



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116568745 A

(43) 申请公布日 2023.08.08

(21) 申请号 202180080134.7

(22) 申请日 2021.11.26

(30) 优先权数据

20210594.6 2020.11.30 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.05.29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2021/083228 2021.11.26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/112524 EN 2022.06.02

(71) 申请人 巴斯夫欧洲公司

地址 德国莱茵河畔路德维希港

(72) 发明人 E·古贝尔斯 P·埃贝克

I·亨尼格

(74) 专利代理机构 北京北翔知识产权代理有限公司 11285

专利代理师 侯婧 周志明

(51) Int.Cl.

G08K 7/06 (2006.01)

权利要求书2页 说明书14页

(54) 发明名称

电磁波吸收材料

(57) 摘要

本发明涉及一种电磁毫米波吸收材料,其优选具有大于 $1 \Omega \text{ cm}$ 的体积电阻率,含有长径比(长度:直径)为至少5的第一导电材料的实心颗粒,长径比(长度:直径)小于5的第二导电材料的颗粒和不导电聚合物,其中吸收材料优选能够吸收在60GHz至200GHz频率区域中的电磁波,并且其中所述电磁毫米波吸收材料包含基于所述吸收材料的总量计,30重量%至93重量%的不导电聚合物、6.5重量%至10重量%的第一导电材料、0.5重量%至0.9重量%的第二导电材料和0重量%至59.1重量%的一种或多种添加剂。本发明还涉及其用途和吸收的方法,以及包含所述吸收材料的传感器装置。

1. 一种电磁毫米波吸收材料,其优选具有大于 $1 \Omega \text{ cm}$ 的体积电阻率,含有长径比(长度:直径)为至少5的第一导电材料的实心颗粒、长径比(长度:直径)小于5的第二导电材料的颗粒和不导电聚合物,其中所述吸收材料优选能够吸收在60GHz至200GHz频率区域中的电磁波,其特征在于所述电磁毫米波吸收材料包含基于所述吸收材料的总量计,

30重量%至93重量%的所述不导电聚合物,

6.5重量%至10重量%的所述第一导电材料,

0.5重量%至0.9重量%的所述第二导电材料,以及

0重量%至59.1重量%的一种或多种添加剂。

2. 根据权利要求1所述的吸收材料,其中所述长径比(长度:直径)为至少5的第一导电材料的实心颗粒为具有针状或圆柱形状或削片状形状的实心纤维颗粒。

3. 根据权利要求1或2所述的吸收材料,其中所述长径比(长度:直径)小于5的第二导电材料的颗粒为具有球形或层片状形状的非纤维颗粒。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的吸收材料,其中所述不导电聚合物为热塑性塑料、热塑性弹性体、热固性塑料或类玻璃高分子,优选热塑性材料,更优选缩聚物,更甚优选聚酯,更甚优选聚(对苯二酸丁二醇酯)。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的吸收材料,其中所述第一和第二导电材料的颗粒在所述吸收材料中均匀分布。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的吸收材料,其中对所述吸收材料进行注射成型、热成型、压缩成型或3D打印。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的吸收材料,其中所述电磁毫米波吸收材料包含基于所述吸收材料总量计,

40重量%至92.49重量%的所述不导电聚合物,

7.0重量%至9.0重量%的所述第一导电材料,

0.51重量%至0.80重量%的所述第二导电材料,以及

0重量%至50.2重量%的一种或多种添加剂。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的吸收材料,其中所述电磁毫米波吸收材料包含基于所述吸收材料总量计,

50重量%至91.99重量%的所述不导电聚合物,

7.5重量%至8.5重量%的所述第一导电材料,

0.51重量%至0.70重量%的所述第二导电材料,以及

0重量%至40.8重量%的一种或多种添加剂。

9. 根据权利要求1至8中任一项所述的吸收材料,其中所述第一和第二导电材料是碳或金属,优选所述第一导电材料是金属,所述第二导电材料是碳。

10. 根据权利要求9所述的吸收材料,其中所述金属是锌、镍、铜、锡、钴、锰、铁、镁、铅、铬、铋、银、金、铝、钛、钡、铂、钽或其合金,优选铁或铁合金。

11. 根据权利要求1至10中任一项所述的吸收材料,其中满足以下先决条件中的至少一个:

-所述第一导电材料为铁或钢,所述第二导电材料为碳;

-所述第二导电材料的颗粒为炭黑;

-铁或铁合金材料为不锈钢;

-所述第一导电材料的颗粒的长度为0.01至100mm,优选10 μ m至10mm,甚至更优选10 μ m至1000 μ m,甚至更优选50 μ m至750 μ m,甚至更优选100 μ m至500 μ m;

-所述第一导电材料的颗粒的直径为0.1 μ m至100 μ m,优选1 μ m至100 μ m,甚至更优选2 μ m至70 μ m,甚至更优选3 μ m至50 μ m,甚至更优选5 μ m到40 μ m。

12.根据权利要求1至11中任一项所述的吸收材料,其中所述一种或多种添加剂选自至少一种不导电填料,优选至少一种纤维状或颗粒状填料,更优选至少一种纤维状填料,尤其是玻璃纤维和/或其他添加剂,如抗氧化剂、润滑剂、成核剂、抗冲改性聚合物或其他加工助剂,优选至少润滑剂。

13.一种电子器件,包含以雷达吸收部件或雷达吸收外壳形式的雷达吸收器,雷达吸收器包含

-至少一种权利要求1至12中任一项的吸收材料,其中所述至少一种吸收材料包含在上述雷达吸收器中的所述电子器件中;

-至少一个透射区域,可透射在60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波;和

-传感器,其能够检测并任选地发射穿过透射区域的60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波。

14.根据权利要求1至12中任一项的吸收材料用于吸收60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波的用途。

15.一种吸收60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波的方法,所述方法包括用60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波辐照权利要求1至12中任一项所述的吸收材料的步骤。

电磁波吸收材料

[0001] 本发明涉及一种电磁毫米波吸收材料,其优选具有大于 $1\ \Omega\ \text{cm}$ 的体积电阻率,含有长径比(长度:直径)为至少5的第一导电材料的实心颗粒、长径比(长度:直径)小于5的第二导电材料的颗粒和不导电聚合物,其中吸收材料优选能够吸收在60GHz至200GHz频率区域中的电磁波,其中所述电磁毫米波吸收材料包含基于所述吸收材料的总量计的30重量%至93重量%的不导电聚合物、6.5重量%至10重量%的第一导电材料、0.5重量%至0.9重量%的第二导电材料和0重量%至59.1重量%的一种和多种添加剂。本发明还涉及其用途和吸收的方法,以及包含所述吸收材料的传感器装置。

[0002] 当前的工程塑料不能用于吸收60-90GHz频率范围内的电磁辐射的应用。当前的材料对于这一类型的辐射是透明的或者反射大量辐射。吸收材料的目的是通过吸收不需要的电磁辐射降低对传感器的电磁干扰。目前的解决方案可用作半成品,需要从中切割出合适尺寸的样品。这是一个不理想的工艺,因为它产生了非常多的废料,而且样品的几何形状局限于2维半成品。可注射成型的解决方案更为理想。

[0003] JP 2017/118073 A2记载了一种电磁波吸收材料,其能够吸收20GHz或更高的频率区域内的电磁波。电磁波吸收材料含有绝缘材料和导电材料,体积电阻率为 $10^{-2}\ \Omega\ \cdot\ \text{cm}$ 或更高且小于 $9 \times 10^5\ \Omega\ \cdot\ \text{cm}$ 。电磁波吸收材料作为含有碳纳米管的膜提供。然而,由于毒性原因,纳米管难以处理。此外,碳纳米管价格昂贵。WO 2012/153063 A1中也记载了碳纳米管。EP 3 397 039 A1中记载了电磁波吸收材料中的碳纤维纳米结构。

[0004] US 4 606 848 A中也记载了一种涂料形式的膜状组合物,其在较低GHz频率范围内不适合自动驱动,其中记载了一种用于吸收和散射入射的微波辐射的雷达衰减涂料组合物,其含有粘合剂组合物与多个均匀分散在其中的由导电纤维制成的偶极子片段。

[0005] WO 2010/109174 A1也记载了一种作为干燥涂层的膜状组合物,其由包含碳填料的电磁辐射吸收组合物得到,所述碳填料包含在不导电粘合剂中的长碳元素(elongate carbon element),其平均最长尺寸为20至1000微米,厚度为1至15微米,总碳填料含量为1至20体积%,以干燥体积计。

[0006] WO 2017/110096 A1也记载了一种电磁波吸收体,其具有多个电磁波吸收层,每一层包含碳纳米结构和绝缘材料。

[0007] F.Quin et al.,Journal of Applied Physics 111,061301(2012)提供了填充有含碳颗粒的聚合物复合材料中的微波吸收的概述。

[0008] US 2011/168440 A1记载了一种电磁波吸收剂,其含有导电纤维片,所述导电纤维片通过用导电聚合物涂覆纤维片基材得到,并具有在特定范围内的表面电阻率。导电纤维片通过以下方法形成:用含有掺杂剂的氧化剂水溶液浸渍纤维片基材如非织造织物,然后将得到的纤维片基材与导电聚合物的气态单体接触,使单体在其上氧化聚合。

[0009] JP 2004/296758 A1记载了一种板状毫米波吸收体,其具有层压于反射层上的吸收层。吸收层的厚度为1.0mm至5.0mm,并含有1至30重量份的炭黑,相对于100重量份的树脂或橡胶计。

[0010] JP 2004/119450 A1记载了无线电波吸收层,其由含有碳短纤维和不导电短纤维

以及树脂的复合材料制成,以及无线电波反射层,其设置在无线电波吸收层的后表面上,并在2至20GHz的频率范围内。

[0011] JP H11-87117 A记载了一种高频电磁波吸收体,其特征在于将厚度为3 μm 或更小的软磁性扁平粉末分散在绝缘基材中。

[0012] A.Dorigato et al.,Advanced Polymer Technology 2017,1-11记载了炭黑和碳纳米管对聚(对苯二甲酸丁二醇酯)纳米复合材料的电阻率的协同效应。

[0013] S.Motojima et al.,Letters to the Editor,Carbon 41(2003)2653-2689记载了碳微线圈/PMMA复合珠在W波段中的电磁波吸收性能。(另见S.Motojima et al.,Transactions of the Materials Research Society of Japan(2004),29(2),461-464)

[0014] 在W0 2010/109174 A1、CN 104 262 929 A、W0 2018/199008 A1、CN 107 622 980 A中以及Q.J.Krueger等人在Advances in Polymer Technology 22(2003),96-111中记载了其他吸收材料。

[0015] 国际专利申请W0 2020/244994 A1和W0 2020/241995 A1记载了纤维状和非纤维状导电颗粒的混合物,其可用于能够吸收60GHz或更高频率区域中的电磁波的吸收材料。

[0016] 然而,由于纤维状导电颗粒各向异性的形状,因此其使用会导致各向异性。在零件加工过程中,这些纤维状颗粒在流动方向产生排列。这种排列可以与电场平行或垂直。这种排列改变了纤维状导电颗粒的有效表面,从而改变了两个方向中的介电性质。这又导致颗粒的吸收效率不同,取决于相对于熔体流动方向的电场方向。随着熔体流动方向而变化的材料各向异性是人们所不期望的。

[0017] 因此,需要提供吸收材料,其表现出良好的吸收和反射性能,并可用作还具有良好的机械性能(例如抗拉强度)的结构元件,而且还使上述的各向异性效应最小化。

[0018] 因此,本发明的一个目的是提供这种材料和传感器。

[0019] 该目的通过一种电磁毫米波吸收材料实现,其优选具有大于1 $\Omega\text{ cm}$ 的体积电阻率,含有长径比(长度:直径)为至少5的第一导电材料的实心颗粒,长径比(长度:直径)小于5的第二导电材料的颗粒和不导电聚合物,其中吸收材料优选能够吸收在60GHz至200GHz频率区域中的电磁波,其特征不在于所述电磁毫米波吸收材料包含基于所述吸收材料的总量计,

[0020] 30重量%至93重量%的不导电聚合物,

[0021] 6.5重量%至10重量%的第一导电材料,

[0022] 0.5重量%至0.9重量%的第二导电材料,以及

[0023] 0重量%至59.1重量%的一种或多种添加剂。

[0024] 所述目的还通过一种电子器件实现,所述电子器件包含以雷达吸收部件或雷达吸收外壳形式的雷达吸收器,雷达吸收器包含

[0025] -至少一种本发明的吸收材料,其中所述至少一种吸收材料包含在在雷达吸收器中的电子器件中;

[0026] -至少一个透射区域,可透射在60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波;和

[0027] -传感器,其能够检测并任选地发射穿过透射区域的60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波。

[0028] 所述目的还通过本发明的吸收材料用于吸收60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波的用途而实现。

[0029] 所述目的还通过一种吸收60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波的方法而实现,该方法包括使用60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波辐照本发明的吸收材料的步骤。

[0030] 出乎意料地,这个问题的解决方案是将导电填料加入优选为可注射成型的基体中,其中纤维状添加剂和某些颗粒物组合。这使得吸收增加,而如果添加相同量的一种类型的纤维,这是不可能的。所述方案在60GHz至200GHz频率区域中通过在各种聚合物基体中的不同添加剂产生低透射而没有高反射,并且具有高吸收。介电参数表现出强的频率相关性,因此不容易扩展至其他频率范围。根据频率范围,发生不同的介电迟豫机理。有利地,不导电填料可用于改善拉伸强度,并且出人意料地,甚至在纤维状或颗粒状形式下,也不影响吸收和反射性能。此外,发现在第一导电颗粒和第二导电颗粒以及不导电聚合物的量在窄范围内,与PCT/EP2020/0646697中已知的组合物相比,可以降低各向异性效应。

[0031] 本发明的吸收材料优选能够吸收60GHz至200GHz频率区域中的电磁波,更优选在70GHz至150GHz的范围内,更甚优选在71GHz至90GHz的范围内,更甚优选在76GHz至81GHz的范围内。因此,本发明的吸收材料代表电磁毫米波吸收体。

[0032] 本发明的吸收材料包含不导电聚合物、第一导电材料和第二导电材料以及可任选地的一种或多种添加剂。因此,所述吸收材料可以包含额外的组分,包括不导电聚合物、第一导电材料和第二导电材料以及可任选地一种或多种添加剂在内的所有组分的重量%的总和为100重量%。

[0033] 然而,所述吸收材料可以由不导电聚合物、第一导电材料和第二导电材料组成。在这种情况下,这三种组分的重量%将总计为100重量%。吸收材料也可以由不导电聚合物、第一导电材料和第二导电材料以及一种或多种添加剂组成,这是优选的。在这种情况下,不导电聚合物、第一导电材料和第二导电材料以及一种或多种添加剂的重量%将总计为100重量%。

[0034] 本发明的吸收材料含有第一导电材料的实心颗粒。术语“实心”意指颗粒不具有任何管状通道,例如碳纳米管。为了避免任何疑义,术语“实心”不应解释为排除多孔材料。术语固体尤其定义为排除碳纳米管。

[0035] 第一导电材料的实心颗粒的长径比(长度:直径)为至少5。在直线形式的颗粒的情况下,长度与纵向距离有关。然而,颗粒也可以表现为弯曲或螺旋形式。对于这种几何形状,使用轮廓长度。优选地,实心颗粒的长径比(长度:直径)为至少7,更优选为至少10。优选至少第一导电材料为具有针状或圆柱形状或削片(turned chip)状形状的实心纤维颗粒。实心颗粒应具有规则或不规则的形状。长径比小于5的具有针状或圆柱形状或削片状形状的实心纤维颗粒可存在于吸收材料中。

[0036] 本发明的吸收材料还含有第二导电材料的颗粒。第一导电材料和第二导电材料可为相同或不同的材料。然而,第二导电材料的颗粒和第一导电材料的颗粒表现出不同的形状,因此可区分。

[0037] 第二导电材料的颗粒的长径比(长度:直径)小于5,优选小于3。优选地,颗粒是具有球形或层片状形状的非纤维状颗粒。

[0038] 本发明的吸收材料还含有不导电聚合物。该聚合物可以是均聚物、共聚物或两种或更多种的混合物,如3、4或5种均聚物和/或共聚物。优选地,不导电聚合物为热塑性塑料、

热塑性弹性体、热固性塑料或类玻璃高分子(vitriimer),优选为热塑性材料,更优选为缩聚物,更优选为聚酯,且最优选为聚(对苯二甲酸丁二醇酯)。

[0039] 不导电聚合物的实例为环氧树脂、聚苯硫醚、聚甲醛、脂族聚酮、聚芳醚酮、聚醚醚酮、聚酰胺、聚碳酸酯、聚酰亚胺、氰酸酯、对苯二甲酸酯(如聚(对苯二甲酸丁二醇酯)或聚(对苯二甲酸乙二醇酯)或聚(对苯二甲酸丙二醇酯))、聚(萘二甲酸乙二醇酯)、双马来酰亚胺-三嗪树脂、乙烯基酯树脂、聚酯、聚苯胺、酚醛树脂、聚吡咯、聚甲基丙烯酸甲酯、磷改性的环氧树脂、聚乙烯二氧噻吩、聚四氟乙烯、三聚氰胺树脂、有机硅树脂、聚醚酰亚胺、聚苯醚、聚烯烃如聚丙烯或聚乙烯或其共聚物、聚砜、聚醚砜、聚芳酰胺、聚氯乙烯、聚苯乙烯、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯、丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯、苯乙烯-丙烯腈或上述聚合物中的两种或更多种的混合物。

[0040] 优选地,第一导电材料和第二导电材料的颗粒在吸收材料中均匀分布。这可以通过仅将组分混合在一起而实现,其中聚合物为熔融形式或含有或不含有溶剂,即为均匀分散体或为干燥形式。

[0041] 可将吸收材料成型以提供结构元件,如传感器装置的元件。因此,在一个优选的实施方案中,将本发明的吸收材料进行注射成型、热成型、压缩成型或3D打印,优选注射成型。成型的方法在本领域中是公知的,而且本领域的从业者可以容易地采用方法参数,以得到成型元件形式的本发明的吸收材料。

[0042] 优选地,电磁毫米波吸收材料包含基于吸收材料总量计,

[0043] 40重量%至92.49重量%的不导电聚合物,

[0044] 7.0重量%至9.0重量%的第一导电材料,

[0045] 0.51重量%至0.80重量%的第二导电材料,以及

[0046] 0重量%至50.2重量%的一种或多种添加剂。

[0047] 更优选地,电磁毫米波吸收材料包含基于吸收材料总量计,

[0048] 50重量%至91.99重量%的不导电聚合物,

[0049] 7.5重量%至8.5重量%的第一导电材料,

[0050] 0.51重量%至0.70重量%的第二导电材料,以及

[0051] 0重量%至40.8重量%的一种或多种添加剂。

[0052] 更甚优选地,电磁毫米波吸收材料包含基于吸收材料总量计,

[0053] 60重量%至91.99重量%的不导电聚合物,

[0054] 7.5重量%至8.5重量%的第一导电材料,

[0055] 0.51重量%至0.70重量%的第二导电材料,以及

[0056] 0重量%至30.8重量%的一种或多种添加剂。

[0057] 更甚优选地,电磁毫米波吸收材料包含基于吸收材料总量计,

[0058] 70重量%至91.95重量%的不导电聚合物,

[0059] 7.5重量%至8.5重量%的第一导电材料,

[0060] 0.55重量%至0.65重量%的第二导电材料,以及

[0061] 0重量%至20.85重量%的一种或多种添加剂。

[0062] 更甚优选地,电磁毫米波吸收材料包含基于吸收材料总量计,

[0063] 90.4重量%至91.4重量%的不导电聚合物,

[0064] 8.0重量%的第一导电材料，

[0065] 0.6重量%的第二导电材料，以及

[0066] 0重量%至1重量%的一种或多种添加剂。

[0067] 优选地，第一导电材料和第二导电材料是碳或金属。因此，在本发明的第一方面，第一导电材料和第二导电材料是碳。在本发明的第二方面，第一导电材料和第二导电材料是金属。在本发明的第三方面，第一导电材料是金属，第二导电材料是碳。在本发明的第四方面，第一导电材料是碳，第二导电材料是金属。最优选第三方面。

[0068] 优选地，金属是锌、镍、铜、锡、钴、锰、铁、镁、铅、铬、铋、银、金、铝、钛、钪、铂、钽或其合金，优选铁或合金，尤其是铁合金。甚至更优选地，铁或铁合金材料是不锈钢。

[0069] 在本发明的优选实施方案中，第一导电材料和第二导电材料不同，更优选地，第一导电材料是铁或钢，第二导电材料是碳。

[0070] 优选地，第二导电材料的颗粒是炭黑。

[0071] 优选地，第一导电材料的颗粒的长度为0.01至100mm，优选10 μ m至10mm，甚至更优选10 μ m至1000 μ m，甚至更优选50 μ m至750 μ m，甚至更优选100 μ m至500 μ m。

[0072] 优选地，第一导电材料的颗粒的直径为0.1 μ m至100 μ m，优选1 μ m至100 μ m，甚至更优选2 μ m至70 μ m，甚至更优选3 μ m至50 μ m，甚至更优选5 μ m至40 μ m。

[0073] 本发明的吸收材料可任选地包含一种或多种添加剂。优选地，所述一种或多种添加剂选自至少一种不导电填料，优选至少一种纤维状或颗粒状填料，更优选至少一种纤维状填料，尤其是玻璃纤维和/或其他添加剂，如抗氧化剂、润滑剂、成核剂、抗冲改性聚合物或其他加工助剂，优选至少润滑剂。在含有一种或多种添加剂的情况下，其量通常为至少0.01重量%。

[0074] 在本发明的另一个实施方案中，吸收材料可以含有至少一种不导电的填料，优选至少一种纤维状或颗粒状填料，更优选至少一种纤维状填料，尤其是玻璃纤维。

[0075] 在本发明的一个实施方案中，本发明的吸收材料还包含另一种填料组分，其具有一种或多种，如两种、三种或四种其他填料。填料不同于第一导电材料和第二导电材料以及不导电聚合物。在本发明的更具体的实施方案中，填料组分含有至少一种不导电的填料，优选纤维状或颗粒状填料。

[0076] 示例性填料为玻璃纤维、玻璃珠、无定形二氧化硅、石棉、硅酸钙、偏硅酸钙、碳酸镁、高岭土、白垩、石英粉、云母、硫酸钡和长石。优选地，填料组分包含玻璃纤维或由玻璃纤维组成。通常，另一种填料组分在本发明的吸收材料中的存在量可最高达59.1重量%，特别是最高达50.2重量%，通常是至少0.01重量%，优选至少0.1重量%，各自基于吸收材料的总量计。

[0077] 可提及的优选的纤维状不导电填料是芳族聚酰胺纤维和玄武岩纤维、木纤维、石英纤维、氧化铝纤维，并且特别优选E玻璃形式的玻璃纤维。这些可以粗纱或以市售形式的短切玻璃使用。

[0078] 纤维状填料可已用硅烷和其他化合物进行表面预处理，特别是为了改善与热塑性塑料的相容性。

[0079] 合适的硅烷化合物具有式 $(X-(CH_2)_n)_k-Si-(O-C_2H_5)_{4-k}$ ，其中：

[0080] X是-NH₂、-OH或环氧乙烷基，

[0081] n是2至10的整数,优选3或4,

[0082] m是1至5的整数,优选1或2,并且

[0083] k是1到3的整数,优选1。

[0084] 优选的硅烷化合物是氨基丙基三甲氧基硅烷、氨基丁基三甲氧基硅烷、氨基丙基三乙氧基硅烷和氨基丁基三乙氧基硅烷,以及相应的含有缩水甘油基作为取代基X的硅烷。

[0085] 通常用于表面涂覆的硅烷化合物的量为0.05至5重量%,优选0.1至1重量%,特别是0.2至0.8重量%,基于纤维状填料的总量计。

[0086] 针状矿物填料也是合适的。

[0087] 对于本发明的目的而言,针状矿物填料是具有极成熟针状特征 (strongly developed acicular character) 的矿物填料。实例为针状硅灰石。矿物优选具有8:1至35:1、优选8:1至11:1的长径比。如果需要,矿物填料可已用上述硅烷化合物进行预处理,但预处理不是必需的。

[0088] 可提及的其他填料是高岭土、煅烧高岭土、滑石和白垩。

[0089] 本发明的吸收材料可包含常用模塑加工助剂作为填料组分的其他填料,例如稳定剂、氧化抑制剂、抵抗因热引起的分解和因紫外光引起的分解的试剂、润滑剂和脱模剂、着色剂(例如染料和颜料)、成核剂、增塑剂等。

[0090] 可提及的氧化抑制剂和热稳定剂的实例是空间位阻酚和/或亚磷酸酯、氢醌、芳族仲胺如二苯基胺、这些组的各种取代成员,以及这些的混合物,其浓度最高达1.5重量%,基于本发明吸收材料的重量计。

[0091] 可提及且通常以最高达2重量%(基于吸收材料计)的量使用的示例性UV稳定剂是各种取代的间苯二酚、水杨酸酯、苯并三唑、受阻胺光稳定剂和二苯甲酮。

[0092] 可加入的着色剂是无机颜料,如二氧化钛、群青、氧化铁和炭黑,以及有机颜料,如酞菁、喹吖啶酮和花,以及染料,如苯胺黑和蒽醌。

[0093] 可使用的成核剂是弱酸的钠盐,优选滑石。

[0094] 润滑剂和脱模剂为领域内所公知,其用量可最高达1.5重量%。优选长链脂肪酸(例如硬脂酸或山嵛酸)、其盐(例如硬脂酸钙或硬脂酸锌)、其与脂肪酸醇或多官能醇(例如甘油、季戊四醇、三羟甲基丙烷)的酯、来自双官能胺(例如乙二胺)的酰胺或褐煤蜡(链长为28至32个碳原子的直链饱和羧酸的混合物),或褐煤酸钙或褐煤酸钠,或氧化的低分子量聚乙烯蜡。

[0095] 优选地,润滑剂存在于电磁毫米波吸收材料中,优选以0.01重量%至1重量%的量存在,优选地,以0.1重量%至1重量%存在,更优选以0.3重量%至0.8重量%存在。基于吸收材料的总量计。

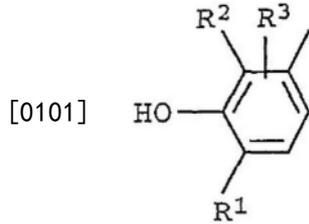
[0096] 可使用的水解稳定剂是碳二亚胺,如双(2,6-二异丙基苯基)碳二亚胺、聚碳二亚胺(如**Lubio®**Hydrostab 2),或环氧化物,如己二酸双(3,4-环氧环己基甲基)酯、异氰脲酸三缩水甘油酯、三羟甲基丙烷三缩水甘油醚、环氧植物油或双酚A和环氧氯丙烷的预聚物(当聚酯是不导电聚合物时尤其需要)。

[0097] 可提及的增塑剂的实例是邻苯二甲酸二辛酯、邻苯二甲酸二苈酯、邻苯二甲酸丁苈酯、烃油和N-(正丁基)苯磺酰胺。

[0098] 在US 2003/195296 A1中记载了可包含在本发明的吸收材料中的合适添加剂。

[0099] 添加剂可以是空间位阻酚。合适的空间位阻酚原则上是任何具有酚结构并在酚环上具有至少一个大基团的化合物。

[0100] 优选使用的化合物的实例是下式的化合物

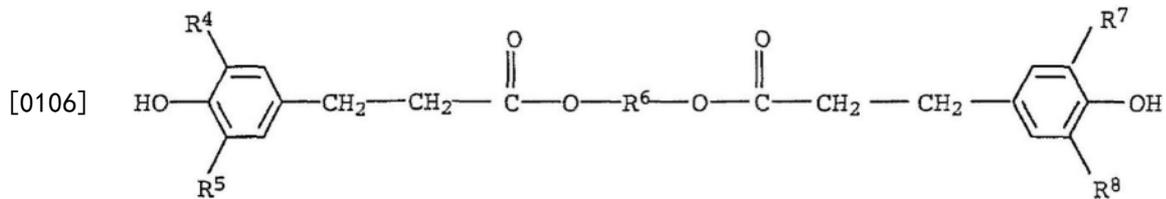


[0102] 其中:R¹和R²是烷基、取代的烷基或取代的三唑基团,其中R¹和R²可相同或不同,R³是烷基、取代的烷基、烷氧基或取代的氨基。

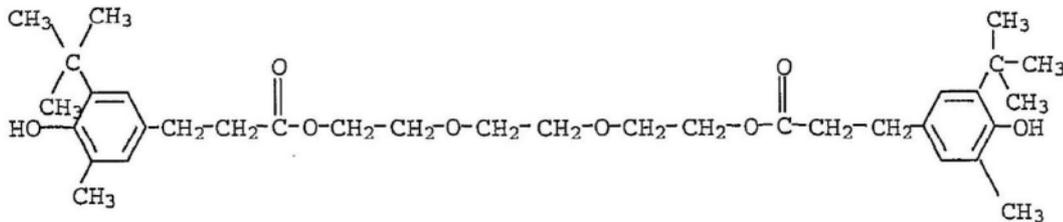
[0103] 所提及类型的抗氧化剂记载在例如DE-A 27 02 661(美国专利第4,360,617号)中。

[0104] 另一组优选的空间位阻酚来自取代的苯羧酸,特别是取代的苯丙酸。

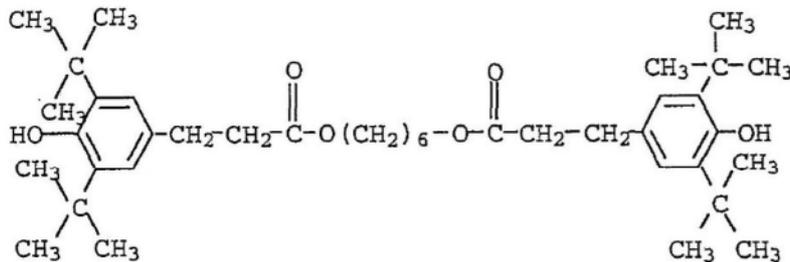
[0105] 特别优选的这类化合物具有下式



[0107] 其中R⁴、R⁵、R⁷和R⁸彼此独立地是C₁-C₈-烷基,其又可具有取代基(这些中的至少一个是大基团)并且R⁶是二价脂族基团,其具有1至10个碳原子,也可在其主链上具有C-O键。优选的化合物是



[0108] 和



[0109] 应提及的空间位阻酚的实例为:2,2'-亚甲基双(4-甲基-6-叔丁基苯酚)、1,6-己二醇双[3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酸酯]、季戊四醇四[3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酸酯]、3,5-二叔丁基-4-羟基苯基膦酸二硬脂酯、2,6,7-三氧杂-1-磷杂双环[2.2.2]辛-4-基甲基3,5-二叔丁基-4-羟基氢化肉桂酸酯、3,5-二叔丁基-4-羟基苯基-3,5-二硬脂

基硫代三唑基胺(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl-3,5-distearylthiotriazolamine)、2-(2'-羟基-3'-羟基-3',5'-二叔丁基苯基)-5-氯苯并三唑、2,6-二叔丁基-4-羟甲基苯酚、1,3,5-三甲基-2,4,6-三(3,5-二叔丁基-4-羟基苄基)苯、4,4'-亚甲基双(2,6-二叔丁基苯酚)、3,5-二叔丁基-4-羟基苄基二甲胺和N,N'-六亚甲基双-3,5-二叔丁基-4-羟基氢化肉桂酰胺。

[0110] 已证明尤其有效并因此优选使用的化合物为2,2'-亚甲基双(4-甲基-6-叔丁基苯基)、1,6-己二醇双(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酸酯、季戊四醇四[3-(3,5-二叔丁基-4-羟基苯基)丙酸酯]。

[0111] 可以单独使用或作为混合物使用的作为添加剂的抗氧化剂(如果存在)的存在量通常最高达2重量%,优选0.005至2重量%,特别是0.1至1重量%,基于吸收材料的总重量计。

[0112] 已证明特别有利的空间位阻酚——特别是当在漫射光下长期储存时评估颜色稳定性时,在某些情况下在酚羟基的邻位上具有不超过一个空间位阻基团。

[0113] 可用作添加剂的聚酰胺本身是已知的。可使用部分结晶或无定形树脂,例如在Encyclopedia Of Polymer Science and Engineering, Vol.11, John Wiley&Sons, Inc., 1988, pp.315489中所记载的。在本文中,聚酰胺的熔点优选低于225°C,特别优选低于215°C。

[0114] 这些的实例是聚六亚甲基壬二酰胺、聚六亚甲基癸二酰胺、聚六亚甲基十二烷二酰胺、聚-11-氨基十一碳酰胺和双(对氨基环己基)甲基十二烷二酰胺,以及通过内酰胺开环获得的产物,例如聚月桂内酰胺。其他合适的聚酰胺基于作为酸组分的对苯二甲酸或间苯二甲酸和作为二胺组分的三甲基六亚甲基二胺或双(对氨基环己基)丙烷,以及通过共聚两种或多种上述聚合物或其组分制备的聚酰胺基础树脂。

[0115] 可提及的特别合适的聚酰胺是基于己内酰胺、六亚甲基二胺、p,p'-二氨基二环己基甲烷和己二酸的共聚酰胺。其中一个实例是BASF SE销售的名称为**Ultramid®1C**的产品。

[0116] 其他合适的聚酰胺由Du Pont以名称**Elvamide®**销售。

[0117] 这些聚酰胺的制备也记载在上述文本中。末端氨基与末端酸基的比值可以通过改变起始化合物的摩尔比来控制。

[0118] 聚酰胺在本发明模塑组合物中的比例最高达为2重量%,优选0.005至1.99重量%,优选0.01至0.08重量%。

[0119] 所用聚酰胺的分散性在某些情况下可以通过同时使用由2,2-二(4-羟基苯基)丙烷(双酚A)和表氯醇制成的缩聚产物来改善。

[0120] 由表氯醇和双酚A制成的这类缩合产物可商购获得。它们的制备方法也是本领域技术人员已知的。缩聚物的分子量可以在宽的范围内变化。原则上,任何市售等级都是合适的。

[0121] 可以作为添加剂存在的其他稳定剂是一种或多种碱土金属硅酸盐和/或碱土金属甘油磷酸盐,其量最高达2.0重量%,优选0.005至0.5重量%,特别是0.01至0.3重量%,基于吸收材料的总重量计。已证明对形成硅酸盐和甘油磷酸盐优选的碱土金属是钙,特别是镁。有用的化合物是甘油磷酸钙,优选甘油磷酸镁和/或硅酸钙,优选硅酸镁。在本文中,特

别优选的碱土硅酸盐是由式 $\text{Me} \cdot x\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 描述的那些,其中:Me是碱土金属,优选钙或特别是镁,x是1.4至10、优选1.4至6的数字,n大于或等于0,优选0至8。

[0122] 所述化合物有利地以精细研磨的形式使用。特别合适的产品的平均粒度小于 $100\mu\text{m}$,优选小于 $50\mu\text{m}$ 。

[0123] 优选使用硅酸钙和硅酸镁和/或甘油磷酸钙和甘油磷酸镁。这些化合物的实例可以通过以下特征值更精确地定义:

[0124] 硅酸钙和硅酸镁分别为:CaO和MgO的含量分别为:4重量%至32重量%,优选8重量%至30重量%,特别是12重量%至25重量%,SiO₂与CaO和SiO₂与MgO的比值分别为(mol/mol):1.4至10,优选1.4至6,特别是1.5至4,堆积密度:10至80g/100ml,优选10至40g/100ml,平均粒度:小于 $100\mu\text{m}$,优选小于 $50\mu\text{m}$ 。

[0125] 甘油磷酸钙和甘油磷酸镁,分别为:CaO和MgO的含量,分别为:高于70重量%,优选高于80重量%,灰化残渣:45至65重量%,熔点:高于 300°C ,平均粒度:小于 $100\mu\text{m}$,优选小于 $50\mu\text{m}$ 。

[0126] 作为可存在于本发明的吸收材料中的添加剂的优选润滑剂为量最高达5重量%、优选0.09至2重量%、特别是0.1至0.7重量%的至少一种具有10至40个碳原子、优选16至22个碳原子的饱和或不饱和脂族羧酸与多元醇或与具有2至40个碳原子、优选2至6个碳原子的饱和脂族醇或胺或与衍生自醇和环氧乙烷的醚的酯或酰胺。

[0127] 羧酸可以是一元或二元的。可提及的实例是壬酸、棕榈酸、月桂酸、十七烷酸、十二烷二酸、山嵛酸,以及特别优选硬脂酸、癸酸以及褐煤酸(具有30至40个碳原子的脂肪酸的混合物)。

[0128] 脂族醇可以是一至四元醇。醇的实例是正丁醇、正辛醇、硬脂醇、乙二醇、丙二醇、新戊二醇和季戊四醇,优选甘油和季戊四醇。

[0129] 脂族胺可以是一元至三元的。其实例是硬脂胺、乙二胺、丙二胺、六亚甲基二胺和二(6-氨基己基)胺,特别优选乙二胺和六亚甲基二胺。相应地,优选的酯和酰胺是二硬脂酸甘油酯、三硬脂酸甘油酯、二硬脂酸乙二胺(ethylenediammonium distearate)、单棕榈酸甘油酯、三月桂酸甘油酯、单山嵛酸甘油酯和季戊四醇四硬脂酸酯。

[0130] 也可以以任何所需的混合比使用不同酯或酰胺或酯与酰胺的混合物。

[0131] 其他合适的化合物是聚醚多元醇和聚酯多元醇,其已用一元或多元羧酸、优选脂肪酸进行酯化,或已进行醚化。合适的产品可商购获得,例如购自Henkel KGaA的**Loxiol®** EP 728。

[0132] 优选的醚——衍生自醇和环氧乙烷——具有下式

[0133] $\text{RO}(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_n\text{H}$,其中R是具有6至40个碳原子的烷基,n是大于或等于1的整数。

[0134] R特别优选为饱和C16至C18脂肪醇,n为约50,可从BASF以**Lutensol®**AT 50商购获得。

[0135] 本发明的吸收材料可包含0至5重量%、优选0.001至5重量%、特别优选0.01至3重量%、特别是0.05至1重量%的三聚氰胺-甲醛缩合物。其优选是细碎形式的交联的、水不溶性沉淀缩合物。甲醛与三聚氰胺的摩尔比优选为1.2:1至10:1,尤其是1.2:1至2:1。这种类型的缩合物的结构及其制备方法见DE-A 25 40 207。

[0136] 本发明的吸收材料可包含0.0001至1重量%、优选0.001至0.8重量%、尤其是0.01

至0.3重量%的成核剂作为添加剂。

[0137] 可能的成核剂是任何已知的化合物,例如氰尿酸三聚氰胺,硼化合物,例如氮化硼,二氧化硅,颜料,例如酞菁蓝(铜酞菁颜料;BASF SE的注册商标)或支链聚甲醛,这些少量具有成核作用。

[0138] 滑石尤其用作成核剂,并且是式 $Mg_3[(OH)_2/Si_4O_{10}]$ 或 $MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$ 的水合硅酸镁。其称为三层层状硅酸盐,具有三斜晶系、单斜晶系或正交晶系晶体结构和薄片外观。可存在的其他微量元素为Mn、Ti、Cr、Ni、Na和K,一些羟基可已被氟化物代替。

[0139] 特别优选使用100%的粒度 $<20\mu m$ 的滑石。粒度分布通常通过沉降分析确定,优选:

[0140] $<20\mu m$ 100重量%

[0141] $<10\mu m$ 99重量%

[0142] $<5\mu m$ 85重量%

[0143] $<3\mu m$ 60重量%

[0144] $<2\mu m$ 43重量%

[0145] 这种类型的产品可作为Micro-Talc I.T.extra (Norwegian Talc Minerals)商购获得。

[0146] 可提及的填料的实例是钛酸钾晶须、碳纤维,以及优选玻璃纤维。玻璃纤维可以例如以玻璃织物、垫、非纺织物和/或玻璃丝粗纱或短切玻璃丝的形式使用,其由低碱E玻璃制成,直径为5至 $200\mu m$,优选8至 $50\mu m$ 。在它们被掺入后,纤维状填料的平均长度优选为0.05至 $1\mu m$,特别是0.1至 $0.5\mu m$ 。

[0147] 其他合适填料的实例是碳酸钙和玻璃珠,优选研磨形式,或为这些填料的混合物。

[0148] 可提及的其他添加剂是抗冲改性聚合物(以下也称为弹性体聚合物或弹性体)。

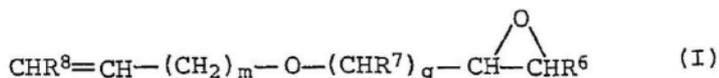
[0149] 优选类型的这种弹性体是称为乙烯-丙烯(EPM)和乙烯-丙烯-二烯(EPDM)橡胶的那些。

[0150] EPM橡胶通常几乎没有残留的双键,而EPDM橡胶每100个碳原子可具有1至20个双键。

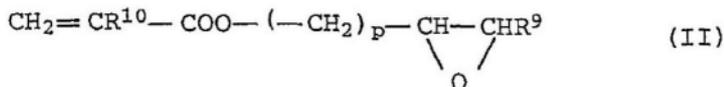
[0151] 可提及的用于EPDM橡胶的二烯单体的实例是共轭二烯,例如异戊二烯和丁二烯;具有5至25个碳原子的非共轭二烯,例如1,4-戊二烯、1,4-己二烯、1,5-己二烯、2,5-二甲基-1,5-己二烯和1,4-辛二烯;环状二烯,例如环戊二烯、环己二烯、环辛二烯和二环戊二烯;以及烯基降冰片烯,例如5-亚乙基-2-降冰片烯、5-亚丁基-2-降冰片烯、2-甲基烯丙基-5-降冰片烯和2-异丙烯基-5-降冰片烯;和三环二烯,例如3-甲基-三环[5.2.1.0.2.6]-3,8-癸二烯,或其混合物。优选1,5-己二烯-5-亚乙基降冰片烯和二环戊二烯。EPDM橡胶的二烯含量优选为0.5至50重量%,特别是1至8重量%,基于橡胶的总重量计。

[0152] EPDM橡胶可优选还用其他单体接枝,例如用(甲基)丙烯酸缩水甘油酯、(甲基)丙烯酸酯或(甲基)丙烯酰胺接枝。

[0153] 乙烯与(甲基)丙烯酸酯的共聚物是另一组优选的橡胶。橡胶还可以包含具有环氧基团的单体。这些含有环氧基团的单体优选通过向单体混合物中加入具有环氧基团和式I或式II的单体而掺入橡胶中



[0154]



[0155] 其中R⁶至R¹⁰是氢或具有1至6个碳原子的烷基，m是0至20的整数，g是0至10的整数，p是0至5的整数。

[0156] R⁶至R⁸优选是氢，其中m是0或1，g是1。相应的化合物是烯丙基缩水甘油醚和乙烯基缩水甘油醚。

[0157] 优选的式II化合物是具有环氧基团的丙烯酸酯和/或甲基丙烯酸酯，例如丙烯酸缩水甘油酯和甲基丙烯酸缩水甘油酯。

[0158] 共聚物有利地由50至98重量%的乙烯、0至20重量%的具有环氧基团的单体构成，其余为(甲基)丙烯酸酯。

[0159] 特别优选由50至98重量%、特别是55至95重量%的乙烯，特别是0.3至20重量%的丙烯酸缩水甘油酯，和/或0至40重量%、特别是0.1至20重量%的甲基丙烯酸缩水甘油酯，和1至50重量%、特别是10至40重量%的丙烯酸正丁酯和/或丙烯酸2-乙基己酯制成的共聚物。

[0160] 其他优选的(甲基)丙烯酸酯是甲酯、乙酯、丙酯、异丁酯和叔丁酯。

[0161] 除此之外，可使用的共聚单体是乙烯基酯和乙烯基醚。

[0162] 上述乙烯共聚物可以通过本身已知的方法制备，优选通过在高压和高温下无规共聚制备。适当的方法是众所周知的。

[0163] 优选的弹性体还包括乳液聚合物，其制备例如由Blackley记载在专著“Emulsion Polymerization”中。可使用的乳化剂和催化剂本身是已知的。

[0164] 原则上，可以使用均匀结构化的弹性体或具有壳结构的弹性体。壳型结构尤其由单个单体的添加顺序决定。聚合物的形态也受到这种添加顺序的影响。

[0165] 仅作为实例在本文可提及的用于制备弹性体橡胶部分的单体是丙烯酸酯，例如丙烯酸正丁酯和丙烯酸2-乙基己酯，以及相应的甲基丙烯酸酯，丁二烯和异戊二烯，以及它们的混合物。这些单体可以与其他单体如苯乙烯、丙烯腈、乙烯基醚以及与其他丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯如甲基丙烯酸甲酯、丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯或丙烯酸丙酯共聚。

[0166] 弹性体的软相或橡胶相(玻璃化转变温度低于0℃)可以是核、外壳或中间壳(在结构具有多于两个壳的弹性体的情况下)。当弹性体具有多于一个壳时，也可以有多于一个的壳由橡胶相构成。

[0167] 如果除了橡胶相之外，在弹性体的结构中还涉及一种或多种硬组分(玻璃化转变温度高于20℃)，这些组分通常通过聚合作为主要单体的苯乙烯、丙烯腈、甲基丙烯腈、α-甲基苯乙烯、对甲基苯乙烯，或丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯如丙烯酸甲酯、丙烯酸乙酯或甲基丙烯酸乙酯来制备。除此之外，还可以使用相对较小比例的其他共聚单体。

[0168] 已证明，在某些情况下，使用表面具有反应性基团的乳液聚合物是有利的。这种类型的基团的实例是环氧基、氨基和酰胺基，以及可通过同时使用下式的单体而引入的官能团

[0184] 作为添加剂记载的弹性体也可以通过其他常规方法制备,例如通过悬浮聚合制备。

[0185] 可提及的其他合适的弹性体是热塑性聚氨酯,例如在EP-A 115846、EP-A 115847和EP-A 117664中所记载的。

[0186] 当然,也可以使用上述橡胶类型的混合物。

[0187] 本发明的吸收材料还可以包含其他常规添加剂和加工助剂。仅作为示例,本文可以提及用于清除甲醛的添加剂(甲醛清除剂)、增塑剂、偶联剂和颜料。这种类型的添加剂的比例通常在0.001至5重量%的范围内。

[0188] 本发明的吸收材料显示出良好的(高的)吸收和良好的(低的)反射。因此,优选地,吸收材料表现出至少70%的吸收和小于30%的反射。此外,本发明的吸收材料的熔体体积速率可为 $120\text{cm}^3/10\text{min}$ 至 $5\text{cm}^3/10\text{min}$,在 $250^\circ\text{C}/\text{min}$ 下以2.16kg的重量测得。

[0189] 本发明的吸波体可用于吸收上述频率区域或范围内的电磁波。

[0190] 因此,本发明的另一方面是一种电子器件,其包含雷达吸收部件或雷达吸收外壳形式的雷达吸收器,该雷达吸收器包括

[0191] -至少一种本发明的吸收材料,其中所述至少一种吸收材料包含在在雷达吸收器中的电子器件中;

[0192] -至少一个透射区域,可透射在60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波;和

[0193] -传感器,其能够检测并任选地发射穿过透射区域的60GHz至200GHz频率区域中的电磁毫米波。

[0194] 本发明的吸收材料和电子器件特别适用于自动驱动,因此形成车辆(如汽车、公共汽车或重型货车),或电信、5G、电波暗室的一部分。

[0195] 以下实施例更详细地解释了本发明,而非将本发明限制于此。

实施例

[0196] 材料

[0197] 聚(对苯二甲酸丁二醇酯)(PBT, **Ultradur®B4500 NAT**)从BASF SE获得。Black pearls 880(长径比 <5)从Cabot公司获得。包括长径比 >5 的颗粒的具有宽长度分布的不锈钢纤维(不锈钢1.4113)从Deutsche Metallfaserwerk获得。

[0198] 与电磁波相互作用的测量

[0199] 用于表征60-90GHz范围内的吸收体的实验装置如下。

[0200] 矢量网络分析仪Keysight N5222 A(10MHz-26.5GHz),两个Keysight T/R mm头模块N5256AW12,60-90GHz,和作为样品夹的swissto12波纹波导WR12+,55-90GHz。波纹波导(cw)的校准通过进行通(thru)和短(short)测量而完成。对于通测量,cw的法兰是连接的,对于短测量,在法兰之间插入一个金属板。cw的场分布描述于:IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques 58,11(2010),2772.。

[0201] 校准后,将样品(最小直径2cm)插入cw的法兰之间,并在60-90GHz(振幅和相位)范围内测量S11(反射)和S21(透射)参数。由测量的S11和S22参数,样品的吸收A如下计算: $A(\%) = 100 - S11(\%) - S21(\%)$ 。

[0202] 由测量的参数,使用swissto12材料测量软件在每个频率点计算样品材料的介电

参数 ϵ' (介电常数) 和 ϵ'' (介电损耗因子)。

[0203] 为测定在 0° 和 90° 时的吸收值,在该装置中对样品进行两次测量。一次是将样品的注射成型的流向(即纤维状导电颗粒的取向)平行于电场(0°)放置,一次是将样品旋转 90° ,以产生流动方向垂直于电场(90°)的纤维状导电颗粒取向。 Δ 吸收值是两个取向上的吸收值之间的差值。

[0204] 对比实施例C1至C5和发明实施例E1的制备

[0205] 制备发明实施例和对比实施例的一般步骤

[0206] 聚(对苯二酸丁二醇酯) (PBT, **Ultradur®**B4500 NAT)从BASF SE获得,并干燥至含水量低于0.04重量%。将PBT、润滑剂和炭黑批料进料至机筒温度为 270°C 、产量为15kg/h的挤出机(ZE25)中。将钢纤维直接加入到挤出机的第4区中的熔体中,以防止纤维过度剪切。将材料造粒并干燥至含水量低于0.04重量%。用于电磁分析的样品($60 \times 60 \times 1\text{mm}$)使用 260°C 的熔体温度和 60°C 的模具温度注射成型。用这种方法制备所有实施例。

[0207] 表1中示出了发明实施例(E1)和对比实施例(C1-C5)的组合物。

[0208] 表1.发明实施例(E1)和对比实施例(C1-C5)的组合物。

[0209]

		E1	C1	C2	C3	C4	C5
PBT 树脂 (B4500 nat)	%	88.5 (90.9)*)	86.5 (90.5)*)	85.5 (91.1)*)	90.5 (92.1)*)	89.5 (92.7)*)	92.5 (93.3)*)
炭黑批料 (20%炭黑 Black - Pearls 880——在 PBT 中)	%	3 (0.6)**)	5 (1.0)**)	7 (1.4)**)	2 (0.4)**)	4 (0.8)**)	1 (0.2)**)
润滑剂 (季戊四醇的 C16-C18 脂肪酯)	%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
不锈钢纤维	%	8	8	7	7	6	6
吸收值 0°	dB	-10.1	-9.1	-7.4	-7.5	-6.7	-6.6
吸收值 90°	dB	-10.4	-12.8	-11.5	-10.2	-10.0	-10.3
Δ 吸收值	dB	0.3	3.7	4.1	2.7	3.3	3.7

[0210] *) 总PBT含量,包括炭黑批料的PBT

[0211] **) 来自炭黑批料的炭黑Black-Pearls 880含量

[0212] 从这些结果可以清楚地看出,尽管本发明的样品E1含有大量的纤维状导电颗粒,但其具有良好的吸收性和预料不到的低各向异性。