



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113454443 A

(43) 申请公布日 2021.09.28

(21) 申请号 201880100717.X

(22) 申请日 2018.12.20

(30) 优先权数据

10-2018-0165534 2018.12.19 KR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.08.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/KR2018/016377 2018.12.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/130202 KO 2020.06.25

(71) 申请人 韩国基础科学支援研究院

地址 韩国大田广域市儒城区科学路169-
148 (邮编番号:34133)

申请人 忠南大学校产学协力团

韩国标准科学研究院

(72) 发明人 文雋熙 田哲昊 李柱韩 崔京洵
金千中 宋宰溶 辛浩善 朴善花

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理
有限公司 11205

代理人 王茜 臧建明

(51) Int.Cl.

G01N 21/84 (2006.01)

G01N 21/47 (2006.01)

G01R 31/36 (2019.01)

H01M 10/42 (2006.01)

G01N 27/403 (2006.01)

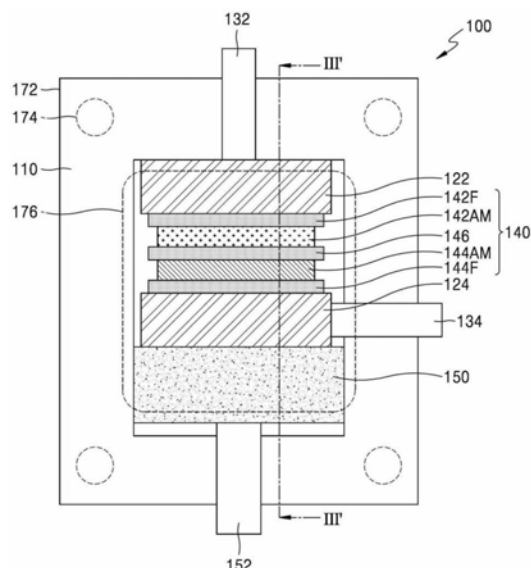
权利要求书2页 说明书13页 附图11页

(54) 发明名称

原位光学和电化学分析方法以及为其的电池单体剖面测量模块

(57) 摘要

用于原位光学和电化学分析的电池单体测量模块包括：下部壳体，其在内部包括电池单体容纳空间；上部覆盖物，其可装卸地附着于所述下部壳体且具有透明窗；以及电池单体块，其布置于所述电池单体容纳空间内且包括第一电极基座部、第二电极基座部，以及电池层合体，其布置于所述第一电极基座部与所述第二电极基座部之间，其中，所述第一电极基座部、所述电池层合体以及所述第二电极基座部沿着平行于所述透明窗的上表面的第一方向依次布置，以使所述电池层合体的厚度方向布置为平行于所述透明窗的上表面。



1. 一种用于原位光学和电化学分析的电池单体测量模块,其包括:
下部壳体,其在内部包括电池单体容纳空间;
上部覆盖物,其可装卸地附着于所述下部壳体且具有透明窗;以及
电池单体块,其布置于所述电池单体容纳空间内且包括
第一电极基座部、
第二电极基座部,以及
电池层合体,其布置于所述第一电极基座部与所述第二电极基座部之间,
其中,所述第一电极基座部、所述电池层合体以及所述第二电极基座部沿着平行于所述透明窗的上表面的第一方向依序布置,以使所述电池层合体的厚度方向布置为平行于所述透明窗的上表面。
2. 根据权利要求1所述的电池单体测量模块,其中,
所述电池层合体包括
附着有阳极活性物质的阳极集电部、
附着有阴极活性物质的阴极集电部,以及
分离膜,其布置于所述阳极活性物质与所述阴极活性物质之间,并且,
所述电池单体块布置为所述阳极集电部、所述阳极活性物质、所述分离膜、所述阴极活性物质,以及所述阴极集电部都面向所述透明窗。
3. 根据权利要求2所述的电池单体测量模块,其中,
所述阳极活性物质在垂直于所述阳极集电部的上表面的方向上具有第一厚度,
所述阴极活性物质在垂直于所述阴极集电部的上表面的方向上具有第二厚度,并且,
所述电池单体块布置为使得通过所述透明窗观察到所述阳极活性物质的整个所述第一厚度和所述阴极活性物质的整个所述第二厚度。
4. 根据权利要求2所述的电池单体测量模块,其进一步包括
第三电极基座部,其布置于所述电池单体容纳空间内,
且布置于所述第一电极基座部、所述电池层合体以及所述第二电极基座部的一侧以邻接于所述第一电极基座部、所述电池层合体以及所述第二电极基座部中的每一个,并且,
所述第三电极基座部用作参比电极,其提供对所述阳极活性物质和所述阴极活性物质的参比电压。
5. 根据权利要求1所述的电池单体测量模块,
其中,所述下部壳体进一步包括供应线开口部,其构成为接收从外部供应部件供应到所述电池单体容纳空间内部的电解液,并且,
所述第一电极基座部包括:
复数个开口部,其穿透所述第一电极基座部;以及
沟槽,其在平行于所述第一电极基座部的上表面的方向上通过所述第一电极基座部的整个长度延伸;
中的至少一个
且构成为使得所述电解液通过所述复数个开口部和所述沟槽中的至少一个到达所述电池层合体。
6. 一种使用电池单体测量模块的原位光学和电化学分析方法,

其中,所述电池单体测量模块包括:

下部壳体,其在内部包括电池单体容纳空间;

上部覆盖物,其可装卸地附着于所述下部壳体且具有透明窗;以及

电池单体块,其布置于所述电池单体容纳空间内,

所述原位光学和电化学分析方法包括:在平行于所述透明窗的上表面的第一方向上依次布置包括在所述电池单体块内的第一电极基座部、电池层合体,以及第二电极基座部;

对所述电池单体测量模块执行充电和放电操作;以及

对所述电池单体测量模块执行多次光测量循环,其中,

所述光测量循环包括:

向通过所述透明窗观察到的所述电池层合体的第一部分照射第一光;

检测从所述电池层合体散射的第一光;

向通过所述透明窗观察到的所述电池层合体的所述第一部分照射第二光,其具有与所述第一光的波长不同的波长;以及

检测从所述电池层合体散射的第二光。

7.根据权利要求6所述的原位光学和电化学分析方法,

其中,所述照射第二光包括

沿着通过所述透明窗观察到的所述电池层合体的厚度方向以第一扫描宽度继续照射所述第二光。

8.根据权利要求7所述的原位光学和电化学分析方法,其中

所述电池层合体包括

附着有阳极活性物质的阳极集电部、

附着有阴极活性物质的阴极集电部,以及

分离膜,其布置于所述阳极活性物质与所述阴极活性物质之间,并且,

所述电池单体块布置为使得所述阳极集电部、所述阳极活性物质、所述分离膜、所述阴极活性物质,以及所述阴极集电部都面向所述透明窗,其中,

所述照射第二光包括以下步骤中的至少一个:

沿着通过所述透明窗观察到的所述阳极活性物质的厚度方向以所述第一扫描宽度继续照射第二光;以及

沿着通过所述透明窗观察到的所述阴极活性物质的厚度方向以所述第一扫描宽度继续照射所述第二光。

原位光学和电化学分析方法以及为其的电池单体剖面测量模块

技术领域

[0001] 本发明的技术思想涉及原位光学和电化学分析方法以及为其的电池单体测量模块,更详细地,涉及一种电池单体测量模块,其能够通过执行充电和放电的期间的电池单体内部的剖面而进行的电化学行为分析,以及使用该电池单体测量模块的原位光学和电化学分析方法。

背景技术

[0002] 最近,随着在小型移动器械、电车等各种适用领域中对使用锂离子电池的需求增加,根据为各种适用领域的各种需求条件优化锂离子电池的功能的需要越来越增加。尤其,正活跃地进行对具有高容量和廉价的新型的阳极活性物质的候选物质和阴极活性物质的候选物质的电化学特性研究。然而,对新型的阳极活性物质和阴极活性物质中的一部分而言,还没查明根据充电和放电的相转变特性与电化学功能之间的关系,因此存在难以对这些候选物质进行功能改善和商用化的问题。

发明内容

[0003] 技术问题

[0004] 本发明的技术思想所要解决的技术问题是提供一种电池单体测量模块,其能够通过执行充电和放电的期间的电池单体内部的剖面而对电化学行为执行精密的分析。

[0005] 本发明的技术思想所要解决的技术问题为提供一种原位光学和电化学分析方法,其能够通过使用所述电池单体测量模块在执行充电和放电的期间的电池单体内部的剖面而对电化学行为执行精密的分析。

[0006] 技术方案

[0007] 为了实现所述技术问题,根据本发明的技术思想的用于原位光学和电化学分析的电池单体测量模块包括:下部外壳,其在内部包括电池单体容纳空间;上部覆盖物,其可装卸地附着于所述下部壳体且具有透明窗;以及电池单体块,其布置于所述电池单体容纳空间内且包括第一电极基座部、第二电极基座部,以及电池层合体,其布置于所述第一电极基座部与所述第二电极基座部之间,并且,所述第一电极基座部、所述电池层合体以及所述第二电极基座部沿着平行于所述透明窗地上表面地第一方向依次布置,以使所述电池层合体的厚度方向布置为平行于所述透明窗的上表面。

[0008] 在示例性实施例中,所述电池层合体包括附着有阳极活性物质的阳极集电部、附着有阴极活性物质的阴极集电部和分离膜,其布置于所述所述阳极活性物质与所述阴极活性物质之间,并且,所述电池单体块布置为所述阳极集电部、所述阳极活性物质、所述分离膜、所述阴极活性物质,以及所述阴极集电部都面向所述透明窗。

[0009] 在示例性实施例中,所述阳极活性物质在垂直于所述阳极集电部的上表面的方向上具有第一厚度,所述阴极活性物质在垂直于所述阴极集电部的上表面的方向上具有第二

厚度,并且,所述电池单体块可以布置为使得通过所述透明窗观察到所述阳极活性物质的整个所述第一厚度和所述阴极活性物质的整个所述第二厚度。

[0010] 在示例性实施例中,所述电池单体测量模块进一步包括第三电极基座部,其布置于所述电池单体容纳空间内,且布置于所述第一电极基座部、所述电池层合体以及所述第二电极基座部的一侧部以邻接于所述第一电极基座部、所述电池层合体以及所述第二电极基座部,并且,所述第三电极基座部可以用作参比电极,其提供对所述阳极活性物质和所述阴极活性物质的参比电压。

[0011] 在示例性实施例中,所述下部壳体进一步包括供应线开口部,其构成为从外部供应部件接收供应到所述电池单体容纳空间内部的电解液,并且,所述第一电极基座部包括:复数个开口部,其穿透所述第一电极基座部;以及沟槽,其在平行于所述第一电极基座部的上表面的方向上通过所述第一电极基座部的整个长度延伸,且构成为使得所述电解液通过所述复数个开口部和所述沟槽中的一个到达所述电池层合体。

[0012] 为了实现所述技术问题,在根据本发明的技术思想的使用电池单体测量模块的原位光学和电化学分析方法中,所述电池单体测量模块包括:下部壳体,其在内部包括电池单体容纳空间;上部覆盖物,其可装卸地附着于所述下部壳体且具有透明窗;以及电池单体块,其布置于所述电池单体容纳空间内,其中,沿着平行于所述透明窗的上表面的第一方向依次布置包括在所述电池单体块内的第一电极基座部、电池层合体,以及第二电极基座部;对所述电池单体测量模块执行充电和放电操作;以及对所述电池单体测量模块执行多次光测量循环,其中,所述光测量循环包括:向通过所述透明窗观察到的所述层合体的第一部分照射第一光;检测从所述电池层合体散射的第一光;向通过所述透明窗观察到的所述电池层合体的所述第一部分照射第二光,其具有与所述第一光的波长不同的波长;以及检测从所述电池层合体散射的第二光。

[0013] 在示例性实施例中,所述照射第二光可以包括沿着通过所述透明窗观察到的所述电池层合体的厚度方向上以第一扫描宽度继续照射第二光。

[0014] 在示例性实施例中,所述电池层合体可以包括附着有阳极活性物质的阳极集电部、附着有阴极活性物质的阴极集电部,以及分离膜,其布置于所述阳极活性物质与所述阴极活性物质之间,并且,所述电池单体块布置为使得所述阳极集电部、所述阳极活性物质、所述分离膜、所述阴极活性物质,以及所述阴极集电部都面向所述透明窗,并且,所述照射第二光包括以下步骤中的至少一个:沿着通过所述透明窗观察到的所述阳极活性物质的厚度方向以所述第一扫描宽度继续照射第二光;以及沿着通过所述透明窗观察到的所述阴极活性物质的厚度方向以所述第一扫描宽度继续照射第二光。

[0015] 有益效果

[0016] 在根据本发明的电池单体测量模块中,可以在平行于透明窗的上表面的第一方向上依次布置第一电极基座部、电池层合体以及第二电极基座部,以使布置在下部壳体的电池单体容纳空间内的电池层合体的厚度方向布置为平行于上部壳体的透明窗的上表面。在对所述电池单体测量模块执行充电和放电时,可以测量电池层合体内的阳极活性物质、分离膜、阴极活性物质的厚度方向剖面的光学图像,同时还可以通过拉曼分光器对所述厚度方向剖面执行组成分析。例如,在阳极活性物质或阴极活性物质的充电步骤和放电步骤中,可以通过光学图像观察在各电位处的界面移动、活性物质的沉淀和溶解,以及活性物质的

厚度变化。与对光学图像的观察同时,可以通过拉曼分光器在阳极活性物质内部的至少一个固定位置处或在与继续延伸的第一方向相对应的复数个固定位置处执行活性物质内部的物质能量分析、结晶结构分析、相转变分析,和/或组成分析。因此,可以对其电化学反应行为没有明确表明的新型的阳极活性物质和新型的阴极活性物质的电化学反应行为和反应速度执行精密的观察和分析。

附图说明

- [0017] 图1为展示根据示例性实施例的原位光学测量系统的概略图。
- [0018] 图2为展示根据示例性实施例的电池单体测量模块的正面图。
- [0019] 图3为沿着图2的Ⅲ-Ⅲ'线的剖面图。
- [0020] 图4为展示根据示例性实施例的电池单体测量模块的正面图。
- [0021] 图5为展示根据示例性实施例的电池单体测量模块的正面图。
- [0022] 图6为展示根据示例性实施例的电池单体测量模块的正面图。
- [0023] 图7为展示包括在电池单体测量模块中的第一电极基座部的透视图。
- [0024] 图8为展示包括在电池单体测量模块中的第一电极基座部的透视图。
- [0025] 图9为展示根据示例性实施例的原位光学和电化学分析方法的流程图。
- [0026] 图10为展示二甲基吩嗪(dimethylphenazine;DMPZ)阳极活性物质在一次充电和一次放电时的电压曲线的图表。
- [0027] 图11展示阳极活性物质在一次充电时的在不同电压下的光学图像。
- [0028] 图12a和图12b分别展示阳极活性物质的第一部分和第二部分在一次充电和一次放电期间的在不同电压下的拉曼位移图表。
- [0029] 图13a展示根据在第一充电和放电循环中的电压的阳极活性物质的光学图像,图13b展示根据在第二充电循环的电压的阳极活性物质的光学图像。

具体实施方式

[0030] 为了充分理解本发明的组成和效果,参照附图描述本发明的优选实施例。然而,本发明不限于在下文中公开的实施例,可以实现为各种形式且允许各种变形。提供这些实施例是为了使本公开彻底和完整,并且向本领域技术人员充分传达本发明的范围。在附图中,为了便于描述,组件的尺寸是相对于实际尺寸放大而图示的,并且,可以夸张或缩小个组件的比例。

[0031] 在某个组件记载为在另一组件“上”或“接触”另一组件的情况下,应当理解所述组件可以直接接触或连接至另一组件而在中间可以存在另一个组件。相反地,在某个组件记载为另一组件“上边”或“直接接触”另一组件时,可以认为中间不存在额外的组件。可以通过相同的方式解释描述组件之间的其它表达,例如“~之间”和“直接~之间”等。

[0032] 术语“第一”、“第二”等可以用于描述各种组件,但这些组件不应受术语限制。所述术语仅可以用于区别一个组件和另一组件。例如,在不脱离本发明的权利范围的情况下,第一组件可以命名为第二组件,类似地,第二组件也可以命名为第一组件。

[0033] 除非上下文另有明确的表现,否则单数表现形式包括复数表现形式。“包括”或“具有”等术语用于指定记载于说明书中的特征、数字、步骤、操作、组件、部件或其组合,且可以

解释为可以附加一个或更多其它特征或数字、步骤、操作、组件、附件或其组合。

[0034] 除非另有定义, 否则, 本发明的实施例中所适用的术语可以解释为对本技术领域的普通技术人员已知的意味。

[0035] 以下, 通过参照附图描述本发明的优选实施例详细描述本发明。

[0036] 图1为展示根据示例性实施例的原位光学测量系统(1)的概略图。图2为展示根据示例性实施例的电池单体测量模块(100)的正面图, 图3为沿着图2的Ⅲ-Ⅲ'线的剖面图。

[0037] 参照图1至图3, 原位光学测量系统(1)可以包括光学分析单元(Optical Measuring Unit; OMU) (10)、电化学分析单元(Electrochemical analysis unit; ECU) (20), 以及电池单体测量模块(100)。

[0038] 光学分析单元(10)可以由能够对包括在电池单体测量模块(100)中的电池层合体(140)进行光学特性分析的测量装置构成。在示例性实施例中, 光学分析单元(10)可以构成执行光学图像分析和拉曼位移分析。在其它实施例中, 光学分析单元(10)可以由分别能够执行光学图像分析、拉曼位移分析、光致发光(photoluminescence; PL)特性分析的复数个的分析单元构成。

[0039] 例如, 光学分析单元(10)可以包括拉曼分光器, 其能够以激光作为光源向电池层合体(140)照射光, 且接收并感知通过电池层合体(140)反射的光。并且, 光学分析单元(10)可以进一步包括光学显微镜。光学显微镜可以通过向电池层合体(140)照射光, 并接收通过电池层合体(140)反射的光, 且通过CCD照相机(省略图示)储存电池层合体(140)的图像信息。

[0040] 例如, 光学分析单元(10)可以包括光源(12)、光分歧器(14)、透镜(16), 以及检测器(18)。例如, 光源(12)可以包括激光光源, 激光可以由光源(12)释放。光分歧器(14)可以反射从光源(12)释放的光并使其入射到透镜(16)。入射到透镜(16)的光可以入射到电池单体测量模块(100)内的电池层合体(140)。从电池层合体(140)散射的光可以通过透镜(16)和光分歧器(14)并由检测器(18)接收。检测器(18)可以包括照相机或分光计。

[0041] 在示例性实施例中, 光学显微镜可以通过向电池单体测量模块(100)的测量区域(即图3中的由扫描宽度表示的区域)来储存所述测量区域的图像。并且, 拉曼分光器可以通过向所述测量区域内的复数个固定的测量位置照射光来获得从复数个固定的测量位置的拉曼位移测量结果。并且, 拉曼分光器还可以通过向所述测量区域中的沿着具有第一扫描宽度的测量线而连续布置的测量位置照射光来获得从所述测量线的拉曼位移测量结果。

[0042] 电化学分析单元(20)可以由能够对包括在电池单体测量模块(100)内的电池层合体(140) (参见图2)进行电化学性能分析的测量装置组成。例如, 电化学分析单元(20)可以构成电连接至电池层合体(140)且调节电池层合体(140)的电压和电流或记录电池层合体(140)的电压信息和电流信息。

[0043] 例如, 电化学分析单元(20)可以构成驱动电化学循环多次, 其包括对电池层合体(140)的充电和放电。在对电池层合体(140)的充电循环中, 可以以预设的电流速度对电池层合体(140)施加电流, 且可以测量并记录根据所施加的电流的电池单体(140)的电压。当电池层合体(140)的电压到达预设的关闭电压时, 可以开始对电池层合体(140)的放电循环, 且可以测量并记录在放电电流以预设的电流速度流动时的电池层合体(140)的电压。

[0044] 电池单体测量模块(100)可以包括透明窗(176), 且可以构成通过透明窗(176)

相电池层合体(140)照射光并感知从电池层合体(140)反射的光。电池单体测量模块(100)可以构成其中在通过透明窗(176)观察到的测量区域(即,由扫描宽度表示的区域)内电池层合体(140)的阳极集电部(142F)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)在平行于透明窗(176)的第一方向(Y方向)上依次布置。换言之,电池层合体(140)可以布置为其层合方向平行于透明窗(176),从而可以对电池层合体(140)的阳极集电部(142F)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)中所关注的区域容易执行光学图像分析和拉曼分析。并且,电池层合体(140)的层合方向可以布置为平行于透明窗(176),据此,可以通过连续扫描电池层合体(140)的阳极集电部(142F)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)中一部分区域来容易执行对测量区域内的复数个固定位置或连续的测量线上的光学图像分析和拉曼分析。

[0045] 根据示例性实施例,在通过电化学分析单元(20)对电池层合体(140)执行电化学特性分析时,可以通过光学分析单元(10)同时执行对电池层合体(120)的一部分的图像分析和拉曼分析。因此,可以对电池层合体(140)的电化学行为的综合分析,例如对作为关注对象的阳极活性物质(142AM)或阴极活性物质(144AM)查明在充电和放电期间发生的所述活性物质的电化学反应、对结晶相(crystalline phase)或结晶结构的变化观察、对在局部性区域中的反应速度的分析、对活性物质的界面移动的观察、对活性物质的局部性厚度变化的观察。

[0046] 在现有的原位电化学单元中,在其上面形成有开口部的硬币型单体内布置阳极活性物质和阴极活性物质夹着分离膜在中间而层叠的结构,其中,通过所述开口部,仅可以观察所述阳极活性物质的表面或仅可以观察所述阴极活性物质的表面。尤其,能够通过开口部观察的所述表面可以是布置于硬币型单体的顶部的表面,或者可以是对应的样机部分被除去的阴极部分的表面(或者,对应的阴极部分被除去的样机部分的表面)。因此,能够通过开口部观察的在所述表面上的活性物质的电化学反应可以与发生在硬币型单体的内部区域中发生的电化学反应可以有较大的区别,因此,可能难以对电化学反应执行精密分析。

[0047] 然而,根据本发明,由于电池层合体(140)的阳极集电部(142F)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)在电池单体测量模块(100)内在平行于透明窗(176)的方向上层叠,因此可以同时观察或测量阳极集电部(142)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146),阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)。尤其,可以在阳极活性物质(142AM)的厚度方向或阴极活性物质(144)的厚度方向上连续观察在固定位置处的物质的组成或图像,并且,可以同时观察阳极活性物质(142AM)与邻接于其的阳极集电部(142F)之间的界面或阴极活性物质(144AM)与邻接于其的阴极集电部(144F)之间的界面的移动等。因此,可以对在电池层合体(140)的充电和放电步骤中发生的电池层合体(140)的电化学反应进行精密的测量或分析。

[0048] 以下,参照图2和图3详细描述电池单体测量模块(100)的细部结构。

[0049] 电池单体测量模块(100)可以包括下部壳体(110)和上部覆盖物(172),其可装卸地附着于下部壳体(110)。下部壳体(110)可以具有电池单体容纳空间(110S),其可以在内容纳电池层合体(140)。上部覆盖物(172)可以具有透明窗(176),通过其观察到电池层合体(140)的剖面,且可以通过覆盖物固定部(174)附着于下部壳体(110)。为了便于理解,在图2

中,用虚线图示上部覆盖物(172)、覆盖物固定部(174)以及透明窗(176)。

[0050] 下部壳体(110)可以在其内具有电池单体容纳空间(110S),并且,在电池单体容纳空间(110S)内可以布置有包括电池层合体(140)的电池单体块。下部壳体(110)可以包括具有刚性的技术或绝缘物质。例如,下部壳体(110)可以由不锈钢(Stainless Use Steel; SUS)材质形成以防止腐蚀,但不限于此。

[0051] 所述电池单体块可以包括第一电极基座部(122)、第二电极基座部(124),以及电池层合体(140),其布置于第一电极基座部(122)与第二电极基座部(124)之间。可以沿着平行于透明窗(176)的上表面的第一方向(Y方向)依次布置第一电极基座部(122)、电池层合体(140),以及第二电极基座部(124)。换言之,可以通过透明窗(176)同时观察第一电极基座部(122)的至少一部分、电池层合体(140)的至少一部分,以及第二电极基座部(124)的至少一部分。

[0052] 第一电池连接部(132)可以穿透下部壳体(110)且电连接至第一电极基座部(122)。第一电极连接部(132)可以是一种连接端,其可以通过第一电极基座部(122)从向电化学分析单元(20)向电池层合体(140)供应电流。第二电极连接部(134)可以穿透下部壳体(110)且电连接至第二电极基座部(124)。第二电极连接部(134)可以是一种连接端,其可以通过第二电极基座部(124)从电化学分析单元(20)向电池层合体(140)供应电流。

[0053] 电池层合体(140)可以包括阳极集电部(142F)、阳极活性物质(142AM)分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)。阳极集电部(142F)可以布置为接触第一电极基座部(122),阴极集电部(144F)可以布置为接触第二电极基座部(124)。

[0054] 虽然没有图示,阳极活性物质(142AM)、分离膜(146),以及阴极活性物质(144AM)可以是被电解液浸湿的状态。或者,为了补充由于反复充电和放电步骤而引起的电解液消耗,如参照以下的图6和图8描述,在下部壳体(110)中可以进一步形成有供应线开口部(110SH1,110SH2),以能够接收从外部的供应线(190L1,190L2)供应的电解液,并且,第一电极基座部(122)和第二电极基座部(124)中的至少一个可以包括供电解液通过的复数个开口部(122SH)或沟槽(122SL)。

[0055] 阳极集电部(142F)可以包括导电性物质,且可以是薄的导电性箔或薄的导电性网状物(mesh)。例如,阳极集电部(142F)可以包括铝、镍、铜、金,或其合金。阳极活性物质(142AM)可以包括能够将锂离子可逆地插入/脱离的物质。阳极活性物质(142AM)可以时为了通过光学分析单元(10)和电化学分析单元(10)分析根据充电和放电的相转变特性而所需的活性物质。在一些示例性实施例中,阳极活性物质(43M)可以包括碳羧有机基(carboorganic-based)阳极活性物质、橄榄石(olivine)结构的锂磷酸化物基阳极活性物质、钒氧化物基阳极活性物质、层状结构的锂金属氧化物、尖晶(spinel)结构的锂锰氧化物基阳极活性物质,硫基阳极活性物质等。例如,通过图10至图13b详细描述通过使用原位光学测量系统(1)对二甲基吩嗪(dimethylphenazine)作为阳极活性物质(142AM)的电池层合体(140)进行电化学性能和相转变特性分析的结果。

[0056] 虽然没有图示,阳极活性物质(142AM)可以在其内部进一步包括粘合剂或导电材。粘合剂可以用于使阳极活性物质(142AM)的颗粒互相附着并将阳极活性物质(142AM)附着于阳极集电部(142F)。导电材可以向阳极活性物质(142AM)提供导电性。

[0057] 阴极集电部(144F)可以包括导电性物质,且可以是薄的导电性箔或薄的导电性网

状物。例如,阴极集电部(144F)可以包括铜、镍、铝、金,或其合金。阴极活性物质(144AM)可以包括能够可逆地插入/脱离锂离子的物质。阴极活性物质(144AM)可以是为了通过光学分析单元(10)和电化学分析单元(20)分析根据充电和放电的相转变特性而所需的活性物质。在一些示例性实施例中,阴极活性物质(144AM)可以包括碳基阴极活性物质、石墨基阴极活性物质、硅基阴极活性物质、锡基阴极活性物质、复合材料阴极活性物质、锂金属阴极活性物质等。

[0058] 虽然没有图示,阴极活性物质(144AM)可以在其内部进一步包括粘合剂或导电材。粘合剂可以用于使阴极活性物质(144AM)的颗粒互相附着并将阴极活性物质(144AM)附着于阴极集电部(144F)。导电材可以向阴极活性物质(144AM)提供导电性。

[0059] 分离膜(146)可以具有多孔性,且可以由单个或两层以上的多重膜组成。分离膜(146)可以包括聚合物,例如可以包括聚乙烯基、聚丙烯基、聚偏氟乙烯基、聚烯烃基聚合物中的至少一种。

[0060] 电池单体测量模块(100)可以进一步包括固定板(150),其布置为在电池单体容纳空间(110S)内接触第二电极基座部(124)。加压固定部(152)可以从下部壳体(110)外部延伸至固定板(150)内部以结合至固定板(150)。例如,加压固定部(152)可以通过采用螺钉方式使固定板(150)沿着第一方向(平行于透明窗(176)的上表面的方向)移动,并且,第一电极基座部(122)、电池层合体(140),以及第二电极基座部(124)可以通过固定板(150)被预设的压力互相附着。

[0061] 通常,对于在圆筒形或矩形金属盒内布置有电池层合体的商用电池单体或在硬币性的金属容器内布置有电池层合体的硬币单体而言,电池层合体的阳极活性物质、分离膜、阴极活性物质可以布置为彼此密贴,并且,商用电池单体或硬币单体的总阻抗可能相对小。如果集电部与活性物质之间的阻抗或集电部与外部连接部件的阻抗等电池单体或硬币单体的偶然阻抗大,电池单体或硬币单体的总阻抗可能增加。在这种情况下,施加到阳极活性物质与阴极活性物质之间的电位差(电压)与施加到电池单体的阳极端子与阳极端子之间的电位差(电压)之间的偏差可能增加。

[0062] 根据本发明,可以通过固定板(150)和加压固定部(152)密贴固定第一电极基座部(122)、电池层合体(140),以及第二电极基座部(124),并且,电池单体测量模块(100)的阻抗可以减少。由于电池单体测量模块(100)的阻抗减少,可以在各种电流条件下(例如在高的电流速度下的充电和放电)下执行所需的电化学测试,或者,在商用的电池单体内的电化学行为与电池单体测量模块(100)内的电化学行为之间的偏差可以减少(即,可以精密地模拟(simulate)在商用电池单体内的电化学行为)。

[0063] 上部覆盖物(172)可以包括具有刚性的金属或绝缘物质。例如,上部覆盖物(172)可以由SUS材质形成以放置腐蚀,但不限于此。覆盖物固定部(174)可以是能够螺钉结合的固定组件,但不限于此。透明窗(176)可以由透明的绝缘物质形成。例如,透明窗(176)可以包括石英玻璃或铍玻璃。尽管未图示,在透明窗(176)的边缘部分可以进一步形成有诸如O型圈等的密封件(sealing member)。

[0064] 如图3示例性地图示,阳极集电部(142F)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)均可以布置为面向透明窗(176)。例如,阳极活性物质(142AM)可以在垂直于阳极集电部(142F)的上表面的方向(例如,第一方向(Y方向))

上具有第一厚度,阴极活性物质(144AM)在垂直于阴极集电部(144F)的上表面的方向(例如,第一方向(Y方向))上具有第二厚度,并且可以通过透明窗(176)观察到阳极活性物质(142AM)的整个第一厚度和阴极活性物质(144AM)的整个第二厚度。

[0065] 根据上述的示例性实施例,由于电池层合体(140)的阳极集电部(142F)、阳极活性物质

[0066] (142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)在电池单体测量模块(100)内在平行于透明窗(176)的方向上层叠,因此可以同时观察或测量阳极集电部(142F)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)。尤其,可以在阳极活性物质(142AM)的厚度方向或阴极活性物质(144)的厚度方向上连续观察在固定位置处的物质的组成或图像,并且,可以同时观察阳极活性物质(142AM)与邻接于其的阳极集电部(142F)之间的界面或阴极活性物质(144AM)与邻接于其的阴极集电部(144F)之间的界面的移动等。因此,可以对在电池层合体(140)的充电和放电步骤中发生的电池层合体(140)的电化学行为进行精密的测量或分析。

[0067] 图4为展示根据示例性实施例的电池单体测量模块(100A)的正面图。在图4中,与图1至图3中的标记符号相同的标记符号指代相同的组成要素。

[0068] 参照图4,电池单体测量模块(100A)可以进一步包括布置于电池单体容纳空间(110S)内的第三电极基座部(126)。第三电极基座部(126)可以布置于第一电极基座部(122)、电池层合体(140),以及第二电极基座部(124)的一侧部,并且,第三电极基座部(126)可以布置为邻接于第一电极基座部(122)、电池层合体(140),以及第二电极基座部(124)中的每一个。第三电极连接部(136)可以穿透下部壳体(110)而电连接至第三电极基座部(126)。电池单体测量模块(100A)相当于三电极系统的电池单体。

[0069] 在第三电极基座部(126)上可以进一步布置由第三电极(省略图示),并且,所述第三电极可以用作对阳极活性物质(142AM)和阴极活性物质(144AM)提供参比电压的参比电极。例如,阳极活性物质(142AM)可以包括二甲基吩嗪,阴极活性物质(144AM)可以包括碳,并且,所述第三电极可以包括锂金属。在这种情况下,可以通过测量第一电极基座部(122)与第三电极基座部(126)之间的电压来获得对参比电压的阳极活性物质(142AM)的电压数据,且可以通过测量第二电极基座部(124)与第三电极基座部(126)之间的电压来获得对参比电压的阴极活性物质(144AM)的电压数据。从而可以综合分析对阳极活性物质(142AM)和阴极活性物质(144AM)各自的电化学行为。

[0070] 根据上述的示例性实施例,可以在阳极活性物质(142AM)的厚度方向或阴极活性物质(144AM)的厚度方向上连续观察在固定位置处的物质的组成或图像,并且可以同时观察阳极活性物质(142AM)和与其邻接的阳极集电部(142F)之间的界面或阴极活性物质(144)和与其邻接的阴极集电部(144F)之间的界面的移动等。因此,可以对在电池层合体(140)的充电和放电步骤中发生的电池层合体(140)的电化学行为进行精密的测量或分析。并且,由于进一步包括用作参比电极的第三电极基座部(136),可以综合分析对阳极活性物质(142AM)和阴极活性物质(144)各自的电化学行为。

[0071] 图5为展示根据示例性实施例的电池单体测量模块(100B)的正面图。在图5中,与图1至图4中的标记符号相同的标记符号指代相同的组成要素。

[0072] 参照图5,电池单体测量模块(100B)可以包括复数个加压固定部(152A,152B)。复

数个加压固定部(152A,152B)可以使固定板(150)沿着第一方向(平行于透明窗(176)的方向)移动,并且,通过由复数个加压固定部(152A,152B)移动的固定板(150),第一电极基座部(122)、电池层合体(140),以及第二电极基座部(124)可以通过预设的压缩力彼此附着。

[0073] 复数个加压固定部(152A,152B)可以彼此间隔开以使固定板(150)移动,因此,推力被均匀地分散且施加到固定板(150)。因此,可以防止电池单体(140)的损伤,例如在推力施加到电池层合体(140)的局部性区域的情况下可能发生的阴极活性物质(142AM)或阴极活性物质(144AM)的剥离、刺伤(puncture)、短路(short-circuit)等。

[0074] 尽管图5示例性地图示两个加压固定部(152A,152B)布置为彼此间隔开,但加压固定部(152A,152B)的数量和布置并不限于此。

[0075] 根据示例性实施例,可以由固定板(150)和复数个加压固定部(152A,152B)密贴固定第一电极基座部(122)、电池层合体(140),以及第二电极基座部(124),且可以减少电池单体测量模块(100B)的阻抗。由于电池单体测量模块(100B)的阻抗减少,可以在各种电流条件下执行所需的电化学测试,或者可以精密地模拟在商用电池单体中的电化学行为。并且可以防止电池层合体(140)的损伤,例如在推力施加到电池层合体(140)的局部性区域的情况下可能发生的阳极活性物质(142AM)或阴极活性物质(144AM)的剥离、刺伤、短路等。

[0076] 图6为展示根据示例性实施例的电池单体测量模块(100C)的正面图。图7为展示可以代替包括在电池单体测量模块(100C)内的第一电极基座部(122)而采用的第一电极基座部(122A)的透视图。图8为展示可以代替包括在电池单体测量模块(100C)内的第一电极基座部(122)而采用的第一电极基座部(122B)的透视图。在图6至图8中,与图1至图5中的标记符号相同的标记符号指代相同的组成要素。

[0077] 参照图6至图8,下部壳体(110)可以包括与电池单体容纳空间(110S)连通的供应线开口部(110SH1,110SH2)。例如,第一供应线开口部(110SH1)可以布置为穿透下部壳体(110)的左侧表面,第二供应线开口部(110SH2)可以布置为穿透下部壳体(110)的右侧表面。与图6所示不同,第一供应线开口部(110SH1)和第二供应线开口部(110SH2)可以彼此间隔开地布置为穿透下部壳体(110)的一测表面(例如,左侧表面或右侧表面)。

[0078] 供应线(190L1,190L2)可以分别连接至供应线开口部(110SH1,110SH2)。电解液可以从外部电解液供应源(未图示)经过供应线(190L1,190L2)且通过供应线开口部(110SH1,110SH2)补充到电池单体容纳空间(110S)内。例如,如图6中的箭头所示,电解液可以从第一供应线(190SL1)供应至电池单体容纳空间(110S)内部,且可以从电池单体容纳空间(110S)内部通过第二供应线(190SL2)释放。

[0079] 如图7所示,第一电极基座部(122A)可以包括供电解液穿过的复数个开口部(122SH)。复数个开口部(122SH)穿透第一电极基座部(122A),且可以以合适的数量和间隔布置,以使补充到电池单体容纳空间(110S)内部的电解液可以通过第一电极基座部(122A)充分扩散至阳极活性物质(142AM)、分离膜(146),以及阴极活性物质(144AM)。

[0080] 如图8所示,第一电极基座部(122B)可以包括供电解液穿过的沟槽(122L)。沟槽(122SL)可以在平行于第一电极基座部(122B)的上表面的方向上(例如,X方向)通过第一电极基座部(122B)的整个长度延伸。沟槽(122SL)可以以合适的宽度、数量和间隔布置,以使补充至电池单体容纳空间(110S)内部的电解液可以通过第一电极基座部(122B)充分扩散至阳极活性物质(142AM)、分离膜(146),以及阴极活性物质(144AM)。

[0081] 尽管未图示,与第一电极基座部(122A,122B)相同,第二电极基座部(122)也可以形成为包括复数个开口部(122SH)或沟槽(122SL)。

[0082] 图9为展示根据示例性实施例的原位光学和电化学分析方法的流程图。

[0083] 参照图9,准备电池层合体,其包括阳极、分离膜,以及阴极(步骤S210)。

[0084] 电池层合体(140)可以包括阳极,其通过在阳极集电部(142F)上涂布并干燥阳极活性物质(142AM)而形成,阴极,其通过在阴极集电部(144F)上涂布并干燥阴极活性物质(144A)而形成,以及介于所述阳极与所述阴极之间的分离膜。电池层合体(140)可以在预定时间内浸湿于电解液中。

[0085] 然后,可以将电池层合体容纳在电池单体层合模块内,以在平行于透明窗的方向上布置阳极、分离膜,以及阴极的剖面(步骤S220)。

[0086] 电池层合体(140)可以临时固定于第一电极基座部(122)与第二电极基座部(124)之间,并且,可以将这种状态下的电池层合体(140)、第一电极基座部(122)和第二电极基座部(124)指称为电池单体块。所述电池单体块可以容纳在电池单体容纳空间(110S)内部,以使第一电极基座部(122)、电池层合体(140),以及第二电极基座部(124)在第一方向(Y方向)上依次布置。

[0087] 然后,可以通过固定板(150)和加压固定部(152)将所述电池单体块固定于下部壳体(110)的内壁上。可以通过将上部壳体(172)固定于下部壳体(110)上来装配电子单体测量模块(100),以使透明窗(176)与电池层合体(140)的侧表面重叠而通过透明窗(176)同时观察电池层合体(140)的侧表面,即阳极集电部(142F)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)的侧表面。

[0088] 此后,可以对电池单体测量模块内的电池层合体执行充电和放电操作(步骤S230)。

[0089] 可以通过连接至电池单体测量模块(100)的电化学分析单元(20)获得关于电池层合体(140)的容量、电压、电流和时间的信息。例如,可以通过电化学分析单元(20)对电池单体(140)执行使用预设的电流密度的单位充电步骤或单位放电步骤。

[0090] 可以通过透明窗向电池单体测量模块内的电池层合体的剖面照射第一光(步骤S240)。

[0091] 可以通过感知从电池单体测量模块反射的光(或散射的光)来获得光学图像(步骤S250)。

[0092] 可以通过透明窗向电池单体测量模块内的电池层合体的剖面照射第二光(步骤S260)。第二光可以是具有与第一光的波长不同的波长的光。

[0093] 可以感知并分析从电池单体测量模块反射的光(或散射的光)。

[0094] 例如,当电池层合体(140)的电压到达预设的第一测量电压时,可以依次执行照射第一光的步骤S240、感知第一光的散射光来获得光学图像的步骤S250、照射第二光的步骤S260,以及感知并分析第二光的散射光的步骤S270。可以将步骤S240至S270指称为一个光测量循环。在光测量循环中,可以将电化学分析单元(20)编写为在电池层合体(140)中维持恒定的电压或电流的流动中断。

[0095] 例如,照射第二光的步骤S260和感知并分析第二光的散射光的步骤S270可以是获得拉曼位移特性或PL特性的步骤。

[0096] 在示例性实施例中,在照射第二光的步骤S260中,可以在通过透明窗(176)观察到的电池层合体(140)的厚度方向上以第一扫描宽度连续照射第二光。例如,所述第一扫描宽度可以布置为与阳极活性物质(142AM)的一部分,与该一部分邻接的分离膜,以及阴极活性物质(144AM)的一部分重叠。

[0097] 在其它实施例中,在照射第二光的步骤S260中,可以对通过透明窗(176)观察到的电池层合体(140)的侧表面向复数个特定位置依次照射第二光。例如,所述复数个测量位置可以布置为与阳极活性物质(142)的一部分、与该一部分邻接的分离膜,以及阴极活性物质(144AM)的一部分重叠。

[0098] 此后,可以反复步骤S210至步骤S270。

[0099] 具体地,在执行一个光测量循环后,可以再次通过电化学分析单元(20)对电池层合体(140)执行使用预设的电流密度的单位充电步骤或单位放电步骤。在第二次光测量循环中,可以与在第一次光测量循环中照射第二光的特定位置相同的特定位置照射第二光。由此可以提供布置于相同的特定位置的阳极活性物质(142AM)和/或阴极活性物质(144AM)或根据电压变化的拉曼位移信息,从而可以对阳极活性物质(142AM)和/或阴极活性物质(144AM)的相转变特性、界面特性和/或结晶结构执行精密的分析。

[0100] 例如,可以通过依次执行步骤S210至步骤S270构成单位充电步骤或单位放电步骤。根据示例性实施例的原位光学和电化学分析方法可以包括总5次至总数十次的单位充电步骤和/或总5次至总数十次的单位放电步骤。

[0101] 通常,在现有的原位电化学单体中,在其上面形成有开口部的硬币型单体内布置阳极活性物质和阴极活性物质夹着分离膜在中间而层叠的结构,其中,通过所述开口部,仅可以观察所述阳极活性物质的表面或仅可以观察所述阴极活性物质的表面。尤其,可以通过开口部观察的所述表面可以是布置于硬币型单体的顶部的表面,或者可以是对应的样机部分被除去的阴极部分的表面(或者,对应的阴极部分被除去的样机部分的表面)。因此,可以通过开口部观察的在所述表面上的活性物质的电化学行为可以与发生在硬币型单体的内部区域中发生的电化学行为可以有较大的区别,因此,可能难以对电化学行为的精密分析。

[0102] 然而,根据本发明,由于电池层合体(140)的阳极集电部(142F)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)在平行于透明窗(176)的方向上层叠,因此可以同时观察或测量阳极集电部(142AF)、阳极活性物质(142AM)、分离膜(146)、阴极活性物质(144AM),以及阴极集电部(144F)。尤其,可以在阳极活性物质(142AM)的厚度方向或阴极活性物质(144)的厚度方向上连续观察在固定位置处的物质的组成或图像,并且,可以同时观察阳极活性物质(142AM)与邻接于其的阳极集电部(142F)之间的界面或阴极活性物质(144AM)与邻接于其的阴极集电部(144F)之间的界面的移动等。因此,可以对在电池层合体(140)的充电和放电步骤中发生的电池层合体(140)的电化学行为进行精密的测量或分析。

[0103] 在下文中,通过图10至图13b描述通过使用根据示例性实施例的电池单体测量模块执行根据示例性实施例的原位光学和电化学分析方法而获得的分析结果。在图10至图13b中,对使用碳羧有机阳极物质中一个的二甲基吩嗪作为阳极活性物质并使用锂金属作为阴极活性物质的电池层合体进行了原位光学和电化学分析方法。

[0104] 图10为展示二甲基吩嗪(dimethylphenazine;DMPZ)阳极活性物质在一次充电时和一次放电时的电压曲线的图表。图10图示一定电流模式下获得的阳极活性物质的电压。

[0105] 参照图10,作为碳羧有机样机物质的二甲基吩嗪可以表现出两个高原区域(plateau region)(R2,R4)。具体地,可以确认出现在充电开始后电压上升的第一区域(R1)、在约3.0至3.1V下具有恒定电压区间的第二区域(R2)、电压上升的第三区域(R3)、在约3.75至3.85V下具有恒定电压区间的第四区域(R4),以及电压上升的第五区域(R5)。

[0106] 图11展示阳极活性物质在一次充电时的在不同电压下的光学图像。图11中图示在DMPZ阳极活性物质的开路电压(OCV)、3.3V、3.7V、3.9V,以及4.3V处从第一光的散射获得的光学图像。

[0107] 参照图11,在开路电压处(即,在与图9的第一区域(R1)对应的电压区域中)观察到富DMPZ区域,其中DMPZ粒子局部性地集聚并布置。此后,在经过第一高原后在3.3V(即,在与图9中的第三区域(R3)的起点对应的电压区域中)处布置在富DMPZ区域的DMPZ粒子的量增加,据认为,这可能是因为DMPZ粒子沉淀在表面上。在3.7V(即,与图9的第三区域(R3)的终点对应的电压区域)处,富DMPZ区域的形态并不表现出很大的变化,据观察,在经过第二高原后在3.9V处(与图9的第五区域(R5)对应的电压区域)的富DMPZ区域中的DMPZ粒子为少量。据认为,这可能是因为第二高原步骤中DMPZ被洗脱于电解液中。

[0108] 图12a和图12b分别展示阳极活性物质的第一部分和第二部分在一次充电和一次放电期间的在不同电压下的拉曼位移图表。

[0109] 参照图12a,在第一部分观察到四个峰值,其包括在充电初期从开路电压直至到达3.1V来源于DMPZ的第一峰值(●)和第二峰值(○),以及来源于碳的第三峰值(▲)和第四峰值(△)。从3.45V处开始未观察到第一峰值(●)和第二峰值(○),并且,从3.72V处开始,第三峰值(▲)和第四峰值(△)的强度大幅减少。当放电步骤开始时,可以再观察第三峰值(▲)和第四峰值(△),第一峰值(●)和第二峰值(○)却没有观察到。据推测,这可能是因为DMPZ颗粒在作为第一高原区间的3.1V区域中溶出至电解液而从在充电初期布置DMPZ粒子的第一部分移动到电极上的其它部分。

[0110] 参照图12b,在第二部分中,在充电初期从开路电压直至到达3.2V仅观察到来源自碳的第三峰值(▲)和第四峰值(△)。在3.3V至3.7V的区域中,即在经过第一高原区间治后的电压上升区间(与图9的第三区域(R3)对应的电压区域)中观察到来源自DMPZ的第一峰值(●)、第二峰值(○)、第五峰值(■),以及第六峰值(□)。据认为,这可能是因为,在充电初期在第二部分内没有布置DMPZ,但是经过属于第一高原区间的3.1V时曾溶出于电解液的DMPZ颗粒移动且吸附到第二部分。

[0111] 图13a展示根据在第一充电和放电循环中的电压的阳极活性物质的光学图像,图13b展示根据在第二充电循环的电压的阳极活性物质的光学图像。

[0112] 参照图13a可知,在第一充电循环时,当从充电初期经过3.3V到3.76V处执行充电步骤时,在DMPZ阳极活性物质与电解液(或分离膜)之间的界面上发生DMPZ的表面沉淀。换言之,可以观察从富DMPZ区域溶出至电解液的DMPZ在阳极活性物质与电解液之间的界面上沉淀。以后可以观察,在经过第二高原后的区间即3.9V处DMPZ再溶解,因此,阳极活性物质与电解液之间的界面在阳极活性物质方向上后退。还可以确认,在4.3V处,DMPZ的再沉淀导致在阳极活性物质表面上形成新的层,并且阳极活性物质的厚度也增加。

[0113] 在第一放电循环时观察到,随着电压减少至3.6V、3.43V、2.8V以及2.5V,阳极活性物质与电解液之间的界面逐渐在阳极活性物质方向上后退且所形成的层的厚度也减少,据推测,这可能是因为DMPZ的溶解继续发生。

[0114] 参照图13b可以观察,在第二充电循环时,因DMPZ溶解于电解液而形成的层在3.3V处消失,且可以观察在4.1V处由于DMPZ再沉淀在阳极活性物质的界面上再形成新的层。然而,还可知,与第一充电循环时相比,由DMPZ的溶解导致的界面移动的程度微弱,并且,由DMPZ的再沉淀形成的新的层的厚度也并不大。

[0115] 如参照图10至图13b详细描述,可以通过根据本发明的电池单体测量模块和原位光学和电化学分析方法明确观察包括DMPZ的碳羧有机基阳极活性物质的电化学反应行为和界面特性,从而可以导出用于碳羧有机系阳极活性物质的功能改善和商用化的各种接近方法。本发明不但可以应用于碳羧有机系阳极活性物质,而且还可以应用于对电化学反应的综合分析,例如,对其它阳极活性物质和阴极活性物质的电化学表面的查明、对结晶相或结晶结构的变化变化的观察、对局部性区域的反应速度的分析、对活性物质的界面移动的观察、对活性物质的局部性厚度变化的观察等。

[0116] 已经参照优选实施例详细描述了本发明,然而,本发明不受限于上述实施例,并且可以在本发明的技术思想和范围内由本领域普通技术人员进行各种变形和修饰。

[0117] 感谢文

[0118] 本成果是在2017年使用政府(科学技术信息通信部)的财源在韩国研究财团的支援下执行的研究(NRF-2017M3A7B4049176)。

[0119] 本成果是在2017年使用政府(科学技术信息通信部)的财源在韩国基础科学支援研究院(KBSI)的支援下执行的研究(T38606)。

[0120] 本成果是在2018年使用政府(科学技术信息通信部)的财源在韩国研究财团的支援下执行的研究(NRF-2018R1A5A1025224)。

[0121] 本成果是在2017年使用政府(科学技术信息通信部)的财源在韩国研究财团的支援下执行的研究(NRF-2017M3D1A1039561)。

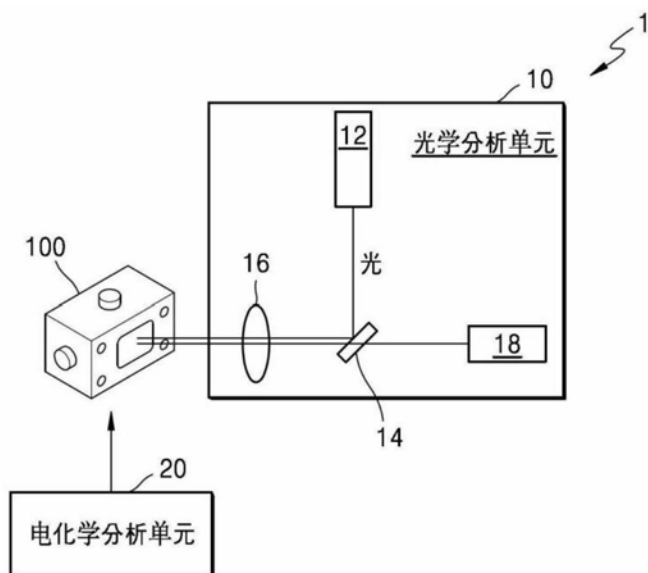


图1

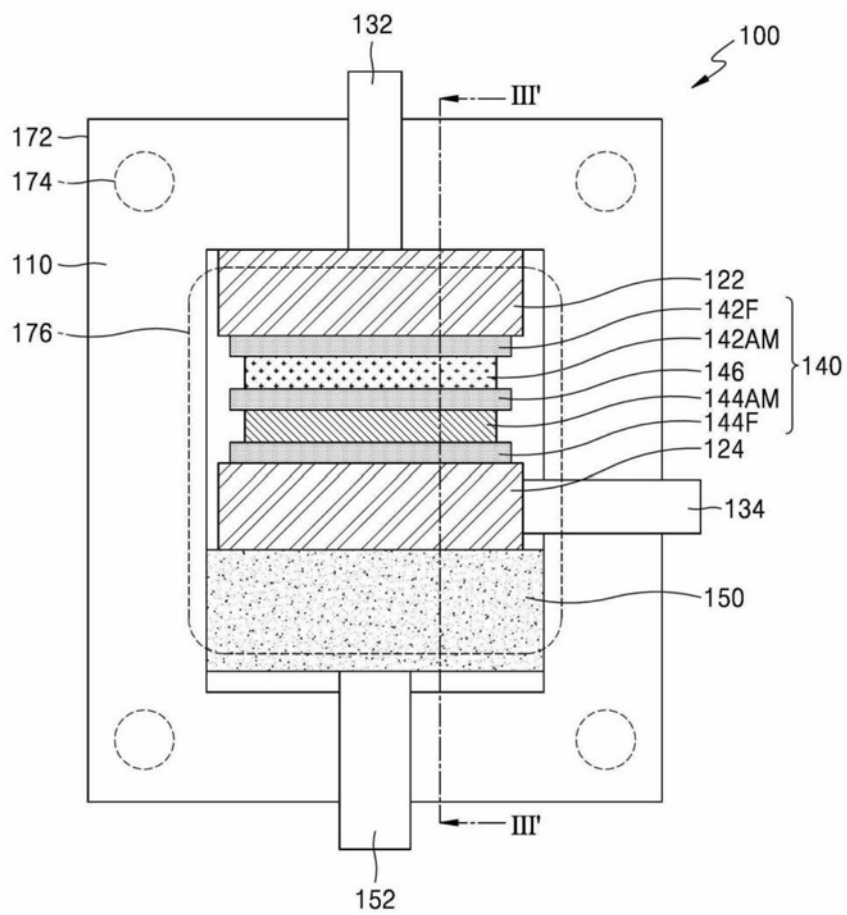


图2

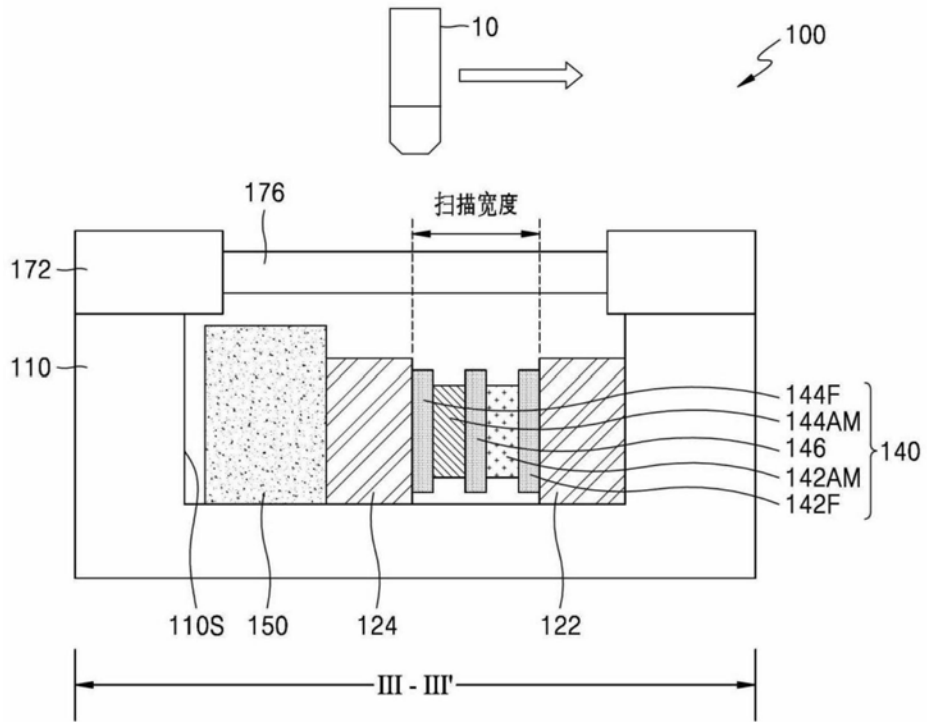


图3

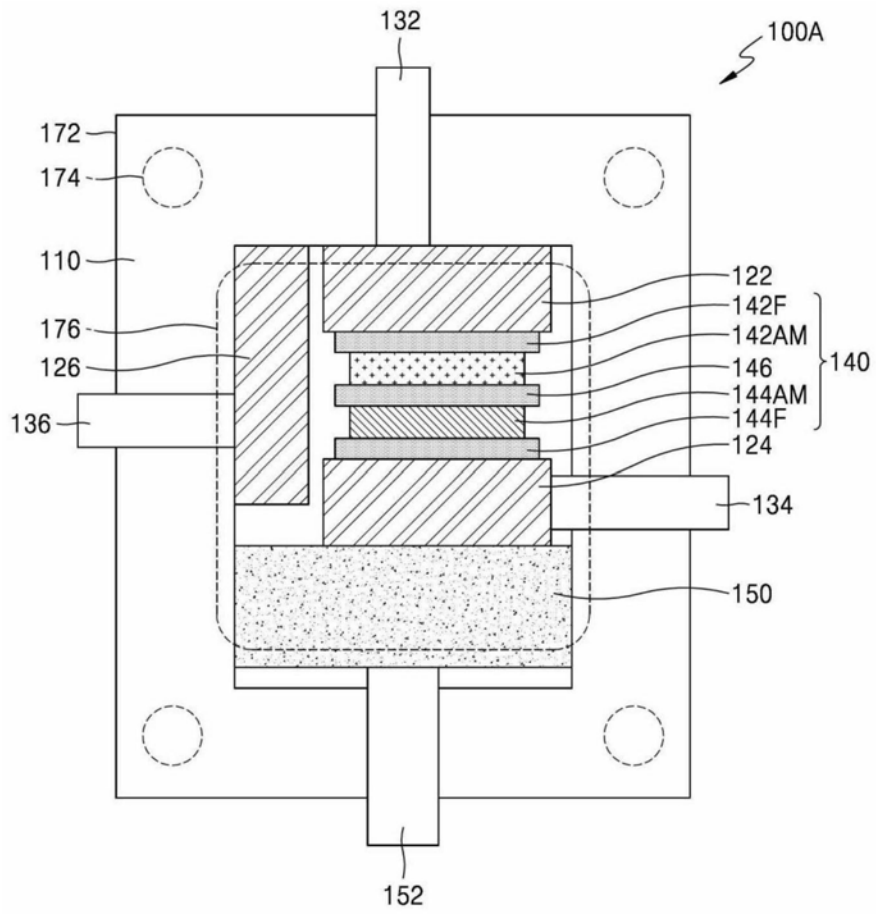


图4

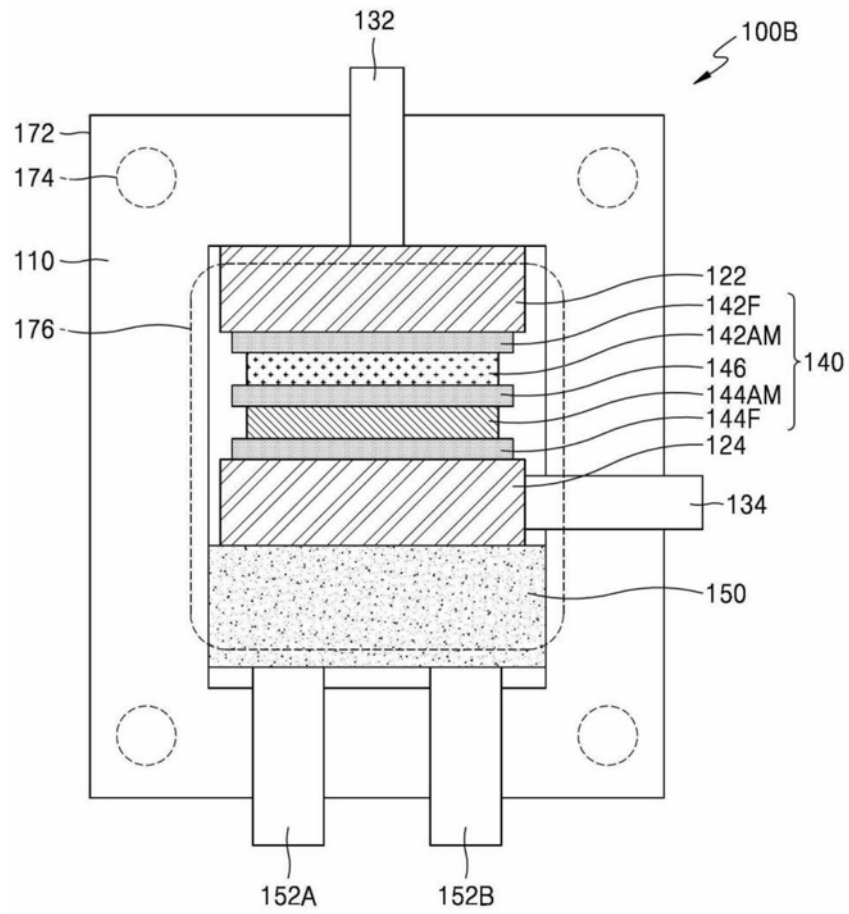


图5

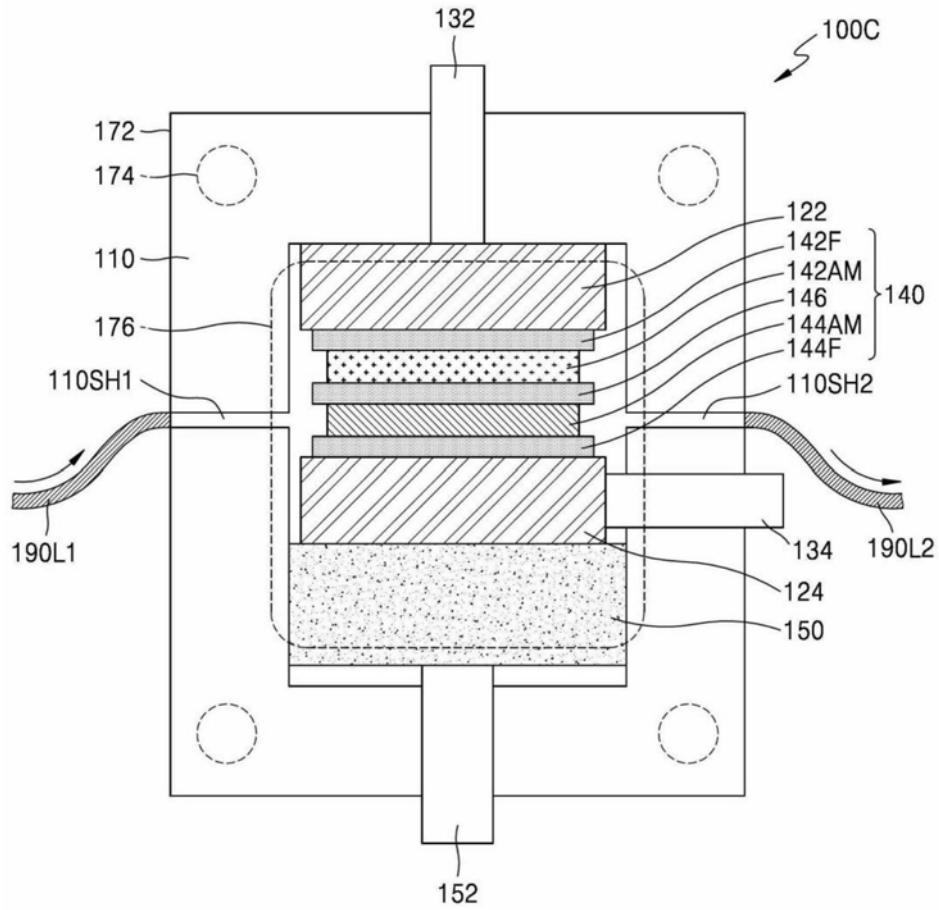


图6

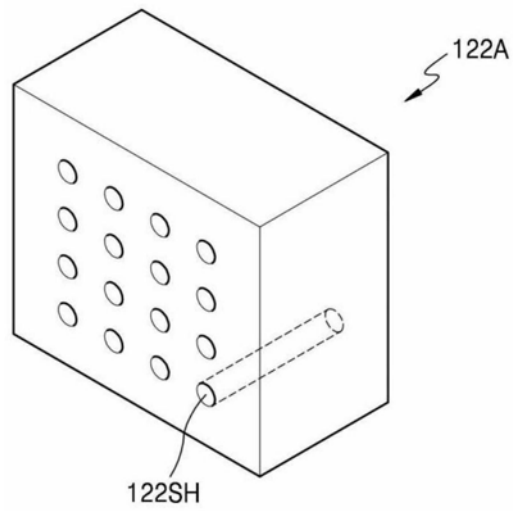


图7

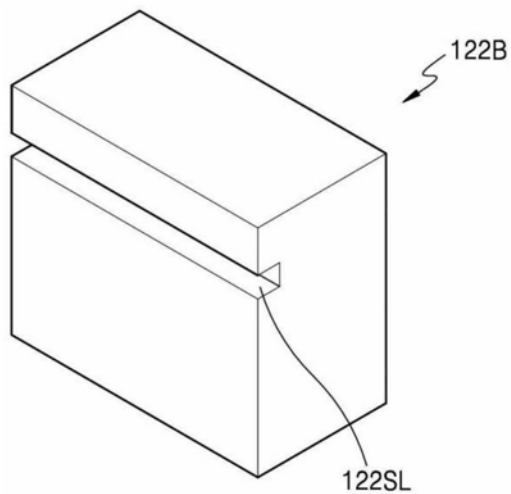


图8



图9

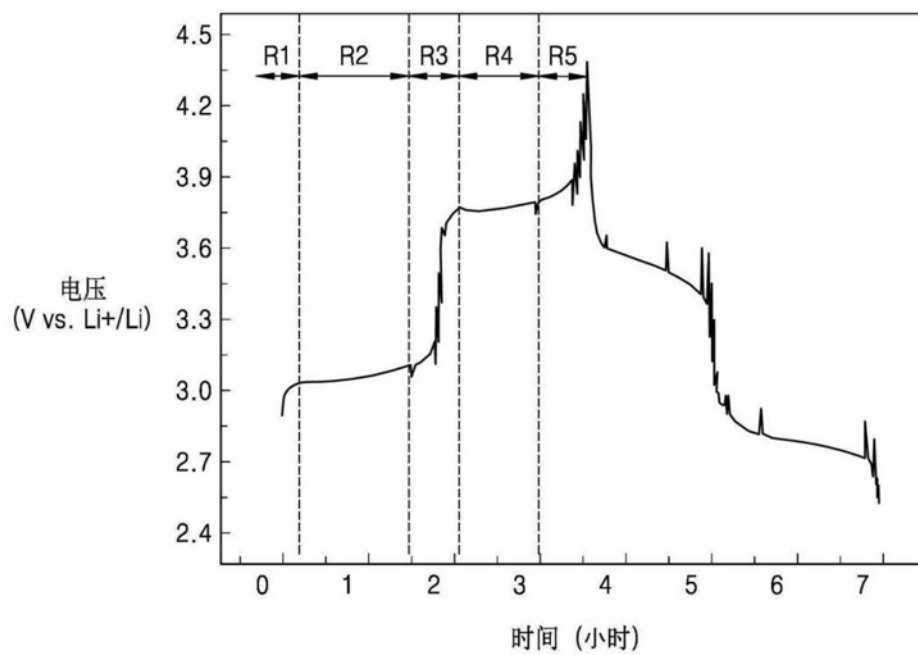


图10

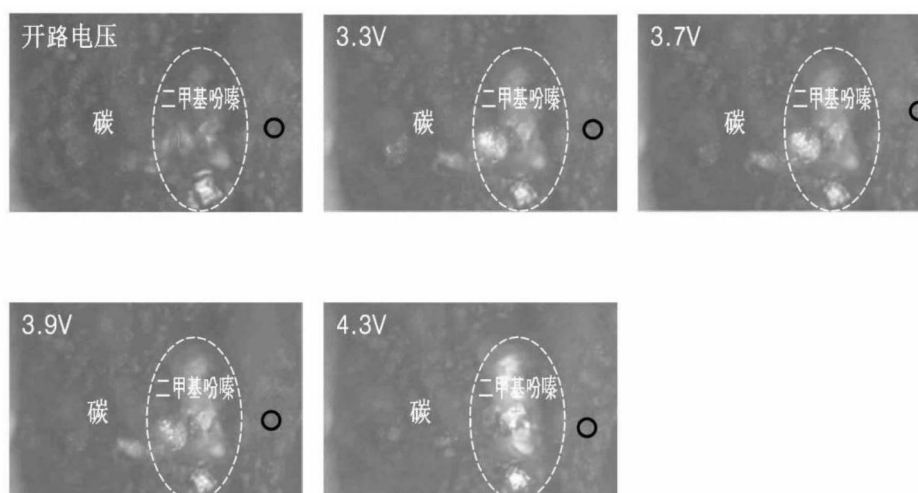


图11

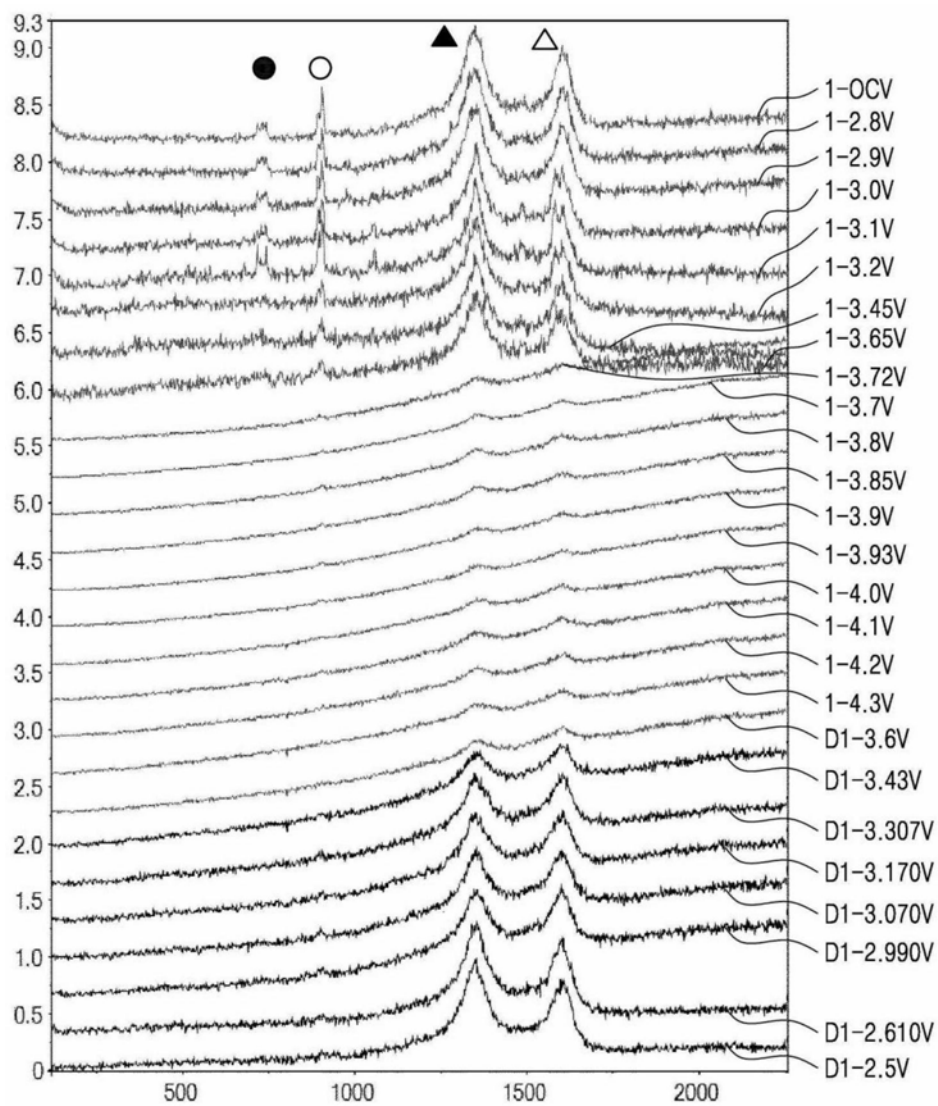


图12a

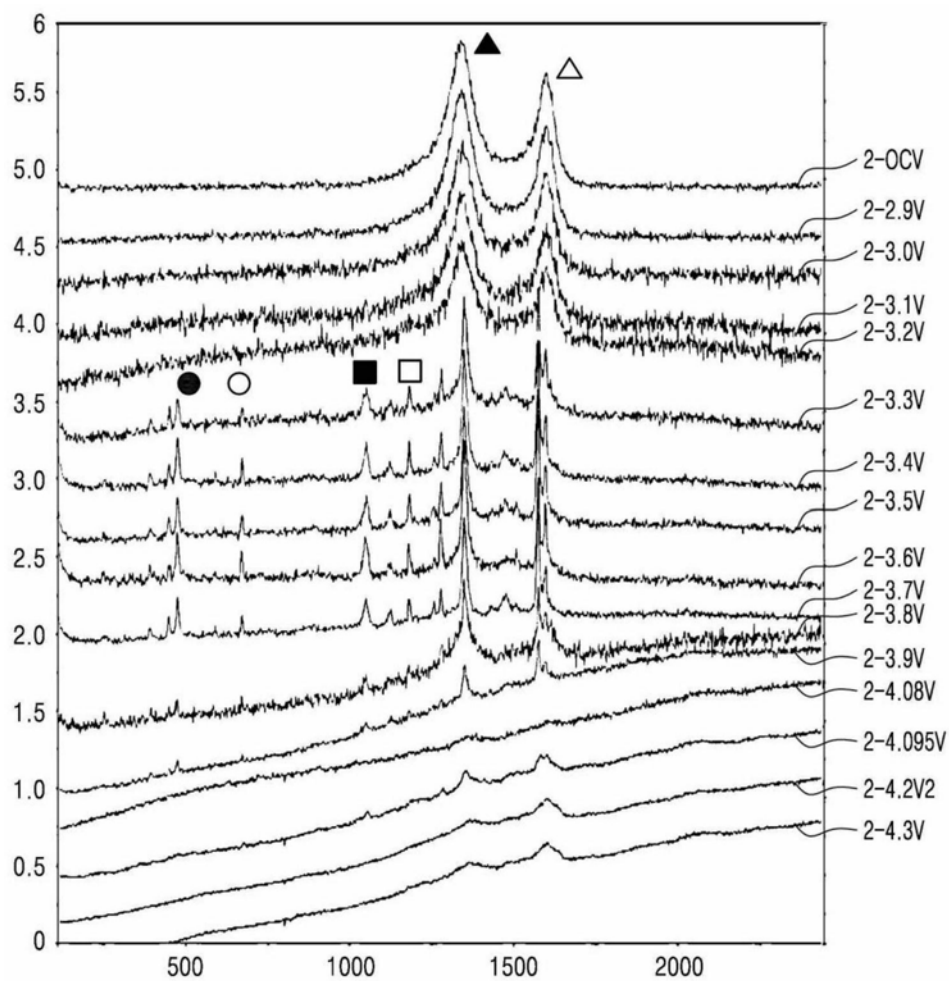


图12b

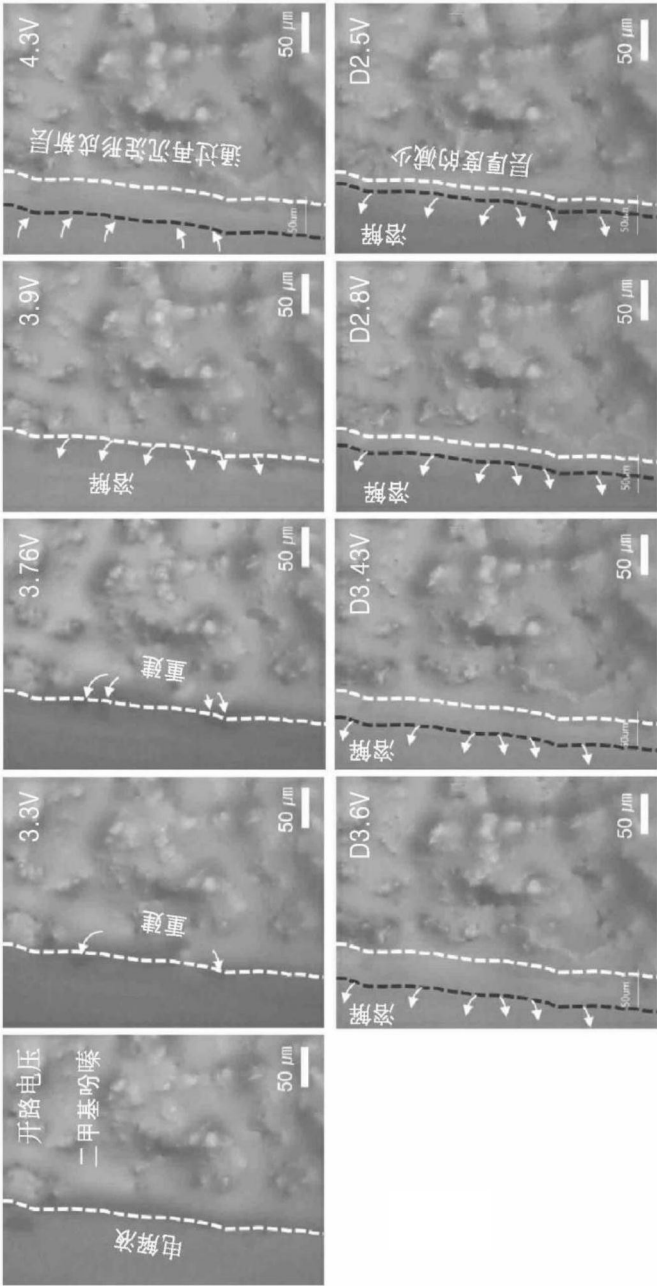


图13a

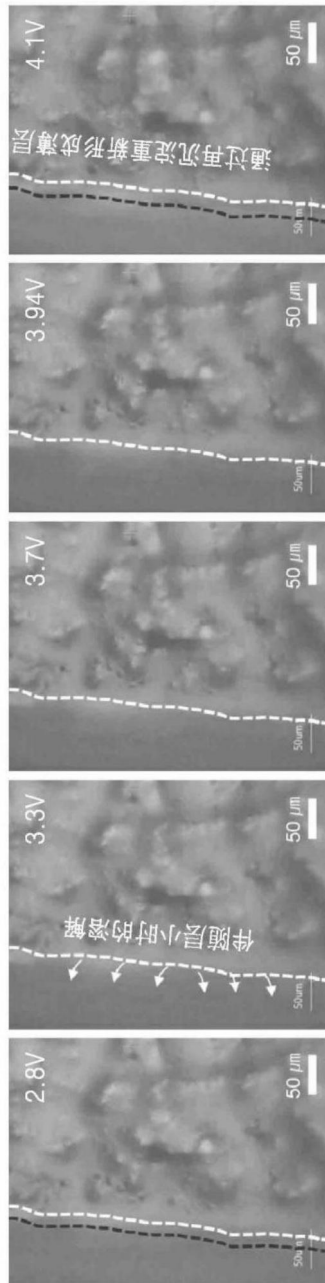


图13b