

文章编号:1007-2780(2009)02-0193-06

液晶介电常数对耦合电容的影响

马占洁

(北京京东方光电科技有限公司,北京 100176,E-mail:mazj98@163.com)

摘 要:采用 2DMOS 模拟软件对数据线与其相邻像素电极所构成的耦合电容 C_{pd} 进行了模拟,重点研究了介电常数对数据线左右侧的耦合电容 C_{pd} 的影响机理及趋势。通过模拟得出:数据线左侧的耦合电容 C_{pd} 主要受液晶层间的电场力影响,数据线右侧的耦合电容 C_{pd} 主要受到耦合电容 C_{pd} 间的电场力影响,而总耦合电容 C_{pd} 中占主要部分的是右侧耦合电容 C_{pd} ,因此可通过降低右侧耦合电容 C_{pd} 的方法来降低总耦合电容 C_{pd} 。

关 键 词:液晶显示器;介电常数;耦合电容
中图分类号: TN27 **文献标识码:** A

1 引 言

进入 21 世纪,液晶显示器已经取代 CRT 成为显示领域的主流产品,与此同时人们对液晶显示器的画面质量提出了更高的要求。在 TN 型液晶显示器中,显示效果依赖于液晶分子在电场作用下沿电场方向的倾斜角度。由于液晶分子具有各向异性的介电常数,不同倾斜角度的液晶分子其介电常数也不相同,导致器件的电容也随电场的变化而发生变化。在 TFT-LCD 器件内部,像素电极和数据线这 2 个带电体之间构成一耦合电容器 C_{pd} , C_{pd} 的变化影响着像素电极和数据线的电量,从而导致数据线信号传输的延迟现象,影响像素电极周边液晶分子分布,使显示器的画面品质出现竖直条块状 Mura (Vertical Block Mura) 等不良,从而影响显示效果^[1,2]。

在正性向列相液晶的 TN 型液晶显示器中,由于耦合电容 C_{pd} 受液晶层中液晶的影响,不同介电常数的液晶分子对耦合电容 C_{pd} 的影响程度不同。目前关于耦合电容 C_{pd} 的变化机理、影响因素等方面的研究内容相对较少。本文采用 2DMOS 模拟软件对数据线与其相邻像素电极所构成的耦合电容 C_{pd} 进行了模拟,分析了不同介电常数的液晶分子对数据线左右耦合电容 C_{pd} 影响变化的趋势,研究了耦合电容 C_{pd} 的变化机理,为生产具有最佳数值介电常数的液晶来降低耦合

电容 C_{pd} 提供了参考依据。

2 模拟采用的器件结构

采用 2DMOS 模拟软件对正性向列相液晶的 TN 型液晶显示器的耦合电容 C_{pd} 进行模拟。模拟采用的 LCD 结构如图 1 所示,包括彩膜 (CF) 基板(上基板)、Array 基板(下基板)以及两极板间的液晶层,其中上基板覆盖有彩膜 ITO 的公共电极,下基板电极包括数据线电极 (SD)、左右像素电极 (ITO_L、ITO_R)、左右存储电极 (SB_L、SB_R),其中像素电极和数据线电极构成耦合电容 C_{pd} 。耦合电容 C_{pd} 可以描述如下:一个像素的 TFT 充电结束,数据线保持恒定信号,像素电极上的液晶分子在像素电极和 CF ITO 公共电极形成的电场作用下倾斜。同时像素电极左右边缘还存在其它

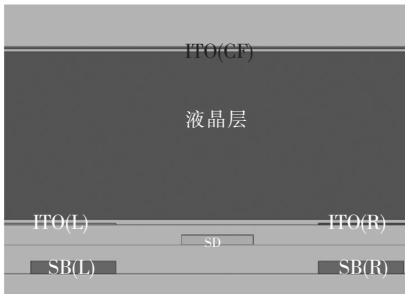


图 1 LCD 模拟结构简图

Fig. 1 Schematic diagram of LCD structure

电场,这样像素电极左右边缘的液晶分子倾斜情况与中心显示区的液晶分子倾斜情况不同,从而影响像素电极的电特性,而且该耦合电容也会对数据线的信号造成延迟。在像素电极左右边缘处的电场中,像素电极和数据线电极构成的耦合电容 C_{pd} 占主要部分,因此耦合电容 C_{pd} 的变化特性对器件的显示品质有重要的影响。

在图 1 所示的器件结构中,若把液晶层及上面的 CF ITO 电极去掉,而保持下面结构不变时,根据电容计算公式: $C=\epsilon\times S/d$, 电容将不随电压变化而变化。当把液晶层及上面的 CF ITO 电极加上后,像素电极和数据线电极之间的边缘电场包含了 PI 表面上液晶层,当这两个电极充电后,两电极间构成一个电容器,其中包含两种电介质,一种是 SiN_x 绝缘层介质,此介质的介电常数不随电场变化而变化;另外一种是在 PI 表面上的液晶层介质,由于液晶的电学特性^[1],决定了其是一个随电场变化而变化的可变介质。

耦合电容 C_{pd} 间介质包含可变介电常数的液晶层,决定了耦合电容 C_{pd} 和其它电容有很大不同。下面将对数据线左右两侧的耦合电容 C_{pd} 在加压后随时间的变化关系及其各自的变化机理进行分析,重点研究不同介电常数的液晶分子对耦合电容的影响。

3 模拟结果与分析

3.1 数据线左右两侧耦合电容随时间的变化模拟

3.1.1 模拟条件

采用图 1 所示 LCD 结构,分别给数据线加载 10 V 信号,CF ITO 公共电极加载 5 V 信号,数据线左侧的像素电极,由于数据线通过 TFT 开关进行充电,充电结束后具有 10 V 信号;数据线右侧

的像素电极未进行充电,仍保持 0 V 信号;存储电容(SB)与 CF ITO 公共电极保持相同 5 V 信号电压。数据线左侧像素电极充电结束后,LCD 结构中液晶层相关的主要电场分布见图 2 所示。

3.1.2 模拟结果

图 1 所示结构的 LCD,在信号加载结束后,由于液晶分子在电场中的运动是随时间变化而运动的过程,因此研究其随时间变化的趋势,可以更好地理解液晶分子在加压后的变化机理。模拟信号的维持时间是到 100 ms,此段时间内液晶分子十分接近或已经达到稳定态,模拟结果如图 3 所示。

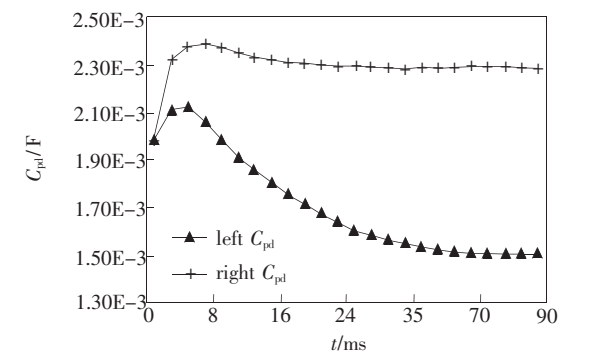


图 3 数据线左右两侧耦合电容随时间的变化曲线
Fig. 3 Curves of left C_{pd} and right C_{pd} at different times

从图 3 可以看出,在刚刚开始加压的时间内,数据线左右两侧 C_{pd} 电容都增加,大约在 6~8 ms 之后,开始出现下降现象,其中左侧耦合电容 C_{pd} (Left C_{pd}) 值变化较大,而右侧耦合电容 C_{pd} (Right C_{pd}) 变化较小。

3.1.3 模拟结果分析

从图 2 可以看出,对于数据线左侧结构而言,由于左侧耦合电容 C_{pd} 的电容两极板间不存在电压差,所以电极间没有形成垂直于两极板的电场。此耦合电容内的可变电介质液晶分子受到两个电场影响:周边电场和液晶层间电场,其中主要受液晶层间电场影响。对于数据线右侧的耦合电容 C_{pd} 间的液晶分子而言,共有 3 个电场对其产生影响,分别是液晶层间电场、耦合电容 C_{pd} 和周边电场。在这三者中,前两者起主要作用,而其中的耦合电容 C_{pd} 间的电场作用力最大。

在图 3 中,对于数据线左侧的耦合电容 C_{pd} 随时间变化的曲线而言,在各个电压开始加载后,耦

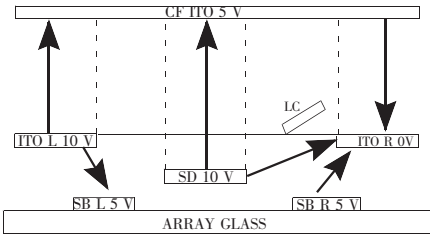


图 2 LCD 结构中液晶层相关的电场分布
Fig. 2 Electric field distribution related to liquid crystal layer in LCD structure

合电容 C_{pd} 间的液晶层-PI 层表面上的液晶分子, 由于液晶层间的距离比较大, 在刚刚加载信号电压时, 液晶层间电场对 PI 层表面液晶分子的作用力很小, 此时耦合电容 C_{pd} 间的液晶分子主要来自耦合电容 C_{pd} 周边电场作用, 又由于周边电场在此处的电场方向接近于耦合电容 C_{pd} 电容方向, 因此该电容间液晶分子会向此电容方向偏转, 出现左侧耦合电容 C_{pd} 增加的现象。由于周边电场对左侧耦合电容 C_{pd} 的影响很小, 所以左侧耦合电容 C_{pd} 增加不是很大, 大约在 6~8 ms 后, 液晶层间电场影响变大, 液晶分子开始主要受来自液晶层电场的影响。液晶层电场方向与左侧耦合电容 C_{pd} 方向相垂直, 在液晶层电场作用下, 液晶分子开始向垂直于耦合电容 C_{pd} 的方向偏转, 而且变化幅度很大。从图 3 可以看出, 在 8 ms 后, 左侧耦合电容 C_{pd} 开始下降且下降幅度很大; 此后, 液晶分子在主作用力的液晶层电场的作用下发生偏转, 到达一定时间后, 分子达到稳定状态, 耦合电容 C_{pd} 曲线平稳。

数据线右侧耦合电容 C_{pd} 的变化情况和左侧耦合电容 C_{pd} 变化大体一样, 但由于它们受到的主作用力不同, 所以变化有所不同。右侧耦合电容 C_{pd} 在开始加载信号电压时, 在耦合电容 C_{pd} 电场和周边电场作用力的共同作用下, 液晶分子发生向右侧耦合电容 C_{pd} 电场方向的偏转。液晶分子快速向此方向偏转, 耦合电容 C_{pd} 值快速变大。随着加压时间的增长, 液晶层间电场对 PI 层表面的液晶分子作用力增加, 液晶分子开始在此电场作用下, 发生向垂直于耦合电容 C_{pd} 方向的偏转, 耦合电容 C_{pd} 值降低, 但是对于 PI 层表面的液晶分子而言, 耦合电容 C_{pd} 的作用力要大于液晶层间电场的作用力, 因此在图 3 中, 8 ms 后耦合电容 C_{pd} 值缓慢下降, 并且很快就达到了稳态值。

数据线左右的耦合电容 C_{pd} 在加压时, 所受到的主作用力不同, 因而发生的倾斜角度不同, 导致耦合电容 C_{pd} 变化不同。

3.2 液晶介电常数对耦合电容 C_{pd} 的影响

为了研究液晶介电常数对耦合电容 C_{pd} 的影响, 采用了 5 种长短轴介电常数均不同的液晶分子参量进行模拟。模拟时, 将图 1 结构中的液晶层进行参数变更, 分别将表 1 中的介电常数添加到液晶层, 进行模拟。

表 1 5 种正性液晶材料的长短轴介电常数
Table1 $\epsilon_{\perp}$ and $\epsilon_{//}$ of five kinds of positive liquid crystal materials

介电常数	液晶材料				
	L1	L2	L3	L4	L5
$\epsilon_{\perp}$	2.55	3.37	3.62	3.034	3.53
$\epsilon_{//}$	5.8	7.04	7.39	7.624	11.89

3.2.1 液晶介电常数对总耦合电容 C_{pd} 的影响

图 4 是不同介电常数的液晶分子在相同结构和加压情况下, 对总耦合电容 C_{pd} (左侧耦合电容+右侧耦合电容) 影响的变化曲线。从图 4 可以看出, 对于正性液晶, 随着 $\epsilon_{//}$ 增加, 耦合电容 C_{pd} 增加。根据上文对数据线左右两侧耦合电容的模拟和分析结果可以很好地解释该变化曲线。

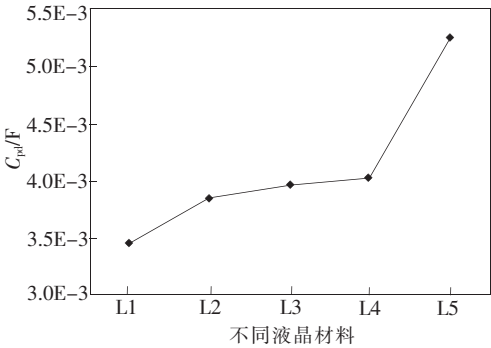


图 4 液晶介电常数对总耦合电容 C_{pd} 的影响
Fig. 4 Effect of different liquid crystal dielectric constants on coupling capacitor C_{pd}

总耦合电容 C_{pd} 由左侧耦合电容 C_{pd} 和右侧耦合电容 C_{pd} 共同构成, 由于左侧耦合电容间不存在电场, 其值变化主要受 PI 层表面液晶分子在液晶层间电场作用下的倾斜运动导致, 其倾斜角度是垂直于耦合电容 C_{pd} 方向, 因此稳定后左侧耦合电容 C_{pd} 值较小, 对总的耦合电容 C_{pd} 影响相对来说较小。而数据线右侧的耦合电容 C_{pd} 两电极间存在很大电压差, 电场力很大, 因该电容内的液晶分子主要受此电场力作用, 液晶分子发生向耦合电容 C_{pd} 电场方向的倾斜运动, 右侧耦合电容 C_{pd} 变大。对于整个耦合电容 C_{pd} 而言, 它们的变化主要受右侧耦合电容 C_{pd} 影响, 因此, 随着液晶分子长轴方向介电常数的增加, 右侧耦合电容 C_{pd} 内液晶分子向该电场方向的倾斜角度越大, 相应的耦合电容 C_{pd} 越大。

3.2.2 液晶长短轴介电常数对数据线左右耦合电容 C_{pd} 的影响

为了研究液晶长短轴介电常数分别对数据线左右耦合电容 C_{pd} 的影响,做了两组模拟试验。第一组是在液晶分子短轴方向介电常数($\epsilon_{\perp}$)相同,长轴方向介电常数($\epsilon_{\parallel}$)不同的情况下,左右耦合电容 C_{pd} 的变化情况;第二组是在液晶分子长轴方向介电常数相同,短轴方向介电常数不同的情况下,左右耦合电容 C_{pd} 的变化情况。

第一组模拟试验结果如图 5 和图 6 所示。从结果上可看出,在液晶分子短轴方向介电常数相同的情况下,数据线左右两侧的耦合电容 C_{pd} 随着长轴方向的介电常数的增大而增加。下面将分别解释其左右侧耦合电容 C_{pd} 的变化机理。

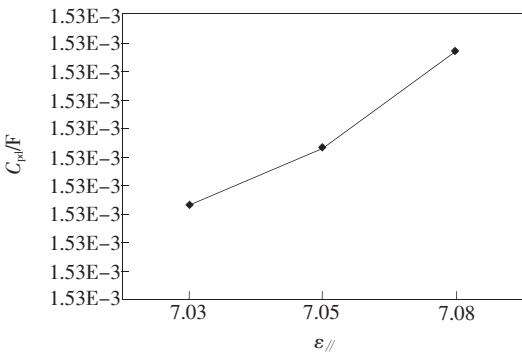


图 5 左侧耦合电容 C_{pd} 随 $\epsilon_{\parallel}$ 的变化
Fig. 5 Changes of left C_{pd} at different $\epsilon_{\parallel}$

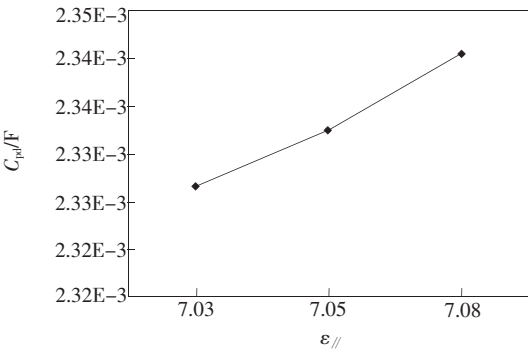


图 6 右侧耦合电容 C_{pd} 随 $\epsilon_{\parallel}$ 的变化
Fig. 6 Changes of right C_{pd} at different $\epsilon_{\parallel}$

左侧耦合电容 C_{pd} 的变化机理:
因为数据线左侧液晶分子主要受液晶层间电场作用力影响,而周边电场影响力较小,当液晶分子在液晶层电场作用下,发生极化,发生倾斜运动,当液晶分子达到稳定状态时,短轴方向的极化程度一样,而周边电场对液晶分子极化的影响很小,这样在耦合电容 C_{pd} 方向的液晶分子极化程

度主要受到液晶层电场影响,它们的极化程度与它们的主介电常数相关,但是相互间变化量不是很大,所以会出现图 5 所示曲线。

右侧耦合电容 C_{pd} 的变化机理:

PI 层表面的液晶分子更倾向于耦合电容 C_{pd} 的电场方向,其原因一是由于 PI 层上的沟槽预倾角的作用,其二是由于耦合电容 C_{pd} 电场的作用。长轴方向介电常数大的液晶分子,在耦合电容 C_{pd} 电场作用下,发生的极化程度越大,液晶分子向耦合电容 C_{pd} 电场方向发生的偏转角度越大,耦合电容 C_{pd} 就越大。

第二组模拟试验的结果如图 7 和图 8 所示,从其结果上可以看出,在液晶分子长轴方向介电常数相同情况下,数据线左侧耦合电容 C_{pd} 随着短轴方向介电常数的增大而增加,数据线右侧耦合电容 C_{pd} 则随着短轴方向介电常数的增加而降低。下面分别解释其左、右侧耦合电容 C_{pd} 的变化趋势不同的原理。

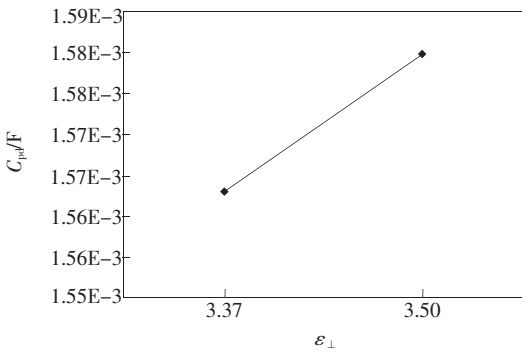


图 7 左侧耦合电容 C_{pd} 随 $\epsilon_{\perp}$ 的变化
Fig. 7 Changes of left C_{pd} at different $\epsilon_{\perp}$

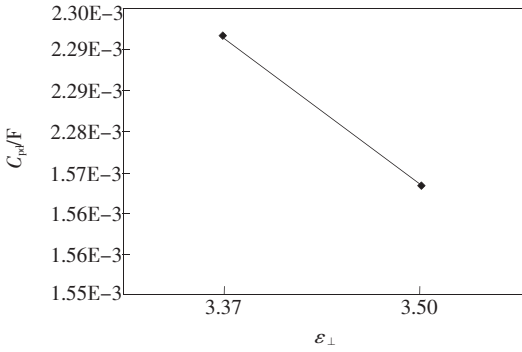


图 8 右侧耦合电容 C_{pd} 随 $\epsilon_{\perp}$ 变化
Fig. 8 Changes of right C_{pd} at different $\epsilon_{\perp}$

左侧耦合电容 C_{pd} 的变化原理:
由于数据线左侧的液晶分子主要受来自液晶层间的电场力作用,所以认为在液晶分子短轴介

电常数相同的情况下,它们在液晶层电场作用下的偏转程度相同。由于其短轴方向的介电常数不一样,液晶分子短轴方向也出现极化,极化后的液晶分子会发生图 9 所示的顺时针偏转,短轴方向介电常数大的液晶分子向周边电场方向,即耦合电容 C_{pd} 方向的偏转角度大,导致相应的耦合电容 C_{pd} 随着短轴方向介电常数的增加而变大。

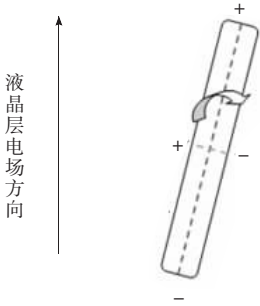


图 9 左侧 C_{pd} 介电层的液晶分子变化图
Fig. 9 Schematic diagram of the movement of the liquid crystal molecule in left C_{pd} dielectric layer

右侧耦合电容 C_{pd} 的变化原理:
因为两种液晶分子长轴方向上的介电常数相同,所以在 C_{pd} 电场的作用下,在沿着 C_{pd} 电场方向因分子极化而出现电荷聚集状态,结果便是在分子长轴沿电场方向出现正电荷,相反方向出现负电荷;分子短轴方向也是一样,在短轴沿 C_{pd} 电场方向出现正电荷,相反方向出现负电荷。这样便在液晶分子内形成了两个内电场,长轴方向内电场导致液晶分子顺时针旋转,即使长轴接近于与 C_{pd} 电场方向平行,而短轴方向的内电场则是使液晶分子逆时针旋转,即使短轴方向接近于与 C_{pd} 电场方向平行。这两个内电场对液晶分子的作用力是相反的。因为所采用的液晶分子是正性液晶,即液晶分子长轴方向的介电常数大于短轴方向的介电常数,所以在 C_{pd} 电场作用下,液晶分子主要是进行顺时针偏转。

由模拟结果可知 C_{pd} 电场对液晶分子转动的影响。首先忽略掉短轴方向介电常数的影响,即液晶在电场下发生的偏转只依赖于长轴方向的内电场,这样,液晶分子进行顺时针偏转。因为这两种液晶分子长轴方向的介电常数相同,在相同 C_{pd}

电场作用下,它们偏转的角度一样。但是,由于其短轴方向存在介电常数,所以还要将短轴方向的介电常数计算在内,短轴方向介电常数在 C_{pd} 电场中的作用效果是使液晶分子发生逆时针旋转,这样,短轴方向介电常数大的液晶分子,发生逆时针偏转的角度就大,这样就会导致其长、短轴在 C_{pd} 电场方向介电常数的分量 A 相对较小, C_{pd} 降低,如图 10 所示。

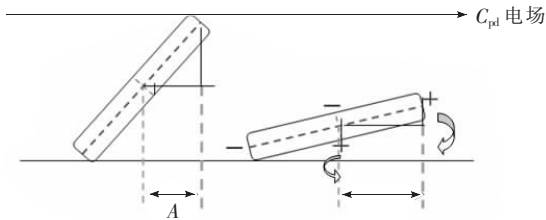


图 10 液晶分子在电场作用下偏转
Fig. 10 Rotation of the liquid crystal molecule under the effect of electric field

4 结 论

通过模拟分析,可以得出如下结论:
数据线左侧耦合电容 C_{pd} 内的液晶分子受到来自耦合电容 C_{pd} 电容周边电场和液晶层间的电场的共同影响,其中液晶层间的电场作用力相对来说对此处的液晶分子作用力更大。数据线右侧耦合电容 C_{pd} 内的液晶分子主要受到耦合电容 C_{pd} 间电场作用力的影响。对于不同介电常数的液晶分子而言,当液晶分子的短轴方向介电常数相同,长轴方向介电常数不同时,数据线左右侧的耦合电容 C_{pd} 均随着长轴方向介电常数的增加而增大;而当液晶分子的长轴方向介电常数相同,短轴方向介电常数不同时,数据线左侧的耦合电容 C_{pd} 随着短轴方向的介电常数的增加而增大,数据线右侧的耦合电容 C_{pd} 则随着短轴方向的介电常数的增加而减小。在总的耦合电容 C_{pd} 中占主要部分的是右侧耦合电容 C_{pd} 的值,因此对于正性液晶分子而言,可以通过降低液晶分子长轴方向介电常数来减小耦合电容 C_{pd} 的值。在液晶分子长轴方向介电常数相同或相近时,可通过增加短轴方向的介电常数来降低耦合电容 C_{pd} 的值。

参 考 文 献:

[1] 范志新. 液晶器件工艺基础 [M]. 北京邮电大学出版社,2000:76-77.
[2] 吴洪江,王威,龙春平. 一种 TFT-LCD Vertical Block Mura 的研究与改善 [J]. 液晶与显示,2007,22(4):433-439.

Effect of Dielectric Constant of Liquid Crystal on Coupling Capacitor

MA Zhan-jie

(Beijing BOE Optoelectronics Technology Co. Ltd. , Beijing 100176, China,E-mail:mazj98@163.com)

Abstract

Because liquid crystal molecule has anisotropic dielectric constant at liquid crystal display (LCD), the tilting angle of liquid crystal molecule changes with the loading signal voltage,leading to the changing of capacitor value . The paper uses 2DMOS simulation software to simulate the coupling capacitor C_{pd} which is consisted of data line and close pixel electrode, and emphatically studies the mechanism and influence trend of dielectric constant on the right and left coupling capacitor C_{pd} . From the simulation result, the left coupling capacitor C_{pd} is mostly influenced by the electric field of liquid crystal layer, the right coupling capacitor C_{pd} is mostly influenced by the electric field of right coupling capacitor C_{pd} . Due to the most part of total coupling capacitor being right coupling capacitor C_{pd} , so we can decrease the value of right coupling capacitor to decrease the value of total coupling capacitor C_{pd} .

Key words:LCD; dielectric constant; coupling capacitor

作者简介:马占洁(1979—),男,天津人,硕士,工程师,从事 TFT Array 设计工作。



网上看《液晶与显示》

向《液晶与显示》投稿,经审查发表,将以印刷版、光盘版、网络版同时出版。若您想从网上阅读《液晶与显示》,请点击:

<http://www.yjyxs.com>(《液晶与显示》期刊网址);<http://yjys.chinajournal.net.cn>(“中国期刊网”《液晶与显示》的网址);<http://yjyxs.periodicals.net.cn/default.html>(“万方数据资源系统(ChinaInfo)”《液晶与显示》的网址)。