

电容触摸屏在机载加固显示中的应用研究进展

黄晓刚¹, 胡建青^{2,3*}, 郑国兵^{2,3}, 符昭邦^{2,3}, 邹一杰^{2,3}

(1. 海装上海局驻福州地区军事代表室, 福州 350001; 2. 中国电子科技集团有限公司第五十五研究所, 南京 210016; 3. 国家平板显示工程技术研究中心, 南京 210016)

摘要: 概述了电容触摸屏在机载加固显示中的应用研究进展。相比于采用导光面板、红外触摸屏和电阻触摸屏交互的机载加固显示模块, 采用电容触摸屏交互的机载加固显示模块, 在保证触摸精度高和稳定性的同时, 交互自由度得到极大提高, 还可以支持真正的多点触摸, 实现划线、缩放等手势交互。文中重点介绍了G+G和G+F电容触摸屏在机载加固显示中的应用现状, 以及OGS、On-cell和In-cell电容触摸屏在机载加固显示中的应用前景。当电容触摸屏在机载加固显示中形成规模化的应用后, 将会对军用战机的作战性能形成强有力的提升。

关键词: 电容触摸屏; 机载加固显示; 单层触控玻璃方案触摸屏; 外挂式触摸屏; 内嵌式触摸屏
中图分类号: TN27 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-488X(2023)04-0323-04

Research Progress on the Application of Capacitive Touch Screen in Airborne Ruggedized Display

HUANG Xiaogang, HU Jianqing, ZHENG Guobing, FU Zhaobang, ZOU Yijie

(1. Haizhuang Shanghai Bureau in Fuzhou Military Representative Office, Fuzhou 350001, CHN;
2. The 55th Research Institute of China Electronic Technology Group Corporation, Nanjing 210016, CHN;
3. National Flat Panel Display Engineering Technology Research Center, Nanjing 210016, CHN)

Abstract: Research progress was summarized on the application of capacitive touch screen in airborne ruggedized display. Compared with the airborne ruggedized display module based on light guide panel, infrared touch screen and resistive touch screen interaction, the airborne ruggedized display module based on capacitive touch screen interaction not only has high touch accuracy and stable performance, but also has a high degree of interaction freedom, which could support real multi-touch and draw, zoom and other operation methods. The paper focuses on the application status of G+G and G+F capacitive touch screens in airborne ruggedized displays, and the application prospects of OGS, On-cell and In-cell capacitive touch screens in airborne ruggedized displays. When the capacitive touch screen formed a large-scale application in the airborne ruggedized display, it would greatly improve the combat performance of military fighters.

Key words: capacitive touch screen; airborne ruggedized display; OGS; On-cell; In-cell

收稿日期: 2023-08-03

作者简介: 黄晓刚(1980—), 男, 工程师, 主要从事电子装备质量监督及军检验收工作; (E-mail: huangxgnj@sina.com)

胡建青(1992—), 男, 工程师, 主要从事加固显示技术研究; (E-mail: jqhu1992@foxmail.com)

郑国兵(1989—), 男, 高级工程师, 主要从事加固液晶显示技术研究。

* 通讯作者

引 言

具有高性能、全天候作战能力的军用战机对我方掌握制空权,威慑敌对力量具有重要的战略意义。而航电系统作为战机与飞行员的交互界面对于飞行任务的达成至关重要。目前,常用航电系统装备的主要是基于导光面板、红外触摸屏和电阻触摸屏交互的机载加固显示模块^[1-2],虽然性能成熟、质量可靠,但都无法实现真正的多点触摸,无法实现人们现在手机上常用的划线、缩放等手势操作,人机交互自由度很低,操作性亟待提高。

现在电容触摸屏在民用领域已有广泛的应用,如手机、平板电脑、游戏机等。其不仅触摸精度高,性能稳定,而且交互自由度高,可以支持真正的多点触摸和划线、缩放等操作方式^[3-4]。但是电容触摸屏在机载加固显示中的应用刚刚起步,尚未成熟。如果在未来形成规模化的应用,将会对军用战机的作战性能形成强有力地提升。

文章将重点分析电容触摸屏在机载加固显示(简称“机载显示”)中的应用研究进展,并展望基于电容触摸屏交互的机载显示模块的可能发展方向。

1 电容触摸屏的原理和分类

1.1 电容触摸屏原理

电容触摸屏是利用电极发射的静电场线与人体进行感应而工作的。无触屏操作时,电容屏上的所有电极具有相同的电势;当手指触碰到电容屏后,触摸面(传感层)通过人体形成一个对地耦合电容;在高频工作情况下,对地耦合电容相当于导体形成对地电流,通过外部检测电路来对输出端的电流进行检测,并根据相关算法来确定对应的触摸坐标^[1,3]。工作原理如图1所示。

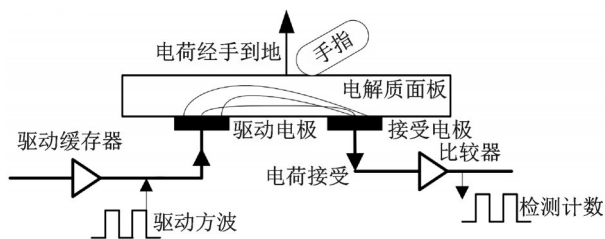


图1 电容触摸屏工作原理示意图

Fig.1 Schematic of the working principle of the capacitive touch screen

1.2 电容触摸屏分类

电容触摸屏在民用领域已有广泛的应用,也衍生出了种类繁多的产品形式。根据对地耦合电容形成的区别,可以将电容触摸屏分成三类^[5]:

1) 表面电容式触摸屏:手指必须直接触摸在导电层上,才能形成耦合电容,且无法实现真正的多点触摸。

2) 自电容式投射电容触摸屏:横向电极与地存在耦合电容,纵向电极与地也存在耦合电容,即横和纵各自有自己的耦合电容,触摸时手指不用直接触摸在导电层上即可形成耦合电容。可以实现单点触摸、划线等手势触摸功能,但无法实现真正的多点触摸。

3) 互电容式投射电容触摸屏:横向电极和纵向电极之间形成耦合电容 C_M ,即横和纵之间的电容,如图2所示。手指不用直接触摸在导电层上即可形成耦合电容,而且可以实现真正的多点触摸和划线、缩放等多种手势操作方式。

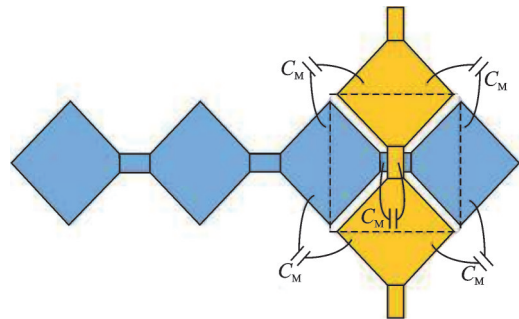


图2 横向电极和纵向电极之间的耦合电容 C_M

Fig.2 The coupling capacitance C_M between the lateral electrodes and the longitudinal electrodes

由于互电容式投射电容触摸屏的优良性能,近几年其逐步被应用在工控、医疗、军工等领域的高端显示器上。互电容式投射电容触摸屏按照导电传感层使用的材料和传感层的位置不同^[6],可分类如表1所示,后文将分别重点介绍这五种触摸屏在机载显示中的应用。

2 机载产品对触摸屏的要求

用于机载产品的电容式触摸屏除了显示性能(减反、防眩光等)、触摸性能(触摸点数、触摸响应时间等)的要求外,一般还需要对电磁兼容性和环境适应性提出相应指标要求^[3]。

显示性能中透过率、雾度、光泽度等指标要求

表1 互电容式投射电容触摸屏的分类

Tab.1 Classification of mutual capacitive projected capacitive touch screen

屏体堆叠方式	传感层材料	传感层位置
G+G(Cover Glass-Glass Sensor) ^[7]	玻璃+ITO镀层	盖板玻璃下层
G+F(Cover Glass-Film Sensor) ^[8]	PET基材+ITO网格/金属网栅	盖板玻璃下层
OGS(One Glass Solution) ^[9-10]	玻璃+ITO镀层	盖板玻璃下表面
On-cell ^[11]	ITO镀层	液晶屏的彩色滤光片基板(CF玻璃)和偏光片之间
In-cell ^[12]	ITO镀层	嵌入液晶屏像素中

与民品差距不大,但综合反射率要求较高,一般需要小于1.3%^[12]。触摸性能中的触摸点数、响应时间、位置精度等指标要求也与民品一致。

电磁兼容要求较高,不仅自身电场辐射发射不能过高,同时抗干扰能力要强。测试包括电场辐射敏感度、静电放电敏感度、电缆束注入传导敏感度、电缆束注入脉冲激励传导敏感度、电缆和电源线阻尼正弦瞬态传导敏感度等。一般参照GJB 151B-2013《军用设备和分系统电磁发射和敏感度要求与测量》进行测试。

环境适应性包括高温工作、低温工作、低温贮存、高温贮存、低气压、振动、盐雾、霉菌、湿热、酸性大气等方面的要求。需对触摸屏生产过程中涉及的各种材料(玻璃、膜层、油膜、贴合用胶等)、工艺(玻璃表面镀层工艺、触摸屏贴合工艺、芯片绑定工艺等)进行再优化,才能达到机载产品的要求。

3 G+G 电容触摸屏在机载显示中的应用

G+G 电容触摸屏的屏体堆叠方式如图6所示,上层是盖板玻璃,用于保护下层镀有ITO的传感层玻璃。

针对G+G 电容触摸屏的电磁兼容要求,成熟的工艺措施是在传感层玻璃的下表面再镀上合适方阻的另一ITO层或贴一层导电材料,并通过铜箔等导电材料从此ITO层四边包裹至触摸屏盖板玻璃正面,与机壳地相连。同时,可以通过传感层四边增加接地、参数调整等措施进一步提高抗干扰能力。

针对G+G 电容触摸屏的减反射、防眩光要求,可行的工艺措施是在盖板玻璃的上表面先通过化学蚀刻或喷涂做AG处理防眩光,再通过镀AR膜层实现减反射,这样可以将综合反射率控制在3.0%左右。但这不满足一般机载显示模块综合反射率小于1.3%的要求,所以还需要在电容触摸屏内使用偏光片进行二次减反射处理^[3],综合反射率指标

可以达到1.0%以下,示意图见图3。

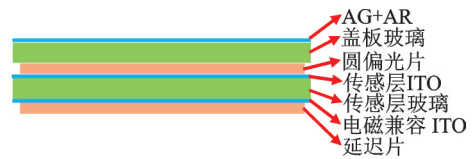


图3 G+G 电容触摸屏的屏体堆叠方式

Fig.3 Screen stacking method of G+G capacitive touch screen

G+G 电容触摸屏具有寿命长,色偏较小,耐高温低温等优点,但是因为其包含两层玻璃组件,触摸屏的重量会比较大。此类型电容触摸屏是目前在机载显示中应用相对最多、最成熟的一种。

4 G+F 电容触摸屏在机载显示中的应用

G+F 电容触摸屏的屏体堆叠方式如图4所示,上层是盖板玻璃,用于保护下层附着有传感层ITO网格或金属网栅层的PET基材^[11]。

为满足机载显示模块的电磁兼容要求,需要在传感层的下方再增加一层透光电导材料与机壳地相连,常用的材料是ITO膜材或金属网栅膜。

因为PET基材是各项异性材料,所以不能再使用偏光片进行减反射,否则会改变出液晶屏光的偏振态,无法实现有效减反,且有彩色光环影响显示。因此可行的减反射、防眩光措施只有在盖板玻璃上表面做AG、AR处理,可以将综合反射率控制在2.0%左右。

G+F 电容触摸屏具有重量较低,厚度较小等



图4 G+F 电容触摸屏的屏体堆叠方式

Fig.4 Screen stacking method of G+F capacitive touch screen

优点,但是因为其传感层是PET基材低温镀膜,所以寿命一般,存在色偏,而且高低温下PET基材伸缩量较大^[3],反射率也较高。目前只有在对重量敏感、对反射率要求不高的低端机载显示模块上使用此类型触摸屏。G+F电容触摸屏与G+G电容触摸屏的应用对比见表2。

表 2 G+G 与 G+F 电容触摸屏的应用对比

Tab.2 Application comparison of G+G and G+F touch screens

堆叠方式	屏蔽方案	应用场景
G+G	ITO 镀层	反射率敏感
G+G	金属网栅膜	屏蔽效果敏感
G+F	金属网栅膜	重量敏感

针对较苛刻的指标要求,G+G电容式触摸屏还可通过在传感层镀AR的方式进一步降低反射率。ITO屏蔽层也可以再镀AR层降低反射率。

电容触摸屏全贴合在液晶屏前,在选用贴合胶水时也需要考虑与贴合面材料的折射率差值,差值越小,反射率会越低。

某型号产品重量敏感型项目,选用G+F方案配合金属网栅膜方案,成品反射率在1.8%左右,也可以顺利通过200 V/m的电场辐射敏感度和接触放电8 kV、空气放电15 kV的静电放电测试。

5 OGS、On-cell 与 In-cell 电容触摸屏在机载显示中的应用前景

OGS、On-cell与In-cell电容触摸屏目前在机载显示中尚未有应用,但是这三种电容触摸屏集成度高,可以进一步降低机载显示模块的重量和厚度,同时透光率也比G+G、G+F电容触摸屏更高,对降低显示模块的背光功耗也有裨益,应用前景可观。

这三种电容触摸屏的屏体堆叠方式分别如图5所示,OGS电容触摸屏的传感层位于盖板玻璃下表面;On-cell电容触摸屏的传感层位于液晶屏的彩色滤光片基板(CF玻璃)和上偏光片之间;In-cell电容触摸屏的传感层直接嵌入液晶屏像素中,位于CF玻璃下层,它们均以透明ITO作为传感层的导电材料^[15]。为满足机载显示模块的电磁兼容要求,需在传感层下方再增加一层电磁兼容ITO与机壳地相连,用透明绝缘层分隔开两层ITO镀层,防止短路;对于减反射和防眩光,可通过在盖板玻璃上表面做AG、AR处理来实现。

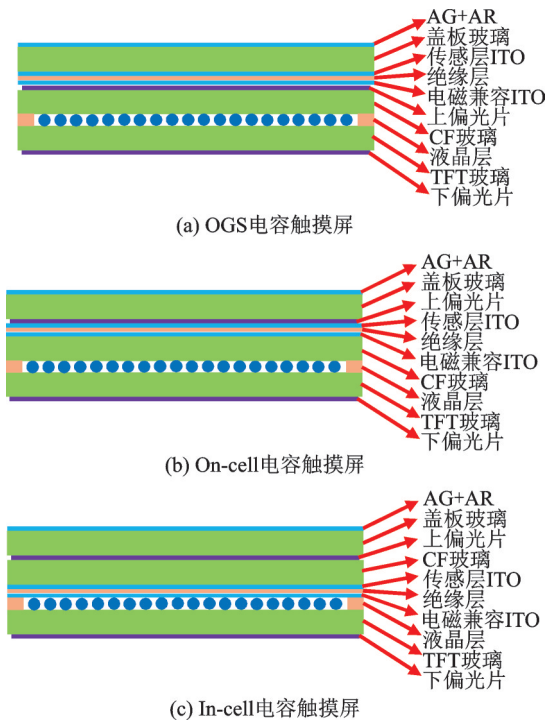


图 5 三种电容触摸屏的屏体堆叠方式

Fig.5 Screen stacking method of three capacitive touch screens

这三种电容触摸屏技术和工艺过程相比于G+G和G+F电容触摸屏的更加复杂,导致其存在生产良率低,成本高等问题。OGS电容触摸屏直接在盖板玻璃上进行镀膜和光刻,加工过程削弱了玻璃强度;On-cell电容触摸屏触控时存在颜色不均问题;In-cell电容触摸屏存在触控灵敏度较差的问题。而且因为有电磁兼容的要求,需在传感层下方增加电磁屏蔽层,工艺实现更加困难,良率进一步降低,还会增加OGS电容触摸屏的反射率,它们的性能对比如表3所示。

目前,对OGS样品进行了环境测试,能满足机载产品的要求。而且随着技术的发展,这些技术难点和工艺问题都会逐步得到解决,这三种触摸屏在机载显示中会逐步得到应用。

6 总 结

概述了电容触摸屏在机载显示中的应用现状和前景。相比于基于导光面板、红外触摸屏和电阻触摸屏交互的机载显示模块,基于电容触摸屏交互的机载显示模块,不仅触摸精度高,性能稳定,而且交互自由度高,可以支持真实多点触摸和划线、缩放等操作方式。随后重点介绍了G+G和G+F电

(下转第346页)