



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117981099 A

(43) 申请公布日 2024. 05. 03

(21) 申请号 202280064063.6

(22) 申请日 2022.09.20

(30) 优先权数据

63/246937 2021.09.22 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.03.21

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2022/044096 2022.09.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/049102 EN 2023.03.30

(71) 申请人 雅宝公司

地址 美国北卡罗来纳州

(72) 发明人 M·欣策 Y·M·陈 X·浩

Y·王

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

专利代理师 徐厚才 林毅斌

(51) Int.Cl.

H01M 4/04 (2006.01)

H01M 4/133 (2006.01)

H01M 4/13 (2006.01)

H01M 4/139 (2006.01)

H01M 4/1393 (2006.01)

H01M 4/587 (2006.01)

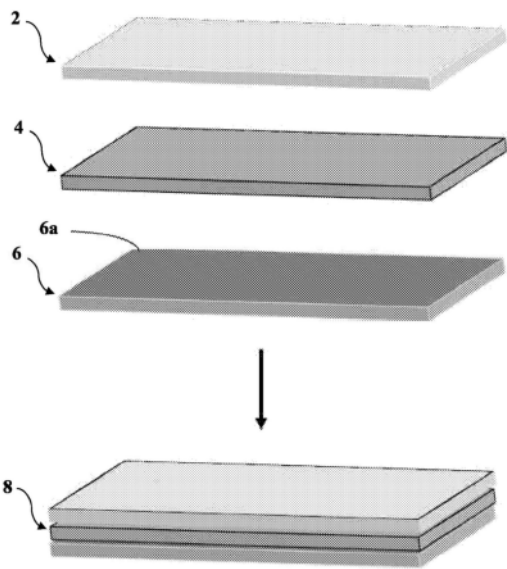
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

锂离子电池阳极的预锂化

(57) 摘要

本发明提供用于预锂化锂离子电池的阳极材料的方法。



1. 一种用于预锂化阳极材料的方法,所述方法包括:在电化学电芯中使阳极材料与基底材料的基底表面接触,所述基底表面含有图案化锂,从而形成预锂化的阳极材料。

2. 如权利要求1所述的方法,其中所述阳极材料是石墨、一种或多种硅材料、或者石墨与一种或多种硅材料的共混物。

3. 如权利要求1所述的方法,其中含有图案化锂的所述基底表面通过以下方式来制备:
由保护材料、含锂箔以及基底材料形成分层片材,其中所述保护材料与所述含锂箔的一侧接触,并且所述基底材料的基底表面与所述含锂箔的另一侧接触,

将所述分层片材放置在图案化装置中,使所述分层片材经受所述图案化装置的图案化处理,形成成形的分层片材,再将所述成形的分层片材从所述图案化装置移除;以及

将所述保护材料和所述含锂箔从所述基底材料的所述基底表面移除,以获得包括含有图案化锂的所述基底表面的基底材料。

4. 如权利要求3所述的方法,其中所述含锂箔是锂金属箔。

5. 如权利要求3或4所述的方法,其中所述含锂箔具有约30 μm 至约200 μm 的厚度。

6. 如权利要求3所述的方法,其中所述分层片材的所述形成在真空下或在惰性气氛中进行。

7. 如权利要求3至6中任一项所述的方法,其中所述图案化装置提供点矩阵图案。

8. 如权利要求3至7中任一项所述的方法,其中所述保护材料是塑料膜。

9. 如权利要求8所述的方法,其中所述塑料膜是聚乙烯膜或聚丙烯膜。

10. 如权利要求1至9中任一项所述的方法,其中所述基底材料是金属箔。

11. 如权利要求1至9中任一项所述的方法,其中所述基底材料是铜箔。

12. 一种用于预锂化阳极材料的方法,所述方法包括

由保护材料、含锂箔以及基底材料形成分层片材,其中所述保护材料与所述含锂箔的一侧接触,并且所述基底材料的基底表面与所述含锂箔的另一侧接触;

将所述分层片材放置在图案化装置中,使所述分层片材经受所述图案化装置的图案化处理,再将所述分层片材从所述图案化装置移除;

将所述保护材料和所述含锂箔从所述基底材料的所述基底表面移除,以获得包括含有图案化锂的基底表面的所述基底材料;以及

在电化学电芯中,使阳极材料与基底材料的所述基底表面接触,所述基底表面含有图案化锂,从而形成预锂化的阳极材料。

13. 如权利要求12所述的方法,其中所述含锂箔是锂金属箔。

14. 如权利要求12或13所述的方法,其中所述含锂箔具有约30 μm 至约200 μm 的厚度。

15. 如权利要求12至14中任一项所述的方法,其中所述分层片材的所述形成在真空下或在惰性气氛中进行。

16. 如权利要求12至15中任一项所述的方法,其中所述图案化装置提供点矩阵图案。

17. 如权利要求12至16中任一项所述的方法,其中所述保护材料是塑料膜。

18. 如权利要求17所述的方法,其中所述塑料膜是聚乙烯膜或聚丙烯膜。

19. 如权利要求13至18中任一项所述的方法,其中所述阳极材料是石墨、一种或多种硅材料、或者石墨与一种或多种硅材料的共混物。

20. 如权利要求1至18中任一项所述的方法,其中所述基底材料是金属箔。

21. 如权利要求1至18中任一项所述的方法,其中所述基底材料是铜箔。
22. 一种用于组装具有阳极的锂电池的方法,其特征在于,所述阳极的至少一部分由如权利要求1至2或13至21中任一项所述形成的预锂化的阳极材料形成。
23. 一种具有阳极的锂电池,其特征在于,所述阳极的至少一部分由如权利要求1至2或13至21中任一项所述形成的预锂化的阳极材料组成。

锂离子电池阳极的预锂化

技术领域

[0001] 本发明涉及用于预锂化锂离子电池的阳极材料的新方法。

背景技术

[0002] 锂离子电池用于各种消费电子产品,并且越来越多地用于电动汽车。研究人员和开发人员致力于提高用于此类应用的锂离子电池的性能。一些阳极材料的问题是电池循环期间的锂损失,尤其是首次充电/放电循环期间,其中锂损失通常是不可逆的,有时锂损失比较大。通常将石墨、硅材料以及石墨与硅材料的共混物用作锂离子电池的阳极材料。

[0003] 不可逆的首次循环锂损失可能是形成固体电解质中间相层(SEI)时消耗锂离子引起的。为了最大限度地减少这种途径造成的锂损失,通常将阳极预锂化;已经开发了若干技术。可通过锂离子与碳基或硅基阳极材料的插层反应或合金化反应来形成预锂化的阳极。另一种预锂化方法,称为“直接接触”或“内部短路”方法,包括在电解质溶液存在的情况下使锂金属与阳极直接接触,从而释放电子以使锂金属离子化;通常将锂箔或锂粉用作锂金属源。

[0004] 在直接接触预锂化方法中,锂箔和锂金属粉末作为锂源都存在缺点。薄(20 μm 或更薄)的锂箔可均匀地覆盖阳极表面,但易碎且昂贵。厚(50 μm 或更厚)的锂箔需要切割成条状以防止使阳极过载,但这不允许均匀地覆盖阳极表面。锂金属粉末可均匀地覆盖阳极表面,但是使锂金属粉末的钝化层破裂所需的增加的压力会损坏阳极,并且锂金属粉末的高表面积会增加与电解质的反应速率,从而使电化学电芯的温度升高。

[0005] 因此,需要新的且改进的预锂化锂离子电池阳极的方法,以最小化或消除首次充电/放电循环期间锂的不可逆损失。

发明内容

[0006] 本发明提供用于预锂化阳极材料的方法。本文描述的方法的优点是它们允许控制阳极材料上的锂负载。本发明提供的另一个优点是可采用厚(50 μm 或更厚)的锂箔,而不会出现此类箔通常会出现的缺点。

[0007] 本发明的一个实施方案是一种用于预锂化阳极材料的方法。所述方法包括:在电化学电芯中使阳极材料与基底材料的基底表面接触,所述基底表面含有图案化锂,从而形成预锂化的阳极材料。

[0008] 本发明的另一个实施方案是一种用于制备含有图案化锂的基底表面的方法。所述方法包括:

[0009] 由保护材料、含锂箔以及基底材料形成分层片材,其中所述保护材料与所述含锂箔的一侧接触,并且所述基底材料的基底表面与所述含锂箔的另一侧接触,

[0010] 将所述分层片材放置在图案化装置中,使所述分层片材经受所述图案化装置的图案化处理,再将所述分层片材从所述图案化装置移除;以及

[0011] 将所述保护材料和所述含锂箔从所述基底材料的所述基底表面移除,以获得包括

含有图案化锂的所述基底表面的所述基底材料。

[0012] 本发明的其他实施方案包括一种用于预锂化阳极材料的方法,所述方法包括:制备包括含有图案化锂的基底表面的基底材料,以及在电化学电芯中使阳极材料与所述基底材料的所述基底表面接触,所述基底表面含有图案化锂,从而形成预锂化的阳极材料。

[0013] 根据随后的描述、附图和所附权利要求,本发明的这些和其他实施方案以及特征将变得更加明显。

附图说明

[0014] 图1是保护层、含锂箔、基底材料以及由它们形成的分层片材的图示。

[0015] 图2示出来自共焦显微镜的两张假阴影显微照片,它们示出同一模具在两种不同的图案化压力下造成的铜箔上锂的不同高度。

[0016] 图3A是其上具有图案化锂的铜箔基底的照片;图3B是同一铜箔基底在阳极材料预锂化后的照片。

[0017] 附图说明本发明的特定方面的实施方案,并不旨在对本发明的范围强加限制。

具体实施方式

[0018] 为了制备包括含有图案化锂的基底表面的基底材料,第一步一般是由保护材料、含锂箔以及基底材料形成分层片材。在分层片材中,保护材料与含锂箔的一侧接触,并且基底材料与含锂箔的另一侧接触。在分层片材中,含锂箔是保护材料与基底材料之间的中间层。这在图1中示出,图1示出了保护层2、含锂箔4、基底材料6以及由它们形成的分层片材8。基底材料6具有基底表面6a,其将接触含锂箔4,以形成基底材料的含有图案化锂的基底表面。

[0019] 保护材料的目的是防止含锂箔粘附到图案化装置的表面,且保护材料可以是在图案化条件下不会撕裂的任何方便的材料。通常,保护材料是塑料膜,诸如聚乙烯膜或聚丙烯膜。

[0020] 合适的含锂箔包括锂金属箔和锂合金箔(包括LiMg箔、LiAl箔、LiAg箔、LiSn箔以及LiZn箔)。通常优选锂金属箔。

[0021] 含锂箔具有范围一般为约30 μm 至约200 μm 、更通常为约40 μm 至约150 μm 的厚度。这一参数尚未得到优化,尽管人们认识到在相同的图案化条件下越厚的箔可转移越大量的锂。

[0022] 基底材料可以是任何方便的材料,包括金属箔和塑料膜(诸如聚乙烯膜或聚丙烯膜)。金属箔是优选的基底材料,且一般选自诸如镍或铜的金属。优选的金属箔包括铜箔和镍箔;更优选铜箔。

[0023] 建议并优选在无水(例如,湿度为约1.5%或更低)的条件下处理含锂箔。这可在真空或惰性气氛(诸如氦气、氮气或氩气)下实现。优选惰性气氛。可能存在不定量的水。一旦形成分层片材,就不需要排除湿气,因为含锂箔已基本上包封在保护材料层与基底材料层之间。

[0024] 将分层片材放置在图案化装置中并经受所述装置的图案化程序。图案化装置包括模压机、自动冲压机以及辊压机,在辊压机中,图案从辊子转移到分层片材中。

[0025] 可冲压各种图案以将锂转移到基底材料。可使用的图案的示例包括点矩阵和平行线。一些图案的密度可能会有所不同。例如,在点矩阵图案中,可改变单位面积的点数;对于平行线,图案的线宽和/或线之间的间隔可不同。图案的这些改变通常需要针对每种图案变化使用不同的图案化元件(模具或辊子)。改变图案是改变从含锂箔转移到基底材料的锂量的一种方法。

[0026] 当使用模具和压机时,用于向模具施加压力的压机的类型被认为没有特别重要的意义。可使用地板压机。当图案化装置是地板压机中的模具时,将分层片材放置在模具中并通过施加压力进行冲压,压力通常为约1000psi至约3000psi(约6.89MPa至约20.7MPa);优选地,压力为约1500psi至约2500psi(约10.3MPa至约17.2MPa)。这一参数尚未得到优化。

[0027] 所述过程形成成形的分层片材,将其从图案化装置移除。图案化过程以来自图案化装置的图案将锂(和其他金属,如果使用合金的话)从箔转移到基底表面上。

[0028] 在本文档中,锂(和其他金属,如果是合金的话)转移到基底材料的表面上;然而,应当理解,尽管迄今为止的结果表明,大多数转移的金属保留在基底材料的表面上,但一些转移的金属原子可能在基底材料的表面以下。转移的金属原子渗透到表面以下的程度(如果有的话)尚未确定。

[0029] 移除保护层和含锂箔产生包括含有图案化锂的基底表面的基底材料。可能可以一步将基底材料从含锂箔和保护材料移除,其中保护材料与含锂箔保持在一起;但不建议这样做,因为这可能会导致从基底材料移除一些转移的锂。优选地,先将保护层从含锂箔移除,再将含锂箔从基底移除。选择图案时要考虑的因素是从图案化基底材料移除含锂箔是否容易。

[0030] 这种图案化过程具有许多优点。转移到基底材料的锂量可通过改变锂箔的厚度和/或通过改变图案化装置中使用的条件来控制。可在不同的条件,诸如不同的压力下使用同一图案化装置将不同量的锂转移到基底材料,而无需改变供给到所述装置的分层片材的组合物。改变转移到基底材料的锂量的另一种方法是将具有不同厚度的含锂箔的分层片材供给到图案化装置而无需改变图案化条件。可改变含锂箔的厚度和图案化装置条件两者,以提供更宽范围的锂转移量,而无需使用不同的图案化模具、辊子或装置。

[0031] 图2示出可转移的不同锂量的图示,图2具有来自共焦显微镜的两张假阴影显微照片,它们示出转移到铜箔(基底材料)上的锂的不同高度。在图2中,A中基底材料的基底表面6a上的锂10具有约10 μm 的高度;B中基底材料的基底表面6a上的锂10具有约35 μm 的高度。不同的高度表示转移到基底材料的基底表面的锂量不同。

[0032] 由于可控制转移的锂图案的高度,所以可在同一图案化装置中用同一图案化元件将不同量的锂转移到基底,使得无需为了转移更大量或更少量的锂而改变图案化元件(例如,模具或辊子)。在一些优选实施方案中,例如,可通过使用同一模具在更高的压力下转移更大量的锂。在其他实施方案中,可通过将模具或辊子改变为具有更密集图案的模具或辊子(诸如每单位面积有更多点的点矩阵模具)在相同压力下转移更大量的锂。

[0033] 在预锂化方法中,在电化学电芯中使阳极材料与基底材料的基底表面接触,所述基底表面含有图案化锂,从而形成预锂化的阳极材料(和至少部分脱锂的基底表面)。

[0034] 阳极材料可以是可用于形成锂电池的任何阳极材料,包括石墨、一种或多种硅材料、石墨与一种或多种硅材料的共混物、各种金属和合金,所述合金可以是锂合金。阳极材

料,尤其是锂电池的阳极材料,通常是石墨或石墨与一种或多种硅材料的共混物。

[0035] 包括含有图案化锂的表面的基底材料可以如上所述制备。基底材料和对它的优选如上所述。

[0036] 使含有图案化锂的基底表面(基底材料的图案化侧)与待预锂化的阳极材料接触。通常在使这些材料接触后将其放置在电化学电芯中。让接触材料在电化学电芯中保留足够的时间段以预锂化阳极材料。预锂化方法使基底材料的含有图案化锂的基底表面至少部分地脱锂。在实验室规模上,预锂化阳极材料所需的时间长度为约30分钟至约60分钟。

[0037] 电化学电芯的液体介质由通常形成锂电池中所使用的溶液的液体介质的一种或多种溶剂组成,所述溶剂是极性且非质子性的,对电化学循环稳定,并且优选具有低粘度。这些溶剂通常包括非环碳酸酯、环碳酸酯、醚、含硫化合物以及硼酸的酯。

[0038] 在本发明的实践中可形成电化学电芯的液体介质的溶剂包括碳酸乙烯酯(1,3-二氧戊环-2-酮)、碳酸二甲酯、碳酸甲乙酯、碳酸二乙酯、二氧戊环、二甲氧基乙烷(甘醇二甲醚)、四氢呋喃、亚硫酸乙烯酯、1,3-丙二醇硼酸酯、双(2,2,2-三氟乙基)醚以及前述中的任意两者或更多者的混合物。

[0039] 优选溶剂包括碳酸乙烯酯、碳酸甲乙酯以及其混合物。更优选的是碳酸乙烯酯与碳酸甲乙酯的混合物,尤其是碳酸乙烯酯:碳酸甲乙酯的体积比为约20:80至约40:60、更优选为约25:75至约35:65的混合物。

[0040] 在本发明的实践中合适的含锂盐包括高氯酸锂、硝酸锂、硫氰酸锂、铝酸锂、四氯铝酸锂、四氟铝酸锂、四苯硼酸锂、四氟硼酸锂、双(草酸)硼酸锂(LiBOB)、二(氟)(草酸)硼酸锂、六氟磷酸锂、六氟砷酸锂、六氟锑酸锂、氧化锂钛、氧化锂锰、氧化锂钴(LiCoO₂)、氧化锂镍(LiNiO₂)、其中烷基具有1至6个碳原子的烷基碳酸锂、甲基磺酸锂、三氟甲基磺酸锂、五氟乙基磺酸锂、五氟苯基磺酸锂、氟磺酸锂、双(三氟甲基磺酰基)亚胺锂、双(五氟乙基磺酰基)亚胺锂、(乙基磺酰基)(三氟甲基磺酰基)亚胺锂以及前述中的任意两者或更多者的混合物。优选含锂盐包括六氟磷酸锂、二(氟)(草酸)硼酸锂以及双(草酸)硼酸锂。

[0041] 含锂盐在电化学电芯的溶液中的典型浓度在约0.1M至约2.5M、优选约0.5M至约2M、更优选约0.75M至约1.75M、且再更优选约0.95M至约1.5M的范围内。当一种以上含锂盐形成含锂电解质时,浓度是指电解质溶液中存在的所有含锂盐的总浓度。

[0042] 在预锂化步骤之后,将接触的材料从电化学电芯移除,并且将基底材料与预锂化的阳极材料分离开。

[0043] 图3A示出图案化铜箔(包括含有图案化锂的基底表面6a的基底材料6),其中作为点的锂作为较浅的阴影区域10可见,并且在图3B中,示出预锂化步骤后的同一铜箔(包括基底表面6a的基底材料6),其中没有观察到锂(较浅的阴影区域)。

[0044] 本发明的另一个实施方案是一种用于组装具有阳极的锂电池的方法,其特征在于,所述阳极的至少一部分由如上所述制备的预锂化阳极材料形成。

[0045] 本发明的又另一个实施方案是一种具有阳极的锂电池,其特征在于,所述阳极的至少一部分由如上所述制备的预锂化阳极材料组成。

[0046] 由根据本发明制备的预锂化阳极材料形成的锂离子电池的初始库仑效率可通过改变如上所述的图案化过程以增加转移到基底材料的锂量来增加阳极材料中的锂负载来进一步提高。

[0047] 以下实施例是出于说明目的呈现的,并不旨在对本发明的范围强加限制。

[0048] 实施例1

[0049] 为了将基底与含锂箔一起图案化,在所有试验中,保护层是聚乙烯膜或聚丙烯膜,锂金属箔具有大约 $127\mu\text{m}$ 的厚度,并且基底是铜箔。将锂金属箔放置在铜箔之上,再将聚乙烯膜或聚丙烯膜放置在锂金属箔的顶部上,以形成分层片材。分层片材的制备在具有约1%湿度的气氛下进行。

[0050] 在本实施例的试验中,点矩阵模具中的一个具有直径为 0.20mm 的尖端,点之间的间距为 0.69mm ,并且具有约 $2.25\text{点}/\text{cm}^2$ 。另一个点矩阵模具具有直径为 0.20mm 的尖端,点之间的间距为 0.97mm ,并且具有约 $4.5\text{点}/\text{cm}^2$ 。每个模具(加拿大安大略省Anchor Danly的Danly模具组)安装在25吨的地板压机上。将分层片材放置在模具组中,定向成使得模具位于保护层之上,并将锂金属箔压入铜箔中。然后施加压力;对于使用具有 $4.5\text{点}/\text{cm}^2$ 的模具的试验,施加的压力为 2000psi (13.8MPa)。

[0051] 释放压力后,将层压片材从模具移除,再将保护层从锂金属箔剥离,然后将锂金属箔从铜箔剥离。对铜箔进行目视检查表明,来自模具的图案已转移到铜箔(见图3A)。对铜箔进行扫描电子显微镜检查,可以测量铜箔上图案的高度,测量结果报告于表1中。

[0052] 表1

[0053]	图案及尺寸	基底上 Li 图案的高度
	点矩阵, $4.5\text{点}/\text{cm}^2$	$10\mu\text{m}$
	点矩阵, $2.25\text{点}/\text{cm}^2$	$35\mu\text{m}$

[0054] 实施例2

[0055] 在纽扣电芯中进行预锂化。阳极直径为 16mm ,而锂图案化铜箔的直径略大于 16mm ,以确保完全覆盖阳极材料的表面。电解质为 1.2M LiPF_6 ,其中碳酸乙烯酯:碳酸二乙烯酯的比例为30:70(重量);使用的体积为 $200\mu\text{L}$ 。夹住(捏紧)纽扣电芯壳以提供少量压力,并让电芯静置30分钟或60分钟。

[0056] 在30分钟或60分钟时段结束后,拆解电芯。检查自纽扣电芯拆下的图案化铜箔;在所有情况下,目视检查均表明不存在锂金属。图3示出本实施例中使用的以点矩阵图案进行锂图案化的铜箔中的一个(A),以及预锂化步骤后的同一铜箔(B)。预锂化步骤后铜箔上不存在锂表明锂转移到了阳极材料。

[0057] 实施例3

[0058] 使用来自实施例2的一些预锂化的阳极材料形成电池,以评估从Li箔转移的锂量。由预锂化石墨或Li图案化Cu箔、聚丙烯隔膜(Celgard有限责任公司)以及作为对电极的拉丝锂金属箔形成半电芯电池。对于两种半电芯电池,电解质均为 1.2M LiPF_6 ,其中碳酸乙烯酯:碳酸二乙烯酯的比例为30:70(wt.);使用的体积为 $200\mu\text{L}$ 。对每个电池电芯施加 $15\mu\text{A}$ 电流的恒电流充电。含有Li图案化Cu箔的电池电芯具有 $0.3\text{mAh}/\text{cm}^2$ 的脱锂容量,而含有预锂化石墨的电池电芯的开路电压从 3V 降到 0.4V ,且容量为 $10\text{mAh}/\text{g}$ 石墨。

[0059] 实施例4

[0060] 由预锂化石墨形成全电池电芯,以镍钴锰酸锂(NCM 622)作为阴极,基于阳极材料

且忽略预锂化步骤中存在的锂, 负极: 正极 (N/P) 比例为1.1。电解质为1.2M LiPF_6 , 其中碳酸乙烯酯: 碳酸二乙烯酯为30:70 (重量)。使电池经受一次CCCV充电电化学循环。结果总结于表2中。对于含有预锂化阳极的电池, 观察到初始库仑效率增加, 表明预锂化补偿了通常在首次充电/放电循环中观察到的不可逆锂损失。

[0061] 表2

[0062]	阳极	初始库仑效率
	石墨 ¹	84 %
	预锂化石墨	90..4 %

[0063] ¹比较试验。

[0064] 本说明书或其权利要求中的任何地方由化学名称或化学式提及的组分, 无论是以单数形式还是以复数形式提及, 都被确认为它们在与由化学名称或化学类型提及的另一种物质 (例如, 另一种组分、溶剂等) 接触之前就已存在。在所得混合物或溶液中发生什么样的化学变化、转化和/或反应 (如果有的话) 并不重要, 因为此类变化、转化和/或反应是在根据本公开所要求的条件下将指定组分放在一起的自然结果。因此, 这些组分被确认为被放在一起以便执行所需操作或形成所需组合物的成分。此外, 尽管下文的权利要求可能以现在时 (“包含 (comprises)”、“是 (is)” 等) 提及物质、组分和/或成分, 但所提及的物质、组分或成分是指其就在与根据本公开的一种或多种其他物质、组分和/或成分第一次接触、共混或混合之前同时存在。因此, 如果根据本公开并根据化学家的普通技能进行, 物质、组分或成分可能在接触、共混或混合操作过程期间通过化学反应或转化而失去其原始特性, 这一事实并不具有实际意义。

[0065] 本发明可包括本文所列举的材料和/或程序, 由或基本上由所述材料和/或程序组成。

[0066] 如本文中所用, 修饰本发明组合物中的成分或本发明的方法中使用的成分的量的术语 “约” 是指例如由于以下原因而可能发生的数值量的变化: 现实世界中用于制备浓缩物或使用溶液的典型测量和液体处理程序; 这些程序中因疏忽造成的误差; 用于制备组合物或实施方法的成分的制造、来源或纯度方面的差异; 等等。术语约还涵盖由于由特定初始混合物产生的组合物的不同平衡条件而不同的量。无论是否由术语 “约” 修饰, 权利要求书包括数量的等效值。

[0067] 除非另有明确说明, 否则冠词 “一个/种 (a/an)” (如果在本文中使用以及如本文所用) 并不旨在将描述或权利要求限制为所述冠词所指的单个要素并且不应被解释为将描述或权利要求限制为所述冠词所指的单个要素。相反, 除非文中另有明确指示, 否则冠词 “一个/种 (a/an)” (如果在本文中使用以及如本文所用) 旨在涵盖一个或多个此类要素。

[0068] 本发明在其实践中容易发生相当大的变化。因此, 前述描述并不旨在将本发明限制为上文所呈现的特定示范并且不应被解释为将本发明限制为上文所呈现的特定示范。

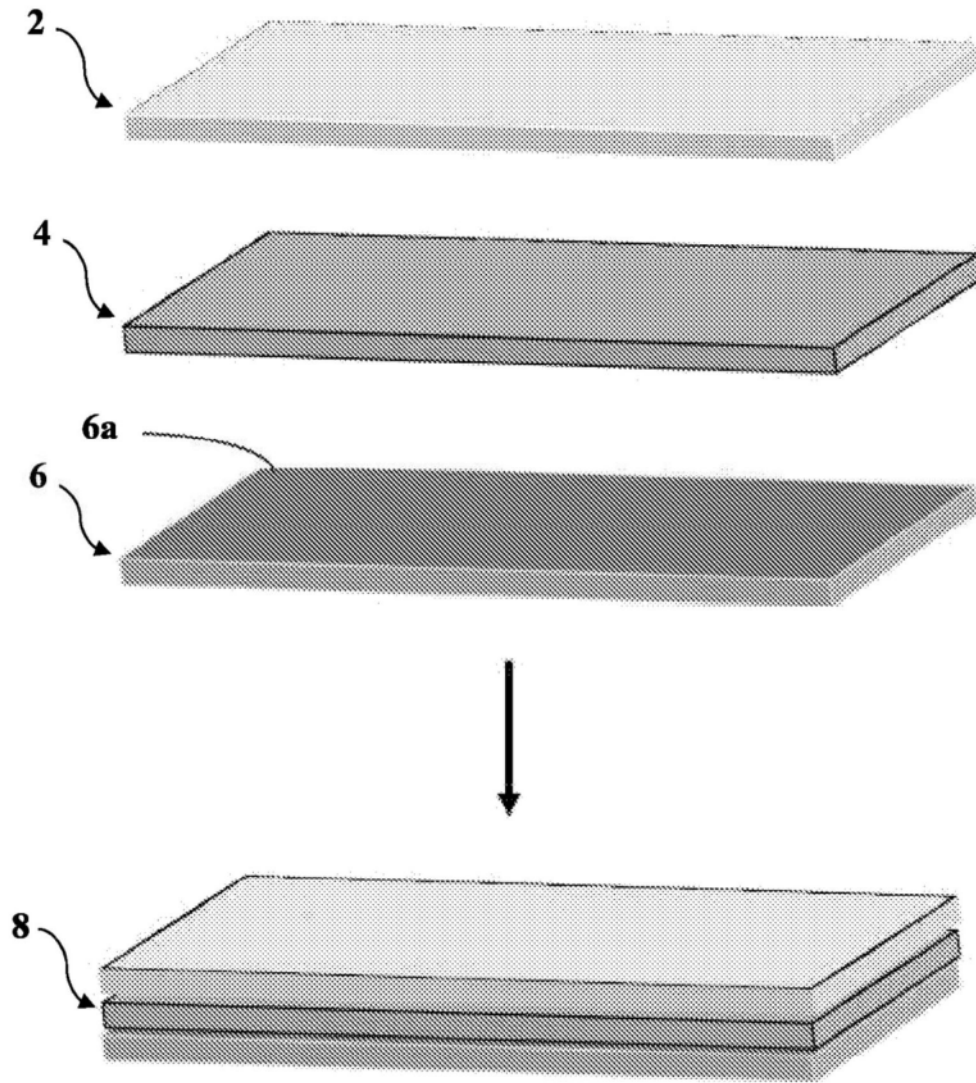


图1

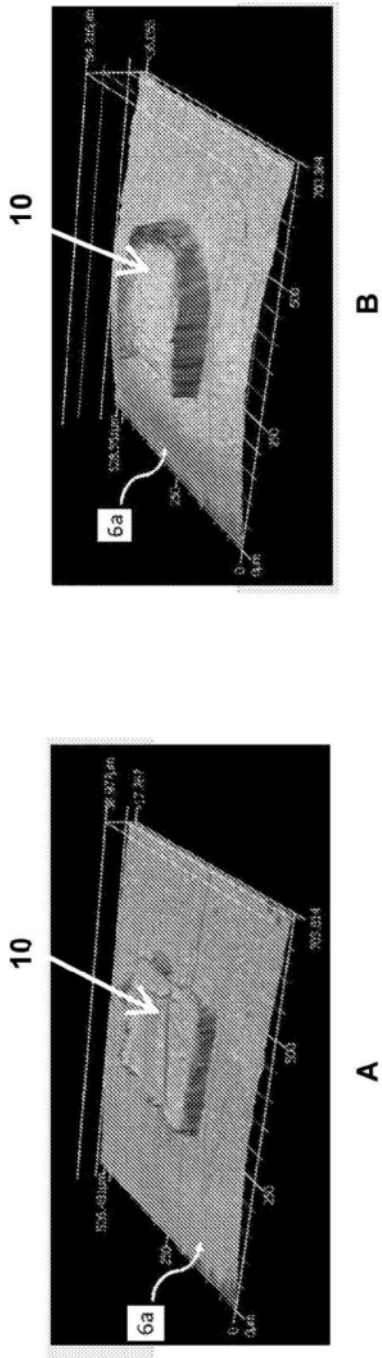


图2

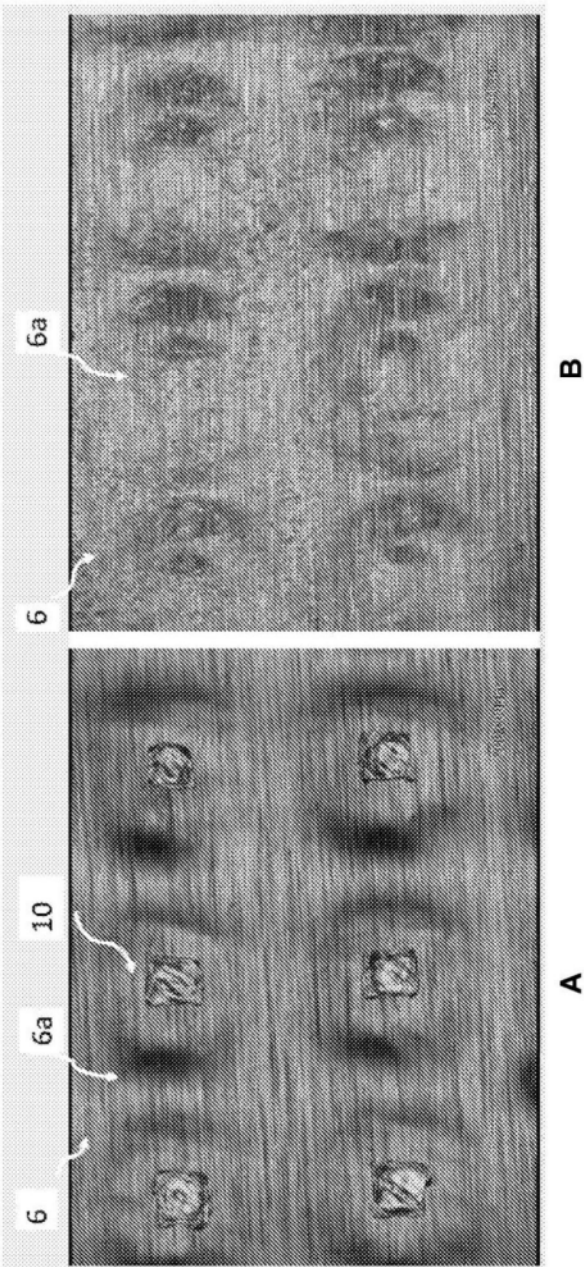


图3