



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110010373 B

(45) 授权公告日 2021.02.19

(21) 申请号 201910239340.2

H01G 11/32 (2013.01)

(22) 申请日 2019.03.27

H01G 11/40 (2013.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H01G 11/36 (2013.01)

申请公布号 CN 110010373 A

H01G 11/46 (2013.01)

(43) 申请公布日 2019.07.12

审查员 李瑞梅

(73) 专利权人 中国科学院福建物质结构研究所

地址 350002 福建省福州市杨桥西路155号

(72) 发明人 张易宁 王维 刘永川 陈素晶

苗小飞 张祥昕 陈远强 林俊鸿

(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

代理人 刘元霞 吕少楠

(51) Int. Cl.

H01G 11/86 (2013.01)

H01G 11/84 (2013.01)

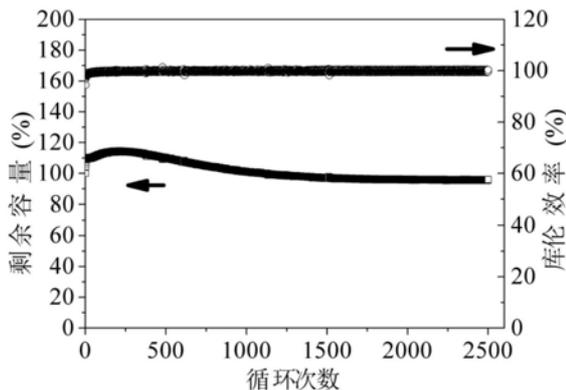
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种电极嵌锌处理方法及其在电池型超级电容器制备中的应用

(57) 摘要

本发明公开了一种电极嵌锌处理方法及其在锌离子电池型超级电容器制备中的应用。以电化学方法对电极进行嵌锌处理,具体为将待处理电极作为工作电极,以导电电极为对电极,将工作电极和对电极置于含锌离子的溶液中,在工作电极与对电极之间施加电压或电流。一种电池型超级电容器正极和负极中的至少一个电极按照该方法进行嵌锌处理,可以有效地改善正负电极电位不匹配、工作电压低、库伦效率低和循环寿命差等问题,获得成本低、工作电压高、容量高、可快速充放电和循环寿命长的电池型超级电容器。



1. 一种用于制备电池型超级电容器的电极嵌锌处理方法,该方法包括:将待处理电极作为工作电极,所述工作电极为正极和负极,以导电电极为对电极,将所述工作电极和所述对电极置于含锌离子的嵌锌溶液中,在所述工作电极与所述对电极之间施加电压或电流,使正、负极在组装前的工作电位相匹配;

所述对电极为锌、铂、石墨中的至少一种;

所述正极的活性物质为锰氧化物,所述负极的活性物质为碳材料;

所述工作电极与对电极之间施加电压或电流的方法选自恒电压法、恒电流法、恒电流充放电法、线性扫描法、循环伏安法中的至少一种。

2. 根据权利要求1所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述对电极为锌。

3. 根据权利要求1所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述工作电极与对电极之间施加电压或电流的方法为恒电压法或者恒电流充放电法。

4. 根据权利要求1或3所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述恒电压法的电压范围为0~2V,处理时间为0.1~48h。

5. 根据权利要求1所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述恒电流法的电流密度为0.01A/g~50A/g,处理时间为0.1~60h。

6. 根据权利要求1或3所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述恒电流充放电法的电流密度范围为0.01A/g~50A/g,电压范围为0~2V,处理时间为0.1~60h。

7. 根据权利要求1所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述线性扫描法的扫描速率范围为0.05mV/s~100mV/s,电压范围为0~2V,处理时间为0.1~60h。

8. 根据权利要求1所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述循环伏安法的扫描速率范围为0.05mV/s~100mV/s,电势范围为0~2V,循环次数为1~20次。

9. 根据权利要求1所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述嵌锌溶液中的锌离子来自硝酸锌、硫酸锌、氯化锌、三氟醋酸锌、甲基磺酸锌、三氟甲基磺酸锌、乙基磺酸锌、丙基磺酸锌、四氟硼酸锌、苯磺酸锌、高氯酸锌中的至少一种。

10. 根据权利要求9所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述嵌锌溶液中锌离子的摩尔浓度为0.1mol/L~4mol/L。

11. 根据权利要求9或10所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述嵌锌溶液中还包括凝胶电解质;所述凝胶电解质选自聚乙烯醇、聚氧化乙烯、琼脂、明胶、聚丙烯酸酯钠和黄原胶中的至少一种。

12. 根据权利要求1所述的电极嵌锌处理方法,其特征在于,所述锰氧化物选自MnO<sub>2</sub>、Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和MnO中的至少一种;

所述碳材料选自活性炭、活性炭纤维、碳气凝胶、碳纳米管、介孔碳、石墨烯、碳化物骨架碳和纳米门炭中的至少一种。

13. 权利要求1~12任一项所述电极嵌锌处理方法在电池型超级电容器制备中的应用。

14. 根据权利要求13所述的应用,其特征在于,所述电池型超级电容器为锌离子电池型超级电容器。

15. 一种电池型超级电容器的制备方法,其特征在于,所述方法包括以下步骤,

(1) 分别制备正极和负极;

(2) 将正极进行嵌锌处理,或将负极进行嵌锌处理,或将正极和负极同时进行嵌锌处

理；

(3) 按照正极、隔膜、负极的顺序组装,并添加电解液,封装成电池型超级电容器;或按照正极、凝胶电解质、负极的顺序组装并封装成电池型超级电容器;

步骤(2)中电极采用权利要求1~12任一项所述的嵌锌处理方法。

16. 根据权利要求15所述一种电池型超级电容器的制备方法,其特征在于,所述正极的活性物质为锰氧化物,所述负极的活性物质为碳材料。

17. 根据权利要求15所述一种电池型超级电容器的制备方法,其特征在于,所述负极的活性物质与正极的活性物质的质量比为(2~10):1。

18. 根据权利要求17所述一种电池型超级电容器的制备方法,其特征在于,所述负极的活性物质与正极的活性物质的质量比为(4.5~6):1。

19. 根据权利要求15所述一种电池型超级电容器的制备方法,其特征在于,所述电解液为含锌离子的水溶液、有机电解液和离子液体中的至少一种;

所述凝胶电解质选自聚乙烯醇、聚氧化乙烯、琼脂、明胶、聚丙烯酸酯钠和黄原胶中的至少一种。

20. 根据权利要求15-19任一项所述的制备方法,其特征在于,所述电池型超级电容器为全固态电池型超级电容器和/或半固态电池型超级电容器。

21. 根据权利要求20所述的制备方法,其特征在于,所述电池型超级电容器的比容量 $\geq 30\text{nAh/g}$ 。

22. 根据权利要求20所述的制备方法,其特征在于,所述电池型超级电容器的循环充放电次数 $\geq 100$ 次。

## 一种电极嵌锌处理方法及其在电池型超级电容器制备中的应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于电化学储能器件领域,涉及一种电极嵌锌处理方法及其在电池型超级电容器制备中的应用。

### 背景技术

[0002] 在电池领域,成本和安全性能的重要性日益凸显,于是水性电解液替换主流有机电解液成为人们研究的热点。目前,尽管已有报道将含锌离子的溶液用于可充电电池,但现有的锌离子电池循环寿命均不足五百次。同时,在循环过程中,锌片负极容易形成枝晶的形成,会引起负极体积膨胀,同时有刺破隔膜造成电池短路的风险。

[0003] 超级电容器是一种介于电池与传统静电电容器之间的新型储能器件。与电池相比,超级电容器具有更大的比功率(10倍以上),且具有瞬间释放特大电流、充电时间短、充放电效率高、循环寿命长的特性,但是其能量密度远低于电池。专利文献CN 103560019B采用复合金属氧化物(二种或更多种金属掺杂复合形成的储能材料,如 $ZnCo_2O_4$ 、 $ZnMn_2O_4$ 、 $ZnFe_2O_4$ )为正极活性材料,锌与碳材料组成负极活性物质,制备出一种锌离子混合超级电容器。然而,该混合超级电容器压降很大( $>0.4V$ ),且需要高温煅烧制备 $ZnCo_2O_4$ 、 $ZnMn_2O_4$ 、 $ZnFe_2O_4$ 等复合金属氧化物作为正极活性物质,且工艺复杂、成本高。同时,由于金属锌存在于负极,大功率充放电过程中的锌枝晶问题仍然存在。专利文献CN 107910195 A采用碳材料为正极活性物质,锌片或锌箔为负极材料,制备出一种锌离子电池型超级电容器,但锌片负极导致的枝晶问题及其安全隐患依然存在。

### 发明内容

[0004] 本发明提供一种电极嵌锌处理方法,该方法包括:将待处理电极作为工作电极,以导电电极为对电极,将工作电极和对电极置于含锌离子的嵌锌溶液中,在工作电极与对电极之间施加电压或电流,以电化学方法对电极进行嵌锌处理,使正、负极在组装前的工作电位相匹配。例如,所述对电极为锌、铂、石墨中的至少一种,优选为锌。

[0005] 根据本发明的嵌锌处理方法,所述工作电极与对电极之间施加电压或电流的方法可以选自恒电压法、恒电流法、恒电流充放电法、线性扫描法、循环伏安法中的至少一种;优选地,所述施加电压或电流的方法为恒电压法或者恒流充放电法。

[0006] 进一步地,所述恒电流法的电流密度范围为 $0.01A/g \sim 50A/g$ ,处理时间为 $0.1 \sim 60h$ 。

[0007] 进一步地,所述恒电压法的电压范围为 $0 \sim 2V$ ,处理时间为 $0.1 \sim 48h$ 。例如,所述恒电压法的电压范围为 $0.2 \sim 1.8V$ 、 $0.5 \sim 1.5V$ ;作为示例,所述电压可以为 $0.2V$ 、 $0.5V$ 、 $0.6V$ 、 $1.0V$ 、 $1.2V$ 、 $1.4V$ 、 $1.5V$ 、 $1.8V$ 、 $2.0V$ 。例如,所述处理时间可以为 $1 \sim 24h$ 、 $1.5 \sim 8h$ ;作为示例,所述处理时间为 $2h$ 、 $4h$ 、 $6h$ 。

[0008] 进一步地,所述恒流充放电法的电流密度范围为 $0.01A/g \sim 50A/g$ ,例如 $0.1 \sim 40A/g$ 。

g、1~30A/g、5~25A/g；电压范围为0~2V，例如电压为0.2~1.8V、0.5~1.5V；处理时间为0.1~60h，例如0.5~50h、1~40h、2~10h，作为示例，处理时间为2h、4h、6h。

[0009] 进一步地，所述线性扫描法的扫描速率范围为0.05mV/s~100mV/s，例如0.1~80mV/s、0.5~60mV/s、1~50mV/s、5~30mV/s，电压范围为0~2V，处理时间为0.1~60h。进一步地，所述循环伏安法的扫描速率范围为0.05mV/s~100mV/s，例如0.1~80mV/s、0.5~60mV/s、1~50mV/s、5~30mV/s，电压范围为0~2V，循环次数为1~20次。

[0010] 根据本发明的嵌锌处理方法，所述正极中的活性物质可以为锰氧化物。例如，所述锰氧化物可以选自MnO<sub>2</sub>、Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和MnO中的至少一种；所述锰氧化物的晶型没有特别限制，可以为α、β、γ、δ和无定型中的任何一种；其中，所述锰氧化物来源没有特别限制。示例性地，所述锰氧化物可以选自α-MnO<sub>2</sub>、α-Mn<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>、MnO或无定型MnO<sub>2</sub>。

[0011] 根据本发明的嵌锌处理方法，所述负极中的活性物质可以为碳材料。例如，所述碳材料可以选自活性炭、活性炭纤维、碳气凝胶、碳纳米管、介孔碳、石墨烯、碳化物骨架碳和纳米门炭中的至少一种；优选为活性炭、碳气凝胶、碳纳米管和石墨烯中的至少一种。

[0012] 根据本发明的嵌锌处理方法，所述嵌锌溶液中的锌离子来自硝酸锌、硫酸锌、氯化锌、三氟醋酸锌、甲基磺酸锌、三氟甲基磺酸锌、乙基磺酸锌、丙基磺酸锌、四氟硼酸锌、苯磺酸锌和高氯酸锌的水溶液中的至少一种；作为示例，所述锌离子可以来自硝酸锌、硫酸锌、氯化锌、三氟甲基磺酸锌的水溶液中的至少一种。所述锌离子的浓度可以为0.1~4mol/L，优选为1~2mol/L，例如1mol/L、1.5mol/L、2mol/L。进一步地，所述嵌锌溶液中还可以包括凝胶电解质，例如所述凝胶电解质可以选自聚乙烯醇、聚氧化乙烯、琼脂、明胶、聚丙烯酸酯钠和黄原胶中的至少一种，优选为黄原胶、聚乙烯醇或聚氧化乙烯。优选地，所述嵌锌溶液可以选自硫酸锌水溶液、三氟甲基磺酸锌水溶液、硫酸锌水溶液与黄原胶的混合物、硫酸锌水溶液与聚乙烯醇的混合物、硫酸锌水溶液与聚氧化乙烯的混合物。

[0013] 根据本发明实施方案，所述恒电压法的操作可以包括：以待处理电极作为工作电极，锌片作为对电极，将工作电极和对电极置于嵌锌溶液中，在恒电压0~2.0V下保持1~2小时。

[0014] 根据本发明实施方案，所述恒流充放电法的操作包括：以待处理电极作为工作电极，锌片作为对电极，将工作电极和对电极置于嵌锌溶液中，在恒定电流下，保持一定时间。例如，所述电流密度可以为0.05~0.15A/g，如0.1A/g。

[0015] 本发明还提供所述电极预嵌锌处理方法在锌离子电池型超级电容器制备中的应用。

[0016] 本发明还提供一种电池型超级电容器的制备方法，所述方法包括如下步骤：

[0017] (1) 制备常规的正极和负极；

[0018] (2) 将常规正极进行电化学嵌锌，或将常规负极进行电化学嵌锌，或将常规正极和常规负极同时进行电化学嵌锌；

[0019] (3) 按照正极、隔膜、负极的顺序组装，并添加电解液，封装成电池型超级电容器；或者按照正极、凝胶电解质、负极的顺序组装，封装成电池型超级电容器；

[0020] 优选地，步骤(2)中所述电化学嵌锌采用上述电极嵌锌处理方法。

[0021] 根据本发明的电池型超级电容器制备方法，步骤(1)中常规正极和负极的制备方法可以采用本领域已知的方法。例如，正极由正极活性物质、导电剂和粘结剂粘附在正极集流

体上制成；负极由负极活性物质、导电剂和粘结剂粘附在负极集流体上制成。

[0022] 根据本发明的电池型超级电容器制备方法，所述正极中的活性材料具有如上文所述的含义。所述负极中的活性物质具有如上文所述的含义。例如，负极活性物质与正极活性物质的质量比可以为(2~10):1，例如(4.5~6):1，作为示例，质量比可以为2:1、3:1、4:1、5:1、6:1、7:1、8:1、9:1、10:1。

[0023] 根据本发明的制备方法，所述电解液可以为含锌离子的水溶液、有机电解液和离子液体中的至少一种。例如，所述锌离子可以由包括但不限于以下物质提供：硝酸锌、硫酸锌、氯化锌、三氟醋酸锌、甲基磺酸锌、三氟甲基磺酸锌、乙基磺酸锌、丙基磺酸锌、四氟硼酸锌、苯磺酸锌、高氯酸锌中的至少一种；优选为硫酸锌、三氟甲基磺酸锌。所述电解质溶液中锌离子的浓度可以为0.1~4mol/L，优选地为1~2mol/L；作为示例，浓度为1mol/L、1.5mol/L、2mol/L。优选地，所述电解质溶液中还可以含有硫酸锰，例如硫酸锰的浓度为0.01~2mol/L，优选为0.1~1mol/L。其中，所述有机溶剂可以选自酯类、砜类、醚类、腈类、烷烃和烯烃类有机溶剂中的至少一种；例如可以为醚类、酯类；示例性地，所述有机溶剂可以为二甲醚、碳酸丙烯酯、碳酸乙烯酯。其中，所述离子液体可以选自咪唑类、哌啶类、吡咯类、季铵类和酰胺类离子液体中的至少一种。示例性地，所述电解质溶液可以选自：硫酸锌水溶液、硫酸锌水溶液+硫酸锰水溶液、三氟甲烷磺酸锌水溶液、三氟甲烷磺酸锌的乙腈溶液。

[0024] 根据本发明的制备方法，所述凝胶电解质中的凝胶态聚合物可以选自聚乙烯醇、聚氧化乙烯、琼脂、明胶、聚丙烯酸酯钠和黄原胶中的至少一种；优选为黄原胶。

[0025] 根据本发明的制备方法，所述电池型超级电容器可以为全固态电池型超级电容器和/或半固态电池型超级电容器。

[0026] 根据本发明的制备方法，所述电池型超级电容器的比容量 $\geq 30\text{mAh/g}$ ，示例性地，所述电容器的比容量为30mAh/g、36mAh/g、40mAh/g、41mAh/g、45mAh/g、48mAh/g、50mAh/g、53mAh/g、56mAh/g、60mAh/g。根据本发明的制备方法，所述电池型超级电容器的循环充放电次数 $\geq 100$ 次，例如 $\geq 1000$ 次、 $\geq 2000$ 次、 $\geq 2500$ 次。

[0027] 本发明还提供由上述制备方法得到的电池型超级电容器。

[0028] 本发明的有益效果：

[0029] 本发明的嵌锌处理方法中，采用锰化合物作为正极活性物质，碳材料作为负极活性物质，含锌离子的水溶液、有机电解液或离子液体为电解液或含锌离子的凝胶电解质，正极或/和负极经嵌锌处理，可以有效地解决组装前正极与负极电位不匹配、内阻大、库伦效率低和循环寿命差等问题，使电池型超级电容器的容量最大化。制备得到的超级电容器负极材料不存在锌枝晶的安全问题，且电池型超级电容器还具有压降低、较高的比容量和优异的循环性能。

## 附图说明

[0030] 图1为本发明实施例1的电池型超级电容器充放电曲线图。

[0031] 图2为本发明实施例1的电池型超级电容器的循环伏安曲线图。

[0032] 图3为本发明实施例1的电池型超级电容器的循环性能测试曲线图。

[0033] 图4为本发明对比例1的电池型超级电容器的循环伏安曲线图。

### 具体实施方式

[0034] 下面结合具体实施例,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的保护范围。此外,应理解,在阅读了本发明所公开的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本发明所限定的保护范围之内。

[0035] 下述实施例中所使用的实验方法如无特殊说明,均为常规方法;下述实施例中所用的试剂、材料等,如无特殊说明,均可从商业途径得到。

[0036] 实施例和对比例所制备的产品的恒流充放电、循环伏安法在室温下采用武汉蓝电公司的Land设备测试。

[0037] 实施例1

[0038] 常规正极与负极的制备:将 $\alpha$ -二氧化锰、乙炔黑、丁苯橡胶(SBR)按照质量比80:10:10制成电极浆料,涂覆在钛箔上,干燥后作为正极;按照质量比80:10:10称取活性炭、乙炔黑、SBR制成电极浆料,涂覆在钛箔上,干燥后作为负极。

[0039] 正极与负极的嵌锌处理:以 $\alpha$ -二氧化锰正极为工作电极,锌为对电极,将工作电极与对电极置于2mol/L硫酸锌溶液中,在工作电极与对电极之间施加1V恒定电压,保持2小时,对正极进行嵌锌处理;以活性炭负极为工作电极,锌为对电极,在工作电极与对电极之间时间在1V恒定电位,恒电势法保持2小时,对负极进行嵌锌。

[0040] 超级电容器的组装:嵌锌处理后的正极、隔膜、嵌锌处理后的负极依次叠放到外壳中,添加电解液(2mol/L硫酸锌及0.1mol/L硫酸锰的水溶液),组装成电池型超级电容器。

[0041] 实施例2~15

[0042] 与实施例1不同的是正极嵌锌电压或电流密度、负极嵌锌电压或电流密度,嵌锌时间,嵌锌溶液,嵌锌的加电方式,负极与正极活性物质的质量比(简称负极/正极),具体如表1所示。

[0043] 表1.

实施例	正极嵌锌电压或电流密度	负极嵌锌电压或电流密度	嵌锌时间 (小时)	嵌锌溶液	嵌锌加电方式	负极/正极
实施例 1	1.0V	1.0V	2	2 mol/L 硫酸锌水溶液	恒电压	2:1
实施例 2	1.8V	0.2V	2	2 mol/L 硫酸锌水溶液	恒电压	3:1
实施例 3	0.2~1.8 V	0.2~1.8 V	2	2 mol/L 硫酸锌水溶液	循环伏安	4:1
实施例 4	0.2~1.0 V	0.2~1.0 V	2	2 mol/L 硫酸锌水溶液	线性扫描	5:1
实施例 5	0.1 A/g	0.1 A/g	6	1 mol/L 三氟甲基磺酸锌的水溶液	恒电流	5.5:1
实施例 6	1.5 V	0.5 V	2	2 mol/L 硫酸锌水溶液	恒电压	6:1
实施例 7	2 V	0.2V	4	2 mol/L 硫酸锌水溶液	恒电压	7:1
实施例 8	0.1 A/g	0.1 A/g	6	1 mol/L 三氟甲基磺酸锌的水溶液	恒电流	8:1
实施例 9	1.4V	0.6V	6	1 mol/L 三氟甲基磺酸锌的水溶液	恒电压	9:1
实施例 10	1V	1V	2	1 mol/L 三氟甲基磺酸锌的水溶液	恒电压	10:1
实施例 11	1.2V	不处理	2	2 mol/L 硫酸锌水溶液	恒电压	2:1
实施例 12	不处理	0.5 V	2	2 mol/L 硫酸锌水溶液	恒电压	2:1
实施例 13	1.0V	1.0V	2	2mol/L 硫酸锌+黄原胶凝胶电解质	恒电压	2:1
实施例 14	1.0V	1.0V	2	2mol/L 硫酸锌+聚乙烯醇凝胶电解质	恒电压	2:1
实施例 15	1.0V	1.0V	2	2mol/L 硫酸锌+聚氧化乙烯凝胶电解质	恒电压	2:1

[0046] 对比例1

[0047] 常规正极与负极的制备:将 $\alpha$ -二氧化锰、乙炔黑、SBR按照质量比80:10:10制成电极浆料,涂覆在钛箔上,干燥后作为正极;将活性炭、乙炔黑、SBR按照质量比80:10:10制成电极浆料,涂覆在钛箔上,干燥后作为负极,负极活性炭与正极 $\alpha$ -二氧化锰的质量比为1:1。

[0048] 电池型超级电容器的组装:将正极片、隔膜、负极片依次叠加,放到钮扣外壳中,加入2mol/L硫酸锌及0.1mol/L硫酸锰的水溶液,制成常规电池型超级电容器。

[0049] 实施例16

[0050] 在室温下对实施例1~15和对比例1提供的电容器进行测试,以恒流充放电方法和循环伏安法测试,电压范围为0~1.6V。具体测试方法:在0.5A/g电流密度,0~1.6V电压范围内进行恒流充放电曲线测试;在2mV/s扫描速率,0~1.6V电压范围内进行循环伏安曲线测试;在0.5A/g电流密度,0~1.6V电压范围内进行循环性能测试。实施例1~15的电容器与对比例1的常规电容器的性能测试结果见表2。

[0051] 表2.

	样品	初始比容量	2000 次循环后 比容量
[0052]	实施例 1	42 mAh/g	40 mAh/g
	实施例 2	41 mAh/g	41 mAh/g
	实施例 3	36 mAh/g	37 mAh/g
	实施例 4	35 mAh/g	35 mAh/g
	实施例 5	40 mAh/g	41 mAh/g
	实施例 6	42 mAh/g	41 mAh/g
	实施例 7	41 mAh/g	40 mAh/g
	实施例 8	44 mAh/g	46 mAh/g
[0053]	实施例 9	42 mAh/g	41 mAh/g
	实施例 10	43 mAh/g	43 mAh/g
	实施例 11	41 mAh/g	40 mAh/g
	实施例 12	39 mAh/g	38 mAh/g
	实施例 13	43 mAh/g	43 mAh/g
	实施例 14	44 mAh/g	44 mAh/g
	实施例 15	43 mAh/g	42 mAh/g
	对比例 1	5 mAh/g	2 mAh/g

[0054] 从图1~3可以看出,实施例1电池型超级电容器具有高放电比容量(42mAh/g),稳定的充放曲线和优越的循环稳定性(循环达2500次,容量几乎不损失),说明实施例1制备的电池型超级电容器有优异的电化学性能。

[0055] 从图4为对比例1制备的常规电池型超级电容器的循环伏安曲线图,可以看出,该电池型超级电容器的放电比容量远小于实施例1,说明不经电极预处理,器件性能受到极大的影响。

[0056] 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。

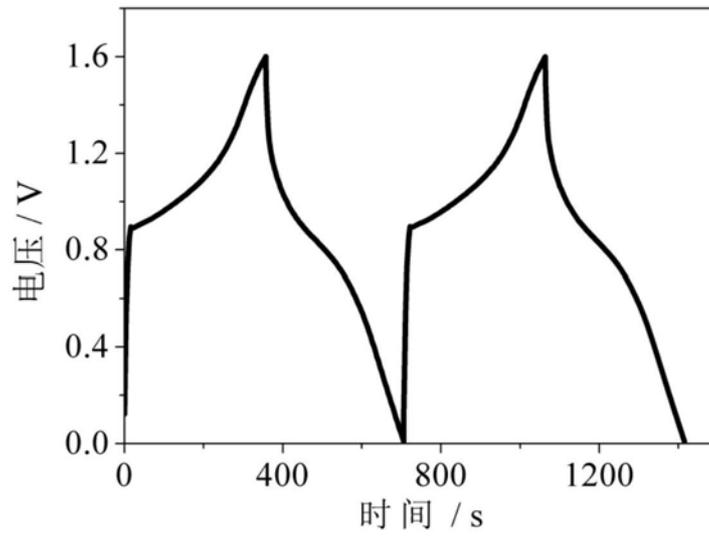


图1

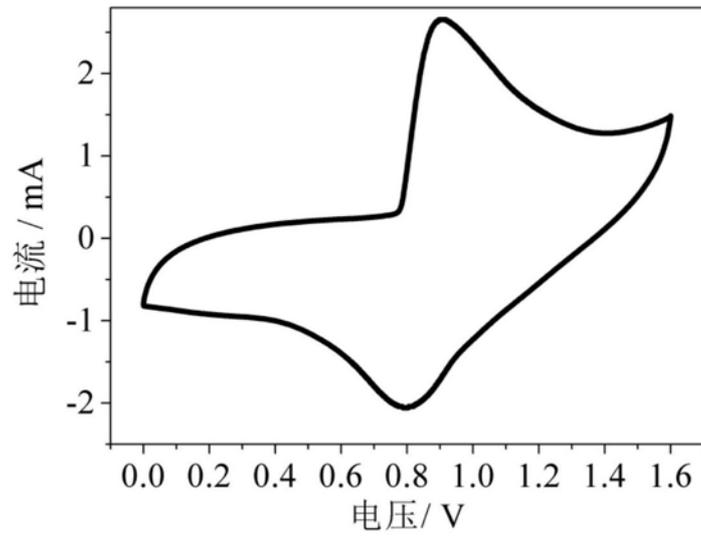


图2

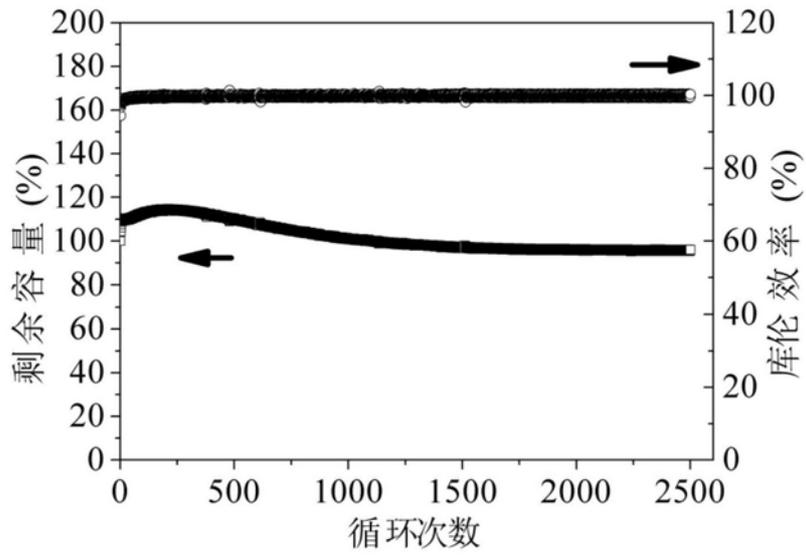


图3

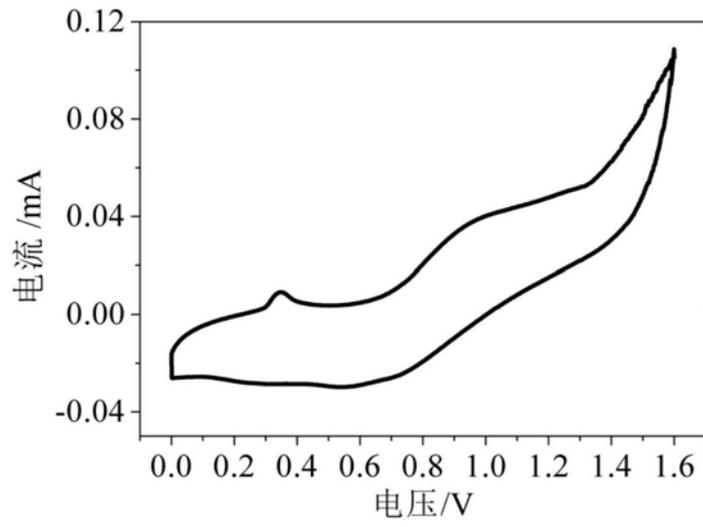


图4