

荧光成像无损显现纸张潜指印研究

李红霞 钮洁青 陈敬蓉 宋寒松 曹 静

上海海潮新技术研究所, 上海 200070

摘要 荧光成像技术是无损检测潜在指印的重要技术手段。针对纸张类检材表面遗留潜在指印,采用紫外激光器作为激发光源,检材热处理技术与荧光成像技术相结合。实验控制检材热处理温度与时间,增强遗留指印物质成分受激发射荧光强度,减弱或消除背景荧光干扰,提高指印纹线与背景的亮度反差。利用荧光成像技术,实现了常用书写纸表面遗留的潜在新鲜混合指印、汗迹指印及陈旧性指印的显现与提取,为热处理技术与荧光成像技术无损显现纸张潜指印的应用提供了实验依据。

关键词 光谱学; 荧光成像; 指纹识别; 本征荧光; 热处理; 滤光片

中图分类号 TN23 **文献标识码** A

doi: 10.3788/LOP53.023002

Noninvasive Detection of Latent Fingerprints on Papers Using Fluorescence Imaging Technique

Li Hongxia Niu Jieqing Chen Jingrong Song Hansong Cao Jing

Shanghai Haichao Institute for New Technologies, Shanghai 200070, China

Abstract Fluorescence imaging technique is an important technique for noninvasive detection of latent fingerprints. An ultraviolet (UV) laser is used as excitation light source, and the thermal treatment technique and the fluorescence imaging technique are combined to noninvasively detect and show the latent fingerprints on the surface of porous papers. By controlling the heating temperature and time in the thermal treatment period, the brightness contrast between fingerprints and background is increased, and the fresh and aged latent fingerprints on the paper surface are noninvasively detected and shown by using the fluorescence imaging technique. The study provides experimental guidance for the application of thermal treatment and fluorescence imaging techniques in the field of latent fingerprint detection.

Key words spectroscopy; fluorescence imaging; fingerprint identification; intrinsic fluorescence; thermal treatment; filter

OCIS codes 300.2530; 250.5230; 300.6540

1 引言

指印作为人身统一认定的最直接、可靠的证据之一,在物证之中居于重要地位,而指印显现检验作为一种传统、基础的人身识别方法,已经成为揭露、证实犯罪和甄别犯罪嫌疑人的重要手段,并在案件侦查中发挥重要作用。

随着科技的不断发展,各种各样的纸张作为信息载体,应用到生活中的各个方面。由于经接触并遗留在纸张上的指印绝大多数为潜在指印,在可见光照射下,直接用肉眼观察或拍照会模糊不清或不可见,因此如何将潜在指印显现或增强成清晰可见指印,显现提取方法是否得当,直接关系到指印显现效果及后续利用与鉴定的价值。传统的指印显现方法,如利用粉末或碘熏技术的物理显现方法,使用茚三酮、1,8-二氮芴-9-酮(DFO)或生物成分(京尼平、指甲花醌等)的化学生物显现法^[1],因为使用有机溶剂导致检材原貌、文字信息等受损,影响其作为文件检验检材的价值。基于各种光学检验原理与技术^[2-3]的光学显现方法,如光谱成像方法^[4-5],可应用光谱成像拍照检测常见客体上遗留的潜在指印;各种相干成像检测技术^[6-8],可在不破坏检材的情况下,对各

收稿日期: 2015-07-16; 收到修改稿日期: 2015-08-10; 网络出版日期: 2016-01-08

基金项目: 上海市科学技术委员会浦江人才计划(11PJ1431000)

作者简介: 李红霞(1978—),女,博士,副研究员,主要从事光学痕量物证检验技术方面的研究。E-mail: lihongxia@siom.ac.cn

种非渗透性检材表面遗留的潜在指印实现快速、无损显现提取,而对纸张类检材的效果较差。

目前对纸张潜指印的无损显现提取,多采用荧光成像技术^[9],即利用指印遗留物质中某些成分在光源照射下光致激发出特定波长荧光的特性,减弱或消除指印背景上的图案和其他细节干扰,增加指印纹线与背景的亮度反差,通过荧光成像实现对潜在指印的无损查找和显现。该技术对纸张潜指印的显现效果主要受到激发光源、物质荧光与背景荧光波段及强度等因素的影响。利用指印形成物质在高温热处理后特有的荧光特性,Dominick等^[10-11]对纸张表面潜在指印的热处理荧光现象进行了研究,齐宇颂等^[12-13]也通过模拟汗迹指印物质成分配制水溶液,利用高温加热方法,对指印荧光的显现效果进行了实验分析。但对于自然遗留于纸张表面潜在指印的无损显现提取及装置,目前国内报道并不多见。

本文针对遗留在纸张类检材表面的潜在指印,采用紫外激光激发荧光成像技术与热处理荧光成像技术,实验研究激发光源、热处理时间、温度对纸张潜指印荧光成像显现的影响,设计并搭建热处理装置与荧光成像系统,实现了常规书写纸张表面自然遗留的潜在指印的快速、无损显现提取。

2 原理与设计

荧光成像技术是以特定光源激发物质成分产生荧光,并利用摄影装置将物质产生荧光的亮度分布记录提取的一种技术方法。

潜在指印形成物质中99%的成分是水,水分蒸发后留下的沉淀物中部分为无机物,如氯化钠、尿素、钙盐等,另有部分为少量复杂的有机成分,如氨基酸、乳酸、脂肪酸、维生素等。在这些遗留的少量有机物质中,氨基酸中具有共轭双键的色氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸具有紫外吸收能力^[14],最大吸收波长分别在257、275、280 nm处,受激发射本征荧光波段范围为330~380 nm^[15]。

纸张由植物纤维、填料、胶料、色料等组成,纸张填料及荧光增白剂存在的固有荧光波段在室温条件下较宽,覆盖340~570 nm波段,与指印物质成分受激发射本征荧光光谱范围相叠加,因此纸张固有荧光背景的存在影响了指印物质中激发的荧光提取与成像显现效果。而纸张荧光波段范围在200℃以上逐渐变窄,向蓝光波段偏移,大致为390~515 nm波段,因此采用加热处理及滤波技术,可有效消除纸张背景荧光对指印荧光成像的噪声影响^[10-11]。

实验中,纸张检材经加热处理,采用紫外激光及多波段光源为激发光源,利用荧光成像系统,实现纸张潜指印的无损查找与显现。荧光成像无损显现纸张潜指印技术路线如图1所示。

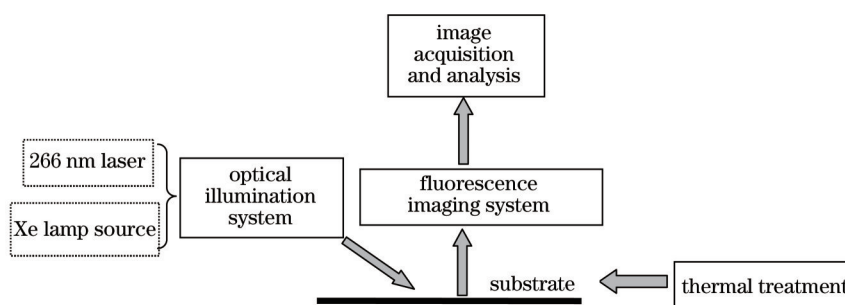


图1 技术路线图

Fig.1 Technology scheme

该实验装置主要由热处理装置、激发光源、荧光成像系统及图像采集系统组成。经加热装置热处理纸张检材,在紫外激光及多波段光源照射激发下,指印物质成分及检材受激发射固有荧光,经荧光成像系统,实现潜指印图像的观察与采集处理。

3 实验与结果

3.1 热处理装置

实验中采用的检材热处理装置为自行研制的扫描加热装置,加热方式为陶瓷加热。纸张检材置于加热装置载物台,通过调整加热陶瓷扫描速度、行程及扫描次数,控制检材加热时间,且加热温度在200℃~500℃范围内连续可调。

3.2 荧光成像系统

指印物质成分与检材受激发射荧光图像通过荧光成像系统进行观察与采集处理,结构示意图与装置图如图2、图3所示。该成像系统由滤光片、物方镜头、图像探测器及图像采集软件组成。激发光源为266 nm Nd:YAG紫外固体激光器,平均输出功率为100 mW,氙灯多波段光源200~800 nm可调输出。在紫外荧光成像部分,采用有色光学玻璃带通滤光片,中心波长为350 nm,且在320~380 nm范围内透射率大于60%,在可见荧光成像部分采用530 nm长通滤光片,荧光成像观察效果最佳。

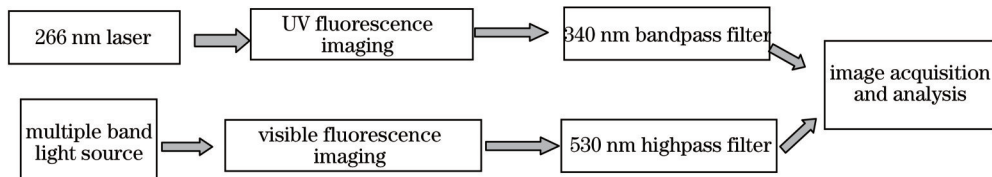


图2 荧光成像系统示意图

Fig.2 Scheme of fluorescence imaging system

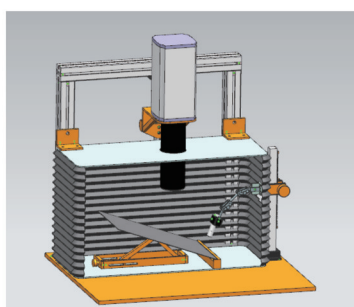


图3 荧光成像装置

Fig.3 Setup of fluorescence imaging system

3.3 实验与结果

实验中采用检材为常用书写纸,为模拟实际案例,通过适度摁捺的方式,在其表面形成油脂及汗迹油脂混合型指印。首先,将检材置于荧光成像系统载物平台,调整紫外激光输出功率及入射角度,移动检材,利用紫外荧光成像系统,寻找并监测指印的显现情况,接收记录可显现指印图像。然后将被检样品取出,置于预加热装置载物平台,控制加热温度与时间,对纸张检材进行加热处理,并利用荧光成像系统观察并记录处理后检材表面指印的荧光图像;反复调整检材加热温度与时间,并记录处理后的指印荧光图像,直至纸张颜色变黄损坏。

实验发现,对于遗留在纸张表面的油脂及混合新鲜指印,采用紫外激光器为激发光源,利用紫外荧光成像技术,无需加热处理,可实现初步的快速、无损查找与成像提取,效果较好,如图4(a)所示。但是对于纯汗迹指印或遗留时间较长的指印,由于指印遗留物质成分及检材长时间的渗透作用,指印形成物质紫外激发荧光强度较低,受检材背景荧光影响,对比度较低,显现提取效果较差,如图4(b)所示。

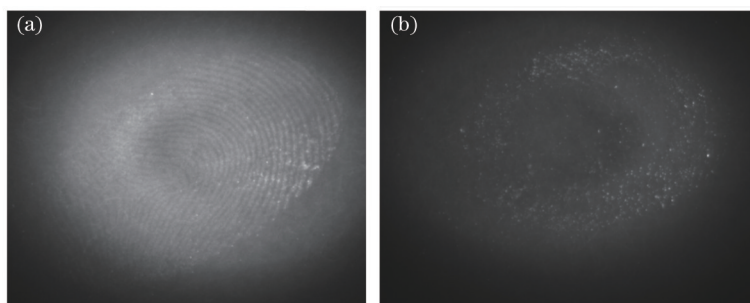


图4 打印纸表面遗留的潜指印紫外荧光图像。(a)新鲜潜指印;(b)陈旧潜指印

Fig.4 UV fluorescence image of latent fingerprints on the printing paper surface. (a) Fresh fingerprint; (b) aged fingerprint

针对纸张表面遗留的汗迹及陈旧性指印,采用热处理装置对纸张检材进行加热处理,经中心波长为475 nm、带宽为60 nm的蓝光激发,530 nm长通滤光片滤光,并利用可见荧光成像系统反复观察并记录处理

后检材表面指印的荧光图像。结果发现,在不破坏纸张的前提下,经 220 °C 高温短暂处理后,汗潜指印在中心波长为 475 nm 的蓝光照射下受激发射荧光,经 530 nm 长通滤光镜及成像系统,可见明亮的指印条纹,如图 5(a)所示;持续加热处理后,在自然光条件下纹线依稀可见,如图 5(b)所示;继续加热,纸张颜色开始发黄,纹线消失,检材被破坏。其中,经高温短暂处理且指印纹线可显检材,经 DFO 试剂处理熏显,仍可获得清晰的指印纹线,如图 5(c)所示,短暂高温热处理并未破坏检材样品,且对其他传统显现方法对指印的后续显现提取没有产生明显的影响。



图5 纸张检材表面遗留潜指印的(a) (b)热处理荧光图像与(c)后续 DFO 显现图像

Fig.5 (a) (b) Fluorescence images of latent fingerprints on paper surface after thermal treatment and (c) followed image treated by DFO

提高荧光成像无损显现纸张潜指印清晰度及灵敏度的关键是提高荧光强度及消除背景干扰,增大对比度。利用指印形成物质成分在紫外光波段固有吸收激发荧光特性,采用输出光辐射方向和能量高度集中的激光器作为激发光源,可以提高指印形成物质受激发射荧光强度,得到较为清晰的指印发光图像,有效提高潜在指印的检测率。另一方面,针对指印形成物质较少的汗迹指印及陈旧性指印,利用热处理技术与荧光成像技术相结合,通过滤光片的选择有效消除纸张背景荧光干扰,增大纹线图像对比度,提高纸张潜指印的无损显现效果。实验发现,纸张检材材质特性、不同指印形成个体的差异对最佳热处理温度、时间有较大的影响,这将在以后的工作中进行进一步探索,研究可检测纸张类型及提升可检指印的显现效果。

4 结 论

采用荧光成像技术显现纸张表面遗留的潜在指印,无需使用任何化学试剂预处理,是一种非破坏性的无损检验方法。利用紫外激光器作为激发光源,检材热处理技术与荧光成像技术相结合,可以有效提高遗留指印物质成分受激发射荧光强度,降低背景干扰,增强对比度,提高纸张潜指印显现清晰度与可检度。采用 266 nm 紫外固体激光器作为激发光源,实验控制检材热处理温度与时间,利用荧光成像技术,实现了常用书写纸表面遗留的潜在新鲜混合指印、汗迹指印及陈旧性指印的显现与提取,为荧光成像技术无损显现纸张潜指印的应用提供了实验依据。

参 考 文 献

- 1 Han Junliang. Trace Inspection[M]. Beijing: China Democracy and Legal System Press, 2007.
韩均良. 痕迹检验[M]. 北京: 中国民主法制出版社, 2007.
- 2 Payne G A. A further study to investigate the detection and enhancement of latent fingerprints using visible absorption and luminescence chemical imaging[J]. Forensic Science International, 2005, 150(1): 33-51.
- 3 Zhu Lili, Li Hui. Imaging by optically scattering objects and absorption objects with ultrasound-modulated optical tomography[J]. Chinese J Lasers, 2015, 42(2): 0204001.
朱莉莉, 李 晖. 散射体和吸收体的超声调制光学成像[J]. 中国激光, 2015, 42(2): 0204001.
- 4 Crane N J. Infrared spectroscopic imaging for noninvasive detection of latent fingerprints[J]. Journal of Forensic Science, 2007, 52(1): 48-53.
- 5 Tahtouh M. The application of infrared chemical imaging to the detection and enhancement of latent fingerprints: Method optimization and further findings[J]. Journal of Forensic Science, 2007, 52(5): 1082-1096.
- 6 Wang Ling, Zhu Hailong, Tu Pei, *et al.*. High-speed three-dimensional swept source optical coherence tomography system based on LabVIEW[J]. Chinese J Lasers, 2014, 41(7): 0704001.
王 玲, 朱海龙, 涂 沛, 等. 基于 LabVIEW 的高速三维扫频光学相干层析成像系统[J]. 中国激光, 2014, 41(7): 0704001.
- 7 Nan Nan, Bu Peng, Li Zhongliang, *et al.*. Full-range Fourier domain Doppler optical coherence tomography based on

- sinusoidal phase modulation[J]. Chinese J Lasers, 2014, 41(2): 0204001.
南楠, 步鹏, 李中梁, 等. 正弦相位调制全深度频域多普勒光学相干层析成像技术[J]. 中国激光, 2014, 41(2): 0204001.
- 8 Zhang Xianling, Gao Wanrong, Chen Chaoliang, *et al.*. Extraction and compensation for depth-resolved phase error in spectral domain optical coherence tomography[J]. Chinese J Lasers, 2014, 41(2): 0204002.
张仙玲, 高万荣, 陈朝良, 等. 谱域光学相干层析成像中深度分辨相位误差提取及补偿[J]. 中国激光, 2014, 41(2): 0204002.
- 9 Ma Rongliang, Chang Bainian. Development of fingerprint by inherent fluorescence[J]. Forensic Science and Technology, 2001, (6): 17-18.
马荣梁, 常柏年. 手印固有荧光的检测[J]. 刑事技术, 2001, (6): 17-18.
- 10 Dominick A J, Daeid N N, Bleay S M. The recoverability of fingerprints on paper exposed to elevated temperatures - part 1: Comparison of enhancement techniques[J]. Journal of Forensic Identification, 2010, 59(3): 325-339.
- 11 Dominick A J, Daeid N N, Bleay S M, *et al.*. The recoverability of fingerprints on paper exposed to elevated temperatures - part 2: Natural fluorescence[J]. Journal of Forensic Identification, 2010, 59(3): 340-355.
- 12 Qi Yusong, Luo Dun, Peng Ying. Study of the detection of latent fingerprint on papers using thermal development method [J]. Journal of People's Public Security University of China (Science and Technology), 2013, (3): 1-5.
齐宇颂, 罗顿, 彭颖. 纸张上汗潜手印的热显法研究[J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版), 2013, (3): 1-5.
- 13 Qi Yusong, Luo Dun, Lin Zhendeng, *et al.*. Study of the thermal fluorescence reaction of latent fingerprint on the papers[J]. Journal of China Criminal Police University, 2013, (2): 29-31.
齐宇颂, 罗顿, 林贞登, 等. 纸张上汗潜手印的热显荧光反应研究[J]. 中国刑警学院学报, 2013, (2): 29-31.
- 14 Xu Ao, Xiong Chao, Zhang Pei, *et al.*. Research on dual-channel detection technology of bio-aerosols with intrinsic fluorescence measurement[J]. Acta Optica Sinica, 2013, 33(8): 0812005.
徐傲, 熊超, 张佩, 等. 基于本征荧光测量的双通道生物气溶胶检测技术研究[J]. 光学学报, 2013, 33(8): 0812005.
- 15 Cai Shuyao, Zhang Pei, Zhu Linglin, *et al.*. Research on detection technology of bio-aerosols with tryptophan intrinsic fluorescence measurement[J]. Acta Optica Sinica, 2012, 32(5): 0512009.
蔡淑窈, 张佩, 朱玲琳, 等. 基于色氨酸本征荧光测量的生物气溶胶检测技术研究[J]. 光学学报, 2012, 32(5): 0512009.

栏目编辑: 吴秀娟