

# 团 体 标 准

T/CASA 017—2021

---

## 第三代半导体 微纳米金属烧结技术 术语

Terminology of micro-nano metallic sintering technology for wide-  
bandgap semiconductor

2021-11-01 发布

2021-12-01 实施

---

## 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
3.1 一般术语.....	1
3.1.1 半导体技术.....	1
3.1.2 半导体封装.....	1
3.1.3 烧结技术.....	2
3.2 烧结原理.....	3
3.2.1 材料原理.....	3
3.2.2 烧结过程原理.....	3
3.3 烧结材料.....	4
3.3.1 烧结连接件.....	4
3.3.2 烧结膏体.....	5
3.3.3 微纳米材料.....	6
3.4 烧结工艺.....	8
3.4.1 烧结前序工艺.....	8
3.4.2 烧结工艺.....	8
3.5 性能与可靠性.....	9
3.5.1 烧结材料性能.....	9
3.5.2 烧结连接件和烧结体性能.....	10
3.5.3 烧结连接件可靠性.....	11
3.5.4 性能和可靠性检测.....	12
参考文献.....	14

## 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：北京半导体照明科技促进中心、南方科技大学、有研粉末新材料股份有限公司、北京康普锡威科技有限公司、上海贺利氏工业技术材料有限公司、国家纳米科学中心、深圳基本半导体有限公司、哈尔滨理工大学、香港应用科技研究院、工业和信息化部电子第五研究所、中国科学院微电子研究所、复旦大学、广东工业大学、西安交通大学、重庆大学、北京第三代半导体产业技术创新战略联盟、BOSCHMAN TECHNOLOGY。

本文件主要起草人：张国旗，叶怀宇、刘旭、张靖、张敬国、赵朝晖、梁明会、唐宏浩、刘洋、谢斌、王可、周斌、刘盼、樊嘉杰、张凯、王来利、田天成、赵璐冰、高伟。

## 引 言

第三代半导体材料是指带隙宽度明显大于第一代半导体（如：硅、锗）、第二代半导体（如：砷化镓、磷化铟）的宽禁带半导体材料，目前产业化以SiC、GaN为主。它具备禁带宽度大、击穿电场高、热导率大、电子饱和漂移速率高、抗辐射能力强等优越性能，第三代半导体器件（光电子器件、功率器件、射频器件）在半导体照明、消费类电子、5G移动通信、新能源汽车、智能电网、轨道交通等领域有广阔的应用前景，有望突破传统半导体技术的瓶颈，与第一代、第二代半导体技术互补，对节能减排、产业转型升级、催生新的经济增长点发挥重要作用，正在成为全球半导体产业新的战略高地。

随着宽禁带半导体器件的出现、日趋成熟及商业化普及，其独特的耐高温性能正在加速推动器件结温从目前的150℃迈向175℃、甚至200℃发展。结温的不断提高对封装互连技术提出了更高要求和新的挑战。近年来，新型微纳米金属烧结互连技术凭借其组分单一、低工艺温度、高服役温度等优点，逐渐成为宽禁带半导体模块封装最重要的连接技术之一。

然而，目前微纳米金属烧结连接技术尚属起步推广阶段，关于微纳米金属烧结材料、烧结工艺、烧结连接件性能和可靠性等关键环节的术语，业内尚无统一标准，这给从业人员的技术交流、产品验证和质量评估造成了一定的困难。因此，有必要根据实际需求，制定术语标准以规范该行业的专业和技术用语，对后续从事该项技术开发的企业单位也有一定的指导价值。

# 第三代半导体微纳米金属烧结技术术语

## 1 范围

本文件规定了第三代半导体器件封装用微纳米金属烧结技术相关术语的定义，具体包括一般术语、烧结原理相关术语、烧结材料相关术语、烧结工艺相关术语、性能测试与可靠性术语。

本文件适用于第三代半导体高温工作芯片与基板的封装，应用于光电子器件、功率器件、射频器件等；适用于器件基板与底板、底板与热沉的连接连接工艺的研发、生产制造及相关领域的从业者。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

### 3.1 一般术语

#### 3.1.1 半导体技术

##### 3.1.1.1

**宽禁带半导体** wide bandgap semiconductor

**第三代半导体** third-generation semiconductor

以Ⅲ族氮化物半导体、SiC、新型氧化物半导体等新型半导体材料及其合金材料组成的半导体材料体系，通常具有比Si、GaAs等传统半导体材料具有更宽的禁带宽度。

注：常用的宽禁带半导体室温禁带宽度：GaN为3.39 eV、AlN为6.2 eV、4H-SiC为3.23 eV、ZnO为3.37 eV、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为4.85 eV、金刚石为5.47 eV。在一些场合，宽禁带半导体也通常称为第三代半导体。

[来源：T/CASA 002—2021，3.1.1.1]

##### 3.1.1.2

**半导体器件** semiconductor device

其基本特性是由在半导体中的载流子流动所决定的器件。

注：该定义包括基本特性仅部分地由于载流子在半导体中流动产生的器件，从规范的角度考虑这些器件仍被认为是半导体器件。

[来源：GB/T 37031—2018，2.1.2]

##### 3.1.1.3

**半导体封装** semiconductor packaging

一种为单个或多个半导体芯片、薄膜元件或其他部件提供电气连接、散热通路以及机械和环境保护的工艺。

#### 3.1.2 半导体封装

##### 3.1.2.1

**芯片连接** die bonding

**芯片粘接** die attachment

使用连接（粘接）材料，将半导体芯片与基板（或引线框架）连接固定以形成物理接触而采用的工艺过程。

[来源：GB/T 14113—1993，3.11，有修改]

##### 3.1.2.2

**系统连接** system bonding

T/CASA 017—2021

**系统粘接** system attachment

使用连接（粘接）材料，将基板（或引线框架）与底板或热沉连接固定以形成物理接触而采用的工艺过程。

3.1.2.3

**热沉连接** heatsink bonding

**热沉粘接** heatsink attachment

使用粘接材料，将基板（或引线框架）与热沉连接固定以形成物理接触而采用的工艺过程。

3.1.2.4

**底板连接** baseplate bonding

**底板粘接** baseplate attachment

使用粘接材料，将基板（或引线框架）与底板连接固定而采用的工艺过程。

3.1.2.5

**引线键合** wire bonding

为了使金属丝引线与芯片上规定金属化区域或基板上规定区域形成欧姆接触而采用的工艺和过程。

[来源：GB/T 14113—1993, 3.10, 有修改]

3.1.2.6

**回流焊** reflow soldering

利用加热将焊接材料融化从而使电子元件特定金属电极与线路板焊盘融合在一起，之后通过冷却将焊接材料凝固从而达到永久接合的工艺和过程。

3.1.2.7

**瞬态液相法** transient liquid phase bonding

利用熔点相差较大的两种金属颗粒混合物作为连接材料，通过对连接区域加热使低熔点金属颗粒熔化，并与固相高熔点金属发生互扩散反应生成金属间化合物相从而形成连接的技术。

3.1.2.8

**烧结工艺** sintering process

微纳米颗粒材料通过加热而形成致密连接的工艺和过程。

注1：此过程中不发生液相转变。

注2：烧结过程可包含压力辅助、气氛辅助或保护等工艺。

3.1.3 烧结技术

3.1.3.1

**芯片烧结** die attachment sintering

使用烧结技术进行的半导体封装过程，实现芯片（主要是功率器件）与基板之间的连接。

3.1.3.2

**系统烧结** system sintering

采用烧结技术进行的半导体封装技术，实现基板（或引线框架）与底板或热沉的连接而采用的工艺过程。

3.1.3.3

**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。

3.1.3.4

**烧结层** sintering layer

**烧结接头** sintering joint/interconnections

被连接件用烧结技术形成的连接接头，通常包括烧结材料金属层和上下被连接件-烧结材料扩散层。

注：该薄层结构厚度范围一般为 10 μm~ 75 μm。

3.1.3.5

**烧结体/件** as-sintered part/compact

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。

## 3.2 烧结原理

### 3.2.1 材料原理

#### 3.2.1.1

##### 纳米尺寸效应 nano-size effect

纳米颗粒的小尺寸所引起的宏观物理性质的变化。

注：具体表现为当纳米材料中的微粒尺寸小到与光波波长或德布罗意波波长、超导态的相干长度等物理特征相当或更小时，颗粒的表面原子比率和表面能急剧增加，纳米金属颗粒表现出的极易扩散特点的行为。

#### 3.2.1.2

##### 表面能 surface energy

恒温、恒压、恒组成情况下，可逆地增加物系表面积须对物质所做的非体积功。

#### 3.2.1.3

##### 比表面积 specific surface area

颗粒的表面积与其质量（或体积）之比。

注1：比表面积的单位为 $\text{m}^2/\text{kg}$ 或 $\text{cm}^2/\text{g}$ 。

注2：比表面积与粒度有一定关系，粒度越细，比表面积越大。但这种关系不一定是正比关系。

[GB/T 16418—2008, 2.2.46, 有修改]

#### 3.2.1.4

##### （软）团聚 agglomeration

使若干单颗粒聚集成为团粒的作用或过程。

#### 3.2.1.5

##### 包覆层 coating layer

为有效防止微纳米金属颗粒团聚和颗粒表面氧化，通过加入添加剂使其与颗粒表面发生化学反应或物理吸附而形成的一层保护结构。

注：烧结过程伴随着包覆层的分解。

### 3.2.2 烧结过程原理

#### 3.2.2.1

##### 扩散 diffusion

物质分子顺着浓度梯度或浓度差异移动的现象。

注1：扩散意指，物质分子由高浓度区域移至低浓度区域，直到分子均匀分布为止。

注2：微纳米金属颗粒烧结的过程中，烧结颈的形成和长大没有颗粒熔化的过程，全部是通过物质扩散来完成的；

注3：金属微纳米颗粒在烧结中存在多种扩散机制；在相对较低的温度下，主要为表面扩散；在相对较高的温度下，体积扩散是主要机制。

#### 3.2.2.2

##### 表面扩散 surface diffusion

颗粒表面层原子向颈部扩散。

#### 3.2.2.3

##### 体积扩散 volume or lattice diffusion

借助于空位运动，原子等向颈部迁移。

#### 3.2.2.4

##### 晶界扩散 grain boundary diffusion

利用晶界为快速扩散通道，原子沿晶界向颈部迁移。

#### 3.2.2.5

##### 蒸发-凝聚 evaporation-condensation

颗粒表面层原子向空间蒸发，借助蒸汽压差通过气相向颈部空间扩散，沉积在颈部的机制。

#### 3.2.2.6

##### 烧结颈 sintering neck

烧结时，两相邻颗粒间相互接触并不断长大的区域。

注：微纳米颗粒尺寸越小，形成烧结颈的温度越低。随着烧结颈的形成和长大，大量微纳米金属颗粒烧结成一个整体，实现互联。

3.2.2.7

**收缩 shrinkage**

烧结体长度或体积减小的现象。

3.2.2.8

**致密化 densification**

烧结体内部孔隙总体积减少、颗粒间距缩短、烧结体积收缩、密度增大的烧结现象。

3.2.2.9

**粗化 coarsening**

由于微纳米金属颗粒间物质传输导致的大颗粒的生长和小颗粒的消失现象。

3.2.2.10

**微孔隙 pores**

烧结过程中在烧结层内形成的相互贯通的微孔。

3.2.2.11

**空洞 voids**

烧结连接件内部界面处形成的封闭缺陷区域。

注：该缺陷使得下部材料暴露可见。

3.2.2.12

**电迁移效应 electromigration**

**EM**

在温度和电场同时作用下，金属材料的离子通过导电介质的质量输运，而导致某些部位产生空洞或晶须的现象。

3.2.2.13

**残余热应力 residue thermal stress**

烧结结束后，因材料热膨胀系数不同，烧结层随空气自然冷却时，产生热弯曲的内应力。

3.3 烧结材料

3.3.1 烧结连接件

3.3.1.1

**基板 substrate**

半导体封装中用来进行芯片粘接的基体。可为芯片提供电气互连、机械保护和支撑、散热通路。

3.3.1.2

**底板 baseplate**

半导体封装中用来进行基板粘接的基体，可为基板和芯片提供散热通路。

3.3.1.3

**引线框架 leadframe**

半导体封装中用来进行芯片粘接的一种基体；主要由两部分组成：芯片焊盘和引脚。其中芯片焊盘在封装过程中为芯片提供机械支撑，而引脚则是连接芯片到封装外的电学通路。

3.3.1.4

**热沉 heatsink**

半导体封装中的热传导部件，用于半导体芯片的散热。

3.3.1.5

**微纳米烧结材料 nano-micro sintering material**

半导体封装烧结技术中，具备微纳尺度的芯片粘接材料或系统粘接材料；可通过印刷、涂敷、点胶、转膜等工艺施加在芯片底面或基板、底板、热沉表面；一般由金属、无机物、有机物单体或其混合物构成。

3.3.1.6

**芯片烧结材料 sintering material for die attachment**

用于芯片烧结的半导体烧结材料。其形态包括但不限于浆状物、膏状物、油墨状、薄膜状等，可通过印刷、涂敷、点胶、转膜等工艺施加在芯片底面或基板表面。



## 3.3.1.7

**系统烧结材料** system sintering material

用于系统烧结的粘接材料。其形态包括但不限于浆状物、膏状物、薄膜状等，可通过印刷、涂敷、点胶、转膜等工艺施加在基板、底板或热沉表面。

## 3.3.1.8

**烧结(金属)膏体** (metallic) 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粉末、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。

## 3.3.1.9

**烧结膜** sintered film

膜状的大尺寸烧结材料。

## 3.3.1.10

**烧结型预制片** sintering preform

为适应特定的接头结构而设计的固态片状烧结材料。尺寸和外形可定制。

## 3.3.1.11

**烧结层厚度** sintering thickness

烧结完成后形成的烧结连接层的厚度。

## 3.3.1.12

**烧结面积** sintering area

烧结层连接在被烧结基材/基板面的有效面积。

## 3.3.2 烧结膏体

## 3.3.2.1

**颗粒** particle

粒子有明确物理边界的微小物质。

注1：物理边界也可以描述为边缘。

注2：颗粒可以作为一个整体移动。

注3：普通颗粒定义适用于纳米对象。

## 3.3.2.2

**粉末** powder

是颗粒与颗粒间的空隙所组成的集合体。

## 3.3.2.3

**团聚体** agglomerate**附聚体** agglomerate

弱束缚颗粒的堆积体、聚集体或二者的混合物，其外表面积与其单个颗粒的表面积之和相近。再分散比较容易。

注1：支撑团聚体的作用力都是弱力，如范德华力或简单的物理缠结。

注2：团聚体也被称为次级颗粒，而源颗粒则被称为初级颗粒。

## 3.3.2.4

**聚集体** aggregate**凝聚体** aggregate

强束缚或融合在一起的颗粒构成的新颗粒，其外表面积可能显著小于其单个颗粒表面积之和。再分散比较困难。

注1：支撑聚集体的力都是强作用力，如共价键或源于烧结或复杂的物理缠结。

注2：聚集体也被称为次级颗粒，而源颗粒则被称为初级颗粒。

## 3.3.2.5

**絮凝** flocculation

由于体系表面积的增加，表面能增大，为了降低表面能而生成更加松散的结构。在这种结构中，粒子间的距离比凝聚体或附聚体大得多。

## 3.3.2.6

**分散体系** dispersed system

## T/CASA 017—2021

一种或几种物质以一定分散度分散在另一种物质中形成的体系；胶体分散体系：当分散质在某个方向上的线度介于1~100纳米时，这种分散体系成为胶体分散体系。

### 3.3.2.7

**烧结银膏 silver sintering paste**

金属成分是银的烧结膏体。

### 3.3.2.8

**烧结铜膏 copper sintering paste**

金属成分是铜的烧结膏体。

### 3.3.2.9

**载体 vehicle**

烧结膏体的主要非金属成分，包括溶剂（挥发成分）、增稠剂、流动性控制剂、表面活性剂等组分，每种组分由一种或数种材料组成，使金属粉分散并形成膏状。

### 3.3.2.10

**分散剂 dispersant**

烧结膏体中，促使物料颗粒均匀分散于介质中，形成稳定悬浮体的助剂。

### 3.3.2.11

**树脂 resin**

为调整烧结膏体粘度、并为防止在处理和烧结过程中收缩、开裂的有机物。

注1：树脂也作粘结剂多为高分子有机物，分解温度较高；在膏体加热过程中，不随溶剂的挥发而消失。

### 3.3.2.12

**溶剂 solvent**

作为承载微纳米金属颗粒，对烧结膏体粘度和流动性发挥主要调节作用的有机物。

### 3.3.2.13

**固体含量 solid loading**

固体粉末在膏体中所占的质量分数。

### 3.3.2.14

**润湿性 wettability**

两种物相之间相互浸润和附着的能力。

### 3.3.2.15

**超声波震荡 ultrasonic vibration**

在烧结膏体制备时，用超声得到颗粒分布均匀一致焊膏产品的一种工艺手段。

### 3.3.2.16

**搅拌 stirring**

在制备烧结膏体时，为得到颗粒分布均匀一致焊膏产品，以工具在其中转动的工艺手段。

## 3.3.3 微纳米材料

### 3.3.3.1

**溶胶-凝胶法 sol-gel method**

将金属醇盐或无机盐经水解直接形成溶胶或经解凝形成溶胶，然后使溶质聚合凝胶化，再将凝胶干燥、焙烧去除有机成分，最后得到无机材料。

### 3.3.3.2

**初级粒子 primary particle**

团聚体或/和聚集体的原始颗粒。

注1：自然状态下的团聚体或聚集体的混合颗粒可能是初级颗粒，但通常混合颗粒是聚集体。

注2：团聚体和聚集体通常定义为次级颗粒。

### 3.3.3.3

**粒度 particle size(scale)**

特定测量方法和测量条件下测定颗粒得到的长度。

注1：不同的粒度分析方法基于不同物理特性的测定，但粒度结果不表现为实际测量的物理特性值，而使用长度，如等效球直径。

注2：粒度也可以基于筛孔径或统计直径，如使用图像分析法时的费雷特直径。

注3: GB/T 15445.1—2008中, 符号  $x$  用于表述粒度, 但同时指出符号  $d$  也广泛应用于表述粒度, 因此符号  $x$  可能被符号  $d$  代替。

[来源: GB/T 15676—1995, 6.35, 有修改]

### 3.3.3.4

**等效直径** equivalent diameter

待测颗粒通过某种颗粒尺寸测量仪器按球形颗粒处理得到的直径。比如, 对光散射方法等分立颗粒计算的仪器, 用对应等效光学直径。

### 3.3.3.5

**粒度分布** particle size distribution

不同粒度级的颗粒在物料中所占的百分比。

[来源: GB/T 16418—2008, 2.2.1.2]

### 3.3.3.6

**粒度D50** size distribution D50

一个样品的累计粒度分布百分数达到50%时所对应的粒径。它的物理意义是粒径大于它的颗粒占50%, 小于它的颗粒也占50%, D50也叫中位径或中值粒径。D50常用来表示粉体的平均粒度。

### 3.3.3.7

**粒度D90** size distribution D90

一个样品的累计粒度分布百分数达到90%时所对应的粒径。它的物理意义是粒径小于它的颗粒占90%。D90常用来表示粉体粗端的粒度指标。

### 3.3.3.8

**纳米尺度** nanoscale

处于1 nm~100 nm之间的尺度范围。

注1: 本尺寸范围通常、但非专有的表现出不能由较大尺寸外推得到的特性。对于这些特性来说, 尺度上、下限值是近似的。

注2: 本定义中引入下限(约1 nm)是为了避免将单个原子或原子团簇认为是纳米物体或者纳米结构单元。

[来源: GB/T 32269—2015, 2.1]

### 3.3.3.9

**亚微米尺度** submicron scale

处于100 nm~1.0  $\mu\text{m}$ 的尺度范围。

### 3.3.3.10

**微米尺度** micron scale

处于1.0  $\mu\text{m}$ ~100  $\mu\text{m}$ 的尺度范围。

### 3.3.3.11

**微纳米尺度** micro-nano scale

处于20nm~20  $\mu\text{m}$ 之间的尺度范围。

### 3.3.3.12

**纳米颗粒** nanoparticle

三个维度的外部尺寸都在纳米尺度的纳米物体。

注: 如果纳米物体最长轴和最短轴的长度差别显著(大于3)时, 应当用纳米棒和纳米片来表示纳米颗粒。

[来源: GB/T 32269—2015, 4.1]

### 3.3.3.13

**纳米片** nano flake

一个维度外部尺寸在纳米尺度, 其他两个维度外部尺度明显大于最小尺寸的纳米物体。

注1: 最小的外部尺寸是纳米片的厚度。

注2: 明显大于是指大于3倍。

注3: 较大的外部尺寸不必在纳米尺度。

[来源: GB/T 32269—2015, 4.2]

### 3.3.3.14

**亚微米颗粒** submicron particle

三个维度的外部尺寸都在亚微米尺度的物体。

### 3.3.3.15

T/CASA 017—2021

**微米材料** micron material

三个维度的外部尺寸都在微米尺度的物体。

3.3.3.16

**微纳米颗粒** micro-nano particle

三个维度的外部尺寸都在微纳米尺度的物体。

3.3.3.17

**封装用微米材料** micro material for packaging

可在半导体封装工艺中实现低温烧结的微米材料，并在封装过程中能够与基板和芯片之间形成连接烧结层。

3.3.3.18

**封装用微纳米烧结颗粒** micro-nano sintering particle for packaging

可在半导体封装工艺中实现低温烧结的纳米颗粒，并在封装过程中能够与基板和芯片之间形成连接烧结层。

3.3.3.19

**封装用纳米片** nano flake for packaging

可在半导体封装工艺中实现低温烧结的纳米片，并在封装过程中能够与基板和芯片之间形成连接烧结层。

3.3.3.20

**纳米颗粒制备** preparation of nanoparticles

将块状金属制作成微纳米粉末的工艺过程，包括物理方法（离子溅射、高压水雾化和蒸镀等）和化学还原法。

## 3.4 烧结工艺

### 3.4.1 烧结前序工艺

3.4.1.1

**回温静置** thawing

将烧结膏体从储存环境取出，放置在室温环境中，直到膏体内温度恢复室温的过程。

3.4.1.2

**点胶** dispense

把特定量的电子胶水、油或者其他液体涂抹、点滴到基板上的技术。

3.4.1.3

**丝网印刷** screen printing

利用丝网镂孔板和膏体，经刮印在基板、底板或热沉上得到图形的方法。

3.4.1.4

**钢网印刷** stencil printing

利用钢制镂孔板和膏体，经刮印在基板、底板或热沉上得到图形的方法。

3.4.1.5

**贴片（贴装）** 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。

3.4.1.6

**转膜** film transfer

一种将烧结薄膜从基材上转移至芯片底部的工艺过程，通常需要在一定温度和压力条件下进行。

3.4.1.7

**干燥** dry

**烘烤** dry

在完成烧结膏体在基板上的印刷或点胶后，在特定温度和气氛的烘箱中将膏体中的易挥发物质除去。烘干后的烧结材料变成不具有流动性的干膜。

### 3.4.2 烧结工艺

## 3.4.2.1

**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。

## 3.4.2.2

**有压烧结设备** sintering press

一种提供烧结所需的所有工艺条件的专用设备。关键工艺条件一般包括：烧结压力、烧结温度、烧结时间、烧结气氛控制。

## 3.4.2.3

**双面烧结** double-side sintering

芯片上下表面均使用烧结实现连接的封装技术。

## 3.4.2.4

**双面压接** double-side pressure assisted sintering

芯片上下表面均使用有压烧结实现连接的封装技术。

## 3.4.2.5

**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。

## 3.4.2.6

**烧结温度** sintering temperature

施加到烧结材料上的最高温度。

## 3.4.2.7

**保温时间** dwell time

样品在烧结温度下停留的时间。

## 3.4.2.8

**烧结压力** sintering pressure

在有压烧结过程中，通过烧结设备压力装置施加在烧结材料上的最大机械压力。

## 3.4.2.9

**烧结气氛** sintering atmosphere

烧结工艺过程中样品所处环境的气氛。

## 3.4.2.10

**氧气含量** oxygen content

烧结气氛中氧气的体积浓度。

单位通常是ppm，百万分之体积。

## 3.5 性能与可靠性

## 3.5.1 烧结材料性能

## 3.5.1.1

**膏体存储** paste storage

烧结膏体在使用前为防止变质、保持可操作性和烧结性能的存放过程。

## 3.5.1.2

**膏体可操作性** paste workability

烧结膏体的粘性、触变性、稳定性等物理特性集合，反映了膏体的可印刷、点胶性能。

## 3.5.1.3

**粘性** viscosity

流体流动力对其内部摩擦现象的一种表示。粘度是流体粘（滞）性的一种量度。

注：液体在流动时，在其分子间产生内摩擦的性质，称为液体的粘性，粘性的大小用粘度表示，是用来表征液体性质相关的阻力因子。

## 3.5.1.4

**膏体失效** paste failure

烧结膏体因发生氧化、分层或变质等现象而导致膏体可操作性和烧结性能明显降低的现象。

3.5.1.5

**储存寿命 shelf life**

烧结材料失效前可以存放的时间。

3.5.1.6

**膏体氧化 paste oxidation**

烧结膏体内金属粉末、有机载体或添加物因暴露在空气中与氧气发生反应,产生不可逆失效的现象。

注:膏体氧化可能导致可操作性和烧结性能明显降低。

3.5.1.7

**工艺操作寿命 workability life**

烧结膏体回温到室温后至完成烧结之前,膏体能够保持可操作性和烧结性能的时长。

3.5.1.8

**膏体贴片寿命 paste open time**

烧结膏体被印刷/点胶工艺施加在基板上之后,能够保存到贴片工艺之前的时间间隔。

3.5.1.9

**干燥后有效时间 staging time**

烧结膏体在烘烤后,到应用的时间间隔。

3.5.2 烧结连接件和烧结体性能

3.5.2.1

**服役温度 service temperature/working temperature**

封装器件可以长时间保持电气特性,而不产生失效的工作温度。

3.5.2.2

**剪切强度 shear strength**

烧结件试样剪切断裂前所承受的最大切应力。

[来源:GB/T 34558—2017,3.6.1.6]

3.5.2.3

**烧结层热导率 thermal conductivity of sintering layer**

在传热条件下,相距单位长度的两平面温度相差为一个单位(K)时,在单位时间内通过单位面积传递的热量。

3.5.2.4

**烧结层电阻率 electrical resistivity of sintering layer**

表示烧结层电阻特性的物理量,是烧结材料本征特性,它反映物质对电流阻碍作用的属性,它与物质的种类有关,还受温度影响。

3.5.2.5

**外壳温度 case temperature**

$T_c$

在内部装有微电路芯片的封装壳体上规定参考点处的温度。

3.5.2.6

**安装表面温度 mounting surface temperature**

$T_M$

器件与散热器安装界面(或主要散热表面)上规定点的温度。

3.5.2.7

**结温 junction temperature**

$T_J$

器件中主要发热部分的半导体结的温度。

[来源:GB/T 14113—1993, 5.34]

3.5.2.8

**热阻(结到规定参考点) thermal resistance**

$R_{th(J-R)}$

结至封装壳体上参考点的温差与功耗( $P_D$ )之比。

- 3.5.2.9  
**功耗** power dissipation  
 $P_D$   
 单个半导体结消耗的功率，或整个封装器件消耗的功率 $P_{D(封装)}$ 。
- 3.5.2.10  
**孔隙率** porosity  
 烧结层中，除设定功能材料以外的体积，占烧结层总体积的百分比。
- 3.5.2.11  
**弹性模量** young's modulus  
 烧结体轴向拉应力(或压应力)与轴向应变成线性比例关系范围内的轴向拉应力与轴向应变的比值。
- 3.5.2.12  
**屈服强度** yield strength  
 当烧结体呈现屈服现象时，在试验器件发生塑性变形而力不增加时的应力。
- 3.5.2.13  
**拉伸强度** tensile strength  
 烧结体试样在拉断前承受的最大应力。
- 3.5.2.14  
**机械强度** mechanical strength  
 机械强度指材料受外力作用时，其单位面积上所能承受的最大负荷。一般用抗弯(抗折)强度、抗拉(抗张)强度、抗压强度、抗冲击强度等来表示。
- 3.5.2.15  
**热膨胀系数** coefficient of thermal conductivity  
 在一定温度范围内，单位温度下烧结体相对伸长量的平均值。
- 3.5.2.16  
**泊松比** poisson's ratio  
 烧结体低于材料比例极限的轴向应力所产生的横向应变与在相应轴向应变的负比值。
- 3.5.3 烧结连接件可靠性
- 3.5.3.1  
**失效** failure  
 因封装缺陷生成而导致封装和器件性能明显降低的现象。  
 注1：封装缺陷一般由过应力或磨损导致。过应力失效往往是瞬时的、灾难性的；磨损失效是长期的累积损坏，往往首先表示为性能退化，接着才是器件失效。  
 注2：失效的负载类型又可以分为机械、热、电气、辐射和化学负载等。  
 注3：失效类型一般包括分层、空洞、翘曲等。
- 3.5.3.2  
**分层** delamination  
 烧结层不同材料界面之间的分离。
- 3.5.3.3  
**裂纹** crack  
 材料在应力或环境作用下产生的裂隙。  
 [来源：GB/T 14264—2009, 3.43, 有修改]
- 3.5.3.4  
**温度循环测试** thermal cycling test  
 TCT  
 为了评估封装器件在较短时间内对极端高温和极端低温的承受能力的环境加速试验。通过该测试可以了解材料因热失配导致热胀冷缩应力引起内部失效的抵抗能力。  
 温度循环主要反映芯片-基板连接、基板-底板连接、基板-热沉连接等的可靠性。
- 3.5.3.5  
**功率循环** power cycling

PC

是通过控制电路让芯片间歇流过特点电流产生间隙发热功率，从而使芯片温度产生波动变化的加速试验。

功率循环主要反映引线键合-芯片连接、芯片-基板连接层的可靠性。

3.5.3.6

高温存储实验 high temperature storage

HTS

为了评估器件长时间存储在高温无偏压条件下的工作和贮存性能。

3.5.3.7

耐腐蚀性 corrosion resistance

材料抵抗周围介质腐蚀破坏作用的能力。

3.5.3.8

热失配 thermal mismatch

相邻材料具有较大热膨胀系数差异的现象。

3.5.3.9

热应力 thermal stress

在接头形成过程中或器件服役过程中，因材料热失配而导致的在连接材料和被连接材料接触界面上产生的界面应力。

3.5.4 性能和可靠性检测

3.5.4.1

激光粒度仪 laser particle analyzer

通过颗粒的衍射或散射光的空间分布（散射谱）来分析颗粒大小的仪器。

注：采用Furanhofer衍射及Mie散射理论，测试过程不受温度变化、介质黏度，试样密度及表面状态等诸多因素的影响，只要将待测样品均匀地展现于激光束中，即可获得准确的测试结果。

3.5.4.2

推力试验机 shear tester

用于连接件剪切强度测试的特定仪器。

3.5.4.3

四探针电阻率测试仪 four point probe resistivity tester

用于烧结体电阻率测试测试的特定仪器和配套探针台组件。

3.5.4.4

热扩散系数测试仪 thermal diffusion coefficient tester

用于微烧结体热扩散系数测试的特定仪器和配套组件。

3.5.4.5

冷镶嵌 cold mounting

为使得试样在机械处理和测试时易于拿持、操作和观察，使用特定模具将样品镶嵌入特定树脂中的技术。

3.5.4.6

扫描声学显微镜 SAM scanning acoustic microscope

一种观测材料空洞、分层、剥离的无损检测方法。

注：其原理是超声波在介质中传播时，若遇到不同密度或弹性系数的物质，会产生反射回波，其反射信号的强度因材料密度不同而有所变化。通过计算机解析，在有空洞、裂纹、不良粘接和分层剥离的位置可产生高的衬度信号，从而从背景信号中分离显示出来。

3.5.4.7

X射线衍射仪 X-Ray Diffractometer

利用X射线衍射原理，精确测定物质的晶体结构，织构及应力，精确的进行物相分析、定性分析、定量分析的仪器。

3.5.4.8

扫描电子显微镜 scanning electron microscope



**SEM**

一种利用极窄的电子束扫描，对材料表面形貌放大观察、并进行半定量分析的仪器。

其分辨率可以达到1nm；放大倍数可以达到30万倍及以上。

其原理是利用细聚焦的电子束轰击样品表面，通过电子与样品相互作用产生的二次电子、背散射电子等对样品表面或断口形貌进行放大观察和分析。

**3.5.4.9****透射电子显微镜 transmission electron microscope****TEM**

一种利用电子束透射，对薄膜材料表面形貌放大观察、并进行半定量分析的仪器。其分辨率可以达到0.1~0.2 nm，放大倍数为几万~百万倍。

其原理是把经加速和聚集的电子束投射到非常薄的样品上，电子与样品中的原子碰撞而改变方向，从而产生立体角散射。散射角的大小与样品的密度、厚度相关，因此可以形成明暗不同的影像，影像将在放大、聚焦后在成像器件（如荧光屏、胶片、以及感光耦合组件）上显示出来。

参 考 文 献

- [1] GB/T 14113-1993 半导体集成电路封装术语
- [2] GB/T 17472-2008 微电子技术用贵金属浆料规范
- [3] GB/T 22315-2008 金属材料弹性模量和泊松比实验方法
- [4] GB/T 32269-2015 纳米科技 纳米物体的术语和定义 纳米颗粒、纳米纤维和纳米片
- [5] GB/T 34558-2017 金属基复合材料术语
- [6] GB/T 39630-2020 纳米银胶体溶液
- [7] SJ/T 11518-2015 表面贴装技术印刷模板
- [8] YS/T 603-2006 烧结型银导体浆料
- [9] YS/T 605-2006 介质浆料
- [10] YS/T 606-2006 固化型银导体浆料
- [11] T/CASA 002-2021 宽禁带半导体术语
- [12] JESD 99C-2012 Terms, Definitions, and Letter Symbols for Microelectronic Devices

