

Cree® XLamp® LED过度电性应力

目录

前言	1
产生过度电性应力的原因	2
过度电性应力对XLamp LED的影响	4
过度电性应力保护器件的类别	5
主动保护电路	8
结语	9
有用的链接	10

前言

本应用说明描述了过度电性应力(EOS)事件及其对Cree XLamp LED的影响以及保护XLamp LED免受EOS损坏的一些简单方法。简而言之，过度电性应力就是施加在LED上的任何电流超过该LED技术数据手册中规定的最大电流。视施加的持续时间与幅值的不同，EOS事件对LED所造成影响严重性也有所不同。可以肯定的是，任何一次EOS事件均可能损坏LED。这种损坏可能导致器件立即失效或在EOS事件发生很久后才逐渐失效。因此，应采取所有必要的预防措施来避免EOS事件。

本应用说明假设电源或驱动电源¹中已采用了主保护电路或器件及其他保护系统，以防雷击、电涌等引起的损坏。本应用说明侧重于介绍二次保护电路如何保护LED免受常见EOS事件的损坏。请注意本文档不能作为关于二次保护电路的完整指导。

¹ “电源”和“驱动电源”这两个术语在本文档中被互换使用。

产生过度电性应力的原因

LED产生过度电性应力的最常见原因如下所述。

1. 静电放电（ESD）事件

ESD被普遍认为是许多半导体器件（包括LED）制造、运输和装卸过程中的一种常见危害。几乎所有Cree XLamp LED均含有ESD保护器件并被列为MIL-STD-883标准的第2类“人体静电放电模式”，也就是说它们能承受最大2kV的静电放电。虽然XLamp LED采用了保护器件，但是如果未遵守正确的处理程序，还是可能因ESD事件而导致EOS损坏。ESD事件的麻烦之处在于，它们有时并不会立即造成灾难性的失效。相反，此类潜在失效在ESD事件发生的数百或数千小时后会变成灾难性的失效。

2. 瞬态过电流事件

发生瞬态过电流事件时，经过LED的电流将高于LED技术数据手册中的最大额定电流，这可能是通过高电流直接产生或通过高电压间接产生的。这些事件均是瞬态的，也就是说它们发生的时间极短，通常不会超过1秒。有时它们也被称为浪涌或尖峰，如“电流尖峰”或“电压尖峰”。

在LED开启初期发生的过电流事件通常被称作“涌流”。这种效应通常是在驱动电路中的电容最初通电后产生的。通过观察到LED的输出电流，就可看到过冲。避免这个问题的方法之一是采用软启动算法来控制电容的充电速度以避免瞬时电流浪涌。对两种不同驱动电源（分别带和不带软启动）的输出的比较如图1和图2所示。



图1：带过冲的涌流

图2：带软启动的涌流

另一种常见的过电流事件被称为热插拔。这可能在LED被插入通电电源且该电源的输出电压大于LED负载的正向电压时产生。例如，如果一个LED在350 mA时的正向电压通常为3 V，而电源在无负载时的输出电压为24 V，则浪涌电流可能流经LED，直到电源的限流电路起作用时为止。图3说明了这一点。



图3：热插拔示例

在选择现成驱动电源时，务必检查规格、最大输出电压以及是否采用了软启动保护。此外，最好通过不同的输入和负载条件来彻底测试驱动电源，以验证其是否具有规定的性能。同样务必确保驱动电源与LED负载之间保持稳固的连接。连接可能由于机械振动、热扩张 / 热收缩或焊点疲劳而变得不稳定。

3. LED过驱动

如果施加在LED上的电流超过LED的规定额定电流，就会发生LED过驱动。例如，XLamp XP-G LED具有1.5 A的最大额定连续电流。在一些特定应用情况下，LED最好在高于此额定值的电流下工作。由于这是LED驱动电路中的一种设计选择，因此本应用说明就不在此赘述此类EOS保护方法。Cree应用说明，Cree XLamp LED的脉冲过电流驱动：相关信息和注意事项，更有针对性地处理这种情况。²

4. 反向电压

与市场上的许多其他LED不同，大多数XLamp LED均可承受等于器件正向电压的反向电压应用。换句话说，如果LED负载反接到电源上并且电源输出电压小于或等于LED负载的正向电压，则LED就不会被损坏。但是如果LED的反向电压较高，即大于额定正向电压的数倍，则LED可能受到永久损坏。务必检查各个LED的数据手册，以确定其反向电压和 / 或额定电流。如果数据手册中无相关信息，请联系Cree技术人员。³

² Cree XLamp LED的脉冲过电流驱动：相关信息和注意事项，应用说明AP60，
www.cree.com/xlamp_app_notes/overcurrent_driving

³ www.cree.com/support/contact-support

过度电性应力对XLAMP LED的影响

潜在失效

检测遭受EOS事件的LED的损坏可能比较困难。损坏通常不是直接和灾难性的，LED能够继续产生光，因此损坏未被察觉。但是，通过测量此类LED的正向和反向偏置电流，可以检测出LED电气参数的改变。例如，正常XLamp XP-E LED的反向电流在-10 V时不小于-3 μ A。受到EOS事件损坏的LED可能“渗漏”，并且其反向电流会增加（按绝对值计算）。换句话说，如果测量的反向电流为-10 μ A，则XP-E LED就会被视为“渗漏”。各类XLamp器件均对反向电流有特定限制。

灾难性失效

由于LED不再产生光，因此灾难性失效通常比较容易检测，但是在大型阵列中，单个失效的LED可能不会被注意到。在因EOS事件而发生灾难性失效的XLamp LED上，可以观察到两种常见失效现象，如下所述。这些现象可通过将LED置于放大镜下看到。其他失效现象则不容易看到，除非分解LED封装并用先进的分析技术检查裸芯片。

接合焊盘附近的损坏

如果EOS事件并不严重，则损坏会出现在接合焊盘附近，如图4所示。如果用欧姆表或曲线描绘器测试以这种方式失效的LED，通常会测量出短路。这是最常见的EOS失效模式，同时也是几乎所有EOS失效均以短路模式失效的原因。

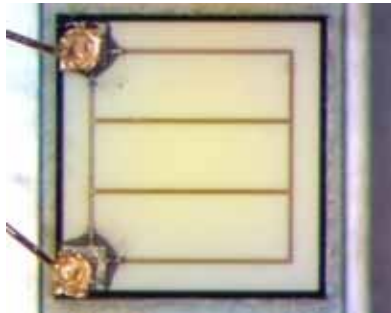


图4：接合焊盘损坏的LED芯片

过度电性应力保护器件的类别

可用来帮助保护LED免受过度电性应力损坏的器件主要有两类：过电压保护器件和限流器件。这些器件的功能是吸收电能，以免电能通过负载消耗并造成永久性损坏。第三类是反向电压保护器件，此类器件包括诸如势垒二极管这样的元件，以阻止在负载反接的情况下电流向相反方向流动。

过电压保护器件

过电压保护器件与电子负载并联连接，如图5所示。这些器件被设计为只在达到一定的阈值电压之后才传导电流。其中最常见两种器件是金属氧化物变阻器（MOV）和瞬态电压抑制器（TVS）。气体放电管（GDT）是另一种常用的电压抑制器件，但这些器件通常用于交流电源输入，因此不属于本文档的讨论范畴。

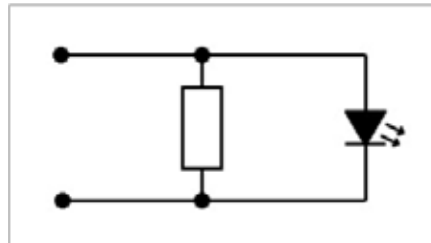


图5：与LED并联的过压保护

MOV是压敏电阻器件，旨在保护电子负载免受幅度大、持续时间短电压尖峰。它们通常用于驱动电路的输入侧，但也可用于输出侧。

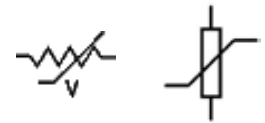


图6：MOV符号

TVS器件通常是硅基二极管，并且可能是单向或双向的。TVS二极管也用于快速瞬态事件（包括ESD事件），并且其响应时间往往快于MOV，但是其额定钳位电压往往比MOV低得多，因此较长的LED链式灯具可能需要多个器件。图7显示了双向器件的示意符号。



图7：TVS符号

无论是MOV还是TVS都只能防止短期事件。持续时间较长和能量较大的事件将导致器件过热和失效，而这反过来会给LED负载造成最终的EOS损坏。此外，这些器件可能无法保护LED免受高于LED正向电压但低于钳位电压的过电压事件的损坏。因此，务必仔细指定这些器件。

限流器件

限流器件与待保护电子设备串联连接。顾名思义，这些器件被设计用于使电流保持在规定的限值内或在达到或超过规定的阈值时断开电路，

限流器件分成两类：一次性器件和可复位器件。最常见的一次性器件类型是熔断器。可复位器件更适合与LED配合使用，因为它们在进行故障时无需更换。理想的限流器件应在电流低于阈值水平时具有最小功耗。

器件	行为
一次性器件	在EOS事件期间造成开路。必须更换器件，以使电路恢复到其初始状态。
可复位器件	在EOS事件器件改变电阻值。消除EOS或关掉电源就可使器件恢复到其原始状态。

表1：限流器件行为

使用正温度系数电阻来限流

正温度系数（PTC）电阻也称为热敏电阻，是一种电气器件，能够随着温度升高而通过器件自身的功耗或环境温度的升高来增加电阻。在发生过电流的情况下，与LED阵列串联连接的PTC器件（如图8所示）将减小流向LED的电流。

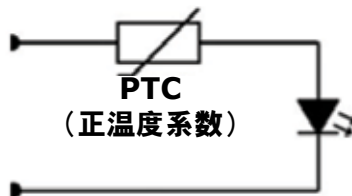


图8：与LED串联的PTC电阻

为了帮助选择适当的PTC器件产品系列，应考虑LED阵列的最大电压、最大电流和最高环境温度。然后应根据最高环境温度来降低PTC产品系列的额定电流，以选择会在正常工作条件下保持关闭的特定产品。

使用PTC电阻来限流具有一些挑战。首先，PTC器件必须变热才能提供过电流保护，而这可能需要几十毫秒或更长的时间，直至电阻增大并开始限流。其次，一旦器件变热，就必须等到在冷却后才可再次提供保护。基于这些挑战，在以下情况下使用PTC电阻提供过电流保护最为有效：与所用LED的最大电流相比，正常工作电流相对较小。

用于涌流保护的负温度系数电阻

负温度系数(NTC)电阻提供被动涌流保护。NTC电阻是PTC电阻的补充器件。它们的电阻会随着温度的升高而减少。NTC电阻有两种基本类别：高电阻和低电阻。高电阻器件常用于热测量。低电阻器件则常用于涌流保护。具体而言，在电源热插拔或初始通电时，NTC器件提供高电阻值以保护LED免受涌流的损坏。在器件瞬态时间之后，NTC电阻将开启并且其电阻变得可忽略不计。

图9显示了带和不带NTC器件保护的电路的涌流示例。

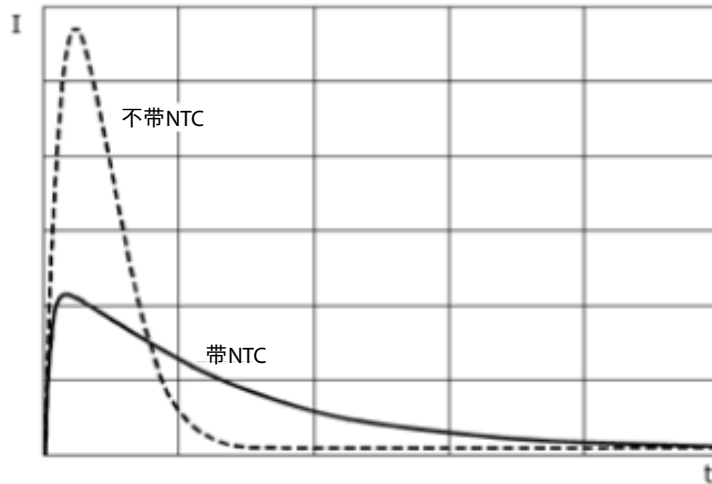


图9：涌流示例

使用NTC电阻进行被动涌流保护具有一些挑战。一旦器件变热，就需要一个冷却期，才可有效吸收后续的过电流事件。其次，NTC电阻的能耗将降低LED灯具的总效率。通过NTC电阻的能耗取决于环境温度和所用的驱动电流，但这种损耗可能比较显著，特别是在环境温度比较低的情况下。NTC电阻在以下情况下可能是比较好的解决方案：许多LED串联并且最大电源电压不超过LED阵列的最大正向电压。

反向电压保护

保护LED负载免受反向电压的最简单方法之一是串联势垒二极管。二极管的额定反向电压应大于驱动电源的最大输出电压。这种方法的一个缺点是额外功率被消耗在二极管中。图10显示了带肖特基二极管的LED电路示例，这种二极管具有低于标准二极管的正向电压降。

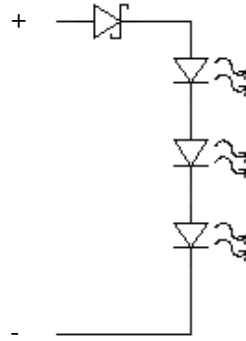


图10：LED电路中的肖特基势垒二极管

在大多数应用中，无需增加势垒二极管。

组合器件

最近业界开发了一类新器件，这种器件以单一封装将PTC电阻与TVS结合起来。这种器件可提供过电流保护以及过电压和反向电压保护。示例如图11所示。⁴

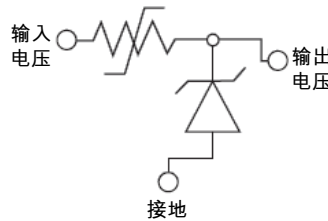


图11：组合保护器件

主动保护电路

对于具有较高最大输出电压或具有最高效能要求的电源来说，主动过电流保护可能优于被动器件。主动保护电路具有仅几毫欧姆（而非几欧姆）的通态电阻，并可在几毫秒而不是几分钟内复位。此外，主动保护器件可有效防护在连续工作期间而非仅在接通时可能发生的其他瞬态事件。

有一种限流方法被称为折返。该方法所采用的电路可检测到超过阈值的情况并随后降低到负载的电压，而这反过来降低了到负载的电流，如图12中的曲线所示。这种技术常用于线性电源中。

4 图片来自TE Connectivity公司的PolyZen器件（聚合物保护齐纳二极管），
www.te.com/catalog/pn/en/RF1500-000?RQPN=ZEN056V075A48LS

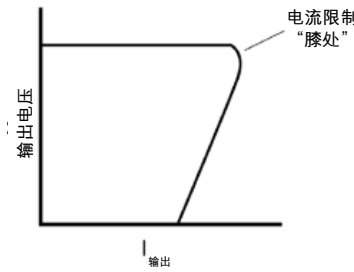


图12: 折返限流

另一种被称为消弧电路的方法则采用半导体闸流管器件，如三端双向可控硅开关或可控硅整流器（SCR）。这些电路对于高压负载可能是有用的。消弧电路的工作原理是感测高于某个阈值的电压并激活开关器件（例如，三端双向可控硅开关元件或SCR），以将电流从负载分流开。这反过来激活了保护器件（如断路器或熔断器）。

第三种方法采用的是PMOS晶体管电路（如图13所示）。这种方法所采用的传感电阻带有控制电路，可关闭PMOS晶体管或控制其栅极电压以限制电流。

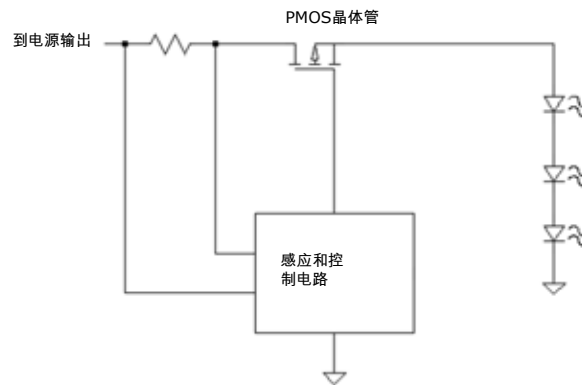


图13: 负载开关电路

添加几个元件就可非常有效地保护LED阵列免受因浪涌或热插拔而引起的大电流尖峰。终端产品可靠性的大幅提高可轻松弥补少量的额外元件费用。

结语

正确的灯具设计是在不断发展的LED照明市场中推出成功产品的关键。大多数产品设计人员都知道良好的热学、光学和电气设计原理，但可能未考虑过增加保护电路来防范不当使用或热插拔所造成的损坏。并非每种应用都需要过度电性应力保护，而且增加此类保护会增加设计成本并可能降低产品效率。

但为了尽量降低因热插拔而引起的风险，Cree强烈建议给未带板载电源的LED灯具或模块增加一定级别的保护。习惯于安装传统照明产品的安装人员可能会偶然对电源热插拔LED负载，从而导致LED灯具失效。使用简单、低成本的保护电路可大幅降低照明客户的退货率。EOS（特别是热插拔）是Cree在被退货的LED中观察到的最常见问题。

此外，Cree建议对LED灯和灯具进行广泛的测试，包括浪涌阻抗、功率循环和电磁兼容性测试。很常见的是，产品开发人员急于向市场推出未经证实的产品，但在推出数周或数月后就发现产品因过度电性应力失效了，而这些失效本可以通过增加保护电路来轻松防范。

Cree的市售“热学、电气、机械、光度及光学”（简称“TEMPO”）服务可为采用LED技术的灯和灯具的设计、验证和测试提供帮助。部分此类测试侧重于LED电源及其过滤电气瞬态（通常与EOS相关）的有效性。有关该服务的更多详情可在Cree上查阅：www.cree.com/tempo。

如果您怀疑您的LED已受到过度电性应力的损坏，请联系Cree的技术支持人员获得帮助。

有用的链接

1. 可提供电路保护解决方案的制造商的名单可在Cree网站上查阅：
www.cree.com/led-components-and-modules/tools-and-support/solution-providers/cree-solution-providers
2. 以下由两部分组成的视频是对本应用说明的补充。
第1部分提供了有关EOS、该现象的常见原因及其可能对LED的可靠性和性能造成的影响的背景信息。
[cd2.cree.com.verndale-uat.com/led-components-and-modules/products/xlamp/arrays-nondirectional/~media/Files/Cree/Videos/Components%20Modules/XLamp/EOS/CreeElectricalOverstressPartI21Sep2012.mp4](http://cd2.cree.com.verndale-uat.com/led-components-and-modules/products/xlamp/arrays-nondirectional/~/media/Files/Cree/Videos/Components%20Modules/XLamp/EOS/CreeElectricalOverstressPartI21Sep2012.mp4)

第2部分演示了实际的EOS事件以及保护LED免受破坏性影响的简单方法。
cd2.cree.com.verndale-uat.com/led-components-and-modules/products/xlamp/arrays-nondirectional/~media/Files/Cree/Videos/Components%20Modules/XLamp/EOS/CreeElectricalOverstressPartII21Sep2012.mp4
3. 有关由Cree服务部提供的TEMPO测试套件的信息可访问以下网址查阅：www.cree.com/tempo
4. 可访问以下网址获取Cree客户服务：www.cree.com/support/contact-support