

# 应用多种技术及装置等以防止静电放电危害的有效举措

An effective method for preventing the harm of electrostatic discharge was carried out by using a variety of techniques and decorations

吴康

**摘要：**本文将对其静电产生的理念尤其是半导体器件的静电破坏模式先作阐述，并重点对新型数字隔离技术在静电放电保护中的应用与通过静电电位传感器“EP传感器”及多种技术装置在静电放电保护中应用的举措作重点研讨。与此同时，也着重对数字隔离器的正确放置对其芯片损害的保护问题作分析。

**关键词：**静电放电，数字隔离，传感器，保护

**Abstract:** this paper takes the concept of the electrostatic generation especially static failure mode for this first semiconductor devices, and focus on the new digital isolation technology in the application of electrostatic discharge protection and by electrostatic potential sensor "EP sensors and a variety of technical equipment in the applications of electrostatic discharge protection measures for the key discussion. At the same time, the protection of the digital isolator to the chip damage is analyzed.

**Keywords:** ESD, digital isolation, sensor, protection

## 0 前言

电子产品设计与制造及其生产组装流水线等应用环境中所遭遇的静电放电电击等级，包括电压和电流，均能超出人体带电模式很多。这是因为随着近来的零件小型化和半导体高集成化趋势，其静电放电(ESD)而引起的电路或器件的静电破坏已成为一大隐患的技术问题。由此人们很关心的是对静电破坏应如何进行产品的静电放电(ESD)保护就显得十分重要了。因为它是提高电子产品的耐受性并关系到影响整个工业长期发展的重要问题。

据此，本文将对其静电产生的理念尤其是半导体器件的静电破坏模式先作阐述，并重点对新型数字隔离器技术与通过静电电位传感器“EP传感器”及多种技术装置在静电放电保护中应用的举措作重点研讨。与此同时，也着重对数字隔离器的正确放置对其芯片损害保护的问题作分析。

## 1 静电产生的理念及静电破坏模式

防范危险的最好保护方法首先应了解危险的性质，以

及它对系统的损害方式。如何防止静电破坏，有必要先从了解静电产生及其相关的理念入手作分析。

### 1.1 那什么是静电？

物质因摩擦等原因而导致正负电荷失衡、电子极性偏向一方的现象称为“带电”。在干燥的冬天，用手接触汽车车门时有时会听到噼啪的声响，这就是静电（其动电是一般的电）。静电是指物质中残留的电。因衣服和座位摩擦而附带接触金属部分后会放电。约3KV噼啪！其静电产生的原因是什么？物质均由原子组成。原子由若干带负电的电子和带正电的原子核（质子和不带电的中子）组成。电子环绕于原子核周围。这些电子就是静电的原形。在通常状态下，质子带的正电荷电量与电子带的负电荷电量相同，所以原子整体上呈电中性。中性的原子会因摩擦、接触或剥离等原因而导致电子发生移动，如果带上多余电子的话便会带负电；反之，如果失去电子的话便会带正电。

而感应带电，是因带有静电的物体接近或离开其他物体而带电。像这种没有相互接触却带上静电的现象称为“感应带电”，例如，只需将带电物体靠近IC，便会发生带电

现象（静电感应）。见图 1 所示为因静电感应而导致发生故障的例子。图 1 中即使工件（接地物体）没有带电，如果带电物体接近半导体的话，导电体可能会因静电感应而导致内部出现极化，并产生放电现象。见图 1 所示。

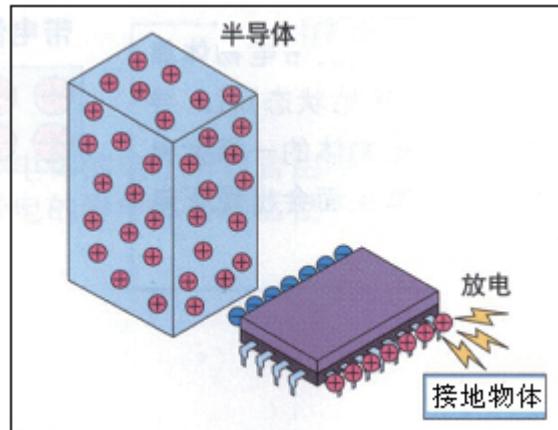


图 1 为因静电感应而导致发生故障的举例

## 1.2 半导体器件的静电破坏模式

器件的静电破坏模式大致分为以下 3 种：人体带电模式 (HBM)、机器模式 (MM)、器件带电模式 (CDM)。具体说明见下述：人体带电模式 (HBM)，见图 1(a) 所示。

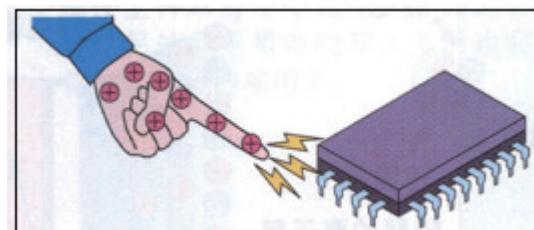


图 1(a)

\* 人体带电模式为人体所带的电荷接触到器件端子时放电的模式。其发生原因是因未穿着防静电腕带与导电鞋与直接用手接触端子等造成；而机器模式 (MM)，见图 2(b) 所示。

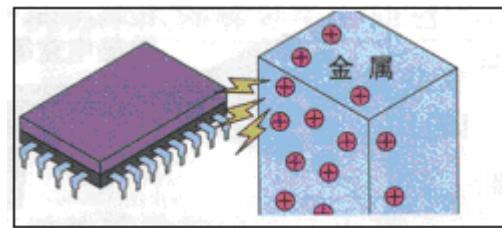


图 1(b)

\* 机器模式 (MM) 为金属装置所带的电荷接触到器件端子时放电的模式。其发生原因是因设备或机器人的带电、接地不充分与电络铁的电源泄漏等造成；但器件带电模式 (CDM)，见图 1(c) 所示。

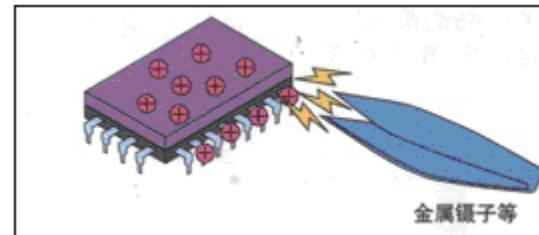


图 1 (c)

\* 器件带电模式为器件的导体部（芯片、电线、引线框等）带静电、器件端子接触到设备或工具夹具时放电的模式。其发生原因是因 IC 的自动装配机的搬运部发生摩擦带电等造成。

## 2 多种新技术在防静电放电损害的选用与保护

从静电产生的理念及静电破坏模式可知，静电放电将对各类电子产品或系统产生严重损害。如今已有多种新技术可在防静电放电损害的选用。值此仅应用数字隔离器与静电位传感器 EP 等多种技术与装置对其保护。

### 2.1 数字隔离器在防静电放电损害中的应用

\* 数字隔离器应用的理念

数字隔离器被广泛应用于汽车、航空航天和医疗行业，通常这些隔离器额定承受能隔离最高可达 5KV 有效值 / 每分钟，数字隔离器的数据手册中常会给出与瞬态抗挠度相关的规格。制造商数据手册上某个半导体的静电放电的额定值为 8KV。实际上，数字隔离器管脚上接触放电（根据 IEC 61000-4-2 的要求）的额定值达到了 8KV 的等级。而在 8KV 的情况下 IEC 61000-4-2 的静电放电的峰值电流会高出大部分高性能半导体设计承受能力 22 倍以上。故具有最佳静电放电防护能力的隔离器必须集成应用或设计到特定设备之中。

\* 数字隔离器当被集成应用到特定设备时必须解决数字隔离器保护与放置的问题

即使隔离器在其引脚处的静电放电保护能够承受 8KV

的接触放电电击，但这也并不意味着它是抗扰的。由此就带来保护数字隔离器免受静电放电的影响变成了一项非常具有挑战性的任务，也带来程度不同的困扰。由此数字隔离器当被集成应用到特定设备时必须解决数字隔离器本所被保护与放置的问题。正因为隔离电路的设计或应用面临着很大的挑战，为此必须有大量的要求需要被满足和维护。而其电路的设计布局和元器件的摆放是隔离电路设计过程中最关键的步骤之一，因为它们可以在电磁兼容测试，尤其是防止静电放电损害方面将带来很大的不同。

## 2.2 如何将数字隔离器集成应用或设计到特定医疗设备之中

数字隔离器可在各类领域或设备中获得应用。在此以医疗设备中使用数字隔离器为例作重点说明。对在医疗设备中使用数字隔离器来说，其中隔离器的物理位置是非常重要的。如果放置不当，即使是业界最强大的静电放电数字隔离器也会发生故障。如图 2 所示的情形。

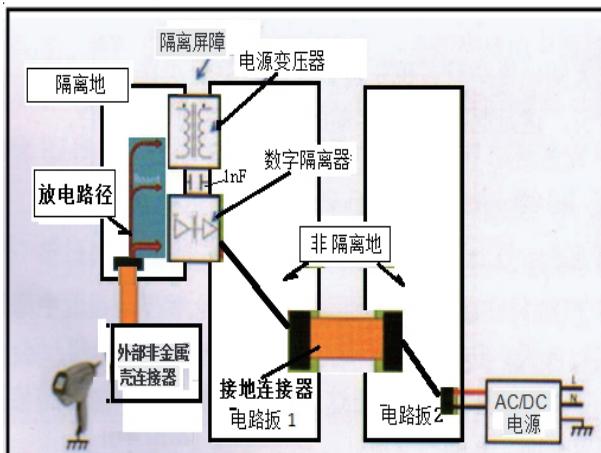


图 2 为数字隔离器位于靠近地平面时静电放电的路径（将对隔离器的芯片烧毁）示意图

从图 2 中可知，其中 15KV 的空气放电是在外露非金属壳的连接器上进行的，而该连接器是外围电路的一部分。该电路是被隔离的。数字隔离器本身被放置在接地连接器附近，该接地连接器通向电路板 1。板 1 连接到具有 1nF 地接电容的交流 / 直流电源。如果静电放电电流有这样一条放电路径，它就会沿着这条路径返回地平面。一旦电流进入 ISO 板，它就会在隔离屏障的边缘形成一个电压。由于隔离屏障的电容、变压器绕组之间的电容、数字隔离器容性 SiO<sub>2</sub> 屏障的电容，会形成充电电流，并将电容填满。

相比于 8mm 宽气隙的电容或者变压器绕组间的电容而言，数字隔离器的 SiO<sub>2</sub>，容性层会更快地被击穿。当电流通过数字隔离器越过屏障的时候，它会在隔离器内部产生差模电压。该电压能够破坏 CMOS 器件，造成短路。另外，隔离器内部的短路还会导致过度的功率消耗，从而烧掉芯片。因此，如果放置不当，即使是具备强大的静电放电防护性能的数字隔离器，也会短路损坏的。为此必须对数字隔离器在放置应用中加以保护。

## 2.3 对数字隔离器放置应用中保护措施

从上可知对数字隔离器应用的保护应该考虑静电放电防护措施。也就是说，要么将静电放电电流从隔离电路的接地上面分流到系统的接地（非隔离接地）上，要么也可以通过一个大于 150PF 的电容（因 IEC 61000-4-2 的静电放电电容器为 150PF）和系统的参考平面来构成一个储能结构，吸收全部的静电放电电荷。具体可应用分流电荷与容性储能二大保护措施。

### \* 分流电荷措施有气体放电管与高压二极管的应用

合理放置气体排放管的应用 在硅基器件能够应对高等级的静电放电之前，通常使用的是气体放电管。气体放电管是一种开关型保护器件，工作原理是气体放电。当两极间电压足够大时，极间间隙将放电击穿，由原来的绝缘状态转化为导电状态，类似短路。导电状态下两极间维持的电压很低，一般在 20 ~ 50V，因此可以起到保护后级电路的效果。气体放电管会将电路断开，直到其承受的电压超过了额定的直流耐压为止。它是防止静电放电造成数字隔离器的芯片被烧毁的重要举措。

气体放电管的电极一般为两个、三个、五个，电极之间由惰性气体隔开。所以根据电极我们将气体放电管分为二极气体放电管、三极气体放电管、多极气体放电管。图 3(a) 为气体放电管的外形图。



图 3(a) 为气体放电管的外形图

而合理放置气体排放管的应用非常重要（见图 3(b) 所示）它也是防止静电放电造成数字隔离器的芯片被烧毁的必不可少的措施。

### \* 容性储能措施的应用

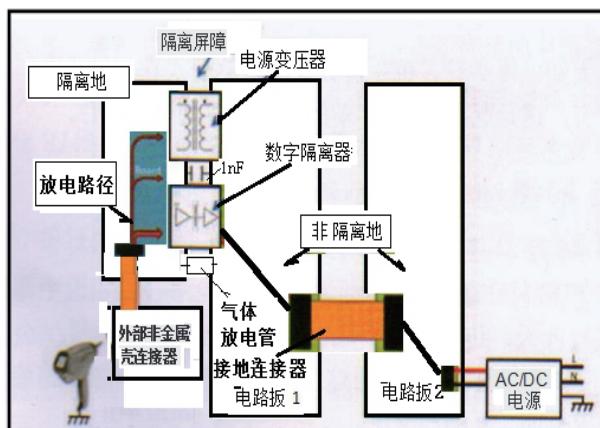


图 3(b) 所示为合理放置气体排放管是对数字隔离器保护有效举措

#### \* 高压电容的应用

高压电容器也可以被放置于跨越屏障两侧的位置，从而吸收所有的静电放电电荷。在此期间，选择正确的电容是非常重要的，这样才能保持 UL 1577 对 5KV 隔离的要求。然而，为了使这项技术发挥作用，电容最小必须要有大约 150PF，即等于静电放电电容器的电容值。

#### \* 环境比较差状态下 TVS ESD 静电保护器对数字隔离器保护的应用

用 TVS ESD 静电保护器构建的方案见图 4 所示。

该数字隔离器保护方案采用分级配置，第 1 级为 GDT，第 2 级为自恢复保丝，第 3 级为 TVS ESD 静电保护器。它是一种环境比较差的状态下使用的一种保护方案。可以通过很大的浪涌，快速脉冲群，静电三重保护，并采用了超低电容的保护 TVS 作为二级保护，也可以适用高频传输的场合。其 GDT 用 SPA090F 型，PPTC 用 MSM020 型，TVS 用 PSOT05LC 型或 SPSLC05 型。

方案中，自恢复保险丝是由经过特殊处理的聚合树脂 (Polymer) 及分布在里面的导电粒子 (Carbon Black) 组成。当线路发生短路或过载时，电流经自复保险丝的大电流产生的热量使聚合树脂融化，体积迅速增长，形成高阻状态，工作电流迅速减小，从而对电路进行限制和保护。当故障排除后，重新冷却结晶，体积收缩，导电粒子重新形成导电通路，自复保险丝恢复为低阻状态，从而完成对电路的保护，无须人工更换；而 TVS ESD 静电保护器是一种小型化 / 阵列式的 TVS。具有体积小（最小 0402）低电容（最低 0.05PF）多路阵列（多达 16 路）等特点。与 TVS 具有相同的伏安特性曲线和材质，主要应

用于小空间、高集成芯片或接口防静电或小型脉冲群的防护；其 GDT SPA090F 指标：直流击穿电压 100V/S(V) 为 90V，最大冲击击穿电压 1KV/ $\mu$ S(V) 为  $\leq 500$ KV，耐脉冲冲击电流 8/20 $\mu$ S(KA) 为 2.5 $\mu$ S，耐工频交流电流 50Hz(A) 为 2A，绝缘电阻 DC100V ( $G\Omega$ ) 为  $\geq 1$ G $\Omega$ ，极间电容 1MHz (pF) 为 1PF。

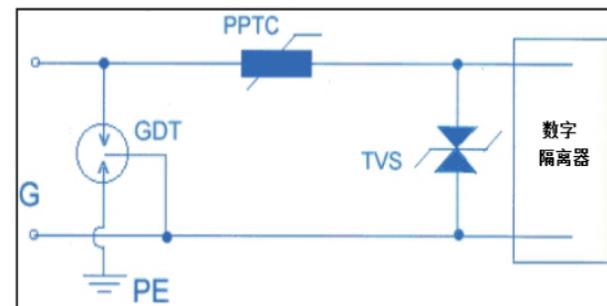


图 4 为环境比较差状态下 TVS ESD 对数字隔离器保护的应用图

#### \* 防止高压静态的输入的芯片的应用

除了上述电子产品的静电放电保护来保护的系统外，还有防止高压静态输入，采用了芯片 (AAT4684 型) 的应用，见图 5 所示。

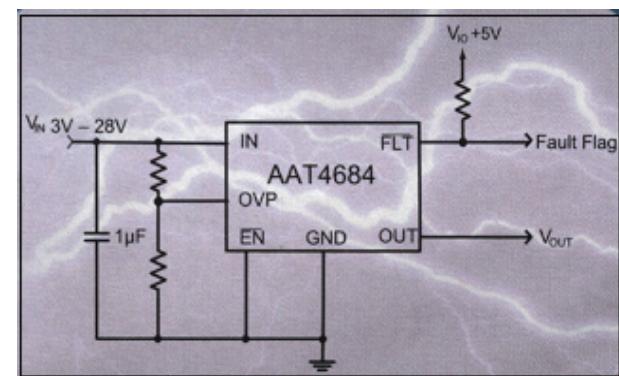


图 5 为防止高压静态的输入的芯片 (AAT4684) 应用

用芯片 AAT4684 型提供高达 28V 的过电压保护。其特征为：最高 +28V 的过电压保护；固定或可调节的过电压保护阈值，3V 欠压锁定阈值；具有快速过电压保护响应，具过电压瞬变值为 1 $\mu$ s (最大)；低静态电流为常用 30 $\mu$ A 与关机 (或禁用) 时电流最大为 1 $\mu$ A；RDS(ON) 为 100 m $\Omega$ ，电压为 4.5V；最大连续电流为 1.8A。

该芯片优点为高压保护，灵活的过电压保护阈值设置，可阻止非有用的输入源，快捷且安全的过电压保护，延长

电池寿命，低压差，广泛应用于高连续电流的解决方案之中。

### 3 从源头上防静电放电的损害的新举措——静电电位传感器“EP 传感器”的测量与应用

#### 3.1 “EP 传感器”基本架构与功能

它适用于在线静电监视的传感器。无需在静电的测量和管理方面花费工时，即可适时监视肉眼无法看见的静电。可通过适时监视来针对那些便携式测量器难以测量的地方进行静电管理。是从源头上防静电放电损害的有效措施。

静电电位传感器“EP 传感器”主要利用了带电物体和检测电极之间的静电感应现象。带电物体的电场会致使检测电极表面产生感应电荷。该感应电荷会被换算成带电物体的电位并显示出来。电荷 Q(感应电荷)会与电压 V(带电电压)成比例。其基本运行原理见图 6(a) 所示。

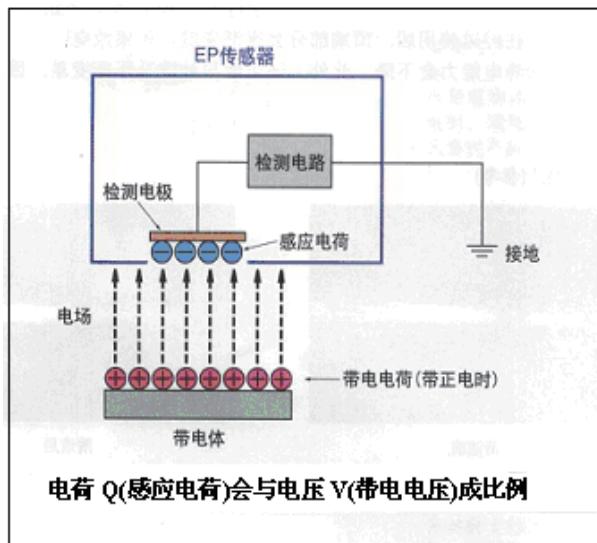


图 6(a) 所示为静电电位传感器“EP 传感器”基本运行原理示意图

实际上，在检测电极的前面还内置有可高速开闭的音叉快门。可根据该音叉快门的开闭量来获得与带电量成比例的交流信号，然后利用该信号来测量带电物体的电位，EP 传感器用音叉快门方式进行测量。它采用一体式结构，可适用于在线静电监视的传感器，可实现便携式测量器无法实现的在线静电测量和适时监视。其功能很强，最突出的是判定输出功能，即一旦超过设定电压（临界值），便会通过传感器 LED 和电压比较输出（判定输出）发出通知，见图 6(b) 所示。

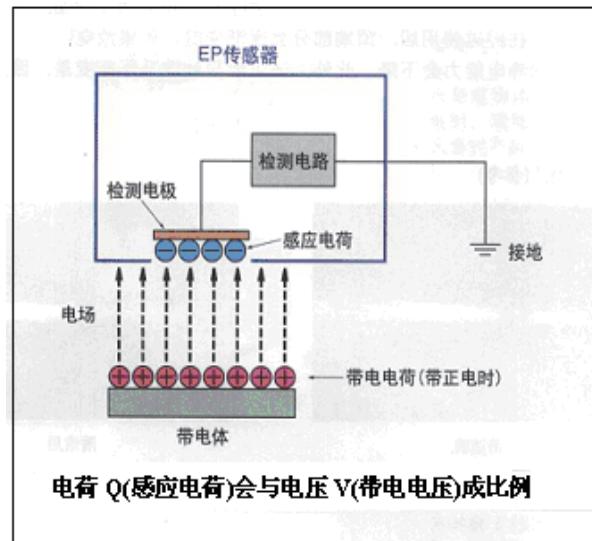


图 6(a) 所示为静电电位传感器“EP 传感器”基本运行原理示意图

#### 3.2 “EP 传感器”应用例举

\* 使用实例：硅晶片等的电位测量，可通过支持软件来进行设定、显示和管理；除去包装用薄膜等的电位测量；树脂容器、零件等的电位测量；测量除静电前和除静电后的电位与安装监视器安装板来测量除静电器的电离平衡及玻璃电路板等的电位测量。

\* EP 传感器连接实例——EP 监视器连接（通过电脑来进行设定时）见图 7 所示。



图 7 所示 EP 传感器连接实例——EP 监视器连接框图

#### 4 后话

如今新型数字隔离器有多种，其典型的有 ISO784x 型，其隔离器管脚上接触放电（根据 IEC 61000-4-2 的要求）的额定值达到了 8KV 的等级。类似的也有数字隔离器 ADuM14xx 系列，为四通道的隔离器。经实践证明它们是具有最佳静电放电防护能力的隔离器并能集成应用到特定设备或系统的设计之中。

下转156页