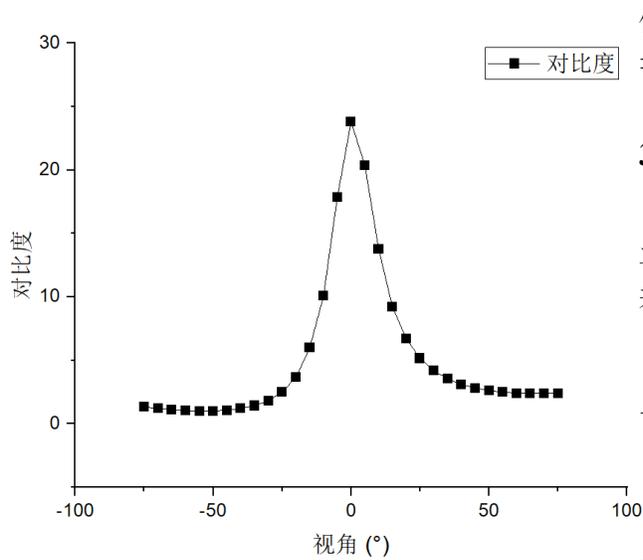


图 9: 对比度随视角变化图

由图8、9可知水平方向对比度始终较好；但在

俯视仰视方向上对比度随角度变化显著，基本在 $\pm 30^\circ$ 图像便会模糊不清。

3.4 思考题

1. 在供电电压为 0V 时将透射率校准为 100%，再调高供电电压，若透射率高于 100% 则为常黑，若透射率低于 100% 则为常白
2. 功耗较低，使用寿命较长，无电离辐射。
3. 不能，帧数为 14.5 帧，低于电视标准； $\tau = \frac{1}{f}$ ，可计算出 τ 需低于 40ms。
4. 可能是环境光的光强存在波动。

参考文献

- [1] 中国科学技术大学物理实验教学中心. 液晶电光效应综合实验（实验讲义）.