

特色专题

新型显示用玻璃材料发展回顾及展望

田英良^{1,2}, 赵志龙³, 赵志永^{1,2}

摘要 新型显示用玻璃材料是新型显示关键基础材料,回顾了薄膜晶体管液晶显示(TFT-LCD)和有机发光二极管显示(OLED)用玻璃材料研发情况,包括基板玻璃、盖板玻璃、触控玻璃、柔性玻璃4类超薄玻璃,对比分析了国内外发展概况,发现中国在基板玻璃技术研发和产业实施方面与国外尚有差距;在盖板玻璃产能方面具有领先优势,但柔性玻璃和OLED基板玻璃等高端产品尚需努力;触控玻璃已积累了丰富产业经验,产能和质量水平处于领先优势。对于新一代微小间距发光二极管显示(MLED)而言,应进行前瞻性基础研究、技术开发和产业化工作。

关键词 显示玻璃;基板玻璃;盖板玻璃;触控玻璃;柔性玻璃

随着电子信息产业的发展,显示屏应用几乎无处不在,如智能手机、平板电脑、笔记本电脑、显示屏、信息查询机、电视、多功能显示屏等。目前,显示屏以薄膜晶体管液晶显示(TFT-LCD)和有机发光二极管显示(OLED)2类为主,TFT-LCD占据主要市场份额,OLED正处于蓬勃发展的上升阶段。新型显示用玻璃材料(以下简称显示玻璃)是构成显示屏的关键基础材料,具有不可或缺性。显示玻璃在产品形态上具有超薄(0.4~1.1 mm)或柔性(20~100 μm)特征,在理化工艺性能方面具有较为严苛的指标要求。随着全球和中国显示产业的发展壮大,给显示玻璃发展带来很好的机遇和前景^[1]。

美国和日本的显示玻璃的研发和生产起步于20世纪90年代,技术相对成熟,而中国起步相对较晚,技术及产业方面尚存在一定差距^[2]。中国的TFT-

LCD显示产业起步于2005年。2018年,中国的京东方科技集团股份有限公司成功赶超韩国企业成为全球最大的液晶面板生产企业。2019年,华星光电技术有限公司成为全球第3大显示面板生产企业。在京东方和华星光电等面板显示企业的带领下,2019年中国已成为全球第1大显示面板制造国。至今投产和在建的G8.5/G8.6面板生产线达16条、G10.5/G11面板生产线5条。在未来5年内,全球LCD基板玻璃需求量将从5.9亿 m^2 增长到6.8亿 m^2 ,其中,中国LCD基板玻璃需求量将达4.4亿 m^2 ;另外,中国在建和拟建OLED显示面板生产线将达17条,涵盖G4.5~G8.6面板规格,为高分辨、高色域、超薄化、柔性等高端显示产品提供支撑,OLED基板玻璃需求将达0.43亿 m^2 ,因此,中国将成为显示玻璃需求大国^[3]。

1 国内显示玻璃产业概况

中国显示玻璃发展已有近50年历史,从20世纪70年代开始发展阴极射线管显示到21世纪之初的

1. 北京工业大学材料科学与工程学院,北京 100124

2. 平板显示玻璃工艺技术国家工程研究中心,咸阳 712000

3. 河南兴阳光电科技有限公司,安阳 455100

收稿日期:2024-08-20;修回日期:2024-11-29

作者简介:田英良,教授,研究方向为新型玻璃材料组成与结构、性能关系,玻璃熔体特性及生产制程关系,电子邮箱:tianyl@bjut.edu.cn

引用格式:田英良,赵志龙,赵志永.新型显示用玻璃材料发展回顾及展望[J].科技导报,2025,43(2):90-96;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2024.08.01029

新型显示^[4],随着新型显示产业的蓬勃发展,显示玻璃需求量呈快速增长趋势,中国显示玻璃总需求量超过6亿m²。按显示玻璃用途大致分为3类:基板玻璃、盖板玻璃、触控玻璃。

1.1 基板玻璃

基板玻璃是液晶显示(liquid crystal display, LCD)和OLED面板的关键基础材料,是薄膜硅晶体管(TFT)和彩膜(CF)的基板/载板^[5]。

LCD发展历史相对悠久,20世纪70年代在美国实现雏形,20世纪80—90年代在日本实现产品应用,从小尺寸黑白显示,再到彩色显示,直至TFT-LCD技术全面突破。在技术方面不断创新,应用领域不断扩大,逐步向大型化、超薄化、多功能方向发展。目前,LCD面板最大规格已达G11世代(2940 mm×3370 mm),显示品质和显示效果不断提升^[6]。

OLED显示已逐步发展为新一代显示产品,其研发历史可以追溯到1987年,邓青云和Slyke等开发出具有实用价值的OLED器件,使得OLED技术获得广泛关注。OLED具有自发光、厚度薄、对比度高、视角广、可用于柔性显示等特点,已成为显示行业新宠,具有良好的产业前景^[7]。

2004年,中国京东方和上海广电信息产业股份有限公司分别引进日本和韩国的LCD显示面板制造技术,率先启动了中国的TFT-LCD显示产业,而LCD显示的关键性基板玻璃主要依赖于从日本、美国进口,因而价格昂贵,每平方米价格高达400~500元人

民币。为打破行业垄断,降低制造成本,2005年,河南安彩高科公司率先对LCD基板玻璃开展产业研发工作,广泛收集资料并开展基础研究,申报了中国最早的基板玻璃专利,后因资金问题,项目被迫终止。2007年,彩虹集团与东旭集团合作实现了中国第一条TFT-LCD基板玻璃生产线的产业化工作,在技术和装备经验相对比较欠缺的情况下,经过艰苦卓绝的技术攻关,2008年9月8日在咸阳生产出中国第1片G5规格(1100 mm×1300 mm)基板玻璃^[8]。其后,东旭集团、彩虹集团及中国建材集团在国内先后建成G4.5(730 mm×920 mm)、G5、G6(1500 mm×1850 mm)、G7.5(1950 mm×2250 mm)生产线。2008年以后,彩虹集团、东旭集团、中国建材集团先后投入到LCD基板玻璃产业中。在咸阳、合肥、张家港、成都、郑州、石家庄、芜湖、蚌埠、青岛、邵阳建设了LCD基板玻璃生产线。2019年9月8日,中建材(蚌埠)光电材料有限公司研发的浮法G8.5(2200mm×2500mm)LCD基板玻璃在安徽蚌埠成功下线;2020年2月18日,彩虹集团自主研发的溢流法生产厚度0.5 mm的G8.6(2250 mm×2610 mm)LCD基板玻璃在安徽合肥成功下线,至今已累计建设7条生产线,标志着技术成果的成熟和可靠,可以实现规模化复制。中国LCD基板玻璃生产线信息如表1所示。

从表1可知,国内的G6 LCD基板玻璃生产线数量远高于G5 LCD基板玻璃生产线数量,这与中国大陆及台湾地区的LCD面板产能密切相关,另外,随着

表1 中国LCD基板玻璃生产线情况

企业集团	生产企业	生产线代次	生产工艺	生产线/条	规模/(万m ² ·a ⁻¹)	备注
彩虹集团	彩虹咸阳	G5	溢流法	3	150	后改为盖板线
	彩虹合肥	G6	溢流法	3	550	后升级为G7.5
	彩虹合肥	G7.5	溢流法	3	700	—
	邵虹特玻	G8.6	溢流法	1	400	—
	彩虹合肥	G8.6	溢流法	6	2400	—
	彩虹咸阳	G8.6	溢流法	1	400	—
融合光电	融合光电	G8.6	溢流法	1	400	—
东旭集团	东旭郑州	G5	溢流法	4	600	—
	东旭石家庄	G5	溢流法	3	450	—
	东旭芜湖	G6	溢流法	6	1200	—
	东旭营口	G5	溢流法	1	60	后加工
中国建材集团	成都中光电	G4.5	溢流法	3	600	后升级为G6
	蚌埠中光电	G8.5	浮法	1	825	—

世代规格增大,单线产能也随之增大。对于溢流法生产而言,G5/G6 LCD基板玻璃生产线日熔化量一般为10~13 t/d,G7.5 LCD基板玻璃日熔量达到17~18 t/d,G8.5/G8.6 LCD基板玻璃日熔量达22~30 t/d,浮法工艺的单线熔化能力更大,可达50~70 t/d。目前,中国LCD基板玻璃生产主要以溢流法为主,浮法工艺生产LCD基板玻璃的产业化时间尚不足5年,还在不断完善与提升过程中。

1.2 盖板玻璃

2007年,美国康宁公司研发的高强超薄盖板玻璃成功用于苹果公司iPhone手机的屏幕保护,该款玻璃为可化学强化的碱铝硅玻璃,其表现出较好的抗摔和耐划等力学特性,于是具有屏幕保护功能的盖板玻璃引起手机厂商的广泛关注和青睐,中国、日本、德国等国家的科研机构 and 玻璃厂商纷纷加入到盖板玻璃研发与试产中,极大地促进了盖板玻璃产业发展与繁荣。盖板玻璃有助于移动终端设备(智能手机和平板电脑)的屏幕保护。盖板玻璃属于碱铝硅玻璃体系,可以通过一步或多步法化学强化增强,玻璃中的 Al_2O_3 质量分数为5~35,按 Al_2O_3 含量不同可将盖板玻璃分为低铝玻璃(质量分数为5~8)、中铝玻璃(质量分数为8~12)、高铝玻璃(质量分数为12~19)、超高铝玻璃(质量分数大于等于19)。

盖板玻璃产品厚度主要以0.5~0.9 mm为主,目前,化学强化和微晶化是盖板玻璃力学性能提升的重要技术手段^[9]。压应力(compressive stress, CS)和离子强化层深度(depth of layer, DOL)是评估盖板玻璃抵抗冲击和表面划伤性能的重要参数^[10]。

中国盖板玻璃的产业研发可追溯至2007年下半年,苏州新吴公司委托北京工业大学进行技术开发,2008年,申报了中国最早的盖板玻璃专利^[11]。2010年,苏州新吴公司推出牌号为GD1717高铝盖板玻璃,建成一条10 t/d的浮法玻璃生产线, Al_2O_3 质量分数为17,产品厚度最小为1.0 mm,无法达到下游用户要求的0.8 mm,最终被迫停产。同期,成都光明光电公司独立开展研发,于2009年申请铝硅酸盐玻璃专利,产品商标为铠甲(Loricae),产品牌号MJB3-MJB5,于2012年成功建成一条30 t/d的浮法高铝盖板玻璃生产线。2010年,武汉理工大学对盖板玻璃化学组成、熔化、成型等方面开展了系统研究^[12-13]。

2011年,中航特种玻璃技术有限公司与海南大学合作研发,2015年,该团队将研究成果转移给重庆鑫景公司,经过进一步开发、实施后,于2018年8月成功点火投产一条浮法高铝盖板玻璃生产线。2011年,蚌埠玻璃工业设计院对盖板玻璃展开系列研究并申报专利^[4],筹建了中建材(蚌埠)光电材料有限公司,于2017年5月成功点火投产了一条浮法高铝盖板玻璃生产线。2014年,四川旭虹公司与北京工业大学开展技术合作,将原有等离子显示(PDP)玻璃(Al_2O_3 质量分数为7)产品成功转产为高铝盖板玻璃(Al_2O_3 质量分数为13.5)产品,取得了很好的经济效益和社会效益,2018年获得国家科技进步奖二等奖。南玻集团于2015年和2018年分别在广东清远和湖北咸宁各投产建设一条浮法高铝盖板玻璃生产线^[15]。上述技术研发和盖板玻璃生产工艺全部基于中国最为擅长的浮法工艺,得益于浮法工艺在中国没有技术壁垒,人才很多,以及单线产能规模大,具有投资少、成本低的优势。相对浮法工艺,溢流法生产的盖板玻璃虽然单线产能相对较低,但产品质量高,化学强化翘曲变形小。中国在溢流法生产方面同样有工业尝试与探索,福州科立视材料科技有限公司和彩虹集团分别投产了G5及G6溢流法生产线,2019年4月,中电彩虹集团研发的国内首条G7.5盖板玻璃生产线在湖南邵阳正式投产;2020年8月21日,第2条G7.5盖板玻璃生产线点火,总产能可以达到400万 m^2 。2020年之后,中国浮法盖板玻璃迎来大发展时期,先后在四川绵阳、河南安阳、湖南新化、山东青岛、山东临沂等地建设高铝盖板玻璃生产线,目前累计生产规模达1.5亿 m^2/a ,中国已经投产及在建盖板玻璃生产线如表2所示。

1.3 触控玻璃

触控玻璃以超薄钠钙玻璃为主, Al_2O_3 质量分数一般为1.5~2.0,用于触控屏传感器或保护贴。产品厚度以0.33~2.0 mm为主,在触控玻璃完成氧化铟锡(ITO)镀膜工艺,其中保护贴产品的厚度以0.33 mm为主。

目前,全球仅有中国和日本生产触控玻璃品种,国内主要厂商包括中国建材集团、信义集团、旗滨集团、南玻集团、海川电子。中国触控玻璃生产线相关信息见表3。

表2 国内盖板玻璃生产线情况

厂商	投产地	产线数量/条	产能规模/(万 m ² ·a ⁻¹)	盖板玻璃品种	生产工艺	投产年月
科立视	福建福州	1	100	高铝	溢流法	2013(已停)
四川虹科	四川绵阳	1	1000	高铝/锂铝硅	浮法	2014-02
四川虹科	四川绵阳	1	1000	高铝/锂铝硅	浮法	2022-05
河南旭阳	河南安阳	1	1000	高铝	浮法	2020-05
河南旭阳	河南安阳	1	1000	高铝	浮法	在建
湖南兴怀	湖南怀化	1	1000	高铝	浮法	2022-09
沂新光电	山东临沂	1	1000	高铝	浮法	2023-08
沂新光电	山东临沂	1	1000	高铝	浮法	在建
青岛融合	山东青岛	2	1000	高铝	浮法	在建
南玻集团	广东清远	1	1000	高铝	浮法	2015-03
	河北永清	1	1350	低铝	浮法	2016-04
	湖北宜昌	1	1350	低铝	浮法	2016-12
	湖北咸宁	1	1000	高铝/锂铝硅	浮法	2018-02
彩虹集团	湖南邵阳	2	240	高铝	溢流法	2018-10
凯盛科技	安徽蚌埠	1	500	高铝	浮法	2017-05
重庆鑫景	重庆水土	1	400	高铝/锂铝硅	浮法	2018-08
旗滨集团	湖南醴陵	2	1200	高铝/锂铝硅	浮法	2019-07

表3 中国触控玻璃生产线

企业集团	生产企业	熔化量/(t·d ⁻¹)	生产线数量/条	产能规模/(万 m ² ·a ⁻¹)	备注
中国建材集团	洛阳龙门	250	1	3000	0.33~1.1 mm ITO
	洛玻龙海	180	1	2000	0.33~1.1 mm ITO
	蚌埠中显	150	1	1500	0.2~1.1 mm 保护贴
	海川电子	250	1	2500	0.33/0.40 mm 保护贴
信义集团	安徽芜湖	250	1	1500	1~1.8 mm
旗滨集团	浙江长兴	120	1	1500	1.1 mm ITO
南玻集团	河北视窗	150	1	1000	0.3~1.8 mm
	宜昌光电	250	1	1800	0.18~1.1 mm TP、盖板、保护贴
	清远南玻	900(双线)	1	1500	1.1~2.0 mm
	河北南玻	900(双线)	1	1500	1.1~2.0 mm
长利集团	湖北长利	900(双线)	1	1500	1.1~2.0 mm

2 国外显示玻璃行业概况

2.1 基板玻璃

TFT-LCD 面板产业的发展推动了基板玻璃产业的发展,吸引了美国康宁公司(Corning)、日本旭硝子公司(AGC)、日本电气硝子公司(NEG)等投身于基板玻璃的研发与生产,产品性能不断提高,规格逐步增大。1992年,康宁公司采用溢流法生产出可用于 TFT-LCD 面板的 7059 牌号基板玻璃,其后推出了

1737、1737G、Eagle²⁰⁰⁰等产品牌号的基板玻璃,目前,康宁公司推出的具有代表性的基板玻璃有 EAGLE XG[®] Slim 用于 LCD 面板的基板玻璃,产品最薄可达 0.25 mm,最大达 G10.5 世代(2940 mm×3370 mm)、Lotus[™] NXT 适用于 LCD/OLED 的高性能基板玻璃,以及针对高性能氧化物的 LCD/OLED 显示推出的 Astra[™] 基板玻璃,该产品在高性能显示领域占据了重要地位。日本旭硝子公司采用浮法工艺推出生产牌号为 AN100 以及具有超低再热收缩率的 AN WIZUS[®]

基板玻璃,日本电气硝子采用溢流法工艺推出生产牌号为OA10G、OA11,以及具有高耐热性和低再热收缩的OA31的基板玻璃,平安翰视特(原日本板硝子公司)推出生产牌号为NA35的基板玻璃。

2010年起,随着全球大尺寸LCD面板(大于G8.5规格,可经济裁切电视面板)的兴起与投产,对基板玻璃提出了更大尺寸的要求,康宁、旭硝子和电气硝子公司生产和供应G8.5(2200 mm×2500 mm)基板玻璃。2015年开始G10.5及G11(2940 mm×3370 mm)面板在日本和中国陆续投产,开始形成更大规格尺寸基板玻璃的需求。当基板玻璃规格超过G8.5世代后,常规运输方式会带来表面划伤和微尘污染问题,需选用特殊的包装箱,运输成本极高。因此G8.5以上规格TFT-LCD显示面板生产厂需要与基板玻璃生产厂比邻而建。2015年以后,中国已经成为全球面板制造的重要投资地,全球平板显示面板占有率由8%~9%迅速提高到26%以上,使得美国康宁、日本旭硝子和日本电气硝子在中国开始投资建厂。目前,美国康宁将G5和G6的LCD基板玻璃生产线更改为盖板玻璃生产线,最近几年又投资了一部分OLED基板玻璃生产线,进一步优化了玻璃耐热性、308 nm紫外透过率和低再热收缩率值^[16]。

2.2 盖板玻璃

目前,仅有美国、日本、德国等国家掌握盖板玻璃生产技术。美国康宁公司始终处于该行业领先地位,其次为日本旭硝子、电气硝子,德国肖特(Schott)公司。

2007年,康宁公司采用溢流法研发出“大猩猩”(Gorilla® Glass, GG)1代碱铝硅酸盐盖板玻璃,为满足盖板玻璃的性能要求,采用一步法离子交换工艺对玻璃进行化学强化处理^[17]。至今,康宁公司已研发7代大猩猩玻璃产品,产品性能不断优化,玻璃软化点呈上升趋势。由于增加Al₂O₃含量会导致玻璃熔化温度升高,进而使软化温度升高,同时有利于离子交换便于进行化学强化提高玻璃机械强度,据此可推测玻璃组分中Al₂O₃含量增加。GG5的热膨胀系数较低,离子交换层深度提升^[18],据此可推断GG5玻璃的助熔剂为Na₂O、P₂O₅、B₂O₃^[19];同时体系中加入Li₂O,使用硝酸钠和硝酸钾熔盐对玻璃进行二步法离子交换强化处理^[20-21]。GG6可承受连续15次从1 m

高度跌落到粗糙表面的测试与GG5相比抗跌落损伤性能翻倍^[22]。2020年7月,推出新一代“大猩猩”玻璃Victus™,该玻璃可承受从2 m高度跌落到粗糙表面的测试,抗划伤性能是GG6的2倍。

2009年,德国肖特公司采用浮法工艺研发了LAS-40牌号可化学增强盖板玻璃,生产线日熔化量15 t/d,生产0.7~1.3 mm厚度产品。2010年陆续推出LAS-80、AS87eco牌号盖板玻璃^[23];2012年采用浮法工艺研发出Xensation Cover碱铝硅酸盐盖板玻璃,产品性能不断提升^[24]。随着折叠手机的面世,尤其是2020年三星发布的Galaxy Z Flip折叠手机搭载了超薄盖板玻璃,进一步推动了柔性盖板玻璃的研发。2020年5月,肖特推出赛绚™Flex柔性玻璃,经加工后弯折曲率半径低于2 mm,玻璃厚度70 μm左右,已成为三星超薄盖板玻璃供货商^[25]。同期推出赛绚™UP.可化学强化的锂铝硅酸盐盖板玻璃,抗跌落损伤性能相比传统铝硅酸盐玻璃有大幅度提升,由此可以看出,锂铝硅酸盐玻璃体系已成为盖板玻璃的发展趋势。

2010年,日本旭硝子公司采用浮法工艺在日本关西对盖板玻璃进行研究,经过不断优化调整2011年推出龙迹(Dragontrail, DT)1代产品;随后快速推出DT2、DT3代产品,性能不断提升。DT3代产品中Al₂O₃质量分数高达16以上,抗冲击性能略低于GG4。

2010年,日本电气硝子公司采用浮法工艺研发出霸王龙(Dinorex)1代碱铝硅酸盐盖板玻璃。2012年,推出霸王龙2代T2X-1,采用溢流法生产,产品薄且表面光滑,无需抛光,化学强化后玻璃几乎不发生翘曲。在相同化学强化条件下离子交换速度显著提升,极大缩短了化学强化处理时间,有效提高了生产效率。随后推出T2X-3,采用二步法离子交换强化处理,玻璃抗冲击强度显著提升。目前,国外生产高铝盖板玻璃的生产厂商相关信息如表4所示。

2.3 触控玻璃

国外触控玻璃生产企业以日本旭硝子和日本板硝子公司为主,主要用于触摸屏ITO镀膜。玻璃厚度普遍为0.2~1.1 mm,日本旭硝子公司拥有一条180 t/d超薄钠钙玻璃生产线,产品主要销售日本和中国。日本板硝子拥有一条150 t/d超薄钠钙玻璃生产线,销售市场与日本旭硝子公司相同。

表4 国外高铝盖板玻璃生产厂商及相关信息

国家	厂商	投产产地	生产线数量/条	产能/(万 m ² ·a ⁻¹)	产品商标	玻璃品种	生产工艺	投产年份
美国	康宁	美国/中国台湾/日本	27	2350	Gorilla	高铝	溢流法	2007
日本	旭硝子	日本关西/高砂	2	1500	Dragontrail	低/高铝	浮法	2011
日本	电气硝子	日本能登川	3	350	Dinorex	高铝	溢流法	2011
德国	肖特	德国耶纳	1	80	Xensation	高铝	浮法	2011

3 新型显示玻璃发展趋势

新型显示玻璃在显示领域有着不可替代的作用。随着科技进步与发展,新型显示玻璃制造技术不断革新,产业不断进步,受到了越来越多研发机构和产业集团的广泛关注。国内外显示玻璃发展侧重点各有不同,国外侧重产品前瞻性开发和产品质量控制,而中国主要侧重产业规模和成本控制。

在基板玻璃方面,LCD基板玻璃增长趋势变缓,国外产线和产能逐步向国内转移,中国在高世代(G8.5系列)方面进行产能规模的放大,基板玻璃生产工艺以溢流法为主,向规模化、超薄化、功能化方向发展,单线产能从400万 m²·a⁻¹提高到500万 m²·a⁻¹,厚度从0.5 mm降低到0.4 mm,响应显示产品的轻量化需求。另外,OLED基板玻璃尚处于发展黄金期,需要大力推动技术革新,打破技术壁垒,缩小与国外的差距,开发出高热稳定性、低再热收缩率、高紫外透过率、大尺寸高世代的OLED基板玻璃,亟须突破高世代(G8.5系列)OLED基板玻璃配方、工艺和装备技术。

在盖板玻璃方面,全球发展和需求重点已经从一步法高铝盖板玻璃转向二步法锂铝硅盖板玻璃,再到纳米透明微晶玻璃复合化学强化增强,智能手机的盖板玻璃要经受整机抗摔高度大于1.6 m的考验,甚至达到2.0 m以上。中国高端触摸屏盖板玻璃市场需求量很大,除了传统移动终端的需求,将在车载触屏、信息查询设备、建筑幕墙显示、智慧屏等产品上得到广泛应用,盖板玻璃需求量仍将保持高速增长。对盖板玻璃性能要求也不断提升,传统的高铝玻璃已很难满足使用需求,锂铝硅盖板玻璃及纳米微晶盖板玻璃已成为新的发展潮流,结合二步法化学强化工艺可有效提高屏幕的抗摔性能^[26]。国内应加强盖板玻璃新品种研发,改进生产工艺、提高产

品性能、扩大应用领域、从而应对未来复杂的应用市场要求。随着2019年可折叠手机的陆续推出,必将催生柔性盖板玻璃的研发及产业化工作,将成为各大厂商竞争的另一个特殊盖板玻璃市场。

随着MLED(Mini/Micro LED)显示技术兴起,Mini LED在传统LED背光基础上进行了改良,厚度接近OLED并弥补了容易烧屏的缺点;Micro LED则是将LED进行薄膜化、微缩化、矩阵化,具有低功耗、高亮度、超高分辨率、寿命长等技术优点。MLED显示被视为下一代显示技术,但是与适用配套的不同电路模式与控制方式的基板玻璃开发尚需加紧推进研发与产业化工作。

参考文献(References)

- [1] 鲍兆臣. 电子信息显示用超薄玻璃研究[J]. 建材世界, 2014, 35(4): 25-28.
- [2] 李青, 李瑞佼, 李赫然, 等. 浅析超薄电子玻璃生产技术研究发现[J]. 玻璃, 2016, 43(10): 8-11.
- [3] 鲁一祺, 渠波, 鲁旺生, 等. 对我国高铝超薄电子玻璃市场的初步分析[J]. 玻璃, 2015, 42(9): 20-22.
- [4] 田英良. 我国电子玻璃发展历程与现状[C]. 北京: 中国硅酸盐学会电子玻璃分会, 2009: 46-54.
- [5] 田英良, 张磊, 戴琳, 等. TFT-LCD基板玻璃化学组成的发展状况与展望[J]. 硅酸盐通报, 2010, 29(6): 1348-1352, 1362.
- [6] 夏卫文, 嵇书滢. 液晶显示器(LCD)用基板玻璃浅析[J]. 玻璃, 2003, 30(6): 6-11.
- [7] 邱勇, 万博泉. 关于我国发展OLED技术和产业的思考[J]. 现代显示, 2002(3): 4-7.
- [8] 徐美君. 中国平板显示器产业发展面临新机遇[J]. 玻璃与搪瓷, 2010, 38(6): 45.
- [9] Gy R. Ion exchange for glass strengthening[J]. Materials Science and Engineering: B, 2008, 149(2): 159-165.
- [10] 谢君樑, 和阿雷, 赵高凌, 等. 高铝硅酸盐玻璃的化学强化及其结果拟合[J]. 燕山大学学报, 2018, 42(1): 34-37.

- [11] 吴哲, 田英良, 沈雪红. 高强度铝硅酸盐玻璃及其化学钢化方法: CN101337770[P]. 2009-01-07.
- [12] 邹世锋, 姜宏, 赵会峰, 等. 玻璃中 Al_2O_3 含量对离子交换增强性能的影响[J]. 材料科学与工程学报, 2014, 32(1): 107-111.
- [13] 程金树, 赵薇, 肖子凡. 化学增强铝硅酸盐玻璃扩散性能研究[J]. 武汉理工大学学报, 2012, 34(5): 10-14.
- [14] 彭寿, 曹欣, 马立云, 等. 一种铝硅酸盐玻璃在线化学钢化方法: CN102531364A[P]. 2012-07-04.
- [15] 田英良, 李俊杰, 杨宝瑛, 等. 化学增强型超薄碱铝硅酸盐玻璃发展概况与展望[J]. 燕山大学学报, 2017, 41(4): 283-292.
- [16] 刘志海. 国内外LCD玻璃基板现状及发展趋势[J]. 建筑玻璃与工业玻璃, 2012(6): 2-6.
- [17] Corning® Gorilla® Glass Product Information Sheet[EB/OL]. [2024-03-05]. <http://www.corninggorillaglass.com>.
- [18] Corning® Gorilla® Glass 5 Product Information Sheet [EB/OL]. [2024-03-05]. http://www.corning.com/microsites/csm/gorillaglass/PI_heets/Corning_Gorilla_Glass_5_PI_Sheet_RevB.
- [19] Linganna K, Narro-García R, Desirena H, et al. Effect of P_2O_5 addition on structural and luminescence properties of Nd^{3+} -doped tellurite glasses[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2016, 684: 322-327.
- [20] Shen J, Green D J, Pantano C G. Control of concentration profiles in two step ion exchanged glasses[J]. Physics and Chemistry of Glasses, 2003, 44(4): 284-292.
- [21] Sinton C W, LaCourse W C, O'Connell M J. Variations in K^+ - Na^+ ion exchange depth in commercial and experimental float glass compositions[J]. Materials Research Bulletin, 1999, 34(14/15): 2351-2359.
- [22] Corning® Gorilla® Glass 6 Product Information[EB/OL]. [2024-04-06]. <https://www.corning.com/gorillaglass/cn/zh/glass-types/gorillaglass-6.html>.
- [23] AS87eco Technical Data[EB/OL]. [2024-04-08]. <http://www.schott.com/china/chinese/company/company.html>.
- [24] Xensation® Technical Data[EB/OL]. [2024-05-05]. <http://www.schott.com/china/chinese/company/company.html>.
- [25] Xensation® Flex Product Information[EB/OL]. [2024-05-05]. <https://www.schott.com/innovation/cn/xensation-flex>.
- [26] 田英良, 杨宝瑛, 王伟来, 等. 二步法化学强化屏幕保护玻璃组成和工艺发展及展望[J]. 北京工业大学学报, 2019, 45(9): 918-926.

Review and prospect of new type display glass materials

TIAN Yingliang^{1,2}, ZHAO Zhilong³, ZHAO Zhiyong^{1,2}

1. College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China

2. National Engineering Research Center for Planar Display Glass Technology, Xianyang 712000, China

3. Henan Xinyang Optoelectronic Technology CO., Ltd., Anyang 455100, China

Abstract The new type of glass material for display is a key basic material for new displays. In this article, the glass materials used in thin-film transistor liquid crystal display (TFT-LCD) and organic light-emitting diode display (OLED) are reviewed including four types of ultra-thin glass: substrate glass, cover glass, touch glass, and flexible glass. A comparative analysis of domestic and foreign development is conducted, and there is still a gap between China and foreign countries in the research and development of substrate glass technology and industrial implementation; China is leading in the production capacity of cover glass, but efforts should be made in the high-end products such as flexible glass and OLED substrate glass; Rich industry experience of tough glass has been accumulated in China, which is in the lead for the production capacity and quality level. For the new generation of small pitch light-emitting diode display (MLED), prospective basic research, technological development, and industrialization should be carried out.

Keywords display glass; substrate glass; cover glass; touch glass; flexible glass ●



(责任编辑 王微)