



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 122743166 A

(43) 申请公布日 2026. 09. 11

(21) 申请号 202580011969.5

(22) 申请日 2025.01.24

(30) 优先权数据

102024000001893 2024.01.31 IT

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2026.07.28

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2025/012912 2025.01.24

(87) PCT国际申请的公布数据

W02025/165663 EN 2025.08.07

(71) 申请人 陶氏环球技术有限责任公司

地址 美国密歇根州

申请人 罗门哈斯公司

(72) 发明人 A·U·谢特 C·S·莱特科

T·P·维拉姆斯塔德 F·拉泰拉

M·R·坎农 W·H·H·伍德沃德

A·布拉德利 粟生薰 J·全

P·库克森

(74) 专利代理机构 北京泛华伟业知识产权代理

有限公司 11280

专利代理师 徐舒

(51) Int.Cl.

C08G 18/18 (2006.01)

C08G 18/20 (2006.01)

C08G 18/32 (2006.01)

C08G 18/48 (2006.01)

C08G 18/76 (2006.01)

C08K 3/016 (2006.01)

C08K 3/26 (2006.01)

C08K 3/32 (2006.01)

C08K 5/521 (2006.01)

权利要求书2页 说明书14页

(54) 发明名称

泡沫配制物

(57) 摘要

本公开的实施方案涉及包含高羟基数聚醚多元醇、低羟基数聚醚多元醇、聚磷酸铵、碱土金属碳酸盐、发泡剂和异氰酸酯的泡沫配制物。

1. 一种硬质泡沫配制物,所述硬质泡沫配制物包含:

高羟基数聚醚多元醇,所述高羟基数聚醚多元醇具有350mg KOH/g至1,900mg KOH/g的平均羟基数以及1.5至8的平均羟基官能度;

低羟基数聚醚多元醇,所述低羟基数聚醚多元醇具有7mg KOH/g至70mg KOH/g的平均羟基数以及1.5至8的平均羟基官能度;

聚磷酸铵;

碱土金属盐;

发泡剂;和

异氰酸酯。

2. 根据权利要求1所述的硬质泡沫配制物,其中:

基于100重量百分比的所述泡沫配制物计,所述高羟基数聚醚多元醇占所述泡沫配制物的10重量百分比至30重量百分比;

基于100重量百分比的所述泡沫配制物计,所述低羟基数聚醚多元醇占所述泡沫配制物的10重量百分比至30重量百分比;

基于100重量百分比的所述泡沫配制物计,所述聚磷酸铵占所述泡沫配制物的0.5重量百分比至30重量百分比;

基于100重量百分比的所述泡沫配制物计,所述发泡剂占所述泡沫配制物的0.01重量百分比至10重量百分比;

基于100重量百分比的所述泡沫配制物计,所述碱土金属盐占所述泡沫配制物的0.5重量百分比至20重量百分比;并且

基于100重量百分比的所述泡沫配制物计,所述异氰酸酯占所述泡沫配制物的25重量百分比至75重量百分比。

3. 根据权利要求1至2中任一项所述的硬质泡沫配制物,所述硬质泡沫配制物还包含:

扩链剂;

催化剂;和

表面活性剂。

4. 根据权利要求3所述的硬质泡沫配制物,其中:

基于100重量百分比的所述泡沫配制物计,所述扩链剂占所述泡沫配制物的0.1重量百分比至5重量百分比;

基于100重量百分比的所述泡沫配制物计,所述催化剂占所述泡沫配制物的0.01重量百分比至5重量百分比;并且

基于100重量百分比的所述泡沫配制物计,所述表面活性剂占所述泡沫配制物的0.01重量百分比至5重量百分比。

5. 根据权利要求1至4中任一项所述的硬质泡沫配制物,其中所述碱土金属盐为碳酸钙、碳酸镁、碳酸钡或它们的组合。

6. 根据权利要求1至5中任一项所述的硬质泡沫配制物,其中所述发泡剂为水。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的硬质泡沫配制物,其中所述高羟基数聚醚多元醇为甘油烷氧基化聚醚多元醇,并且所述低羟基数聚醚多元醇为双官能聚醚多元醇。

8. 一种泡沫产品,所述泡沫产品通过固化根据权利要求1至7中任一项所述的硬质泡沫

配制物形成,其中所述泡沫产品具有根据ASTM D1622-08测定的 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ 至 $0.9\text{g}/\text{cm}^3$ 的密度。

9.根据权利要求8所述的泡沫产品,其中所述泡沫产品提供V-0、V-1或V-2的UL-94垂直燃烧等级。

10.一种多层组件,所述多层组件提供V-0、V-1或V-2的UL-94垂直燃烧等级,其中将根据权利要求8至9中任一项所述的泡沫产品的层施加在电动汽车(EV)电池组件中,并且将聚氨酯产品的自流平层施加在所述泡沫产品的所述层的顶部上。

泡沫配制物

技术领域

[0001] 本公开的实施方案涉及泡沫配制物。

背景技术

[0002] 泡沫为其中气体在液体材料、固体材料或凝胶材料中分散和/或产生的分散体。泡沫可通过多元醇和异氰酸酯的化学反应形成。泡沫可用于许多各种应用,包括电动汽车(EV)或固定式蓄电池组模块和/或电池组组件,以及其他应用。

发明内容

[0003] 本公开提供了包括以下的各种实施方案。在一些实施方案中,本公开涉及一种硬质泡沫配制物,该硬质泡沫配制物包含:具有350mg KOH/g至1,900mg KOH/g的平均羟基数以及1.5至8的平均羟基官能度的高羟基数聚醚多元醇;具有7mg KOH/g至70mg KOH/g的平均羟基数以及1.5至8的平均羟基官能度的低羟基数聚醚多元醇;聚磷酸铵;碱土金属盐;发泡剂;和异氰酸酯。

[0004] 本公开的以上发明内容不旨在描述每个所公开实施方案或本公开的每个实施方式。以下描述更具体地例示了例示性实施方案。在本申请通篇的若干处,通过示例列表提供指导,这些示例可以各种组合使用。在每种情况下,所列举的列表仅充当代表性群组且不应被解释为排它性列表。

具体实施方式

[0005] 本文公开了泡沫配制物。可使如本文所公开的泡沫配制物固化以制造具有一种或多种期望特性(即,期望的阻燃等级)的泡沫产品。如本文所公开的泡沫配制物可以是硬质泡沫配制物,例如可被固化以制造硬质泡沫产品。例如,泡沫产品(厚度为 $\leq 10\text{mm}$)可提供V-0或V-1或V-2的UL-94垂直燃烧等级;HBF的UL-94水平燃烧等级。UL-94是已知的可燃性测试标准(UL等同于Underwriters Laboratories)。垂直测试样品排列中的UL-94提供包括V-0(最佳性能)、V-1(性能低于V-0)、V-2(性能低于V-1)和不合格(性能低于V-2)的等级。类似地,在水平测试样品排列中产生HBF(最佳性能)、HF-1(性能低于HBF)、HF-2(性能低于HF-1)和不合格(性能低于HF-2)。

[0006] 令人惊讶地,可使如本文所公开的泡沫配制物固化以制造泡沫产品,这些泡沫产品提供V-0或V-1或V-2的UL-94垂直燃烧等级,同时提供许多其他期望的特性,例如特定密度值、特定弹性模量、特定断裂伸长率和/或特定拉伸强度、与其他泡沫相比的特定电阻率。此类泡沫产品可用于许多应用,诸如电动汽车(EV)电池模块或电池组组件,以及其他应用。

[0007] 本文公开的泡沫配制物包含高羟基数聚醚多元醇和低羟基数聚醚多元醇。如本文所用,与低羟基数聚醚多元醇相比,高羟基数聚醚多元醇具有更高的平均羟基数。如本文所用,“多元醇”是指平均具有大于1.0个羟基基团/分子,例如大于1.0的平均羟基官能度的分子。

[0008] 高羟基数聚醚多元醇可具有350mg KOH/g至1,900mg KOH/g的平均羟基数(值)。包括350mg KOH/g至1,900mg KOH/g的所有单独值和子范围;例如,高羟基数聚醚多元醇可具有下限350mg KOH/g、450mg KOH/g或500mg KOH/g至上限1,900mg KOH/g、1,500mg KOH/g、1,100mg KOH/g或900mg KOH/g的平均羟基数。平均羟基数可根据ASTM D4274-21测定。

[0009] 高羟基数聚醚多元醇可具有1.5至8的平均羟基官能度。包括2至8的所有单独值和子范围;例如,高羟基数聚醚多元醇可具有下限1.5、2、2.5或2.7至上限8、6、5或4的平均羟基官能度。一个或多个实施方案规定,高羟基数聚醚多元醇具有3.0的平均羟基官能度。

[0010] 以g/mol OH(例如,g/mol的OH,即羟基端基)为单位的多元醇的平均羟基当量可通过将56110除以来自ASTM D4274-21的平均羟基数来计算。高羟基数聚醚多元醇可具有30g/mol OH至160g/mol OH的羟基当量。包括30g/mol OH至160g/mol OH的所有单独值和子范围;例如,高羟基数聚醚多元醇可具有下限30g/mol、50g/mol或65g/mol至上限160g/mol OH、120g/mol OH或100g/mol OH的羟基当量。

[0011] 高羟基数聚醚多元醇可以是甘油烷氧基化聚醚多元醇。如本文所用,“甘油烷氧基化聚醚多元醇”是指经由作为与环氧烷反应的引发剂分子的甘油的反应制造的化合物。环氧烷的示例可包括环氧乙烷、环氧丙烷和/或环氧丁烷。一种或多种环氧烷可用于制造高羟基数聚醚多元醇。一个或多个实施方案规定,高羟基数聚醚多元醇经由甘油和环氧丙烷的反应制造。一个或多个实施方案规定,高羟基数聚醚多元醇不包含衍生自环氧乙烷或环氧丁烷的结构单元,即高羟基数聚醚多元醇为甘油丙氧基化聚醚多元醇。代替甘油,可利用用于高羟基数聚醚多元醇的许多其他引发剂分子。其他引发剂分子包括三羟甲基丙烷、季戊四醇、赤藓醇和山梨醇等等。为了本公开的目的,高羟基数聚醚多元醇也可以是本文讨论的引发剂分子中的一种或多种引发剂分子。高羟基数聚醚多元醇可以是本文讨论的两种或更多种高羟基数聚醚多元醇的共混物。

[0012] 高羟基数聚醚多元醇可使用已知的设备、反应条件和反应组分制备。可商业地获得高羟基数聚醚多元醇。例如,许多可商购的高羟基数聚醚多元醇可以商品名VORANOL、VORATRON、SPECFLEX、VORAFORCE、VORALAST、SPECFIL、VORACOR和VORALUX购自陶氏化学公司(Dow Chemical Company)。

[0013] 基于100重量%的泡沫配制物计,高羟基数聚醚多元醇可占泡沫配制物的10重量百分比(重量%)至30重量百分比。包括10重量%至30重量%的所有单独值和子范围;例如,基于100重量%的泡沫配制物计,高羟基数聚醚多元醇可以为下限10重量%、12重量%或15重量%至上限30重量%、28重量%或25重量%。

[0014] 如所提及,本文公开的泡沫配制物包含低羟基数聚醚多元醇。低羟基数聚醚多元醇可具有根据ASTM D4274-21测定的7mg KOH/g至70mg KOH/g的平均羟基数(值)。包括7mg KOH/g至70mg KOH/g的所有单独值和子范围;例如,低羟基数聚醚多元醇可具有下限7mg KOH/g、15mg KOH/g或20mg KOH/g至上限70mg KOH/g、60mg KOH/g或50mg KOH/g的平均羟基数。

[0015] 低羟基数聚醚多元醇可具有1.5至8的平均羟基官能度。包括1.5至8的所有单独值和子范围;例如,低羟基数聚醚多元醇可具有下限1.5或1.8至上限8、6、5或4的平均羟基官能度。一个或多个实施方案规定,低羟基数聚醚多元醇具有2.0的平均羟基官能度。

[0016] 以g/mol OH(例如,g/mol的OH端基)为单位的多元醇的平均羟基当量可通过将

56110除以来自ASTM D4274-21的平均羟基数来计算。低羟基数聚醚多元醇可具有801g/mol OH至8014g/mol OH的平均羟基当量。包括801g/mol OH至8014g/mol OH的所有单独值和子范围；例如，低羟基数聚醚多元醇可具有下限801g/mol OH、1,000g/mol OH、1,500g/mol OH或1,750g/mol OH至上限8014g/mol OH、7,000g/mol OH、6,000g/mol OH、或4,000g/mol OH、或2,500g/mol OH、或2,250g/mol OH的平均当量。

[0017] 低羟基数聚醚多元醇可以是烷氧基化聚醚多元醇。一种或多种环氧烷可用于制造低羟基数聚醚多元醇。一个或多个实施方案规定，低羟基数聚醚多元醇经由二醇和环氧丙烷的反应制造。一个或多个实施方案规定，低羟基数聚醚多元醇用环氧乙烷封端。低羟基数聚醚多元醇可以是本文讨论的两种或更多种低羟基数聚醚多元醇的共混物。一个或多个实施方案规定，低羟基数聚醚多元醇为双官能聚醚多元醇。

[0018] 此外，低羟基数聚醚多元醇可用环氧乙烷的低聚物或聚合物封端(E0封端)，当与类似密度的所得硬质泡沫相比时，其可改变模量、伸长率特性和/或韧性。E0封端的低羟基数聚醚多元醇可具有按重量百分比(重量%)计3重量%至80重量%、3重量%至50重量%或3重量%至30重量%的环氧乙烷(E0)含量。在一些情况下，低羟基数聚醚多元醇可包含E0含量在3重量%至80重量%或3重量%至50重量%的范围内的E0封端的聚环氧丙烷。

[0019] 低羟基数聚醚多元醇可使用已知的设备、反应条件和反应组分制备。可商业地获得低羟基数聚醚多元醇。例如，许多可商购的低羟基数聚醚多元醇可以商品名VORANOL、VORATRON、SPECFLEX、VORAFORCE、VORALAST、SPECFIL、VORACOR和VORALUX购自陶氏化学公司。

[0020] 基于100重量%的泡沫配制物计，低羟基数聚醚多元醇可占泡沫配制物的10重量%至30重量%。包括10重量%至30重量%的所有单独值和子范围；例如，基于100重量%的泡沫配制物计，低羟基数聚醚多元醇可以为下限10重量%、12重量%或15重量%至上限30重量%、28重量%或25重量%。

[0021] 本文公开的泡沫配制物包含发泡剂。发泡剂可在发泡反应的条件下反应以产生气体。发泡剂可称为化学发泡剂。发泡剂的示例包括水、甲酸、烃类、酸、挥发性有机物等。物理发泡剂包括气体，诸如氯氟烃(CFC)、氢氯氟烃(HCFC)、丙酮、氮气、空气、二氧化碳等以及它们的组合。一个或多个实施方案规定，发泡剂为水。本文公开的泡沫配制物可包含化学发泡剂和物理发泡剂中的一者或多者。发泡剂可以足以提供导致泡沫的0.3g/cm³至0.75g/cm³的密度的混合物的量添加到异氰酸酯反应性组分(即，多元醇侧)或异氰酸酯组分中和/或在混合多元醇和异氰酸酯期间添加。

[0022] 基于100重量%的泡沫配制物计，发泡剂可占泡沫配制物的0.01重量%至5重量%。包括0.01重量%至5重量%的所有单独值和子范围；例如，基于100重量%的泡沫配制物计，发泡剂可以为下限0.01重量%、0.05重量%或0.1重量%至上限4重量%、2重量%、1.5重量%、1.0重量%、0.8重量%或0.5重量%。

[0023] 泡沫配制物可包含一种或多种聚酯多元醇，其通过一种或多种羧酸二酸与具有2至4的OH官能度的多元醇的反应来产生。合适的羧酸包括芳族二酸或酸酐，诸如邻苯二甲酸、邻苯二甲酸酐、间苯二甲酸、对苯二甲酸、邻苯二甲酸、间苯二甲酸或对苯二甲酸的甲酯、对苯二甲酸二甲酯、偏苯三酸酐、均苯四甲酸二酐或它们的混合物；以及C4至C12脂族二酸。用于形成聚酯的合适多元醇包括一种或多种具有2至4的羟基官能度的亚烷基二醇或聚

亚烷基二醇,诸如乙二醇、1,2-丙二醇或1,3-丙二醇、1,4-丁二醇、1,6-己二醇、二甘醇、甘油等。聚酯多元醇的示例包括邻苯二甲酸酐和二甘醇的聚酯,以及C4至C12二酸(诸如琥珀酸或己二酸)和二甘醇的聚酯。聚酯多元醇可具有如根据ASTM D4274-21测定的在100mg KOH/g至500mg KOH/g、150mg KOH/g至450mg KOH/g或200mg KOH/g至450mg KOH/g范围内的平均羟基数。异氰酸酯反应性组分可包括一种或多种聚酯多元醇,其重量百分比(重量%)的范围为10重量%至40重量%、15重量%至35重量%或15重量%至30重量%。

[0024] 异氰酸酯反应性组分可包括一种或多种具有至少两个反应性羟基基团的有机硅多元醇。有机硅多元醇可在主链内包含硅氧烷键(Si-O-Si),并且在一些情况下还可包含分隔硅氧烷单元的二价烷基基团。有机硅多元醇可具有通式 $\text{HO-R1-Si(R2)}_2\text{-[O-Si(R2)}_2\text{]}_n\text{-R1-OH}$,其中每个R1独立地为具有0至18个碳原子的连接基团;每个R2独立地为具有2至18个碳原子的基团,诸如烷基或羟烷基;并且其中n为10至20。

[0025] 异氰酸酯反应性组分可包括按重量百分比(重量%)计在10重量%至40重量%、15重量%至35重量%或15重量%至30重量%范围内的一种或多种有机硅多元醇。

[0026] 异氰酸酯反应性组分可包括一种或多种具有至少两个反应性羟基基团的脂族多元醇。脂族多元醇包括天然和合成聚酯多元醇衍生物,包括由多元醇与一种或多种具有10至20个碳原子的羟基脂肪酸反应而生成的产物,该羟基脂肪酸包括羟基癸酸、羟基月桂酸、羟基肉豆蔻酸、羟基棕榈酸、羟基十七烷酸、羟基硬脂酸、羟基二十烷酸、蓖麻油酸等。例如,脂族多元醇包括含有一部分羟基脂肪酸的甘油三酯,诸如蓖麻油或其衍生物,和/或由环氧化或加氢甲酰化的天然油诸如大豆油、腰果壳液(即CNSL)制成的多元醇。脂族多元醇可具有在30g/mol OH至2500g/mol OH或30g/mol OH至2000g/mol OH的范围内的平均羟基当量。

[0027] 异氰酸酯反应性组分可包括按重量百分比(重量%)计2重量%至45重量%、5重量%至35重量%、5重量%至25重量%、5重量%至20重量%或5重量%至10重量%的一种或多种脂族多元醇。

[0028] 本文公开的泡沫配制物包含聚磷酸铵。聚磷酸铵可称为无卤素阻燃剂或离子盐添加剂。聚磷酸铵对应于CAS登记号68333-79-9。基于聚磷酸铵的总重量计,聚磷酸铵可具有20重量%至50重量%的磷含量。聚磷酸铵可具有约 1.9g/cm^3 (范围介于 1.5g/cm^3 至 2.5g/cm^3)的密度。聚磷酸铵可具有15微米至17微米(范围介于5微米至200微米)的平均粒度(质量中值直径,即d50)。聚磷酸铵可以是聚合度大于700的结晶相II(通常称为相II APP或APP相II),并且可具有大于250℃的分解温度。

[0029] 基于100重量%的泡沫配制物计,聚磷酸铵可占泡沫配制物的0.5重量%至30重量%。包括0.5重量%至30重量%的所有单独值和子范围;例如,基于100重量%的泡沫配制物计,聚磷酸铵可以为下限0.5重量%、1重量%、3重量%、5重量%、7重量%或10重量%至上限30重量%、25重量%、20重量%或18重量%。

[0030] 本文公开的泡沫配制物包含碱土金属盐,优选但不限于碱土金属碳酸盐。碱土金属盐也可以是磷酸盐、氯化物、高锰酸盐以及它们彼此的组合或碳酸盐。碱土金属碳酸盐可称为无卤素阻燃剂。碱土金属碳酸盐的示例包括碳酸钙、碳酸镁、碳酸钡以及它们的组合。一个或多个实施方案规定,碱土金属碳酸盐为碳酸钙。

[0031] 碱土金属碳酸盐可具有1微米至15微米的平均粒度(D50)(可以是单峰或范围介于0.5微米至100微米的粒度分布)。碱土金属碳酸盐可具有约 2.7g/cm^3 的密度(可在 2g/cm^3 至

3g/cm³的范围内)。

[0032] 碱土金属碳酸盐可具有1微米至15微米的平均粒度(D50)(可在0.5微米至100微米的范围内)。碱土金属碳酸盐可具有约2.7g/cm³的密度(可在2g/cm³至2g/cm³的范围内)。

[0033] 基于100重量%的泡沫配制物计,碱土金属碳酸盐可占泡沫配制物的0.5重量%至20重量%。包括0.5重量%至20重量%的所有单独值和子范围;例如,基于100重量%的泡沫配制物计,碱土金属碳酸盐可以为下限0.5重量%、1重量%、2重量%或3重量%至上限20重量%、15重量%或10重量%。

[0034] 本文公开的泡沫配制物可包含扩链剂。合适的扩链剂是羟基和/或胺官能化的化合物,其还包括通常称为交联剂的化合物。扩链剂是含有以下的化合物:两个或更多个异氰酸酯反应性基团,诸如羟基基团、伯胺或仲胺,但不限于胺,包括多胺;多元醇;聚氧化烯多元醇;多羟基芳族化合物以及它们的组合。胺的示例包括但不限于二乙醇胺、三乙醇胺、三异丙醇胺、二异丙醇胺、叔丁基甲苯二胺、三氨基壬烷、二乙基甲苯二胺、氯二氨基苯、4,4'-亚甲基-双-(3-氯-2,6-二乙基苯胺)以及它们的组合。多元醇的示例包括但不限于1,3-丁二醇、1,4-丁二醇、1,6-己二醇、乙二醇、二甘醇、三甘醇、1,2,4-丁三醇、二丙二醇、甘油、三羟甲基丙烷、季戊四醇、2,5-二甲基-1,2,6-己三醇、甘油、丙二醇、二丙二醇、三丙二醇以及它们的组合。扩链剂的示例包括乙二胺、丙二胺、二乙醇胺、三乙醇胺、三异丙醇胺、二异丙醇胺、叔丁基甲苯二胺、三氨基壬烷、二乙基甲苯二胺、氯二氨基苯、4,4'-亚甲基-双-(3-氯-2,6-二乙基苯胺)以及它们的组合。扩链剂可使用已知的设备、反应条件和反应组分制备。可商业上获得扩链剂。

[0035] 当利用时,基于100重量%的泡沫配制物计,扩链剂可占泡沫配制物的0.1重量%至5重量%。包括0.1重量%至5重量%的所有单独值和子范围;例如,基于100重量%的泡沫配制物计,扩链剂可以为下限0.1重量%、0.5重量%或1重量%至上限5重量%、4重量%或3重量%。

[0036] 本文公开的泡沫配制物可包含一种或多种催化剂。催化剂可以是发泡催化剂、胶凝催化剂、三聚催化剂或它们的组合。如本文所用,发泡催化剂和胶凝催化剂可通过以下来进行区分:在发泡催化剂的情况下有利于脲(发泡)反应或在胶凝催化剂的情况下有利于氨基甲酸酯(胶凝)反应的总体趋势;或者在发泡/胶凝催化剂的情况下通常增强发泡反应和胶凝反应两者的趋势。

[0037] 发泡催化剂的示例包括但不限于短链叔胺或含氧叔胺。胺基催化剂可以不是空间位阻的。例如,发泡催化剂包括双-(2-二甲基氨基乙基)醚;五甲基二亚乙基三胺、三乙胺、三丁胺、N,N-二甲基氨基丙胺、二甲基乙醇胺、N,N',N'-四甲基乙二胺以及它们的组合等。商业发泡催化剂的示例是来自赢创公司(Evonik)的POLYCAT 5,以及其他可商购的发泡催化剂。

[0038] 胶凝催化剂的示例包括但不限于有机金属化合物、环状叔胺和/或长链胺(例如,含有若干氮原子)以及它们的组合。有机金属化合物包括有机锡化合物,诸如有机羧酸的锡(II)盐,例如二乙酸锡(II)、二辛酸锡(II)、二乙基己酸锡(II)和二月桂酸锡(II),以及有机羧酸的二烷基锡(IV)盐,例如二乙酸二丁基锡、二月桂酸二丁基锡、马来酸二丁基锡和二乙酸二辛基锡。有机羧酸的铋盐也可用作胶凝催化剂,诸如例如辛酸铋。环状叔胺和/或长链胺包括二甲基苄胺、三亚乙基二胺以及它们的组合。可商购的胶凝催化剂的示例是来自赢创公司的POLYCAT 8、POLYCAT 9、POLYCAT 203、POLYCAT SA-2LE、DABCO 33 LV、DABCO

BL-11、DABCO EG和DABCO T-12,以及其他可商购的胶凝催化剂。

[0039] 可商购的三聚催化剂的示例是来自赢创公司的POLYCAT 41、DABCO K 2097和DABCO TMR 30,以及其他可商购的三聚催化剂。

[0040] 当利用时,基于100重量%的泡沫配制物计,催化剂可占泡沫配制物的0.01重量%至5重量%。包括0.01重量%至5重量%的所有单独值和子范围;例如,基于100重量%的泡沫配制物计,催化剂可以为下限0.01重量%、0.1重量%、0.5重量%或1重量%至上限5重量%、4重量%或3重量%。

[0041] 泡沫配制物可包含一种或多种表面活性剂。用于制备聚氨基甲酸酯泡沫的表面活性剂为本领域技术人员众所周知的,并且许多为可商购的。表面活性剂可以是有机硅表面活性剂、非有机硅表面活性剂或它们的组合。表面活性剂可以是基于烃的有机表面活性剂。合适的有机硅表面活性剂的示例包括但不限于来自赢创公司的TEGOSTAB B-8427、B-8454、B-8404、B-1045、B-8407、B-8409、B-84201、B-84711、B-8715和B-8462;来自迈图公司(MOMENTIVE)的NIAx L-2171、L-5107、L-5130、L-5180、L-5340、L-5440、L-6100、L-6900、L-6980和L-6988,以及来自陶氏化学公司的VORASURF DC 5164、VORASURF SF2937。非有机硅表面活性剂的示例包括但不限于乙氧基化烷基酚、乙氧基化脂肪醇、石蜡油、蓖麻油酯、蓖麻油酸酯、土耳其红油、花生油、石蜡、有机硅表面活性剂和脂肪醇。

[0042] 当利用时,基于100重量%的泡沫配制物计,表面活性剂可占泡沫配制物的0.01重量%至5重量%。包括0.01重量%至5重量%的所有单独值和子范围;例如,基于100重量%的泡沫配制物计,表面活性剂可以为下限0.01重量%、0.05重量%或0.1重量%至上限5重量%、4重量%、3重量%、2重量%或1重量%。

[0043] 泡沫配制物可包含一种或多种添加剂,例如作为异氰酸酯反应性侧(多元醇侧)或异氰酸酯侧或两者的添加剂。添加剂的示例包括粉末稳定剂、触变剂,诸如乳化剂、稀释剂、反应性稀释剂、防冻添加剂、泊洛沙姆、粘度调节剂、增塑剂、消烟剂、芳香剂、增强剂、染料、着色剂、颜料、防腐剂、流变改性剂、泡孔稳定剂、抑制剂、气味掩蔽剂、内脱模剂、杀生物剂、抗氧化剂、UV稳定剂、抗静电剂、泡孔扩张剂、无机填料(包括热解法二氧化硅、三水合铝等)、已知的阻燃添加剂和分子等。不同量的一种或多种另外的已知组分可根据需要用于各种应用。

[0044] 泡沫配制物包含异氰酸酯。合适的异氰酸酯包括每分子平均具有大于1.0个异氰酸酯基团的多异氰酸酯。合适的异氰酸酯的示例包括但不限于聚亚甲基聚苯基异氰酸酯、甲苯2,4-/2,6-二异氰酸酯(TDI)、亚甲基二苯基二异氰酸酯(MDI)、聚合MDI、三异氰酸根合壬烷(TIN)、萘基二异氰酸酯(NDI)、4,4'-二异氰酸根合二环己基甲烷、3-异氰酸根合甲基-3,3,5-三甲基环己基异氰酸酯(异佛尔酮二异氰酸酯IPDI)、四亚甲基二异氰酸酯、六亚甲基二异氰酸酯(HDI)、2-甲基五亚甲基二异氰酸酯、2,2,4-三甲基六亚甲基二异氰酸酯(THDI)、十二亚甲基二异氰酸酯、1,4-二异氰酸根合环己烷、4,4'-二异氰酸根合-3,3'-二甲基二环己基甲烷、4,4'-二异氰酸根合-2,2-二环己基丙烷、3-异氰酸根合甲基-1-甲基-1-异氰酸根合环己烷(MCI)、1,3-二异辛基氰酸根合-4-甲基环己烷、1,3-二异氰酸根合-2-甲基环己烷以及它们的组合。合适的异氰酸酯包括异氰酸酯预聚物,其可通过使化学计量过量的一种或多种异氰酸酯与多元醇反应来制备。当制备异氰酸酯预聚物时,优选具有至少2:1的异氰酸酯基团(NCO)与羟基基团(OH)的化学计量比。

[0045] 如所提及,异氰酸酯的平均官能度可大于1.0个异氰酸酯基/分子。例如,异氰酸酯可具有1.5至5.0的平均官能度。包括1.5至5.0的所有单独值和子范围;例如,异氰酸酯可具有下限1.5、1.7、2.0、2.3或2.5至上限5.0、4.5、4.0、3.5或3.0的平均官能度。

[0046] 异氰酸酯可具有根据ASTM D5155测定的80g/mol NCO至200g/mol NCO(例如,g/mol NCO,即异氰酸酯端基的NCO)的异氰酸酯当量。包括80g/mol NCO至200g/mol NCO的所有单独值和子范围;例如,异氰酸酯可具有下限80g/mol NCO、90g/mol NCO、100g/mol NCO、115g/mol NCO或120g/mol NCO至上限200g/mol NCO、175g/mol NCO、160g/mol NCO、150g/mol NCO或145g/mol NCO的异氰酸酯当量。异氰酸酯当量可通过以下表达式转化为NCO含量(%NCO):42.017g/mol NCO除以异氰酸酯当量乘以100。

[0047] 异氰酸酯可通过已知方法制备。可商业地获得异氰酸酯。商业异氰酸酯的示例包括但不限于可购自陶氏化学公司的商品名为VORANATE、ISONATE、PAPI、VORACOR(诸如VORACOR CL 100或VORACOR CE 101)和PAPI的聚异氰酸酯,以及其他商业异氰酸酯。

[0048] 基于100重量%的泡沫配制物计,异氰酸酯可占泡沫配制物的25重量%至75重量%。包括25重量%至75重量%的所有单独值和子范围;例如,基于100重量%的泡沫配制物计,异氰酸酯可以为下限25重量%、30重量%或35重量%至上限75重量%、65重量%或55重量%。

[0049] 异氰酸酯可用于提供105至160的异氰酸酯指数。包括105至160的所有单独值和子范围;例如,异氰酸酯可用于提供下限105或110至上限160、150、145或130的异氰酸酯指数。一个或多个实施方案规定,异氰酸酯可用于提供115的异氰酸酯指数。异氰酸酯指数可确定为[异氰酸酯基团摩尔数/活性氢基团摩尔数 $\times$ 100]。在该上下文中,活性氢基团可包括羟基基团(-OH)和伯胺(-NH₂)和仲胺(>NH)基团。为了计算异氰酸酯指数,1摩尔水计为2摩尔活性氢基团。

[0050] 可将本文讨论的组分混合在一起以制造泡沫配制物。一个或多个实施方案规定,表面活性剂、催化剂、发泡剂和多元醇可在它们与异氰酸酯合并之前混合在一起。泡沫配制物可利用已知的设备、条件和组分制造。例如,可使用诸如喷雾设备、低压冲击混合器、高压冲击混合器、静态混合器、冲击混合器、具有叶轮或油漆混合器的顶置式混合、液体分配枪或混合头或静态加动态混合器或搅拌容器的设备将组分混合在一起。

[0051] 可使泡沫配制物固化以制造泡沫产品。通常,使泡沫配制物经受足以允许发泡反应发生以制造泡沫产品的条件。可利用用于固化泡沫的已知条件。

[0052] 有利地,由本文公开的泡沫配制物制成的泡沫产品可提供V-0、V-1或V-2的UL-94垂直燃烧等级。如所提及,UL-94是已知的可燃性测试标准。UL-94提供包括V-0(最佳性能)、V-1(性能低于V-0)、V-2(性能低于V-1)和不合格(性能低于V-2)的等级。V-0、V-1或V-2的UL-94垂直燃烧等级对于包括电动汽车(EV)电池组件的许多应用是期望的,其中泡沫产品可或可不与锂离子或钠离子电池直接物理接触。

[0053] 由本文公开的泡沫配制物制成的泡沫产品可具有0.30g/cm³至0.9g/cm³的密度。泡沫产品可称为高密度泡沫。包括0.30g/cm³至0.9g/cm³的所有单独值和子范围;例如,泡沫产品可具有下限0.30g/cm³、0.35g/cm³、0.40g/cm³或0.45g/cm³至上限0.9g/cm³、0.75g/cm³、0.70g/cm³、0.65g/cm³或0.60g/cm³的密度。可以根据ASTM D1622-08测定密度。

[0054] 由本文公开的泡沫配制物制成的泡沫产品可提供大于100MPa的弹性模量。例如,由本文公开的泡沫配制物制成的泡沫产品提供105Mpa至800Mpa的弹性模量。包括105Mpa至

800Mpa的所有单独值和子范围;例如,泡沫产品可提供下限105Mpa、200Mpa或350Mpa至上限800Mpa、700Mpa或650Mpa的弹性模量。弹性模量可根据ASTM D1708-06或ASTM D638-03测定。

[0055] 由本文公开的泡沫配制物制成的泡沫产品可提供大于3%的断裂伸长率。例如,由本文公开的泡沫配制物制成的泡沫产品提供3.2%至10%的断裂伸长率。包括3.2%至10%的所有单独值和子范围;例如,泡沫产品可提供下限3.2%、3.5%或3.7%至上限40%、30%、20%、10%、9%或8%的断裂伸长率。断裂伸长率可根据ASTM D1708-06或ASTM D638-03测定。

[0056] 由本文公开的泡沫配制物制成的泡沫产品可提供大于4Mpa的拉伸强度。例如,由本文公开的泡沫配制物制成的泡沫产品提供4.01Mpa至20Mpa的拉伸强度。包括4.01Mpa至20Mpa的所有单独值和子范围;例如,泡沫产品可提供下限4.01Mpa、4.05Mpa或4.09Mpa至上限20Mpa、15Mpa或13Mpa的拉伸强度。拉伸强度可根据ASTM D1708-06或ASTM D638-03测定。

[0057] 本公开的泡沫产品可提供期望特性的组合。本公开的泡沫产品有利地用于许多应用,诸如汽车应用等等。本公开的组合物、泡沫产品、含有一个或多个泡沫产品层的多层组合物和方法可用于多种最终应用。本公开的泡沫产品可用于各种应用,诸如电动汽车(EV)电池组组件,以及其他应用。一个或多个实施方案提供了包括由本文公开的泡沫配制物制成的泡沫产品的EV电池组组件。方法可包括通过以下步骤来制备泡沫配制物:将异氰酸酯组分和异氰酸酯反应性组分合并以形成混合物;以及使混合物反应以形成泡沫产品。复合材料制品可通过以下方法来制备:将所公开的组合物设置在基底上,并固化该组合物,以产生在基底上包括泡沫产品的复合材料制品。在一些情况下,基底可限定至少一个间隙,并且设置可包括将组合物放置在至少一个间隙中,使得泡沫产品存在于复合材料制品中的间隙内。例如,基底可包括电池单元、金属或塑料或部件的表面,并且复合材料制品可包括电池组和/或模块。然而,泡沫产品可用于其他最终用途应用中,包括在除电池组之外的最终用途中作为灌封剂或封装剂,诸如用于电路,以及用于除灌封剂和/或封装剂之外的目的。

[0058] 本文所公开的组合物可用作电气、电池组和/或模块相关应用的灌封剂或热阻隔层。如果用作灌封剂,则其可覆盖、封装(完全或部分地)和/或保护电气连接,使其免受破坏性环境的影响,诸如热、冷、火焰、天气因素、灰尘(例如,沙子或污垢颗粒)、物理冲击或震动或其他破坏性因素。所使用的灌封剂的量可以从足以涂覆和保护电连接的最小量到足以填充电池单元、接线盒等中的空隙的最大量并且包括该最大量。类似地,当不与电池直接接触但与模块或组的外壳/壳体接触时,可用作电池与外部热源或机械应力源的热隔离或防火隔离。本文公开的泡沫配制物可分配在其上的高表面能基底包括金属,诸如铝、钢或合金、锌等;非金属,包括玻璃、极性聚合物和塑料,诸如环氧树脂、聚氨酯或聚酯,表面活化的非极性聚合物和塑料,诸如聚丙烯、高密度或低密度聚乙烯;涂覆材料,诸如环氧树脂涂覆的铝、镍涂覆的钢、聚丙烯酸酯涂覆的铝、聚酯衬里覆盖的铝、聚对苯二甲酸乙二醇酯衬里覆盖的钢等。本文公开的组合物还可应用于私人环境和商业环境中的固定储能应用。可配制组合物,以满足汽车、移动解决方案(例如,EV)的约束,但可在这些约束之外进行修改,以用于其他相关的电气和固定储能应用。例如,固定式储能应用可以较高的密度/重量配制,其中对总重量和缺乏外部冷却的考虑不是驱动因素。本文公开的PU组合物可使用合适的方法,诸如分配、注入或喷涂到电池组或模块的一个或多个特定位置中和/或上方来分配在上文任何列出的基底上,以实现空腔或空间的完全(或部分)填充。多层复合材料,使得发泡型

或非发泡型的第二自流平聚氨酯组合物可施加在由本文公开的配制物产生的第一泡沫层的顶部或下方。第二层的自流平可被量化,使得该层的最高水平和最低水平的差小于第二层的最高高度的25%。一个或多个实施方案提供了多层组件,该多层组件提供V-0、V-1或V-2的UL-94垂直燃烧等级,其中将如本文所讨论的泡沫产品的层施加在电动汽车(EV)电池组件中,并且将聚氨酯产品的自流平层施加在泡沫产品的层的顶部上。

[0059] 实施例

[0060] 在实施例中,使用了材料的各种术语和名称,该术语和名称包括例如以下:

[0061] 高羟基数聚醚多元醇(甘油丙氧基化多元醇;引发剂平均羟基官能度3;使用ASTM D4274-21,平均羟基数640mg KOH/g-675mg KOH/g;平均当量85g/mol OH);

[0062] 低羟基数聚醚多元醇(丙氧基化二醇(其为环氧乙烷,即E0封端的);引发剂平均羟基官能度2;使用ASTM D4274-21,平均羟基数27mg KOH/g-31mg KOH/g;平均当量1955g/mol OH);

[0063] 扩链剂(1,4-丁二醇,从西格玛-奥德里奇(Sigma-Aldrich)获得);

[0064] 发泡剂(水);

[0065] 阻燃剂1(聚磷酸铵(CAS号68333-79-9,磷含量31重量%-32重量%,晶体类型II,d50粒度为15微米至17微米,分解温度大于275℃,并且密度为1.9g/cm³;EXOLIT AP 422;从科莱恩公司(Clariant Corporation)获得);

[0066] 阻燃剂2(碱土金属盐;碱土金属碳酸盐;碳酸钙;SNOWHITE 12-PT;d50粒度为12微米的等级,以及2.7g/cm³密度,从欧米亚公司(Omya)获得;)

[0067] 阻燃剂3(碱土金属盐;碱土金属碳酸盐;涂覆的碳酸钙;d50粒度为1.25微米的SUPERCOT等级,1.2重量%专有疏水性涂层,以及2.7g/cm³密度;从伊美瑞斯公司(Imerys)获得);

[0068] 催化剂1(胶凝催化剂,DABCO BL-11,从赢创公司获得);

[0069] 催化剂2(胶凝催化剂,DABCO 33 LV,从赢创公司获得);

[0070] 催化剂3(延迟作用温度触发的胶凝催化剂,POLYCAT SA-2LE,从赢创公司获得);

[0071] 表面活性剂(有机硅聚醚表面活性剂;VORASURF SF 2937;从陶氏化学公司获得);

[0072] 异氰酸酯(含有亚甲基联苯二异氰酸酯(MDI)的聚亚甲基聚苯基异氰酸酯;平均官能度2.7;32.0重量% NCO,根据ASTM D5155测定)。

[0073] 如下制造实施例1泡沫配制物。将除异氰酸酯之外的组分添加到容器中并用DAC600.1 Hauschild SpeedMixer以2,350rpm混合5分钟。然后将混合的组分称重,并且添加所需量的异氰酸酯,并且将容器的内容物用高剪切叶轮叶片以3,000rpm混合7秒。

[0074] 实施例2-8和比较例A-H如实施例1进行,任何变化在表1-表2中示出。

[0075] 表1

[0076]

	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	实施例 6	实施例 7	实施例 8
	泡沫配制物							
高羟基数 聚醚多元醇 (重量%)	19.5	19.5	18.4	18.4	18.7	18.7	17.5	17.5
低羟基数 聚醚多元醇 (重量%)	18.5	18.5	17.4	17.4	17.7	17.7	16.6	16.6
扩链剂 (重量%)	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4
发泡剂 (重量%)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10
阻燃剂 1 (重量%)	12.3	12.3	16.1	16.1	15.9	15.9	16.0	16.0
阻燃剂 2 (重量%)	3.1	-	4.0	-	3.2	-	8.0	-
阻燃剂 3 (重量%)	-	3.1	-	4.0	-	3.2	-	8.0
催化剂 1 (重量%)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
催化剂 2 (重量%)	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.24
催化剂 3 (重量%)	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30
表面活性剂 (重量%)	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30
异氰酸酯 (重量%)	44.1	44.1	41.6	41.6	42.2	42.2	39.5	39.5
异氰酸酯指数	115	115	115	115	115	115	115	115

[0077] 表2

[0078]

	比较例 A	比较例 B	比较例 C	比较例 D	比较例 E	比较例 F	比较例 G	比较例 H
	泡沫配制物							
高羟基数 聚醚多元醇 (重量%)	23.1	21.7	20.2	19.4	22.4	22.4	19.4	21.3
低羟基数 聚醚多元醇 (重量%)	21.9	20.5	19.1	18.3	21.2	21.2	18.3	20.2
扩链剂 (重量%)	1.9	1.7	1.6	1.6	1.8	1.8	1.6	1.7
发泡剂 (重量%)	0.13	0.13	0.12	0.11	0.13	0.13	0.11	0.12
阻燃剂 1 (重量%)	-	6.2	12.5	16.0	-	-	-	6.2
阻燃剂 2 (重量%)	-	-	-	-	3.2	-	16.0	1.6
阻燃剂 3 (重量%)	-	-	-	-	-	3.2	-	-
催化剂 1 (重量%)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
催化剂 2 (重量%)	0.19	0.20	0.22	0.23	0.20	0.20	0.23	0.21
催化剂 3 (重量%)	0.24	0.26	0.27	0.28	0.25	0.25	0.28	0.26
表面活性剂 (重量%)	0.24	0.26	0.27	0.28	0.25	0.25	0.28	0.26
异氰酸酯 (重量%)	52.3	49.0	45.7	43.8	50.6	50.6	43.8	48.2
异氰酸酯指数	115	115	115	115	115	115	115	115

[0079] 如下制造实施例9泡沫产品。将实施例1 (240g) 倒入预热的 (40℃) 矩形模具 (20×20×10cm³) 中,然后将模具放置到烘箱 (40℃) 中30分钟。然后,将实施例9脱模,并且如本文进一步讨论确定特性1。对于如本文进一步讨论确定的特性2-15,利用实施例1 (120g),并且利用矩形模具 (20×20×5cm³)。

[0080] 如实施例9制造实施例10-15和比较例I-P,改变之处在于分别利用实施例2-8和比较例A-H而不是实施例1。

[0081] 泡沫产品的特性的值在表3-表6中示出。

[0082] 表3

[0083]

	实施例 9	实施例 10	实施例 11	实施例 12
特性 1 (等级)	V-1	V-1	V-0	V-0
特性 2 ($\Omega \text{ cm}$)	12.7×10^{15} $\pm 7.4 \times 10^{15}$	16.7×10^{15} $\pm 18.8 \times 10^{15}$	1.5×10^{15} $\pm 2.0 \times 10^{15}$	0.64×10^{15} $\pm 0.9 \times 10^{15}$
特性 3 (kV/mm)	6.6 ± 1.7	6.9 ± 1.5	7.4 ± 1.4	6.0 ± 1.2
特性 4	2.15	2.15	2.16	2.18
特性 5 (W/m.K)	0.110	0.106	0.103	0.107
特性 6 ($^{\circ}\text{C}$)	130	128	121	114
特性 7 (Mpa)	484	423	283	314
特性 8 (Mpa)	319	300	202	209
特性 9 (Mpa)	218	219	143	135
特性 10 (Mpa)	98	104	60	54
特性 11 (断裂伸长率%)	7.6	6.6	4.8	4.5
特性 12 (Mpa)	11.4	11.1	6.8	6.3
特性 13 (Mpa)	597	620	439	423
特性 14 (g/cm^3)	0.60	0.59	0.57	0.57
特性 15	32-37	26-31	38-41	38-45

[0084]

表4

	实施例 13	实施例 14	实施例 15	实施例 16
特性 1 (等级)	V-0	V-0	V-0	V-1
特性 2 ($\Omega \text{ cm}$)	2.5×10^{15} $\pm 3.7 \times 10^{15}$	1.9×10^{15} $\pm 1.9 \times 10^{15}$	3.1×10^{15} $\pm 1.2 \times 10^{15}$	6.3×10^{15} $\pm 3.2 \times 10^{15}$
特性 3 (kV/mm)	7.4 ± 0.8	5.8 ± 2.1	6.9 ± 1.8	7.2 ± 1.2
特性 4	2.26	2.23	2.16	2.05
特性 5 (W/m.K)	0.116	0.112	0.107	0.108
特性 6 ($^{\circ}\text{C}$)	112	109	121	124
特性 7 (Mpa)	399	352	361	284
特性 8 (Mpa)	166	185	241	198
特性 9 (Mpa)	100	95	153	131
特性 10 (Mpa)	40	34	70	58
特性 11 (断裂伸长率%)	5.2	3.8	4.7	4.7
特性 12 (Mpa)	5.7	4.1	7.7	6.6
特性 13 (Mpa)	387	369	489	433
特性 14 (g/cm^3)	0.59	0.59	0.59	0.59
特性 15	34-40	37-42	35-41	42-49

[0086]

表5

[0087]

	比较例 I	比较例 J	比较例 K	比较例 L
特性 1 (等级)	不合格	不合格	不合格	不合格
特性 2 ($\Omega \text{ cm}$)	3.1×10^{15} $\pm 2.7 \times 10^{15}$	10.0×10^{15} $\pm 6.8 \times 10^{15}$	9.2×10^{15} $\pm 4.3 \times 10^{15}$	15.2×10^{15} $\pm 13.8 \times 10^{15}$
特性 3 (kV/mm)	4.2 ± 0.7	4.6 ± 1.4	4.5 ± 1.2	5.6 ± 0.9
特性 4	2.10	2.18	2.11	2.09
特性 5 (W/m.K)	0.105	0.140	0.145	0.137
特性 6 ($^{\circ}\text{C}$)	100	101	128	133
特性 7 (Mpa)	314	300	268	356
特性 8 (Mpa)	219	198	184	212
特性 9 (Mpa)	149	128	134	156
特性 10 (Mpa)	46	41	65	79
特性 11 (断裂伸长率%)	11.3	7.7	6.4	5.7
特性 12 (Mpa)	11.0	8.1	8.4	6.8
特性 13 (Mpa)	436	432	499	436
特性 14 (g/cm^3)	0.59	0.59	0.59	0.58
特性 15	29-36	25-28	32-39	37-42

[0088]

表6

[0089]

	比较例 M	比较例 N	比较例 O	比较例 P
特性 1 (等级)	不合格	不合格	不合格	不合格
特性 2 ($\Omega \text{ cm}$)	4.9×10^{15} $\pm 2.9 \times 10^{15}$	0.2×10^{15} $\pm 0.1 \times 10^{15}$	10.4×10^{15} $\pm 7.2 \times 10^{15}$	2.4×10^{15} $\pm 5.1 \times 10^{15}$
特性 3 (kV/mm)	7.1 ± 1.6	4.1 ± 0.9	5.7 ± 1.8	6.1 ± 1.2
特性 4	2.20	2.18	2.09	2.20
特性 5 (W/m.K)	0.101	0.101	0.102	0.104
特性 6 ($^{\circ}\text{C}$)	108	100	136	109
特性 7 (Mpa)	289	321	324	419
特性 8 (Mpa)	194	172	183	292
特性 9 (Mpa)	135	98	135	200
特性 10 (Mpa)	52	34	65	70
特性 11 (断裂伸长率%)	7.5	7.5	6.3	7.9
特性 12 (Mpa)	9.2	7.7	7.5	12.2
特性 13 (Mpa)	420	375	394	573
特性 14 (g/cm^3)	0.59	0.58	0.58	0.57
特性 15	46-52	25-33	26-32	28-36

[0090] 表3-表6的数据显示,与提供不合格的UL-94垂直燃烧等级的比较例I-P形成对比,实施例9-16提供V-0或V-1的UL-94垂直燃烧等级。

[0091] 表3-表6的数据显示,实施例9-16具有 0.30g/cm^3 至 0.9g/cm^3 的密度。

[0092] 表3-表6的数据显示,实施例9-16提供大于100MPa的弹性模量。

[0093] 表3-表6的数据显示,实施例9-16提供大于3%的断裂伸长率。

[0094] 表3-表6的数据显示,实施例9-16提供大于4MPa的拉伸强度。

[0095] 特性1对应于UL94测试,该测试是塑料材料的可燃性测试标准。为了确定特性1,将相应的泡沫样品切割成0.5英寸宽度和 ≥ 10 cm尺寸。然后根据UL-94垂直燃烧方案对这些样品进行测试。将性能分类为适当的类别:V-0(最佳性能)、V-1(性能低于V-0)、V-2(性能低于V-1)和不合格(不合格指示灌封剂样品在火焰暴露期间和/或之后一直燃烧到夹具)。

[0096] 特性2对应于电阻率。根据ASTM D257,使用具有Keithley 8009测试电池单元的Keithley 6517B静电计测定电阻率。每个样品以这种方式测量五次以计算平均值和误差棒。

[0097] 特性3和4分别对应于介电强度和介电常数。根据ASTM D149,使用Hipotronics 750-2/D149介电强度测试仪测定介电强度。介电强度报告为击穿电压除以样品厚度。根据ASTM D150,使用Novocontrol宽带介电光谱仪测定介电常数。

[0098] 特性5对应于热导率。根据ISO 22007-2,使用具有Kapton绝缘5465 F1传感器的TPS 2500S Hot Disk设备,在具有各向同性(标准)模块的5mm厚的预固化发泡样品上在50mW加热功率和5秒测量时间和标准分析下测定热导率。每个样品以这种方式测量五次以计算平均值和误差棒。

[0099] 特性6对应于玻璃化转变温度。

[0100] 特性7-10对应于动态力学分析(DMA)。根据ASTM D5279-21,在来自TA仪器公司(TA Instruments)的配备有液氮环境控制和扭转矩形夹具的高级流变扩展系统(ARES-G2)上,通过动态力学分析(DMA)获得玻璃化转变温度(特性6)和在负25℃、25℃、50℃和75℃处在扭转模式下的储能模量(分别为特性7至10)。从泡沫(上文所述,在5mm厚度下)上切割矩形样品,并切割成45mm长和12.8mm宽的尺寸。样品长度与扭转轴轴向对齐,并且DMA以扭转模式进行。以3℃/min的升温速率将温度从-50℃升至150℃。测试频率为在0.05%扭转应变下1Hz,其中施加0.098N的轴向张力以保持样品拉紧,并且数据收集间隔为30秒/点。所鉴定的表征的主要输出是在测试温度范围内的以剪切模量(G')为单位的储能模量(特性7至10),以及在测试温度内的Tan δ 值,其峰值被指定为玻璃化转变温度(以℃为单位的T_g) (特性6)。

[0101] 特性11对应于断裂伸长率。

[0102] 特性12对应于极限拉伸强度,也称为拉伸强度。

[0103] 特性13对应于弹性模量。

[0104] 根据ASTM D1708-06,在MTS机器上利用泡沫(上文所述,在5mm厚度下)测定断裂伸长率(%)、极限拉伸强度(MPa)和弹性模量(MPa)。将微拉伸样品冲压成微拉伸狗骨形状,并且在50%相对湿度(+/-10%)和75°F温度(+/-5°F)处测试之前调节最少24小时。

[0105] 特性14对应于以g/cm³为单位的密度。根据ASTM D1622-08测定密度。

[0106] 特性15对应于硬度。在泡沫脱模后约2分钟,根据ASTM D2240,利用肖氏D级硬度计测定硬度。