

微 电 子 制 造 与 可 靠 性

## 浅谈电子制造过程中的静电及静电防护

鲜 飞

(烽火通信科技股份有限公司, 武汉 430074)

**摘 要:** 静电释放 (ESD) 就是一定数量的电荷从一个物体 (例如人体) 传送到另外一个物体 (例如芯片) 的过程。这个过程能导致在极短的时间内有一个非常高的电流通过芯片, 35% 以上的芯片损坏都可以归咎于此。因此, 在电子制造行业里保护芯片免受静电释放的损害是非常重要的。实际上, 很多公司在各种不同电子应用中都遇到了如何应对急速增长的静电防护需求的问题。文章针对 ESD 机制和防护做了一个较全面的介绍, 包括 ESD 原理、电流产生、危害、防静电工艺要求等。

**关键词:** 静电释放; 危害; 防护

中图分类号: TN305

文献标识码: A

文章编号: 1681-1070 (2010) 02-0031-04

## The Summarizing for ESD and ESD Protection in Electronics Assembly Industry

XIAN Fei

(Fiberhome Telecommunication Technologies Co., Ltd, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Electrostatic discharge (ESD) is a process in which a finite amount of charge is transferred from one object (i.e., human body) to the other (i.e., microchip). This process can result in a very high current passing through the microchip within a very short period of time, and more than 35% of chip damages can be attributed to such an event. As such, it is very important to protect microchips against ESD stress in electronics assembly industry. In fact, many companies worldwide are having difficulties in meeting the increasingly stringent ESD protection requirements for various electronics applications. This paper gives a comprehensive coverage on various issues pertinent to ESD mechanism and protection, including ESD fundamentals, charge generation, damaging mechanisms, ESD protection schemes.

**Key words:** electrostatic discharge; damage; protection

## 1 引言

ESD (Electrostatic Discharge) 即静电释放: 两个带不同静电电平的物体, 通过直接接触或静电电场的作用会使两物体的静电电荷发生位移, 当静电电场达到一定能量, 之间的介质被击穿而产生放电, 这就是 ESD 的全过程。可以说, 我们就生活在一个静电的世界。由于生活中静电无处不在, 所以 ESD 也经常发生, 大到电闪雷鸣, 小到脱毛衣时进出火

花, 都属于此列。我们可以按以下描述简单判断 ESD 的强弱, 当放电电压低于 3kV 时, ESD 过程会发生但我们不会感觉到, 电压大于 3kV 时, 人体有轻微麻麻的感觉, 当电压大于 6kV 时, 我们会听到“劈啪”的放电声, 而当电压大于 8kV 时, 同时还会伴随快速的电弧火花出现了。

随着科学技术的飞速发展, 电子、通信、航天航空等高新产业的迅速崛起, 尤其是电子仪器仪表和设备等电子产品日趋小型化、多功能及智能化。高密度集成电路已成为电子工业对上述要求中不可

缺少的器件。这种器件具有线间距短、线细、集成度高、运算速度快、低功率和输入阻抗高的特点，因而导致这类器件对静电越来越敏感。静电放电是导致元器件击穿危害和对电子设备的运行产生干扰的主要原因。在电子产品的生产中，从元器件的预处理、安装、焊接、清洗、至单板测试、总测、直到包装、储存、发送等工序，都可能产生对器件的静电放电击穿危害。因此，静电防护显得越来越重要。静电作为一种自然现象，不让它产生几乎是不可能的。但是，把它的存在控制在危险水平下，使其造成的损失尽可能减小，则是可以做得到的。有效地进行静电防护与控制，依赖于对静电现象的认识和对其发生、存在、消除的控制；依赖于掌握和了解静电与环境条件的关联性和静电发生的规律。

## 2 静电的产生

在电子组装工业中，产生静电的主要途径为：摩擦、感应和传导。

### 2.1 摩擦

在日常生活中，任何两个不同材质的物体接触后再分离，即可产生静电，而产生静电的最普通方法，就是摩擦生电。材料的绝缘性越好，越容易产生摩擦生电。另外，任何两种不同物质的物体接触后再分离，也能产生静电。

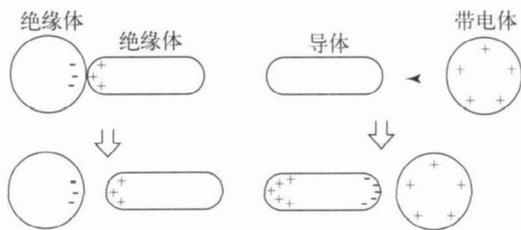


图 1 静电的产生

### 2.2 感应

针对导电材料而言，因电子能在它的表面自由流动，如将其置于一电场中，由于同性相斥，异性相吸，正负电子就会转移。

### 2.3 传导

针对导电材料而言，因电子能在它的表面自由流动，如与带电物体接触，将发生电荷转移。

## 3 静电对电子产品的危害

静电对电子产品的危害有多种形式，并具有自

身的特点。

### 3.1 静电危害的形式

静电的基本物理特性为：吸引或排斥，与大地有电位差，会产生放电电流。这三种特性对电子元器件有三种影响：

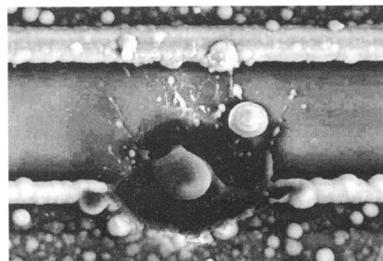
(1) 静电吸附灰尘，降低元器件绝缘电阻。

(2) 静电释放 (ESD) 破坏，造成电子元件不能工作。表 1 列出了一些常见电子元器件所能承受静电破坏的静电电压，从表中可以看出大部分器件的静电破坏电压都在几百至几千伏，而在干燥的环境中人活动所产生的静电可达几千伏到几万伏。图 2 是一个 CMOS 器件和一个双极型器件在受到 ESD 损伤后芯片内部的相貌像。

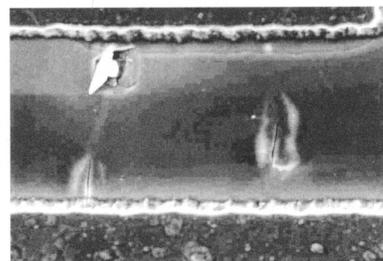
(3) 静电放电产生的电磁场幅度很大 (达几百伏/米)，频谱极宽 (从几十兆到几千兆)，对电子产品造成干扰甚至损坏 (电磁干扰)。

表 1 常见电子元器件所能承受的静电电压

器件类型	静电破坏电压/V	器件类型	静电破坏电压/V
VMOS	30~1800	OP-AMP	190~2500
MOSFET	100~200	JEFT	140~1000
GaAsFET	100~300	SCL	680~1000
PROM	100	STTL	300~2500
CMOS	250~2000	DTL	380~7000
HMOS	50~500	肖特基二极管	300~3000
E/DMOS	200~1000	双极型晶体管	380~7000
ECL	300~2500	石英压电晶体	<10000



(a) CC4069 4.0kV



(b) JF709 2.0kV

图 2 静电释放对芯片内部造成破坏

这三种形式对元器件造成的损伤，既可能是永久

性的(如功能丧失,不能恢复),也可能是暂时性的(如静电放电产生的干扰使功能暂时丧失);既可能是突发失效,也可能是潜在失效。其中静电释放(ESD)事件是造成元器件损伤最常见和最主要的原因。

### 3.2 静电危害的特点

相对于其他应力,静电对电子产品危害存在以下一些特点:

#### (1) 隐蔽性

人体不能直接感知静电除非发生静电放电,但是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2kV~3kV,所以静电具有隐蔽性。

#### (2) 潜在性

即器件在受到ESD应力后并不马上失效,而会在使用过程中逐渐退化或突然失效。这时的器件是“带伤工作”,这是人们对静电危害认识不够的一个主要原因。实际上,静电放电对元器件损伤的潜在性和累积效应会严重地影响元器件的使用可靠性。由于潜在损伤的器件无法鉴别和剔除,一旦在上机应用时失效,造成的损失就更大。而避免或减少这种损失的最好办法就是采取静电防护措施,使元器件避免静电放电的危害。

#### (3) 随机性

电子元件任何情况下都可能遭受静电破坏,可以这么说,从一个元件产生以后,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,其损坏也具有随机性。

#### (4) 复杂性

静电放电损伤的失效分析工作,因电子产品的精、细、微小的结构特点而费时、费事、费钱,要求较高的技术并往往需要使用一些精密仪器。即使如此,有些静电损伤现象也难以与其他原因造成的损伤加以区别,使人误把静电损伤失效当作其他失效。这在对静电放电危害未充分认识之前,常常归因于早期失效或情况不明的失效,从而不自觉地掩盖了失效的真正原因。所以静电对电子器件损伤的分析具有复杂性。

### 3.3 可能产生静电危害的制造过程

元器件从生产到使用的整体过程中都可能遭受静电损伤,依各阶段可分为:

- (1) 元器件制造过程;
- (2) 印刷电路板生产过程;
- (3) 设备制造过程;

(4) 设备使用过程;

(5) 设备维修过程。

在这整个过程中,每一个阶段中的每一个小步骤,元件都可能遭受静电的影响,而实际上,最主要而又容易疏忽的一点却是在元器件的传送与运输的过程。在这整个过程中,不但包装因移动容易产生静电外,而且整个包装容易暴露在外界电场(如经过高压设备附近,工人移动频繁、车辆迅速移动等)而受到破坏,所以传送与运输过程需要特别注意以减少损失,避免无谓之纠纷。

所以,从元器件的制造、使用到维修的任一环节都有可能发生静电危害。

## 4 静电防护

静电防护的基本原则是:

- (1) 抑制静电荷的积聚;
- (2) 迅速、安全、有效地消除已经产生的静电荷。

### 4.1 接地

接地就是直接将静电通过一条线的连接泄放到大地,这是防静电措施中最直接最有效的方法,对于导体通常用接地的方法,如有绳防静电手腕带、地板及工作台面接地等。

### 4.2 静电屏蔽

静电敏感元件在储存或运输过程中会暴露于有静电的区域中,用静电屏蔽的方法可削弱外界静电对电子元件的影响,最通常的方法是用静电屏蔽袋和防静电周转箱作为保护。另外防静电衣对人体的衣服具有一定的屏蔽作用。

### 4.3 离子中和

绝缘体往往是易产生静电,对绝缘体静电的消除,用接地方法是无效的,通常采用的方法是离子中和(部分采用屏蔽),即在工作环境中用离子风机等,提供一个等电位的工作区域。

## 5 静电防护材料与静电防护设施

因此在防静电材料和防静电设施中,均是按这三种方式派生出来的产品,可分为防静电仪表,接地系统类防静电产品,屏蔽类防静电包装,运输及储存防静电材料,中和类静电消除设备以及其他防静电用品。

### 5.1 防静电仪表

(1) 手腕带/脚腕带/防静电鞋综合检测仪用途: 检测手腕带、脚腕带、防静电鞋是否符合要求。

(2) 测试脚带及防静电鞋时, 需增加一块金属板及仪表连接的导线。

(3) 除静电离子风机检测仪用途: 定期对离子风机平衡度和衰减时间进行检测及校验以确保离子风机工作在安全的指标范围。

(4) 静电场测试仪用途: 测量静电场以反映静电的存在, 以电压形式读数, 用来测试环境的静电强度。一般受环境影响和静电瞬间特性, 很难真实反映实际情况。

(5) 静电屏蔽袋测试仪用途: 检测静电屏蔽袋的屏蔽效果。

(6) 表面电阻测量仪用途: 测量材料表面电阻, 体积电阻。

## 5.2 接地类防静电产品

(1) 防静电手腕带: 广泛用于各种操作工位, 手腕带种类很多, 建议一般采用配有1M 电阻的手腕带, 线长应留有一定余量。

(2) 防静电脚腕带/防静电鞋: 厂房使用防静电地面后, 应配备防静电鞋, 建议车间以穿防静电鞋为主, 可降低灰尘的引入。操作人员再结合配带防静电脚腕带效果将会更佳。

(3) 防静电台垫: 用于各工作台表面的铺设, 每个台垫串上1M 电阻后与防静电地可靠连接。防静电台垫主要是防静电复合胶板, 主要用于铺垫桌面、流水线工作台面、货架及制作地垫等。材料面层为草绿色, 导电物质是抗静电剂; 底层为黑色, 导电物质是碳黑。

(4) 防静电地板: 防静电地板的也有多种, 按时效性分, 有永久性的和临时性的; 按材料分有导电橡胶、PVC、导电陶瓷等; 按铺设方式分, 有地面直接铺设的和架空的活动地板。可根据实际需要和成本决定。如需要在地面走多种电缆、管道的环境

(上接第22页)

[J]. 计算机工程与科学, 2006, 28(8): 99-100.

[5] 严明. 嵌入式微处理器可测性设计与片上调试技术的研究与实现[D]. 硕士学位论文, 国防科学技术大学, 2005, 11.

[6] 刘洋、吴王华、周晓方. 一种基于JTAG的软硬件协同SoC调试接口[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(11): 34-37.

[7] IEEE Standard Test Access Port and Boundary Scan Architecture. IEEE Std 1149.1-2001 (Revision of IEEE

选择架空铺设的活动地板比较好。

## 5.3 屏蔽类防静电包装运输及储存材料

(1) 防静电周转箱、防静电元件盒: 用于车间单板和部件的周转、运输及储存。

(2) 防静电包装袋: 用于单板和部件的包装、运输和储存, 具有一定的防潮效果。

(3) 防静电胶带: 用于各种包装箱等。

(4) 防静电IC包装管及IC托盘: 用于生产车间IC元器件的储存、搬运。禁止在使用前露天存放IC或拆开包装运输。

(5) 防静电货架、手推车及工作台: 防静电货架、手推车广泛用于电子装配车间的单板、部件的周转、搬运等。防静电货架及工作台要有防静电接地, 手推车应有金属链与大地接触。

(6) 防静电工作服、工作鞋: 在具有静电敏感元器件, 具有一定洁净度要求的加工车间, 一般应严格要求员工穿戴防静电工作服工作鞋。防静电服装是用不同色的防静电布制成。布料纱线含一定比例的导电纱, 导电纱又是由一定比例的不锈钢纤维或其他导电纤维与普通纤维混纺而成。通过导电纤维的电晕放电和泄漏作用消除服装上的静电。由于不锈钢纤维属金属类纤维, 所以, 由它织成的防静电布料的导电性能稳定, 不随服装的洗涤次数而变化。

(7) 防静电手指套: 如操作员工需经常手拿静电敏感元器件时, 要戴防静电手指套。

## 5.4 中和类设备

离子风机、风枪、风嘴、风帘、离子棒等。



作者简介:

鲜飞(1978-), 男, 四川渠县人, 工程师, 从事电子组装工艺技术工作, 有多篇专业论文发表。

Std 1149.1-1990)



作者简介:

虞致国(1979-), 男, 江西万年人, 博士, 现在中国电子科技集团第五十八研究所主要从事系统芯片的研发工作。