



# 多层陶瓷外壳设计与使用中的几个问题

汤纪南

(江苏省宜兴电子器件总厂, 江苏 宜兴 214221)

**摘要:** 本文叙述了多层陶瓷外壳的基本工艺和设计, 主要原材料的选用以及在科研和生产过程中的一些问题。

**关键词:** 多层陶瓷外壳; 设计; 封装; 工艺

**中图分类号:** TN305.93      **文献标识码:** A

## Design of Multilayer Ceramic Packages and Its Some Questions in the Application

TANG Ji-nang

(Yixing Electronic Devices General Factory, Yixing Jiangsu, 214221, China)

**Abstract:** This article describes essential process and design of multilayer ceramic packages, selecting of major original materials, and its some questions in the research, and production.

**Keywords:** Multilayer ceramic packages; Design; Packaging; Process

### 1 前言

多层陶瓷外壳由于其优良的性能, 被广泛应用于大、中、小规模 and 超大规模集成电路的封装, 并被应用于混合集成电路、光电器件、声表面波器件、霍尔器件、晶体振荡器和固体继电器等特种器件的封装。由于这类外壳的可靠性好而被广泛应用于航空、航天和军事电子装备中。

其次, 由于采用多层陶瓷工艺生产的表面贴装型外壳适合于大批量生产, 其性能价格比较好, 因此被广泛应用于民用通讯等领域。

另外, 很多集成电路设计公司在完成芯片设计和芯片小批量代工生产后, 希望尽快验证芯片设计,

而采用塑料封装的成本高(例如: 要加工塑料引线框架和包封模), 均采用多层陶瓷外壳封装进行设计验证。

因此, 这就带来了器件生产商如何合理设计和使用多层陶瓷外壳的问题。本文就这两个问题进行探讨。

### 2 多层陶瓷外壳的基本工艺

多层陶瓷外壳一般先将陶瓷粉料加上有机粘结剂和溶剂通过轧膜、挤膜或流延的方式制成一定厚度的陶瓷生膜片, 通过印刷金属浆料布线、模具或打孔机成型、叠片、层压成一个生陶瓷件后, 通过排除粘结剂, 烧结成陶瓷基体, 再在陶瓷基体上钎

收稿日期: 2003-03-31

焊上金属零件,再电解镀镍和镀金后,进行检验和试验后交付用户使用。

在这里特别要指出的是,陶瓷基体的外形尺寸(包括内腔尺寸在内)的控制,是通过控制陶瓷生膜片的收缩系数来实现的。因此,其尺寸精度不能用机械加工的精度来要求,否则陶瓷外壳生产商将无法实现。一般陶瓷基体外形尺寸的精度是按照GB4069的6级精度,金属部分按GB/T1804中f规定,形状和位置公差按GB/T1184的规定。目前,陶瓷生膜片的成型均采用流延法成型,因其收缩系数容易控制,因此外形尺寸精度控制较好,而轧膜法和挤膜法成型已基本淘汰。

### 3 多层陶瓷外壳原材料的选用

#### 3.1 多层陶瓷用陶瓷材料

多层陶瓷用陶瓷材料通常分为高温陶瓷材料(HTCC)和低温陶瓷材料(LTCC)两类:

高温陶瓷材料(HTCC):通常采用氧化铝材料,因为氧化铝具有高机械强度和良好的绝缘性能。由于氧化铝含量不同,通常采用90%氧化铝陶瓷(如KYOCERA A440)、92%氧化铝陶瓷(如宜兴厂引进配方)、96%氧化铝陶瓷(如KYOCERA A476)等。宜兴厂和闽航厂均为92%氧化铝陶瓷。

低温陶瓷材料(LTCC):低温陶瓷材料通常采用玻璃陶瓷,如杜邦公司、FERRO公司的低温陶瓷材料。

#### 3.2 印刷用浆料

高温陶瓷的金属化浆料通常采用钨浆(W),也有采用钼-锰浆(Mo-Mn)作为金属化布线的材料;为了确保钎焊金属零件如外引线、封接环的强度,特别是钎焊封接环后满足平行缝焊的工艺要求,以提高金属化强度,采用在钨基浆料中添加添加剂的做法,增加金属化层与陶瓷的结合力。

低温陶瓷的金属化布线材料通常采用铜(Cu)浆,因其价格低廉,可大大降低成本。但是在某些场合,例如:为了适应某些高价位产品的特殊需要,例如:键合的要求,也有采用金浆(Au)、金-铂(Au-Pt)浆和银-钯(Ag-Pa)浆的。

高温陶瓷有时为了某些需要,也采用陶瓷粉料配制的绝缘浆,低温陶瓷为了将电阻、电容和电感做在一起,需要采用电阻浆和介质浆等。

#### 3.3 金属零件材料

引线框架和封接环材料,一般采用4J42(国外牌号42合金)或4J29带材,前者为铁-镍合金(Fe-Ni42),其膨胀系数与陶瓷匹配,其价格也较后者低,陶瓷外壳大多采用此种材料;后者为铁-镍-钴合金(Fe-Ni29-Co17),其膨胀系数与玻璃匹配,为玻封合金,陶瓷外壳有时也采用。

热沉材料:一些功率器件要求外壳导热散热性能好,因此,作为陶瓷外壳散热片用的热沉材料,通常均采用热膨胀系数与陶瓷材料相近的钨-铜和钼-铜材料。由于钼-铜材料加工性能好,可以做薄,而且可以冲压加工,因此,常用于扁平外壳的热沉;而钨-铜材料必须采用粉末冶金工艺成型,一般均较厚,因此用于外形尺寸较大的陶瓷外壳的热沉。

钎焊料通常采用银-铜焊料(Ag72/Cu28),其熔点为779℃,钎焊温度为850~900℃。

## 4 多层陶瓷外壳的设计

### 4.1 结构设计

由于多层陶瓷外壳不仅用于集成电路封装,还用于光电器件、声表面波器件、混合集成电路、固态继电器、霍尔器件、晶体振荡器和用于表面贴装的多层布线陶瓷基板等。各种器件对外壳(包括多层布线陶瓷基板)的封装要求不尽相同,因此,器件厂商在外壳设计时应根据各自器件的特点,对外壳的结构设计提出要求:

①外形尺寸和内腔尺寸;②外引线形状、数量、间距、引出位置等;③内腔深度、芯片粘结方式、衬底是否需要金属化镀金;④内引线键合点的设置;⑤器件耗散功率情况,是否需要加装散热片;⑥机械强度设计要求,一般来说,外壳的机械强度取决于底层瓷片的厚度,在不影响器件外形尺寸的前提下,底层瓷片有足够的厚度,以确保器件在机械试验过程中不产生失效;⑦封盖方式,是否需要加装封接环。

这里特别需要提出的是,外形和内腔尺寸的精度要求不能等同于金加工的精度,因为陶瓷在烧结过程中要产生收缩,外壳生产商在设计时是根据器件的外形尺寸乘以放尺系数设计生陶瓷件的,其精度只能达到GB4069的6级精度。

### 4.2 布线设计

器件生产商在进行多层陶瓷外壳(包括多层布

表1 多层陶瓷外壳陶瓷材料性能一览表

性能		材料牌号			
		A440	A473	A92	A6-M
生产商		KYOCERA	KYOCERA	宜兴厂	FERRO
主要成份	氧化铝 (%)	90	92	92	/
颜色		黑色	白色	黑色	/
比重	克/cm <sup>3</sup>	3.6	3.6	3.68	2.5
抗弯强度	kg/cm <sup>2</sup>	2800	3200	4300	2100
绝缘强度	KV/mm	10	10	31.1	/
介电常数	1MHz	/	9.5	9.4	5.9
体积电阻	$\Omega \cdot \text{cm}$ (20℃)	10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>	> 10 <sup>14</sup>
膨胀系数	1/℃ × 10 <sup>-6</sup> (40~800℃)	9.8	7.7	7.2	/
导热系数	W/M.K (20℃)	16.7	16.7	17.7	2
烧结温度	℃	1500	1500	1645	850

表2 多层陶瓷外壳常用金属材料主要性能一览表

性能		材料牌号				
		4J29 (可伐)	4J42 (ALLOY42)	Cu/W合金	Cu/W合金	钼铜合金 R750
生产商		HITACHI (日)	HITACHI (日)	POLESE (美)	中南工大	PLANSEE (奥)
主要成份	(%)	Fe54.Ni29.Co17	Fe58.Ni42	Cu13.W87	W85.Cu15	Mo70.Cu30
比重	克/cm <sup>3</sup>	8.3	8.2	16.5	16.3	9.7
膨胀系数	1/℃ × 10 <sup>-6</sup> (20~500℃)	5.7~6.2	7.5~8.5	6.8	6.3~7.0	7.5
导热系数	W/M.K			175 ± 25	170~190	190/195
用途		引线、盖板、 封接环	引线、盖板、 封接环	散热片	散热片	散热片

线陶瓷基板)的布线设计时应考虑下述设计原则:

①在符合器件外形尺寸的条件下,尽可能放宽印刷线路的线宽及线间距。目前国内最小的线宽及线间距为0.20mm,如果仍设计不下,可增加层数来解决。电子十三所与宜兴厂在“十五”技改完成后,互连孔直径将可达到0.10mm~0.15mm;②在单层布线无法解决时,可采用多层布线解决,层间互连可以通过互连孔来实现。目前国内最小的互连孔为0.20mm~0.25mm,电子十三所与宜兴厂在“十五”技改完成后,线宽及线间距将可达到0.10mm~0.15mm。因此,在布线设计时,应考虑互连孔的位置;③如果器件对运算速度或工作频率有要求时,应考虑线间电容、电感这些寄生参数的影响;④布线长度达到一定数值时应考虑线路通电阻值对器件参数的

影响。目前国内采用纯钨浆作为导带,其方阻值在15m $\Omega$ /□左右;⑤在器件对漏电流有要求时,应考虑线间和层间的绝缘电阻对器件参数的影响。否则应适当增加线间距及陶瓷的层厚;⑥如果器件有很多接地点和电源供给点时,可单独设置接地层和电源层,这样可缩短接地线及电源线的长度,以减少信号串扰;⑦在布线设计时应考虑电镀的可行性,如果出现孤立导线时,应考虑采用附加电镀用工艺连线,在布线设计时应留出位置,外壳制造商在工艺设计中考虑在电镀完成后采用磨、切割等办法予以断开。

#### 4.3 镀覆设计

通常陶瓷外壳的镀覆均采用底层镀镍,表面层镀金。器件生产商在进行镀覆设计时,应根据器件

的使用场合,选择镀层的厚度,以确保器件使用的可靠性和经济性。根据 GJB1420A-99《半导体集成电路外壳总规范》第 3.4.3 条的规定,外壳的“引线和引出端应满足适用的可焊性和防腐蚀要求;其它金属零件(包括金属化的陶瓷零件)也应满足适用的防腐蚀要求;内部零件(如键合点、键合柱等)应满足引线键合及适用的设计和结构要求”。这是镀覆设计的基本原则。在外壳镀覆设计时应根据以下情况确定:

①整机单位的要求。整机的寿命周期,整机安装位置,如:天上的航天器、航空器,地上的洁净机房、陆上战车、工业用设备、通讯用设备;海上的舰、船设备等等。

②器件封装及使用性能对镀层的要求。

③电解镀镍层的设计。镀镍层的好坏,对器件的抗腐蚀能力有着重要的作用。目前国内通常采用硫酸槽镀镍和氨基磺酸槽镀镍两种,后者的镀镍层内应力较前者小,硬度较低,因此其性能优于前者,国外多采用这一电镀镍工艺。可以在镀镍层中加部分钴(Co),但钴含量一般不超过 40%,因为增加钴可以提高镀层的抗腐蚀能力,但同时镀层硬度会上升。在镀镍槽中不允许引入含有有机物的光亮剂,光亮剂会增加镀层硬度和内应力容易使镀层发脆。镍层厚度应为 1.3~8.9  $\mu\text{m}$ ,通常陶瓷外壳的镍层厚度为 4~5  $\mu\text{m}$ 。

④电解镀金层的设计。在外壳 21 项鉴定试验项目中,考核镀层质量及与电镀质量有关的项目达 15 项。因此,电解镀金层作为外壳的表面镀层质量的好坏,直接影响着外壳的质量与可靠性。

一般来说,在镀金层设计中要注意下述问题:

a. 镀金工艺中所用金的纯度不低于 99.7%,且只能用钴作为硬化剂;b. 可以采用多层金和镍镀覆结构,但应防止镀镍和镀金槽液之间的交叉污染,破坏镀液,从而影响电镀质量;c. 金层厚度的决定应根据使用要求和经济性来决定:

• 有寿命周期要求的宇航、航空器和军事武器

装备使用的陶瓷外壳应采用军标级外壳,其金层厚度应选择大于等于 1.3  $\mu\text{m}$ 。

• 地面使用的,环境洁净的军事电子装备,可采用比军标级略低一些的,通常称为“七专”级外壳,其金属厚度应选择为大于或等于 1.0  $\mu\text{m}$ 。万一出现问题,维修方便。

• 舰、船用军事电子装备及武器系统所用陶瓷外壳,应提出抗盐雾试验要求,金层厚度应选择为大于或等于 2  $\mu\text{m}$ 。

• 投资类产品从确保使用可靠性要求出发,应选择普通级陶瓷外壳,其金层厚度应选择大于 0.5  $\mu\text{m}$ 。

• 民用通讯类产品,例如手提电话,应选择金 0.3~0.5  $\mu\text{m}$ 。

⑤关于化学镀问题。目前国内化学镀厚镍和化学镀厚金技术用于多层陶瓷外壳的生产还不过关,国外有成熟的化学镀的试剂和工艺。由于化学镀厚镍,有较高的镀层致密度,但同时镀层的硬度及内应力较大,因此镀层较脆,不能用于有易于弯曲的外引线的陶瓷外壳的镀覆。一般可用于带刚性引线,或无引线的片式载体类外壳的镀覆。国内在未解决化学镀厚镍和化学镀厚金技术的情况下,一般化学镀工艺仅用于民用陶瓷外壳的镀覆。

综上所述,在多层陶瓷外壳(包括用于表面贴装的多层布线陶瓷基板)的设计中,既要考虑到器件封装及使用的要求,又要考虑到外壳的可靠性,还要考虑外壳生产商工艺的可行性及产品的经济性。

## 5 多层陶瓷外壳的选型

### 5.1 国内批量生产多层陶瓷外壳厂家

目前国内可批量生产多层陶瓷外壳的厂商有三家:电子十三所、江苏省宜兴电子器件总厂、闽航电子器件公司。以宜兴厂为例,可批量供货的多层陶瓷外壳有:

#### 5.1.1 标准系列外壳

表 3 半导体 IC 陶瓷双列直插式外壳系列(D型,国外为 DIP)

型号	D8	D12	D14	D16	D18S	D18M	D20	D22	D24	D28	D40	D48	D64
品种数	1	1	2	3	1	1	1	1	4	2	2	2	1

表 4 半导体 IC 陶瓷扁平外壳系列(F型,国外为 FP)

型号	F8	F14	F16	F20	F24	F28	—	—	—	—	—
品种数	1	1	1	1	1	1	—	—	—	—	—

表5 半导体IC陶瓷片式载体外壳系列(C型,国外为CLCC)

型号	C20	C24	C28	C48	C52	C64	C84	—	—	—	—
品种数	1	1	1	1	1	1	1	—	—	—	—

表6 半导体IC陶瓷四边引线陶瓷扁平外壳系列(Q型,国外为QFP)

型号	Q20	Q24	Q28	Q48	Q52	Q64	Q84	—	—	—	—
品种数	1	1	1	1	1	1	1	—	—	—	—

### 5.1.2 非标准系列外壳

a. 半导体集成电路针栅阵列陶瓷外壳系列(G型,国外为PGA)

G型外壳系列,主要用于定制和半定制电路封装,因此,其布线不具有标准性。目前已有G64、G68、G84三个品种,正在研制的有G121、G132、G168三个品种。

b. 混合集成电路陶瓷外壳系列

HD14、HD24、HD28、HD32、HD40

c. 霍尔器件陶瓷外壳系列(F型,单边引出扁平)

F3、F4、F6、F8

d. 光电器件陶瓷外壳

光电器件外壳有:红外CCD器件外壳、光耦合器外壳、四位和八位光电显示器外壳、硅太阳能电池外壳等。

e. 声表面波器件陶瓷片式载体外壳系列。

SMD-1、SMD-2、SMD-5、SMD-8、SMD-9、SMD-11、SMD-13

f. 固体继电器陶瓷外壳

g. 表面贴装用多层布线陶瓷基板

### 5.2 多层陶瓷外壳选型应注意的问题

器件生产商在选用陶瓷外壳时应考虑选用外壳的适用性和经济性。一般来说应注意下述问题:

①应尽可能选择标准系列外壳。如果因引线数和内腔尺寸变化,而要求外壳生产商重新开发研制,将需要承担开发的工装、模具费用,这样很不经济。

②如果需要开发研制新品外壳,在设计时应与外壳生产商协商,防止产品设计与工艺设计脱节,造成无法实现或给研制产品带来质量上的隐患。

③应根据整机厂的要求和封装要求正确选择外壳的型号、规格、技术指标和质量要求。例如:某电路生产商研制一种模块电路,其中的一块集成电路根据设计师的要求,应采用双列形CLCC外壳封装,但是由于未采购到这种外壳,就采用陶瓷扁平外壳F14封装,剪去外引线后贴装在陶瓷基板上,由

于在剪去外引线时钎焊外引线部位受到损伤,在整机厂对该产品进行入所检验时出现了该集成电路断路失效的问题。因此,正确选择外壳的型号是十分重要的。在找不到所需型号外壳而选择其它型号外壳替代时必须慎重,采取必要的措施,防止出现问题。

## 6 多层陶瓷外壳使用中应注意的几个问题

### 6.1 外壳的进厂检验

外壳进厂后的进厂检验应严格按订货标准进行检验,进厂检验项目中,凡步及到生产检验项目的,如:芯片粘结、键合、封盖后的密封性等,工人操作的工艺参数必须与该器件生产的工艺参数一致,如果不一致,必须调整工艺参数,以防止出现误检误判。

### 6.2 外壳的贮存

外壳通过进厂检验后入库,必须注意贮存条件,一般外壳座贮存的温度为 $-10 \sim +40^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度不大于80%,无腐蚀性气体的库房中。贮存期为6个月,超过6个月贮存期的外壳,在投入使用前应进行复检,复检合格后的产品方能投入使用。

### 6.3 外壳在使用过程中应注意下述问题

①严格工艺卫生。严禁在生产中直接用手接触外壳,以免手汗污染外壳。所有的容器、接触产品的工作台均应保持清洁。

②外壳在投入使用前应严格清洗,防止包装、运输、贮存过程中引入的水气、灰尘、包装物的挥发性气体沾污在产品表面,影响外壳的使用。

③在键合时应注意镀层的硬度,根据镀层硬度适当调整键合功率,目前生产多层陶瓷外壳的厂家,大多数采用氨基磺酸槽电镀,纯金镀金,因而键合功率要适当调低一些。金层的厚度对键合也有一定的影响。键合功率也应根据金层厚度作适当调整。

④目前很多器件厂商,采用平行缝焊封盖工艺

(下转第8页)

表 2

折光率	透光率 (560nm)	热膨胀系数	玻璃化温度	弯曲强度	吸水率 (沸水 1h)	体积电阻	损耗角正切 (60Hz)	介电常数 (60Hz)
1.53	90%	$6 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	100 $^{\circ}\text{C}$	100MPa	0.4%	$2 \times 10^4 \Omega \cdot \text{m}$	0.005	3.5

表 3

	1#, 2#, 3#	4#, 5#, 6#	7#, 8#, 9#	10#, 11#, 12#	13#, 14#, 15#	16#, 17#, 18#	19#, 20#, 21#
A 组分	1	1.2	1.5	1.8	2	2.2	2.5
B 组分	1	1	1	1	1	1	1

必需满足不裂, 不变色, 不飞边。如果固化物出现裂痕, 则是胶 (A 组分) 偏低。如果固化物出现变色, 则是灌封料使用时间过长。通过高低温循环实验, 我们选出满足条件的 A、B 组分比例。

#### 2.4 对 A、B 组分混合后气泡的处理

选取恰当 A、B 组分比例, 按需称取 A、B 组分后, 混合均匀, 在混合的过程中, 会出现许多气泡, 特别在天气寒冷的时候。为了排除气泡, 可抽真空, 抽真空的时间以气泡抽完为止。当气温很低时, 可加热抽真空, 加热的温度一般在 25 $^{\circ}\text{C}$  ~ 35 $^{\circ}\text{C}$  为宜。加热的温度增加时, 抽尽气泡所需的时间就越短。加热抽真空的时间一般 20 ~ 30min 即可。

#### 2.5 在灌封过程中应注意的问题

异型探测器的要求如图 1。根据此要求, 在灌封前, 一定要清洁模具的内腔, 确保干净无尘。在灌封时, 灌封料最好从内腔的一壁滴入, 速度尽量慢一些, 这样可防止气泡, 也可避免把敏感元件上的金丝弄断而造成器件的损坏。灌好后, 一定要检查有无气泡, 陶瓷片是否与模具平等且对称。如有气泡, 可用细小的针刺破。检查好后, 用较轻、较细的挡块挡住引线, 可保证在固化的过程中陶瓷片与模具的平行。

(上接第 32 页) 进行封装, 平行缝焊是一种电阻焊, 是通过低电压、大电流来熔化盖板和封接环中的铁-镍合金或可伐合金来达到密封的目的。因此, 平封时应根据盖板密封周长大小 (即盖板的面积大小), 调整平封功率。其次, 由于平封是点接触, 封盖时会产生高热, 其热量对封接环下的金属化层是一种热冲击, 因此, 多次封接会破坏金属化层, 造成环下漏气, 甚至使金属化层与陶瓷基体之间造成裂缝和剥离, 使密封失效。一般来说, 一次封接不好, 可以再封一次, 但不能再而三, 否则会产生上述问题。

#### 2.6 灌封料的固化

其固化一般在烘箱里进行, 因灌封料推荐的固化条件是: 80 ~ 90 $^{\circ}\text{C}$ /4 ~ 2h, 于是我们作了如下的实验, 见表 4:

表 4

温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	80	82	84	86	88	90
时间 (h)	4					
	3.5					
	3					
	2.5					
	2					

以上的实验均是在烘箱中自然冷却后取出再脱模。从实验中得到, 温度过高或时间过长, 都会造成灌封料的老化。温度低时, 时间要长, 温度高时, 时间要短。如果烘箱的保温性能很好, 不易降温, 也会造成灌封料的老化。

### 3 结论

通过对异型探测器灌封工艺的探讨, 得出胶的比例 A : B = 2 : 1, 固化温度为 82 $^{\circ}\text{C}$ , 固化时间为 3.5h。

### 7 小结

在多层陶瓷外壳设计和使用过程中要注意下述问题:

- ①要做好外壳的设计, 包括结构、布线和镀覆设计。
- ②在采购外壳过程中, 要正确选择外壳型号。
- ③在使用过程中要注意工艺卫生、清洗、键合参数和封盖参数的调整。