



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105706181 B

(45)授权公告日 2018.11.16

(21)申请号 201480061407.3

(22)申请日 2014.11.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105706181 A

(43)申请公布日 2016.06.22

(30)优先权数据
61/904,656 2013.11.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.05.09

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2014/064728 2014.11.10

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/073346 EN 2015.05.21

(73)专利权人 3M创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

(72)发明人 D·格霍施 J·W·麦卡彻昂
S·R·卡勒

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

代理人 陈文平

(51)Int.Cl.
H01B 1/20(2006.01)

(56)对比文件
CN 101288133 A, 2008.10.15,
CN 103260795 A, 2013.08.21,
CN 103231072 A, 2013.08.07,

审查员 刘欢

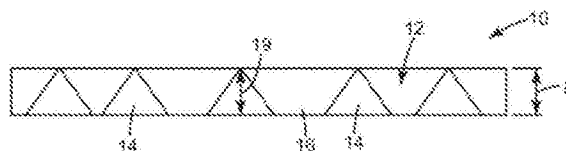
权利要求书2页 说明书23页 附图7页

(54)发明名称

包含成型颗粒的导电制品及其制造方法

(57)摘要

本发明提供了包括复合材料的导电制品,该复合材料包含(a)树脂,和(b)分布在所述树脂中的导电成型颗粒,这些颗粒具有单一粒度分布。每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,所述第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与所述第一表面相交。所述复合材料具有厚度并且分布在所述树脂中的所述导电成型颗粒中的每个常常在树脂内被取向成使得所述颗粒不延伸超过所述复合材料的厚度。本发明还提供了一种用于制造导电制品的方法,该方法包括(a)提供具有单一粒度分布的导电成型颗粒,以及(b)将所述颗粒分布到树脂中以形成复合材料。



1. 一种导电制品,所述导电制品包括:

复合材料,所述复合材料包含:

(a) 树脂;和

(b) 分布在所述树脂中的导电成型颗粒,所述颗粒具有单一粒度分布,每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,所述第二表面以介于5度和150度之间的角度 α 与所述第一表面相交;其中所述复合材料具有厚度;

其中颗粒的单一粒度分布是指这样的颗粒分布:其中至少90%的处于该分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的15%的表面积。

2. 根据权利要求1所述的导电制品,其中分布在所述树脂中的所述导电成型颗粒中的每个在所述树脂内被取向成使得所述颗粒不延伸超过所述复合材料的所述厚度。

3. 根据权利要求1所述的导电制品,其中所述导电成型颗粒中的每个包括具有介于1微米(μm)和50 μm 之间的平均厚度的金属涂层。

4. 根据权利要求1所述的导电制品,其中所述导电成型颗粒中的每个包括含有氧化铝、氧化锆、氧化钇、氧化钇稳定的氧化锆、二氧化硅、碳化钛、碳化硼、氮化硼或碳化硅的芯。

5. 根据权利要求1所述的导电制品,其中所述导电成型颗粒中的每个包括含有铝、银、铜、镍、金或其合金的金属涂层。

6. 根据权利要求1所述的导电制品,其中所述导电成型颗粒中的每个具有包括汇合于一点的至少三个表面的形状。

7. 根据权利要求1所述的导电制品,其中所述导电成型颗粒具有介于5 μm 和50 μm 之间的平均粒度。

8. 根据权利要求1所述的导电制品,其中所述复合材料包含介于0.5体积%和25体积%之间的所述导电成型颗粒。

9. 根据权利要求1所述的导电制品,其中所述树脂包括环氧树脂、聚脲、丙烯酸类树脂、氰基丙烯酸酯、聚酰胺、酚醛树脂、聚酰亚胺、硅树脂、聚酯、氨基塑料、三聚氰胺、丙烯酸酯化环氧树脂、聚氨酯、聚氯乙烯、或它们的组合。

10. 根据权利要求1所述的导电制品,其中所述复合材料还包含具有大于2:1的长度与高度的纵横比的多个导电性填料。

11. 根据权利要求1所述的导电制品,还包括基板,其中所述复合材料附接至所述基板的主表面。

12. 根据权利要求1、2或6至11中任一项所述的导电制品,其中所述导电成型颗粒中的每个包括含有铝、银、铜、金或其合金的芯。

13. 根据权利要求1所述的导电制品,其中所述复合材料表现出如通过Z轴电阻测试所测量的介于0.05欧姆和0.60欧姆之间的z轴的接触电阻。

14. 一种用于制造导电制品的方法,所述方法包括:

(a) 提供具有单一粒度分布的导电成型颗粒,每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,所述第二表面以介于5度和150度之间的角度 α 与所述第一表面相交;以及

(b) 将所述导电成型颗粒分布到树脂中以形成复合材料;其中所述复合材料具有厚度;

其中颗粒的单一粒度分布是指这样的颗粒分布:其中至少90%的处于该分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的15%的表面积。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中所述提供所述导电成型颗粒包括模制所述导电成型颗粒中的每个的芯。

16. 根据权利要求14所述的方法, 其中所述导电成型颗粒中的每个包括含有氧化铝、氧化锆、氧化钇、氧化钇稳定的氧化锆、二氧化硅、碳化钛、碳化硼、氮化硼或碳化硅的芯。

17. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述提供所述导电成型颗粒还包括将金属涂层施加至所述导电成型颗粒中的每个的所述芯以形成所述导电成型颗粒。

18. 根据权利要求14所述的方法, 其中分布在所述树脂中的所述导电成型颗粒中的每个在所述树脂内被取向成使得所述颗粒不延伸超过所述复合材料的所述厚度。

19. 根据权利要求14所述的方法, 其中所述复合材料表现出如通过Z轴电阻测试所测量的介于0.05欧姆和0.60欧姆之间的z轴的接触电阻。

20. 根据权利要求14至19中任一项所述的方法, 其中至少90%的处于所述单一粒度分布的所述颗粒具有变化不超过处于所述分布的所有所述颗粒的平均表面积的5%的面积。

包含成型颗粒的导电制品及其制造方法

技术领域

[0001] 提供了包括分布在树脂中的成型颗粒的导电制品,以及制造此类导电制品的方法。

背景技术

[0002] 便携式和紧凑式电子设备诸如移动的手持设备的日益增加趋势需要用于减小EMI噪音和串扰并使不想要的信号保持最小化的电磁干扰(EMI)解决方案。导电制品例如转移带的优点在于,它们是耐久性的并且可消除对螺杆和机械紧固件的需要,同时在组件的粘结层间隙或狭缝中提供接触式接地和EMI屏蔽。

[0003] 例如,可利用金属结构实现EMI屏蔽。然而,由于聚合物复合材料与金属相比的轻质性质,还以聚合物复合材料的形式形成了EMI解决方案。常常使用例如EMI带,该EMI带包括在粘合剂中的导电填料。填料装填水平通常是变化的,以为接地和EMI应用两者提供期望的导电性。典型的填料包括具有宽粒度分布的带涂层的球状颗粒(例如,具有在20微米(μm)至50 μm 范围内的直径的颗粒)。导电粘合剂材料中的宽粒度分布的可商购获得的填料的缺点包括:就所关心的导电性而言大多数颗粒不能被最佳地利用并且没有使材料的长期电气性能和粘合性能最大化。

发明内容

[0004] 提供了包含分布在树脂中的成型颗粒的导电制品。在第一方面,提供了一种包括复合材料的导电制品,该复合材料包含(a)树脂,以及(b)分布在树脂中的导电成型颗粒,这些颗粒具有单一粒度分布。每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,该第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面相交。复合材料具有厚度并且任选地,分布在树脂中的每个颗粒在树脂内被取向成使得颗粒不延伸超过复合材料的厚度。

[0005] 在第二方面,提供了一种用于制造导电制品的方法,该方法包括(a)提供具有单一粒度分布的导电成型颗粒,以及(b)将导电成型颗粒分布到树脂中以形成复合材料。每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,该第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面相交。复合材料具有厚度并且任选地,分布在树脂中的每个颗粒在树脂内被取向成使得颗粒不延伸超过复合材料的厚度。

附图说明

[0006] 图1是包括具有三角形形状的成型颗粒的示例性导电制品的横截面示意图。

[0007] 图2是具有棱锥形状的示例性导电成型颗粒的透视示意图。

[0008] 图3是具有棱锥形状的示例性导电成型颗粒的透视示意图。

[0009] 图4是包括具有菱形形状的成型颗粒的示例性导电制品的横截面示意图。

[0010] 图5是包括具有星形形状的成型颗粒的示例性导电制品的横截面示意图。

[0011] 图6是包括具有风筝形状的成型颗粒的示例性导电制品的横截面示意图。

- [0012] 图7是包括具有六边形形状的成型颗粒的示例性导电制品的横截面示意图。
- [0013] 图8是现有技术的包含已筛分颗粒的导电制品的横截面示意图。
- [0014] 图9是导电成型颗粒的扫描电镜 (SEM) 图像。
- [0015] 图10是导电成型颗粒的SEM图像。
- [0016] 图11A是具有三角形形状的示例性导电成型颗粒的横截面示意图。
- [0017] 图11B是具有矩形形状的示例性导电成型颗粒的横截面示意图。
- [0018] 图12是包括具有梯形形状的成型颗粒并且包括导电纤维的示例性导电制品的横截面示意图。
- [0019] 图13是包括具有斜方形形状的成型颗粒并且包括导电纤维的示例性导电制品的横截面示意图。
- [0020] 图14提供了示例性导电经涂覆纤维的横截面示意图。
- [0021] 图15是包括具有菱形形状的成型颗粒和内部基板的示例性导电制品的横截面示意图。
- [0022] 图16是包括具有菱形形状的成型颗粒 (具有两种单一粒度分布) 和内部基板的示例性导电制品的横截面示意图。
- [0023] 图17是包括具有菱形形状和梯形形状的成型颗粒以及内部基板的示例性导电制品的横截面示意图。
- [0024] 图18是包括具有菱形形状和梯形形状的成型颗粒以及内部基板的另一个示例性导电制品的横截面示意图。
- [0025] 图19A是溅射装置的横截面示意图。
- [0026] 图19B是溅射装置的示意性透视图。
- [0027] 虽然可不按比例绘制的以上附图示出了本公开的各个实施方案,但还可以想到其它的实施方案,如在具体实施方式中所指出的。

具体实施方式

[0028] 提供了具有分布在树脂中的导电成型颗粒的方法和导电制品。更具体地,提供了一种包括复合材料的导电制品,该复合材料包含 (a) 树脂,以及 (b) 分布在树脂中的导电成型颗粒,这些颗粒具有单一粒度分布。每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,该第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面相交。复合材料具有厚度并且任选地,分布在树脂中的每个导电成型颗粒在树脂内被取向成使得颗粒不延伸超过复合材料的厚度。

[0029] 在第二方面,提供了一种用于制造导电制品的方法,该方法包括 (a) 提供具有单一粒度分布的导电成型颗粒,以及 (b) 将导电成型颗粒分布到树脂中以形成复合材料。每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,该第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面相交。复合材料具有厚度并且任选地,分布在树脂中的每个导电成型颗粒在树脂内被取向成使得颗粒不延伸超过复合材料的厚度。

[0030] 存在对相对于市场上通常可获得的现有导电颗粒而言具有改善的性能的特定窄粒度分布的导电颗粒的需要。例如,利用具有大体球形形状的导电颗粒的现有导电带在颗粒装填极限、粒度、形状和成本上具有限制。相比之下,精确成型颗粒在相同颗粒装填量下

有利地允许更低的电接触电阻 (R) 值。因为每个成型导电颗粒的尺寸与导电带的粘合剂的厚度基本上相同,所以当在应用配置中使用时,与目前可商购获得的填料不同,相对于在带的电性能以及潜在地长期带性能方面的颗粒利用率而言,获得了优点。

[0031] 由端点表述的任何数值范围旨在包括所述范围的端点、所述范围内的所有数以及所述范围内的任何较窄的范围(例如1至5包括1、1.5、2、2.75、3、3.8、4和5)。除非另外指明,否则说明书和实施方案中所使用的所有表达数量或成分、性质量度等的数值在一切情况下均应理解成由术语“约”所修饰。因此,除非有相反的说明,否则前述说明书和所附实施方案列表中示出的数值参数可根据本领域技术人员使用本公开的教导内容寻求获得的所需性质而变化。在最低程度上,并且不试图将等同原则的应用限制到受权利要求书保护的实施方案的范围内的条件下,至少应该根据所记录的数值的有效数位和通过惯常的四舍五入法来解释每个数值参数。

[0032] 对于以下定义术语的术语表,除非在权利要求书或说明书中的别处提供不同的定义,否则整个申请应以这些定义为准。

[0033] 术语表

[0034] 在整个说明书和权利要求书中所使用的某些术语虽然大部分为人们所熟知,但可能仍然需要作出一些解释。应当理解,如本文所用的:

[0035] 术语“一个(种)”和“该”与“至少一个(种)”可互换使用,意指一个(种)或多个(种)所描述的要素。

[0036] 术语“和/或”意指任一者或两者。例如,表达“A和/或B”意指A、B,或A和B的组合。

[0037] 术语“导电的”是指对通过至少一个平面的电力表现出以下接触电阻的材料:1,000欧姆(Ω)或更小、优选100 Ω 或更小、更优选10.0 Ω 或更小、最优选0.1 Ω 或更小。

[0038] 关于颗粒的术语“成型的”是指这样的颗粒:其中颗粒的至少一部分具有为模具腔的负像的形状。这与具有随机形状(例如,由于通过碾磨或粉碎较大材料而形成)和与其初始制造过程相关联的粒度分布的颗粒形成对比。

[0039] 关于颗粒分布的术语“单一粒度的”分布是指这样的分布:其中至少90%的处于该分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积15%的空间(dimensional)表面积。“空间”表面积不包括颗粒表面中的任何孔的表面积。还可通过以下方式确定空间表面积:限定中心轴或基表面(例如)作为基准,然后相对于中心轴或基表面评价成型颗粒的形状尺寸、角度、平面、曲率、斜率和/或梯度。

[0040] 关于设置在复合材料中的颗粒的术语“高度”是指在与复合材料的厚度相同的方向上取向的颗粒尺寸。

[0041] 术语“平均粒度”是指颗粒群的最长尺寸的平均长度。

[0042] 在第一方面,提供了一种导电制品。更具体地,提供了一种包含复合材料的导电制品,该复合材料包含(a)树脂;以及(b)分布在树脂中的导电成型颗粒,这些颗粒具有单一粒度分布,每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,该第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面精确地相交;其中复合材料具有厚度。

[0043] 在第二方面,提供了一种方法。更具体地,该方法包括(a)提供具有单一粒度分布的导电成型颗粒,每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,该第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面相交;以及(b)将导电成型颗粒分布到树脂中以形

成复合材料；其中复合材料具有厚度。

[0044] 本公开实施方案的以下说明涉及上述方面中的一者或二者。

[0045] 每个颗粒包括至少第一表面和第二表面的形状，该第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面相交。在许多实施方案中，第二表面与第一表面相交的角度 α 介于约15度和约135度之间，或介于约5度和约85度之间，或介于约10度和约75度之间，或介于约90度和约150度之间。例如，第一表面任选地包括具有三角形形状、菱形形状、矩形形状、斜方形形状、风筝形状、星形形状、六边形形状、八边形形状、梯形形状或半球形状的至少一个平面。任选地，一个或多个表面是弯曲的而不是平坦的。参考图1，提供了示例性导电制品10的横截面示意图，该导电制品10包括含有分布在树脂16中的具有三角形形状的多个导电成型颗粒14的复合材料12。复合材料具有厚度8并且每个导电成型颗粒14的高度19在复合材料的厚度8的95%至100%内。参考图2，提供了示例性导电成型颗粒20的透视示意图。颗粒20具有棱锥形状，该形状具有至少第一表面22和以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面22相交的第二表面24。

[0046] 据发现，与球形相比，当成型颗粒的形状是非球形时，在z轴上（即，穿过复合材料的厚度）的导电性得到改善。此外，与具有球形或其它圆角形状相比，当每个成型颗粒的形状具有至少一个点时，在z轴上的导电性得到改善。因此，在选择实施方案中，每个导电成型颗粒具有包括汇合于一点的至少三个表面的形状。参考图3，提供了示例性导电成型颗粒30的透视示意图。颗粒30具有棱锥形状，该形状具有至少第一表面32、以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面32相交的第二表面34，以及第三表面36。颗粒30具有包括汇合于点38的至少三个表面（32、34和36）的棱锥形状。

[0047] 在一些实施方案中，每个导电成型颗粒具有棱锥形状、圆锥体形状、立方体形状、截头棱锥形状、截顶球体形状或截头圆锥体形状。优选地，每个导电成型颗粒具有三面棱锥形状、四面棱锥形状、五面棱锥形状、五面三角形形状，或菱形形状。图4提供了示例性导电制品10的横截面示意图，该导电制品10包括含有分布在树脂16中的具有菱形形状的多个导电成型颗粒14的复合材料12。图5提供了示例性导电制品10的横截面示意图，该导电制品10包括含有分布在树脂16中的具有星形形状的多个导电成型颗粒14的复合材料12。图6提供了示例性导电制品10的横截面示意图，该导电制品10包括含有分布在树脂16中的具有风筝形状的多个导电成型颗粒14的复合材料12。图7提供了示例性导电制品10的横截面示意图，该导电制品10包括含有分布在树脂16中的具有六边形形状的多个导电成型颗粒14的复合材料12。只要每个不同形状的颗粒的高度在使用（例如，经受两个材料之间的压缩）时的复合材料厚度的95%之内，则具有多于一种形状的导电成型颗粒任选地被包含在复合材料中。

[0048] 通常，导电制品用于将两个材料粘附在一起。此类实施方案中的导电制品通常包含复合材料，该复合材料具有第一主表面、与第一主表面相对的第二主表面，以及在第一主表面和第二主表面之间的厚度。用于导电制品的某些实施方案的复合材料的示例性厚度包括以下厚度：介于 $5\mu\text{m}$ 和 $500\mu\text{m}$ 之间，或介于 $5\mu\text{m}$ 和 $1000\mu\text{m}$ 之间，或介于 $5\mu\text{m}$ 和 $25\mu\text{m}$ 之间，或介于 $10\mu\text{m}$ 和 $35\mu\text{m}$ 之间，或介于 $10\mu\text{m}$ 和 $50\mu\text{m}$ 之间，或介于 $30\mu\text{m}$ 和 $100\mu\text{m}$ 之间。导电成型颗粒的平均粒度将取决于使用时的复合材料的厚度。这是由于以下发现：当导电成型颗粒的高度在使用（例如，经受两个材料之间的压缩）时的复合材料厚度的约95%之内时，在z轴上（即，复

合材料的厚度)的导电性最优化。在某些实施方案中,至少90%的成型颗粒的高度在使用时的复合材料厚度的96%之内,或97%之内,或98%之内,或99%之内,或为使用时的复合材料厚度的100%。相比之下,大于复合材料厚度的导电成型颗粒高度将负面地影响制品的粘附性。在某些实施方案中,导电成型颗粒具有以下平均粒度:介于 $5\mu\text{m}$ 和 $200\mu\text{m}$ 之间,或介于 $5\mu\text{m}$ 和 $50\mu\text{m}$ 之间,或介于 $5\mu\text{m}$ 和 $25\mu\text{m}$ 之间,或介于 $10\mu\text{m}$ 和 $35\mu\text{m}$ 之间,或介于 $30\mu\text{m}$ 和 $75\mu\text{m}$ 之间,或介于 $50\mu\text{m}$ 和 $75\mu\text{m}$ 之间。

[0049] 如以上所指出,为方便起见,术语“高度”用来指在与复合材料的厚度相同的方向上取向的颗粒尺寸。更一般地,导电成型颗粒通常以多种排列方式存在于复合材料中,因此它们被描述为分布在树脂中的每个导电成型颗粒在树脂中被取向成使得颗粒不延伸超过复合材料的厚度。换句话讲,每个导电成型颗粒被定位成(或取向成)在复合材料厚度的极限处或极限内,或者每个导电成型颗粒被排列成完全包含在复合材料内,或者任一导电成型颗粒的部分均不位于复合材料外部。可通过采用涂布方法来实现这种取向,该涂布方法包括用于控制复合材料厚度的装置(例如,切口棒涂布机)。具体地,迫使(例如推倒)被取向成具有超过复合材料厚度的高度的任一成型颗粒成为其它取向,在该取向中成型颗粒不再延伸超过复合材料的厚度。

[0050] 当采用导电制品时,例如当将两个材料粘附在一起时,复合材料通常将经受压缩。为了提供其中导电成型颗粒具有在如以上所公开的使用时的复合材料厚度的一定百分比之内的高度的复合材料,初始复合材料(即,形成时和用于将两个材料粘附在一起之前的复合材料)将需要具有大于在使用中被压缩时的厚度的厚度。在许多实施方案中,多个导电成型颗粒中的每个具有在初始复合材料厚度的25%之内,或在初始复合材料厚度的50%之内、或75%之内、或90%之内、或95%之内的高度。因此,当在应用中利用时,导电制品中的复合材料可从初始复合材料厚度的0%压缩至75%,或从初始复合材料厚度的0%压缩至50%,或从1%压缩至10%。

[0051] 此外,如果复合材料具有热塑性和/或热固性特征,在热和/或压力下流是液体的、是多孔的(例如发泡的),并且/或者包含低分子量树脂,那么复合材料从初始复合材料(即“应用之前的状态”)至使用时的复合材料(即“应用后的状态”)的厚度减小的能力指示了“后/前”比因子(PPRF),该因子可适用于应用前的成型颗粒高度特征。因此,复合材料包含具有0.5的PPRF因子的材料说明在成型颗粒接触期望的表面之前复合材料厚度将有意地减小,并由此将“厚度”范围乘以0.5(或范围)的因子来指示成型颗粒尺寸在应用前的复合材料厚度之内。复合材料厚度的有意减小示例包括例如采用一些复合树脂来在基板之间形成嵌条、填充不平坦的区域、填充空隙以及形成引脚等。

[0052] 在某些最终用途应用中,复合材料的树脂部分可被替换以允许成型颗粒接合、接触期望表面,并且/或者嵌入该期望表面内。可通过许多手段诸如通过树脂在压力、热、振动下的流动特征、树脂的可压缩性(例如,其可具有发泡结构、可以是热塑性和/或热固性树脂)来发生此类树脂替换。任何实践性树脂和/或成型颗粒载体手段(例如,焊料、糊剂、油脂、凝胶或膜)可利用在使用时允许颗粒接合期望表面的应用中。此外,在某些实施方案中,树脂可被设计成在最终用途中具有粘合功能或非粘合功能。对于非粘合功能性,可采用例如机械夹具、重力和/或范得瓦尔(van der Waals)力来将组件保持在一起。

[0053] 在某些实施方案中,使用中的制品(例如制品抵靠材料表面压缩之后)可被描述为

具有成型颗粒平面和树脂载体平面的复合材料。成型颗粒平面可延伸超过树脂平面到材料表面中(即超过材料表面平面),而出于组装过程中的机械原因(例如压力、时间、热、力的作用等),树脂不能突出超过材料表面平面。在这种情况下,成型颗粒平面通常被定位成稍微超过材料表面的名义(nominal)平面。相比之下,如果使用了阻止成型颗粒嵌入的两个刚性材料表面并且成型颗粒延伸超过压缩之后的树脂复合材料厚度,那么导电成型颗粒延伸超过复合材料厚度的部分将负面地影响制品使用时的粘附性。在这种情况下,出于各种原因(例如硬度、压力的作用等),延伸超过树脂平面的成型颗粒不能突出到材料中,并且成型颗粒将实际上充当支柱,从而限制树脂产生表面接触和形成附接。

[0054] 有利地,相对于随机颗粒和/或填料的典型分布,单一粒度成型颗粒允许更大百分比的成型颗粒有效地与用于成型颗粒的导电性(和任选地导热性)的表面接合。正态分布粒度颗粒当与颗粒可能不能明显嵌入或突出到其中的某些硬材料一起使用时将在复合材料和材料表面之间限定间隙。因此,在使用时,仅小百分比的正态分布颗粒可与材料表面接触,而大多数不接触一个或任一材料表面。

[0055] 如以上所论述的,术语颗粒的“单一粒度的”分布是指这样的颗粒分布:其中至少90%的处于该分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的15%的表面积。优选地,表面积不变化较少的量,例如在某些实施方案中,至少90%、或至少95%、或至少98%的处于单一粒度分布的颗粒具有这样的表面积:其变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的12%,或不处于该分布的所有颗粒的平均表面积的10%、或8%、或6%、或5%、或4%、或3%、或2%、或1%。

[0056] 与单一粒度分布的成型颗粒相比,导电颗粒先前通常表现出较宽的颗粒分布,这通过诸如筛分具有非常宽的粒度分布的颗粒群的方法获得。需要的粒度分散越窄,需要的筛分(或其它分离)过程越多,并且因为在所选的窄粒度分散外部而被收集的抛弃颗粒的量越大。通常,具有通过较大材料的粉碎、碾磨等获得的随机形状的颗粒还具有宽变化的纵横比,这使得它们难以筛分到窄粒度分布中。因此,诸如筛分的方法需要更多工艺步骤和材料,并且因此与采用本文所公开的成型颗粒的实施方案相比,常常不是那么成本有效和时间有效的。此外,甚至相对窄的粒度分布的筛分颗粒通常将包括许多不具有在使用时的复合材料厚度的一定百分比之内的高度的颗粒,以及具有大于复合材料厚度的高度的一些颗粒。较短的颗粒通常不能有效地提供在z轴上(即,穿过树脂层的厚度)的导电性并且较高的颗粒通常降低制品对相邻材料的粘附性。

[0057] 在包括含有统计上正态高宽分布的随机成型颗粒的复合材料的对比导电制品中,当此类导电制品在使用中时,在两个材料表面之间处于实际接触的颗粒的百分比通常小于10%,并且更通常小于5%。相比之下,包含根据本公开的复合材料的导电制品将具有更高百分比的接触期望材料表面的颗粒,该复合材料除了包含单一粒度的导电成型颗粒而不是随机成型颗粒之外,其余都相同。当导电制品在使用中时,优选地,超过10%的单一粒度导电成型颗粒与至少一个材料表面接触,优选地大于30%、更优选地大于50%、最佳大于75%的单一粒度导电成型颗粒与至少一个材料表面接触。

[0058] 图8提供了示例性现有技术导电制品80的横截面示意图,该导电制品80包括分布在树脂86中的多个筛分的导电球形颗粒84。例如,包含例如筛分的大体球形导电颗粒84的具有50 μ m厚度的导电制品80通常将包含名义尺寸在约20 μ m至约50 μ m范围内的颗粒。具有接

近50 μm 的直径的颗粒84a可参与制品80的z轴传导性,但是具有较小直径(例如更接近20 μm 的直径)的颗粒84b通常离树脂的主表面中的至少一个太远而不能参与z轴传导性。通过去除无效颗粒的量,根据本公开的实施方案有利地需要较小装填量的导电颗粒来实现与采用较宽粒度分布的导电颗粒时相同的传导性。

[0059] 本公开的导电制品中的导电成型颗粒的量任选地根据其占复合材料的重量百分比或根据其占复合材料的体积百分比来表示。为实现相同的导电性,与具有较宽粒度分布的颗粒相比,使用具有窄粒度分布的成型颗粒允许添加较低装载量的成型颗粒。在某些实施方案中,复合材料包含介于1重量%和95重量%之间的导电成型颗粒。在某些实施方案中,复合材料包含最多至95重量%的导电成型颗粒,或最多至75重量%、或最多至50重量%、或最多至30重量%、或最多至10重量%的导电成型颗粒。在某些实施方案中,复合材料包含至少1重量%的导电成型颗粒,或至少5重量%、或至少10重量%、或至少15重量%、或至少20重量%、或至少25重量%的导电成型颗粒。在某些实施方案中,复合材料包含介于0.1体积百分比(体积%)和25体积%之间的导电成型颗粒。在某些实施方案中,复合材料包含最多至25体积%的导电成型颗粒,或最多至20体积%、或最多至15体积%、或最多至10体积%、或最多至5体积%的导电成型颗粒。在某些实施方案中,复合材料包含至少0.1体积%的导电成型颗粒,或至少0.5体积%、或至少1体积%、或至少5体积%、或至少10体积%的导电成型颗粒。

[0060] 提供根据大多数实施方案的导电成型颗粒通常包括模制每个导电成型颗粒的芯。若干合适的模制方法详细地描述于以下专利中的每个中:美国专利8,034,137 (Erickson等人)、8,142,531 (Adefris等人)和8,142,891 (Culler等人),以及美国申请公布2012/0227333 (Adefris等人)和2010/0146867 (Boden等人)。如以上所论述的,采用被制造成具有单一粒度分散和与模具腔形状相对应的形状的多个颗粒的能力提供了向诸如用于导电制品的复合材料提供导电性的有效方式。

[0061] 通常,采用的导电成型颗粒具有足以被利用于需要结构完整性的应用中的机械强度。在某些实施方案中,导电成型颗粒包括芯,芯具有0.01吉帕斯卡(GPa)至1,000GPa、更优选1GPa至100GPa、最优选10GPa至400GPa的杨氏模量。在某些实施方案中,每个导电成型颗粒包括含有氧化铝、氧化锆、氧化钽、氧化钽稳定的氧化锆、二氧化硅、碳化钛、碳化硼、氮化硼或碳化硅的芯,并且通常芯包含氧化铝。图9提供了由氧化铝形成的具有截顶棱锥形状的成型颗粒的扫描电镜(SEM)图像,该截顶棱锥具有四个侧面、基部和顶表面(由棱锥的截顶提供)。类似地,图10提供了由氧化铝形成的五面三角形成型颗粒的SEM图像。

[0062] 提供导电成型颗粒通常还包括将金属涂层施加至每个导电成型颗粒的芯以形成导电成型颗粒。涂布芯的方法不受特定限制,例如并且非限制性地,金属涂布任选地包括将金属溅射到每个导电成型颗粒的芯上。

[0063] 每个经金属涂布的导电成型颗粒通常包括具有介于1微米(μm)和50 μm 之间,或介于1微米(μm)和20 μm 之间,或介于1微米(μm)和10 μm 之间的平均厚度的金属涂层。例如并且非限制性地,金属涂层包含铝、银、铜、镍、金或其合金,并且常常包含银或铜。图11A提供了具有三角形形状、芯42和金属涂层44的示例性导电成型颗粒40的横截面示意图。图11B提供了具有矩形形状、芯42和金属涂层44的示例性导电成型颗粒40的横截面示意图。

[0064] 在根据本公开的实施方案中,包括金属涂层的每个导电成型颗粒包含介于10重量

百分比(重量%) 和40重量%之间的金属。在某些实施方案中,每个导电成型颗粒包括含有最多至70重量%、或最多至40重量%金属、或最多至25重量%金属、或最多至20重量%金属、或最多至15重量%金属的金属涂层。在某些实施方案中,每个导电成型颗粒包括含有至少1重量%金属、或至少10重量%金属、或至少15重量%金属、或至少25重量%金属的金属涂层。优选地,每个导电成型颗粒包括含有至少15重量%金属的金属涂层。据发现,15重量%或更大的金属涂层含量通常确保了足够的金属涂布在每个颗粒的表面上以充分地覆盖每个小面表面和所形成表面的边缘,从而实现从一个表面小面跨过边缘至另一个相邻小面的可靠传导性。

[0065] 在另选实施方案中,每个导电成型颗粒的芯包含金属。例如,每个导电成型颗粒任选地包括含有铝、银、铜、金或其合金的芯。

[0066] 在一些实施方案中,大多数导电成型颗粒在复合材料的树脂中在基本上相同的方向上取向。例如,至少30%的导电成型颗粒的第一表面与第二表面的相交处在树脂中取向成正交于复合材料的主表面,或者至少70%、或至少80%、或至少90%、或至少95%、或至少98%的导电成型颗粒在树脂中取向成正交于复合材料的主表面。

[0067] 导电制品的树脂不受特定限制,并且通常将取决于制品的预期具体应用。例如,在某些实施方案中,树脂包括热固性聚合物、热塑性聚合物或弹性体聚合物。在某些实施方案中,树脂包括压敏粘合剂、液体粘合剂、热熔融粘合剂,和/或结构粘合剂(例如,1部分或2部分粘合剂)。更具体地,树脂任选地包括环氧树脂、聚脲、丙烯酸类树脂、氰基丙烯酸酯、聚酰胺、酚醛树脂、聚酰亚胺、硅树脂、聚酯、氨基塑料、三聚氰胺、丙烯酸酯化环氧树脂、聚氨酯、聚氯乙烯、或它们的组合。

[0068] 树脂可包括热固性材料或热塑性材料。如本文所用,术语“材料”是指单体、低聚物、预聚物和/或聚合物。树脂可包含任选的添加剂,就包含热固性材料的树脂材料而言,还可包含一种或多种固化剂。术语“固化剂”被广义地使用,不仅包括那些传统上被认为是固化剂的材料,还包括催化或加速可固化材料反应的那些材料,以及可以同时作为固化剂和催化剂或促进剂的那些材料。

[0069] 如本文所用,术语“热塑性”是指材料在热的作用下发生物理变化,即材料在加热时流动,但在冷却后回到其初始的非流动状态。热塑性材料通常在热和/或压力的作用下粘结。热塑性粘合剂可包括热熔融粘合剂。热熔融粘合剂可包括天然或合成橡胶、丁基橡胶、丁腈橡胶、合成的聚异戊二烯、乙烯-丙烯橡胶、乙烯-丙烯-二烯单体橡胶(EPDM)、聚丁二烯、聚异丁烯、聚(α -烯烃)、苯乙烯-丁二烯无规共聚物、含氟弹性体、有机硅弹性体以及它们的组合。橡胶的替代形式包括聚氯乙烯(PVC)树脂,其通过单体氯乙烯(VCM)的聚合形成。

[0070] 如本文所用,术语“热固性”是指材料经过固化反应后导致在粘结时发生化学变化,并且材料硬度增加。如本文所用,术语“热固材料(thermoset)”是指已固化的热固性材料。热固性材料通常可以通过在热、光化辐射(诸如UV、可见光、或红外光、或微波或X射线能量)的作用下粘结。热固性材料也可通过将两种反应性组分混合,例如通过将单体混合物或低聚物混合物与固化剂混合物混合来引起固化。本公开的树脂可包括热粘结性材料,其在施加热时经历粘度的初始减少,从而促进制品所接触的基板的润湿并增强粘附性,就例如热固性材料而言,引起固化反应。典型的热固性粘合剂可为基于环氧树脂的粘合剂(例如乙烯-(甲基)丙烯酸缩水甘油酯共聚物)、基于酚醛树脂的粘合剂或(甲基)丙烯酸类粘合剂。

这些粘合剂可以是热交联的、反应性交联(包括湿气固化)的或光化学交联的。树脂常常包括丙烯酸类压敏粘合剂。通常,丙烯酸类压敏粘合剂是基本上无溶剂的并可UV固化或可见光固化。

[0071] 合适的丙烯酸类粘合剂包括自由基固化丙烯酸类树脂和氰基丙烯酸酯。如本文所用,术语“(甲基)丙烯酸”是指丙烯酸和甲基丙烯酸。丙烯酸类粘合剂可包含常规添加剂,诸如增塑剂、增韧剂、流动改性剂、中和剂、稳定剂、抗氧化剂、填充剂、着色剂等等。

[0072] 合适的自由基固化丙烯酸类树脂可包括但不限于由甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸、甲基丙烯酸四氢糠酯、丙烯酸异冰片酯和甲基丙烯酸异冰片酯形成的那些。多官能(甲基)丙烯酸酯可任选地作为交联剂包括在内。这些多官能(甲基)丙烯酸酯可包括但不限于乙二醇二甲基丙烯酸酯、1,6-己二醇二甲基丙烯酸酯、1,6-己二醇二丙烯酸酯、三羟甲基丙烷三丙烯酸酯、四丙烯酸季戊四醇酯、1,2-乙二醇二丙烯酸酯、环氧乙烷改性的双酚A的二甲基丙烯酸酯和环氧乙烷改性的双酚A的二丙烯酸酯。

[0073] (甲基)丙烯酸类粘合剂可通过自由基引发的聚合反应而固化。在一类聚合反应中,通过氧化还原反应生成自由基。氧化还原引发剂可包括过氧化物、氢过氧化物、金属离子、糖精和N,N-二甲基-对甲苯胺。自由基可在双部分粘合剂体系(混合后在室温下固化)或单部分粘合剂体系中生成。由(甲基)丙烯酸类粘合剂单体形成可用于本公开的聚合物的聚合反应可使用热能、电子束辐射、紫外线辐射等等进行。此类聚合可通过聚合引发剂促进,该聚合引发剂可为热引发剂或光引发剂。合适的光引发剂的示例包括但不限于诸如安息香甲醚和安息香异丙醚的安息香醚、诸如茴香偶姻甲醚的取代安息香醚、诸如2,2-二甲氧基-2-苯基苯乙酮的取代苯乙酮,以及诸如2-甲基-2-羟基苯丙酮的取代 α -酮醇。

[0074] 氰基丙烯酸酯粘合剂可包括由氰基丙烯酸甲酯和氰基丙烯酸乙酯以及其它氰基丙烯酸酯形成的那些。它们可任选地包括添加剂,诸如氢醌。优选地,氰基丙烯酸酯粘合剂选自多个公司以商品名Super Glue Gel出售的粘合剂,它们具有增强的粘度和适当长度的粘结层。

[0075] 合适的环氧树脂包括由具有至少两个1,2-环醚的单体形成的那些。这类化合物可以是饱和或不饱和的、脂肪族、芳族的或杂环的,或可包括它们的组合。合适的环氧化物在室温下可以是固态或液态的。本公开的范围还涵盖使用具有除环氧化物官能团之外的官能团的材料,但所述材料基本上不与环氧化物官能团发生反应,例如,同时含有环氧化物官能团和丙烯酸官能团的材料。任选的添加剂是核/壳增韧剂。可商购获得的合适的基于环氧化物的粘合剂的示例包括可从明尼苏达州圣保罗的3M公司(3M Company, St. Paul, MN)以商品名“3M SCOTCH-WELD环氧树脂粘合剂(3M SCOTCH-WELD EPOXY ADHESIVE)”商购获得的那些。

[0076] 合适的环氧树脂组合物可由可热固化的环氧树脂制成。环氧树脂组合物这个术语将通常用来指未固化的组合物。示例性环氧树脂组合物包括一种或多种芳族聚环氧化合物以及一种或多种9,9-双(氨基苯基)芴固化剂。合适的芳族聚环氧化合物包括多元酚的聚缩水甘油醚和环氧树脂,其可以商品名EPON 1001F和EPON 1050购自德克萨斯州休斯顿的壳牌化学公司(Shell Chemical Company, Houston, Tex.)。其它合适的树脂包括双酚A的二缩水甘油醚和酚醛环氧树脂的共混物,例如基于树脂的总重量计,75重量%至90重量%的EPON 1001F和25重量%至10重量%的EPON 1050F。用于环氧树脂组合物的合适的固化剂包

包括但不限于二(4-氨基苯基)砒和9,9-双(氨基苯基)芴,如美国专利4,684,678中所述。

[0077] 合适的聚氨酯树脂包括由包含至少两个异氰酸酯基团($-N=C=O$)的化合物(在本文中被称为“异氰酸酯”)与包含至少两个含活性氢基团的化合物的反应产物制成的聚合物。含活性氢基团的示例包括伯醇、仲醇、酚和水。其它含活性氢基团包括伯胺和仲胺,其与异氰酸酯反应生成脲键,从而得到聚脲。多种异氰酸酯封端材料和适当的共反应物是众所周知的,并且其中许多可商购获得(参见例如Gunter Oertel,“Polyurethane Handbook”, Hanser Publishers, Munich (1985) (Gunter Oertel,“聚氨酯手册”,翰思出版社,慕尼黑,1985年))。聚氨酯粘合剂可包括双部分室温固化粘合剂。聚氨酯粘合剂还可包括在加热时施涂的单部分湿固化粘合剂,包括可从明尼苏达州圣保罗的3M公司以商品名“3M SCOTCH-WELD聚氨酯反应型粘合剂”(3M SCOTCH-WELD POLYURETHANE REACTIVE ADHESIVES)商购获得的那些。

[0078] 合适的酚醛树脂在“Encyclopedia of Polymer Science and Engineering”, Volume 11, John Wiley&Sons, Inc. (New York, 1988), pp. 45-92 (“聚合物科学和工程百科全书”, 第11卷, 约翰·威利父子出版公司, 纽约, 1988年, 第45-92页)中进行了一般性描述。基于酚醛树脂的树脂在Alphonsus V. Pocius, “Adhesion and Adhesives Technology: An Introduction”, Hanser Publishers (New York, 1997), pp. 185-188 (Alphonsus V. Pocius, “粘合和粘合剂技术: 导论”, 翰思出版社, 纽约, 1997年, 第185-188页)中进行了一般性描述。合适的酚醛树脂材料是以酚和甲醛的反应产物制备的那些, 包括甲阶酚醛树脂和线性酚醛树脂。酚的示例包括苯酚、间苯二酚、对位取代苯酚、甲酚以及双酚A和双酚A的单缩水甘油醚的反应产物。

[0079] 合适的有机硅树脂包括湿气固化的硅树脂、缩合固化的硅树脂, 以及加成固化的硅树脂, 诸如羟基封端的硅树脂、硅橡胶以及氟代硅树脂。合适的可商购获得的包含有机硅树脂的有机硅压敏粘合剂组合物的示例包括道康宁 (Dow Corning) 的280A、282、7355、7358、7502、7657、Q2-7406、Q2-7566和Q2-7735; 通用电气 (General Electric) 的PSA 590、PSA 600、PSA 595、PSA 610、PSA 518 (中等苯基含量)、PSA 6574 (高苯基含量) 以及PSA 529、PSA 750-D1、PSA 825-D1和PSA 800-C。双部分有机硅树脂的示例可以商品名“SILASTIC J”从密歇根州米德兰的陶氏化学公司 (Dow Chemical Company, Midland, MI) 商购获得。

[0080] 合适的聚脲树脂包括通过异氰酸酯官能材料与胺官能材料的反应制备的那些。优选地, 聚脲包含在压敏粘合剂或热固性粘合剂中。在某些实施方案中, 聚脲基聚合物包括嵌段共聚物, 其中聚合物主链中的片段之间的至少约0.5摩尔份数的键是脲键。

[0081] 聚酯树脂包括具有通过酯基即 $-COO-$ 连接在一起的单体单元的聚合物。通常, 聚酯树脂通过多元醇与多元酸的聚合形成。示例性聚酯树脂包括聚对苯二甲酸乙二酯 (PET) 和乙二醇改性的聚对苯二甲酸乙二酯 (PETG)。

[0082] 合适的聚酰亚胺树脂包括通过脂肪族伯二胺和二羧酸二酐的反应, 诸如均苯四酸二酐与4,4'-二氨基二苯醚的反应制备的那些。固化通常通过以下方式完成: 通过加热除去水以使沿着聚合物链存在的酰亚胺环闭合, 从而形成聚酰亚胺结构。

[0083] 聚酰胺树脂材料的特征在于具有酰胺基, 即 $-C(=O)NH-$ 。聚酰胺树脂材料通常包括聚酰胺热熔融粘合剂。合适的聚酰胺包括例如由内酰胺 (诸如十二碳内酰胺) 和二胺产生的三元共聚物。可商购获得的热塑性聚酰胺包括来自新泽西州萨默塞特郡的克里诺华公司

(Creanova, Somerset, N.J.)的具有商品名VESTAMELT 732、VESTAMELT 730、VESTAMELT 742、VESTAMELT 750/751、VESTAMELT 755和VESTAMELT 760的那些。

[0084] 三聚氰胺树脂是由三羟甲基三聚氰胺的缩聚反应、通常还与三聚氰胺和甲醛的反应形成的氨基树脂。此外,丁基化三聚氰胺树脂任选地通过在聚合反应过程中包含醇类诸如丁基而形成。

[0085] 氨基塑料树脂是通过含胺化合物与醛的缩合形成的热固性粘合剂。合适的含胺化合物包括例如三聚氰胺或脲。一些可用的氨基塑料树脂可为单体或低聚的。通常,氨基塑料树脂每个分子具有至少一个侧 α , β -不饱和羰基基团。这些 α , β -不饱和羰基基团可为丙烯酸酯、甲基丙烯酸酯或丙烯酰胺基团。这类树脂的示例包括:N-羟甲基-丙烯酰胺、N,N'-氧基二亚甲基双丙烯酰胺、邻位丙烯酰胺甲基化苯酚及对位丙烯酰胺甲基化苯酚、丙烯酰胺甲基化线性酚醛树脂,以及它们的组合。这些材料进一步描述于美国专利4,903,440和5,236,472中,这些专利以引用方式并入本文。

[0086] 树脂可包括油脂或蜡中的至少一种。合适的可商购获得的油脂例如包括来自明尼苏达州圣保罗的3M公司的具有商品名3M导热油脂TCG-2035 (3M THERMALLY CONDUCTIVE GREASE TCG-2035) 和3M导热油脂TCG-2031 (3M THERMALLY CONDUCTIVE GREASE TCG-2031) 的非有机硅树脂体系。蜡包含长烷基链,其具有或不具有官能团诸如脂肪酸酯和醇。可使用的蜡或蜡混合物包括植物、动物、石油和/或矿物质来源的材料。代表性蜡包括巴西棕榈蜡、小烛树蜡、氧化费托蜡、微晶蜡、羊毛脂;杨梅蜡、棕榈仁蜡、羊脂蜡、可乳化的聚乙烯蜡、聚乙烯共聚物蜡、可乳化的石油衍生蜡、褐煤蜡衍生物、可乳化的聚丙烯蜡以及氧化的聚乙烯蜡。

[0087] 为了向导电制品赋予另外的导电特性,在一些实施方案中,复合材料还包含多个导电性填料,这些导电性填料具有大于2:1、或大于4:1、或大于10:1的长度与高度的纵横比。长度是最长尺寸并且高度是最小尺寸(其中宽度等于或大于高度)。此类导电性填料通常在x-y平面中提供传导性,这增加了由复合材料中的导电成型颗粒提供的在z轴上的导电性。图12是示例性导电制品10的横截面示意图,该导电制品10包括含有分布在树脂16中的多个导电成型颗粒14(具有梯形形状)和多个导电性填料17的复合材料12。图13是示例性导电制品10的横截面示意图,该导电制品10包括含有分布在树脂16中的多个导电成型颗粒14(具有斜方形形状)和多个导电性填料17的复合材料12。多个导电性填料不受特定限制,并且任选地包括涂布有金属的纤维、陶瓷碎片、织造和/或非织造稀松布。纤维、陶瓷碎片、织造和非织造稀松布包括玻璃、聚合物、碳或陶瓷。图14提供了具有针的形状的具有纤维62和金属涂层64的示例性传导性涂层纤维60的横截面示意图。另选地,多个导电性填料包括炭黑或石墨烯基材料,例如掺杂或无掺杂的石墨烯。合适的石墨烯基材料例如并且非限制性地包括薄片、膨胀石墨、石墨烯纳米片、官能化的石墨烯片、或它们的组合。

[0088] 在某些实施方案中,导电制品还包含具有典型的粒度分布(即非单一粒度的)的传导性和/或非导电性填料以增强制品的性能。主要使用此类填料来增强复合材料的EMI屏蔽、EMI吸收,和/或导热性,或者针对剪切强度、流动特征、抗断裂性和/或环境稳定性来改变复合材料特性。

[0089] 在某些实施方案中,导电制品包括基板,其中复合材料附接至基板的主表面。基板不受特定限制,并且常常包括非织造材料、织造材料、金属箔、聚合物或(织造)织物。当导电

制品包括胶带时常常采用此类基板。

[0090] 在某些实施方案中,导电制品包括提供在两个导电树脂层之间的基板,从而提供双面导电制品。例如,图15提供了示例性导电制品10的横截面示意图,该导电制品10包括含有分布在树脂16中的具有菱形形状的多个导电成型颗粒14的复合材料12,以及大约定位在制品10厚度的中心处的导电内部基板92。多个导电成型颗粒14的高度使得颗粒接触内部基板92和例如复合材料12的一个主表面94两者,因此包含两排导电成型颗粒14以协同地提供穿过使用(例如,经受两个材料之间的压缩)时的制品10的厚度的传导性。

[0091] 图16提供了示例性导电制品10的横截面示意图,该导电制品10包括含有各自具有菱形形状的分布在树脂16中的多个第一导电成型颗粒14a和多个第二导电成型颗粒14b的复合材料12。制品还包括大约定位在制品10厚度的中心处的导电内部基板92。多个第一导电成型颗粒14a的高度使得颗粒接触内部基板92和复合材料12的一个主表面94两者,而多个第二导电成型颗粒14b的高度(大约是第一成型颗粒14a的两倍)使得第二成型颗粒14b接触复合材料12的两个主表面,并且穿透内部基板92,以提供穿过使用(例如,经受两个材料之间的压缩)时的制品10的厚度的传导性。

[0092] 图17提供了示例性导电制品10的横截面示意图,该导电制品10包括含有分布在树脂16中的具有梯形形状的多个第一导电成型颗粒14a和具有菱形形状的多个第二导电成型颗粒14b的复合材料12。制品还包括定位在制品10的厚度的大约三分之一距离处的导电内部基板92。多个第一导电成型颗粒14a的高度使得颗粒接触内部基板92和复合材料12的第一主表面94两者,而多个第二导电成型颗粒14b的高度使得颗粒接触内部基板和复合材料12的相对的第二主表面96。因此,包含一排第一成型颗粒14a和一排第二成型颗粒14b来协同提供穿过使用(例如,经受两个材料之间的压缩)时的制品10的厚度的传导性。

[0093] 图18提供了示例性导电制品10的横截面示意图,该导电制品10包括含有分布在树脂16中的具有梯形形状的多个第一导电成型颗粒14a和具有菱形形状的多个第二导电成型颗粒14b的复合材料12。制品还包括大约定位在制品10厚度的中心的导电内部基板92。多个第一导电成型颗粒14a的高度使得颗粒接触内部基板和复合材料12的第一主表面94两者,而多个第二导电成型颗粒14b的高度使得颗粒接触内部基板92和复合材料12的相对的第二主表面96。导电成型颗粒部分穿透内部导电基板92,这归因于基板92的松散的、非织造(或在一些情况下为织造)结构。因此,包含一排第一成型颗粒14a和一排第二成型颗粒14b来协同地提供穿过使用(例如,经受两个材料之间的压缩)时的制品10的厚度的传导性。

[0094] 有利地,导电制品表现出如通过标准接触电阻测试所测量的以下z轴接触电阻:小于100.00欧姆、或小于10.00欧姆、或小于2.00欧姆、或小于0.05欧姆,诸如介于0.005欧姆和1.00欧姆之间、或介于0.05欧姆和1.00欧姆之间、或介于0.05欧姆和0.80欧姆之间、或介于0.05欧姆和0.60欧姆之间、或介于0.05欧姆和0.40欧姆之间、或介于0.005欧姆和0.40欧姆之间。

[0095] 下文所描述的各种项目为制品或制造制品的方法。

[0096] 项1是一种包括复合材料的导电制品,该复合材料包含(a)树脂,以及(b)分布在树脂中的导电成型颗粒,这些颗粒具有单一粒度分布。每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,该第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面相交。复合材料具有厚度。

[0097] 项2是根据项1所述的导电制品,其中分布在树脂中的颗粒中的每个在树脂内被取向成使得颗粒不延伸超过复合材料的厚度。

[0098] 项3是根据项1或项2所述的导电制品,其中角度 α 介于约15度和约135度之间。

[0099] 项4是根据项1至3中任一项所述的导电制品,其中角度 α 介于约5度和约85度之间。

[0100] 项5是根据项1至4中任一项所述的导电制品,其中角度 α 介于约10度和约75度之间。

[0101] 项6是根据项1至3中任一项所述的导电制品,其中角度 α 介于约90度和约150度之间。

[0102] 项7是根据项1至6中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个包括具有介于1微米(μm)和50 μm 之间的平均厚度的金属涂层。

[0103] 项8是根据项1至7中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个包括具有介于1微米(μm)和20 μm 之间的平均厚度的金属涂层。

[0104] 项9是根据项1至8中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个具有高度和宽度并且具有介于2:1和1:1之间的高度:宽度的比。

[0105] 项10是根据项1至9中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个包括介于10重量百分比(重量%)和40重量%之间的金属。

[0106] 项11是根据项1至10中任一项所述的导电制品,其中多个成型导电颗粒中的每个包括介于10重量%和20重量%之间的金属。

[0107] 项12是根据项1至10中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个包括介于25重量%和40重量%之间的金属。

[0108] 项13是根据项1至12中任一项所述的导电制品,其中第一表面具有三角形形状、菱形形状、矩形形状、斜方形形状、风筝形状、梯形形状、星形形状、六边形形状、八边形形状,或半球形状。

[0109] 项14是根据项1至12中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个具有包括汇合于一点的至少三个表面的形状。

[0110] 项15是根据项1至12中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个具有棱锥形状、圆锥体形状、立方体形状、截头棱锥形状、截顶球体形状或截头圆锥体形状。

[0111] 项16是根据项1至15中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个具有三面棱锥形状、四面棱锥形状、五面棱锥形状、五面三角形形状,或菱形形状。

[0112] 项17是根据项1至16中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个具有包含氧化铝、氧化锆、氧化钇、氧化钇稳定的氧化锆、二氧化硅、碳化钛、碳化硼、氮化硼或碳化硅的芯。

[0113] 项18是根据项1至17中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个具有包含氧化铝的芯。

[0114] 项19是根据项1至18中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒具有介于5 μm 和100 μm 之间的平均粒度。

[0115] 项20是根据项1至19中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒具有介于5 μm 和50 μm 之间的平均粒度。

[0116] 项21是根据项1至20中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒具有介于5 μm 和

25 μm 之间的平均粒度。

[0117] 项22是根据项1至20中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒具有介于10 μm 和35 μm 之间的平均粒度。

[0118] 项23是根据项1至19中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒具有介于30 μm 和75 μm 之间的平均粒度。

[0119] 项24是根据项1至19中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒具有介于50 μm 和75 μm 之间的平均粒度。

[0120] 项25是根据项1至24中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个具有包含铝、银、铜、金或其合金的金属涂层。

[0121] 项26是根据项1至25中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个具有包含银或铜的金属涂层。

[0122] 项27是根据项1至24中任一项所述的导电制品,其中导电成型颗粒中的每个具有包含铝、银、铜、金或其合金的芯。

[0123] 项28是根据项1至27中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于5重量%和75重量%之间的导电成型颗粒。

[0124] 项29是根据项1至28中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于5重量%和25重量%之间的导电成型颗粒。

[0125] 项30是根据项1至29中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于5重量%和10重量%之间的导电成型颗粒。

[0126] 项31是根据项1至28中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于10重量%和50重量%之间的导电成型颗粒。

[0127] 项32是根据项1至28中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于10重量%和30重量%之间的导电成型颗粒。

[0128] 项33是根据项1至28中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于25重量%和75重量%之间的导电成型颗粒。

[0129] 项34是根据项1至27中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于0.1体积百分比(体积%)和15体积%之间的导电成型颗粒。

[0130] 项35是根据项1至27中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于0.5体积%和5体积%之间的导电成型颗粒。

[0131] 项36是根据项1至27中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于1体积%和15体积%之间的导电成型颗粒。

[0132] 项37是根据项1至27中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于1体积%和10体积%之间的导电成型颗粒。

[0133] 项38是根据项1至27中任一项所述的导电制品,其中复合材料包含介于5体积%和10体积%之间的导电成型颗粒。

[0134] 项39是根据项1至38中任一项所述的导电制品,其中复合材料具有介于5 μm 和200 μm 之间的厚度。

[0135] 项40是根据项1至39中任一项所述的导电制品,其中复合材料具有介于5 μm 和50 μm 之间的厚度。

[0136] 项41是根据项1至40中任一项所述的导电制品,其中复合材料具有介于 $5\mu\text{m}$ 和 $25\mu\text{m}$ 之间的厚度。

[0137] 项42是根据项1至40中任一项所述的导电制品,其中复合材料具有介于 $10\mu\text{m}$ 和 $35\mu\text{m}$ 之间的厚度。

[0138] 项43是根据项1至39中任一项所述的导电制品,其中复合材料具有介于 $50\mu\text{m}$ 和 $100\mu\text{m}$ 之间的厚度。

[0139] 项44是根据项1至39中任一项所述的导电制品,其中复合材料具有介于 $30\mu\text{m}$ 和 $100\mu\text{m}$ 之间的厚度。

[0140] 项45是根据项1至44中任一项所述的导电制品,其中树脂包括热固性聚合物、热塑性聚合物或弹性体聚合物。

[0141] 项46是根据项1至45中任一项所述的导电制品,其中树脂包括环氧树脂、聚脲、丙烯酸类树脂、氰基丙烯酸酯、聚酰胺、酚醛树脂、聚酰亚胺、硅树脂、聚酯、氨基塑料、三聚氰胺、丙烯酸酯化环氧树脂、聚氨酯、聚氯乙烯、或它们的组合。

[0142] 项47是根据项1至44中任一项所述的导电制品,其中树脂包括压敏粘结剂、液体粘合剂、热熔融粘合剂,或结构粘合剂。

[0143] 项48是根据项1至47中任一项所述的导电制品,其中复合材料还包含具有大于2:1的长度与高度的纵横比的多个导电性填料。

[0144] 项49是根据项1至48中任一项所述的导电制品,其中复合材料还包含具有大于4:1的长度与高度的纵横比的多个导电性填料。

[0145] 项50是根据项1至44中任一项所述的导电制品,其中复合材料还包含具有大于10:1的长度与高度的纵横比的多个导电性填料。

[0146] 项51是根据项48至50中任一项所述的导电制品,其中多个导电性填料包括涂布有金属的纤维。

[0147] 项52是根据项50所述的导电制品,其中纤维包括玻璃、聚合物、碳或陶瓷。

[0148] 项53是根据项48至50中任一项所述的导电制品,其中多个导电性填料包括炭黑或石墨烯基材料。

[0149] 项54是根据项53所述的导电制品,其中石墨烯基材料包括掺杂或无掺杂的石墨烯。

[0150] 项55是根据项53或项54所述的导电制品,其中石墨烯基材料包括薄片、膨胀石墨、石墨烯纳米片、官能化的石墨烯片、或它们的组合。

[0151] 项56是根据项1至55中任一项所述的导电制品,还包括基板,其中复合材料附接至基板的主表面。

[0152] 项57是根据项56所述的导电制品,其中基板包括金属箔、聚合物或织物。

[0153] 项58是根据项56或项57所述的导电制品,其中基板包括织物。

[0154] 项59是根据项1至58中任一项所述的导电制品,其中复合材料表现出如通过Z轴电阻测试所测量的介于0.005欧姆和1.00欧姆之间的z轴的接触电阻。

[0155] 项60是根据项1至59中任一项所述的导电制品,其中复合材料表现出如通过Z轴电阻测试所测量的介于0.05欧姆和0.60欧姆之间的z轴的接触电阻。

[0156] 项61是根据项1至60中任一项所述的导电制品,其中至少80%的导电成型颗粒的

第一表面与第二表面的相交处在树脂中被取向成正交于复合材料的主表面。

[0157] 项62是根据项1至61中任一项所述的导电制品,其中至少90%的导电成型颗粒的第一表面与第二表面的相交处在树脂中被取向成正交于复合材料的主表面。

[0158] 项63是根据项1至62中任一项所述的导电制品,其中至少95%的导电成型颗粒的第一表面与第二表面的相交处在树脂中被取向成正交于复合材料的主表面。

[0159] 项64是根据项1至63中任一项所述的导电制品,其中至少90%的处于单一粒度分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的5%的表面积。

[0160] 项65是根据项1至64中任一项所述的导电制品,其中至少90%的处于单一粒度分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的3%的表面积。

[0161] 项66是根据项1至65中任一项所述的导电制品,其中至少90%的处于单一粒度分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的2%的表面积。

[0162] 项67是根据项1至66中任一项所述的导电制品,其中至少90%的处于单一粒度分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的1%的表面积。

[0163] 项68是一种用于制造导电制品的方法,该方法包括(a)提供具有单一粒度分布的导电成型颗粒,以及(b)将导电成型颗粒分布到树脂中以形成复合材料。每个颗粒具有包括至少第一表面和第二表面的形状,该第二表面以介于约5度和约150度之间的角度 α 与第一表面相交。复合材料具有厚度。

[0164] 项69是根据项68所述的方法,其中提供导电成型颗粒包括模制每个导电成型颗粒的芯。

[0165] 项70是根据项69所述的方法,其中每个导电成型颗粒具有包含氧化铝、氧化锆、氧化钇、氧化钇稳定的氧化锆、二氧化硅、碳化钛、碳化硼、氮化硼或碳化硅的芯。

[0166] 项71是根据项69或项70所述的方法,其中每个导电成型颗粒具有包含氧化铝的芯。

[0167] 项72是根据项69至71中任一项所述的方法,其中每个导电成型颗粒具有包含铝、银、铜、金或其合金的芯。

[0168] 项73是根据项69至71中任一项所述的方法,其中提供导电成型颗粒还包括将金属涂层施加至每个导电成型颗粒的芯以形成导电成型颗粒。

[0169] 项74是根据项73所述的方法,其中金属涂布包括将金属溅射到每个导电成型颗粒的芯上。

[0170] 项75是根据项68至74中任一项所述的方法,其中分布在树脂中的颗粒中的每个在树脂内被取向成使得颗粒不延伸超过复合材料的厚度。

[0171] 项76是根据项68至75中任一项所述的方法,其中角度 α 介于约15度和约135度之间。

[0172] 项77是根据项68至75中任一项所述的方法,其中角度 α 介于约5度和约85度之间。

[0173] 项78是根据项68至75或77中任一项所述的方法,其中角度 α 介于约10度和约75度之间。

[0174] 项79是根据项68至75中任一项所述的方法,其中角度 α 介于约90度和约150度之间。

[0175] 项80是根据项68至79中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个包括具有

介于1微米(μm)和50 μm 之间的平均厚度的金属涂层。

[0176] 项81是根据项68至80中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个包括具有介于1微米(μm)和20 μm 之间的平均厚度的金属涂层。

[0177] 项82是根据项68至81中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个具有高度和宽度并且具有介于2:1和1:1之间的高度:宽度的比。

[0178] 项83是根据项68至82中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个包括介于10重量百分比(重量%)和40重量%之间的金属。

[0179] 项84是根据项68至83中任一项所述的方法,其中多个成型导电颗粒中的每个包括介于10重量%和20重量%之间的金属。

[0180] 项85是根据项68至83中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个包括介于25重量%和40重量%之间的金属。

[0181] 项86是根据项68至85中任一项所述的方法,其中每个导电成型颗粒具有表面,该表面具有三角形形状、菱形形状、矩形形状、斜方形形状、风筝形状、星形形状、梯形形状、六边形形状、八边形形状,或半球形状。

[0182] 项87是根据项68至85中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个具有包括汇合于一点的至少三个表面的形状。

[0183] 项88是根据项68至85中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个具有棱锥形状、圆锥体形状、立方体形状、截头棱锥形状、截顶球体形状或截头圆锥体形状。

[0184] 项89是根据项68至85中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个具有三面棱锥形状、四面棱锥形状、五面棱锥形状、五面三角形形状,或菱形形状。

[0185] 项90是根据项68至89中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒具有介于5 μm 和200 μm 之间的平均粒度。

[0186] 项91是根据项68至90中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒具有介于5 μm 和50 μm 之间的平均粒度。

[0187] 项92是根据项68至91中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒具有介于5 μm 和25 μm 之间的平均粒度。

[0188] 项93是根据项68至91中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒具有介于10 μm 和35 μm 之间的平均粒度。

[0189] 项94是根据项68至90中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒具有介于30 μm 和75 μm 之间的平均粒度。

[0190] 项95是根据项68至90中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒具有介于50 μm 和75 μm 之间的平均粒度。

[0191] 项96是根据项68至95中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个包括含有铝、银、铜、金或其合金的金属涂层。

[0192] 项97是根据项68至96中任一项所述的方法,其中导电成型颗粒中的每个包括含有银或铜的金属涂层。

[0193] 项98是根据项68至97中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于5重量%和75重量%之间的导电成型颗粒。

[0194] 项99是根据项68至98中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于5重量%和25

重量%之间的导电成型颗粒。

[0195] 项100是根据项68至99中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于5重量%和10重量%之间的导电成型颗粒。

[0196] 项101是根据项68至98中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于10重量%和50重量%之间的导电成型颗粒。

[0197] 项102是根据项68至98中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于10重量%和30重量%之间的导电成型颗粒。

[0198] 项103是根据项68至98中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于25重量%和75重量%之间的导电成型颗粒。

[0199] 项104是根据项68至97中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于0.1体积百分比(体积%)和15体积%之间的导电成型颗粒。

[0200] 项105是根据项68至97中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于0.5体积%和25体积%之间的导电成型颗粒。

[0201] 项106是根据项68至97中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于1体积%和15体积%之间的导电成型颗粒。

[0202] 项107是根据项68至97中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于1体积%和10体积%之间的导电成型颗粒。

[0203] 项108是根据项68至97中任一项所述的方法,其中复合材料包含介于5体积%和10体积%之间的导电成型颗粒。

[0204] 项109是根据项68至108中任一项所述的方法,其中复合材料具有介于5 μm 和100 μm 之间的厚度。

[0205] 项110是根据项68至109中任一项所述的方法,其中复合材料具有介于5 μm 和50 μm 之间的厚度。

[0206] 项111是根据项68至110中任一项所述的方法,其中复合材料具有介于5 μm 和25 μm 之间的厚度。

[0207] 项112是根据项68至110中任一项所述的方法,其中复合材料具有介于10 μm 和35 μm 之间的厚度。

[0208] 项113是根据项68至109中任一项所述的方法,其中复合材料具有介于50 μm 和100 μm 之间的厚度。

[0209] 项114是根据项68至109中任一项所述的方法,其中复合材料具有介于30 μm 和100 μm 之间的厚度。

[0210] 项115是根据项68至114中任一项所述的方法,其中树脂包括热固性聚合物、热塑性聚合物或弹性体聚合物。

[0211] 项116是根据项68至115中任一项所述的方法,其中树脂包括环氧树脂、聚脲、丙烯酸类树脂、氰基丙烯酸酯、聚酰胺、酚醛树脂、聚酰亚胺、硅树脂、聚酯、氨基塑料、三聚氰胺、丙烯酸酯化环氧树脂、聚氨酯、聚氯乙烯、或它们的组合。

[0212] 项117是根据项68至114中任一项所述的方法,其中树脂包括压敏粘结剂、液体粘合剂、热熔融粘合剂,或结构粘合剂。

[0213] 项118是根据项68至117中任一项所述的方法,其中复合材料还包含具有大于2:1

的长度与高度的纵横比的多个导电性填料。

[0214] 项119是根据项68至118中任一项所述的方法,其中复合材料还包含具有大于4:1的长度与高度的纵横比的多个导电性填料。

[0215] 项120是根据项68至119中任一项所述的方法,其中复合材料还包含具有大于10:1的长度与高度的纵横比的多个导电性填料。

[0216] 项121是根据项118至120中任一项所述的方法,其中多个导电性填料包括涂布有金属的纤维。

[0217] 项122是根据项121所述的方法,其中纤维包括玻璃、聚合物、碳或陶瓷。

[0218] 项123是根据项118至121中任一项所述的方法,其中多个导电性填料包括炭黑或石墨烯基材料。

[0219] 项124是根据项123所述的方法,其中石墨烯基材料包括掺杂或无掺杂的石墨烯。

[0220] 项125是根据项123或项124所述的方法,其中石墨烯基材料包括薄片、膨胀石墨、石墨烯纳米片、官能化的石墨烯片、或它们的组合。

[0221] 项126是根据项68至125中任一项所述的方法,还包括基板,其中复合材料附接至基板的主表面。

[0222] 项127是根据项126所述的方法,其中基板包括金属箔、聚合物或织物。

[0223] 项128是根据项126或项127所述的方法,其中基板包括织物。

[0224] 项129是根据项68至128中任一项所述的方法,其中复合材料表现出如通过Z轴电阻测试所测量的介于0.05欧姆和1.00欧姆之间的z轴的接触电阻。

[0225] 项130是根据项68至129中任一项所述的方法,其中复合材料表现出如通过Z轴电阻测试所测量的介于0.05欧姆和0.60欧姆之间的z轴的接触电阻。

[0226] 项131是根据项68至130中任一项所述的方法,其中至少80%的导电成型颗粒的第一表面与第二表面的相交处在树脂中被取向成正交于复合材料的主表面。

[0227] 项132是根据项68至131中任一项所述的方法,其中至少90%的导电成型颗粒的第一表面与第二表面的相交处在树脂中被取向成正交于复合材料的主表面。

[0228] 项133是根据项68至132中任一项所述的方法,其中至少95%的导电成型颗粒的第一表面与第二表面的相交处在树脂中被取向成正交于复合材料的主表面。

[0229] 项134是根据项68至133中任一项所述的方法,其中至少90%的处于单一粒度分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的5%的表面积。

[0230] 项135是根据项68至134中任一项所述的方法,其中至少90%的处于单一粒度分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的3%的表面积。

[0231] 项136是根据项68至135中任一项所述的方法,其中至少90%的处于单一粒度分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的2%的表面积。

[0232] 项137是根据项68至136中任一项所述的方法,其中至少90%的处于单一粒度分布的颗粒具有变化不超过处于该分布的所有颗粒的平均表面积的1%的表面积。

[0233] 项138是根据项68至137中任一项所述的方法,其中复合材料还包含多个导热填料、EMI吸收填料、或它们的组合。

[0234] 实施例

[0235] 下面的实施例进一步说明了本发明的目的和优点,但这些实施例中列举的具体材

料及其量以及其它条件和细节不应被理解为是对本发明的不当限制。这些实施例仅为了进行示意性的说明,并非旨在限制所附权利要求的范围。

[0236] 5面三角形成型颗粒的制备

[0237] 使用以下配方制备一水软铝石溶胶-凝胶样品:通过使包含水(2400份)和70%水基硝酸(72份)的溶液进行高剪切混合5分钟,对具有商品名“DISPERAL”(可购自沙索尔北美有限公司(Sasol North America, Inc.))的氧化铝-水合物粉末(1600份)进行分散。在涂布前将所得溶胶-凝胶老化至少1小时。使用脱模剂,即含1%花生油的甲醇溶液涂布生产工具,其中约0.5毫克/平方英寸(mg/in^2) (3.2毫克/平方厘米(mg/cm^2))的花生油被施涂到生产工具上。迫使溶胶-凝胶进入具有三角形模具腔体的生产工具中,该腔体深度为8密耳(203.2微米(μm)),每一边长度都为27密耳(685.8 μm)。模具的侧壁和底部之间的拔模角 α 为98度。用油灰刀迫使溶胶-凝胶进入腔体中,使得生产工具的开口被完全填充。通过将生产工具的薄板置于空气对流烘箱中在45摄氏度下持续5分钟来去除过量的甲醇。所述溶胶-凝胶涂布的生产工具被置于空气对流烘箱中在45摄氏度下持续至少45分钟,以干燥。让前体成型磨料颗粒在超声变幅杆上通过,从而将其从生产工具移除。将前体成型磨料颗粒在大约650摄氏度下煅烧,然后用以下浓度(以氧化物记录)的混合硝酸盐溶液饱和:MgO、 Y_2O_3 、 Nd_2O_3 以及 La_2O_3 中每种1.8%。移除过量的硝酸盐溶液,干燥饱和的带开口的前体成型磨料颗粒,然后将该颗粒在650摄氏度下再次煅烧并在大约1400摄氏度下烧结。煅烧和烧结均采用管式回转炉进行。

[0238] 5面截顶棱锥成型颗粒的制备

[0239] 使用以上所述的相同程序制备5面截顶棱锥成型颗粒,不同的是,生产工具改变成具有右斜棱锥形模具腔的生产工具,模具腔的尺寸如表1所示。在构造生产模具的过程中,模具腔体的表面被制造成具有三角形截面的一系列凹槽。这些凹槽为6微米深并且具有110度的顶角尺寸。

[0240] 表1.

[0241]	腔体最大中值长度 L(mm)	腔体最大中值宽度 W(mm)	腔体中值厚度 T(mm)
	1.461	0.712	0.356

[0242] 测试方法

[0243] Z轴电阻测试

[0244] 使用IPC多功能测试板(IPC Multi-Purpose test board) (IPC-B-25A) (印第安纳州印第安纳波利斯的多系统有限公司(Diversified Systems, Inc, Indianapolis, Ind.))测量复合材料在Z轴方向上的传导性。为了测量在Z轴方向(即复合材料厚度)上的传导性,将复合材料样品层合到聚酰亚胺膜上2.7毫米(mm)宽的镀金铜轨迹的一部分上。镀金铜轨迹的一部分未被复合材料覆盖。将聚酰亚胺测试带层合到IPC-B-25测试板上的2.1mm宽的轨迹上。这就在具有复合材料测试样品的镀金铜带和IPC-B-25电路板上的2mm宽轨迹之间限定了2.1mm $\times$ 2.7mm的交搭连接。对于非粘合复合材料,可利用热粘结和压力粘结、压缩或它们的组合。未被复合材料覆盖的镀金铜轨迹部分被夹紧以接触IPC测试板上其它轨迹中的一个。通过探测与复合材料接触的IPC轨迹和与聚酰亚胺膜上的镀金轨迹接触的IPC轨迹来测量电阻。

[0245] 在电阻测试之前,在设定测试配置之后将样品在室温条件(在20-50%相对湿度下的20-23℃)下保压1小时和保压24小时。

[0246] 不锈钢电阻测试

[0247] 将聚酰亚胺膜和复合材料施加至不锈钢(SS)基板,其中聚酰亚胺膜的截面远离SS基板。膜/复合材料在SS基板上的搭接是10mm。使用电阻探针测量膜和SS基板之间的接触电阻。在电阻测试之前,在设定测试配置之后将样品在室温条件(在20-50%相对湿度下的20-23℃)下保压1小时和保压24小时。

[0248] 溅射方法

[0249] 为了制备氧化铝成型颗粒,使用溅射工艺使用图19A和19B中所示的装置110将量为颗粒总重量的15重量%的导电银(Ag)金属涂布在颗粒上。装置110包括限定真空室114的壳体112,该真空室114容纳有粒子搅拌器116。壳体112(其可根据需要用铝合金制成)是一个竖直取向的中空圆筒(高45厘米(cm),直径50cm)。基座118包括用于高真空闸阀122(其后接六英寸扩散泵124)的端口120,以及用于粒子搅拌器116的支承体126。室114能够被抽空至背景压力在 10^{-6} 托的范围内。

[0250] 壳体112的顶部包括可拆卸的用L形橡胶垫圈密封的板128,该板固定有安装在外面的直径三英寸的直流磁控管溅射沉积源130(US Gun II,加利福尼亚州圣荷西的US有限公司(US, INC., San Jose, CA))。向源130中固定金属溅射靶材132(5英寸×8英寸,厚0.5英寸)(12.7cm×20.32cm,厚1.27cm)。溅射源130由配有消弧的Sparc-le 20(科罗拉多州柯林斯堡的先进能源工业公司(Advanced Energy Industries, Inc, Fort Collins, CO))的MDX-10磁控管驱动器(科罗拉多州柯林斯堡的先进能源工业公司)提供动力。

[0251] 颗粒搅拌器116为在顶部136中具有矩形开口34(1.25英寸×1.75英寸)(3.175英寸×4.445英寸)的中空圆筒(2.00英寸长×2.25英寸横向直径)(5.08cm长×5.715cm横向直径)。开口134位于溅射靶132的表面136的正下方7厘米处,以便溅射的金属原子可进入搅拌器空间138。搅拌器116配有与其轴线对准的轴140。轴140具有矩形横截面,其上栓固四个矩形叶片142,所述矩形叶片形成用于使载体颗粒翻滚的搅拌机构或叶轮。每个叶片142含两个洞144以促进包含在由叶片142和搅拌器圆筒116所形成的四个象限中的每一者中的颗粒体积之间的连通。

[0252] 使用四十立方厘米(cc)(125g)的氧化铝成型颗粒作为基板。再次参考图19A和19B,将颗粒置于颗粒搅拌器装置110中,然后将室114抽空。一旦室压处于 10^{-5} 托的范围内,就以约110毫托的压力向室114中供入溅射氩气。使用纯Ag金属作为溅射靶132。然后通过施加2.00千瓦的阴极功率开始沉积过程。在Ag沉积过程中,颗粒搅拌器轴140以约4rpm旋转。6小时后停止施加功率。用空气回填室114,并且将Ag涂布的颗粒从装置110移除。

[0253] 材料

[0254] 除非另外指明,否则实施例以及本说明书其余部分中的所有份数、百分数、比例等按重量计。除非另外指明,否则所有化学品均购自或可得自诸如密苏里州圣路易斯的西格玛奥德里奇化学公司(Sigma-Aldrich Chemical Company, St. Louis, MO)的化学品供应商。

[0255] 表2.

[0256]

材料	产品细节	来源
CLEARASIL 有机硅剥离衬件(T10、T50)	衬件膜	密苏里州圣路易斯的首诺公司(Solutia Inc., St. Louis, MO)
氧化铝-水合物粉末	颗粒前体材料	沙索尔北美有限公司
丙烯酸酯浆料	丙烯酸酯液体压敏粘合剂	明尼苏达州哈钦森的 3M 公司(3M Co., Hutchinson, MN)

[0257] 实施例1-具有5面棱锥氧化铝成型颗粒的导电粘合剂转移带:

[0258] 制备了导电粘合剂转移带。获得实施例1成型颗粒(参见图10)并且通过根据以上溅射方法将银金属涂布在颗粒上来使其导电。

[0259] 根据以下表3中的样品配方制备丙烯酸酯浆料Ag涂布的氧化铝成型颗粒的混合物。将混合物放入小玻璃容器中并且使用压舌板来手动混合浆料中的成型颗粒。最后,将混合物倒进6英寸(15.24cm)宽的有机硅(silicone)涂布的聚对苯二甲酸酯(PET)剥离衬件{T50(125 μ m厚)和T10(50 μ m厚)}中,其中两个剥离面彼此面对,并且使用切口棒涂布机进行涂布。

[0260] 一旦完成涂布,就使用UV辐射对其从顶侧固化10分钟、使用喜万年(Sylvania)灯泡在2.0-2.2mW/cm²功率下持续10分钟的时间。

[0261] 对于导电性表征,将测试试样切割并且使用以上不锈钢电阻测试和以上Z轴电阻测试对其进行测试。

[0262] 下表3列出了来自实施例1的电数据。来自标准SS(不锈钢测试)的接触电阻(R)数据和Z轴测试显示所有的R值均小于1 Ω 。

[0263] 实施例2-具有5面三角形氧化铝成型颗粒的导电粘合剂转移带:

[0264] 制备了导电粘合剂转移带。获得实施例2成型颗粒(参见图9)并且通过根据以上溅射方法将银金属涂布在颗粒上来使其导电。

[0265] 根据以下表3中的样品配方制备丙烯酸酯浆料Ag涂布的氧化铝成型颗粒的混合物。将混合物放入小玻璃容器中并且使用压舌板来手动混合浆料中的成型颗粒。最后,将混合物倒进6英寸(15.24cm)宽的有机硅涂布的聚对苯二甲酸酯(PET)剥离衬件{T50(125 μ m厚)和T10(50 μ m厚)}中,其中两个剥离面彼此面对,并且使用切口棒涂布机进行涂布。

[0266] 一旦完成涂布,就使用UV辐射对其从顶侧固化10分钟、使用喜万年(Sylvania)灯泡在2.0-2.2mW/cm²功率下持续10分钟的时间。

[0267] 对于导电性表征,将测试试样切割并且使用以上不锈钢电阻测试和以上Z轴电阻测试对其进行测试。

[0268] 下表3列出了来自实施例2的电数据。来自标准SS(不锈钢测试)的接触电阻(R)数据和Z轴测试显示,除了具有24小时保压时间的不锈钢测试之外,所有的R值均小于1欧姆(Ω)。

[0269] 表3.

[0270]

实施例 编号	样品配方	不锈钢测试 (1 小时保 压) (Ω)	不锈钢测试 (24 小时保 压) (Ω)	Z 轴测试 (1 小时保 压) (Ω)	Z 轴测试 (24 小时 保压) (Ω)
1	21.2 重量% Ag 涂布的 截顶棱锥成型颗粒+ 78.8 重量%丙烯酸酯 浆料	0.77	1.13	0.36	0.59

[0271]

2	21.2 重量% Ag 涂布的 三角形成型颗粒+ 78.8 重量%丙烯酸酯 浆料	0.35	0.69	0.34	0.68
---	---	------	------	------	------

[0272] 虽然以某些示例性实施方案详细描述了说明书,但应当理解,本领域的技术人员在理解上述内容后,可以很容易地想到这些实施方案的改变、变型和等同物。此外,本文引用的所有出版物和专利均以引用的方式全文并入本文中,犹如被特别地和单独地指出的各个单独的出版物或专利都以引用方式并入一般。已对各个示例性实施方案进行描述。这些以及其它实施方案在以下权利要求书的范围内。

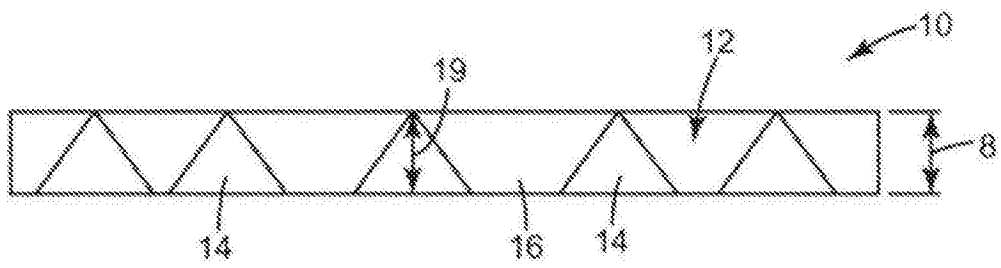


图1

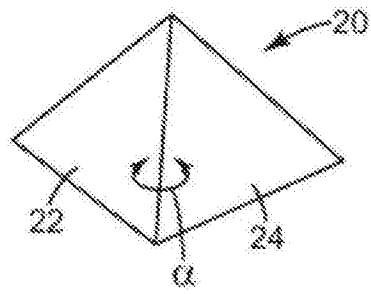


图2

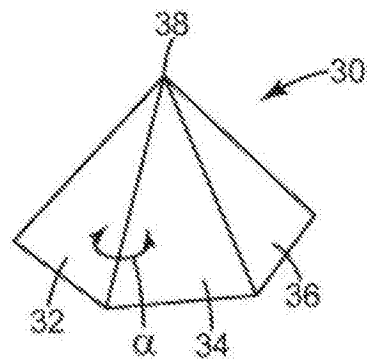


图3

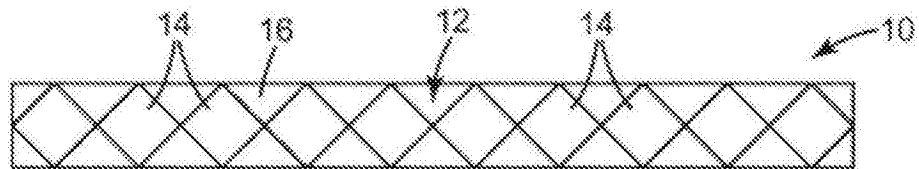


图4

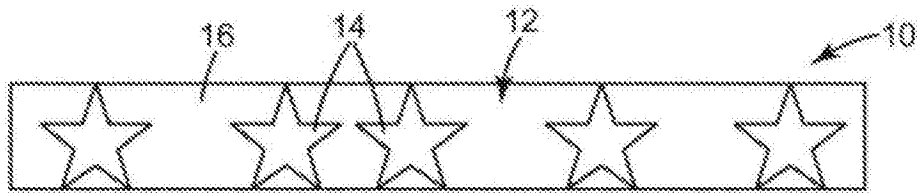


图5

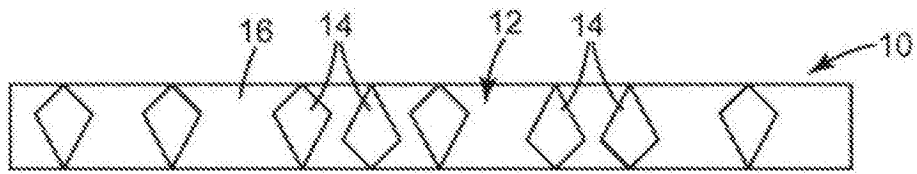


图6

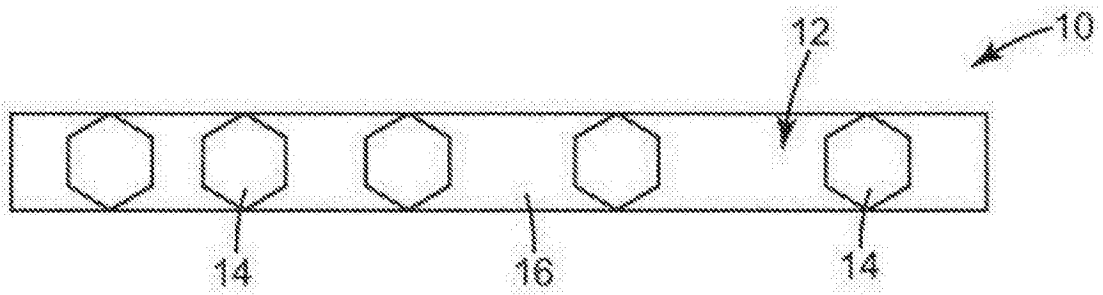


图7

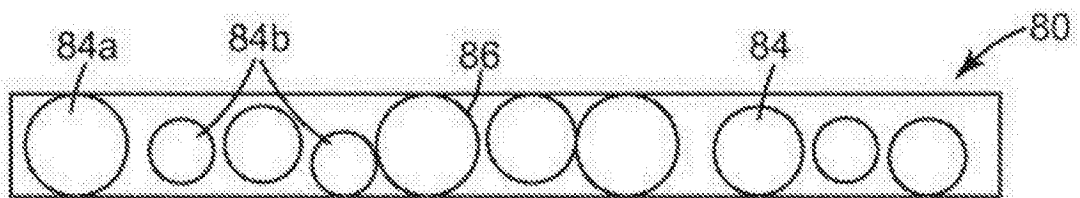


图8现有技术

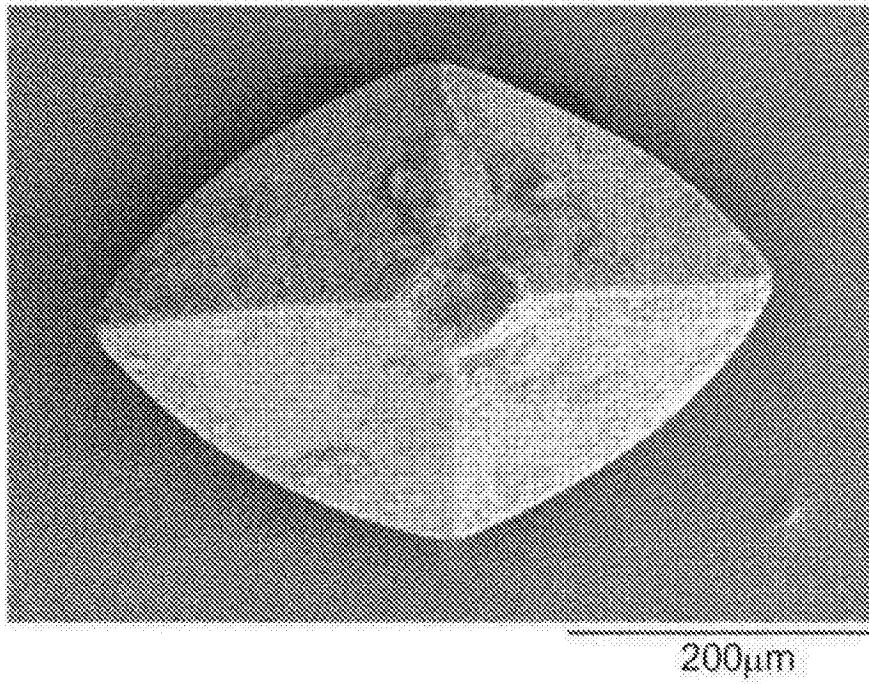


图9

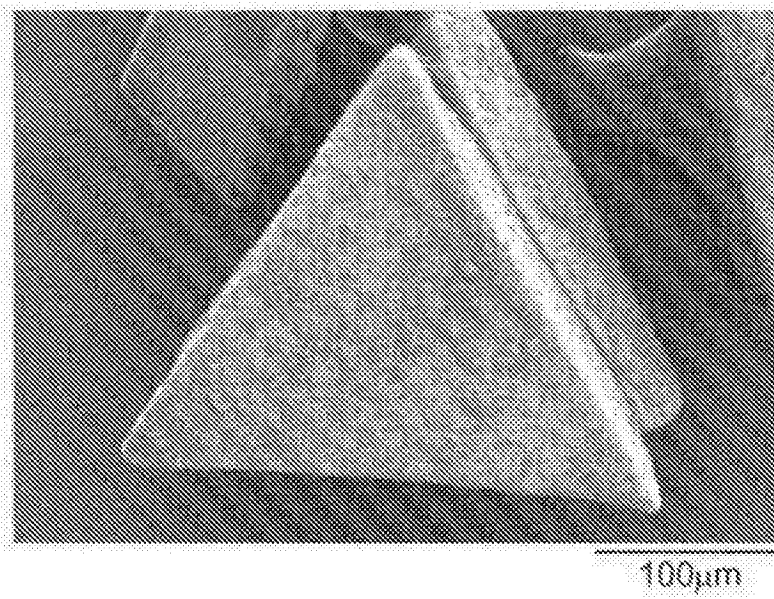


图10

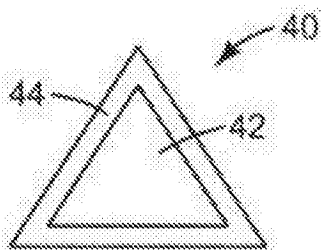


图11A

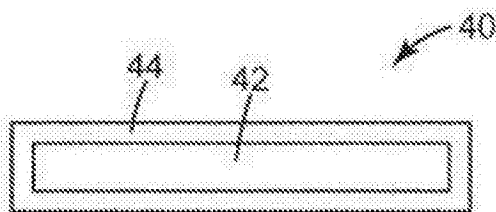


图11B

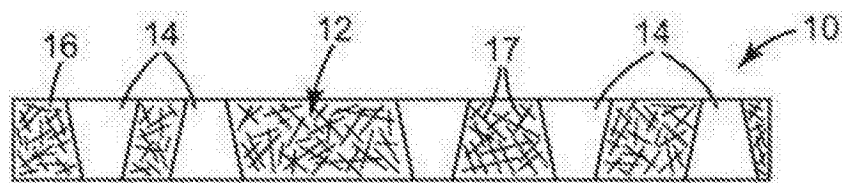


图12

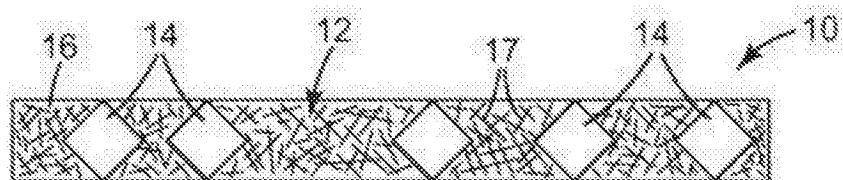


图13

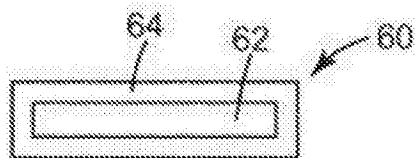


图14

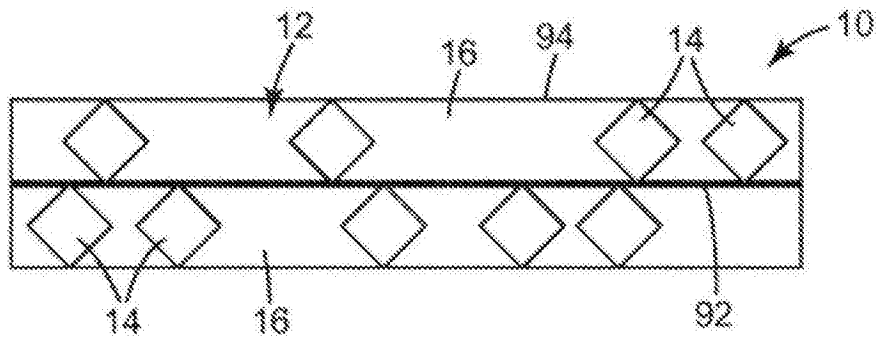


图15

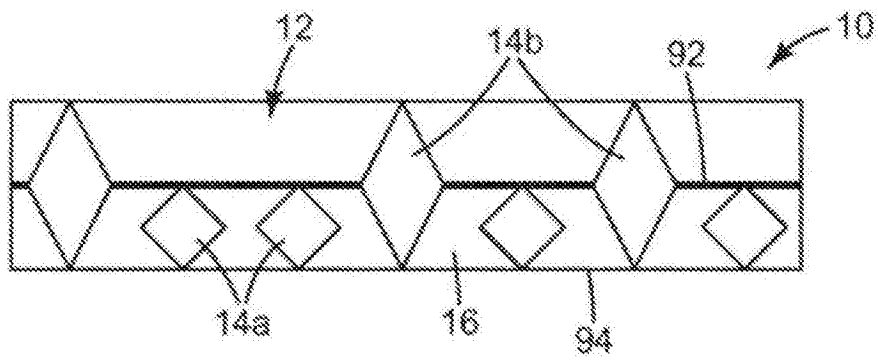


图16

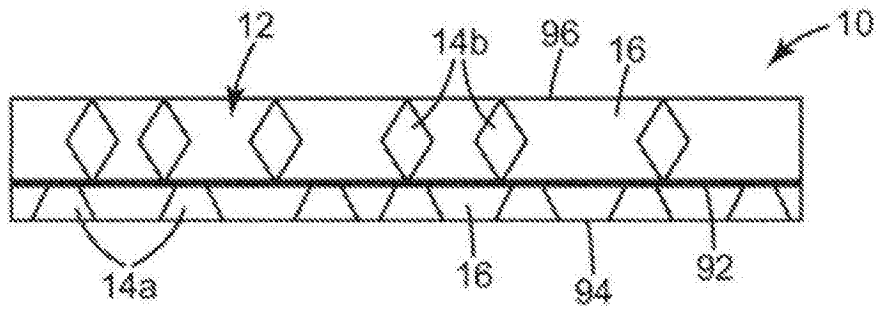


图17

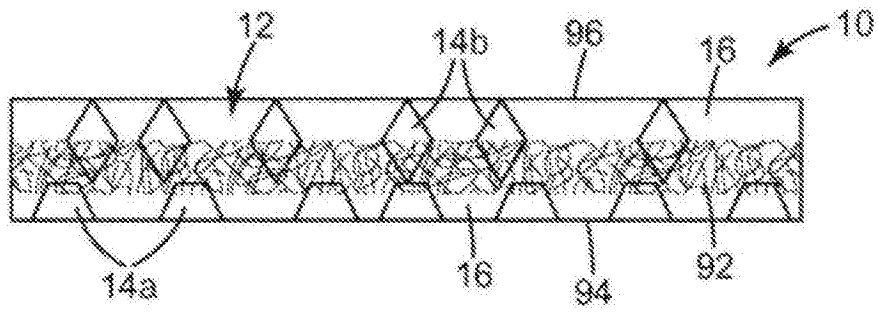


图18

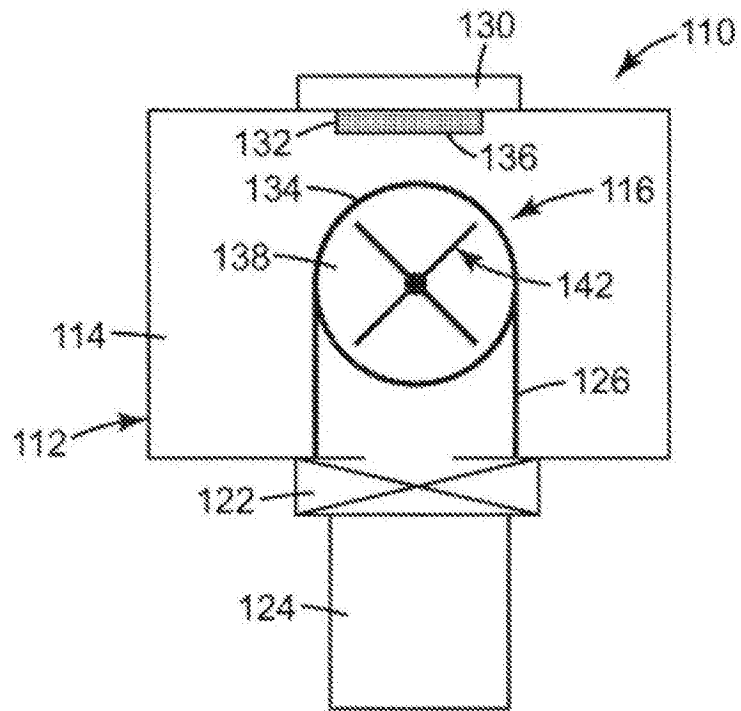


图19A

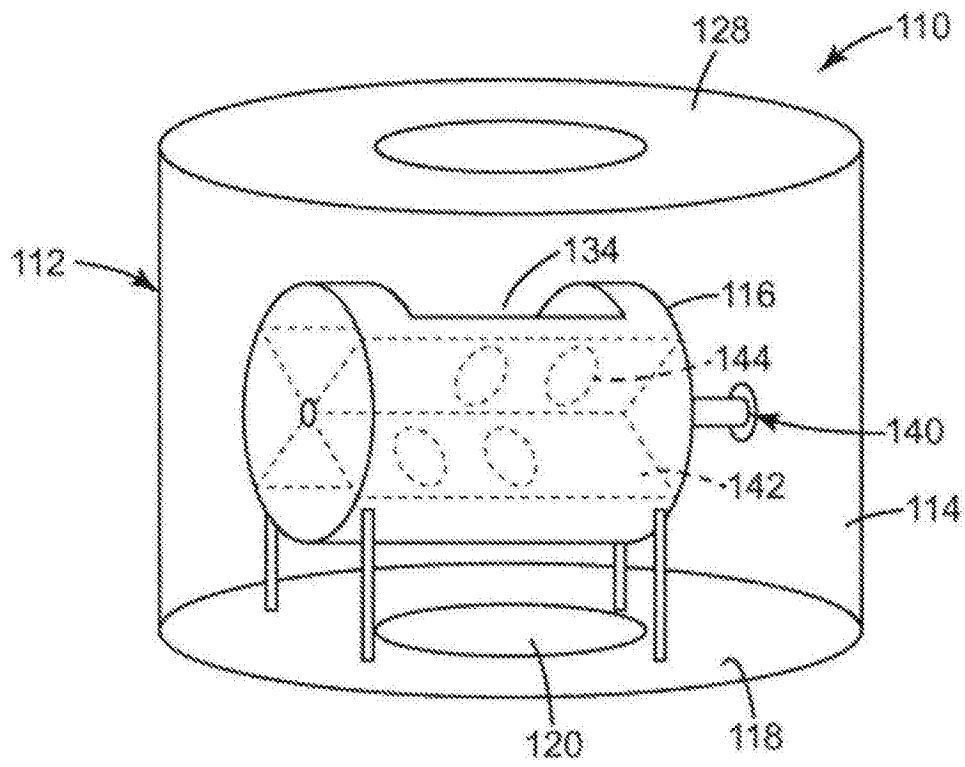


图19B