

团 体 标 准

T/CASAS 026—2023

碳化硅少数载流子寿命测定 微波光电导衰减法

Test method for minority carrier lifetime in silicon carbide—
microwave photoconductive decay

版本：V01.00

2023-06-19 发布

2023-06-19 实施

第三代半导体产业技术创新战略联盟 发布

目 次

前言.....	III
引言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 方法原理.....	1
5 干扰因素.....	3
6 仪器设备.....	3
7 试样.....	4
8 测试环境.....	4
9 测试注意事项.....	4
9.1 仪器校准.....	4
9.2 测量点分布.....	4
10 全片扫描.....	4
11 试验报告.....	4
参考文献.....	5

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。

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识别专利的责任。

本文件由北京第三代半导体产业技术创新战略联盟标准化委员会（CASAS）制定发布，版权归 CASAS 所有，未经 CASAS 许可不得随意复制；其他机构采用本文件的技术内容制定标准需经 CASAS 允许；任何单位或个人引用本文件的内容需指明本文件的标准号。

本文件主要起草单位：山东大学、广州南砂晶圆半导体技术有限公司、瀚天天成电子科技(厦门)有限公司、广东天域半导体股份有限公司、泰科天润半导体科技（北京）有限公司、杭州海乾半导体有限公司、安徽长飞先进半导体有限公司、中国科学院半导体研究所、中电化合物半导体有限公司、北京第三代半导体产业技术创新战略联盟。

本文件主要起草人：杨祥龙、崔滢心、彭燕、徐现刚、来玲玲、于国建、冯淦、丁雄杰、秋琪、林云昊、赵海明、钮应喜、金向军、徐瑞鹏。

引 言

碳化硅中的非平衡少数载流子寿命是碳化硅的一个基本特性参数，它的长短将直接影响到依靠少数载流子来工作的半导体器件的性能，对双极型器件和 p-n 结光电子等器件的电流增益、正向压降和开关速度起着决定性作用。因此，半导体中少数载流子寿命的测量一直受到广泛的重视。目前我国以微波光电导法测定碳化硅少数载流子寿命的标准属于空白领域，本文件的制定对第三代半导体材料的特征参数评价及产业应用具有较强的积极作用。

碳化硅少数载流子寿命测定微波光电导衰减法

1 范围

本文件描述了用微波光电导法测定碳化硅少数载流子寿命的方法。

本文件适用于少数载流子寿命为 20 ns~200 μs 的碳化硅晶片的寿命测定及质量评价。

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/T 14264 半导体材料术语

3 术语和定义

GB/T 14264 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

少数载流子寿命 minority carrier lifetime

τ

μs

半导体材料中非平衡载流子因复合其浓度降为1/e的时间。

4 方法原理

光电导是对非平衡载流子数量的直接测量，并且该方法已被用作硅（Si）中载流子寿命测量的标准技术。用于测量的电磁波通常使用微波，这种方法称为微波光电导衰减（μPCD）测量。

本文件采用微波光电导衰减（μPCD-microwave photoconductivity decay）法，对碳化硅晶片的少数寿命进行快速、无接触、无损伤测量。本文件使用特定波长的激光（349 nm）激发碳化硅晶片产生电子-空穴对，导致样品电导率的增加，当撤去外界光注入时，电导率随时间呈指数衰减，这一趋势间接反映了非平衡少数载流子数量的衰减趋势。

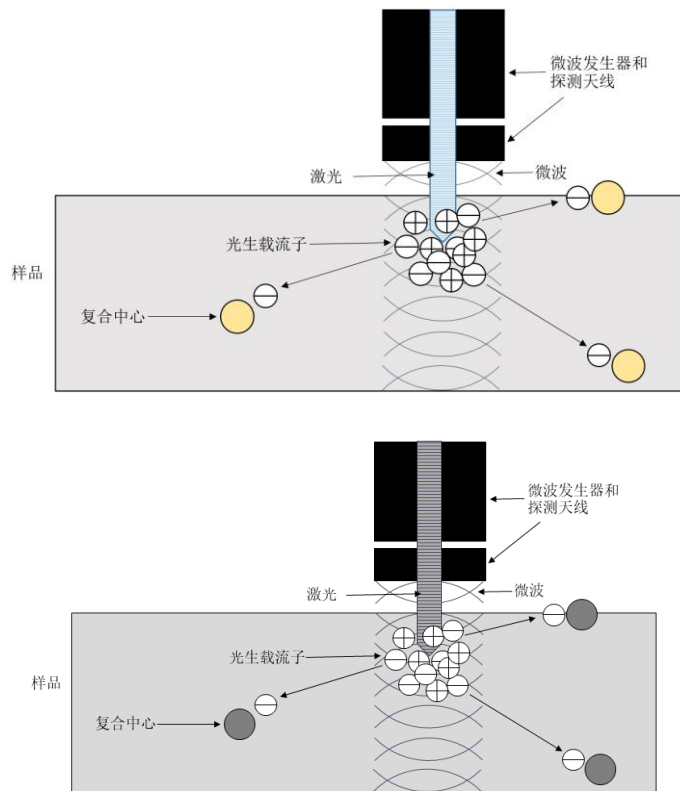


图1 微波光电导法工作原理示意图

由于微波信号的变化量正比于电导率的变化量，从而可以通过探测微波反射信号来探测电导率的变化，得到样品的载流子寿命。图1为微波光电导法工作原理示意图。测得的少数载流子寿命可由下式表示：

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{\tau_{SRH}} + \frac{1}{\tau_{other}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

τ —— 为样品测得的有效少数载流子寿命；

τ_{SRH} —— 为由复合中心控制的SRH寿命；

τ_{other} —— 为由其他复合过程控制的载流子寿命，例如表面复合、衬底中的复合、俄歇复合和扩展缺陷的复合。

采用微波光电导设备（激光波长349 nm，频率26 GHz）测试碳化硅外延晶圆的少数载流子寿命，其中碳化硅衬底厚度为350 μm 、外延层厚度为40 μm ，掺杂浓度为 $2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ ，其少数载流子寿命的扫描结果如图2所示。

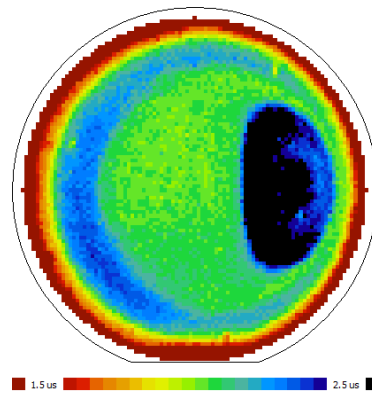


图2 碳化硅外延晶圆少数载流子寿命扫描图，硅面朝上

5 干扰因素

5.1 样品的表面状况以及如何处理样品会影响测试结果，应确保样品表面清洁。

5.2 温度会对测试产生影响，建议测试温度控制在 $18\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，对于电子级材料的测试宜控制到更窄范围。

5.3 样品太薄（总厚度小于 $100\text{ }\mu\text{m}$ ）时，会因为额外载流子的产生导致衰减曲线变形，因此该方法不适于厚度小于 $100\text{ }\mu\text{m}$ 的薄样品测试。

5.4 碳化硅外延厚度小于 $30\text{ }\mu\text{m}$ 时，激光将穿透至碳化硅衬底片，测试结果受到碳化硅衬底非平衡载流子信号影响。

6 仪器设备

本文件所用的 μ -PCD测试系统需要有激光器、微波产生器、微波探测器和信号采样分析系统等几部分，如图3所示。

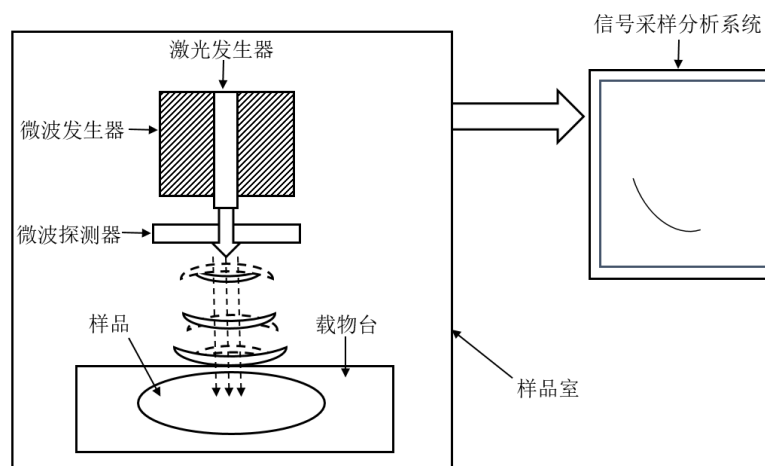


图3 微波光电导法系统示意图

7 试样

通常，样品厚度为 $100\mu\text{m}\sim 1\ 000\mu\text{m}$ ，被测样品的室温电阻率在 $0.1\ \Omega\cdot\text{cm}\sim 1\ 000\ \Omega\cdot\text{cm}$ 之间，试样表面应无大面积缺陷，并确保样品表面清洁。

8 测试环境

测试环境如下：

- a) 实验室温度： $18\ ^\circ\text{C}\sim 25\ ^\circ\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $< 75\ \%$
- c) 洁净度：IS04级。

9 测试注意事项

9.1 仪器校准

仪器校准应至少包括以下内容：

- 标准片对设备进行校准；
- 校准频率：设备平均3个月校准一次；
- 允许的误差范围：平均值的分布（ $3\ \sigma$ ） $< \pm 10\ \%$ 以内。

9.2 测量点分布

测量的区域为： $100\ \text{mm}$ （4吋） $\sim 152\ \text{mm}$ （6吋）去除边缘 $3\ \text{mm}$ 后的区域， $200\ \text{mm}$ （8吋） $\sim 300\ \text{mm}$ （12吋）去除边缘 $5\ \text{mm}$ 后的区域。

10 全片扫描

4-12英寸的碳化硅晶片测试点间距 $\leq 2\ \text{mm}$ ，选择不少于3片碳化硅晶片测试少数载流子寿命，要求本方法测量碳化硅少数载流子寿命的准确性 $\leq 5\ \%$ ，重复性1个标准方差 $< 2\ \%$ 。

11 试验报告

试验报告应至少包括以下内容：

- a) 测试日期；
- b) 测试样品名称，样品编号；
- c) 少数载流子寿命平均值、最大值、最小值、不均匀性；
- d) 测试结果输出图；
- e) 测试人员。

参 考 文 献

- [1] GB/T 1553—2009 硅和锗体内少数载流子寿命测定 光电导衰减法
[2] GB/T 26068—2018 硅片和硅锭载流子复合寿命的测试 非接触微波反射光电导衰减法
-