

超扭曲液晶显示

(译文集)

王新久 等译

航空工业出版社

超扭曲液晶显示

(译文集)

王新久 等译

航空工业出版社

(京)新登字161号

内 容 简 介

本书编辑翻译了有关超扭曲液晶显示(STN)的文章14篇,他们是由国际上在液晶领域里对STN的发明和发展作出重要贡献的著名科学家和研究人员撰写的。内容包括第一个STN的发明、STN的原理、STN的性能与器件和液晶材料参数的关系、黑白STN(包括双层STN、延迟片补偿STN),SBE和GMI器件,以及为了避免出现缺陷而提高预倾角和适当选择其它参数的方法。由于STN要求精确控制盒厚,还编辑了有关液晶盒厚测量的文章。本译文集从大量的有关STN的论文中精选出以上14篇文章,比较全面地介绍了STN的发明、发展和现状。它适合于从事液晶显示研究、开发和生产的科技人员,有关专业的大专院校师生作为科研和学习的参考书。

超扭曲液晶显示

(译文集)

王新久 等译

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号)

— 邮政编码: 100029 —

全国各地新华书店经售

航空工业出版社印刷厂印刷

1992年2月第1版

1992年2月第1次印刷

开本: 787×1092 1/32

印张: 5

印数: 1—2000

字数: 112千字

ISBN 7-80046-589-6/TP·042

定价: 6.50 元

编译者序

液晶显示 (LCD) 最早见于20世纪60年代末, 迄今, 它已经迅速发展成为显示领域中最重要技术之一, 广泛应用于手表、计算器、电子仪器、汽车仪表盘、广告板、办公室自动化设备、手提电脑、电视等。70年代发明的扭曲向列相液晶显示 (TN) 是当前LCD的主流产品, 但是由于它的电光特性的限制, 不能够显示很多的信息。TN器件是因为其中液晶分子从上表面到下表面逐渐扭曲 90° 而得名。如果使液晶分子继续扭曲而达到 180° 以上, 情况会如何呢? 这一新思想诞生了超扭曲液晶器件 (STN)。超扭曲LCD具有陡峭的电光阈值特性, 从而可以显示较TN多得多的信息。第一块STN诞生于1985年, 经过了六七年的研究, STN技术已经趋于成熟。第一代STN的显示背景呈蓝色或者黄色, 而新一代的STN (即双层超扭曲器件D-STN和膜补偿超扭曲器件F-STN) 已经可以实现黑白显示, 它们与彩色镶嵌滤色片配合可以实现全色显示。STN已经广泛应用于手提电脑等领域, 可以显示相当于A4纸的面积, 像素达到 1024×768 的彩色显示。这曾经一度被认为是不可能的。不仅如此, STN的视角特性也得到改善。

本译文集的第1~7篇介绍了STN的工作原理和初期的研究。理论和实验皆表明STN的电光特性与扭曲角, 预倾角, 光延迟量, 以及液晶的展曲、扭曲和弯曲弹性常数, 介电常数等有密切关系。

STN的大扭曲角使得STN容易出现条纹状畸变, 只有采

用更大的预倾角才能抑制这类畸变，从而对产生预倾角的材料和方法提出更高的要求（第8篇）。

将两块相同但是扭曲方向相反的STN盒叠放在一块，即构成双层超扭曲器件D-STN。它可以获得非常好的双折射补偿，从而实现全色显示（第9、10篇），但是它的结构复杂，成本较高。如果可以用延迟片来补偿，则要经济得多，这就是所谓F-STN（第11篇）。显然，只具备双折射性质的薄膜不可能完全补偿另一个兼有旋光功能的元件，但是使用多块延迟片可能使其透过率随光波长的变化降得很小（第12篇）。

STN是一种双折射器件，这一点与TN的导波方式显著不同，它的光延迟量与显示性能有密切关系。延迟量是盒厚和液晶双折射的乘积，所以，除了提高液晶的清亮点以外，对制造工艺的要求更高，必须严格控制盒厚及其均匀性。因此，精确测量盒厚就变得非常重要（第13、14篇）。

本译文集是由深圳天马微电子有限公司张辉（第1篇）、龚向宇（第2、10篇）、李曙新（第3篇）、金志伟（第4篇）、朱社林（第5、11篇）、缪新林（第6篇）、陈军（第7、8篇）、杨小龙（第9、12篇）、李行（第13、14篇）翻译，由北京清华大学王新久和航空航天部黄辉光修改、审阅。

我国的液晶工业正发展到研制STN的阶段，我们希望本译文集能对我国的液晶工业有所帮助。

王新久

1992年2月

目 录

1	一种用于多路驱动的新型液晶显示.....	(1)
2	多路驱动染料液晶显示器的设计.....	(7)
3	超扭曲液晶的转变理论.....	(20)
4	有预倾角的超扭曲液晶器件阈值电压的 解析表示式.....	(27)
5	超扭曲液晶的光学性质.....	(40)
6	双折射型 270° 扭曲向列相液晶层 电光性质的研究.....	(46)
7	一种新型黑白多路液晶显示的电光特性.....	(71)
8	采用摩擦技术制作的STN液晶显示器的 电光特性.....	(80)
9	中性STN (NTN) 全彩色液晶显示器.....	(94)
10	高路数STN显示.....	(103)
11	有双折射膜的单色超扭曲向列型液晶显示....	(111)
12	双层双折射膜的黑白STN液晶显示.....	(122)
13	干涉法测量LCD空盒盒厚.....	(133)
14	用光谱和分光束干涉法测量 TN 盒厚.....	(138)

1 一种用于多路驱动 的新型液晶显示

T.J. Scheffer and J. Nehring

Brown Boveri Research Center,

CH-5405 Baden, Switzerland

摘 要

本文描述了一种新型多路驱动的 LCD, 显示行数相同时, 它的图像质量比 TN 高, 此显示盒的向列相液晶层具有预倾角, 有手性添加剂, 扭曲角约为 270° 。夹在两片“非常规”取向的偏振片之间, 它以双折射光学模式工作。驱动电压与 CMOS 技术兼容。占空比为 $1/120$ 的 120×240 点阵板的显示特性为: 响应时间 300ms, 垂直入射的对比度 $10:1$, 在 45° 视角锥内的对比度 $\geq 4:1$ 。

最近的市场研究预示大信息容量, 特别是手提电脑 LCD 的需求量将有很大的增长, 现在用于手提电脑的 LCD 是采用高信息容量且经过优化的 TN 型^[1], 但其对比度小, 视角窄。

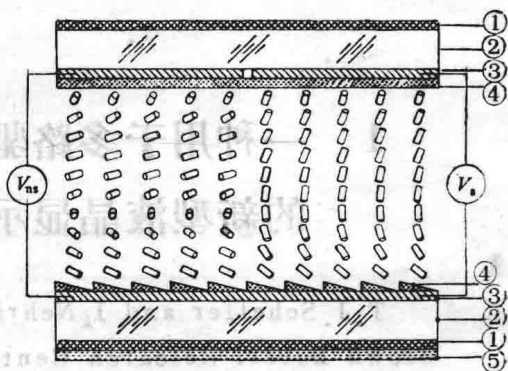
由于上面提到的高信息容量 TN-LCD 的局限性, 激发了人们研究和开发别的 LCD 技术和电光特性。本文的目的是简要地介绍一种新型电光效应的 LCD 的原理和性能。在相同驱动路数时, 它的图像质量比 TN 高, 我们称此新型效应为

“超扭曲双折射效应 (SBE)” , 因为它的扭曲角为 TN 显示的三倍, 它的对比度是由两个光学本征模的干涉产生的, 而非单一模的导波产生的。

图 1 为反射式 SBE 显示的示意图, SBE 显示盒的结构与通常的 TN 显示根本的区别在于:

~270° 扭曲角, 高预倾角的定向层和偏振片的非常规取向。与 Waters^[2] 所报道的 270° 器件不同的是, SBE 显示不含多向色性染料而且用了两块偏振片。

我们知道扭曲向列层的双稳态范围严格取决于总扭曲角 ϕ ^[2, 3], 这由图 2 中的理论曲线描述。图 2 描述了不同的扭曲角时, 预测角为 28° 的手性向列层的中央平面的指向矢随电压的变化^[4]。当 ϕ 减小时, 双稳态范围 (负斜率区) 也减小, 直到其完全消失, 245° 时, 产生无限陡峭的斜率, 适当地增大扭曲角使之有窄的双稳范围便可得到优化的多路性能。较大的扭曲角增加了两种多路状态液晶畸变的差别, 因为使显示器有适当的光对比度。SBE 显示可用通常的 Alt-Pleshko^[5] 波型进行多路驱动。当选择和非选择均方



①偏振片, ②玻璃片, ③透明电极,
④高预倾角定向层, ⑤反射片

图 1 270° 扭曲左旋反射式 SBE 矩阵
显示施加选择和非选择电压 V_s ,
 V_{ns} 时分子光轴的取向

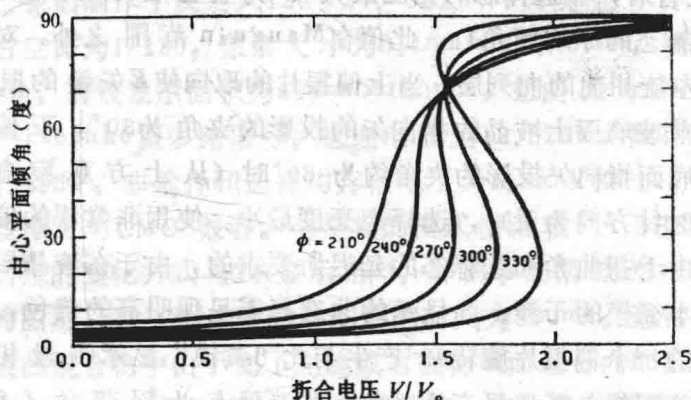


图 2 中心平面光轴的倾斜角对折合电压 V/V_0 的理论曲线。 V_0 为 0° 预倾时非扭曲层的 Freedericksz 阈值电压, d/p 随扭曲角的变化而变化, 且保持 $d/p = \phi/2\pi$

根电压选择在双稳区域的两边时, 用技术上容易实现的 270° 扭曲的液晶层可驱动几百路。

高预倾角的目的是为了保证器件按图 1 所描述的方式扭曲, 对于低预倾角的液晶层, 当电压在电光曲线陡峭部分附近时, 拓扑形态不同, 小于 180° 的扭曲更稳定。当在低预倾角的矩阵显示上施加上述电压时, 可观察到向错环, 它对应于较低的能量状态。这些向错环先出现在一些像素的边缘然后缓慢增大, 此效应在 Waters 等^[2]报道的低预倾角、宾主型超扭曲液晶层中没有谈到。 5° 或更高的预倾角可以防止这种不需要的效应的出现, 而且可以防止二维的条状不稳态的产生。

我们发现在非常规取向的偏振片之间, 扭曲 270° 的液晶层不但表现出很宽的视角而且比宾主效应^[2, 3]的对比度高得多 (通过选择合适的液晶的 Δn), 当 $\Delta n \cdot d \cos^2 \langle \theta \rangle$ 为 0.8

μm 左右时, 非选择态的亮度最大 (d 为液晶层厚度, $\langle\theta\rangle$ 为非选择态的平均倾角), 此值在Mauguin范围之外。对于 270° 左旋扭曲的向列层, 当上偏振片的取向使 E 矢量的振动面与前玻璃面上液晶的指向矢的投影的夹角为 30° , 下偏振片与底面指向矢投影的夹角约为 60° 时 (从上方观察盒时以顺时针方向为正), 选择态亮度最小。使用非常规的偏振片是由于扭曲角和选择态的延迟所要求的, 由于在液晶层内光的本征模的干涉, 此显示的非选择态呈现明亮的黄色, 把其中的一个偏振片旋转 90° 产生与此“黄模”显示质量相当的互补图像, 其选择态为无色, 非选择态为深蓝色 (“蓝模”)。用不同的优化条件, 只用上偏振片 (无下偏振片) 可得到一种高路数反射式显示, 这种显示的亮度比用两块偏振片高, 但对比度减至75%。

用于TN显示的许多向列相混合物可用于SBE显示, 但优选专为SBE用的液晶可得到更好的效果, 正如上所述, 液晶的最重要的参数是 Δn 。弹性常数比和介电常数比不像TN显示那样严格, 因为可以精细调整扭曲角、预倾角或螺距获得所希望的双稳范围。为了防止由于温度的变化造成颜色的变化, 向列混合物的清亮点应比最高工作温度至少高 30°C 。此液晶混合物还需有高的正介电各向异性和低的粘度。

SBE显示双稳态的电压范围和非选择态的颜色强烈地依赖于液晶层的厚度。所以, 盒厚的均一性是优良显示的必要条件, 理论和实验都证实, 盒厚增加2%, 工作电压增加1% (即存在比例关系)。这样幅度的盒厚变化对于几百路是可以接受的, 此时, 黄或蓝模的双折射颜色的变化不易观察到, TN显示的标准工艺也可用于生产大面积SBE盒, 只是需要精确控制盒厚。

我们制作了反射式 120×240 SBE点阵黄模显示样品,其占空比为 $1/120$,像素大小为 $0.45\text{mm} \times 0.45\text{mm}$,缝宽为 $50\mu\text{m}$,有效显示面积为 $60\text{mm} \times 120\text{mm}$,扭曲角为 270° ,用Alt-Pleshko型多路信号,选通电压为 12.976V ,数据电压为 1.185V ,非选择和选择均方根电压为 1.597V 和 1.750V 。这些电压与CMOS兼容。与早期的模式相比较^[3],SBE显示的信息的变化方式与TN显示相同,即调节数据波形而产生新的图形。 20°C 时产生一帧图形的时间为 300ms ,通常配制的液晶混合物中由于加了左旋或右旋物质而进行内部温度补偿,在 $10 \sim 55^\circ\text{C}$ 内驱动电压无需调整。在此温度范围内黄色或蓝色也保持不变。垂直入射时,包括许多像素的一块显示面积的对比度分别为 $10:1$ (黄模), $8:1$ (蓝模),测量单个像素的对比度会更高, $4:1$ 或 $4:1$ 以上的视角锥与垂直方向夹 45° 角,双折射颜色实际上与视角无关。

参 考 文 献

- 1 M. Schadt and W. Helfrich, Appl. Phys. Lett. 18, 127 (1971).
- 2 C. M. Waters, V. Brimmell, and E. P. Raynes, Proc. 3rd. Int. Display Res. Conf. Kobe, Japan 1983, p. 396.
- 3 T. J. Scheffer, Proc. 3rd. Int. Display Res. Conf. Kobe, Japan 1983, p. 400.
- 4 The curves were computed assuming typical material parameters for the liquid crystal mixture: bend/twist and bend/splay elastic constant ratios of 2.5 and 1.5 and ra-

ratio of dielectric constants parallel and perpendicular to the optic axis of 3.5.

5 P.M. Alt and P. Pleshko, IEEE Trans. Electron Devices ED-21, 146 (1974).

6 D.W. Berreman, Philos. Trans. R. Soc. London A 309, 203 (1983).

7 V.G. Chigrinov, V.V. Belyaev, S.V. Belyaev, and M.F. Grebenkin, Sov. Phys. JETP 50, 994 (1979).

8 A. Göbl-Wunsch, G. Heppke, and F. Oestreich, J. Phys. (Paris) 40, 773 (1979).

参考文献

2 多路驱动染料液晶 显示器的设计

C. M. WATERS, E. P. RAYNES and V. BRIMMELL

Royal Signals and Radar

Establishment, Malvern Works, WR14

3DS, UK

摘 要

近期 $3\pi/2$ 扭曲的染料液晶显示的发明,第一次使复合波形驱动的多路液晶显示器具有良好视角。本文讨论了该器件和材料参数的关系,给出超过100路显示的最佳条件。

说 明

随着液晶显示器的广泛应用,显示信息日趋复杂,为减少引线的数量而采用复合波形驱动,显示路数从简单的2路(如手表显示)增加到64路进而显示超过1000字母、数字字符。近年来,掺杂场效应取向的多色性染料分子的液晶显示器已得到发展,与通用的向列扭曲(TN)显示器相比,它具有更佳视角及对比度。迄今影响染料液晶显示应用的最主要因素就是染料显示的多路性极差。最近,Waters等人提出的一种新型器件表现出染料显示多路数(超过100路)的可能性,其内部分子排列为 $3\pi/2$ 扭曲排列。

$3\pi/2$ 染料显示

该新型器件之所以称为“ $3\pi/2$ 器件”是因为其内部分子的扭曲角为 $3\pi/2$ 。与通常的向列扭曲器件的分子扭曲角 $\pi/2$ 相比，该新器件可相应取名为“超扭曲器件”。器件的非激发态为：分子均匀倾角， $3\pi/2$ 扭曲角排列。此时入射光被长螺距胆留相液晶中掺杂的多色性染料所吸收。在施加外部电场后，器件转为

激发态，分子指向矢排列如图 1 所示

（简单示意，无扭曲）。液晶分子层中部分子指向矢呈竖直排列，该激发态首先由 Raynes 描述，并由 Thurson 追述为“垂直”态，与通常的 Freedericksz 激发态相比，它具有较少的能量。从扭曲的非激发态至垂直的激发态，掺杂的染料分子对入射光的吸收减少。现有两种

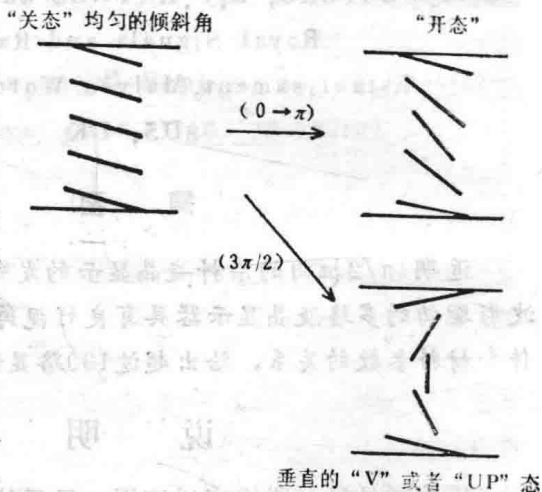


图 1 简化的(无扭曲)指向矢排列示意图。对于小扭曲角($<\pi$)，当外加电压超过阈值电压时，均匀倾斜的关态转变成 Freedericksz 开态；对于高扭曲角($\geq 5\pi/4$)，其转变成拓扑等同的“V”或“up”态。

实现显示的可能性：其一用起偏片产生偏振光透过 $3\pi/2$ 扭曲的液晶层，此时为得到良好的对比度，需有高双折射率的

材料,另一为“White-Taylor”模式,该方法不使用偏振片而需用低双折射率的材料。有一典型的 $3\pi/2$ 显示,其路数为32路,使用单偏振片,该显示视角极佳,而驱动电压只有2V,这使其与用于 LCD 显示驱动的 CMOS 电路相兼容。

随着外加电压的升高, $3\pi/2$ 显示呈双稳态, Freedric-ksz 激发态是两个双稳态间的势垒态。实现了 RMS 多路显示的最佳条件,即要获得最小的回滞——如图 2 中虚线所示,正确选配器件和材料的参数可以达到该条件。本文中,我们验证了主要器件和材料参数对显示双稳态(如图 2 所示)的影响,确定了实现 RMS 多路显示的最佳条件。

我们采用了 Berremen 的计算机模拟程序来计算 Gibbs 自由能和盒中央指向矢的倾角(见图 3),逐个研究了各个器件和典型材料参数的变化的影响,实验证明了理论的正确

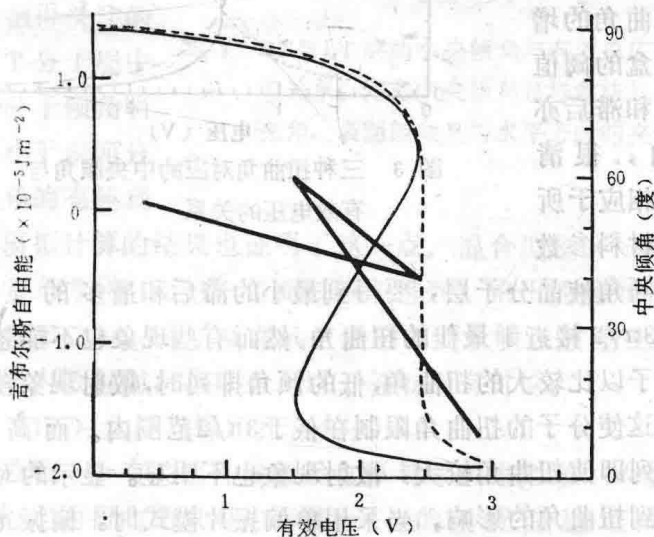


图 2 典型吉布斯自由能(——)和中央倾角(---)与外加有效电压的关系

性。有时会在实验中出现散射，这是 Berremen 的程序所不能推导的。最后，以实例来说明器件的性能和优化。

I 器件参数

(i) 液晶层的分子扭曲角

使器件具有一扭曲角，该扭曲角影响的计算结果如图 3 所示，图中曲线为分子以高预倾角排列的几种特殊情况： $5\pi/4$ 、 $3\pi/2$ 和 $7\pi/4$ 扭曲。在其它器件和材料参数保持不变时，相对于各扭曲态， d/p 的值在各种扭曲角时都尽可能取最小允许值。图 3 表明随扭曲角的增加，盒的阈值电压和滞后亦增加，很清楚，相应于所用的材料参数

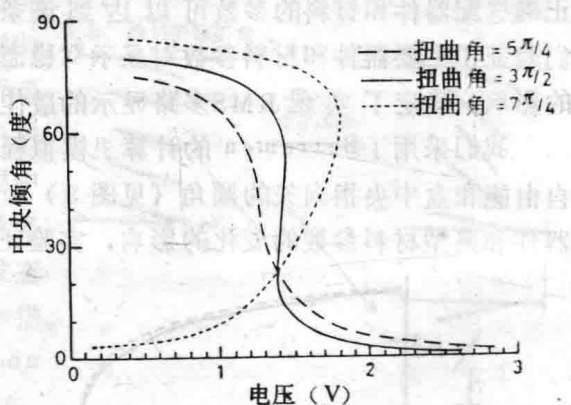


图 3 三种扭曲角对应的中央倾角与有效电压的关系

和高倾角液晶分子层，要得到最小的滞后和最多的显示路数， $3\pi/2$ 接近于最佳的扭曲角。然而有些现象也不能忽视，当分子以比较大的扭曲角，低的倾角排列时，散射现象较为明显，这使分子的扭曲角限制在低于 $3\pi/2$ 范围内。而高倾角的排列即使扭曲角较大，散射现象也不明显。显示的对比度也受到扭曲角的影响，当采用单偏振片模式时：偏振光入射到扭曲角较低的盒内，经较强的旋光作用，可使显示具有良好对比度，与之相反，“White-Taylor”模式（无偏振片）

则因大的扭曲角获得良好的对比度。

(ii) 表面分子倾角

现仅有两种方法可容易地形成分子倾角—— 3° 的低倾角 (LT——在PI层上摩擦得到)； 30° 的高倾角 (HT—— SiO_x 以

5° 的倾角蒸镀获得)；结果见图4，高倾角盒的阈值电压明显下降 (对向列扭曲盒也观察到同样现象)。另一方面，倾角对于滞后的影响则很弱，值得关注的是HT分子层中央的分子倾角明显地小于表面分子倾角的有趣现象，模拟计算的结果也证明了这一点。混合型盒 (一表面分子高倾角排列，而另一表面低倾角排列) 给出的排列则介于HT、LT之间。分子倾角其它影响主要反映在散射上。HT液晶层内散射弱，在以上、以下各节皆有讨论。

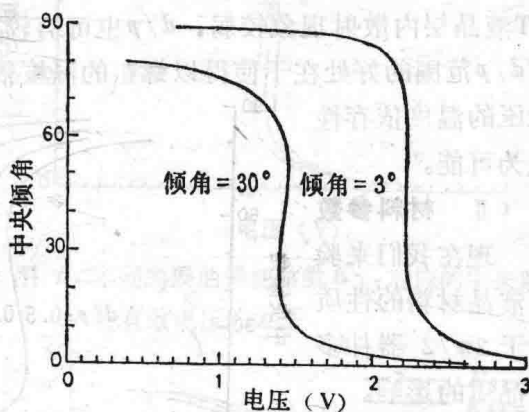


图4 HT与LT层的中央倾角与有效电压的关系。注意中央倾角是与盒法线夹角，表面倾角是与水平方向的夹角

象，模拟计算的结果也证明了这一点。混合型盒 (一表面分子高倾角排列，而另一表面低倾角排列) 给出的排列则介于HT、LT之间。分子倾角其它影响主要反映在散射上。HT液晶层内散射弱，在以上、以下各节皆有讨论。

(iii) 盒厚与螺距比 (d/p)

最后一个有关器件参数是盒厚与螺距的比值 (d/p)。某一特定的扭曲角只对应着某一 d/p 的区域是稳定的，如 $3\pi/2$ 的扭曲角对应区域为 $0.5 < d/p < 1.0$ 。图6表示了随 d/p 在限定区域内变化，HT液晶层电-光响应曲线变化的计