

·光电系统·

集成化微光学标签系统的设计与制作

李志鹏, 梁忠诚

(南京邮电大学光电工程学院, 江苏 南京 210003)

摘要:随着物联网技术的广泛应用和手机的普及,并考虑到为了能低成本、大规模地应用微光学标签,根据Bokode标签原理设计并制作一种集成化微光学标签系统。它的发射端采用集成化的方式,即微型二维码与小透镜阵列集成,接收端采用普通手机相机接收微型二维码图像,并利用手机中解码软件来解码。

关键词:集成化;微光学标签;微型二维码;小透镜阵列

中图分类号:TN915.02

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2013)-02-0005-04

Design and Production of Integrated Micro-optics Tag System

LI Zhi-peng, LIANG Zhong-cheng

(Department of Optics-electronic Engineering, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: With the application of internet of things technology and popularization of mobile phones, an integrated micro-optics tag system based on Bokode tag principle is designed and produced in order to use micro-optics tags in a low cost and on a large scale. Integrated modes such as micro 2D barcode integrated with small lens array are used at transmitting terminals. Ordinary mobile phone camera is used at receiving terminal to receive micro 2D barcode image and decode software in mobile phones is used to decode.

Key words: integration; micro-optics tag; micro 2D barcode; small lens array

随着科学技术的不断发展,各种条形码正快速地进入人们日常生活和工作的各个方面,给人们的生活和工作带来了极大的便利^[1]。目前一维条码和射频识别(RFID)在社会上应用非常广泛,但随着应用领域的不断扩大,一维条码和RFID也开始显现出了它们的不足。例如,存储容量小、安全性低、体积大,价格贵等^[2]。在2009年,美国麻省理工学院多媒体实验室研究人员发明出了一种光学标签,它存储的数据要比同样尺寸条形码多数百万,而且还没有RFID的安全疑虑,同时这种名为Bokode标签的大小只有3 mm,比传统条形码小很多,成本也低^[3]。在2011年,南京邮电大学光电工程学院设计并制作了有源和无源微光学标签系统^[4-5]。文中根据Bokode

标签原理设计并制作一种集成化微光学标签系统,其发射端采用集成化方式,接收端用手机相机接收。该系统能低成本、大规模地应用微光学标签。

1 微光学标签系统结构与原理

微光学标签系统结构如图1所示,其主要包括两个部分:集成化发射端、接收端。集成化发射端由LED、微型二维码、小透镜组成;接收端采用手机相机接收微型二维码图像,并利用手机中解码软件来解码。由于手机相机焦距和光圈都已确定,要满足标签微型化及手机相机接收要求,主要设计发射端,即微光学标签。

收稿日期:2013-01-15

作者简介:李志鹏(1986-),男,河南人,硕士研究生,研究方向为信息光学;梁忠诚(1958-),男,江苏淮安人,教授,博士生导师,主要研究方向为光通信技术、光存储技术。

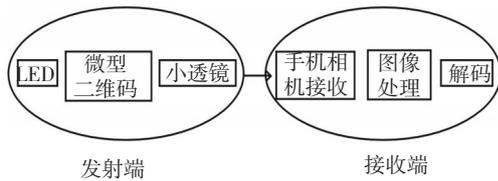


图1 微光学标签系统结构图

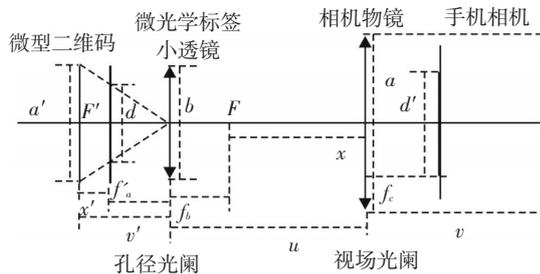


图2 微光学标签系统原理图

微光学标签系统原理图如图2所示,微光学标签小透镜为孔径光阑,其孔径为 b ,焦距为 f_b ,微型二维码位于微光学标签小透镜的物方焦面上;手机相机物镜为视场光阑,其孔径为 a ,焦距为 f_c ; u 为探测距离。在文献[3]中,由于公式的推导是基于相机探测距离 u 远远大于 f_b 的情况,没有考虑到近距离探测情况,不具有普遍性,所以下面将具体探讨一般情况下公式的推导。在一般情况下,需要考虑到视场光阑的因素,视场光阑通过其前面小透镜在物空间中成的像 a' 为入窗,它限制了能观测到的微型二维码。设能够看到的微型二维码码块尺寸为 d ,入窗与微型二维码的距离为 x' , F 到相机物镜中心的距离为 x 。根据牛顿公式 $xx'=f_b^2$ 和垂直放大率公式 $^{[6]} \beta = x'/f_b$ 得 $a' = \beta a = a f_b/x$,再由 $\frac{v'}{a'} = \frac{f_b}{d}$ 计算出微型二维码成像码块尺寸 $d' = M d = \frac{f_c}{f_b} d = a \frac{f_c}{u}$ 。

2 集成化发射端的设计与制作

2.1 微光学标签的设计

中国移动使用的QR Code标准为GB/T 18284-2000,该标准中的最高容量版本40的模块数为 177×177 ^[7]。为满足终端装置即手机的识读,每个模块至少占四个像素点,则终端图像传感器像素点至少为 $(177 \times 2) \times (177 \times 2) = 354 \times 354 = 125\ 316$ 。选用

诺基亚N8手机作为标签的接收器,该手机图像传感器的分辨率为 $4\ 000 \times 3\ 000 = 1\ 200$ 万,有足够的分辨率冗余度。

手机相机的光圈 F 为2.8,焦距 f_c 的大小为5.9 mm,根据公式 $F = f_c/a$ ^[8]可知手机相机镜头的光圈孔径为 $a = f_c/F = 2.11$ mm。手机相机图像传感器的尺寸是 $d_{\max} = 7\ 176 \times 5\ 319 \mu\text{m}$,像素大小为 $1.8 \mu\text{m}$,但能够分辨和识别的二维码的最小尺寸是 $d_{\min} = 354 \times 1.8 \mu\text{m} = 0.6372$ mm。文中选用精度为 $40 \mu\text{m}$ 的光绘机来制作微型二维码,微型二维码的模块数为 25×25 ,则微型二维码码块尺寸 $d = 25 \times 40 \mu\text{m} = 1$ mm。由于手机相机能够分辨和识别的微型二维码的最小尺寸为 0.6372 mm,而要制作的二维码码块尺寸大于最小尺寸满足要求。

由于二维码像尺寸 d' 与探测距离 u 之间具有关系 $d' = f_c a/u$,所以分辨条件 $d \geq d_{\min}$ 给出系统的接收距离范围是

$$u \leq f_c a/d_{\min} = 5.9 \times 2.11/0.6372, \text{ 即探测距离 } u = 12.45/0.6372 = 19.54 \text{ mm}$$

最大值是19.54 mm。若探测时超过这个探测距离最大值,则图像无法正确解码出。

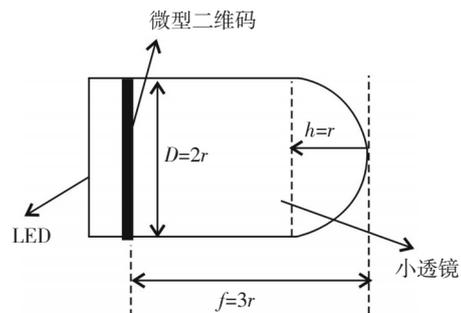


图3 集成化发射端图

文中设计出一种集成化发射端如图3所示,小透镜用PMMA(聚甲基丙烯酸甲酯)来制作,其折射率为1.49,小透镜球冠高度 $h=r$,孔径直径 $D=2r$,微型二维码置于小透镜的焦面上,于是可得出单球面折射透镜的焦距^[9] $f_b = nr/(n-1) = 3r$ 。

根据得出的 $u \leq f_c a/d_{\min}$ 和 $f_b = 3r$ 有 $d = a \frac{f_b}{u} \geq \frac{f_b}{f_c} d_{\min} = \frac{3r}{5.9} \times 0.6372 = 0.324r$ 得 $r \leq \frac{d}{0.324} = \frac{1}{0.324} = 3.086$ mm,同时还要考虑微型二维码图像放大,有 $M = \frac{f_c}{f_b} = \frac{5.9}{3r} > 1$ 得

$r < 1.9 \text{ mm}$, 所以文中可取 $r = 1.8 \text{ mm}$, 则要制作的小透镜焦距 $f_b = 5.4 \text{ mm}$ 。

根据上面的数据, 设计出的微型二维码阵列和小透镜阵列部分图如图4所示。微型二维码阵列为 39×54 , 码块尺寸为 1 mm , 两码块之间的距离为 0.5 mm ; 小透镜阵列为 13×18 , 球冠高度为 1.8 mm , 孔径大小为 3.6 mm , 焦距为 5.4 mm , 两透镜之间的间隔为 0.9 mm ; 两小透镜的中心间距、微型二维码码块与相邻第三个码块的中心间距都为 4.5 mm 。

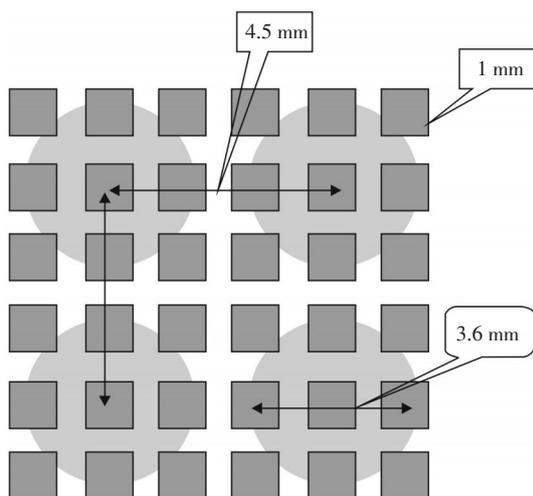


图4 微型二维码阵列和小透镜阵列部分图

2.2 微型二维码的制作

将“南京邮电大学”使用软件“PsQREdit_chs_v2.42”按照纠错能力 15% 转换为 QR 二维码, 然后用激光光绘机来制作微型二维码, 制作成的一张微型二维码阵列部分图如图5所示。

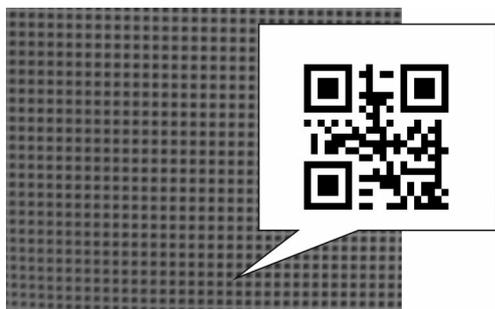


图5 微型二维码阵列

2.3 小透镜阵列的制作

小透镜阵列是一系列口径在几个毫米的小型透镜按一定排列组成的阵列^[10]。天津微纳制造技术有限公司采用静态铸塑法制作的小透镜阵列如图6所

示, 制作成的小透镜阵列为 13×18 规格, 小透镜孔径为 3.6 mm , 焦距为 5.4 mm , 两透镜之间的间隔为 0.9 mm 。静态铸塑法又称浇铸法, 是指将已准备好的浇铸原料注入到一定的模具中, 使其发生聚合反应而固化, 从而得到与模具型腔相似的制作^[11]。

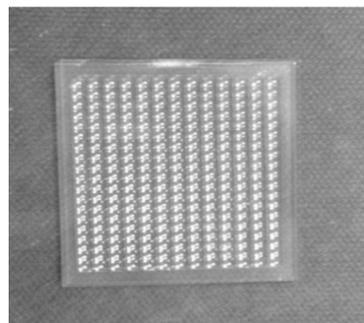


图6 13x18小透镜阵列

2.4 微型二维码与小透镜的集成

先把495胶水涂抹在 13×18 小透镜阵列上, 接着再把微型二维码阵列对整地粘贴在小透镜阵列上, 最后采用 CO_2 激光切割机来切割它们, 切割完成后就得到一个微型二维码与小透镜的集成化小单元。

3 实验结果

实验中用LED作为光源, 并调整手机相机与小透镜之间的距离, 稳定后用手机相机读取微型二维码, 之后再用软件“PsQREdit_chs_v2.42”解码, 看看解码结果是否正确。分别调整手机相机与小透镜之间的距离为 10 mm 、 19.54 mm 、 25 mm 。

(1) 当手机相机与小透镜之间的距离为 10 mm 时, 读取结果和解码结果如图7所示。这时微型二维码在手机相机的CMOS上成像变大, 图像较模糊, 但是解码结果和编码信息是一样的, 证明了所设计的微光学标签可行。



图7 手机相机与小透镜距离为 10 mm 时的读取结果和解码结果

(2)当手机相机与小透镜之间的距离为 19.54 mm 时,读取结果和解码结果如图 8 所示。这时微型二维码在手机相机的 CMOS 上成像变小,图像最清晰,而且解码结果和编码信息是一样的,证明了所设计的微光学标签可行。



图 8 手机相机与小透镜距离为 19.54 mm 时的读取结果和解码结果

(3)当手机相机与小透镜之间的距离为 25 mm 时,读取结果和解码结果如图 9 所示。这时微型二维码在手机相机的 CMOS 上成像变得更小,图像模糊,而且解码结果不成功,说明了超出最远探测距离时用手机相机无法识读微型二维码。



图 9 手机相机与小透镜距离为 25 mm 时的读取结果和解码结果

4 结束语

随着物联网技术的广泛应用,为了能够低成本、大规模地应用微光学标签,微光学标签的发射端采用集成化方式设计,从而能使微光学标签得到普及应用。同时,接收端采用手机相机进行接收,这样能使人们更方便地知道微光学标签信息。微光学标签与手机相机的结合是信息技术发展的结果,所以微光学标签普及应用之后,手机相机就不仅仅是拍摄图像的工具,同时也可以信息传递的工具。

参考文献

- [1] 中国物品编码中心. 条码技术与应用[P]. 北京: 清华大学出版社, 2003, 2(5):8-10.
- [2] 计库. 二维条码与一维条码、RFID 比较[J]. 中国自动识别技术, 2008, 4(3):16-18.
- [3] Mohan Ankit, Woo Grace, Hiura Shinsaku, et al. Imperceptible visual tags for camera based interaction from a distance [J]. ACM Transactions on Graphics, 2009, 28:12-14.
- [4] 林武, 梁忠诚, 张浩. 有源加密型微光学标签的设计与制作[J]. 物联网技术, 2012, 2(3):23-25.
- [5] 张浩, 梁忠诚, 林武, 等. 无源微型可视化光学标签系统的设计[J]. 物联网技术, 2012, 3(4):12-14.
- [6] 石顺祥, 张海兴, 刘劲松. 物理光学与应用光学[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2000.
- [7] ISO. QR code 2005 bar code symbology specification[P]. ISO/IEC:18004, 2006-02-04.
- [8] 安连生. 应用光学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002: 23-24.
- [9] 胡玉禧. 应用光学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2009.
- [10] K F Chan, Z Feng, R Yang, et al. High-resolution maskless lithography[J]. J Microlithogr, Microfabrication Microsyst., 2003, 2(4):331-339.
- [11] M Fritze, M B Stern, P W Wyatt. Laser-fabricated glass microlens arrays[J]. Opt.Lett., 1998, 23(2):141-143.