

优化高亮度LED的使用寿命

安森美半导体保护产品分部高级产品营销经理 Vidya Premkumar

演进曲线之外的威胁

LED的光输出出现在每18个月（甚至更短时间）就翻倍，如今市场上已有光效达到120 lm/W的器件，而领先的实验室甚至都演示了光效达200 lm/W的LED。HB-LED(高亮度发光二极管)的光输出能力和成本大幅改善的同时，也跟当今先进IC一样，容易因ESD而遭受严重损伤。

IC制造商已经将ESD损伤确定为CMOS器件现场可靠性的一项主要威胁。为了避免这个情况，业界积极努力用后续新工艺节点来优化集成ESD保护架构。同样，领先的HB-LED制造商也与ESD专家协作制定适合的保护措施，众多有效的ESD保护措施也应运而生。

图1 使用侧面贴装TVS二极管应用LED保护

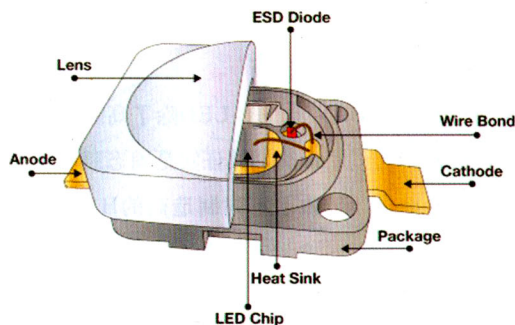
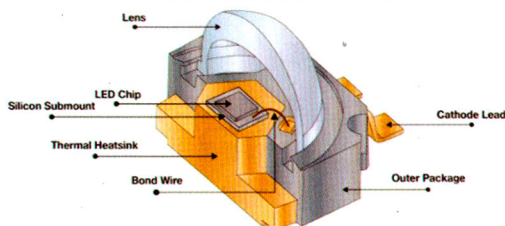


图2 采用硅次级贴装提供的ESD保护



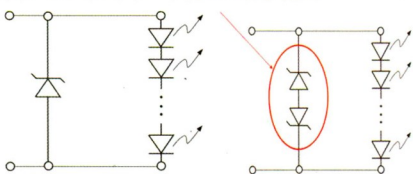
易受 ESD损伤

将蓝宝石衬底和制造绿光和蓝光发射器时使用的外延集成在一起，结果使得器件与红光LED等相比更易受到ESD损伤。由于蓝宝石衬底是纯绝缘体，生产期间加工器件时会累积大量的静电电荷。此外，外延层跟红光LED制造过程中使用的外延层相比，往往更易遭受ESD损伤，很可能就是因为制造过程带入瑕疵等效应引起的。

在CMOS器件中，制造期间发生的ESD操作可能在投入现场应用之前仍然还未被发现，使得应用现场可能会发生未预料到且成本高昂的故障。LED遭受ESD损伤的常见后果有如裸片表面出现暗点，这会导致LED光输出下降，并可能使LED灯泡没用多久就出现故障。LED制造期间的高ESD损伤率会损及量产良率，并实际导致良品的价格升高。由于HB-LED的长工作寿命是固态照明相对于传统照明的一项重要优势，HB-LED有效的ESD保护显然必不可少。

如果LED模块中不含适合的保护，客户工程师可能需要在电路板级应用分立保护，这在物料单成本和印制电路板（PCB）空间等方面可能造成损失，而且板级ESD保护远不足以为LED裸片提供保护。在封装中集成有效的ESD保护是一种更合意的途径，受到了当今众多HB-LED制造大厂的青睐。ESD保护可以应用为LED发射器裸片旁边的额外裸片，或在更紧凑的布局中用作上面粘接LED发射器裸片的次级贴装（submount）或侧面贴装（sidemount）。

图3 (a) 和 (b) 不同ESD保护配置



集成保护

业内出现了下面两种集成ESD配置。图1所示的侧面贴装配置将瞬态电压抑制器 (TVS) 二极管应用在与LED发射器裸片相同的封装内, 二极管可以使用线绑定或倒装芯片技术来连接, 因应具体应用要求而定。额定ESD等级因裸片尺寸不同而不同, 通常介于8 kV~15 kV人体模型 (HBM) 之间。

图2显示了如何在LED和引线框之间应用硅次级贴装来更紧密地集成ESD保护。这种构造使LED外形尺寸更紧凑; 次级贴装替代侧面贴装LED模块中使用的传统衬底, 提供的ESD保护等级超过15 kV HBM。硅次级贴装的良好热传导性也帮助LED缓解由于LED与引线框热膨胀系数不同导致的应力。

这两种途径都符合多种顶部及背部镀金工艺以适应大多数制造要求, 如带顶层铝涂层 (AuAl, CuAl) 选择、提供更高反射率的金或铜工艺, 以及金或金锡 (AuSn) 背金工艺选择。

保护性能

集成ESD保护二极管阵列的最关键参数包括低动态电阻 (R_{dyn}) 和低输入电容 (C_{in}), 这样ESD保护器件就能够快速地响应ESD尖峰, 并耗散大多数电流, 从而避免LED裸片损伤。安森美半导体的ESD保护技术产品在次级贴装保护器中提供仅在 $0.2\Omega \sim 0.4\Omega$ 等级的极低动态阻抗。安森美半导体的次级贴装保护器件本质上比竞争产品提供更佳的动态电阻, 这在ESD等瞬态事件期间转化为更低及更好的钳位电压, LED或LED串相应地受到更高水平的保护。此外, 次级贴装保护器也提供浪涌保护, 这在LED暴露于电

源浪涌或雷电尖峰的应用中非常重要。

大多数固态灯模块都包括串联连接的共用封装HB-LED裸片。在白光LED (WLED) 光源中, 通常就采用这种方法来提供高总光输出。用于背光应用或营造特殊效果的灯中, LED阵列可能包含红光、蓝光和绿光裸片, 支持混色, 微调LED发射出的色彩。由于每个LED都有3.5 V左右的有限正向压降, 包含大量LED的模块可能要求施加高直流电压。安森美半导体的侧面贴装和次级贴装ESD保护制造工艺可以调节用于6 V至110 V之间的击穿电压, 故适用于具有任意可行长度的LED串。顶金和底金工艺提供不同的组合和成分; 侧面贴装和次级贴装也具备不同的封装选择, 从倒装芯片到顶部和底部等, 不一而足。

不论是哪种类型的贴装, 都适用多种选择和配置: 在LED串两端并联连接一个TVS二极管提供规定的ESD保护等级 (见图3a), 而在LED串两端串联相向连接的二极管对 (图3b) 使灯制造商能够在生产期间施加反向偏置测试, 识别出并隔离次品模块, 从而防止流向客户。更复杂的二极管阵列包含多颗LED的LED串中的每个LED提供并联连接的相向二极管对, 使灯模块能够持续工作, 即使其中有个别LED发生开路故障。

总结

HB-LED除了高能效和小尺寸, 其预计长寿命周期被证实是固态照明巨大成功的重要诱因。由于不同制造商的HB-LED规格可能有很大不同, 全面理解HB-LED采用的ESD保护途径为提供最优的现场使用寿命带来很大好处。每个原设备制造商 (OEM) 在封装、工艺技术和材料成分方面都有一套特定的标准, 故应当加以考虑。因此, 为了获得所需的优化性能参数, 设计人员需要深入合作的供应商不应局限于提供少数不同LED保护方案, 而是可以提供宽广选择范围、支持作出最佳匹配的供应商。 CEM