

团 体 标 准

T/SZSA 031.01-2022

ESD/TVS 静电保护类器件测试规范

2022-04-11 发布

2022-04-20 实施

目录

前言	I
引言	II
ESD/TVS 静电保护类器件测试规范	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
3.1 静电阻抗器 Electro-Static Discharge	1
3.2 瞬态抑制二极管 Transient Voltage Suppressor	1
3.3 击穿电压 Breakdown Voltage	2
3.4 反向截止电压 Reverse Stand-Off Voltage	2
3.5 反向脉冲峰值电流 Peak Pulse Current	2
3.6 箝位电压 Clamping Voltage	2
3.7 反向脉冲峰值功率 Reverse pulse peak power	2
3.8 结电容 Junction capacitor	2
3.9 反向漏电流 Current Intensity Reverse	2
3.10 I-V 特性曲线	2
3.11 C-V 特性曲线	2
3.12 传输线脉冲 Transmission Line Pulse	3
4 分类型号	3
4.1 分类	3
4.2 型号	3
5 测试方法	4
5.1 总则	4
5.2 测试目的	4
5.3 测试条件	4
5.4 测试设备和装置	5
5.5 测试关键指标	5
5.6 测试内容	5
5.7 关键参数示例	6
附录 A	7
ESD/TVS 静电保护类器件测试方法	7
A.1 测试条件	7
A.2 测试设备	7
A.3 测试步骤	7
A.4 测试结果分析	7
A.5 测试数据记录	11
参考文献	14

前言

本标准按照GB/T 1.1—2020给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担这些专利的责任。

本标准由深圳市半导体产业发展促进会提出并归口。

本标准起草单位：深圳市晶扬电子有限公司、深圳市半导体产业发展促进会、深圳市半导体行业协会、深圳市金誉半导体股份有限公司、深圳市三联盛科技股份有限公司、深圳市三一联光智能设备股份有限公司、深圳市长运通半导体技术有限公司、深圳市旭智鹏技术开发有限公司。

本标准主要起草人：高东兴、杜飞波、刘伟明、隆省满、叶小波、鲍恩忠、常军锋、蔡纯、戴荣、谭生发、朱文锋、廖昌武、冯白华、杨坤宏、古道雄、赖清海、王旭昌、王丹芬。

本标准为首次发布。

引言

静电是日常生活中常见的一种自然现象，静电放电会造成电子产品和电子设备的功能紊乱甚至部件损坏，进而给我们的日常生活带来不必要的麻烦和经济上的损失。随着科学技术的发展，电力、电子产品日益多样化、复杂化，静电放电对于电子产品电路引起的干扰、对元器件、CMOS电路及接口电路造成的破坏等问题越来越引起人们的重视，电路保护越来越受到关注。

随着现代半导体器件的规格要求提升，半导体器件对外界电磁骚扰敏感程度需求也大大提高，特别是消费电子产品向着轻薄化发展，导致内部IC的外形尺寸不断减小，其自身静电防护能力亦不断减弱，因此设计师在设计时通常会加入静电保护器件，继而就产生了对静电保护类器件的大量需求^[1]。

在制定本标准前，对市场上常见的静电防护类器件品牌和型号进行了广泛的调研，针对ESD/TVS静电保护类器件，应用场景繁多，不同应用场景产品的技术参数要求差异很大，产品型号类型非常多。虽然国家发布了半导体分立器件型号命名方法规则^[2]，但当前各厂商并没有严格遵照该方法命名，在国家规范的基础上，此标准建立了一套产品型号命名规则，能让客户轻松地分辨自己想要购买的产品型号和规格。

此外，静电保护类器件从设计到最终量产，一般需要经过芯片设计、晶圆制造、晶圆测试、封装、成品测试、板级封装等这些环节，在整个价值链中，芯片设计公司主导的环节主要是芯片设计和测试。^[3]在芯片设计层面，本标准中的3nm和5nm ESD(型号TT0201SA)和TVS(型号TT3304SP)工艺技术达到了国际领先；针对芯片测试，为了规范芯片测试流程，我们将测试流程标准化，在适当的条件下，按照相应的程序和步骤完成芯片测试过程，达到安全、准确、高效、省力的效果。

ESD/TVS 静电保护类器件测试规范

1 范围

本标准规范了 ESD/TVS静电保护类器件的测试要求，明确了产品型号命名规则、关键技术指标、测试方法、数据记录分析方法。

本标准适用于ESD/TVS静电保护类器件。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 18802.321-2007 低压电涌保护器元件第321部分雪崩击穿二极管规范

GB/T 17626.2-2018 电磁兼容试验和测量技术静电放电抗扰度测试

GB/T 17626.4-2018 电磁兼容试验和测量技术电快速瞬变脉冲群抗扰度测试

GB/T 17626.5-2019 电磁兼容试验和测量技术浪涌（冲击）抗扰度测试

IEC 62615-2010 Electrostatic discharge sensitivity testing – Transmission line pulse (TLP) – Component level

3 术语和定义

GB/T 18802.321-2007, GB/T 17626.2-2018, GB/T 17626.4-2018, GB/T 17626.5-2019, IEC 62615-2010 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 静电阻抗器 Electro-Static Discharge

ESD

又称瞬态电压抑制二极管阵列，是由多个TVS晶粒或二极管采用不同的布局设计成具有特定功能的多路或单路ESD保护器件，主要应用于各类通信接口静电保护。

3.2 瞬态抑制二极管 Transient Voltage Suppressor

TVS

也称作瞬态电压抑制器，又称雪崩击穿二极管，是一种利用半导体工艺制成的单个PN结或多个PN结集成器件。当TVS二极管的两端经受瞬间高能量冲击时，它以PS秒级的速度把两端间的阻抗值由高阻抗变为低阻抗，以吸收一个瞬间大电流，把它的两端电压箝制在一个预定的数值上，从而保护后面的精密元器件不受瞬态高压尖峰脉冲的冲击。广泛应用于半导体及敏感器件的保护，通常用于二级电源和信号电路的保护等。

3.3 击穿电压 Breakdown Voltage

$V(BR)$

电介质在足够强的电场作用下将失去其介电性能成为导体，称为电介质击穿，所对应的电压称为击穿电压。导致击穿的最低临界电压称为击穿电压，在均匀电场中，击穿电压与固体电介质厚度之比称为击穿电场强度，它反映固体电介质自身的耐电强度。

3.4 反向截止电压 Reverse Stand-Off Voltage

$VRWM$

反向截止电压，是二极管不动作时外加的最大反向电压，超过此值时，二极管有可能因为反向击穿而处于导通状态。

3.5 反向脉冲峰值电流 Peak Pulse Current

I_{pp}

反向工作时，在规定的脉冲条件下，器件允许通过的最大脉冲峰值电流。

3.6 箝位电压 Clamping Voltage

V_c

在特定的脉冲峰值电流下，ESD/TVS保护器件两端所测得的峰值电压。

3.7 反向脉冲峰值功率 Reverse pulse peak power

PP_p

最大峰值脉冲电流 (I_{pp}) 与箝位电压 (V_c) 的乘积。

3.8 结电容 Junction capacitor

C_j

器件的引脚寄生电容，由其硅片的截面积和偏置电压来决定的，芯片面积越大结电容越大，工作电压越高结电容就越低。

3.9 反向漏电流 Current Intensity Reverse

I_R

在规定的温度和反向截止电压 ($VRWM$) 下，流过器件的最大电流。

3.10 I-V 特性曲线

电流-电压特性曲线，表示通过电子仪器的直流电电流与仪器终端直流电电压两者之间的关系。

3.11 C-V 特性曲线

电容-电压特性曲线，用来测量半导体材料和器件的一种方法，该测量方法可以得到关于半导体掺杂，晶体缺陷之类的特性。

3.12 传输线脉冲 Transmission Line Pulse

TLP

即TLP模拟器产生的非常短的ESD脉冲——纳秒级的脉冲宽度和上升时间，通过使用方波脉冲能够准确测量通过被测器件的电流和电压，从而得出被测器件的I-V特性。

4 分类型号

4.1 分类

ESD/TVS 静电保护类器件分类如下表 1 所示。

表 1 产品分类标准

分类标准	类型
信号通道	单通道，多通道
方向	单向保护，双向保护
封装形式	DFN0603, DFN1006, SOD923, SOD523, SOD323, SOT23, SOT23-6, SOT363, SOT523, SOT553, SOT563, DFN1616-6, DFN2020-3, D0-8, DFN1610, DFN2626-10, DFN3020-10, DFN4120-10, DFN3810-9, DFN2510-10, DFN2020-6, MSOP-8, SOT-143 等

4.2 型号

ESD/TVS 静电保护类器件产品命名分七部分，遵循如下图 1 规则。

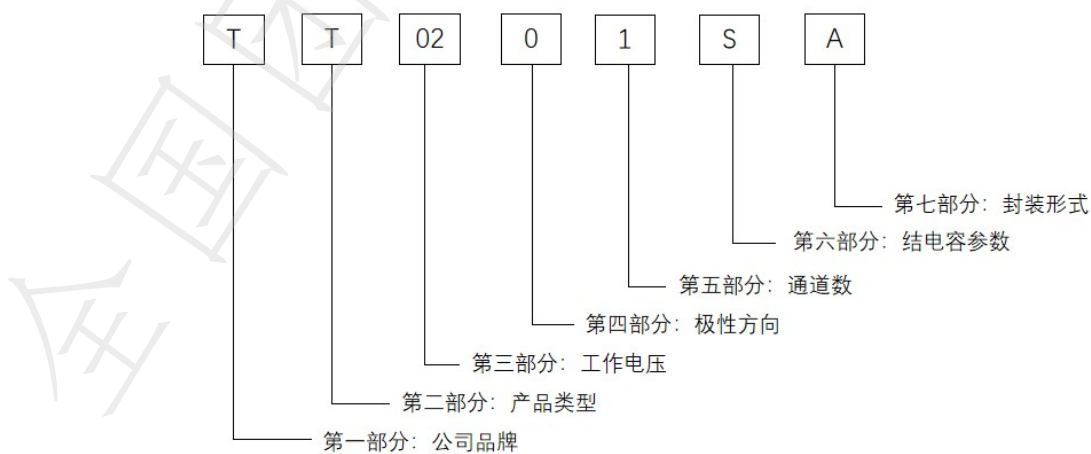


图 1 产品型号命名规则示例

产品命名代码对应关系如下表 2 所示。

表 2 产品命名代码对应表

组成部分	内容	代码对应关系
第一部分	公司品牌缩写	T——TITAN
第二部分	产品类型代号	T——TVS (ESD Protection)
		S——Surge (Surge Protection)
第三部分	工作电压代号	02—— 2V
		05—— 5V
		07—— 7V
		12—— 12V
第四部分	极性方向代号	1/3/5——单向
		2/4/6——双向
第五部分	信号通道数	N —— N 信号通道 (N=1、2、3、4、5……)
第六部分	结电容参数代号	L —— $C_j > 40\text{pF}$
		M —— $7\text{pF} < C_j < 15\text{pF}$
		S —— $C_j < 0.5\text{pF}$
第七部分	封装形式代号	A——DFN0603
		B——DFN1006
		D——DFN1610
		E——SOD-323

5 测试方法

5.1 总则

ESD/TVS静电保护类器件的测试都应符合本标准的要求。

5.2 测试目的

EDS/TVS 静电保护类器件可用于计算机、通信、安防、工业、汽车、消费类产品、智能穿戴设备等电子产品的通信接口，不同应用领域有不同的指标参数要求，EDS/TVS 静电保护类芯片关键指标参数决定了器件的电学特性和可靠性，对关键指标的测试，可判断出合格品和不合格品，产品具体参数见《T/XX ESD/TVS 静电保护类器件技术要求》。

5.3 测试条件

- a) 环境温度：25℃
- b) 相对湿度：MSL3
- c) 气压：101.325kPa
- d) 工作电压：仪器市电输入电压 220V，仪器的测试电压，根据测试要求设定
- e) 测试程序和测试顺序：根据测试要求设定

f) 测试设备能力/精度：根据测试要求选择

5.4 测试设备和装置

芯片测试机，能够产生所要求的测试指令的控制设备和装置。

5.5 测试关键指标

表 3 关键指标参数说明

指标参数	参数说明
击穿电压 V(BR)	ESD/TVS 器件雪崩击穿时的电压，在规定的电流下测量获得
反向脉冲峰值电流 I _{pp(max)}	在反向状态工作时，在规定的脉冲条件下，器件允许通过的最大脉冲峰值电流
截止电压 VRWM max. (V)	反向截止电压，即 ESD/TVS 器件允许施加的最大工作电压，在该电压下 ESD/TVS 处于截止状态
最大箝位电压 V _{c(max)}	在特定的 I _{pp} 电流时，脉冲电压通过 ESD/TVS 保护器件后所被箝位的电压
反向脉冲峰值功率 PPR	最大峰值脉冲电流 I _{pp} 与箝位电压 V _c 的乘积
结电容 C _j (pF)	器件的引脚寄生电容，由其硅片的截面积和偏置电压来决定的，芯片面积越大结电容越大，工作电压越高结电容就越低
漏电流 I _R	最大反向工作电压施加到 ESD/TVS 器件两端时的电流

5.6 测试内容

包括但不限于 5.5 列示的关键指标参数。

5.6.1 击穿电压 VBR min. (V)

在 5.3 要求的测试条件下，按附录 A 的方法和步骤对 ESD/TVS 各型号器件进行测试分析。

5.6.2 反向脉冲峰值电流 I_{pp(max)}

在 5.1 要求的测试条件下，按附录 A 的方法和步骤对 ESD/TVS 各型号器件进行测试分析。

5.6.3 截止电压 VRWM max. (V)

在 5.1 要求的测试条件下，按附录 A 的方法和步骤对 ESD/TVS 各型号器件进行测试分析。

5.6.4 最大箝位电压 V_{c(max)}

在 5.1 要求的测试条件下，按附录 A 的方法和步骤对 ESD/TVS 各型号器件进行测试分析。

5.6.5 反向脉冲峰值功率 PPR

在 5.1 要求的测试条件下，按附录 A 的方法和步骤对 ESD/TVS 各型号器件进行测试分析。

5.6.6 结电容Cj (pF)

在5.1要求的测试条件下，按附录A的方法和步骤对EDS/TVS各型号器件进行测试分析。

5.6.7 漏电流IR

在5.1要求的测试条件下，按附录A的方法和步骤对EDS/TVS各型号器件进行测试分析。

5.7 关键参数示例

表 4 关键参数示例表

关键参数	ESD(型号 TT0201SA)		ESD(型号 TT3304SP)		TVS(型号 TS2524PS)	
	规格值	检测标准	规格值	检测标准	规格值	检测标准
击穿电压 V(BR/TL)	3V	3-5V	7V	6-9V	3.7V	3.0-4.5V
最大反向脉冲峰值电流 IPP	4A	≥4A	6A	≥6A	40A	≥40A
最大反向工作电压 VRWM	1.8V	1.8V	3.3V	3.3V	2.5V	2.5V
最大箝位电压 Vc(max)	6V	6V	6V	6V	20V	20V
反向脉冲峰值功率 Pp	20W	≥20W	34W	≥34W	400W	≥400W
结电容 Cj	0.18pF	≤0.18pF	0.3pF	≤0.3pF	5pF	≤5pF
漏电流 IR	10nA	≤10nA	10nA	≤10nA	1uA	<1uA

附录 A

ESD/TVS静电保护类器件测试方法

A.1 测试条件

按照 5.1 规定的测试环境条件。

A.2 测试设备

芯片测试机，由电子系统组成，通过调试设置使这些系统产生信号驱动芯片，抓取芯片的输出反馈信号，对信号数据进行记录，并与测试机中预设的反馈数据进行比较。

A.3 测试步骤

- 1、根据产品设计规格书编写测试计划，明确测试程序、条件、方法。
- 2、对测试机编程，使得测试机产生测试条件所需要的信号，多个信号一起组成测试向量。
- 3、在时间轴确定的时间点上向被测器件施加测试向量，并将产生的输出反馈数据输入测试机中测量其参数，并记录参数结果。
- 4、将测量结果与存储在测试机中的预期数值进行比较。

A.4 测试结果分析

将A.3 中获得的数据进行分析，并输出参数图表。

1、V-I 曲线

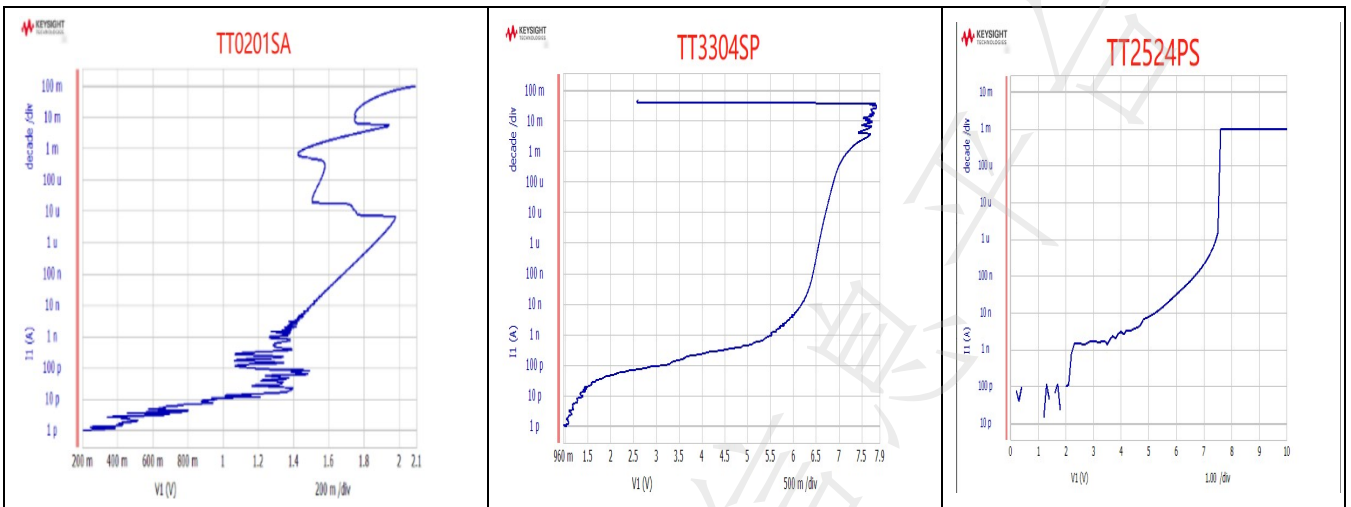


图 A. 1、V-I 曲线示例图

2、C-V 曲线

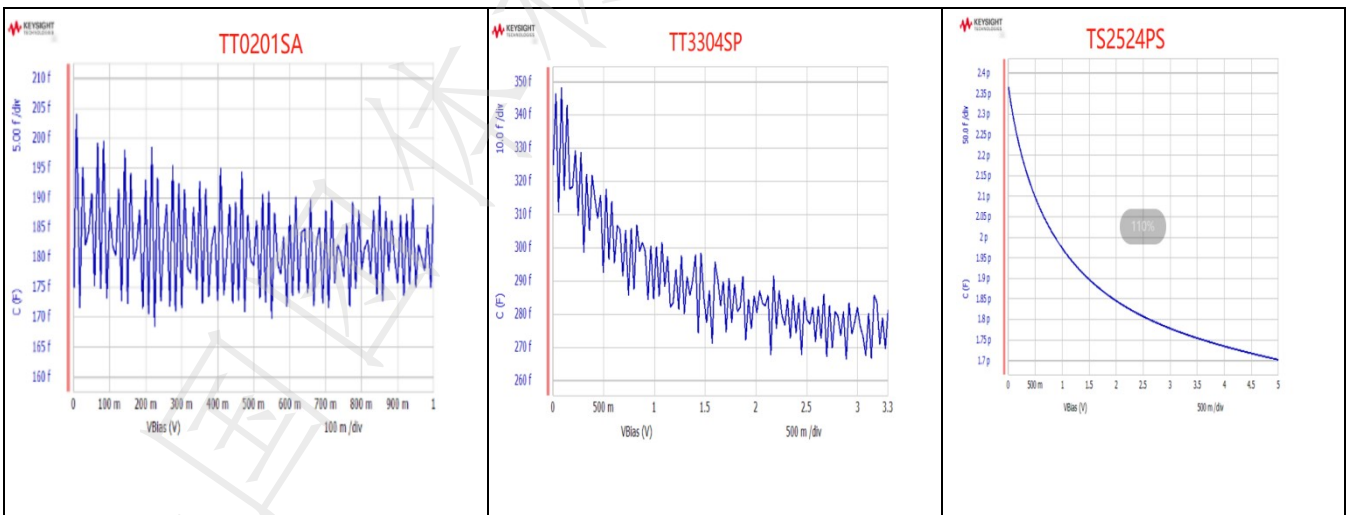
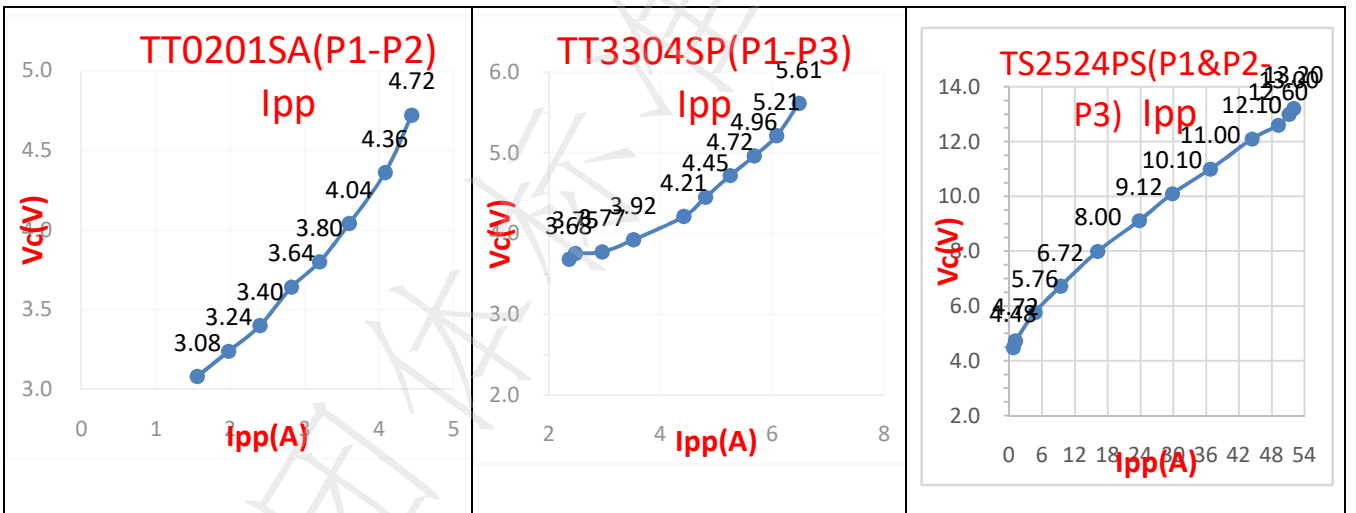


图 A. 2、C-V 曲线示例图

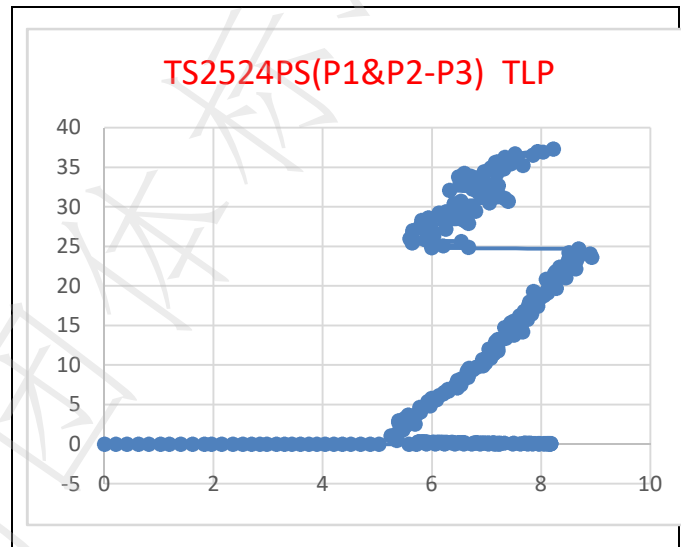
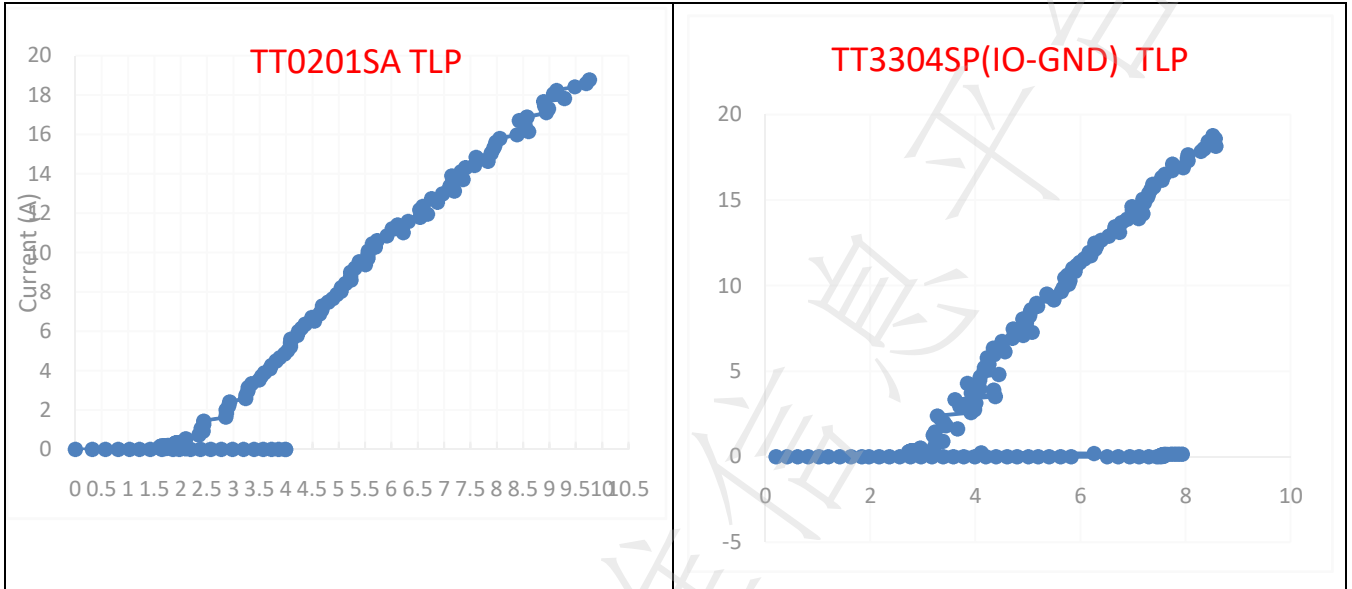
3、Ipp数据记录

TT0201SA (P1-P2)			TT3304SP (P1-P3) (IO-GND)			TS2524PS (P1&P2-P3) (IO-GND)		
实验电压 (V)	V _{ci} (V)	I _{pp} (A)	实验电压 (V)	V _c (V)	I _{pp} (A)	实验电压 (V)	V _c (V)	I _{pp} (A)
5	4.16	1.18	8.7	8.56	0.32	15	5.76	4.68
6	4.16	1.56	10	3.77	2.96	25	6.72	9.36
7	4.20	1.98	12	3.92	3.52	40	8.00	16.20
8	4.16	2.40	14	4.21	4.42	55	9.12	23.80
9	4.24	2.82	16	4.72	5.25	85	11.00	36.80
10	4.2	3.20	17	4.96	5.68	100	12.10	44.40
11	4.28	3.60	18	5.21	6.08	110	12.60	49.20
12	4.41	4.08	19	5.61	6.48	116	13.20	52.00



图A. 3、Vc-Ipp曲线示例图

4、TLP测试



图A. 4、TLP曲线示例图

A. 5测试数据记录

表 A. 2 测试参数记录样表

TT0201SA			
测试参数	测试条件	规格书数值	实测参数
V _{rw}	I _t =1mA	1.8V	1.8V
IR1	Pin1-Pin2	0.01uA (typ) 0.1uA (max)	43.650 pA
IR2	Pin2-Pin1	0.01uA (typ) 0.1uA (max)	25.120 pA
V _{br1} /V _{t11}	Pin1-Pin2 @10uA	1.2V (min) 2.0V (max)	1.96V
V _{br2} /V _{t12}	Pin2-Pin1 @10uA	1.2V (min) 2.0V (max)	1.96V
V _{h1}	Pin1-Pin2 @1mA	1.5V (typ)	1.49V
V _{h2}	Pin2-Pin1 @30mA	1.5V (typ)	1.49V
V _{c1}	8/20us@1A	3.5V (max)	3.16V
V _{c2}	8/20us@4A	4.0V (max)	4.36V
V _{c3}	8/20us@I _{ppmax}	4.44V	4.72V
I _{pp}	8/20us	4A	4.32A
P _{pk}	8/20us	20	21W
C _j	C _j @V _R = 0V, f = 1MHz	0.13pF (typ)	0.172pF
放电时间 t	8/20us, 开启到关断	/	38.0us (@1A) 46us (@I _{ppmax})
ESD Air			+/-25KV
ESD Contact			+/-22KV

TT3304SP			
测试参数	测试条件	规格书数值	实测参数
V _{rwm}	I _t =1mA	3.3(max)	3.3(max)
IR1	Pin1-Pin3	0.1uA(typ) 1.0uA(max)	0.13nA
IR2	Pin3-Pin1	0.1uA(typ) 1.0uA(max)	0.04nA
V _{br1} /V _{t11}	Pin1-Pin3 @1mA	6V(min) 9V(max)	7.21V
V _{br2} /V _{t12}	Pin3-Pin1 @1mA	6V(min) 9V(max)	7.21V
V _{h1}	Pin1-Pin3 @50mA	2.0V(min) 3.0V(max)	2.59V
V _{h2}	Pin3-Pin1 @50mA	2.0V(min) 3.0V(max)	2.58V
V _{c1}	8/20us@6A	5.0V(typ)	5.21V
V _{c2}	8/20us@I _{ppmax}	/	5.61V
I _{pp}	8/20us	6A	6.48A
P _{pk}	8/20us	/	36W
C _j	C _{j@VR} = 0V, f = 1MHz Between I/O and I/O	0.1pF(typ) 0.2pF(max)	0.15pF
C _j	C _{j@VR} = 0V, f = 1MHz Between I/O /and GND	0.18pF(typ) 0.3pF(max)	0.28pF
放电时间 t	8/20us, 开启到关断	/	29.6us(@2.36A) 36.8us(@I _{ppmax})
ESD Air	/	/	+/-17KV
ESD Contact			+/-8KV

TS2524PS			
测试参数	测试条件	规格书数值	实测参数
V _{rwm}		2.5V	2.5V
IR1	Pin1-G	0.1uA (typ) 1.0uA (max)	0.44nA
IR2	Pin1-Pin2	0.1uA (typ) 1.0uA (max)	4.46nA
V _{br1} /V _{t11}	Pin1-Pin3 @1mA	3.7V	6.25V
V _{br2} /V _{t12}	Pin1-Pin2 @1mA	/	6.88V
V _{c1}	8/20us@10A	8V (max)	6.7V
V _{c2}	8/20us@20A	10V (max)	8.8V
V _{c3}	8/20us@40A	12V (max)	11.5V
I _{pp}	8/20us	40A	44A
P _{pk}	8/20us	400	450W
C _j	C _{j@VR} = 0V, f = 1MHz, Pin1-pin3 (IO-GND)	3.8pF (typ) 5.0pF (max)	2.36pF
C _j	C _{j@VR} = 0V, f = 1MHz, Pin1-pin2 (IO-IO)	1.7pF (typ) 2.5pF (max)	0.96pF
放电时间 t	8/20us, 开启到关断	/	32.8us (@28.6A) 46.2us (@I _{ppmax})
ESD Air	/	+/-30KV	+/-30KV
ESD Contact		+/-30KV	+/-30KV

参考文献

- 1.王振兴,张希军,杨洁,等.静电放电防护器件研究综述[J].军械工程学院报,2011,23(2):26-30,35
- 2.GB/T 249-2017 半导体分立器件型号命名方法
- 3.芯片测试的目的及原理介绍 CSDN论坛 (2020)