

# 团 体 标 准

T/CASAS 023—202X

## 宽禁带半导体封装用烧结银膏技术规范

Technical specification for silver sintering paste of  
wide bandgap semiconductor packaging

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 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 要求.....	3
4.1 外观.....	3
4.2 技术要求.....	3
5 试验方法.....	4
5.1 总则.....	4
5.2 烧结银膏的外观检测方法.....	4
5.3 烧结银膏的固体含量.....	4
5.4 烧结银膏的细度.....	4
5.5 烧结银膏的粘度和触变指数.....	4
5.6 烧结体的体积电阻率.....	4
5.6.1 试样准备.....	4
5.6.2 体积电阻率的计算.....	4
5.7 烧结体的剪切强度.....	5
5.7.1 无压银膏试样准备.....	5
5.7.2 剪切强度的测试.....	5
5.8 烧结体的热导率.....	5
5.8.1 试样准备.....	5
5.8.2 热导率的计算.....	5
5.9 烧结体的杨氏模量.....	5
5.10 烧结体的热膨胀系数.....	5
6 检验规则.....	5
6.1 组批.....	5
6.2 检验项目.....	5
6.3 型式检验.....	6
6.4 出厂检验.....	6
6.5 取样.....	6
6.6 检验结果的判定.....	6

6.7 验收 .....	6
7 标志、包装、运输、贮存、质量说明书 .....	7
7.1 标志 .....	7
7.2 包装 .....	7
7.3 运输 .....	7
7.4 贮存 .....	7
7.5 质量证明书 .....	7
参考文献 .....	8

## 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这些专利的责任。

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。

本文件起草单位：……

本标文件起草人：……

## 引 言

SiC 和 GaN 等宽带隙半导体材料具有带隙宽、临界击穿电压高、热导率高、载流子饱和漂移速度大等特点，其半导体电路或器件在 500℃左右甚至更高温度下仍具有良好的转换特性和工作能力，能有效提高转换效率和工作温度，降低对冷却系统的要求，在航空航天、混合动力装置、高效光伏/风电系统、油气钻探、核电设备等领域 300℃~500℃的高温电路和器件中具有重要的应用价值。然而，SiC 和 GaN 等宽带隙半导体器件的最高允许工作温度不仅取决于半导体材料的性质，还受封装技术的限制，因此解决芯片与基板的耐高温、低成本连接技术和可靠性的问题已经成为当前微电子领域的重要课题。

同时，随着电子电力等技术的进步，器件封装朝着高功率密度、高集成度的方向不断发展。互连层作为功率模块热量传输的关键通道，对实现器件、模块高温可靠应用具有重要影响。目前半导体器件中芯片互连的热界面材料主要为锡基钎料合金，金属锡的熔点为 232℃，常用的无铅软钎料为锡银共晶合金（Sn/Ag）和锡银铜共晶合金（Sn/Ag/Cu）。作为热界面材料使用时，软钎料在共晶熔点温度以上 30~40℃熔化，与界面发生润湿反应。软钎料与芯片以及基板之间的背金层（镀金或者镀银）发生反应，形成金属间化合物，如  $Ag_3Sn$  和  $AuSn_4$  等，使得反应完成后的互接头具有良好的机械性能。但是 Sn/Ag 共晶钎料（熔点为 221℃）和 Sn/Ag/Cu 共晶钎料（熔点为 217℃）的熔点过低，服役温度需低于熔点，适用于现有半导体器件的应用环境，却无法应用于宽禁带半导体的芯片互连中，无法发挥出 SiC 等芯片的高功率密度的优势。

低温烧结银作为一种典型的耐高温封装材料，能够在低温（200℃~300℃）下实现封装互连，并在高温（理论上能达到 700℃）下长时间稳定服役，因此受到了广泛关注。烧结银膏的工艺温度为 180~250℃，通过颗粒间原子扩散形成烧结颈，进而通过体积收缩完成致密化过程形成烧结体，银颗粒与界面间通过互扩散形成冶金连接，从而获得良好的机械性能。烧结后的烧结体具有良好的导热导电性能，高温稳定性好，可以满足 SiC 等功率半导体器件低温连接、高温服役的需求。

希望以此标准的制定，支撑产品的科学评价，服务烧结银膏的新市场发展。

# 宽禁带半导体封装用烧结银膏技术规范

## 1 范围

本文件规定了烧结银膏的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输、贮存及质量说明书。

本文件适用于结温超过 150℃宽禁带半导体器件、模块封装（光电、功率、射频等领域）用烧结银膏；适用于导热系数要求高的 Si 器件、模块封装用烧结银膏。

## 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 4339—2008 金属材料热膨胀特征参数的测定

GB/T 6680—2003 液体化工产品采样通则

GB/T 11378—2005 金属覆盖层 覆盖层厚度测量 轮廓仪法

GB/T 17473.1—2008 微电子技术用贵金属浆料测试方法 固体含量测定

GB/T 17473.2—2008 微电子技术用贵金属浆料测试方法 细度测定

GB/T 17473.5—2008 微电子技术用贵金属浆料测试方法 粘度测定

GB/T 38897—2020 无损检测 弹性模量和泊松比的超声测量方法

GB/T 40007—2021 纳米技术 纳米材料电阻率的接触式测量方法 通则

T/CASAS 018—2021 纳米金属烧结连接件 剪切强度试验方法

T/CASAS 020—2021 纳米金属烧结体热导率试验方法 闪光法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**烧结 sintering**

烧结是通过加热使银膏中的有机相挥发，颗粒间经由物质扩散形成烧结颈，粉体之间产生强度并导致致密化和再结晶的过程。

### 3.2

**烧结银膏 silver sintering paste**

在半导体封装烧结技术中，由纳米、微纳米或微米尺度的金属银粉、有机载体、添加物等组成的膏状烧结材料，适用于印刷、涂敷或点胶工艺，在一定温度下（150℃~300℃）能与芯片、基板等烧结形成致密连接。

[来源：T/CASAS 017—2021，3.3.1.8，有修改]

### 3.3

## T/CASAS 023—202X（征求意见稿）

### 贴片 pick and place

由贴片机把芯片或表面贴装元件从给料区域拾取，经过精密光学镜头定位，然后准确放置在目标（一般为基板）位置的工艺。在烧结工艺中，贴片工艺并不产生烧结键合，而是精确定位和临时粘合。

[来源：T/CASAS 017—2021，3.4.1.5]

## 3.4

### 烧结体 as-sintered part

封装烧结材料在不含被连接件连接基体情况下，单独完成烧结工艺后形成的部件结构。

[来源：T/CASAS 017—2021，3.1.3.5]

## 3.5

### 烧结连接件 as-sintered sample

使用微纳金属烧结材料，通过烧结工艺制备的芯片-基板、基板-底板或基板-热沉等三明治结构连接部件。

[来源：T/CASAS 017—2021，3.1.3.3]

## 3.6

### 固体含量 solid loading

固体粉末在膏体中所占的质量分数。

## 3.7

### 细度 fitness

浆料中最大固体微粒的尺寸。

[来源：GB/T 17472—2008，3.5，有修改]

## 3.8

### 粘度 viscosity

浆料流体内阻碍一层流体与另一层流体作相对运动的特性的度量。

[来源：GB/T 17472—2008，3.8]

## 3.9

### 触变指数 thixotropy-index

低速率时旋转粘度与高速率时旋转粘度之比。

使用旋转粘度计进行试验，测试旋转速率比为1:10，一般推荐采用0.5rpm和5rpm两种转速，结果保留小数点后1位数字。

[来源：HG/T 3737，7.3，有修改]

## 3.10

### 有压烧结 pressure-assisted sintering

在半导体封装烧结过程中，在垂直于芯片粘接面的方向，通过压力装置，向被烧结样品施加适当的机械压力，以促进烧结粘接效果的烧结工艺。

[来源：T/CASAS 017—2021，3.4.2.1]

## 3.11

### 无压烧结 pressureless sintering

在未向烧结样品施加机械压力的条件下进行的半导体封装烧结工艺。

[来源：T/CASAS 017—2021，3.4.2.5]

## 4 要求

### 4.1 外观

烧结银膏一般为黑色、灰黑色或银色的浆状物或膏状物，色泽均匀，无肉眼可见的气泡和颗粒。

### 4.2 技术要求

烧结银膏的技术要求应符合表1的规定。烧结银膏的过程和烧结工艺参数的技术要求应符合表2的规定。烧结体的技术要求应符合表3的规定。

表 1 烧结银膏的技术要求

序号	类型	项目	技术指标
1	烧结银膏	固体含量 (wt%)	60-95
2		细度 ( $\mu\text{m}$ )	0-30
3		粘度 ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ) (@25 $^{\circ}\text{C}$ /5rpm)	1-100
4		触变指数	2-8

表 2 烧结银膏的过程和烧结工艺参数的技术要求

序号	类型	项目	技术指标
1	无压银膏烧结工艺	烧结温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	150-250
2		烧结时间 (min)	10-120
3	有压银膏烘干工艺	烘干温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	60-160
4		烘干时间 (min)	10-60
5	有压银膏贴片工艺	吸嘴温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	120-180
6		基板温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	100-150
7		贴片压力 (MPa)	0.5-5
8		贴片时间 (s)	0.1-5
9	有压银膏烧结工艺	烧结温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	180-300
10		烧结时间 (min)	1-30
11		烧结压力 (MPa)	1-30

表 3 烧结体的技术要求

序号	类型	项目	技术指标
1	无压烧结体	体积电阻率 ( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )	2-20
2		剪切强度 (MPa)	20-100
3		热导率 [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]	50-250
4		杨氏模量 (GPa)	8-30
5		热膨胀系数 (ppm)	15-20
6	有压烧结体	体积电阻率 ( $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ )	2-10
7		剪切强度 (MPa)	30-120
8		热导率 [ $\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ]	100-350
9		杨氏模量 (GPa)	20-70



10		热膨胀系数（ppm）	15-20
----	--	------------	-------

## 5 试验方法

### 5.1 总则

烧结银膏和烧结体各项指标的检测均应在温度15℃~35℃，相对湿度45%~75%，大气压力86 kPa~106 kPa的环境下进行。

### 5.2 烧结银膏的外观检测方法

烧结银膏的外观质量采用目测法进行检测。

### 5.3 烧结银膏的固体含量

烧结银膏的固体含量测定按GB/T 17473.1的规定进行。

### 5.4 烧结银膏的细度

烧结银膏的细度试验按GB/T 17473.2第6条第2款的规定进行。

### 5.5 烧结银膏的粘度和触变指数

烧结银膏的粘度试验按GB/T 17473.5的规定进行。

触变指数为0.5rpm时旋转粘度与5rpm时旋转粘度之比，结果保留小数点后1位数字。

### 5.6 烧结体的体积电阻率

#### 5.6.1 试样准备

将烧结银膏通过丝网印刷的方式，在陶瓷等绝缘平整的基底表面，涂覆直径*D*为10 mm的圆形，厚度*h*为50 μm -200 μm。随后根据银膏供应商推荐的烧结工艺进行烧结，制备成银膏烧结体薄膜试样。

#### 5.6.2 体积电阻率的计算

根据公式（1）计算银膏烧结组织的体积电阻率。

$$\rho = 2 \pi l \frac{U}{I} \cdot F \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\rho$  —— 电阻率，单位为欧姆厘米（Ω·cm）；

$l$  —— 探针间距，单位为厘米（cm）；

$U$  —— 测得的电势差，单位为伏特（V）；

$I$  —— 测得的电流，单位为安培（A）；

$F$  —— 修正系数，根据试样厚度*h*、直径*D*和探针间距*l*，从仪器的修正系数表查询。

银膏烧结薄膜的电阻试验参考GB/T 40007，采用静态四探针的方法进行；银膏烧结薄膜的厚度按GB/T 11378的规定进行。

## 5.7 烧结体的剪切强度

### 5.7.1 无压银膏试样准备

将烧结银膏通过点胶或丝网印刷的方式涂覆在银、铜基板表面，涂覆的烧结银膏面积略大于芯片尺寸，根据银膏供应商提供的烘干和贴片工艺进行烘干和贴片，随后根据银膏供应商推荐的烧结工艺进行烧结，制备成烧结连接件。

### 5.7.2 剪切强度的测试

烧结体剪切强度的测定按T/CASAS 018-2021的规定进行。

## 5.8 烧结体的热导率

### 5.8.1 试样准备

将烧结银膏注入铝合金或不锈钢模具腔体（直径12.7mm）内，在80℃烘箱中保温8 h，除去烧结银膏中多余的溶剂让银膏初步定型，便于后续烧结工艺中进行加压。随后根据银膏供应商推荐的烧结工艺进行烧结。冷却脱模后，用金相磨抛机对银膏烧结体的正反两面进行磨抛，制备成待测试样，推荐试样厚度为2mm左右。所制备的试样表面应平整度误差在厚度的 0.5%以内。为防止影响测试结果，不允许有任何表面缺陷（砂眼、划痕、条纹）。

### 5.8.2 热导率的计算

烧结体热导率的测定按T/CASAS 020—2021的规定进行。

## 5.9 烧结体的杨氏模量

烧结体杨氏模量的测试试样制备方法同5.8.1，采用体波法，按GB/T 38897第7条第5款的规定进行。

## 5.10 烧结体的热膨胀系数

烧结体热膨胀系数的测试试样制备方法同5.8.1，推荐试样直径6mm，厚度2mm，按GB/T 4339第9条第8款的规定进行。

## 6 检验规则

### 6.1 组批

烧结银膏应成批提交验收，生产企业用同一原料、同一生产工艺，连续生产或同一班组生产的烧结银膏为一批，每批产品不超过1吨。

### 6.2 检验项目

烧结银膏的检验分为型式检验和出厂检验。型式检验和出厂检验的检验项目和检验方法见表4。

表 4 检验项目

序号	类型	项目	型式检验	出厂检验	要求	实验方法
1	烧结银膏	外观质量	△	△	4.1	5.2
2		固体含量（wt%）	△	-	4.2	5.3
3		细度（ $\mu\text{m}$ ）	△	△	4.2	5.4
4		粘度（Pa·s）、25℃、5rpm	△	△	4.2	5.5
5		触变指数	△	△	4.2	5.5
6	烧结体	体积电阻率（ $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ）	△	-	4.2	5.6
7		剪切强度（MPa）	△	△	4.2	5.7
8		热导率 [W/(m K)]	△	-	4.2	5.8
9		杨氏模量（GPa）	△	-	4.2	5.9
10		热膨胀系数（ppm）	△	-	4.2	5.10

注：带△为必做项

### 6.3 型式检验

本文件规定的所有要求为型式检验项目。有下列情况之一时，应按表4规定进行型式检验：

- 更新关键生产工艺时；
- 主要原料本身，包括批号、型号、供货厂家等有变更时；
- 正常生产每年进行一次；
- 停产半年或以上，恢复生产时；
- 出厂检验结果与上次型式检验存在较大差异时。

注：所有检验项目均合格，则该型式检验项目为通过。

### 6.4 出厂检验

每批次烧结银膏在出厂之前均应由供方的质量监督检验部门进行检验，保证所有出厂的烧结银膏都符合本标准（或订货合同）的规定，并填写质量证明书。

### 6.5 取样

产品取样方法按GB/T 6680中第7条第3款的规定进行。

### 6.6 检验结果的判定

烧结银膏的外观质量、金属银含量检验结果与本标准（或订货合同）的规定不符时，则该批产品为不合格；其他检验项目的检测结果如有指标不符合本标准（或订货合同）要求时，可从该批产品中另取双倍数量的试样进行不合格项目的重复检验，若检验结果仍不合格，则该批产品为不合格。

### 6.7 验收

需方有权按照本标准的规定对收到的产品进行验收，若检验结果与本文件（或订货合同）的规定不符时，应在收到产品之日起30天内向供方提出，由供需双方协商解决。如需仲裁，可委托双方认可的第三方对有争议的项目进行仲裁，仲裁取样在需方，由供需双方共同进行。

## 7 标志、包装、运输、贮存、质量说明书

### 7.1 标志

检验合格的烧结银膏包装容器上应贴上牢固清晰的标志，注明：

- a) 生产厂名、商标；
- b) 本标准编号；
- c) 产品名称和型号；
- d) 批号；
- e) 净含量；
- f) 生产日期；
- g) 保质期；
- h) 储存条件。

### 7.2 包装

烧结银膏的内包装采用多种包装形式，管装，罐装。每个包装净含量为50g、100g、200g、500g，或与用户协商包装规格，并在合同中注明。内包装需装入密封袋后采用高频封口机封口。外包装为泡沫箱和纸箱，泡沫箱中填充冰袋和其他缓冲材料，泡沫箱用胶带粘贴封口后装入纸箱，内外包装应牢固封闭。

### 7.3 运输

产品在运输过程中应有遮盖物，防雨、防潮、防火，避免撞击和跌落，同时需要低温10℃以下运输。

### 7.4 贮存

烧结银膏应密封贮存于0℃-10℃条件下，保质期为自生产之日起6个月。超出保质期后，应交由专业的废料处理单位进行处置。

### 7.5 质量证明书

每批烧结银膏都应附有质量证明书，注明：

- a) 生产厂名、商标；
- b) 产品名称；
- c) 产品编号；
- d) 产品批号；
- e) 规格；
- f) 净重量或件数
- g) 分析检测结果和产品质量合格标记；
- h) 本文件编号；
- i) 质保书出具日期。

参 考 文 献

- [1] GB/T 17472—2008 微电子技术用贵金属浆料规范
  - [2] HG/T 3737—2018 厌氧胶粘剂
  - [3] T/CASAS 017—2021 第三代半导体 微纳米金属烧结技术 术语
  - [4] 冯洪亮, 黄继华, 陈树海, 赵兴科. 新一代功率芯片耐高温封装连接国内外发展评述[J] 焊接学报, 2016, 37 (1) :120-129.
  - [5] 梅云辉, 鲁鑫焱, 杜昆, 张博雯. 基于低温烧结银的封装互连方法研究进展[J] 机车电传动, 2021, 5: 21-26.
-

