



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 117070183 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 16

(21) 申请号 202310974902.4

C09J 7/10 (2018.01)

(22) 申请日 2023.08.04

C09J 7/30 (2018.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C09J 175/04 (2006.01)

申请公布号 CN 117070183 A

C09J 161/06 (2006.01)

C09J 161/34 (2006.01)

(43) 申请公布日 2023.11.17

(56) 对比文件

(73) 专利权人 常州宏巨电子科技有限公司

CN 105308105 A, 2016.02.03

地址 213023 江苏省常州市钟楼区西林街  
道张家村委沈江家边118号

CN 110230187 A, 2019.09.13

CN 107396610 A, 2017.11.24

(72) 发明人 蒋天刚 李培仙 周乐添

CN 107851623 A, 2018.03.27

CN 109913185 A, 2019.06.21

(74) 专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有  
限公司 32103

JP 2001315244 A, 2001.11.13

JP 2003174127 A, 2003.06.20

专利代理师 陈昊宇 潘文斌

JP 2007128986 A, 2007.05.24

JP 2014027144 A, 2014.02.06

(51) Int. Cl.

审查员 孟凡娜

C09J 183/04 (2006.01)

C09J 11/04 (2006.01)

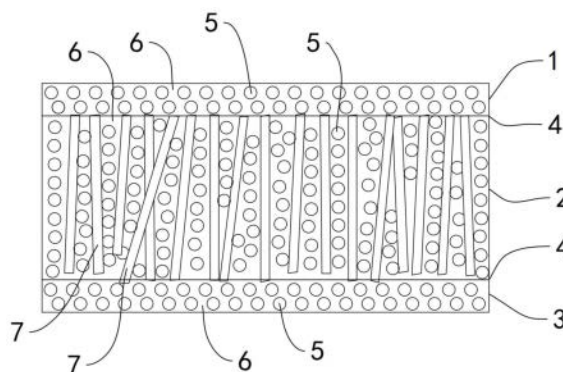
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种多层结构的复合绝缘导热胶膜及其制备方法

(57) 摘要

本发明涉及一种多层结构的复合绝缘导热胶膜及其制备方法,复合绝缘导热胶膜包括依次设置的上绝缘导热层、碳纤维取向导热层和下绝缘导热层,所述碳纤维取向导热层包含碳纤维,所述碳纤维具有轴向垂直于所述上绝缘导热层、下绝缘导热层的取向性,在垂直取向的所述碳纤维之间填充绝缘热固性聚合物;所述上绝缘导热层与所述碳纤维取向导热层之间以及所述碳纤维取向导热层与所述下绝缘导热层之间均通过化学交联连接而形成界面层。本发明的多层结构的复合绝缘导热胶膜在垂直方向和水平方向都有高导热性、良好的电绝缘性,界面稳定性高、界面热阻低,避免材料的稳定性差、容易滑移并且会产生界面热阻从而降低其导热性能的问题。



1. 一种多层结构的复合绝缘导热胶膜,其特征在于:

其包括依次设置的上绝缘导热层、碳纤维取向导热层和下绝缘导热层;

所述碳纤维取向导热层包含碳纤维,所述碳纤维具有轴向垂直于所述上绝缘导热层、下绝缘导热层的取向性,在垂直取向的所述碳纤维之间填充有用于桥连碳纤维的绝缘导热填料和用于水平方向隔绝绝缘的绝缘热固性聚合物;

所述上绝缘导热层与所述碳纤维取向导热层之间以及所述碳纤维取向导热层与所述下绝缘导热层之间均通过化学交联连接而形成界面层,其中界面层的形成过程如下:

碳纤维经过静电植绒插入涂覆于上基板的绝缘导热层,并进行加热固化,此时的绝缘热固性聚合物不需要完全固化;然后位于中间层的所述碳纤维、绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成碳纤维取向导热层,位于上方和下方的超出所述碳纤维轴向长度的所述绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成上绝缘导热层和下绝缘导热层,且所述上绝缘导热层与所述碳纤维取向导热层之间以及所述碳纤维取向导热层与所述下绝缘导热层之间均通过化学交联连接而形成界面层;

所述上绝缘导热层和下绝缘导热层主要由以下重量百分比的组分组成:20-80%绝缘导热填料和20-80%绝缘热固性聚合物;

所述碳纤维取向导热层主要由以下重量百分比的组分组成:10-70%绝缘导热填料、10-70%碳纤维和10-70%绝缘热固性聚合物;

所述上绝缘导热层和下绝缘导热层的厚度为0.1-2mm,所述的碳纤维取向导热层的厚度为0.5-5mm。

2. 根据权利要求1所述的一种多层结构的复合绝缘导热胶膜,其特征在于:所述绝缘导热填料为氧化铝、氧化锌、氧化镁、氮化硼、氮化硅、碳化硅、氮化铝、金刚石、硅微粉中的一种或几种的混合物。

3. 根据权利要求1所述的一种多层结构的复合绝缘导热胶膜,其特征在于:所述绝缘热固性聚合物为硅橡胶、环氧树脂、聚氨酯、酚醛树脂中的一种。

4. 根据权利要求1所述的一种多层结构的复合绝缘导热胶膜,其特征在于:所述碳纤维为聚丙烯腈碳纤维、沥青基碳纤维、粘胶基碳纤维、酚醛基碳纤维、气相生长碳纤维中的一种。

5. 根据权利要求1所述的一种多层结构的复合绝缘导热胶膜,其特征在于:

所述碳纤维经过静电植绒插入绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物的混合物中,并将绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物的混合物填充包裹于垂直取向的所述碳纤维之间;

位于中间层的所述碳纤维、绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成所述碳纤维取向导热层,所述绝缘导热填料桥连碳纤维后形成水平及竖直方向的导热通道;

位于上方和下方的超出所述碳纤维轴向长度的所述绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成所述上绝缘导热层和所述下绝缘导热层。

6. 一种多层结构的复合绝缘导热胶膜的制备方法,用于根据权利要求1至权利要求5任一项所述的一种多层结构的复合绝缘导热胶膜的制备,其特征在于,所述制备方法包括以下步骤:

步骤100、绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物充分混合后涂覆于静电植绒设备上基板;

步骤200、碳纤维经过静电植绒插入涂覆于上基板的绝缘导热层,并进行加热固化,此

时的绝缘热固性聚合物不需要完全固化；

步骤300、将绝缘导热填料、绝缘热固性聚合物的混合物通过真空浸渍的方法填充包覆，填充的高于所述碳纤维的轴向长度，然后进行加热固化；其中位于中间层的所述碳纤维、绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成碳纤维取向导热层，位于上方和下方的超出所述碳纤维轴向长度的所述绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成上绝缘导热层和下绝缘导热层，且所述上绝缘导热层与所述碳纤维取向导热层之间以及所述碳纤维取向导热层与所述下绝缘导热层之间均通过化学交联连接而形成界面层。

7. 根据权利要求6所述的一种多层结构的复合绝缘导热胶膜的制备方法，其特征在于：步骤200中所述加热固化温度为50-180℃，固化时间为10-60min。

8. 根据权利要求6所述的一种多层结构的复合绝缘导热胶膜的制备方法，其特征在于：步骤300中所述真空浸渍的真空度 $\leq 0.09\text{MPa}$ ，时间 $> 10\text{min}$ ；步骤300中所述加热固化温度为50-200℃，固化时间为10-80min。

9. 根据权利要求6所述的一种多层结构的复合绝缘导热胶膜的制备方法，其特征在于：步骤300中的固化温度和固化时间均高于步骤200中的固化温度和固化时间。

## 一种多层结构的复合绝缘导热胶膜及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于导热复合材料技术领域,具体涉及一种多层结构的复合绝缘导热胶膜及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 随着电子设备不断向微型化、集成化和高功率化的方向发展,电子设备运行时产生的热量不断增加并在电子设备中积累,导致电子设备的工作温度急剧增大。由于电子元器件的正常工作温度范围是有限的,当电子元器件的工作温度高于其允许温度时,电子元器件的可靠性、稳定性以及使用寿命会严重下降。随着5G时代的到来,电子设备传输速度的提升必然会使得能量损耗增加,终端设备的生热将会进一步加剧,电子设备对散热的要求也会进一步提高。

[0003] 传统导热高分子复合材料在低填充量下,填料均匀地分散在高分子体系中,填料之间没有接触或相互作用,不能形成导热通路,因此导热系数较低。为了获得较高的导热系数,需要增大导热填料的用量。高填料用量会导致高分子复合材料的加工性能和力学性能变差,并且会导致复合材料的密度增大以及生产成本增加。

[0004] 碳纤维沿其轴向具有高导热性,利用碳纤维的取向排列可以大大提高导热复合材料的导热性能。但是由于碳纤维具有导电性,碳纤维复合材料的应用受到了极大地限制。

[0005] CN107396610B公开了一种通过静电植绒制备各向异性碳纤维绝缘导热垫,该技术方案和不足在于虽然保证了垂直方向的绝缘性,但是其水平方向仍然具有导电性,并且由于碳纤维的垂直取向,材料水平方向的导热系数不高。而且其涉及的双面绝缘的各向异性绝缘导热垫是通过两片相同结构的导热垫扣合形成,这种方法使得材料的稳定性差、容易滑移并且会产生界面热阻,从而降低其导热性能。

[0006] 有鉴于此,如何解决现有绝缘导热材料中存在的水平方向的导热系数不高、具有导电性,且形成的材料稳定性差、容易滑移并且会产生界面热阻等问题,便成为本发明所要研究解决的课题。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种多层结构的复合绝缘导热胶膜及其制备方法。

[0008] 为达到上述目的,本发明的第一个方面提出了一种多层结构的复合绝缘导热胶膜,其创新点在于:

[0009] 其包括依次设置的上绝缘导热层、碳纤维取向导热层和下绝缘导热层;

[0010] 所述碳纤维取向导热层包含碳纤维,所述碳纤维具有轴向垂直于所述上绝缘导热层、下绝缘导热层的取向性,在垂直取向的所述碳纤维之间填充有用于桥连碳纤维的绝缘导热填料和用于水平方向隔绝绝缘的绝缘热固性聚合物;

[0011] 所述上绝缘导热层与所述碳纤维取向导热层之间以及所述碳纤维取向导热层与所述下绝缘导热层之间均通过化学交联连接而形成界面层。

[0012] 优选地,所述上绝缘导热层和下绝缘导热层主要由以下重量百分比的组分组成:20-80%绝缘导热填料和20-80%绝缘热固性聚合物。

[0013] 优选地,所述碳纤维取向导热层主要由以下重量百分比的组分组成:10-70%绝缘导热填料、10-70%碳纤维和10-70%绝缘热固性聚合物。

[0014] 优选地,所述绝缘导热填料为氧化铝、氧化锌、氧化镁、氮化硼、氮化硅、碳化硅、氮化铝、金刚石、硅微粉中的一种或几种的混合物。其中,绝缘导热填料的尺寸和形貌无特定限制。

[0015] 优选地,所述绝缘热固性聚合物为硅橡胶、环氧树脂、聚氨酯、酚醛树脂、苯并噁嗪中的一种。

[0016] 优选地,碳纤维为聚丙烯腈碳纤维、沥青基碳纤维、粘胶基碳纤维、酚醛基碳纤维、气相生长碳纤维中的一种。

[0017] 优选地,上下两绝缘导热层的厚度为0.1-2mm,碳纤维取向导热层的厚度为0.5-5mm。

[0018] 优选地,所述碳纤维经过静电植绒插入绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物的混合物中,并将绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物的混合物填充包裹于垂直取向的所述碳纤维之间;位于中间层的所述碳纤维、绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成所述碳纤维取向导热层,所述绝缘导热填料桥连碳纤维后形成水平及竖直方向的导热通道;位于上方和下方的超出所述碳纤维轴向长度的所述绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成所述上绝缘导热层和所述下绝缘导热层。

[0019] 为达到上述目的,本发明的第二个方面提供了一种多层结构的复合绝缘导热胶膜的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

[0020] 步骤100、绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物充分混合后涂覆于静电植绒设备上基板;

[0021] 步骤200、碳纤维经过静电植绒插入涂覆于上基板的绝缘导热层,并进行加热固化;

[0022] 步骤300、将绝缘导热填料、绝缘热固性聚合物的混合物通过真空浸渍的方法填充包覆,填充的高于所述碳纤维的轴向长度,然后进行加热固化;

[0023] 其中位于中间层的所述碳纤维、绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成所述碳纤维取向导热层,位于上方和下方的超出所述碳纤维轴向长度的所述绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物之间经加热固化形成所述上绝缘导热层和所述下绝缘导热层,且所述上绝缘导热层与所述碳纤维取向导热层之间以及所述碳纤维取向导热层与所述下绝缘导热层之间均通过化学交联连接而形成界面层。

[0024] 优选地,步骤200中所述加热固化温度为50-180℃,固化时间为10-60min。

[0025] 优选地,步骤300中所述真空浸渍的真空度 $\leq 0.09\text{MPa}$ ,时间 $> 10\text{min}$ ;步骤300中所述加热固化温度为50-200℃,固化时间为10-80min。

[0026] 一种多层结构的复合绝缘导热胶膜中的碳纤维取向导热层能够极大地提高材料的导热性能,并且取向的碳纤维中间填充了绝缘导热填料,能够起到桥连碳纤维的作用,可以提高材料在水平方向的导热性能。同时,由于绝缘导热填料的隔绝作用,可以降低碳纤维取向导热层水平方向的导电性。上下两绝缘导热层可以赋予材料垂直方向的电绝缘性。

[0027] 本发明对一种多层结构的复合绝缘导热胶膜中的绝缘导热层和碳纤维取向导热层的厚度做了具体的限定,所述上下两绝缘导热层的厚度为0.1-2mm,绝缘导热层厚度过薄会影响材料整体的电绝缘性,绝缘导热层厚度过厚会影响材料的导热性。所述碳纤维取向导热层的厚度为0.5-5mm,碳纤维取向导热层厚度很大程度上受碳纤维尺寸的影响,碳纤维取向导热层厚度过薄说明碳纤维的长度较低,对提高材料的导热性能不利,碳纤维取向导热层厚度过厚则不能保证碳纤维的高取向性,同样对提高材料的导热性能不利。

[0028] 本发明对一种多层结构的复合绝缘导热胶膜制备方法步骤200中的固化温度和固化时间做出了具体的限定,加热固化温度为50-180℃,固化时间为10-60min。该步骤的固化过程的目的是为了固定取向碳纤维,绝缘热固性聚合物不需要完全固化,未反应基团可以在步骤300中浸渍包覆的绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物固化过程中产生界面反应,增强层间结合力。步骤300中的固化温度和固化时间要高于步骤200的固化温度,以保证绝缘热固性聚合物完全固化。

[0029] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0030] (1) 本发明的多层结构的复合绝缘导热胶膜在垂直方向和水平方向都有高导热性,碳纤维的取向排列使胶膜在垂直方向具有高导热性,而碳纤维和绝缘导热填料的复合使胶膜在水平方向也具有高导热性。

[0031] (2) 本发明的多层结构的复合绝缘导热胶膜具有良好的电绝缘性,上下两层的绝缘导热层保证了胶膜在垂直方向的电绝缘性能,中间碳纤维取向导热层中碳纤维和绝缘导热填料的复合使胶膜在水平方向的电绝缘性也得到提高。

[0032] (3) 静电植绒前的涂层和填充碳纤维用绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物为同一种,减少了混料工序。

[0033] (4) 上中下三层结构通过化学交联连接,界面稳定性高、界面热阻低,避免材料的稳定性差、容易滑移并且会产生界面热阻从而降低其导热性能的问题。

## 附图说明

[0034] 图1为本发明实施例多层结构的复合绝缘导热胶膜的截面示意图;

[0035] 图2为本发明实施例多层结构的复合绝缘导热胶膜截面的扫描电镜(SEM)图。

[0036] 以上附图各部位表示如下:

[0037] 1、上绝缘导热层;

[0038] 2、碳纤维取向导热层;

[0039] 3、下绝缘导热层;

[0040] 4、界面层;

[0041] 5、绝缘导热填料;

[0042] 6、绝缘热固性聚合物;

[0043] 7、碳纤维。

## 具体实施方式

[0044] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述:

[0045] 实施例:以下将以图式及详细叙述对本案进行清楚说明,任何本领域技术人员在

了解本案的实施例后,当可由本案所教示的技术,加以改变及修饰,其并不脱离本案的精神与范围。

[0046] 本文的用语只为描述特定实施例,而无意为本案的限制。单数形式如“一”、“这”、“此”、“本”以及“该”,如本文所用,同样也包含复数形式。

[0047] 关于本文中所使用的“包含”、“包括”、“具有”等,均为开放性的用语,即意指包含但不限于。

[0048] 关于本文中所使用的用词(terms),除有特别注明外,通常具有每个用词使用在此领域中、在本案内容中与特殊内容中的平常意义。某些用以描述本案的用词将于下或在此说明书的别处讨论,以提供本领域技术人员在有关本案描述上额外的引导。

[0049] 如附图1所示,本发明提出了一种多层结构的复合绝缘导热胶膜,该复合绝缘导热胶膜从上到下依次设置有上绝缘导热层1、碳纤维取向导热层2和下绝缘导热层3;

[0050] 所述碳纤维取向导热层2包含碳纤维7,所述碳纤维7具有轴向垂直于所述上绝缘导热层1、下绝缘导热层3的取向性,在垂直取向的所述碳纤维7之间填充有用于桥连碳纤维7的绝缘导热填料5和用于水平方向隔绝绝缘的绝缘热固性聚合物6;

[0051] 所述上绝缘导热层1与所述碳纤维取向导热层2之间以及所述碳纤维取向导热层2与所述下绝缘导热层3之间均通过化学交联连接而形成界面层4。

[0052] 本发明还提出了一种多层结构的复合绝缘导热胶膜的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

[0053] 步骤100、绝缘导热填料5和绝缘热固性聚合物6充分混合后涂覆于静电植绒设备上基板;

[0054] 步骤200、碳纤维7经过静电植绒插入涂覆于上基板的绝缘导热层,并进行加热固化;

[0055] 步骤300、将绝缘导热填料5、绝缘热固性聚合物6的混合物通过真空浸渍的方法填充包覆,填充的高于所述碳纤维7的轴向长度,然后进行加热固化;

[0056] 其中位于中间层的所述碳纤维7、绝缘导热填料5和绝缘热固性聚合物6之间经加热固化形成所述碳纤维取向导热层2,位于上方和下方的超出所述碳纤维7轴向长度的所述绝缘导热填料5和绝缘热固性聚合物6之间经加热固化形成所述上绝缘导热层1和所述下绝缘导热层3,且所述上绝缘导热层1与所述碳纤维取向导热层2之间以及所述碳纤维取向导热层2与所述下绝缘导热层3之间均通过化学交联连接而形成界面层4。

[0057] 下面再结合具体实施例对本发明进行详细说明。本实施例以本发明技术方案为前提进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0058] 实施例1

[0059] 本发明实施例1提供了一种多层结构的复合绝缘导热胶膜,结构参见附图1。绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物按重量份计由如下的组分混合而成:30%硅橡胶,70%氧化铝。绝缘导热填料和绝缘热固性聚合物的混合物混合均匀后,涂覆于静电植绒设备的上表面基板,厚度为0.5mm左右。然后,将碳纤维置于静电植绒设备的粉仓中进行静电植绒,得到垂直取向的碳纤维基板,碳纤维基板在120℃下固化20min。碳纤维取向导热层的厚度为3.0mm。之后向该碳纤维基板灌入绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物进行真空浸渍

30min,并使混合物的高度高于碳纤维基板高度0.5mm。最后,在150℃下固化30min,得到多层结构的复合绝缘导热胶膜。其中,碳纤维取向导热层主要由以下组分和重量百分比组成:15%硅橡胶,35%氧化铝,50%碳纤维。其SEM结构参见附图2所示。

[0060] 实施例2

[0061] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例2中绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物的组成为:20%硅橡胶,80%氧化铝。碳纤维取向导热层主要由以下组分和重量百分比组成:10%硅橡胶,40%氧化铝,50%碳纤维。

[0062] 实施例3

[0063] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例3中绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物的组成为:80%硅橡胶,20%氧化铝。碳纤维取向导热层主要由以下组分和重量百分比组成:40%硅橡胶,10%氧化铝,50%碳纤维。

[0064] 实施例4

[0065] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例4中绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物的组成为:50%硅橡胶,50%氧化铝。碳纤维取向导热层主要由以下组分和重量百分比组成:15%硅橡胶,15%氧化铝,70%碳纤维。

[0066] 实施例5

[0067] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例5中涂覆于静电植绒设备的上表面基板的绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物的厚度为0.2mm左右,碳纤维基板灌入绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物的高度高于碳纤维基板高度0.2mm左右,碳纤维取向导热层的厚度为1.0mm。

[0068] 实施例6

[0069] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例6中涂覆于静电植绒设备的上表面基板的绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物的厚度为1.0mm左右,碳纤维基板灌入绝缘导热填料/绝缘热固性聚合物混合物的高度高于碳纤维基板高度1.0mm左右,碳纤维取向导热层的厚度为4.0mm。

[0070] 实施例7-14

[0071] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了实施例7-14中所采用的绝缘导热填料分别替换为氧化锌、氧化镁、氮化硼、氮化硅、碳化硅、氮化铝、金刚石、硅微粉。

[0072] 实施例15

[0073] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例15中所采用的绝缘热固性聚合物替换为环氧树脂,碳纤维基板的固化温度为80℃,固化时间为10min,真空浸渍后的固化温度为120℃,固化时间为40min。

[0074] 实施例16

[0075] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例16中所采用的绝缘热固性聚合物替换为聚氨酯,碳纤维基板的固化温度为50℃,固化时间为10min,真空浸渍后的固化温度为50℃,固化时间为80min。

[0076] 实施例17

[0077] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例17中所采用的绝缘热固性聚合物替换为酚醛树脂,碳纤维基板的固化温度为120℃,固化时间为60min,真空浸渍后的固化温



度为150℃,固化时间为60min。

[0078] 实施例18

[0079] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例18中所采用的绝缘热固性聚合物替换为苯并噁嗪,碳纤维基板的固化温度为180℃,固化时间为10min,真空浸渍后的固化温度为200℃,固化时间为30min。

[0080] 实施例19

[0081] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例19中绝缘导热填料为氧化铝和氮化硼重量比1:1组成。

[0082] 实施例20

[0083] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例20中绝缘导热填料为氧化铝和碳化硅重量比1:1组成。

[0084] 实施例21

[0085] 与实施例1相比,绝大部分都相同,除了本实施例21中绝缘导热填料为氧化铝和氧化锌重量比1:1组成。

[0086] 在以上各实施例中,所述碳纤维使用聚丙烯腈碳纤维、沥青基碳纤维、粘胶基碳纤维、酚醛基碳纤维或气相生长碳纤维。

[0087] 评价:

[0088] 实施例1-6中,绝缘导热层由氧化铝和硅橡胶组成,碳纤维取向导热层由氧化铝、碳纤维和硅橡胶组成,碳纤维基板固化条件均为120℃,20min,浸渍时间均为30min,浸渍后固化条件150℃,30min。实施例1-6以及对比例1-3的主要区别如表1所示:

[0089]

	实施 例 1	实施 例 2	实施 例 3	实施 例 4	实施 例 5	实施 例 6	对比 例 1	对比 例 2	对比 例 3
绝缘导热层氧化铝含量	70%	80%	20%	50%	70%	70%	10%	70%	70%
绝缘导热层硅橡胶含量	30%	20%	80%	50%	30%	30%	90%	30%	30%
碳纤维取向导热层氧化铝含量	35%	40%	10%	15%	35%	35%	5%	35%	35%
碳纤维取向导热层硅橡胶含量	15%	10%	40%	15%	15%	15%	45%	15%	15%
碳纤维取向导热层碳纤维含量	50%	50%	50%	70%	50%	50%	50%	50%	50%
绝缘导热层厚度	0.5mm	0.5mm	0.5mm	0.5mm	0.2mm	1mm	0.5mm	0.5mm	3mm
碳纤维取向导热层厚度	3mm	3mm	3mm	3mm	1mm	4mm	3mm	0.3mm	3mm

[0090] 表1

[0091] 我们还制备了对比例4、对比例5、对比例6、对比例7,其中:

[0092] 对比例4与实施例1绝大部分相同,除了绝缘导热层和碳纤维取向导热层中不加入氧化铝;

[0093] 对比例5和实施例1区别在于不含绝缘导热层;

[0094] 对比例6的制备方法为碳纤维、氧化铝和硅橡胶按照比例用密炼机混合均匀后直接热压成型,其中碳纤维、氧化铝和硅橡胶的比例和实施例1中的碳纤维取向导热层中三者的比例相同。

[0095] 对比例7的制备方法与实施例1大部分相同,除了绝缘导热填料、绝缘热固性聚合物的混合物通过真空浸渍的高度和碳纤维轴向长度一致,双面绝缘多层结构的复合材料由两片相同结构的导热胶膜扣合合成。

[0096] 以下就本发明上述实施例1-6中制得的多层结构的复合绝缘导热胶膜以及另外制备的对比例1-7的绝缘导热胶膜进行导热和电绝缘性能测试。导热性能测试根据ASTM D5470-2017导热绝缘材料的热传输特性的标准试验方法,电绝缘性能测试参考ASTM D257-

2014绝缘材料直流电阻或电导的标准试验方法。其中,水平方向的性能主要测试的是碳纤维取向导热层的性能。另外,对复合材料进行了甲苯溶液剥离测试,将样品浸泡在能使其溶胀的溶剂甲苯中48小时,观察样品是否出现剥离情况,测试多层结构的稳定性和结合力。测试结果见表2。

	导热系数 W/mk		体积电阻率 $\Omega\cdot\text{cm}$		溶液剥离
	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向	
实施例 1	7.8	3.4	$1.4\times 10^{14}$	$2.1\times 10^8$	未剥离
实施例 2	8.6	4.1	$3.1\times 10^{14}$	$5.2\times 10^8$	未剥离
实施例 3	5.9	2.4	$1.7\times 10^{15}$	$3.1\times 10^6$	未剥离
实施例 4	12.1	6.3	$2.3\times 10^{14}$	$1.2\times 10^8$	未剥离
实施例 5	9.6	3.3	$1.8\times 10^{14}$	$6.2\times 10^7$	未剥离
实施例 6	9.2	3.0	$7.8\times 10^{13}$	$2.5\times 10^8$	未剥离
对比例 1	5.1	1.8	$1.9\times 10^{15}$	$8.4\times 10^5$	未剥离
对比例 2	3.1	3.2	$2.2\times 10^{15}$	$2.0\times 10^8$	未剥离
对比例 3	4.5	3.1	$1.2\times 10^{15}$	$2.1\times 10^8$	未剥离
对比例 4	6.2	1.1	$2.1\times 10^{14}$	$3.3\times 10^4$	未剥离
对比例 5	8.5	3.4	$2.7\times 10^2$	$1.3\times 10^7$	未剥离
对比例 6	2.3	2.2	$2.1\times 10^9$	$2.5\times 10^9$	未剥离
对比例 7	7.5	3.4	$1.1\times 10^{14}$	$2.1\times 10^8$	剥离

[0097] 表2

[0098] 从表2中可以看出:

[0099] 对比例1和实施例1相比,填充的绝缘导热填料用量低于10%时,复合材料垂直方向和水平方向的导热系数分别为5.1W/mk、1.8W/mk,均明显降低,表明复合材料垂直方向和水平方向的导热性能较差,并且水平方向的体积电阻率 $8.4\times 10^5\Omega\cdot\text{cm}$ ,明显降低,降低了复合材料的绝缘性能。对比例2、3和实施例1相比,当碳纤维取向导热层低于0.5mm(为0.3mm)或者上、下绝缘导热层高于2mm(为3mm)时,复合材料的垂直方向的导热性能明显降低,这是因为碳纤维取向导热层对于复合材料导热性能的提升起主要作用,而当碳纤维取向导热层低于0.5mm或者绝缘导热层高于3mm时,碳纤维取向层在复合材料中的占比降低,因此,复合

材料在垂直方向的导热性能明显降低。

[0101] 对比例4相较实施例1及本发明其他实施例,垂直方向的导热系数6.2W/mk、水平方向的导热系数1.1W/mk以及在水平方向的体积电阻率 $3.3 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ ,均处于较低水平,说明对比例4中由于缺少绝缘导热填料(氧化铝),从而导致整体导热性能以及水平方向的电绝缘性能与本发明各实施例相比较差,也体现了绝缘导热填料的作用;

[0102] 对比例5相较实施例1及本发明其他实施例,垂直方向的体积电阻率 $2.7 \times 10^2 \Omega \cdot \text{cm}$ ,处于较低水平,说明对比例5中由于不含绝缘导热层,从而导致垂直方向的电绝缘性能与本发明各实施例相比较差,也体现了上绝缘导热层、下绝缘导热层的作用;

[0103] 对比例6相较实施例1及本发明其他实施例,垂直方向的导热系数2.3W/mk、水平方向的导热系数2.2W/mk,均处于较低水平,说明对比例6中由于碳纤维不是按照垂直取向配置而是密炼机混合,使碳纤维不具备垂直取向性,从而导致绝缘导热胶膜的在垂直方向的导热性能与本发明各实施例相比较差,也体现了碳纤维取向的作用。

[0104] 对比例7相较实施例1及本发明其他实施例,经过溶液剥离测试后出现界面剥离的情况,这说明本发明制备的多层结构的复合绝缘导热胶膜的界面稳定性和结合力明显优于通过扣合方式制备的双面绝缘的多层结构复合导热胶膜的界面稳定性,这是因为本发明中多层结构层间界面是通过化学共价键连接的,形成稳定的界面结构。

[0105] 另外,再对由实施例1制备的多层结构的复合绝缘导热胶膜进行电镜扫描,附图2为本发明实施例多层结构的复合绝缘导热胶膜截面的扫描电镜(SEM)图,在该SEM图中,可看出经由实施例1制备方法所制备出来的复合绝缘导热胶膜中,碳纤维取向导热层中的碳纤维基本为竖直取向,碳纤维取向导热层中的绝缘导热填料与绝缘热固性聚合物混合均匀,由绝缘导热填料来为所述碳纤维进行桥接,从而提高碳纤维取向导热层在水平方向的导热性能,同时,由于绝缘导热填料的隔绝作用,可以降低碳纤维取向导热层水平方向的导电性;并且在该SEM图中,可以看出上绝缘导热层与碳纤维取向导热层之间通过化学交联连接而形成界面层,该界面层使得上绝缘导热层与碳纤维取向导热层紧密连接(下绝缘导热层与碳纤维取向导热层之间同理),上绝缘导热层与碳纤维取向导热层两者之间稳定性强、除了切割不会产生滑移,也不会产生界面电阻,从而能够确保该多层结构的复合绝缘导热胶膜始终具备良好的导热性能。综上所述,本发明制备的多层结构的复合绝缘导热胶膜相较于对比例,不仅垂直方向具有高导热性和良好的电绝缘性,其水平方向的导热性能也处于较高的水平,水平方向的电绝缘性能也得到提高。

[0106] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0107] 上述的对实施例的描述是为便于该技术领域的普通技术人员能理解和使用发明。熟悉本领域技术的人员显然可以容易地对这些实施例做出各种修改,并把在此说明的一般原理应用到其他实施例中而不必经过创造性的劳动。因此,本发明不限于上述实施例,本领域技术人员根据本发明的揭示,不脱离本发明范畴所做出的改进和修改都应该在本发明的保护范围之内。

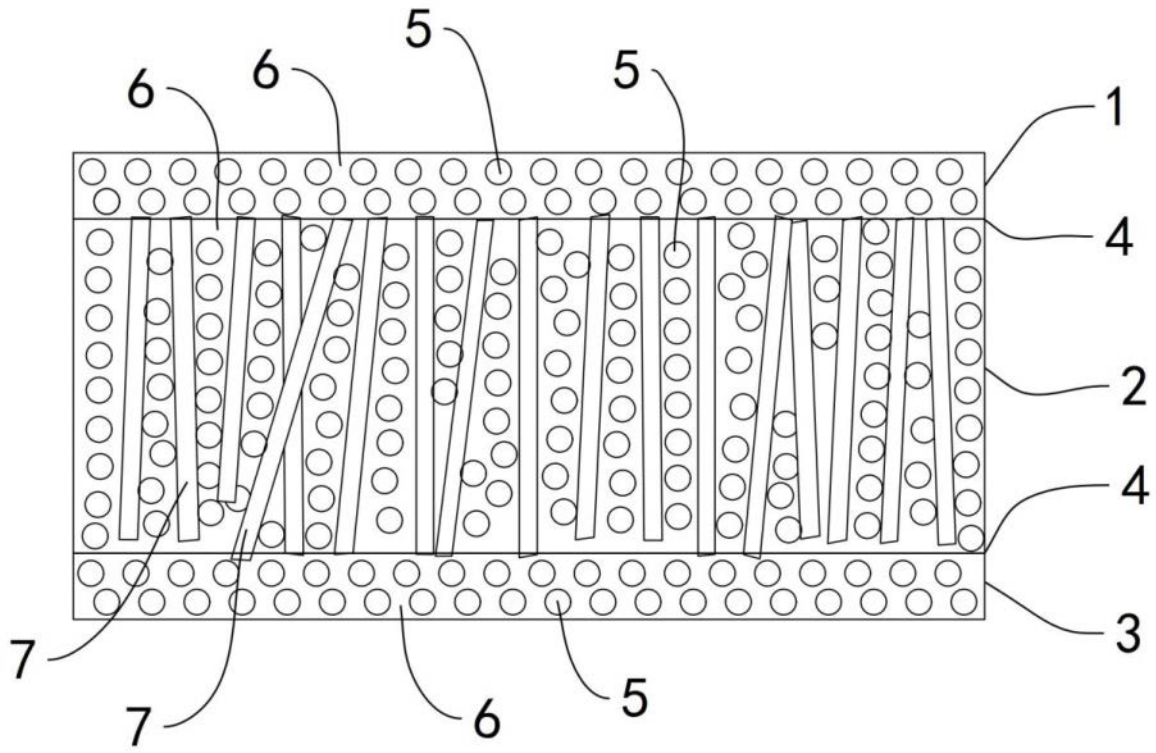


图 1

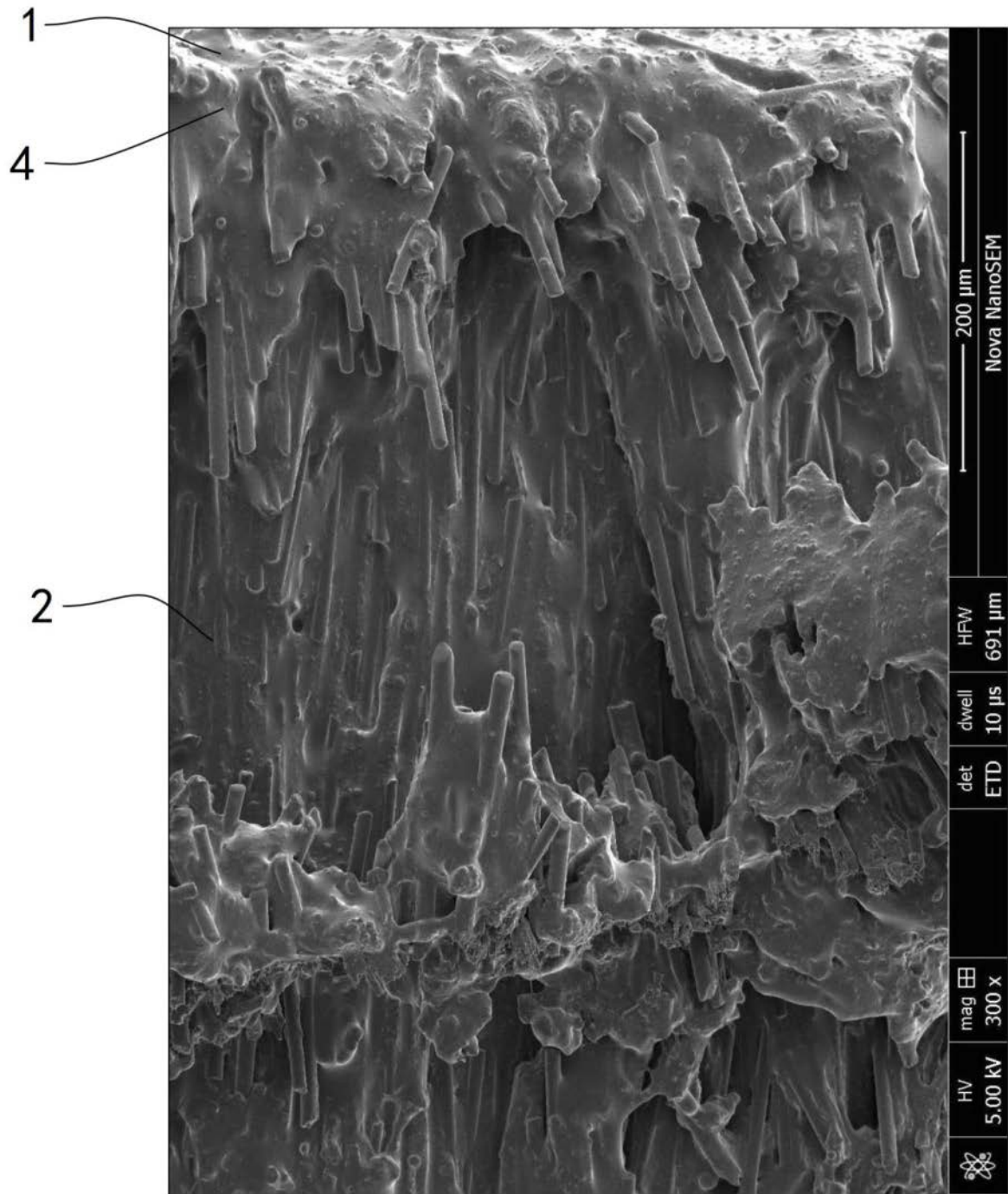


图 2