

# 国家标准《微机电系统（MEMS）技术 射频 MEMS 环行器和隔离器》（送审稿）编制说明

## 一、工作简况

### 1、任务来源

本项目是国家标准化管理委员会下达的国家标准制定计划，由全国微机电技术标准化技术委员会提出并归口，项目计划号：20221870-T-469。任务起止时间是2022年12月至2024年4月。

### 2、主要工作过程

本部标准等同采用IEC 62047-41:2021《半导体器件 微电子机械器件 第41部分：RF MEMS环行器和隔离器》。本标准编制主要过程如下：

（1）国家标准制定项目下达后，由河北美泰电子科技有限公司牵头组织成立了国家标准起草工作组，起草工作组成员由河北美泰电子科技有限公司、安徽天兵电子科技股份有限公司、中国国基北方有限公司、中机生产力促进中心有限公司、广东大普通信技术股份有限公司、中央军委装备发展部军事代表局驻石家庄地区军事代表室、西安现代控制技术研究所、深圳市诺信博通讯有限公司等单位的技术专家和标准化人员组成，并明确分工、各阶段的时间节点以及各阶段的主要工作内容。

（2）2022年12月—2023年4月标准起草工作组搜集了RF MEMS环行器和隔离器相关的国内外文献资料，综合分析了相关国内外标准、技术文献。同时，还对一些还不太确定的问题，召开了多次课题研讨会，邀请行业内的相关工程技术专家，结合实际工作经验分析，深入研究、综合分析咨询意见并根据IEC 62047-41:2021标准，经多次讨论、修改，编制形成了本标准的草案的第一稿。标准草案第一稿完成后，在工作组内部进行了几轮的讨论和修改后，最终形成了工作组讨论稿。

（3）2023年4月7日，在石家庄召开项目启动会，MEMS标委会秘书长李根梓、河北美泰电子科技有限公司王伟强、梁彦青、姚世婷。中国国基北方有限公司李倩、李丽霞、侯凯强，中央军委装备发展部军事代表局驻石家庄地区军事代表室高昂、西安现代控制技术研究所刘奎等参加了会议，标准起草工作组介绍了标准草案，与会专家对标准草案审查，并提出了修改意见。

(4) 2023年4月~2023年6月, 编制组根据启动会上专家意见对标准文本进行了修改和完善, 形成了GB/T xxx-202X《微机电系统(MEMS)技术 射频MEMS环行器和隔离器》征求意见稿, 同时对IEC 62047-41:2021标准中存在的编辑性问题进行了梳理, 建议对IEC 62047-41:2021中存在问题进行勘误。

(5) 2023年7月~2023年9月, 通过函审和会议方式广泛征集标准涉及的生产、管理、科研、试验、标准等相关单位, 发送《微机电系统(MEMS)技术 射频MEMS环行器和隔离器》征求意见稿的单位7家, 包括安徽天兵电子科技股份有限公司、中国国基北方有限公司、中机生产力促进中心有限公司、广东大普通信技术股份有限公司、中央军委装备发展部军事代表局驻石家庄地区军事代表室、西安现代控制技术研究所、深圳市诺信博通讯有限公司等单位, 主要修改意见和建议如下:

(1) 建议增加图1、2、4、5、6、7中增加了图中待测件箭头的含义。

(2) 建议增加图4、5、6、7增加图中待测件1、2、3的含义。

(3) 建议增加附录A中图A.1、A.2增加图中箭头的含义。

(4) 建议增加5.1.4中对S参数的定义的标注。

(5) 建议增加式(1)-(12)中 $L_{ins(21)}$ 、 $L_{ins(32)}$ 、 $L_{ins(13)}$ 、 $L_{iso(12)}$ 、 $L_{iso(23)}$ 、 $L_{iso(31)}$ 、 $VSWR_1$ 、 $VSWR_2$ 、 $VSWR_3$ 符号的解释。

(6) 为不引起歧义, 在第5章中建议增加对 $L_{ins(21)}=S_{21}$ ,  $L_{ins(32)}=S_{32}$ ,  $L_{ins(13)}=S_{13}$ ,  $L_{ins(21)}=S_u$ ,  $L_{ins(13)}=S_{21}$ ,  $L_{ins(32)}=S_{21}$ ,  $L_{iso(12)}=S_{12}$ ,  $L_{iso(23)}=S_{23}$ ,  $L_{iso(31)}=S_{31}$ ,  $L_{iso(12)}=S_{12}$ ,  $L_{iso(23)}=S_{12}$ ,  $L_{iso(31)}=S_{12}$ ,  $L_{ret(11)}=S_{11}$ ,  $L_{ret(22)}=S_{22}$ ,  $L_{ret(33)}=S_{33}$ ,  $L_{ret(33)}=S_{11}$ ,  $VSWR_1=S_{11}$ ,  $VSWR_2=S_{22}$ ,  $VSWR_3=S_{33}$ ,  $VSWR_3=S_{11}$ 中“=”含义的标注, 表明“=”为对应含义, 非等于含义。

(7) 为符合中文习惯并依据原文中所表达的含义, 建议将“环行器/隔离器”中的“/”改为“和”以及“或”。

(8) 为与表1对应, 建议将“温度条件(如工作、环境、贮存和焊接温度)”改为“温度条件(如工作温度、贮存温度和焊接温度)”

(9) 为符合中文习惯建议将表2中中心频率的符号“ $f_{center}$ ”修改为“ $f_0$ ”。

(10) IEC原文6.7中第二段所表达内容与IEC 60749-21可焊性测试不能对应, 因此将“该方法旨在通过剪切应力测试评估器件端子和基板上焊盘之间焊点的耐

久性……”改为“该方法旨在通过可焊性试验程序评估器件端子对所用焊料的浸润性，可焊性测试按照GB/T 4937.21进行。”

(11) 建议将6.7的标题“键合强度和焊接剪切强度测试”更改为键合强度和可焊性测试。

(12) 为与第6章章节标题完全对应，在表3中建议增加“可焊性以及温度循环”两项。去除焊接剪切力测试。

(13) 与第6章章节标题完全对应且工作温度不属于可靠性测试，建议将图3中工作温度更改为温度循环，焊接剪切强度更改为可焊性，对应图3图注中改为焊接剪切强度更改为可焊性。

(14) 为与公式(1) - (3)对应，建议将图8中纵坐标修改为负值，为与公式(4) - (6)对应，建议将图9中纵坐标修改为负值，为与公式(7) - (9)对应，建议将图10中纵坐标修改为负值。

(15) 因工作温度不属于可靠性测试，建议将6.1中“包括寿命、功率容量、工作温度、温度循环、振动、冲击测试等”改为“包括寿命、功率容量、温度循环、振动、冲击测试等”

(16) 建议将该13图题“射频MEMS环行器和隔离器可靠性测试框图”改为“射频MEMS环行器和隔离器寿命测试框图”。

编制组结合各相关单位的反馈意见进行了进一步调研和验证确认，以上修改意见均已采纳，具体见《微机电系统(MEMS)技术 射频MEMS环行器和隔离器》的《国家标准征求意见汇总处理表》。

编制组依据反馈意见对标准和编制说明进行了修改和完善，完善了部分翻译不太准确的内容，并形成了《微机电系统(MEMS)技术 射频MEMS环行器和隔离器》送审稿、编制说明。

## 二、标准编制原则和确定主要内容的依据及解决的主要问题

### 1、编制原则

本标准等同采用 IEC 62047-41:2021《半导体器件 微电子机械器件 第41部分：RF MEMS 环行器和隔离器》，依据 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》和 GB/T 1.2-2020《标准化工作导则 第2部分：以ISO/IEC 标准化文件为基础的标准化文件起草规则》的要求进行编写。

### 2、确定主要内容的依据

标准编制过程中考虑了相关标准的协调配套，积极采用国际标准。目前与射频 MEMS 环行器和隔离器有关的国际标准有 IEC 62047 系列标准，本单位已于 2019 年编写了 IEC 62047-41:2021《半导体器件 微机电器件 射频第 41 部分：MEMS 环行器和隔离器》，该标准对射频 MEMS 环行器和隔离器的基本参数、测试方法以及可靠性测试进行了规定，本标准等同采用 IEC 62047-41:2021《半导体器件 微电子机械器件 第 41 部分：RF MEMS 环行器和隔离器》，标准的章节结构和内容与 IEC 62047-41:2021 保持一致。主要说明如下：

1) 第 1 章 范围：本文件规定了射频 MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) 环行器和隔离器的术语、基本额定值、特征参数以及测试方法。

2) 第 2 章 规范性引用文件：主要列出了本文件引用的 IEC 和国家标准化文件，引用的国家标准按照 GB/T 1.2-2020 给出了国标的采标情况以方便使用者。

3) 第 3 章 术语和定义：规定了本文件需要界定的术语和定义。

4) 第 4 章 基本额定值和特征参数：规定了本文件涉及到的射频 MEMS 环行器和隔离器的基本额定值和特征参数。

5) 第 5 章 测试方法：规定了射频 MEMS 环行器和隔离器插入损耗、隔离度、回波损耗、电压驻波比、输入阻抗以及磁泄露的测试方法。

6) 第 6 章 可靠性测试：规定了射频 MEMS 环行器和隔离器功率容量、寿命、温度循环、冲击测试、振动测试以及键合强度和焊接剪切强度测试方法。

### 3、编制过程中解决的主要问题

随着 MEMS 技术在国内外的迅速发展，射频 MEMS 环行器和隔离器已经越来越多进入了国际和国内市场，需要制定标准以规范射频 MEMS 环行器和隔离器的性能参数、测试方法、可靠性试验等内容。2021 年国际电工委员会 IEC 发布了 IEC 62047-41:2021《半导体器件 微机电器件 射频第 41 部分：MEMS 环行器和隔离器》，而国内尚属空白。因此，结合国内行业背景，需开展射频 MEMS 环行器和隔离器相关标准研究。通过制定《微机电系统 (MEMS) 技术 射频 MEMS 环行器和隔离器》国家标准，一方面可以提高射频 MEMS 环行器和隔离器制造的规范性，批生产的成品率和可靠性，降低企业的成本，促进 MEMS 产业化发展；另一方面也可以推动射频 MEMS 环行器和隔离器的进一步推广与发展，促进我国 MEMS 技术研究向更深和更广发展。

另外，在制定微机电系统 (MEMS) 技术 射频 MEMS 环行器和隔离器》国

家标准过程中，发现已发布的 IEC 62047-41:2021《半导体器件 微机电器件 射频第 41 部分：MEMS 环行器和隔离器》国际标准中存在编辑性问题、个别内容表述不当多处，通过制定《微机电系统（MEMS）技术 射频 MEMS 环行器和隔离器》国家标准，将国际及国内关于射频 MEMS 环行器及隔离器的标准更加科学及规范化，为全球业内工作人员修订了更为准确的标准方案。

### 三、主要试验[或验证]情况分析

根据本标准涉及的技术指标，科研人员对数 SiDCR8-12-12 型 MEMS 环行器、SiIS6/18-12 型 MEMS 隔离器等数十款射频 MEMS 环行器和隔离器进行了大量的实测验证。测试证明，射频 MEMS 环行器和隔离器的插入损耗、回波损耗、电压驻波比、特性阻抗等关键性能，均能达到市场客户的要求或者满足对标产品的指标规格。此外，还进行了功率容量、温度循环、振动、冲击等相关环境试验的验证，证明了射频 MEMS 环行器和隔离器的环境适应性同样达到了目前标准所涉及的条件。另外本单位在编写 IEC 62047-41:2021《半导体器件 微机电器件 射频第 41 部分：MEMS 环行器和隔离器》国际标准已考虑了国内和国际的适用性，其中所有的技术条款在国内完全适用。

### 四、知识产权情况说明

不涉及。

### 五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效果

射频 MEMS 环行器和隔离器突破了小型化硅腔体传输结构设计、旋磁材料与硅晶圆的圆片级异质封装等关键技术，具备高性能的同时大大缩小了体积和重量，解决了相控阵雷达、弹载导引头及卫星通讯等国家重点工程和重大装备的急需，具有广阔的应用前景。另外在 5G 领域，射频 MEMS 环行器和隔离器因其采用 MEMS 工艺加工，具有小型化、低损耗、轻量化、一致性好等特点，该类环形器解决了 5G 基站毫米波频段环形器损耗大、一致性差、成本高等瓶颈问题，对于 5G 基站毫米波频段的应用具有非常重要的意义。

射频 MEMS 环行器和隔离器是雷达及基站收发系统中的核心器件，《微机电系统(MEMS)技术 射频 MEMS 环行器和隔离器》对其基本参数、测试方法、可靠性测试等进行了规定，提高了基于 MEMS 工艺制作的环行器和隔离器的准确性和规范性，为射频 MEMS 环行器及隔离器可靠性提供依据，使我国射频 MEMS 环行器及隔离器达到国际水平，对我国雷达及基站通信系统具有深远意义。

### 六、采用国际标准和国外先进标准情况

目前关于 MEMS 器件、工艺、材料、试验方法的国际标准有 IEC 62047 系列标准。本文件等同采用现行有效的 IEC 62047-41:2021, IEC 62047 有 1~14、16~22、25~27、29~38、40、41 共 36 部分, 归口 TC 47/SC 47F[Micro-electromechanical systems (微机电系统)], 该 SC 发布的标准只有 IEC 62047 这个编号, 实际上均为独立的标准, 不是系列标准, 所以采标后删除“第 41 部分”。命名方式与 TC336 归口的微机电领域其他国家标准协调一致, 以“微机电系统 (MEMS) 技术 射频 MEMS 环行器和隔离器”两段式的形式命名。

## 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本标准与现行的法律、法规、规章及相关标准相协调。

目前已发布的 MEMS 器件相关的国家标准有:

1) GB/T 42709.5-2023《半导体器件 微电子机械器件 第5部分: 射频 MEMS 开关》;

2) GB/T 42709.7-2023《半导体器件 微电子机械器件 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》;

3) GB/T 26111-2023《微机电系统 (MEMS) 技术 术语》;

4) GBT 32817-2016《半导体器件 微机电器件 MEMS 总规范》;

5) GB/T 41852-2022《半导体器件 微机电器件 MEMS 结构黏结强度的弯曲和剪切试验方法》

6) GB/T 41852-2022《半导体器件 微机电器件 MEMS 结构黏结强度的弯曲和剪切试验方法》

本标准与以上标准内容协调一致, 不存在冲突和矛盾。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

本文件在编制过程中无重大分歧意见。

## 九、标准性质的建议

本文件是推荐性标准。

## 十、贯彻标准的要求和措施建议

无。

## 十一、替代或废止现行相关标准的建议

无。

## 十二、其它应予说明的事项

无。

国家标准《微机电系统 (MEMS) 技术

射频 MEMS 环行器和隔离器》编制工作组  
2023-11