

GigaDevice Semiconductor Inc.

ESD 静电防护手册

应用笔记

AN055

目录

目录.....	2
图索引.....	3
表索引.....	4
1. ESD/EOS 的预防.....	5
1.1. 静电放电 ESD.....	5
1.2. 电气过应力 EOS.....	7
1.3. 警告标识.....	7
1.4. 防护材料.....	8
2. ESD 安全工作区 EPA.....	9
3. 操作注意事项.....	11
3.1. 指南.....	11
3.2. 物理损伤.....	11
3.3. 污染.....	12
3.4. 电子组件.....	12
3.5. 焊接后.....	12
3.6. 手套与指套.....	12
4. ESD 防护检查清单.....	13
5. 版本历史.....	14

图索引

图 1-1. ESD 敏感符号和 ESD 防护符号	7
图 2-1. 防静电手环的串联连接和并联连接	9

表索引

表 1-1. 常见静电源.....	6
表 1-2. 常见行为静电强度.....	6
表 2-1. 静电安全操作所允许的最大接地电阻和放电时间	9
表 4-1. 检查清单	13
表 5-1. 版本历史	14

1. ESD/EOS 的预防

静电放电 ESD 是静电荷在两个静电源产生的带有不同电位的物体之间快速传递的现象。当静电荷接触或接近静电敏感的器件时会对器件造成损伤。

电气过应力 EOS 是有害的电作用导致元器件损伤的内在结果。EOS 损伤来源很多，如：雷击/浪涌带来的大电流大电压，用电设备或操作/处理中产生的 ESD。

ESD 敏感元器件是那些容易受此类高能放电影响的元器件。元器件对 ESD 的相对敏感程度取决于其工艺制程，元器件的工艺制程越小，运算速度越快，ESD 敏感度越严重。如 MCU 的高速/射频 IO 引脚，极易受到 ESD 损伤。

操作或处理不当会导致 ESD 敏感元器件的失效或者发生器件性能的改变。这些失效可能会立即发生或潜伏起来。立即失效的结果可以单独测试、返工或报废。而潜伏失效的后果是最严重的。即产品通过了检验和功能测试。仍有可能在送到客户手中后失效。

对 ESD 敏感的元器件在电路设计和包装方面进行保护是很重要的。在制造和组装区域经常使用一些没有任何保护的电子装置/夹具来连接 ESD 敏感器件。切记只有在静电保护区域 EPA 内的 EOS/ESD 安全操作平台上才可以从防静电包装中取出 ESD 敏感芯片。本文章将详细讲述如何安全地操作为经保护的电子组件。

1.1. 静电放电 ESD

如果确实会发生 ESD 损伤，最好的防护办法一是防止静电生成，二是消除静电。所有 ESD 防护技术和产品的原理都是基于以上两者或其中之一。

ESD 损伤是静电源所产生的电荷接近或接触 ESD 敏感元器件的结果，静电源在我们身边随处可见。静电强度取决于静电源的特性，生成静电需要物体的相对运动，例如物体的接触、分离、摩擦等。

引起静电释放的罪魁祸首是绝缘材料，因为绝缘材料将产生或获得的静电荷收集起来，而不允许其从材料表面扩散，见[表 1-1. 常见静电源](#)。常见的材料如塑料袋或聚苯乙烯泡沫塑料容器都会产生严重的静电，不适于使用在操作区，尤其是静电安全区(EPA)内。从胶带卷上剥胶带的动作能产生 20000 伏的电压。甚至压缩空气吹在绝缘表面也会产生静电荷。

表 1-1. 常见静电源

物品	静电材料
工作台面	打蜡、涂料或油漆表面
	未处理的聚乙烯或塑料
	玻璃
地板	灌封混凝土
	打蜡或成品木材
	地瓷砖和地毯
服装和人员	非ESD防护服
	合成材料
	非ESD防护鞋
	头发
座椅	成品木材
	聚乙烯材料
	玻璃纤维
	绝缘轮子
包装和操作材料	塑料袋、包装、封套
	泡沫袋、泡沫塑料
	聚苯乙烯塑料
	非ESD防护盒、托盘、容器
组装工具和材料	压力喷射
	压缩空气
	合成毛刷
	热风枪、吹风机
	复印机打印机

破坏性的静电释放常常由邻近的导体引发，如人体皮肤，并释放到组件的导体上。当携有静电荷的人体接触印制板组件时就会发生以上情况。静电通过导电图形到达 ESD 敏感元器件放电时，电子组件会被破坏。远低于人体能够感觉到的静电释放(小于 3500 伏)，仍会损害 ESD 敏感元器件。典型的静电压生成强度如[表 1-2. 常见行为静电强度。](#)

表 1-2. 常见行为静电强度

来源	静电电压 (V)	
	10-20%相对湿度	65-90%相对湿度
地毯上行走	35000	1500
聚乙烯地板上行走	12000	250
座椅上的工作人员	6000	100
聚乙烯封套 (作业指导书)	7000	600
从工作台面上拿起塑料袋	20000	1200
有泡沫垫的工作座椅	18000	1500

1.2. 电气过应力 EOS

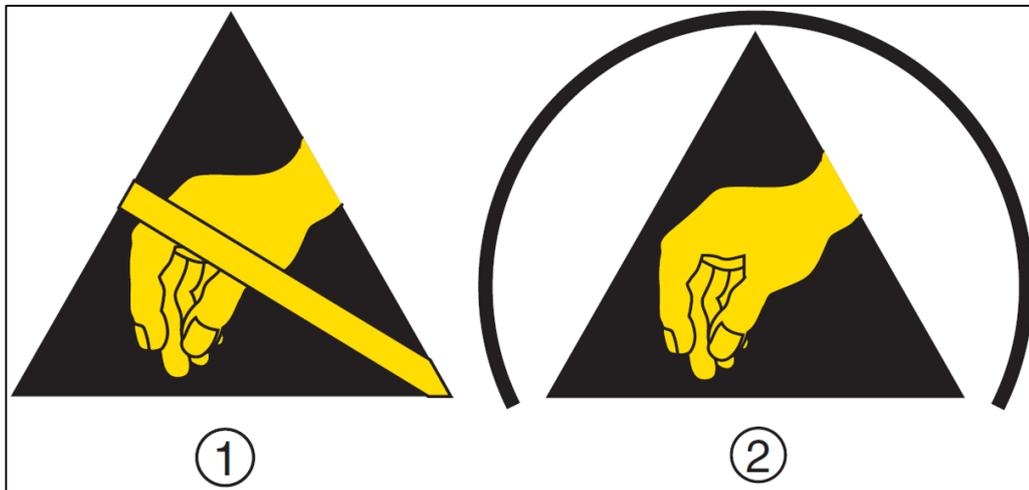
电子元器件会受到许多不同来源的有害电能的损害，这些有害电能来源于 ESD 电压或来自人体使用工具如电烙铁、吸锡器、测试仪器或其它电子设备所产生的尖峰电脉冲。有些器件较其它器件更为敏感。敏感度原本是器件功能设计上的一个指标。一般来说，速度较快、体积较小的器件，比起速度较慢、体积较大的前一代同类器件具有更高的敏感度。器件的用途或种类对于敏感度起着决定性的作用。这是因为某些器件在设计上就使得它对较小的电信号或在较宽的频率范围内作出响应。随着工艺制程的降低，EOS 的问题会越来越严重。

当考虑产品的敏感度时，我们必须着眼于组件中最敏感元器件的敏感度。有害的电能会如同正常信号作用于电路中一样，被传导或处理。如大多数 ESD 规范所要求，对设备进行定期的测试可防止因长期使用导致性能下降而引起的损害。由于 EOS 损伤和 ESD 损伤都是由不希望的电能造成的破坏性后果，两者本质上十分相似。

1.3. 警告标识

警告标识可供悬挂、张贴于厂房、器件、组件、设备和包装上，用以提醒人们有可能对所操作的元器件造成静电或电气过载的损伤。[图 1-1. ESD 敏感符号和 ESD 防护符号](#)列举了较常见的标识。

图 1-1. ESD 敏感符号和 ESD 防护符号



符号(1)ESD 敏感符号。三角形内有一只画有斜杠的欲触摸的手，这个符号用来表示该电子或电气器件或组件容易被 ESD 事件损伤。

符号(2)ESD 防护符号。与 ESD 敏感符号不同的是有一圆弧包围着三角形，手上没有那条斜杠。它用来标识专为 ESD 敏感组件和器件设计的提供 ESD 防护的器具。

符号(1)和(2)用于标识含有 ESD 敏感器件的装置或组件，操作时必须区别对待。这些符号由 ESD 协会提出并在 EOS/ESD 标准 S8.1、电子工业联合会(EIA)标准 EIA-471 及 IEC/TS61340-5-1 和其它标准中有相应描述。

注：没有 ESD 警告标识并不一定意味着该组件对 ESD 不敏感。当怀疑组件的静电敏感性时，

在得出结论之前必须按敏感器件处理。

1.4. 防护材料

当在非静电安全工作区时，必须保护 ESD 敏感器件不受静电源损害。保护措施包括导电的静电屏蔽盒、防护罩/袋/包装等。只有在静电安全工作区，才可以将 ESD 敏感器件从静电防护包装中取出。

了解三种不同类型的防护包装区别：静电屏蔽材料，抗静电材料，静电消散材料。

静电屏蔽包装：包装的阻挡层会防止静电放电穿透包装进入内部器件引起损伤。

抗静电材料：低起电材料，可作为 ESD 敏感器件廉价的减震材料，一般作为包装的中间层材料。抗静电材料处于运动或摩擦时不产生电荷。但是如果发生静电放电，ESD 可以穿透包装，对于 ESD 敏感器件造成 ESD/EOS。

静电消散材料：具有足够的传导性能，使电荷能够通过材料表面消散离开 EOS/ESD 防护工作区域的部件必须使用静电屏蔽材料包装，通常在包装的中间层还夹有静电消散材料和抗静电材料。

一些静电屏蔽材料和抗静电材料，以及某些局部用抗静电剂可能会影响制程中组件、元器件和材料的可焊性。应该小心选择对产品无污染的包装和操作材料，并遵循厂商提供的使用说明。清洗静电消散或抗静电材料表面的溶剂会降低他们的 ESD 防护性能。要遵循制造商关于清洗的建议。

2. ESD 安全工作区 EPA

ESD/EOS 安全工作台能防止在操作时产生的静电放电和尖峰脉冲对敏感元器件的损害。安全工作台应该具有对 EOS 损害的防护功能，避免维修、生产、测试等测试设备产生的尖峰脉冲。电烙铁、镊子、测试仪器产生的电能足以毁坏极敏感元器件并降低其他元器件的性能。

为了做到 ESD 防护，必须提供一个接地路径来中和静电荷，否则静电会在器件和组件上放电造成损坏。所以 ESD 安全工作台 EPA 还具有接地的静电消散或抗静电台面。对于操作人员的皮肤也提供了接地路径消除皮肤和衣服上面产生的静电，一般佩戴防静电手环。

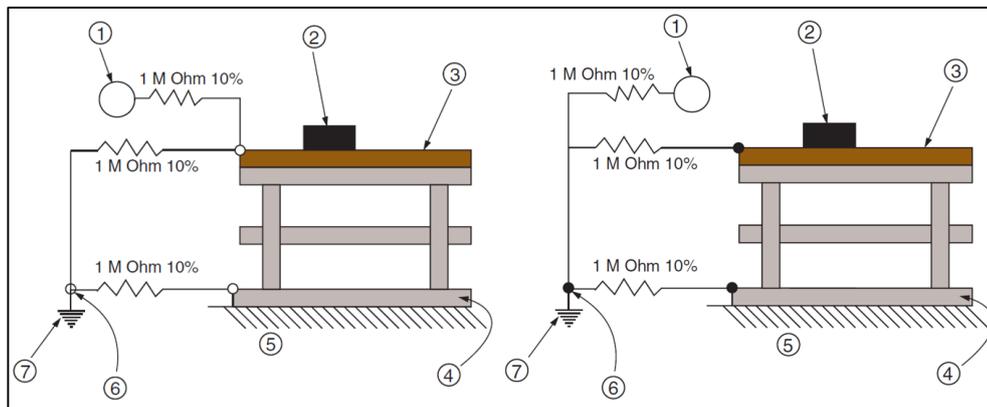
在接地系统中必须采取措施，用于防止粗心大意或设备故障产生的电流对于操作人员的人身以及芯片的伤害。一般是在接地路径中接入一个电阻，改电阻同时会放慢衰减时间，防止来自静电源产生的电流尖峰。另外必须检查所使用的电源电压，在工作台上考虑引入适当的保护以工作人员受到电气过应力伤害。静电安全操作所允许的最大接地电阻和放电时间，见[表 2-1. 静电安全操作所允许的最大接地电阻和放电时间。](#)

表 2-1. 静电安全操作所允许的最大接地电阻和放电时间

操作人员通过媒介到地	允许的最大电阻	额接受的最长放电时间
从地板垫到地	1000MΩ	< 1s
从桌垫到地	1000MΩ	< 1s
从腕带到地	100MΩ	< 0.1s

可接受的工作台示例如[图 2-1. 防静电手环的串联连接和并联连接。](#)必要时，在比较敏感场合可能要求使用空气离子发生器。离子发生器的选择、摆放位置和使用方法必须保证其有效性。

图 2-1. 防静电手环的串联连接和并联连接



- ① 防静电手环
- ② ESD 防护盘，静电耗散容器，离子风扇
- ③ ESD 防护桌面
- ④ ESD 防护地板/地垫/环氧地皮
- ⑤ 建筑混凝土地面
- ⑥ 公共接地点
- ⑦ 保护大地

保持静电消散和抗静电表面工作台无静电源材料，如聚苯乙烯泡沫塑料、塑料吸锡器、纸质包

装袋、塑料或纸质笔记本文件夹以及员工个人物品。

定期检查工作台/静电保护区 **EPA**，以确保其有效性。不正确的接地方式或接地部位氧化可能造成对 **EOS/ESD** 装置和人员的伤害。工具和设备也必须定期检查和保养以保证其能正常使用。

3. 操作注意事项

3.1. 指南

焊接前避免污染焊盘表面。任何接触这些表面的物体必须被清洁。从防护包装中取出 PCB 时，需非常小心。只接触远离边缘连接器的板边部位。因机械装配而需要牢牢抓住板子时，可能要求佩戴满足 EOS/ESD 要求的手套。当采用免清洗工艺时，以上原则尤其重要。

进行组装和可接受性检查时，必须始终注意保证产品的完整性。

1. 保持操作工作台干净整洁。在工作区不可有任何食品、饮料或者烟草。
2. 尽量减少手持芯片或者 PCB，以防损坏。
3. 使用手套需要及时更换以防因为手套污渍引起的污染。
4. 不可用裸露的手或者手指接触 PCB 焊盘以及芯片引脚或焊盘。人体手指的油脂以及盐分会降低可焊性，加重腐蚀以及焊锡枝晶生长，还会导致后续涂覆或封装的粘着性变差。
5. 不可使用含硅成分的护手霜以及洗手液，含硅成分的化学试剂会引起可焊性进而涂覆粘附性问题。
6. 不能堆叠 PCB 测试板或者芯片，堆叠容易受到物理损伤，可以在测试区划定特定的组装区使用特定的 ESD 搁置架用于临时存放。
7. 即使芯片以及 PCB 包装上面没有粘贴 ESD 标致，要默认所操作的芯片或者 PCB 为 ESD 敏感器件或组件。
8. 测试人员必须经过 ESD 防护培训并遵循相应的 ESD 规章和流程。
9. 对于 ESD 敏感器件的邮寄和运输必须采用合适的 ESD 防护包装，否则不能包装。

PCB 以及常见的塑封芯片吸收和释放水气的水平不同，在焊接过程中热量聚集导致湿气膨胀会损坏材料，达不到产品要求的性能。这类损坏为隐性损伤，比如裂纹、内部分层、爆米花现象，肉眼难以观察到，但是会在初次焊接以及返工操作过程中。

如果环境的湿度未知，应该烘烤 PCB 来减少内部的湿气，防止 PCB 出现层压板过湿。烘烤过程中应该控制烘烤温度的选择和烘烤时间以防止由于金属间化合物的增长、表面氧化或其它内部元器件的损伤而降低可焊性。

湿敏元器件(按照 IPC/JEDEC J-STD-020、ECA/IPC/JEDEC J-STD-075 或其等效文件程序分级)的操作方式应该遵循 IPC/JEDEC J-STD-033 或其等效文档化程序的规定。IPC-1601 提供了 PCB 的湿气控制、操作和包装指南。

3.2. 物理损伤

不规范的操作容易损坏芯片以及 PCB 测试板，如元器件引脚/焊盘，连接器破裂/碎裂/断裂，接线柱弯曲或断裂，板子表面和导体焊盘严重划伤。另外不注意 ESD 防护的导致的芯片级 ESD 引起芯片电路 P-N 结损伤、氧化层击穿/穿通、敏感的参数漂移等。

3.3. 污染

许多时候产品在制造过程中会因粗心大意或操作不当而受到污染，进而导致焊接和涂覆问题。人体盐分和油脂，以及未经认可的手霜是典型的污染源。人体油脂和酸性物质会降低可焊性，加重腐蚀与枝晶生长。还会导致后续的涂覆或包封的粘着性变差。普通的清洁方法无法去除所有污染。因此重要的是尽量减少产生污染的机会。最好的解决办法是预防、勤洗、只拿取板的边缘部位，不接触连接盘或焊盘将有助于减少污染，另外使用托盘和托架也将有助于减少组装期间的污染。

手套或指套的使用许多时候会给人以保护的错觉，并且在某个短暂的时间内可能比裸手污染更严重。使用手套或指套时，应该经常废弃和更换。手套和指套须谨慎选择和恰当使用。

3.4. 电子组件

即使组件上没有 ESDS 标志，仍需要把它们当作 ESDS 组件对待。无论如何，ESDS 元器件和电子组件都需要有适当的 EOS/ESD 标识以利鉴别，见[图 1-1. ESD 敏感符号和 ESD 防护符号](#)。许多敏感组件也会有自己的标志，通常位于边缘连接器上。为了防止 ESD 和 EOS 损坏敏感元器件，所有操作、拆封、组装和测试应当在静电防护工作台上进行，见[图 2-1. 防静电手环的串联连接和并联连接](#)。

3.5. 焊接后

即使在焊接和清洗作业后，电子组件的操作仍要求十分慎重。指印是极难去除的，并且经过敷形涂覆后的板子在潮湿或环境测试后指印会显现出来。可采用手套或其它防护用具防止此类污染。清洗操作期间要使用 ESD 全防护的机械搁架或洗篮。

3.6. 手套与指套

为防止元器件和组件的污染，合同可能规定使用手套或指套。必须慎重选择具有 EOS/ESD 防护功能的手套与指套。

4. ESD 防护检查清单

表 4-1. 检查清单

项目	问题	回答
控制	工作区域的环境是如何控制的？	
	工作区域适合所使用的芯片产品吗？	
温度	容许温度范围是多少？	
相对湿度	容许湿度范围是多少？	
常规操作	使用的操作方法适用于芯片产品吗？	
	在操作高性能/RF 芯片产品时，采取了什么特殊预防措施？	
防静电鞋	防静电鞋穿了吗	
	更换频率	
防静电服	穿防静电服了吗？	
	完全覆盖衣服了吗？	
	被更换的频率？	
	使用的什么材料？	
操作区管理要求	执行什么管理要求？	
	哪一条款包括产品和人员的活动管理？	
	它们是被陈列和可见的吗？	
挑选工具和吸笔	使用什么晶圆或芯片挑选工具？	
	它们是 ESD 安全的吗？	
	怎样检查和什么时候检查它们是否损坏？	
	什么清洁程序被使用？	
镊子	哪步操作使用镊子？	
	如何预防晶圆或芯片被损伤？	
ESD 要求	在芯片产品操作区域用于 ESD 控制的要求是什么？	
离子风扇	使用什么类型离子风机？	
	放置在与操作芯片或晶圆设备有关的什么位置？	
	如何清洁保养？检测周期？	
化学沾污的危害及来源	如何防护芯片产品受到化学损伤和沾污？	
ESD 影响	采取什么措施防护以不受 ESD 损伤？	
	本地有损伤产品的电磁场或静电场源吗？	
辐射	采取什么措施防护以不受辐射损伤？	
	如何限制附近的辐射源，例如手机、WiFi、微波炉等？	

5. 版本历史

表 5-1. 版本历史

版本号.	说明	日期
1.0	首次发布	2022 年 4 月 20 日

Important Notice

This document is the property of GigaDevice Semiconductor Inc. and its subsidiaries (the "Company"). This document, including any product of the Company described in this document (the "Product"), is owned by the Company under the intellectual property laws and treaties of the People's Republic of China and other jurisdictions worldwide. The Company reserves all rights under such laws and treaties and does not grant any license under its patents, copyrights, trademarks, or other intellectual property rights. The names and brands of third party referred thereto (if any) are the property of their respective owner and referred to for identification purposes only.

The Company makes no warranty of any kind, express or implied, with regard to this document or any Product, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. The Company does not assume any liability arising out of the application or use of any Product described in this document. Any information provided in this document is provided only for reference purposes. It is the responsibility of the user of this document to properly design, program, and test the functionality and safety of any application made of this information and any resulting product. Except for customized products which has been expressly identified in the applicable agreement, the Products are designed, developed, and/or manufactured for ordinary business, industrial, personal, and/or household applications only. The Products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems designed or intended for the operation of weapons, weapons systems, nuclear installations, atomic energy control instruments, combustion control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, life-support devices or systems, other medical devices or systems (including resuscitation equipment and surgical implants), pollution control or hazardous substances management, or other uses where the failure of the device or Product could cause personal injury, death, property or environmental damage ("Unintended Uses"). Customers shall take any and all actions to ensure using and selling the Products in accordance with the applicable laws and regulations. The Company is not liable, in whole or in part, and customers shall and hereby do release the Company as well as its suppliers and/or distributors from any claim, damage, or other liability arising from or related to all Unintended Uses of the Products. Customers shall indemnify and hold the Company as well as its suppliers and/or distributors harmless from and against all claims, costs, damages, and other liabilities, including claims for personal injury or death, arising from or related to any Unintended Uses of the Products.

Information in this document is provided solely in connection with the Products. The Company reserves the right to make changes, corrections, modifications or improvements to this document and Products and services described herein at any time, without notice.