



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117976868 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 03

(21) 申请号 202410126596.3

C01B 33/027 (2006.01)

(22) 申请日 2024.01.29

(71) 申请人 OPPO广东移动通信有限公司

地址 523860 广东省东莞市长安镇乌沙海
滨路18号

(72) 发明人 于沛 李魁 田晨

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限
公司 44202

专利代理师 骆浩华

(51) Int. Cl.

H01M 4/36 (2006.01)

H01M 4/62 (2006.01)

H01M 4/38 (2006.01)

H01M 4/134 (2010.01)

H01M 10/0525 (2010.01)

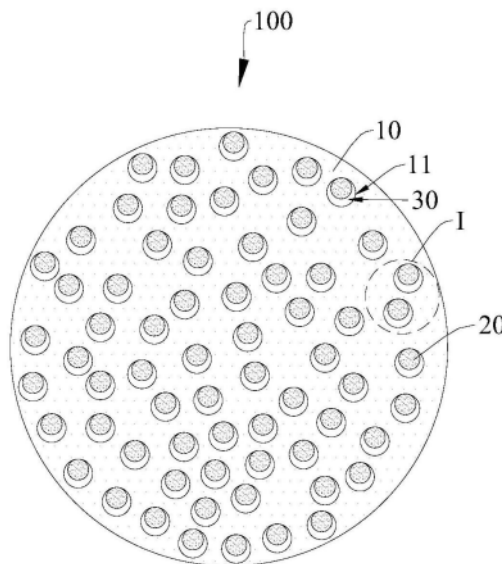
权利要求书2页 说明书21页 附图7页

(54) 发明名称

负极活性颗粒及其制备方法、负极极片、电
池及电子设备

(57) 摘要

本申请提供一种负极活性颗粒及其制备方法、负极极片、电池及电子设备。本申请的负极活性颗粒包括：骨架，骨架具有多个孔隙；以及硅颗粒，硅颗粒位于多个孔隙中，硅颗粒与孔隙的内壁之间的具有间隙，间隙的宽度的范围为0.4nm至1nm；负极活性颗粒具有第一X射线衍射图，在第一X射线衍射图中，间隙与硅颗粒满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$ ，其中， I_a 为第一X射线衍射图中， 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内衍射强度的最小值； I_b 为第一X射线衍射图中， 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si (111)的衍射峰的强度； 2θ 为衍射角。本申请的负极活性颗粒具有较低的膨胀率及较高的循环容量保持率。



1. 一种负极活性颗粒,其特征在于,包括:
骨架,所述骨架具有多个孔隙;以及
硅颗粒,所述硅颗粒位于所述多个孔隙中,所述硅颗粒与所述孔隙的内壁之间的具有间隙,所述间隙的宽度的范围为0.4nm至1nm;
所述负极活性颗粒具有第一X射线衍射图,在所述第一X射线衍射图中,所述间隙与所述硅颗粒满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si (111)的衍射峰的强度; 2θ 为衍射角。
2. 根据权利要求1所述的负极活性颗粒,其特征在于,所述负极活性颗粒经热处理后具有第二X射线衍射图,在所述第二X射线衍射图中,所述间隙与所述硅颗粒满足关系式: $0.5 \leq I_c/I_d \leq 0.95$,其中, I_c 为所述第二X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内衍射强度的最小值; I_d 为所述第二X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si (111)的衍射峰的强度;其中,所述热处理包括于惰性氛围下加热至 700°C 保温2h,并冷却至室温。
3. 根据权利要求1所述的负极活性颗粒,其特征在于,所述负极活性颗粒还包括碳包覆层,所述碳包覆层包裹于所述骨架的外周。
4. 根据权利要求3所述的负极活性颗粒,其特征在于,所述负极活性颗粒中,硅元素与碳元素的总质量分数大于或等于90%,硅元素与碳元素的质量比的范围为1:99至95:5。
5. 根据权利要求3所述的负极活性颗粒,其特征在于,所述骨架为多孔碳化物,所述多孔碳化物包括氮、氧、氟、氯、钛、锆、钒、钼、钨、铝、铁中的至少一种元素;所述负极活性颗粒中,硅元素的质量分数的范围为1%至95%,所述多孔碳化物及所述碳包覆层的总质量分数的范围为5%至99%。
6. 根据权利要求3所述的负极活性颗粒,其特征在于,所述负极活性颗粒的中值粒径 D_{50} 的范围为: $300\text{nm} \leq D_{50} \leq 50\mu\text{m}$,所述硅颗粒的平均粒径 D_1 的范围为: $0.4\text{nm} \leq D_1 \leq 2\text{nm}$;所述负极活性颗粒的比表面积 S 的范围为: $0.1\text{m}^2/\text{g} \leq S \leq 30\text{m}^2/\text{g}$ 。
7. 一种负极活性颗粒的制备方法,其特征在于,包括:
提供骨架,所述骨架具有多个孔隙;以及
在所述骨架中通入硅源气体,以在所述多个孔隙内沉积硅颗粒,得到负极活性颗粒,其中,所述硅颗粒与所述孔隙的内壁之间的具有间隙,所述间隙的范围为0.4nm至1nm;所述负极活性颗粒具有第一X射线衍射图,所述间隙与所述硅颗粒满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si (111)的衍射峰的强度。
8. 根据权利要求7所述的负极活性颗粒的制备方法,其特征在于,所述在所述骨架中通入硅源气体,以在所述多个孔隙内沉积硅颗粒,得到负极活性颗粒,包括:
于温度 T_1 为 $400^\circ\text{C} \leq T_1 \leq 700^\circ\text{C}$ 下,通入硅源气体,以在所述多个孔隙内沉积硅颗粒,并控制所述硅颗粒的沉积时间 t 与所述骨架的孔容 V 的比值 t/V 的范围为 $10\text{gh}/\text{cm}^3 \leq t/V \leq 500\text{gh}/\text{cm}^3$ 。
9. 根据权利要求7或8所述的负极活性颗粒的制备方法,其特征在于,硅源气体的质量 m 与所述骨架的多个孔隙的总容积 V' 的比值 m/V' 的范围为 $0.05\text{g}/\text{cm}^3 \leq m/V' \leq 1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 。
10. 一种负极极片,其特征在于,包括:

负极集流体;以及

负极活性层,所述负极活性层设置于所述负极集流体的表面,所述负极活性层包括权利要求1-6任一项所述的负极活性颗粒或权利要求7-9任一项所述的负极活性颗粒的制备方法制得的负极活性颗粒。

11.一种电池,其特征在于,包括:

电解液;

正积极片,所述正积极片至少部分浸渍于所述电解液中;

隔膜,所述隔膜位于所述正积极片的一侧,且至少部分浸渍于所述电解液中,以及

权利要求10所述的负积极片,所述负积极片设置于所述隔膜背离所述正积极片的一侧且至少部分浸渍于所述电解液中。

12.一种电子设备,其特征在于,包括:

设备本体;以及

权利要求11所述的电池,所述电池用于为所述设备本体进行供电。

负极活性颗粒及其制备方法、负极极片、电池及电子设备

技术领域

[0001] 本申请涉及电子领域,具体涉及一种负极活性颗粒及其制备方法、负极极片、电池及电子设备。

背景技术

[0002] 硅材料具有较高的理论比容量(硅的理论比容量为4200mAh/g),是最具潜力的下一代高能量密度电池的负极材料。然而,硅本身在嵌锂过程中会发生巨大的膨胀,容易使得硅颗粒破碎,使得在充放电过程中硅颗粒反复生成新的固体电解质界面(Solid Electrolyte Interphase,简称SEI膜),这会加速电解液的消耗,进而导致电池的循环容量保持率的下降过快。

发明内容

[0003] 本申请实施例提供一种负极活性颗粒,其具有较低的膨胀率及较高的循环容量保持率。

[0004] 本申请第一方面实施例提供了一种负极活性颗粒,其包括:

[0005] 骨架,所述骨架具有多个孔隙;以及

[0006] 硅颗粒,所述硅颗粒位于所述多个孔隙中,所述硅颗粒与所述孔隙的内壁之间的具有间隙,所述间隙的宽度的范围为0.4nm至1nm;

[0007] 所述负极活性颗粒具有第一X射线衍射图,在所述第一X射线衍射图中,所述间隙与所述硅颗粒满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si(111)的衍射峰的强度; 2θ 为衍射角。

[0008] 本申请第二方面实施例提供了一种负极活性颗粒的制备方法,其包括:

[0009] 提供骨架,所述骨架具有多个孔隙;以及

[0010] 在所述骨架中通入硅源气体,以在所述多个孔隙内沉积硅颗粒,得到负极活性颗粒,其中,所述硅颗粒与所述孔隙的内壁之间的具有间隙,所述间隙的范围为0.4nm至1nm;所述负极活性颗粒具有第一X射线衍射图,所述间隙与所述硅颗粒满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si(111)的衍射峰的强度。

[0011] 本申请第三方面实施例提供了一种负极极片,其包括:

[0012] 负极集流体;以及

[0013] 负极活性层,所述负极活性层设置于所述负极集流体的表面,所述负极活性层包括本申请第一方面所述的负极活性颗粒或本申请第二方面所述的负极活性颗粒的制备方法制得的负极活性颗粒。

[0014] 本申请第四方面实施例提供了一种电池,其包括:

[0015] 电解液;

- [0016] 正极极片,所述正极极片至少部分浸渍于所述电解液中;
- [0017] 隔膜,所述隔膜位于所述正极极片的一侧,且至少部分浸渍于所述电解液中,以及
- [0018] 本申请第三方面所述的负极极片,所述负极极片设置于所述隔膜背离所述正极极片的一侧且至少部分浸渍于所述电解液中。
- [0019] 本申请第五方面实施例提供了一种电子设备,其包括:设备本体;以及
- [0020] 本申请第四方面所述的电池,所述电池用于为所述设备本体进行供电。
- [0021] 本申请实施例的负极活性颗粒包括骨架及硅颗粒,所述骨架具有多个孔隙,所述硅颗粒位于所述多个孔隙中,所述硅颗粒与所述孔隙的内壁之间的具有间隙,所述间隙的宽度的范围为0.4nm至1nm;所述负极活性颗粒具有第一X射线衍射图,所述间隙与所述硅颗粒满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内的衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si (111)的衍射峰的强度, 2θ 为衍射角。当 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$ 时,负极活性颗粒存在足够多的0.4nm至1.0nm的间隙,可以用来缓冲硅颗粒在嵌锂个欧承重的膨胀,0.4nm至1.0nm的间隙可以给小于2nm的硅颗粒的膨胀提供足够的缓冲空间,减小硅颗粒的膨胀对负极活性颗粒的破坏,降低负极活性颗粒的膨胀,从而使得负极活性颗粒具有较低的膨胀率,此外,负极活性颗粒的膨胀率较小,破坏较小,可以减少充放电过程中,负极活性颗粒的表面反复生成SEI膜,减缓了电解液的消耗,提高了负极活性颗粒的循环容量保持率。

附图说明

- [0022] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。
- [0023] 图1是本申请一实施例的负极活性颗粒的结构示意图。
- [0024] 图2是本申请图1中虚线框I的放大图。
- [0025] 图3是本申请又一实施例的负极活性颗粒的结构示意图。
- [0026] 图4是本申请一实施例的负极活性颗粒的制备方法流程示意图。
- [0027] 图5是本申请又一实施例的负极活性颗粒的制备方法流程示意图。
- [0028] 图6是本申请一实施例的负极极片的结构示意图。
- [0029] 图7是本申请一实施例的电池的结构示意图。
- [0030] 图8是本申请一实施例的电池沿图7中A-A方向的剖视结构示意图。
- [0031] 图9是本申请一实施例的正极极片的结构示意图。
- [0032] 图10是本申请实施例1的负极活性颗粒的第一X射线衍射图。
- [0033] 图11是本申请实施例1的负极活性颗粒的第二X射线衍射图。
- [0034] 图12是本申请一实施例的电子设备的结构示意图。
- [0035] 图13是本申请一实施例的电子设备的爆炸结构示意图。
- [0036] 图14是本申请一实施例的电子设备的电路框图。
- [0037] 附图标记说明:
- [0038] 100-负极活性颗粒,10-骨架,11-孔隙,20-硅颗粒,30-间隙,40-碳包覆层,400-负极极片,410-负极集流体,420-负极活性层,500-电池,510-正极极片,511-正极集流体,

513-正极活性层,530-隔膜,550-壳体,570-端盖组件,600-电子设备,610-设备本体,611-显示屏,613-中框,615-壳体,6151-透光部,616-存储器,617-处理器,618-摄像头模组。

具体实施方式

[0039] 为了使本技术领域的人员更好地理解本申请方案,下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0040] 本申请的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别不同对象,而不是用于描述特定顺序。此外,术语“包括”和“具有”以及它们任何变形,意图在于覆盖不排他的包含。例如包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备没有限定于已列出的步骤或单元,而是可选地还包括没有列出的步骤或单元,或可选地还包括对于这些过程、方法、产品或设备固有的其他步骤或单元。

[0041] 下面将结合附图,对本申请实施例中的技术方案进行描述。

[0042] 需要说明的是,为便于说明,在本申请的实施例中,相同的附图标记表示相同的部件,并且为了简洁,在不同实施例中,省略对相同部件的详细说明。

[0043] 随着锂离子电池技术的不断发展,锂离子电池与铅酸、镉镍等其他类型的电池相比具有比容量大、无记忆效应、工作电压高、充电速度快、工作温度范围宽、循环寿命长、体积小、重量轻等优点。目前,锂离子已广泛应用于移动电话、笔记本电脑、电动汽车、储能电柜等领域,并且其应用范围越来越广泛。

[0044] 硅材料具有较高的理论比容量(硅的理论比容量为4200mAh/g),是最具潜力的下一代高能量密度电池的负极材料。然而,硅本身在嵌锂过程中会发生巨大的膨胀,容易使得硅颗粒破碎,使得在充放电过程中硅颗粒反复生成新的固体电解质界面(Solid Electrolyte Interphase,简称SEI膜),这会加速电解液的消耗,进而导致电池的循环容量保持率的下降过快。

[0045] 请参见图1和图2,本申请实施例提供一种负极活性颗粒100,其包括骨架10以及硅颗粒20,所述骨架10具有多个孔隙11;所述硅颗粒20位于所述多个孔隙11中,所述硅颗粒20与所述孔隙11的内壁之间的具有间隙30,所述间隙30的宽度的范围为0.4nm至1nm;所述负极活性颗粒100具有第一X射线衍射图,在所述第一X射线衍射图中,所述间隙30与所述硅颗粒20满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围的衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si(111)的衍射峰的强度; 2θ 为衍射角。

[0046] 本申请的负极活性颗粒100可以用于电池(例如锂电池),具体地,负极活性颗粒100可以作为电池的负极极片的负极活性层的活性物质。

[0047] 本申请的实施例中,当涉及到数值范围a至b时,如未特别指明,表示该数值可以为a至b之间的任意数值,包括端点数值a及端点数值b。

[0048] 需要说明的是,在实际测试过程中,Si(111)的衍射峰的衍射角可能会有所偏移,但是基本都在 28.2° 至 28.5° 的范围内。

[0049] 需要说明的是, I_b 为第一X射线衍射图中,Si(111)的衍射峰的强度。

[0050] 需要说明的是,本申请所述的“孔隙11”指骨架10在未填充硅颗粒20之前,骨架10所具有的孔隙11。“间隙30”指负极活性颗粒100上的孔洞,即骨架10的孔隙11中填充了硅颗粒20后,未被硅颗粒20填充的部分形成的孔洞称为间隙30。

[0051] 需要说明的是,所述骨架10具有多个孔隙11,可以理解地,所述骨架10为多孔结构。可选地,所述骨架10可以为但不限于为多孔碳骨架10、多孔碳化物骨架10等中的至少一种。

[0052] 需要说明的是,间隙30的数量为多个,多个间隙30分散于负极活性颗粒100。

[0053] 可以理解地,本申请的负极活性颗粒100为硅基负极材料或硅碳复合材料。

[0054] 需要说明的是,所述第一X射线衍射图中,衍射角 2θ 为 8.8° 的衍射强度为第一X射线衍射图中宽度为0.4nm的间隙30的衍射强度。所述第一X射线衍射图中,衍射角 2θ 为 22° 的衍射强度为第一X射线衍射图中宽度1nm的间隙30的衍射强度。 I_a 为第一X射线衍射图中宽度为0.4nm至1nm范围内的间隙30的最低衍射强度。

[0055] 具体地,所述间隙30的宽度可以为但不限于为0.4nm、0.5nm、0.6nm、0.7nm、0.8nm、0.9nm、1nm等。所述间隙30的宽度太小,则间隙30的含量太少,在负极活性颗粒100应用于电池,在电池进行充放电的过程中,间隙30不足以缓冲硅颗粒20在嵌锂过程中的膨胀,从而增加了负极活性颗粒100的膨胀率,增加了电解液消耗的速率,降低了电池的循环容量保持率;所述间隙30的宽度太大,则间隙30的含量过大,使得负极活性颗粒100的能量密度降低。

[0056] 具体地, I_a/I_b 可以为但不限于0.6、0.62、0.65、0.68、0.7、0.73、0.75、0.78、0.8、0.83、0.85、0.88、0.9、0.92、0.95等。 I_a/I_b 太小,则间隙30的含量太少,在负极活性颗粒100应用于电池,在电池进行充放电的过程中,间隙30不足以缓冲硅颗粒20在嵌锂过程中的膨胀,从而增加了负极活性颗粒100的膨胀率,使得负极活性颗粒100容易碎裂,进而在负极活性颗粒100的表面反复生成新的SEI膜,增加了电解液消耗的速率,降低了电池的循环容量保持率; I_a/I_b 太大,则间隙30的含量过大,使得负极活性颗粒100的能量密度降低。

[0057] 进一步地,在所述第一X射线衍射图中,所述间隙30与所述硅颗粒20满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.85$ 。这样可以使得负极活性颗粒100具有在嵌锂的过程中具有较低膨胀率,使得负极活性颗粒100在嵌锂过程中更不易于破碎,从而具有较高的循环容量保持率,此外,负极活性颗粒100还具有较高的能量密度。

[0058] 本申请实施例的负极活性颗粒100包括骨架10及硅颗粒20,所述骨架10具有多个孔隙11,所述硅颗粒20位于所述多个孔隙11中,所述硅颗粒20与所述孔隙11的内壁之间的具有间隙30,所述间隙30的宽度的范围为0.4nm至1nm;所述负极活性颗粒100具有第一X射线衍射图,所述间隙30与所述硅颗粒20满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内的衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si (111)的衍射峰的强度, 2θ 为衍射角。当 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$ 时,负极活性颗粒100存在足够多的0.4nm至1.0nm的间隙30,可以用来缓冲硅颗粒20在嵌锂个欧承重的膨胀,0.4nm至1.0nm的间隙30可以给小于2nm的硅颗粒20的膨胀提供足够的缓冲空间,减小硅颗粒20的膨胀对负极活性颗粒100的破坏,降低负极活性颗粒100的膨胀,从而使得负极活性颗粒100具有较低的膨胀率,此外,负极活性颗粒100的膨胀率较小,破坏较小,可以减少充放电过程中,负极活性颗粒100的表面反复生成SEI膜,减缓了电解液的消耗,提高了负极活性颗粒100的循环容量保持率。

[0059] 可选地,所述孔隙11的平均孔尺寸的范围为0.8nm至4nm。具体地,所述孔隙11的平均孔尺寸可以为但不限于为0.8nm、1.0nm、1.2nm、1.4nm、1.6nm、1.8nm、2.0nm、2.2nm、2.4nm、2.6nm、2.8nm、3.0nm、3.2nm、3.4nm、3.6nm、3.8nm、4nm等。

[0060] 可选地,骨架10的孔隙11的孔径可以采用氮气吸脱附的方法进行测试。

[0061] 可选地,所述骨架10的孔容V的范围为 $0.2\text{cm}^3/\text{g}$ 至 $1.5\text{cm}^3/\text{g}$ 。具体地,所述骨架10的孔容V可以为但不限于为 $0.2\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.3\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.4\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.5\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.6\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.7\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.8\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.9\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.0\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.1\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.2\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.3\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.4\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.5\text{cm}^3/\text{g}$ 等。骨架10的孔容太小,则不足以沉积足够的硅颗粒20,从而降低了负极活性颗粒100的克容量;骨架10的孔容太大,则孔太多,也会降低负极活性颗粒100的能量密度,骨架10的比例较少,容易破碎,从而降低了负极活性颗粒100的循环性能。

[0062] 本申请的“孔容”指单位质量的骨架10所具有的孔隙11的总容积。

[0063] 在一些实施例中,所述负极活性颗粒100经热处理后具有第二X射线衍射图,在所述第二X射线衍射图中,所述间隙30与所述硅颗粒20满足关系式: $0.5 \leq I_c/I_d \leq 0.95$, I_c 为所述第二X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内衍射强度的最小值; I_d 为所述第二X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si (111)的衍射峰的强度;其中,所述热处理包括于惰性氛围下加热至 700°C 保温2h,并冷却至室温。

[0064] 可选地,惰性氛围可以为但不限于为氮气氛围、氩气氛围等中的至少一种。

[0065] 可选地,所述热处理在真空条件下进行。

[0066] 可选地,在其他实施例中,所述热处理的温度可以为但不限于 650°C 至 750°C ,例如 650°C 、 680°C 、 700°C 、 725°C 、 750°C 等。热处理的温度太低,则无定形硅无法形成晶体硅,在第二X射线衍射图中无法形成硅晶峰,温度太高,则硅和碳容易发生反应生成碳化硅。

[0067] 具体地, I_c/I_d 可以为但不限于为0.5、0.52、0.55、0.58、0.6、0.62、0.65、0.68、0.7、0.73、0.75、0.78、0.8、0.83、0.85、0.88、0.9、0.92、0.95等。 I_c/I_d 太小,则间隙30的含量太少,在负极活性颗粒100应用于电池,在电池进行充放电的过程中,间隙30不足以缓冲硅颗粒20在嵌锂过程中的膨胀,使得负极活性颗粒100的膨胀率过大,增加了电解液消耗的速率,降低了电池的循环容量保持率,此外,负极活性颗粒100在嵌锂的过程中容易生成 $\text{Li}_{15}\text{Si}_4$ 晶体相,在晶体相形成的过程中,负极活性颗粒100会导致更高的内部应力,产生更大的体积变化,使得负极活性颗粒100的循环性能变差; I_c/I_d 太大,则间隙30的含量过大,使得负极活性颗粒100的能量密度降低。

[0068] 在本实施例中,通过使得 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,从而可以减小负极活性颗粒100在嵌锂过程中 $\text{Li}_{15}\text{Si}_4$ 晶体相的形成,进而可以减小负极活性颗粒100在嵌锂过程中的体积变化,更好的减弱 $\text{Li}_{15}\text{Si}_4$ 晶体相的形成导致的负极活性颗粒100破碎,使得负极活性颗粒100具有更稳定硅结构,从而具有更高的循环容量保持率;此外,还可以使得负极活性颗粒100具有更高的能量密度。

[0069] 进一步地,在所述第二X射线衍射图中,所述间隙30与所述硅颗粒20满足关系式: $0.5 \leq I_c/I_d \leq 0.85$ 。这样可以使得负极活性颗粒100具有在嵌锂的过程中具有更低膨胀率,使得负极活性颗粒100在嵌锂过程中更不易于破碎,从而具有更高的循环容量保持率,此外,负极活性颗粒100还具有更高的能量密度。

[0070] 又进一步地,在所述第二X射线衍射图中,所述间隙30与所述硅颗粒20满足关系

式： $0.5 \leq I_c/I_d \leq 0.75$ 。这样可以使得负极活性颗粒100具有在嵌锂的过程中具有更低膨胀率，使得负极活性颗粒100在嵌锂过程中更不易于破碎，从而具有更高的循环容量保持率，此外，负极活性颗粒100还具有更高的能量密度。

[0071] 请参见图3，在一些实施例中，所述负极活性颗粒100还包括碳包覆层40，所述碳包覆层40包裹于所述骨架10的外周。

[0072] 可以理解地，碳包覆层40用于封闭骨架10的孔隙11，以防止硅颗粒20裸露于负极活性颗粒100的表面，所述骨架10及硅颗粒20均被包裹于碳包覆层40内。

[0073] 当硅颗粒20暴露在负极活性颗粒100的表面时，硅颗粒20与电解液直接接触，会发生副反应，消耗活性硅和电解液，降低了硅颗粒20的比容量，且使得负极活性颗粒100的循环容量保持率随着循环次数的增加持续下降。在本实施例中，负极活性颗粒100具有碳包覆层40，应用于电池时，可以防止硅颗粒20与电解液直接接触，从而避免发生较多的副反应，使得负极活性颗粒100具有更高的循环容量保持率，特别是高温循环性能。

[0074] 可选地，所述碳包覆层40的厚度的范围为：1nm至1000nm。具体地，所述碳包覆层40的厚度可以为但不限于为1nm、3nm、5nm、8nm、10nm、15nm、20nm、30nm、40nm、50nm、60nm、70nm、80nm、90nm、100nm、150nm、200nm、300nm、400nm、500nm、600nm、700nm、800nm、900nm、1000nm等。在本实施例中，所述碳包覆层40的厚度太厚，则使得负极活性颗粒100中碳元素的含量过高，硅的比例下降，从而降低了负极活性颗粒100的比容量；所述碳包覆层40的厚度太薄，则碳包覆层40对骨架10的包覆不完全，容易使得将硅颗粒20与电解液隔绝不完全，副反应增多，降低了负极活性颗粒100的循环容量保持率。

[0075] 进一步地，所述碳包覆层40的厚度的范围为：2nm至900nm。这样可以使得负极活性颗粒100更高比容量的同时，又具有更高的循环容量保持率。

[0076] 又进一步地，所述碳包覆层40的厚度的范围为：2nm至500nm。这样可以使得负极活性颗粒100更高比容量的同时，又具有更高的循环容量保持率。

[0077] 又进一步地，所述碳包覆层40的厚度的范围为：5nm至100nm。这样可以使得负极活性颗粒100更高比容量的同时，又具有更高的循环容量保持率。

[0078] 在一些实施例中，所述负极活性颗粒100中，硅元素与碳元素的总质量分数大于或等于90%，硅元素与碳元素的质量比的范围为1:99至95:5。

[0079] 具体地，所述负极活性颗粒100中，硅元素与碳元素的总质量分数可以为但不限于为90%、91%、92%、93%、94%、95%、96%、97%、98%、99%等。所述负极活性颗粒100中，硅元素与碳元素的总质量分数太大，则降低了负极活性颗粒100的能量密度。

[0080] 具体地，所述负极活性颗粒100中，硅元素与碳元素的质量比可以为但不限于为1:99、1:90、1:80、1:70、1:50、1:30、1:10、1:1、3:1、5:1、7:1、10:1、13:1、15:1、17:1、95:5等。所述负极活性颗粒100中，硅元素与碳元素的质量比太小，则负极活性颗粒100中活性物质太少，降低了负极活性颗粒100的比容量；所述负极活性颗粒100中，硅元素与碳元素的质量比太大，则在负极活性颗粒100在嵌锂的过程中，骨架10不足以支撑硅颗粒20的膨胀，使得负极活性颗粒100容易破裂，影响使用该负极活性颗粒100的电池的循环性能。当所述负极活性颗粒100中硅元素与碳元素的质量比处于这个范围时，可以使得负极活性颗粒100具有较高的比容量的同时，又具有较高的循环容量保持率。

[0081] 进一步地，所述负极活性颗粒100中，硅元素与碳元素的质量比的范围为2:8至7:

3.当所述负极活性颗粒100中硅元素与碳元素的质量比处于这个范围时,可以使得负极活性颗粒100兼具较高的比容量及较高的循环容量保持率。

[0082] 在一些实施例中,所述负极活性颗粒100还包括掺杂元素,所述掺杂元素包括非金属元素或金属元素中的至少一种。

[0083] 可选地,非金属元素包括氧、硫、氮、磷、氢等中的至少一种。氧元素的掺杂可以缓解负极活性颗粒100嵌锂过程中硅颗粒20的膨胀,从而降低负极活性颗粒100的膨胀率,提高使用该负极活性颗粒100的电池的循环性能;硫、氮、磷掺杂则以改善负极活性颗粒100的导电性,从而提高使用该负极活性颗粒100的电池的动力学性能;氢元素可以保持一定硅的无定型状态,有利于使用该负极活性颗粒100的电池的循环性能。

[0084] 可选地,金属元素包括锂、铝、镁、钛、钠、铜、铁等中的一种。锂的掺杂具有补锂效果,有利于提高使用该负极活性颗粒100的电池的首次效率;铝、镁、钛、钠、铜、铁可以作为骨架10的组成元素,例如以这些金属元素的多孔碳化物作为骨架10,提高负极活性颗粒100的导电性,从而提高使用该负极活性颗粒100的电池的动力学性能。

[0085] 在另一些实施例中,所述骨架10为多孔碳化物,所述多孔碳化物包括氮、氧、氟、氯、钛、锆、钒、钼、钨、铝、铁中的至少一种元素;所述负极活性颗粒100中,硅元素的质量分数的范围为1%至95%,所述多孔碳化物及所述碳包覆层40的总质量分数的范围为5%至99%。

[0086] 可以理解地,所述多孔碳化物包括碳、以及氮、氧、氟、氯、钛、锆、钒、钼、钨、铝、铁等中的至少一种元素。多孔碳化物具有较高的强度,可以更好的防止负极活性颗粒100在嵌锂过程中发生破裂,提高使用该负极活性颗粒100的电池的循环容量保持率;此外,多孔碳化物具有较高的导电性,可以提高负极活性颗粒100的动力学性能,从而提高使用该负极活性颗粒100的电池的动力学性能。

[0087] 在一具体实施例中,多孔碳化物可以为但不限于为碳化钛(TiC)。

[0088] 具体地,所述负极活性颗粒100中,硅元素的质量分数可以为但不限于为1%、3%、5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、95%等。

[0089] 具体地,所述负极活性颗粒100中,所述多孔碳化物及所述碳包覆层40的总质量分数可以为但不限于为5%、8%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、95%、99%等。

[0090] 在本实施例中,硅元素的质量分数太低,所述多孔碳化物及所述碳包覆层40的总质量分数太高,则负极活性颗粒100中活性物质太少,降低了负极活性颗粒100的比容量;硅元素的质量分数太高,所述多孔碳化物及所述碳包覆层40的总质量分数太低,则在负极活性颗粒100在嵌锂的过程中,骨架10不足以支撑硅颗粒20的膨胀,使得负极活性颗粒100容易破裂,影响使用该负极活性颗粒100的电池的循环性能。

[0091] 进一步地,所述骨架10为多孔碳化物,所述多孔碳化物包括氮、氧、氟、氯、钛、锆、钒、钼、钨、铝、铁中的至少一种元素;所述负极活性颗粒100中,硅元素的质量分数的范围为20%至70%,所述多孔碳化物及所述碳包覆层40的总质量分数的范围为30%至80%。这样可以使得负极活性颗粒100兼具较高的比容量及较高的循环容量保持率。

[0092] 在一些实施例中,所述负极活性颗粒100的中值粒径D50的范围为: $300\text{nm} \leq D50 \leq 50\mu\text{m}$ 。

[0093] 具体地,所述负极活性颗粒100的中值粒径D50可以为但不限于为300nm、400nm、500nm、600nm、700nm、800nm、1 μ m、3 μ m、5 μ m、7 μ m、10 μ m、13 μ m、15 μ m、18 μ m、20 μ m、25 μ m、30 μ m、35 μ m、40 μ m、45 μ m、50 μ m等。

[0094] 在本实施例中,所述负极活性颗粒100的中值粒径D50过大,则负极活性颗粒100应用于锂电池时,使得锂离子在负极活性颗粒100内部的传输路径增加,增大锂离子的传输阻抗,导致动力学变差;所述负极活性颗粒100的中值粒径D50过小,则负极活性颗粒100的比表面积增大,负极活性颗粒100与电解液接触面积增多,SEI膜增多,在电池的充放电循环过程中SEI膜的反复破坏和生长会消耗更多的电解液,容易使得电池的循环容量保持率降低。当所述负极活性颗粒100的中值粒径D50的范围为:300nm $\leq$ D50 $\leq$ 50 μ m时,可以使得负极活性颗粒100具有较好的动力学性能的同时,又具有较高的循环容量保持率。

[0095] 进一步地,所述负极活性颗粒100的中值粒径D50的范围为:1 μ m $\leq$ D50 $\leq$ 20 μ m。当负极活性颗粒100的中值粒径处于这个范围时,可以使得负极活性颗粒100具有较好的动力学性能的同时,又具有较高的循环容量保持率。

[0096] 进一步地,所述负极活性颗粒100的中值粒径D50的范围为:3 μ m $\leq$ D50 $\leq$ 15 μ m。当负极活性颗粒100的中值粒径处于这个范围时,可以使得负极活性颗粒100具有较好的动力学性能的同时,又具有较高的循环容量保持率。

[0097] 进一步地,所述负极活性颗粒100的中值粒径D50的范围为:5 μ m $\leq$ D50 $\leq$ 12 μ m。当负极活性颗粒100的中值粒径处于这个范围时,可以使得负极活性颗粒100具有较好的动力学性能的同时,又具有较高的循环容量保持率。

[0098] 可选地,所述硅颗粒20的平均粒径D1的范围为:0.4nm $\leq$ D1 $\leq$ 2nm。具体地,所述硅颗粒20的平均粒径D1可以为但不限于为0.4nm、0.5nm、0.6nm、0.7nm、0.8nm、0.9nm、1.0nm、1.1nm、1.2nm、1.3nm、1.4nm、1.5nm、1.6nm、1.7nm、1.8nm、1.9nm、2.0nm等。所述硅颗粒20的平均粒径太小,则硅呈原子态,无法形成硅相,这样降低了锂离子的嵌入,进而降低了负极活性颗粒100的比容量;硅颗粒20的平均粒径太大,则在负极活性颗粒100进行嵌锂的过程中,易于生成Li₁₅Si₄晶体相,相变的发生会导致负极活性颗粒100更高的内部应力、产生更大的体积变化,从而使得负极活性颗粒100更易于破碎,降低了负极活性颗粒100的循环容量保持率。当硅颗粒20的平均粒径D1为0.4nm $\leq$ D1 $\leq$ 2nm时,硅颗粒20具有足够小的尺寸,使得硅颗粒20在嵌锂脱离过程中所受的压力足够小,减小负极活性颗粒100的破碎,保证硅结构的稳定性,从而进一步提高负极活性颗粒100的循环性能。

[0099] 进一步地,所述硅颗粒20的平均粒径D1的范围为:0.5nm $\leq$ D1 $\leq$ 1.8nm。当硅颗粒20的平均粒径处于这个范围时,可以使得负极活性颗粒100进行嵌锂的过程中,更不易于生成Li₁₅Si₄晶体相,从而更好的提高负极活性颗粒100的结构稳定性,使得负极活性颗粒100具有更高的循环容量保持率。

[0100] 又进一步地,所述硅颗粒20的平均粒径D1的范围为:0.7nm $\leq$ D1 $\leq$ 1.8nm。当硅颗粒20的平均粒径处于这个范围时,可以使得负极活性颗粒100进行嵌锂的过程中,更不易于生成Li₁₅Si₄晶体相,从而更好的提高负极活性颗粒100的结构稳定性,使得负极活性颗粒100具有更高的循环容量保持率。

[0101] 可选地,所述硅颗粒20的平均粒径可以通过以下方式进行测量:将负极活性颗粒100于惰性氛围(如氮气或氩气)下加热到700度保温2h,并降温至室温,获取经热处理的负

极活性颗粒100的第二X射线衍射图,由第二X射线衍射图中 $2\theta=28.4^\circ$ 附近的Si (111)的衍射峰的半高宽,通过谢乐方法计算得到硅颗粒20的平均粒径。

[0102] 可选地,所述负极活性颗粒100的比表面积S的范围为: $0.1\text{m}^2/\text{g}\leq S\leq 30\text{m}^2/\text{g}$ 。具体地,所述负极活性颗粒100的比表面积S可以为但不限于为 $0.1\text{m}^2/\text{g}$ 、 $0.3\text{m}^2/\text{g}$ 、 $0.5\text{m}^2/\text{g}$ 、 $0.8\text{m}^2/\text{g}$ 、 $1\text{m}^2/\text{g}$ 、 $3\text{m}^2/\text{g}$ 、 $5\text{m}^2/\text{g}$ 、 $8\text{m}^2/\text{g}$ 、 $10\text{m}^2/\text{g}$ 、 $12\text{m}^2/\text{g}$ 、 $14\text{m}^2/\text{g}$ 、 $16\text{m}^2/\text{g}$ 、 $18\text{m}^2/\text{g}$ 、 $20\text{m}^2/\text{g}$ 、 $22\text{m}^2/\text{g}$ 、 $24\text{m}^2/\text{g}$ 、 $26\text{m}^2/\text{g}$ 、 $28\text{m}^2/\text{g}$ 、 $30\text{m}^2/\text{g}$ 等。所述负极活性颗粒100的比表面积较小时,可以更好的降低负极活性颗粒100与电解液的接触面积,避免循环过程中消耗过多的电解液,降低负极颗粒的循环容量保持率;但是当负极活性颗粒100的比表面积过小时,则负极活性颗粒100的尺寸较大,较大的尺寸使得锂离子在负极活性颗粒100内部的传输路径增加,增加了锂离子传输的阻抗,使得负极活性颗粒100的动力学性能变差;负极活性颗粒100的比表面积太大,则应用于电池时,负极活性颗粒100与电解液的接触面积增多,SEI膜增多,在电池的充放电循环过程中SEI膜的反复破坏和生长会消耗更多的电解液,容易使得电池的循环容量保持率降低。

[0103] 需要说明的是,本申请的“比表面积”如未特别指明,均为BET比表面积,即单位质量物料所具有的总面积。“BET”即Brunauer、Emmett和Teller三位科学家的首字母组合。

[0104] 进一步地,所述负极活性颗粒100的比表面积S的范围为: $1\text{m}^2/\text{g}\leq S\leq 20\text{m}^2/\text{g}$ 。这样可以使得负极活性颗粒100具有更高的循环容量保持率。

[0105] 又进一步地,所述负极活性颗粒100的比表面积S的范围为: $1\text{m}^2/\text{g}\leq S\leq 10\text{m}^2/\text{g}$ 。这样可以使得负极活性颗粒100具有更高的循环容量保持率。

[0106] 在一些实施例中,负极活性颗粒100的比容量的范围为1700mAh/g至2000mAh/g。具体地,负极活性颗粒100的比容量可以为但不限于为1700mAh/g、1750mAh/g、1800mAh/g、1850mAh/g、1900mAh/g、1950mAh/g、2000mAh/g等。

[0107] 在一些实施例中,负极活性颗粒100的50次循环容量保持率大于或等于95%。进一步地,负极活性颗粒100的50次循环容量保持率大于或等于96%。又进一步地,负极活性颗粒100的50次循环容量保持率大于或等于97%。具体地,负极活性颗粒100的50次循环容量保持率可以为但不限于为95%、95.5%、96%、96.5%、97%、97.5%、98.5%、99%等。

[0108] 本申请实施例的负极活性颗粒100可以通过本申请下列实施例所述的方法进行制备,此外,还可以通过其它方法进行制备,本申请实施例的制备方法仅仅是本申请负极活性颗粒100的一种或多种制备方法,不应理解为对本申请实施例提供的负极活性颗粒100的限定。

[0109] 请参见图4,本申请实施例还提供一种负极活性颗粒100的制备方法,其包括:

[0110] S201,提供骨架10,所述骨架10具有多个孔隙11;以及

[0111] 关于骨架10、孔隙11的详细论述请参见上述实施例相关部分的描述,在此不再赘述。

[0112] S202,在所述骨架10中通入硅源气体,以在所述多个孔隙11内沉积硅颗粒20,得到负极活性颗粒100,其中,所述硅颗粒20与所述孔隙11的内壁之间的具有间隙30,所述间隙30的范围为0.4nm至1nm;所述负极活性颗粒100具有第一X射线衍射图,所述间隙30与所述硅颗粒20满足关系式 $0.6\leq I_a/I_b\leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si (111)的衍

射峰的强度。

[0113] 可选地,硅源气体可以为但不限于为甲硅烷、乙硅烷、二氯硅烷、三氯硅烷等中的至少一种。

[0114] 可选地,关于负极活性颗粒100、硅颗粒20等其他特征的描述,请参见上述实施例对应部分的描述,在此不再赘述。

[0115] 本申请实施例的负极活性颗粒100的制备方法制得的负极活性颗粒100包括骨架10及硅颗粒20,所述骨架10具有多个孔隙11,所述硅颗粒20位于所述多个孔隙11中,所述硅颗粒20与所述孔隙11的内壁之间的具有间隙30,所述间隙30的宽度的范围为0.4nm至1nm;所述负极活性颗粒100具有第一X射线衍射图,所述间隙30与所述硅颗粒20满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内的衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si(111)的衍射峰的强度, 2θ 为衍射角。当 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$ 时,负极活性颗粒100存在足够多的0.4nm至1.0nm的间隙30,可以用来缓冲硅颗粒20在嵌锂个欧承重的膨胀,0.4nm至1.0nm的间隙30可以给小于2nm硅颗粒20的膨胀提供足够的缓冲空间,减小硅颗粒20的膨胀对负极活性颗粒100的破坏,降低负极活性颗粒100的膨胀,从而使得负极活性颗粒100具有较低的膨胀率,此外,负极活性颗粒100的膨胀率较小,破坏较小,可以减少充放电过程中,负极活性颗粒100的表面反复生成SEI膜,减缓了电解液的消耗,提高了负极活性颗粒100的循环容量保持率。

[0116] 在一些实施例中,所述在所述骨架10中通入硅源气体,以在所述多个孔隙11内沉积硅颗粒20,得到负极活性颗粒100,包括:

[0117] 于温度 T_1 为 $400^\circ\text{C} \leq T_1 \leq 700^\circ\text{C}$ 下,通入硅源气体,以在所述多个孔隙11内沉积硅颗粒20,并控制所述硅颗粒20的沉积时间 t 与所述骨架10的孔容 V 的比值 t/V 的范围为 $10\text{gh}/\text{cm}^3 \leq t/V \leq 500\text{gh}/\text{cm}^3$ 。

[0118] 可选地,硅源气体可以先与载气混合后,在通入骨架10内进行硅颗粒20沉积。

[0119] 可选地,载气可以为但不限于为氮气、氩气中的至少一种。

[0120] 具体地,硅颗粒20沉积的温度 T_1 可以为但不限于为 400°C 、 430°C 、 450°C 、 480°C 、 500°C 、 530°C 、 550°C 、 580°C 、 600°C 、 630°C 、 650°C 、 680°C 、 700°C 等。硅颗粒20沉积的温度 T_1 过高,则会使得硅源气体的反应速度过快,硅源气体来不及进入到骨架10的孔隙11内部便开始沉积,硅在骨架10的表面沉积会导致负极活性颗粒100在嵌锂,硅发生膨胀时,不受骨架10的空间限制,使整个负极活性颗粒100的膨胀率增大,使用该负极活性颗粒100的电池的循环性能变差;此外,硅沉积在表面,硅的尺寸会不受骨架10内孔隙11的尺寸的限制,会持续增长,过大的硅尺寸会导致嵌锂时生成 $\text{Li}_{15}\text{Si}_4$ 相,使得使用该负极活性颗粒100的电池的循环性能进一步变差;硅颗粒20沉积的温度 T_1 过低,则硅源气体难以分解成硅,并进行沉积,无法在骨架10的孔隙11内形成硅颗粒20。

[0121] 具体地,所述硅颗粒20的沉积时间 t 与所述骨架10的孔容 V 的比值 t/V 可以为但不限于为 $10\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $15\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $20\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $25\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $30\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $40\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $50\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $80\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $100\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $120\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $140\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $160\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $180\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $200\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $220\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $240\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $260\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $280\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $300\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $320\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $340\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $360\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $380\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $400\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $420\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $440\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $460\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $480\text{gh}/\text{cm}^3$ 、 $500\text{gh}/\text{cm}^3$ 等。所述硅颗粒20的沉积时间 t 与所述骨架10的孔容 V 的比值 t/V 太小,则容易使得硅颗粒20的沉积不均匀,容易使得骨架10的

部分孔隙11内未沉积硅颗粒20,增加负极活性颗粒100在嵌锂过程中的膨胀率,不利于负极活性颗粒100的循环性能;所述硅颗粒20的沉积时间 t 与所述骨架10的孔容 V 的比值 t/V 太大,则增加了负极活性颗粒100的制备成本。当所述硅颗粒20的沉积时间 t 与所述骨架10的孔容 V 的比值 t/V 为 $10\text{gh}/\text{cm}^3 \leq t/V \leq 500\text{gh}/\text{cm}^3$ 时,可以使得硅颗粒20在骨架10的孔隙11内的沉积更为均匀,让硅颗粒20尽可能的沉积在每个孔隙11内,从而更好的降低负极活性颗粒100在嵌锂过程中的膨胀率,此外,又可以使得负极活性颗粒100具有较低的制备成本。

[0122] 进一步地,所述硅颗粒20的沉积时间 t 与所述骨架10的孔容 V 的比值 t/V 的范围为 $10\text{gh}/\text{cm}^3 \leq t/V \leq 400\text{gh}/\text{cm}^3$ 。这样可以使得硅颗粒20在骨架10的孔隙11内的沉积更为均匀,让硅颗粒20尽可能的沉积在每个孔隙11内,从而更好的降低负极活性颗粒100在嵌锂过程中的膨胀率,此外,又可以使得负极活性颗粒100具有较低的制备成本。

[0123] 又进一步地,所述硅颗粒20的沉积时间 t 与所述骨架10的孔容 V 的比值 t/V 的范围为 $10\text{gh}/\text{cm}^3 \leq t/V \leq 300\text{gh}/\text{cm}^3$ 。这样可以使得硅颗粒20在骨架10的孔隙11内的沉积更为均匀,让硅颗粒20尽可能的沉积在每个孔隙11内,从而更好的降低负极活性颗粒100在嵌锂过程中的膨胀率,此外,又可以使得负极活性颗粒100具有较低的制备成本。

[0124] 又进一步地,所述硅颗粒20的沉积时间 t 与所述骨架10的孔容 V 的比值 t/V 的范围为 $10\text{gh}/\text{cm}^3 \leq t/V \leq 200\text{gh}/\text{cm}^3$ 。这样可以使得硅颗粒20在骨架10的孔隙11内的沉积更为均匀,让硅颗粒20尽可能的沉积在每个孔隙11内,从而更好的降低负极活性颗粒100在嵌锂过程中的膨胀率,此外,又可以使得负极活性颗粒100具有较低的制备成本。

[0125] 又进一步地,所述硅颗粒20的沉积时间 t 与所述骨架10的孔容 V 的比值 t/V 的范围为 $10\text{gh}/\text{cm}^3 \leq t/V \leq 100\text{gh}/\text{cm}^3$ 。这样可以使得硅颗粒20在骨架10的孔隙11内的沉积更为均匀,让硅颗粒20尽可能的沉积在每个孔隙11内,从而更好的降低负极活性颗粒100在嵌锂过程中的膨胀率,此外,又可以使得负极活性颗粒100具有较低的制备成本。

[0126] 可选地,所述硅颗粒20的沉积时间 t 的范围为 $1\text{h} \leq t \leq 100\text{h}$ 。具体地,所述硅颗粒20的沉积时间 t 可以为但不限于为 1h 、 3h 、 5h 、 8h 、 10h 、 15h 、 20h 、 25h 、 30h 、 35h 、 40h 、 50h 、 60h 、 70h 、 80h 、 90h 、 100h 等。所述硅颗粒20的沉积时间 t 太长,则容易使得硅颗粒20的增长过大,形成的硅颗粒20过大,负极活性颗粒100中硅相的尺寸过大,从而使得负极活性颗粒100在嵌锂时更易于生成 $\text{Li}_{15}\text{Si}_4$ 晶体相,在晶体相形成的过程中,负极活性颗粒100会导致更高的内部应力,产生更大的体积变化,使得负极活性颗粒100的循环性能变差;所述硅颗粒20的沉积时间 t 太短,则会降低负极活性颗粒100中硅的含量,降低了负极活性颗粒100的比容量。

[0127] 可选地,所述骨架10的孔容 V 的范围为 $0.2\text{cm}^3/\text{g}$ 至 $1.5\text{cm}^3/\text{g}$ 。具体地,所述骨架10的孔容 V 可以为但不限于为 $0.2\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.3\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.4\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.5\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.6\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.7\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.8\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $0.9\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.0\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.1\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.2\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.3\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.4\text{cm}^3/\text{g}$ 、 $1.5\text{cm}^3/\text{g}$ 等。骨架10的孔容太小,则不足以沉积足够的硅颗粒20,从而降低了负极活性颗粒100的克容量;骨架10的孔容太大,则孔隙11太多,也会降低负极活性颗粒100的能量密度,骨架10的比例较少,容易破碎,从而降低了负极活性颗粒100的循环性能。

[0128] 在一些实施例中,硅源气体的质量 m 与所述骨架10的多个孔隙11的总容积 V' 的比值 m/V' 的范围为 $0.05\text{g}/\text{cm}^3 \leq m/V' \leq 1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 。

[0129] 需要说明的是,“所述骨架10的多个孔隙11的总容积 V' ”指反应体系中,所有的骨

架10的孔隙11的容积的总和。

[0130] 例如,所述骨架10的多个孔隙11的总容积 V' = 参与反应的骨架10的重量 m' × 骨架10的孔容 V 。即 $V' = m' V$ 。

[0131] 具体地,硅源气体的质量 m 与所述骨架10的多个孔隙11的总容积 V' 的比值 m/V' 可以为但不限于为 $0.05\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.08\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.1\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.15\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.2\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.25\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.4\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.6\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $0.8\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.4\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 等。硅源气体的质量 m 与所述骨架10的多个孔隙11的总容积 V' 的比值 m/V' 太小,则制得的负极活性颗粒100的能量密度过低;硅源气体的质量 m 与所述骨架10的多个孔隙11的总容积 V' 的比值 m/V' 太大,则制得的负极活性颗粒100的硅的质量分数过高,则增加了负极活性颗粒100的膨胀率,在负极活性颗粒100在嵌锂的过程中,骨架10不足以支撑硅颗粒20的膨胀,使得负极活性颗粒100容易破裂,影响使用该负极活性颗粒100的电池的循环性能。当硅源气体的质量 m 与所述骨架10的多个孔隙11的总容积 V' 的比值 m/V' 为 $0.05\text{g}/\text{cm}^3 \leq m/V' \leq 1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 时,可以使得负极活性颗粒100具有较高的能量密度,同时又具有较低的膨胀率,从而使得使用该负极活性颗粒100的电池具有较好的循环性能。

[0132] 进一步地,硅源气体的质量 m 与所述骨架10的多个孔隙11的总容积 V' 的比值 m/V' 的范围为 $0.2\text{g}/\text{cm}^3 \leq m/V' \leq 1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 。这样可以使得负极活性颗粒100具有更高的能量密度,同时又具有较低的膨胀率,从而使得使用该负极活性颗粒100的电池具有较好的循环性能。

[0133] 又进一步地,硅源气体的质量 m 与所述骨架10的多个孔隙11的总容积 V' 的比值 m/V' 的范围为 $0.5\text{g}/\text{cm}^3 \leq m/V' \leq 1.8\text{g}/\text{cm}^3$ 。这样可以使得负极活性颗粒100具有更高的能量密度,同时又具有较低的膨胀率,从而使得使用该负极活性颗粒100的电池具有较好的循环性能。

[0134] 请参见图5,本申请实施例还提供一种负极活性颗粒100的制备方法,其包括:

[0135] S301,提供骨架10,所述骨架10具有多个孔隙11;

[0136] S302,在所述骨架10中通入硅源气体,以在所述多个孔隙11内沉积硅颗粒20,得到负极活性颗粒100,其中,所述硅颗粒20与所述孔隙11的内壁之间的具有间隙30,所述间隙30的范围为 0.4nm 至 1nm ;所述负极活性颗粒100具有第一X射线衍射图,所述间隙30与所述硅颗粒20满足关系式 $0.6 \leq I_a/I_b \leq 0.95$,其中, I_a 为所述第一X射线衍射图中, 2θ 为 8.8° 至 22° 范围内衍射强度的最小值; I_b 为第一X射线衍射图中, 2θ 为 28.2° 至 28.5° 的Si (111)的衍射峰的强度;以及

[0137] 关于S301及S302的详细描述,请参见上述实施例对应部分的描述,在此不再赘述。

[0138] S303,在具有硅颗粒20的所述骨架10的表面形成碳包覆层40。

[0139] 可选地,在具有硅颗粒20的所述骨架10中通入有机气体,于 500°C 至 900°C 下进行化学气相沉积(即碳沉积),以在具有硅颗粒20的所述骨架10的表面形成碳包覆层40。

[0140] 可选地,有机气体可以为但不限于为乙炔、甲烷等中的至少一种。

[0141] 可选地,沉积的温度可以为但不限于为 500°C 、 550°C 、 600°C 、 650°C 、 700°C 、 750°C 、 800°C 、 850°C 、 900°C 等。化学气相沉积的时间可以为 1h 至 3h ,例如 1h 、 1.5h 、 2h 、 2.5h 、 3h 等。

[0142] 请参见图6,本申请实施例还提供一种负极极片400,其包括负极集流体410以及负极活性层420,所述负极活性层420设置于所述负极集流体410的表面,所述负极活性层420

包括本申请实施例所述的负极活性颗粒100或本申请实施例所述的负极活性颗粒100的制备方法制得的负极活性颗粒100。

[0143] 可选地,所述负极活性层420可以设置于所述负极集流体410的一个表面或多个表面上。

[0144] 可选地,负极集流体410可以为但不限于为铜片。

[0145] 可选地,负极活性层420还包括负极导电剂及负极粘结剂。可以理解地,负极活性颗粒100、负极导电剂及负极粘合剂均匀分散。

[0146] 可选地,负极导电剂可以为但不限于为导电碳黑(简称SP)、乙炔黑、碳纳米管、碳纤维、石墨。

[0147] 可选地,负极粘结剂可以为但不限于为聚丙烯酸(简称PAA)、聚偏氟乙烯(Polyvinylidene Fluoride,简称PVDF)、聚酰胺(Polyamide,简称PA)、聚丙烯腈(Polyacrylonitrile,简称PAN)、聚丙烯酸酯(polyacrylate)、聚乙烯醚(polyvinylether)、聚甲基丙烯酸甲酯(Polymethyl Methacrylate,简称PMMA)、聚六氟丙烯(Polyhexafluoropropylene)、丁苯橡胶(Polymerized Styrene Butadiene Rubber,简称SBR)等中的至少一种。

[0148] 可选地,在所述负极活性层420中,所述负极粘结剂的质量分数的范围为2wt%至4wt%。具体地,在所述负极活性层420中,所述负极粘结剂的质量分数可以为但不限于为2wt%、2.5wt%、3wt%、3.5wt%、4wt%等。负极粘结剂的质量分数太小,则负极活性层420容易粉化或掉渣;负极粘结剂的质量分数太大,降低了负极极片400的能量密度。

[0149] 请参见图7及图8,本申请实施例还提供一种电池500,其包括:电解液、正极极片510、隔膜530及本申请实施例的负极极片400,所述正极极片510至少部分浸渍于所述电解液中;所述隔膜530位于所述正极极片510的一侧,且至少部分浸渍于所述电解液中;所述负极极片400设置于所述隔膜530背离所述正极极片510的一侧且至少部分浸渍于所述电解液中。

[0150] 可以理解地,所述正极极片510、所述隔膜530及所述负极极片400依次层叠。

[0151] 本申请实施例的电池500可以为但不限于为锂离子二次电池500、锂离子一次电池500、锂硫电池500、钠锂离子电池500、钠离子电池500或镁离子电池500等。

[0152] 请一并参见图9,可选地,正极极片510包括正极集流体511及覆盖在所述正极集流体511表面的正极活性层513。可以理解地,所述正极活性层513可以覆盖所述正极集流体511的一个表面或相对的两个表面。

[0153] 所述正极集流体511可以为但不限于为铝片。

[0154] 可选地,所述正极活性层513包括正极活性材料、正极导电剂及正极粘结剂。

[0155] 可选地,正极活性材料可以为但不限于为磷酸铁锂、钴酸锂等中的至少一种。

[0156] 可选地,正极导电剂可以为但不限于为导电炭黑、乙炔黑、碳纳米管、碳纤维、石墨烯等中的至少一种。

[0157] 可选地,正极粘结剂可以为但不限于为聚偏氟乙烯(Polyvinylidene Fluoride,简称PVDF)、聚酰胺(Polyamide,简称PA)、聚丙烯腈(Polyacrylonitrile,简称PAN)、聚丙烯酸酯(polyacrylate)、聚乙烯醚(polyvinylether)、聚甲基丙烯酸甲酯(Polymethyl Methacrylate,简称PMMA)、聚六氟丙烯(Polyhexafluoropropylene)、丁苯橡胶

(Polymerized Styrene Butadiene Rubber,简称SBR)等中的至少一种。

[0158] 可选地,在所述正极活性层513中,所述正极粘结剂的质量分数的范围为2wt%至4wt%。具体地,在所述正极活性层513中,所述正极粘结剂的质量分数可以为但不限于为2wt%、2.5wt%、3wt%、3.5wt%、4wt%等。正极粘结剂的质量分数太小,则正极活性层513容易粉化或掉渣;正极粘结剂的质量分数太大,降低了正极极片510的能量密度。

[0159] 可选地,所述电解液包括电解质盐、有机溶剂及成膜添加剂。

[0160] 可选地,所述电解质盐为锂盐,所述锂盐可以包括但不限于包括六氟磷酸锂(LiPF_6)、四氟硼酸锂(LiBF_4)、双(氟磺酰)亚胺锂(LiFSI)、双(三氟甲烷磺酰)亚胺锂(LiTFSI)、双草酸硼酸锂(LiBOB)、 LiODFP 、二氟草酸硼酸锂(LiODFB)、二氟磷酸锂(LiPO_2F_2)、三氟甲磺酸锂($\text{CF}_3\text{SO}_3\text{Li}$)等中的至少一种。

[0161] 可选地,在所述电解液中,所述锂盐的摩尔浓度M的范围为 $0.7\text{mol/L} \leq M \leq 1.4\text{mol/L}$ 。所述电解液中,所述锂盐的摩尔浓度M可以为但不限于为 0.7mol/L 、 0.8mol/L 、 0.9mol/L 、 1.0mol/L 、 1.1mol/L 、 1.2mol/L 、 1.3mol/L 、 1.4mol/L 等。所述电解液中,所述锂盐的摩尔浓度M太小,则电解液中游离的离子浓度过少,降低了电解液的电导率,从而降低了电池的动力学性能;所述电解液中,所述锂盐的摩尔浓度M太大,则容易存在一部分电解质盐未解离,且会使得电解液的粘度增加,反而降低了电解液的电导率,也会降低电池的动力学性能。所述电解液中,所述锂盐的摩尔浓度M的范围为 $0.7\text{mol/L} \leq M \leq 1.4\text{mol/L}$ 时,可以使得电解液具有较高的电导率,从而使得电池具有较好的动力学性能。

[0162] 可选地,所述有机溶剂包括环状碳酸酯、链状碳酸酯中的至少一种。环状碳酸酯介电常数高、离子电导率高,能够在负极极片400的表面形成稳定的SEI膜,但其粘度较大。链状碳酸酯粘度比环状碳酸酯低,电化学稳定性更好,能够提高电解液低温性能。因此,采用环状碳酸酯与链状碳酸酯混合溶剂时,既可以使得电解液具有较为适合的粘度及低温稳定性,又可以使得使用该电解液的电池500可以进行更好的成膜。

[0163] 可选地,所述环状碳酸酯可以包括但不限于包括碳酸乙烯酯(简称EC)、碳酸丙烯酯(简称PC)等中的至少一种。碳酸乙烯酯的介电常数远大于碳酸丙烯酯的介电常数,碳酸乙烯酯可以更好的促进SEI膜的形成。

[0164] 可选地,所述链状碳酸酯可以包括但不限于包括碳酸二甲酯(简称DMC)、碳酸二乙酯(简称DEC)、碳酸甲乙酯(简称EMC)等中的至少一种。

[0165] 可选地,所述有机溶剂包括环状碳酸酯、链状碳酸酯中的至少一种。环状碳酸酯介电常数高、离子电导率高,能够在负极极片400的表面形成稳定的SEI膜,但其粘度较大。链状碳酸酯粘度比环状碳酸酯低,电化学稳定性更好,能够提高电解液低温性能。因此,采用环状碳酸酯与链状碳酸酯混合溶剂时,既可以使得电解液具有较为适合的粘度及低温稳定性,又可以使得使用该电解液的电池500可以进行更好的成膜。

[0166] 可选地,所述环状碳酸酯可以包括但不限于包括碳酸乙烯酯(简称EC)、碳酸丙烯酯(简称PC)等中的至少一种。碳酸乙烯酯的介电常数远大于碳酸丙烯酯的介电常数,碳酸乙烯酯可以更好的促进SEI膜的形成。

[0167] 可选地,所述链状碳酸酯可以包括但不限于包括碳酸二甲酯(简称DMC)、碳酸二乙酯(简称DEC)、碳酸甲乙酯(简称EMC)等中的至少一种。

[0168] 可选地,所述成膜添加剂包括氟代碳酸乙烯酯(FEC)、硫酸乙烯酯(PST)、碳酸亚乙

烯酯 (VC)、乙烯基碳酸乙烯酯 (VEC)、硫三(三甲基硅烷)磷酸酯、三(三甲基硅烷)硼酸酯、己二腈、丁二腈、1,3,6-己烷三腈中的至少一种。

[0169] 可选地,所述成膜添加剂的质量分数的范围为:1.5%至3%。具体地,所述成膜添加剂的质量分数可以为但不限于为1.5%、1.6%、1.7%、1.8%、1.9%、2%、2.1%、2.2%、2.3%、2.4%、2.5%、2.6%、2.7%、2.8%、2.9%、3%等。所述成膜添加剂可用于促进所述正极极片510及负极极片400中的至少一个的界面膜的形成且维持所述界面膜的稳定性。

[0170] 可选地,所述隔膜530可以为但不限于为聚丙烯膜 (PP)、聚乙烯膜 (PE)、陶瓷膜等中的至少一种。可选地,所述隔膜530的厚度为14 μm 至18 μm ,具体地,所述隔膜530的厚度可以为但不限于为14 μm 、14.5 μm 、15 μm 、15.5 μm 、16 μm 、16.5 μm 、17 μm 、17.5 μm 及18 μm 等。

[0171] 在一些实施例中,所述电池500还包括壳体550及端盖组件570,所述壳体550与所述端盖组件570围合成收容空间,所述收容空间用于收容所述电解液、正极极片510、隔膜530及负极极片400。所述端盖组件570包括正极极柱(图未示)及负极极柱(图未示),所述正极极柱电连接所述正极极片510,所述负极极柱电连接所述负极极片400,所述正极极柱与所述负极极柱用于将所述电池500与用电设置或其它电池500电连接。

[0172] 可以理解地,本实施方式中所述的电池500仅仅为所述负极极片400所应用的电池500的一种形态,不当理解为对本申请提供的电池500的限定,也不应当理解为对本申请各个实施方式提供的负极极片400的限定。

[0173] 经测试,本申请实施例的负极活性颗粒100制得的电池500于25 $^{\circ}\text{C}$ 下进行400次循环后的循环容量保持率大于或等于92.2%,具体地,本申请实施例的负极活性颗粒100制得的电池500于25 $^{\circ}\text{C}$ 下进行400次循环后的循环容量保持率可以为但不限于为大于或等于92.2%、大于或等于93%、大于或等于94%、大于或等于95%、大于或等于96%、大于或等于97%、大于或等于98%、大于或等于99%等。

[0174] 经测试,本申请实施例的负极活性颗粒100制得的电池500于25 $^{\circ}\text{C}$ 下进行400次循环后,电池500的厚度膨胀率小于5.4%,具体地,本申请实施例的负极活性颗粒100制得的电池500于25 $^{\circ}\text{C}$ 下进行400次循环后,电池500的厚度膨胀率可以为但不限于为小于或等于5.4%、小于或等于5%、小于或等于4.5%、小于或等于4%、小于或等于3.5%、小于或等于3%、小于或等于2.5%、小于或等于2%等。

[0175] 以下通过具体实施例对本申请的负极活性颗粒100及电池500做进一步的描述。

[0176] 实施例1

[0177] 本实施例的负极活性颗粒100通过以下步骤制得:

[0178] 1) 向气相沉积炉中装入1000g多孔碳(骨架10),其孔隙11的平均孔尺寸为1.8nm,骨架10的孔容V为0.8 cm^3/g ;

[0179] 2) 通入氮气并加热至500 $^{\circ}\text{C}$,随后通入硅烷(硅源气体)和氮气(载气)混合气体,反应20h,通入硅烷总质量为1000g;

[0180] 3) 加热至650 $^{\circ}\text{C}$ 并通入乙炔气体(有机气体),反应2h,冷却后所得到的负极活性颗粒100。

[0181] 实施例2

[0182] 本实施例的负极活性颗粒100通过以下步骤制得:

[0183] 1) 向气相沉积炉中装入1000g多孔碳(骨架10),其孔隙11的平均孔尺寸为1.8nm,

骨架10的孔容V为 $1.0\text{cm}^3/\text{g}$;

[0184] 2) 通入氮气并加热至 500°C ,随后通入硅烷(硅源气体)和氮气(载气)混合气体,反应30h,通入硅烷总质量为1000g;

[0185] 3) 加热至 650°C 并通入乙炔气体(有机气体),反应3h,冷却后所得到的负极活性颗粒100。

[0186] 实施例3

[0187] 本实施例的负极活性颗粒100通过以下步骤制得:

[0188] 1) 向气相沉积炉中装入1000g多孔碳(骨架10),其孔隙11的平均孔尺寸为 1.8nm ,骨架10的孔容V为 $0.8\text{cm}^3/\text{g}$;

[0189] 2) 通入氮气并加热至 500°C ,随后通入硅烷(硅源气体)和氮气(载气)混合气体,反应20h,通入硅烷总质量为800g;

[0190] 3) 加热至 650°C 并通入乙炔气体(有机气体),反应3h,冷却后所得到的负极活性颗粒100。

[0191] 实施例4

[0192] 本实施例的负极活性颗粒100通过以下步骤制得:

[0193] 1) 向气相沉积炉中装入1000g多孔碳(骨架10),其孔隙11的平均孔尺寸为 3.2nm ,骨架10的孔容V为 $1.2\text{cm}^3/\text{g}$;

[0194] 2) 通入氮气并加热至 500°C ,随后通入硅烷(硅源气体)和氮气(载气)混合气体,反应18h,通入硅烷总质量为1000g;

[0195] 3) 加热至 650°C 并通入乙炔气体(有机气体),反应3h,冷却后所得到的负极活性颗粒100。

[0196] 实施例5

[0197] 本实施例的负极活性颗粒100通过以下步骤制得:

[0198] 1) 向气相沉积炉中装入1000g多孔TiC(骨架10),其孔隙11的平均孔尺寸为 1.6nm ,骨架10的孔容V为 $0.8\text{cm}^3/\text{g}$;

[0199] 2) 通入氮气并加热至 500°C ,随后通入硅烷(硅源气体)和氮气(载气)混合气体,反应20h,通入硅烷总质量为1000g;

[0200] 3) 加热至 650°C 并通入乙炔气体(有机气体),反应2h,冷却后所得到的负极活性颗粒100。

[0201] 对比例1

[0202] 本对比例的负极活性颗粒100通过以下步骤制得:

[0203] 1) 向气相沉积炉中装入1000g多孔碳(骨架10),其孔隙11的平均孔尺寸为 1.8nm ,骨架10的孔容V为 $0.8\text{cm}^3/\text{g}$;

[0204] 2) 通入氮气并加热至 500°C ,随后通入硅烷(硅源气体)和氮气(载气)混合气体,反应6h,通入硅烷总质量为1000g;

[0205] 3) 加热至 650°C 并通入乙炔气体(有机气体),反应2h,冷却后所得到的负极活性颗粒100。

[0206] 对比例2

[0207] 本对比例的负极活性颗粒100通过以下步骤制得:

[0208] 1) 向气相沉积炉中装入1000g多孔碳(骨架10),其孔隙11的平均孔尺寸为1.8nm,骨架10的孔容V为 $0.8\text{cm}^3/\text{g}$;

[0209] 2) 通入氮气并加热1.2至500℃,随后通入硅烷(硅源气体)和氮气(载气)混合气体,反应20h,通入硅烷总质量为1500g;

[0210] 3) 加热至650℃并通入乙炔气体(有机气体),反应2h,冷却后所得到的负极活性颗粒100。

[0211] 对比例3

[0212] 本对比例的负极活性颗粒100通过以下步骤制得:

[0213] 1) 向气相沉积炉中装入1000g多孔碳(骨架10),其孔隙11的平均孔尺寸为5nm,骨架10的孔容V为 $1.3\text{cm}^3/\text{g}$;

[0214] 2) 通入氮气并加热至500℃,随后通入硅烷(硅源气体)和氮气(载气)混合气体,反应20h,通入硅烷总质量为2000g;

[0215] 3) 加热至650℃并通入乙炔气体(有机气体),反应2h,冷却后所得到的负极活性颗粒100。

[0216] 对实施例1至实施例5,以及对比例1至对比例3得到的负极活性颗粒100进行以下测试:

[0217] 1) 对各实施例和对比例中的负极活性颗粒100使用CuK α 射线进行X射线粉末衍射(XRD)测试,波长为0.154nm,测到各实施例及对比例的第一X射线衍射图。由第一X射线衍射图中获取Ia和Ib,计算Ia/Ib,各实施例及对比例的Ia/Ib如下表1所示。实施例1的负极活性颗粒100的第一X射线衍射图如图10所示。

[0218] 2) 对各实施例和对比例中的负极活性颗粒100在惰性氛围(N₂,Ar,真空等)下加热到700℃保持2h,随后降至室温后,进行CuK α 射线进行XRD测试,波长为0.154nm,测到各实施例及对比例的第二X射线衍射图。由第二X射线衍射图中获取Ia和Ib,计算Ic/Id,各实施例及对比例的Ic/Id如下表1所示。由第二X射线衍射图中 $2\theta=28.4^\circ$ 附近的Si(111)的衍射峰的半高宽(FWHM)通过谢乐方法确定硅颗粒20的平均粒径 $D1=7.852/(\text{FWHM} \cdot \cos\theta)$,各实施例及对比例的Ic/Id、D1如下表1所示。实施例1的负极活性颗粒100的第二X射线衍射图如图11所示。

[0219] 3) 扣式半电池500制备:将负极活性颗粒100与导电炭黑(简称SP)、碳纳米管(简称CNT)及聚丙烯酸(简称PAA)按质量比为80:8:2:10混合制成浆料,把浆料涂覆在铜箔(即负极集流体)上,进行真空干燥及辊压制得负极极片,并将该负极极片组装成扣式半电池500,以锂片作为对电极。

[0220] 4) 扣式半电池500进行分容和循环测试:以0.1C的放电倍率放电至5mV,静置5min,再以0.05C的放电倍率放电至5mV,静置5min,接着以0.02C的放电倍率放电至5mV,静置10min,以0.1C充电至1.5V,循环50次,计算50次循环的循环容量保持率,各实施例及对比例的负极活性颗粒100组成的扣式半电池500的50次循环容量保持率如下表2所示。

[0221] 5) 将负极活性颗粒100与石墨、PAA、CNT按照10:87:2.8:0.2的质量比例混合形成浆料,然后涂覆于负极集流体上,进行100℃烘干,施加5t的压力进行辊压后得到负极极片。将正极活性材料钴酸锂与导电炭黑(导电剂)、粘结剂PVDF按照98:1:1的质量比例混合形成浆料后涂覆在正极集流体上,随后进行烘干、辊压得到正极极片。将负极极片与正极极片以

及隔膜制作成卷绕电池500后进行铝塑膜封装、干燥、注液、化成、二次封装、分容等工序得到电池500后进行25℃循环测试。各实施例及对比例的负极活性颗粒100形成的电池500经400次循环后的循环容量保持率及厚度膨胀率如下表3所示。

[0222] 6) 电池500的厚度膨胀率计算: 电池500的厚度膨胀率 = (循环n次后电池500的厚度 - 电池500的初始厚度) / 电池500的初始厚度 × 100%。

[0223] 各实施例及对比例的测量结果如下表1、表2及表3所示。

[0224] 表1

示例	负极活性颗粒 100 的比表面积 (m ² /g)	Ia/Ib	Ic/Id	硅颗粒 20 的 平均粒径 D1 (nm)
实施例 1	2.6	0.64	0.59	1.62
实施例 2	1.8	0.73	0.69	1.14
[0225] 实施例 3	3.5	0.69	0.66	1.37
实施例 4	2.3	0.61	0.54	1.99
实施例 5	3.1	0.65	0.61	1.53
对比例 1	5.7	0.52	0.36	2.57
对比例 2	2.9	0.37	0.29	5.25
对比例 3	7.3	0.39	0.30	6.41

[0226] 表2

示例	首次嵌锂比容量 (mAh/g)	首次脱锂比容量 (mAh/g)	循环 50 次容量保 持率
实施例 1	1898	1757	96.7%
实施例 2	1876	1723	98.4%
[0227] 实施例 3	1784	1620	98.2%
实施例 4	1913	1786	95.8%
实施例 5	1873	1734	97.4%
对比例 1	1885	1743	90.6%
对比例 2	2146	1978	85.3%
对比例 3	2325	2189	83.9%

[0228] 表3

[0229]	示例	循环 400 次容量保持率	循环 400 次后电池的厚度膨胀率
	实施例 1	92.8%	5.2%
	实施例 2	96.2%	3.1%
	实施例 3	95.7%	3.7%
	实施例 4	92.2%	5.4%
	实施例 5	94.1%	4.5%
[0230]	对比例 1	88.1%	7.4%
	对比例 2	86.3%	8.1%
	对比例 3	84.7%	8.9%

[0231] 由实施例1至实施例5的测试数据可知,实施例1至实施例5的负极活性颗粒100的Ia/Ib均在0.6至0.95之间,使用各实施例的负极活性颗粒100制得的扣式半电池500均具有较高的循环容量保持率,其循环容量保持率均在95.8%以上。此外,各实施例的负极活性颗粒100较高的比容量,各实施例的负极活性颗粒100的首次嵌锂比容量均大于或等于1784mAh/g,各实施例的负极活性颗粒100的首次脱锂比容量均大于或等于1620mAh/g,这说明本申请的负极活性颗粒100具有较高的嵌锂比容量,且这些比容量具有较高的可逆性(即具有较高的脱锂比容量)。由对比例1至对比例3的测试数据可知,当负极活性颗粒100的Ia/Ib小于0.6时,则负极活性颗粒100制得的扣式半电池500的循环容量保持率大大降低。这说明当负极活性颗粒100的Ia/Ib处于0.6至0.95之间时,负极活性颗粒100具有更高的循环容量保持率,且可以保持较高的比容量。

[0232] 由实施例1至实施例5的测试数据可知,实施例1至实施例5的负极活性颗粒100的Ic/Id均在0.5至0.95之间,使用各实施例的负极活性颗粒100制得的扣式半电池500均具有较高的循环容量保持率,其循环容量保持率均在95.8%以上。此外,各实施例的负极活性颗粒100较高的比容量,各实施例的负极活性颗粒100的首次嵌锂比容量均大于或等于1784mAh/g,各实施例的负极活性颗粒100的首次脱锂比容量均大于或等于1620mAh/g。由对比例1至对比例3的测试数据可知,当负极活性颗粒100的Ic/Id小于0.5时,则负极活性颗粒100制得的扣式半电池500的循环容量保持率大大降低。这说明当负极活性颗粒100的Ic/Id处于0.5至0.95之间时,负极活性颗粒100具有更高的循环容量保持率,且可以保持较高的比容量。

[0233] 由实施例1至实施例5的测试数据可知,实施例1至实施例5的负极活性颗粒100中硅颗粒20的平均粒径D1处于0.4nm至2nm时,该负极活性颗粒100制得的扣式半电池500均具有较高的循环容量保持率,其循环容量保持率均在95.8%以上。此外,各实施例的负极活性颗粒100较高的比容量,各实施例的负极活性颗粒100的首次嵌锂比容量均大于或等于1784mAh/g,各实施例的负极活性颗粒100的首次脱锂比容量均大于或等于1620mAh/g。由对比例1至对比例3的测试数据可知,当负极活性颗粒100中硅颗粒20的平均粒径D1大于2nm时,则负极活性颗粒100制得的扣式半电池500的循环容量保持率大大降低。这说明当负极活性颗粒100中硅颗粒20的平均粒径D1处于0.4nm至2nm之间时,负极活性颗粒100具有更高

的循环容量保持率,且可以保持较高的比容量。

[0234] 由表3可知,当负极活性颗粒100的 I_a/I_b 在0.6至0.95之间时,使用该负极活性颗粒100的电池500(即实施例1至实施例5的负极活性颗粒100制备的电池500)经过400次循环后,均具有较高的循环容量保持率,且循环容量保持率均在92.2%以上;且随着 I_a/I_b 的增加,使用该负极活性颗粒100的电池500的400次循环容量保持率逐渐增加。当负极活性颗粒100的 I_a/I_b 小于0.6(对比例1至对比例3)时,得到的电池500的经400次循环容量保持率大大降低。

[0235] 由表3可知,当负极活性颗粒100的 I_a/I_b 在0.6至0.95之间时,使用该负极活性颗粒100的电池500(即实施例1至实施例5的负极活性颗粒100制备的电池500)经过400次循环后的电池500的厚度膨胀率小于或等于5.4%,且随着 I_a/I_b 的增加,使用该负极活性颗粒100的电池500的400次循环后电池500的厚度膨胀率逐渐减小。当负极活性颗粒100的 I_a/I_b 小于0.6(对比例1至对比例3)时,得到的电池500经400次循环后电池500的厚度膨胀率大大增加。

[0236] 由表3可知,当负极活性颗粒100的 I_c/I_d 在0.5至0.95之间时,使用该负极活性颗粒100的电池500(即实施例1至实施例5的负极活性颗粒100制备的电池500)经过400次循环后,均具有较高的循环容量保持率,且循环容量保持率均在92.2%以上;且随着 I_c/I_d 的增加,使用该负极活性颗粒100的电池500的400次循环容量保持率逐渐增加。当负极活性颗粒100的 I_c/I_d 小于0.5(对比例1至对比例3)时,得到的电池500的经400次循环容量保持率大大降低。

[0237] 由表3可知,当负极活性颗粒100的 I_c/I_d 在0.5至0.95之间时,使用该负极活性颗粒100的电池500(即实施例1至实施例5的负极活性颗粒100制备的电池500)经过400次循环后的电池500的厚度膨胀率小于或等于5.4%,且随着 I_c/I_d 的增加,使用该负极活性颗粒100的电池500的400次循环后电池500的厚度膨胀率逐渐减小。当负极活性颗粒100的 I_c/I_d 小于0.5(对比例1至对比例3)时,得到的电池500经400次循环后电池500的厚度膨胀率大大增加。

[0238] 请参见图12及图13,本申请实施例还提供一种电子设备600,其包括设备本体610以及本申请实施例所述的电池500,所述电池500用于为所述设备本体610进行供电。

[0239] 本申请实施例的电子设备600可以为但不限于为手机、平板电脑、笔记本电脑、台式电脑、智能玩具、智能眼镜、智能手环、智能手表、电子阅读器、游戏机、玩具等便携式电子设备600。

[0240] 关于电池500的详细描述,请参见上述实施例对应部分的描述,在此不再赘述。

[0241] 可以理解地,本实施方式中所述的电子设备600仅仅为所述电池500所应用的电子设备600的一种形态,不应理解为对本申请提供的电子设备600的限定,也不应理解为对本申请各个实施方式提供的电池500的限定。

[0242] 可选地,本申请实施例的设备本体610还包括显示屏611、中框613及壳体615。所述壳体615与所述显示屏611相背设置,所述中框613位于显示屏611与壳体615之间,且中框613的侧壁显露于所述显示屏611及壳体615,所述中框613与壳体615围合成容置空间,所述容置空间用于收容所述电池500,所述显示屏611与所述电池500电连接,所述电池500为所述显示屏611进行供电。

[0243] 可选地,所述显示屏611可以为但不限于为液晶显示屏、发光二极管显示屏(LED显示屏)、微发光二极管显示屏(Micro LED显示屏)、次毫米发光二极管显示屏(Mini LED显示屏)、有机发光二极管显示屏(OLED显示屏)等中的一种或多种。

[0244] 请一并参见图14,可选地,本申请的设备本体610还包括处理器617及存储器616。所述处理器617及所述存储器616设置于所述容置空间,所述处理器617分别与所述电池500、显示屏611及存储器616电连接,处理器617用于控制所述显示屏611进行显示,存储器616用于存储所述处理器617运行所需的程序代码,控制显示屏611所需的程序代码、显示屏611的显示内容等。

[0245] 可选地,处理器617包括一个或者多个通用处理器,其中,通用处理器可以是能够处理电子指令的任何类型的设备,包括中央处理器(Central Processing Unit,CPU)、微处理器、微控制器、主处理器、控制器以及ASIC等等。处理器617用于执行各种类型的数字存储指令,例如存储在存储器616中的软件或者固件程序,它能使计算设备提供较宽的多种服务。

[0246] 可选地,存储器616可以包括易失性存储器(Volatile Memory),例如随机存取存储器(Random Access Memory,RAM);存储器616也可以包括非易失性存储器(Non-Volatile Memory,NVM),例如只读存储器(Read-Only Memory,ROM)、快闪存储器(Flash Memory,FM)、硬盘(Hard Disk Drive,HDD)或固态硬盘(Solid-State Drive,SSD)。存储器616还可以包括上述种类的存储器616的组合。

[0247] 在一些实施例中,本申请实施例的设备本体610还包括摄像头模组618,所述摄像头模组618设置于所述容置空间。所述摄像头模组618分别与所述处理器617及电池500电连接,用于在处理器617的控制下,进行拍摄,所述电池500还为所述摄像头模组618供电。

[0248] 可选地,所述壳体615上具有透光部6151,所述摄像头模组618可通过所述壳体615上的透光部6151拍摄,即,本实施方式中的摄像头模组618为后置摄像头模组618。可以理解地,在其他实施方式中,所述透光部6151可设置在所述显示屏611上,即,所述摄像头模组618为前置摄像头模组618。在本实施方式的示意图中,以所述透光部6151为开口进行示意,在其他实施方式中,所述透光部6151可不为开口,而是为透光的材质,比如,塑料、玻璃等。

[0249] 在本申请中提及“实施例”“实施方式”意味着,结合实施例描述的特定特征、结构或特性可以包含在本申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现所述短语并不一定均是指相同的实施例,也不是与其它实施例互斥的独立的或备选的实施例。本领域技术人员显式地和隐式地理解的是,本申请所描述的实施例可以与其它实施例相结合。此外,还应该理解的是,本申请各实施例所描述的特征、结构或特性,在相互之间不存在矛盾的情况下,可以任意组合,形成又一未脱离本申请技术方案的精神和范围的实施例。

[0250] 最后应说明的是,以上实施方式仅用以说明本申请的技术方案而非限制,尽管参照以上较佳实施方式对本申请进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本申请的技术方案进行修改或等同替换都不应脱离本申请技术方案的精神和范围。

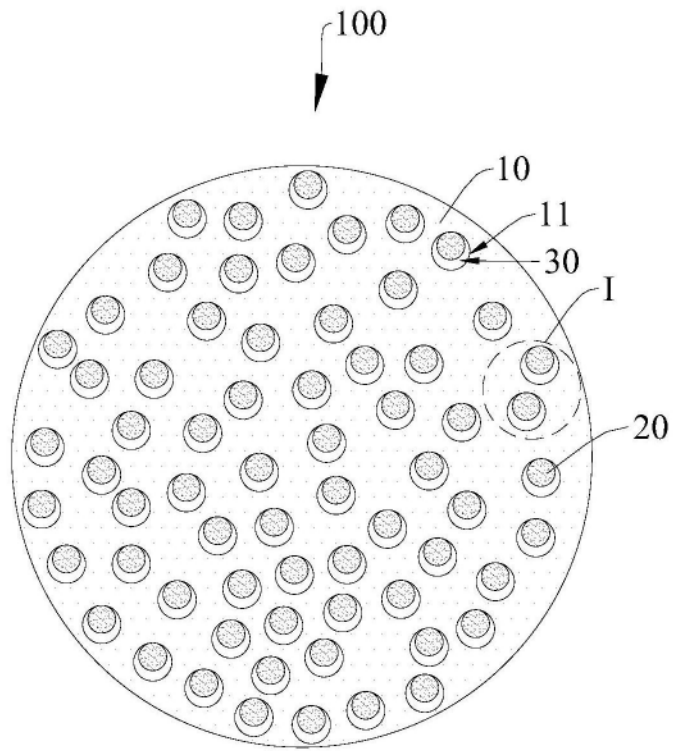


图1

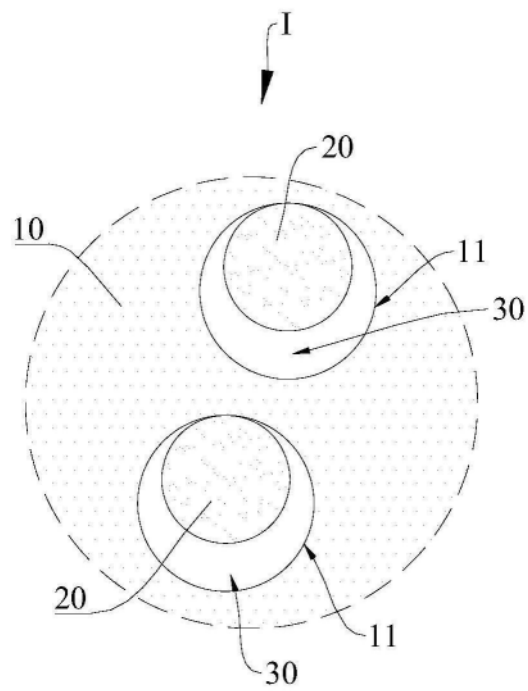


图2

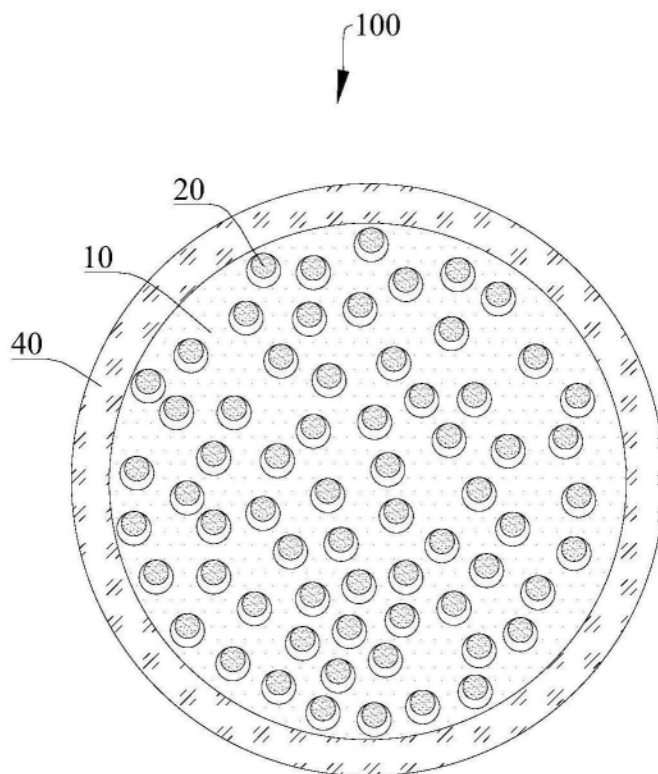


图3

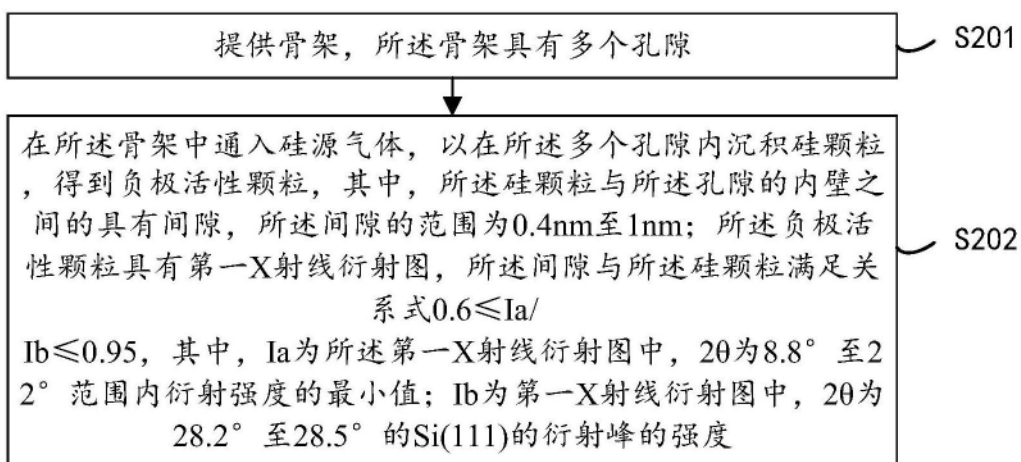


图4

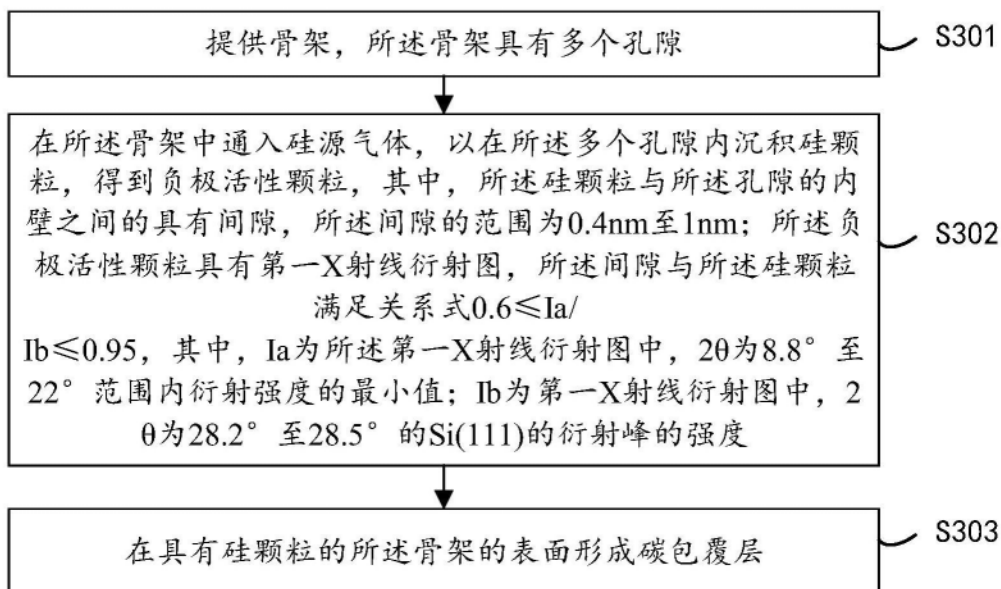


图5

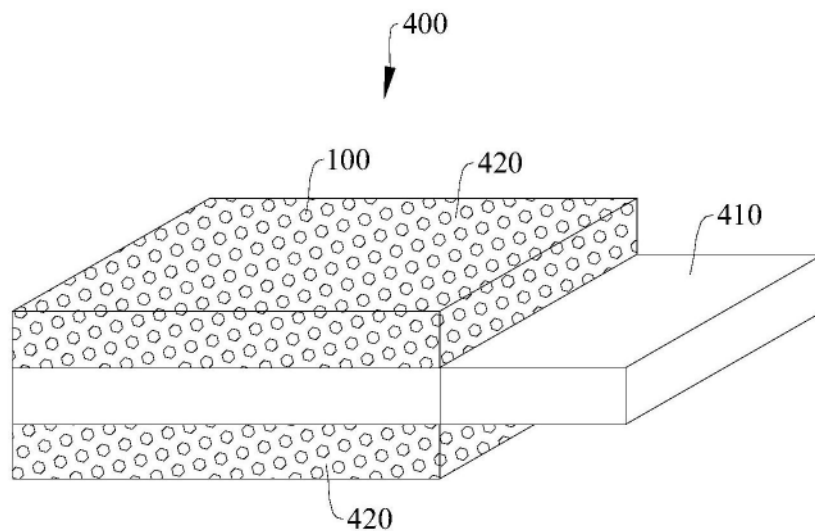


图6

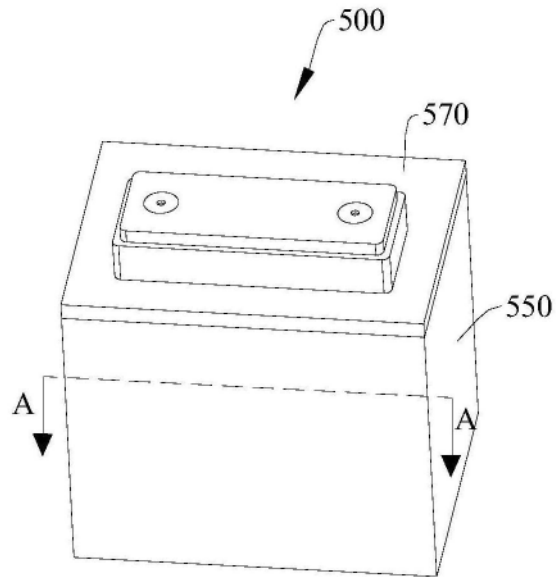


图7

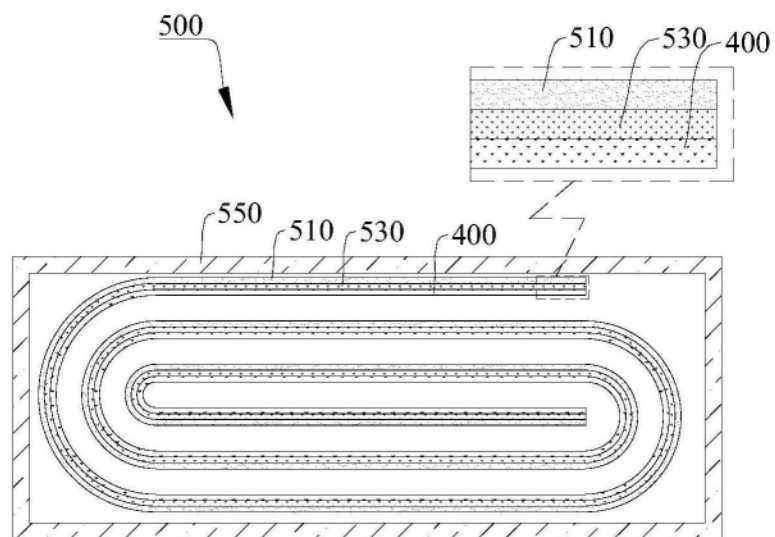


图8

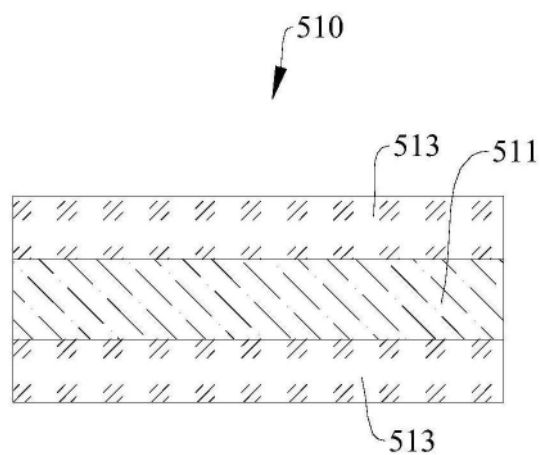


图9

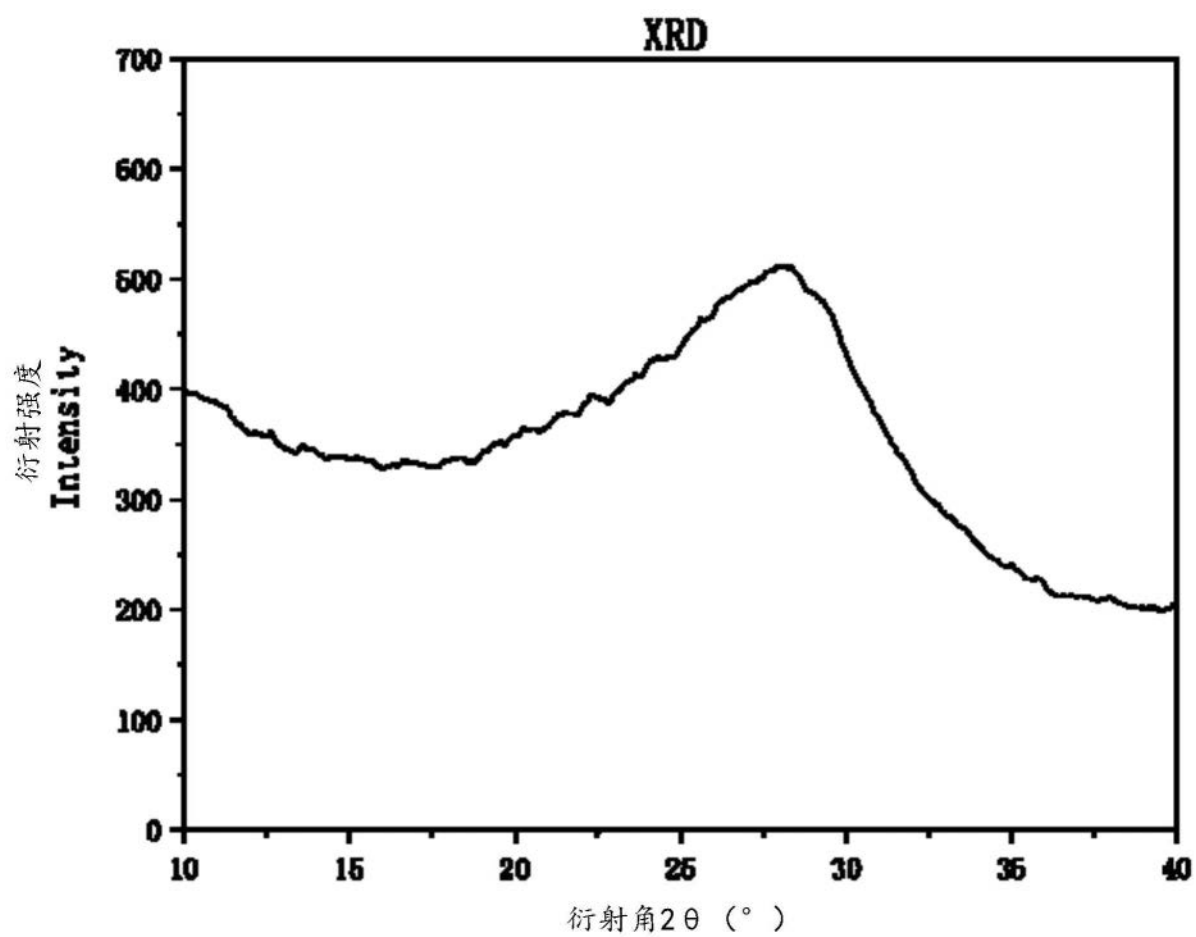


图10

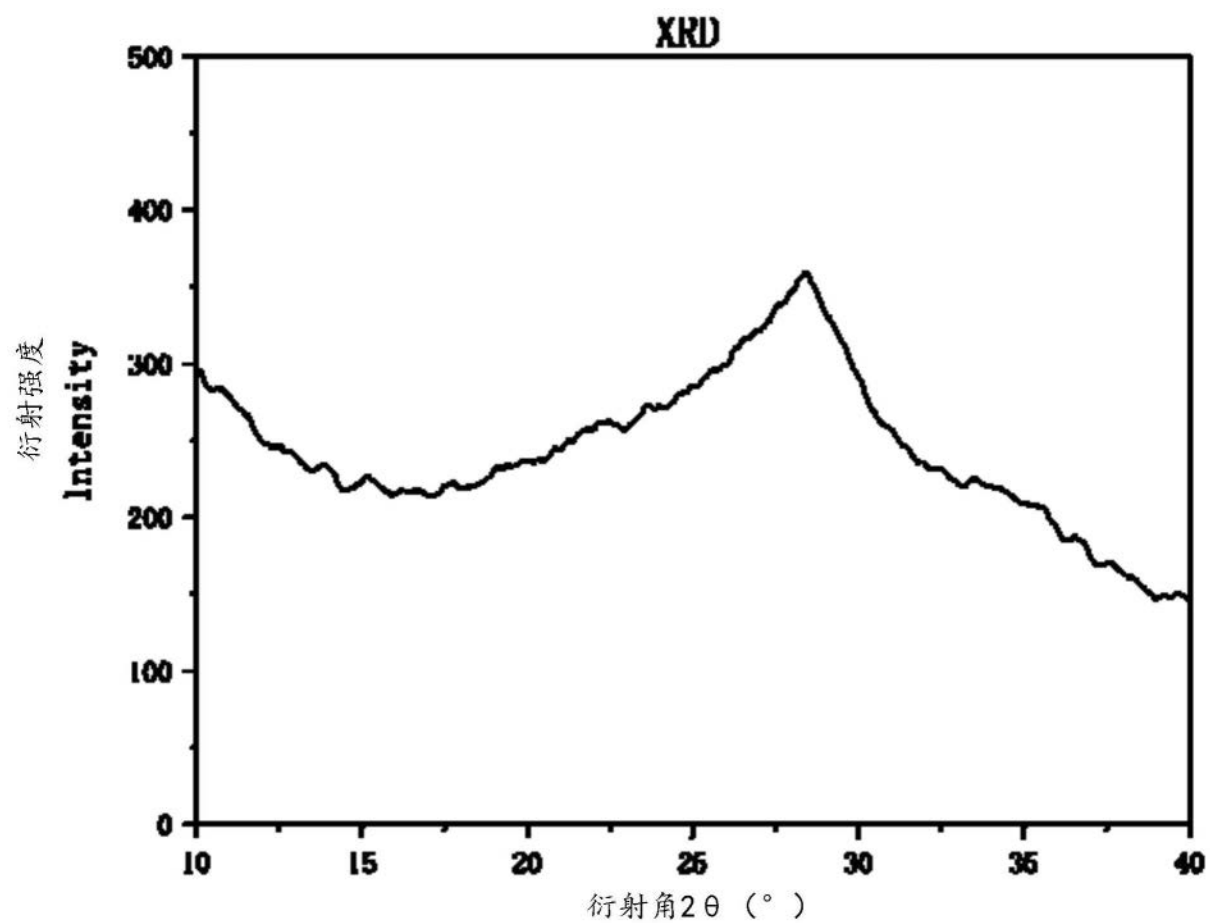


图11

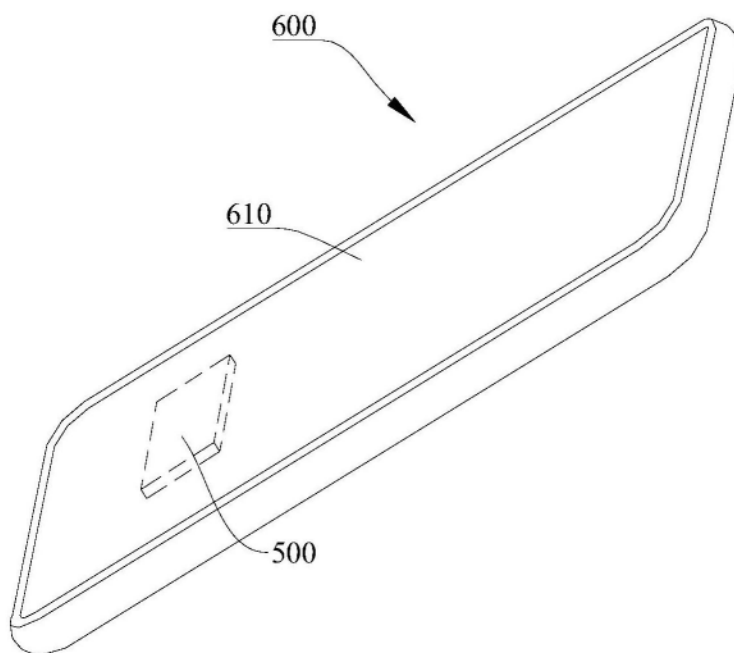


图12

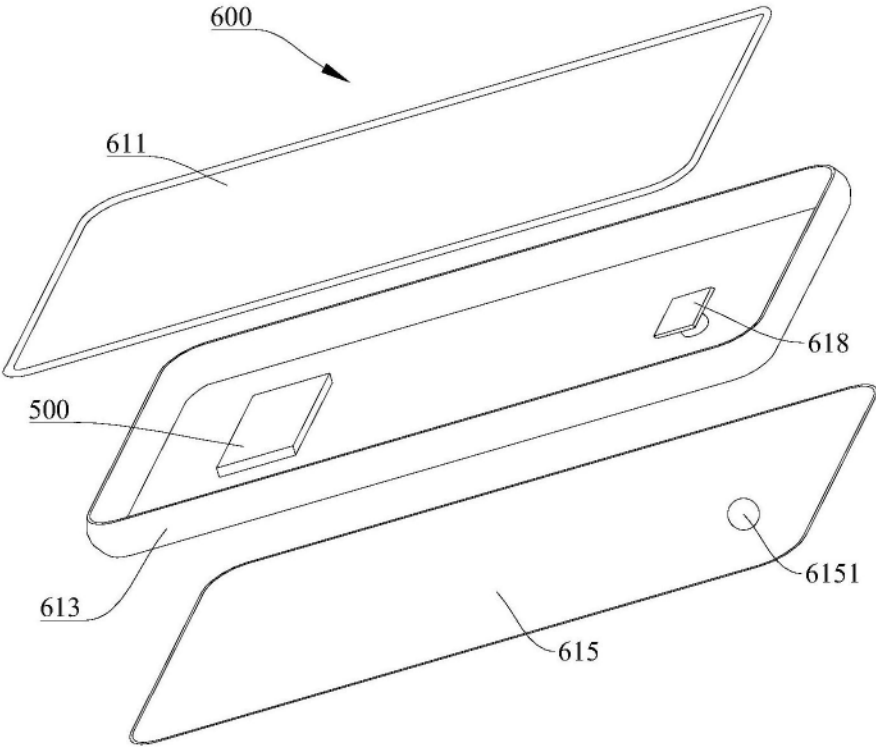


图13

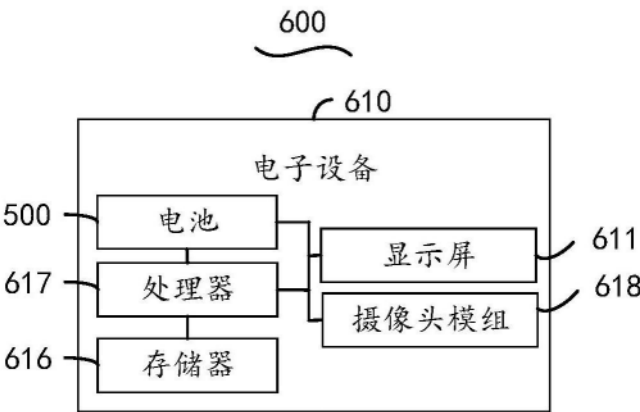


图14