



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1873837 B

(45) 授权公告日 2011.08.24

(21) 申请号 200610077665.8

(22) 申请日 2006.04.25

(30) 优先权数据

60/674,434 2005.04.25 US

11/398,141 2006.04.05 US

(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 P·J·奥利维尔 K·W·汉

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公
司 31100

代理人 徐迅

(51) Int. Cl.

H01B 1/20 (2006.01)

H05K 1/09 (2006.01)

H05K 3/46 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 昭 57-129841 A, 1982.08.12,

审查员 高明月

权利要求书 2 页 说明书 6 页

(54) 发明名称

厚膜导电组合物及其应用、多层电路及其形成方法

(57) 摘要

本发明涉及厚膜导电组合物,它包含导电金粉、一种或多种玻璃料或陶瓷氧化物的组合物和有机载体。本发明还涉及所述组合物用于 LTCC(低温共烧结陶瓷),用来制备多层电子电路以及用于高频微电子应用的用途。

1. 一种厚膜导电组合物,其用于微波应用领域,它包含:
 - (a) 金粉;
 - (b) 一种无机粘结剂,所述无机粘结剂为由以下组分组成的玻璃料:5-20 重量% B_2O_3 , 1-44 重量% SiO_2 , 3-20 重量% Al_2O_3 , 0-10 重量% Na_2O , 0-4 重量% Li_2O , 2-41 重量% P_2O_5 , 5-16 重量% NaF , 0-9 重量% CaO , 0-3 重量% ZrO_3 , 0-19 重量% ZnO , 0-2 重量% BaO 和 0-11 重量% ZnF_2 ,以占总玻璃料的重量百分数表示;以及
 - (c) 有机介质。
2. 如权利要求 1 所述的组合物,其特征在于,以总厚膜导电组合物为基准计,所述无机粘结剂量最多为 3 重量%。
3. 如权利要求 1 所述的组合物,以总厚膜导电组合物为基准计,所述组合物包含 0-2.0 重量%的玻璃料。-
4. 如权利要求 1 所述的组合物,其特征在于,以总厚膜导电组合物为基准计,所述金粉含量为 60-90 重量%。
5. 如权利要求 1 所述的组合物,以总厚膜导电组合物为基准计,所述组合物还包含 0-3 重量%的银粉。
6. 如权利要求 1 所述的组合物,其特征在于,所述组合物与低温共焙烧陶瓷带相容。
7. 如权利要求 1 所述的组合物,其特征在于,所述玻璃料的软化点在 350-800 $^{\circ}C$ 范围内。
8. 一种形成多层电路的方法,它包括:
 - (a) 在多层生料带中形成按一定图案排列的通孔;
 - (b) 用厚膜组合物填充步骤 (a) 中的生料带层中的通孔;
 - (c) 将成图案的厚膜功能层印刷在步骤 (b) 中的经通孔填充的任何或所有生料带层表面上;
 - (d) 将权利要求 1 所述的厚膜导电组合物的图案层印刷在步骤 (c) 中的生料带层最外表面上;
 - (e) 层压步骤 (d) 中的已印刷生料带层,以形成包含多个未经焙烧的互连功能层的组合件,所述各层由未焙烧的生料带隔开;和
 - (f) 对步骤 (e) 中的组合件进行共焙烧。
9. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,步骤 (c) 所述的厚膜功能层是用于微波应用领域的厚膜导电组合物,它包含:
 - (a) 金粉;
 - (b) 一种无机粘结剂,所述无机粘结剂为由以下组分组成的玻璃料:5-20 重量% B_2O_3 , 1-44 重量% SiO_2 , 3-20 重量% Al_2O_3 , 0-10 重量% Na_2O , 0-4 重量% Li_2O , 2-41 重量% P_2O_5 , 5-16 重量% NaF , 0-9 重量% CaO , 0-3 重量% ZrO_3 , 0-19 重量% ZnO , 0-2 重量% BaO 和 0-11 重量% ZnF_2 ,以占总玻璃料的重量百分数表示;
 - (c) 有机介质。
10. 一种形成多层电路的方法,它包括:
 - (a) 在多层生料带中形成按一定图案排列的通孔;
 - (b) 用厚膜组合物填充步骤 (a) 中的生料带层中的通孔;

(c) 将成图案的厚膜功能层印刷到步骤 (b) 中的经通孔填充的一些或所有生料带层表面上；

(d) 层压步骤 (c) 中已印刷的生料带层，以形成包含多个未焙烧的互连功能层的组合件，所述各层由未焙烧生料带隔开；

(e) 将权利要求 1 所述的厚膜导电组合物的至少一个图案层印刷在步骤 (d) 中的组合件上；

(f) 对步骤 (e) 中的组合件和图案层进行共焙烧。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述步骤 (c) 的厚膜功能层是用于微波领域的厚膜导电组合物，它包含：

(a) 金粉；

(b) 一种无机粘结剂，所述无机粘结剂为由以下组分组成的玻璃料：5-20 重量% B_2O_3 ，1-44 重量% SiO_2 ，3-20 重量% Al_2O_3 ，0-10 重量% Na_2O ，0-4 重量% Li_2O ，2-41 重量% P_2O_5 ，5-16 重量% NaF ，0-9 重量% CaO ，0-3 重量% ZrO_3 ，0-19 重量% ZnO ，0-2 重量% BaO 和 0-11 重量% ZnF_2 ，以占总玻璃料的重量百分数表示；

(c) 有机介质。

12. 一种多层电路，其采用权利要求 8 或 10 中任一项所述的方法形成。

13. 一种多层电路，其包含权利要求 1 所述的组合物，其中，所述组合物已经过处理，除去了所述有机介质，并烧结了所述无机粘结剂。

14. 权利要求 1 所述的组合物的用途，其用于形成高频发射 / 接收模件或雷达。

15. 权利要求 1 所述的组合物的用途，其用于形成微波电路部件，所述微波电路部件选自：天线、滤波器、平衡转换器、波束形成器、I/O、耦合器、通孔馈通、耦合 EM 馈通、引线结合接头和传输线。

厚膜导电组合物及其应用、多层电路及其形成方法

[0001] 发明领域

[0002] 本发明涉及用在 LTCC (低温共焙烧陶瓷) 带上和用来制备多层电子电路的厚膜导电组合物, 还涉及组合物在高频微电子领域的用途。

[0003] 发明背景

[0004] LTCC 结构的互连电路板是由许多极其细小的电路元件组成的电子电路或子系统的物理实现形式, 这些电路元件是相互电连接和机械连接的。常常希望以一定的排布方式将这些各不相同的电子组件组合到一起, 使它们在彼此相邻地安装到单一密集封装件上时要彼此物理分离, 同时相互电连接并 / 或都连接到从封装件伸出的公共接点上。

[0005] 复杂电子电路通常要求电路由几层导体构成, 各层导体之间通过绝缘介电层分隔。各导电层之间通过穿越介电层的导电通路连接, 所述导电通路称作通孔。采用低温共焙烧陶瓷 (LTCC) 多层结构时, 由于允许垂直集成, 电路比传统的氧化铝基材更加密集。

[0006] 由于可进行多层、共烧和柔性设计, LTCC 带原来用在高频微波领域, 如远程通信、汽车或军事用途, 包括雷达在内。在制造用于微波领域的多层电路时, 所用导体需要具备许多性质, 包括所需的电阻率、可焊接性、焊剂抗浸出性、引线接合性、粘合性、迁移电阻和长期稳定性。此外, 现在生产商正在寻求用于高频微波领域的厚膜导体组合物, 所述组合物使电路中的铅、镉含量降到最低, 以满足环保要求。

[0007] Bailey 的美国专利 5744232 介绍了一种与 LTCC 相容的厚膜金属化工艺, 其微波插损非常低, 与薄膜金相当。金属化工艺通过采用含有球形且粒径分布均匀的金属颗粒的厚膜浆料来获得所需电学性能。Bailey 没有介绍无铅、无镉的厚膜导体的用途。

[0008] 此外, 已知原来在高频领域所用的某些现有技术的厚膜导电组合物需要“双重印”(即在基材上施涂一次以上的导电组合物), 以满足系统所需的性质, 特别是满足引线连接的可接受性和粘合性质。

[0009] 在最大程度降低或消除铅、镉的同时很难保持所需的厚膜导电性质。本发明人提供了这样一种无铅、无镉导体, 它同时保持了所需的厚膜导电性质, 并且只需在基材上施涂一次厚膜, 就能满足引线连接的要求。

发明内容

[0010] 本发明涉及一种厚膜组合物, 它包含: (1) 导电金粉; (2) 一种或多种玻璃料或陶瓷氧化物的组合物, 其中所述玻璃料和氧化物不含铅或镉; (3) 有机载体。

[0011] 本发明还涉及形成多层电路的方法, 它包括: (1) 在生料带各层形成按一定图案排列的通孔; (2) 用厚膜组合物填充步骤 (1) 中生料带层中的通孔; (3) 将数种厚膜功能组合物中的任何一种印刷到步骤 (2) 的通孔填充的生料带层表面上——包括但不限于应用本发明的厚膜组合物; (4) 在步骤 (3) 的生料带层最外表面上印刷任何厚膜组合物的至少一个图案化层, 包括但不限于本发明的厚膜组合物; (5) 将步骤 (4) 中印刷的生料带层与任何所需空白层叠加, 形成包含多个未焙烧的功能层和非功能层的组合件, 所述各层被未焙烧的生料带隔离; (6) 对步骤 (5) 中的组合件进行共焙烧。

具体实施方式

[0012] 本发明的组合物和多层电路特别适合微波用途。“微波用途”在这里定义为需要 300MHz-300GHz ($3 \times 10^8 - 3 \times 10^{11}$ Hz) 频率范围的应用。本发明还适合高频用途,如发射 / 接收模件和雷达用途。此外,本发明的组合物还适用于形成微波电路组件,包括但不限于:天线、滤波器、平衡转换器、波束形成器、I/O、耦合器、馈通(通孔或耦合 EM)、引线结合接头和传输线。

[0013] 本发明厚膜导电组合物的主要组分是导电金属粉和一种或多种分散在有机介质中的无机粘结剂,所述粘结剂选自(1)玻璃料,(2)过渡金属氧化物,(3)过渡金属氧化物前体,(4)上述诸组分的混合物。各组分讨论如下。

[0014] 1. 无机组分

[0015] 本发明的无机组分包括(1)导电金属粉和(2)无机粘结剂,所述无机粘结剂选自玻璃料、过渡金属氧化物、过渡金属氧化物前体及其混合物中的一种或多种。其他任选无机相可根据需要加入组合物中,以获得特定应用所需的性质。

[0016] (1) 电功能粉末——导电金粉

[0017] 厚膜组合物通常包含赋予组合物适当电功能性质的功能相。功能相包含分散在有机介质中的电功能粉末,所述电功能粉末分散在作为功能相载体的有机介质中,形成组合物。焙烧组合物,烧去有机相,活化无机粘结剂相,从而获得电功能性质。在焙烧之前,对印刷的部分进行干燥,除去挥发性溶剂。术语“有机物”、“有机介质”或“有机载体”用来描述厚膜组合物中的聚合物或树脂组分,以及溶剂和少量其他有机组分,如表面活性剂。

[0018] 在本厚膜组合物中的电功能粉末是导电金粉。电功能粉末可包含元素金、金与少量其他金属粉(例如以总厚膜组合物的重量百分数表示,最多 3 重量%的银)的混合物,以及由金粉、合金或若干元素的化合物组成的混合物。本发明的金粉占厚膜组合物总重的 50-95 重量%。

[0019] 金属粉的粒径和形状不是特别重要,只要它们与施涂方法相适应即可。本发明的导电金粉的 D_{50} 粒径通常约小于 10 微米。

[0020] 如上所述,除金粉以外的金属也可加入到厚膜组合物,以获得导体在应用中所需的性质。例如,在一个实施方式中,以总厚膜组合物重量百分数表示,使用小于 2 重量%的银(Ag)。某些实施方式包含少量 Ag,通常占组合物总重的 0-3 重量%。

[0021] 可像本领域熟知的那样,用表面活性剂涂覆金属粉。

[0022] (2) 无机粘结剂

[0023] 传统的导电组合物基于含铅或镉的玻璃料。为满足当前有关毒性和环保的规章,需要从玻璃组合物中消除铅,但这样会对那些在应用中既能获得所需软化和流动特性,同时满足可湿润性、热膨胀性、美观和其他性能要求的粘结剂构成限制。

[0024] 本发明的无机粘结剂选自以下物质中的一种或多种:(1)无铅、无镉玻璃料,(2)过渡金属氧化物,(3)过渡金属氧化物的前体,(4)上述各粘合剂的混合物。

[0025] 对玻璃料和氧化物的粒径没有严格的要求,本发明所用材料的平均粒径通常(但不限于)约为 0.5-6.0 μm ,较好约为 1-4 μm 。

[0026] 无机粘结剂优选软化点在约 350-800 $^{\circ}\text{C}$ 之间的玻璃料,这样组合物就能在所需温

度（通常为 750-900℃，特别是 850℃）下焙烧，以增强烧结、湿润效果，并有效粘着到基材，特别是 LTCC 基材上。已知高熔点和低熔点玻璃料的混合物可用来控制导电颗粒的烧结特性。本发明可采用一种或多种不同玻璃料的组合物。

[0027] 这里所用术语“软化点”是指根据 ASTM C338-57 所规定的纤维拉伸法获得的软化温度。

[0028] 下表 1 给出了一些有用的玻璃组合物（组合物 A-G）的实例；氧化物组分以总玻璃组合物的重量百分数表示。

[0029]

表 1- 玻璃组合物

[0030]

（以总玻璃组合物的重量百分数表示）

	A	B	C	D	E	F	G
B ₂ O ₃	6.47	5.82	5.55	19.20	19.96	5.54	6.6
SiO ₂	2.42	1.06	1.01	43.20	15.27	1.19	1.2
Al ₂ O ₃	19.11	16.92	16.15	3.84	10.17	16.47	19.2
Na ₂ O	9.32	3.39	7.52	7.88	8.90	0.04	9.5
Li ₂ O	3.53	2.33	1.90	1.92	1.18	0.93	3.6
P ₂ O ₅	40.13	36.09	34.45	2.40	13.38	40.71	40.95
NaF	15.59	14.02	5	8.84	5.20	11.14	15.9
CaO	0.47				2.82	8.92	
ZrO ₂					2.67		
ZnO		17.70	15.53	7.20	18.40	12.94	
BaO					1.07		
ZnF ₂			10.33				

[0031] 如表 1 所示，以总玻璃组合物的重量百分数表示，本发明所用的某些玻璃组合物的组成如下：5-20B₂O₃，1-44SiO₂，3-20Al₂O₃，0-10Na₂O，0-4Li₂O，2-41P₂O₅，5-16NaF，0-9CaO，0-3ZrO₃，0-19ZnO，0-2BaO，0-11ZnF₂。在一个实施方式中，前述玻璃料组合物在厚膜组合物中的含量是厚膜组合物总重量的 0-3.0 重量%。

[0032] 适用于本发明的一些其他无铅、无镉玻璃粉料包括基于碱金属硼硅酸盐和硼硅酸铋的玻璃料。

[0033] 采用常规玻璃制造技术制备玻璃粘结剂（玻璃料），是按照要求的比例混合所需的各组分（或其前体，例如 B₂O₃ 的前体 H₃BO₃），并加热混合物形成熔体。如本领域所熟知的，加热至一峰值温度，并保温一段时间，以便熔体完全变成液体，但已经停止形成气体。峰值温度一般在 1100℃ -1500℃ 范围内，通常在 1200℃ -1400℃ 之间。然后冷却熔体，使熔体骤冷，通常是将熔体倒在冷带上或倒入流动的冷水中。接着可根据需要进行研磨，以减小粒径。

[0034] 无机粘结剂也可全部或部分采用其他过渡金属氧化物。锌、钴、铜、镍、铈、钕、钛、锰和铁的氧化物或氧化物前体都适用于本发明。引线连接或焊接法测定表明，这些添加剂可提高粘合性。

[0035] 过渡金属氧化物也可通过添加前体化合物原位形成。这些前体的形式可以是有机金属化合物、碳酸盐或玻璃料。氧化物、玻璃料和任何前体材料焙烧时发生反应，可形成玻璃或氧化物，有助于功能金属层结合到基材上。在一个实施方式中，本发明的厚膜组合物包含氧化铜或氧化铜前体。如上所述，厚膜组合物中存在的金属氧化物可以直接是氧化物形式，也可以由含金属的化合物在焙烧条件下转化而来。例如，氧化铜可以氧化铜存在，也可

以由元素铜、有机铜或玻璃料的结晶产物形成氧化铜。其他过渡金属氧化物及其前体也适用于本发明。例如,以下氧化物及其前体适用于本发明:TiO₂, Co₃O₄, RuO₂, Fe₂O₃, SnO₂, ZrO₂, Sb₂O₃, MnO_x, CuO_x, 以及其他氧化物。

[0036] 过渡金属氧化物、它们的前体或混合物的存在量为厚膜组合物总重量的 0-3 重量%。玻璃料、过渡金属氧化物、过渡金属氧化物的前体和它们的混合物在厚膜组合物中的存在量最多为 3 重量%。在一个实施方式中,氧化铜在组合物中的含量少于 2.0 重量%。在另一个实施方式中,氧化铜量约为厚膜组合物总重量的 0.1-1.0 重量%。在又一个实施方式中,氧化铜约为厚膜组合物总重量的 0.2-0.6 重量%。

[0037] 氧化物通过与玻璃和基材或糊料(厚膜)中的陶瓷组分反应来提高粘合性,原位反应形成的产物可将金属导电层粘着到基材上。

[0038] (3) 有机介质

[0039] 一般通过机械搅拌将无机组分分散到有机介质中,形成称作“糊料”的粘性组合物,该“糊料”具有适于印刷的稠度和流变性。许多惰性液体均可用作有机介质。介质的流变性必须满足这样的要求,即赋予组合物良好的施涂性质,包括:固体分散稳定,具有适合丝网印刷的粘性和触变性,焙烧前具有可接受的“生料”强度,基材和浆料中的固体具有合适的可润湿性,干燥速率快,焙烧和烧尽(有机物的)性质好。有机介质通常为聚合物在溶剂中形成的溶液。此外,少量添加剂,如表面活性剂,可作为有机介质的一部分。满足此目的的最为常用的聚合物是乙基纤维素。其他聚合物的例子包括乙基羟乙基纤维素、木松香、乙基纤维素与酚醛树脂的混合物、低级醇的聚甲基丙烯酸酯,乙二醇单乙酸酯的单丁基醚也可使用。厚膜组合物中使用最广的溶剂是酯醇和萘烯,如 α-或 β-萘品醇,或者它们与其他溶剂的混合物,所述其他溶剂如煤油、邻苯二甲酸丁二酯、丁基卡必醇、丁基卡必醇乙酸酯、己二醇和高沸点醇以及醇酯。此外,可在组合物施涂到基材上之后促进其快速硬化的挥发性液体也可加入有机载体。配制上述和其他溶剂的各种组合,以获得满足要求的粘性和挥发性。

[0040] 厚膜组合物中的有机介质与分散体中的无机组分的比例取决于施涂浆料的方法和所用有机介质的种类,该比例可变化。分散体通常包含 50-95 重量%的无机组分和 5-50 重量%的有机介质(载体),以获得良好的涂层。

[0041] 应用

[0042] 本发明的导电组合物可与未固化陶瓷材料[如 Green Tape™ 低温共烧陶瓷(LTCC)]和各种其他浆料组分结合使用,形成多层电子电路。Green Tape™ 通常用作多层电子电路中的介电材料或绝缘材料。在一片 Green Tape™ 的每个角上各钻一个对位孔,孔尺寸稍大于电路的实际尺寸。为使多层电路板的各层之间形成电连接,在 Green Tape™ 中形成通孔。这通常用机械打孔的方法完成,但可采用任何合适的方法。例如,可用锐聚焦激光通过蒸发的方法在 Green Tape™ 中形成通孔。

[0043] 用厚膜导电组合物(称为通孔充填组合物)对通孔进行填充,从而形成层间互连。在本发明的情况中,通常用不同于在此揭示的厚膜导电组合物作为通孔充填组合物。这种导电的通孔充填组合物通常用标准丝网印刷技术施涂,不过可采用任何合适的施涂技术。每层电路一般通过网印导电轨道完成。这些轨道可采用本发明的导电组合物、其他合适的导电组合物或它们的混合物。另外,可在选定的层上印刷电阻油墨或具有高介电常数的油

墨,形成电阻性或电容性电路元件。导体、电阻、电容和其他任何组合件通常由常规丝网印刷技术形成。

[0044] 本发明的导电组合物可在层压之前或之后印刷在电路的最外层上。另外,本发明的导电组合物也可用在电路的一个或多个内层上。本发明的导电组合物通常不用作通孔填充组合物。本领域的技术人员应当理解,电路可包含其上面没有沉积功能导电层、电阻层或电容层的“空白层”、介电材料层或绝缘材料层。电路的最外层用来连接组合件。各组合件通常用引线连接、用胶水粘结或焊接到焙烧部件的表面上。在用引线连接组合件的情况,本发明的导电组合物特别有用,因为相比于现有技术的组合物,它具有超强的引线结合性质。

[0045] 每一层电路都完成后,对齐各层并进行层压。通常利用约束单轴向或等静压模确保层与层之间精确对齐。在层压之后或焙烧之后将组装件裁切到合适的尺寸。焙烧通常在输送带式炉或箱式炉中进行,采用程控加热循环。带在焙烧过程中可受到约束进行烧结,也可自由烧结。例如,可采用 Steinberg 的美国专利 4654095 和 Mikeska 的美国专利 5254191 所介绍的方法,以及本领域的技术人员已知的其他方法。

[0046] 这里所用术语“焙烧”是指在氧化气氛(例如空气)中将组装件加热到一定温度,并保温一定时间,使组合件各层中的有机材料挥发(烧尽),并使带和导体中的无机组分发生反应并烧结。“焙烧”使各层中的无机组分发生反应或烧结,从而使整个组合件更致密化,形成焙烧物件。此焙烧物件可以是多层电路,应用在远程通信、军事或汽车用途中(例如汽车定位传感器、雷达、发射/接收模件、天线等)。

[0047] 术语“功能层”是指印刷 Green Tape™,它具有导电、电阻、电容或介电功能。因此,如上所述,典型的 Green Tape™ 层可包含一个或多个导电轨迹、导电通孔、电阻和/或电容。

[0048] 实施例

[0049] 现在结合实际例子(实施例 A-G)进一步说明本发明。在这些实施例中,厚膜糊料组分及其百分比列于表 2。

[0050] 实施例 A-G 中的厚膜糊料按以下方法制备。

[0051] 将所有组分在搅拌器或三辊磨中,或先后在这两者中充分混合,以得到合适的分散体。一旦金属和氧化物适当分散后,加入含有溶剂或树脂的有机载体,形成具有适当固体含量和粘度的糊料。选择合适粘度(在此是 150-500PaS),能够用标准丝网印刷设备和技术来印刷导体线。还选择固体含量,使得浆料具有良好的丝网印刷性能,以及最佳的功能特性(粘合性、电阻、电接触等)。

[0052] 实施例中所用测试程序

[0053] 引线连接:

[0054] 使部件上形成图案,具有 150 μm 和 300 μm 的粘结指(bonding finger)和更大的粘结垫。对这些成图案的部件进行共焙烧,并分别采用 Hughes 2460 或 K&S4124 粘结剂,用 25 μm 和 50 μm 金线连接。在测试当中,将粘结剂放置在粘结指中央和靠近粘结指边缘的地方。这样做是为了观察在粘结或粘结拉力测试的过程中是否有金属线被拉起的倾向。

[0055] 用 Dage Series 4000 粘合力测试机牵拉粘结部位。观察粘合的强度和牵拉失效模式。失效模式分成 6 类:

[0056] 0 金属—基材在球下分离

[0057] 1 粘结剂—金属在球上分离

- [0058] 2 在球顶部断裂
 [0059] 3 线断裂
 [0060] 4 在粘结剂跟部断裂
 [0061] 5 粘结剂—金属在跟部分离
 [0062] 6 金属—基材在跟部以下分离

[0063] 最好只观察到第 2、3、4 类粘结失效。金属与基材的任何分离（类型 0、6）都显示粘结问题。粘结剂与金属线的任何分离表明可结合性或结合的可接受性有问题。实施例 A-F 表明，没有观察到第 0、1、5 或 6 类失效模式。

[0064] 结合可接受性的另一种测试方法包括将多个 25 μm 的线连接到金属层上。良好的结合可接受性定义为在结合过程中没有出现失误或其他错误。在这里所引实施例中，形成了约 1920 个结合，牵拉了 75-100 次，以测定粘合力数值。

[0065]

表 2

组分（重量%）	A	B	C	D 印刷两次	E	F
Au	83.9	83.9	83		83	84
Ag	1	1			1	1
玻璃料*	0.8	0.5			1	0.8
CuOx	0.2	0.5	0.1		0.3	0.1
CdO	0	0	0.5		0	0
Bi ₂ O ₃	0	0	1		0	0
铋络合物	0.4	0.4	0.5		0.4	0.3
有机物**	13.7	13.7	14.9		14.3	13.8
外观						
焙烧外观	NG	OK	OK	NT	NT	NT
再焙烧外观	OK	OK	OK	OK	OK	OK
1mil Au-拉 100 次						
平均值	13.2	13.0	13.0	12.9	13.1	12.5
标准偏差	0.7	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6
0, 1, 5, 6	0	0	0	0	0	
失误 /1920 个结合	0	0	0	0	0	
1mil Au, 边缘 - 拉 75 次						
平均值	42.5	43.3	41.9	42.1	NT	
标准偏差	1.7	1.7	1.8	2.1		
0, 1, 5, 6	0	0	0	0		
1mil Au, 中心 - 拉 75 次						
平均值	43.7	43.4	42.9	42.0	40	42
标准偏差	2.9	2.1	1.9	2.2	2.1	1.8
0, 1, 5, 6	0	0	0	0		

[0066] [0066] * 实施例 A、B、E 和 F 中所用玻璃料在表 1 中表示为玻璃料 G。

[0067] ** 此组合物的有机载体包括乙基纤维素、大豆卵磷脂和酚醛树脂，分散在 Texanol、二甘醇二丁基醚、邻苯二甲酸二甲酯、邻苯二甲酸二丁酯、乙二醇醚和松油。