

浅谈 TFT-LCD 产品用偏光片技术与发展趋势

徐世颖

(深圳市深超科技投资有限公司,广东深圳 518031)

摘要:文章针对我国平板显示产业快速发展过程中重要的上游配套关键原材料偏光片产品的原理、制造工艺、技术发展趋势进行了简要分析和介绍。全文力图以简洁的文字、借助相关资料来解析偏光片的有关知识,旨在让更多平板显示业界人士更多地了解偏光片产品的种类、工作原理及其制造过程,促进我国大陆地区偏光片产业的发展。

关键词:偏光片;原理;制造工艺;技术趋势。

中图分类号:TN141.9 文献标识码:B

The Technology and It's Trends of TFT-LCD Polarizer

XU Shi-ying

(Shenzhen Century Science & Technology Investment Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518031, China)

Abstract: The is the key materials for TFT-LCD. The research of polarizing films, such as working principle, manufacture process, are introduced and analyzed detailly. The future progress of polarizer technology is also presented. This paper tries to expound the knowledge of polarizing films briefly, aimed at making more people aware of the knowledge such as the range of products polarizers, working principle and the manufacturing process, and promoting the polarizer industry of China.

Keywords: polarizer; principle; manufacture process; technology trends

引言

偏光片(polarizer)是液晶面板的关键零件,是目前业界投资最为热门的行业之一,其成本约占面板原材料制造成本的7%左右。需说明的是偏光片的应用范围很广,不但能使用在LCD上作为偏光材料,亦可用于太阳眼镜、防眩护目镜、摄影器材的滤光镜、汽车

头灯防眩处理及光量调整器等,其它还有偏光显微镜与特殊医疗用眼镜。

由于目前偏光片的制造技术一直被日本、韩国、中国台湾等国家和地区所垄断,中国大陆生产偏光片的企业尚少,而且主要产品为TN/STN型产品,目前内地上马的LCD生产线多为TFT型,相应的TFT型偏光片的市场缺口大,大部分产品主要依赖进口,极大影响了我国液晶产品的竞争能力。因而发展偏光片项目对完善我国

液晶上游产业链 降低产品成本 提高市场竞争力有着重要意义。在深圳市政府的大力支持以及深超公司的推动下,深纺织集团日前确定投资上马宽幅 TFT-LCD 用偏光片项目(盛波光电),预计 2011 年三季度投产,该项目的建成将填补我国大陆地区该产业的空白。

现就有关偏光片技术原理以及发展趋势做简要探讨,以飨读者。

1 偏光片原理与制造工艺

1.1 偏光片原理及种类

1.1.1 原理

目前最通用的偏光膜是兰特在 1938 年所发明的 H 片,其制法如下:首先把透明塑料板(通常用 PVA)浸渍在 I_2/KI 的水溶液中,使碘离子扩散渗入内层的 PVA,微热后拉伸,PVA 板变长的同时也变得又窄又薄。PVA 分子本来是任意角度无规则性分布的,受力拉伸后就逐渐一致地偏转于作用力的方向,附着在 PVA 上的碘离子也跟着有方向性,形成了碘离子的长链。因为碘离子有很好的起偏性,它可以吸收平行于其排列方向的光束电场分量,只让垂直方向的光束电场分量通过,制成具有偏光作用的偏光膜,如图 1 所示。

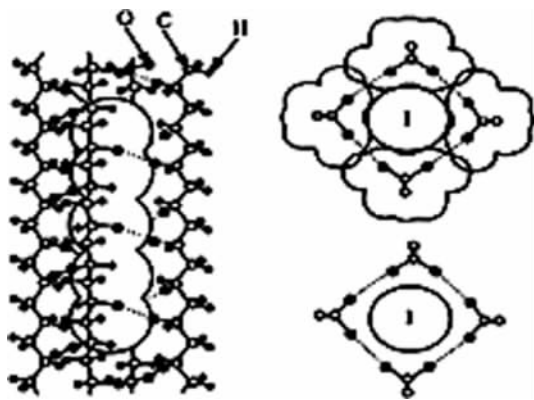


图 1 碘及其离子在偏光膜上的形态

最早的偏光片主要由中间能产生偏振光线的 PVA 膜,再在两面复合上 TAC 保护膜组成。为了方便使用和得到不同的光学效果,偏光片供应商应液晶显示器制造商的要求,又在两面涂覆上压敏胶,再覆上离型膜,这种偏光片是最常见到的 TN 普通全透射偏光片。如果去掉一层离型膜,再复合一层反射膜,就是最普通的反射偏光片。

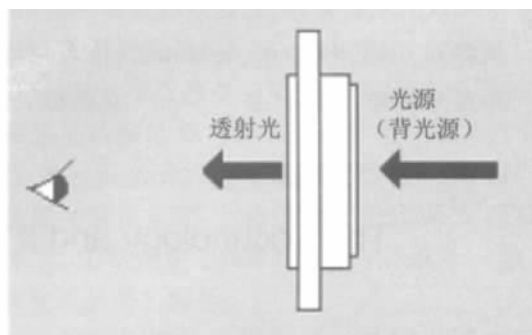
使用的压敏胶为耐高温防潮压敏胶,并对 PVA 进行特殊浸胶处理(染料系列产品),所制成的偏光片

即为宽温类型偏光片;在使用的压敏胶中加入阻止紫外线通过的成份,则可制成防紫外线偏光片;在透射原片上再复合上双折射光学补偿膜,则可制成 STN 用偏光片;在透射原片上再复合上光线转向膜,则可制成宽视角偏光片或窄视角偏光片;对使用的压敏胶、PVA 膜或 TAC 膜着色,即为彩色偏光片。实际上随着新型的液晶显示器产品不断开发出来,偏光片的类型也愈来愈多。

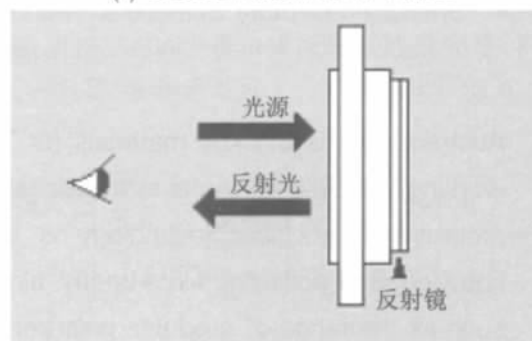
1.1.2 偏光片的种类

偏光膜的应用范围很广,不但能使用在 LCD 上作为偏光材料,也可用于太阳眼镜、防眩护目镜、摄影器材的滤光镜、汽车头灯防眩处理及光量调整器,其它还有偏光显微镜与特殊医疗用眼镜。

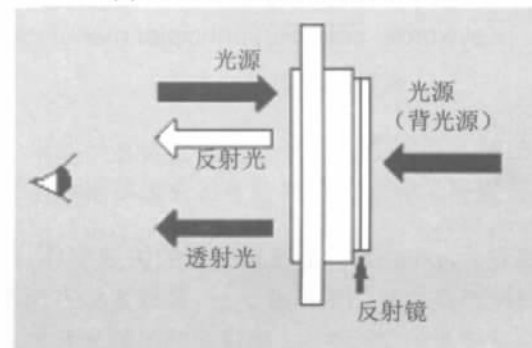
(1) 偏光片按功能分类(如图 2 所示)



(a) 透射型偏光片结构与原理



(b) 反射型偏光片结构与原理



(c) 半反射型偏光片结构与原理

图 2 常见偏光片结构与原理图

透射式偏光片；
反射式偏光片；
半透过半反射式偏光片；
补偿型偏光片；

(2) 偏光片按染色方法分类

碘系偏光片 :PVA 与碘分子相结合,为现今生产偏光膜最主要的方法。容易获得高透过率、高偏振度的光学特性,但耐高温高湿的能力较差；

染料系偏光片 :将具有二色性的有机染料吸着在 PVA 上,并加以延伸定向,使之具有偏旋光性能。不容易获得高透过率、高偏振度的光学特性,但耐高温高湿的能力较好。

(3) 偏光膜按起偏材料的种类分类

金属偏光膜 :将金、银、铁等金属盐吸附在分子薄膜上,再加以还原,使棒状金属有起偏的能力,现在已不使用这种方法生产；

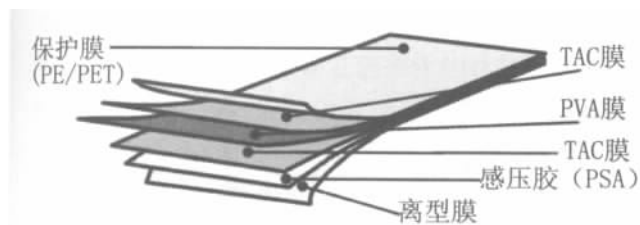
碘系偏光膜 :PVA 与碘分子所组成,为现今生产偏光膜最主要的方法；

染料系偏光膜 :将具有二色性的有机染料吸着在 PVA 上,并加以延伸定向,使之具有偏旋光性能；

聚乙烯偏光膜 :用酸为触媒,将 PVA 脱水,使 PVA 分子中含有一定量乙烯结构,再加以延伸定向,使之具有偏旋光性能。

1.1.3 偏光片的结构及特性说明

如图 3 所示。



其中 TAC:Triacetyl Cellulose;PVA:Polyvinyl Alcohol;
PSA:Pressure Sensitive Adhesive; PE/PET: Protective Film

图 3 偏光膜的构造简图

偏光层 :是由 PVA(聚乙烯醇)薄膜经染色拉伸后制成,该层是偏光片的主要部分,也称偏光原膜。偏光层决定了偏光片的偏光性能、透过率,同时也是影响偏光片色调和光学耐久性的主要部分；

TAC 层 :由 PVA 膜制成的偏光层易吸水、褪色而丧失偏光性能,因此需要在其两边用一层光学均匀性和透明性良好的 TAC(三醋酸纤维素酯)膜来隔绝水

分和空气,保护偏光层。采用具有紫外隔离(UV CUT)和防眩(anti-glare)功能的 TAC 膜可制成防紫外型偏光片和防眩型偏光片；

粘着剂(adhesive) :可分为反射膜侧粘着剂和剥离膜侧粘着剂。反射膜侧粘着剂的作用是将反射膜牢固地粘合在 TAC 膜上,其工艺要求不允许有再剥离性。剥离膜侧粘着剂是一层压敏胶,它决定了偏光片的粘着性能及贴片加工性能,其性能优劣是 LCD 偏光片使用者最为关心的问题之一；

剥离膜(separate film) 为单侧涂布硅涂层的 PET(对苯二甲酸乙二醇酯)膜,主要起保护压敏胶层的作用,同时其剥离力的大小对 LCD 贴片时的作业性有一定影响；

保护膜(protective film) :为单侧涂布 EVA 层(乙烯醋酸乙烯共聚物)的 PE(聚乙烯)膜,具有低粘性,起保护 TAC 膜表面的作用；

反射膜(reflective film) :为单侧蒸铝的 PET 膜,目前大多使用无指向反射型蒸铝膜。如将反射膜更换为半透半反膜,则可制成半透半反型偏光片,此外也可使用各种镀金、镀银膜、镭射膜作为反射膜,以获得各种底色和镜面反射等效果。

1.1.4 偏光片工作原理

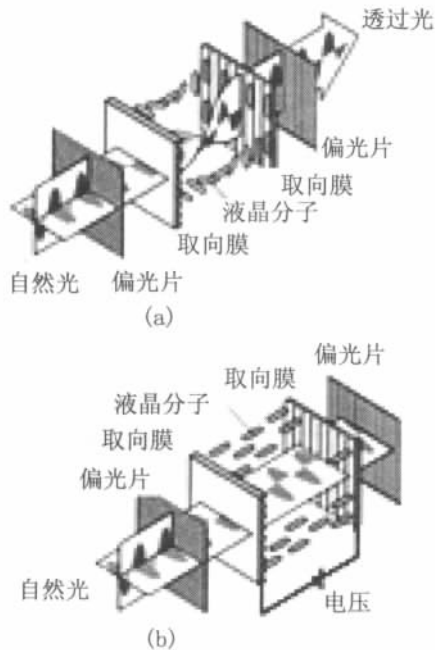
偏光片的材料是掺杂碘分子的聚合物。由于碘分子沿同一方向排列时具有不对称的电子(云)密度,因此不同方向的极化光吸收系数不同。若光线的极化方向与碘分子链长轴方向垂直时,则极化光可以完全通过。通常把极化方向称为偏光片的吸收轴方向。如图 4 所示。只有与吸收轴方向同向的线性偏极光才能透过,否则透过光的强度随之减弱,直至完全遮蔽。图 4 是偏光片的工作原理示意图。

1.2 偏光片制造工艺分析

1.2.1 偏光片制造工序

偏光片的制作主要有延伸法及涂布法,延伸法是目前的主流工艺。目前,生产技术以 PVA 膜的延伸工艺划分,有干法和湿法两大类;以 PVA 膜染色方法划分,有碘染色和染料染色两大类。

干法拉伸工艺是指先在一定温度、湿度的条件下,在惰性气体环境中将 PVA 膜拉伸到一定倍率,而后进行染色、固色、复合、干燥等制备工艺。湿法拉伸工艺是指 PVA 膜先进行染色,而后在溶液中进行拉伸、固色、复合、干燥的生产方法,如图 5 所示。



- (a): 线性偏极光继续前进,通过第二片偏光片时,光线通过
 (b): 通过第二片时,光线被完全阻挡

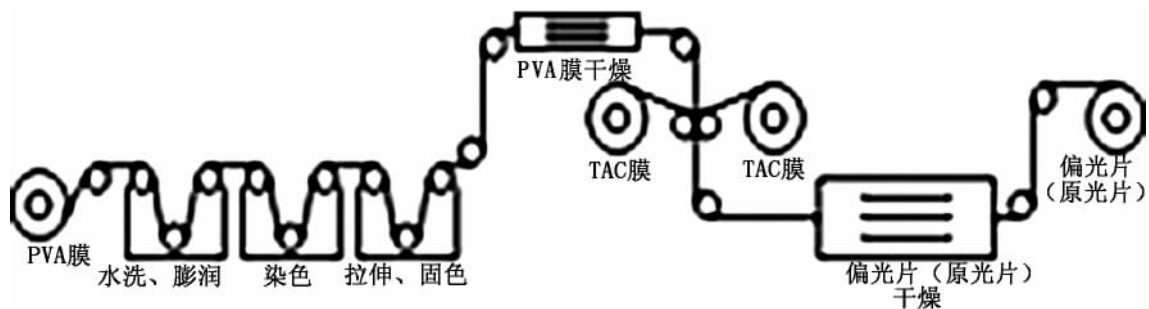
图4 偏光片透光特性图

湿法拉伸其拉伸倍率较易提高、着色均匀。过去存在 PVA 膜在液体中较难控制延伸的稳定性,即生产条件不易控制,在制作过程中较易产生断膜,同时

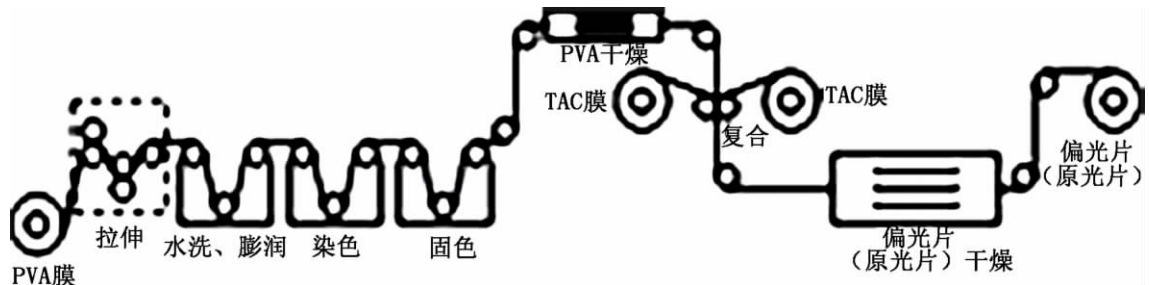
膜收缩率大,产率较低等问题。随着工艺技术的不断改进,目前已克服了幅宽等限制,工艺条件也得到优化,采用湿法拉伸工艺制作的偏光片,在色调均匀性和耐久性方面均优于干法拉伸工艺。干法拉伸虽具有可使用较大幅宽的 PVA 膜进行加工、生产效率较高等优点,但对偏光片的色调均匀性和耐久性有影响,易产生延伸不匀及造成膜表面粗糙等弊端。日、韩、台湾和大陆偏光片制作厂家均采用湿法拉伸工艺,湿法拉伸工艺技术已成为全球 LCD 用偏光片生产的基本生产工艺技术。

偏光片生产工艺中的染色方法有碘染色法和染料染色法两种工艺。碘染色法是指在偏光片染色、拉伸过程中,使用碘和碘化钾作为二向性介质使 PVA 膜产生极性化偏光特性。这种染色方法的优点是比较容易获得 99.9% 以上的高偏光度和 42% 以上高透过率的偏光特性。所以在早期的偏光材料产品或需要高偏光、高透过特性的偏光材料产品中大多都采用碘染色工艺进行加工。但这种工艺的不足之处就是由于碘的分子结构在高温高湿的条件下易于破坏,因此使用碘染色工艺生产的偏光片耐久性较差。

随着 LCD 产品使用范围的扩大,对偏光产品湿热工作条件的要求越来越苛刻,已经出现要求在 100℃ 和 90%RH 条件下工作的偏光片产品需求,对



(a) 湿法拉伸工艺示意图



(b) 干法拉伸示意图

图5 湿、干法拉伸示意图

这种工作条件要求,碘染色工艺无法满足。为满足这种技术要求,首先由日本化药公司发明了偏光片生产所需的染料,并由日本化药的子公司日本波拉公司生产了染料系的高耐久性偏光片产品。利用二向性染料进行偏光片染色工艺所生产的偏光片产品,目前最高可以满足干温 $105^{\circ}\text{C} \times 500\text{HR}$, 湿热 $90^{\circ}\text{C} \times 95\% \text{RH} \times 500\text{HR}$ 以下工作条件的使用要求。但这种工艺方法所生产的偏光片产品一般偏光度和透过率较低,其偏光度一般不超过 90%、透过率不超过 40%,且价格昂贵。

1.2.2 影响 LCD 偏光片性能指标的主要因素

影响偏光片光学性能技术指标的主要因素包括:偏光膜材料选择、染色材料选择、偏光膜染色、拉伸工艺条件选择及设备能力。

耐久性技术指标包括两个方面:偏光膜的耐久性和压敏胶粘合剂的耐久性。

影响偏光膜耐久性的主要影响因素包括:偏光膜基本材料的选择、染色材料的选择、偏光膜染色、拉伸、复合的工艺条件等要素。一般而言,偏光片所选用的 PVA 膜分子量越大、拉伸倍率越高,则偏光膜的耐久性越好,反之也是一样。同时偏光膜在生产过程中的着色度越好,所用染料的抗解能力越强,则偏光膜的耐久性也就越好,因此染料系偏光片的耐久性要远好于碘染色系偏光片产品的耐久性。

影响压敏胶粘合剂耐久性的主要因素包括:粘合剂配方的选择、粘合剂溶剂的选择、粘合剂调和工艺条件的选择、粘合剂干燥工艺条件的选择以及粘合剂储存条件的选择。应该注意,粘合剂的耐久性指标是一个综合性指标,它的影响是多方面的,而且这是偏光片生产的另一个核心技术,一般偏光片生产企业在确定了粘合剂的工艺条件之后都不会轻易改变并且有着严格的工艺质量管理要求,否则极易造成批量的产品不良。

影响偏光片外观性能的主要因素也是多方面的,主要有:偏光片生产的环境净化条件、偏光片生产的材料选择、偏光片生产的设备条件、偏光片生产的工艺流程和工艺配方、偏光片包装、储存、运输条件,以及偏光片在客户使用时的存放环境和加工方法。

总之,这些都涉及到偏光片生产的核心技术,因此偏光片生产企业对材料和工艺条件的选择都应十分慎重。一旦偏光片生产企业的产品为客户所认定通过,偏光片生产企业就应采取严格的生产质量管理措

施,来保证偏光片产品性能的稳定。

2 偏光片制造技术的发展趋势

偏光片自 1938 年发明以来,工艺原理和材料并无太大改变,在制造流程中染色、延伸、贴合、干燥等仍为主要步骤。近年来为适应大型化、车用以及中小尺寸等不同特殊化的需求,衍生出许多技术,并不断朝着高亮度化、多功能化及高附加价值等方向发展。偏光片发展最基本的目标是在维持高偏振度下增加光的透过率,目前而言,偏振度及透过率均已达到发展上限,接近理论值,因此低反射成为未来发展的方向。

目前偏光片生产技术领域大致可分为以下几种技术发展趋势。

2.1 碘系偏光技术

PVA 及碘所构成的偏光膜长期以来都在偏光组件制造领域占有相当大的比例,为目前的主流产品。碘系偏光片生产技术主要的发展方向有以下几个方面。

2.1.1 原材料的性能提升

如 PVA 膜的均匀性、耐久性、光学稳定性等,日本 Kuraray 公司和日本合成化学公司近年来都有大量专利涉及这一课题,TAC 膜的透湿性和光学稳定性、尺寸稳定性等,日本富士胶卷、柯尼卡是这一领域研究最活跃的成员;其它辅助材料,如 PVA 胶粘剂、保护膜、离型膜、压敏胶等,近年来的技术均有不同程度的提高,其最终目标都是从不同角度来提高偏光片的光学性能和耐久性能。

2.1.2 生产工艺的改良

作为偏光片生产工艺的主流湿法延伸,近年来也有新的进展。在 PVA 膜的澎润、染色效率的提升、固色及补色方法、干燥方式等方面均与湿法延伸的初期有了很大的变化。特别是延伸方式,采用的多段式延伸已应用于实际生产中,而结合干法延伸的“干、湿法延伸”技术也有专利报道,虽还没有应用于生产中,但所表现的综合优势相当吸引后来的偏光片生产者。目前,采用上述技术生产的偏光片,其偏振度及光透过率都相当接近理论值(偏振度 100%,透过率 50%),耐久性能也有明显提高。几乎所有偏光片生产厂家对此都投入了大量的力量,并获得了各自独特的核心技术。

2.2 染料系偏光技术

使用具有高二色性比的染料替代碘生产的偏光片,具有耐高温、高湿、耐光等特性,特别适合于恶劣环境下使用,如车载用、室外、投影仪等的 LCD 显示器。但染料系偏光片的光学性能主要取决于所使用的染料的二色性,以及偏光片制备过程的工艺控制技术。目前,日本宝莱株式会社开发了具有高二色性比性能的染料,以及由此染料生产相应偏光片的控制技术,其产品在染料系偏光片领域占垄断地位。

2.3 偏光片的附加功能

近年来为适应液晶显示的大型化、车载以及中小尺寸等不同用途的要求,特别是要满足个性化显示效果的要求,在偏光片的制造过程中,通过选择特种材料、采用特殊工艺等方法,赋予了偏光片许多新的功能。主要有如下几个方面。

2.3.1 广视角功能

早期,由于液晶显示器主要用于办公和数字、文字以及简单的图像显示,人们对画面质量的要求不高,随着液晶显示器应用领域的扩大,特别是液晶电视走入寻常百姓的家庭后,人们对画面质量的要求有了质的飞跃。广视角功能就是其中之一。所谓广视角功能,就是要求液晶显示器在更大的视角范围内可以观察到画质基本不变的影像,以满足更多的、视角不同的观众。广视角技术分为 WV/SWV 广视角膜(用于 TN 型)、补偿膜技术(用于 MVA 型)和 IPS 技术(需在偏光片上添加抗静电功能)。

2.3.2 提高分辨率

为了更好地将画面真实再现,防止和避免内部或外部杂光的干扰,提高显示器的分辨率,在 TAC 层上进行有针对性的表面处理,是目前研究的热门话题。主要的研究方向是:

(1) 防眩光处理(anti-glare AG)

当光线被过度集中时会使画面的清晰度下降,同时会使观看者产生视觉疲劳,即所谓的眩光。通过在 TAC 表面形成细小的凹凸不平结构,就可以使光线形成散射,避免了光线被过度集中;

(2) 防划伤处理(或称表面硬化处理,hard-coating HC)

液晶显示器表面在使用过程中会因为沾染灰尘等原因而需要擦拭,目前 TAC 膜的表面硬度还比较

低,擦拭次数一多,难免会产生许多擦痕和划伤,直接影响了显示效果,特别是触摸式显示屏,产生划伤的几率就更大了。将 TAC 膜表面涂覆上一层高硬度的高聚物,就可以加强偏光片表面硬度,以防止日常生活中无意的擦伤;

(3) 抗反射/低反射处理(anti-reflection/low-reflection AR/LR)

在光线较强的外界环境下观看面板时,由于额外光线的反射会造成人眼所接受的光线过于强烈,影响观看效果。因此,需将偏光片做 AR/LR 处理,以降低反射进入人眼的光线强度,其中 AR 生产成本较高,但反射率的膜的质量也更好,AR 与 LR 的比较如表 1 所示。

表 1 AR 与 LR 各特性比较

	AR	LR
生产方式	干式/Batch/真空溅镀	湿式/Roll/涂布
层数	4~6	1
膜品质	优	良
反射率	<0.5%	1~2%
反射色相	蓝紫色	灰色
成本	高	低
应用	小尺寸	大尺寸

(资料来源:力特光电,工研院经资中心)

2.4 其它方面

2.4.1 抗污处理

为防止日常生活脏污所作的表面处理,使污渍沾上后容易去除。

2.4.2 增亮膜

为增加面板的亮度,可在偏光片中贴上增亮膜,目前最常使用的增亮膜为 3M 公司的 DBEF 与日东电工的 PCF 两种,此外还有利用胆固醇液晶的 CBEF 增亮膜(未量产)。

2.4.3 光学补偿膜

在偏光片上贴上一层光学补偿膜,可以对液晶在各视角产生的相位差做修正,从而提高画面的保真度。

3 抓住机遇发展中国大陆偏光片产业

信息产业部已经明确表示,中国将通过加强投资政策和技术政策的支持促进平板显示(FPD)产业的进一步发展,引导国内外企业和投资公司将更多的资金和资源投入到国内 FPD 产业的建设,逐步形成完整的产业链。

经国务院批准,国家财政部与国家税务总局于 2005 年 3 月联合发布了《关于扶持薄膜晶体管显示器产业发展税收优惠政策的通知》(财税[2005]15 号),这表明我国已将产业重点定于大力扶持 TFT-LCD 产业。另外,中国电子信息振兴计划中政府出资 100 亿美元推进液晶制造商的产业升级。同时,在国家发展与改革委员会、科学技术部、商务部、国家知识产权局 2007 年第 6 号令《当前优先发展的高技术产业化重点领域指南(2007 年度)》中,已明确了偏光片项目属于信息类第 16 项的配套产品,是面板上游六大关键零组件材料之一。在国家发展改革委办公厅最新发布文件——发改办高技[2009]299 号《关于组织实施彩电产业战略转型产业化专项有关问题的通知》中的“(三)平板显示关键配套件及材料”部分,将偏光片列入了“六至八代 TFT-LCD 液晶面板配套件及材料:混合液晶材料、光学薄膜、玻璃基板、彩色滤光片、高精度光刻掩膜版及其基材、感光性电极浆料、平板显示用化学品、驱动 IC、新型背光源、靶材等”中的光学薄膜类。

综上所述,偏光片项目符合国家光电产业政策,属于鼓励和扶持发展的产业项目。

按照深圳市政府的规划,深圳将围绕液晶屏生产的相关产业,巩固和发展深圳作为彩电和计算机产业基地的地位,整合、带动显示器件上下游产业的发展,聚集起包括器件、电视机、控制芯片等产业群。

平板显示产业是深圳市重点发展产业之一,也是国家及广东省大力支持鼓励发展的产业。2005 年以来深圳市政府工作报告中均把发展包括平板显示产业在内的高新技术项目作为今后工业发展的重点。同时,正在制定的深圳“十二五战略规划”

和“十二五科学与技术发展规划”等重要发展战略中均将该产业列为重点扶持发展对象。偏光片作为平板显示的上游产品,是平板显示产业链中的重要一环,大力发展偏光片产业有助于完善深圳市液晶显示产业链,将有力配合深圳市打造亚洲平板显示重镇。所以,大力发展偏光片产业符合国家和深圳市的产业政策,可以获得政府政策的大力支持。

从平板显示产业在国民经济建设中的地位与作用来看,其巨大的产业链和应用市场将成为继半导体和汽车产业之后全球第三个经济增长点,笔记本电脑、显示器和液晶电视是目前 TFT-LCD 发展的主流产品。中国大陆各偏光片生产企业现仅能生产 TN-LCD 和少量 STN-LCD 用偏光片产品,难以满足 LCD 产业发展的要求。偏光片生产企业必须增加产品品种,生产出各类高端的 TFT-LCD 用偏光片,这将会大大提高企业持续发展的能力。

目前,偏光片(特别是 TFT 型偏光片)的生产技术已经相当成熟,更因为在此次波及全球的金融危机的冲击下,偏光片生产及市场发生了明显的变化,相关的核心技术随着人员的流动而逐步对外扩散,对核心技术的垄断与封锁局面正在被打破。中国的偏光片行业正是要抓住这个时机,吸纳这些人才,获取核心技术,迅速成长和壮大,在偏光片行业这个新的世界市场格局中抢占自己的领地。

4 结论

有国家相关优惠政策的大力支持,有地方政府相关配套政策的大力扶持,有良好的市场及外部环境的机遇,加上我们自身艰苦创业的传统,相信中国偏光片行业已经迎来了腾飞的春天。

作者简介:徐世颖(1965-),男,籍贯吉林,毕业于陕西科技大学(学士)、中山大学(硕士),现任深圳市深超科技投资有限公司副总经理、深圳市平板显示行业协会副秘书长,主要从事平板显示产业及产业链项目研究、项目投资与项目管理 E-mail xushiying@263.net。