

高性能热释电摄像管

(详细摘要*)

何 叔 娟

(钟山电子技术研究所)

摘要——用厚度为 $12\mu\text{m}$ 的薄靶、低束温层流枪及合适的二次发射层等新技术、新工艺，已制出温差 0.5°C 时空间分辨率为 220 线/象高的高性能热释电摄像管，并投入批量生产。

符号意义

η 入射在管子面板被靶所吸收的能量 ρ 材料的热释电系数 $[(\text{C}/\text{cm}^2 \cdot \text{K}) \times 10^{-8}]$ A_s 靶面面积 (cm^2) ρ 密度 (g/cm^3) c_p 比热 ($\text{J}/\text{g} \cdot \text{K}$) K 斯蒂芬-玻尔兹曼常数, 5.67×10^{-12} $\text{W}/\text{cm}^2 \cdot \text{K}^4$ T_0 环境温度 (K) τ 大气与光学系统的平均透过率	F 光学系数的 F 数 C 靶电容 K_1 玻尔兹曼常数, $1.38 \times 10^{-23} \text{J}/\text{K}$ $T_B(I_p)$ I_p 本底电流下的电子束等效束温 $\Delta\phi$ 靶和阴极间的功函数 T_R 电子速度分布函数, 可当作束温计量 I_{BF} 回扫期间束电流 (A) τ_2 回扫时间 (s) τ_1 总的水平扫描时间 (s)
---	--

一、薄靶结构

1. 分析^[1~4]

用描述热释电效应的集总模型可求得最大温度响应率为

$$R_T = 4kT_0^3 H \eta \rho A_s / \rho c_p \delta \quad (\text{A}/^\circ\text{C}), \quad (1)$$

式中 $H = \tau/4F^2$, 由此式可知, 温度响应率和靶面厚度成反比, 而最小靶厚度 δ_{\min} 和介电常数 ϵ_r 有下列关系:

$$\delta_{\min} = \epsilon_r \epsilon_0 A_s / C_{\max} = \epsilon_r \epsilon_0 A_s R_b / \tau_f \quad (2)$$

在本底电流为 $50 \sim 100 \text{ nA}$ 范围内, 采用层流枪, 对纯 TGS, $\delta_{\min} = 14 \mu\text{m}$; 对氧化 TGS, $\delta_{\min} = 9 \mu\text{m}$ 。

本文 1984 年 1 月 25 日收到。修改稿 1984 年 8 月 12 日收到。

* 全文将发表于《红外研究》英文版(1985)。

2. 实施与结果

厚度为 $10\mu\text{m}$ 左右的靶极易碎裂。为此, 采用薄膜支撑, 以提高大面积薄晶体的强度。其结构如图 1 所示。

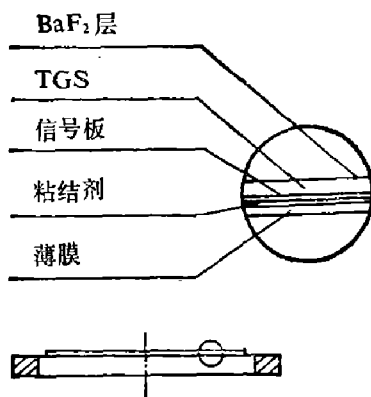


图 1 靶面结构

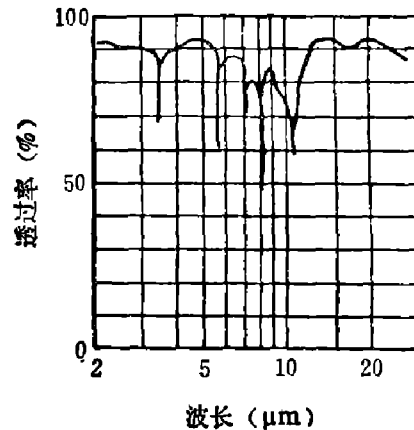


图 2 薄膜的红外透射性能

把用机械方法研磨到 $30\mu\text{m}$ 左右的晶体一面蒸涂一层几十毫微米的信号板, 另用撑膜螺丝撑平并绷紧 $2\mu\text{m}$ 左右的聚合物薄膜, 薄膜透红外性能如图 2 所示。把蒸涂过信号板的 TGS 薄片用粘结剂紧贴在薄膜上。在一定比例酒精和水的混合液中, 控制液温在某一温度, 以一定的腐蚀速率减薄靶面, 晶体相对于腐蚀液作自转和平移运动, 直到 TGS 薄片被腐蚀到 $12\mu\text{m}$ 为止。

据对比测试, 靶面厚度从 $30\mu\text{m}$ 减薄到 $12\mu\text{m}$, 在温差为 1°C 时空间分辨率从原来的 110 线/象高提高到 230 线/象高(见图 10 中 II、III 两条曲线)。

二、低束温层流枪

1. 分析

电子束读出时间常数 $\tau_L = O/G_B$, 其一阶时间常数可由下式表示:

$$\tau_L = \frac{OK_1 T_B (I_p)}{e I_p} \quad (3)$$

从式(3)可知, 减小电子束等效束温可有效地减小电子束放电滞后。

电子枪发射的电子轴向速度分布可由测量电子束垂直打上导电板时的“电子束着靶曲线”确定, 离开阴极中心部分的轴向电子速度分布近似于麦克斯韦速度分布, 靶接受的束电流 I_a 和靶电位 V_t 的关系为

$$I_a = I_0 \exp\left[\frac{e}{K_1 T_B} (V_t - \Delta\phi)\right], \quad (V_t \leq \Delta\phi); \quad (4)$$

$$I_a = I_0, \quad (V_t \geq \Delta\phi). \quad (5)$$

按方程所示, 在 $V_t \leq \Delta\phi$ 时 $\ln I_a - V_t$ 曲线应当是斜率为 $e/K_1 T_B$ 的直线。然而用三极管电子枪的着靶曲线与之相比有显著的差别。在低电位时, 接收到的电流比对应的麦克斯韦分布电流要大得多。显然, 有较大数量的速度足够高的电子, 尽管电位低, 仍能到达靶面。电子束的束温能从曲线斜率推导得到, 对 100nA 束流的交叉枪, 其束温为 3300K , 也就是远高于阴极温度(约 1000K)。之所以有如此大的差异, 乃是三极管枪中出现电子相互作用

之故。

2. 实施与结果

所设计的无交叉截面低束温电子枪的结构如图 3 所示。

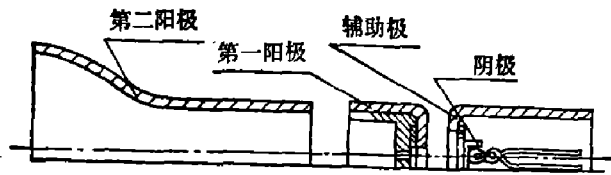


图 3 层流枪第一透镜示意图

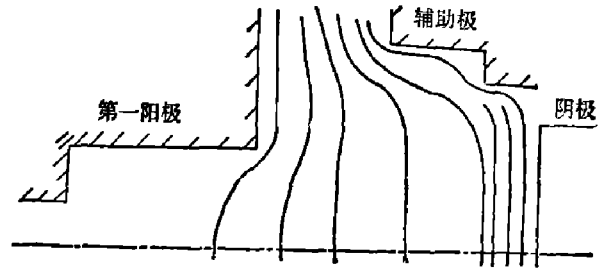


图 4 层流枪第一透镜等位面图

图 4 给出上述结构的计算机解。由于离开阴极表面电子横向速度热零散, 及阳极孔效应, 这样的电极系统实际上是一种弱发散透镜, 当阴阳极距离足够近和阳极孔较小时, 通过阳极孔电子束为发散角不大的平行流。

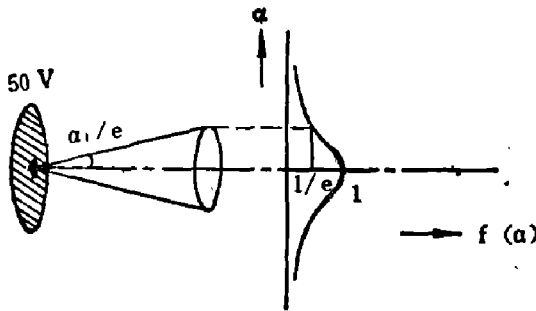


图 5 从层流枪第一阳极膜孔出射的电子束发射性能

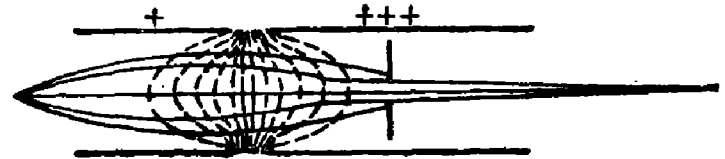


图 6 加速透镜的电子轨迹图

为减小离开阴极表面的电子横向速度热零散的影响, 在结构上采取双膜片措施, 第一膜孔阻挡了相当一部分的杂散电子, 对非常小的阳极膜孔, 电流密度是均匀的, 如果阳极孔的透镜作用忽略不计, 则电子束与管子轴线对应于亮度分布 $1/e$ 值的交角 $\alpha_{1/e}$ 可表示为

$$\alpha_{1/e} = \sqrt{K_1 T_0 / e V_a} \quad (\text{rad}), \quad (6)$$

标准阴极温度为 1000 K, 如果 $V_a = 50 \text{ V}$, 则 $\alpha \approx 23^\circ$ 。 $\alpha_{1/e}$ 是衡量电子束通过膜孔发散性的尺度。图 5 中 $f(\alpha)$ 是计及发射电子散度的“亮度分布”, 可看作高斯分布。

在所讨论的枪中, 由于第一透镜的阳极电压太低, 并且电子束过于发散, 通常采用的单电位透镜是不适宜的, 故用加速透镜聚焦。因为电子进入的加速透镜是一个电位平稳的递开区(图 6), 所以它们从开始就不断受到聚焦, 并趋向管轴。由于在聚焦过程中电子束较窄, 所以加速透镜有较小的象差, 可获得较好的分辨率。

电子束着靶曲线中, 曲线的斜率与电子束等效束温成比例。

实测层流枪和交叉枪的电子束着靶曲线示于图 7, 从曲线可看出层流枪的曲线斜率较

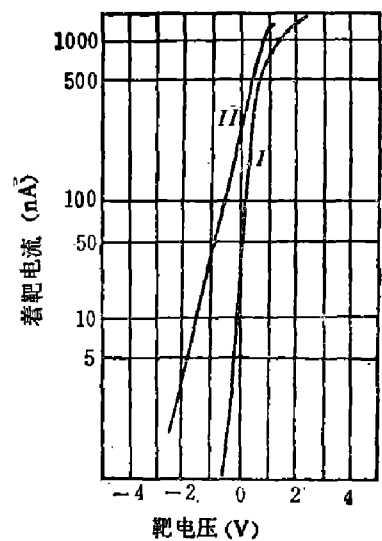


图 7 层流枪和交叉枪着靶曲线
曲线 I—层流枪着靶曲线;
曲线 II—交叉枪着靶曲线

交叉枪的曲线斜率有明显改进。

交叉枪的热释电摄像管,温差为 1°C 时空间分辨率为 80 线。采用层流枪后,在同样的温差条件下,空间分辨率约提高 40 线,最小可分辨温差有明显的改善(见图 10 的曲线对比)。另外,由于束阻抗降低给薄靶结构的实施创造了有利的条件。

对于充气型热释电摄像管,由于管子工作状态处于 10^{-3}mm Hg 压强下,这种条件对阴极很不利。图 8 示出交叉枪管子的阴极经过 500 小时工作后表面的损坏情况。而用层流枪结构的管子经过 2000 小时工作后(管号 B80T25、B80T26),电气参数不变,并且阴极面完整无损。

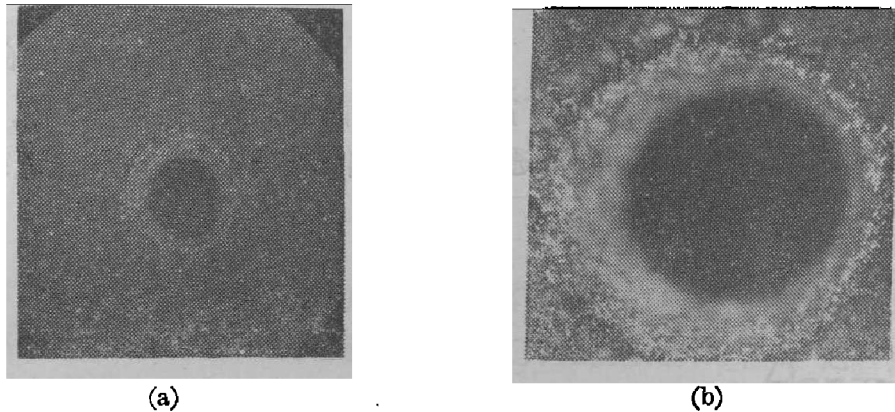


图 8 交叉枪管子阴极经 500 小时工作后表面损坏情况
(a) 整个阴极面 (b) 穿孔处局部放大

三、关于本底的获得

1. 分析^[4]

热释电摄像管中平均本底电流 \bar{I}_p 可表示为

$$\bar{I}_p = I_{BF}(\delta_0 - 1)\tau_2/\tau_1, \quad (7)$$

设回扫时束电流为 $5\mu\text{A}$, $\tau_2/\tau_1 \doteq 1/8$ 。为获得 200nA 的本底电流,则靶自由表面的二次发射系数 δ_0 应大于 1.32。

2. 实施与结果

硬真空管中电子束扫描面蒸涂一层 200nm 左右的 BaF_2 层。在水平回扫期间,阴极和第一阳极上加以一定的负脉冲电压,其幅度和宽度见图 9。

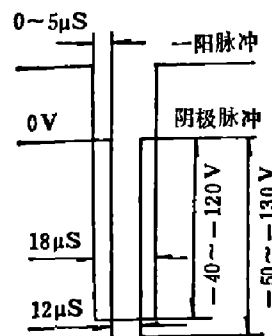


图 9 水平回扫期间阴极和第一阳极所加的脉冲电压的幅度和宽度

四、摄象管性能

我们研制的摄象管已达如下指标(硬管):

1. 温差 0.5°C 时空间分辨率为 220 线/象高;
2. 最小可分辨温差小于 0.2°C ;
3. 最大空间分辨率为 300 线/象高;
4. 温差 1°C 时的信号电流大于 4 nA ;
5. 本底电流不均匀性小于 20%;
6. 信号电流不均匀性小于 20%。

上述指标在平移调制情况下测得,其 MRT 曲线见图 10。

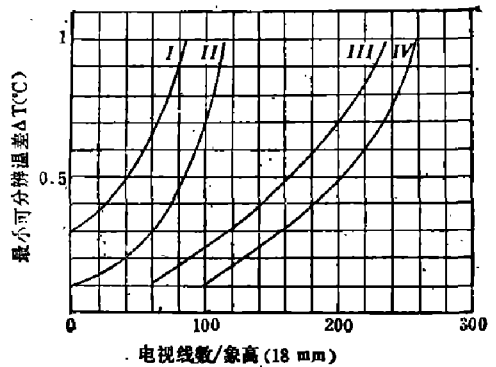


图 10 MRT 曲线

I—交叉枪,靶厚为 $30\mu\text{m}$ 的软管; II—层流枪,靶厚为 $30\mu\text{m}$ 的软管;
III—层流枪,靶厚为 $12\mu\text{m}$ 的软管; IV—层流枪,靶厚为 $12\mu\text{m}$ 的硬管

致谢——在层流枪计算机解题过程中得到电子工业部北京真空电子器件研究所赵景瑞同志的帮助。课题的实施和完成是课题组和有关同志共同努力的结果。

参 考 文 献

- [1] Garn L. E. et al., *IEEE Trans.*, **ED-24**(1977), 10:1221.
- [2] Watton R. et al., *J. Appl. Sci. Eng.*, **A2** (1977), 47.
- [3] Longan R. M., *Infrared Phys.*, **15** (1975), 1:51.
- [4] Singer B., *Advances in image pick up and display*, **3** (1977), 2.

HIGH PERFORMANCE PYROELECTRIC VIDICON

HE SHUMEI

(Zhongshan Research Institute of Electronic Technique)

ABSTRACT

A high performance pyroelectric vidicon with spatial frequency of 220 TVL per raster height at a temperature difference of 0.5°C is developed by using new technologies of making a thin target of $12\ \mu\text{m}$ thickness, a low beam temperature laminar flow gun and a proper secondary emission layer.