

基于液晶光电特性的静电测量

王耀强, 谢飞, 胡轶瑶, 徐律涵, 陈晓西

引用本文:

王耀强, 谢飞, 胡轶瑶, 等. 基于液晶光电特性的静电测量[J]. 液晶与显示, 2021, 36(9): 1255–1263.

WANG Yao-qiang, XIE Fei, HU Yi-yao, et al. Electrostatic measurement based on photoelectric effect of liquid crystal[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2021, 36(9): 1255–1263.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2021-0111>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于琼斯矩阵的液晶偏振光栅扭曲角及厚度的测量方法

Method for measuring the twist angle and thickness of liquid crystal polarization grating based on Jones matrix

液晶与显示. 2021, 36(5): 656–662 <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2020-0336>

聚合物墙表面组成的调控及其对聚合物墙液晶器件光电性能的影响

Modulation of surface composition of polymer walls and its effect on optoelectronic properties of polymer wall liquid crystal device

液晶与显示. 2021, 36(9): 1247–1254 <https://doi.org/10.37188/CJLCD.2021-0068>

液晶可变相位延迟器的相位延迟特性

Phase retardation characteristics of liquid crystal variable retarder

液晶与显示. 2016, 31(11): 1079–1084 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163111.1079>

温度对液晶波前校正器响应速度及LUT的影响研究

Effect of temperature on LUT and response speed of liquid crystal wavefront corrector

液晶与显示. 2018, 33(11): 911–917 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183311.0911>

取向层参数对响应时间的影响

Effect of aligning layer parameters on response time

液晶与显示. 2016, 31(1): 62–66 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20163101.0062>

文章编号:1007-2780(2021)09-1255-09

基于液晶光电特性的静电测量

王耀强, 谢 飞, 胡轶瑶, 徐律涵, 陈晓西*

(电子科技大学 光电科学与工程学院, 四川 成都 610054)

摘要:传统静电测量仪器存在成本高、精度低及使用复杂等难题,本文提出了一种利用液晶材料的光电特性进行静电测量的简易方法。测量所使用的液晶器件采用多层基板叠加分压结构,多层叠加基板的分压作用实现了对高压的测量和连续性测量。该静电测量装置可以实现高低压测量范围在器件的不同区域上同时测量。首先介绍了实现这种方法的器件和系统,然后基于外部输入已知变化电压模拟不同带电人体,通过理论分析和实验测试实现了液晶器件的标定,最后利用人体实际测量以及施加另一组已知变化电压计算测量误差。实验数据结果表明,液晶器件的测量误差不超过 9%。基本满足静电测量的便捷、稳定可靠、精度高等要求。

关 键 词:液晶器件;静电测量;光电效应

中图分类号:O439;TN29 **文献标识码:**A **doi:**10.37188/CJLCD.2021-0111

Electrostatic measurement based on photoelectric effect of liquid crystal

WANG Yao-qiang, XIE Fei, HU Yi-yao, XU Lv-han, CHEN Xiao-xi*

(School of Optoelectronic Science and Engineering,
University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: Traditional electrostatic measuring instruments have the disadvantages of high cost, low accuracy and complex operation. In this paper, a simple measurement based on the photoelectric effect of liquid crystal materials is proposed. The liquid crystal device has multiple layers of substrate. High and low pressure areas can be measured simultaneously. The device and system realizing this method are given in this paper. Then, the calibration of the liquid crystal device is realized by inputting the known variable voltage. Finally, the human body is used for the actual measurement and another set of voltage is applied to calculate the measurement error, which is calculated to be 9%. The measuring device mostly meets the requirements of convenience, stability and high precision of electrostatic measurement.

Key words: liquid crystal device; electrostatic measurement; electro-optical effect

收稿日期:2021-04-24;修订日期:2021-06-10.

基金项目:四川省科技厅项目(No.2020yj0327)

Supported by Science and Technology Department of Sichuan Province (No.2020yj0327)

* 通信联系人, E-mail: chenxiaoxi@uestc.edu.cn

1 引言

随着科技的发展,静电在人们日常生产生活中产生的影响也逐渐增大,因此静电的应用和防护成为了一个重要的研究方向。一方面,静电技术已被广泛运用到各行各业,如电子照相、静电存储、静电照相机等;另一方面,静电的危害和灾难也时有发生,如静电引起的爆炸、干扰通信等^[1]。静电的监测在航天、石油化工、工业生产、气象、集成电路等领域也具有重要意义^[2]。国内外学者普遍认为:人体静电是静电防护工程中主要危害源之一^[3],因此人体静电的测量是静电的应用和防护的一个基础。目前已有的静电测量设备主要分两种,一种是接触式静电测量设备,如利用静电传感器系统测量静电,优点在于精度较高^[4];一种是非接触式静电测量设备,如基于微机电系统(MEMS)的非接触式静电测量设备、基于 STM32 的非接触式静电电位测量系统。而目前市面上的非接触式静电测量设备多存在受测试距离影响大、成本较高、功耗较大等缺点^[5],因此迫切需要一种简单方便、灵敏度高、功耗小的静电测量装置。目前市面上的静电检测仪主要利用给定的高压电场,对被测试样定时放电,使试样感应静电,从而进行静电电量大小、静电压半衰期、静电残留量的检测,以确定被测试样的静电性能。液晶是一种优异的各向异性材料,在电场和温度的作用下能产生各种电光效应和热光效应,利用这些效应可以达到显视测量等目的^[6-7]。目前液晶器件主要用于显示领域,最常见的是向列相液晶显示器,如计算器、电子表、仪器仪表、手表表盘等显示器^[8]。利用液晶分子对人体静电的响应可以达到测量人体静电的目的。人体静电以电荷的形式分布在人体表面,当人体与未带电电容器的一端接触时会形成电势差,进而使得电荷转移到电容器与人体接触的一个基板上,最终形成相对稳定的电荷分布。而由于电容器的另一基板接地,两基板之间会形成电场,基板中液晶分子在电场的作用下,其分子取向发生变化^[9],从而改变光的透过效果。通常人体所带静电量为几百伏到几千伏^[2],而本文中介绍的器件利用叠加上基板的方法增大了测量范围,3 层上基板的器件测量范围达到几千伏,能够测量人体所带的静电量。本文介绍了一种基于液晶光电特性的人体

静电测量装置,然后详细介绍了装置的测量原理和方法、标定实验及测量误差。

2 器件及系统介绍

2.1 多层基板器件

液晶器件由多块玻璃 ITO 图形上基板、液晶层及一块 ITO 图形玻璃下基板构成。上、下基板靠近液晶层端为 ITO 电极端,上基板电极含有不同图样的 ITO 区域,下基板电极为整块 ITO 区域。每相邻两个 ITO 电极构成一个电容,整个液晶盒由多个电容、玻璃基板及一个液晶层串联而成。为了得到更低的液晶器件阈值电压,下基板与相邻上基板所用的取向层分别为垂面取向层和沿面取向层且摩擦方向相互垂直,此器件液晶层液晶分子扭曲混合排列。相邻两块基板错开叠加排列,每两块基板不重合区域设置一个电极导线端并通过导线接入外加电压。实验中制备了一个 3 层基板的液晶器件结构(如图 1 所示),最外层的两块偏振片的吸光轴相互正交。2 层上基板结构测到的电压范围有限,若要测量更大的电压范围,可以通过增加上基板分压的方法,上基板越多,测量的范围越大。

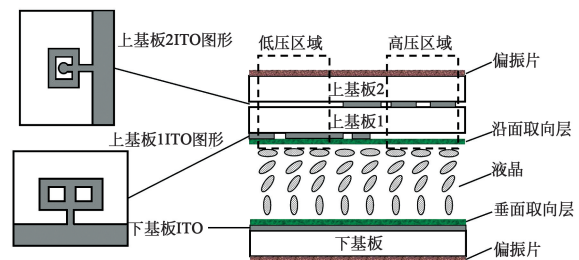


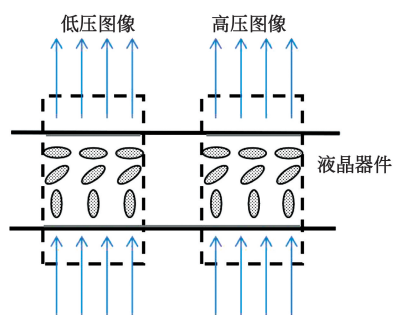
图 1 液晶盒结构图

Fig.1 Structure diagram of liquid crystal cell

2.2 器件工作原理

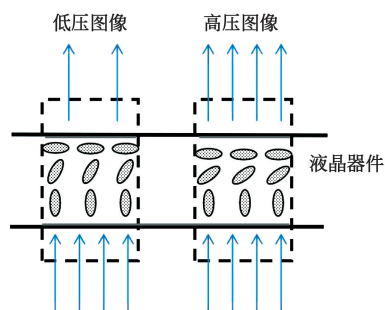
此液晶器件通过液晶分子对电场的响应情况,判断所加电压大小。器件中的液晶分子扭曲混合排列,且器件两端所放置的偏振片的吸光轴相互正交。不加电压时,光能够全部通过液晶器件;加上低压后,液晶分子指向矢发生偏转,部分光被阻挡;加上高压后,液晶分子完全偏转,全部光被阻挡。器件不同区域具有不同的测量范围,当液晶层上分压一致时,高层的上基板电压更大。所以上基板 1 测量的是低压区域,上基板 2 测量

的是高压区域。不加电时,器件对光的透过率如图 2(a)所示,各区域的光均能全部透过;加低压时,器件对光的透过率如图 2(b)所示,此时器件低压区域由于电场的作用液晶分子发生不完全偏转,器件对光的透过率降低,部分光被阻挡,高压区域不受影响;加高压时,器件对光的透过率如图 2(c)所示,此时低压区域已经饱和,液晶分子完全偏转,全部光被阻挡,高压区域液晶分子不完全偏转,部分光被阻挡。液晶分子偏转的角度即器件透过率可以直接等效于平行光源透过器件的图像灰度值,实验中通过对液晶器件灰度值与所加电



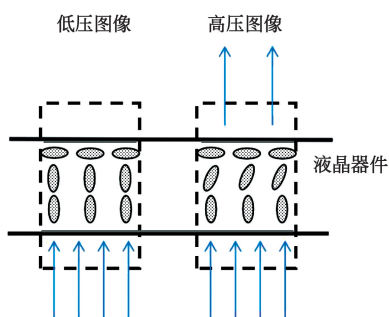
(a) 器件不加电

(a) No voltage applied to the device



(b) 器件加低压

(b) Low voltage applied to the device



(c) 器件加高压

(c) High voltage applied to the device

图2 器件工作示意图

Fig.2 Diagram of device operation

压的标定得到标定关系式,利用标定关系式可以测量人体静电。液晶器件利用多层基板叠加分压可以实现对更大范围电压的测量,每层基板测量的范围不同,而器件可以将所有测量同时显示,因此叠加基板可以实现对更大范围电压的测量。器件中的不同基板对于电压的响应有一个范围,实验中制备的液晶器件上基板 1 测量时的阈值电压是 1.0 V,饱和电压是 2.9 V,上基板 2 测量时的阈值电压是 75 V,饱和电压是 150 V,两基板所加电压在其阈值电压与饱和电压之间时,器件透过率随着所加电压的变化而变化,低于阈值电压或高于饱和电压时,不随所加电压变化。同时由于器件中不同基板的 ITO 图像分别位于基板的不同位置上且互不重合,当采集平行光源透过基板的图像时,就能够同时采集器件中所有上基板的 ITO 区域的灰度值,也就能够实现高低压测量范围在液晶器件的不同位置上同时显示。为了获得连续性测量,找出两基板灰度值一致时的所加电压,得到上下基板的放大倍数,再利用放大倍数获得连续性测量。

2.3 测量原理及方法

此液晶器件利用液晶的光电特性对静电进行测量。当人体与测试端接触时会在两基板间形成电场,从而改变液晶分子的指向矢方向,即改变此器件光源的透过率。图像传感器采集光源透过此液晶器件的图像,并读取图像的灰度值。按照标定实验中所确定的灰度值与电压曲线即可判断此时静电电位的大小。

由于静电测量一般都由静电电位测量替代^[3],所以在测试前,首先需要对图像的灰度值与所加电压间的关系进行标定。测试系统包括从左至右的平行光源、液晶器件、图像采集和处理模块(图 3),液晶器件共分为 n 个电压测量区域,上基板共引出 n 条导线与人体相连,下基板引出一条导线接地。为了测量更大的电压范围,可以继续叠加上基板。在测量过程中,将此液晶器件下基板一端接地,上基板作为测试端,使人体与测试端接触。人体静电驱动液晶器件后,图像采集装置采集平行光源透过器件的图像。采集图像后,图像处理系统利用采集的图像首先判断出电压位于哪个区域,然后求出对应 ITO 区域的平均灰度值,最后利用灰度值及该区域标定关系式求出所加电压。

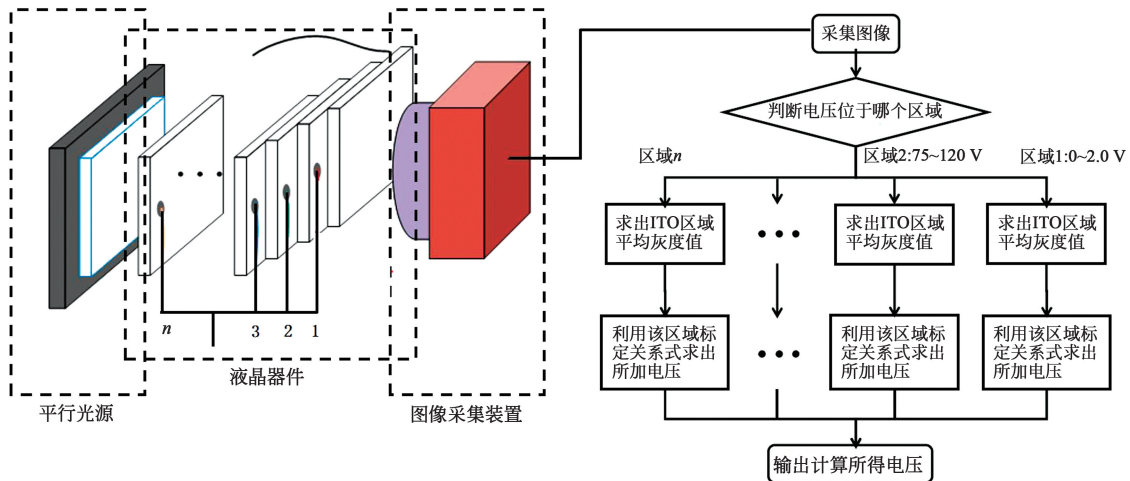


图 3 测试系统框图

Fig.3 Block diagram of test system

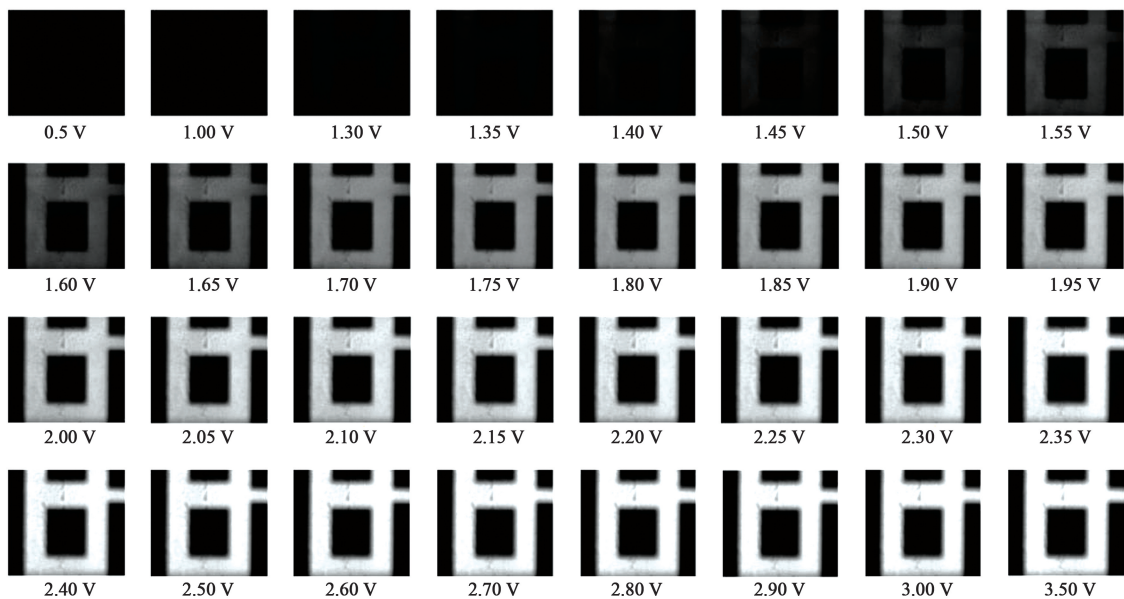
3 系统的标定

3.1 各基板灰度值与电压关系标定

对于图像灰度值与所加电压间关系的标定,所采用的标定系统由电压输出端(函数发生器、放大器)、平行光源、多层基板叠加的液晶器件、图像采集和处理模块组成,电压输出端用来模拟人体提供已知可变的交流电压。在标定过程中依次对各上基板进行标定,并由图像采集处理模块

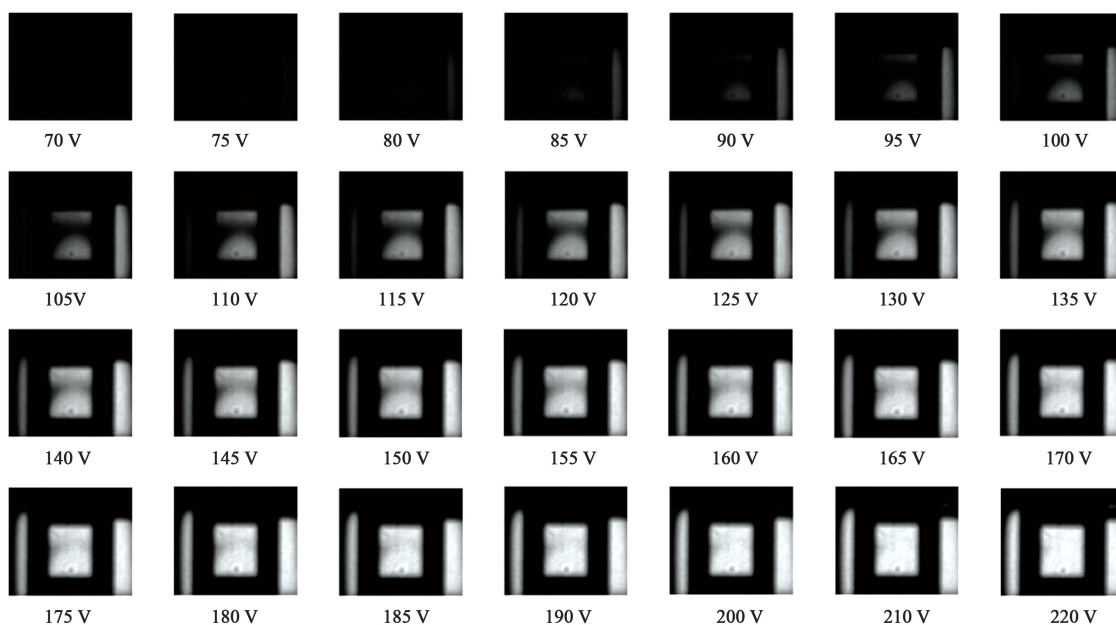
采集基板不同压差下对应的图像,后提取采集图像的灰度数据,将施加的电压及对应的图像灰度值进行绘图,最后将灰度-电压曲线进行拟合从而得到一个完整的表达式,通过此表达式可以由图像灰度值求出给定范围内的任一电压值。图 4(a)是上基板 1 施加 0.5~3.5 V 电压时图像采集系统采集到对应的图像,图 4(b)是上基板 1 施加 70~220 V 电压时图像采集系统采集到对应的图像。

通过实验数据可以发现每块基板均存在阈



(a) 上基板 1 不同压差对应图像

(a) Images of upper substrate 1 under different voltage



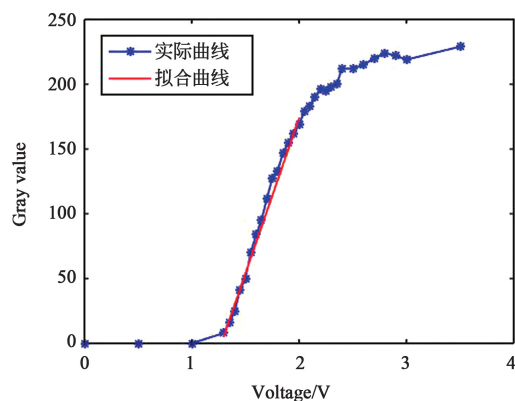
(b) 上基板 2 不同压差对应图像

(b) Images of upper substrate 2 under different voltage

图 4 标定实验中不同电压对应的图像

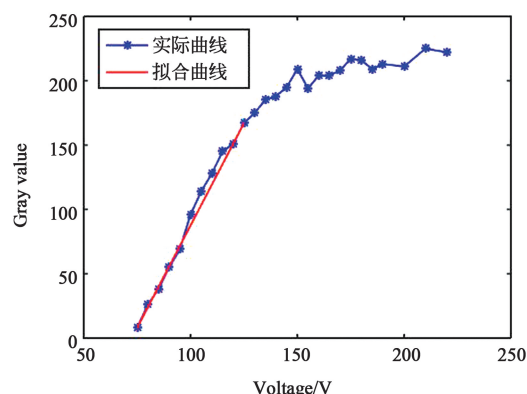
Fig.4 Images corresponding to different voltages in calibration test

值电压和饱和电压,即图像灰度值只在一定电压范围内变化。图 5 中蓝线代表实际灰度值-电压曲线,红线代表拟合曲线,上基板 1 的阈值电压是 1.0 V,饱和电压是 2.9 V;上基板 2 的阈值电压是 75 V,饱和电压是 150 V。低于阈值电压和高于饱和电压区域灰度值不随电压改变而改变,于是对线性部分进行拟合,可以得到以下两个表达式,式(1)为上基板 1 灰度-电压关系式,式(2)为上基板 2 灰度-电压关系式。



(a) 上基板 1 电压-灰度关系图

(a) Upper substrate 1 voltage-gray diagram



(b) 上基板 2 电压-灰度关系图

(b) Upper substrate 2 voltage-gray diagram

图 5 标定实验中上基板电压-灰度关系曲线及拟合后的曲线

Fig. 5 Upper substrate voltage-gray level relationship curve and the fitting curve in the calibration test.

$$g_1 = 239.65u_a - 305.59, \quad (1)$$

式中: g_1 代表上基板 1 图像的灰度值, u_a 代表对应所加电压值。

$$g_2 = 3.18u_b - 230.50, \quad (2)$$

式中: g_2 代表上基板 2 图像的灰度值, u_b 代表对应所加电压值。

通过上述工作可以得到 1.3~2.0 V 和 75~120 V 之间的灰度值-电压关系式,因此可以通过灰度值求得此范围内的电压值。

3.2 放大倍数的标定

对于放大倍数的标定,首先将液晶器件等效为电路,等效电路图如图 6 所示。将上基板 1 与下基板看成第一电容,上基板 2 与上基板 1 看成第二电容。其中 U_{LC} 、 U_2 分别是第一电容上的电压和第二电容上的电压, U 是第一电容和第二电容串联电路的总电压, C_{LC} 、 C_2 分别是第一电容和第二电容的电容值, d_{LC} 、 d_2 分别是第一电容和第二电容极板间距。

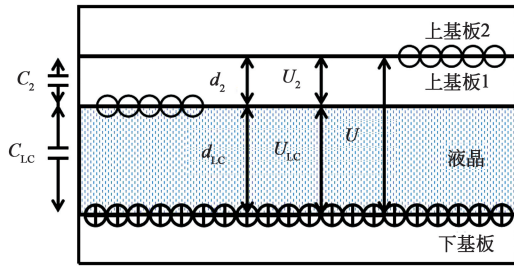


图 6 液晶盒等效电路图

Fig.6 Equivalent circuit diagram of liquid crystal cell

第一电容和第二电容构成了串联电路,根据串联电路分压知识,有:

$$U_{LC} + U_2 = U \frac{C_{LC}}{C_{LC} + C_2} + U \frac{C_2}{C_{LC} + C_2} = U, \quad (3)$$

又由:

$$C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi k d}, \quad C = \frac{Q}{U}, \quad (4)$$

其中 ϵ_r 是相对介电常数, S 是电容器两基板上 ITO 区域的面积大小, k 是静电力常量, d 是两电容上下基板间距, Q 是电容器的带电量。将式 (4) 带入式 (3) 可得:

$$\frac{U_2}{U_{LC}} = \frac{C_{LC}}{C_2} = \frac{\epsilon_{LC} d_2}{\epsilon_{r2} d_{LC}}, \quad (5)$$

上基板 1 与下基板中间是石家庄诚志永华显示材料公司生产的型号为 TEB300 的液晶, 相对介电常数 ϵ_{LC} 为 3.2, $\epsilon_{\perp}$ 为 3.7, 两电极间距离 d_{LC} 为 15 μm , 上基板 2 与上基板 1 之间是玻璃, 相对介电常数 ϵ_{r2} 为 1.1, 两电极间距离 d_2 为 0.4 mm, 将数据带入式 (5) 可得, $\frac{U_2}{U_{LC}} = 58 \sim 68$, 即 $U = 59$, $U_{LC} \sim 69 U_{LC}$ 。

对于验证器件的正确性, 利用实验测出两基板放大倍数, 与理论计算的放大倍数相比较, 即上基板 1 和上基板 2 同时加电, 观察两者灰度值一致时的电压比即放大倍数。图 7 为两基板灰度值一致时采集图像, 红色虚线图像为上基板 1 图案, 绿色虚线图案为上基板 2 图案, 图中数字代表对应某一时刻上基板 1 与上基板 2 所加电压, 通过表 1 可得放大倍数为 59~68, 与理论计算得出的放大倍数相吻合。

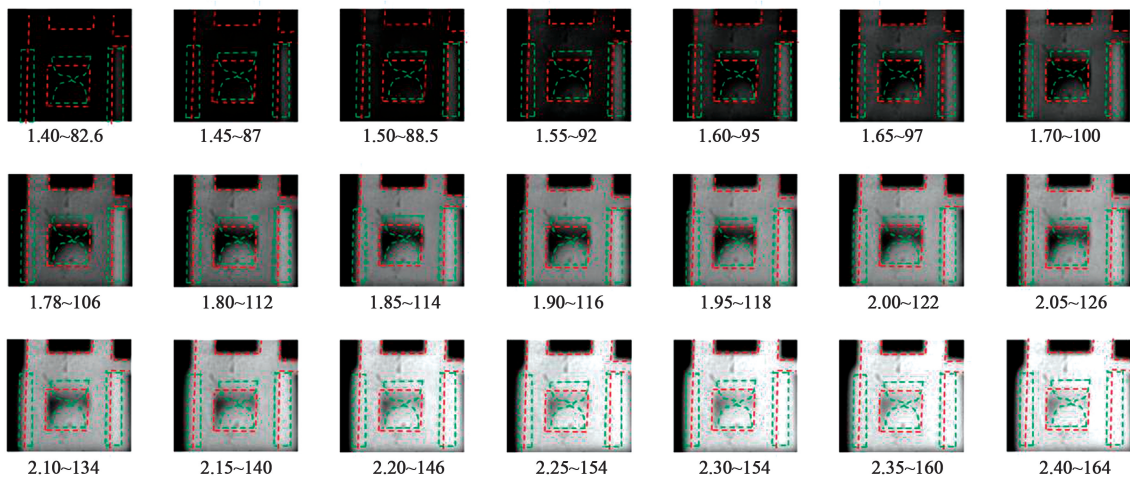


图 7 上基板 1 和上基板 2 灰度值一致时采集图像

Fig.7 Collected images as the gray values of upper substrate 1 consisten with upper substrtez

表 1 上基板 1 和上基板 2 灰度值一致时的电压倍数

Tab.1 Voltage multiple as the gray values of upper substrate 1 consistent with upper substrate 2

上基板 1 电压/V	上基板 2 电压/V	电压倍数	上基板 1 电压/V	上基板 2 电压/V	电压倍数
1.40	82.6	59	1.95	118	61
1.45	87.0	60	2.00	122	61
1.50	88.5	62	2.05	126	62
1.55	92.0	60	2.10	134	64
1.60	95.0	61	2.15	140	65
1.65	97.0	62	2.20	146	66
1.70	100	60	2.25	154	68
1.75	106	61	2.30	154	67
1.80	112	62	2.35	160	68
1.85	114	62	2.40	164	67

在基板标定实验中得到 1.3~2.0 V 和 75~120 V 之间的灰度值-电压关系式,为了拓展电压测量范围,可根据放大倍数关系求得 2.0~75 V 之间灰度值-电压关系,从而求得 0~120 V 整个范围内的灰度值-电压关系。

4 系统实验及测量误差

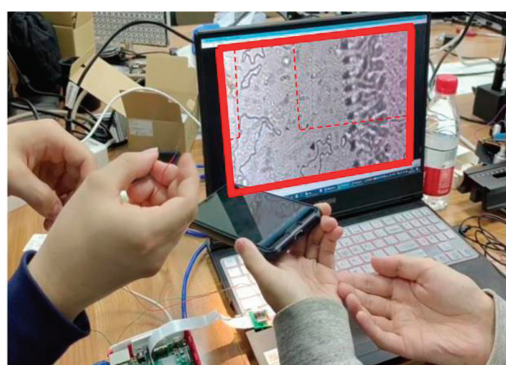
对于验证器件的可行性,利用液晶盒进行实际操作测试,即让人体接触测试端,观察器件液晶分子响应情况。图 8(a)是人体接触器件之前图像采集系统采集到的图像,ITO 区域即图中红色虚线部分与其他区域透过率一样。图 8(b)是人

体接触之后的图像,可以观察到 ITO 区域透过率发生变化。对于计算系统的测量误差,给液晶盒施加另一组已知可变的电压,图 9(a)和(b)分别是液晶盒加电压后采集到的上基板 1、2 图像。通过图像处理系统读取图像灰度值并通过所标定的灰度值-电压关系得到所加电压值,将计算出的电压值与实际电压值进行比较,得到测量误差。

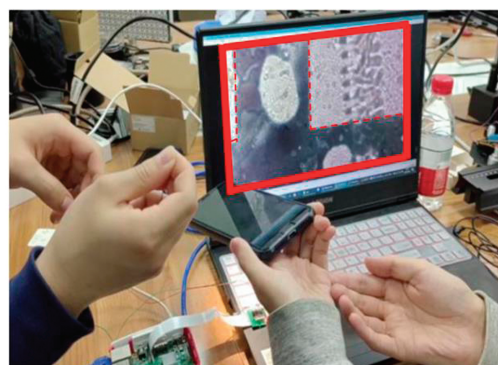
测量误差代表器件测量的准确性程度,是衡量器件好坏的一个重要指标。测量误差为计算电压值相较于实际电压值的偏差率,即:

$$\frac{|U_1 - U|}{U}, \quad (6)$$

其中 U_1 为计算电压值, U 为实际电压值。



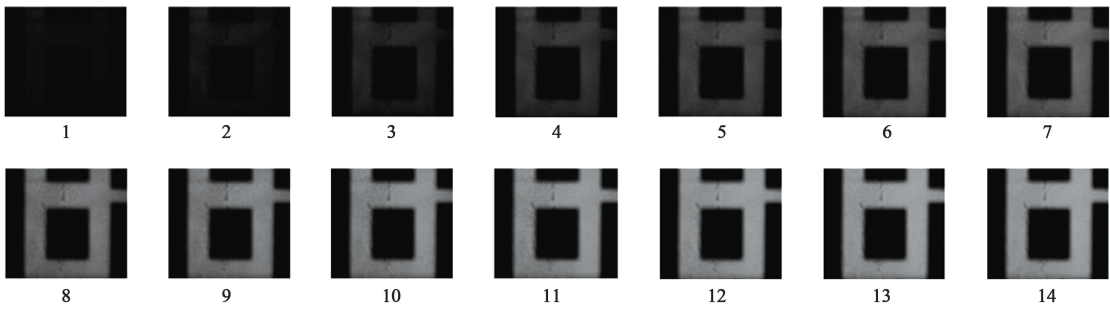
(a) 人体接触之前
(a) Before human contact



(b) 人体接触之后
(b) After human contact

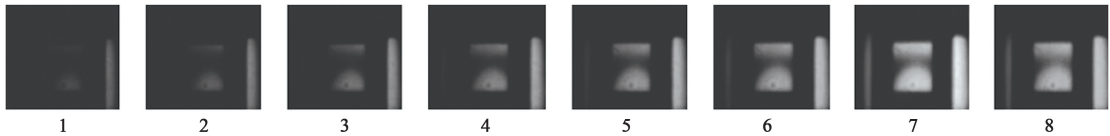
图 8 人体测量效果图

Fig.8 Rendering of measuring the human body



(a)上基板 1 采集的图像

(a)Images captured by the upper substrate 1



(b)上基板 2 采集的图像

(b)Images captured by the upper substrate 2

图 9 误差测量中不同电压采集的图像

Fig.9 Images captured by different voltage in error measurement

上基板 1 和上基板 2 各组数据的测量误差如表 2 和表 3 所示,从中可以得出上基板 1 与上基板 2 的最大测量误差均不超过 9%,因此器件的测量误差不超过 9%。且可以观察到计算电压均在一定程度上小于实际电压,这是标定实验中没有考虑到电极分压造成的。

表 2 系统实验中上基板 1 的测量误差

Tab.2 Measurement error of upper substrate 1 in test (V)

实际电压	计算电压	上基板 1 测量误差	实际电压	计算电压	上基板 1 测量误差
1.40	1.34	0.06	1.70	1.60	0.07
1.45	1.36	0.07	1.75	1.61	0.09
1.50	1.42	0.06	1.80	1.65	0.09
1.55	1.47	0.06	1.85	1.71	0.08
1.60	1.52	0.06	1.90	1.72	0.09
1.65	1.55	0.07	1.95	1.75	0.09

表 3 系统实验中上基板 2 的测量误差

Tab.3 Measurement error of upper substrate 2 in test (V)

实际电压	计算电压	上基板 2 测量误差	实际电压	计算电压	上基板 2 测量误差
85	83	0.03	105	96	0.09
90	88	0.03	110	104	0.06
95	91	0.05	115	118	0.03
100	95	0.06	120	111	0.08

5 结 论

本文基于液晶光电特性设计了人体静电测量装置,标定实验中首先对各基板灰度值与电压关系进行标定,得到 1.0~2.0 V 与 75~120 V 范围

的两个关系式,然后对两基板放大倍数进行标定,得到放大倍数为 59~68。为了拓展电压测量范围,可通过叠加上基板和利用放大倍数关系的方法。此器件具有高精度、不易受外界环境影响、适用于高电压测量等优点,实验结果表明,器件测量误差不超过 9%。

参 考 文 献:

- [1] 毛六平,唐艳,谭政华.静电测量及其程序设计[J]. 仪表技术与传感器,2001,30(1): 21-23.
MAO L P, TANG Y, TAN Z H. Electrostatic measurement and program design [J]. *Instrument technology and sensors*, 2001, 30(1): 21-23. (in Chinese)
- [2] 闻小龙,彭春荣,杨鹏飞,等.基于 MEMS 技术的非接触式人体静电测量装置[J]. 电子与信息学报, 2017,39(8): 1835-1840.
WENG X L, PENG C R, YANG P F, *et al.* A non-contact electrostatic measuring device for human body based on MEMS technology [J]. *Journal of Electronics and Information Technology*, 2017, 39(8): 1835-1840. (in Chinese)
- [3] 张荣奇,谭志良,林永涛,等.常用静电测量技术及其特点[J]. 装备环境工程,2007,15(5): 85-88.
ZHANG R Q, TAN Z L, LIN Y T, *et al.* Common electrostatic measurement techniques and their characteristics [J]. *Equipment Environment Engineering*, 2007, 15(5): 85-88. (in Chinese)
- [4] 杨彦.静电测量与防护[J]. 科技资讯,2009,6(13): 53-53.
YANG Y. Electrostatic measurement and protection [J]. *Science and technology information*, 2009, 6(13): 53-53. (in Chinese)
- [5] 杨林鹏,董纯.基于 STM32 的非接触式静电电位测量系统设计[J]. 电子制作,2018,26(9): 25-27.YANG Y P, DONG C. Design of non-contact electrostatic potential measurement system based on STM32 [J]. *Electronic Production*, 2018, 26(9): 25-27. (in Chinese)
- [6] 金有根.液晶与应用[J]. 物理通报,1985,20(5): 9-12.
JIN Y Y. Liquid crystal and application [J]. *Physical Bulletin*, 1985, 20(5): 9-12. (in Chinese)
- [7] 李辰悦,王萌,张翠红,等.电场频率对可双频驱动蓝相液晶温域及电光性能的影响[J]. 液晶与显示,2019,34(9): 849-856.
LI C Y, WANG M, ZHANG C H, *et al.* Effect of electric field frequency on temperature domain and electro-optic properties of blue-phase liquid crystal with dual-frequency drive [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystal and Displays*, 2019, 34(9): 849-856. (in Chinese)
- [8] 王荣.液晶材料的发展和应用[J]. 材料科学与工程,2001,18(3): 13-24.
WANG R. Development and application of liquid crystal materials [J]. *Materials Science and Engineering*, 2001, 18(3): 13-24. (in Chinese)
- [9] 张云峰,葛丰,邱龙臻,等.液晶栅介质场效应晶体管及突触行为模拟[J]. 液晶与显示,2018,33(06):451-456.
ZHANG Y F, GE F, QIU L Z, *et al.* Liquid crystal gate dielectric field effect transistor and synaptic behavior simulation [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystal and Displays*, 2018, 33(6): 451-456. (in Chinese)

作者简介:



王耀强(1999—),男,湖南湘西人,本科在读,主要从事液晶光电子器件等方向的研究。E-mail:905457506@qq.com



陈晓西(1979—),女,浙江温州人,博士,副教授,2008年于浙江大学获得博士学位,主要从事液晶光电子器件及计算成像等方面的研究。E-mail:chenxiaoxi@uestc.edu.cn