



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 93104009.4

[51]Int.Cl⁶

[45]授权公告日 1996 年 9 月 4 日

H01C 7/00

[24]颁证日 96.6.1

[21]申请号 93104009.4

[22]申请日 93.3.30

[30]优先权

[32]92.3.30 [33]JP[31]74518/92

[73]专利权人 E·I·内穆尔杜邦公司

地址 美国特拉华州

[72]发明人 早川佳一郎 佐藤刚 J·D·史密斯

W·博兰

H01B 1/08

[74]专利代理机构 上海专利商标事务所

代理人 张恒康

权利要求书 1 页 说明书 13 页 附图页数 0 页

[54]发明名称 厚膜电阻组合物

[57]摘要

提供一种具有低 TCR 长度效应的厚膜电阻组合物。该厚膜电阻组合物含有钇氧化物和钇烧绿石氧化物中的至少一种作为导电组分，其特征在于该组合物具有掺入的 0.02-5.0 重量%的银。

权 利 要 求 书

1. 一种厚膜电阻组合物，包括氧化钨和钨烧绿石氧化物中的至少一种作为导电组分，其特征在于，所述的组合物中含有掺入的0.02—5.0重量%的银。

说 明 书

厚膜电阻组合物

本发明涉及包含钨氧化物和/或钨烧绿石氧化物作为导电组分的厚膜电阻组合物,更具体地说,涉及用于与 Pd/Ag 电极或 Ag 电极相结合的厚膜电阻组合物。

广泛用于厚膜电阻电子部件,厚膜混合电路等的厚膜电阻组合物,是一种可通过将组合物印刷在形成于绝缘基体表面的导电图形或电极上,然后将印刷膜烧结而形成电阻厚膜的组合物。

厚膜电阻组合物是通过将导电组分和无机粘合剂分散在有机介质(载体)中而制备的。导电组分是决定厚膜电阻的电学性质的主要因素,而钨氧化物或类似物被用作这种组分。无机粘合剂包括玻璃,对保持厚膜完整并将膜粘合在基体上起重要作用。有机介质是一种影响本申请组合物的涂敷性质,尤其是流变学性质的分散介质。

当厚膜电阻组合物是用于混合微电路或集成电路的电阻时,电阻的高电学稳定性是重要的,尤其是由于衬垫长度(宽度)变化引起的各种电阻的电阻温度系数(TCR)的变化要小。近年来,依据设备设计的不同,电阻的尺寸变化很大,可从很小,比方 $0.3 \times 0.3\text{mm}^2$ 到好几毫米平方。但是,当这样的电阻与 Pd/Ag 电极或 Ag 电极相结合时,长度小的电阻会引起问题,即所得印刷膜的形状或膜厚会变化,或者 Ag 或类似物会从电极扩散到电阻中。这会引起电阻厚膜的电阻值和 TCR 的变化。电阻值的轻微变化,可通过激光调整,即用激光除去部分电阻厚膜,而调节至预定值。TCR 一旦变化后,不能有效地调整。因此,除电阻值之外,还希望 TCR 对电阻

衬垫长度的依赖程度要低，即长度效应要低。TCR 包括热 TCR (HTCR)和冷 TCR (CTCR)，较好的是 HTCR 和 CTCR 均具有低的长度效应。

至今已进行过各种改进，如改变厚膜电阻组合物配方和组分比例，以减低 TCR 的长度效应。但是没有得到满意的结果。

因此，本发明的目的是提供一种厚膜电阻组合物，它具有长度效应低的 TCR。

该目的的实现是通过将 0.02—5.0 重量% 的银混合到厚膜电阻组合物中，它含有钇氧化物和钇烧绿石氧化物中的至少一种作为导电组分。

以下更具体地阐述本发明。

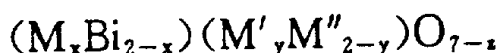
本发明的厚膜电阻组合物含有导电组分，无机粘合剂和有机介质（载体）作为基本组分，并且进一步含有 0.02—5.0 重量% 的银。银可以以任何形式存在于厚膜电阻组合物中，如金属银 (Ag)，银离子 (Ag^+)，或银化合物 (Ag_2O 或类似的)。本发明的厚膜电阻组合物的制备是通过混合导电组分、无机粘合剂和有机介质，如果需要，再加入有机添加剂。银可在制备组合物的任何阶段掺入。例如，银可以已经混合在导电组分或无机粘合剂中。或者，银可以作为无机添加剂加入厚膜电阻组合物中。而且，银也可以转化成有机金属化合物以混合入有机介质中。通过使用这种含银有机介质，可将银加入厚膜电阻组合物中。这些方法的结合使用，如将银既混合入玻璃又混合入有机介质中也是可行的。

厚膜电阻组合物中存在的银，降低了从电极扩散的银组分对电阻的 TCR 的影响。认为这会对改进厚膜电阻 TCR 的长度效应有好处。

A. 导电组分

本发明的厚膜电阻组合物含有钇氧化物或钇烧绿石氧化物作为导电组分。钇烧绿石氧化物是一类烧绿石氧化物，它是 Ru^{+4} ， Ir^{+4}

或两者的混合物(M'')的多组分化合物,该化合物用以下通式表示:



其中

M 是选自钇、铈、铟、镉、铅、铜以及稀土金属,

M' 选自铂、钛、铬、铈和铈,

M''是钇,铈或其混合物,

x 表示 0 到 2,但对一价铜 $x \leq 1$,

y 表示 0 到 0.5,但当 M' 是铈或者是铂、钛、铬、铈和铈中的两种或两种以上时, y 代表 0 到 1,和

z 表示 0 到 1,但当 M 是二价铅或镉时, z 至少等于约 $x/2$ 。

这些钇烧绿石氧化物在美国专利 No. 3,583,931 的说明书中有具体描述。

优选的钇绿石氧化物是钇酸钕 ($Bi_2Ru_2O_7$) 和钇酸铅 ($Pb_2Ru_2O_6$)。这些化合物可容易地以纯态得到,不受玻璃粘合剂的不利影响,TCR 值相对较低,甚至当在空气中加热至约 1000°C 仍然稳定,并且即使在还原气氛下也相对稳定。更优选的是钇酸铅 ($Pb_2Ru_2O_6$)。其它烧绿石, $Pb_{1.5}Bi_{0.5}Ru_2O_{6.20}$ 和 $CdBiRu_2O_{6.5}$,也可使用。在所有这些烧绿石化合物中 $y=0$ 。

氧化钇或钇烧绿石氧化物的用量比例为基于含有机介质的组合物总重量的 10—50%,较好是 12—40%。如果以无机固体组分总量为基准,这个比例则是 14—75 重量%,较好是 17—57 重量%。无机固体的总量是指导电组分和无机粘合剂的总量。当本发明的组合物在导电组分和无机粘合剂之外还含有无机添加剂时,所取的无机固体总量包括该无机添加剂。

B. 无机粘合剂

通常用于厚膜电阻组合物的各种玻璃都可用作本发明的厚膜电阻组合物中的无机粘合剂。即,可以使用含 40—80 重量% 的 PbO

和 10—50 重量% 的 SiO_2 的, 而 PbO 和 SiO_2 总量为 60% 或更高的玻璃。它们包括, 例如, 含约 23—34 重量% 的 SiO_2 的硅酸铅玻璃, 和含约 23—34 重量% 的 SiO_2 , 约 52—73 重量% 的 PbO , 和约 4—14 重量% 的 B_2O_3 的硼硅酸铅玻璃。可用作本发明的无机粘合剂的玻璃配方的例子列于表 1 和 2 中。列于这些表中的玻璃的例子可用常规制造方法生产。

表 1 玻璃粘合剂 (重量%)

	No1	No2	No3	No4	No5	No6	No7	No8	No9	No10
SiO_2	28.8	29.0	23.5	25.9	34.0	26.0	25.0	24.0	24.0	35.5
ZrO_2			4.0				4.0	4.0	2.0	
TiO_2								4.0		
B_2O_3			25.4	10.0		10.0	10.0	10.0	10.0	3.1
Al_2O_3			6.4	2.5	1.0	2.5	1.0	2.5	2.5	1.2
PbO	71.2	69.0		61.6	65.0	59.0	57.5	53.5	58.5	62.2
BaO			1.0							
CaO			4.0							
ZnO			27.2							
Li_2O		2.0				2.0	2.0	2.0	3.0	
Na_2O			8.5							

表 2 玻璃粘合剂 (mol %)

	No1	No2	No3	No4	No5	No6	No7	No8	No9	No10
SiO_2	60.0	56.2	28.0	49.3	65.4	46.4	45.0	41.8	42.3	62.5
ZrO_2			2.4				3.6	3.5	1.7	
TiO_2								5.2		
B_2O_3			25.9	16.3		15.3	15.4	14.9	15.1	4.9
Al_2O_3			4.4	2.9	1.0	2.7	1.0	2.5	2.6	1.3
PbO	40.0	36.0		31.5	33.6	28.4	27.8	25.0	27.7	31.3
BaO			0.5							
CaO			5.1							
ZnO			24.0							
Li_2O		7.8				7.2	7.2	7.0	10.8	
Na_2O			9.7							

在本发明的厚膜电阻组合物中, 以上列出的玻璃可用作无机粘

合剂。如果采用两种玻璃的混合物，第一种玻璃含 30—60 重量% SiO_2 ，5—30 重量% CaO ，1—40 重量% B_2O_3 ，0—50 重量% PbO ，和 0—20 重量% Al_2O_3 ，其中 SiO_2 ， CaO ， B_2O_3 ， PbO 和 Al_2O_3 的总量占第一种玻璃的 95 重量% 或更多，第二种是含 PbO — SiO_2 的玻璃，其中 PbO 至少占玻璃的 50 重量%，能得到更好的效果。

第一种玻璃仪含量高为 50 重量% 的氧化铅，因而它通常是高软化点玻璃。第二种玻璃至少含 50 重量% 氧化铅，因而它通常是低软化点玻璃。

第一种玻璃和第二种玻璃都不能单独用作厚膜电阻组合物的玻璃粘合剂，因为前一种玻璃不能烧结，而后者作为玻璃嫌太软，会使电阻成形差。通过混合这两种被认为不能单独使用的玻璃，本发明制得一种厚膜电阻，具有小的 TCR 长度效应而且由于烧结外层玻璃而造成的阻值变化和 TCR 变化小。这是相当出乎意料的。

第一种玻璃是 SiO_2 ， CaO ， B_2O_3 ， PbO 和 Al_2O_3 总量占玻璃的 95 重量% 或更高的玻璃。 SiO_2 的量至少要占 30 重量%。含量较低会导致无法达到足够高的软化点。但是，该含量必须少于或等于 60 重量%。比这再大的量会导致形成结晶硅。 CaO 的量至少要占 5 重量%，但必须少于或等于 30 重量%。含量超过 30% 会导致 Ca 与其它元素形成结晶。 B_2O_3 的量至少要为 1 重量%，但必须少于或等于 40 重量%。比它大的量可能导致无玻璃形成。 PbO 的量必须少于或等于 50 重量%。超过 50 重量% 的量会导致得不到足够高的软化点。较好是在 0—30 重量%，更好是 0—20 重量%。 Al_2O_3 的量必须少于或等于 20 重量%。超出 20 重量% 的量会导致不能形成玻璃。较好的量是 0—5 重量%。

以含有机介质的组合物总重量为基准，第一种玻璃的用量在 5—35 重量%，较好是 10—25 重量%。如果以无机固体总量为基准，则为 7—50 重量%，较好是 14—36 重量%。

第二种玻璃是 $\text{PbO}-\text{SiO}_2$ 玻璃，其 PbO 含量至少为 50 重量%。只有当第一种玻璃与第二种玻璃结合使用，才能降低电阻 TCR 的长度效应。

第二种玻璃较好含 50—80 重量% PbO ，10—35 重量% SiO_2 ，0—10 重量% Al_2O_3 ，1—10 重量% B_2O_3 ，1—10 重量% CuO ，和 1—10 重量% ZnO ，而 PbO ， SiO_2 ， Al_2O_3 ， B_2O_3 ， CuO 和 ZnO 占玻璃的 95 重量% 或更多。通过混合这种配方的第二种玻璃和前述的第一种玻璃，TCR 的长度效应和由于烧结外层玻璃而引起的阻值和 TCR 的变化被减低，烧结性质也得到改善。

第二种玻璃的用量为含有机介质的组合物总重量的 5—40%，较好是 10—35%。如果以无机固体的总量为基准，则是 7—57 重量%，较好是 14—50 重量%。

本发明的厚膜电阻可含有第三种玻璃作为玻璃粘合剂。第三种玻璃是 $\text{PbO}-\text{SiO}_2$ 玻璃，其软化点低于第一种玻璃，但高于第二种玻璃。例如，其配方为 65.0 重量% PbO ，34.0 重量% SiO_2 ，和 1.0 重量% Al_2O_3 。

第三种玻璃的用量为含有机质的组合物总重量的 0—30%，较好是 5—25%。如果以无机固体总量为基准，则为 0—43 重量%，较好为 7—36 重量%。

在本发明中用作无机粘合剂的玻璃，包括第一、第二和第三种玻璃，还可进一步含有少于 5 重量% 的组分以调节厚膜电阻的热膨胀系数和玻璃粘合剂的熟化温度。普通的基体，96% 的氧化铝陶瓷，其热膨胀系数为 $75 \times 10^{-7}/^\circ\text{C}$ ，因而厚膜电阻的热膨胀系数最好应当比它低。热膨胀系数可通过调节氧化硅、氧化铅和氧化硼的含量来调节。掺入少量的锂，钾或钠的氧化物可以调节热膨胀系数。氧化锂最好以约 3 重量% 的量掺入玻璃粘合剂组分中。高至约 4% 的 ZrO_2 能增强玻璃在碱溶液中抵御溶解的能力，而 TiO_2 能增强玻璃

抗酸腐蚀。当玻璃是不含 PbO 的硼硅酸铝锌玻璃时，掺入 Na_2O 可提供较佳的热膨胀系数范围。

作为无机粘合剂的第一、第二和第三种玻璃可用普通的玻璃制造技术生产。即，它们的生产可通过按所需的比例混合所需的组分或其前体，如 H_3BO_3 是 B_2O_3 的前体，然后将混合物加热熔融。如工艺上所熟知的，加热要加到峰值温度，直到熔体完全变成液体而且不再产生气体。在本发明中，峰值温度在 1100 到 1500°C ，通常是 1200 — 1400°C 。然后，典型的是将熔融物倒到冷带上或流动的冷水中淬火。然后，如果需要，将产物研磨以减小颗粒尺寸。

更具体地，这些玻璃的生产可通过在碳化硅炉中白金坩埚中在 1200 — 1400°C 电加热熔融 20 分钟到 1 小时。用旋转或振动粉碎机处理，最终颗粒大小可调节至 1 — $10\text{ }\mu\text{m}^2/\text{g}$ 。振动粉碎是通过将无机粉末和氧化铝小圆柱与水性介质一起装于容器中，然后将容器振动一定时间。

当要把银掺于无机粘合剂中时，较好是在生产过程中，将 Ag_2O 或 AgNO_3 作为无机粘合剂加入玻璃的起始物料中。在这种情况下， Ag_2O 或 AgNO_3 的量较好为玻璃的约 0.1 重量% 到约 10 重量%，或厚膜电阻组合物的约 0.02 重量% 到约 5 重量%。

C. 无机添加剂

本发明的厚膜电阻组合物可以进一步含无机添加剂，如 ZrSiO_4 或金属氧化物（如， MnO 或 Nb_2O_5 ）。 ZrSiO_4 有助于提高厚膜电阻的激光修整性质， MnO 和 Nb_2O_5 有助于调节 TCR。无机添加剂的用量为含有机介质的组合物总重量的 0—20%，或无机固体总量的 0—30 重量%。

当在本发明中除了导电组分或无机粘合剂之外还要掺入银作为无机添加剂时，较好的方法是将金属银粉末， Ag_2O 粉末或 AgNO_3 粉末与导电组分和无机粘合剂一起与有机介质混合。在这种情况下，

金属银， Ag_2O 或 AgNO_3 的量较好是厚膜电阻组合物的约 0.02 重量% 到约 5 重量%。优选的金属银粉末是球形的，颗粒大小为 $5\text{ }\mu\text{m}$ 或更小。 Ag_2O 较好的颗粒尺寸也是 $5\text{ }\mu\text{m}$ 或更小； AgNO_3 也是 $5\text{ }\mu\text{m}$ 或更小。

D. 有机介质

本发明的这些无机固体分散于有机介质或载体中，以形成可印刷的组合物糊。有机介质的用量为组合物总重量的 20—40%，较好为 25—35%。

任何惰性液体都可用作该载体。可采用水或某种有机液体，水或每种液体含有或不含增稠剂和/或稳定剂和/或其它普通添加剂。可采用的有机液体的例子是脂肪醇，这种醇的酯（如，乙酸酯和丙酸酯），萜烯类如松根油（pine root oil）或萜品醇，以及树脂（如，低级醇的聚甲基丙烯酸酯或乙基纤维素）在溶剂（如，松根油和乙二醇单乙酸酯的单丁基醚）中的溶液。载体中可掺入挥发性的液体以使它在施加到基材上以后能迅速固化。或者载体可由这种挥发性液体组成。较好的载体是以乙基纤维素和 β -萜品醇为基础的。

当本发明的有机介质中要掺入银时，较好是将银转变成有机金属化合物，如树脂酸银，并将它混合入有机介质中。银化合物的量较好是有机介质的约 0.05 重量% 到约 12.5 重量%，或厚膜电阻组合物的约 0.02 重量% 到约 5 重量%。

E. 制备，应用和试验方法

本发明的厚膜电阻组合物可用三辊轧机（triple roll mill）生产。

本发明的电阻组合物可在陶瓷，氧化铝或其它介电基材上用普通方法成膜。较好的是采用氧化铝基体，并将电阻组合物印刷在初步煅烧的钯—银或银接线端上。

通常，采用镂花模板技术较好。一般让印有图形的基体静置使

印刷图形平整，并在较高温度下如 150 °C 干燥约 10 分钟。然后在空气中在带式炉中在峰值温度约 850 °C 煅烧。

下面是对厚膜电阻组合物各种特征常数的测试方法的说明。

(1) 制备厚膜电阻组合物糊的方法

将预定量的无机固体和载体混合，用辊压机将混合物揉制成一糊状物。

(2) 印刷和煅烧

将 Pd/Ag 厚膜导体印刷在 1 英寸×1 英寸 (25 mm²) 96% 氧化铝基体上，使干厚膜度为 $18 \pm 2 \mu\text{m}$ ，然后在 150 °C 干燥 10 分钟。这种 Pd/Ag 厚膜导体在糊料中含有 0.5 重量% Pd。

然后，将厚膜电阻组合物糊印刷成 0.2 mm×0.2 mm，0.3 mm×0.3 mm，0.8 mm×0.8 mm 或 1.3 mm×1.3 mm。涂层厚度为使得干燥的膜厚为 $18 \pm 2 \mu\text{m}$ 。印刷膜在 150 °C 干燥 10 分钟，然后在带式炉中加热煅烧。带式炉的温度分布，是使在约 850 °C 的峰值温度下持续 10 分钟，然后冷却。煅烧时间是使得从加热开始超过 100 °C 到冷却到低于 100 °C 的时间为 30 分钟。

(3) 测量电阻，HTCR 和 CTCR

电阻 (R) 的测量是用接线端型探头用自动定量程自动平衡的数字式欧姆计进行，精度 0.01%。具体来说，样品放在测量室中的接线柱上，并与欧姆计电连接。测量室内温度调至 25 °C 并达到平衡。然后，测定每个样品电阻，并记录读数。

然后，将测量室温度提高至 125 °C 或降低至 -55 °C 并达到平衡。然后，再次测定每个样品的电阻，并记录读数。

从下列式子计算机 HTCR 和 CTCR：

$$\text{HTCR} = ((R_{125\text{C}} - R_{25\text{C}}) / R_{25\text{C}}) \times 10000 \text{ppm}/^\circ\text{C}$$

$$\text{CTCR} = ((R_{-55\text{C}} - R_{25\text{C}}) / R_{25\text{C}}) \times 10000 \text{ppm}/^\circ\text{C}$$

根据尺寸不同的两个电阻的 HTCR 的差值 (ΔHTCR) 和

CTCR 的差值 (ΔCTCR) 估价长度效应。

[实施例]

实例中用作导电组分的 $\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_6$ ，其制备是通过在空气中在 800—1000℃ 将 PbO 和 RuO_2 反应，然后将反应产物粉碎，得到表面积约 3—60 m^2/g 的细颗粒。在实例中， RuO_2 表面积约为 25 m^2/g 。

用作无机粘合剂的六种玻璃（玻璃 A，B1 和 B2，C，D1 和 D2），其制造是通过将预定的材料根据玻璃的配方在 1000—1700℃ 加热熔融 30 分钟至 5 小时，直至气体的产生彻底停止，然后将此熔融物在水中淬火；粉碎被淬火的产物，使比表面积为 2—5 m^2/g 。这些玻璃的配方列于表 3 中。玻璃 A 对应于前述的第一种玻璃，玻璃 B1 和 B2 对应于第二种玻璃，玻璃 C 对应于第三种玻璃。

表 3

玻璃 的种类	玻璃 A	玻璃 B1	玻璃 B2	玻璃 C	玻璃 D1	玻璃 D2
PbO	—	59.5	58.9	65.0	60	65
SiO_2	55.0	29.5	29.2	34.0	32	26
Al_2O_3	14.0	2.5	2.4	1.0	5	3
B_2O_3	7.5	3.1	3.1	—	3	5
CuO	—	2.8	2.8	—	—	—
ZnO	—	2.6	2.6	—	—	—
CaO	21.5	—	—	—	—	—
$\text{TiO}_2/$	0.5	—	—	—	—	—
Fe_2O_3						
M_2O	0.5	—	—	—	—	—
$\text{M}=\text{K},$						
Na						
MgO	1.0	—	—	—	—	—
BaO	—	—	—	—	—	—
ZrO_2	—	—	—	—	—	—
Ag_2O	—	—	1.0	—	—	—

用于实例中的有机介质是 10—30 份乙基纤维素和 90—70 份的 β -萜品醇的混合物。

实施例 1

制备了一种含有常规钨烧绿石氧化物 ($\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_6$) 产品的组合物 (例 1), 和向其中加入 Ag 粉的这种组合物 (例 2), 对用这些组合物制得的电阻进行 TCR 长度效应的检测。电阻的大小是 $1.3 \text{ mm} \times 1.3 \text{ mm}$ 和 $0.2 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm}$ 。例 1 的配方如下所示。例 2 的配方是在例 1 组合物中加入 1 重量% 平均粒径为 $1-2 \mu\text{m}$ 的球形 Ag 粉。

例 1	
$\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_6$	29.0 重量%
玻璃 D1	31.0 重量%
玻璃 D2	8.0 重量%
ZrSiO_4	5.0 重量%
MnO	0.2 重量%
有机介质	26.8 重量%

下面列出例 1 和 2 的结果。其中, 大小为 $0.2 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm}$ 电阻作为厚膜, 其阻值是难以计算的; 因此, 它不是薄层电阻值, 而是测定值。

	例 1	例 2
R (1.3 mm)	2.41 $\text{k}\Omega$	1.28 $\text{k}\Omega$
HTCR (1.3 mm)	+4	+129
CTCR (1.3 mm)	-72	+77
R (0.2 mm)	2.20 $\text{k}\Omega$	1.60 $\text{k}\Omega$
HTCR (0.2 mm)	+71	+119
CTCR (0.2 mm)	+4	+73
ΔHTCR ($\text{ppm}/^\circ\text{C}$)	+67	-10

ΔCTCR (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)

+76

-4

对照例 1 和 2, 表明由于加入银粉, ΔHCR 和 ΔCTCR 两者均变得很小。

实施例 2

制备了一种含氧化钌 (RuO_2) 和钌烧绿石氧化物 ($\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_6$) 的组合物 (例 3), 和含有掺入在一种无机粘合剂玻璃中的 Ag_2O 的此种组合物 (例 4)。对用这些组合物制得的电阻进行 TCR 长度效应的检测。电阻的大小是 $0.8\text{ mm} \times 0.8\text{ mm}$ 和 $0.3\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$ 。以下列出例 3 和例 4 的配方和测量结果。

	例 3	例 4
RuO_2	3.0 重量%	3.0 重量%
$\text{Pb}_2\text{Ru}_2\text{O}_6$	17.0 重量%	17.0 重量%
玻璃 A	12.0 重量%	12.0 重量%
玻璃 B1	20.0 重量%	—
玻璃 B2	—	20.0 重量%
玻璃 C	16.8 重量%	16.8 重量%
Nb_2O_5	1.2 重量%	1.2 重量%
有机介质	30.0 重量%	30.0 重量%
R (0.8 mm)	30.9 k Ω	31.0 k Ω
HTCR (0.8 mm)	+27	+43
CTCR (0.8 mm)	-52	-27
R (0.3 mm)	23.4 k Ω	25.2 k Ω
HTCR (0.3 mm)	+94	+103
CTCR (0.3 mm)	+41	+52
ΔR (%)	-24.3%	-18.7%
ΔHTCR (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)	+67	+60
ΔCTCR (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)	+93	+79

对照例 3 和例 4, 表明使用含银玻璃 (玻璃 B2) 时, ΔR , ΔHTCR 和 ΔCTCR 都变得很小。

例 3 和 4 所生成的电阻烧结表面的状态没有不同。因而，本发明应被理解为无须改变电阻组合物的烧结状况就能够减少 TCR 的长度效应。

实施例 3

制备了其中掺有 Ag_2O 粉的含氧化钌组合物 (例 5 和 6)。对用这些组合物制得的电阻检测 TCR 的长度效应。电阻的大小是 $0.8\text{ mm} \times 0.8\text{ mm}$ 和 $0.3\text{ mm} \times 0.3\text{ mm}$ 。下面列出例 5 和 6 的配方和测量结果。在例 5 和 6 中， ΔR ， ΔHTCR 和 ΔCTCR 均很小，展示了本发明的效果。

	例 5	例 6
RuO_2	20.0 重量 %	20.0 重量 %
玻璃 A	14.5 重量 %	14.5 重量 %
玻璃 B1	19.0 重量 %	19.0 重量 %
玻璃 C	12.0 重量 %	12.0 重量 %
Nb_2O_5	1.4 重量 %	1.4 重量 %
Ag_2O	0.2 重量 %	0.5 重量 %
有机介质	32.9 重量 %	32.6 重量 %
R (0.8 mm)	7.3 k Ω	7.51 k Ω
HTCR (0.8 mm)	-13	-9
CTCR (0.8 mm)	-81	-68
R (0.3 mm)	6.86 k Ω	6.93 k Ω
HTCR (0.3 mm)	+11	+20
CTCR (0.3 mm)	-43	-34
ΔR (%)	-6.4 %	-7.7 %
ΔHTCR (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)	+24	+29
ΔCTCR (ppm/ $^{\circ}\text{C}$)	+38	+34

综上所述，本发明的厚膜电阻组合物提供了一种具有低的 TCR 长度效应的厚膜电阻。