

文章编号 1004-924X(2013)01-0069-08

透明材料微小器件键合质量检测系统设计

王小鹏*, 刘志华, 陈天宁

(西安交通大学 机械工程学院 机械结构强度与振动国家重点实验室, 陕西 西安 710049)

摘要:针对材料和结构均特殊的透明材料微小器件的键合质量检测,提出了可见光透射机器视觉检测法。分析了检测系统硬件中主要部件的性能要求,研究了该检测系统的图像处理技术。检测系统利用光源、相机、镜头和计算机等主要部件实现图像采集功能,并通过图像相减、灰度直方图调整、图像滤波和图像二值化等图像处理功能来完成质量检测。实验结果表明,提出的可见光透射机器视觉检测法能灵敏有效地检测出透明材料微小器件键合位置处存在的键合间隙和缺陷大小,检测精度可达 $10\ \mu\text{m}$,满足透明材料微小器件键合质量的要求,是一种高效、非接触、无损、无污染的检测方法。

关键词:机器视觉;可见光透射;微器件;键合质量检测

中图分类号:TP242.6;TH706 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/OPE.20132101.0069

Design of bonding quality testing system for micro device made of transparent materials

WANG Xiao-peng*, LIU Zhi-hua, CHEN Tian-ning

(State Key Laboratory for Strength and Vibration of Mechanical Structures,
School of Mechanical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

* Corresponding author, E-mail: xpwang@mail.xjtu.edu.cn

Abstract: A visible light transmittance machine vision detection method was put forward to measure the bonding quality of micro devices made by transparent materials with specific compositions and structures. The performance requirements of main components in the system hardware was analyzed, and the image processing techniques for the detection system were researched. The visible light transmittance machine vision detection system captured the image with the main components of the light source, camera, lens and the computer and implemented quality testing by image subtraction, gray histogram adjustment, image filtering and image binarization. Experimental results indicate that the proposed detection method can detect the bonding gaps of the micro devices made by transparent materials sensitively and effectively, and the detection accuracy of flaw size is about $10\ \mu\text{m}$. The results meet the detection requirements of micro devices for bonding quality and verify that the method is efficient, non-contact, non-destructive and non-polluting.

Key words: machine vision; visible light transmittance; micro device; bonding quality testing

收稿日期:2012-07-05;修订日期:2012-10-26.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 50705074);国家 863 高技术研究发展计划资助项目(No. 2006A A04Z330);中央高校基本科研业务费专项资金资助项目

1 引言

随着科技的发展,仪器设备和元器件产品均有微型化的趋势,许多微小器件需通过键合技术成为一个整体,良好的键合质量是微小器件有效性和可靠性的保障。透明材料微小器件是一类具有材料特殊性的产品。常用的键合质量检测方法中,超声检测和红外热波检测法虽然能够进行透明材料的检测,但检测精度较低,一般只能检测几十个微米以上的键合间隙^[1-3];X射线检测法检测精度高,但设备昂贵,检测系统设计复杂;数字全息检测由于光路调整等困难不能有效实现检测系统仪器化设计^[4]。本文提出的可见光透射检测技术利用透明材料对可见光的透射性能,结合机器视觉技术来进行透明材料微小器件键合质量的检测。可见光透射机器视觉检测是一种以几何光学为应用基础,结合光电子学、计算机图像学、图像处理、计算机视觉等技术的现代检测技术。它通过图像采集系统获取的被测对象的图像作为检测源信息,经有效的图像处理技术处理后得到检测结果信息。

该方法的应用基础主要针对基于聚乳酸-羟基乙酸共聚物 PLGA (poly (lactic-co-glycolic acid)) 材料的植入式多腔体给药系统封装密封性的检测。植入式可降解缓释控释给药系统是一种新型的缓释控释给药系统,以可降解材料 PLGA 作为药物的载体,直接植入人体病患处,实现靶向释药,具有较好的应用前景和广泛的应用范围,键合的封装密封性是保证其优势药效的基础^[5-6]。实验证明可见光透射机器视觉检测技术满足 PLGA 材料植入式给药系统的封装密封性检测要求,在保证测量要求的同时,满足高效、无损、无污染的检测要求,还具有非接触、适应能力强、操作简单和成本低等优点。

2 可见光透射原理及系统构成

2.1 可见光透射光学检测原理

可见光透射机器视觉检测法是基于几何光学中光的反射透射传播定律^[7]提出的。在相同强度的光垂直入射透明材料键合面时,键合面处存在

键合间隙和理想键合两种情况,光在其他位置的反射透射光强情况相同,只是存在键合间隙的键合面比理想键合面多了 2 次反射,由此引起理想键合面的透射光强比存在间隙的键合面的透射光强高。因此通过对键合面透射光强的采集和处理能够将键合间隙从完整键合中检测出来。

2.2 可见光透射机器视觉检测系统硬件构成

可见光透射机器视觉检测系统如图 1 所示,检测过程中,光源 1 提供垂直入射被测件 2 的相对均匀光,通过镜头 3 成像后由相机 4 拍摄携带光强信息的试件图像,然后传输到计算机 6 上进行相应的图像处理得出检测结果。图像采集设备的关键部件主要是光源、相机和镜头,这 3 个部件的性能直接影响拍摄图像的质量和检测精度。

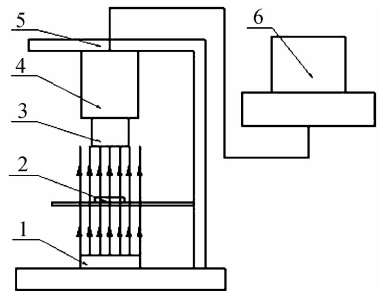


图 1 可见光透射机器视觉检测系统

Fig. 1 Visible light transmittance machine vision detection system

(1) 光源

可见光透射机器视觉检测设备对光源的主要性能要求有两方面,一是良好的光强均匀性,二是合适的发光类型和较窄波段范围。光源均匀性要求是指相对均匀性,即同一幅背景图像中所有像素点的光强值集中在一个较小范围内。影响光源发光类型、波段范围选择的因素主要有相机的光谱响应特性和被测材料的光学性能。要求光源发光波段在相机光谱响应波段范围内,且响应率越高越好,光源发光波段对应于相机光谱响应的相对一致性较高。波段范围要选光源对被测材料透射性好,吸收率低,反射率较高,被测材料反射率、透射率、吸收率变化相对平稳、一致性较高的一个较窄的波段。另外检测系统对光源的基本性能要求还包括光强强度适中、亮度可调、光源稳定性好、功率小、发光热量小、能耗小、反应快、寿命长等^[8]。

LED光源基本满足可见光透射机器视觉检测系统的性能要求,其中LED背光源正满足本文中研究中发射垂直入射光进行透射的要求。所以本检测系统采用了LED背光源。

(2) 相机

目前机器视觉系统中使用的相机主要有两种:CCD相机和CMOS相机,CCD相机分辨率好、灵敏度高、噪音小、信噪比大,但生产工艺复杂、成本高、功耗高^[9]。本检测系统对相机分辨率、灵敏度等影响成像质量的主要性能要求较高,所以采用了成本较高但成像质量较好的CCD相机。

CCD相机的主要特性参数有分辨率、芯片尺寸、像元大小、信噪比等。分辨率是影响检测精度的主要参数,在成本允许的情况下分辨率越高越好;在相机分辨率较高的情况下,不应选择尺寸过小的CCD芯片,像素的尺寸过小,则芯片像素的集成过高使成像不准确;信噪比越高,获得图像的质量就越好^[9]。

(3) 镜头

镜头类型和参数主要综合考虑视觉检测系统中检测的视场(被测场景大小)、物距(工作距离)、选用的相机参数等因素进行选择。

当相机、物距、视场等因素确定后,选择镜头时要考虑的主要性能参数有:镜头成像面尺寸、焦距、镜头分辨率等。选择镜头成像面尺寸要大于或等于所选用相机的芯片尺寸^[10];焦距决定机器视觉系统视场的大小;镜头分辨率要配合相机的分辨率以满足相机的分辨率要求。

3 图像处理关键技术

3.1 图像处理技术路线

图像处理技术方案如图2所示,在进行图像采集时,分别采集1幅未放置试件时的背景光强

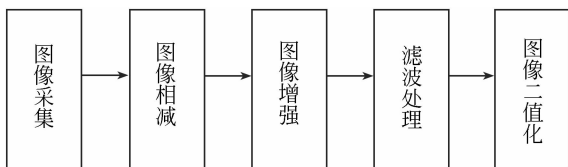


图2 图像处理技术路线

Fig.2 Technique line of image processing

图I和1幅放置试件的被测试件图像J,对采集图像首先进行图像相减处理,用背景光强图I减去试件图J得到结果图像K,后续处理中将相减的结果图像K作为源图像进行处理;对图像K进行图像灰度直方图调整处理,经过图像滤波处理减弱图像噪声的影响,最后进行图像二值化,从得到的结果判断被测试件的键合封装质量。

3.2 图像相减

图像相减是对2幅图像对应像素点的灰度值运用相减算法,本检测系统中是对不同景物在不同时间拍摄的图像进行相减。

理想的光源光强均匀性是不可能实现的,而且检测中由于环境光等的影响,也不可能保证检测环境下提供绝对均匀一致的光强。为解决检测中无法避免的光源光强不均现象,提出图像相减的图像处理技术。

图像相减的理论模型为:

$$K(x, y) = I(x, y) - J(x, y), \quad (1)$$

式中: $K(x, y)$ 为相减结果图像像素点灰度值, $I(x, y)$ 为背景图像像素点灰度值, $J(x, y)$ 为试件图像像素点灰度值。

3.3 灰度直方图调整

灰度直方图是对一幅灰度图像中所有像素点不同灰度值的像素点数的统计直方图^[11]。当用灰度值的像素点数为纵坐标时,灰度直方图的表达式为:

$$H(k) = nk. \quad (2)$$

常用的直方图均衡和直方图规定化图像灰度直方图调整方法都侧重于对图像视觉效果的调整^[12-13],会改变各像素点灰度值间的相互关系和图像本身细节信息,不适用于本检测系统。本检测系统灰度直方图调整过程中要求不能改变各像素点之间的相对关系。

对本系统中相减图像的分析可知,图像最小灰度值为0,图像具有与255像差较大的最大灰度值,设相减图像最大灰度值为 Lm ,由于相减后的图像存在具有最大灰度值的像素点数较少,而这样的像素点对键合区域并无影响,所以在取最大灰度值时以超过一定像素点数的较大灰度值作为有效最大灰度值进行计算,选取一个有效最大灰度值 Lm_1 。则:

$$T = 255/Lm_1, \quad (3)$$

式中: T 为图像整体灰度放大倍率, L_{m1} 为图像有效最大灰度值。

图像灰度值调整公式为:

$$\begin{cases} Q'_1(x,y) = Q(x,y) \times \hat{T} & Q(x,y) < L_{m1} \\ Q'_1(x,y) = 255 & Q(x,y) \geq L_{m1} \end{cases} \quad (4)$$

3.4 图像滤波

图像噪声是影响图像质量的主要因素, 主要由外部噪声和内部噪声组成, 如系统中 CCD 相机相应不均引起的噪声等^[14]。图像降噪的方法主要有空间域法和频率域法两大类。常用的空间域降噪法有均值滤波和中值滤波。常用的频域滤波法为低通滤波法。频率域法要进行时域和频域的转换, 计算复杂。相比之下, 空域方法具有算法简单, 计算量小, 处理速度快等优点, 能够很好地满足检测系统要求^[14-15]。不同的检测系统图像噪声的主要类型不同, 具体操作时可根据主要噪声类型选用不同的降噪方法。

3.5 图像二值化

灰度图像二值化分割方法是基于灰度图像中不同特征区域像素点存在灰度差, 用一个(或几个)阈值将图像分为几个不同部分来表示图像不同的特征区域, 从而进行图像的分割, 是一种常用且简单有效的图像分割方法^[16]。

4 检测系统示例及检测实验分析

4.1 可见光透射机器视觉检测系统

针对检测植入式多腔体给药系统封装密封性设计的可见光透射机器视觉检测系统如图 3 所

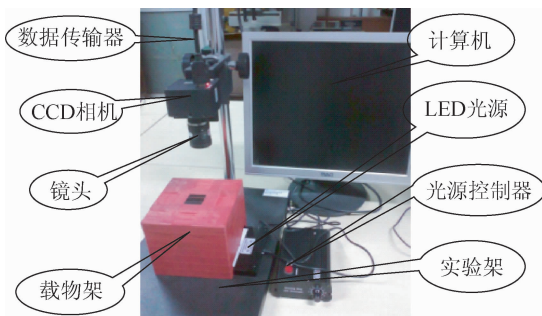


图 3 可见光透射机器视觉检测系统实例

Fig. 3 Instance of visible light transmittance machine vision detection system

示。用 MATLAB 应用软件设计的针对本检测系统设计的图像处理软件如图 4 所示。



图 4 图像处理软件界面

Fig. 4 Software interface of image processing

4.2 检测原理验证试验

如图 5(a)所示试件 1, 此试件由厚度均匀的 2 个 PLGA 薄膜组成, 试件的一半用热压键合, 另一半没有键合, 将一个直径为 $40 \mu\text{m}$ 的头发丝放在未键合的两膜之间, 支撑一个从膜中部最小接近 0 到边缘最大约 $80 \mu\text{m}$ 逐渐变化的键合间隙。用刀切割试件观测剖面图, 试件 1 剖面全局图如图 5(b)所示, 键合间隙一侧的微观图如图 5(c)所示, 键合由右(对应试件中部)向左间隙逐渐增大, 键合无间隙一侧的微观剖面图如图 5(d)所示, 键合质量接近于理想键合要求。

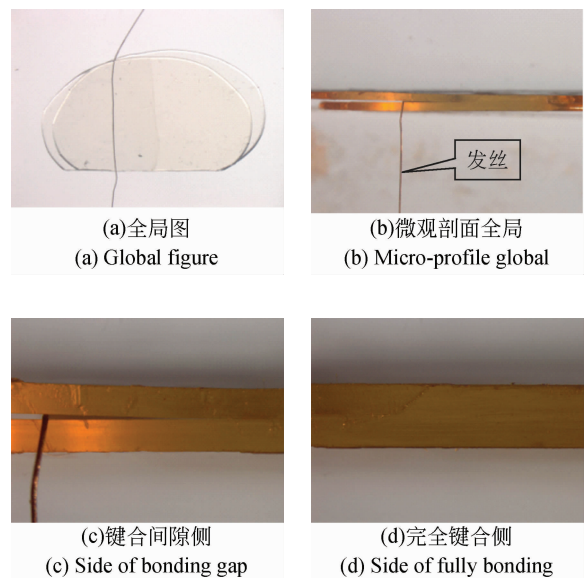
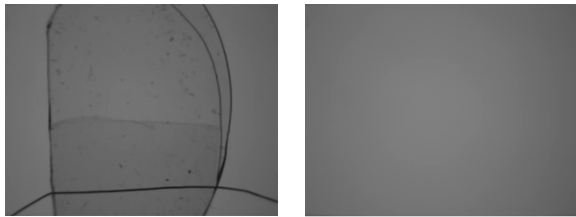


图 5 试件 1

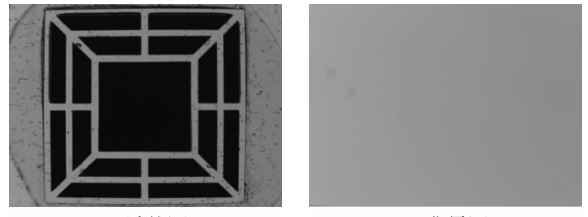
Fig. 5 Specimen 1



(a) 试件图 (a) Specimen image
(b) 背景图 (b) Background image

图 6 试件 1 检测采集图像

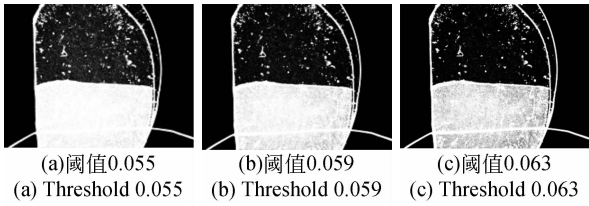
Fig. 6 Detection acquisition image of specimen 1



(a) 试件图 (a) Specimen image
(b) 背景图 (b) Background image

图 9 试件 ff2 检测采集图像

Fig. 9 Detection acquisition image of specimen ff2



(a) 阈值 0.055 (a) Threshold 0.055
(b) 阈值 0.059 (b) Threshold 0.059
(c) 阈值 0.063 (c) Threshold 0.063

图 7 试件 1 透射光强分析

Fig. 7 Transmitted light intensity analysis of specimen 1

试件 1 检测采集图像如图 6 所示。对试件相减图像进行透射光强分析结果如图 7 所示。图 7 中(a)到(c) 阈值分别为 0.055、0.059、0.063, 所对应灰度值分别为 16、17、18, 可有效区分键合侧与键合间隙侧。

以上实验表明, 可见光透射系统检测检测结果与可见光透射检测原理一致, 能够灵敏有效地检测微小键合间隙的存在。

4.3 植入式多腔体给药系统检测实例

对植入式给药系统试件 ff2 进行检测, 并进行检测结果验证分析。如图 8 所示, 试件 ff2 通过热压键合封装, 理论上达到理想粘合条件。检测采集图像如图 9 所示。试件 ff2 检测结果如图 10 所示, 从检测结果观察, 试件整体键合情况良好。

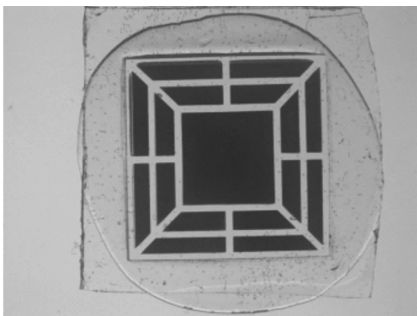


图 8 试件 ff2
Fig. 8 Specimen ff2

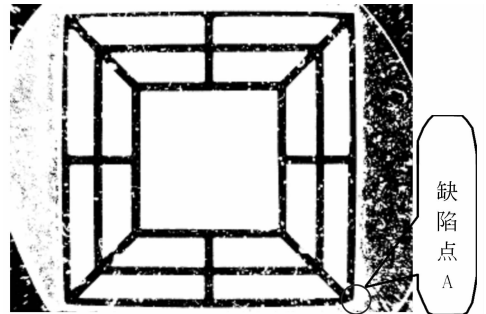
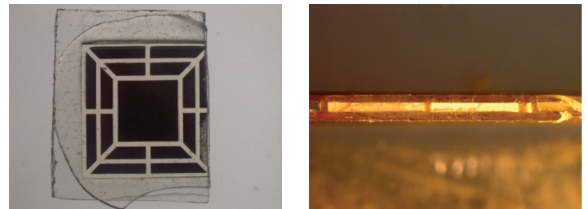
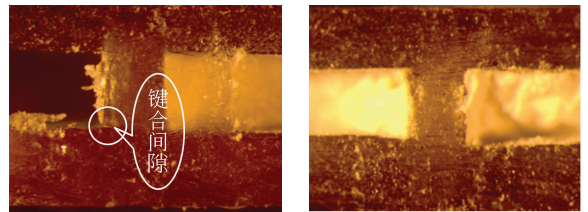


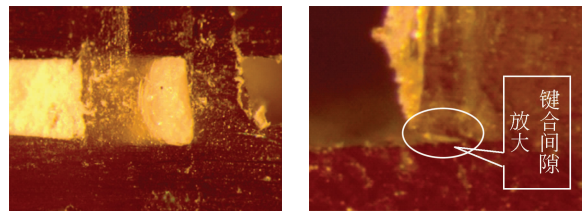
图 10 试件 ff2 检测结果
Fig. 10 Test result of specimen ff2



(a) 试件剖切图 (a) Cutting image of pieces
(b) 剖切截面全局 (b) Cutting sectional global



(c) 剖切截面左侧 (c) The left of cutting section
(d) 剖切截面中部 (d) The middle of cutting section



(e) 剖切截面右侧 (e) The right of cutting section
(f) 图(c)间隙放大图 (f) Gap enlargement of figure (c)

图 11 试件 ff2 第一次剖切分析

Fig. 11 The first cutting analysis of specimen ff2

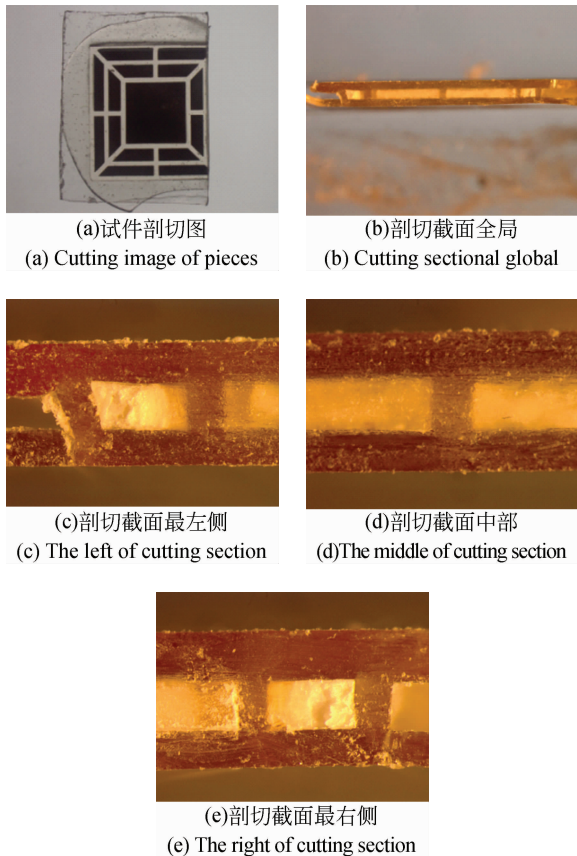


图 12 试件 ff2 第二次剖切分析

Fig. 12 The second cutting analysis of specimen ff2

用刀剖切试件,观测剖面图分析检测结果,首先在对应于图 8 所示试件右侧第一条竖直棱和第二条竖直棱之间进行剖切,剖切结果如图 11(a)、(b)所示,对截面的几个局部放大观测图如图 11(c)、(d)、(e)所示,除 11(c)左侧棱处观测到截面间隙外,其他各个键合位置均不存在间隙,是理想的粘合状态,图 11(c)间隙放大图像如图 11(f)所示。图 11(c)左侧的键合间隙对应于检测结果图 11 的右下角,观察检测图 10,右下角有一个小的

缺失角,说明此处存在微小的检测缺陷,如图 10 所示的缺陷点 A,剖切界面观测结果与试件 ff2 的检测结果一致。

在对应于图 8 所示试件右侧第二条竖直棱处再次进行剖切,其试件图和剖切截面图全局如图 12(a)、(b)所示,截面局部放大观测图如图 12(c)、(d)、(e)所示,观测所有的键合位置均不存键合间隙,是理想的粘合状态,对照图 9 的检测结果,观测结果与检测结果一致。

以上检测实例说明,可见光透射机器视觉检测系统能有效检测 PLGA 材料植入式给药系统的键合封装质量,能够灵敏地检测键合间隙的存在;由被测物视场要求 $11\text{ mm} \times 11\text{ mm}$ 与相机分辨率 $1\ 628 \times 1\ 236$ 计算, $11\text{ mm}/1236 \approx 0.009\text{ mm}$,缺陷点大小检测精度达到 $10\ \mu\text{m}$ 。

5 结 论

根据透明材料微小器件这类结构和材料均特殊产品的键合质量检测需求,提出了可见光透射机器视觉检测法,介绍了该检测法的检测原理和系统结构,研究了检测系统中系统硬件主要部件的性能要求和系统图像处理关键技术,最后利用针对 PLGA 材料植入式可降解多腔体给药系统的检测设计的可见光透射机器视觉检测系统进行了检测原理验证和检测实例分析。实验结果表明,可见光透射机器视觉检测系统能够有效地完成透明材料微小器件的检测需求,灵敏地检测键合间隙的存在,检测缺陷大小精度约为 $10\ \mu\text{m}$ 。基本满足键合质量的检测需求,是一种高效、无损、无污染的检测技术。

参考文献:

- [1] 郭怡,师小红,王广龙,等. 微纳米级裂纹的非线性超声检测[J]. 光学精密工程, 2011, 19(1): 132-137.
DUN Y, SHI X H, WANG G L. Nonlinear ultrasonic test of micro-nano crack [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2011, 19(1): 132-137. (in Chinese)
- [2] 何存富,袁红梅,吴斌,等. 软包装热封缺陷的超声无损检测[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(4): 750-754.

- HE C F, YUAN H M, WU B, *et al.*. Defect detection in sea region of flexible packages using ultrasonic nondestructive testing technique [J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2009, 30(4): 750-754. (in Chinese)
- [3] 周平,廖广兰,史铁林,等. 晶片键合质量的红外检测系统设计[J]. 半导体技术, 2006, 31(11): 819-822.
ZHOU P, LIAO G L, SHI T L, *et al.*. IR system for detecting wafer bonding quality [J]. *Semiconductor Technology*, 2006, 31(11): 819-822. (in

Chinese)

- [4] 李星宇,贾友见. 数字实时全息对物体微小形变的测量研究[J]. 邵阳学院学报, 2008,7(4):31-34.
LI X Y, JIA Y J. Application of the real-time digital holograph in the measurement of small deformation [J]. *Journal of Shaoyang University*, 2008,7(4):31-34. (in Chinese)
- [5] YANG R, CHEN T, CHEN H, *et al.*. Microfabrication of biodegradable (PLGA) honeycomb-structures and potential applications in implantable drug delivery [J]. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2005, 106 (2): 506-511.
- [6] 钱良山,王小鹏,陈天宁. 基于 MEMS 的微型药物控释系统的特性研究[J]. 纳米科技, 2005,11(5):31-34.
QIAN L SH, WANG X P, CHEN T N. Study of release traits of subminiature controlled drug release system based on MEMS [J]. *Nanoscience & Technology*, 2005,11(5):31-34. (in Chinese)
- [7] 崔建英. 光学机械基础[M]. 北京:清华大学出版社. 2008: 1-9.
CUI J Y. *Fundamentals of Optical Mechanics* [M]. Beijing: Tsinghua University press, 2008: 1-9. (in Chinese)
- [8] 张洋. 印刷质量在线检测系统照明设计与系统实现 [D]. 武汉:华中科技大学. 2006.
ZHANG Y. *Design and Implementation on Lighting of Printing Online Inspection System* [D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2006. (in Chinese)
- [9] 薛向东. 嵌入式 IC 晶片视觉检测系统技术研究及应用 [D]. 广州:广东工业大学. 2006 .
XUE X D. *Research and Application on Embedded IC chip detection system* [D]. Guangzhou: Guangdong Technology University, 2006. (in Chinese)
- [10] 贾小丽. 基于 LabVIEW 的微型电感器生产装备视觉检测系统的研究[D]. 广州:广东工业大学. 2008.
JIA X L. *Research on Visual Inspection System of Miniature Inductor Production Equipment Based on the LabVIEW* [D]. Guangzhou: Guangdong Technology University, 2008. (in Chinese)
- [11] 谢立,王永强,于德敏,等. 利用图像的灰度特征实现半透明产品的识别[J]. 微计算机信息, 2005. 11(21):44-46.
XIE L, WANG Y Q, YU D M, *et al.*. Research on traffic information classification based on a grey-histogram and linear discriminant analysis [J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2005, 11(21):44-46. (in Chinese)
- [12] 龙清. 直方图图像增强技术[J]. 电脑知识与技术, 2011, 4:883-886.
LONG Q. The image enhancement based on histogram [J]. *Computer Knowledge and Technology*, 2011, 4:883-886. (in Chinese)
- [13] 祝中秋,李斌. 基于直方图拉伸的图像增强算法及实现[J]. 信息技术, 2009, 5:54-58.
ZHU ZH Q, LI B. Image enhancement algorithm based on histogram extension and its implementation [J]. *Information Technology*, 2009, 5: 54-58. (in Chinese)
- [14] 唐启敬,田行斌,耿明起,等. CCD 视觉检测系统的整体标定[J]. 光学精密工程, 2011,19(8):1903-1910.
TANG Q J, TIAN X B, GENG M CH. Global calibration method for CCD based visual inspective system [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2011, 19(8): 1903-1910. (in Chinese)
- [15] 高浩军,杜宇人. 中值滤波在图像处理中的应用 [J]. 电子工程师, 2004,30(8):35-36.
GAO H J, DU Y R. The application of median filtering on image processing [J]. *Electronic Engineer*, 2004,30(8):35-36. (in Chinese)
- [16] 伍济钢,宾鸿赞. 机器视觉的薄片零件尺寸检测系统[J]. 光学精密工程, 2007, 15(1):124-130.
WU J G, BIN H Z. Dimensional inspecting system of thin sheet parts based on machine vision [J]. *Opt. Precision Eng.*, 2007, 15(1):124-130. (in Chinese)

作者简介:



王小鹏(1972—),男,山东单县人,博士,副教授,硕士生导师,1996年于西安交通大学获得学士学位,主要从事生物微纳器件设计与制备,结构动力学方面的研究。E-mail: xpwang@mail. xjtu. edu. cn



刘志华(1987—),女,河南周口人,硕士研究生,2005年于西安工程大学获得学士学位,2012年在西安交通大学获得硕士学位,主要进行透明材料键合质量检测技术方面的研究。E-mail: liu. zhi. hua@stu. xjtu. edu. cn



陈天宁(1956—),男,浙江宁波人,博士,教授,博士生导师,1982年于西安交通大学获得学士学位,主要从事振动与噪声控制和机械动力学方面的研究。
E-mail: tncn@mail. xjtu. edu. cn

(版权所有 未经许可 不得转载)

中国微米纳米技术学会第十五届学术年会

15th Annual Conference of the Chinese Society of Micro-Nano Technology

2013年11月03-06日,天津·中国

主办单位	中国微米纳米技术学会
承办单位	天津大学
协办单位	教育部 科技部 总装备部 国家自然科学基金委员会 工业与信息化部 中国科学技术协会
会议征文范围	会议语言 中文
<ul style="list-style-type: none"> ●微米/纳米设计与加工技术 ●微米/纳米传感器/执行器/机器人 ●微纳机电系统 ●微流体学及纳流体学 ●微米/纳米传热学 ●纳米材料与薄膜 ●纳米管/纳米线器件 ●纳米生物学/纳米医学 ●纳米组装/分子自组装技术 ●生物—纳米—信息学 ●微纳技术的应用 ●封装技术 	重要日期
	<ul style="list-style-type: none"> ●2013年6月30日前提交论文摘要。 ●2013年7月31日发布论文评审通知并开始预注册。
	版面费
	<ul style="list-style-type: none"> ●论文在6页以内(包括6页),每篇论文1500元人民币或400美元。论文超过6页,超过部分每页交版面费500元人民币或100美元。
	论文出版
	<ul style="list-style-type: none"> ●被录用的论文将全部在EI检索期刊正刊上发表,约有30篇优秀论文将被推荐到SCI检索期刊正刊上。 • Nano Research(SCI) • Int. J of Advanced Robotic Systems(SCI) • 《浙江大学学报英文刊》(SCI) • 《天津大学学报》(EI) • 《纳米技术与精密工程》(EI) • 《光学精密工程》(EI) • Journal of Nanoengineering and NanoSystem(EI) • Key Engineering Materials(EI) ●请作者按照摘要格式要求(摘要模板请到年会网站下载)准备论文摘要,于2013年6月30日前在年会网站上提交。 ●摘要评审时间约1个月。 ●被录用摘要的论文清单请到年会网站 http://annual2013.csmnt.org.cn 下载。 ●被录用且打算在年会合作期刊上刊登的论文全文请与9月30日之前在年会网站提交。
大会特邀报告:	
大会将邀请四到十名在微米纳米技术领域的知名学者做特邀报告。	
专题特邀报告:	
大会将邀请业内学者做有关专题的邀请报告。 截至2013年8月31日前,欢迎各位代表推荐或自荐特邀报告	
年会展览	
展会将与年会同步进行。 欢迎微米纳米相关的企业及科研院所参加。 自2012年12月15日起,参展申请表可在年会网站下载。	
学会联系方式	
地址:北京清华大学精仪系4402房间 电话:010-62796707, 62772108 传真:010-62796707 E-mail: csmnt@mail. tsinghua. edu. cn 网址: http://www.csmnt.org.cn 欢迎访问年会网站: http://annual2013.csmnt.org.cn	注意事项
	<ul style="list-style-type: none"> ●被大会录用的每篇论文必须至少有1名作者注册参加年会。每位注册作者最多能代表2篇论文。 ●没有作者注册参加年会的论文将不在期刊发表。 ●会议光盘将包含全部会议论文/摘要的全文。