

近红外发光材料的应用研究进展

周彦超

(河北安国中学 河北 保定 071299)

(收稿日期:2022-11-26)

摘要:近年来,近红外发光二极管(light emitting diodes,即LED)由于其高效、节能环保、小型化、长寿命的特点引发了研究人员极大的关注.而近红外发光材料作为重要的颜色转换元件,在近红外LED的发展中处于核心的地位.目前,近红外发光材料已经在发光效率、稳定性等方面取得了显著发展.阐述了近红外发光材料的研究进展,同时展望了近红外发光材料在不同需求下的应用前景.

关键词:近红外发光材料;应用前景;夜视

1 基本原理

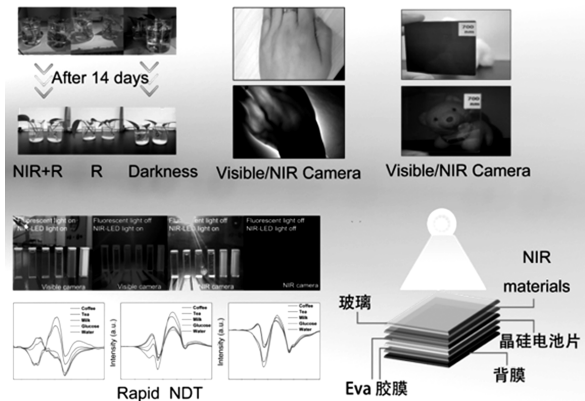
近红外光是介于红光和中红外光之间的电磁波,习惯上又将近红外区划分为近红外短波(700~1100 nm)和近红外长波(1100~2500 nm)两个区域.由于近红外光谱为分子振动光谱的倍频和主频吸收光谱,分子振动的非谐振性使分子振动从基态向高能级跃迁时产生近红外光,具有较强的穿透能力.近红外光谱分析是利用有机分子键的振动频率处于近红外区,且同一基团的振动随化学环境改变而变化的特性,通过测量化学键在近红外区的吸收主峰的位置和强度来获得被测量物质的成分和含量.由于不同的基团在物理化学环境中对近红外光的吸收波长都有明显差别,且吸收系数低,发热少,因此近红外光谱可以作为无损分析的一种新颖的方式^[1-4].

2 近红外光的应用

目前,近红外发光材料已经取得了实质性的进展,如图1所示,在植物生长、无损检测等多个领域都表现了很好的应用前景.



(a)



(b)

图1 近红外发光材料在不同场景下的应用情况

2.1 调节植物生长

对于植物栽培来说,红/光敏色素(P_r)和远红/光敏色素(P_{fr})是植物生长不可缺少的两种色素,它们在近红外区域有特定的吸收.适宜的深红光照射可促进根茎的快速生长、促进分化、提前花期,而适当比例的红/蓝光可以很好地促进植物生长. P_{fr} 和 P_r 的相互转化,可以获得更多的光,刺激植物生长.另外,光合细菌广泛存在于土壤中,对植物特别是根系的生长起着重要作用.它们能吸收近红外光,将环境中的无机盐转化为易于植物吸收的氨基酸和核苷酸,从而促进植物的生物固氮,促进植物生长.根据艾默生效应,当红光和深红光同时照射时,植物的生长速度远大于它们各自照射速率的总和.而中心在730 nm左右的深红-近红外光可被绿色植物的 P_{fr} 很好地吸收,从而加速植物的光形态建成和生长过程.

2.2 血管可视化

近红外光照射人体手掌的时候,由于人体手掌的血管与肌肉对近红外光的透射率不同,可以在近红外相机的辅助下,清楚地观察到血管的分布.若手掌或者手臂受伤,可以采用大功率近红外 LED,在极小的设备体积下,对受伤的手掌或者手臂甚至是大腿进行伤口检测,从而帮助使用者更好地处理险情.

2.3 虹膜识别

巩膜即眼球外围的白色部分,约占总面积的 30%;眼睛中心为瞳孔部分,约占 5%;虹膜位于巩膜和瞳孔之间,约为 65%,其中蕴藏着丰富的纹理信息.虹膜的形成由遗传基因决定,清晰地表达了虹膜的形态、生理、颜色和总的外观.人眼虹膜组织被认为是最可信的个人特征,相应的非接触式识别技术可以识别位于 810 nm 处的近红外部分.而近红外 LED 由于其体积小、效率高等优势成为移动设备虹膜识别组件光源的极佳候选者.

2.4 夜视与安防监控

近红外光具有优异的不可见性,因此,可以通过光电探测器与成像技术,对因环境较暗,人类肉眼难以识别的目标,进行成像.例如,利用 850 nm 发射波长的材料与蓝光 LED 封装而成的近红外 LED 对探测器表现出了很高的灵敏度响应,在夜视和安全防护等领域极具应用潜力.

2.5 成分无损检测

短波近红外可以较深入地穿透食物,且热效应较低,因此近红外辐射可以通过在 800 ~ 1 100 nm 的频域吸收下 O-H、C-H、N-H 振动模式的不同,来提供果蔬的含水量、糖度、内部损伤等信息.由于大多数有机分子对 850 nm 以上的近红外信号有特征响应,例如,对药物至关重要的水和乙醇分别在 970 nm 和 930 nm 处有强烈的吸收,因此宽带近红外源可以有效且方便快捷地识别化学成分.

2.6 C-Si 太阳能电池

C-Si 太阳能电池对 900 ~ 1 100 nm 的光具有最佳的光谱响应,但是,对于高能太阳光(300 ~ 500 nm)吸收较少,因此,这种传输过程中晶格的热振动和短波光子的能量损失,使得 C-Si 太阳能电池的光电转换效率偏低,光伏发电成本较高.近红外光谱

转换技术能够将硅太阳能电池利用率较差的短波光子的吸收,转换至利用率较好的长波光子的,进而提高光电转换效率.

2.7 荧光探针

目前,荧光探针技术已经被广泛应用于生物检测、金属识别等,荧光探针工作在 1 000 ~ 1 700 nm,具有很强的生物组织穿透性,尤其在药物控释、靶向给药、检测药效、生物组织成像等方面可以针对性地进行定性或定量的研究和表征;而识别作用可以标记含有特定基团的生物大分子如蛋白质、抗原抗体、核酸、酶、DNA/RNA 以及聚合物等.

3 展望

本文详尽阐述了近红外发光材料的应用现状.就近红外光谱技术的发展趋势来看,高性能新型近红外发光材料(足够的半峰宽、优良的热稳定性和较高的量子效率)仍是该领域的研究重点.同时,近红外发光材料的工业化及市场化是我们面临的一个重要难题,如何将高性能的近红外发光材料投入到工业技术的量产中,还需要更多的实践.现如今随着时代高速发展,单一的近红外发光材料已经很难满足市场需求,新型近红外发光材料必将会走向多功能高效稳定的应用方向,以及配合紫外-可见发光材料,最终形成紫外-可见-近红外全光谱范围的发光材料,这将对发光材料的多功能应用起到重要推动作用.

参考文献

1 FANG M, BAO Z, HUANG W. Evolutionary Generation of Phosphor Materials and Their Progress in Future Applications for Light - Emitting Diodes[J]. *Chem Rev*, 2022, 122(13):11474.

2 WANG Y, WANG Z, WEI G, et al. Ultra - Broadband and high efficiency Near - Infrared Gd₃ZnGa_{5-2x}GeO₁₂: Cr³⁺ (x = 0 - 2.0) garnet phosphors via crystal field engineering[J]. *Chem Eng J*, 2022, 437:135346.

3 WEI G, WANG Z, LI R, et al. Enhancement of Near - Infrared Phosphor Luminescence Properties via Construction of Stable and Compact Energy Transfer Paths[J]. *Adv Opt Mater*, 2022:2201076.

4 张亮亮, 张家骅, 郝振东, 等. Cr³⁺ 掺杂的宽带近红外荧光粉及其研究进展[J]. *发光学报*, 2019, 40(12):1 449 - 1 459.