

· 科研通讯 ·

投影 CRT 用磁聚焦电子枪*

王 军** 冉启钧

(电子科技大学光电子技术系 成都 610054)

【摘要】 论述了一种成功运用于 122 cm 背投式彩色投影电视机阴极射线管(CRT)中的磁聚焦电子枪。该枪采用了预聚焦发射系统和磁聚焦主透镜构成的双聚焦系统。经测试发现,当阴极电流为 0.5~1.0 mA 时,其上屏束斑直径仅为 0.065~0.080 mm。

关键词 电子枪; 投影 CRT; 束斑直径; 磁聚焦

中图分类号 TN141.31

高画质的大画面彩色图像是目前显示领域的主要追求目标。由于投影电视能够填补传统直视型彩电因体积、工艺等问题很难实现的 102 cm 以上的显示空白,因而倍受社会关注^[1,2],其中 CRT 投影电视因其原理简单、技术成熟、像质好,特别是性能价格比高而稳居大屏幕显示销售量首位^[3]。但是,传统的 CRT 投影管也存在一些弱点,如由于荧光粉与基底玻璃的热传导差,为避免荧光粉被灼伤,上屏束流不能太大,限制了亮度的进一步提高^[1];为承受管外大气压力,基底玻璃屏不能做得太薄(一般为 8~12 mm),引起光晕现象的加重,直接影响了管子的分辨率。

如图 1 所示,在我们研制的 YAG(钇铝石榴石)CRT 投影管中,影响传统管子亮度和分辨率提高的基底玻璃,被具有高导热性和极强机械性能的 YAG 基片代替。由于 YAG 基片厚度薄(2 mm),耐高能电子轰击,因而光学成像十分清晰,可同时保证大屏幕显示的高亮度、高分辨率^[4]。

对电子枪来说,高亮度意味着大电流,高分辨率意味着小束斑,但两者本身互相矛盾。普通投影管电子枪已无法满足这种管子的要求^[1-3]。经过反复分析计算和实验,我们选择了大口径磁聚焦电子枪。

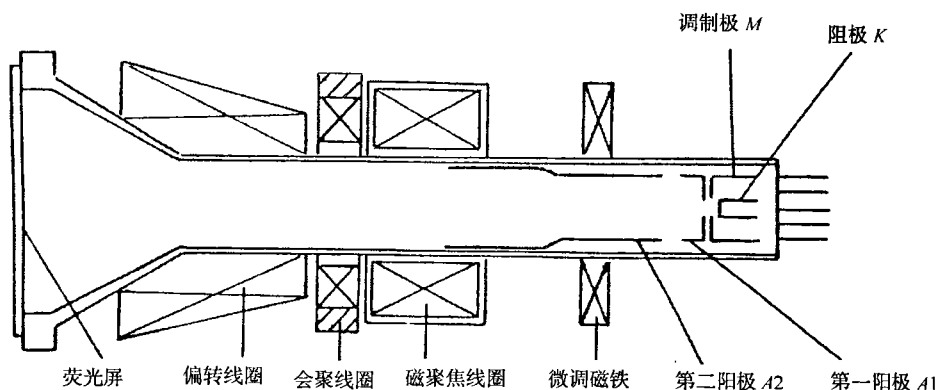


图 1 7.6 cm YAG 投影 CRT 结构

1998 年 11 月 19 日收稿,1998 年 12 月 3 日修改定稿

* 国家“九五”重点科研项目

** 女 30 岁 博士生 讲师

1 影响上屏束斑大小的主要参量

电子束上屏束斑的直径 d_s 一般由下式决定^[5]

$$d_s = \sqrt{(Md_c)^2 + \left(\frac{1}{2}MC_{s0}\alpha^3\right)^2} + d_p^2 \quad (1)$$

式中 M 为聚焦透镜的放大率; d_c 为电子束交叉束斑直径; C_{s0} 为球差系数; α 为电子束通过交叉点的发散角; d_p 为空间电荷效应引起的散射圆斑直径。由于 d_p 相对较小, 因此 d_s 主要取决于 M 、 d_c 、 C_{s0} 和 α 。为得到尽可能小的上屏束斑 d_s , 我们采用了如图 1 所示的 CRT 管中电子枪结构。

2 电子枪的结构

2.1 四极式预聚焦发射系统

发射系统中形成的交叉束斑即为主透镜的物。交叉束斑半径 r_c 为

$$r_c = \sqrt{\frac{V_e}{V_c + V_e}} r_k \frac{\sin \theta}{\sin \alpha} \quad (2)$$

式中 r_k 为阴极有效发射面半径; V_e 表示电子初能; θ 为电子初始角; α 为电子束会聚角; V_c 为交叉点处电位。

为了减小 r_k , 一般采用具有较大饱和电流密度(4~10 A/cm²)阴极(如浸渍阴极), 但局限于货源和成本, 我们采用彩管通用的氧化物阴极(饱和电流密度为 1.5 A/cm²)。为弥补由此造成的 r_k 较大的缺陷, 把第一阳极电压 V_{A1} 从常用的 600 V 提高到 1 500 V, 从而使 V_c 提高, 以利于 r_c 的减小。同时, 电子束在交叉斑的电流密度分布 J_{rc} 为

$$J_{rc} = J_{\max} \exp\left(-\frac{eV_c \sin^2 \alpha}{KT r_k^2} r_c^2\right) \quad (3)$$

$$J_{\max} = J_0 \frac{eV_c}{KT} \sin^2 \alpha \quad (4)$$

式中 J_{\max} 为 J_{rc} 轴上点的电流密度值; J_0 为阴极发射电流密度。

显然, V_c 越高, J_{\max} 越大且 J_{rc} 随 r_c 增大将下降得越快。不同第一阳极电压 V_{A1} 下交叉束斑上电流密度分布如图 2 所示。

采用四极式预聚焦透镜可以使交叉束斑在进入主透镜前被“预聚焦”, 即使交叉束斑成虚像, 从而增大了主透镜的有效物距, 减小了放大率 M , 同时减小了电子束发散角 α , 使球差对束斑 d_s 的影响变小。

2.2 大口径磁聚焦主透镜

为了避免电聚焦电子枪对零件精度及装配工艺要求高、孔径小、球差较大等缺陷, 我们选用了大口径磁聚焦透镜为电子枪主透镜。磁线圈套在玻璃管外, 平均直径大于 50 mm。磁透镜的焦距 f 为^[6]

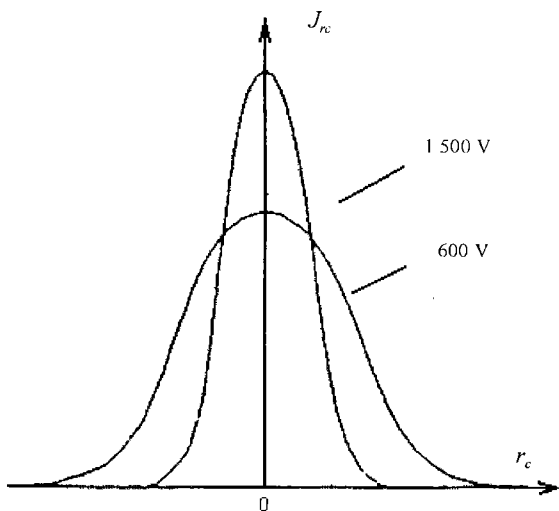


图 2 不同 V_{A1} 下的交叉点电流密度分布

$$\frac{1}{f} = \frac{e}{8mV} \int_{-\infty}^{\infty} B^2(z) dz \quad (5)$$

式中 $B(z)$ 为沿轴磁场分布; V 为第二阳极电压。

为保证良好的聚焦特性, 我们选用了扩展场为主透镜场的设计模型。在保证整个 CRT 管体积不太大的前提下, 把聚焦线圈尽可能做大, 而沿轴磁通密度分布 $B(z)$ 的峰值 $B_{\max}(z)$ 尽可能减小, 优化选择出最佳结构。聚焦线圈在不同激磁电流 I 时沿轴磁场分布 $B(z)$ 如图 3 所示。

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{Q} + \frac{1}{P} \quad (6)$$

当设定聚焦中心到屏的距离 Q 为一定值, 电子束上屏束斑直径 d_s 与聚焦中心到阴极的距离 P 有关, 并由式 (6) 可知, 通过调整聚焦线圈内电流大小来改变主透镜的焦距 f 以得到合适的距离 P , 实现最佳上屏束斑 $d_s^{[6]}$ 。

3 实测

图 3 给出了该枪阴极透镜的调制特性曲线。横坐标 V 为调制极电压, 纵坐标 I 为阴极发射电流。曲线 1 为根据计算机计算值所作曲线。曲线 2 为实装枪的测试曲线。表 1 给出 0.5 mA 和 1 mA 下绿色投影管 YAG 屏上电子束斑直径大小的计算及光点实测值。计算值与测试值之间的差异主要是由光点在荧光屏上的晕光效应造成的。

表 1 束斑直径计算值 d_1 及光点实测值 d_2

I_1 / mA	d_1 / mm	d_2 / mm
0.5	0.056	0.065
1	0.070	0.080

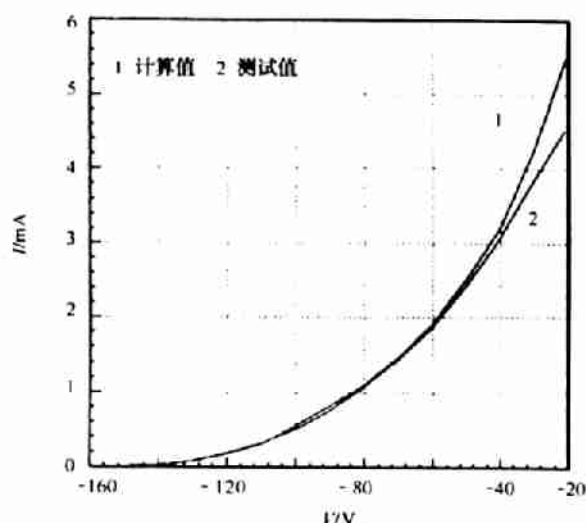


图 3 阴极透镜调制特性



图 4 122 cm 背投电视画面

我们测试了国外同类管子。在 0.5 mA 条件下, 日本的一种 122 cm 背投式电视机所用 18 cm 投影管中的电聚焦电子枪上屏束斑直径约为 0.113 mm, 是我们设计和制作的磁聚焦电子枪上屏束斑的 1.7 倍。

4 结论

我们成功设计并制作了用于 7.6 cm YAG 投影 CRT 的实现大束流小束斑的磁聚焦电子枪。在绿色 YAG 荧光屏上, 束流为 0.5 mA 时, 水平分辨率高达 1 600 线; 束流为 1 mA, 屏压为 29 kV 时,

亮度高达 $1.4 \times 10^5 \text{ cd/m}^2$ 。当利用这种高性能的 YAG 投影 CRT 制成 122 cm 背投式电视机, 显示出了满足 HDTV 画质要求的高亮度、高分辨率画面, 如图 4 所示。

感谢成建波教授、周敏教授、林祖伦教授及陈泽祥博士对本文工作的支持。

参 考 文 献

- 1 Ashizaki S, Suzuki Y, Mitsuda K *et al.* Direct-view and projection CRTs for HDTV. IEEE transactions on consumer electronics, 1988, 34(1):91~99
- 2 Uba T, Omac K, Ashiya R *et al.* 16:9 aspect ratio 38v-high resolution trinitron CRT for HDTV. IEEE transactions on consumer electronics, 1988, 34(1): 85~88
- 3 Kawashima M, Yamamoto K, Kawashima K. Display and projection devices for HDTV. IEEE transactions on consumer electronics, 1988, 34(1): 101~108
- 4 Cheng, J, Wang J, Cheng Z *et al.* Electron gun for high-luminance high-resolution YAG projection CRT, SPIE, 1998, 3 560:182~186
- 5 赵国骏, 凌宝京. 电子光学. 长沙: 国防工业出版社, 1985
- 6 肖士璋, 冉启钧. 电子光学应用. 成都: 电子科技大学出版社, 1995

Magnetic Focusing Electron Gun Used in Projection CRT

Wang Jun Ran Qijun

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

Abstract The paper studies the magnetic focusing electron gun of CRT used in a new 48-inch rear color projection TV. The dual-focusing system in electron gun is developed, which is composed of electrostatic pre-focusing and electromagnetic focusing lens. As a result, on the green YAG phosphor screen, beam spot is 0.065 mm~0.080 mm only at cathode currents of 0.5 mA~1.0 mA respectively.

Key words electron gun; projection CRT; diameter of beam spot; magnetic focusing