

文章编号 1004-924X(2003)02-0198-05

紫外指纹检测仪的研制

靳贵平¹, 庞其昌²

(1. 中国科学院西安光学精密机械研究所, 陕西 西安 710068;

2. 暨南大学 物理系, 广东 广州 510632)

摘要: 指纹具有终生不变性, 这使指纹在公安侦破中发挥了重要的作用。处理或提取汗潜指纹最普通的方法是用灰粉或黑粉; 但在渗透性的检材上, 如纸张、厚硬纸板等, 较难提取, 最好用碘熏法。但这些方法仅能获得指纹, 而不能进行进一步的指纹的存贮和辨认; 而新型的紫外指纹检测仪则能完成他们所不能的工作。介绍了新型指纹识别系统—紫外指纹检测仪的基本组成、工作原理、仪器性能、特点及部分检测结果。展望了其发展前景, 其关键技术是研制合适的紫外镜头、紫外光像增强器、相关的紫外光单色滤光器和专用的图像处理软件。

关键词: 指纹识别; 像增强器; 滤光片

中图分类号: O438 文献标识码: A

Development of UV fingerprint identification device

JIN Gui-ping¹, PAN G Qi-chang²

(1. Xi 'an Institute of Optics and Precision Mechanics,
Chinese Academy of Science, Xi 'an 710068 China;

2. Physics Department, Ji-nan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: The basic structure, operating principle, performance of a new fingerprint identification system are described in detail together with some test results. It is suggested at the same time that appropriate UV lens, UV image intensifier, correlative UV homochromy filter and special image disposal software must be developed.

Key words: distinguish fingerprint; image intensified device; filter

1 引言

所谓指纹是指手指末端正面皮肤上的纹线。19 世纪初, 科学研究发现了至今仍然承认的指纹的两个重要特征, 一是两个不同手指的指纹纹脊的式样 (ridge pattern) 不同, 其次是指纹纹脊的式样终生不改变。这个研究成果使得指纹在犯罪鉴别中得以正式应用。

指纹的印记基本分为三类^[1]: 汗潜指纹, 可见指纹和立体指纹。到目前为止, 最常见的是汗潜指纹, 眼睛一般看不出来。它们是由汗液形成, 或者来自于手指, 或者是因为手指与脸、手指和身体有皮脂腺的地方无意识地接触而形成。即使犯罪分子将手彻底地擦干净和弄干, 如果他手放到脸上或头发上, 他还是可能在他所接触的地方留下汗潜指纹, 特别是容易在玻璃表面或其他光

滑表面上留下指纹。处理或提取汗潜指纹进行检验可以用各种各样的方法。最普通的方法是用灰粉或黑粉(过去是一种水银和白玉的混合物,现在更有意识地减少使用者所冒的身体方面的危险)。在渗透性的检材上,如纸张、厚硬纸板,较难提取,最好用碘熏法,碘可以和汗液中的油脂反应,或使用韩三明反应,本三酮可以和汗液中的氨基酸反应^[2]。但这些方法仅能获得指纹,而不能进行指纹的存贮和辨认;而新型的紫外指纹检测仪则能完成它们所不能的工作。

第二种类型的指纹是最易辨认的那一种。因为手指沾有血迹、墨迹或其他相似方法留下的指纹,但是它们在犯罪现场很难找到。第三种指纹是立体指纹,它们是在柔软的表面比如乳酪、肥皂或油灰面形成的指纹,易变形消失。

在公安刑事侦破方面,指纹识别技术大显身手。对于清晰的指纹痕迹较易检测,轻微的和陈旧的指纹痕迹检测就较为困难。由于人体的指纹印、体液(血液、精液、唾液)以及违禁的火药、麻醉品等物质,对紫外线具有特殊的吸收、反射、散射及荧光特性^[3-4]。紫外指纹检测仪正是利用了指纹痕迹(汗液所形成的)对紫外光所呈现出的特性来工作的,并利用图像增强技术将弱信号放大,或拍摄或经计算机图像处理获得高清晰图像,可以有效地提高探测灵敏度。仪器工作时无须遮光及化学处理,对于大多数的非渗透性的光滑表面,如陶瓷、玻璃、光面塑料、打腊的表面、油漆家具的表面、照相相片的表面等物体之上的无色汗液、指印,都能得到较好的紫外图像,可以实时显示,体积小、重量轻,使用方便、可靠、安全、有效。

2 工作原理

指纹检测仪采用反射式工作方式。当紫外光照射到物体表面上时,由于指纹痕迹(主要指汗液所形成的汗潜指纹)和物体表面对紫外光反射、吸收的差异,就在成像物镜上形成了指纹的反射式紫外光图像,成像物镜输出的紫外光图像经图像增强器、摄像机(或数码相机)和图像处理系统,最后形成清晰的可见光图像,工作原理如图 1 所示。

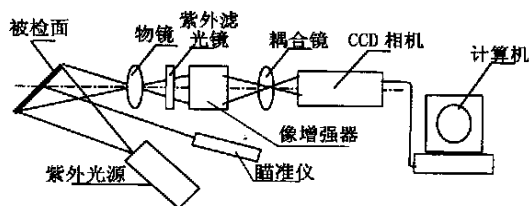


图 1 紫外指纹检测仪的原理图

Fig. 1 Block diagram of UV fingerprint identifier

指纹仪主要由紫外光源、瞄准器、紫外光镜头、紫外单色滤光镜、像增强器、摄像机、图像处理系统及相关电源和控制器等组成。关键技术是研制合适的紫外光像增强器、相关的紫外单色滤光器和专用的图像处理软件。

3 紫外光指纹检测仪的关键技术

3.1 紫外镜头

研制紫外光谱波段的透镜主要问题是寻找合适的材料,在 $0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 的光谱范围,最重要的材料为尚砂石和氟化钙^[5]。虽然开发了几种玻璃来降低 $0.4 \mu\text{m}$ 以下的吸收,其使用仍受限,在 $0.3 \mu\text{m}$ 都还有吸收,两种此类的玻璃为 UB K-7 及 UK-5。在 $0.32 \mu\text{m}$ 波长厚度 25 mm 以下这些材料的内部穿透率可忽略,表面反射为 $0.66 \sim 0.67$ 。

3.2 紫外光像增强器

研制紫外光像增强器有两种途径。其一,研制合适的紫外光阴极,直接研制紫外像增强器;其二,通过光谱转换技术,利用微光像增强器实现。

对紫外灵敏的光电阴极使用的窗^[6-8],在 $350 \sim 200 \text{ nm}$ 甚至 $350 \sim 150 \text{ nm}$ 之间均可用石英做窗;在 $200 \sim 140 \text{ nm}$ 之间使用白宝石窗;在 $140 \sim 105 \text{ nm}$ 时用 CaF_2 和 LiF 窗。

$200 \sim 350 \text{ nm}$ 的光电阴极: Cs_2Te 、 Rb_2Te 、铯-金及其它的碱金属-金化合物。碱金属-金化合物的典型代表为 CsAu , CsAu 在长波阈和峰值量子产额两方面不如 Cs_2Te 。 Cs_2Te 阴极的制备工艺在三方面比 Cs_3Sb 更复杂一些, Cs_2Te 、 Rb_2Te 的峰值量子产额均超过 0.1 电子/光子。

这种方法的优点是分辨率高,但它的阴极量子效率低,灵敏度低。而利用光谱转换技术和微光像增强器组成的紫外线增强有较高的阴极量子效率,更高性价比。其技术指标如表 1 所示;

表 1 紫外像增强器的性能参数

Tab. 1 Characteristics of UV image intensifier

阴极灵敏度:	250 $\mu\text{A}/\text{lm}$
有效直径:	18 mm
亮度增益:	$10^4 \text{ cd}/\text{m}^2\text{Lx}$
分辨率:	30 Lp/mm
信噪比:	> 4.5
等效背景照度:	< 0.2 μLx

3.3 紫外单色滤光器

在紫外区使用的镀膜材料^[9]有:400~300 nm 用氧化铟和冰晶石组合;300~250 nm 用氟化铝和冰晶石组合。近紫外区已经广泛使用由自由电子束加热发热的硬膜材料,如氧化铝、氧化钪、氧化镁等材料。紫外区域选用的高、低折射率材料的折射率相差较小,所以在这些波段滤光片的层数都比较多。紫外滤光片的长波截止范围一般较宽,应用全介质型的长波截止膜系则要很多个反射膜叠置在一起,以展宽反射带。应用于紫外光谱区的诱导投射滤光片在 200~300 nm 波段可选用如下结构:

1 型:G(HL)⁴HLL'AIL'LH(LH)⁴|A

2 型:G(HL)⁴H₃LL'AIL'LH(LH)⁴|A

3 型:G(HL)⁴HLL'AIL'H₂LH(LH)⁴|A

仪器中所用的紫外单色滤光器性能指标如表 2 所示。

表 2 紫外单色滤光器的性能指标

Tab. 2 Characteristics of UV homochromy filter

中心波长:	254 nm, 312 nm, 365 nm 可选
带宽:	30 nm
透过率:	90 %
背景透过率:	5×10^{-4}
直径:	35 mm
有效直径:	30 mm

4 紫外光指纹检测仪主要技术指标

4.1 系统分辨率

决定紫外指纹检测仪分辨率的主要因素有:紫外变焦镜头的分辨率、紫外转换屏的分辨率、像增强器的分辨率和 CCD 的分辨率,测试指标为:

(1) 紫外变焦镜头的分辨率 f_1 为 30 Lp/mm;

(2) 在系统中装置的紫外光谱转换屏的分辨率 f_2 为 20 Lp/mm;

(3) 系统中的图像增强器的分辨率 f_3 为 25 Lp/mm;

(4) 由计算可知: PANASONIC 的 WV-BP332 型 CCD 摄像机的像元间距几乎等于像元横向尺寸,也就是说它的像元几乎是无间隙排列的,因此它的极限分辨率 f_4 为:

$$\frac{1}{2} \times \frac{1}{6.5 \mu\text{m}} = 77 \text{ Lp/mm}$$

由于这些器件在系统中是级连着的,所以组合后的极限分辨率近似为:

$$f = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{f_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{f_2}\right)^2 + \left(\frac{1}{f_3}\right)^2 + \left(\frac{1}{f_4}\right)^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{30}\right)^2 + \left(\frac{1}{20}\right)^2 + \left(\frac{1}{25}\right)^2 + \left(\frac{1}{77}\right)^2}}$$

13.6 Lp/mm

在此基础上,再综合考虑其它一些因素,得到系统的分辨率应大于 10 Lp/mm。

4.2 系统最小可探测能量

像增强器阴极可探测的最小光照度为 10^{-5} Lx ,像增强器的增益为 $10^3 \sim 10^4$; PANASONIC 的 WV-BP332 型 CCD 的最小可探测照度为 0.08 Lx。因为 $10^3 \times 10^{-5} \text{ Lx} \sim 10^4 \times 10^{-5} \text{ Lx} = 10^{-2} \text{ Lx} \sim 10^{-1} \text{ Lx}$,可以满足 CCD 的最小光照度。系统的最小光照度为 10^{-5} Lx ,与像增强器阴极可探测的最小光照度相同。光辐射能流密度与光照度之间有如下变换关系: $1 \mu\text{J}/\text{cm}^2 = 6.85 \text{ Lx} \cdot \text{s}$,系统最小可探测的能量为 $1.5 \times 10^{-6} \mu\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$

4.3 系统技术指标

系统的技术指标如表 3 所示。

表 3 技术指标

Tab. 3 Technical parameters

光谱范围:	200 ~ 360 nm
可视距离:	30 ~ 50 cm
分辨率:	> 10 Lp/mm
紫外灯光斑:	50 mm
滤光镜规格:	254、312、365 nm
耦合比:	18: 6 mm
最小可探测能量:	$1.5 \times 10^{-6} \mu\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$

5 紫外指纹检测仪的系统特点、外型、检测结果及发展前景

5.1 系统特点

紫外指纹检测仪基于反射式成像原理,工作在日盲(紫外光)光谱谱段,大大降低了该仪器的背景噪声;仪器的设计采用了光谱转换技术和微光成像技术,是一种新型紫外图像增强仪器,其特点如下:

(1) 该仪器主要用来提取残留的指纹和其它侦察感兴趣的证据,如体液以及违禁的火药、麻醉品等物质,尤其是再现非渗透性的光滑表面上的陈旧的残留指纹时,功能独特、图像清晰;

(2) 该仪器无须遮光、无须对被检物做任何物理、化学处理,便可方便、快速地搜索现场,实时显示检测结果,适应于各种检测现场。能及时发现传统方法所不能发现的一些痕迹和物证;另外,由于该方法不接触物证表面,从而大大提高了物证的提取率和利用率;

(3) 该仪器有两路记录、显示系统(直接显示和监视器显示),可同时工作,互不干扰。图像记录可胶片记录紫外图像,也可录像记录视频图像。若配置图像处理器,采用专用的图像处理软件,计算机可实时得到所检测的指纹的图像,并对其进行比对,而最终确定指纹遗留者;

(4) 本指纹仪增益高、分辨率好、光谱响应宽(200 ~ 365 nm);无需暗室,可全天候使用;结构紧凑,体积小、重量轻(约 2.5 kg)、可拆卸、易于随身携带、运行可靠;增强器和摄像机以及紫外光源的低压电源一致,且有交、直流两种供电方式,便于车载和其他特殊现场使用,可用于各种条件的

侦察和拍摄。本仪器除用于指纹检测外,还可用于高压放电、火灾和其它紫外信号的检测。

5.2 紫外指纹仪外形及对指纹的检测结果

紫外指纹仪的外形如图 2 所示。



图 2 紫外指纹仪的外观图

Fig. 2 Appearance of UV fingerprint identifier



图 3 检测到的陈旧指纹图样

Fig. 3 Stale fingerprint pattern examined

利用紫外指纹仪对一年多前留下的轻微的肉眼看不见的指纹进行了检测,结果较理想,检测结果如图 3 所示。这是未作任何处理的指纹的原图,若加上滤波、去噪,效果会更好。

5.3 紫外指纹仪的发展前景

20 世纪 60 年代,由于计算机可以有效的处理图形,人们开始着手研究利用计算机来处理指纹。而创始于 20 世纪 70 年代的生物测量技术给指纹研究注入了新的活力。经过对指纹纹理的深入解析,发现人的每个指纹隐藏着 80 ~ 100 个独特点或特别单元。随着计算技术的发展,这些特征经过编码,可储存而起到身份证的作用。从那

时起,自动指纹识别系统 AFIS 在法律实施方面的研究和应用在世界许多国家展开。有了这一系统,刑侦工作的高速性、高效率性、准确性也有了很大的进步。我国广东省公安厅、上海市公安局、安徽省公安厅、山东烟台市公安局和山东招远市公安局率先引入了 NEC AFIS,这标志着我国指纹自动识别系统的应用已开始同世界接轨,为我

国其它省市的指纹识别系统的引入铺平了道路。指纹识别技术一直在刑侦、执法部门中使用,已成为一种比较成熟的刑侦技术。目前,随着新技术成本的降低,指纹识别技术正逐步进入民用市场。

紫外指纹仪分辨率好、增益高、具有国内领先水平,结构简单、操作方便、功能独特、价格适中,将会得到广泛的应用。

参考文献:

- [1] 周天泽. 手纹趣谈[J]. 知识就是力量, 2000, (1): 45-46.
ZHOU T Z. Talking of lines of the hand[J]. *Knowledge is Power*, 2000, (1): 45-46. (in Chinese)
- [2] 刘小华, 王燕生. 指纹识别技术的发展[J]. 光学技术, 1998, 27(4): 78-80.
LIU X H, WANG Y SH. Development of technology of fingerprint identify[J]. *Optical Technique*, 1998, 27(4): 78-80. (in Chinese)
- [3] 腾鹤松. 紫外成像技术及其应用[J]. 光电子技术, 2001, 21(4): 294-297.
TENG H S. UV imaging technology and its applications[J]. *Optoelectronic Technology*, 2001, 21(4): 294-297. (in Chinese)
- [4] 关永贵, 杨国伟, 董亚强. 紫外辐射与紫外探测器[J]. 红外与激光技术, 1995, 24(2): 63-64.
GUAN Y G, YANG G W, DONG Y Q. UV Radiation and UV detector[J]. *Infrared and Laser Technique*, 1995, 24(2): 63-64. (in Chinese)
- [5] 张宝林, 韩冬冰. 紫外电视摄像镜头设计[J]. 光学精密工程, 1995, 6(3): 27-33.
ZHANG B L, HAN D B. UV TV photograph lens design[J]. *Optics and Precision Engineering*, 1995, 6(3): 27-33. (in Chinese)
- [6] 萨默 A H. 光电发射材料制备、特性与应用[M]. 北京: 科学出版社, 1979. 192-198.
SOMER A H. *Preparation, Characteristic and application of photoelectric emission material* [M]. Beijing: Science Press, 1979. 192-198. (in Chinese)
- [7] 申屠浩, 徐汉成, 顾肇业. 紫外像增强管的研究[J]. 光电子技术, 1999, 19(2): 83-89.
SHEN T H, XU H CH, GU Z Y. Research of UV image intensify tube[J]. *Technology of Photoelectron*, 1999, 19(2): 83-89. (in Chinese)
- [8] 李福田, 唐玉国, 吕达仁. 太阳/大气紫外光谱辐射测量[J]. 光学精密工程, 1993, 1(1): 22-28.
LI F T, TANG Y G, LU D R L. Sun / Ether UV spectrum radiation measure[J]. *Optics and Precision Engineering*, 1993, 1(1): 22-28. (in Chinese)
- [9] 林永昌, 卢维强. 光学薄膜原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1990. 287-290.
LIN Y C, LU W Q. *The principle of optical film* [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1990. 287-290. (in Chinese)

作者简介: 靳贵平(1977 -), 女, 陕西人, 博士研究生, 1999年7月毕业于西北大学物理系光电子技术专业, 并于同年9月进入中科院西安光学精密机械研究所攻读硕士学位, 2001年3月转为硕、博连读, 主要从事光电探测和光电成像器件的应用研究;

庞其昌(1951 -), 男, 山西人, 研究员, 主要从事光电探测和光电成像器件的应用研究。