ICS 31.200
CCS L 55

T/CS

团 体 标 准

T/CS 471—2026

TR 收发多功能 SiP 模组

Transmit-Receive transceiver multifunctional system in package module

2026－08－13 发布 2026－08－13 实施

中国商品学会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　工艺质量和控制 2
5　技术要求 2
6　试验方法 3
7　检验规则 4
8　标志、包装、运输和贮存 5
附录 A（规范性）　射频性能试验方法 6

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。

本文件由成都汉芯国科集成技术有限公司提出。

本文件由中国商品学会归口。

本文件起草单位：成都汉芯国科集成技术有限公司、成都国科恒芯集成电路有限公司、北京探天星辰科技有限公司。

本文件主要起草人：左小波、赖仕普、刘松林。

TR 收发多功能 SiP 模组

1 范围

本文件规定了 TR 收发多功能 SiP 模组的工艺质量和控制、技术要求、检验规则、标志、包装、运输和贮存，描述了相应的试验方法。

本文件适用于 TR 收发多功能 SiP 模组的生产和检验。

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 191 包装储运图形符号标志

GB/T 3873 通信设备产品包装通用技术条件

GB/T 11313.1 射频连接器 第 1 部分：总规范 一般要求和试验方法

GB/T 12572 无线电发射设备参数通用要求和测量方法

GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T 42972 微波电路 检波器测试方法

GB/T 44801 系统级封装（SiP）术语

GJB 150.3A 军用装备实验室环境试验方法 第 3 部分：高温试验

GJB 150.4A 军用装备实验室环境试验方法 第 4 部分：低温试验

GJB 548C—2021 微电子器件试验方法和程序

GJB 899A 可靠性鉴定和验收试验

GJB 2438B—2017 混合集成电路通用规范

3 术语和定义

GB/T 44801 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

TR 收发多功能 SiP 模组 Transmit-Receive transceiver multifunctional system in package module

采用系统级封装工艺集成发射通道、接收通道，集成幅相控制、功率检测等多功能的一体化射频收发模组。

注：以下简称“产品”。

3.2

工作频率范围 operating frequency range

射频通道能够正常实现发射、接收功能的连续频率区间。

3.3

接收噪声系数 receive noise figure

接收通道输入信噪比与输出信噪比的比值。

注：表征接收通道引入噪声的大小。

3.4

信号增益 signal gain

射频信号经过模组通道后功率放大倍数。

3.5

增益平坦度 gain flatness

指定工作频段内通道增益相对频段中心基准增益的最大正负偏差。

3.6

发射输出功率 transmit output power

模组发射通道输出端输出的射频信号功率。

3.7

发射通道效率 transmit channel efficiency

发射通道射频输出功率与模组直流输入供电功率的百分比。

3.8

温度灵敏度 temperature sensitivity

单位温度变化引起的接收通道和发射通道增益变化量。

4 工艺质量和控制

4.1 工艺质量

4.1.1 焊接

4.1.1.1 芯片共晶焊、无源器件回流焊、盖板封焊焊点应光滑均匀，无拉尖、气泡、针孔、空洞。

4.1.1.2 焊料与焊盘、芯片电极宜润湿充分，轮廓应完整，无缩锡、虚焊。

4.1.1.3 焊点应无锡珠、残渣、划痕，无滴状、尖峰焊料，相邻线路无桥接短路。

4.1.1.4 焊层、电极、基板焊盘应无裂纹、分层、起翘脱落。

4.1.1.5 片式阻容件瓷体应无碎裂，电极应无剥离、融蚀，元件搭接不应并联。

4.1.1.6 围框与盖板封焊焊缝应连续，满足气密性要求。

4.1.2 键合

金丝键合应符合 GJB 548C—2021 方法 2017 的规定；键合点应完好无脱键、浮丝，引线弧度应平顺无交叉触碰，功放射频/接地端宜采用多丝并联。

4.1.3 烧结（粘接）

芯片导电烧结粘接应符合 GJB 548C—2021 方法 2017 的规定；粘接层应完整，粘接层空洞率应符合设计要求，保障热阻指标，无溢胶污染射频线路。

4.1.4 陶瓷基片

基片应无裂纹、崩边、变形；表层金属线路应完好无起皮断线；层间过孔应填充完整，无分层气泡。

4.1.5 多余物

密封内腔应无金属碎屑、锡珠、胶粒等异物；器件、芯片不应移位脱落，避免短路、射频性能劣化。

4.1.6 接口

接口技术特性应符合 GB/T 11313.1 的规定。

4.2 工艺控制

4.2.1 组装用的各种元器件在组装前应对其性能按 GJB 2438B—2017 中 C.2 有关规定进行评价。

4.2.2 应按 GJB 2438B—2017 中 C.3 有关规定进行工艺控制。

5 技术要求

5.1 外观

产品表面应无裂纹、气泡、毛刺、明显划痕等缺陷。

5.2 尺寸偏差

产品的尺寸偏差应在设计值的±5%内。

5.3 射频性能

产品的射频性能应符合表 1 的规定。

表 1 射频性能

项目	指标
工作频率范围/GHz	24～28
接收噪声系数/dB	≤4.5
信号增益（接收/发射）/dB	≥24
增益平坦度/dB	≤±2
发射输出功率/dBm	≥27
发射通道效率/%	≥30

5.4 热性能

产品的热性能应符合表 2 的规定。

表 2 热性能

项目	指标
热阻/（℃/W）	5～20
最大工作温度/℃	85
温度灵敏度/（dB/℃）	≤0.2

5.5 可靠性

产品的平均无故障工作时间（MTBF）不应小于 100 000 h。

5.6 环境适应性能

5.6.1 电快速瞬变脉冲群抗扰度

产品按 6.6.1 进行电快速瞬变脉冲群抗扰度试验，试验结束后，复测全部射频性能，应符合表 1 的规定。

5.6.2 耐高温

经耐高温试验后，产品元器件、粘接界面应无热损伤，常温下各项性能应符合 5.3、5.4、5.5 的要求；70 ℃满负荷工作时射频参数应稳定，无功能异常。

5.6.3 耐低温

经耐低温试验后，产品内部结构应无损伤，常温下各项性能应符合 5.3、5.4、5.5 的要求；-40 ℃满负荷工作时射频参数应稳定，无功能异常。

6 试验方法

6.1 外观

自然光线下，目视检查壳体表面质量。

6.2 尺寸偏差

按 GJB 548C—2021 方法 2016 的规定执行。

6.3 射频性能

按附录 A 的规定执行。

6.4 热性能

6.4.1 热阻

按 GB/T 12572 的规定执行。

6.4.2 最大工作温度

按 GB/T 12572 的规定执行。

6.4.3 温度灵敏度

按 GB/T 42972 的规定执行，测试对象为产品接收通道和发射通道的增益温度特性。

6.5 可靠性

按 GJB 899A 的规定执行。

6.6 环境适应性能

6.6.1 抗干扰度

按 GB/T 17626.4 的规定执行，其中试验等级选择第 3 级。

6.6.2 耐高温

按 GJB 150.3A 的规定执行。

6.6.3 耐低温

按 GJB 150.4A 的规定执行。

7 检验规则

7.1 检验分类

分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 产品应经生产厂的质量检验部门进行检验，合格并附有产品合格证后方可出厂。

7.2.2 出厂检验项目为 5.1 要求的外观和表 1 要求的工作频率范围。

7.3 型式检验

7.3.1 有下列情况之一，应进行型式检验：

a) 新产品或老产品转厂生产试制定型鉴定时；
b) 正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；
c) 连续正常生产时，每年不少于 1 次；
d) 产品停产 1 年以上，恢复生产时；
e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
f) 国家或行业质量监督机构认为必要时。

7.3.2 型式检验项目包括第 5 章中所有项目。

7.4 组批

以同一规格、同一工艺、同一原材料连续生产的产品为一批，单批次最大生产数量不超过 500 只。

7.5 抽样

7.5.1 出厂检验抽样每批随机抽取 10 只进行出厂检验；当批量小于 10 只时实施全数检验。

7.5.2 型式检验样品从出厂检验合格产品中随机抽取 5 只作为型式检验样品；当批量不足 5 只时全数抽取。

7.6 判定规则

7.6.1 若出厂检验所检项目全部合格，则判定出厂检验合格；若出现不合格项，则判定出厂检验不合

格，并应进行返工或报废处理。

7.6.2 若型式检验所检项目全部合格，则判定本次型式检验合格，否则判定本次型式检验不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 在产品使用寿命期间内，产品标志 应清晰可见，内容至少包括型号、批号、引脚标识。

8.1.2 产品的外包装标志应符合 GB/T 191 的规定。

8.2 包装

8.2.1 产品的包装应符合 GB/T 3873 的规定。

8.2.2 产品的随机技术文件应包括：

a) 产品合格证明；
b) 产品说明书；
c) 装箱单；
d) 附件清单；
e) 其他相关的技术资料。

8.3 运输

产品运输过程中应整齐码放在盒内。包装盒应为其提供机械支撑和保护，防止外力挤压和划伤，并避免滑落。必要时应采用真空包装。

8.4 贮存

产品宜避免直接暴露在空气中，并保持湿度不大于 10%，温度为 22 ℃～26 ℃；宜采用充氮柜进行贮存。

附 录 A
（规范性）
射频性能试验方法

A.1 测试仪器和工具

A.1.1 测试仪器和工具应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 测试仪器和工具

名称	基本要求	最低数量
矢量网络分析仪	频率范围：24 GHz～28 GHz； 测试端口功率输出调节范围：-40 dBm～+0 dBm； 设置分辨率：0.1 dB	1
噪声分析仪	频率范围:1 GHz～3 GHz； 噪声系数测量范围：0 dB～30 dB； 噪声系数测量不确定度：＜±0.15 dB	1
信号源	频率范围：1GHz～3GHz； 测试端口功率输出调节范围：-40dBm～+15dBm	2
频谱仪	频率范围：1 GHz～3 GHz； 频率精度：＜±0.001 MHz	1
电源	电压调节精度不低于 0.05 V，调节范围至少 0 V～7 V	1
数字万用表	电压精度不低于 0.05 V，电流精度不低于 1 mA	1
馈电器	频率：1 GHz～1.5 GHz；电流：200 mA	1
标准匹配负载	50 Ω标准阻抗，工作频段覆盖 24 GHz～28 GHz	1
夹具、测试电缆及连接器	满足测试要求	若干

A.1.2 表中所列的测试仪器、仪表，应按国家有关计量检定规程或有关标准进行检定，其精度不应低于试验条件允许误差的 1/3，应在使用的有效期内，且均可采用能满足测试条件的其它仪器、仪表代替。

A.2 工作频率范围

A.2.1 测试准备

进行如下准备：

a) 仪器和工具：表 A.1 规定的矢量网络分析仪、测试夹具、测试电缆、馈电器、标准匹配负载；
b) 仪器校准：矢量网络分析仪按规范完成 2 端口开路、短路、负载、直通、隔离全校准；
c) 样品安装：将被测模组固定于测试夹具，闲置射频端口全部接 50 Ω标准匹配负载；
d) 供电预热：电源接入模组供电引脚，通电预热至电流、射频参数无漂移，状态稳定。

A.2.2 测试步骤

测试步骤如下：

a) 矢量网络分析仪设置扫频区间 24 GHz～28 GHz，端口输出功率设置-25 dBm，设置足够扫频采样点数；
b) 启动连续扫频，自动采集 24 GHz～28 GHz 全频段所有频点射频传输参数；
c) 存储完整测试曲线与各频点原始测试数据。

A.2.3 判定

24 GHz～28 GHz 全部采样频点均可采集连续、无中断、无异常跳变的有效射频数据，无信号截止、通道失效现象，判定本项合格；任意一段频点无有效数据则判定不合格。

A.3 信号增益

A.3.1 测试准备

仪器、校准文件、测试夹具、供电预热条件同 A.2.1；单次测试仅接入单一射频通道，另一通道端口接 50 Ω标准匹配负载。

A.3.2 测试步骤

测试步骤如下：

a) 矢量网络分析仪输入功率固定设置-25 dBm，先连接模组接收通道，执行 24 GHz～28 GHz 全频段扫频；
b) 读取并记录接收通道全频段增益最小值；
c) 更换接线，切换至发射通道，仪器参数保持不变，再次执行全频段扫频；
d) 读取并记录发射通道全频段增益最小值。

A.3.3 结果判定

接收通道全频段最小增益不小于 24 dB，且发射通道全频段最小增益不小于 24 dB，两项同时满足判定合格；任一通道最小增益低于 24 dB即判定不合格。

A.4 增益平坦度

A.4.1 测试准备

同 A.3.1，模组保持通电稳定状态。

A.4.2 测试步骤

测试步骤如下：

a) 进行 24 GHz～28 GHz 全频段扫频，读取频段中心频点增益，记为基准值 G1 ；
b) 记录全频段实测最大增益、实测最小增益；
c) 分别计算增益偏差：正向偏差=最大增益-G1 ；负向偏差=最小增益-G1 。

A.4.3 结果判定

正向偏差绝对值不大于 2 dB，同时负向偏差绝对值不大于 2 dB，两项同时满足判定合格；任意一项偏差绝对值超过 2 dB则判定不合格。

A.5 接收噪声系数

A.5.1 测试准备

进行如下准备：

a) 仪器和工具：表 A.1 规定噪声分析仪、馈电器、射频电缆、标准匹配负载；
b) 仪器校准：噪声分析仪切换放大器测试模式，在 24 GHz～28 GHz 频段完成整机空载校准，扣除线缆、馈电器引入的噪声测量误差；
c) 接线搭建噪声专用测试链路，模组通电预热至温度恒定。

A.5.2 测试步骤

测试步骤如下：

a) 设置扫频区间 24 GHz～28 GHz，连续采集每个频点噪声系数数值；
b) 提取 24 GHz～28 GHz 全频段噪声系数最大值作为本次测试结果。

A.5.3 结果判定

全频段噪声系数最大值不大于 4.5 dB 判定合格；最大值大于 4.5 dB 判定不合格。

A.6 发射输出功率

A.6.1 测试准备

进行如下准备：

a） 仪器和工具：表 A.1 规定信号源、频谱仪、直流电源、标准匹配负载、测试电缆；
b） 回路连接：信号源输出接模组射频输入端口，模组射频输出端口接频谱仪，末端串联 50Ω 标准匹配负载；
c） 模组满载通电预热至热稳定，提前标定全部测试线缆插损数值并留存。

A.6.2 测试步骤

测试步骤如下：
a） 信号源初始设置低功率输出，阶梯式缓慢提升输入电平，每次提升功率后等待频谱仪读数稳定再记录；
b） 实时对比信号源输入功率增量与频谱仪输出功率增量；
c） 当输出功率增量相比输入功率增量减小 1 dB 时，停止提升功率，记录频谱仪原始功率读数；
d） 采用预先标定的线缆插损对原始读数进行补偿修正，得到模组真实发射输出功率。

A.6.3 结果判定

经插损修正后，24 GHz～28 GHz全频点发射输出功率不小于 27 dBm判定合格；任意频点修正后功率低于 27 dBm 判定不合格。

A.7 发射通道效率

A.7.1 测试准备

进行如下准备：
a） 设备：直流电源、数字万用表、射频功率计、50Ω 标准匹配负载；
b） 样品预处理：模组发射通道满载通电，持续预热至壳体温度、供电电流不再发生变化；
c） 确定数字万用表、射频功率计均在计量检定有效期内。

A.7.2 测试步骤

测试步骤如下：
a） 直流输入功率测量：数字万用表稳定读取模组供电电压 U、工作电流 I，按式（A.1）计算直流输入功率：

$$P_{DC} = U \times I \quad \text{(A.1)}$$

式中：
P_{DC}——模组直流输入功率，单位为瓦（W）；
U ——模组供电直流电压，单位为伏（V）；
I ——模组工作直流电流，单位为安（A）。
b） 射频输出功率测量：在输出端 50 Ω标准匹配负载处，使用射频功率计测得射频输出功率 P_{RF} ；
c） 按式（A.2）计算发射通道效率：

$$\eta = \frac{P_{RF}}{P_{DC}} \times 100\% \quad \text{(A.2)}$$

式中：
η ——发射通道效率，%；
P_{RF}——射频功率计测得射频输出功率，单位为瓦（W）；
P_{DC}——同式（A.1）。

A.7.3 结果判定

24 GHz～28 GHz全频段实测发射通道效率不小于 30%判定合格；效率小于 30%判定不合格。