

电子束焊接在电子器件中的应用*

范炳林 王秀梅 胡宗耀 林世昌

(中国科学院电子学研究所)

(一) 引言

在电子器件的研制过程中,提出了许多焊接方面的特殊问题,如高熔点金属的直接焊接,特殊材料或特殊结构工件的焊接等等;要求焊接热影响区小,焊缝纯净、可靠。

电子束焊接是利用强流电子束轰击工件,使其局部熔化形成焊缝,达到焊接的目的。它具有功率密度大、穿透深、不氧化、易控制、精度高、无需焊料、能焊难熔金属等等特点^[1-3]。因此电子束焊接技术除了已被广泛用于原子能、航空、宇航、仪表以及汽车制造等许多工业部门外,在电子工业中亦显示出它的优越性。

为了解决电子器件研制过程中碰到的焊接难题,我们利用高真空电子束焊机进行了大量的实验研究,取得了一些有用的结果。

(二) 常用金属材料的焊接

为了掌握电子器件常用金属材料的可焊性,为制订工艺设计提供依据,我们对常用金属材料进行了广泛的焊接试验,包括同种材料和异种材料之间的焊接,涉及的金属有:W、Ta、Mo、Nb、Ir、Ti、Pt、Ni、Fe、Cu、Al、不锈钢、可伐、蒙乃尔、坡莫合金以及Ti合金、Nb合金等。

通过焊接实践和理论分析表明,如果工件清洗干净、定位准确,焊接规范选取合适,多数材料的焊接结果都较好。

(三) 焊接应用举例

1. 管壳封口焊接

电子束焊接集中加热的程度极高,最小加热面积可达 10^{-7}cm^2 。我们在实践中已经能够把热影响区控制在 0.75mm 以下的宽度内^[4]。因此,用电子束焊接来完成电子器件的管壳封口或输出窗架的二次焊接是极为合适的。它可以使离焊缝不远处的其他零件或一次焊缝免遭损坏,能大大提高制管的成品率。

图1为一种光电器件管壳的示意图,纤维玻璃屏与窗架盘之间用粘接,在最后的封接时,两者均受不得热冲击(温升不得超过 $100-150^\circ\text{C}$),而且封接位置离两者都很近,只有 $4-6\text{mm}$ 。利用合适的工装夹具和合理的工艺规范,电子束焊接可获得高质量的焊缝,经氦质谱探漏仪检漏,气密性良好,漏气率 $<10^{-11}$ 托·升/秒。

* 1982年7月9日收到,1983年4月25日定稿。

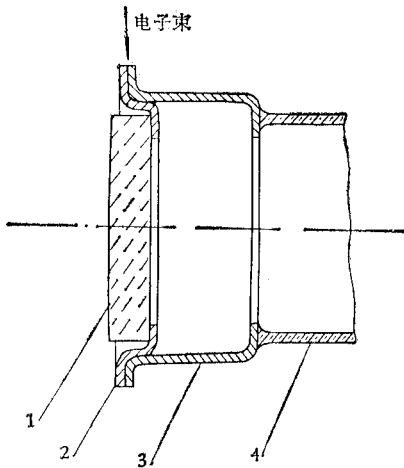


图1 一种光电器件管壳的示意图

1——纤维玻璃屏, 2——窗架盘(高铬钢),
3——管壳(可伐), 4——管壳(玻璃)

Fig.1 The schematic diagram of a photoelectric device package

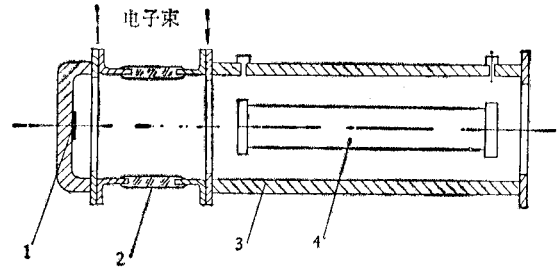


图2 电子束轰击半导体器件的示意图

1——半导体靶面, 2——管壳(玻璃),
3——管壳(金属), 4——慢波线

Fig.2 The schematic diagram of an electron bombarded semiconductor amplifier

图2为电子束轰击半导体器件的结构示意图, 焊接后该件的半导体靶面和玻璃管壳均完好无损。

图3表示行波管输出窗的封口情况。一次焊缝为陶瓷窗片与可伐窗架间的钎焊焊缝。电子束封口焊缝距一次焊缝仅5mm。封接时未造成一次焊缝受伤或陶瓷窗片炸裂。

2. 阴极组件焊接

我们对多种类型的阴极组件进行了焊接试验。图4所示的点发射钨阴极, 它是用电子束焊把二根钨丝焊接在一起, 并把顶端熔成小球, 然后磨尖而成的。此种钨阴极的制备方法简便、可靠。

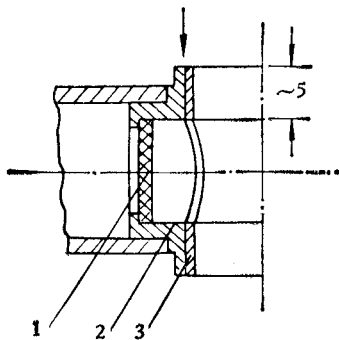


图3 微波管输出窗焊接件示意图

1——窗片(Al_2O_3 陶瓷), 2——窗架(可伐), 3——波导管(铜)

Fig.3 The schematic diagram of a microwave tube output window



图4 点发射钨阴极

Fig.4 The point tungsten cathode

图5为一种磁控管用阴极组件, 阴极杆和阴极座均为钼材。利用良好的配合面和横

具,选择合适的焊接规范,焊接件的同心度偏差可控制在 0.01mm 以下。

钨钨阴极在微波管中的应用已比较广泛,可是多孔钨块与支持筒(杆)之间的装配或焊接一直是一个难题,这一难题用电子束焊接工艺可圆满地解决^[5]。

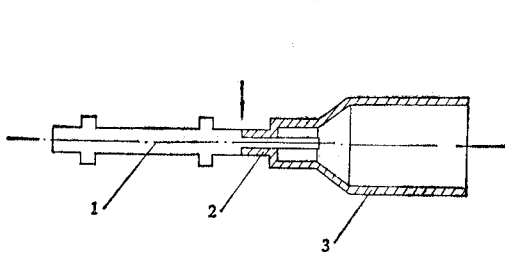


图5 一种磁控管用阴极组件
1——阴极杆 (Mo), 2——配合面, 3——阴极座 (Mo)
Fig.5 The cathode assembly of a magnetron

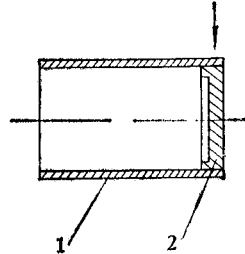


图6 薄壁隔热筒阴极组件
1——隔热筒, 2——阴极
Fig.6 A cathode assembly with a thin heat insulation cylinder

图6 为一个带有薄壁隔热筒的阴极组件,隔热筒壁厚 0.008—0.016mm, 材料为钼钨合金或耐蚀耐高温合金 (Hastelloy)。利用电子束穿透焊接,把薄筒焊接在阴极(镍钨合金)外侧,焊接十分可靠。

我们还进行过一些具有特点的热子的焊接。图7和图8分别是磁控管的热子和大功率微波管的鼠笼式热子。电子束焊接焊点光滑,没有明显凸起,得到了令人满意的结果。

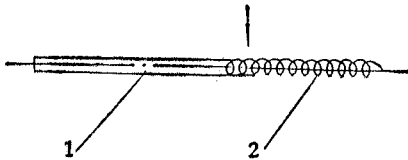


图7 磁控管的热子
1——引线 (Mo, $\phi 0.4\text{mm}$),
2——热丝 (W, $\phi 0.1\text{mm}$)
Fig.7 The heater of a magnetron

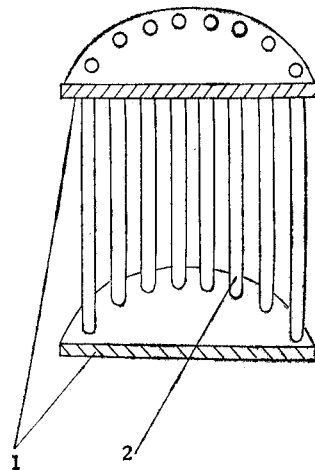


图8 鼠笼式热子结构的示意图
1——端盖 (Mo, 厚 1mm),
2——热丝 (W, 直径 2mm)
Fig.8 The schematic diagram of the squirrel-cage heater

3. 特殊部件的焊接

电子束焊接时电子束对工件的作用力极微^[6], 因此非常适于焊接精度要求高、又容易

变形的部件。图 9 为一种电子枪的示意图。它的特点是调制极(钨)上的小孔(直径为 0.02—0.03mm)与阳极上的小孔(直径为 1mm)的同心度偏差不得大于 0.01mm。电极筒 1 与电极盘 5 之间可以有微小的位移,用定位模具对好两孔的位置,只要定位准确无误,电子束焊接后的两孔同心度偏差可在 0.01mm 以下。

利用电子束焊接穿透深的特点,可以焊接如图 10 所示的聚束极。这就是说,可以把一个形状较复杂的工件分成几个简单的零件分别进行加工,然后组合、焊接。这给机械加工带来了方便。

图 11 所示是磁控管慢波齿与腔体的装

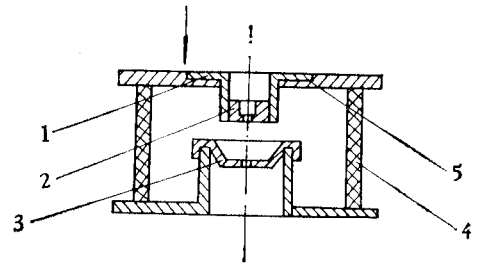


图 9 一种电子枪部件的示意图

1—电极筒(Ta,厚 0.2mm), 2—调制极(V),
3—阳极, 4—绝缘环(Al_2O_3),
5—电极盘(蒙乃尔,厚 0.3mm)

Fig.9 The schematic diagram of an electron gun assembly

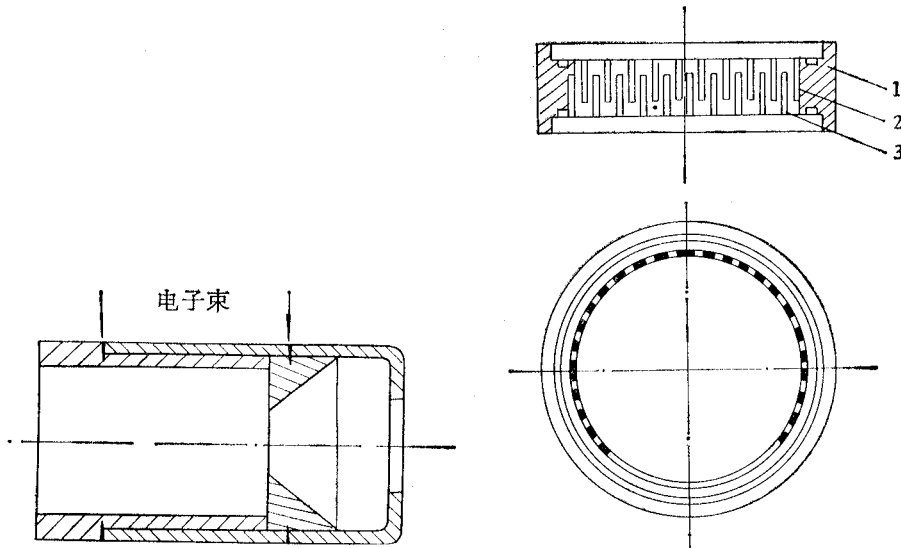


图 10 一种聚束极的示意图

Fig.10 The schematic diagram of a focusing electrode

图 11 磁控管慢波齿装配的示意图

1—腔体(Cu), 2,3—慢波齿(W)
Fig.11 The schematic diagram of magnetron slow wave teeth

配情况。一根根钨制慢波齿插在铜制的腔体中,利用电子束焊固定钨齿,由于是局部熔化,变形较小,所以可达较高的精度;而且由于未用任何焊料,所以磁控管工作时,慢波齿升温后,腔体中不会有蒸发污染。

图 12 展示了部分焊接样品的照片。(a)为无氧铜环与可伐环的焊接。(b)为钛泵外壳(钛)的焊接(左)和钽筒的焊接(右)。(c)为可伐杆的焊接。(d)为钛泵外壳(不锈钢)的焊接(上)和波导管(蒙乃尔)的焊接(下)。另外,波纹管(不锈钢或镍,壁厚 0.1mm)与法兰盘之间的焊接质量也很好,气密成品率可达百分之百。

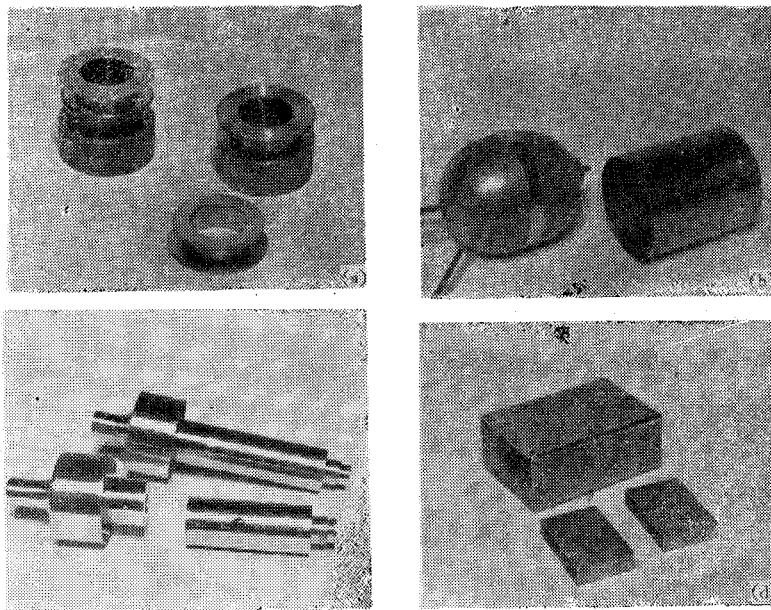


图 12 部分焊接样品照片

Fig.12 Potograph of some welding samples

(四) 结束语

真空电子束焊接,由于它不用焊料,不会带来外加的污染;由于功率密度高,可以焊接难熔金属,可以进行局部集中加热焊接,焊缝的温区较窄;焊接时的真空环境,使工件不氧化、不渗杂,保证了焊缝的质量,并且能够完成活泼金属的焊接。这些特点,对提高电子器件的性能有不可忽视的作用。

本项工作得到吴兆皓同志的指导,并得到许多同志的帮助,参加前期工作的还有肖乃元、王和珍同志,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] J. A. Stohr et al., Proc. First International Congress on Vacuum Techniques (1958), Pergamon Press, Oxford, (1960), pp. 536—544.
- [2] G. Burton, *The Welding Journal*, 38(1959), 401s.
- [3] N. F. Eaton, *Nuclear Engineering*, 5(1960), 19.
- [4] 林世昌等,精细零件的电子束焊接,第三届全国焊接年会论文,1979年,5月,成都
- [5] 范炳林等,电子科学学刊,5(1983),199.
- [6] B. Bas et al., *Vakuum-Technik*, 8(1959), 181.

APPLICATIONS OF ELECTRON BEAM WELDING TO ELECTRON DEVICES

Fan Binglin, Wang Xiumei, Hu Zongyao, Lin Shichang
(*Institute of Electronics, Academia Sinica*)

Applications of electron beam welding to electron devices are described. The results of welding are good.