

此外,通过 MF 曲线,还可由测出的 l_c 定出 Δn , 求得吸收系数,得出晶体的精厚度 $l^{[4]}$.

四、讨 论

1. MF 曲线的形状

(1) $\theta = 0$ 两侧曲线对称性问题

实验表明,为保证 $\theta = 0$ 两侧对称,必须使晶体的旋转轴在光束最窄部的中心,使垂直光束旋转时入射面保持不变,还要使旋转轴严格平行于一个晶轴……^[7]

(2) MF 曲线最小值不为零问题

造成 MF 曲线最小值不为零的因素有:晶体加工时两面不平行;表面的不平整;基波光束有一定发射角(要求在几毫弧度以内);光电倍增管的暗电流;测量环境的影响(如激光泵浦发出的光)等。这些因素均应注意。

2. 弱信号的检测

在 Marker 条纹的测量中,使用了锁相放大器,这在测量非位相匹配情况下的倍频光是必要的。此时由于信号相当弱,需要从较强的噪声中检测出信号,又由于这里记录的是脉冲信号,占空比较小,因而测量的灵敏度受影响。如

采用门积分放大器,则更好。由于条件限制,我们只采用锁相放大器,但已起到了抑制光电管热噪声及杂散光的作用。在使用锁相放大器时,其积分时间的选择是重要的。通常,积分时间长一些,可以更好地检测出弱信号,而且抗干扰性能也好。但在测量快速变化的信号时,积分时间太长,会使曲线严重失真;积分时间太短,又会使缓慢变化的信号受基波波动的影响而产生抖动(本实验中为使基波输出稳定,光泵电源采用恒流电源)。所以,工作时要注意两者兼顾,选择适当的积分时间。

参 考 文 献

- [1] 朱劲松、谈云鹏、王业宁,物理, **9**(1980), 217.
- [2] 王业宁、朱劲松、谈云鹏,物理学报, **29**(1980), 1629.
- [3] F. Zermike, J. E. Midwinter, Applied Nonlinear Optic, John Wiley & Sons New York/Sydney/Toronto/London, (1973).
- [4] 李荫远、杨顺华,非线性光学,科学出版社, (1974).
- [5] 冯端、闵乃本、洪静芬、杨永顺、朱劲松、王业宁, Appl. Phys. Lett., **37** (1980), 607.
- [6] C. Hocker et al., Appl. Phys. Lett., **26** (1975), 442; C. Hocker et al., J. Appl. Phys., **28** (1976), 267.
- [7] J. Jerphsongen, S. K. Kutz, J. Appl. Phys., **41** (1970), 1667.
- [8] F. T. 阿雷克等主编,《激光手册》翻译组译,非线性光学和材料(《激光手册》第四分册),科学出版社, (1978).

两次斜蒸一氧化硅在多路驱动液晶显示器中的应用

陈绍山 姚文太 龙建辉

(长沙七七〇厂)

在液晶显示器件的表面处理中, Janning^[1] 首创了倾斜蒸发一氧化硅(SiO)的方法而获得了向列液晶的均匀排列。当斜蒸角(蒸发束与基片平面所成的角)小于 15° 时,得到的是大于 20° 的高倾角排列;而当蒸发角在 $15-45^\circ$ 之间时,液晶指向矢的倾角为 0° ^[2]。实验证明这两种情况都不适应多路驱动显示。因为国产的 411 联苯的高倾角排列将由于容易产生交叉效应而使视角范围变窄,后者则容易产生排列的

反倾斜^[3]。多路驱动的液晶显示器要求低预倾角的表面取向,才能得到满足实用要求的宽视角特性。

要得到低预倾角的定向排列,可通过两次斜蒸 SiO 而实现,这一结论已由文献 [5, 6] 所证实。Meyerhofer^[4] 和 Johnson^[5] 的两次蒸发程序正好相反。为了使淀积在基片上的 SiO 膜的厚度易于控制,我们按照 Johnson 程序先蒸 7° (蒸发束与基片法线的夹角则为 83°) 后蒸 30° 。

图 1 是两次蒸发的示意图。第一次以 7° 的入射角对着基片的 X 轴进行蒸发，然后将基片旋转 90° 再对 Y 轴进行第二次蒸发，入射角度为 30° 。膜的厚度由位于蒸发源上方的石英振荡器所监测。蒸发时的真空度优于 10^{-6} 托。蒸发源温度控制在 1350°C ($\pm 10^\circ\text{C}$)。基片不加烘烤，所用液晶为 411 联苯。

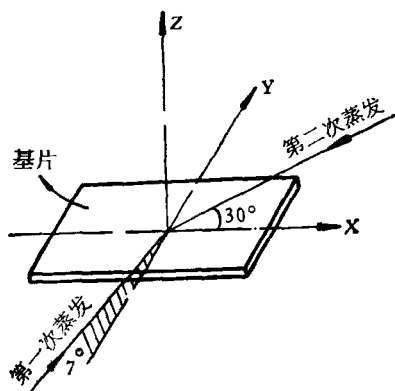


图 1 两次斜蒸 SiO 示意图

实验表明，两次蒸发的 SiO 淀积膜厚度的不同将导致液晶分子排列倾斜程度的差异。只要适当地选择二层 SiO 薄膜的厚度，便可以得到低预倾角的排列。图 2 表示了预倾角和膜厚之间的关系。从图中可以看到，随着膜厚的不同，预倾角 θ 在 $0-20^\circ$ 之间变化。当膜厚为 100 \AA 、 160 \AA 时，得到了 3° 的预倾角。这时制成的液晶显示器在三路驱动袖珍计算器的数字

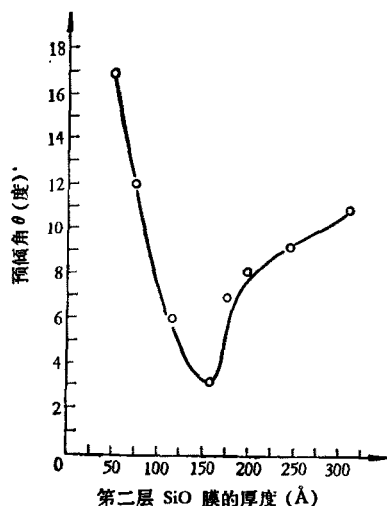


图 2 斜蒸的 SiO 膜的厚度与预倾角 θ 的关系 (第一层 SiO 膜的厚度保持在 100 \AA)

运算中具有良好的对比度和大于 45° 的视角特性。预倾角是用磁容法在室温下测定的，误差小于 1° 。从图 2 还可看到，在第一层 SiO 的厚度为 100 \AA 、第二层为 160 \AA 附近，预倾角的变化比较缓慢，其结果是在工艺上容易获得一致性。这一情况已经由制成的样品在计算器中的实际显示效果多次证实，工艺上的重复性也同样地得到了验证。

我们也反复地对 Meyerhofer 程序作了试验，结果表明该程序也能获得良好的效果。不过该程序第二次 5° 斜蒸的 SiO 膜要少于 3 \AA 才能得到低于 5° 的预倾角^[5]。由于膜厚测量系统不可避免地存在误差，这样薄的厚度是难于准确地测量的。我们把蒸发时间控制在 14 秒就顺利地解决了这个问题。随着 5° 蒸发的继续进行，预倾角迅速地增大直至呈现出小角度一次蒸发的特征。

多路驱动的液晶显示的驱动原理实际上是一种矩阵寻址显示。在工作状态下，显示器的选通段即显示段上加有大于饱和电压 V_{sat} 的工作电压 V_{on} ，同时，非选通段即隔离段并不呈现电的中性而是被加上一个本底电压 V_{off} 。对于工作电压为 3V 的三路驱动的计算器来说，上述的 V_{on} 与 V_{off} 分别为 3V 与 1V 。如果液晶的阈电压 V_{th} 小于上述的本底电压，即 $V_{\text{th}} < V_{\text{off}}$ ，则非选通段受 V_{off} 的激励而起辉，这就出现了所谓的交叉效应。而且，阈电压 V_{th} 受观察角度 (即视角) 的影响是很大的。为了在低掠入射观察时不出现交叉效应，要求这时 V_{th} 也要高于 V_{off} ，这意味着要求阈电压曲线的陡度越大越好，因而对使用的液晶材料提出了更高的要求。

另一方面，TN (扭曲向列) 型液晶显示器件的显示起辉的效果与表面处理后分子排列的预置倾斜角有着密切的关系。实验表明，随着器件中分子排列预倾角的不同，器件的阈电压 (在这里，阈电压 V_{th} 被定义为：外电压引起的最大透光强度的 10% 时的外电压均方根值) 和饱和电压都有着明显的差别。图 3 和图 4 分别表示预倾角 θ 与阈电压 V_{th} 和饱和电压 V_{sat} 的关系。 V_{th} 和 V_{sat} 是测量制成的三路驱动的液

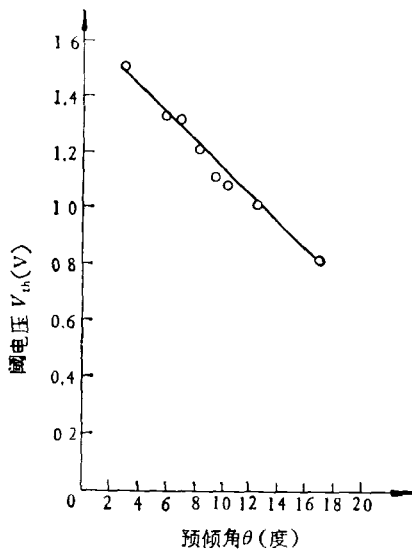


图3 阈电压 V_{th} 与预倾角 θ 的关系 (V_{th} 的读取视角为 90° , 室温下测定)

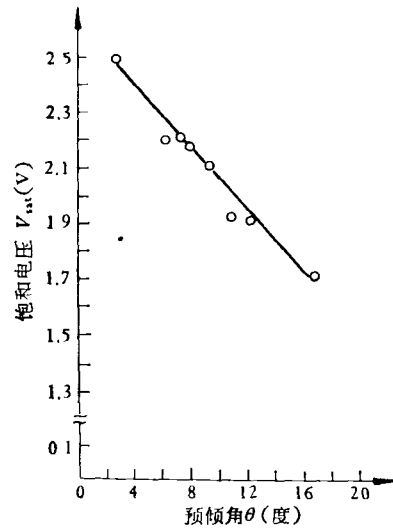


图4 饱和电压 V_{sat} 与预倾角 θ 的关系 (V_{sat} 的读取视角为 90° , 室温下测定)

晶显示器而得到的, 这些器件和测量预倾角的样品盒的表面处理均在同一条件下进行。从图中可以看到, V_{th} 与 V_{sat} 均随着预倾角 θ 的减小而提高。411 联苯的 V_{th} 为 0.7 V。当液晶在器件中排列的倾斜角从高 (17°) 到低 (3°) 变化的时候, 器件的 V_{th} 从 0.8V 上升到 1.5 V, 而 V_{sat} 则从 1.7 V 提高到 2.5 V; 同时, V_{sat} 与 V_{th} 的比值 (V_{sat}/V_{th}) 也从大 (2.43) 到小 (1.67) 地变化。当液晶在器件中低倾斜角预排列的时候, 就可以避免非选通段的起辉, 较好地消除了交叉效应, 从而使器件的视角范围达到 45° 以上, 并且提高了器件的清晰度。

从理论上说, 液晶的阈电压曲线越陡越好,

也即 V_{sat} 与 V_{th} 的比值等于 1 是最好的, 但是目前还没有合成出这种比值的理想材料。在国内, 多路驱动的液晶则是一个仍在探索的课题。必须指出, 当 V_{sat} 上升到 2.5V 时, 器件要获得最佳对比度是有困难的, 在低掠入射观察时 V_{th} 也将小于 1V。但是, 只要将预倾角控制在 5° 以下, 那么用国产 411 联苯制成的样品的对比度、视角特性、响应速度等主要电光参数均能符合设计标准。

为了进一步证实低预倾角排列的二次斜蒸 SiO 技术能有效地用于多路驱动的液晶显示器件的表面处理, 我们反复地作了 5° 或 30° 入射的一次斜蒸 SiO 对比试验。表 1 是采用不同斜

表 1

| 入射角 | 电光特性 样品序号 | 对比度 | 响应速度 | | 阈电压 (V) | 饱和电压 (V) | 显示效果 | 实验编号 | 备注 | |
|----------------|--------------|-------|---------|---------|---------|----------|-----------------------|---------|-----------------|--------------------------------------|
| | | | 前沿 (ms) | 后沿 (ms) | | | | | 器件厚度 | SiO 膜厚度 |
| 5° | 1* | 3.4:1 | 30 | 75 | 0.8 | 1.5 | 能显示, 交叉效应严重, 视角很窄 | 417-II① | $13\mu\text{m}$ | 200 \AA |
| | 2* | 3.3:1 | 75 | 175 | 0.9 | 1.9 | 同上 | 416-I① | $15\mu\text{m}$ | 200 \AA |
| 30° | 3* | 2.3:1 | 30 | 100 | 1.5 | 3.3 | 起辉困难 | 420-II② | $13\mu\text{m}$ | 200 \AA |
| | 4* | 2.2:1 | 50 | 100 | 2.9 | 6.5 | 不能显示 | 421-II③ | $13\mu\text{m}$ | 200 \AA |
| 第一次 7° | 5* | 8:1 | 70 | 150 | 1.4 | 2.5 | 显示清晰, 视角大于 45° | 试 4* | $15\mu\text{m}$ | 100 \AA 160 \AA |
| 第二次 30° | 6* | 7.3:1 | 50 | 80 | 1.5 | 2.5 | 同上 | 试 11* | $13\mu\text{m}$ | 100 \AA 160 \AA |

蒸工艺所制成的三路驱动液晶显示器件的电光特性(常温下测定),所用液晶均为 411 联苯,试 4# 和试 11# 为重复试验,表 1 表明 5° 或 30° 一次斜蒸 SiO 均不适用于多路驱动液晶显示器。

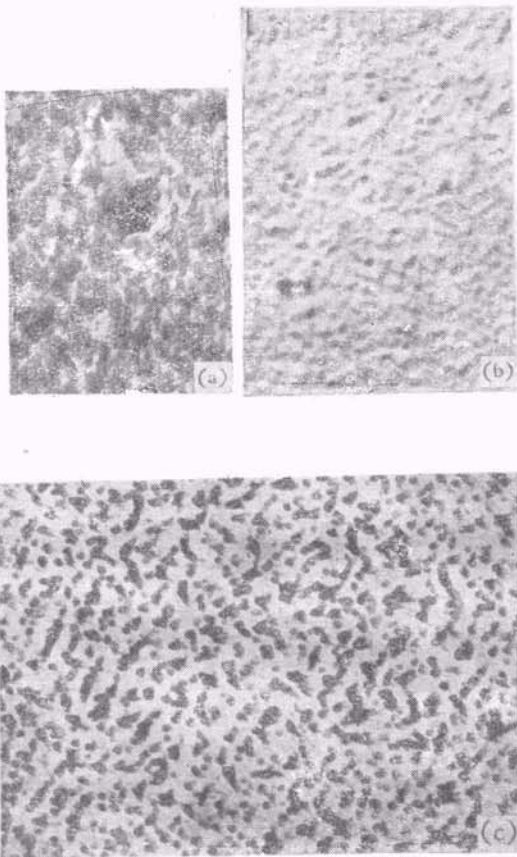


图 5 倾斜蒸发的 SiO 膜的电子显微照片
(放大倍数均为 20000 倍)

- (a) 入射角为 7° 斜蒸的 SiO 膜(膜厚 100 \AA)
(b) 30° 斜蒸的 SiO 膜(膜厚 160 \AA);
(c) 两次斜蒸的 SiO 膜[由 (a) 和 (b) 迭加而成]

图 5 是斜蒸的 SiO 膜的电子显微照片。(a) 和 (b) 分别为 7° 和 30° 的斜蒸膜。两者的表面构象呈现出不连续的、高波动的隆起增殖物,这些隆起增殖物形似条柱^[6]。同一样品上的隆起条柱构成行状排列,条柱的方向是一致的,但其粗细及占有空间都不是很规则的,这很可能是由于 SiO 分子在基片上的某些部位优先产生成核现象。由于柱状隆起物的生长方向总是朝着

蒸发束的入射方向,因此,随着入射角的不同,隆起条柱对基片平面的倾斜角度各不相同;构象 (b) 的条柱对基片的倾斜度显然要比构象 (a) 的大一些。同时,从构象 (a), (b) 还可以看到,两者的沟槽与隆起条柱的表面积之比也不一样。

图 5(c) 所示的 SiO 淀积膜是人射角分别为 7° 和 30° 的两层 SiO 膜的迭加,其构象可以认为是两个单独构象之和。由于第一次斜蒸之后将基片旋转了 90° 然后再进行第二次蒸发,而且第二次的 30° 斜蒸膜又比第一次 7° 的厚得多,因此,两次蒸发迭加的结果使得隆起条柱的长轴基本上垂直于第一次蒸发的方向,而第二次 30° 入射的淀积层很可能使 7° 蒸发的 SiO 膜中条柱的倾斜角变得小一些^[5]。这样的表面构象就导致了液晶分子的排列状态有可能既不同于 7° 也不同于 30° 斜蒸的情况。当第一次蒸发的淀积厚度为 100 \AA 而第二次的为 160 \AA 时,液晶指向矢将在 YZ 平面上以 3° 的预倾角排列并垂直于第二次蒸发的入射方向。这很类似于 30° 一次斜蒸的情况。随着两次淀积厚度的不同,分子的预倾角也不同(这很可能归因于淀积膜的表面特征因厚度的不同而不同)。只要适当地选择 SiO 的淀积厚度,就可以把预倾角控制在 $0-10^\circ$ 之间。

本试验得到了清华大学液晶物理组老师们的指导,该组陈筱英同志帮助我们测量了预倾角,中南矿冶学院电子显微镜室为我们提供了电子显微分析,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- [1] J. L. Janning, *Appl. Phys. Lett.*, **21**(1972), 273.
- [2] E. Guyon, P. Pioranski and M. Boix, *Lett. Appl. Eng. Sci.*, **1**(1973), 19.
- [3] E. P. Rayes, *Electron Lett.*, **10**(1974), 141.
- [4] D. Meyerhofer, *Appl. Phys. Lett.*, **29-11**(1976), 691.
- [5] M. R. Johnson, P. A. Denz, *IEEE Trans.*, **ED-24**(1977), 805.
- [6] L. A. Goodman, T. J. Mcyinn, C. H. Andenson and F. digeronimo, *IEEE Trans.*, **ED-24**(1977), 795.