LED 的静电防护常识

LED 的静电防护常识

4.1.1 什么是静电

静电在我们的日常生活中可以说是无处不在，我们的身上和周围就带有很高的静电电压，几千伏甚至几万伏。平时可能体会不到，人走过化纤的地毯静电大约是35000伏，翻阅塑料说明书大约7000伏， 对于一些敏感仪器来讲， 这个电压可能会是致命的危害。静电学主要研究静电应用技术，如静电除尘、静电复印、静电生物效应等。更主要的是静电防护技术，如电子工业、石油工业、兵器工业、纺织工业、橡胶工业以及航天与军事领域的静电危害，寻求减少静电造成的损失。

近年来随着科学技术的飞速发展、微电子技术的广泛应用及电磁环境越来越复杂，静电放电的电磁场效应如电磁干扰（EMI）及电磁兼容性（EMC）问题，已经成为一个迫切需要解决的问题。一方面， 一些电阻率很高的高分子材料如塑料，橡胶等的制品的广泛应用以及现代生产过程的高速化，使得静电能积累到很高的程度；另一方面，静电敏感材料的生产和使用，如轻质油品，火药，固态电子器件等，工矿企业部门受静电的危害也越来越突出。

静电危害造成了相当严重的后果和损失。它可以在不经意间将昂贵的电子器件击穿，造成电子工业年损失达上百亿美元。在航天工业，静电放电造成火箭和卫星发射失败，干扰航天飞行器的运行。1967年7月29日，美国 Forrestal 航空母舰上发生严重事故，一枚 A4飞机上的导弹突然点火，造成了7200万美元的损失，并损伤了134人，调查结果是导弹屏蔽接头不合格，静电引起了点火。1969 年底在不到一个月的时间内荷兰、挪威、英国三艘20万吨超级油轮洗舱时产生的静电引起相继发生爆炸。我国近年来在石化企业曾发生30多起因静电造成了严重火灾爆炸事故。许多工业发达国家都建立了静电研究机构，我国从60 年代末开始开展了一些静电研究工作，80年代开始以来，我国的静电研究发展极为迅速。1981年成立了中国物理学会静电专业委员会并召开了第一次全国静电学术会议，全国性的和各地方的静电学术会议不断召开，静电研究和应用的范围也越来越广，科研队伍不断壮大。

那么什么是静电呢?

未接地人员的静电位变化

静电是由于物质表面的正/负电荷剥离(Separation)所造成的电位。所有物质都可以分为导体、半导体、或是绝缘体。以上三种物质都会因不同程度的磨擦及空气中相对湿度的不同而产生不同程度的静电。静电产生后，可以利用导电路径而排放。在速度上而言则以导电体最快，半导体次之，绝缘体最慢。

表1-8 静电可能产生的电位 典型静电压量测值（V）

活动	相对湿度		
	10%	40%	55%
走过地毯	35,000		

1,500
7,500

做过合成树脂地板
12,000
5,000
3,000

工作台作业员动作
6,000
800
400

从塑料条中取出 DIP 晶片
2,000
700
400

从合成树脂盘中驱取出 DIP 晶片
11,500
4,000
2,000

从 Styro 泡棉中取出 DIP 晶片
15,500
5,000
3,500

由 PCB 上取走气泡包装袋
26,000
20,000
7,000

将 PCB 装入有泡棉之箱子
21,000
11,000
5,500

4.1.2 什么 ESD

ESD 是代表英文 ElectroStatic Discharge 即“静电放电”的意思。ESD 是本世纪中期以来形成的以研究静

电的产生与衰减、静电放电模型、静电放电效应如电流热（火花）效应（如静电引起的着火与爆炸）及和电磁效应（如电磁干扰）等的学科。近年来随着科学技术的飞速发展、微电子技术的广泛应用及电磁环境越来越复杂，对静电放电的电磁场效应如电磁干扰（EMI）及电磁兼容性（EMC）问题越来越重视。

4.1.3 静电的电荷量

静电的实质是存在剩余电荷。电荷是所有的有关静电现象本质方面的物理量。电位、电场、电流等有关的量都是由于电荷的存在或电荷的移动而产生的物理量。在科研院所、高等院校、检测站和工矿企业等部门经常需要测量物体的电荷量或电荷密度。表示静电电荷量的多少用电量Q表示，其单位是库仑C，由于库仑的单位太大通常用微库或纳库。

1库仑＝1000000微库

1微库＝1000000纳库

4.1.4 静电电压

由于在很多场合测量静电电位较容易，另一个常用的静电参数是静电电位，其单位为伏 ，但由于静电电压通常很高，因此常用一个较大的单位-千伏(kV)。1kV=1000V。

4.1.5 美规 S20.20的静电防护建议

美国静电协会所发布的国际标准静电防护规范 ANSI/ESD S20.20中，建议全球电子业对电子元件、半成品、仪器设备的静电防护，标准参考静电位应设在100V。

美规 S20.20的三基本 ESD 防护准则：

=在环境中的所有导体，包括人员，必需绑接或电气地连接并且附接至一个明确的接地或一个特别设计的（虚拟）接地。

=环境中必要大的非导体不能因附接至接地而消除其上的静电荷，离子化系统可提供这些必要的非导体上面的电荷的中和。

=在静电防护区之外 ESD 敏感物品的运送都需要静电保护材料的包装。

4.1.6S20.20静电接地基本概念

静电接地(ESDGrounding):透过一条接地路径，提供“等电位”效果，以减少静电放电对“ESD 敏感元件”（ESDS）造成的伤害。

4.1.7国际通用防护区警示符号(图1-24)

图1-24 国际通用警示符号

在本世纪70前代以前，很多静电问题都是由于人们没有 ESD 意识而造成的，即使现在也有很多人怀疑 ESD 会对电子产品造成损坏。这是因为大多数 ESD 损害发生在人的感觉以下，因为人体对静电放电的感知电压约为3KV，而许多电子元件在几百伏甚至几十伏时就会损坏，通常电子器件被 ESD 损坏后没有明显的界限，把元件安装在 PCB 上以后再检测，结果出现很多问题，分析也相当困难。特别是潜在损坏，即使用精密仪器也很难测量出其性能有明显的变化，所以很多电子工程师和设计人员都怀疑 ESD，但近年的实验证实，这种潜在损坏在一定时间以后，电子产品的可靠性明显下降。

4.1.8 如何控制人体静电（人体静电防护）

人体是最普遍存在的静电危害源。对于静电来说，人体是导体，所以可以对人体采取接地的措施

1.使用防静电地面 / 防静电鞋 / 袜（静电从脚导到大地）。

2.通过脚与防静电性地面、地垫、地毯，人员穿上防静电鞋袜，形成组合接地。

3.佩戴防静电腕带并接地（静电从手导到大地）。

通过手用以泄放人体的静电。它由防静电松紧带、活动按扣、弹簧软线、保护电阻及插头或夹头组成。松紧带的内层用防静电纱线编织，外层用普通纱线编织。

上述两项措施都是实用而有效的，应视不同的场合选择使用。

4.1.9 什么是静电敏感度？

为定量描述不同元件的相对敏感程度进行敏感度分类。敏感层次分为多层次是为制定先进的 ESD 防护措施提供原始资料，这些措施用于对更敏感器件的广泛的防护，到目前为止，大部分敏感度试验都是以人体模型为根据以便使得结果与其它模型相关。试验大批量管脚和极性的静电放电是非常昂贵的。

4.1.10 地线的接法

1、地线的导线内阻值不大于1欧，中间的接头尽量不要用或少用线接，最好是一次接到尾，如果一定要开接头的，一定用烙铁焊接。整条线架设好后要求测量电阻值。

2、挖坑在地下为1.5m 深的洞，用一根镀锌三角铁（约1m 长），在洞中再打入并不时加粗盐边打入，最后再加上盐并倒在上面盖住。再把坑用土封住就可。

4.2 LED 静电放电损伤

静电放电(ESD) 引起发光二极管 PN 结的击穿，是 LED 器件封装和应用组装工业中静电危害的主要方式。静电损伤具有如下特点：

1.隐蔽性：人体不能直接感知静电，即使发生静电放电，人体也不一定能有电击的感觉，这是因为人体感知的静电放电电压为2-3KV。大多数情况都是通过测试或者实际应用，才能发现 LED 器件已受静电损伤。

2.潜伏性：静电放电可能造成 LED 突发性失效或潜在性失效。突发性失效造成 LED 的永久性失效：短路。潜在性失效则可使 LED 的性能参数劣化，例如漏电流加大，一般 GaN 基 LED 受到静电损伤后所形成的隐患并无任何方法可治愈。

3.随机性：LED 什么情况下会遭受到静电破坏呢？可以这么说，从 LED 芯片生产后一直到它损坏以前所有的过程都受到静电的威胁，而这些静电的产生也具有随机性。但是由于芯片的尺寸极小，约0.2mm*0.2mm，电极之间的距离就更小，如果处在静电场中，两极之间的电势差别接近于零；电极的微小面积，局限了接触静电放电的状态。因此，芯片受到静电损伤的几率比器件要小得多。

4.复杂性：在静电放电的情况下，起放电电源是空间电荷，因而它所储存的能量是有限的，不像外加电源那样具有持续放电的能力，故它仅能提供短暂发生的局部击穿能量。虽然静电放电的能量较小，但其放电波形很复杂，控制起来也比较麻烦。另外，LED 极为精细，失效分析难度大，使人容易误把静电损伤失效当作其它失效，在对静电放电损害未充分认识之前，常常归咎于早期失效或情况不明的失效，从而不自觉的掩盖了失效的真正原因。

5.严重性：ESD 潜在性失效只引起部分参数劣变，如果不超过合格范围，就意味着被损伤的 LED 可能毫无察觉地通过最后测试，导致出现过早期失效，这对各层次的制造商来说，其结果是最损声誉的。

ESD 以极高的强度很迅速地发生，放电电流流经 LED 的 PN 结时，产生的焦耳热使芯片 PN 两极之间局部介质熔融，造成 PN 结短路或漏电，对失效器件解剖分析，一般在高倍金相显微镜下，可以观察到引起即时的和不可逆转的损坏击穿点，但是受到解剖手段和器件封装材料的限制，经常因为芯片污染或机械损伤等原因，而不能确定击穿点。反向放电时，电流较正向放电集中，功率密度大，因此 LED 反向放电 ESD 失效阈值较正向低得多。

4.3产权 LED 静电放电敏感度检测

静电放电敏感度 ESDS，是电子元器件的重要可靠性指标之一，它反映了电子元器件抵抗静电放电损失的能力。进行静电放电敏感度检测的目的：了解和分析元器件抗 ESDS 检测结果，有助于元器件的设计者和生产者，通过改进设计方案和改进生产工艺，提高元器件抗 ESDS 水平；了解和掌握元器件抗 ESDS 检测结果，以便元器件的使用者，在生产组装过程中采取必要的静电防护措施。ESDS 检测试验系破坏性试验，所有经过试验的样品应报废，不得进入生产流通出厂。

LED 的 ESDS 检测目前没有国家标准，一般参照我国军标 GJB－548A－96和 Bellcore 的 TR－NWT－00870标准。最常用的 ESDS 检测，有三种标准波形：标准人体模型（Human BodyModel - HBM）、机器模型(MM)

和带电器件模型(CDM)。发光二极管 LED 属光电器件，应采用标准人体模型(HBM)。

LED 的 ESDS 检测方法如下：

1）ESDS 检测前，先采用 LED 光电参数测试仪或晶体管图示仪测试待检 LED 样品的光电参数和性能，并纪录；

2）将 ESDS 专用测试仪设定为标准人体模型(HBM)及放电电压设定在阈值；

3）采用三个正的、三个负的脉冲进行放电试验，脉冲之间至少有1秒的延迟；

4）ESDS 放电冲击后，再测试样品的光电参数和性能，以判定样品是否失效或参数劣化。

标准人体模型(HBM) 是 ESD 模型中建立最早和最主要的模型之一。不同标准所规定的 ESDS 检测方法基本相同，只有在细节上有点差异，但是在抗 ESD 等级分类上差别较大。我国军标 GJB－548A－96对器件抗ESD分为三个等级：1级抗静电电压为0~1999V ；2级抗静电电压为2000~3999V ；3级抗静电电压为4000V以上。

4.4 ESD 静电防护技术

1.一般静电防护的基本思路：

1）从元器件设计方面，把静电保护设计到 LED 器件内，例如大功率 LED，设计者在承载 GaN 基 LED 芯片倒装的硅片上，设计静电保护二极管，这时硅片不但作为 GaN 的承载基体，还起到 ESD 保护作用，使采用这种芯片封装的器件 ESDS 达到几千伏。它的优点是直接提高器件抗 ESD 能力，简化封装生产和器件安装等过程的静电防护措施，缺点是增加成本、增大体积、芯片生产工艺复杂并且需要专业生产设备，它适用于高价值的 LED 器件。

2）从生产工艺方面，有两种静电防护途径，首先是消除产生静电的材料与过程，通过材料的选用，使静电产生的途径不存在了或者减少了，从源头消除了静电放电的产生与积累，是静电防护的有效的基本方法之一；其次是通过泄放或中和防止静电放电，因为产生静电的所有途径是不可能完全消除的，所以我们需要安全地泄放或中和那些要发生的静电，防止静电放电的发生。

2.人体防静电系统

人体防静电系统主要由防静电手腕带、防静电工作服、鞋袜等组成，必要时还需要辅以防静电工作帽、手套、脚套等物品。这种整体的防静电系统兼备静电泄放、中和和屏蔽的作用，防静电手腕带由静电导电材料制成，通过与皮肤直接接触，把人体静电直接导走，所以手腕带使用时必须与皮肤接触良好，使皮肤上的瞬时静电电压小于100V。防静电工作椅、桌垫、地垫、防静电工作椅的材料使用静电导电织物为面料, 它们在与人的接触中不产生静电，并能将人体本身所带静电很快泄放，导入大地，起到静电防护作用。

3.防静电操作系统

防静电台垫，在进行静电敏感器件的操作时，工作台上应铺设具有静电导电和静电耗散功能的材料制成的防静电台垫。使所有与器件接触的端子、工具、仪器仪表、人体达到一致的电位，并通过接地使静电能迅速泄放。

4.静电接地技术

接地就是直接将静电通过一条导线的连接泄放到大地，这是防静电措施中最直接最有效的，多数静电防护系统的效果，都依赖于接地地线的质量，静电接地技术是静电泄放工艺中的主要环节，系统接地的质量将直接影响电荷的释放能力。地线必须是能够接受或提供大量电荷的，理想的地线应该是一个优良的导体，即电流流过地线时不产生电位降，地线上各点电位相同。在工作区的静电地线应为静电专用地线，不得与其它地线共用。防静电接地是厂房基建工程中重要的指标之一。

5.生产过程的静电防护

LED 从芯片到封装应用的生产过程较复杂，就防静电而言，是一个综合治理的过程，应渗透到生产的各个环节，并根据各生产环节的工艺要求，提出不同的对策，以达到对器件的有效静电防护。对固定单个设备(如固晶机、键合台、测试设备、波峰焊设备等)的工艺要求：

1）设备应良好接地；
2）有必要的设备周围要铺设防静电地垫；
3）操作者穿戴防静电衣、帽、腕带等；
4）必要时，在静电防护关键部位设置离子风机。

6.离子风机

绝缘体往往容易产生静电，用接地的方法是不能消除绝缘体上的静电，通常利用离子作用来中和这些绝缘材料上的静电。离子风机是一种吹出离子化气流的设备，它用来中和累积在绝缘材料上的任何电荷，提供一个等电位的工作区域。

7.其他注意事项

1）进行 GaN 基 LED 测试时，除了测试仪接地外，还要了解测试仪的测试线路，特别是恒流测试的电源开路电压不能过高，以免 LED 受到负反馈脉冲电压的冲击而失效；

2）表1-8为人体几种状态的带静电情况，从中不难看出，相同条件下，湿度(空气中潮气)的上升，静电电位 U 降低了，即 ESD 的危险性降低了，但仍然存在，因此不可放松静电防护措施，应保持良好的工作习惯。

3）包装是产品出厂前的最后一个环节，包装工艺的好坏直接影响产品到达用户手中是否为合格品。包装应采用防静电屏蔽袋，它用于器件的包装、运输和储存，具有一定的防潮效果。

4）需要提醒大家注意的是，如果从事可能触及到高电压的工作，例如维修仪器设备可能触及220V 市电，操作人员不应该带接地防静电手腕带或脚带等，以防止可能出现人身电击事故，因为它们提供从身体到大地的通路。