

紫外激光无损检测潜在指纹技术研究

李红霞 钮洁青 黄云刚 毛林杰 陈敬蓉

(上海海潮新技术研究所, 上海 200070)

摘要 潜在指纹的显现是物证检验技术中的关键问题之一,而紫外(UV)照相技术是显现潜在指纹等隐性痕迹物证的重要技术手段。采用 266 nm 紫外固体激光器为激发光源,利用人体指印固有物质成分对紫外光具有特殊的吸收、反射、散射及荧光特性,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,显出或增强潜在指印。通过紫外反射照相及紫外固有荧光照相技术,分别实现了对彩色杂志纸张、玻璃、电话背面、木纹桌面油漆面 4 种非渗透性物证检材及牛皮纸信封、便签纸 2 种渗透性物证检材表面遗留的新鲜及陈旧潜在指印的无损检测显现,并具有鉴定价值。

关键词 光谱学;紫外激光;指纹识别;照相系统;固有荧光;变像管;滤光片

中图分类号 TN23 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/LOP48.092501

Noninvasive Detection of Latent Fingerprints Using Ultraviolet Laser

Li Hongxia Niu Jieqing Huang Yungang Mao Linjie Chen Jingrong

(Shanghai Haichao Institute for New Technologies, Shanghai 200070, China)

Abstract Detection of latent fingerprints is one of the key problems in the forensic science area, and ultraviolet (UV) photography technology is an important method of latent fingerprints noninvasive detection. The 266 nm UV solid state laser is used as the excitation light source. According to the special absorption, reflection, scattering and fluorescence characteristics of fingerprint ridge residuals to UV light, and by using reflection photography and fluorescence photography technologies, fresh and old latent fingerprints on the surface of four types of non-absorbent objects (magazine cover, glass, back of cellular phone, wood desktop paintwork), and two types of absorbing objects (manila envelope and notebook paper) are noninvasively detected and revealed. The results have identification value.

Key words spectroscopy; ultraviolet laser; fingerprint identification; photography system; intrinsic fluorescence; image converter tube; filter

OCIS codes 250.0250; 250.5230; 300.0300; 300.2530; 300.6540

1 引言

指纹具有终生不变性,利用指纹的同一认定来揭露、证实犯罪和甄别犯罪嫌疑人是案件侦查中重要的技术手段,而现场指印的显现是获取犯罪物证的重要手段,也是指印技术中的关键问题。如果不能有效地显现出犯罪嫌疑人遗留在物证检材上的指印,指纹采获、分析、检索、鉴定等问题也就无从谈起。由于犯罪物证检材上遗留的指印绝大多数为潜指印,故研究潜指印显现技术是提高犯罪遗留物证指印的采集率和利用率的基本环节,同时也是指印技术领域的一个焦点问题。无损检测潜在指印由于具有不会对检材造成损坏的特点,不仅成为指印综合显现程序系统的第一步^[1],而且在国家特种部门某些特殊需求(无痕检测等)下的物证检材潜在指印检测中也发挥重要作用。潜在指印无损检测提取技术的研究在刑事科学、物证鉴定及痕迹检验领域具有重要的应用价值。

潜在指印无损显现主要采用光检验方法^[2~4],利用各种特定光源,通过指印纹线物质与物证检材背景物质对光谱的不同吸收和反射或不同的发光及退偏振性质,增加纹线与背景的亮度反差及减弱或消除指印背景上的图案和其他细节干扰,从而将指印显现出来。常用的检验方法有:光谱成像方法^[5~7]在不破坏检材的

收稿日期: 2011-02-27; **收到修改稿日期**: 2011-03-21; **网络出版日期**: 2011-06-30

作者简介: 李红霞(1978—),女,博士,工程师,主要从事有毒有害及痕量物证光学检测等方面的研究。

E-mail: hxli2008@gmail.com

情况下应用光谱成像拍照检测常见客体上遗留的汗潜指印;固有荧光检测法,可利用指纹沉积物固有荧光发光效率及荧光强度随温度降低而提高的原理,在低温状态下进行潜在指印的无损检测并提高指印显现的成功率^[8~10];各种配光照相检测技术等^[11]。

激光具有方向性强、光的亮度高和单色性好等优点。紫外(UV)固体激光器^[12,13]设备体积小、重量轻、输出光的单色性好、光能量强、光斑均匀。与目前我国各地刑侦部门广泛使用的多波段光源相比,利用紫外固体激光器作为光源进行潜在指印无损检测操作方便,能够清晰地分辨指纹纹线物质和检材物证表面对光反射方式的差异及指印物质受激发射出的特定波长的荧光,从而更容易地看清细节,减少误判、错判或遗漏,获得更有价值的物证。

本文利用 266 nm Nd:YAG 紫外固体激光器为激发光源,通过紫外反射照相和固有荧光照相检测技术,对不同性质检材客体表面遗留的潜在指印进行检测提取,并讨论在潜在指印的荧光检测中影响检测效果的各种因素及使用激光器作为激发光源的优势。

2 检测原理

潜在指印无损显现提取技术采用 266 nm 固体紫外激光器为激发光源,利用指印形成物质与背景物质在紫外波段的吸收、反射性能存在较大差异的特点,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,或者利用指印遗留物质中的某些成分在紫外激光照射下激发出特定波长荧光的特性,显现或增强潜在指印,通过紫外反射直接照相或紫外固有荧光照相技术,实现对潜在指印的无损查找和呈现。紫外激光无损显现潜在指印技术路线图如图 1 所示。

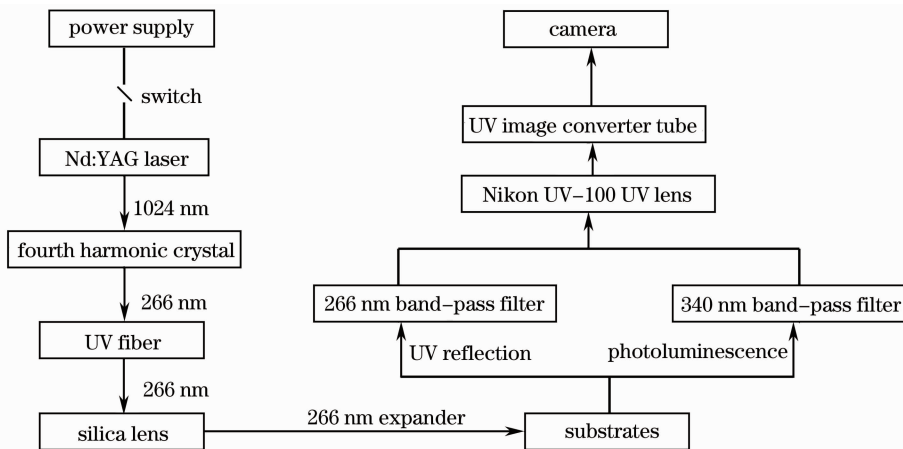


图 1 紫外激光无损检测潜在指印技术路线图

Fig. 1 Scheme of noninvasive detection of latent fingerprints using UV laser

该系统主要由紫外激光器、紫外石英耦合透镜、紫外传能光纤、紫外单色滤光镜、紫外光镜头、紫外变像管、照相机及相关电源和控制器组成。激发光源为 Nd:YAG 激光器。激光器输出四倍频 266 nm 激光经透镜耦合扩束、光纤整形传输后,均匀照射于检材物证表面。遗留在物证检材表面的潜在指印,根据物证检材性质(渗透性客体和非渗透性客体),分别采用紫外光反射直接照相及指印固有物质荧光观察照相两种方式,实现对潜在指印的无损查找和呈现。

3 实验

3.1 紫外反射直接照相

紫外反射直接照相是利用指印形成物质与背景物质对紫外激光的吸收和反射性能存在较大差异的特点,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,记录物体反射紫外线的亮度分布的方法。该方法主要用于检测玻璃、陶瓷、照片、塑料、油漆、光滑纸张、胶带等非渗透性客体表面的潜在指印。

在实验研究中,利用 266 nm Nd:YAG 紫外固体激光器作为激发光源,平均输出功率为 100 mW,对彩色杂志纸张、玻璃、电话背面、木纹桌面油漆面 4 种表面遗留的潜在指印进行无损显现检测。激光光束经指印形成物质及物证检材客体表面反射,中心波长 266 nm、带宽 30 nm 带通式干涉紫外滤光镜吸收检材反射的可见光及被紫外线激发所产生的荧光光束,而指印及其承载客体表面反射的紫外光束透过该滤光镜,其亮度分布由数码相机接收处理从而进行观察采集。实验结果如图 2 所示。

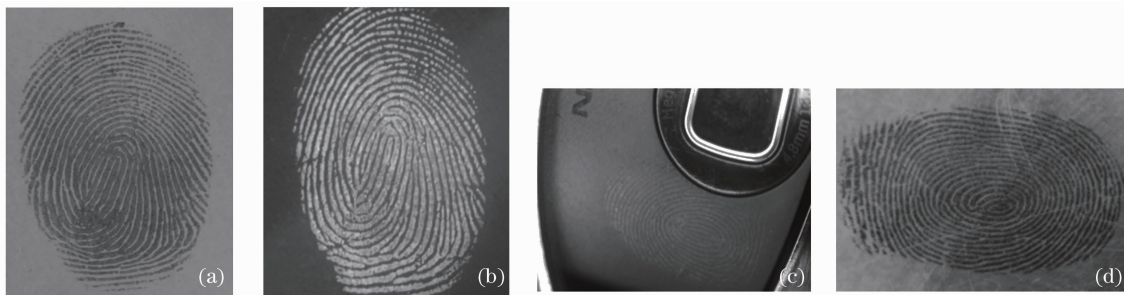


图 2 非渗透性物证检材彩色杂志纸张(a)、玻璃(b)、电话背面(c)、木纹桌面油漆面(d)表面潜在指印紫外激光反射成像图像

Fig. 2 UV reflection images of latent fingerprints on the surface of four types of non-absorbent objects as (a) magazine cover, (b) glass, (c) back of cellular phone and (d) wood desktop paintwork

实验表明,在利用紫外激光检测上述客体表面的潜在指印时,均获得良好的检测效果。而且由于激光具有很强的方向性,同时具有高亮度和单色性,在实际检测潜在指印时可以获得与多波段光源技术相比更好的反差、更小的背景干扰。

紫外反射照相法在显现提取非渗透性物证检材(玻璃、陶瓷、照片、塑料、油漆、光滑纸张、胶带等)表面的潜在指印时,可以获得良好的检测效果。但是针对遗留在渗透性客体(普通纸张、皮革制品、亚光涂料墙面等)表面的潜在指印,由于物证检材表面漫反射光线的影响,无法实现潜在指印的显现提取。而利用指纹沉淀物质的固有荧光与物证检材固有荧光差异,通过紫外荧光照相法则可以实现对渗透性客体表面潜在指印的无损显现提取。

3.2 紫外荧光照相

紫外荧光照相是紫外线为激发光源致使物质产生荧光,利用摄影装置记录并提取物质产生荧光的亮度分布。潜在指印形成物质所含有的有机化合物(如蛋白质、脂肪酸、油脂等)及汗液、维生素等在紫外光激发下会产生荧光,这是一种本征荧光。这种受激激发荧光是用来无损显现提取潜在指印的重要依据。

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复杂的有机成分,如氨基酸、乳酸、脂肪酸、维生素等。其中,氨基酸中具有共轭双键的色氨酸(Trp)、酪氨酸(Tyr)和苯丙氨酸(Phe)具有紫外吸收能力,最大吸收波长分别在 257, 275 及 280 nm 波段,受激发射荧光波段在 340~360 nm 范围。利用指印固有荧光波段带通式干涉紫外滤光镜吸收检材被紫外线激发所产生的荧光光束及反射的可见光,而指印固有荧光透过该滤光镜,其亮度分布由紫外变像管接收处理从而进行观察,并由数码相机进行图像的拍摄与采集。

在实验中,利用 266 nm 紫外固体激光器作为激发光源,采用紫外光致发光荧光照相技术对两种检材,即牛皮纸信封及普通便签纸检材表面遗留的新鲜及陈旧潜在指印进行了无损显现提取检测。激光器平均输出功率为 100 mW,带通式紫外干涉滤光镜中心波长为 340 nm,带宽为 30 nm,截止波长为 365 nm。

在牛皮纸信封表面及普通便签纸表面分别捺印汗潜指印数枚,为模拟实际案例,指纹均为中度压力形成。在指印样本捺印后的当天和第 10 天,利用 266 nm 紫外激光光源对遗留在两种牛皮纸信封及便签纸表面的潜在指印进行固有荧光检测。

图 3(a), (b) 分别为牛皮纸信封表面遗留的新鲜及 10 天后陈旧的指印固有荧光图像,检测结果为亮纹线深背景的指印图像,指印纹线较多、反差较大、背景干扰小。

图 4 所示为办公型普通便签纸表面新鲜潜在指印固有荧光图像,为亮纹线灰背景图像,指印纹线较多,物证检材背景荧光较强,反差较牛皮纸信封表面小,但指印亮纹线仍可清晰分辨。

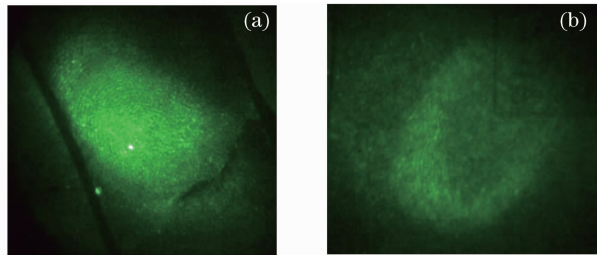


图3 牛皮纸信封表面新鲜潜在指印(a)和10天后陈旧指印(b)固有荧光图像

Fig. 3 Fluorescence images of (a) fresh and (b) old latent fingerprints on the surface of manila envelope

提高紫外荧光照相显现潜在指印清晰度及灵敏度的关键因素是提高荧光强度及消除背景干扰,增大对比度。物体的发光强度正比于激发光源的强度,利用激光器作为激发光源,输出光辐射方向和能量高度集中,并且能量集中在单一波长上,具有很高的激发强度,从而提高指印沉淀物受激发射荧光强度,得到较为清晰的指印发光图像,有效提高对潜在指印的检测率。另一方面,激光的输出光能量完全集中在其输出波长,最大可能地避免了接收波段上的杂散光,降低了背景干扰,增大了对比度,从而提高了潜在指印检测的灵敏度。实验中发现,物证检材材质性质、环境条件(温度、湿度、接收条件等)及不同指印形成个体的差异对指印检测显现效果也有较大的影响,需在以后的工作中进一步研究,从而提高有效检测率。

4 结 论

紫外照相技术检测各种材质物证检材表面遗留的潜在指印,无需进行任何预处理就可直接观察到,是一种非破坏性的检验方法。利用激光器作为激发光源,可以有效避免接收波段杂散光、提高物体发光强度,从而提高潜在指印检测的清晰度及灵敏度。采用266 nm紫外固体激光器为激发光源,利用人体指印固有物质成分对紫外光特殊的吸收、反射、散射及荧光特性,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,显出或增强潜在指印。通过紫外反射照相及紫外固有荧光照相技术,分别实现了对非渗透性物证检材和渗透性物证检材表面遗留的新鲜及陈旧潜在指印的检测显现。

参 考 文 献

- 1 Wang Guiqiang. Fingerprints Optical Manifestation and Photographic Technology[M]. Beijing: Qunzhong Press, 2001
王桂强. 指印的光学显现和照相技术[M]. 北京: 群众出版社, 2001
- 2 Li Xin, Wang Guiqiang. The development of latent fingerprint on mirrory surface using polarization photography[J]. *Forensic Science and Technology*, 2007, (1): 7~8
李欣, 王桂强. 偏振光照相显现镜面客体上的潜在指印[J]. 刑事技术, 2007, (1): 7~8
- 3 Jin Guiping, Pang Qichang. Development of UV fingerprint identification device[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2003, **11**(2): 95~99
靳贵平, 庞其昌. 紫外指纹检测仪的研制[J]. 光学精密工程, 2003, **11**(2): 95~99
- 4 Shi Feng, Cheng Hongchang, He Yingping. The method for eliminating bright spot in the field of view center in UV fingerprint identification camera system[J]. *J. Applied Optics*, 2007, **28**(1): 20~23
石峰, 程宏昌, 贺英萍. 紫外指纹识别照相系统视场中心亮斑的产生原因及分析[J]. 应用光学, 2007, **28**(1): 20~23
- 5 G. A. Payne. 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
- 6 N. J. Crane. Infrared spectroscopic imaging for noninvasive detection of latent fingerprints[J]. *J. Forensic Science*, 2007, **52**(1): 48~53
- 7 M. Tahtouh. The application of infrared chemical imaging to the detection and enhancement of latent fingerprints; method optimization and futher findings[J]. *J. Forensic Science*, 2007, **52**(5): 1082~1096
- 8 Tai Zhiqiang, Zhang Ying. Experimental research on developing sweat latent fingerprint by fluorescence photography under low temperature[J]. *Forensic Science and Technology*, 2004, (6): 13~15

- 台治强, 张颖. 低温荧光法显现汗潜指纹初探[J]. 刑事技术, 2004, (6): 13~15
- 9 Tai Zhiqiang. Experimental research on developing latent fingerprint by fluorescence photography[J]. *J. Jiangsu Police Officer College*, 2010, **25**(1): 183~186
- 台治强. 利用指纹沉积物固有荧光显现潜指纹的实验研究[J]. 江苏警官学院学报, 2010, **25**(1): 183~186
- 10 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
- 11 Yuan Yanyi. Study on the ways of remove background disturbance in fingerprint photograph[J]. *J. Sichuan Police College*, 2005, **17**(3): 48~51
- 袁燕谊. 指印拍照中消除背景干扰的方法探析[J]. 四川警官高等专科学校学报, 2005, **17**(3): 48~51
- 12 Zhen Xiang, Jianhong Ge, Zhigang Zhao *et al.*. 1.9 W flash-lamp-pumped solid-state 266 nm ultraviolet laser[J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2009, **7**(6): 502~504
- 13 Pan Sunqiang, Liu Chong, Zhao Zhigang *et al.*. Fourth harmonic generation ultraviolet laser output characteristics from laser diode side-pumped two Nd:YAG rods in resonator[J]. *Chinese J. Lasers*, 2010, **37**(11): 2790~2794
- 潘孙强, 刘崇, 赵智刚等. 激光二极管侧面抽运双棒串接 Nd:YAG 四倍频紫外激光的输出特性[J]. 中国激光, 2010, **37**(11): 2790~2794