

爱丁堡 FLS1000 荧光光谱仪在半导体材料测试中的应用

引言

依据材料导电能力的高低来区分导体、半导体、绝缘体，把电阻率介于金属和绝缘体之间的材料定义为半导体。在绝对零度无任何导电能力；但其导电性随温度升高呈总体上升趋势，且对光照等外部条件和材料的纯度与结构完整性等内部条件十分敏感。无论从科技或是经济发展的角度来看，半导体的重要性都是非常巨大的。今日大部分的电子产品，如计算机、移动电话或是数字录音机当中的核心单元都和半导体有着极为密切的关联。

第一代半导体材料主要以锗，硅半导体材料为主，主要用于低压、低频、中功率的晶体管 and 光电探测器；第二代半导体材料以 GaAs(砷化镓)、InP(磷化铟) 为代表，主要用于制作高性能微波、毫米波器件及发光器件的优良材料。第三代半导体材料是以 GaN、SiC 为代表的宽禁带半导体材料，更适合于制作高温、高频、抗辐射及大功率器件。

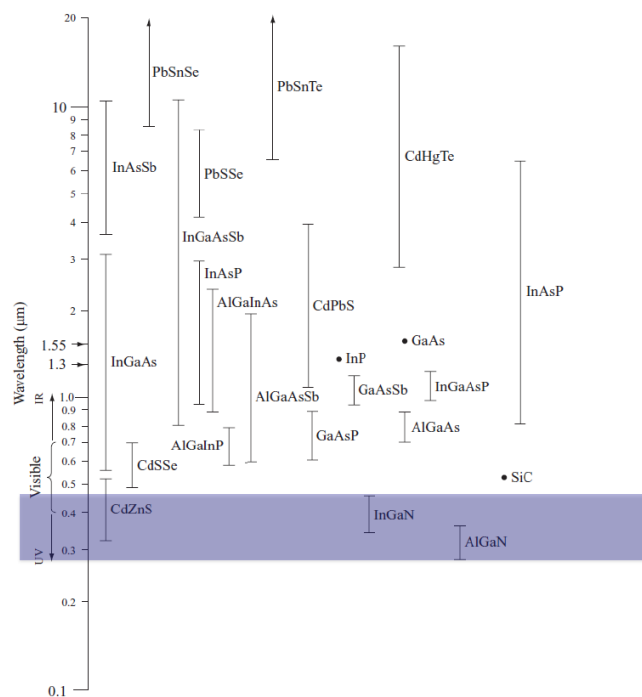
根据半导体材料的纯度，可以将其分为本征半导体材料和非本征半导体材料。本征半导体是纯净而不含任何杂质的理想半导体材料。本征半导体内引入一定数量的杂质，可以有效改变半导体的性质，这种掺有一定数量杂质的半导体称为非本征半导体。非本征半导体是制造各种半导体器件的基础。

光致发光光谱对于检测半导体材料的光特性而言，是一种有力有无破坏性的技术，在半导体及工业研究领域广泛应用。使用荧光光谱仪可以测试材料的发射能量（能带隙）、激发态寿命、量子效率（辐射和非辐射复合间的竞争）。本文综合介绍了爱丁堡仪器 FLS1000 荧光光谱仪在半导体材料测试。

正文

对于不同的半导体材料，光致发光的波长不同，反应了材料的结构、成分等信息。通过探测其光致发光光谱，即波谱与强度的对应关系，就可以了解半导体材料的特性。由于光致发光的能力与能量的驰豫机制密切相关，包含的物理过程远比光的吸收过程复杂，而且其发光光谱的形状还要受到电子和空穴在能带内分布的影响。因此，为了更好地了解光发射效率和发光谱，就必须对荧光发射效率和载流子的寿命进行充分的了解。

光致发光光谱的应用：

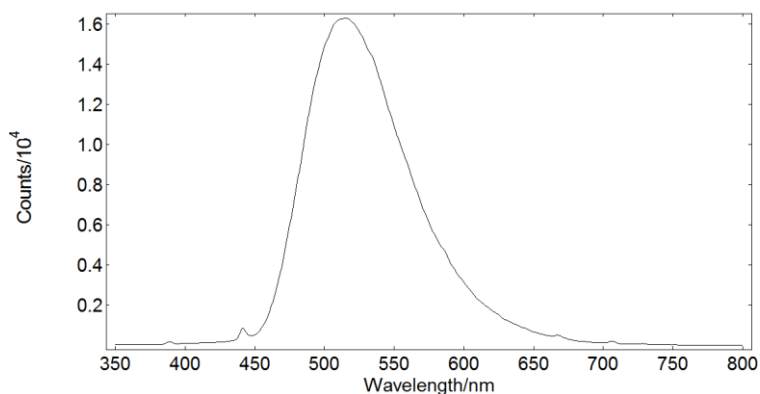


常见半导体材料的发光位置

光致发光光谱可获得的信息：

- 组分，通过 PL 峰位判断半导体材料的禁带宽度，进而确定材料组分
- 掺杂识别，通过光谱中的特征谱线位置，可以识别材料中的掺杂元素

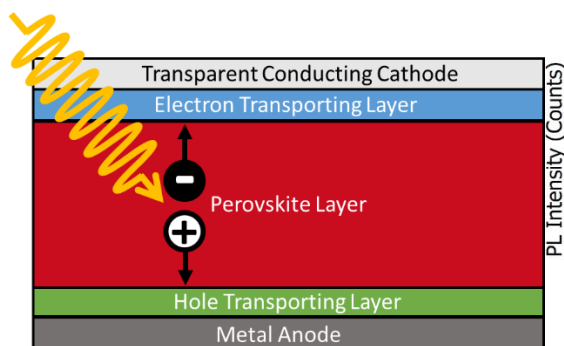
- 光谱峰对称性、半高宽、中心位置等可反映掺杂半导体的结构和组成信息



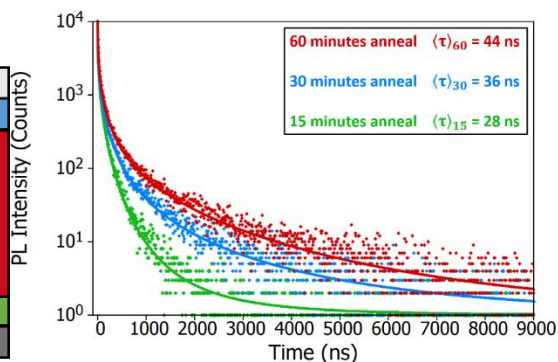
HeCd 激光器激发的 4H SiC 材料的发射光谱(FLS1000 with HeCd laser)

荧光寿命的应用

- 载流子随激发态形式的变化
- 载流子被杂质复活等过程的信息
- 化学反应的过程信息
- 电子-空穴复合时间



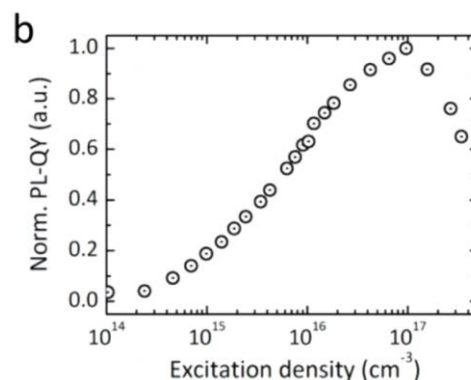
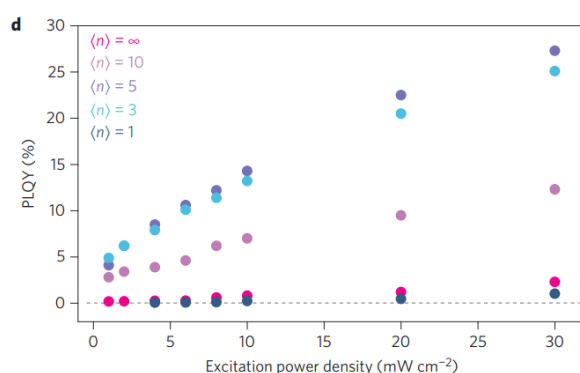
钙钛矿太阳能电池结构简图



不同退火时间下的钙钛矿薄膜的荧光寿命 (FLS1000 with EPL-450)

光致发光量子效率：

- 评价半导体发光材料发光能力
- 研究辐射和非辐射复合的竞争



钙钛矿的光致发光量子产率与激发光密度关系(FLS1000 with integrating sphere)

小结

爱丁堡仪器 FLS1000 是一台全功能型的荧光光谱仪，可以满足涉及光致发光的所有测试需求，在搭配不同高端附件使用后，可以实现更多特殊应用，如低温变温光谱，低温变温量子效率等，是一个全面的光致发光表征仪器。