



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105683272 B

(45)授权公告日 2019.02.12

(21)申请号 201480059617.9

(72)发明人 Y.萨加

(22)申请日 2014.08.28

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105683272 A

代理人 王伦伟 李炳爱

(43)申请公布日 2016.06.15

(51)Int.Cl.

C08K 3/04(2006.01)

(30)优先权数据

2013-177724 2013.08.29 JP

(56)对比文件

CN 102604371 A,2012.07.25,

CN 101861353 A,2010.10.13,

CN 103270099 A,2013.08.28,

WO 9835360 A1,1998.08.13,

CN 103044904 A,2013.04.17,

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.04.29

审查员 李晓帆

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/053081 2014.08.28

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/031573 EN 2015.03.05

(73)专利权人 纳幕尔杜邦公司

权利要求书2页 说明书13页

地址 美国特拉华州.威尔明顿

(54)发明名称

电绝缘且导热的聚合物组合物

(57)摘要

本发明公开了一种聚合物组合物，所述聚合物组合物包含：(a)20体积%至70体积%的至少一种聚合物；(b)10体积%至35体积%的至少一种涂覆碳颗粒；(c)7体积%至35体积%的至少一种电绝缘无机片状填料，所述电绝缘无机片状填料的最长尺寸上的最大长度为20微米；以及(d)任选地，0.5体积%至25体积%的共聚酯弹性体，其表现出大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率和至少 2.0W/mK 的热导率两者。本发明公开了通过模塑成分(a)至(d)制备这些组合物的方法以及由这些组合物制得的制品。

1. 一种聚合物组合物，所述聚合物组合物包含：

(a) 20体积%至70体积%的至少一种聚合物；

(b) 10体积%至35体积%的至少一种涂覆碳颗粒，所述涂覆碳颗粒选自涂覆石墨、涂覆碳纤维、涂覆玻璃碳、涂覆无定形碳、以及这些的混合物；

(c) 7体积%至35体积%的至少一种电绝缘无机片状填料，所述电绝缘无机片状填料的最长尺寸上的最大长度为20微米，并且选自金属氧化物、金属碳酸盐、碳酸盐矿物、金属氢氧化物、金属氮化物、金属硫化物、磷酸盐矿物、粘土矿物、硅酸盐矿物、玻璃材料以及这些的混合物；以及

(d) 任选地，0.5体积%至25体积%的共聚酯弹性体；

其中：

每种组分(a)至(d)的体积百分比基于所述聚合物组合物的总体积计；

所述至少一种涂覆碳颗粒(b)上的涂层为金属氧化物涂层或熔点高于所述聚合物组合物制备或模塑温度的任何聚合物；并且，

当模塑时，所述聚合物组合物具有：

当根据ASTM D-257在100伏下测量时大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率；并且

当根据ASTM E-1461测量时至少2.0W/mK的热导率。

2. 根据权利要求1所述的聚合物组合物，其中：

(b) 在所述聚合物组合物的总体积的20体积%至35体积%范围内。

3. 根据权利要求1或2所述的聚合物组合物，其中：

(c) 在所述聚合物组合物的总体积的20体积%至35体积%范围内。

4. 根据权利要求1或2所述的聚合物组合物，其中：

(d) 在所述聚合物组合物的总体积的2体积%至20体积%范围内。

5. 一种方法，所述方法包括：

模塑聚合物组合物，所述组合物包含：

(a) 20体积%至70体积%的至少一种聚合物；

(b) 10体积%至35体积%的至少一种涂覆碳颗粒，所述涂覆碳颗粒选自涂覆石墨、涂覆碳纤维、涂覆玻璃碳、涂覆无定形碳以及这些的混合物；

(c) 7体积%至35体积%的至少一种电绝缘无机片状填料，所述电绝缘无机片状填料的最长尺寸上的最大长度为20微米，并且选自金属氧化物、金属碳酸盐、碳酸盐矿物、金属氢氧化物、金属氮化物、金属硫化物、磷酸盐矿物、粘土矿物、硅酸盐矿物、玻璃材料以及这些的混合物；

(d) 任选地，0.5体积%至25体积%的共聚酯弹性体；

其中，

每种组分(a)至(d)的体积百分比基于所述聚合物组合物的总体积计；

所述至少一种涂覆碳颗粒(b)上的涂层为金属氧化物涂层或熔点高于所述聚合物组合物制备或模塑温度的任何聚合物；并且

当模塑时，所述聚合物组合物具有：

当根据ASTM D-257在100伏下测量时大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率；并且

当根据ASTM E-1461测量时至少2.0W/mK的热导率。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中:
 - (b) 在所述聚合物组合物的总体积的20体积%至35体积%范围内。
 7. 根据权利要求5或6所述的方法,其中
 - (c) 在所述聚合物组合物的总体积的20体积%至35体积%范围内。
 8. 根据权利要求5或6所述的方法,其中
 - (d) 在所述聚合物组合物的总体积的2体积%至20体积%范围内。
 9. 一种包含聚合物组合物的制品,所述聚合物组合物包含:
 - (a) 20体积%至70体积%的至少一种聚合物;
 - (b) 10体积%至35体积%的至少一种涂覆碳颗粒,所述涂覆碳颗粒选自涂覆石墨、涂覆碳纤维、涂覆玻璃碳、涂覆无定形碳以及这些的混合物;
 - (c) 7体积%至35体积%的至少一种电绝缘无机片状填料,所述电绝缘无机片状填料的最长尺寸上的最大长度为20微米,并且选自金属氧化物、金属碳酸盐、碳酸盐矿物、金属氢氧化物、金属氮化物、金属硫化物、磷酸盐矿物、粘土矿物、硅酸盐矿物、玻璃材料以及这些的混合物;以及
 - (d) 任选地,0.5体积%至25体积%的共聚酯弹性体;
- 其中:
- 每种组分(a)至(d)的体积百分比基于所述聚合物组合物的总体积计;
- 所述至少一种涂覆碳颗粒(b)上的涂层为金属氧化物涂层或熔点高于所述聚合物组合物制备或模塑温度的任何聚合物;并且,
- 当模塑时,所述聚合物组合物具有:
- 当根据ASTM D-257在100伏下测量时大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率;并且
- 当根据ASTM E-1461测量时至少2.0W/mK的热导率。
10. 根据权利要求9所述的制品,其中:
 - (b) 在所述聚合物组合物的总体积的20体积%至35体积%范围内。
 11. 根据权利要求9或10所述的制品,其中
 - (c) 在所述聚合物组合物的总体积的20体积%至35体积%范围内。
 12. 根据权利要求9或10所述的制品,其中
 - (d) 在所述聚合物组合物的总体积的2体积%至20体积%范围内。
 13. 根据权利要求9或10所述的制品,所述制品的形式为车辆前灯罩、车辆尾灯罩、车辆刹车灯罩或发光二极管灯罩。

电绝缘且导热的聚合物组合物

发明内容

[0001] 已开发出提供日益增大的光输出的电子装置,如发光二极管(LED)。LED的光输出越高,LED的电需求越大,并且LED的热输出越大。为了推进它们的效率和安全性,高功率电子装置如LED的热量控制是关键性的。对作为电子装置操作的LED尤其如此,必须使电击的可能性最小化。

[0002] 通过经由散热器散热,可进行LED的热输出控制。一些LED外壳用作散热器,通常使用铝作为散热器材料。然而,金属外壳相对于由聚合物材料制得的外壳而言较重。由于铝是导电的,因此为了防止电击,必须设计LED外壳,以使金属部分与内部电子组件绝缘。

[0003] 由于LED的功率输出增加,因此需要具有良好热导率的电绝缘组合物以用于此类装置中,尤其是用于LED外壳中。

[0004] 下列参考文献公开了电绝缘组合物。美国专利申请公布号2009/0152491公开了导热聚合物树脂组合物,所述组合物包含聚合物、球形或颗粒状导热填料、和片状导热填料。美国专利申请公布号2010/0219381公开了具有两种填料的热塑性聚合物,所述两种填料均是电绝缘且导热的。美国专利申请公布号2012/0157600公开了模塑热塑性制品,所述制品包含一种或多种热塑性聚合物、具有至少5W/mK热导率的填料、炭黑粉末、和具有不超过5W/mK热导率的纤维填料。国际专利申请公布号WO 2011/106252公开了具有至少约3W/mK热导率并且具有导热性液晶聚合物的组合物,所述组合物包含石墨、具有10微米至100微米范围内平均粒度的滑石粉、和具有3至20范围内纵横比的纤维填料。美国专利6620497公开了具有氮化硼涂覆的碳薄片的电绝缘且导热的聚合物组合物。

[0005] 本文描述的是聚合物组合物,当模塑时,所述组合物表现出最小热导率与最小体积电阻率(即电绝缘性)的独特组合,使得由这些组合物制得的制品如电气和电子装置的外壳或驱动器壳体可信赖地用作散热器以将热散发到环境大气中,同时使操作时的电击最小化。

[0006] 为此,本文描述的是聚合物组合物,所述聚合物组合物包含:

[0007] (a) 20体积%至70体积%的至少一种聚合物;

[0008] (b) 10体积%至35体积%的至少一种涂覆碳颗粒;

[0009] (c) 7重量%至35重量%的至少一种电绝缘无机片状填料,所述电绝缘无机片状填料的最长尺寸上的最大长度为20微米;

[0010] (d) 任选地,0.5体积%至25体积%的共聚酯弹性体;

[0011] 其中每种组分(a)至(d)的体积百分比基于所述聚合物组合物的总体积百分比计;并且当模塑时,根据ASTM D-257在100伏下测量,这些聚合物组合物具有大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率;并且当根据ASTM E-1461测量时,具有至少2.0W/mK的热导率。

[0012] 所述至少一种聚合物选自热塑性聚合物、热固性聚合物、聚芳硫醚、芳族聚酰胺聚合物、聚酯、聚酰胺、聚碳酸酯、聚烯烃、聚缩醛、以及这些的混合物。所述至少一种涂覆碳颗粒选自涂覆石墨、涂覆碳纤维、涂覆玻璃碳、涂覆无定形碳、以及这些的混合物。所述至少一种电绝缘无机片状填料选自金属氧化物、金属碳酸盐、碳酸盐矿物、金属氢氧化物、金属氮

化物、金属硫化物、磷酸盐矿物、粘土矿物、硅酸盐矿物、玻璃材料、以及这些的混合物。

[0013] 本文还描述了制备这些组合物的方法以及由这些组合物制得的制品。

具体实施方式

[0014] 定义和缩写

[0015] 以下定义和缩写旨在用来解释说明书中所讨论的以及权利要求书中所引用的术语的含义。

[0016] 如本文所用，术语“发光二极管”或“LED”是指一种装置，该装置包括至少一个发光半导体二极管、能够将二极管连接到电路的电连接、以及部分地包围所述二极管的外壳。术语“LED外壳”或“外壳”是指结构元件，其允许二极管部分或完全插入其中，从而形成围绕二极管的部分或总体隔离。LED外壳可至少包括由聚合材料制得的一部分，所述聚合材料可为本文所述的组合物。

[0017] 如本文所用，术语“聚合物”是指热塑性聚合物、热固性聚合物、芳族聚酰胺聚合物、以及这些的混合物。

[0018] 如本文所用，术语“碳颗粒”是指含碳颗粒，所述颗粒为薄片和纤维形式，并且具有约75重量%，优选大于85重量%，更优选大于95重量%碳的碳含量。可被涂覆的碳颗粒包括碳粉、碳薄片、石墨粉、石墨薄片、碳纤维、玻璃碳、无定形碳、以及这些的混合物，并且可以是天然存在的或合成的。

[0019] 涂覆前，薄片状碳颗粒具有是其厚度的至少2.5倍的长度和宽度，以及小于约2的长度与宽度比率。涂覆前，纤维状碳颗粒具有0.5微米至50微米的直径和3至15的纵横比(即长宽比)。

[0020] 如本文所用，术语“涂覆碳颗粒”是指其中至少一部分或整个碳颗粒外表面已用涂覆材料涂覆的碳颗粒。

[0021] 如本文所用，术语“电绝缘无机片状填料”是指无机的且片状的并且电绝缘的填料。片状填料为薄片状、扁平状或盘状，并且具有是其厚度的至少2.5倍的长度和宽度，以及小于2的长度与宽度比率。

[0022] 如本文所用，术语“最长尺寸上的最大长度”是指电绝缘无机片状填料任何可测方向-长度、幅度、宽度、深度等--的最大可能量度。

[0023] 如本文所用，术语“共聚酯弹性体”是指为嵌段共聚物的弹性体聚合物，其包含a)聚酯硬链段和b)聚酯柔性软链段。

[0024] 如本文所用，术语“体积电阻率”是指材料的电绝缘容量或电阻率。根据ASTM D-257在100伏[“100V”]下由电阻率计测定具有16mm×16mm×16mm尺寸的模塑试验样本的体积电阻率。该电压最接近地反映LED装置运行时的电压。体积电阻率以欧姆·厘米($\Omega \cdot \text{cm}$)为单位报告。

[0025] 如本文所用，术语“热导率”是指材料传导热能的能力。如ASTM E-1461中所述，采用激光闪光方法测定模塑试验样本平面方向的热导率。热导率以瓦每米开尔文(W/mK)为单位报告。

[0026] 范围

[0027] 除非另外指明，本文所述的任何范围均明确地包括其端值。在阐述某个量时，作为

范围的浓度或其它值或参数具体地讲公开了由任何一对任何范围上限和任何范围下限所形成的所有范围,而无论此类限值对是否是本文所单独公开的。本文所述的方法和制品不限于在说明书中限定范围时所公开的具体值。

[0028] 优选的变型

[0029] 本文在材料、方法、步骤、值和/或范围等方面所公开的方法、组合物和制品的任何变体,不论是否被识别为优选的变体,具体地旨在公开任何方法和制品,包括此类材料、方法、步骤、值、范围等的任何组合。为了给权利要求提供图形和足够的支持,任何此类公开的组合具体地均旨在作为本文所述方法、组合物和制品的优选变体。

[0030] 一般情况

[0031] 本文描述的是聚合物组合物,当模塑时,所述聚合物组合物表现出体积电阻率形式的一定电阻率以及最低的热导率。这些组合物包含:

[0032] a) 20体积%至70体积%的至少一种聚合物;

[0033] b) 10体积%至35体积%的至少一种涂覆碳颗粒;

[0034] c) 7体积%至35体积%的至少一种电绝缘无机片状填料,所述电绝缘无机片状填料的最长尺寸上的最大长度为20微米;

[0035] d) 任选地,0.5重量%至25重量%的共聚酯弹性体;

[0036] 其中:每种组分(a)至(d)的体积百分比基于所述聚合物组合物的总体积百分比计;并且当模塑时,根据ASTM D-257在100伏下测量,这些聚合物组合物具有大于 1×10^{14} $\Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率,并且当根据ASTM E-1461测量时,具有至少2.0W/mK的热导率。

[0037] 所述至少一种聚合物优选选自热塑性聚合物、热固性聚合物、聚芳硫醚、芳族聚酰胺聚合物、聚酯、聚酰胺、聚碳酸酯、聚烯烃、聚缩醛、以及这些的混合物。所述至少一种涂覆碳颗粒选自涂覆石墨、涂覆碳纤维、涂覆玻璃碳、涂覆无定形碳、以及这些的混合物。所述至少一种电绝缘无机片状填料选自金属氧化物、金属碳酸盐、碳酸盐矿物、金属氢氧化物、金属氮化物、金属硫化物、磷酸盐矿物、粘土矿物、硅酸盐矿物、玻璃材料、以及这些的混合物。

[0038] 当模塑时,这些聚合物组合物由于加入了具有特定形状和尺寸的所述填料以及所述涂覆碳颗粒,因此获得所述体积电阻率和所述热导率的组合特性。根据ASTM D-257,在100伏[“100V”]下使用电阻率计对具有16mm×16mm×16mm尺寸的本文所述模塑聚合物组合物试验样本测定体积电阻率,在100伏下是因为该电压最类似于LED装置运行时的电压。

[0039] 聚合物(a)

[0040] 用于聚合物组合物中的聚合物包括热塑性聚合物、热固性聚合物、芳族聚酰胺聚合物、以及这些的混合物。热塑性聚合物的非限制性示例包括聚碳酸酯、聚烯烃如聚乙烯和聚丙烯、聚缩醛、聚酰胺、聚酯、聚砜、聚芳硫醚、液晶聚合物如芳族聚酯、聚苯醚、聚芳酯、聚醚醚酮(PEEK)、聚醚酮酮(PEKK)、间规立构聚苯乙烯、热塑性硫化橡胶(TPV)、以及这些的混合物。优选的热塑性聚合物包括聚碳酸酯、聚烯烃、聚芳硫醚、聚缩醛、聚酰胺、和聚酯,最优选聚酯。

[0041] 热固性聚合物的非限制性示例包括环氧化物、聚氨酯、硫化橡胶、酚醛树脂、不饱和热固性聚酯树脂、和聚酰亚胺树脂。

[0042] 当热塑性聚合物为聚酯时,所述聚酯选自衍生自一种或多种二羧酸和一种或多种具有二个或更多个碳原子的二醇的聚酯、共聚酯热塑性弹性体、以及这些的混合物。二羧酸

的示例包括对苯二甲酸、间苯二甲酸、和2,6-萘二甲酸中的一种或多种。可使用至多20摩尔%的脂族二羧酸来形成聚酯，所述脂族二羧酸包括癸二酸、己二酸、壬二酸、十二烷二酸、或1,4-环己烷二甲酸。二醇组分选自HO(CH₂)_nOH；1,4-环己烷二甲醇；HO(CH₂CH₂0)_mCH₂CH₂OH；和HO(CH₂CH₂CH₂CH₂0)_zCH₂CH₂CH₂CH₂OH中的一种或多种，其中n为3至10的整数，m平均为1至4，并且z平均为约7至约40。二醇的示例包括乙二醇；1,3-丙二醇；1,4-丁二醇；1,6-己二醇；1,8-辛二醇；1,10-癸二醇；1,3-丙二醇；和1,4-丁二醇。所述聚酯优选选自聚(对苯二甲酸丙二醇酯) (PTT)、聚(对苯二甲酸1,4-丁二醇酯) (PBT)、聚(2,6-萘二甲酸乙二醇酯) (PEN)、聚(2,6-萘二甲酸1,4-丁二醇酯) (PBN)、聚(对苯二甲酸1,4-环己基二甲醇酯) (PCT)、聚(对苯二甲酸乙二酯) (PET)、以及这些的共聚物和混合物。

[0043] 在这些组合物中用作聚合物的聚酰胺是一种或多种二元羧酸与一种或多种二胺，和/或一种或多种氨基羧酸的缩合产物，和/或一种或多种环状内酰胺的开环聚合反应产物。聚酰胺树脂选自脂族聚酰胺树脂、半芳族聚酰胺树脂、以及这些的混合物。术语“半芳族”描述了包含至少一些(一种或多种)芳族羧酸单体和(一种或多种)脂族二胺单体的聚酰胺树脂，相比之下，“脂族”描述了包含(一种或多种)脂族羧酸单体和(一种或多种)脂族二胺单体的聚酰胺树脂。

[0044] 脂族聚酰胺树脂由脂族和脂环族单体形成，所述单体如二胺、二元羧酸、内酰胺、氨基羧酸、以及它们的反应等同物。适宜的内酰胺包括己内酰胺和十二内酰胺。可用于全脂族聚酰胺树脂制备中的羧酸单体包括但不限于脂族羧酸，如己二酸(C6)、庚二酸(C7)、辛二酸(C8)、壬二酸(C9)、癸二酸(C10)、十二烷二酸(C12)和十四烷二酸(C14)。可用的二胺包括具有四个或更多个碳原子的那些，包括但不限于丁二胺、己二胺、辛二胺、癸二胺、2-甲基戊二胺、2-乙基丁二胺、2-甲基辛二胺、三甲基己二胺、以及这些的混合物。全脂族聚酰胺聚合物的适宜示例包括聚(ϵ -己内酰胺) PA6；聚(己二酰己二胺) (PA6,6)；聚(己二酰2-甲基戊二胺) (PA6,6)；聚(癸二酰戊二胺) (PA5,10)；聚(己二酰丁二胺) (PA4,6)；聚(癸二酰己二胺) (PA6,10)；聚(十二烷二酰己二胺) (PA6,12)；聚(十三烷二酰己二胺) (PA6,13)；PA6,14；聚(十五烷二酰己二胺) (PA6,15)；PA6,16；聚(11-氨基十一烷酰胺) (PA11)；聚(12-氨基十二烷酰胺) (PA12)；以及这些的共聚物和混合物。

[0045] 优选的脂族聚酰胺包括聚酰胺6；聚酰胺6,6；聚酰胺4,6；聚酰胺6,10；聚酰胺6,12；聚酰胺11；聚酰胺12；聚酰胺9,10；聚酰胺9,12；聚酰胺9,13；聚酰胺9,14；聚酰胺9,15；聚酰胺6,16；聚酰胺9,36；聚酰胺10,10；聚酰胺10,12；聚酰胺10,13；聚酰胺10,14；聚酰胺12,10；聚酰胺12,12；聚酰胺12,13；聚酰胺12,14；聚酰胺6,14；聚酰胺6,13；聚酰胺6,15；聚酰胺6,16；聚酰胺6,13；以及这些的共聚物和混合物。

[0046] 半芳族聚酰胺树脂为均聚物、共聚物、三元共聚物、或更高级的聚合物，其中至少一部分酸单体选自一种或多种芳族羧酸。所述一种或多种芳族羧酸可为对苯二甲酸或者对苯二甲酸与一种或多种其它羧酸的混合物，其它羧酸如间苯二甲酸、取代的邻苯二甲酸如2-甲基对苯二甲酸、以及萘二甲酸的未取代或取代的异构体。所述一种或多种芳族羧酸优选选自对苯二甲酸、间苯二甲酸、以及这些的混合物。所述一种或多种芳族羧酸更优选为对苯二甲酸与间苯二甲酸的混合物。

[0047] 此外，所述一种或多种羧酸可与一种或多种脂族羧酸混合，所述脂族羧酸如己二酸；庚二酸；辛二酸；壬二酸；癸二酸和十二烷二酸混合，优选己二酸。更优选地，半芳族聚酰

胺树脂的一种或多种羧酸混合物中的对苯二甲酸与己二酸的混合物包含至少25摩尔%的对苯二甲酸。半芳族聚酰胺树脂包含一种或多种二胺，所述二胺可选自具有四个或更多个碳原子的二胺，包括但不限于丁二胺、己二胺、辛二胺、壬二胺、癸二胺、2-甲基戊二胺、2-乙基丁二胺、2-甲基辛二胺；三甲基己二胺、双(对氨基环己基)甲烷；间苯二甲胺；对苯二甲基二胺、以及这些的混合物。

[0048] 适宜的半芳族聚酰胺树脂包括聚(对苯二甲酰己二胺)(聚酰胺6,T)、聚(对苯二甲酰壬二胺)(聚酰胺9,T)、聚(对苯二甲酰癸二胺)(聚酰胺10,T)、聚(对苯二甲酰十二碳二胺)(聚酰胺12,T)、己二酰己二胺/对苯二甲酰己二胺共聚酰胺(聚酰胺6,T/6,6)、对苯二甲酰己二胺/间苯二甲酰己二胺(6,T/6,I)、聚(己二酰间苯二甲胺)(聚酰胺MXD,6)、己二酰己二胺/对苯二甲酰己二胺共聚酰胺(聚酰胺6,T/6,6)、对苯二甲酰己二胺/对苯二甲酰2-甲基戊二胺共聚酰胺(聚酰胺6,T/D,T)、己二酰己二胺/对苯二甲酰己二胺/间苯二甲酰己二胺共聚酰胺(聚酰胺6,6/6,T/6,I)；聚(己内酰胺-对苯二甲酰己二胺)(聚酰胺6/6,T)以及它们的共聚物和共混物。包含于本文所述聚酰胺组合物中的优选的半芳族聚酰胺树脂包括PA6,T;PA6,T/6,6;PA6,T/6,I;PAMXD,6;PA6,T/D,T以及这些的共聚物和混合物。

[0049] 存在于所述聚合物组合物中的至少一种聚合物基于所述聚合物组合物的总体积计在约20体积%至约70体积%，优选约30体积%至约65体积%，还更优选约40体积%至约65体积%范围内。

[0050] 涂覆碳颗粒(b)

[0051] 本文所述聚合物组合物中的一种或多种涂覆碳颗粒可由几乎任何碳颗粒制得，只要所述颗粒是薄片状或纤维状的，并且符合特定的尺寸和形状。用于本文的碳颗粒具有基于所述碳颗粒的总重量计大于约75重量%，优选大于85重量%，还更优选大于95重量%的碳含量。碳颗粒包括碳粉、碳薄片、石墨粉、石墨薄片、碳纤维、玻璃碳、无定形碳、以及这些的混合物，并且可以是天然存在的或合成的。为明确起见，本文所述聚合物组合物可包含涂覆薄片状碳颗粒和涂覆纤维状碳颗粒。

[0052] 本文所述碳颗粒为具有非纤维形状的薄片状，和小于2的纵横比(即长度与宽度比率)。除了该纵横比以外，此类颗粒通常为扁平状或片状，并且具有是它们厚度的至少2.5倍的长度和宽度。这些薄片状碳颗粒具有5微米至300微米，优选15微米至200微米，还更优选35微米至100微米范围内的长度或宽度。虽然这些薄片状碳颗粒的纵横比小于约2；但是它优选为1.5，还更优选约1.0。这些薄片状碳颗粒的最小厚度为0.5微米。最大厚度由薄片状颗粒的长度和宽度决定。

[0053] 用于本文所述组合物中的纤维状碳颗粒具有0.5微米至50微米的直径，和3至15，并且优选4至10范围内的纵横比。优选的纤维状颗粒是碳纤维或基于沥青的碳纤维。最优选具有500W/mK或更大热导率的沥青基碳纤维。

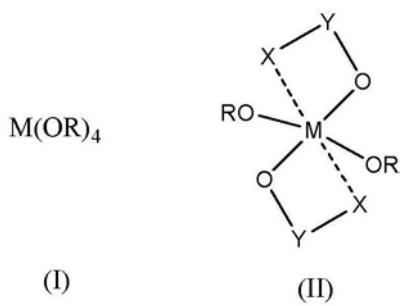
[0054] 碳颗粒的涂覆材料在颗粒表面上生成涂层，所述涂层在本文所述聚合物组合物的制备期间不被去除。换句话说，碳颗粒的涂层因在这些组合物制备和它们模塑期间持续涂覆颗粒，因此必须耐受本文所述聚合物组合物所经受的温度。涂覆材料可以是金属的或聚合物的。

[0055] 如果使用金属涂层，则它在碳颗粒上形成金属氧化物涂层。一类金属涂层可为可涂覆颗粒表面的任何包含二氧化硅的材料。具体地讲，当使用基于二氧化硅的材料作为涂

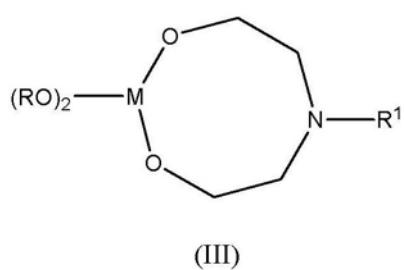
覆材料时，所得金属氧化物涂层为 SiO_2 。 SiO_2 可由 SiO_2 前体如四乙氧基硅烷(TEOS)和四甲氧基硅烷(TMOS)形成。

[0056] 如果使用聚合物涂层，则它可为热固性聚合物或熔点高于本文所述聚合物组合物制备或模塑温度的任何聚合物。一些聚合物涂层包括但不限于聚酰亚胺、三聚氰胺树脂、和基于苯酚的树脂。

[0057] 一种或多种涂覆碳颗粒的表面还可包含偶联剂以改善涂覆碳颗粒表面与聚合物(a)之间的界面结合。偶联剂的非限制性示例包括元素周期表第IIIa族至VIIa族、Ib族、IIb族、IIIb族和IVb族以及镧系元素的金属氢氧化物和醇盐。偶联剂的具体示例包括的金属氢氧化物和金属醇盐，所述金属选自Ti、Zr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、Al和B。优选的金属氢氧化物和醇盐是Ti和Zr的那些。具体的金属醇盐偶联剂是钛酸盐和锆酸盐原酸酯和螯合物，包括式(I)、(II)和(III)的化合物：



[0058]



[0059] 其中，

[0060] M为钛或锆；

[0061] R为一价C₁-C₈直链或支链烷基；

[0062] Y为选自 $-\text{CH}(\text{CH}_3)-$ 、 $-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2-$ 或 $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$ 的二价基团；

[0063] X选自OH、-N(R1)₂、-C(0)OR₃、-C(0)R₃、-CO₂⁻A⁺；其中，

[0064] R¹为任选地被羟基或醚氧取代的-CH₃或C₂-C₄直链或支链烷基；前提条件是任何一个碳原子上键合不超过一个杂原子：

[0065] R³为C₁-C₄直链或支链烷基；并且

[0066] A⁺选自NH⁴⁺、Li⁺、Na⁺、或K⁺。

[0067] 偶联剂可在涂覆碳颗粒与聚合物(a)混合之前加入到涂覆碳颗粒中,或可在电绝缘无机片状填料与聚合物(a)共混期间加入。偶联剂的量优选为加入到组合物中的涂覆碳颗粒重量的0.1重量%至5重量%,优选0.5重量%至2重量%。

[0068] 本文所述聚合物组合物中的涂覆碳颗粒基于所述聚合物组合物的总体积计在10体积%至35体积%，优选15体积%至35体积%，还更优选20体积%至35体积%范围内。

[0069] 申绝缘无机片状填料(c)

[0070] 本文所述聚合物组合物中的至少一种电绝缘无机片状填料应具有是其厚度的至少2.5倍的长度和宽度,以及小于约2的纵横(长度比宽度)比率。优选地,电绝缘无机片状填料优选具有是其厚度的至少5倍的长度和宽度,还更优选具有是其厚度的至少10倍的长度和宽度。电绝缘无机片状填料的最长尺寸上的最大长度为20微米,优选10微米,还更优选5微米。

[0071] 用于本文所述的聚合物组合物中的至少一种电绝缘无机片状填料具有在20℃下测量的至少 1×10^9 ($\Omega \cdot m$) 的电阻率 (ρ)。对于所用的电绝缘无机片状填料的类型没有限制,只要其具有至少 1×10^9 ($\Omega \cdot m$) 的电阻率即可。电绝缘无机片状填料的非限制性示例包括金属氧化物、金属碳酸盐、碳酸盐矿物、金属氢氧化物、金属氮化物、金属硫化物、磷酸盐矿物、粘土矿物、硅酸盐矿物、玻璃材料、以及这些的混合物。

[0072] 金属氧化物的示例包括氧化铝 (Al_2O_3)、氧化锌 (ZnO)、氧化钛 (TiO_2)、氧化铁 (FeO)、氧化镁 (MgO)、氧化硅 (SiO_2)、勃姆石 ($Al_2O_3 \cdot nH_2O$)、以及这些的混合物。金属碳酸盐的示例包括碳酸钙 ($CaCO_3$)、碳酸镁 ($MgCO_3$)、以及这些的混合物。碳酸盐矿物的示例包括方解石 ($CaCO_3$ 的多形体)、文石 ($CaCO_3$ 的晶体形式)、白云石 ($CaMg(CO_3)_2$)、水滑石 ($Mg_6Al_2CO_3(OH)_{16} \cdot 4(H_2O)$)、碳酸镁铁矿 ($Mg_6Fe_2(CO_3)(OH)_{16} \cdot 4(H_2O)$)、碳酸镁铬矿 ($Mg_6Cr_2CO_3(OH)_{16} \cdot 4H_2O$)、水碳锰镁石 ($Mg_6Mn_{3+2}(CO_3)(OH)_{16} \cdot 4H_2O$)、水镁铝石 ($Mg_6Al_2(CO_3)(OH)_{16} \cdot 4H_2O$) 以及这些的混合物。金属氢氧化物的示例包括氢氧化铝 ($Al(OH)_3$)、氢氧化镁 ($Mg(OH)_2$)、以及这些的混合物。金属氮化物的示例包括氮化硼 (BN)、氮化铝 (AlN)、氮化硅 (Si_3N_4)、以及这些的混合物。金属硫化物的示例包括硫化钼 (MoS_2)、硫化钨 (WS_2)、硫化锌 (ZnS)、以及这些的混合物。磷酸盐矿物的示例包括磷灰石 ($Ca_5(Po_4)_3(F, Cl, OH)$)、羟基磷灰石 ($Ca_5(Po_4)_3(OH)$)、以及这些的混合物。硅酸盐矿物的示例包括蛇纹石 ($(Mg, Fe)_3Si_2O_5(OH)_4$)、叶蜡石 ($Al_2Si_4O_{10}(OH)_2$)、高岭土、绢云母 ($KA1_2AlSi_3O_{10}(OH)_2$)、蒙脱石 ($(Na, Ca)_{0.33}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$)、绿泥石族矿物、滑石、蛭石、单斜粘土状矿物如蒙皂石族矿物、云母、硅藻土 ($SiO_2 \cdot nH_2O$)、以及这些的混合物。示出的许多这些电绝缘无机片状填料示例的化学式是可用于聚合物组合物中的电绝缘无机片状填料类别或种类的代表,并且不是将电绝缘无机片状填料限于该具体化学式。

[0073] 用于聚合物组合物中的一种或多种电绝缘无机片状填料可为天然开采的或合成的。聚合物组合物可包含一种或多种这些电绝缘无机片状填料。适宜的电绝缘无机片状物包括氧化铝(矾土)、氧化锌、滑石、氧化镁、二氧化硅、勃姆石、氮化硼、云母、氮化铝、氮化硅、硫化锌、以及这些的混合物。优选的电绝缘无机片状填料包括勃姆石、滑石、和云母。

[0074] 电绝缘无机片状填料的表面可包含至少一种偶联剂,以用于改善电绝缘无机片状填料表面与聚合物以及涂覆碳颗粒之间的界面结合。偶联剂可在电绝缘无机片状填料与聚合物混合前加入到电绝缘无机片状填料中,或可在电绝缘无机片状填料与聚合物共混时加入。偶联剂优选为加入到聚合物组合物中的电绝缘无机片状填料体积重量的0.1重量%至5重量%,更优选0.5重量%至2重量%。换句话讲,如果称重,电绝缘无机片状填料的体积%具有具体的重量。用于涂覆电绝缘无机片状填料表面的偶联剂的量优选为用于所述聚合物组合物中的电绝缘无机片状填料重量的0.1重量%至5重量%。

[0075] 这些组合物中的电绝缘无机片状填料的总体积基于所述聚合物组合物的总体积计在约7体积%至约35体积%,优选约10体积%至35体积%,还更优选20体积%至35体积%

范围内。

[0076] 在这些组合物中,涂覆碳颗粒可优选在所述聚合物组合物总体积的20体积%至35体积%范围内,或电绝缘无机片状填料可优选在所述聚合物组合物总体积的20体积%至35体积%范围内,或涂覆碳颗粒和电绝缘无机片状填料可各自在所述聚合物组合物总体积的20体积%至35体积%范围内。

[0077] 共聚酯弹性体(d)

[0078] 可用于聚合物组合物中的任选共聚酯弹性体为嵌段共聚物,其包含a)聚酯硬链段,和b)聚酯柔性软链段。聚酯硬链段的示例为聚对苯二甲酸亚烷基酯、聚(环己烷二羧酸环己基甲醇)。聚酯软链段的示例是脂族聚酯,包括聚己二酸丁二醇酯、聚己二酸四亚甲基酯和聚己内酯。共聚酯弹性体包含通过酯基和/或氨基甲酸酯基连接在一起的高熔点聚酯单元嵌段和低熔点聚酯单元嵌段。共聚酯弹性体的示例为购自特拉华州威明顿的杜邦公司(E.I.duPont de Nemours and Company(Wilmington,DE))的HYTREL[®]热塑性聚酯弹性体。当使用时,共聚酯弹性体在聚合物组合物中的浓度在所述聚合物组合物总体积的约0.5体积%至约25体积%,优选约2体积%至约20体积%范围内。

[0079] 附加成分

[0080] 本文所述聚合物组合物可任选包含一种或多种成核剂,其包括滑石和氮化硼。所述聚合物组合物还可包含一种或多种阻燃剂、阻燃剂增效剂、热稳定剂、抗氧化剂、染料、释模剂、润滑剂、和UV稳定剂。当使用时,附加成分之和基于所述聚合物组合物总重量计优选在约0.1重量%至约10重量%范围内。

[0081] 制备本文所述的聚合物组合物

[0082] 本文所述聚合物组合物可采用本领域技术人员已知的方法制得,如注塑、吹塑或挤出。模塑这些组合物有利于制备包含所述组合物的制品。此外,制品还可通过挤出这些组合物制得。此类制品包括马达外壳、灯罩、汽车和其它车辆的灯罩、以及电气和电子器件外壳。汽车和其它车辆中的灯罩的示例是前灯和尾灯,包括头灯、尾灯和刹车灯,尤其是使用发光二极管(LED)灯泡的那些。在许多应用中,所述制品可用作由铝或其它金属制备的制品的替代物。

[0083] 实施例

[0084] 本发明由以下实施例(E)和比较例(C)示例但不限于这些。

[0085] 材料

[0086] PBT-具有约0.68dL/g特性粘度的聚对苯二甲酸丁二醇酯聚酯。

[0087] PBT-具有约1.02dL/g特性粘度的聚对苯二甲酸丙二醇酯聚酯。

[0088] PEE-以商品名HYTREL[®]4068购自特拉华州威明顿的杜邦公司的热塑性共聚酯弹性体。

[0089] 勃姆石A-具有15微米平均粒度的以商品名Celasule BMF得自卡瓦伊石灰工业有限公司(Kawai Lime Industry Co.,Ltd)的无机片状填料。

[0090] 勃姆石B-具有4微米平均粒度的以商品名Celasule BMT得自卡瓦伊石灰工业有限公司的球形颗粒。

[0091] 滑石A-具有5微米平均粒度的以商品名LMS 200得自富士滑石工业有限公司(Fuji Talc Industrial Co.,Ltd.)的片状滑石。

- [0092] 滑石B-具有19微米平均粒度的以商品名NK48得自富士滑石工业有限公司的片状滑石。
- [0093] 滑石C-具有26微米平均粒度的得自富士滑石工业有限公司的片状滑石。
- [0094] 云母A-具有5微米平均粒度的以商品名Mica SJ-005得自山口云母有限公司(Yamaguchi Mica Co.,Ltd)的无机片状填料。
- [0095] 云母B-具有10微米平均粒度的得自山口云母有限公司的无机片状填料。
- [0096] 云母C-具有26微米平均粒度的得自Repco Inc公司的无机片状填料。
- [0097] 云母D-具有180微米平均粒度的以商品名Mica B-82得自山口云母有限公司的无机片状填料。
- [0098] 氮化硼-具有5微米平均粒度的以商品名Boron Nitride GP得自山口云母有限公司的无机片状填料。
- [0099] FR-1-具有10,000平均分子量的以商品名SR-T 5000得自山口云母有限公司的颗粒状溴化环氧化物阻燃剂。
- [0100] FR-2-以商品名PE/FR-80得自川崎三光化成公司(Kawasaki Sanko Kasei)的三氧化锑/聚乙烯(按重量计80/20)母料。
- [0101] 石墨-具有42微米平均粒度的以商品名PC99-300M得自Ito石墨有限公司(Ito Graphite Co.,Ltd)的石墨。
- [0102] CF1-具有50微米平均纤维长度、11微米纤维直径、和4.5的纵横比(L:W)的以商品名DIALEAD®K223HM购自三菱树脂公司(Mitsubishi Plastics)的基于沥青的碳纤维。
- [0103] CF2-具有200微米平均纤维长度、11微米纤维直径、和18的纵横比(L:W)的以商品名DIALEAD®K223HM购自三菱树脂公司的基于沥青的碳纤维。
- [0104] CTAB-十六烷基三甲基溴化铵
- [0105] TEOS-原硅酸四乙酯
- [0106] 方法
- [0107] 热导率(TC)
- [0108] 根据ASTM E-1461,由氙闪光设备(LFA 447 NanoFlash®, NETZSCH公司)测定上文获得的模塑件的热导率。
- [0109] 体积电阻率(VR)
- [0110] 根据ASTM D-257,由电阻率计(Hiresta UP:MCP-HT450型,三菱化学分析技术有限公司(Mitsubishi Chemical Analytech Co.,Ltd.))测定上文获得的模塑件的体积电阻率。可由该方法测定的最大体积电阻率为 $1.0 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 。
- [0111] 粒度测量
- [0112] 根据JIS R1629,由激光衍射测定平均粒度D50。
- [0113] 涂覆石墨颗粒的制备
- [0114] 采用下列方法,使用基于二氧化硅的涂覆材料涂覆用作碳颗粒的石墨颗粒。每种成分的量示于表1中。将异丙醇(IPA)和去离子水混合在一起以形成溶剂。在60°C下搅拌溶剂的同时,将作为催化剂的25%浓度的氨水混合物加入到所述溶剂中,将作为表面活性剂的十六烷基三甲基溴化铵(CTAB,CAS#57-09-0)和具有42微米平均粒度的石墨颗粒加入到

所述溶剂中。在搅拌该混合物的同时，将原硅酸四乙酯(TEOS,CAS.78-10-4)加入到所述混合物中。用磁力搅拌器将混合物在60℃下搅拌2小时，然后过滤收集二氧化硅涂覆的石墨颗粒。使二氧化硅涂覆的石墨制品在室温下干燥24小时。

[0115] 表1

[0116]

材料	量(g)
石墨	1.15
CTAB	0.02
TEOS	1.26
IPA	18
水	0.46
催化剂	0.92

[0117] 涂覆碳纤维颗粒的制备

[0118] 为制备涂覆碳纤维颗粒，采用下列方法，使用基于二氧化硅的涂覆材料涂覆碳纤维。每种成分的量示于表2中。

[0119] 将乙醇(EtOH)和去离子水混合在一起以形成溶剂。在60℃下搅拌溶剂的同时，将作为催化剂的25%浓度的氨水溶液加入到所述溶剂中，将作为表面活性剂的CTAB和碳纤维加入到所述溶剂中。在搅拌该混合物的同时，将原硅酸四乙酯TEOS加入到所述混合物中。用磁力搅拌器将混合物在60℃下搅拌2小时，然后过滤收集二氧化硅涂覆的碳纤维。使涂覆碳纤维(CCF1和CCF2)在室温下干燥24小时。采用该方法将CF2涂覆两次。将CF1仅涂覆一次。

[0120] 表2

[0121]

材料	量(g)
碳纤维	1.03
CTAB	3.96
TEOS	113.4
水	10.35
EtOH	405
催化剂	82.8

[0122] 聚合物组合物的制备

[0123] 表3-5表示用于制备本文所述聚合物组合物的每种成分的体积浓度。用得自DSM Xplore有限公司的微型混合器将由上述方法制得的涂覆碳颗粒、电绝缘无机片状填料、所述聚合物和任选的聚酯弹性体(PEE)(当使用时)在270℃下混合约2分钟，以形成本文所述的聚合物组合物。

[0124] 本文所述聚合物组合物的模塑

[0125] 使用注塑机将由表中所列成分制得的聚合物组合物注塑，以形成具有16mm长、16mm宽、和16mm厚的尺寸的模塑板。

[0126] 讨论

[0127] 表3中的C1和C2具有涂覆石墨颗粒，但是没有无机片状填料。C1或C2的最大体积电

阻率仅为 $7 \times 10^6 \Omega \cdot \text{cm}$, 并且热导率分别为 2.2W/mK 和 2.4W/mK 。C3具有涂覆石墨颗粒以及电绝缘无机片状填料, 所述电绝缘无机片状填料的最长尺寸上的最大长度为 $20\mu\text{m}$ 。然而, 所述填料的浓度仅为6体积%。C3具有大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率, 但热导率仅为 1.5W/mK , 低于 2.0W/mK 的所述热导率。C4具有不是片状而是相对球形的填料。虽然C3表现出所述热导率, 但是其体积电阻率小于 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

[0128] E1和E2均包含最长尺寸上的最大长度为 $20\mu\text{m}$ 的电绝缘无机片状填料(勃姆石)和浓度大于10体积%的涂覆石墨颗粒。E1和E2均具有大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率, 和分别为 2.3W/mK 和 2.9W/mK 的热导率。仅当电绝缘无机片状填料的最长尺寸上的最大长度为 $20\mu\text{m}$, 并且涂覆石墨颗粒以大于10体积%的浓度存在于本文所述聚合物组合物中时, 才获得该特性组合。

[0129] 表3

[0130]

材料	C1	C2	E1	C3	E2	C4	C5
PBT	56	53	46	60	53	53	60
PEE	19	18	15	7	4	4	7
涂覆石墨颗粒	25	30	26	27	24	24	0
勃姆石 A	0	0	13	6	18	0	12
勃姆石 B	0	0	0	0	0	18	0
未涂覆石墨	0	0	0	0	0	0	21
特性							
以微米为单位的粒度: 勃姆石	-	-	15	15	15	4	15
TC (W/mK)	2.2	2.4	2.3	1.5	2.9	3.0	2.7
VR ($\Omega \cdot \text{cm}$)	2×10^6	7×10^6	$> 1 \times 10^{14}$	$> 1 \times 10^{14}$	$> 1 \times 10^{14}$	$< 1 \times 10^5$	$< 1 \times 10^5$

[0131] 表图例:

[0132] PEE=共聚酯弹性体

[0133] TC=热导率

[0134] VR=体积电阻率

[0135] 表4示出E3至E5, 其具有涂覆石墨颗粒和大于10体积%浓度的最长尺寸上的最大长度为 $20\mu\text{m}$ 的电绝缘无机片状填料。E3至E5中的每一个具有大于 2.0W/mK 的热导率和大于 $1.0 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率。具有 $26\mu\text{m}$ 粒度的电绝缘无机片状填料和涂覆石墨颗粒, C6表现出所述热导率, 但是体积电阻率仅为 $1 \times 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$, 这是因为所述电绝缘无机片状填料的粒度大于 $20\mu\text{m}$ 。

[0136] 表4

[0137]

材料	E3	E4	E5	C6
PBT	46	54	51	46
PEE	15	5	8	15
涂覆石墨颗粒	26	25	25	26
滑石 A	13	0	0	0
氮化硼 (BN)	0	16	0	0
滑石 B	0	0	16	0

[0138]

滑石 C	0	0	0	13
特性				
以微米为单位的粒度: 滑石/BN	5	8	19	26
TC (W/mK)	3.0	3.3	2.6	2.6
VR ($\Omega \cdot \text{cm}$)	$>1 \times 10^{14}$	$>1 \times 10^{14}$	$>1 \times 10^{14}$	1×10^7

[0139] 在表5中,E6和E7均具有涂覆石墨颗粒和粒度小于20 μm 并且体积浓度大于10%的云母无机片状填料。E6和E7具有大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率和大于2.0W/mK的热导率。

[0140] 即使当聚合物组合物包含涂覆石墨颗粒时,如果云母粒度大于20 μm ,则所得聚合物组合物的体积电阻率也小于 $1 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 。C7和C8在这些组合物中云母颗粒的最长尺寸上的最大长度分别为26微米和180微米的条件下,说明了该规律。因此,C7和C8示出,只有涂覆石墨颗粒和最长尺寸上的最大长度为20 μm 的无机片状填料的组合,才可获得具有大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率和至少2.0W/mK的热导率的模塑聚合物组合物。当无机片状填料的最长尺寸上的最大长度大于20 μm 时,即使存在涂覆石墨颗粒,聚合物组合物也不表现出该组合特性。

[0141] 在本文所述聚合物组合物中,涂覆碳颗粒可为薄片状或纤维状,并且包括薄片状和纤维状的涂覆碳颗粒。E8示出,在一种组合物中使用涂覆薄片状石墨和涂覆纤维状碳颗粒。具体地讲,E8具有电绝缘无机片状填料以及具有薄片形状的涂覆石墨颗粒和具有纤维形状以及4.5的纵横比的涂覆碳纤维。纤维状涂覆碳纤维有助于改善本文所述聚合物组合物的热导率,同时提供大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率。

[0142] 虽然C9也使用具有薄片形状的涂覆石墨颗粒和纤维状涂覆碳纤维,但是所述碳纤维具有18的纵横比,其体积电阻率仅为 $5 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm}$ 。C9示出,当使用涂覆碳纤维时,纵横比必须小于15,以获得同时表现出大于 $1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率和至少2.0W/mK的热导率的本文所述聚合物组合物。

[0143] 表5

[0144]

材料	E6	E7	C7	C8	E8	C9
PBT	46	51	51	54	54	54

[0145]

PEE	15	8	8	5	5	5
涂覆石墨颗粒	26	25	25	25	13	13
云母 A	13					
云母 B		16				
云母 C			16			
云母 D				16		
涂覆碳纤维 1					12	
涂覆碳纤维 2						6
勃姆石 A					16	16
特性						
以微米为单位的粒度: 云母/BN	5	10	26	180	15	15
TC (W/mK)	2.7	2.6	2.2	2.4	3.6	3.5
VR ($\Omega \cdot \text{cm}$)	$>1 \times 10^{14}$	$>1 \times 10^{14}$	$<1 \times 10^5$	$<1 \times 10^5$	$>1 \times 10^{14}$	5×10^8

[0146] 表6中,实施例E9包含34体积%的聚酯、涂覆石墨颗粒、具有5微米粒度的滑石。实施例E9表现出大于 $1.0 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 的体积电阻率和大于2.0W/mK的热导率。

[0147] 表6

[0148]

材料	E9
PPT	34
PEE	12
涂覆石墨颗粒	25
滑石A	20
FR-1	7
FR-2	2
特性	
以微米为单位的粒度: 滑石	5
TC (W/mK)	3.6
VR ($\Omega \cdot \text{cm}$)	$>1 \times 10^{14}$