

北京国科环宇科技股份有限公司
ASP3605 型电源芯片
单粒子效应脉冲激光

试验报告

编写: 林 檠 2025.03.21
校对: 王天文 2025.03.21
审核: 朱 翔 2025.03.21
标审: 王 佳 2025.03.21
批准: 上官七鹏 2025.03.21



北京中科环宇试验空间科技有限公司



目录

1	试验目的	1
2	参考文档	1
3	试验安排	1
4	试验条件	1
4.1	试验地点	1
4.2	实验室环境	1
4.3	试验装置	2
4.4	试验要求	2
5	试验样品	3
5.1	简介	3
5.2	预处理	3
5.3	样品尺寸	3
6	试验电路	3
7	试验方法	4
7.1	扫描方法	4
7.2	激光注量	4
7.3	激光能量	5
7.4	单粒子效应判定及处理方法.....	5
8	单粒子效应试验步骤.....	5
9	试验数据记录	5
10	试验结果	5
附录	芯片单粒子效应脉冲激光试验数据记录表.....	7

1 试验目的

根据“北京国科环宇科技股份有限公司电源芯片单粒子效应脉冲激光试验”合同，利用皮秒脉冲激光单粒子效应试验装置，采用激光背面辐照试验方法，拟利用 LET（Linear Energy Transfer,线性能量传输）范围值为 $5\text{-}100\text{MeV}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{mg}^{-1}$ 的等效激光能量对芯片进行辐照，评估芯片抗单粒子效应能力。

2 参考文档

- (1) GJB 1649-1993 电子产品防静电放电控制大纲
- (2) GJB 2712-1996 测量设备的质量保证要求计量确认体系
- (3) GB18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- (4) GB/T 39343-2020 宇航用处理器器件单粒子试验设计与程序
- (5) GJB 7242-2011 单粒子效应试验方法和程序
- (6) QJ 10005A-2018 宇航用半导体器件重离子单粒子效应试验指南
- (7) GJB 10761-2022 脉冲激光单粒子效应试验方法
- (8) GBT 43967-2024 空间环境 宇航用半导体器件单粒子效应脉冲激光试验方法

3 试验安排

试验各项任务日期安排及负责人如表 1 所示。

表 1 试验安排

序号	任务	时间	负责人
1	试验分工	2025.03.14	王天文
2	试验测试	2025.03.19	林槟
3	数据统计和处理	2025.03.20	上官士鹏
4	试验报告编写	2025.03.21	林槟

4 试验条件

4.1 试验地点

试验在位于中关村 B481 的脉冲激光单粒子效应实验室进行。

4.2 实验室环境

- (1) 温度：24℃
- (2) 湿度：42%RH

4.3 试验装置

(1) 试验设备

试验用到的主要仪器设备如表 2 所示，其中皮秒脉冲激光单粒子效应装置由皮秒脉冲激光器、光路调节和聚焦设备、三维移动台、CCD 摄像机和控制计算机等仪器设备组成。所有仪器设备均在检定或计量有效期内。

表 2 试验仪器设备

序号	设备名称	型号	备注
1	皮秒脉冲激光单粒子效应装置	非标	
2	直流电源	DP832	
3	电控平移台	KST(GS)-100	

(2) 试验装置原理框图

试验装置原理框图如图 1 所示。贴装试验样品的试验电路板固定于三维移动台上，三维移动台的位置和移动方式由控制计算机编程控制；脉冲激光器产生的激光经过相应光路调节和物镜聚焦后辐照试验样品；试验样品表面和激光光斑可由 CCD 相机成像在控制计算机显示；试验样品由直流电源供电，并实时监测工作电流及输出波形变化。

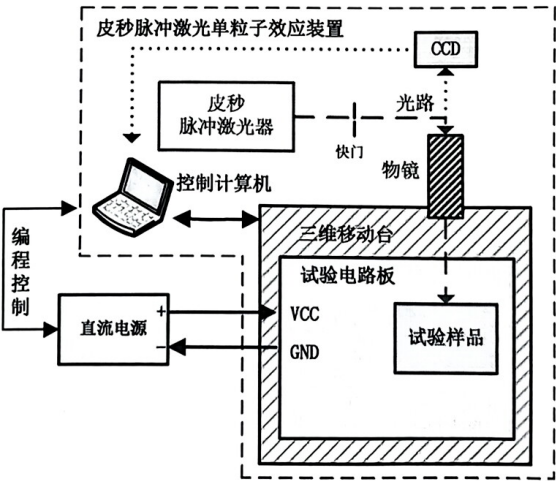


图 1 试验装置原理框图

4.4 试验要求

- a. 试验电路板的固定接口应与试验台匹配，以方便固定电路板。
- b. 利用示波器和电流探头实时测试电路的电流变化。

- c. 试验板和数据采集板由测试方提供，试验前需完成实验系统的调试以验证芯片是否正常工作；对脉冲激光辐照试验数据要进行分析处理以形成试验报告。
- d. 为保护顾客人身及财产安全，试验过程中需严格按照脉冲激光单粒子效应实验室相关规定及试验操作规范做好防护，试验件在试验结束后由测试方收回或协商处理。

5 试验样品

5.1 简介

被测芯片编号及型号如表 3。

表 3 芯片信息

芯片工艺		芯片类型	电源芯片
芯片型号	ASP3605	芯片大小/ $\mu\text{m}\times\mu\text{m}$	1580*1960
VDD/V	5V	IDD/mA	11mA
衬底厚度/ μm		封装	
芯片编号			

5.2 预处理

在激光试验前，芯片样品进行开封装处理，保证激光入射面完全暴露。

5.3 样品尺寸

采用移动观测法测量样品尺寸，即通过 CCD 成像观察到激光光斑正好辐照到样品左右或上下边缘的三维移动台位置差，确定样品的长 a 和宽 b。具体尺寸参见试验数据表格中尺寸。

6 试验电路

试验电路由测试方提供，实物如图 2。

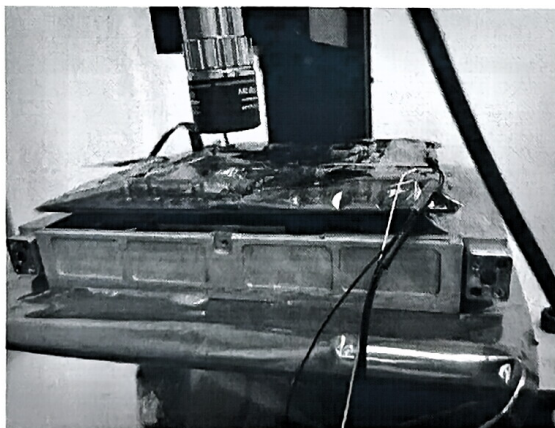


图 2 测试实物图

7 试验方法

7.1 扫描方法

试验前将试验电路板固定于三维移动台上，一般使样片的长 a 对应 CCD 成像的 Y 轴，宽 b 对应 CCD 成像的 X 轴，样品 CCD 成像的左下角作为坐标轴原点，即扫描起点。试验时为使激光覆盖扫描试验样品，设定三维移动台按如下顺序作周期移动，共移动 $b/10$ 个周期。

- (1) 沿-Y 轴移动距离 $(a+50)$ μm ;
- (2) 沿-X 轴移动 $5\mu\text{m}$ (X 轴步长);
- (3) 沿+Y 轴移动距离 $(a+50)$ μm ;
- (4) 沿-X 轴移动 $5\mu\text{m}$ 。

激光相对三维移动台作反方向运动，相对扫描方式如图 3 所示。

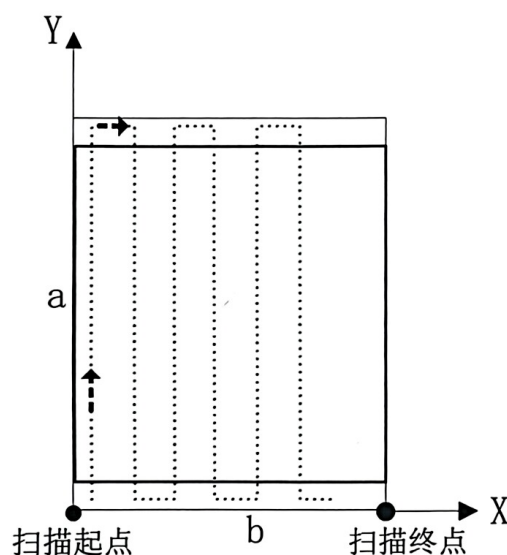


图 3 激光相对扫描方式示意图

7.2 激光注量

激光注量若定为 $1 \times 10^7 \text{cm}^{-2}$ ，即单个激光的 X 轴和 Y 轴步长都为 $3\mu\text{m}$ ，其中 X 轴步长为直接设定。三维移动台沿 Y 轴是匀速移动，Y 轴步长由激光频率和三维移动台移动速度决定，设定激光频率为 1000Hz ，三维移动台移动速度为 $3000\mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，则 Y 轴步长满足 $3\mu\text{m}$ 要求。其他注量与步长按此算法推算。光注量相关参数如表 4 所示。

表 4 激光注量相关参数表

激光频率/Hz	三维移动台		激光注量/ cm^{-2}
	移动速度/ $\mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	X 轴步长/ μm	
1000	5000	5	4×10^6
1000	3000	3	1×10^7

7.3 激光能量

试验采用正面辐照方式。根据激光能量与重离子 LET 值对应关系计算得到扫描初始激光能量设定为 150pJ（对应 LET 值为 $(5 \pm 1.25) \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ），如采用激光有效能量为对应 LET 值 $= 5 \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2 / \text{mg}$ 时芯片不发生锁定，则增大激光能量（也即增大对应的 LET 值）。

7.4 单粒子效应判定及处理方法

当试验样品工作状态出现异常（超过正常芯片工作电流的 1.5 倍），认为发生单粒子锁定效应（SEL）。发生单粒子效应时，试验人员手动给测试电路断电，同时关闭激光快门，停止三维移动台的扫描程序。

8 单粒子效应试验步骤

以其中一款器件为例说明试验步骤，其他芯片试验步骤仿照此过程进行。

- （1）打开皮秒脉冲激光器，设定激光脉冲频率为 1000Hz，激光器稳定运行；
- （2）将激光聚焦到器件正面，测得器件长 a 宽 b，通过移动三维移动台使激光光斑定位于试验器件显微成像的右下角，并作为扫描原点；
- （3）试验器件加电，记录工作电压；
- （4）拟利用 LET（Linear Energy Transfer, 线性能量传输）范围值为 $5\text{-}100 \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ 的等效激光能量对芯片进行辐照，设定三维移动台按照 7.2 中所述周期移动，使激光以 $1 \times 10^7 \text{ cm}^2$ 注量覆盖扫描试验器件，如果未出现单粒子效应，则按照初始设定能量继续增大能量并扫描器件，直至出现单粒子效应；
- （5）拆除电路板，更换测试芯片，重复（2）-（5）试验过程；
- （6）关闭激光器，试验结束。

9 试验数据记录

试验数据记录见附录。

10 试验结果

按照试验大纲要求的试验步骤，对芯片进行了脉冲激光单粒子效应试验。

- ASP3605 型电源芯片在 5V 的工作条件下，利用激光能量为 150pJ（对应 LET 值为 $(5 \pm 1.25) \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ）开始全芯片扫描，未监测到芯片出现了单粒子效应。

- ASP3605 型电源芯片在 5V 的工作条件下，利用激光能量为 450pJ（对应 LET 值为 $(15 \pm 3.75) \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ）开始全芯片扫描，未监测到芯片出现了单粒子效应。
- ASP3605 型电源芯片在 5V 的工作条件下，利用激光能量为 1145pJ（对应 LET 值为 $(37.5 \pm 9.375) \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ）开始全芯片扫描，未监测到芯片出现了单粒子效应。
- ASP3605 型电源芯片在 5V 的工作条件下，利用激光能量为 2290pJ（对应 LET 值为 $(75 \pm 18.75) \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ）开始全芯片扫描，未监测到芯片出现了单粒子效应。
- ASP3605 型电源芯片在 5V 的工作条件下，利用激光能量为 3050pJ（对应 LET 值为 $(100 \pm 25) \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ ）开始全芯片扫描，未监测到芯片出现了单粒子效应。

本次试验由 1 个工作日完成。从 2025 年 3 月 19 日 10 时 00 分开始，2025 年 3 月 19 日 18 时 00 分结束。

本次试验人员承诺：本次试验任务由林槟负责完成，并对所完成试验的质量负责。

附录 芯片单粒子效应脉冲激光试验数据记录表

试验条件

试验地点：中关村 B481	
试验日期：2025.03.19	试验人员：林槟
温度：24	湿度：42
开机时间：10:00	关机时间：18:00

参数记录

日期	2025	单位	国科环字
温度	24	湿度	42
芯片工艺	/	芯片类型	电源芯片
等级		封装	/
芯片型号	ASP3605	芯片大小 $\mu\text{m}\times\mu\text{m}$	1580*1960
VDD/V	5V	IDD/mA	11mA
衬底厚度/ μm	-	衬底掺杂/ cm^{-3}	-
重离子数据 ($\text{MeV}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{mg}^{-1}$ 或粒子种类)	/	激光注量/ cm^{-2}	1E7
辐照方式	正面	激光能量比	1:1
备注			

芯片型号：ASP3605		芯片面积 $\mu\text{m}\times\mu\text{m}$		1580*1960		激光注量/ cm^{-2} ：1E7
试验轮次 20250319	入射激光能量 E_0 (pJ)	能量等效 LET 值 ($\text{MeV}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{mg}^{-1}$)	有无单粒子效应 (SEL -SET-SEB)	试验电路 电流 (mA)	备注	
	150	5	无	11mA		
	450	15	无	11mA		
	1145	37.5	无	11mA		
	2290	75	无	11mA		
	3050	100	无	11mA		