



团 体 标 准

T/CIE 119—2021

半导体器件大气中子单粒子效应 试验方法与程序

Test method and procedure of atmospheric-neutron induced single
event effects in semiconductor devices

2021-11-22 发布

2022-02-01 实施

中国电子学会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
4.1 辐射源提供单位	2
4.2 辐射安全和辐射防护	2
4.3 试验人员	2
4.4 仪器与设备	2
4.5 试验环境	3
4.6 位移效应的影响	3
4.7 不确定性分析	3
5 试验方法	3
5.1 试验目的	3
5.2 试验原理	3
5.3 辐射源	3
5.3.1 散裂中子源	3
5.3.2 中子注量率	4
5.3.3 中子注量	4
5.3.4 中子入射角度	4
5.3.5 中子射程	4
5.3.6 束斑面积	4
5.4 束流测量系统	4
5.5 单粒子效应测试系统	4
5.6 试验板、电缆和测试设备	4
5.7 试验程序	5
5.7.1 制定试验计划	5
5.7.2 样品准备	5
5.7.3 试验流程	5
5.7.4 样品处置	7
5.7.5 辐照试验工序单	7
5.8 错误率预计	8
6 试验报告	8
附录 A（资料性） 散裂中子源能谱与大气中子能谱的比较	9
参考文献	10

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国电子学会可靠性分会提出并归口。

本文件起草单位：工业和信息化部电子第五研究所、中国民用航空适航审定中心、散裂中子源科学中心、西北核技术研究院、中国航发商用航空发动机有限责任公司、中国航空综合技术研究所。

本文件主要起草人：张战刚、雷志锋、黄云、郭雁泽、于全芝、梁天骄、郭红霞、赵振可、王春晓、陈宇、何玉娟、彭超、肖庆中。

引 言

航空电子系统、地面通信基站、大数据中心等高安全性、高可靠性电子系统使用的半导体器件的工艺进一步发展和变化。随着器件工艺尺寸的减小,其单粒子效应的中子能量阈值持续降低,导致能量介于 1 MeV~10 MeV 之间中子的贡献变得不可忽略;器件工作频率、存储容量等性能的提升对大气中子单粒子效应试验方法提出新的要求,包括测试速度提升、高频信号传输、中子注量率协同配合、现场布局等;金属化互联结构中硼-10(^{10}B)的采用导致先进半导体器件的热中子敏感性重新显现;器件集成度增高、敏感性的降低使得单个中子导致的多位翻转(MBU)更加严重,一方面 MBU 截面的增加使得实际应用环境下翻转数量增多,另一方面 MBU 将导致常用的具备“纠一检二”功能的校验码加固方法的失效。因此,MBU 测试成为大气中子单粒子效应测试中必须仔细考虑的因素。这些新的变化对半导体器件大气中子单粒子效应试验标准提出了新的要求,而传统的试验标准不能覆盖这些关键要素,导致测试结果不准确度增大,甚至不适用。

本文件给出半导体器件大气中子单粒子效应试验方法与程序。针对使用散裂中子源对半导体器件进行大气中子单粒子效应加速试验,根据半导体器件工艺和散裂中子源测试条件变化,编制新标准,覆盖热中子和高能中子协同测试,提升试验效率,覆盖高速大容量器件测试、MBU 测试分析、1 MeV~10 MeV 中子贡献等半导体器件大气中子单粒子效应测试中的关键环节。通过开展散裂中子源加速辐照试验、数据处理分析和计算,可以得到半导体器件在实际应用环境下的大气中子单粒子效应敏感性数据,为半导体器件抗辐射能力评价提供依据,为电子系统软错误模型和分析评价提供基础数据。

半导体器件大气中子单粒子效应 试验方法与程序

1 范围

本文件确立了使用散裂中子源对半导体器件进行大气中子单粒子效应加速试验的方法与程序。

本文件适用于航空、地面等应用环境中半导体集成电路和半导体分立器件的中子单粒子效应敏感性检测试验。该环境下的中子来源于初始高能宇宙射线与大气的相互作用,主要为热中子和能量高于1 MeV 的高能中子。

本文件适用的单粒子效应包括大气中子在半导体器件中引起的单粒子翻转、单粒子瞬态、单粒子功能中断、单粒子锁定、单粒子烧毁、单粒子栅穿等。

本文件不适用于 α 粒子引起的单粒子效应。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GJB 1649—1993 电子产品防静电放电控制大纲

GJB 2712A—2009 装备计量保障中测量设备和测量过程的质量控制

GJB 3756A—2015 测量不确定度的表示及评定

GJB 7242 单粒子效应试验方法和程序

3 术语和定义

GJB 7242 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

中子能量 neutron energy

中子的动能。

注:通常使用单位电子伏(eV)或兆电子伏(MeV)。

3.2

热中子 thermal neutron

通常指能量小于0.4 eV 的中子,该类中子在常温下与周围环境成热平衡状态。

3.3

中子注量 neutron fluence

给定时间内辐照在单位面积芯片上的中子数。

注:通常使用单位中子数每平方米(n/cm^2)。