

Research on the Latent Fingerprint Technology of Aggregation Induced Luminescent Materials Loaded with Montmorillonite

Junkai Zhao Chengcheng Wang Ziang Gu Yiting Fa Xiaodong Jin

Department of Forensic Science and Technology, Jiangsu Police Institute, Nanjing, Jiangsu, 210031, China

Abstract

The forensic identification of fingerprints is widely used in criminal identification and has become the basis of evidence in court. Therefore, the efficient visualization of latent fingerprint is of great significance to the criminal investigation. This paper attempts to synthesize Chalcone derivatives @ montmorillonite fluorescent powders based on the aggregation-induced emission (AIE) properties of Chalcone derivatives (NIR-LP), mixed with montmorillonite in a certain proportion for organic modification. The optical properties of dye NIR-LP was measured, and then the dye NIR-LP@ montmorillonite fluorescence powder were used to brush the latent fingerprints of the same fingers on different objects, in order to investigate the developing effect of the powder. The experimental results showed that the fingerprint lines after brushing were clear, coherent and more stable. Therefore, the application of chalcone derivative @ montmorillonite fluorescence powder in latent fingerprint scanning has a good prospect in criminal investigation.

Keywords

aggregation-induced emission; chalcone derivative; montmorillonite; latent fingerprint brush display

聚集诱导发光材料负载蒙脱土显现潜指纹技术研究

赵俊凯 王成成 顾子昂 法怡婷 金晓东

江苏警官学院刑事科学技术系, 中国·江苏·南京 210031

摘要

指纹的法医鉴定广泛应用于罪犯身份识别, 并已成为法庭证据的基础。因此, 潜指纹的高效可视化对于刑事侦查活动有着十分重要的意义。论文尝试以具有聚集诱导发光(AIE)性质的查尔酮衍生物(NIR-LP)为基础, 与蒙脱土以一定的比例混合进行有机改性, 制备合成查尔酮衍生物@蒙脱土荧光粉末。论文对染料NIR-LP的光学性质进行的研究, 并考察染料NIR-LP@蒙脱土荧光粉末对相同手指在不同客体上的潜指纹显现效果, 实验结果显示刷显后的指纹纹线清晰连贯且更为稳定。因此, 该混合荧光粉末在潜指纹显现领域里得到应用的潜力, 在刑事侦查活动中有着较好的前景。

关键词

聚集诱导发光; 查尔酮衍生物; 蒙脱土; 潜指纹刷显

1 引言

指纹是一种复杂的结构, 由乳突纹线和凹陷的皱纹通过间隔分布组成。这种独特的结构对每个人都是不同的, 有着稳定性和终身不变性。基于每个人指纹的独特性, 指纹在刑事案件中已被用作个人身份的识别。潜指纹是一种真实指

纹的印记, 是法医学中个体识别的重要证据。然而, 作为犯罪现场最常见的证据, 潜指纹难以被直接观察到。因此, 潜指纹的高效可视化对于刑事侦查活动非常重要^[1,2]。

粉末刷显、烟熏显现和化学染色是潜指纹显现的传统方法, 常用试剂是碘、“502”胶水、硝酸银、苯并戊三酮和DFO, 而这些试剂可能会造成污染, 损害人体的皮肤、眼睛、粘膜和DNA。粉末刷显法由于其简单、效率高, 是最常用的方法。所使用的工具通常是特殊的刷子和细粉。当特殊的刷子轻轻扫过潜在指纹的表面时, 粉末会附着在潜在指纹的乳突纹线上, 因此肉眼便可以观察到潜指纹。传统的潜指纹刷显粉末, 如金粉、铝粉、磁性粉, 大多不适合用于颜色相似的客体。因此, 高对比度的指纹刷显粉末是一个迫切需要研究的课题^[3]。

荧光材料因其颜色多样、亮度高、对比度高而得到了

【基金项目】江苏省大学生实践创新创业训练计划项目(项目编号: 202210329044Y); 江苏警官学院法庭科学先进材料开发应用科研创新团队(项目编号: 2021BK01)资助。

【作者简介】赵俊凯(2003-), 男, 中国江苏无锡人, 在读本科生, 从事聚集诱导发光显现潜指纹技术研究。

广泛的关注,潜指纹的荧光可视化已成为一个新的研究热点。到目前为止,多种荧光材料已被用于潜指纹的荧光显现,如无机量子点(Quantum dots, Q-dots)、聚合物点(Polymer nanoparticles, P-dots)、聚集诱导发光纳米(Aggregation Induced Emission nanoparticles, AIE-dots)材料、上转换纳米颗粒(upconversion particles)、金属-有机框架(Metal-Organic Frameworks, MOFs)材料和碳点(carbon dots)。如AIE材料因其具有稳定的光物理性质,高灵敏度和选择性,可以有效地减少甚至避免由于环境干扰引起的消光结果,为现场分析提供了可行的解决方案,同时也克服了聚集造成的淬灭问题。基于AIE效应的传感器和探针已经得到了长足的发展,该材料在化学、物理、生物和法医学等领域都得到了广泛的应用^[4,5]。

蒙脱土(MMT)作为一种矿物材料不仅成本低廉而且其独特的层状结构特点,尤其是其高比表面积和高长径比可有效改善材料的吸附性能。因此,论文将蒙脱土(MMT)与具有AIE性质的染料NIR-LP混合制备NIR-LP@MMT荧光粉末,并用于潜指纹的显现,期望提高潜指纹的成像质量,降低成本和危害,拓宽潜指纹的显现方式,解决在实践中某些难以显现的指纹,提高破案的效率和质量。

2 实验部分

2.1 试剂与仪器

试剂:蒙脱土(MMT)、二氯甲烷(CH_2Cl_2),购置于南京巨优科学器材有限公司,如无特别说明,无需进一步纯化,直接使用。染料NIR-LP为实验室自制(图1)。

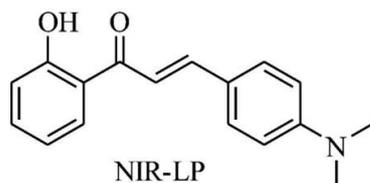


图1 染料 NIR-LP 的化学结构

仪器:Varian Cary Eclipse 荧光分光光度计;电子天平,紫外灯(ZF-7A),移液枪(Dragon-lab),相机(Canon-EDS 700D)等。

2.2 染料 NIR-LP @MMT 荧光粉末的制备

①取适量的蒙脱土粉末放入研钵充分研磨直至颗粒细密均匀,随后利用电子天平称取3g蒙脱土粉末,加至含500mg染料NIR-LP的二氯甲烷溶液中,并在30°C条件下超声约10分钟至蒙脱土分散均匀;

②通过旋转蒸发器蒸发上述蒙脱土悬浮液中的二氯甲烷液体,得到较为干燥的染料NIR-LP@MMT粉末后,置于真空干燥箱中干燥约12小时;

③将烘干的染料NIR-LP@MMT粉末再次用研钵进行研磨,并过200目筛,密封保存备用。

2.3 AIE 性能测试

在不同水含量的条件下,利用荧光分光光度计测定查尔酮衍生物(NIR-LP)的荧光强度,步骤如下:将适量的查尔酮衍生物(NIR-LP)粉末溶于 CH_3CN 中配制2.5mmol/L的 CH_3CN 母液,然后用移液枪取10份0.5mL配置的 CH_3CN 母液放入10个离心管中,再用不同体积的水和 CH_3CN 对其进行稀释,分别配制成5mL的 $V(\text{CH}_3\text{CN})/V(\text{H}_2\text{O})=10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8, 1:9$ 的 2.5×10^{-4} mol/L浓度的待测液,将离心管震荡使配置的溶液混合均匀,用紫外灯照射观察各份溶液的荧光强度,静置十分钟后测定其光谱。设定激发波长为430nm,狭缝宽度为5nm,发射狭缝宽度为5nm,收集550~800nm区间的荧光数据。

2.4 潜指纹的显现实验

2.4.1 样本的制作

对于染料NIR-LP@MMT荧光粉末的潜指纹刷显实验,实验人员准备了大理石、钢板、铝板、硬币、白色卡纸、透明塑料片、玻璃板以及皮革这八种客体。将实验所需客体使用乙酸乙酯清洁其表面并待其干燥后,实验人员让同一人员(男)使用其右手食指在客体表面分别留下油潜指纹。

2.4.2 潜指纹的刷显

实验人员先把手清洗干净,再用其右手食指轻轻摩擦脸部使手指沾上更多油脂,随后将指纹轻轻按压在大理石、钢板、铝板、硬币、白色卡纸、透明塑料片、玻璃板以及皮革这8种客体表面上,并且每种客体需要刷显三次,以避免偶然性。

实验人员用羽毛刷轻轻地沾上染料NIR-LP@MMT荧光粉末轻轻刷过油潜指纹表面使其表面覆盖上该荧光粉末,随后在不损坏原始指纹的情况下,把指纹周围残留的荧光粉末轻轻刷去。然后将刷显的8种客体分别在365nm和254nm的波长的紫外光下,观察刷显指纹荧光强弱程度、结构完整程度、纹线连贯程度以及指纹二级结构的清晰程度并进行拍照固定。

3 结果与讨论

3.1 染料 NIR-LP 的 AIE 性能研究

将离心管中10种配比的NIR-LP溶液取1mL置于样品瓶中,日光下拍摄的照片如图2所示,在黑暗条件下使用手提式紫外灯照射后拍摄的荧光照片如图3所示,由黑暗条件下荧光照片可知,在水含量在0~90%的范围内,荧光发射光谱结果显示在波长为640nm左右,染料NIR-LP溶液的荧光强度随着水含量的增加而增强,染料NIR-LP的乙腈/水溶液的荧光强度随着水含量的增加,而发生荧光增强,并且在水含量为90%时所得到的溶液荧光强度最佳(图4)。



图 2 日光下不同水含量的 NIR-LP 溶液荧光强度

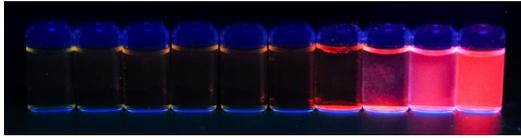


图 3 紫外灯照射下不同水含量的 NIR-LP 溶液荧光强度

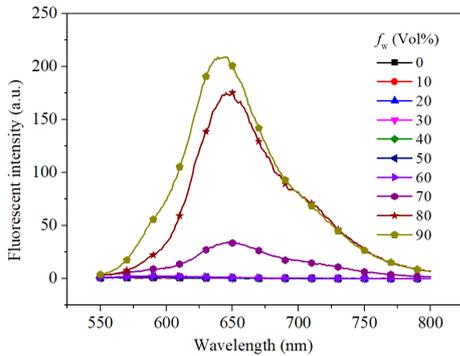
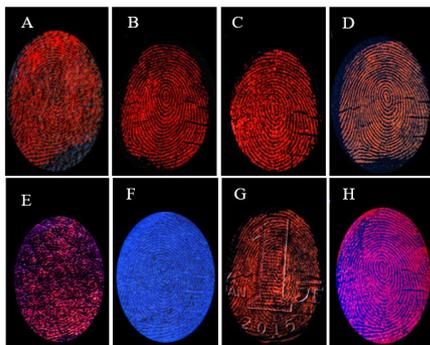


图 4 不同水和乙腈体积比的 NIR-LP 溶液荧光发射光谱

3.2 不同客体上潜指纹的显现

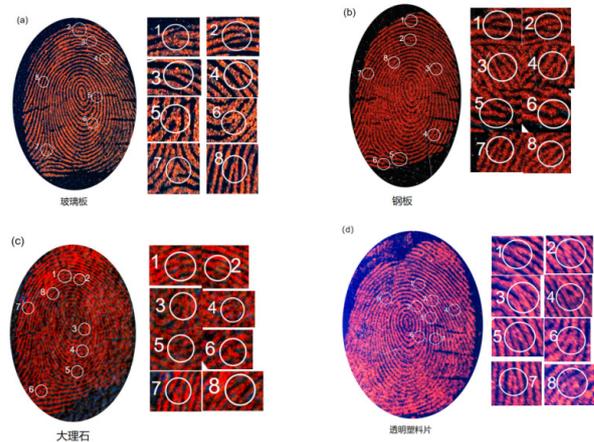
在所考察的八种客体中，染料 NIR-LP@MMT 粉末对钢板、铝板、玻璃板、大理石、硬币、透明塑料片这六种非渗透性客体的刷显效果十分理想（图 5），指纹的荧光强度足够、结构完整、纹线清晰，能够观察到足够的特征点（图 6）。而对于皮革和白色硬卡纸这两种渗透性客体，效果不甚明显（图 5E、5F）。



A—大理石；B—钢板；C—铝板；D—玻璃；E—皮革；
F—白色卡纸；G—硬币；H—透明塑料

图 5 染料 NIR-LP@MMT 粉末对不同客体上潜指纹的

刷显效果



a—玻璃板；b—钢板；c—大理石；d—透明塑料片

图 6 染料 NIR-LP@MMT 粉末对不同客体上潜指纹进行刷显后的荧光照片及其对应的二级结构放大图

4 结语

论文以具有 AIE 性质的查尔酮衍生物 NIR-LP 为基础，与蒙脱土按比例混合进行有机改性，制备合成查尔酮衍生物@蒙脱土荧光粉末。通过对蒙脱土进行有机改性，提高了其对潜指纹的吸附性能，使其对客体的潜指纹具有较好的吸附效果。该荧光粉末与传统的潜指纹显现方法相比，显现出的指纹纹线更连贯、指纹的二级结构保留更完整，刷显出的指纹荧光强度较高，荧光图像清晰。该方法有望在犯罪现场勘验和刑事侦查工作中得到应用。

参考文献

- [1] 金晓东,毕天博,辛然,等.有机材料在潜指纹显现中的应用研究进展[J].有机化学,2020,40(12):4184-4202.
- [2] Li Z, Wang Q, Wang Y, et al. Background-free latent fingerprint imaging based on nanocrystals with long-lived luminescence and pH-guided recognition[J]. Nano Research,2018,11(12):6167.
- [3] Wang M, Li M, Yu A, et al. Fluorescent nanomaterials for the development of latent fingerprints in forensic sciences[J]. Advanced Functional Materials,2017,27(14):1606243.
- [4] He X, Bi H, Wei P. Luminescent organic molecular frameworks from tetraphenylethylene-based building blocks[J]. Journal of Materials Chemistry C,2023,11(11):3675-3691.
- [5] 杜宪超,邢小静,程新峰,等.聚集诱导发光分子在公共安全领域中的应用[J].分析试验室,2022,41(4):487-496.