



# 宇航用硅基高压快恢 复整流二极管单粒子 烧毁效应研究

汇报人：

2024-01-15



# 目录

## CONTENTS

- 引言
- 硅基高压快恢复整流二极管概述
- 单粒子烧毁效应理论分析
- 宇航用硅基高压快恢复整流二极管单粒子烧毁效应实验研究
- 宇航用硅基高压快恢复整流二极管单粒子烧毁效应防护措施研究
- 总结与展望





# 01 **引言**





## ■ 宇航电子系统的重要性

随着空间技术的飞速发展，宇航电子系统已成为航天器的重要组成部分，其可靠性对于航天任务的成功至关重要。

## ■ 单粒子烧毁效应的危害

在宇航环境中，高能粒子可能引发宇航电子系统中的单粒子烧毁效应，导致器件性能退化或失效，严重威胁航天器的在轨运行安全。

## ■ 硅基高压快恢复整流二极管的应用

硅基高压快恢复整流二极管在宇航电源、电机驱动等领域具有广泛应用，其单粒子烧毁效应研究对于提高宇航电子系统的抗辐射能力和可靠性具有重要意义。

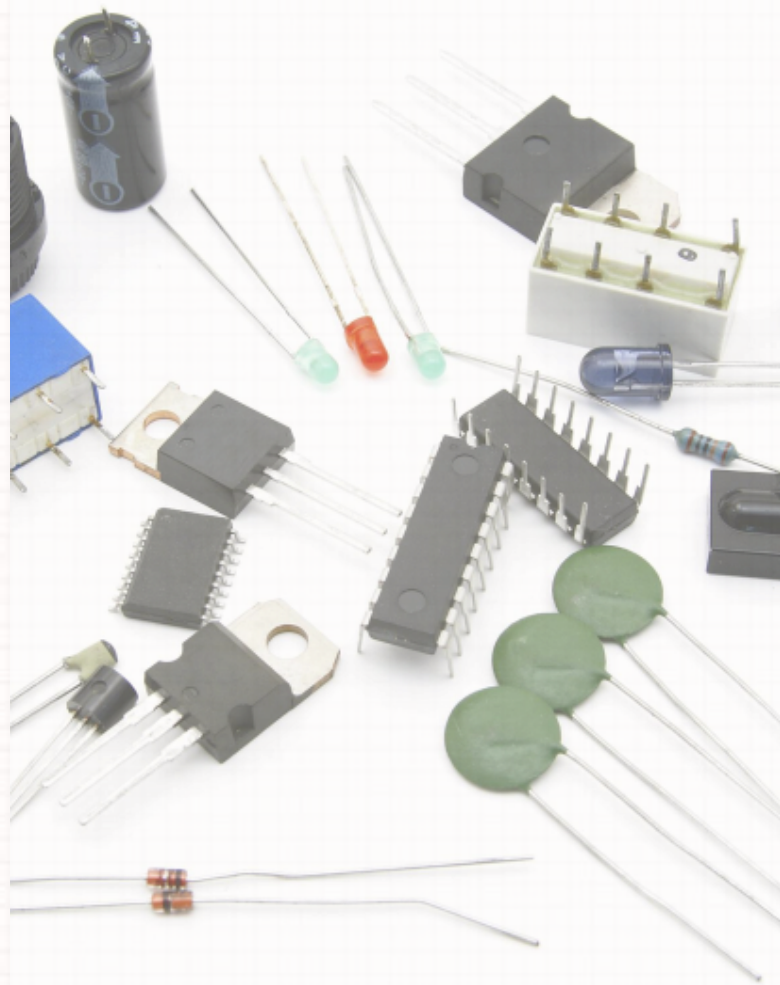
# 国内外研究现状及发展趋势

## 国内外研究现状

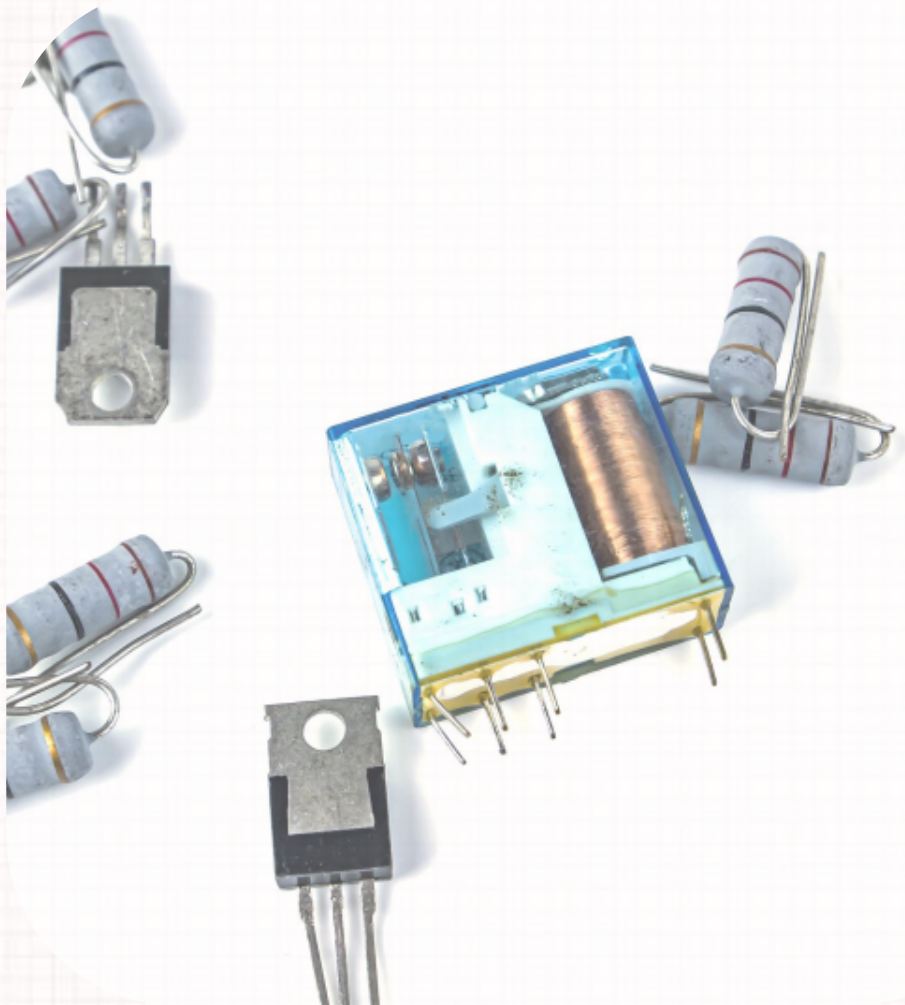
目前，国内外学者已对硅基高压快恢复整流二极管的单粒子烧毁效应开展了广泛研究，取得了一系列重要成果，但仍存在许多亟待解决的问题。

## 发展趋势

随着空间辐射环境模拟技术、器件级仿真技术和实验测试技术的不断进步，硅基高压快恢复整流二极管的单粒子烧毁效应研究将更加深入、系统，有望为解决宇航电子系统的辐射效应问题提供有力支撑。



# 研究目的和内容



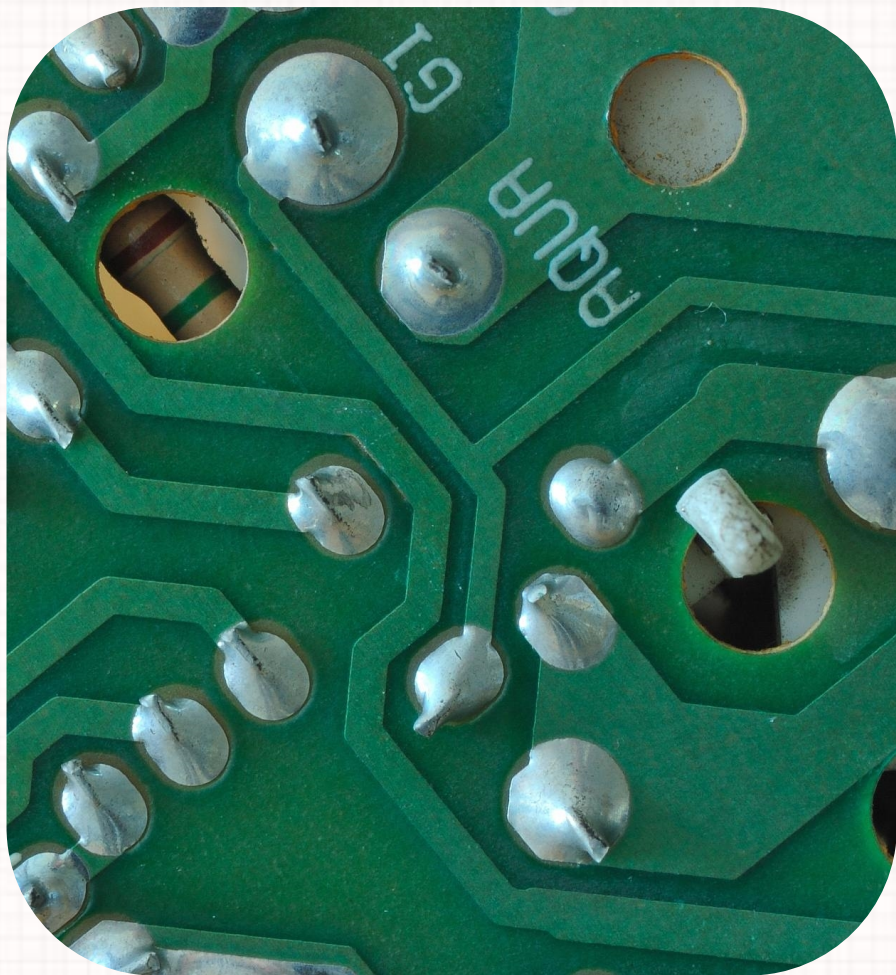
## 研究目的

本研究旨在揭示硅基高压快恢复整流二极管在宇航环境中的单粒子烧毁效应机理，评估其抗辐射性能，为提高宇航电子系统的可靠性提供理论和技术支持。

## 研究内容

本研究将采用理论建模、仿真分析和实验测试相结合的方法，对硅基高压快恢复整流二极管的单粒子烧毁效应进行深入研究。具体包括以下几个方面

# 研究目的和内容



2. 利用器件级仿真工具，模拟硅基高压快恢复整流二极管在不同辐射条件下的电学特性和烧毁过程。

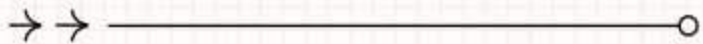


3. 搭建实验测试平台，对硅基高压快恢复整流二极管进行单粒子烧毁效应实验，验证仿真结果的准确性。



4. 根据仿真和实验结果，评估硅基高压快恢复整流二极管的抗辐射性能，提出针对性的优化措施。





# 02 硅基高压快恢复整流二 极管概述







# 器件结构和工作原理

## 结构

硅基高压快恢复整流二极管（Si-HFRD）通常采用PIN结构，即在P型半导体和N型半导体之间加入一层本征半导体（I层），形成PN结。

## 工作原理

当正向电压作用于Si-HFRD时，P区和N区的多数载流子向对方扩散，形成正向导通电流。在反向电压作用下，由于I层的存在，能够承受较高的反向电压而不被击穿。



# 器件特性和参数



## 特性

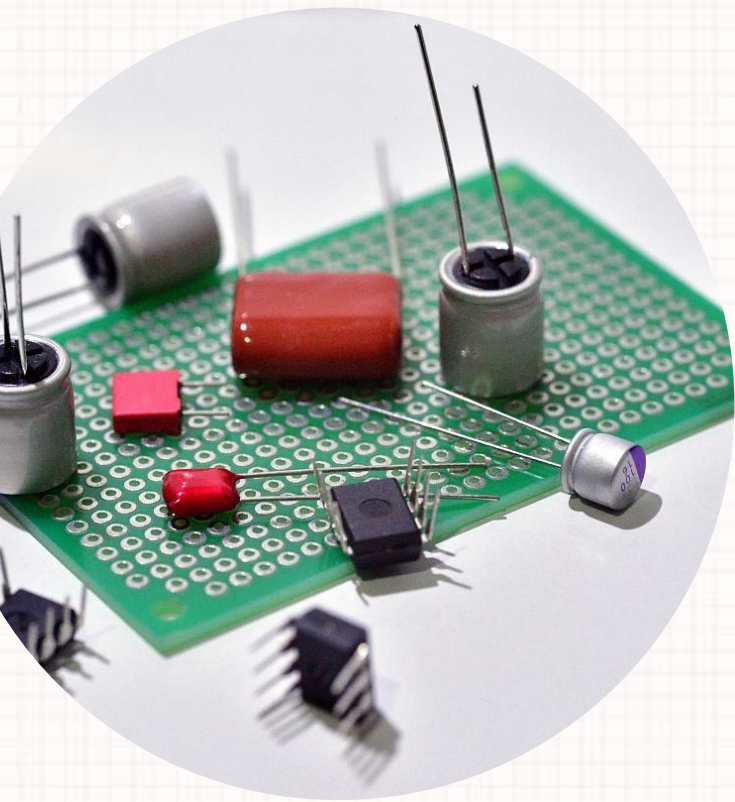
Si-HFRD具有快速恢复特性，即当从正向导通状态切换到反向阻断状态时，能够迅速恢复到阻断状态，减小了反向恢复时间和反向恢复电荷。

## 参数

Si-HFRD的主要参数包括正向平均电流、反向重复峰值电压、正向压降、反向恢复时间等。这些参数决定了器件的耐压能力、导通损耗和开关性能。



# 器件应用领域



## 电源领域

Si-HFRD可用于开关电源、逆变电源等场合，实现高效率、低损耗的电能转换。

## 电机驱动

在电机驱动领域，Si-HFRD可用于整流桥、逆变桥等电路，实现电机的可靠驱动和控制。

## 照明领域

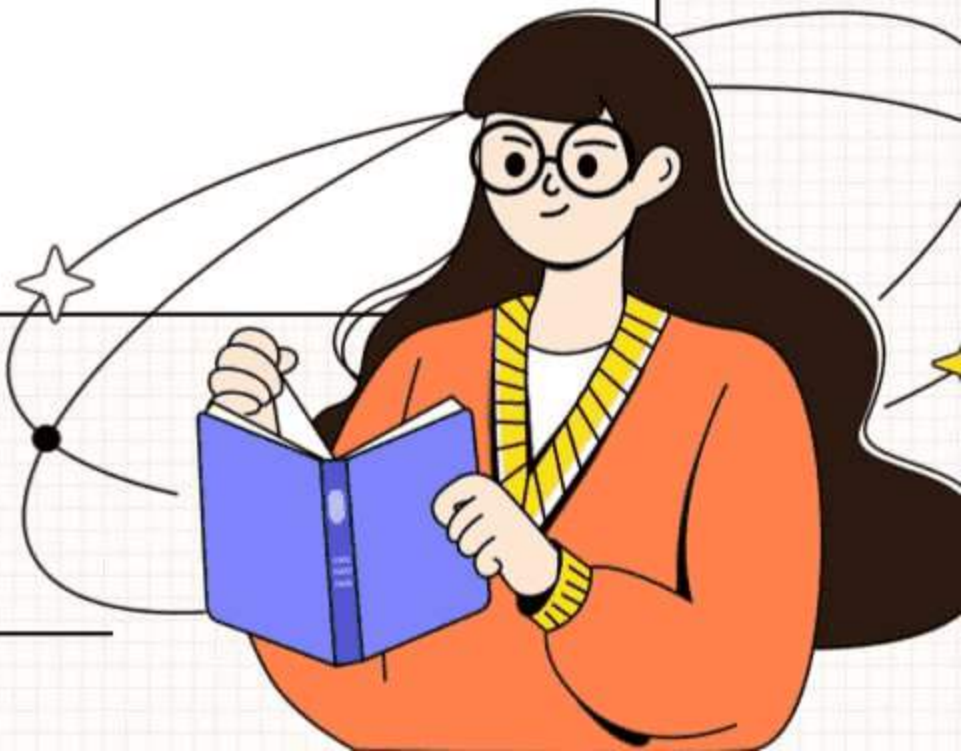
Si-HFRD可用于LED照明、荧光灯等照明设备的驱动电路，提高照明效率和质量。

## 其他领域

Si-HFRD还可应用于汽车电子、航空航天、通信等领域，满足各种特殊应用需求。



# 03 单粒子烧毁效应理论分析





# 单粒子烧毁效应概念及产生原因

## 单粒子烧毁效应定义

单粒子烧毁效应是指单个高能粒子穿过微电子器件的敏感区域，通过电离作用产生大量电荷，导致器件局部过热、性能退化或完全失效的现象。

## 产生原因

在宇宙空间或高能物理实验中，存在大量高能粒子，如质子、中子、重离子等。当这些粒子穿过硅基高压快恢复整流二极管等微电子器件时，会在器件内部产生电离作用，生成电子-空穴对。在强电场作用下，这些电荷被加速并获得高能量，最终导致器件局部过热、性能退化或完全失效。

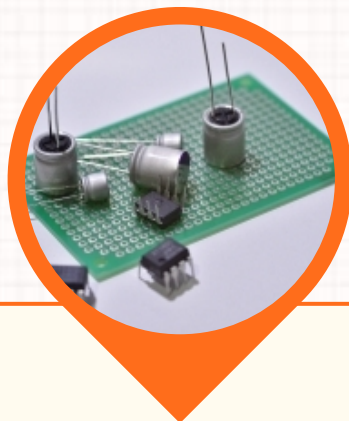


# 单粒子烧毁效应数学模型建立



## 器件物理模型

基于半导体器件物理理论，建立硅基高压快恢复整流二极管的物理模型，包括器件结构、材料参数、工作原理等。



## 电离作用模型

根据粒子与物质相互作用理论，建立高能粒子在硅基材料中的电离作用模型，描述粒子穿过器件时产生的电子-空穴对数量及分布。



## 热效应模型

考虑电子-空穴对在强电场作用下的加速过程及能量传递机制，建立热效应模型，描述器件局部温升及热应力分布情况。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：  
<https://d.book118.com/716004101112010141>