

内部参考资料

注意保存

来华技术座谈资料

可 变 电 阻 器

天津市科学技术情报所

一九七六年四月

目 录

一、日本东京コスモス电机株式会社概况

二、碳膜片的动噪音问题

三、线绕电位器

四、金属膜电位器和金属玻璃釉电位器

一、日本コスモス电机株式会社概况

该公司是日本生产电位器的最大厂家之一，共有3个分厂，厂房面积达1万平方米，职工约730名。所生产的电位器约有500多个品种规格。每月产量达300万只，占全日本总产量的50%。照像机光圈用电位器每月产量达60万只，占全日本总产量的80%。

表1 各类电位器生产比例如下

电 位 器 名 称	%
碳 膜 电 位 器	50
线 绕 电 位 器	18
金属玻璃釉电位器	30
金 属 膜 电 位 器	2

该公司所属单位、人员、产品情况如下(表2)，前后方人员配比如表3。

表2

单 位	人 员	产 品
东京コスモス电机株式会社(本部)	150人	金属膜电位器，碳膜电位器，照像机光圈可调电位器(碳膜)
神 奈 川	300人	碳膜电位器，技术研究所，照像机光圈可调电位器(金属膜)
协 作 工 厂	100人	氧化锡电位器；金属玻璃釉电位器
白 河	100人	线绕电位器，酚醛树脂成型
柳 津	100人	
三 鹰	80人	金属玻璃釉电位器，光电池

表3

项 目	人 员	内 容
产 品 设 计	10	各种电位器的结构设计
研 究 所	20	各种膜类研究及新品研究
自动化研究	10	电位器和照像机电位器自动装配
产 品 装 配	438	各种电位器的装配

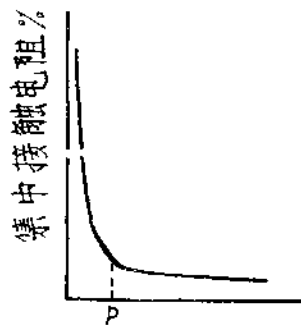
二、碳膜片的动噪音问题

可变电阻器(电位器)的动噪音大小主要由接触点结构,电阻体的制造工艺和装配结构三方面决定的。日本コスモス公司十多年来作了大量的研究工作,并取得了一定的效果。

(一) 接触点

是一个重要部件,它直接影响电位器的接触电阻大小,旋转寿命,动噪音等。

为了保证良好的接触和耐磨性,该公司采取了磷青铜材料表面镀银后再镀一层 $0.3 \sim 0.5\mu$ 的铑Rh的工艺措施,以提高耐磨性和防氧化。在保证电位器的触点与碳膜片表面有较好的匹配关系的前提下,尽量增加触点的压力,以减小其接触电阻,如图1所示。



弹簧压力 p 和集中总接触电阻之间的关系图 1

该公司所生产的 RV20 型电位器的触点结构经过了四次的设计改进,如图2所示。每种触点形式在加200g的力经过15000次耐磨试验后其接触不良率见表4。

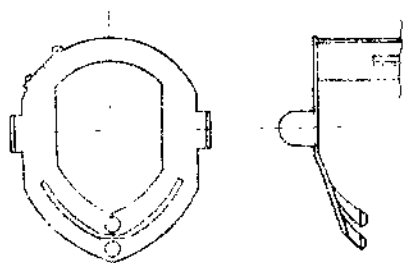


图2-1 材料 $t0.15\text{PBS-EH}$ 或
处理 酸洗

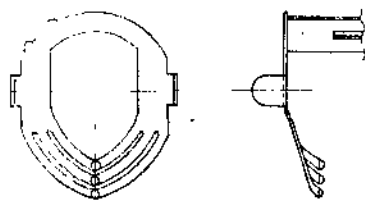


图2-2 材料: $t0.2\text{PBS-EH}$
处理: 酸洗

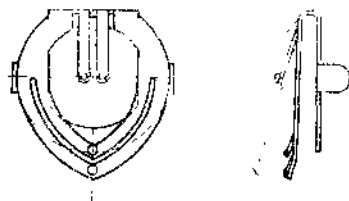


图2-3 材料: $t0.2\text{PBS-EH}$
处理: $\text{Ag}3-\text{Rh}0.3 \sim 0.5\mu$

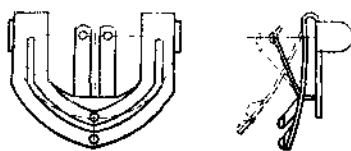
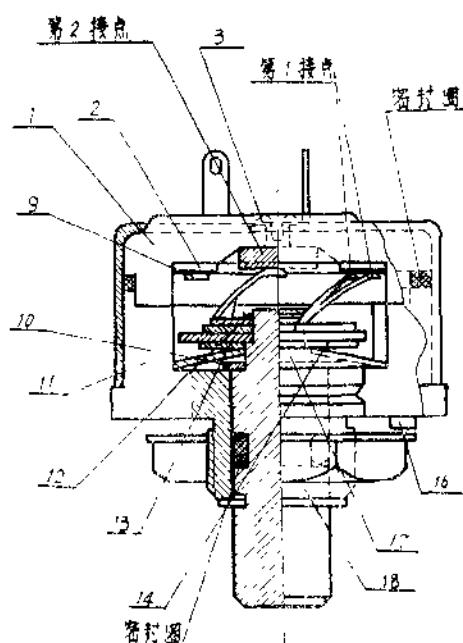


图2-4 材料: $t0.2\text{PBS-EH}$
处理: $\text{hAg}10$ 或 $\text{Ag}3-\text{Rh}1.3$

表 4	
触 点 形 式	接 触 不 良 率
图 2—1	60%
图 2—2	8%
	镀银 2%
图 2—3	镀银铱 0.5%
图 2—4	镀银铱 0.01%



(二) 密封

为了使电位器的触点有良好的接触，防止外界的气体侵入氧化，必须采取密封的方法，即外壳与基座装配，轴与轴套配合上都采用了硅橡胶圈密封的方法。如图 3 所示。轴与轴套采用了截面为椭圆形  密封圈装配时要点润滑油，保证轴在旋转时不至由于密封圈与轴和套的弹性摩擦而自动回转。外壳与基座装配时一般采用方形断面  密封圈。另外在外壳与焊片铆接处点环氧树脂，提高产品的密封性。

(三) 润滑油和粘结剂的选择

电位器在高温长期放置时要特别注意润滑剂和粘结剂的挥发气体对于膜层的沉积覆盖以及对于接触件弹性的影响。

下面把四种不同类型的密封和开放(不含壳)的产品，同时在高温下放置 1000 小时后，其集中接触电阻和接触片的压力变化情况如下，表 5 示。

表 5

产品型号	产品性质	放置温度	开 放 式		密 封	
			$\Delta\gamma$	ρ	$\Delta\gamma$	ρ
MF16	金 属 膜	130°C	1.8%	109g	9.5%	96g
WR16(F)	线绕酚醛骨架	120°C	0.2%	102g	5.0%	101g
WR16(D)	线绕尼龙66骨架	120°C	0.2%	92g	5.8%	103g
RV16	碳 膜	120°C	3.7%	51.5g	5.3%	42g

$$\Delta r - \text{集中接触电阻} = \frac{(R_{1-2} + R_{2-3}) - R_{1-3}}{2 R_{1-3}}$$

ρ —接触片压力

(四)碳素膜的制造

目前该公司的成膜方法是采用丝网印刷法，代替了40年代的涂抹方法。

1.成膜工艺过程：电阻浆液—印刷—聚合—冲压
纸—板

2.膜片的断面结构如图4所示：



3.膜片制造中应注意的要点

(1)膜层树脂和纸胶板树脂应保证一致性，这样对于浆液与纸板的附着力有直接的关系，并保证线胀系数相近似以防聚合时产生应力。

(2)基板(纸胶板)应是无酸碱的，印刷前必须进行静电处理和干燥处理，这是相当重要的，是对噪音大小和膜的质量十分重要的，因此必须严肃对待。

(3)印刷时注意室温、机温、料温应一致，把随时搅拌的浆料放到印刷机的丝网上静放15分至20分钟，消除气泡，再进行印刷，但印刷面积、速度、压力、丝网与纸板的间隔是很重要的，印刷后的纸板要放置15分钟，消除纹路自动流平后，再进行烘烤。一般 $\phi 10$ 外径膜片一次可印刷200个左右。

(4)聚合问题如图5所示：

①挥发出来的有害气体要随时排出，因隧道炉上部的排气道要多设。

②炉温要保持恒温，因此膜片进出口处面积应控制到最小，放置膜片的数量应均匀，以防空气对流炉温不稳。

③隧道炉中的履带采用不锈钢，并把碳膜片支承起来与履带保持一定距离，注意膜片在炉中位置要保证辐射对流，保证膜片上下面的辐射温度相平衡，以防由于履带对膜片直接导热产生变形和阻值不稳。

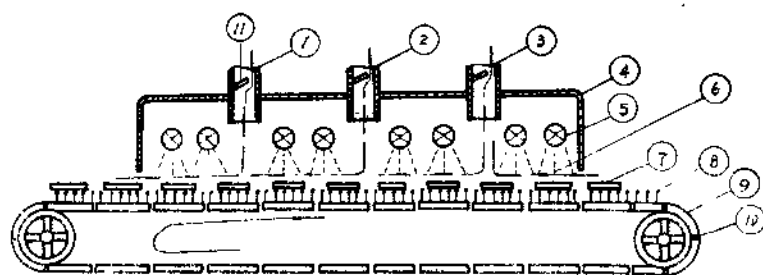


图5 隧道炉示意图

- 1,2,3,4.排气孔 4 隧道炉保温层 5.红外灯 6.红外线
7.基片 8.托基片钢丝 9.反射用不锈钢板 10.传送带
11.排气挡板

三、线绕电位器

cosmos公司对线绕电位器作了多次改进，主要是对绕组骨架材料方面进行周密的研究，如表6。

表6

序号	材 料 性 能	骨 架			
		硬 化 纤维塑料	聚 乙 烯 塑 料	聚 四 氟 乙 烯	被有绝缘层 电工扁线
1	加 工 性	复杂操作 困难			优
2	耐 磨	易断线		较 好	好
3	效 率	低		较 高	高
4	耐 温		低	良	优
5	表面处理			表面必须进行 活化处理	
6	腐 蚀				无氯钠离子 优
7	价 格				便 宜
8	成 形				易
9	自 动 化				易

从上表中可以看出，在使用聚四氟乙烯材料时表面必须进行活化处理才能保证3000

小时的试验无质量事故，同时在选择材料时要注意氯钠离子对电阻线材腐蚀作用，以防断线。因此采用被有绝缘层的电工扁线，经过3000小时的试验是好的材料。

(一) 线绕电位器对合金电阻丝应有特殊要求；

1. 线材对接触刷磨损要小；
2. 抗拉强度要大；
3. 常态下耐高温 250°C ，而不氧化；
4. 线材的焊接性能要好；
5. 抗腐蚀耐潮湿性能好。

绕组应涂有粘结剂，防止绕线松动，接触面应进行抛光，清除粘结剂。电刷和绕组间接触面要大，大到多少要根据电位器精度、外型尺寸和线径粗细进行选择。电刷的压力一般大一些好，但压力不能过大，否则会影响耐磨寿命，因此，选择压力大小要考虑耐磨寿命。对滑动次数多的压力要选择小一些，半固定用的压力可大些。

(二) 绕组接触面上经过防氧化处理，可用硅系润滑脂，不涂防氧化剂在存放期间或使用过程中发热合金表面易氧化，噪声就大。普通电位器不可能用贵金属丝或氢气保护，该公司做了大量工作，在绕组接触面涂防氧化润滑剂还是可行的。所以在降低电位器噪声方面重点放在防氧化的基础上，在绕组接触面上涂一层油脂，防止与空气接触，涂复效果怎样要对油脂有一定要求；

1. 要有一定的稠度，稠度小了要流失，大了要影响接触；
2. 无杂质，挥发物要少；
3. 在 $-60\sim+150^{\circ}\text{C}$ 不固化和液化；
4. 长期不树脂化(硬化)。

该cosmos公司采用了锂系和硅系油脂，经做加速试验以及高温放置后性能良好。

四、金属膜电位器和金属玻璃釉电位器

以前，电位器的电阻体是以碳膜和线绕为主，线绕电位器具有负荷功率高，性能稳定等特点；碳膜电位器具有原材料广泛、价格便宜等优点。因此线绕电位器和碳膜电位器得到了广泛应用。但随着无线电技术的发展，对电子元器件提出了小型化、频率特性好和可靠性高等要求，出现了金属膜电位器和金属玻璃釉电位器。现将日本コスモス电机株式会社生产的金属膜电位器和金属玻璃釉电位器介绍如下。

(一) 金属膜电位器

日本东京コスモス电机株式会社有很多品种是以Cr—SiO 和Ta—N为电阻体的金属膜电位器。

1. 金属膜电位器电阻体的制造工艺流程, (以Cr—SiO系为例):

基片的检查—→蒸发Cr—SiO电阻膜—→蒸发Cr/pt—Au电阻极膜—→光刻

(1) 金属膜电位器一般选用96%的氧化铝瓷、镁橄榄石和滑石瓷作为基片, 从表面容易研磨和价钱便宜来考虑, 以使用滑石瓷为最多。

真空蒸发法对基片表面要求较高, 除了要用酒精、苯之类溶剂清洗之外, 还要用800[#]、8000[#] 金刚砂研磨, 最后再用SiO₂粉末进行镜面抛光。

(2) 蒸发Cr—SiO膜

Cr—SiO是用真空蒸发法在基片上形成的一层薄膜。

真空蒸发器:

真 空 室: $\phi 400\text{mm}$, 高400mm。

真 空 泵: 机械泵, 300立升/分,

油扩散泵, 6吋。

加 热 器: 钨舟。

当真空室的真空度达到 10^{-6}mmHg 时, 钨舟由程序控制加热, 使Cr—SiO蒸发, 淀积在温度为300~350°C的基片上, 并由电阻监控使基片的Cr—SiO膜层达到所需的阻值。停止蒸发后保温20~30分钟, 以消除其内应力。

Cr—SiO膜是贱金属膜层, 在空气中很容易氧化, 在表面形成一层氧化膜。对于电位器来说, 电阻主体上形成氧化膜则与触点的接触电阻很大, 使其性能变坏。为了避免这点, 在蒸发Cr—SiO膜层后, 在真空室内立即蒸发一层PtAk等贵金属膜层——称为接触涂层(如图6所示)。该接触涂层很薄, 在贱金属膜上形成一个个小岛。(如图7所示)。取出进行热处理, 使贱金属暴露部分强制氧化。通过这样的钝化处理, 可使阻值漂移抑制在很小范围(如图8所示)。这样, 当触点与电阻体接触时, 是与贵金属小岛很好地接触(如图9所示)改善了电位器的电性能。

Ta—N系是用阴极溅射法在基片上形成一层薄膜。电极间电压高达2500V左右。阴极由溅射材料钽皮做成, 工作室内充有氩气和氮气, 调节氮气的分压(一般在0.5—2.0%)控制膜层中Ta₂N的含量。

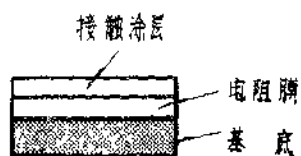


图6 双重膜构造

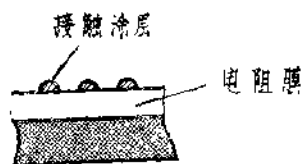


图7 刚蒸发完的接触涂层

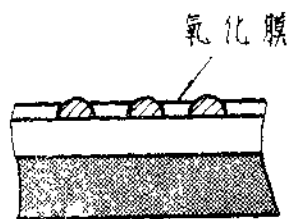


图8 强制氧化后

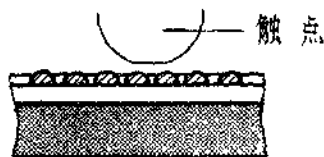


图9 接触的状态

(3) 蒸发电极

金属膜电位器是双层电极。为了提高附着力，首先在表面上蒸发一层Cr膜，然后再蒸发一层贵金属膜如Au、Pt等金属。

(4) 光刻(略)

2. 金属膜电位器的性能

(1) 阻值范围

Cr—SiO系的阻值范围较宽，一般在 50Ω — $100K\Omega$ ，有较好的电性能。

Ta—N系的阻值范围窄。

(2) 电阻的温度系数

Cr—SiO系的温度系数一般在 $\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ ，其阻值与温度系数的关系如图10所示。

曲线1、2、3、4是Cr与SiO的重量比例，分别为90:10，80:20，70:30，60:40

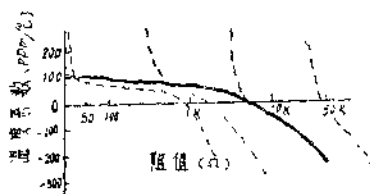


图10 电阻值和温度系数(Cr—SiO系)

时,阻值与温度系数的关系曲线。曲线5是一条综合曲线,在阻值为5K—6K时,温度系数为零。由综合曲线可以看出,Cr—SiO电阻的阻值范围比较宽,同时可以使温度系数不大于 $\pm 100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。

另外,在Cr—SiO膜上形成数埃到数十埃的贵金属层,除了改善接触电阻之外,还可增加电阻体的温度系数,从 $+50\sim +100\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。因此,为了使贱金属Cr—SiO膜与贵金属膜共同形成的电阻体有趋于零的温度系数,一般控制Cr—SiO膜的电阻温度系数为 $-10\sim +30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。

Ta—N系电阻温度系数比较大。图11给出了Ta—N系温度系数与工作室内氮气分压的关系曲线示意图。

(3)表7给出了Cr—SiO系电阻值的负荷寿命,旋转寿命等试验。

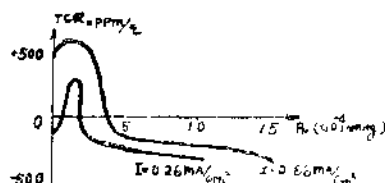


图 11

表 7

试验项目	电阻值变化率			试验条件
	100Ω	1K	10K	
负荷寿命	± 0.2	$0\sim +0.3$	$0\sim +0.6$	70°C , $\frac{1}{2}\text{W}$, 1000小时
高温放置	± 0.3	± 0.5	± 0.5	100°C , 1000小时
耐湿性	± 0.3	$0\sim +0.4$	$0\sim +0.6$	MIL—STD—202
旋转寿命	$0\sim -0.5$	$0\sim -1.0$	$0\sim 1.5$	无负荷15000次
长时放置	0.1	0.3	0.5	自然放置2年

(二)金属玻璃釉电位器

1.金属玻璃釉电位器电阻体的制造工艺如图12所示。

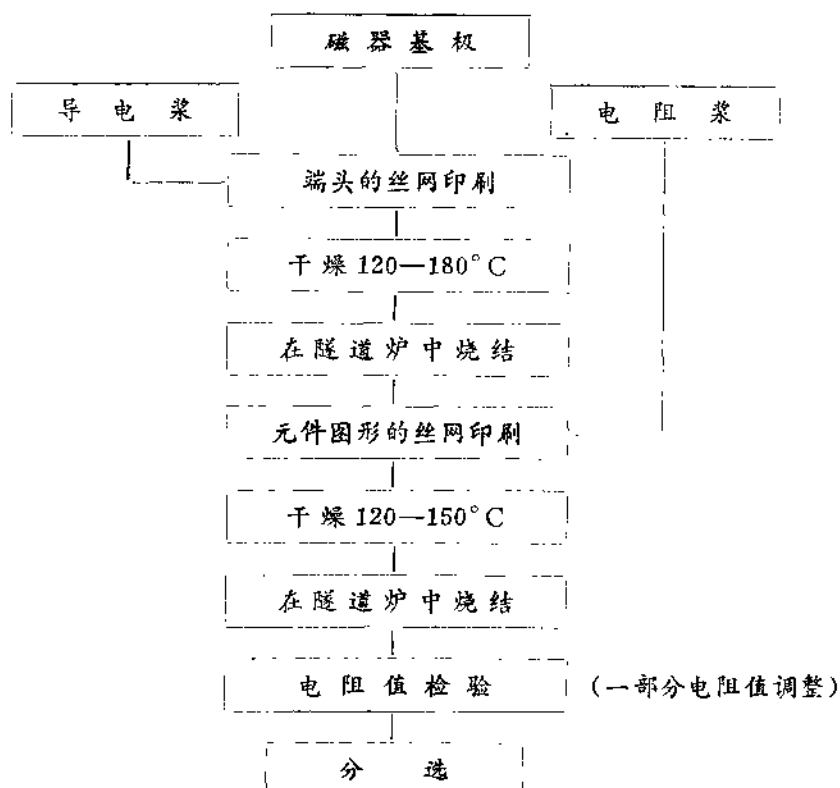


图12金属玻璃釉电位器电阻体工艺流程

(1)基片的种类与金属膜电位器相同。目前,使用氧化铝瓷基片越来越多,并且不用抛光。

(2)电极和电阻浆料

电极和电阻浆料是由“DuPont”、“タムラ化学”和“昭荣化学”供给的。电极浆料是Ag— $\rho\alpha$ 系,电阻浆料是Ag— $\rho\alpha$ 系和 RuO_2 系。目前,以 RuO_2 系为主,如表8所示。1200系适合作电位器。

(3)印刷、干燥与烧结。

表8

1200系	方阻	T·C·R ppm/°C (25°~125°C)
1221	100 Ω /□	± 100
1231	100 Ω /□	± 100
1241	10 K Ω /□	± 100
1251	100 K Ω /□	± 100
1261	1 M Ω /□	± 100

在印刷之前，浆料要充分搅拌，并在室温 20°C 搁置一定时间后进学印刷。筛网是200目的不锈钢网。漏版是乳胶感光膜，其厚度为22~25微米。一般应用半自动印刷机进行印刷。膜层与筛网的目数、线径、印刷速度和压力以及网版与基片的间隔有直接关系。印刷完毕，电阻膜需水平放置15分钟，使其膜面流平匀化。然后放入 $120^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中进行干燥。

经干燥的电阻体放入隧道炉，按一定的温度曲线进行烧结。图 13.14 给出了烧结曲线和隧道炉的示意图。

在烧结过中，需对炉温、升温速度和气氛严格控制。尤其是烧结气氛影响甚大。因此，在炉身的上方要按装能调节流量的排气孔，使挥发气体和残余气体由排气孔排出。日本コスモス电机株式会社认为，隧道炉按装排气孔是保证金属玻璃釉电位器具有优良特性的重要因素之一。第一、三排气孔的流量为 $12\sim 25\text{厘米}^3/\text{秒}$ ，第二排气孔的流量为 $0.5\sim 5\text{厘米}^3/\text{秒}$ ，烧结温度Ag— $\rho\alpha$ 系： $750^{\circ}\sim 800^{\circ}\text{C}$ 。RuO₂系： $800^{\circ}\sim 850^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 烧结后进行阻值测量。

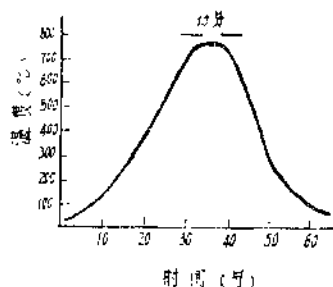


图13 烧结温度曲线

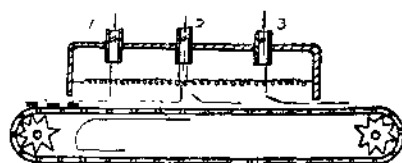


图14 隧道炉示意图

2. 金属玻璃釉电位器的性能

(1) 阻值范围

金属玻璃釉电位器的阻值范围比较宽广，一般从 $100\Omega/\square \sim 1\text{M}\Omega/\square$ 。从日本コスモス电机株式会社来看，高负荷、高阻值的电位器采用金属玻璃釉电阻材料；高精度、低阻值的电位器采用金属膜电阻材料。

(2) 温度系数

在 $25^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{C}$ 间，电位器的T.C.R为 $\pm 150\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ ； $\pm 100\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ ； $\pm 50\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 。

同一种浆料，T.C.R可以出现如图15的情况。曲线1是对工艺严加控制，T.C.R都在 $\sim 100\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 范围内。曲线2的T.C.R在 $+100\sim -100\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ 范围，是由工艺控制不严

造成的。

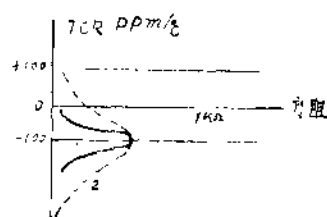


图15 TCR与阻值关系曲线

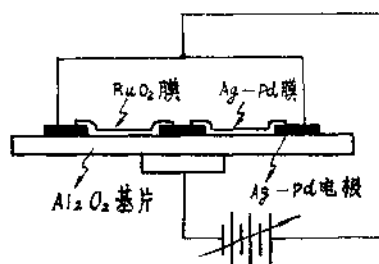


图16 电压敏感试验示意图

(3) 电压敏感试验

Ag— $\rho\alpha$ 系和 RuO_2 系比较, Ag— $\rho\alpha$ 系电阻体对高电压敏感性强。因此, 膜的稳定性差。按图16进行试验, 阻值变化如表9所示。

表 9		
阻 值	种 类	阻 值 变 化
91K $\Omega/\square$	RuO_2	-0.3%
10.5K $\Omega/\square$	Ag— $\rho\alpha$	-8.7%
	RuO_2	-0.1%
	Ag— $\rho\alpha$	-0.4%

(4) 接触电阻

金属玻璃釉电位器的触点与电阻体膜面的接触电阻大小与动噪声有极大关系。金属玻璃釉电位器都选用碳作触点, 其优点如下:

- ①碳触点与压力的依赖关系小;
- ②在碳中加入百分之几的银, 可提高润滑性;
- ③碳的耐热性好, 触点不因通电流发热而起变化;
- ④碳容易做成各种形状;
- ⑤价钱便宜。

用碳作触点, 可以降低接触电阻。另外, 为了改善触点与电阻体的接触, 应使触点在电阻体的中心位置, 电阻体膜面可用0.5% HF酸溶液腐蚀数秒钟, 也可研磨。

日本コスモス株式会社为日本十几个生产照相机厂配套电位器。这些电位器要求高精度, 小体积、高分辨率和高可靠性等特点。因此, 照相机光圈用的电位器综合了金属膜和金属玻璃釉电位器的技术, 如用丝网印刷、烧结制出 $\text{Ag}-\rho\alpha$ 电极; 用蒸发法制成电阻体的膜层。即降低了成本, 又提高了电极的耐磨性, 也保证了电阻体膜层的高精度。

表10 对 比 表

项 目	RJC11DPN(金属膜)	RTC11PN(线绕)
总 阻 值	2 K Ω	2 K Ω
样 品	100个	100个
阻 值 误 差	-4.5%	+0.9%
另 位 电 阻	0.8 Ω	1.3 Ω
噪 音	0.3 Ω	0.6 Ω
温度特性 (-10 $^{\circ}\text{C}$ ~+85 $^{\circ}\text{C}$)	+89ppm/ $^{\circ}\text{C}$	$\pm 16\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$
耐 湿 性	0.37%	0.23%
噪 音	0.7 Ω	0.7 Ω
负 荷 寿 命 (40 $^{\circ}\text{C}$, 1000小时)	-0.68% (1.5w)	+0.25% ($^{\circ}/\text{w}$)
噪 音	0.54 Ω	0.46 Ω
低温 (-55 $^{\circ}\text{C}$ 2小时放 置, 45分加额定功率)	+0.03%	+0.25%
高温放置 (150 $^{\circ}\text{C}$ 无负荷100小时)	-0.05%	+0.21%
噪 音	1.2 Ω	9.2 Ω
旋转寿命(100回 0.5转/分)	-0.08%	0.19%
噪 音	7.2 Ω	0.54 Ω

注: 这两种产品在同一下条件进行试验, 比较噪音变化情况。