



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117913460 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 19

(21) 申请号 202211249693.9

(22) 申请日 2022.10.12

(71) 申请人 珠海冠宇电池股份有限公司

地址 519180 广东省珠海市斗门区井岸镇
珠峰大道209号

(72) 发明人 贺飞 李素丽 李俊义

(74) 专利代理机构 北京知元同创知识产权代理
事务所(普通合伙) 11535

专利代理师 刘元霞 谢怡婷

(51) Int. Cl.

H01M 50/44 (2021.01)

H01M 50/414 (2021.01)

H01M 50/449 (2021.01)

H01M 50/403 (2021.01)

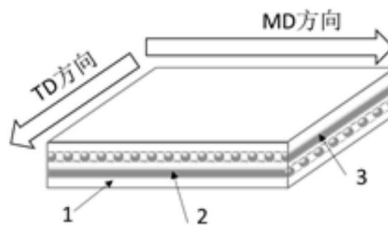
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种隔膜及含有该隔膜的电池

(57) 摘要

本发明公开一种隔膜及含有该隔膜的电池,所述隔膜包含耐高温膜层和纤维材料,所述隔膜沿MD方向的拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$;所述隔膜在 150°C 保温1h,沿MD方向的尺寸热收缩 $\leq 10\%$,沿TD方向的尺寸热收缩 $\leq 10\%$;所述隔膜在 150°C 保温1h,沿MD方向的拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$ 。在高温环境下,本发明的隔膜可以保持尺寸稳定性和机械性能稳定性,以防止电芯内短路进而引发热失控失效。同时在隔膜涂布加工、隔膜分切加工或者电芯卷绕加工过程中,高强度的纤维材料可以抵抗外力的作用,以防止隔膜断裂,进而保证生产正常推进,以提升生产效率。



1. 一种隔膜,其特征在于,所述隔膜包含耐高温膜层和纤维材料;所述隔膜同时满足下述三组条件:

1) 所述隔膜沿MD方向的拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$;

2) 所述隔膜在 150°C 保温1h,沿MD方向的尺寸热收缩 $\leq 10\%$,沿TD方向的尺寸热收缩 $\leq 10\%$;

3) 所述隔膜在 150°C 保温1h,沿MD方向的拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$ 。

2. 根据权利要求1所述的隔膜,其特征在于,所述纤维材料分布在耐高温膜层表面,和/或,镶嵌在耐高温膜层内部。

3. 根据权利要求1所述的隔膜,其特征在于,所述耐高温膜层采用耐高温聚合物材料,所述耐高温聚合物材料选自聚酰胺、共聚醚酮、聚醚醚酮、聚酰亚胺、聚芳醚、聚苯并唑类、聚酯、聚苯乙烯、聚四氟乙烯、聚乙烯醇、聚丙烯腈、苯乙烯-丙烯腈共聚物、聚丙烯及由前述聚合物衍生的共混、共聚聚合物中的至少一种。

4. 根据权利要求1所述的隔膜,其特征在于,所述纤维材料的形态选自纺织物、非织造材料、纤维纸、定向排布纤维细丝和非定向排布纤维细丝中的至少一种。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的隔膜,其特征在于,所述纤维材料选自植物纤维、动物纤维、矿物纤维、黏胶纤维、醋酸纤维、铜氨纤维、再生纤维素纤维、再生蛋白质纤维、再生淀粉纤维、再生合成纤维、聚酯纤维(涤纶)、聚酰胺纤维(锦纶或尼龙)、聚乙烯醇纤维(维纶)、聚丙烯腈纤维(腈纶)、聚丙烯纤维(丙纶)、聚氯乙烯纤维(氯纶)、富强纤维、聚乙烯纤维、玻璃纤维、芳纶纤维、聚酰亚胺纤维及由前述纤维经过表面改性后得到的纤维中的至少一种。

6. 根据权利要求1-5任一项所述的隔膜,其特征在于,所述纤维材料形成增强结构;

所述增强结构对耐高温膜层的增强方式选自内骨骼增强、外骨骼增强中的至少一种。

7. 根据权利要求6所述的隔膜,其特征在于,当所述增强结构对耐高温膜层为外骨骼增强时,所述耐高温膜层与所述增强结构的复合结构选自直接复合、间接复合中的至少一种;

当所述增强结构对耐高温膜层为外骨骼增强时,添加粘结剂或不添加粘结剂;

优选地,所述粘结剂选自聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯(PVDF)、聚偏氟乙烯及其改性物或共聚物、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯、聚丙烯酸、丁苯橡胶(SBR)、聚乙烯醇、共聚改性聚乙烯醇、聚醋酸乙烯酯、聚丙烯酰胺、酚醛树脂、环氧树脂、水性聚氨酯、乙烯-醋酸乙烯共聚物、多元丙烯酸类共聚物、聚苯乙烯磺酸锂、纯苯乳胶、聚偏二氟乙烯-三氯乙烯、聚偏二氟乙烯-氯代三氯乙烯、聚乙烯吡咯烷酮、聚环氧乙烷、醋酸纤维素、醋酸丁酯纤维素、醋酸丙酯纤维素、氰乙基支链淀粉、氰乙基聚乙烯醇、氰乙基纤维素、氰乙基蔗糖及由前述聚合物衍生的共混、共聚聚合物中的至少一种;

和/或;当所述增强结构对耐高温膜层为内骨骼增强时,所述增强结构在耐高温膜层中的分布位置选自靠近耐高温膜层上表面、靠近耐高温膜层下表面、位于耐高温膜层中间、随机分布中的至少一种。

8. 根据权利要求6所述的隔膜,其特征在于,所述增强结构对所述耐高温膜层进行增强时,所述纤维材料在整个隔膜组成材料中的体积占比为 $0.1\% - 96\%$ 。

9. 根据权利要求6-8任一项所述的隔膜,其特征在于,所述增强结构对所述耐高温膜层

进行增强时,所述纤维材料在整个隔膜组成材料中的体积占比为3%-20%。

10.一种电池,其特征在于,所述电池含有权利要求1-9任一项所述的隔膜。

一种隔膜及含有该隔膜的电池

技术领域

[0001] 本发明属于锂离子电池技术领域,涉及一种隔膜及含有该隔膜的电池,具体涉及一种高强度耐高温隔膜及含有该隔膜的锂离子电池。

背景技术

[0002] 锂离子电池因具有能量密度高、工作电压高、使用温度宽、使用寿命长、环境友好度高等优点,而在移动电话、笔记本电脑、智能穿戴、电动工具、储能项目以及电动汽车等领域具有广泛应用。然而,随着对锂离子电池能量密度要求的越来越高,其工作电压也越来越高,进而导致锂离子电池的安全风险也越来越大。

[0003] 聚烯烃(PO)隔膜因具有优异的力学性能、化学稳定性和相对廉价等特点,是目前最常用的锂离子电池隔膜材料。然而聚烯烃隔膜耐热性能较差,比如5 μm 的PE(聚乙烯)湿法隔膜在130 $^{\circ}\text{C}$ 保温1h,隔膜MD和TD方向热收缩均 $\geq 50\%$ 。由于隔膜耐热性能差,导致电芯受热时,隔膜会出现热收缩过大从而致使正、负极内部短路而引发电芯热失控。目前,通过在聚烯烃隔膜表面添加陶瓷涂覆层,可以明显改善隔膜耐热性能,最终提升电芯的热安全性能。但是,目前由陶瓷涂覆隔膜制备的锂离子电池,在135 $^{\circ}\text{C}$ -1h热冲击条件下,仍然易发生隔膜热收缩而致使电芯内短路而失效。

[0004] 采用耐高温聚合物制备锂离子电池隔膜,则可以显著提升隔膜的耐热性能。如聚酰亚胺隔膜,在150 $^{\circ}\text{C}$ 保温1h,隔膜MD方向热收缩 $\leq 3\%$,TD方向热收缩 $\leq 3\%$,且隔膜的机械强度变化不大。因此,使用聚酰亚胺隔膜,可以使电芯的热安全性能大幅提升。但是,目前的耐高温聚合物隔膜(如聚酰亚胺隔膜),普遍存在拉伸强度较弱的缺点。如由湿法制膜工艺制备的厚度为10.9 μm 的聚酰亚胺隔膜沿MD方向的拉伸强度为49MPa,沿TD方向的拉伸强度为36MPa,其拉伸强度远低于相同厚度由湿法制膜工艺制备得到的PE隔膜的拉伸强度。如果进一步降低上述聚酰亚胺隔膜的厚度,则隔膜的拉伸强度将进一步降低。

[0005] 然而,耐高温聚合物隔膜拉伸强度过低,将会使得隔膜在加工和电芯卷绕过程中发生断裂失效的风险大大增加,从而造成生产停机,严重影响生产效率。因此,如何在保证耐高温聚合物隔膜耐热性能的前提下,提升隔膜的拉伸强度成为本领域亟待解决的技术问题。

发明内容

[0006] 为了改善上述技术问题,本发明提供一种隔膜及含有该隔膜的电池,所述隔膜具有高强度和耐高温的特性,包含该隔膜的电池具有显著提高的安全性能。

[0007] 本发明提供如下方案:

[0008] 一种隔膜,所述隔膜包含耐高温膜层和纤维材料;所述隔膜同时满足下述三组条件:

[0009] 1) 所述隔膜沿MD方向的拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$;

[0010] 2) 所述隔膜在150 $^{\circ}\text{C}$ 保温1h,沿MD方向的尺寸热收缩 $\leq 10\%$,沿TD方向的尺寸热收

缩 $\leq 10\%$;

[0011] 3) 所述隔膜在 150°C 保温1h,沿MD方向的拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$ 。

[0012] 根据本发明,所述隔膜沿MD方向的拉伸强度 $\geq 100\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 100\text{MPa}$ 。

[0013] 根据本发明,所述隔膜在 150°C 保温1h,沿MD方向的尺寸热收缩 $\leq 3\%$,沿TD方向的尺寸热收缩 $\leq 3\%$ 。

[0014] 根据本发明,所述隔膜在 150°C 保温1h,沿MD方向的拉伸强度 $\geq 40\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 40\text{MPa}$ 。

[0015] 根据本发明,所述耐高温膜层采用耐高温聚合物材料,所述耐高温聚合物材料选自聚酰胺(示例性地选自间位芳纶、对位芳纶等)、共聚醚酮、聚醚醚酮、聚酰亚胺、聚芳醚、聚苯并唑类、聚酯、聚苯乙烯、聚四氟乙烯、聚乙烯醇、聚丙烯腈、苯乙烯-丙烯腈共聚物、聚丙烯(PP)及由前述聚合物衍生的共混、共聚聚合物中的至少一种。

[0016] 根据本发明,所述纤维材料的形态选自纺织物、非织造材料、纤维纸、定向排布纤维细丝和非定向排布纤维细丝中的至少一种。

[0017] 根据本发明,所述纤维材料选自植物纤维、动物纤维、矿物纤维、黏胶纤维、醋酸纤维、铜氨纤维、再生纤维素纤维、再生蛋白质纤维、再生淀粉纤维、再生合成纤维、聚酯纤维(涤纶)、聚酰胺纤维(锦纶或尼龙)、聚乙烯醇纤维(维纶)、聚丙烯腈纤维(腈纶)、聚丙烯纤维(丙纶)、聚氯乙烯纤维(氯纶)、富强纤维、聚乙烯纤维、玻璃纤维、芳纶纤维、聚酰亚胺纤维(PI)及由前述纤维经过表面改性后得到的纤维中的至少一种。

[0018] 根据本发明,所述纤维材料分布在耐高温膜层表面,和/或,镶嵌在耐高温膜层内部,以形成增强结构。

[0019] 根据本发明,纤维材料分布在耐高温膜层表面,称为外骨骼增强;纤维材料镶嵌在耐高温膜层内部,称为内骨骼增强。

[0020] 根据本发明,所述纤维材料形成的增强结构对耐高温膜层的增强方式可以选自内骨骼增强、外骨骼增强中的至少一种。

[0021] 根据本发明,当所述增强结构对耐高温膜层为外骨骼增强时,所述耐高温膜层与所述增强结构的复合结构可以选自直接复合、间接复合中的至少一种。

[0022] 本发明中,所述直接复合是指耐高温膜层与增强结构直接复合在一起,即耐高温膜层与增强结构之间无其他膜层或涂层。

[0023] 本发明中,所述间接复合是指耐高温膜层与增强结构之间还设有其他膜层或涂层。

[0024] 根据本发明,当所述增强结构对耐高温膜层为外骨骼增强时,添加粘结剂或不添加粘结剂。

[0025] 根据本发明,所述粘结剂选自聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯(PVDF)及其改性物或共聚物(例如偏氟乙烯-六氟丙烯共聚物等)、聚丙烯腈、聚丙烯酸酯(如聚甲基丙烯酸甲酯、聚丙烯酸甲酯等)、聚丙烯酸、丁苯橡胶(SBR)、聚乙烯醇、共聚改性聚乙烯醇、聚醋酸乙烯酯、聚丙烯酰胺、酚醛树脂、环氧树脂、水性聚氨酯、乙烯-醋酸乙烯共聚物、多元丙烯酸类共聚物、聚苯乙烯磺酸锂、纯苯乳胶、聚偏二氟乙烯-三氯乙烯、聚偏二氟乙烯-氯代三氟乙烯、聚乙

烯吡咯烷酮、聚环氧乙烷、醋酸纤维素、醋酸丁酯纤维素、醋酸丙酯纤维素、氰乙基支链淀粉、氰乙基聚乙烯醇、氰乙基纤维素、氰乙基蔗糖及由前述聚合物衍生的共混、共聚聚合物中的至少一种。

[0026] 根据本发明,当所述增强结构对耐高温膜层为内骨骼增强时,所述增强结构在耐高温膜层中的分布位置选自靠近耐高温膜层上表面、靠近耐高温膜层下表面、位于耐高温膜层中间、随机分布中的至少一种。

[0027] 根据本发明,所述增强结构对所述耐高温膜层进行增强时,所述纤维材料在整个隔膜组成材料中的体积占比为0.1%-96%;进一步的,体积占比为3%-20%。

[0028] 根据本发明,所述隔膜的总厚度为 $3\mu\text{m}$ ~ $50\mu\text{m}$ 。

[0029] 本发明还提供上述隔膜的制备方法(第一种方法),包括如下步骤:

[0030] 1) 在隔膜生产设备的载体平板上铺设纤维材料;

[0031] 2) 将经过消泡的耐高温聚合物溶液均匀地流延到步骤1)的隔膜生产设备载体平板上,控制流延的液层厚度在工艺范围内;

[0032] 3) 将步骤2)得到的产物进行非溶剂相转换成型、水洗处理和干燥,得到所述隔膜。

[0033] 根据本发明,步骤3)中,所述非溶剂相转换成型是本领域的常规方法,又称为沉浸凝胶相转化法,或沉浸凝胶法,即将高分子溶液浸入非溶剂浴中,高分子聚合物在高分子溶液和非溶剂的界面快速析出,形成多孔层。

[0034] 根据本发明,第一种方法制备得到的是内骨骼增强的隔膜。

[0035] 本发明还提供上述隔膜的制备方法(第二种方法),包括如下步骤:

[0036] a) 在纤维材料表面附着粘结剂;

[0037] b) 将步骤a)得到的纤维材料铺设在耐高温膜层的表面;

[0038] c) 将步骤b)得到的产物进行干燥和热压定型,得到所述隔膜。

[0039] 根据本发明,步骤a)中,可以采用本领域常规的方法在纤维材料表面附着粘结剂;例如将纤维材料浸泡于粘结剂溶液中,或者在纤维材料表面刷涂或喷涂一层粘接剂。

[0040] 优选地,所述粘结剂的干重用量为纤维材料重量的0.1%-50%。

[0041] 根据本发明,第二种方法制备得到的是外骨骼增强的隔膜。

[0042] 本发明还提供上述隔膜在电池中的应用。

[0043] 根据本发明,所述电池例如为锂离子电池、钠离子电池等。

[0044] 本发明还提供一种电池,其含有上述隔膜。

[0045] 根据本发明,所述电池例如为锂离子电池、钠离子电池等。

[0046] 根据本发明,所述电池还含有正极片、负极片和电解液。在电池的电芯中,所述隔膜的增强结构更靠近负极片一侧。通过将隔膜的增强结构设置在更靠近负极片一侧,可以防止隔膜被负极表面的锂金属结晶刺穿,导致电芯内短路失效。

[0047] 本发明还提供上述电池的制备方法,包括将上述正极片、隔膜、负极片通过卷绕得到未注液的裸电芯;将裸电芯置于包装外壳(如铝塑膜包装外壳)中,将电解液注入到裸电芯中,经过化成、二封、分选等工序,制得所述电池。

[0048] 根据本发明,所述隔膜制备电芯时,所述隔膜的增强结构更靠近负极片一侧。

[0049] 本发明的有益效果

[0050] 目前常见的纤维材料如聚酰亚胺纤维和芳纶纤维,其拉伸强度在2GPa以上,远超

目前耐高温聚合物隔膜的拉伸强度。利用高强度纤维增强的复合材料,具有优异的拉伸强度,已经广泛应用于航空航天、精密仪器、建筑、交通等行业。有鉴于此,本发明采用纤维材料对耐高温聚合物隔膜进行增强,能显著提升整个隔膜的拉伸强度,以制备得到高强度耐高温隔膜。具体分析如下:

[0051] 本发明的高强度耐高温隔膜,包括耐高温膜层和纤维材料,所述隔膜同时满足下述三组条件:1)沿MD方向的拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 60\text{MPa}$;2)所述隔膜在 150°C 保温1h,沿MD方向的尺寸热收缩 $\leq 10\%$,沿TD方向的尺寸热收缩 $\leq 10\%$;3)所述隔膜在 150°C 保温1h,沿MD方向的拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$,沿TD方向的拉伸强度 $\geq 20\text{MPa}$ 。所述纤维材料在耐高温膜层的表面或内部形成增强结构,二者的有机结合赋予隔膜同时具有高强度性能和耐高温性能。在高温环境下,所述隔膜可以保持尺寸稳定性和机械性能稳定性,以防止电芯内短路进而引发的热失控失效。同时在隔膜涂布加工、隔膜分切加工或者电芯卷绕加工过程中,高强度的纤维材料可以抵抗外力的作用,以防止隔膜断裂,进而保证生产正常推进,以提升效率。

附图说明

[0052] 图1为本发明纤维材料内骨骼增强隔膜的结构示意图。

[0053] 图2为本发明纤维材料外骨骼增强隔膜的结构示意图。

[0054] 其中,1-耐高温膜层;2-内骨骼增强的纤维材料;3-内骨骼增强的纤维材料;4-耐高温膜层;5-外骨骼增强的纤维材料;6-外骨骼增强的纤维材料。

具体实施方式

[0055] 下文将结合具体实施例对本发明的技术方案做更进一步的详细说明。应当理解,下列实施例仅为示例性地说明和解释本发明,而不应被解释为对本发明保护范围的限制。凡基于本发明上述内容所实现的技术均涵盖在本发明旨在保护的范围内。

[0056] 除非另有说明,以下实施例中使用的原料和试剂均为市售商品,或者可以通过已知方法制备。

[0057] 实施例1-6和对比例1-2

[0058] 实施例1-6和对比例1-2的锂离子电池均按照下述制备方法进行制备,区别仅在于:隔膜制备过程中的原材料和/或制备工艺不同,具体区别如下表1所示。

[0059] 隔膜的制备方法1:如图1,在隔膜生产设备载体基板上,沿MD方向和TD方向各铺设一层纤维材料,且MD和TD方向的纤维材料的用量相同。再将经过消泡的聚合物溶液流延到载体基板上,并控制流延的液层厚度在工艺范围内。再进行非溶剂相转换成型、水洗处理和干燥,得到隔膜。在隔膜两面分别涂布厚度为 $1\mu\text{m}$ 的水性PVDF涂层,得到最终隔膜产品。隔膜总厚度控制在 $10\mu\text{m} \sim 12\mu\text{m}$ 。

[0060] 隔膜制备方法2:如图2,在纤维材料表面附着粘结剂,再在聚合物基材的表面沿MD方向和TD方向各铺设一层附着粘结剂的纤维材料,且MD和TD方向纤维材料的用量相同。再经过干燥和热压定型,得到隔膜。在隔膜两面分别涂布厚度为 $1\mu\text{m}$ 的水性PVDF涂层,得到最终隔膜产品。隔膜总厚度控制在 $10\mu\text{m} \sim 12\mu\text{m}$ 。

[0061] 隔膜制备方法3:得到未处理的基材隔膜。在基材隔膜两面分别涂布厚度为 $1\mu\text{m}$ 的

水性PVDF涂层,得到最终隔膜产品。隔膜总厚度控制在 $10\mu\text{m} \sim 12\mu\text{m}$ 。

[0062] 正极片制备:

[0063] 将正极活性物质 LiCoO_2 、粘结剂聚偏氟乙烯(PVDF)、导电剂乙炔黑按照重量比96.5:2:1.5进行混合,加入N-甲基吡咯烷酮(NMP),在真空搅拌机作用下搅拌,直至混合体系成均一流动性的正极浆料;将正极浆料均匀涂覆于厚度为 $10\mu\text{m}$ 的铝箔上;将上述涂覆好的铝箔在5段不同温度梯度的烘箱烘烤后,再将其在 120°C 的烘箱干燥8h,然后经过辊压、分切得到所需的正极片。

[0064] 负极片制备:

[0065] 将质量占比为95.9%的硅碳负极材料(采用SiO与石墨复合而成,SiO质量占比3%),质量占比为0.1%的单壁碳纳米管(SWCNT)导电剂、质量占比为1%的导电炭黑(SP)导电剂、质量占比为1%的羧甲基纤维素钠(CMC)分散剂及质量占比为2%的丁苯橡胶(SBR)粘结剂以湿法工艺制成负极浆料;将负极浆料均匀涂覆于厚度为 $10\mu\text{m}$ 的铜箔上;将上述涂覆好的铜箔在5段不同温度梯度的烘箱烘烤后,再将其在 85°C 的烘箱干燥5h,然后经过辊压、分切得到所需的硅碳负极片。

[0066] 电解液制备:

[0067] 在充满氩气,水氧含量合格的手套箱中,将碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯、丙酸丙酯和丙酸乙酯按照质量比1:2:5:2的比例混合均匀(溶剂需要归一化),然后向混合溶剂中快速加入 1mol/L 的充分干燥的六氟磷酸锂(LiPF_6) (使其浓度为12.5wt%) 和电解液添加剂(可选用本领域常规的电解液添加剂),得到电解液。

[0068] 锂离子电池的制备:

[0069] 将上述准备的正极片、隔膜、负极片通过卷绕得到未注液的裸电芯;将裸电芯置于铝塑膜包装外壳中,将上述制备好的电解液注入到干燥后的裸电芯中,经过化成、二封、分选等工序,获得所需的锂离子电池(所述隔膜的增强结构层更靠近负极)。

[0070] 对上述实施例1-6和对比例1-2所得到的隔膜进行性能测试(结果列于表1),并进行电芯卷绕验证和电芯炉温测试(结果列于表2),相关说明如下:

[0071] 1. 隔膜厚度测试:利用万分卡,测试隔膜样品厚度。测试结果如表1所示。

[0072] 2. 隔膜拉伸性能测试:分别沿着隔膜MD方向和TD方向将隔膜裁剪成15mm宽,100mm长的样条,采用高铁拉力机,拉伸速度为 $100\text{mm}/\text{min}$,测试隔膜的拉伸强度。测试结果如表1所示。

[0073] 3. 隔膜热收缩性能测试:将隔膜裁剪成 $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的样品,将样品在 150°C 保温1h,然后测试隔膜MD方向和TD方向尺寸变化。测试结果如表1所示。

[0074] 4. 隔膜高温处理后拉伸强度:将隔膜在 150°C 保温1h后,分别沿着隔膜MD方向和TD方向将隔膜裁剪成15mm宽,100mm长的样条,采用高铁拉力机,拉伸速度为 $100\text{mm}/\text{min}$,测试隔膜高温处理后的拉伸强度。测试结果如表1所示。

[0075] 5. 电芯卷绕验证:分别进行实施例1-6和对比例1-2的锂离子电池卷绕实验,记录卷绕中隔膜发生断裂的情况、电芯卷绕张力工艺窗口。测试结果如表2所示。

[0076] 6. 电芯 140°C -1h热冲击实验:将上述实施例1-6和对比例1-2所得电池用对流方式或循环热空气箱以起始温度(25 ± 3) $^\circ\text{C}$ 进行加热,升温速率(5 ± 2) $^\circ\text{C}/\text{min}$,升温至(140 ± 2) $^\circ\text{C}$,保持60min后结束试验,观察电芯是否热失控。测试结果如表2所示。

[0077] 表1:实施例1-6和对比例1-2隔膜组成和隔膜性能

组别	耐高温膜层成分	纤维材料成分	隔膜中纤维材料体积占比/%	隔膜厚度/ μm	隔膜拉伸强度		隔膜150°C/1h后尺寸热收缩比例		隔膜150°C/1h后拉伸强度		隔膜制备方法
					MD/MPa	TD/MPa	MD/%	TD/%	MD/MPa	TD/MPa	
实施例1	间位芳纶	聚酰亚胺	10	11.2	120	110	1	1	105	100	2
实施例2	间位芳纶	聚酰亚胺	3	11.3	60	60	1	1	50	45	2
实施例3	耐高温聚丙烯	聚酰亚胺	10	11.4	150	100	10	10	100	90	2
实施例4	间位芳纶	聚丙烯	10	11.1	116	112	1	1	29	28	2
实施例5	间位芳纶	聚酰亚胺	10	10.8	125	115	1	1	115	105	1
实施例6	间位芳纶	聚丙烯	10	10.6	120	116	1	1	30	29	1
对比例1	间位芳纶	-	0	11.1	20	18	1	1	18	16	3
对比例2	常规聚丙烯	聚酰亚胺	10	11.5	145	96	25	20	90	85	2

[0079] 表2:实施例1-6和对比例1-2的锂离子电池加工性能和电芯性能

组别	电芯卷绕张力工艺窗口	加工中隔膜断裂情况	电芯140°C-1h热冲击通过率
实施例1	大	无	10/10
实施例2	小	无	10/10
实施例3	大	无	7/10
实施例4	大	无	8/10
实施例5	大	无	10/10
实施例6	大	无	8/10
对比例1	小	有	3/10
对比例2	大	无	1/10

[0081] 由表2结果可以看出:实施例1和实施例5相比其他实施例和对比例,综合性能最优。通过实施例1、实施例2和对比例1比较,可以看出,隔膜拉伸强度提升,隔膜卷绕张力工艺窗口变大,隔膜断裂风险降低;通过实施例1、实施例3和对比例2比较,可以看出,隔膜150°C/1h后尺寸热收缩比例降低,电芯140°C-1h热冲击通过率提升;从实施例1、实施例4、实施例5和实施例6可以看出,本发明的隔膜150°C/1h后拉伸强度提升,电芯140°C-1h热冲击通过率提升。

[0082] 综上所述:本发明提供的高强度耐高温隔膜,将耐高温聚合物隔膜优异的耐热性能和高强度纤维材料优异的拉伸强度,完美地结合在一起,实现了电芯加工性能和电芯高温安全性能同时兼顾。此外,本发明申请人在实验中发现,改变耐高温膜层、纤维材料材料选择,具体如前文中列举的材料,得到的隔膜均具有与实施例1相同或等同的效果,并可使采用本发明隔膜的任意电池,不限于实施例中列举的锂离子电池,如应用于其他锂离子电池、钠离子电池、固态电池等均具有显著提高的安全性能,具有很好的应用前景。

[0083] 以上,对本发明的实施方式进行了说明。但是,本发明不限于上述实施方式。凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保

护范围之内。

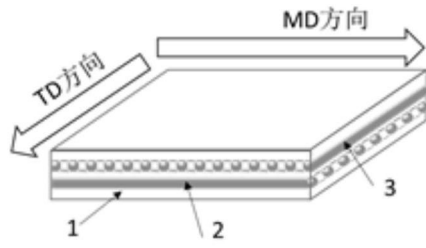


图1

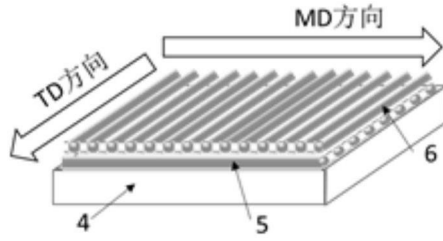


图2