



中华人民共和国国家标准

GB/T 42709.6—2026/IEC 62047-6:2009

半导体器件 微电子机械器件 第6部分：薄膜材料轴向疲劳试验方法

Semiconductor devices—Micro-electromechanical devices—
Part 6: Axial fatigue testing methods of thin film materials

(IEC 62047-6: 2009, IDT)

2026-07-30 发布

2027-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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 试样 2

 4.1 试样的设计 2

 4.2 试样的制备 3

 4.3 试样的厚度 3

 4.4 试验前的存储 3

5 试验程序和试验机 3

 5.1 通则 3

 5.2 夹持方法(试样的安装) 3

 5.3 静载试验 3

 5.4 加载方法 4

 5.5 试验速度 4

 5.6 环境控制 4

6 耐久性(试验终止) 4

7 试验报告 4

附录 A (资料性) 本文件技术背景 6

 A.1 薄膜材料轴向疲劳试验的意义 6

 A.2 在日本进行的循环试验概述 6

附录 B (资料性) 试样 7

附录 C (资料性) 位移测量 8

附录 D (资料性) 试验环境 9

附录 E (资料性) 试样数量 10

参考文献 11

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。

本文件是 GB/T 42709《半导体器件 微电子机械器件》的第 6 部分。GB/T 42709 已经发布了以下部分：

- 第 2 部分：薄膜材料拉伸试验方法；
- 第 3 部分：拉伸试验用薄膜标准试验片；
- 第 5 部分：射频 MEMS 开关；
- 第 6 部分：薄膜材料轴向疲劳试验方法；
- 第 7 部分：用于射频控制和选择的 MEMS 体声波滤波器和双工器；
- 第 8 部分：带状薄膜拉伸特性测量的弯曲试验方法；
- 第 12 部分：采用 MEMS 结构谐振法的薄膜材料弯曲疲劳试验方法；
- 第 19 部分：电子罗盘；
- 第 21 部分：MEMS 薄膜材料泊松比测试方法；
- 第 22 部分：柔性衬底导电薄膜机电拉伸测试方法；
- 第 29 部分：室温下悬空导电薄膜的机电松弛试验方法；
- 第 35 部分：柔性 MEMS 器件弯曲形变下的电特性测试方法；
- 第 36 部分：MEMS 压电薄膜的环境及机电耐压试验方法；
- 第 38 部分：MEMS 互连中金属粉末膏体粘附强度测试方法；
- 第 40 部分：MEMS 惯性冲击开关阈值测试方法。

本文件等同采用 IEC 62047-6:2009《半导体器件 微电子机械器件 第 6 部分：薄膜材料轴向疲劳试验方法》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

- 删除 3.1、3.2、3.3 中“注：改编自 ASTM E 1823-05a”，同时参考文献中删除相应参考文献内容，并调整其他文献序号；
- 将 3.1、3.2、3.3、3.4 中力的缩写 P 改为 F；
- 附录 B 中引用标准 ISO 6892 改为现行标准 ISO 6892-1，并更改参考文献中对应的标准名称；
- 删除附录 E 中第二段“对于金属薄膜材料，疲劳通常由单一机制控制，试样数量可根据 ISO 12107 确定。对于硅薄膜材料，人们认为涉及多种疲劳机制，且可能的疲劳机制尚未确定，因此 ISO 12107 中的分析方法不能直接用于确定硅薄膜材料的试样数量。”。

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。

本文件由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本文件由全国集成电路标准化技术委员会(SAC/TC 599)和全国微机电技术标准化技术委员会(SAC/TC 336)共同归口。

本文件起草单位：浙江大立科技股份有限公司、中国科学院微电子研究所、杭州大立微电子有限公司、中国电子技术标准化研究院、国科大杭州高等研究院、工业和信息化部电子第五研究所、中国科学院上海微系统与信息技术研究所、复旦大学义乌研究院、中国计量大学、深圳市金岷江智能装备股份有限公司。

本文件主要起草人：钱剑、焦斌斌、姜利军、刘若冰、刘世界、陈勇国、刘海涛、朱晓荣、潘峰、池积光、刘翔、马志刚、钱良山、肖克来提、李春来、唐国良、罗雯雯、康永印、陈亮、李方浩、张亮。

引 言

GB/T 42709《半导体器件 微电子机械器件》拟由以下部分构成。

- 第 2 部分:薄膜材料拉伸试验方法。目的在于规定 MEMS 薄膜材料的拉伸试验方法。
- 第 3 部分:拉伸试验用薄膜标准试验片。目的在于规定 MEMS 薄膜材料拉伸试验用试验片的相关要求。
- 第 5 部分:射频 MEMS 开关。目的在于规定射频 MEMS 开关的术语和定义、特性要求、测试方法等。
- 第 6 部分:薄膜材料轴向疲劳试验方法。目的在于规定 MEMS 薄膜材料的轴向疲劳试验方法。
- 第 7 部分:用于射频控制和选择的 MEMS 体声波滤波器和双工器。目的在于规定 MEMS 体声波谐振器、滤波器和双工器的术语和定义、特性要求、测试方法等。
- 第 8 部分:带状薄膜拉伸特性测量的弯曲试验方法。目的在于规定用于测量带状薄膜拉伸特性的弯曲试验方法。
- 第 9 部分:晶圆间键合强度测量。目的在于规定 MEMS 晶圆的键合强度试验方法。
- 第 11 部分:悬空微电子机械系统材料的线性热膨胀系数测试方法。目的在于规定悬空 MEMS 材料的线性热膨胀系数测试方法。
- 第 12 部分:采用 MEMS 结构谐振法的薄膜材料弯曲疲劳试验方法。目的在于规定 MEMS 薄膜材料弯曲疲劳试验方法。
- 第 13 部分:MEMS 结构粘结强度的弯曲和剪切试验方法。目的在于规定 MEMS 结构的粘附强度试验方法。
- 第 16 部分:MEMS 膜残余应力的晶圆曲率和悬臂梁挠度试验方法。目的在于规定 MEMS 薄膜残余应力的晶圆曲率和悬臂梁挠度两种试验方法。
- 第 19 部分:电子罗盘。目的在于规定电子罗盘的术语和定义、特性要求、测试方法等。
- 第 21 部分:MEMS 薄膜材料泊松比测试方法。目的在于规定 MEMS 薄膜材料的泊松比测试方法。
- 第 22 部分:柔性衬底导电薄膜机电拉伸测试方法。目的在于规定 MEMS 导电薄膜材料的机电性能拉伸试验方法。
- 第 26 部分:微沟槽和针结构的描述和试验方法。目的在于规定 MEMS 微沟槽和针结构的描述和试验方法。
- 第 27 部分:玻璃浆料键合强度的微型 V 形试验(MCT)测量方法。目的在于规定玻璃熔结结构的粘结强度的 MCT 试验方法。
- 第 29 部分:室温下悬空导电薄膜的机电松弛试验方法。目的在于规定 MEMS 器件的悬空导电薄膜在室温下的机电松弛试验方法。
- 第 32 部分:MEMS 谐振器非线性振动测试方法。目的在于规定 MEMS 谐振器的非线性振动性能测试方法。
- 第 35 部分:柔性 MEMS 器件弯曲变形下的电特性测试方法。目的在于规定柔性机电器件的弯曲变形状态电特性测试方法。
- 第 36 部分:MEMS 压电薄膜的环境及介电耐压试验方法。目的在于规定 MEMS 压电薄膜的环境及介电耐受性能试验方法。

- 第 38 部分:MEMS 互连中金属粉末膏体粘附强度测试方法。目的在于规定 MEMS 互连中金属粉末膏体粘附强度的试验方法。
- 第 40 部分:MEMS 惯性冲击开关阈值测试方法。目的在于规定 MEMS 惯性冲击开关的阈值测试方法。
- 第 44 部分:MEMS 谐振电场敏感器件动态特性测试方法。目的在于规定用于评估和确定 MEMS 谐振电场敏感器件动态性能的术语、定义和试验方法。

半导体器件 微电子机械器件

第 6 部分:薄膜材料轴向疲劳试验方法

1 范围

本文件描述了长度、宽度尺寸均小于 1 mm,且厚度尺寸在 $0.1\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$ 之间的薄膜材料在恒定力范围或者恒定位移范围内的轴向拉伸疲劳试验方法。薄膜是微机电系统(MEMS)和微机械的主要结构材料。

用于 MEMS、微机械等的主要结构材料具有特殊特征,例如微米级的典型尺寸,采用沉积工艺制造材料,通过非机械方式(包括光刻)加工试样。本文件描述了微型光滑试样的轴向力疲劳试验方法,该方法能保证与特殊特征相对应的精度。试验在室温、空气中进行,载荷沿试样的纵轴加载。

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 42709.2—2026 半导体器件 微电子机械器件 第 2 部分:薄膜材料的拉伸试验方法 (IEC 62047-2:2006, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

最大力 maximum force

$F_{\max}$

循环中所加载的力的最大代数值。

3.2

最小力 minimum force

$F_{\min}$

循环中所加载的力的最小代数值。

3.3

平均力 mean force

F_{mean}

恒幅载荷或单个循环中最大力和最小力的代数均值。

3.4

力的范围 force range

ΔF

恒幅载荷中最大力和最小力的代数差。