

薄型显示器丛书 2

TFT LCD 面板设计与 与构装技术

丛书特点

- ◎ TFT LCD 是综合性很强的领域，是多种知识和技术的汇总，涉及了物理、化学、材料、色彩工程、驱动电路、制程技术等多学科的原理和技术应用
- ◎ 本系列著作兼顾产业制造与发展前景，图文并茂、深入浅出地讲述了液晶显示的原理和技术，适合从事液晶显示研究的科研人员和工程技术人员阅读

田民波 叶锋 著



科学出版社

www.sciencep.com

薄型显示器丛书 2

TFT LCD 面板设计与构装技术

田民波 叶 锋 著

科 学 出 版 社

北 京

图字: 01-2009-7212

内 容 简 介

TFT LCD 液晶显示器在平板显示器中脱颖而出, 在显示器市场独占鳌头。目前以 TFT LCD 为代表的平板显示产业发展迅速, 为适应平板显示产业迅速发展的要求, 编写了薄型显示器丛书。

本册全面阐述 TFT LCD 液晶显示器制作技术, 共分 5 章, 包括第 5 章液晶显示器的设计和驱动, 第 6 章 LCD 的工作模式及显示屏构成, 第 7 章 TFT LCD 制作工程, 第 8 章 TFT LCD 的主要部件及材料, 第 9 章 TFT LCD 的改进及性能提高。本书系统完整、诠释确切, 图文并茂、通俗易懂地介绍了 TFT LCD 制程的各个方面。本书源于生产一线, 具有重要的实际指导意义和参考价值。

本书适合作为大学或研究所液晶相关专业的教科书, 特别适合产业界技术人员阅读。

本书为(台湾)五南图书出版股份有限公司授权科学出版社在大陆地区出版发行简体字版本。

图书在版编目(CIP)数据

TFT LCD 面板设计与构装技术/田民波, 叶 锋著. —北京: 科学出版社, 2010

(薄型显示器丛书; 2)

ISBN 978-7-03-026764-1

I. ①T… II. ①田… ②叶… III. ①薄膜晶体管-液晶显示器-高等学校-教材 IV. ①TN321 ②TN141.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 021411 号

责任编辑: 胡 凯 孟积兴 张 静/责任校对: 朱光光

责任印制: 钱玉芬/封面设计: 王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

排版制作: 科学出版社编务公司
科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 3 月 第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)
2010 年 3 月 第一次印刷 印张: 25 1/4
印数: 1—3 000 字数: 493 000

定价: 65.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

序

以 TFT LCD 为代表的新型平板显示器件和半导体集成电路是信息产业两大基石，涉及技术面宽，产业带动力大，是国家工业化能力和竞争力的重要体现。

当前，TFT LCD 为代表的平板显示技术正在快速替代以彩色显像管(CRT)为基础的传统显示技术，国内电视和显示器产业面临前所未有的挑战。2008 年，全球液晶电视出货已超过 1 亿台，占电视市场 50% 以上，预计 2012 年将超过 80%。我国平板显示产业起步晚，企业规模小，目前尚未形成 32 英寸以上大尺寸液晶电视面板规模的生产能力，大尺寸液晶显示面板仍受制于人，多年积累的 CRT 电视和显示器产业面临严峻的替代危机。我国电视全球市场占有率从 CRT 时代 50% 以上降至目前 20% 左右，其中液晶电视全球市场占有率不足 8%，竞争优势正在丧失。这一尴尬局面也表现在工业和军事科技等领域。

另一方面，以数字化、平板化和 4C 整合为特点的新一轮产业升级和重组已在全球范围内展开。能否抓住机遇将直接影响到我国未来 20 年的产业竞争力。如果我国不发展 TFT LCD 产业，不仅会失去下一代产业更新换代的机会，而且在微电子、光电子、核心材料、装备和特种显示等技术领域与国外的差距会进一步拉大。

可喜的是，我国政府、企业、投资者、高校与科研机构对坚持自主创新和产业发展 TFT LCD 产业的战略意义已形成共识。温家宝总理在 2008 年政府工作报告中提出将新型显示器列为国家重大高科技产业化专项，总理将显示器产业列于年度政府工作报告中，足以表明政府的重视程度。政府、企业界、高校、科研和投资机构携手，经过多年艰苦努力，我国平板显示产业已具有一定实力，为参与全球竞争奠定了发展基础。

TFT LCD 等新型平板显示器产业是技术、资本和人才密集型产业，其中人才是关键要素。专业人才培养主要依靠大学和科研机构。日、韩各约有 30 所大学、中国台湾也约有 20 所大学设有显示及相关专业，每年培养数万工程技术人员。就是这样，全球人才仍然紧缺。中国大陆设有显示相关专业的大学数量较少，这方面专业人才，特别是较为顶尖人才更紧缺。因此，推动显示技术专业人才培养和成长，是企业、大学和科研机构共同的责任。田民波教授多年来致力于平板显示技术研究，并承担多项国家重要课题和国际合作项目，是备受尊敬的专家。凝聚了田教授心血和情感的这套系列著作，包括《TFT 液晶显示原理与技术》，

《TFT LCD 面板设计与构装技术》和《平板显示器技术发展》，兼顾 TFT LCD 原理与技术、设计与制造及产业趋势，对其他平板显示器也作了较为详尽的介绍，图文并茂，深入浅出，是一套难得的专业丛书。

我愿意向一切关注和有志于液晶与平板显示领域的青年学生、科研人员、业内伙伴、政府领导等各界朋友推荐该丛书。这不仅是一套教科书，更倾注了几代中国科技工作者发展中国自主技术、产业的梦想和情感。

我希望中国官、产、学、研各界人士继续携手合作，推动和促进我国平板显示技术和产业的发展，共创美好明天。

王东升

京东方科技集团股份有限公司董事长

2009年6月于北京

前 言

以液晶为代表的平板显示器和半导体集成电路是信息产业的两块基石。而前者涉及的范围更广、带动的基础产业更多、发展潜力更大，具有无限商机。

高效率地制作质量优良、式样新颖、价格便宜、广受市场欢迎的平板显示器产品，是企业核心竞争力的集中体现。

在平板显示器产业化领域处于世界前沿的跨国公司，近年来在高强度投入、建设新一代生产线(2008年正建设第10代线)、强势联合、加速企业间的重组与再编，开发新型显示方式之外，更是不遗余力地完善现有生产体制、加强技术革新，突出表现为简化技术的采用、生产效率和改良率的提高、关键部件和材料的复合化，以便进一步降低产品价格，提高市场竞争力。在平板显示器继续向轻量、薄型、大尺寸、挠性化、高性能发展的同时，据预测，TFT LCD 下一个发展阶段是可支持用户更多的附加功能，可在任何场合使用的创能型显示器。

液晶显示器产业是一个包罗万象的庞大系统，既需要实力雄厚的跨国公司，更要求有大量的中小型企业作为后盾。在基础材料和基本制程方面，平板显示器产业和微电子集成电路产业有许多资源可以共享。没有坚实的基础，没有长期的研究、开发及产业化经验的积累，要想在高手如林的世界平板显示器行业中占有一席之地是很不容易的。液晶显示器产业发展快速、瞬息万变，作为一个参与者，要想在产业化大潮中跟上步伐、参与竞争，并有所做为，绝非易事。首先需要对接液晶显示器的原理、设计、制程、性能改进与提高有比较透彻的了解。其中最核心的是“TFT LCD 产品的制作”，掌握了这方面的知识和本领，可以“以不变应万变”。

历史经验值得借鉴。回顾电子显示器产业的发展史，许多创意源于美国，而产业化却在日本、韩国、中国台湾地区等实现。目前显示器件的最大消费国是美国，但美国的显示器产业自20世纪70年代后期，不仅丧失了开发的领先地位，生产能力也几乎丧失殆尽。中国大陆的液晶产业曾在TN、STN方面有优异的表现，至今产能也居世界第一。但是，这个“第一”在21世纪TFT LCD占主导地位的国际液晶显示器产业中已无足轻重。1990—2003年，中国大陆的LCD被TFT的兴起远远抛在后面，这与大陆半导体产业从晶体管向大规模集成电路转型时的情况如出一辙。两个产业登台表演并不晚，但由于未进入角色，最终提前出局。造成这种衰退的原因很多，包括体制、决策、基础、产业链等，但不能“精益求精

精地制作产品”是症结所在。

本书正是以“TFT LCD 液晶显示器制作”为中心进行论述的。在第一册的基础上，第二册共 5 章，包括第 5 章液晶显示器的设计和驱动，第 6 章 LCD 的工作模式及显示屏构成，第 7 章 TFT LCD 制作工程，第 8 章 TFT LCD 的主要部件及材料，第 9 章 TFT LCD 的改进及性能提高。

让我们重视 TFT LCD 产品制作，在提高企业创新能力上切切实实地努力吧！

田民波

北京 清华大学

材料科学与工程系 教授

叶 锋

深圳市道尔科技有限公司

董事长

目 录

序

前言

第 5 章 液晶显示器的设计和驱动	1
5.1 TFT LCD 阵列设计	1
5.1.1 系统设计工程图	2
5.1.2 阵列设计工程	3
5.1.3 驱动回路设计与驱动方式	11
5.1.4 阵列图形(array pattern)设计工程——图案(layout)设计	13
5.1.5 检测(test)设计工程	15
5.2 有源矩阵 TFT LCD 驱动法	17
5.2.1 TFT LCD 的基本驱动法	17
5.2.2 画面闪烁及其对策	20
5.2.3 驱动电路的低电压化及交叉噪声(cross-talk)	22
5.2.4 灰阶显示驱动	25
5.2.5 各种驱动电路方式	29
5.2.6 具体的驱动电路	31
5.2.7 其他驱动法	37
5.3 有源矩阵型 TFT LCD 驱动法举例	41
5.3.1 TFT LCD 驱动原理	41
5.3.2 图像数据信号	43
5.3.3 源驱动(数据驱动)电路	45
5.3.4 栅驱动(选址驱动)电路	46
5.4 单纯矩阵驱动法	48
5.4.1 静态驱动法	49
5.4.2 多路驱动法	49
第 6 章 LCD 的工作模式及显示屏构成	55
6.1 各种不同的光学方式	55
6.2 透射型液晶显示器	56
6.2.1 TN 模式	56
6.2.2 STN 模式	66

6.2.3 IPS 模式	71
6.2.4 VA 模式	78
6.2.5 其他模式简介	83
6.3 反射型液晶显示器	94
6.4 半透射型液晶显示器	97
6.5 投射型液晶显示器	97
第 7 章 TFT LCD 制作工程	101
7.1 液晶显示器的制作工艺流程简介	101
7.1.1 彩色 STN LCD 制程	101
7.1.2 彩色 TFT LCD 制程	103
7.1.3 彩色滤光片(CF)制程	108
7.1.4 TFT 元件的构造及特征	110
7.1.5 液晶显示器的制作工艺	112
7.2 阵列制作工程	113
7.2.1 阵列基板制程	114
7.2.2 阵列基板单元制程	119
7.3 彩色滤光片制作工程	144
7.3.1 彩色滤光片制程	145
7.3.2 黑色矩阵形成工程	147
7.3.3 着色层图形形成工程	153
7.3.4 保护膜、透明电极、柱状隔离离子形成工程	157
7.3.5 切割工程	161
7.3.6 检查工程	162
7.4 液晶屏(盒)制作工程	162
7.4.1 液晶屏(盒)的结构及制作流程图	163
7.4.2 液晶屏(盒)前工程	164
7.4.3 液晶屏(盒)后工程	172
7.5 模块组装工程	177
7.5.1 模块的结构及组装流程图	177
7.5.2 OLB 工程	178
7.5.3 PCB 实装工程	188
7.5.4 COG 模块制造工程	189
7.5.5 组装及检查工程	191
7.6 液晶屏制作工艺的改进	194
7.6.1 阵列工程的改进——关键在于提高生产效率	194
7.6.2 液晶屏(盒)工程的改进——从农业到工业	195

7.6.3 模块工程的改进——如何适应多品种	200
第 8 章 TFT LCD 的主要部件及材料	201
8.1 玻璃基板	201
8.1.1 液晶显示器用玻璃基板的种类	202
8.1.2 对液晶显示器用玻璃基板的特性要求	203
8.1.3 玻璃母板的大型化	204
8.1.4 热加工工程	206
8.1.5 冷加工工程	210
8.1.6 热处理工程	211
8.1.7 洗净检查, 包装出厂	212
8.1.8 全球 LCD 玻璃基板产业化动向	214
8.2 偏光片及位相差膜片	217
8.2.1 偏振光与偏光片的构造	219
8.2.2 基材膜片	221
8.2.3 偏光板制造工程	227
8.2.4 位相差膜, 视角扩大膜	229
8.3 背光源	233
8.3.1 背光源在液晶显示器中的应用	233
8.3.2 背光源的种类及构造	234
8.3.3 冷阴极管灯(CCFL)的构造及发光原理	238
8.3.4 光学膜片的种类及特征	239
8.3.5 导光板	242
8.3.6 背光源的组装工程	245
8.3.7 背光源的改进	246
8.3.8 便携液晶用 LED 背光源	256
8.4 适应高响应速度的液晶材料	264
8.4.1 低黏度液晶材料	264
8.4.2 提高 Δn 实现间距化以提高响应速度	266
8.4.3 高 Δe 材料	267
8.4.4 高速响应液晶材料有待开发的问题	269
8.5 驱动、控制用 IC/LSI 制造工程	270
第 9 章 TFT LCD 的改进及性能提高	272
9.1 液晶显示器的最新技术动向	272
9.1.1 液晶显示器的市场及产品动向	272
9.1.2 液晶显示器技术的最新动向	276
9.1.3 液晶显示器的今后展望	283

9.2 TFT LCD 开口率的提高	287
9.2.1 提高 TFT 阵列基板与 CF 基板的对位精度	288
9.2.2 布线微细加工技术的导入	288
9.2.3 采用自整合(self-alignment)型 TFT, 以降低栅、源电极间的重叠电容	290
9.2.4 降低栅线的电阻	291
9.2.5 提高 TFT 的电子迁移率	292
9.3 扩大视角技术	293
9.3.1 采用光学补偿或取向分割扩大 TN 模式液晶显示器的视角	293
9.3.2 IPS 模式液晶显示器中的取向分割结构	296
9.3.3 VA 模式液晶显示器中的取向分割结构	297
9.3.4 三种扩大视角液晶显示器中的彩色转变	300
9.3.5 光学补偿位相差膜在各种显示模式中的应用	302
9.4 提高响应速度	307
9.4.1 瞬时型与持续型显示方式的差异	307
9.4.2 过驱动(overdrive)实现高速响应	310
9.4.3 插入黑画面改善画质	313
9.4.4 液晶材料如何适应高速响应	314
9.5 液晶电视发展现状	324
9.5.1 市场动向	324
9.5.2 性能提高	326
9.5.3 产业动向	331
9.5.4 产能分布	335
9.6 TFT LCD 制作技术的革新	337
9.6.1 发展背景	338
9.6.2 彩色滤光片制作的技术革新	339
9.6.3 偏光片与位相差(补偿)片一体化的技术革新	341
9.6.4 背光光源与光学膜片的技术革新	343
9.6.5 散光膜片与棱镜膜片(增亮膜)的一体化技术	343
9.6.6 驱动 IC 小型化的技术革新	345
9.6.7 生产设备的技术革新	345
9.7 低温多晶硅液晶显示器	346
9.7.1 发展概况及市场需求	346
9.7.2 LTPS TFT LCD 制品的特点及研究开发动向	347
9.7.3 制备技术开发动向	352
9.7.4 发展预测和展望	355
9.8 高温多晶硅液晶显示器的技术进展	360

9.8.1 HTPS 的市场动向	362
9.8.2 HTPS 的技术发展动向	363
9.8.3 HTPS 需要开发的课题	367
9.9 LCOS 的最新进展	368
9.9.1 LCOS 组件的特性	368
9.9.2 LCOS 开发的历史	370
9.9.3 LCOS 的两大关键技术	370
9.9.4 D-ILA 组件的特性	371
9.9.5 LCOS 组件用的光学系统	374
9.9.6 D-ILA 的发展方向	376
参考文献	377
薄型显示器常用缩略语注释	381

第 5 章 液晶显示器的设计和驱动

液晶显示器多采用交流驱动方式，即将极性正负变换的电压加在液晶上。这是因为，液晶在直流电压的长时间作用下会引起电气分解等，造成材料变质，寿命降低。而在交流电压作用下，液晶材料不会变质，从而能保证其寿命。但交流驱动增加了电路的难度。

液晶显示器有无源矩阵[又称被动(passive)矩阵或单纯矩阵]和有源矩阵[又称主动(active)矩阵]两种驱动方式。前者是在封入液晶材料的玻璃基板上纵横布置电极，其交叉点作为像素，构成无源矩阵；后者是在封入液晶材料的玻璃基板上阵列布置薄膜三极管或二极管等有源(主动)元件，由其控制每一个像素，构成有源矩阵。无源矩阵可用于静态驱动法和动态驱动(多路驱动)法，有源矩阵特别适用于多像素动态驱动。静态驱动法多用于小规模固定图形显示，例如用于娱乐设备及玩具等的显示等。除此之外的用途几乎都采用动态驱动法(多路驱动法)。

本章在讨论 TFT LCD 阵列设计的基础上，主要针对有源矩阵 LCD 的代表 TFT LCD 驱动法和无源矩阵 LCD 的代表多路驱动法做简要介绍。

5.1 TFT LCD 阵列设计

薄膜三极管液晶显示器(thin film transistor liquid crystal display, TFT LCD)的设计共包括下述几个部分：

- (1) 显示图像部分的设计，主要是像素部分的设计，即阵列(array)设计；
- (2) 封入液晶材料部分的设计，主要是液晶屏(盒)的设计；
- (3) 驱动液晶所需的电气信号及电压等供给部分的设计，主要是模块设计等。

本节主要针对由显示图像用的像素部分和向像素供给电气信号的布线部分所构成的“阵列设计”工程进行讨论。在这种阵列设计工程中，从确定构成阵列的薄膜三极管(thin film transistor, TFT)的尺寸开始，针对驱动 LCD 的方式(驱动回路设计)进行论述；此后，针对所求出尺寸的 TFT 在像素中进行布置的阵列图案(pattern)设计(layout, 版面设计)进行论述；最后，介绍阵列检查用的测试方法，即测试设计。

由上述阵列设计工程，最终转变为阵列制造工程(7.2 节)及彩色滤光片制造工程(7.3 节)所用掩模的制作设计数据，见图 5-1。关于液晶屏(盒)设计及模块设计，请参照 7.4、7.5 节。

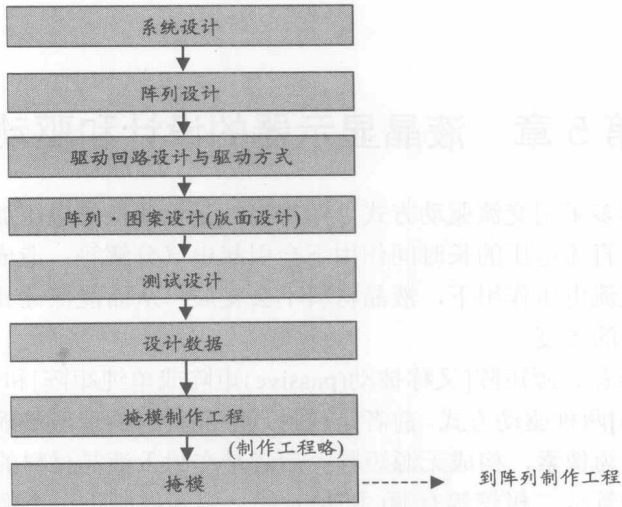


图 5-1 阵列设计工艺流程

5.1.1 系统设计工程图

在阵列设计工程中，首先要基于目标式样，对液晶显示器整体基本形式进行系统设计(产品定型阶段的设计)，见图 5-2。而后再进入详细设计。

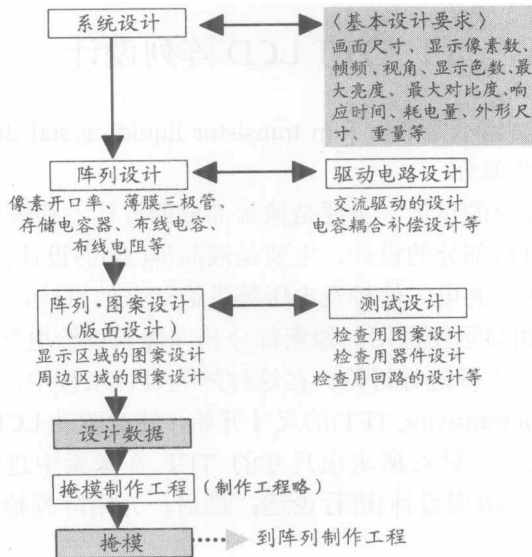


图 5-2 阵列设计工程的具体流程

进入详细设计之前，在产品定型阶段，应首先定义液晶显示器整体的基本设

计式样的目标，需要讨论为实现这些目标“采用什么样的技术”和“利用什么样的部件”，在确定使用的技术、部件之后，再进行具体的设计。

关于液晶显示器整体的基本设计规格，属于现有产品规格说明书中的内容，其中包括画面尺寸(画面对角线尺寸)、显示像素数(图像分辨率)、帧频(图像转换频率)、视角、显示色数、最大亮度、最大对比度、响应时间、功耗(耗电量)、外形尺寸、重量等。

5.1.2 阵列设计工程

液晶显示器的基本式样确定之后，就应该设法满足最大亮度、功耗、外形尺寸等式样要求，在价格最低的前提下，着手对各关键部件进行设计。早期，阵列设计中最重要考虑是如何提高像素的开口率，因为开口率的大小直接与显示亮度(辉度)密切相关。

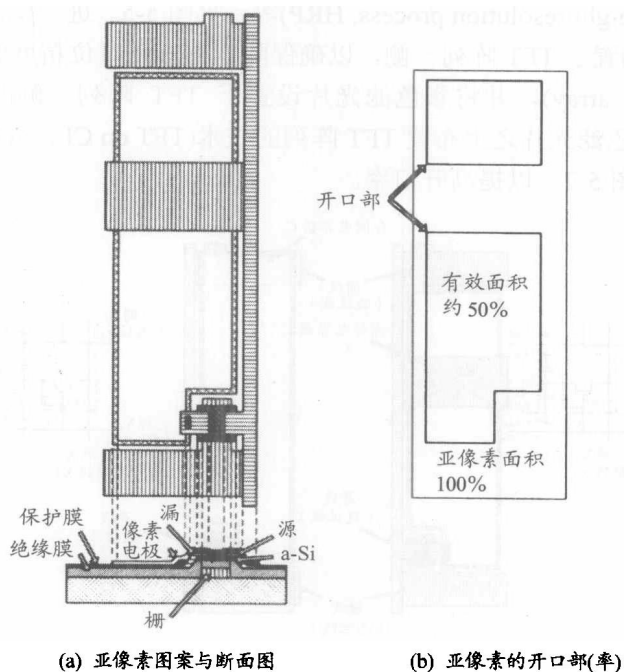


图 5-3 亚像素图案与开口率

5.1.2.1 像素开口率

开口率定义为透光区域(开口部)与像素或亚像素面积之比。如图 5-3 所示，开口部，即透光区域，是从一个像素或亚像素的整个区域扣除下述区域所剩部分：

- (1) 向像素或亚像素供给显示信号用的数据线区域;
- (2) 按定时(timing)控制向像素电极写入数据线电位用的开关元件, 即 TFT 区域;
- (3) 向 TFT 供给 ON/OFF 信号的栅极区域;
- (4) 保持像素电极电位稳定的存储电容 C_s 区域;
- (5) 像素电极与数据线、栅线等各种布线间的间隔(space)区域;
- (6) 为遮蔽从像素电极周围漏出的光而设置的黑色矩阵区域。

显然, 上述(1)~(6)区域设计得越小, 则开口率越大, 从而能获得更高的亮度(高辉度屏)。在画面尺寸比较小的 LCD 中, 由中间所夹的绝缘膜, 在栅线上配置像素电极而构成存储电容 C_s (C_s on gate^①, 栅上 C_s , 见图 5-4)。而且, 后来开发的利用所夹的低介电常数的绝缘膜^②, 在各布线之上布置像素电极, 将像素电极与信号线构成在不同层中, 以提高开口率, 即采用场屏蔽像素(field shield pixel, FSP^③)及高分辨率制程(high resolution process, HRP)等, 见图 5-5。进一步, 将黑色矩阵(black matrix, BM)置于 TFT 阵列一侧, 以确保阵列与 BM 对位精度的阵列上黑色矩阵技术(BM on array), 并将彩色滤光片设置于 TFT 阵列一侧的技术(CF on array), 或者在彩色滤光片之上布置 TFT 阵列的技术(TFT on CF, TOC 或 array on CF), 见图 5-6、图 5-7, 以提高开口率。

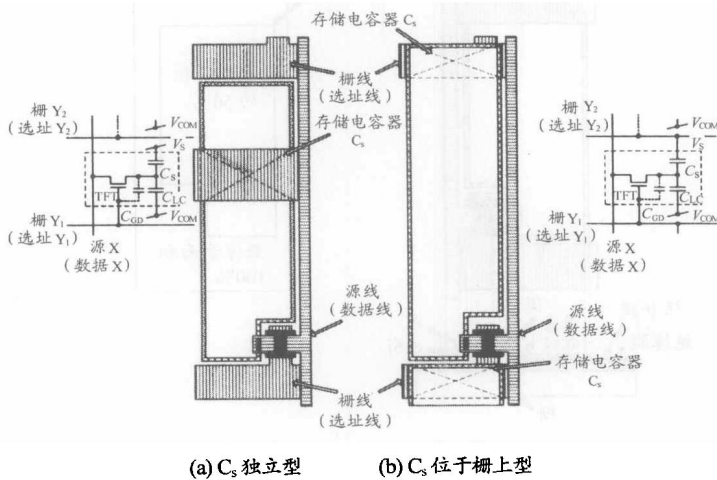


图 5-4 C_s 独立型和 C_s 位于栅上型亚像素图案的一例

① C_s on gate: 注意这种方法中栅线的布线电容会增大。
 ② 低介电常数绝缘膜: 这种膜层对于降低像素电极与布线间的寄生电容至关重要。
 ③ FSP: 这种技术又称为阵列上 ITO(ITO on array)。

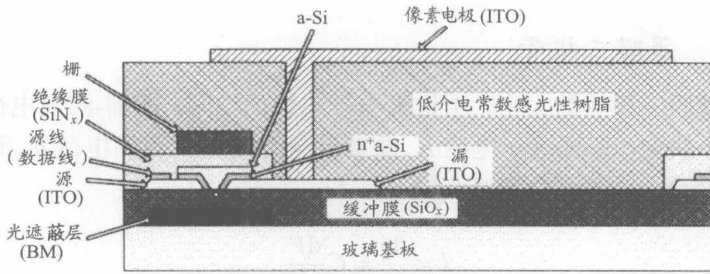
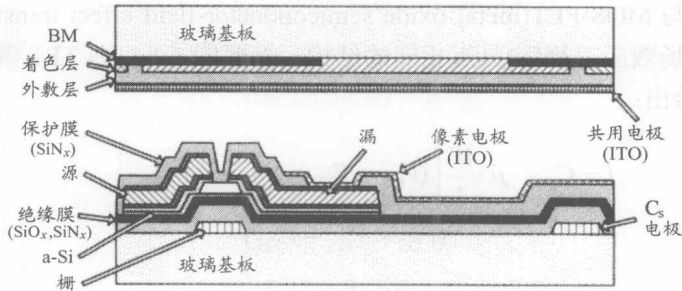
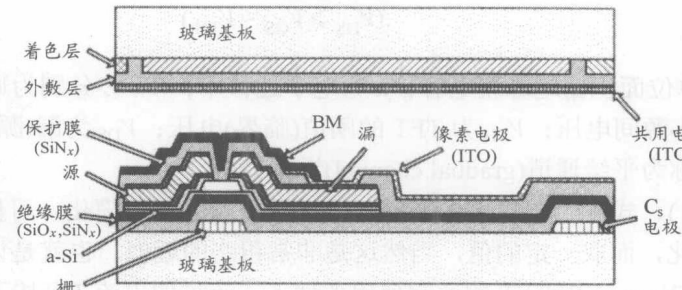


图 5-5 提高开口率的 FSP 型像素的结构



(a) 原来的 BM 结构



(b) 为提高开口率而采用的 BM 位于阵列之上的结构

图 5-6 BM 位于阵列之上的像素结构与原来像素结构的对比

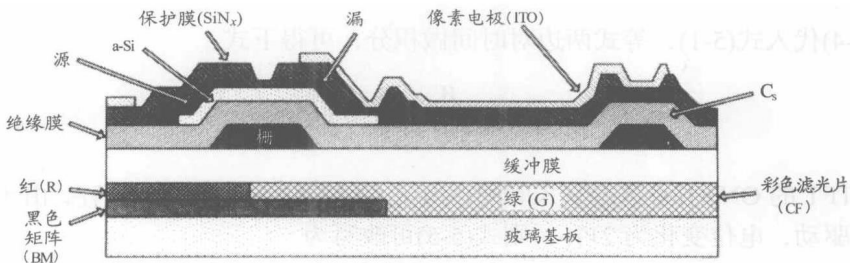


图 5-7 TFT 位于 CF 之上(TOC)的像素结构