

# YAG 投影管屏锥封接的原理与工艺\*

王琼华\*\* 成建波 祁康成

(电子科技大学光电子技术系 成都 610054)

**【摘要】** 提出了利用低熔点玻璃进行 YAG 投影管的 YAG 屏与玻璃锥体封接的思想; 分析了该封接工艺中材料膨胀系数的匹配、浸润性以及再结晶等问题; 简要介绍了所用低熔点玻璃的物化性质, 以及包括低熔点玻璃膏剂调制、涂覆和焙烧在内的具体工艺规范。结果证实该封接性能良好, 实现了 YAG 投影管全玻结构的技术飞跃。

**关键词** 低熔点玻璃; 封接; 钇铝石榴石投影管; 投影阴极射线管

**中图分类号** TN14

YAG(Yttrium Aluminum Garnet—钇铝石榴石) 投影管具有很高的亮度和分辨率, 可实现大屏幕清晰度电视显示。YAG 投影管区别于一般投影管最显著的特征在于其荧光屏面板由 YAG 晶片取代传统的玻璃<sup>[1]</sup>, 因而 YAG 屏同投影管管壳的封接成为整个投影管制作工艺中较为重要的技术难点。最初我们选用陶瓷管壳与 YAG 屏封接, 采用了金属热压扩散焊接工艺, 获得了成功。但陶瓷管壳成本高, 金属热压扩散焊功耗大、效率低, 不利于投影管走向产业化, 为此本文提出采用玻璃管壳, 利用低熔点玻璃进行 YAG 屏与玻锥的封接, 该原理和工艺不同于彩色显像管中低熔点屏锥封接<sup>[2,3]</sup>。

## 1 YAG 投影管结构

YAG 投影管是一种荧光屏面板为 YAG 单晶片的新型投影 CRT, 其中粉末屏(相对于外延单晶屏)投影管结构如图 1 所示。由于荧光层衬底 YAG 具有高热导率等特性, 它取代传统的玻璃荧光屏衬底后, 其荧光屏在亮度、分辨率等性能方面优于普通投影管。图 1 中 YAG 屏与玻锥之间利用低熔点玻璃进行封接, 实现了 YAG 投影管从陶瓷管壳结构到玻璃管壳结构的技术飞跃。

## 2 YAG 投影管中低熔点玻璃屏锥封接原理与工艺

采用低熔点玻璃进行 YAG 投影管的 YAG 屏与玻锥的封接, 主要利用了低熔点玻璃对 YAG 以及玻璃封接面都具有浸润性并伴随再结晶过程, 从而形成致密封接层这一原理。封接工艺主要包括低玻膏的涂覆和封接件的焙烧。

### 2.1 原理

YAG 投影管的低熔点玻璃屏锥封接是在 YAG 屏与玻锥端面之间涂一层低熔点焊料玻璃, 然后加热到一定温度保温, 熔化的低熔点玻璃浸润被封 YAG 屏与玻锥, 并向 YAG 屏以及玻锥内部扩散, 同时 YAG 屏以及玻锥也向低熔点玻璃溶解, 并伴随低熔点玻璃再结晶过程, 构成致密封接层, 从而把 YAG 屏与玻锥粘接起来。

#### 2.1.1 低熔点玻璃材料

所谓低熔点玻璃一般是指软化温度在 600℃以下的玻璃的统称, 分为结晶型与非结晶型两种。YAG 投影管屏锥封接采用 PbO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO 结晶型焊料玻璃系统, 其热膨胀系数  $\alpha = 76 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ , 主要成分分布为: PbO 66%~70%, ZnO 10%~15%, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11%~

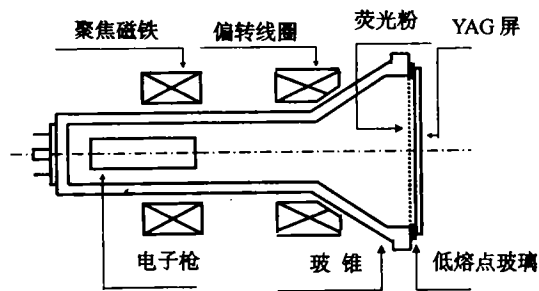


图 1 YAG 投影管结构

的统称, 分为结晶型与非结晶型两种。YAG 投影管屏锥封接采用 PbO-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO 结晶型焊料玻璃系统, 其热膨胀系数  $\alpha = 76 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$ , 主要成分分布为: PbO 66%~70%, ZnO 10%~15%, B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 11%~

1998年4月8日收稿, 1998年5月12日修改定稿

\* 国家“八五”重点科研项目

\*\* 女 28岁 在职博士生 讲师

15%, 另含有少量  $\text{TiO}_2$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{BaO}$  等。为了实现成功的封接, 并满足使用要求, 对所用低熔点玻璃诸如耐压、杨氏模量、抗张强度、体积电阻、介电常数等有关性质也有一定要求。

### 2.1.2 粘结过程

低熔点玻璃能将 YAG 屏与玻锥封接起来是两个作用的结果: 1) 低玻对 YAG 及玻锥的浸润; 2) 低玻在 YAG 与玻锥表面晶化并互相扩散形成扩散层及低玻再结晶形成致密封接层。

我们所用低玻在熔融时能很好浸润 YAG 与玻锥封接面。浸润角  $\theta$  用来评价浸润性好坏,  $\theta$  由下式得出

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{sg} - \sigma_{sl}}{\sigma_{lg}} \quad (1)$$

式中  $\sigma_{sg}$  为固-气界面上的表面张力;  $\sigma_{sl}$  为固-液界面上的表面张力;  $\sigma_{lg}$  为液-气界面上的表面张力。由于 YAG 和玻锥固相与气相间表面张力很大, 低玻熔融体在 YAG 与玻锥上趋于扩展成层状, 这时  $\theta$  角很小, 即低玻熔融时能很好浸润被封 YAG 和玻锥。

低玻在保温过程中, 以被封 YAG 与玻锥表面为结晶起点, 由于表面晶化互相扩散, 产生几十微米厚的扩散层。用 XMA 分析 YAG 与玻锥的封接界面, 其低玻中的 Pb、Zn 和玻锥中的 Si、K 存在互相扩散现象, 低玻与 YAG 封接界面也有类似扩散层存在。同时低玻经过再结晶形成致密封接层, 从而将 YAG 屏与玻锥粘接起来。

### 2.1.3 封接应力

YAG 屏与玻锥粘接起来以后, 需降温冷却, 如果低熔点玻璃与玻锥以及 YAG 层的热收缩特性不一致, 就会产生应力, 从而使粘接好的屏锥脱落或炸裂。作用于封接面的应力  $F$  可以用下式表示

$$F = E(\alpha_g - \alpha_s)\Delta T \quad (2)$$

式中  $E$  为低熔点玻璃的弹性模量;  $\alpha_g$ 、 $\alpha_s$  分别为低熔点玻璃和被粘接件(YAG 屏与玻锥)的热膨胀系数;  $\Delta T$  为固化温度与测定温度之差。由式(2)可知, 为了实现 YAG 屏与玻锥的匹配封接, 要求屏 YAG、低熔点玻璃、锥体玻璃这三种材料的热膨胀系数必须相近。为此我们研制出能与 YAG 成功封接、其热膨胀系数  $\alpha = 76 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  的新型电真空玻璃材料用于制作 YAG 投影管玻壳的管锥和管颈。

## 2.2 工艺

YAG 屏锥低熔点玻璃封接工艺包括低熔点玻璃膏的配制、涂覆、焙烧以及检验回收等工序。

1) 低熔点玻璃膏的调制 低熔点玻璃膏的配制是用载体溶液与低熔点玻璃粉混和调制成具有一定粘度的膏剂。YAG 屏锥封接所用载体是将具有化学纯的松油醇与无水乙醇按一定比例混和配制而成。

2) 涂覆 低玻膏涂覆方法有手工涂覆法和机器涂覆法两种。后一种方法适合于大生产, 采用具有自动控制的专用涂覆机进行操作; 前一种方法适合于科研和小生产, 即人工用小勺舀适量低玻膏沿玻锥封接面涂覆一周, 并震动已涂有低玻膏的玻壳, 使低玻膏均匀分布于锥体封接面上。

3) 焙烧 在涂好低玻膏的玻锥封接端面上放置 YAG 屏, 并在 YAG 屏上加放一定重量的压块从而构成封接件。按图 2 所示焙烧温度规范, 将封接件放入焙烧炉中进行封接焙烧。开始升温不宜太快, 以保证低熔点玻璃膏中的乙醇、吸收的水汽以及部分松油醇缓慢充分挥发; 在松油醇沸程范围的温度  $T_2$  处保温一段时间, 以便让松油醇全部挥发; 然后按一定速度升温至低熔点玻璃的封接温度  $T_3$  后保温一定时间。在保温过程中低熔点玻璃具有一定流动性并浸润玻锥与 YAG 屏的封接面, 同时伴随再结晶的过程在发展, 保温结束, 结晶也结束, 从而玻锥与 YAG 屏封接起来。最后降至一定温度  $T_4$ , 封接好的管壳出炉。

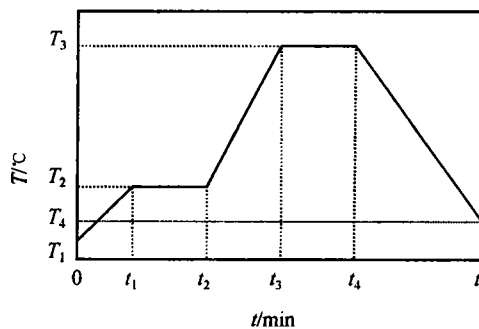


图2 YAG屏与玻锥的低熔点玻璃封接焙烧温度规范示意图

### 2.3 封接性能的检测

对封接好的管壳需进行包括 YAG 屏是否与玻锥对中、封接面气孔情况的外观检验,以及管壳封接应力、气密性、绝缘性、机械强度、抗热冲击等性能的测试。对不合格品以及后续制管工序中所致的返修管壳需进行屏锥的分离返修,其方法是采用一定浓度的硝酸溶液浸泡屏锥封接部位

对于应力,从上述理论分析知,由于所用低玻、YAG 以及玻锥三者的热膨胀系数匹配,封接应无应力,经偏光仪对封接管壳的检验结果证实了这一点;对于气密性,我们采用氦质谱检漏仪进行检测,结果表明该封接气密性很好;就绝缘性而言,我们采用了高压击穿试验证实该管壳完全满足投影管几万伏工作电压的要求;至于热稳定性,投影管在整个制造工艺中经过了几次高温,但未出现炸裂现象,由此可知其热稳定性良好;机械强度也能满足使用要求。总之,该封接总体性能良好,满足 YAG 投影管制作及使用的要求。

## 3 结束语

低熔点玻璃进行 YAG 屏、玻锥的封接是实现 YAG 投影管全玻结构的重要技术基础。为适应 YAG 材料的热膨胀系数等特性, YAG 投影管中玻锥以及低熔点玻璃粉都不同于普通彩管相应部件所用的材料。本文所用封接材料以及封接工艺规范实现了 YAG 屏与玻锥封接的成功。

感谢赵宝芸副教授、冉启钧教授对本文工作的支持。

### 参 考 文 献

- 1 Cheng J B, Wang Q H. Studies on new YAG phosphor screen for HDTV projector. Proceedings of SPIE, 1996,2 892:36~38
- 2 蒋宗礼.低熔玻璃及其在彩色管制造工艺中的应用. 真空电子技术, 1990,(5):7~20
- 3 吴华安.彩色显像管的制造与应用. 北京:国防工业出版社, 1992
- 4 严文俊,郝永言.真空电子器件制造工艺. 北京:电子工业出版社, 1994

## Principle and Process for Seal of YAG-to-Glass Using Glass Binder in YAG Projection Tube

Wang Qionghua Cheng Jianbo Qi Kangcheng

(Dept. of Opto-electronic Technology, UEST of China Chengdu 610054)

**Abstract** The seal of YAG-to-glass is a key technique to develop yttrium aluminum garnet(YAG) projection tube. The seal of YAG screen to glass cone is produced using low melting glass binder. The paper presents the material for the seal and the theories such as the match between the binder's expansion coefficient and those of YAG and glass, binder's infiltration to YAG and glass, and the binder's re-crystallization. The seal techniques including the binder cream's concoction, coating and bake are also given. The experimental results show that the seal performances are good.

**Key words** glass binder; seal; Yurium aluminum garnet projection tube; projection cathode ray tube