



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106898446 A

(43)申请公布日 2017.06.27

(21)申请号 201710252516.9

(22)申请日 2017.04.18

(71)申请人 上海长园维安电子线路保护有限公司

地址 201202 上海市浦东新区施湾七路
1001号

(72)发明人 刘兵 杨铨铨 方勇 吴国臣

(74)专利代理机构 上海东亚专利商标代理有限公司 31208

代理人 董梅

(51)Int.Cl.

H01C 7/02(2006.01)

H01C 7/13(2006.01)

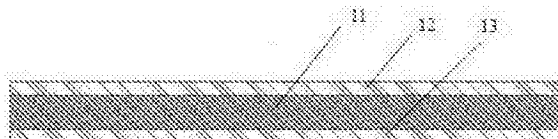
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

过电流保护元件

(57)摘要

本发明涉及一种过电流保护元件,包括至少一层聚合物基电阻正温度效应复合材料层和紧密贴合于复合材料层上、下表面的金属电极,其中复合材料层的厚度为0.01~3.0mm,在25℃时的体积电阻率小于 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$,其承载电流大于 $0.25\text{A}/\text{mm}^2$,在反复保护200次后电阻与初始电阻比值 ≤ 15 ,该复合材料层由至少一种聚合物基材和至少一种分子式为 M_xC_y 的金属碳化物粉末组成,所述的金属碳化物粉末 D_{50} 粒径不大于 $9 \mu\text{m}$,体积电阻率小于 $80 \mu\Omega \cdot \text{cm}$,该金属碳化物的,金属元素M在 M_xC_y 中的质量含量不小于75%, $1 \leq x \leq 3$, $1 \leq y \leq 3$ 。本发明具有室温电阻率低、优良电阻再现性、突出的耐候性能和良好可加工性能。



1. 一种过电流保护元件,包括至少一层聚合物基电阻正温度效应复合材料层和紧密贴合于电阻正温度效应复合材料层上、下表面的金属电极,其特征在于:

所述的聚合物基电阻正温度效应复合材料层的厚度为0.01~3.0mm,在25℃时的体积电阻率小于 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$,其承载电流大于 $0.25 \text{A}/\text{mm}^2$,在反复保护200次后电阻与初始电阻比值满足 ≤ 15 ,该聚合物基电阻正温度效应复合材料层由至少一种聚合物基材和至少一种金属碳化物粉末组成的片料层,所述的金属碳化物粉末分散于聚合物基材中,占所述聚合物基电阻正温度效应复合材料层体积分数的40%~70%,该金属碳化物粉末 D_{50} 粒径不大于 $9 \mu\text{m}$,体积电阻率小于 $80 \mu \Omega \cdot \text{cm}$,该金属碳化物的分子式为 M_xC_y ,其中:M为金属元素Hf、V、Cr、Ti、Zr、W、Nb、Mo、Ta之中的一种,且M在 M_xC_y 中的质量含量不小于75%;C元素为碳元素; $1 \leq x \leq 3, 1 \leq y \leq 3$ 。

2. 根据权利要求1所述的聚合物基导电复合材料,其特征在于,聚合物基电阻正温度效应复合材料层复通过PCB工艺加工成表面贴装式SMD过电流保护元件,或分割成规则尺寸,直接作为一种过电流保护元件,或在分割成规则尺寸后连接其他金属部件加工成SMT或条状过电流保护元件。

3. 根据权利要求1所述的聚合物基导电复合材料,其特征在于,所述金属碳化物粉末选自碳化钽、碳化钒、碳化锆、碳化钛、碳化铌、碳化二钼、碳化钨、碳化钨、碳化二钨或二碳化三铬之中的一种及其混合物。

4. 根据权利要求1所述的过电流保护元件,其特征在于,所述聚合物基材为:聚乙烯、氯化聚乙烯、氧化聚乙烯、聚氯乙烯、丁二烯-丙烯腈共聚物、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚酰胺、聚酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚苯醚、聚苯硫醚、聚甲醛、酚醛树脂、聚四氟乙烯、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物、聚三氟乙烯、聚氟乙烯、马来酸酐接枝聚乙烯、聚丙烯、聚偏氟乙烯、环氧树脂、乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚甲基丙烯酸甲酯、乙烯-丙烯酸共聚物中的一种及其混合物。

5. 根据权利要求1所述的过电流保护元件,其特征在于,所述两个金属电极片通过导电部件串接于被保护电路中。

6. 根据权利要求1或2所述的过电流保护元件,其特征在于,所述的过电流保护元件正方形、三角形、圆形、矩形、环形、多边形。

7. 根据权利要求6所述的过电流保护元件,其特征在于,所述导电部件形状是点状,线状、带状、层片状、柱状、全圆通孔、半圆通孔、弧形通孔、盲孔、其他不规则形状或它们的组合体。

8. 根据权利要求7所述的过电流保护元件,其特征在于,所述导电部件是通过点焊、激光焊接、超声波焊接、回流焊、电镀、化学沉积、喷涂、溅射和导电粘合剂之中的一种或它们的组合方式与金属电极片连接。

过电流保护元件

技术领域

[0001] 本发明涉及一种过电流保护元件,特别是具有低室温电阻率和良好电阻再现性的过电流保护元件。

背景技术

[0002] 聚合物基电阻正温度效应复合材料在正常温度下可维持较低的电阻值,具有对温度变化反应敏锐的特性,即当电路中发生过电流或过高温现象时,其电阻会瞬间增加到一高阻值,使电路处于断路状态,以达到保护电路元件的目的。因此可把聚合物基电阻正温度效应复合材料连接到电路中,作为电流传感元件的材料。此类材料已被广泛应用于电子线路保护元器件上。

[0003] 聚合物基电阻正温度效应复合材料一般由聚合物和导电填料复合而成,导电填料宏观上均匀分布于所述聚合物基材中。聚合物一般为聚烯烃及其共聚物,例如:聚乙烯或乙烯-醋酸乙烯共聚物等,而导电填料一般为碳黑、金属粉或导电陶瓷粉。对于以碳黑作导电填料的聚合物基导电复合材料,由于碳黑特殊的聚集体结构且其表面具有极性基团,使碳黑与聚合物的附着性较好,因此具有良好的电阻稳定性。但是,由于碳黑本身的导电能力有限,无法满足低电阻的要求。以金属粉为导电填料的聚合物基导电复合材料,具有极低的电阻,但是因为金属粉容易氧化,需要对导电复合材料进行包封,以阻止因金属粉在空气中氧化而造成的电阻升高,而经过包封的过流保护元件的体积不能有效降低,难以满足电子元器件小型化的要求。为得到较低的电阻值,同时克服金属粉易氧化的弊端,行业内逐渐趋向以金属碳化物、金属氮化物或金属硼化物粉末作为低阻值聚合物基导电复合材料的导电填料,且此类材料已经有了长足的发展。但是实际情况是大部分此类导电填料主要用于硬质合金领域,生产厂家往往注重其力学性能,而忽略了其电学性能,有优良导电性能的产品物性参数需要应用者自己摸索确定,例如粒径大小及分布、元素含量、形貌结构等均是影响导电填料导电性能的重要因素。因此,为了制备出有优良导电性能的聚合物基导电复合材料,有必要确定导电填料的物性参数,让供应商按要求提供产品。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种低室温电阻率、突出的耐候性能和良好电阻再现性的过电流保护元件。

[0005] 本发明目的通过下述方案实现:一种过电流保护元件,包括至少一层聚合物基电阻正温度效应复合材料层和紧密贴合于电阻正温度效应复合材料层上、下表面的金属电极,其中:

所述的聚合物基电阻正温度效应复合材料层的厚度为0.01~3.0mm,在25℃时的体积电阻率小于 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$,其承载电流大于 $0.25 \text{A}/\text{mm}^2$,在反复保护200次后电阻与初始电阻比值满足 ≤ 15 ,该聚合物基电阻正温度效应复合材料层由至少一种聚合物基材和至少一种金属碳化物粉末组成的片料层,所述的金属碳化物粉末分散于聚合物基材中,占所述聚合物

基电阻正温度效应复合材料层体积分数的40%~70%，该金属碳化物粉末 D_{50} 粒径不大于 $9\mu\text{m}$ ，体积电阻率小于 $80\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ，该金属碳化物的分子式为 M_xC_y ，M为金属元素Hf、V、Cr、Ti、Zr、W、Nb、Mo、Ta之中的一种，且M在 M_xC_y 中的质量含量不小于75%；C元素为碳元素； $1\leq x\leq 3$ ， $1\leq y\leq 3$ 。

[0006] 为了提高工艺稳定性、改善加工性能和增加功能性等，所述聚合物基导电复合材料可添加其他组分，如抗氧剂、辐射交联剂（常称为辐照促进剂、交联剂或交联促进剂，例如三烯丙基异氰脲酸酯）、偶联剂、分散剂、稳定剂、非导电性填料（如氢氧化镁、碳酸钙）、阻燃剂、弧光抑制剂或其他组分。这些组分通常至多占聚合物基导电复合材料总体积的15%，例如10%体积百分比等。

[0007] 在上述方案基础上，聚合物基电阻正温度效应复合材料层上、下表面紧密贴合金属电极后，通过PCB工艺加工成表面贴装式SMD过电流保护元件，或分割成规则尺寸，直接作为一种过电流保护元件，或在分割成规则尺寸后连接其他金属部件加工成SMT或条状过电流保护元件。

[0008] 所述的过电流保护元件正方形、三角形、圆形、矩形、环形、多边形。

[0009] 进一步的，所述金属碳化物粉末占所述聚合物基导电复合材料的体积分数优选为45%~65%，更优为50%~60%。

[0010] 所述金属碳化物粉末的体积电阻率小于 $200\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ，更优为小于 $120\mu\Omega\cdot\text{cm}$ ，最优为小于 $80\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 。

[0011] 所述金属碳化物粉末可选自碳化钽、碳化钒、碳化锆、碳化钛、碳化铌、碳化二钽、碳化钪、碳化钨、碳化二钨或二碳化三铬之中的一种及其混合物。

[0012] 在上述方案基础上，所述金属碳化物粉末选自碳化钽、碳化钒、碳化锆、碳化钛、碳化铌、碳化二钽、碳化钪、碳化钨、碳化二钨或二碳化三铬之中的一种及其混合物。所述金属碳化物粉末的 D_{50} 粒径是使用激光粒度测试仪测得， D_{50} 粒径为 $0.01\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ ，优选为 $0.1\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ ，更优为 $0.5\mu\text{m}\sim 9\mu\text{m}$ 。

[0013] 在上述方案基础上，所述聚合物基材为：聚乙烯、氯化聚乙烯、氧化聚乙烯、聚氯乙烯、丁二烯-丙烯腈共聚物、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物、聚苯乙烯、聚碳酸酯、聚酰胺、聚酰亚胺、聚对苯二甲酸乙二醇酯、聚对苯二甲酸丁二醇酯、聚苯醚、聚苯硫醚、聚甲醛、酚醛树脂、聚四氟乙烯、四氟乙烯-六氟丙烯共聚物、聚三氟乙烯、聚氟乙烯、马来酸酐接枝聚乙烯、聚丙烯、聚偏氟乙烯、环氧树脂、乙烯-醋酸乙烯共聚物、聚甲基丙烯酸甲酯、乙烯-丙烯酸共聚物中的一种及其混合物。

[0014] 所述聚合物基材占所述导电复合材料的体积分数介于30%~60%之间，优选为35%~55%之间，更优为40%~50%之间。

[0015] 在上述方案基础上，所述两个金属电极片通过导电部件串接于被保护电路中。

[0016] 在上述方案基础上，所述导电部件是通过点焊、激光焊接、超声波焊接、回流焊、电镀、化学沉积、喷涂、溅射和导电粘合剂之中的一种或它们的组合方式与金属电极片连接。

[0017] 在上述方案基础上，所述导电部件形状是点状、线状、带状、层片状、柱状、全圆通孔、半圆通孔、弧形通孔、盲孔、其他不规则形状或它们的组合体。

[0018] 本发明的过电流保护元件的制备方法可按下述步骤完成：

将聚合物基材和金属碳化物粉末投入混合设备，在聚合物熔融状态下进行熔融混合。

混合设备可以是密炼机、开炼机、单螺杆挤出机或双螺杆挤出机等。然后将熔融混合好的聚合物基电阻正温度效应复合材料通过挤出成型、模压成型或压延成型与金属电极片压合，形成两面金属电极紧密贴合聚合物基复合材料的片材。片材的厚度为0.01~3.0mm，优选为0.05~2.0mm，为了满足设备小型化的需求和加工方便，更优的厚度为0.1~1.0mm。

[0019] 复合好的片材可以通过蚀刻、层压、钻孔、沉铜、镀锡和划片等一系列PCB工艺加工成表面贴装式(SMD)过电流保护元件。

[0020] 或者，复合好的片材也可以分割成规则尺寸，直接作为一种过电流保护元件应用。

[0021] 或者，复合好的片材还可以在分割成规则尺寸后连接其他金属部件加工成SMT或条状过电流保护元件。

[0022] 上述将复合片材分割成单个元件的方法包括例如冲切、刻蚀、划片和激光切割等。

[0023] 所述单个元件具有与电流流过方向垂直的两个表面。所述单个元件可以根据需要设计的任何形状，如正方形、三角形、圆形、矩形、环形、多边形或其它不规则形状。所述的金属电极片的厚度一般至多为0.3mm。适用于金属电极片的材质包括镍、铜、铝、锌及其复合物，例如铜箔、镍箔、单面镀镍铜箔、双面镀镍铜箔等。

[0024] 其他金属部件包括任何能与金属电极片电气连接的结构部件，通过点焊、激光焊接、超声波焊接、回流焊、电镀、化学沉积、喷涂、溅射和导电粘合剂中的一种及其组合方式连接在金属电极片上，从而将过流保护连接进电路中。所述的金属部件可以是根据设计需要的任意形状，例如，点状、线状、带状、层片状、柱状、全圆通孔、半圆通孔、弧形通孔、盲孔、其他不规则形状及它们的组合体。所述金属部件的基材为导电金属及其合金，如镍、铜、铝、锌、锡、铋、铟、银、金及它们的复合物。

[0025] 通常可借助交联和/或热处理的方法来提高过流保护元件性能的稳定性。交联可以是化学交联或辐照交联，例如可利用交联促进剂、电子束辐照或 Co^{60} 辐照来实现。过流保护元件所需的辐照剂量一般小于1000kGy，优选为1-500kGy，更优为1-200kGy。热处理可以是退火、热循环、高低温交变，例如+85℃/-40℃高低温交变。所述退火的温度环境可以是聚合物基材分解温度以下的任何温度，例如高于聚合物基材熔融温度的高温退火和低于聚合物基材熔融温度的低温退火。

[0026] 本发明的优越性在于：本发明过电流保护元件具有低室温电阻率，优良电阻再现性，优良耐候性能和低加工成本的特点。

附图说明

[0027] 图1复合片材直接分割形成的过电流保护元件示意图；

图2复合片材分割后制成的条状过电流保护元件示意图；

图3复合片材分割后制成的SMT过电流保护元件图；

图4复合片材经PCB工艺加工后的SMD过电流保护元件示意图；

附图标号说明

11——聚合物基导电复合材料层；

12、13——上、下金属电极片；

14、15——上、下条状过电流保护元件导电金属引脚；

16——SMT过电流保护元件导电金属引脚；

- 17——SMD过电流保护元件的绝缘层；
18、19——SMD过电流保护元件的右和左端电极。

具体实施方式

[0028] 以下通过具体的实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0029] 一种过电流保护元件,包括至少一层聚合物基电阻正温度效应复合材料层和紧密贴合于电阻正温度效应复合材料层上、下表面的金属电极:

所述的聚合物基电阻正温度效应复合材料层的厚度为0.01~3.0mm,在25℃时的体积电阻率小于 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$,其承载电流大于 $0.25 \text{A}/\text{mm}^2$,在反复保护200次后电阻与初始电阻比值满足 ≤ 15 ,该聚合物基电阻正温度效应复合材料层由至少一种聚合物基材和至少一种金属碳化物粉末组成的片料层,所述的金属碳化物粉末分散于聚合物基材中,占所述聚合物基电阻正温度效应复合材料层体积分数的40%~70%,该金属碳化物粉末 D_{50} 粒径不大于 $9 \mu\text{m}$,体积电阻率小于 $80 \mu \Omega \cdot \text{cm}$,该金属碳化物的分子式为 M_xC_y ,其中:M为金属元素Hf、V、Cr、Ti、Zr、W、Nb、Mo、Ta之中的一种,且M在 M_xC_y 中的质量含量不小于75%;C元素为碳元素; $1 \leq x \leq 3, 1 \leq y \leq 3$ 。

[0030] 本发明实施例中,选取高密度聚乙烯作为复合材料层聚合物基材,其熔融温度为 131°C ,密度为 $0.954 \text{g}/\text{cm}^3$;选取WC粉或TiC粉作为金属碳化物粉末,其 D_{50} 粒径为 $2.0 \mu\text{m}$ 。制备聚合物基导电复合材料层的配方组份如表一所示。

[0031] 实施例1

各组份体积百分比为:聚合物基材42份,WC粉58份。

[0032] 过电流保护元件的制备过程如下:将聚合物基材磨粉后与金属碳化物粉末在混合器中干态混合30分钟,然后将混合料加入双螺杆挤出机中,在 180°C - 20°C 的温度下熔融混合后挤出造粒,形成聚合物基导电复合材料粒料;将聚合物基导电复合材料粒料加入另一双螺杆挤出机中,在 180°C - 220°C 的温度下通过挤出机模头将聚合物基导电复合材料挤出成熔融态聚合物基导电复合材料层11,并与对称设置的上、下金属电极片12,13通过热压辊牵引热压而紧密结合在一起,并将它们裁剪成 $110*200 \text{mm}$ 大小的复合片材;然后,通过模具将其冲切成 $3*4 \text{mm}$ 的过电流保护元件,如图1所示。本实施例的过电流保护元件通过物理接触的方式串联接入电路。 $R_{200} (\text{mohm}) / R_0 (\text{mohm})$ 为7.1。

[0033] 所述单个元件具有与电流流过方向垂直的两个表面,且金属电极片之间的距离相当薄,即至多3.0mm,优选地是至多2.0mm,特别优选的是最多1.0mm,例如0.5mm。所述单个元件可以根据需要设计的任何形状,如正方形、三角形、圆形、矩形、环形、多边形或其它不规则形状。所述的金属电极片的厚度一般至多为0.3mm,优选至多为0.2mm,特别是至多0.1mm,例如,0.035mm。适用于金属电极片的材质包括镍、铜、铝、锌及其复合物,例如铜箔、镍箔、单面镀镍铜箔、双面镀镍铜箔等。

[0034] 实施例2

各组份体积百分比为:聚合物基材45份,WC粉55份。

[0035] 制备过电流保护元件的步骤和接入电路方式与实施例1相同,本实施例过电流保护元件的电气特性如表一所示。电流冲击200次后过电流保护元件阻值 R_{200} 与初始阻值 R_0 (SMT和SMD过电流保护元件为 R_{reflow})之比为: $R_{200} (\text{mohm}) / R_0 (\text{mohm})$ 为6.0。

[0036] 实施例3

各组份体积百分比为:聚合物基材48份,WC粉52份。

[0037] 制备过电流保护元件的步骤和接入电路方式与实施例1相同,本实施例过电流保护元件的电气特性如表一所示。 $R_{200}(\text{mohm}) / R_0(\text{mohm})$ 为7.0。

[0038] 实施例4

各组份体积百分比为:聚合物基材51份,WC粉49份。

[0039] 制备过电流保护元件的步骤和接入电路方式与实施例1相同,本实施例过电流保护元件的电气特性如表一所示。 $R_{200}(\text{mohm}) / R_0(\text{mohm})$ 为7.7。

[0040] 实施例5

各组份体积百分比为:聚合物基材42份, TiC粉58份。

[0041] 制备过电流保护元件的步骤和接入电路方式与实施例1相同,其中,过电流保护元件的电阻值是用四电极法进行测量得到,本实施例过电流保护元件的电气特性如表一所示。 $R_{200}(\text{mohm}) / R_0(\text{mohm})$ 为11.7。

[0042] 实施例6

各组份体积百分比为:聚合物基材42份,WC粉58份。聚合物基导电复合材料组份与实施例1相同。

[0043] 制法在实施例1的基础上,如图2所示,聚合物基导电复合材料层11与对称设置的上、下金属电极片12,13通过热压辊牵引热压而紧密结合在一起后,先以模具冲切成3*4mm,再以回流焊的方式焊接上、下条状过电流保护元件导电金属引脚14、15,形成条状过电流保护元件。本实施例的过电流保护元件可以通过电阻焊或激光焊串联接入电路。本实施例的过电流保护元件的电气特性如表一所示。其中过电流保护元件的电阻值是用四电极法进行测量得到。 $R_{200}(\text{mohm}) / R_0(\text{mohm})$ 为2.1。

[0044] 实施例7

各组份体积百分比为:聚合物基材42份,WC粉58份。聚合物基导电复合材料组份与实施例1相同。

[0045] 制法在实施例1的基础上,如图3所示,聚合物基导电复合材料层11与对称设置的上、下金属电极片12,13通过热压辊牵引热压而紧密结合在一起后,先以模具冲切成3*4mm,再以回流焊的方式焊接上SMT过电流保护元件导电金属引脚16,形成SMT过电流保护元件。本实施例的过电流保护元件以一端电阻焊或激光焊,另一端回流焊的方式串联接入电路。本实施例的过电流保护元件的电气特性如表一所示。其中过电流保护元件的电阻值是用四电极法进行测量得到。 $R_{200}(\text{mohm}) / R_0(\text{mohm})$ 为7.3。

[0046] 实施例8

各组份体积百分比为:聚合物基材42份,WC粉58份。聚合物基导电复合材料组份与实施例1相同。

[0047] 制法在实施例1的基础上,如图4所示,聚合物基导电复合材料层11与对称设置的上、下金属电极片12,13通过热压辊牵引热压而紧密结合在一起,但复合片材制成后,通过蚀刻、层压、钻孔、沉铜、镀锡和划片等一系列PCB工艺加工成表面贴装式(SMD)过电流保护元件。本实施例的过电流保护元件以回流焊的方式串联接入电路。本实施例的过电流保护元件的电气特性如表一所示。其中过电流保护元件的电阻值是用四电极法进行测量得到。

R_{200} (mohm) / R_0 (mohm) 为5.6。

[0048] 表一为实施例1至8配方及性能,表一中: R_0 表示过电流保护元件的初始电阻; R_{reflow} 表示过电流保护元件经过回流焊后的电阻; R_1 表示过电流保护元件持续通电(6V/50A)6秒后,在25℃的温度环境里放置1小时后所测得的电阻值; R_{200} 表示过电流保护元件持续通电(6V/50A)6秒后,断电60秒,如此循环200次,然后在25℃的温度环境里放置1小时后所测得的电阻值。高温高湿(High temperature and humidity) R_{1000h} 表示过电流保护元件在85℃,85%RH的环境中放置1000个小时,然后在25℃的温度环境里放置1小时后所测得的电阻值;高湿(High humidity) R_{1000h} 表示过电流保护元件在60℃,95%RH的环境中放置1000个小时,然后在25℃的温度环境里放置1小时后所测得的电阻值。

表一

实施例	实施例1	实施例2	实施例3	实施例4	实施例5	实施例6	实施例7	实施例8
配方组成(体积百分比)(%)								
聚合物	42	45	48	51	42	42	42	42
WC	58	55	52	49	/	58	58	58
IC	/	/	/	/	58	/	/	/
过电流保护元件结构								
3*4mm过电流保护元件(图1所示)	√	√	√	√	√	/	/	/
条状过电流保护元件(图2所示)	/	/	/	/	/	√	/	/
SMT过电流保护元件(图3所示)	/	/	/	/	/	/	√	/
SMD过电流保护元件(图4所示)	/	/	/	/	/	/	/	√
电阻再现性								
R_0 (mohm)	2.3	2.5	3.2	3.9	4.3	8.7	2.9	3.6
R_{reflow} (mohm)	/	/	/	/	/	/	5.3	5.0
R_1 (mohm)	3.5	3.8	5.0	6.5	6.9	9.8	6.6	6.5
R_{200} (mohm)	16.4	15.1	22.3	30.2	50.5	18.2	21.3	20.2
R_{200} (mohm) / R_0 (mohm)	7.1	6.0	7.0	7.7	11.7	2.1	7.3	5.6
耐候性能								
High temperature and humidity R_{1000h} (mohm)	9.9	9.5	12.4	16.3	17.8	15.5	18.7	18.3
High humidity R_{1000h} (mohm)	7.0	6.9	9.2	12.0	12.8	12.3	10.6	10.2

[0049] 从表一可以看出:实施例1至8中的过电流保护元件初始电阻均低于10毫欧,经过

电流冲击200次后电阻再现性优良,尤其是金属碳化物为WC粉末时,电流冲击200次后过电流保护元件阻值 R_{200} 与初始阻值 R_0 (SMT和SMD过电流保护元件为 R_{reflow})之比不大于8;同时,高温高湿和高湿度环境实验后,过电流保护元件的电阻变化不大,仍在可以正常使用的范围内。US7391295公开的过电流保护元件在25℃时的体积电阻率小于 $0.2 \Omega \cdot \text{cm}$,其承载电流大于 0.215 A/mm^2 ,而本发明专利公开的聚合物基导电复合材料体积电阻率小于 $0.01 \Omega \cdot \text{cm}$,远低于专利US7391295的 $0.2 \Omega \cdot \text{cm}$;本发明专利公开的聚合物基导电复合材料承载电流大于 0.25 A/mm^2 ,高于US7391295的 0.215 A/mm^2 。

[0050] 本发明的内容和特点已揭示如上,然而前面叙述的本发明仅仅简要地或只涉及本发明的特定部分,本发明的特征可能比在此公开的内容涉及的更多。因此,本发明的保护范围应不限于实施例所揭示的内容,而应该包括在不同部分中所体现的所有内容的组合,以及各种不背离本发明的替换和修饰,并为本发明的权利要求书所涵盖。

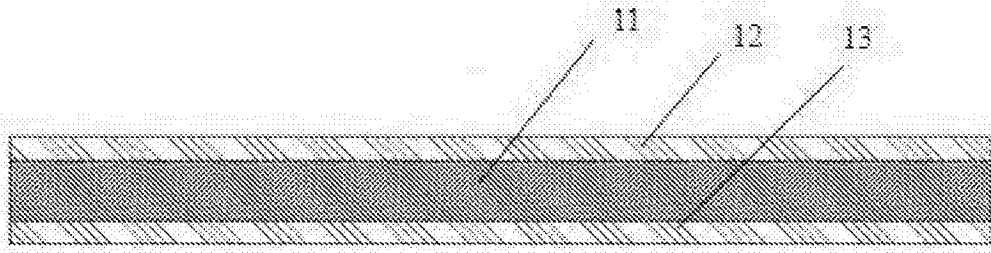


图1

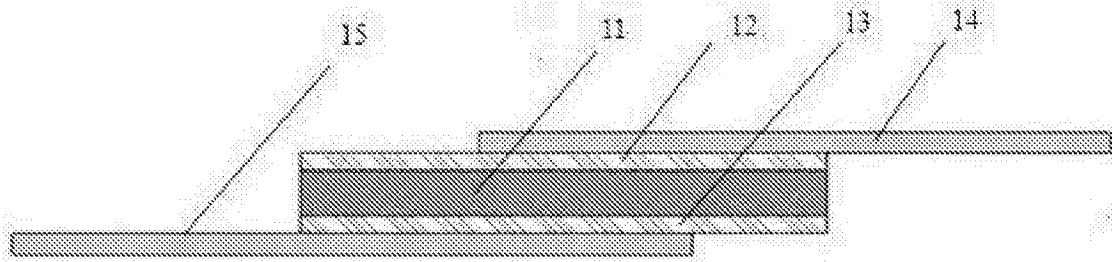


图2

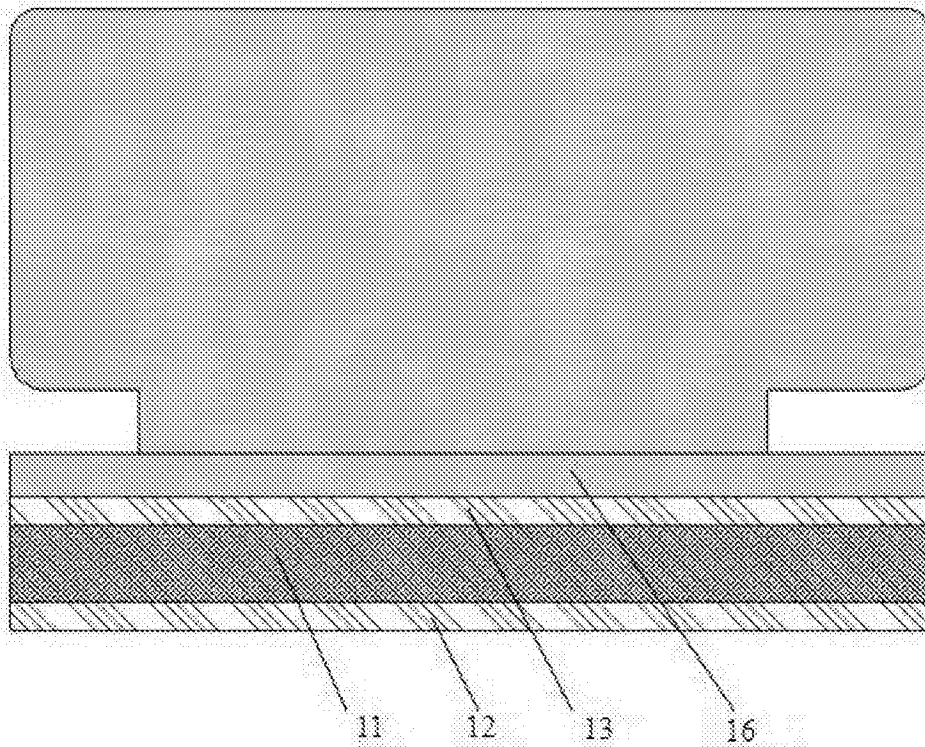


图3

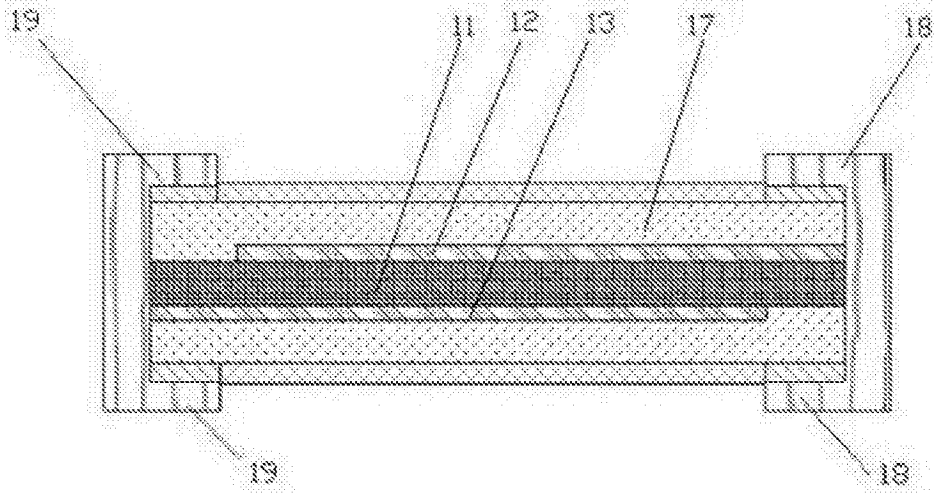


图4