文章编号: 1007 - 4252(2020)02 - 0002 - 127

一种全平面指纹传感器的研究与实现

徐步陆
(上海硅知识产权交易中心有限公司,上海 200030)

摘要: 电容式指纹传感器是当前诸多电子装置的标准配置。指纹传感器与移动终端外壳结构保持水平一致且颜色匹配,同时不降低传感器感测灵敏度,是手机、笔记本电脑等电子产品需要解决的共性工程问题。在前人工作的基础上,本文对一种具有外露颜色的全平面指纹传感器结构进行研究,提供了一种传感器感测表面涂料技术解决方案,并通过实验验证了该结构设计的工程可实现性。最后,本文对方案优化进行了探讨。

关键词: 电容式指纹传感器 全平面 表面涂层 结构设计
中图分类号: TP2 **文献标志码:** A

Research and implementationof a full plane fingerprint sensor

Xu Bulu
(Shanghai Silicon IP Exchange Center Ltd., Shanghai 200030)

Abstract: Capacitive fingerprint sensor is one of the standard specifications of many electronic devices. It is a common engineering item for mobile phones, laptops and other electronic products that the sensor and mobile terminal shell structure keep in the same horizontal plane and color matching, and do not reduce the sensitivity. Based on previous literature, the structure of a full plane fingerprint sensor with exposed color coating on the sensor sensing surface is researched. And the feasibility of the structure design engineering is verified by experiment. Finally, this paper discussed the further optimization of the above work.

Key Words: capacitive fingerprint sensor, full plane, surface coating, structure design

0 引言

电容式指纹传感器通过测量半导体传感器与手指接触产生的电容变化,从而获取基于纹峰、谷等一系列纹理信息并进行处理应用。相对于其他生物识别技术以及光学等其他指纹识别技术,电容式指纹传感器在户体验、图像质量、性价比、应用环境等方面具有综合优势。1997 年 5 月,美国 Harris 公司向美国专利商标局申请了名为 Electric Field Fingerprint Sensor Having Enhanced Feathers and Related Methods(具有增强特征和领先方法的电场指纹传感器)的发明专利,授权号 US9540526,是电容式指纹传感器专利组合中最有代表性的一篇。该专利文献

收稿日期: 2020-03-30; **修订日期:** 2020-05-03
基金项目: 工业和信息化部知识产权推进计划资助项目(GZF07-2019)。
作者简介: 徐步陆(1974-),男,副研究员,研究方向为集成电路知识产权 IP 核研发与交易.E-mail: blxu@ssipex.com。

提出基于电场理论提出了的“基底 + 金属层 + 介质层”的层次结构新设计，克服了之前技术在可靠性（尤其是 ESD）上的不足，提高了对指纹进行探测的灵敏度，以提高传感器表面保护介质的厚度容限来增强系统可靠性。AuthenTec 是 Harris 公司在 1998 年剥离指纹传感器部门成立的一个新公司，2012 年为苹果 Apple 公司收购。

2013 年 9 月苹果发布搭载正面指纹识别技术的 iPhone 5s 后，真正将电容式指纹传感器这项技术引领成风潮。随后，越来越多手机厂商开始推出带指纹识别功能的手机。近年来手机指纹识别全球出货量维持在 8 亿台/年，其中电容式指纹传感器占据着大部分市场份额。在实际产品工程中，电容式指纹传感器的感测灵敏度始终是一个至关重要的指标。研究人员和工程师也采取了各种的研究解决方案，例如 Kyung-Hoon Song 等提出了一种在保护层留置空气间隙的方法，提升电容感测灵敏度[1]，侯江等对反馈电容式指纹传感器中手指芯片距离和电容的关系及灵敏度进行了研究[2]。同时，还有一些学者则研究探讨了夹层结构电容的特性问题[3、4]。本文则通过引入一种具有外露颜色的全平面指纹传感器结构，实现了在不降低传感器感测灵敏度的同时保持了移动终端与指纹传感器颜色匹配，得到了一种科学可行的工业设计方案。

1 全平面指纹传感器的结构设计

电容式指纹传感器芯片感测面直接与外部手指感触信号耦合产生电容变化，并且需要产生 300dpi 以上的解析精度，这与常规芯片（包括触控芯片）只进行数据处理是显然不同的，因此在结构设计上也有显著性差异。传统的指纹传感器设置于移动终端（如手机）上需要外露传感器而提供手指接触区，所以通常需要设置容纳该指纹传感器的凹槽。然而，凹槽的引入造成了使用者手指接触传感器受限、指纹感测灵敏度下降。同时，外观上凹槽的导入以及传感器外观颜色与移动终端壳体颜色的适配，也给工业设计造成困难。图一示例了一种早期的电容式指纹传感器[5]，反映出了上述结构的不足。针对前述电容式指纹传感器与移动终端等电子装置之间组装优化的工程问题，专利优先权日为 2014 年 3 月 18 日、发明名称为“ALL-FLAT SENSOR WITH EXPOSED COLORFUL MEMBER AND ELECTRONIC DEVICE USING SUCH SENSOR”的 US9824257B2 美国发明专利提供了一种传感器感测表面涂料技术参考解决方案。

图 1 一种早期凹槽型电容式指纹传感器的结构设计示意图

Fig.1 A structure design of an early groove capacitive fingerprint sensor

全平面指纹传感器的结构设计可采用下述实现方式：首先，提供一平面型的传感器，也就是设置于耦合基板上并电连接的感测芯片。传感器芯片可以被包封于 molding 塑封料内，也可以通过 TSV、BGA、LGA 等 3D 封装形式与基板电连接，并作为一个容易接触的感测面；接着，对半导体指纹感测芯片 molding 塑封料表面涂上颜料层，颜料层与电子装置本体颜色一致。或者直接沉积/涂布颜料层于感测芯片上表面；然后，如有必要则在颜料层上方进一步加置耐磨层，如蓝宝石、强化玻璃、氧化铝等，加以加固保护。图二是本文在上述基础上提出的一种代表性的全平面指纹传感器的结构设计方案。

图 2 一种全平面指纹传感器的结构设计示意图

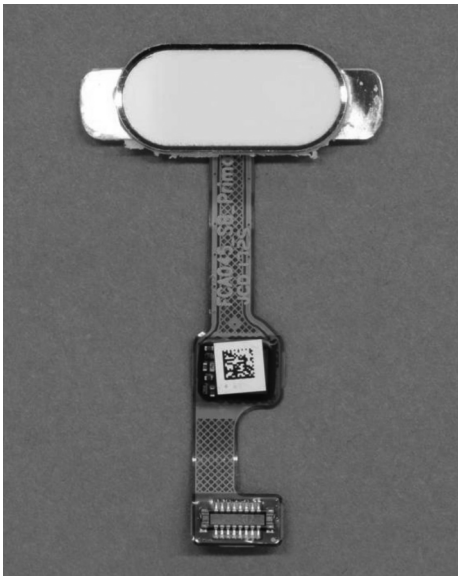
Fig.2 A structure design of the full plane capacitive fingerprint sensor

2 全平面指纹传感器结构设计的工程实现与优化探讨

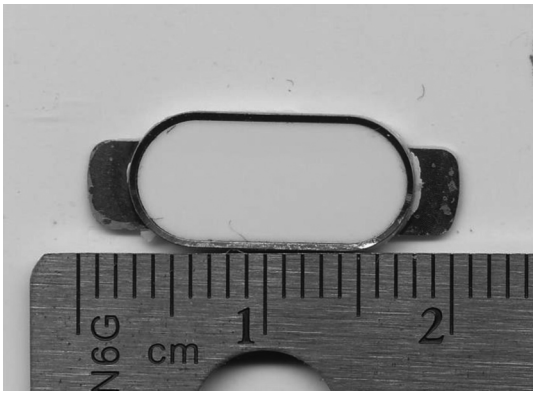
根据上述全平面指纹传感器的结构设计，在当前集成电路工程中设计人员可以结合产品定位选择多种工程路径实施。视成本和环境，传感器感测芯片与基板之间的电连接耦合，既可以是打线 wire banding，也可以采取硅穿孔 TSV 等 3D 新型封装技术。本研究团队盲选了一款国际知名品牌手机，2018 年 1 季度在上海微技术工业研究院工程平台

上进行器件分析实验。下面图三至图五分别是该款量产白色壳体手机指纹模组产品的照片、顶视 X 射线图片,和实际内部结构电镜扫描图片。其中 2nd Dielectric Layer-Color 即为颜料层(应为白色二氧化钛),3rd Dielectric Layer-Color 即为 molding 塑封料层。Protective Layer 下方即为传感器感测芯片电极阵列。该实验直接验证了本文提出的全平面指纹传感器的结构设计工程可实现性。

(A)



(B)



(C)

图 3　一种手机(全平面)指纹模组产品实际照片

Fig.3 The photo of a full plane capacitive fingerprint sensor module

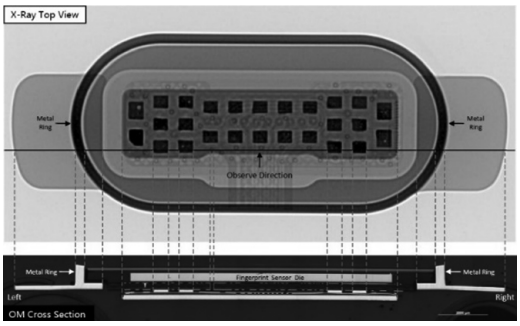


图 4　一种手机(全平面)指纹模组 X-ray 照片(top view)

Fig.4 The X-ray photo of a full plane capacitive fingerprint sensor module

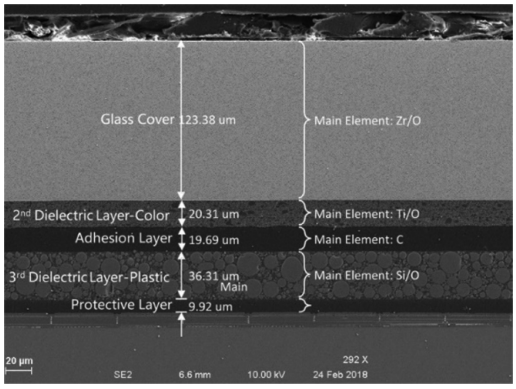


图 5　一种手机(全平面)指纹模组内部结构电镜扫描图片

Fig.5 The SEM photo of a full plane capacitive fingerprint sensor module

在全平面指纹传感器实现的诸多实施路径中,尤其是取得可靠的灵敏度方面,有以下方向可供进一步优化探讨:

2.1　器件的尺寸

显而易见,硅穿孔 TSV 等新型封装技术三维封装技术由于免去 molding 塑封料和 bonding 打线,因此在器件厚度方面有可能节省多达 100 微米(μm)的高度,代价则是 TSV 钻孔等加工成本的提升。如顾及成本采取 molding 塑封料+bonding 打线的传统封装形式,通常情况下 bonding 打线顶端与颜料层之间应预留的距离应当大于 molding 塑封料中填充粒子 filler 粒径 1 倍以上,即>20-30 μm。为延长器件使用周期的增设的耐磨层设计,也会增添了器件厚度。此外,也可以通过颜料层材料选择,使颜料层兼具保护打线的功能,可节省 30-50 μm 的高度。

2.2 器件的材料

指纹传感器结构相当于两层电极之间存在多层异质介电层的电容器。精准控制使用者手指(上方电极)与传感器感测芯片(下方电极)之间的距离,以及计算选择两者之间材料的介电常数,对于器件的灵敏度至关重要。一般而言,电极之间的距离应当尽量小,而电极之间材料的介电常数应当尽量大,从而提升电容值。比如,采取 molding 塑封料+bonding 打线的传统封装方式时,molding 塑封料的介电常数应选择高于一般塑封料介电常数 1 倍以上的高介电常数塑封料。

2.3 器件的电路

值得注意的是,与感测芯片(下方电极)也可以耦合加置驱动电极,用于输出驱动信号耦合至使用者手指(上方电极),形成主动式传感器以提升灵敏度。同时,引入跟噪声抑制功能有关的屏蔽电极(shield electrode)。将放大器(amplifier)的输入端连接传感电极,输出端连接屏蔽电极,放大器增益大于 1,以增强噪声抑制能力,都是常见的电路设计方案。设计人员可以通过仿真模拟进行优化组合,并实验验证。

3 结论

与常规芯片(包括触控芯片)只进行数据处理是显然不同的,电容式指纹传感器芯片感测面直接与外部手指感触信号耦合、产生电容变化,并且需要保证 300dpi 以上的解析精度。因此电容式指纹传感器芯片设计时首先要保证器件的灵敏度,同时兼顾外观实现、功耗、性价比等因素。本文提出采用传感器感测表面涂料技术,设计具有外露颜色的全平面指纹传感器结构;并通过反向工程取证论证了该结构设计工程可实现性。最后,本文从缩小器件尺寸、材料选择、加置电路等方面提升灵敏度进行了探讨,给出进一步的建议。

参考文献:

[1] Kyung-Hoon Song, Jaehuk Choi, Jung-Hoon Chun. A Method for Enhancing the Sensing Distance of a Fingerprint Sensor. [J]. Sensors, 2017, 10: 2280.

[2] 侯江. 指纹识别传感器电路系统设计 [D]. 电子科技大学, 2016.

[3] 刘萍, 刘菊英, 张大博. 利用金属/绝缘体/半导体(MIS)结构研究 IPN 的介电常数 [J]. 应用科技, 2001(05): 33-35.

[4] 高梓喻, 蒋永吉, 李曼, 郭宇锋, 杨可萌, 张珺. 薄硅膜金属-绝缘层-半导体结构的电容-电压特性 [J]. 应用科技, 2017, 44(01): 40-44.

[5] CHOU, BRUCE C. S.. All-flat sensor with exposed colorful member and electronic device using such sensor [P]. 国外专利: TWI530885, 2016-04-21.