

W-Y₂O₃ 金属陶瓷阴极的二次发射*

毕建明

(北京电真空器件研究所)

(一) 引言

大功率磁控管用的高温阴极一般都含有放射性元素钍^[1-6]。但是文献[7]谈到了应用其他发射材料(主要是稀土氧化物)的可能性。

我们用氧化钇为发射物质研制成功了一种可用于大功率磁控管中的高温阴极—W-Y₂O₃ 金属陶瓷阴极^[8]。实验证明该阴极具有发射性能好、耐高温、耐轰击、蒸发小和寿命长等优点。本文将介绍该阴极的某些二次发射性能的实验结果。

(二) 实验方法

1. 实验管 实验管有两种型式,其结构示于图 1(a), (b)。图 1(a) 是测定室温下二次发射系数随一次电子能量变化用的实验管示意图;图 1(b) 是测定二次发射特性的

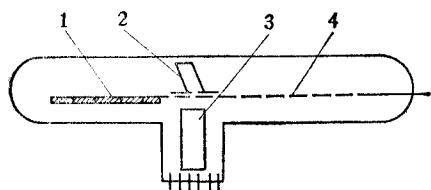


图 1(a) 测定室温下 $\delta-E_p$ 的实验管
1. 样品(可动), 2. 法拉第筒, 3. 电子枪, 4. 样品架

Fig. 1(a) Experimental tube for measuring $\delta-E_p$ at room temperature
1. Samples (movable), 2. Faraday-cylinder 3. Electron gun, 4. Support of samples

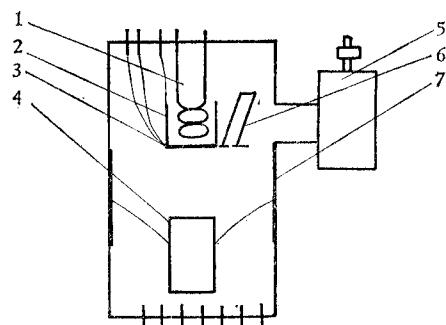


图 1(b) 测定 $V_{p1}-T_t$ 和 $\delta_{max}-T_t$ 的实验管
1. 热子, 2. 被测样品, 3. 热偶, 4. 电子枪,
5. 钛泵 6. 法拉第筒, 7. 石墨层

Fig. 1(b) Experimental tube for measuring
 $V_{p1}-T_t$ and $\delta_{max}-T_t$
1. Heater, 2. Sample, 3. Thermocouple,
4. Electron gun 5. Ti pump, 6. Faraday-cylinder, 7. Graphite layer

第一交叉点和最大二次发射系数随样品温度变化的实验管示意图。

2. 测试方法 设打在样品上的能量为 E_p 的一次电子流为 I_p , 从样品发射出来的二次电子流为 I_s , 进入样品的靶电流为 I_t , 则 I_p 、 I_s 和 I_t 间有如下关系:

* 1980 年 12 月 29 日收到。

1981 年 5 月 4 日修改定稿。

$$I_s = I_p - I_t,$$

$$\text{或 } \frac{I_s}{I_p} = 1 - \frac{I_t}{I_p}$$

式中 I_s/I_p 就是二次发射系数 δ . 如果 I_p 已知, 则测定 I_t , 就能求得 δ . 如果 E_p 变化时, 保持 I_p 不变, 则 I_t 随 E_p 的变化就可反映出 $\delta-E_p$ 的关系.

我们分别用直流法和脉冲法测出了 W-Y₂O₃ 金属陶瓷阴极在室温下的 $\delta-E_p$ 曲线, 以及第一交叉点 V_{p1} 和最大二次发射系数 δ_{\max} 随温度的变化. 测试线路图示于图 2(a), (b).

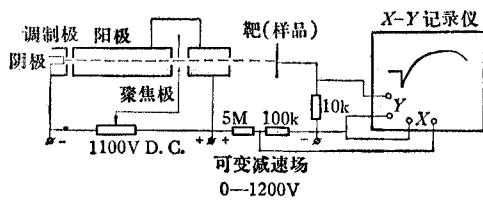


图 2(a) 直流法测试线路图

Fig. 2(a) D. C. method circuit diagram for measuring δ

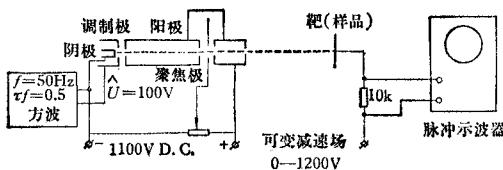


图 2(b) 脉冲法测试线路图

Fig. 2(b) Pulse method circuit diagram for measuring δ_{\max} and V_{p1}

用直流测量时, 先把调整好聚焦和电流数值的一次电流打入法拉第筒(筒和被测样品同电位). 使减速场电压在 0—1200V 间变化(即筒相对电子枪的阴极在 -100—1100V 间变化). 这时在 X—Y 记录仪上绘出的曲线就是在 E_p 变化范围内可能打到被测样品上去的一次电流(图 3). 记录下 I_p 之后将被测样品移至测量位置, 再次改变减速场电压在 X—Y 记录仪上绘出 I_t 的变化这样就获得了 $\delta-E_p$ 曲线.

为了把高温样品的二次电流从总的发射电流中分离出来, 我们用脉冲法测定 V_{p1} 和 δ_m 随温度的变化. 在脉冲法所用的实验管中, 电子枪口正对被测样品. 测试开始时先用一块小磁铁使一次电流偏转, 并进入法拉第筒(与筒口相平的电极片上涂上荧光物质用以监测 I_p 是否全部进入筒内), 调整好 I_p 的大小后记录下 I_p , 然后移去磁铁 改变减速电压, 观察并记录下 I_t 的最大值, 以及 I_t 为零时被测样品与电子枪阴极间的电位差. 这样就得到了 δ_{\max} 和 V_{p1} .

(三) 实验结果和讨论

1. 室温下的 $\delta-E_p$ 曲线 我们对 4 个样品进行了测试, 每个样品测定了不同位置的 4 个点, 所得 $\delta-E_p$ 曲线如图 3 所示. 第一交叉点和最大二次发射系数的数据列在

表 1 中。

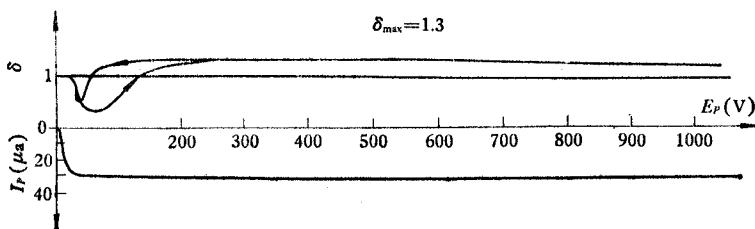


图 3 室温下 δ 和 E_p 的关系
Fig. 3 δ versus E_p at room temperature

表 1 W-Y₂O₃ 金属陶瓷阴极在室温下的 δ_{\max} 和 V_{p1}
Tab. 1 δ_{\max} and V_{p1} of W-Y₂O₃ cermet cathode at room temperature

样 品 号	测 试 位 置	δ_{\max}	V_{p1} (V)	
			E_p 0—1000	E_p 1000—0
1	(1)	1.29	140	52
	(2)	1.30	130	47
	(3)	1.31	125	47
	(4)	1.29	130	47
2	(1)	1.29	145	57
	(2)	1.32	135	47
	(3)	1.32	120	52
	(4)	1.29	130	52
3	(1)	1.28	130	57
	(2)	1.30	140	52
	(3)	1.30	140	52
	(4)	1.29	145	57
4	(1)	1.32	145	57
	(2)	1.28	140	52
	(3)	1.27	140	52
	(4)	1.29	140	57

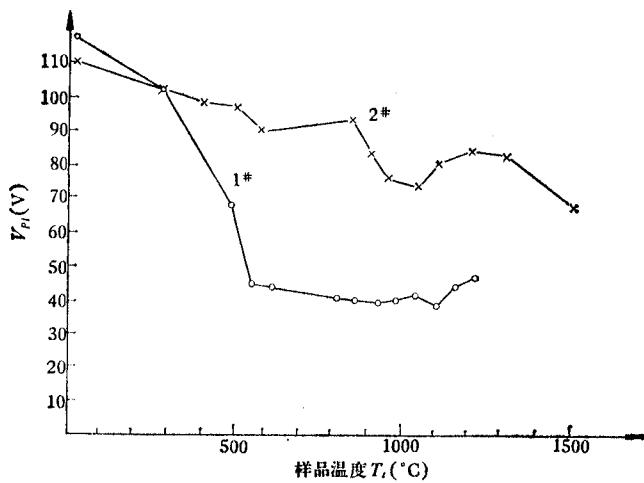
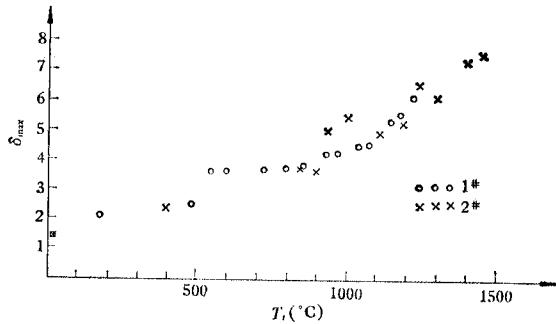
2. δ_{\max} 和 V_{p1} 随温度的变化 我们对 2 个样品进行了测试, 得到的 V_{p1} 和 δ_{\max} 随温度变化的情况示于图 4。

由实验结果可知:

(1) 室温下该阴极的 $\delta-E_p$ 曲线变化平缓, δ_{\max} 的平均值约为 1.3。 $\delta-E_p$ 曲线在低 E_p 部分呈不重复的迴线, 这可能是由于表面导电性不够好造成的。观测纯金属样品和高温状态下的 W-Y₂O₃ 阴极, 就不出现这种现象。

(2) 直流和脉冲测定的二次发射系数数值在实验误差范围内是一致的。

(3) 阴极温度增高, 二次发射性能变好(δ_{\max} 增大, V_{p1} 减小), 在 1400℃左右时 δ_{\max} 大于 7, V_{p1} 仅有几十伏。 δ_{\max} 随温度的变化两管基本一致, 但是 V_{p1} 随温度的变化不仅不一致而且都呈现较复杂的关系。对此我们尚未进行深入的研究, 但初步认为这可能是

图 4(a) V_{p1} 随样品温度的变化Fig. 4(a) V_{p1} versus the temperature of samples T_s 图 4(b) δ_{\max} 随样品温度的变化Fig. 4(b) δ_{\max} versus the temperature of samples T_s

因为 V_{p1} 的数值与阴极表面状态的关系更为密切的缘故。

(四) 磁控管中的应用试验

试验所用的磁控管是一个 S 波段脉冲磁控管, 输出峰值功率为 2.3MW, 脉宽为 $1.2\mu s$, 重复频率为 1000Hz, 阴极电流密度为 $6.2A/cm^2$, 阴极工作温度约 1420°C。在 40 多只管子中的试验结果表明, 该阴极工作稳定, 性能良好, 通过了 500 小时的寿命摸底试验。对经过 500 小时寿命试验的阴极进行分析和测试表明, 表面形貌和发射物质的含量变化不大, 二次发射系数还略有增长。

所有这些结果证明 W-Y₂O₃ 阴极是能适用于大功率磁控管运用的一种较好的高温阴极。

实验所用的二次发射测试装置是由邓又强同志安装的, 特此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 磁控管设计手册, 阴极及其组件的设计, 电子管设计手册编辑部。
- [2] QK338 解剖报告(内部资料)。
- [3] 沢田哲夫等, 东芝しひエー, **15** (1962), 988。
- [4] 铃木太郎, 东芝しひエー, **20** (1965), 28。
- [5] 铃木太郎、岩崎贤夫, 东芝しひエー, **18** (1963), 990。
- [6] E. C. Okress, IRE Trans. on ED, **ED-4** (1961), 1957.
- [7] 电子情报, 热电子阴极, 1974 年, 第 12 期, 第 1 页。
- [8] 毕建明、王光运等, 氧化钇金属陶瓷阴极研制报告(内部资料)。

SOME SECONDARY EMISSION PROPERTIES OF W-Y₂O₃ CERMET CATHODE

Bi Jian-ming

(Beijing Vacuum Electron Devices Research Institute)

Using DC and pulse retarding field methods, we have measured the effect of increasing primary electron energy on the secondary emission coefficient of W-Y₂O₃ cermet cathode at room-temperature, and the variation of the first crossover and the maximum secondary emission coefficient (δ_{\max}) from room-temperature to 1500°C, respectively. The secondary emission properties are getting better as the temperature of the cathode rises. $\delta_{\max} > 7$ at 1400°C. The experimental results obtained in magnetrons show that this kind of cathode is good to be used in high power magnetrons at high temperature.