

· 光电工程系统技术 ·

多目视觉检测技术中的照明系统设计

王俊龙, 曲兴华, 赵 阳

(天津大学精密测试技术及仪器国家重点实验室, 天津 300072)

摘 要:多目视觉检测技术是通过多个 CCD 传感器, 从不同角度获取同一目标的不同角度的图像, 并对多幅图像进行匹配、分割、相减等处理技术获取目标信息的一种图像处理技术. 多目视觉检测技术能够比单目视觉检测技术获得更多的图像信息, 这就降低了后继处理的复杂程度, 提高检测系统的测量精度、抗干扰能力以及测量效率. 然而, 由于需要获得不同的图像信息, 这就使得它对图像的质量, 照明系统和照明方式的要求比单目视觉系统的要求更高. 根据实验要求, 主要设计了多目视觉检测技术中的照明系统, 实现了平行光照明技术在多目视觉检测中的应用, 并搭建实验平台完成实验. 验证了光源的种类、光源的照明结构、照明方式以及被测物体的光学特性、背景特性等是影响多目视觉检测的重要因素, 为该技术的应用、推广提供了实验依据.

关键词:多目视觉检测; 平行光; 照明方式

中图分类号: TP391. 44

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)04-0001-05

Design of Lighting System in Multi Vision Detection

WANG Jun-long, QU Xing-hua, ZHAO Yang

(State Key Laboratory of Precision Measuring Technology and Instruments, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Multi vision detection is an image processing technology which captures images of the goal from different angles with several CCD sensors, and obtains the information of the image after matching, segmentation and minus. The multi vision detection technology can obtain more information of the image than monocular vision, which reduces the complexity of follow-up treatment and improves the measurement accuracy of detection systems as well as the anti-interference ability and measurement efficiency. However, in order to obtain images with different information, it requires better image and lighting systems than monocular vision system. Based on the requirements of the experiment, the lighting system of multi vision detection is designed, and the experiment platform is set up. It is confirmed that the type of light source, the structure of lighting, the optical properties of detected objects, and the background characteristics are important factors for visual inspection technology, and the research provides the experimental basis for the promotion.

Key words: multi vision detection; parallel light; lighting way

在机器视觉的实际应用中, 大多数应用领域都需要使用由光源提供的灯光照明来提高图像的亮度和对比度, 在机器视觉系统中, 光源和照明方案的好坏往往会影响整个系统的成败. 好的光照系统会极

大地突出物体和背景之间的差异, 大大简化图像分割的算法, 提高物体边缘和背景之间的陡峭变化, 提高测量精度. 设计不当的照明系统会使整个图像的光照不均匀, 给二值化带来困难, 会产生阴影或者曝

收稿日期: 2009-04-28

基金项目: 国家自然科学基金(50875185); 天津市应用基础及前沿技术重点项目(09JCZDJC23600)

作者简介: 王俊龙(1984-), 男, 天津大学精密测试技术与仪器国家重点实验室硕士研究生. 主要从事机器视觉、光电测控技术等研究; 曲兴华(1956-), 男, 教授, 博士生导师, 天津大学精密测试技术国家重点实验室副主任, 主要从事测试技术与仪器方面的研究.

光、丢失图像的重要细节,会增加图像传感器的噪声,加大图像处理的难度和降低测量的精度等.因此,照明系统的设计是决定缺陷检测系统的重要因素^[1,2].对于照明系统的设计需要考虑多种因素,其中有光源的种类、光源的照明结构、照明方式以及被测物体的光学特性、背景特性等.多目视觉检测技术是通过多个 CCD 传感器,从不同的角度获取同一目标的不同角度的图像,并对多幅图像进行匹配、分割、相减等处理技术获取目标信息的一种图像处理技术,获得的图像质量是影响多目视觉检测技术的重要因素,因此对照明子系统的要求更高.

所研究的产品类型为圆片形的产品,其规格直径为 5~30 mm.根据企业提供的样品情况,研究系统需要检测和识别的 6 种常见的工件表面缺陷类型及其轮廓,如:掉角、麻坑、砂眼、裂纹、刀痕及划痕.由于工件的材料具有较强的反射性,缺陷的种类具有多样性,这就要求设计照明系统时需要考虑以下因素.

(1)金属电镀表面的反射率很高,接近于镜面反射,如此高的反射率会使得面阵 CCD 光敏面上的曝光量超过其饱和曝光量,所成画面亮度失真,淹没所要检测的缺陷信息.

(2)表面几何形状复杂,缺陷种类多,因此照明光源必须能够满足对各种缺陷的表现都好,不能丢失信息.

(3)要保证被检测区域得到稳定均匀的照明.

由于钹铁硼工件表面对光的反射主要有镜面反射和漫反射,所以要想有效地检测出各种类型的缺陷,光源的照明结构应该采用明、暗域结合的方式.明域配置主要适于检测反射和吸收光线的缺陷类型,对应的缺陷是亮背景暗目标,如表皮分层、锈斑、凹坑等明域缺陷,而暗域配置主要适于检测明亮工件表面上散射光线的缺陷类型,对应的缺陷是暗背景亮目标,如划痕、孔洞、针眼等为暗域缺陷^[3].

以 5 W 高性能大功率 LED 为基础,应用透镜成像的基本原理,引入适当的折射、反射元件组成折反射式光学系统,得到高效、稳定的平行光,采用明、暗域照明相结合的方式采集图像信息,得到实验结果,验证了光源的种类、光源的照明结构、照明方式以及被测物体的光学特性、背景特性等是影响多目视觉检测的重要因素,为该技术的应用、推广提供了实验依据.

1 光学系统设计

1.1 设计原理

多目视觉检测系统要求提供不同的图像信息以完成后继的处理任务,而多个相机进行采集的时候必然需要选择不同的角度,经过被检测物体反射以后的光线能否进入或者进入相机的多少决定采集质量.平行光可以与相机的采集方向一致,并且通过反射后依然可以与相机采集方向保持一致,这样可以提高光线的利用率,同时平行光具有均匀、稳定的特点能够提高图像的质量,因此选择平行光照明.照明光路设计的基本原理如图 1 所示.

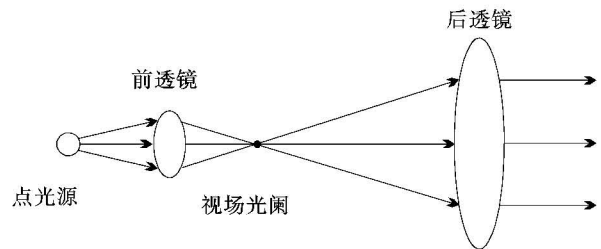


图 1 照明光路

光学原理:将发光的 LED 光源近似看成点光源,放在前透镜的 2 倍焦距处,发出的光经过放在前透镜后 2 倍焦距也是后透镜焦距处的视场光阑的过滤,经过后透镜后可得到均匀的平行光.鉴于该缺陷检测系统机械结构的实际尺寸、被检测工件的大小、类型等要求该光学系统长度不得超过 30 cm,光斑直径大小不低于 40 mm.

1.2 参数选择

1.2.1 光源选择

目前视觉检测系统中先进的照明方式为采用 LED 的照明光源,因为 LED 发光效率高、体积小、发热少、功耗低、发光稳定、寿命长,更为关键的是 LED 光源近似可以看成点光源,通过光学系统可以成为平行光,符合设计要求.经过此光学系统,光路有很大程度上的损失,要想得到较大光强必须选择大功率 LED 作为照明光源.选择美国 CREE 5 W 大功率 LED 作为照明光源,5 W 大功率 LED CREE-P4-WC 主要技术指标如下:

(1)光通量:70~90 LM/W,140~160 LM/3W.

(2)正常工作电流:350~700 mA,700 mA工作时光通量是350 mA工作时的1.65倍,最大支持1 000 mA.

(3)1 000 h光衰减小于0.5%(350 mA, $T_a = 25^\circ$), 5×10^4 h光衰减小于30%(350 mA, $T_a = 25^\circ$).

1.2.2 焦距与光圈设计

焦距主要反映镜头视角的大小,视野范围与视点间形成的一个假想的锥体为视角.镜头的焦距与视角、视野成反比,与影像放大率成正比,即焦距越长视角越窄,视野范围越小,该镜头所拍下的景物空间范围越小,越狭窄,景物所成影像越大.反之,焦距越短,视角越宽,视野范围越大,所拍景物空间范围越大,越广阔,景物所成影像越小.

光圈是用来控制光线透过镜头,进入感光面光量的装置,光圈 F 值愈小,在同一单位时间内的进光量便愈多.当外界光线较弱时,就要求光圈大些;反之,就要求光圈小些.它通常通过镜头焦距和镜头口径的大小来表示,光圈值 $F = \text{镜头的焦距 } f / \text{镜头口径的直径 } d$.

根据设计要求,选定前透镜焦距为12 mm,镜头口径为12 mm.根据光学原理及其设计要求对于后透镜有: $2f_1/f_2 = d_1/d_2 = d_1/40$.这样得到 $f_2 = 80$ mm, $d_2 = 40$ mm.根据透镜实际型号,选取 $f_2 = 100$ mm, $d_2 = 54$ mm.最终确定后透镜焦距为100 mm,口径为54 mm.这样将透镜放在光源右侧24 mm处,在透镜后24 mm处光线再次汇聚,得到近似理想的点光源.该位置恰为后透镜的焦点处,经过后透镜的发散作用实现平行光,光斑直径为40 mm.为了提高光学系统成像质量,在光路中加入了视场光阑.该视场光阑的孔径大小为1 mm,它的主要作用是:①控制照明光束的大小,使所观察的视域范围能获得均匀的照明;②控制杂散光在成像光路系统中的影响,特别是免除杂散光对于成像系统的干扰,改善成像质量.

2 照明系统总体结构

根据以上分析,设计的照明系统的总体结构如图2所示.

该照明系统主要由光学系统和3个相机组成.其中LED发出的光经过光学系统成为平行光,该平

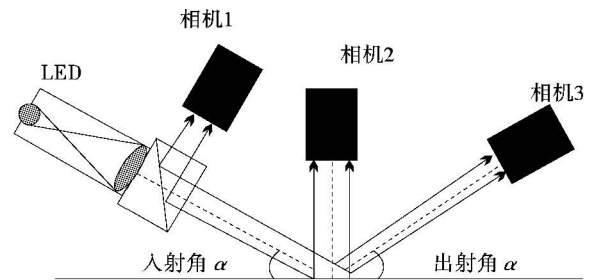


图2 照明系统结构

行光照射在被检测物体表面,经过反射分别进入3个相机.其中对于相机3光线的人射角等于出射角,实现的是明域照明,得到的图像的信息与工件实际形状有偏差,由圆形变为椭圆形.设被检测工件的直径为 d ,平行光轴线与水平方向夹角为 α ,则相机3采集到的图像为椭圆形,其长轴为 $d/\cos\alpha$,短轴为 $d\cos\alpha$.相机2位于被检测物体的正上方,实现暗域照明,它得到的图像信息与被检测物体的实际信息吻合.相机1和光源系统结合在一起,光线经过被检测物体表面的反射和棱镜的反射进入镜头,实现暗域照明,得到的图像的信息与工件实际形状有偏差,由圆形变为椭圆形.其长轴为 $d/\cos\alpha$,短轴为 $d\cos\alpha$.在实验过程中3个相机及其光源的位置是可以调节的,入射角和反射角也可以在 $0 \sim 90^\circ$ 之间调节,这样可以控制进入相机的光线多少,控制3个相机的成像质量,但必须保证出射角 = 入射角.在文中,选择出射角 = 入射角 = 60° 完成实验.

3 驱动电路设计

3.1 设计方案

文中采用5 W、700 mA的大功率LED作为系统的照明光源,具有发光效率高、节能、发光强度稳定的优点,但在图像处理、分析和检测等方面,光源的稳定度对测试系统的性能起着至关重要的作用.因此供电电源的稳定性以及驱动电路的好坏对LED的工作特性有很大影响,需要一个精密的恒流源来供电.同时为了精确地反映光强对实验效果的影响程度,要求设计的恒流源的输出电流是可以调节的,根据以上要求采用了以下设计方案,如图3所示.

HV9910是一款高效恒流驱动IC,具有高于

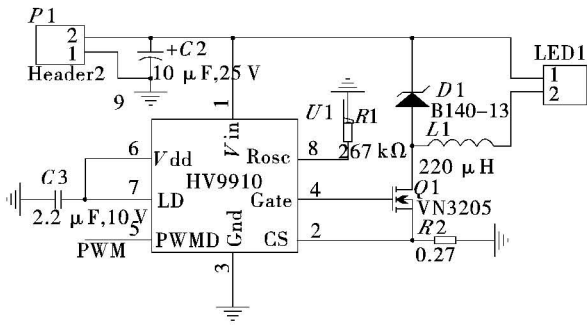


图 3 恒流源驱动电路

90% 的效率; 8~450 V 的宽输入电压范围; 输出电流可以从毫安级到 1 A 的应用范围. 该驱动电路采用降压型的能量转换拓扑结构, 通过控制 MOS 管的导通、关闭完成上电、放电过程获取恒定电流, 该电流值由外部电阻值决定, 最高可达 1 A.

3.2 调光方式

LED 的光输出通过调整 LED 电流的开通和关断时间来实现, 即从 IC 外部引入 PWM 信号, 实现 LED 的亮度在 0~100% 之间的调节. 该 PWM 调光模式的成败取决于该外部信号. 在该模式下, LED 电流处于 2 种状态: 关闭状态和名义上被 RSENSE 电阻设定的电流值状态. 在这 2 种状态之间 LED 的平均亮度均不可能超过被设定的极限状态下的亮度 (即占空比为 100% 状态). 故 LED 的亮度就可以在 0~100% 之间调节了, 由于设定该电路最大电流值为 800 mA, 这样就实现了该恒流源驱动电路在 0~800 mA 之间的连续变化, 如图 4 所示.

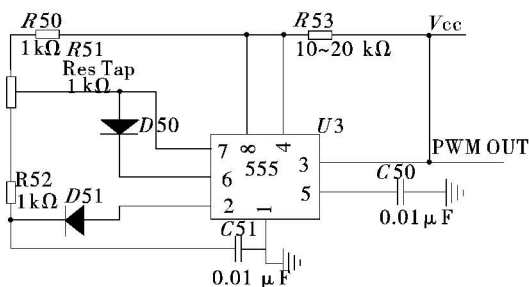


图 4 PWM 调光方式

4 实验设计及其分析

4.1 实验设计

实验原理: 在实验系统的平台下, 利用平行光对

其被检测物进行照明, 应用 3 个相机分别从不同角度对其表面信息、轮廓信息进行采集, 获取被测物体的明域信息和暗域信息, 得到实验数据.

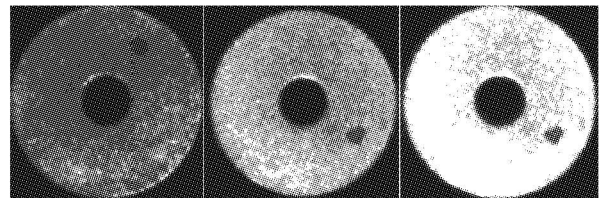
实验装置: 机械架构、光源系统、驱动电路、相机、图像采集卡、PC 机、计算机操作系统、图像处理软件、程序设计语言.

实验目的: 获取实验数据, 分析外界环境变化时采集效果的变化.

实验条件: 晚上实验室内, 关闭日光灯, 无其他杂光条件下.

对比实验设计:

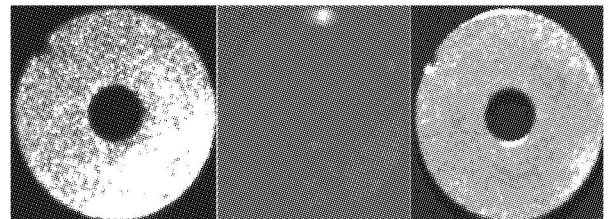
(1) 光强改变对实验结果的影响. 在黑色背景下, 改变驱动电流的大小, 从而改变光强强度, 观察实验结果. 如图 5 所示.



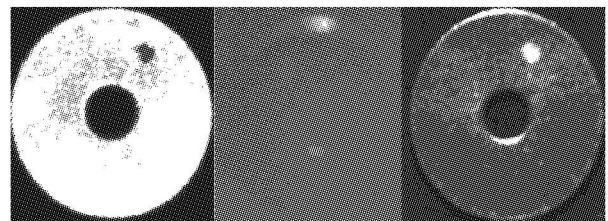
(a)驱动电流15 mA (b)驱动电流35 mA (c)驱动电流55 mA

图 5 光强变化

(2) 改变缺陷类型时对实验结果的影响. 在黑色背景、35 mA 驱动电流下采用相同的实验材料, 改变材料的缺陷类型 (如刀痕, 掉角, 划痕) 观察实验结果. 如图 6 所示.



(a)掉角



(b)麻坑

图 6 缺陷类型变化

(3)背景颜色改变时对实验结果的影响.在驱动电流值 35 mA 下,采用不同的实验颜色背景(黑色、红色、蓝色)观察实验结果.如图 7 所示.

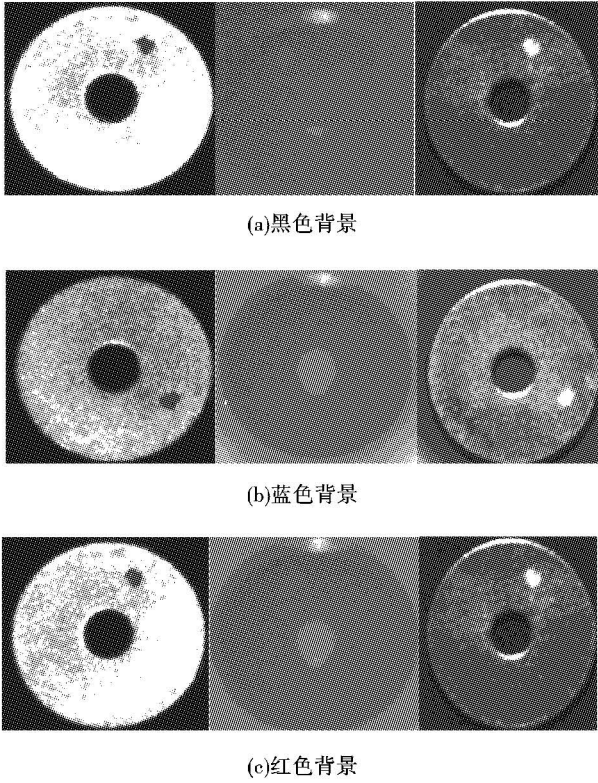


图 7 实验背景变化

实验结论:光源亮度、缺陷类型、几何形状以及背景颜色是影响多目视觉检测系统采集图像质量的重要因素.

4.2 数据处理

图 8 是 3 个相机在不同电流下检测到的图像信息,其中每组中左边图为电流 750 mA 下的图像信息,右图为电流为 112 mA 下的图像信息.

现在选取图 8c 应用差分技术进行处理.

$$(1) \text{Pixels(Differential)} = \text{Pixels}(750 \text{ mA}) - \text{Pixels}(112 \text{ mA});$$

$$(2) \text{Pixels(Adding)} = \text{Pixels}(750 \text{ mA}) \times 1.3 + \text{Pixels}(112 \text{ mA});$$

最终处理结果如图 9 所示.

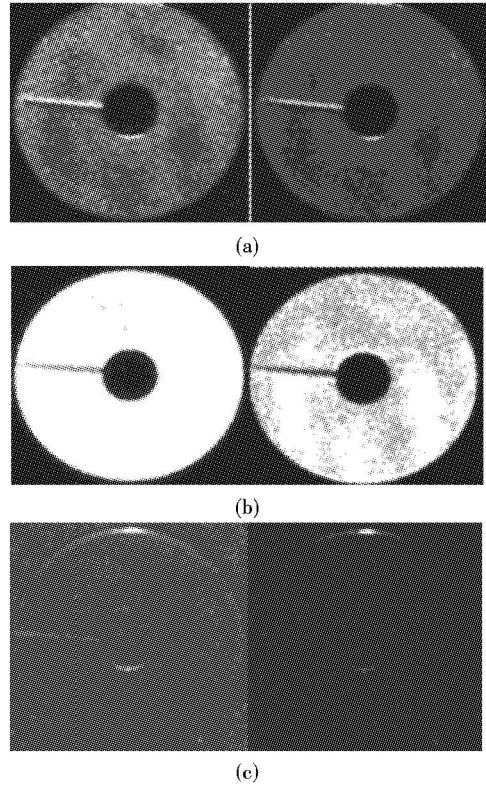


图 8 驱动电流 750 mA、112 mA 下的实验数据

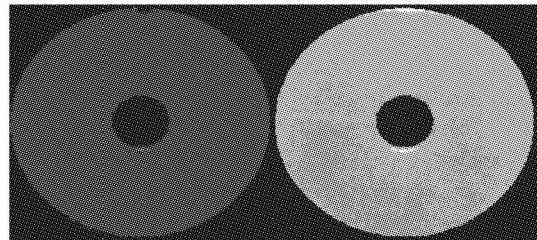


图 9 驱动电流 750 mA、112 mA 下的实验结果

5 结 论

主要完成了对多目视觉检测系统中光源、照明系统、以及驱动电路的分析、设计,同时搭建实验平台,进行实验获取数据并进行简单处理.并对该多目视觉检测系统的应用环境、抗干扰性以及软件处理算法进行深入研究,提高系统测量精度和抗干扰能力.

参考文献

[1] N Aleixos, J Blasco, F Navarron. Multispectral inspection of citrus in real-time using machine vision and digital signal processors[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2002, 33: 121 - 137.

(下转第 24 页)

3 结 论

根据广义惠更斯-菲涅耳原理,对 TEM_{00} 基模和 TEM_{10} 模厄米-高斯光束在大气中的传输进行了计算,系统地分析了厄米-高斯光束经大气传输后,到达接收面的光强分布特性.分析结果表明,一旦了解激光束的特征参量和大气传输效应的参量,就可以确定激光束经大气随机信道传输后的激光远场光强分布特性.

参考文献

- [1] 吴思汉.舰船无线激光通信[J].激光与红外,2003,33(2):91-93.
- [2] C Y YOUNG, Y V GILCHREST, B R MACON. Turbulence induced beams spreading of higher order mode optical waves[J]. Opt. Eng., 2002, 41(5): 1097-1103.
- [3] H T EYYUBOGLU. Propagation of Hermite-cosh-Gaussian laser beams in turbulent atmosphere[J]. Optics Communications, 2005, 245(1-6): 37-47.
- [4] 杨瑞科, 马春林, 韩香鹅, 等. 激光在大气中传输衰减特性研究[J]. 红外与激光工程, 2007, 36(增刊): 415-418.
- [5] 孙景群. 激光大气探测[M]. 北京: 科学出版社, 1986, 1-40.
- [6] 李鑫, 张兴周, 吕科. 舰船激光通信中大气湍流对信道的的影响[J]. 应用科技, 2008, 35(4): 14-17.
- [7] 戴福山, 李有宽. 利用气象要素估算海洋大气近地层光学湍流[J]. 光学学报, 2007, 27(2): 191-196.
- [8] 张恩涛, 季小玲, 吕百达. 大气湍流对厄米-高斯光束质量的影响[J]. 光电工程, 2006, 33(3): 28-31.
- [9] 周中亮. 高斯光束大气传输规律的数值分析[J]. 激光技术, 2009, 33(1): 110-112.
- [10] Comparison of Capacitive and Feedback-Interferometric Measurements on MEMS [C]//Journal of Microelectromechanical Systems, 2001.
- [11] 章秀华, 杨坤涛. 基于最大熵原则和灰度变换的图像增强[J]. 光电工程, 2007(2).
- [12] Christian Rembe, Rishi Kant, Richard S Muller. Optical Measurement Methods to Study Dynamic Behavior in MEMS [C]//JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEM, 2000.
- [13] Christian Rembe, Bernd Tibken, Eberhard P Hofer. Analysis of the Dynamics in Microactuators Using High-Speed Cine Photomicrography [C]//Journal of Microelectromechanical Systems, 2001.
- [14] Matthew R Hart, Robert A Conant, Kam Y Lau, et al. Stroboscopic Interferometer System for Dynamic MEMS Characterization [C]//Journal of Microelectromechanical Systems, 2000.
- [15] 靳志光, 卫建东, 张冠宇. 图像全站仪影像测量精度的测试与分析[J]. 测绘通报, 2008(2).
- [16] 王保丰, 唐歌实, 李广云. 一种月球车视觉系统的匹配算法[J]. 航空学报, 2008(1).
- [17] 宋丽梅, 周兴林, 徐可欣. 基于单幅测量图像的三维缺陷检测技术[J]. 光学学报, 2005(9).

(上接第 5 页)

- [2] 图像和机器视觉产品手册[S]. 北京凌云光视数字图像技术有限公司, 2005.
- [3] 张洪涛. 钢板表面缺陷在线视觉检测系统关键技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2008.
- [4] Ben Dawson, Simon Melikian. Application Machine Vision to Verification and Testing [C]//SME Technical Paper, Second Quarter 2004: 1-13/190.
- [5] Sun Dandan, Yang Yongying, Wang Fengquan, et al; Microscopic scattering imaging system of defects on ultra-smooth surface suitable for digital image processing [C]//Proc. SPIE, 2005.
- [6] Wang Fengquan, Yang Yongying, Sun Dandan, et al; Digital realization of precision surface defect evaluation system [C]//Proc. SPIE, 2005.
- [7] 邢汝佳. 基于 CMOS 图像传感器的成像系统研究[D]. 西安: 中国科学院研究生院(西安光学精密机械研究所), 2007.
- [8] Daniel J Burns, Herbert F Helbig. A System for Automatic Electrical and Optical Characterization of Microelectromechanical Devices [C]//Journal of Microelectromechanical Systems, 1999.
- [9] Valerio Annovazzi-Lodi, Sabina Merlo, Michele Norgia.