(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년03월07일
(11) 등록번호 10-2776105
(24) 등록일자 2025년02월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/13 (2010.01) *H01M 10/052* (2010.01)
H01M 4/02 (2006.01) *H01M 4/58* (2015.01)
H01M 4/587 (2010.01) *H01M 4/62* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01M 4/13 (2013.01)
H01M 10/052 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7011668
(22) 출원일자(국제) 2022년04월07일
심사청구일자 2024년04월08일
(85) 번역문제출일자 2024년04월08일
(65) 공개번호 10-2024-0050479
(43) 공개일자 2024년04월18일
(86) 국제출원번호 PCT/CN2022/085463
(87) 국제공개번호 WO 2023/193166
국제공개일자 2023년10월12일
(56) 선행기술조사문헌
CN110752345 A

(73) 특허권자
컨템포러리 엠퍼렉스 테크놀로지 (홍콩) 리미티드
중국, 홍콩, 센트럴, 29 윈덤 스트리트, 엘케이에프29, 13/플로어.
(72) 발명자
천, 컨광
중국, 352100 푸젠, 닝더, 자오청, 장완 타운, 싱앙 로드 넘버 2
청, 충
중국, 352100 푸젠, 닝더, 자오청, 장완 타운, 싱앙 로드 넘버 2
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 정안

전체 청구항 수 : 총 21 항 심사관 : 박범용

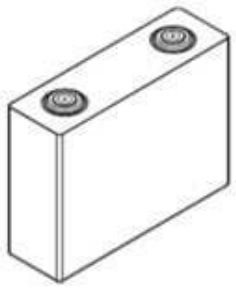
(54) 발명의 명칭 **전극 어셈블리 및 이를 포함하는 이차 전지, 전지 모듈, 전지 팩 및 전력 소비 장치**

(57) 요 약

본 출원은 전극 어셈블리 및 이를 포함하는 이차 전지, 전지 모듈, 전지 팩 및 전력 소비 장치를 제공한다. 해당 전극 어셈블리는 수계 정극 시트 및 부극 시트를 포함하며, 여기서, 상기 수계 정극 시트는 정극 집전체 및 상기 정극 집전체의 적어도 일면에 위치하는 정극 필름층을 포함하고, 상기 정극 필름층은 정극 활성 재료를 포함하며, 상기 부극 시트는 부극 집전체 및 상기 부극 집전체의 적어도 일면에 위치하는 부극 필름층을 포함하고, 상기 부극 필름층은 부극 활성 재료를 포함하며, 상기 수계 정극 시트의 적어도 일부 표면에는 복수의 제1 미세공이 배치되어 있고, 또한 $0.001\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 1\%$를 만족시키며, 상기 부극 시트의 적어도 일부 표면에는 복수의 제2 미세공이 배치되어 있고, 또한 $0 < (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 2.5\%$를 만족시킨다.

대 표 도 - 도3

5



(52) CPC특허분류
H01M 4/5825 (2013.01)
H01M 4/587 (2013.01)
H01M 4/622 (2013.01)
H01M 4/625 (2013.01)
H01M 2004/021 (2013.01)
Y02E 60/10 (2020.08)

(72) 발명자
페이, 하이러
중국, 352100 푸젠, 닝더, 자오청, 장완 타운, 싱앙 로드 넘버 2
장, 성우
중국, 352100 푸젠, 닝더, 자오청, 장완 타운, 싱앙 로드 넘버 2
왕, 싱후이
중국, 352100 푸젠, 닝더, 자오청, 장완 타운, 싱앙 로드 넘버 2
리, 스쑹
중국, 352100 푸젠, 닝더, 자오청, 장완 타운, 싱앙 로드 넘버 2

명 세 서

청구범위

청구항 1

수계 정극 시트 및 부극 시트를 포함하는 전극 어셈블리에 있어서,

상기 수계 정극 시트는 정극 집전체 및 상기 정극 집전체의 적어도 일면에 위치하는 정극 필름층을 포함하고, 상기 정극 필름층은 정극 활성 재료를 포함하며;

상기 부극 시트는 부극 집전체 및 상기 부극 집전체의 적어도 일면에 위치하는 부극 필름층을 포함하고, 상기 부극 필름층은 부극 활성 재료를 포함하며;

상기 수계 정극 시트의 적어도 일부 표면에는 복수의 제1 미세공이 배치되어 있고, 또한 $0.001\% \leq (S_{12} \times H_{12} \times D_1)/(S_{11} \times C_1 \times H_{11}) \leq 1\%$를 만족시키며,

H_{11} ㎛는 상기 수계 정극 시트의 두께를 나타내고, H_{12} ㎛는 상기 제1 미세공의 깊이를 나타내며, S_{11} m^2는 상기 수계 정극 시트의 면적을 나타내고, S_{12} m^2는 상기 복수의 제1 미세공의 총면적을 나타내며, C_1 g/cc는 상기 수계 정극 시트의 압밀도를 나타내고, D_1 ㎛는 상기 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50을 나타내며;

상기 부극 시트의 적어도 일부 표면에는 복수의 제2 미세공이 배치되어 있고, 또한 $0 < (S_{22} \times H_{22} \times D_2)/(S_{21} \times C_2 \times H_{21}) \leq 2.5\%$를 만족시키며,

H_{21} ㎛는 상기 부극 시트의 두께를 나타내고, H_{22} ㎛는 상기 제2 미세공의 깊이를 나타내며, S_{21} m^2는 상기 부극 시트의 면적을 나타내고, S_{22} m^2는 상기 복수의 제2 미세공의 총면적을 나타내며, C_2 g/cc는 상기 부극 시트의 압밀도를 나타내고, D_2 ㎛는 상기 부극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50을 나타내는 것인, 전극 어셈블리.

청구항 2

제1항에 있어서,

$0.05\% \leq (S_{12} \times H_{12} \times D_1)/(S_{11} \times C_1 \times H_{11}) \leq 0.5\%$이며;

선택적으로, $0.15\% \leq (S_{12} \times H_{12} \times D_1)/(S_{11} \times C_1 \times H_{11}) \leq 0.25\%$인 것인, 전극 어셈블리.

청구항 3

제1항에 있어서,

$0.2\% \leq (S_{22} \times H_{22} \times D_2)/(S_{21} \times C_2 \times H_{21}) \leq 2.0\%$이며;

선택적으로, $0.4\% \leq (S_{22} \times H_{22} \times D_2)/(S_{21} \times C_2 \times H_{21}) \leq 1.0\%$인 것인, 전극 어셈블리.

청구항 4

제1항에 있어서,

$0 < S_{12}/S_{11} \leq 2\%$이고, 선택적으로, $0.4\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 0.6\%$이며; ,

$30\% \leq H_{12}/H_{11} \leq 100\%$이고, 선택적으로, $60\% \leq H_{12}/H_{11} \leq 100\%$이며;

C_1은 2.0~3.0이고, 선택적으로는 2.3~2.7이며;

D_1은 0.5~1.5이고, 선택적으로는 0.8~1.3인 것인, 전극 어셈블리.

청구항 5

제1항에 있어서,

$0<S_{12}/S_{11}\leq 2\%$이고, 선택적으로, $0.4\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 0.6\%$이며; 또는

$30\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$이고, 선택적으로, $60\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$이며; 또는

C_1은 2.0~3.0이고, 선택적으로는 2.3~2.7이며; 또는

D_1은 0.5~1.5이고, 선택적으로는 0.8~1.3인 것인, 전극 어셈블리.

청구항 6

제1항에 있어서,

$0<S_{22}/S_{21}\leq 0.2\%$이고, 선택적으로, $0.04\%\leq S_{22}/S_{21}\leq 0.06\%$이며;

$30\%\leq H_{22}/H_{21}\leq 100\%$이고, 선택적으로, $60\%\leq H_{22}/H_{21}\leq 100\%$이며;

C_2는 1.2~2.0이고, 선택적으로는 1.4~1.8이며;

D_2는 12~20, 선택적으로는 15~19인 것인, 전극 어셈블리.

청구항 7

제1항에 있어서,

$0<S_{22}/S_{21}\leq 0.2\%$이고, 선택적으로, $0.04\%\leq S_{22}/S_{21}\leq 0.06\%$이며; 또는

$30\%\leq H_{22}/H_{21}\leq 100\%$이고, 선택적으로, $60\%\leq H_{22}/H_{21}\leq 100\%$이며; 또는

C_2는 1.2~2.0이고, 선택적으로는 1.4~1.8이며; 또는

D_2는 12~20, 선택적으로는 15~19인 것인, 전극 어셈블리.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 전극 어셈블리는 $0.1\leq A/B\leq 1.0$, 선택적으로, $0.25\leq A/B\leq 0.50$를 만족시키며, A는 $(S_{12}\times H_{12}\times D_1)/(S_{11}\times C_1\times H_{11})$를 나타내고, B는 $(S_{22}\times H_{22}\times D_2)/(S_{21}\times C_2\times H_{21})$를 나타내는 것인, 전극 어셈블리.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 전극 어셈블리는 $S_3/S_{22}\geq 5\%$, 선택적으로, $8\%\leq S_3/S_{22}\leq 70\%$를 만족시키며, S_3 m^2는 상기 복수의 제1 미세공과 상기 복수의 제2 미세공의 중첩 면적을 나타내는 것인, 전극 어셈블리.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1 미세공은,

(1) 각 제1 미세공의 형태는 규칙적인 형상 또는 불규칙적인 형상이고, 선택적으로, 각 제1 미세공의 형태는 원형, 직사각형 또는 정사각형인 것;

(2) 각 제1 미세공의 등가 직경은 1μm~200μm이고, 선택적으로는 50μm~180μm인 것;

(3) 서로 인접하는 상기 제1 미세공의 중심 거리는 1mm~10mm인 것;

(4) 상기 복수의 제1 미세공은 어레이로 분포되는 것

중 적어도 하나를 만족시키는 것인, 전극 어셈블리.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제2 미세공은,

(1) 각 제2 미세공의 형태는 규칙적인 형상 또는 불규칙적인 형상이고, 선택적으로, 각 제2 미세공의 형태는 원형, 직사각형 또는 정사각형인 것;

(2) 각 제2 미세공의 등가 직경은 1μm~200μm이고, 선택적으로는 50μm~150μm인 것;

(3) 서로 인접하는 상기 제2 미세공의 중심 거리는 1mm~10mm인 것;

(4) 상기 복수의 제2 미세공은 어레이로 분포되는 것

중 적어도 하나를 만족시키는 것인, 전극 어셈블리.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 정극 필름층은 수성 접착제 및 도전제 중 한 종류 또는 여러 종류를 더 포함하며,

선택적으로, 상기 수성 접착제는 메틸셀룰로오스 및 이의 염, 잔탄검 및 이의 염, 키토산 및 이의 염, 알긴산 및 이의 염, 폴리에틸렌이민 및 이의 염, 폴리아크릴아미드, 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체 및 이의 유도체 또는 이들의 혼합물을 포함하며;

선택적으로, 상기 도전제는 도전성 카본 블랙, 초전도성 카본 블랙, 도전성 흑연, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 그래핀, 탄소나노튜브 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함하는 것인, 전극 어셈블리.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 수성 접착제는 잔탄검과 폴리에틸렌이민의 재복합 혼합물을 포함하며,

선택적으로, 상기 잔탄검과 상기 폴리에틸렌이민의 질량비는 2:1~0.2:2.8이고,

선택적으로, 상기 잔탄검의 수평균 분자량은 300000~2000000이며,

선택적으로, 상기 폴리에틸렌이민의 수평균 분자량은 2000~50000인 것인, 전극 어셈블리.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 수성 접착제는 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체와 폴리에틸렌이민의 재복합 혼합물을 포함하며,

선택적으로, 상기 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체와 상기 폴리에틸렌이민의 질량비는 2:1~0.2:2.8이고,

선택적으로, 상기 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체의 수평균 분자량은 300000~2000000이며,

선택적으로, 상기 폴리에틸렌이민의 수평균 분자량은 2000~70000인 것인, 전극 어셈블리.

청구항 15

전해질 및 제1항 내지 제14항 중 어느 한 항의 전극 어셈블리를 포함하는, 이차 전지.

청구항 16

제15항의 이차 전지를 포함하는, 전지 모듈.

청구항 17

제15항의 이차 전지를 포함하는, 전지 팩.

청구항 18

제16항의 전지 모듈을 포함하는, 전지 팩.

청구항 19

제15항의 이차 전지를 포함하는, 전력 소비 장치.

청구항 20

제16항의 전지 모듈을 포함하는, 전력 소비 장치.

청구항 21

제17항의 전지 팩을 포함하는, 전력 소비 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 출원은 전지 기술 분야에 속하며, 구체적으로 전극 어셈블리 및 이를 포함하는 이차 전지, 전지 모듈, 전지 팩 및 전력 소비 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 몇년간, 이차 전지는 수력, 화력, 풍력 및 태양 에너지 발전소 등 에너지 저장 전원 시스템뿐만 아니라 전동 공구, 전기 자전거, 전기 오토바이, 전기 자동차, 군사장비, 항공 우주 등 여러 분야에 광범위하게 적용되고 있다. 이차 전지의 적용 및 보급에 따라, 이차 전지의 비용 문제와 환경 오염 문제가 점점 더 많은 관심을 받고 있다. 정극 시트는 이차 전지의 성능을 결정하는 핵심 요소 중 하나로, 기존 정극 슬러리에 사용되는 용매는 일반적으로 오일계 용매로서 예컨대 N-메틸피롤리돈(NMP)이나, NMP는 사용량이 많고 휘발하기 쉬우며 재활용이 어렵고 독성이 높으며 비용이 높다는 단점이 있으며, 환경에 심각한 오염을 초래할 뿐만아니라 사람들의 신체건강에도 해를 끼칠 수 있다. 물을 용매로 사용하는 수계 정극 슬러리는 비용이 저렴하고 친환경적인 특징을 가지기 때문에 연구자들의 점점 더 많은 주목을 받고 있다. 하지만, 수계 정극 시트는 수분 함량이 높고 용량 휘발이 떨어지는 단점이 있어 실제 응용에 한계가 있다.

발명의 내용

[0003] 본 출원의 목적은 전극 어셈블리 및 이를 포함하는 이차 전지, 전지 모듈, 전지 팩 및 전력 소비 장치를 제공하는 것이며, 수계 정극 시트를 사용하는 전극 어셈블리 및 이를 포함하는 이차 전지, 전지 모듈, 전지 팩 및 전력 소비 장치가 높은 에너지 밀도, 양호한 사이클 성능, 낮은 내부 저항, 저렴한 비용 및 친환경적인 특징을 겸비하도록 한다.

[0004] 본 출원의 제1 양태는 수계 정극 시트 및 부극 시트를 포함하는 전극 어셈블리를 제공하는 바, 여기서, 상기 수계 정극 시트는 정극 집전체 및 상기 정극 집전체의 적어도 일면에 위치하는 정극 필름층을 포함하고, 상기 정극 필름층은 정극 활성 재료를 포함하며; 상기 부극 시트는 부극 집전체 및 상기 부극 집전체의 적어도 일면에 위치하는 부극 필름층을 포함하고, 상기 부극 필름층은 부극 활성 재료를 포함하며; 상기 수계 정극 시트의 적어도 일부 표면에는 복수의 제1 미세공이 배치되어 있고, 또한 $0.001\% \leq (S_{12} \times H_{12} \times D_1)/(S_{11} \times C_1 \times H_{11}) \leq 1\%$를 만족시키며, H_{11} μm는 상기 수계 정극 시트의 두께를 나타내고, H_{12} μm는 상기 제1 미세공의 깊이를 나타내며, S_{11} m^2는 상기 수계 정극 시트의 면적을 나타내고, S_{12} m^2는 상기 복수의 제1 미세공의 총면적을 나타내며, C_1 g/cc는 상기 수계 정극 시트의 압밀도를 나타내고, D_1 μm는 상기 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50을 나타내며;

상기 부극 시트의 적어도 일부 표면에는 복수의 제2 미세공이 배치되어 있고, 또한 $0<(S_{22}XH_{22}XD_2)/(S_{21}XC_2XH_{21})\leq 2.5\%$를 만족시키며, H_{21} μm는 상기 부극 시트의 두께를 나타내고, H_{22} μm는 상기 제2 미세공의 깊이를 나타내며, S_{21} m^2는 상기 부극 시트의 면적을 나타내고, S_{22} m^2는 상기 복수의 제2 미세공의 총면적을 나타내며, C_2 g/cc는 상기 부극 시트의 압밀도를 나타내고, D_2 μm는 상기 부극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50을 나타낸다.

[0005] 본 출원의 전극 어셈블리에서, 수계 정극 시트가 $0.001\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 1\%$를 만족시키고, 부극 시트가 $0<(S_{22}XH_{22}XD_2)/(S_{21}XC_2XH_{21})\leq 2.5\%$를 만족시키도록 함으로써, 전극 어셈블리는 낮은 수분 함량, 높은 전해액 함침 속도 및 높은 건조 속도를 가질 수 있고, 이차 전지에 적용되어 이차 전지가 높은 에너지 밀도, 양호한 사이클 성능, 낮은 내부 저항, 저렴한 비용 및 친환경적인 특징을 겸비할 수 있도록 한다.

[0006] 본 출원의 임의의 실시형태에서, $0.05\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.5\%$이며; 선택적으로, $0.15\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.25\%$이다.

[0007] $(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})$이 상술한 범위 내에 있을 때, 전극 어셈블리는 낮은 표면 임피던스와 양호한 계면 성능을 가질 수 있으므로, 해당 전극 어셈블리를 적용한 이차 전지가 양호한 전기화학적 성능, 예컨대 높은 사이클 안정성, 높은 용량 발휘 및 낮은 내부 저항을 갖도록 할 수 있다. 또한, $(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})$이 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 유지하도록 할 수도 있다.

[0008] 본 출원의 임의의 실시형태에서, $0.2\%\leq(S_{22}XH_{22}XD_2)/(S_{21}XC_2XH_{21})\leq 2.0\%$이며; 선택적으로, $0.4\%\leq(S_{22}XH_{22}XD_2)/(S_{21}XC_2XH_{21})\leq 1.0\%$이다.

[0009] $(S_{22}\times H_{22}\times D_2)/(S_{21}\times C_2\times H_{21})$이 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트는 높은 전해액 함침 속도를 가질 뿐만아니라, 낮은 표면 임피던스와 양호한 계면 성능을 가질 수도 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 적용한 이차 전지는 높은 사이클 안정성, 높은 용량 발휘 및 낮은 내부 저항을 가질 수 있다. 또한, $(S_{22}\times H_{22}\times D_2)/(S_{21}\times C_2\times H_{21})$이 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 유지하도록 할 수도 있다.

[0010] 본 출원의 임의의 실시형태에서, $0<S_{12}/S_{11}\leq 2\%$이고, 선택적으로, $0.4\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 0.6\%$이다.

[0011] 복수의 제1 미세공의 총면적과 수계 정극 시트의 면적의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 할 수 있고, 수계 정극 시트가 적합한 공극률을 갖도록 할 수도 있기에, 수분 배출과 전해액의 함침에 유리하며, 또한, 수계 정극 시트가 적합한 전자 전도 통로와 활성 이온 전송 통로를 갖도록 할 수도 있다.

[0012] 본 출원의 임의의 실시형태에서, $30\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$이고, 선택적으로, $60\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$이다.

[0013] 제1 미세공의 깊이와 수계 정극 시트의 두께의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 높은 건조 속도와 높은 전해액 함침 속도를 갖도록 확보할 수 있을 뿐만아니라, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 확보할 수도 있다.

[0014] 본 출원의 임의의 실시형태에서, C_1은 2.0~3.0이고, 선택적으로는 2.3~2.7이다.

[0015] 수계 정극 시트의 압밀도를 적합한 범위 내로 제어하면, 정극 필름층 중의 정극 활성 재료 입자를 긴밀히 접촉시켜 단위 체적 내의 정극 활성 재료 함량을 향상시키기에, 이차 전지의 에너지 밀도를 향상시킬 수 있다.

[0016] 본 출원의 임의의 실시형태에서, D_1은 0.5~1.5이고, 선택적으로는 0.8~1.3이다.

[0017] 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50이 상술한 범위 내에 있을 때, 활성 이온의 확산 경로를 단축시킬 수 있으므로, 이차 전지의 에너지 밀도, 사이클 성능 및 배율 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0018] 본 출원의 임의의 실시형태에서, $0<S_{22}/S_{21}\leq 0.2\%$이고, 선택적으로, $0.04\%\leq S_{22}/S_{21}\leq 0.06\%$이다.

[0019] 복수의 제2 미세공의 총면적와 부극 시트의 면적의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 할 수 있을 뿐만아니라, 부극 시트가 적합한 공극률과 높은 용량을 갖도록 할 수도 있기에, 전극

어셈블리의 전해액 함침 속도와 용량 발휘를 향상시키는데 유리하고, 또한, 부극 시트가 적합한 전자 전도 통로와 활성 이온 전송 통로를 갖도록 할 수도 있다.

[0020] 본 출원의 임의의 실시형태에서, $30\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 100\%$이고, 선택적으로, $60\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 100\%$이다.

[0021] 제2 미세공의 깊이와 부극 시트의 두께의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 높은 전해액 함침 속도를 갖도록 확보할 수 있을 뿐만아니라, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 확보할 수도 있다.

[0022] 본 출원의 임의의 실시형태에서, C_2는 1.2~2.0이고, 선택적으로는 1.4~1.8이다.

[0023] 부극 시트의 압밀도를 적합한 범위 내로 제어하면, 부극 필름층 중의 부극 활성 재료 입자를 긴밀히 접촉시켜 단위 체적 내의 부극 활성 재료 함량을 향상시키기에, 이차 전지의 에너지 밀도를 향상시킬 수 있다.

[0024] 본 출원의 임의의 실시형태에서, D_2는 12~20, 선택적으로는 15~19이다.

[0025] 부극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50이 상술한 범위 내에 있을 때, 활성 이온의 확산 경로를 단축시킬 수 있으므로, 이차 전지의 에너지 밀도, 사이클 성능 및 배율 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0026] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 전극 어셈블리는 $0.1 \leq A/B \leq 1.0$, 선택적으로, $0.25 \leq A/B \leq 0.50$를 만족시키며, A는 $(S_{12} \times H_{12} \times D_1)/(S_{11} \times C_1 \times H_{11})$를 나타내고, B는 $(S_{22} \times H_{22} \times D_2)/(S_{21} \times C_2 \times H_{21})$를 나타낸다.

[0027] A/B의 값이 상술한 범위 내에 있을 때, 전극 어셈블리의 전해액 함침 속도를 더욱 향상시킬 수 있고, 전극 어셈블리가 건조 과정에서 잔류된 수분을 신속히 배출하는데 더욱 유리하기에, 이차 전지가 낮은 임피던스, 높은 에너지 밀도 및 높은 사이클 용량 유지율을 갖도록 할 수 있다.

[0028] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 전극 어셈블리는 $S_3/S_{22} \geq 5\%$, 선택적으로 $8\% \leq S_3/S_{22} \leq 70\%$를 만족시키며, S_3 m^2는 상기 복수의 제1 미세공과 상기 복수의 제2 미세공의 중첩 면적을 나타낸다.

[0029] 수계 정극 시트 표면의 제1 미세공과 부극 시트 표면의 제2 미세공의 중첩 면적이 상술한 범위 내에 있을 때, 제1 미세공, 제2 미세공과 세퍼레이터 내의 미세공이 통로를 형성하는데 유리하기에, 전극 어셈블리 내에 잔류된 수분을 신속히 배출하는데 유리하고, 전극 어셈블리의 전해액 함침 속도를 향상시킨다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 이차 전지에 적용하면, 이차 전지가 낮은 임피던스, 높은 에너지 밀도 및 높은 사이클 용량 유지율을 가질 수 있도록 할 수 있다.

[0030] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 각 제1 미세공의 형태는 규칙적인 형상 또는 불규칙적인 형상이고, 선택적으로, 각 제1 미세공의 형태는 원형, 직사각형 또는 정사각형이다.

[0031] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 각 제1 미세공의 등가 직경은 1μm~200μm이고, 선택적으로는 50μm~180μm이다.

[0032] 제1 미세공의 등가 직경이 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 낮은 수분 함량, 높은 전해액 함침 속도 및 높은 건조 속도를 갖도록 확보하는 전제하에, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 확보할 수 있으며, 예를 들어, 수계 정극 시트가 비교적 높은 강도와 양호한 유연성을 갖도록 할 수 있다. 따라서, 전극 어셈블리는 높은 전해액 함침 속도와 양호한 가공 성능을 가질 수 있으므로, 해당 전극 어셈블리를 적용한 이차 전지는 양호한 전기화학적 성능과 높은 수율을 가질 수 있다.

[0033] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 서로 인접하는 상기 제1 미세공의 중심 거리는 1㎜~10㎜이다.

[0034] 서로 인접하는 제1 미세공의 중심 거리가 상술한 범위 내에 있을 때, 제1 미세공을 수계 정극 시트의 표면에 적절하게 분포시킬 수 있다. 따라서, 제1 미세공의 분포가 과도하게 밀집되는 것을 방지할 수 있으므로, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 유지하도록 할 수 있다.

[0035] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 상기 복수의 제1 미세공은 어레이로 분포된다.

[0036] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 각 제2 미세공의 형태는 규칙적인 형상 또는 불규칙적인 형상이고, 선택적으로, 각 제2 미세공의 형태는 원형, 직사각형 또는 정사각형이다.

[0037] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 각 제2 미세공의 등가 직경은 1μm~200μm이고, 선택적으로는 50μm~150μm이다.

[0038] 제2 미세공의 등가 직경이 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 높은 전해액 함침 속도를 갖도록 확보하는 전제하에, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 하며, 예를 들어, 부극 시트가 비교적 높은 강도와 양호한 유연성을 갖도록 할 수 있다. 따라서, 전극 어셈블리는 높은 전해액 함침 속도와 양호한 가공 성능을 가질 수 있으므로, 해당 전극 어셈블리를 적용한 이차 전지는 양호한 전기화학적 성능과 높은 수율을 가질 수 있다.

[0039] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 서로 인접하는 상기 제2 미세공의 중심 거리는 1㎜~10㎜이다.

[0040] 서로 인접하는 제2 미세공의 중심 거리가 상술한 범위 내에 있을 때, 제2 미세공을 부극 시트의 표면에 적절하게 분포시킬 수 있다. 따라서, 제2 미세공의 분포가 과도하게 밀집되는 것을 방지할 수 있으므로, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 유지하도록 할 수 있다.

[0041] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 상기 복수의 제2 미세공은 어레이로 분포된다.

[0042] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 상기 정극 필름층은 수성 접착제 및 도전제 중 한 종류 또는 여러 종류를 더 포함한다.

[0043] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 상기 수성 접착제는 메틸셀룰로오스 및 이의 염, 잔탄검 및 이의 염, 키토산 및 이의 염, 알긴산 및 이의 염, 폴리에틸렌이민 및 이의 염, 폴리아크릴아미드, 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체 및 이의 유도체 또는 이들의 혼합물을 포함한다.

[0044] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 상기 수성 접착제는 잔탄검과 폴리에틸렌이민의 재복합 혼합물을 포함한다. 선택적으로, 상기 잔탄검과 상기 폴리에틸렌이민의 질량비는 2:1~0.2:2.8이다. 선택적으로, 상기 잔탄검의 수균 분자량은 300000~2000000이다. 선택적으로, 상기 폴리에틸렌이민의 수균 분자량은 2000~50000이다.

[0045] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 상기 수성 접착제는 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체와 폴리에틸렌이민의 재복합 혼합물을 포함한다. 선택적으로, 상기 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체와 상기 폴리에틸렌이민의 질량비는 2:1~0.2:2.8이다. 선택적으로, 상기 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체의 수균 분자량은 300000~2000000이다. 선택적으로, 상기 폴리에틸렌이민의 수균 분자량은 2000~70000이다.

[0046] 본 출원의 임의의 실시형태에서, 상기 도전제는 도전성 카본 블랙, 초전도성 카본 블랙, 도전성 흑연, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 그래핀, 탄소나노튜브 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함한다.

[0047] 본 출원의 제2 양태는 본 출원의 제1 양태의 전극 어셈블리를 포함하는 이차 전지를 제공한다.

[0048] 본 출원의 제3 양태는 본 출원의 제2 양태의 이차 전지를 포함하는 전지 모듈을 제공한다.

[0049] 본 출원의 제4 양태는 본 출원의 제2 양태의 이차 전지, 제3 양태의 전지 모듈 중 한 종류를 포함하는 전지 팩을 제공한다.

[0050] 본 출원의 제5 양태는 본 출원의 제2 양태의 이차 전지, 제3 양태의 전지 모듈, 제4 양태의 전지 팩 중 적어도 한 종류를 포함하는 전력 소비 장치를 제공한다.

[0051] 본 출원의 이차 전지는 낮은 수분 함량, 높은 전해액 함침 속도 및 높은 건조 속도를 가지며, 본 출원의 이차 전지는 또한 높은 에너지 밀도, 양호한 사이클 성능, 낮은 내부 저항, 저렴한 비용 및 친환경적인 특징을 겸비할 수 있다. 본 출원의 전지 모듈, 전지 팩 및 전력 소비 장치는 본 출원에 따른 이차 전지를 포함하므로, 적어도 상기 이차 전지와 동일한 장점을 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0052] 본 출원의 실시예의 기술적 해결 수단을 보다 명확하게 설명하기 위해, 이하에서는 본 출원의 실시예에서 사용될 첨부 도면에 대해 간략히 소개한다. 이하에서 설명되는 첨부 도면은 본 출원의 일부 실시예에 불과하며, 당업자라면 창조적 노동 없이 첨부 도면에 따라 다른 도면을 얻을 수도 있다.

도 1은 본 출원의 수계 정극 시트의 일 실시형태의 단면 모식도이다.

도 2는 본 출원의 수계 정극 시트의 다른 실시형태의 단면 모식도이다.

도 3은 본 출원의 이차 전지의 일 실시형태의 모식도이다.

도 4는 도 3의 이차 전지의 실시형태의 분해 모식도이다.

도 5는 본 출원의 전지 모듈의 일 실시형태의 모식도이다.

도 6은 출원의 전지 팩의 일 실시형태의 모식도이다.

도 7은 도 6에 도시된 전지 팩의 실시형태의 분해 모식도이다.

도 8은 본 출원의 이차 전지를 전원으로 포함하는 전력 소비 장치의 일 실시형태의 모식도이다.

첨부된 도면에서, 도면은 실제 축척에 따라 그려지지 않았다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0053] 이하에서는 첨부된 도면을 적절히 참조하여 본 출원의 전극 어셈블리 및 이를 포함하는 이차 전지, 전지 모듈, 전지 팩 및 전력 소비 장치의 실시형태를 상세히 설명하고 구체적으로 개시한다. 그러나, 경우에 따라 불필요한 상세한 설명을 생략한다. 예를 들어, 공지 사항에 대한 상세한 설명 및 실제로 동일한 구조에 대한 중복 설명은 생략되는 경우가 있다. 이는 하기 설명이 불필요하게 중복되는 것을 방지하고 당업자가 용이하게 이해하도록 하기 위한 것이다. 또한, 첨부된 도면 및 하기 설명은 당업자가 본 출원을 충분히 이해하도록 하기 위해 제공되는 것이며, 특허청구범위에 기재된 주제를 한정하기 위한 것이 아니다.

[0054] 본 출원에 개시된 "범위"는 하한 및 상한의 형태로 한정되고, 주어진 범위는 하나의 하한 및 하나의 상한의 선택에 의해 한정되며, 선택된 하한 및 상한은 특정 범위의 경계를 한정한다. 이러한 방식으로 한정된 범위는 끝점 값을 포함하거나 포함하지 않을 수 있으며 임의로 조합될 수 있다. 즉, 임의의 하한은 임의의 상한과 조합되어 하나의 범위를 형성할 수 있다. 예를 들어, 특정 매개변수에 대해 60~120 및 80~110의 범위가 나열되는 경우, 60~110 및 80~120의 범위도 고려되는 것으로 이해되어야 한다. 또한 최소 범위 값 1과 2가 나열되고 최대 범위 값 3, 4, 5가 나열되면, 1~3, 1~4, 1~5, 2~3, 2~4 및 2~5의 모든 범위가 예상된다. 본 출원에서, 달리 명시되지 않는 한, 수치 범위 "a~b"는 a와 b 사이의 실수 조합의 축약된 표현을 나타내며, 여기서 a와 b는 모두 실수이다. 예를 들어, 수치 범위 "0~5"는 "0~5" 사이의 모든 실수가 본 명세서에 나열되었음을 의미하고, "0~5"는 이러한 수치 값의 조합을 축약한 표현일 뿐이다. 또한, 특정 매개변수가 ≥2인 정수로 표현되는 경우, 해당 매개변수가 예를 들어 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 등 정수임을 개시한 것과 같다.

[0055] 특별한 설명이 없는 한, 본 출원의 모든 실시형태 및 선택적인 실시형태는 서로 조합하여 새로운 기술적 해결 수단을 형성할 수 있으며, 이러한 기술적 해결 수단은 본 출원의 개시 내용에 포함되는 것으로 간주되어야 한다.

[0056] 특별한 설명이 없는 한, 본 출원의 모든 기술적 특징 및 선택적인 기술적 특징은 서로 조합하여 새로운 기술적 해결 수단을 형성할 수 있으며, 이러한 기술적 해결 수단은 본 출원의 개시 내용에 포함되는 것으로 간주되어야 한다.

[0057] 특별한 설명이 없는 한, 본 출원의 모든 단계는 순차적으로 수행될 수 있고 랜덤으로 수행될 수도 있으며, 순차적으로 수행되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 상기 방법이 단계 (a) 및 (b)를 포함한다는 것은, 상기 방법이 순차적으로 수행되는 단계 (a) 및 (b)를 포함할 수 있고, 순차적으로 수행되는 단계 (b) 및 (a)를 포함할 수도 있음을 나타낸다. 예를 들어, 언급된 상기 방법이 단계 (c)를 더 포함한다는 것은, 단계 (c)가 상기 방법에 임의의 순서로 추가될 수 있음을 나타내는 바, 예를 들어, 상기 방법은 단계 (a), (b) 및 (c)를 포함할 수 있고, 단계 (a), (c) 및 (b)를 포함할 수도 있으며, 단계 (c), (a) 및 (b) 등을 포함할 수도 있다.

[0058] 특별한 설명이 없는 한, 본 출원에서 언급된 "포괄" 및 "포함"은 개방형을 나타낼 수도 있고 폐쇄형을 나타낼 수도 있다. 예를 들어, 상기 "포괄" 및 "포함"은 나열되지 않은 다른 성분을 더 포괄하거나 포함할 수 있고, 나열된 성분만 포괄하거나 포함할 수도 있다.

[0059] 특별한 설명이 없는 한, 본 출원에서 "또는"이라는 용어는 포괄적인 것이다. 예를 들어, 문구 "A 또는 B"는 "A, B, 또는 A 및 B 양자"를 나타낸다. 보다 구체적으로, "A 또는 B"는 A는 참(또는 존재)이고 B는 거짓(또는 부재)이며, A는 거짓(또는 부재)이고 B는 참(또는 존재)이며, 또는 A 및 B는 모두 참(또는 존재)인 조건 중 어느 하나를 만족시킨다.

[0060] 특별한 설명이 없는 한, 본 출원에서, 용어 "제1", "제2" 등은 서로 다른 객체를 구분하기 위한 것으로, 특정 순서 또는 주종 관계를 설명하기 위한 것은 아니다.

[0061] 본 출원에서, "약"이라는 용어는 작은 변화를 나타내고 설명하기 위한 것으로, 수치와 함께 사용될 때, 용어는 상기 수치의 ±10%이하의 변화 범위로 대체될 수 있다.

[0062] 본 명세서의 설명에서, 달리 설명하지 않는 한, “이상” 및 “이하”는 대상이 되는 숫자를 포함한다.

[0063] 본문의 설명에서, 달리 설명하지 않는 한, “여러 종류”, “복수”, “여러”의 의미는 두 종류, 두 개 또는 두 개 이상을 포함한다.

[0064] 이차 전지의 적용 및 보급에 따라, 이차 전지의 비용 문제와 환경 오염 문제는 점점 더 많은 관심을 받고 있다. 물을 용매로 사용하는 수계 정극 슬러리는 비용이 저렴하고 친환경적인 특징을 가지기 때문에 연구자들의 점점 더 많은 주목을 받고 있다. 그러나, 발명자들은 연구를 거쳐, 수계 정극 슬러리는 일반적으로 친수기를 갖는 접착제를 사용하고, 이러한 친수기와 용매인 물이 이차 전지의 성능에 큰 영향을 미친다는 것을 발견하였다. 수계 정극 슬러리를 사용하여 제조된 수계 정극 시트는 일부 수분이 잔류하여 건조 과정에서 제거하기 어렵기 때문에, 현재의 수계 정극 시트를 이차 전지에 적용할 때, 잔류된 수분은 정극 시트의 함침 성능에 영향을 미칠 뿐만아니라, 전지 내부의 전해질, 전극 활성 재료 등과 부반응을 발생할 수도 있어 활성 이온의 비가역적 손실의 증가를 초래하며, 전지의 에너지 밀도를 감소시키고, 용량의 감쇄가 너무 빠르며, 또한 전지의 가스 팽창, 자가 방전 증가 등을 초래할 수도 있다.

[0065] 현재, 관련 기술에서는 대부분 정극 슬러리의 조성 또는 정극 시트의 제조 공정을 조정하여 수계 정극 시트의 수분 함량을 감소시키고 있다. 여기서, 정극 슬러리의 조성을 조정하는 것은, 예를 들어, 수계 정극 슬러리에 무수 에탄올을 첨가하여, 수계 정극 시트에 잔류된 수분 함량을 어느 정도 감소시킬 수 있다. 그러나, 수계 정극 슬러리에 에탄올을 첨가하면, 도입된 활성기 히드록시는 이차 전지의 계면 성능에 영향을 미치며, 예를 들어 리튬 석출, 계면 흑색 반점 등 현상의 발생을 초래한다. 이에 의해, 이차 전지의 사이클 성능을 감소시킬 뿐만 아니라, 안전상의 위험도 초래할 수 있다. 정극 시트의 제조 공정을 조정하는 것은, 예를 들어 수계 정극 슬러리의 고형분 함량을 제어하고 열간 도포, 냉간 압연 및 진공 건조를 결합한 공정을 통해 정극 시트를 제조하며, 수분의 휘발을 효과적으로 가속화하고, 수계 정극 시트에 잔류된 수분을 감소시키나, 수계 정극 시트의 제조 비용을 상응하게 증가시키고, 이차 전지의 수율을 감소시키는 문제점이 있다.

[0066] 발명자들은 깊이 생각한 끝에 전극 어셈블리의 구조로부터 출발하여 전극 어셈블리를 설계하였는 바, 해당 전극 어셈블리는 낮은 수분 함량, 높은 전해액 함침 속도 및 높은 건조 속도를 가질 수 있고, 전극 어셈블리는 높은 에너지 밀도, 양호한 사이클 성능, 낮은 내부 저항, 저렴한 비용 및 친환경적인 특징도 겸비할 수 있다.

[0067] **전극 어셈블리**

[0068] 본 출원의 제1 양태는 수계 정극 시트 및 부극 시트를 포함하는 전극 어셈블리를 제공한다.

[0069] 상기 수계 정극 시트는 정극 집전체 및 상기 정극 집전체의 적어도 일면에 위치하는 정극 필름층을 포함하고, 상기 정극 필름층은 정극 활성 재료를 포함한다. 상기 수계 정극 시트의 적어도 일부 표면에는 복수의 제1 미세공이 배치되어 있고, 또한 $0.001\% \leq (S_{12} \times H_{12} \times D_1)/(S_{11} \times C_1 \times H_{11}) \leq 1\%$를 만족시키며, H_{11} μm는 상기 수계 정극 시트의 두께를 나타내고, H_{12} μm는 상기 제1 미세공의 깊이를 나타내며, S_{11} m^2는 상기 수계 정극 시트의 면적을 나타내고, S_{12} m^2는 상기 복수의 제1 미세공의 총면적을 나타내며, C_1 g/cc는 상기 수계 정극 시트의 압밀도를 나타내고, D_1 μm는 상기 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50을 나타낸다.

[0070] 상기 부극 시트는 부극 집전체 및 상기 부극 집전체의 적어도 일면에 위치하는 부극 필름층을 포함하고, 상기 부극 필름층은 부극 활성 재료를 포함한다. 상기 부극 시트의 적어도 일부 표면에는 복수의 제2 미세공이 배치되어 있고, 또한 $0 < (S_{22} \times H_{22} \times D_2)/(S_{21} \times C_2 \times H_{21}) \leq 2.5\%$를 만족시키며, H_{21} μm는 상기 부극 시트의 두께를 나타내고, H_{22} μm는 상기 제2 미세공의 깊이를 나타내며, S_{21} m^2는 상기 부극 시트의 면적을 나타내고, S_{22} m^2는 상기 복수의 제2 미세공의 총면적을 나타내며, C_2 g/cc는 상기 부극 시트의 압밀도를 나타내고, D_2 μm는 상기 부극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50을 나타낸다.

[0071] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없으며, 발명자들은 수계 정극 시트의 적어도 일부 표면에 복수의 제1 미세공이 배치되어 있고 또한 수계 정극 시트의 $(S_{12} \times H_{12} \times D_1)/(S_{11} \times C_1 \times H_{11})$의 값이 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트에 잔류된 수분을 쉽게 제거할 수 있으며, 이에 의해 전극 어셈블리의 계면 성능을 개선하고, 전극 어셈블리의 기체 팽창을 감소시키며, 자가 방전 및 부식될 위험을 감소시킬 수 있다는 것을 의외로 발견하였다. 또한, 수계 정극 시트의 표면에 상술한 제1 미세공을 배치하면, 한편으로는 정극 시트의 공극률을 증가시킬 수 있어 전해액의 함침 속도를 증가시키는데 유리하며, 다른 한편으로는 리튬 이온의 확산 거리

를 크게 단축시킬 수 있어 리튬 이온의 매질 전파 저항력을 효과적으로 감소시키고, 전지 내부 저항을 감소시킬 수 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 이차 전지에 적용하면, 이차 전지의 기체 팽창, 자가 방전 및 부식될 위험을 낮출 수 있을 뿐만아니라, 이차 전지의 에너지 밀도, 사이클 성능 및 배율 성능도 향상시킬 수 있다.

[0072] 또한, 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 본 출원의 전극 어셈블리에서, 부극 시트의 적어도 일부 표면에는 복수의 제2 미세공이 배치되어 있고 또한 부극 시트의 $(S_{22}\times H_{22}\times D_2)/(S_{21}\times C_2\times H_{21})$의 값이 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트의 리튬 이온 전송 능력을 더욱 향상시키고 전해액의 함침 속도를 증가시킬 수 있을 뿐만아니라, 부극 활성 재료의 용량 발휘에도 유리할 수 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 적용한 이차 전지는 양호한 전기화학적 성능 및 높은 에너지 밀도를 가질 수 있다.

[0073] 발명자들은 연구를 통해, $(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})$이 0.001%보다 작을 때, 상기 수계 정극 시트에 하기 상황 중 적어도 하나가 존재한다는 것을 발견하였다. 상기 복수의 제1 미세공의 총면적과 수계 정극 시트의 면적의 비 S_{12}/S_{11}이 비교적 작고, 제1 미세공의 깊이와 수계 정극 시트의 두께의 비 H_{12}/H_{11}이 비교적 작으며, 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 D_1이 비교적 작고, 수계 정극 시트의 압밀도 C_1이 비교적 크다. 따라서, 정극 활성 재료 입자간의 간격이 매우 작아 비교적 긴밀히 접촉되어, 활성 이온 전송 통로가 비교적 적고, 이차 전지의 내부 저항이 비교적 높으며, 전해액 함침 성능이 떨어지는 것을 초래하며, 전지 용량의 발휘에 불리하다. 또한, 수계 정극 시트의 수분 배출 통로가 비교적 적고, 건조 과정에서 수분의 신속한 배출이 용이하지 않아 비교적 높은 수분 잔류량을 초래하게 되며, 이차 전지에 기체 팽창, 자가 방전 및 부식될 위험이 높아지게 된다.

[0074] 발명자들은 연구를 통해, $(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})$이 1%보다 클 때, 상기 수계 정극 시트에 하기 상황 중 적어도 하나가 존재한다는 것을 발견하였다. 상기 복수의 제1 미세공의 총면적과 수계 정극 시트의 면적의 비 S_{12}/S_{11}이 비교적 크고, 제1 미세공의 깊이와 수계 정극 시트의 두께의 비 H_{12}/H_{11}이 비교적 크며, 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 D_1이 비교적 크고, 수계 정극 시트의 압밀도 C_1이 비교적 작다. 따라서, 이차 전지의 에너지 밀도는 현저하게 감소된다.

[0075] 발명자들은 연구를 통해, $(S_{22}XH_{22}XD_2)/(S_{21}XC_2XH_{21})$이 2.5%보다 클 때, 상기 부극 시트에 하기 상황 중 적어도 하나가 존재한다는 것을 발견하였다. 상기 복수의 제2 미세공의 총면적과 부극 시트의 면적의 비 S_{22}/S_{21}이 비교적 크고, 제2 미세공의 깊이와 부극 시트의 두께의 비 H_{22}/H_{21}이 비교적 크며, 부극 활성 재료의 체적 평균 입경 D_2가 비교적 크고, 부극 시트의 압밀도 C_2가 비교적 작다. 따라서, 이차 전지의 에너지 밀도는 현저하게 감소된다.

[0076] 본 출원의 전극 어셈블리에서, 수계 정극 시트가 $0.001\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 1\%$를 만족시키고, 부극 시트가 $0<(S_{22}XH_{22}XD_2)/(S_{21}XC_2XH_{21})\leq 2.5\%$를 만족시키도록 함으로써, 전극 어셈블리는 낮은 수분 함량, 높은 전해액 함침 속도 및 높은 건조 속도를 가질 수 있고, 이차 전지에 적용되면, 이차 전지는 높은 에너지 밀도, 양호한 사이클 성능, 낮은 내부 저항, 저렴한 비용 및 친환경적인 특징을 겸비할 수 있다.

[0077] 가능한 원인은 다음을 포함한다. 먼저, 수계 정극 시트와 부극 시트의 표면에는 모두 미세공이 배치되어 있어, 이차 전지의 조립 과정에서 전해액은 전극 시트/세퍼레이터의 수평 방향을 따라 전극 어셈블리에 함침될 수 있을 뿐만아니라, 전극 시트의 수직 방향을 따라 전극 시트의 미세공 및 세퍼레이터의 미세공에 의해 구축된 네트워크를 통해 전극 어셈블리에 함침된다. 다음, 수계 정극 시트와 부극 시트의 표면에는 모두 미세공이 배치되어 있어, 전극 시트에 잔류된 수분이 전극 어셈블리의 건조 과정에서 전극 어셈블리의 외부로 신속히 배출될 수 있으므로, 전극 어셈블리의 수분 함량을 더욱 감소시킬 수 있다, 그다음, 전극 시트 표면의 미세공, 전극 시트의 압밀도 및 활성 재료 입자의 입경을 합리적으로 조합함으로써, 수계 정극 시트와 부극 시트가 적합한 전자 전도 통로와 활성 이온 전송 통로를 동시에 갖도록 확보할 수 있다.

[0078] 일부 실시형태에 있어서, 상기 수계 정극 시트는 $0.05\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.5\%$, $0.05\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.45\%$, $0.05\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.4\%$, $0.05\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.35\%$, $0.05\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.3\%$, $0.05\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.25\%$, $0.05\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.2\%$, $0.05\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq 0.15\%$, $0.1\%\leq(S_{12}XH_{12}XD_1)/(S_{11}XC_1XH_{11})\leq$

0.5%, $0.1\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.45\%$, $0.1\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.4\%$, $0.1\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.35\%$, $0.1\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.3\%$, $0.1\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.25\%$, $0.1\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.2\%$, $0.15\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.5\%$, $0.15\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.45\%$, $0.15\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.4\%$, $0.15\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.35\%$, $0.15\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.3\%$, $0.15\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.25\%$, $0.2\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.5\%$, $0.2\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.45\%$, $0.2\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.4\%$, $0.2\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.35\%$, $0.2\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.3\%$, $0.25\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.5\%$, $0.25\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.45\%$ 또는 $0.25\% \leq (S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11}) \leq 0.4\%$를 만족시킬 수 있다.

[0079] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 발명자들은 연구를 통해, $(S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11})$이 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트 내의 수분이 전극 어셈블리 건조 과정에서 전극 어셈블리의 외부로 신속히 배출되도록 할 수 있어, 정극 시트의 수분 함량을 더욱 감소시키고, 전극 어셈블리의 전해액 함침 속도 및 건조 속도를 향상시킬 수 있다. 따라서, 전극 어셈블리는 낮은 표면 임피던스 및 양호한 계면 성능을 가질 수 있어, 해당 전극 어셈블리를 적용한 이차 전지가 양호한 전기화학적 성능, 예컨대 높은 사이클 안정성, 높은 용량 발휘 및 낮은 내부 저항을 갖도록 할 수 있다. 또한, $(S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11})$이 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 유지하도록 할 수 있다. 이에 의해, 정극 시트는 전극 어셈블리의 조립 및 가공 과정에서 변형하기 쉽지 않다. 따라서, 전극 어셈블리는 가공 및 조립 과정에서 양호한 전기화학적 성능을 가질 수 있을 뿐만아니라, 비교적 높은 수율을 가질 수 있다.

[0080] 일부 실시형태에 있어서, 상기 부극 시트는 $0.2\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 2.0\%$, $0.2\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.8\%$, $0.2\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.5\%$, $0.2\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.2\%$, $0.2\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.0\%$, $0.2\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 0.8\%$, $0.2\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 0.5\%$, $0.3\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 2.0\%$, $0.3\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.8\%$, $0.3\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.5\%$, $0.3\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.2\%$, $0.3\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.0\%$, $0.3\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 0.8\%$, $0.3\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 0.5\%$, $0.4\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 2.0\%$, $0.4\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.8\%$, $0.4\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.5\%$, $0.4\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.2\%$, $0.4\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.0\%$, $0.4\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 0.8\%$, $0.5\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 2.0\%$, $0.5\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.8\%$, $0.5\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.5\%$, $0.5\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.2\%$, $0.5\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 1.0\%$ 또는 $0.5\% \leq (S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21}) \leq 0.8\%$를 만족시킬 수 있다.

[0081] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 발명자들은 연구를 통해, $(S_{22} \times H_{22} \times D_2)/(S_{21} \times C_2 \times H_{21})$이 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트는 높은 전해액 함침 속도를 가질 수 있을 뿐만아니라, 낮은 표면 임피던스 및 양호한 계면 성능도 가질 수 있다는 것을 발견 하였다. 이에 의해, 본 출원의 전극 어셈블리가 적용된 이차 전지는 높은 사이클 안정성, 높은 용량 발휘 및 낮은 내부 저항을 가질 수 있다. 또한, $(S_{22} \times H_{22} \times D_2)/(S_{21} \times C_2 \times H_{21})$이 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 유지하도록 할 수 있다. 이에 의해, 부극 시트는 전극 어셈블리의 조립 및 가공 과정에서 변형하기 쉽지 않다. 따라서, 전극 어셈블리는 가공 및 조립 과정에서 양호한 전기화학적 성능을 가질 수 있을 뿐만아니라, 비교적 높은 수율을 가질 수 있다.

[0082] 일부 실시형태에 있어서, 복수의 제1 미세공의 총면적과 수계 정극 시트의 면적의 비는 $0 < S_{12}/S_{11} \leq 2\%$를 만족시킨다. 예를 들어, $0.1\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 2\%$, $0.1\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1.8\%$, $0.1\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1.5\%$, $0.1\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1.2\%$, $0.1\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1\%$, $0.1\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 0.8\%$, $0.1\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 0.6\%$, $0.2\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 2\%$, $0.2\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1.8\%$, $0.2\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1.5\%$, $0.2\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1.2\%$, $0.2\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1\%$, $0.2\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 0.8\%$, $0.2\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 0.6\%$, $0.3\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 2\%$, $0.3\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1.8\%$, $0.3\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1.5\%$, $0.3\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1.2\%$, $0.3\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 1\%$, $0.3\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 0.8\%$, $0.3\% \leq S_{12}/S_{11} \leq 0.6\%$, $0.4\% \leq$

$S_{12}/S_{11}\leq 2\%$, $0.4\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 1.8\%$, $0.4\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 1.5\%$, $0.4\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 1.2\%$, $0.4\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 1\%$, $0.4\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 0.8\%$, $0.4\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 0.6\%$, $0.5\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 2\%$, $0.5\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 1.8\%$, $0.5\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 1.5\%$, $0.5\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 1.2\%$, $0.5\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 1\%$, $0.5\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 0.8\%$ 또는 $0.5\%\leq S_{12}/S_{11}\leq 0.6\%$를 만족시킨다.

[0083] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 복수의 제1 미세공의 총면적과 수계 정극 시트의 면적의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 할 수 있다. 이에 의해, 수계 정극 시트는 가공 과정에서 비가역적으로 변형되는 위험을 줄일 수 있어, 전극 어셈블리의 수율을 향상시킬 수 있다. 복수의 제1 미세공의 총면적과 수계 정극 시트의 면적의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 적합한 공극률을 갖도록 할 수 있어, 수분 배출과 전해액의 함침에 유리하다. 또한, 복수의 제1 미세공의 총면적과 수계 정극 시트의 면적의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 적합한 전자 전도 통로와 활성 이온 전송 통로를 갖도록 할 수 있다. 따라서, 전극 어셈블리가 이차 전지에 적용되면, 이차 전지가 높은 수율, 높은 사이클 안정성, 높은 용량 발휘 및 낮은 내부 저항을 갖도록 할 수 있다.

[0084] 일부 실시형태에 있어서, 제1 미세공의 깊이와 수계 정극 시트의 두께의 비는 $30\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$를 만족시킨다. 예를 들어, $30\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 90\%$, $30\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 80\%$, $30\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 70\%$, $30\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 60\%$, $30\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 50\%$, $30\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 40\%$, $40\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$, $40\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 90\%$, $40\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 80\%$, $40\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 70\%$, $40\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 60\%$, $40\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 50\%$, $50\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$, $50\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 90\%$, $50\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 80\%$, $50\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 70\%$, $50\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 60\%$, $60\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$, $60\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 90\%$, $60\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 80\%$, $60\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 70\%$, $70\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$, $70\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 90\%$, $70\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 80\%$, $80\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$, $80\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 90\%$ 또는 $90\%\leq H_{12}/H_{11}\leq 100\%$를 만족시킬 수 있다.

[0085] 본 출원에서, 제1 미세공의 깊이는 수계 정극 시트의 두께 이하일 수 있다. H_{12}/H_{11}이 100%일 때, 제1 미세공은 정극 시트를 관통하는 관통홀일 수 있다.

[0086] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 제1 미세공의 깊이와 수계 정극 시트의 두께의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 높은 건조 속도 및 높은 전해액 함침 속도를 갖도록 확보할 수 있을 뿐만아니라, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 확보할 수도 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리는 양호한 계면 성능, 낮은 표면 임피던스 및 높은 가공 효율을 가질 수 있으며, 이차 전지에 적용되면, 이차 전지가 양호한 사이클 성능, 양호한 배율 성능 및 높은 수율을 갖도록 할 수 있다.

[0087] C_1 g/cc는 수계 정극 시트의 압밀도를 나타내며, 일부 실시형태에 있어서, C_1은 2.0~3.0일 수 있고, 예를 들어, C_1은 약 2.0, 약 2.1, 약 2.2, 약 2.3, 약 2.4, 약 2.5, 약 2.6, 약 2.7, 약 2.8, 약 2.9, 약 3.0 또는 상기 수치로 구성된 범위 내일 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, C_1은 선택적으로 2.3~2.7이다.

[0088] 수계 정극 시트의 압밀도를 적합한 범위 내로 제어하면, 정극 필름층 중의 정극 활성 재료 입자를 긴밀히 접촉시켜 단위 체적 내의 정극 활성 재료 함량을 향상시키기에 이차 전지의 에너지 밀도를 향상시킬 수 있다.

[0089] D_1 μm는 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50을 나타내며, 일부 실시형태에 있어서, D_1은 0.5~1.5일 수 있고, 예를 들어, D_1은 약 0.5, 약 0.6, 약 0.7, 약 0.8, 약 0.9, 약 1.0, 약 1.1, 약 1.2, 약 1.3, 약 1.4, 약 1.5 또는 상기 수치로 구성된 범위 내일 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, D_1은 선택적으로 0.8~1.3이다.

[0090] 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50이 상술한 범위 내에 있을 때, 활성 이온의 확산 경로를 단축시킬 수 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 이차 전지에 적용하면, 이차 전지의 에너지 밀도, 사이클 성능 및 배율 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0091] 또한, 전극 어셈블리의 제어에 있어서, 복수의 제1 미세공의 총면적과 수계 정극 시트의 면적의 비 S_{12}/S_{11}, 제1 미세공의 깊이와 수계 정극 시트의 두께의 비 H_{12}/H_{11}, 수계 정극 시트의 압밀도 C_1, 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 D_1이 상술한 범위 내에 있을 때, $(S_{12}\times H_{12}\times D_1)/(S_{11}\times C_1\times H_{11})$를 본 출원의 범위 내로 제어하는데 유리할 수 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 이차 전지에 적용하면, 이차 전지의 기체 팽창, 자가 방전 및 부식될 위험을 줄일 수 있을 뿐만아니라, 이차 전지의 에너지 밀도, 사이클 성능 및 배율 성능을 향상시킬 수도 있다.

[0092] 일부 실시형태에 있어서, 복수의 제2 미세공의 총면적과 부극 시트의 면적의 비는 $0<S_{22}/S_{21}\leq 0.2\%$를 만족시킬

수 있다. 예를 들어, $0.02\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.2\%$, $0.02\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.18\%$, $0.02\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.16\%$, $0.02\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.14\%$, $0.02\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.12\%$, $0.02\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.1\%$, $0.02\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.08\%$, $0.02\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.06\%$, $0.02\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.04\%$, $0.04\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.2\%$, $0.04\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.18\%$, $0.04\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.16\%$, $0.04\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.14\%$, $0.04\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.12\%$, $0.04\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.1\%$, $0.04\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.08\%$, $0.04\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.06\%$, $0.06\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.2\%$, $0.06\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.18\%$, $0.06\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.16\%$, $0.06\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.14\%$, $0.06\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.12\%$, $0.06\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.1\%$ 또는 $0.06\% \leq S_{22}/S_{21} \leq 0.08\%$를 만족시킬 수 있다.

[0093] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 복수의 제2 미세공의 총면적과 부극 시트의 면적의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 할 수 있다. 이에 의해, 부극 시트가 가공 과정에서 비가역적으로 변형되는 위험을 줄일 수 있기에, 전극 어셈블리의 수율을 향상시킬 수 있다. 복수의 제2 미세공의 총면적과 부극 시트의 면적의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 적합한 공극률과 높은 용량을 갖도록 할 수도 있기에, 전극 어셈블리의 전해액 함침 속도 및 용량 발휘의 향상에 유리하다. 또한, 복수의 제2 미세공의 총면적과 부극 시트의 면적의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 적합한 전자 전도 통로와 활성 이온 전송 통로를 갖도록 할 수도 있다. 따라서, 전극 어셈블리가 이차 전지에 적용되면, 이차 전지가 높은 수율, 높은 사이클 안정성, 높은 용량 발휘 및 낮은 내부 저항을 갖도록 할 수 있다.

[0094] 일부 실시형태에 있어서, 제2 미세공의 깊이와 부극 시트의 두께의 비는 $30\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 100\%$, $30\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 90\%$, $30\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 80\%$, $30\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 70\%$, $30\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 60\%$, $40\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 100\%$, $40\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 90\%$, $40\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 80\%$, $40\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 70\%$, $40\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 60\%$, $50\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 100\%$, $50\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 90\%$, $50\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 80\%$, $50\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 70\%$, $60\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 100\%$, $60\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 90\%$, $60\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 80\%$, $70\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 100\%$, $70\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 90\%$, $70\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 80\%$, $80\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 100\%$, $80\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 90\%$ 또는 $90\% \leq H_{22}/H_{21} \leq 100\%$를 만족시킬 수 있다

[0095] 본 출원에서, 제2 미세공의 깊이는 부극 시트의 두께 이하일 수 있다. H_{22}/H_{21}이 100%일 때, 제2 미세공은 부극 시트를 관통하는 관통홀일 수 있다.

[0096] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 제2 미세공의 깊이와 부극 시트의 두께의 비가 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 높은 전해액 함침 속도를 갖도록 확보할 수 있을 뿐만아니라, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 확보할 수도 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리는 양호한 계면 성능, 낮은 표면 임피던스 및 높은 가공 효율을 가질 수 있으며, 이차 전지에 적용되면, 이차 전지가 양호한 사이클 성능, 양호한 배율 성능 및 높은 수율을 갖도록 할 수 있다.

[0097] C_2 g/cc는 부극 시트의 압밀도를 나타내며, 일부 실시형태에 있어서, C_2는 1.2~2.0일 수 있고, 예를 들어, C_2는 약 1.2, 약 1.3, 약 1.4, 약 1.5, 약 1.6, 약 1.7, 약 1.8, 약 1.9, 약 2.0 또는 상기 수치로 구성된 범위 내일 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, C_2는 선택적으로 1.4~1.8이다.

[0098] 부극 시트의 압밀도를 적합한 범위 내로 제어하면, 부극 필름층 중의 부극 활성 재료 입자를 긴밀히 접촉시킬 수 있고, 단위 체적 내의 부극 활성 재료 함량을 높일 수 있기에, 이차 전지의 에너지 밀도를 높일 수 있다.

[0099] D_2 μm는 부극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50을 나타내며, 일부 실시형태에 있어서, D_2는 12~20일 수 있고, 예를 들어, D_2는 약 12, 약 13, 약 14, 약 15, 약 16, 약 17, 약 18, 약 19, 약 20 또는 상기 수치로 구성된 범위 내일 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, D_2는 선택적으로 15~19이다.

[0100] 부극 활성 재료의 체적 평균 입경 Dv50이 상술한 범위 내에 있을 때, 활성 이온의 확산 경로를 단축시킬 수 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 이차 전지에 적용하면, 이차 전지의 에너지 밀도, 사이클 성능 및 배율 성능을 더욱 향상시킬 수 있다.

[0101] 또한, 전극 어셈블리의 제어에 있어서, 복수의 제2 미세공의 총면적과 부극 시트의 면적의 비 S_{22}/S_{21}, 제2 미세공의 깊이와 부극 시트의 두께의 비 H_{22}/H_{21}, 부극 시트의 압밀도 C_2, 부극 활성 재료의 체적 평균 입경 D_2가 상술한 범위 내에 있을 때, $(S_{22} \times H_{22} \times D_2)/(S_{21} \times C_2 \times H_{21})$을 본 출원의 범위 내로 제어하는데 유리할 수 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 이차 전지에 적용하면, 이차 전지가 양호한 전기화학적 성능 및 높은 에너지 밀도를 갖도록 할 수 있다.

[0102] 일부 실시형태에 있어서, 상기 전극 어셈블리는 $0.10 \leq A/B \leq 1.0$를 만족시킬 수 있고, A는 $(S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11})$를 나타내며, B는 $(S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21})$를 나타낸다. 예를 들어, $0.10 \leq A/B \leq 0.75$, $0.10 \leq A/B \leq 0.50$, $0.10 \leq A/B \leq 0.50$, $0.10 \leq A/B \leq 0.25$, $0.15 \leq A/B \leq 1.0$, $0.15 \leq A/B \leq 0.75$, $0.15 \leq A/B \leq 0.50$, $0.15 \leq A/B \leq 0.25$, $0.20 \leq A/B \leq 1.0$, $0.20 \leq A/B \leq 0.75$, $0.20 \leq A/B \leq 0.50$, $0.20 \leq A/B \leq 0.25$, $0.25 \leq A/B \leq 1.0$, $0.25 \leq A/B \leq 0.75$, $0.25 \leq A/B \leq 0.50$, $0.30 \leq A/B \leq 1.0$, $0.30 \leq A/B \leq 0.75$, $0.30 \leq A/B \leq 0.50$, $0.35 \leq A/B \leq 1.0$, $0.35 \leq A/B \leq 0.75$, $0.35 \leq A/B \leq 0.50$, $0.40 \leq A/B \leq 1.0$, $0.40 \leq A/B \leq 0.75$ 또는 $0.40 \leq A/B \leq 0.50$이다.

[0103] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, A/B의 값이 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트 및 부극 시트 각자의 우세 및 양자간의 시너지 효과를 충분히 발휘할 수 있어, 전극 어셈블리의 전해액 함침 속도를 더욱 향상시킬 수 있고, 전극 어셈블리가 건조 과정에서 잔류된 수분을 신속히 배출하는데 더욱 유리하다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 이차 전지에 적용하면, 이차 전지가 낮은 임피던스, 높은 에너지 밀도 및 높은 사이클 용량 유지율을 갖도록 할 수 있다.

[0104] 일부 실시형태에 있어서, 상기 전극 어셈블리는 $S_3/S_{22} \geq 5\%$를 만족시킬 수 있고, 예를 들어, S_3/S_{22}는 약 5%, 약 8%, 약 10%, 약 15%, 약 20%, 약 25%, 약 30%, 약 35%, 약 40%, 약 45%, 약 50%, 약 55%, 약 60%, 약 65%, 약 70%, 약 75%, 약 80%, 약 85%, 약 90%, 약 95%, 약 100% 또는 상기 수치로 구성된 범위 내일 수 있다. 여기서, S_3 m^2는 상기 복수의 제1 미세공과 상기 복수의 제2 미세공의 중첩 면적을 나타낸다.

[0105] 일부 실시형태에 있어서, 상기 전극 어셈블리는 $8\% \leq S_3/S_{22} \leq 85\%$, $8\% \leq S_3/S_{22} \leq 80\%$, $8\% \leq S_3/S_{22} \leq 75\%$, $8\% \leq S_3/S_{22} \leq 70\%$, $15\% \leq S_3/S_{22} \leq 85\%$, $15\% \leq S_3/S_{22} \leq 80\%$, $15\% \leq S_3/S_{22} \leq 75\%$, $15\% \leq S_3/S_{22} \leq 70\%$, $25\% \leq S_3/S_{22} \leq 85\%$, $25\% \leq S_3/S_{22} \leq 80\%$, $25\% \leq S_3/S_{22} \leq 75\%$, $25\% \leq S_3/S_{22} \leq 70\%$, $40\% \leq S_3/S_{22} \leq 85\%$, $40\% \leq S_3/S_{22} \leq 80\%$, $40\% \leq S_3/S_{22} \leq 75\%$ 또는 $40\% \leq S_3/S_{22} \leq 70\%$를 만족시킬 수 있다.

[0106] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 수계 정극 시트 표면의 제1 미세공과 부극 시트의 표면의 제2 미세공의 중첩 면적이 상술한 범위 내에 있을 때, 제1 미세공, 제2 미세공과 세퍼레이터 내의 미세공이 통로를 형성하는데 유리하기에, 전극 어셈블리 내에 잔류된 수분을 신속히 배출하여 전극 어셈블리의 전해액 함침 속도를 향상시키는데 유리하다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 이차 전지에 적용하면, 이차 전지가 낮은 임피던스, 높은 에너지 밀도 및 높은 사이클 용량 유지율을 갖도록 할 수 있다.

[0107] 본 출원은 제1 미세공의 형태를 한정하지 않으며, 각 제1 미세공의 형태는 동일할 수 있고 상이할 수도 있다. 일부 실시형태에 있어서, 각 제1 미세공의 형태는 규칙적인 형상 또는 불규칙적인 형상일 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 각 제1 미세공의 형태는 원형, 직사각형 또는 정사각형을 포함할 수 있다.

[0108] 일부 실시형태에 있어서, 각 제1 미세공의 등가 직경은 1μm~200μm일 수 있고, 예를 들어 약 5μm, 약 10μm, 약 20μm, 약 50μm, 약 80μm, 약 100μm, 약 120μm, 약 150μm, 약 180μm, 약 200μm 또는 상기 수치로 구성된 범위 내일 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 각 제1 미세공의 등가 직경은 5μm~180μm, 10μm~180μm, 20μm~180μm, 30μm~180μm, 50μm~180μm, 5μm~150μm, 10μm~150μm, 20μm~150μm, 30μm~150μm 또는 50μm~150μm일 수 있다.

[0109] 각 제1 미세공의 등가 직경은 각 제1 미세공과 동일한 면적을 갖는 원의 직경일 수 있다. 제1 미세공의 등가 직경이 상술한 범위 내에 있을 때, 수계 정극 시트가 낮은 수분 함량, 높은 전해액 함침 속도 및 높은 건조 속도를 갖도록 확보하는 전제하에, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 할 수 있으며, 예를 들어, 수계 정극 시트가 비교적 높은 강도 및 양호한 유연성을 갖도록 할 수 있다. 따라서, 전극 어셈블리는 높은 전해액 함침 속도 및 양호한 가공 성능을 가질 수 있으며, 이에 의해, 해당 전극 어셈블리를 적용한 이차 전지도 양호한 전기화학적 성능 및 높은 수율을 가질 수 있다.

[0110] 일부 실시형태에 있어서, 서로 인접하는 상기 제1 미세공의 중심 거리는 1mm~10mm일 수 있고, 예를 들어 약 1mm, 약 2mm, 약 3mm, 약 4mm, 약 5mm, 약 6mm, 약 7mm, 약 8mm, 약 9mm, 약 10mm 또는 상기 수치로 구성된 범위 내일 수 있다.

[0111] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 서로 인접하는 제1 미세공의 중심 거리가 상술한 범위 내에 있을 때, 제1 미세공이 수계 정극 시트의 표면에 적절하게 분포되도록 할 수 있다. 따라서, 제1 미세공의 분포가 과도하게 밀집되는 것을 방지할 수 있어, 수계 정극 시트가 양호한 기계적 성능을 유지하도록 할 수 있다.

[0112] 본 출원은 상기 복수의 제1 미세공의 분포 형태에 대해 한정하지 않는다. 일부 실시형태에 있어서, 상기 복수의 제1 미세공은 어레이로 분포될 수 있다.

[0113] 본 출원은 제2 미세공의 형태에 대해 한정하지 않으며, 각 제2 미세공의 형태는 동일할 수 있고 상이할 수도 있다. 일부 실시형태에 있어서, 각 제2 미세공의 형태는 규칙적인 형상 또는 불규칙적인 형상일 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 각 제2 미세공의 형태는 원형, 직사각형 또는 정사각형을 포함할 수 있다.

[0114] 일부 실시형태에 있어서, 각 제2 미세공의 등가 직경은 1㎛~200㎛일 수 있으며, 예를 들어 약 5㎛, 약 10㎛, 약 20㎛, 약 50㎛, 약 80㎛, 약 100㎛, 약 120㎛, 약 150㎛, 약 180㎛, 약 200㎛ 또는 상기 수치로 구성된 범위 내일 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 각 제2 미세공의 등가 직경은 5㎛~180㎛, 10㎛~180㎛, 20㎛~180㎛, 30㎛~180㎛, 50㎛~180㎛, 5㎛~150㎛, 10㎛~150㎛, 20㎛~150㎛, 30㎛~150㎛ 또는 50㎛~150㎛일 수 있다.

[0115] 각 제2 미세공의 등가 직경은 각 제2 미세공과 동일한 면적을 갖는 원의 직경일 수 있다. 제2 미세공의 등가 직경이 상술한 범위 내에 있을 때, 부극 시트가 높은 전해액 함침 속도를 갖도록 확보하는 전제하에, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 갖도록 할 수 있으며, 예를 들어, 부극 시트가 비교적 높은 강도 및 양호한 유연성을 갖도록 할 수 있다. 따라서, 전극 어셈블리는 높은 전해액 함침 속도 및 양호한 가공 성능을 가질 수 있으며, 이에 의해, 해당 전극 어셈블리를 적용한 이차 전지도 양호한 전기화학적 성능 및 높은 수율을 갖도록 할 수 있다.

[0116] 일부 실시형태에 있어서, 서로 인접하는 상기 제2 미세공의 중심 거리는 1mm~10mm일 수 있으며, 예를 들어 약 1mm, 약 2mm, 약 3mm, 약 4mm, 약 5mm, 약 6mm, 약 7mm, 약 8mm, 약 9mm, 약 10mm 또는 상기 수치로 구성된 범위 내일 수 있다.

[0117] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 서로 인접하는 제2 미세공의 중심 거리가 상술한 범위 내에 있을 때, 제2 미세공이 부극 시트의 표면에 적절하게 분포되도록 할 수 있다. 따라서, 제2 미세공의 분포가 과도하게 밀집되는 것을 방지할 수 있어, 부극 시트가 양호한 기계적 성능을 유지하도록 할 수 있다.

[0118] 본 출원은 상기 복수의 제2 미세공의 분포 형태에 대해 한정하지 않는다. 일부 실시형태에 있어서, 상기 복수의 제2 미세공은 어레이로 분포될 수 있다.

[0119] 본 출원에서, 상기 정극 집전체는 자체의 두께방향에서 대향하는 두 개의 면을 가지며, 상기 정극 필름층은 상기 정극 집전체의 두 개의 대향하는 면 중 어느 하나 또는 양자에 위치할 수 있다. 상기 부극 집전체는 자체의 두께방향에서 대향하는 두 개의 면을 가지며, 상기 부극 필름층은 상기 부극 집전체의 두 개의 대향하는 면 중 어느 하나 또는 양자에 위치할 수 있다.

[0120] 설명해야 할 점은, 수계 정극 시트의 두께H_{11}은 정극 집전체와 정극 필름층의 두께의 합을 나타내고, 부극 시트의 두께H_{21}은 부극 집전체와 부극 필름층의 두께의 합을 나타낸다. 도 1은 본 출원의 수계 정극 시트 일부의 일 실시형태의 단면 모식도이며, 도 2는 본 출원의 수계 정극 시트 일부의 다른 실시형태의 단면 모식도이다. 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 정극 필름층(102)은 정극 집전체(101)의 양측에 배치되며, 여기서, 도 1은 제1 미세공의 깊이와 정극 시트의 두께의 비가 100%보다 작은 것을 나타내며, 즉 H_{12}은 H_{11}보다 작다. 도 2는 제1 미세공이 정극 시트를 관통하는 관통홀인 것을 나타내며, 이때 H_{12}는 H_{11}과 동일하다. 본 출원에서, 부극 시트 표면에서의 제2 미세공의 배치 상황은 수계 정극 시트와 유사하다.

[0121] 본 출원의 전극 어셈블리에서, 정극 활성 재료의 종류는 구체적으로 제한되지 않는 바, 본 분야에서 공지된 이차 전지용 정극 활성 재료를 사용할 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 상기 정극 활성 재료는 리튬전이 금속산화물, 올리빈 구조의 리튬함유 인산염 및 이들의 변성 화합물 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다. 상술한 각 정극 활성 재료의 변성 화합물은 정극 활성 재료에 대해 도핑 변성, 표면 피복 변성 또는 도핑과 동시에 표면 피복 변성을 수행하여 얻은 것일 수 있다.

[0122] 예시로서, 리튬전이 금속산화물은 리튬코발트산화물, 리튬니켈산화물, 리튬망간산화물, 리튬니켈코발트산화물, 리튬망간코발트산화물, 리튬니켈망간산화물, 리튬니켈코발트망간산화물, 리튬니켈코발트알루미늄산화물 및 이들 각각의 변성 화합물 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다. 예시로서, 올리빈 구조의 리튬함유 인산염은 인산철리튬, 인산철리튬과 탄소의 복합 재료, 인산망간리튬, 인산망간리튬과 탄소의 복합 재료, 인산망간철리튬, 인산망간철리튬과 탄소의 복합 재료 및 이들 각각의 변성 화합물 중 한 종류 또는 여러 종류를

포함할 수 있다. 이러한 정극 활성 재료는 단독으로 한 종류를 사용할 수도 있고, 두 종류 이상을 조합하여 사용할 수도 있다.

[0123] 선택적으로, 상기 정극 활성 재료는 올리빈 구조의 리튬함유 인산염 및 이의 변성 화합물 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다.

[0124] 일부 실시형태에 있어서, 상기 정극 필름층은 수성 접착제 및 도전제 중 한 종류 또는 여러 종류를 더 포함할 수 있다. 수성 접착제는 정극 활성 재료, 도전제 등을 집전체에 접착하여 정극 활성 재료와 도전제 사이 및 정극 활성 재료와 정극 집전체 사이의 전기적 접촉을 증가시켜 정극 시트의 구조를 안정화시킨다. 수성 접착제는 오일계 접착제, 예컨대 폴리비닐리덴 플로라이드 등에 비해 비용이 더욱 저렴하고, 더욱 친화경적이며, 더욱 안전하게 사용할 수 있다.

[0125] 상기 수성 접착제는 고형분 함량이 5% 이상인 물 분산액 또는 에멀션을 포함할 수 있다. 상기 수성 접착제는 물과 함께 고형분 함량이 1% 이상인 안정적인 분산액을 형성할 수 있는 고체를 더 포함할 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 상기 수성 접착제는 가용성 다당류 및 이의 유도체, 수용성 또는 물 분산액 고분자 복합체 또는 이들의 혼합물을 포함한다. 예를 들어, 상기 수성 접착제는 메틸셀룰로오스 및 이의 염, 잔탄검 및 이의 염, 키토산 및 이의 염, 알긴산 및 이의 염, 폴리에틸렌이민 및 이의 염, 폴리아크릴아미드, 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체 및 이의 유도체 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다.

[0126] 일부 실시형태에 있어서, 상기 수성 접착제는 잔탄검과 폴리에틸렌이민의 재복합 혼합물을 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 잔탄검과 상기 폴리에틸렌이민의 질량비는 2:1~0.2:2.8일 수 있다. 선택적으로, 상기 잔탄검의 수균 분자량은 300000~2000000일 수 있다. 선택적으로, 상기 폴리에틸렌이민의 수균 분자량은 2000~50000일 수 있다.

[0127] 일부 실시형태에 있어서, 상기 수성 접착제는 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체와 폴리에틸렌이민의 재복합 혼합물을 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체와 상기 폴리에틸렌이민의 질량비는 2:1~0.2:2.8일 수 있다. 선택적으로, 상기 아크릴나이트릴-아크릴산 공중합체의 수균 분자량은 300000~2000000일 수 있다. 선택적으로, 상기 폴리에틸렌이민의 수균 분자량은 2000~70000일 수 있다.

[0128] 어떠한 이론이나 해석에 의해 제한될 의도는 없는 바, 수성 접착제는 상술한 물질에서 선택되는 바, 정극 활성 재료와 도전제 사이 및 정극 활성 재료와 정극 집전체 사이의 전기적 접촉을 더욱 증강시키기에, 정극 시트의 구조를 더욱 안정화시킬 수 있다. 따라서, 본 출원의 전극 어셈블리를 이차 전지에 적용하면, 이차 전지가 높은 사이클 안정성 및 낮은 내부 저항을 갖도록 할 수 있다.

[0129] 본 출원은 정극 필름층용 도전제의 종류에 대해 특별히 한정하지 않으며, 일부 실시형태에 있어서, 상기 도전제는 도전성 카본 블랙, 초전도성 카본 블랙, 도전성 흑연, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 그래핀, 탄소나노튜브 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다.

[0130] 본 출원의 전극 어셈블리에서, 정극 필름층은 일반적으로 정극 슬러리를 정극 집전체에 도포하고 건조 및 냉간 압연을 거쳐 형성된 것이다. 상기 정극 슬러리는 일반적으로 정극 활성 재료, 수성 접착제, 도전제 및 임의의 다른 조성분을 탈이온수 중에 분산시키고 균일하게 교반하여 형성된 것이다.

[0131] 일부 실시형태에 있어서, 상기 정극 집전체는 금속박 또는 복합 집전체를 사용할 수 있다. 금속박의 예시로서 알루미늄박을 사용할 수 있다. 복합 집전체는 고분자 재료 기재층 및 고분자 재료 기재층의 적어도 일면에 형성된 금속 재료층을 포함할 수 있다. 예시로서, 금속 재료는 알루미늄, 알루미늄 합금, 니켈, 니켈 합금, 티타늄, 티타늄 합금, 은 및 은 합금 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다. 예시로서, 고분자 재료 기재층은 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리부틸렌 테레프탈레이트(PBT), 폴리스티렌(PS), 폴리에틸렌(PE) 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다.

[0132] 본 출원의 전극 어셈블리에서, 부극 필름층은 일반적으로 부극 슬러리를 부극 집전체에 코팅하고, 건조 및 냉간 압연을 거쳐 형성된다. 부극 슬러리는 일반적으로 부극 활성 재료, 옵션으로서의 도전제, 옵션으로서의 접착제, 다른 옵션으로서의 보조제를 용매에 분산시켜 균일하게 교반하여 형성된 것이다. 용매는 N-메틸피롤리돈(NMP) 또는 물일 수 있으나 이에 한정되지 않는다. 예시로서, 부극 필름층용 접착제는 스티렌-부타디엔 고무(SBR), 수용성 불포화 수지(SR-1B), 수계 아크릴산 수지(예컨대 폴리아크릴산(PAA), 폴리메타크릴산(PMAA), 폴리아크릴산 나트륨(PAAS)), 폴리아크릴아미드(PAM), 폴리비닐알코올(PVA), 알긴산나트륨(SA), 카르복시메틸키토산(CMCS) 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다. 예시로서, 부극 필름층용 도전제는 초전도성 카본, 아세틸렌 블랙, 카본 블랙, 케첸 블랙, 카본 도트, 탄소나노튜브, 그래핀, 카본 나노섬유 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할

수 있다. 다른 옵션으로서의 보조제는 증점제(예컨대 카르복시메틸셀룰로오스 나트륨(CMC)), PTC서미스터 재료 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다.

[0133] 부극 활성 재료의 종류는 구체적으로 제한되지 않으며, 본 분야에서 공지된 이차 전지용 부극 활성 재료를 사용할 수 있다. 예시로서, 부극 활성 재료는 흑연, 소프트 카본, 하드 카본, 메소카본마이크로비즈, 탄소 섬유, 탄소나노튜브, 규소계 재료, 주석계 재료, 리튬 티타네이트 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다. 규소계 재료는 단체 규소, 규소 산화물, 규소-탄소 복합체, 규소-질소 복합체, 규소 합금 재료 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다. 주석계 재료는 단체 주석, 주석 산화물, 주석 합금 재료 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다. 본 출원은 이러한 재료에 한정되지 않으며, 이차 전지의 부극 활성 재료로서 사용되는 종래의 공지된 다른 재료를 사용할 수 있다. 이러한 부극 활성 재료는 단독으로 한 종류를 사용할 수도 있고, 두 종류 이상을 조합하여 사용할 수도 있다.

[0134] 부극 집전체의 종류는 구체적으로 제한되지 않으며, 실제 수요에 따라 선택할 수 있다. 예를 들어, 부극 집전체는 금속박 또는 복합 집전체를 사용할 수 있다. 금속박의 예시로서, 부극 집전체는 동박을 사용할 수 있다. 복합 집전체는 고분자 재료 기재층 및 고분자 재료 기재층의 적어도 일면에 형성된 금속 재료층을 포함할 수 있다. 예시로서, 금속 재료는 동, 동 합금, 니켈, 니켈 합금, 티타늄, 티타늄 합금, 은 및 은 합금 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다. 예시로서, 고분자 재료 기재층은 폴리프로필렌(PP), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리부틸렌 테레프탈레이트(PBT), 폴리스티렌(PS), 폴리에틸렌(PE) 중 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다.

[0135] 또한, 본 출원의 전극 어셈블리에서, 부극 시트는 부극 필름층을 제외한 다른 부가적인 기능층을 배제하지는 않는다. 예를 들어, 일부 실시형태에 있어서, 본 출원의 부극 시트는 부극 집전체와 부극 필름층 사이에 배치된 도전성 언더코팅층(예컨대 도전제와 접착제로 조성)을 더 포함할 수 있다, 다른 일부 실시형태에서, 본 출원의 부극 시트는 부극 필름층의 표면에 피복된 보호층을 더 포함한다.

[0136] 본 출원의 전극 어셈블리에서, 제1 미세공과 제2 미세공의 구현 방식은 구체적으로 제한되지 않으며, 본 분야에서 공지된 수단으로 구현될 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 전극 시트의 표면에 제1 미세공과 제2 미세공을 배치하는 수단은 레이저 펀치 및 기계식 펀치 중 어느 하나 또는 이들의 조합을 통해 구현될 수 있다. 예를 들어 레이저 펀치를 사용하는 경우, 레이저를 위하래로 어긋나에 배열할 수 있고, 펀치 프로세스 요구 사항에 따라 적절한 펀치 어레이를 배치할 수 있으며, 필요한 미세공 깊이에 따라 적절한 레이저 에너지를 선택할 수 있다.

[0137] 일부 실시형태에 있어서, 상기 전극 어셈블리는 세퍼레이터를 더 포함한다. 상기 세퍼레이터는 상기 수계 정극 시트와 상기 부극 시트 사이에 배치되어 주로 정극과 부극 사이의 단락을 방지하는 역할을 하는 동시에, 활성 이온을 통과시킬 수 있다. 본 출원은 상기 세퍼레이터의 종류에 대해 특별히 한정하지 않으며, 임의의 공지된 양호한 화학적 안정성과 기계적 안정성을 갖는 다공질 구조의 세퍼레이터를 선택할 수 있다.

[0138] 예시로서, 상기 세퍼레이터의 재질은 유리 섬유, 부직포, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 및 폴리비닐리덴 플루오라이드 중 적어도 한 종류를 포함할 수 있다. 상기 세퍼레이터는 단층 필름 또는 다층 복합 필름일 수 있다. 상기 세퍼레이터가 다층 복합 필름인 경우, 각 층의 재질은 동일하거나 상이할 수 있다.

[0139] 일부 실시형태에 있어서, 상기 수계 정극 시트, 상기 세퍼레이터 및 상기 부극 시트는 권취 공정 또는 적층 공정을 통해 전극 어셈블리로 제조될 수 있다.

[0140] 본 출원에서, 필름층과 전극 시트의 두께는 본 분야에서 공지된 의미이고, 본 분야에서 이미 알려진 방법으로 측정할 수 있다. 예를 들어 나선 마이크로미터를 사용하여 측정할 수 있다.

[0141] 본 출원에서, 재료의 체적 평균 입경 Dv50은 본 기술 분야에 공지된 의미이고, 이는 재료의 누적 부피 분포 백분율이 50%에 도달할 때 해당하는 입경을 나타내며, 본 기술 분야의 공지된 기기와 방법으로 측정할 수 있다. 예를 들어, GB/T 19077-2016 입도 분포 레이저 회절법을 참조하여 영국 말번사(Malvern)의 마스터사이저(Mastersizer) 2000E 레이저 입도 분석기와 같은 레이저 입도 분석기로 간편하게 측정할 수 있다.

[0142] 본 출원에서, 전극 시트의 압밀도는 본 분야에서 공지된 의미이고, 본 분야에서 이미 알려진 방법으로 측정할 수 있다. 전극 시트의 압밀도=필름층의 면밀도/필름층의 두께이다. 필름층의 면밀도는 본 분야에서 공지된 의미이고, 본 분야에서 이미 알려진 방법으로 측정할 수 있으며, 예를 들어 일면이 코팅되고 냉간 압연 후의 전극 시트(양면이 코팅된 전극 시트인 경우, 먼저 그 중의 일면의 필름층을 닦아 낼 수 있다)를 사용하여 소형 원판으로 펀칭하고, 이의 중량을 칭량한다. 다음, 칭량 후의 전극 시트의 필름층을 닦아내고 집전체의 중량을 칭량

한다. 필름층의 면밀도=(소형 원판의 중량-집전체의 중량)/소형 원판의 면적이다.

[0143] **이차 전지**

[0144] 본 출원의 제2 양태는 이차 전지를 제공하는 바, 이는 본 출원의 제1 양태의 전극 어셈블리 및 전해질을 포함한다. 전해질은 정극 시트와 부극 시트 사이에서 활성 이온을 전도하는 역할을 한다. 본 출원은 전해질의 종류에 대해 구체적으로 한정하지 않으며, 수요에 따라 선택할 수 있다. 예를 들어, 전해질은 고체 전해질 및 액체 전해질(즉 전해액) 중 적어도 한 종류로부터 선택될 수 있다.

[0145] 일부 실시형태에 있어서, 전해질은 전해액을 사용한다. 전해액은 전해질염 및 용매를 포함한다.

[0146] 전해질염의 종류는 구체적으로 한정되지 않으며, 실제 수요에 따라 선택될 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 예시로서, 전해질염은 헥사플루오로 인산 리튬($LiPF_6$), 테트라플루오로 붕산 리튬($LiBF_4$), 과염소산 리튬($LiClO_4$), 헥사플루오로 비산 리튬($LiAsF_6$), 디플루오로 설포닐 이미드 리튬(LiFSI), 비스(트리플루오로 메탄 설포닐)이미드 리튬(LiTFSI), 트리플루오로 메탄 설폰산 리튬(LiTFS), 디플루오로 옥살산 붕산 리튬(LiDFOB), 디옥살산 붕산 리튬(LiBOB), 디플루오로 인산 리튬($LiPO_2F_2$), 디플루오로 디옥살산 인산 리튬(LiDFOP) 및 테트라플루오로 옥살산 인산 리튬(LiTFOP)에서 선택되는 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다.

[0147] 용매 종류는 구체적으로 한정되지 않으며, 실제 수요에 따라 선택될 수 있다. 일부 실시형태에 있어서, 예시로서, 용매는 에틸렌 카보네이트(EC), 프로필렌 카보네이트(PC), 에틸 메틸 카보네이트(EMC), 디에틸 카보네이트(DEC), 디메틸 카보네이트(DMC), 디프로필 카보네이트(DPC), 메틸 프로필 카보네이트(MPC), 에틸 프로필 카보네이트(EPC), 부틸렌 카보네이트(BC), 플루오로 에틸렌 카보네이트(FEC), 메틸 포르메이트(MF), 메틸 아세테이트(MA), 에틸 아세테이트(EA), 프로필 아세테이트(PA), 메틸 프로피오네이트(MP), 에틸 프로피오네이트(EP), 프로필 프로피오네이트(PP), 메틸 부티레이트(MB), 에틸 부티레이트(EB), 1,4-부티로 락톤(GBL), 술포란(SF), 디메틸 술폰(MSM), 메틸 술폰(EMS) 및 디에틸 술폰(ESE)에서 선택되는 한 종류 또는 여러 종류를 포함할 수 있다.

[0148] 일부 실시형태에 있어서, 전해액에는 선택적으로 첨가제가 더 포함될 수 있다. 예를 들어, 첨가제는 부극 성막 첨가제를 포함할 수 있고, 또한 정극 성막 첨가제를 포함할 수 있으며, 예를 들어 전지 과충전 성능을 개선하는 첨가제, 전지 고온 성능을 개선하는 첨가제, 전지 저온 전력 성능을 개선하는 첨가제 등과 같이 전지의 일부 성능을 개선하는 첨가제를 더 포함할 수 있다.

[0149] 일부 실시형태에 있어서, 이차 전지는 외포장을 포함할 수 있다. 상기 외포장은 상기 전극 어셈블리 및 전해질의 패키징을 위한 것이다.

[0150] 일부 실시형태에 있어서, 이차 전지의 외포장은 경질 플라스틱 쉘, 알루미늄 쉘, 스틸 쉘 등과 같은 경질 쉘일 수 있다. 상기 이차 전지의 외포장은 봉투형 소프트 팩과 같은 소프트 팩일 수도 있다. 상기 소프트 팩의 재질은 폴리프로필렌(PP), 폴리부틸렌 테레프탈레이트(PBT), 폴리부틸렌 숙시네이트(PBS) 등 중 한 종류 또는 여러 종류와 같이 플라스틱일 수 있다.

[0151] 본 출원은 이차 전지의 형상에 대해 특별히 한정하지 않는 바, 편평체, 직육면체 또는 다른 형상일 수 있다. 도 3은 일례로서의 직육면체 구조의 이차 전지(5)를 도시한다.

[0152] 일부 실시형태에 있어서, 도 4에 도시된 바와 같이, 외포장은 케이스(51) 및 커버 플레이트(53)를 포함할 수 있다. 여기서, 케이스(51)는 바닥판 및 바닥판에 연결된 측판을 포함할 수 있고, 바닥판과 측판은 둘러싸여 수용 캐비티를 형성한다. 케이스(51)는 상기 수용 캐비티와 연통하는 개구를 갖고, 커버 플레이트(53)는 상기 개구를 덮어 상기 수용 캐비티를 밀폐시킨다. 본 출원의 실시형태의 제1 양태의 전극 어셈블리(52)는 상기 수용 캐비티 내에 패키징된다. 전해액은 전극 어셈블리(52) 내에 함침된다. 이차 전지(5)에 포함되는 전극 어셈블리(52)의 개수는 하나 이상일 수 있고, 이는 수요에 따라 조정할 수 있다.

[0153] 본 출원의 이차 전지의 제조 방법은 공지된 것이다. 일부 실시형태에 있어서, 전극 어셈블리를 외포장에 넣고 건조시킨 후 전해액을 주입하여, 진공 패키징, 정치, 화성, 성형 등 공정을 거쳐 이차 전지를 얻는다.

[0154] **전지 모듈 및 전지 팩**

[0155] 본 출원의 이차 전지는 전지 모듈로 조립될 수 있고, 전지 모듈에 포함된 이차 전지의 개수는 복수일 수 있으며, 구체적인 개수는 전지 모듈의 적용 및 용량에 따라 조정할 수 있다.

[0156] 도 5는 일례로서의 전지 모듈(4)의 모식도이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 전지 모듈(4)에서 복수의 이차 전지

(5)는 전지 모듈(4)의 길이 방향에 따라 순차적으로 배열될 수 있다. 물론, 다른 임의의 방식에 따라 배열될 수도 있다. 또한, 체결구에 의해 상기 복수의 이차 전지(5)를 고정할 수 있다.

[0157] 선택적으로, 전지 모듈(4)은 수용 공간을 갖는 하우징을 더 포함할 수 있고, 복수의 이차 전지(5)는 상기 수용 공간에 수용된다.

[0158] 일부 실시형태에 있어서, 상술한 전지 모듈은 또한 전지 팩으로 조립될 수 있고, 전지 팩에 포함된 전지 모듈의 개수는 전지 팩의 적용 및 용량에 따라 조정할 수 있다.

[0159] 도 6 및 도 7은 일례로서의 전지 팩(1)의 모식도이다. 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 전지 팩(1)은 전지 박스 및 전지 박스 내에 배치된 복수의 전지 모듈(4)을 포함할 수 있다. 전지 박스는 상부 박스체(2) 및 하부 박스체(3)를 포함하며, 상부 박스체(2)는 하부 박스체(3)를 덮어 전지 모듈(4)을 수용하기 위한 밀폐 공간을 형성할 수 있다. 복수의 전지 모듈(4)은 임의의 방식에 따라 전지 박스 내에 배열될 수 있다.

[0160] **전력 소비 장치**

[0161] 본 출원의 실시형태는 또한 전력 소비 장치를 제공한다. 상기 전력 소비 장치는 본 출원의 이차 전지, 전지 모듈 또는 전지 팩 중 적어도 하나를 포함한다. 상기 이차 전지, 전지 모듈 또는 전지 팩은 상기 전력 소비 장치의 전원으로 사용될 수 있거나, 상기 전력 소비 장치의 에너지 저장 유닛으로 사용될 수 있다. 상기 전력 소비 장치는 이동 기기(예컨대 핸드폰, 노트북 컴퓨터 등), 전기 자동차(예컨대 순수 전기 자동차, 하이브리드 전기 자동차, 플러그인 하이브리드 전기 자동차, 전기 자전거, 전기 스쿠터, 전기 골프 카트, 전기 트럭 등), 전기 기차, 선박 및 위성, 에너지 저장 시스템 등일 수 있지만 이에 한정되지 않는다.

[0162] 상기 전력 소비 장치는 사용 수요에 따라 이차 전지, 전지 모듈 또는 전지 팩을 선택할 수 있다.

[0163] 도 8은 일례로서의 전력 소비 장치의 모식도이다. 해당 전력 소비 장치는 순수 전기 자동차, 하이브리드 전기 자동차 또는 플러그인 하이브리드 전기 자동차 등이다. 고전력 및 고에너지 밀도에 대한 상기 전력 소비 장치의 요구 사항을 만족시키기 위해, 전지 팩 또는 전지 모듈을 사용할 수 있다.

[0164] 다른 일례로서의 전력 소비 장치는 핸드폰, 태블릿 컴퓨터, 노트북 컴퓨터 등일 수 있다. 해당 전력 소비 장치는 일반적으로 가볍고 얇은 것을 요구하므로, 이차 전지를 전원으로 사용할 수 있다.

[0165] **실시예**

[0166] 후술되는 실시예는 본 출원의 개시 내용을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 출원의 개시 범위 내에서 다양한 수정 및 변경이 가능함은 당업자에게 있어서 자명기에 이들 실시예는 단지 설명적 용도로만 사용된다. 달리 명시되지 않는 한, 하기 실시예에 언급된 모든 부, 백분율 및 비율은 모두 질량을 기준으로 하며, 실시예에 사용하는 모든 시약은 시판되는 것이나 통상적인 방법에 따라 합성하여 얻을수 있는 것으로서, 추가 처리 없이 직접 사용 가능하고, 또한 실시예에서 사용되는 기기는 모두 시판되는 것으로 입수 가능하다.

[0167] 실시예 1 내지 25 및 비교예 4 내지 10의 이차 전지는 모두 하기 방법으로 제조된다.

[0168] (1) 수계 정극 시트의 제조

[0169] 정극 활성 재료인 인산철리튬, 도전제인 도전성 카본 블랙, 수성 접착제를 96:1:3 질량비에 따라 균일하게 혼합하고, 적당량의 탈이온수를 첨가하여, 고형분 함량이 50%인 정극 슬러리를 얻는다. 정극 슬러리를 정극 집전체의 표면에 균일하게 도포하여 건조시킨 후 양면이 코팅된 수계 정극 시트를 얻는다. 수성 접착제는 폴리아크릴나이트릴-아크릴산에스테르 공중합체LA-133(Sichuan Yindile사에서 구매)와 폴리에틸렌이민의 재복합체이며, 해당 재복합체에서 LA-133과 폴리에틸렌이민의 질량비는 1:1이다.

[0170] 레이저 펀치 장치를 사용하여 수계 정극 시트를 펀칭하여 수계 정극 시트의 표면에 복수의 제1 미세공을 배치한다. 제1 미세공의 등가 직경 d_1(μm), 서로 인접하는 제1 미세공의 중심 거리 L_1(mm), 복수의 제1 미세공의 총면적과 수계 정극 시트의 면적의 비 S_{12}/S_{11}, 제1 미세공의 깊이와 수계 정극 시트의 두께의 비 H_{12}/H_{11}, 수계 정극 시트의 압밀도 C_1(g/cc), 정극 활성 재료의 체적 평균 입경 D_1(μm), $(S_{12}\times H_{12}\times D_1)/(S_{11}\times C_1\times H_{11})$은 표 1에 나타낸 바와 같다.

[0171] (2) 부극 시트의 제조

[0172] 부극 활성 재료인 인조 흑연, 도전제인 도전성 카본 블랙, 접착제인 스티렌-부타디엔 고무(SBR), 증점제인 카르

복시메틸셀룰로오스 나트륨(CMC)을 96.2:1.8:0.8:1.2 질량비에 따라 혼합한 후, 적당량의 탈이온수를 첨가하고, 균일하게 혼합하여 부극 슬러리를 얻는다. 부극 슬러리를 부극 집전체 표면에 균일하게 도포하여 건조시킨 후 양면이 코팅된 부극 시트를 얻는다.

[0173] 레이저 펀치 장치를 사용하여 부극 시트를 펀칭하여 부극 시트의 표면에 복수의 제2 미세공을 배치한다. 제2 미세공의 등가 직경 d_2(μm), 서로 인접하는 제2 미세공의 중심 거리 L_2(mm), 복수의 제2 미세공의 총면적과 부극 시트의 면적의 비 S_{22}/S_{21}, 제2 미세공의 깊이와 부극 시트의 두께의 비 H_{22}/H_{21}, 부극 시트의 압밀도 C_2(g/cc), 부극 활성 재료의 체적 평균 입경 D_2(μm), $(S_{22}\times H_{22}\times D_2)/(S_{21}\times C_2\times H_{21})$은 표 1에 나타낸 바와 같다.

[0174] (3) 전해액의 제조

[0175] 아르곤 분위기의 글러브박스에서(H_2O<0.1ppm, O_2<0.1ppm), 유기 용매인 에틸렌카보네이트(EC)와 에틸메틸카보네이트(EMC)를 3:7 체적비로 균일하게 혼합하고, 12.5% $LiPF_6$를 첨가하여 유기 용매에 용해시키고, 균일하게 교반하여 전해액을 얻는다.

[0176] (4) 세퍼레이터

[0177] 폴리프로필렌 필름을 세퍼레이터로 사용한다.

[0178] (5) 이차 전지의 제조

[0179] 수계 정극 시트, 세퍼레이터, 부극 시트를 차례로 적층하되, 세퍼레이터가 수계 정극 시트와 부극 시트 사이에 위치하여 격리 역할을 하도록 한다. 적층된 수계 정극 시트, 세퍼레이터, 부극 시트를 권취하여 전극 어셈블리를 얻는다. 전극 어셈블리에 탭을 용접한 후, 전극 어셈블리를 알루미늄 케이스에 넣고, 건조시켜 수분을 제거한다. 알루미늄 케이스 내에 전해액을 주입한 후 밀봉하여 하전되지 않은 전지를 얻는다. 하전되지 않은 전지에 대해 차례로 정치, 열 냉간 압연, 화성, 성형, 용량 측정 등 공정을 거쳐 이차 전지를 얻는다.

[0180] 비교예 1

[0181] 수계 정극 시트의 제조, 부극 시트의 제조, 세퍼레이터, 전해액의 제조, 이차 전지의 제조 과정은 실시예 1과 기본적으로 동일하며, 차이점은 수계 정극 시트 및 부극 시트의 표면을 펀칭하지 않은 것이다.

[0182] 비교예 2~3

[0183] 수계 정극 시트의 제조, 부극 시트의 제조, 세퍼레이터, 전해액의 제조, 이차 전지의 제조 과정은 실시예 1과 기본적으로 동일하며, 차이점은 비교예 2는 부극 시트의 표면을 펀칭하지 않았으며, 비교예 3은 수계 정극 시트의 표면을 펀칭하지 않은 것이다.

[0184] **시험 부분**

[0185] (1) 전극 어셈블리의 전해액 함침 성능 시험

[0186] 각 실시예 및 비교예에서 얻은 하전되지 않은 전지를 상이한 시간 동안 정치한 후 첫회 충전 시험을 수행한다. 첫회 충전하는 전류를 0.1C(51.2A)로 설정하고, 충전 차단 전압을 3.65V로 설정한다. 충전 완료 후 건조실에서 전지를 분해하여 부극 시트의 대면적 영역에 리튬 침적 후의 회백색이 나타나는지 여부를 관찰하며, 표면에 흑색 영역이 노출되면 전해액 함침이 불충분하다는 것을 나타내고, 표면에 흑색 영역이 노출되지 않으면 전해액이 부극 시트에 완전히 함침되었다는 것을 나타내며, 전해액이 부극 시트에 완전히 함침되기까지 소요되는 최단 시간을 기록한다. 시험시, 30분씩 증가한 함침 시간에 따라 그룹을 설정하고, 각 그룹에서 3개의 전극 어셈블리를 분해하여 판단하되, 3개의 전극 어셈블리가 동시에 전해액이 부극 시트에 완전히 함침되는데 필요한 최단 시간을 전극 어셈블리의 전해액 함침 시간 T_1로 한다.

[0187] (2) 이차 전지의 건조 성능 시험

[0188] 각 실시예 및 비교예에서 얻은 전지를 케이스에 넣은 후 액체를 주입하지 않은 상태에서 진공 오븐에 넣어 건조 성능 시험을 수행한다. 오븐 온도는 105℃로 설정하고, 매 1시간마다 꺼내어 전지의 함수량을 측정한다. 전지의 함수량이 200ppm(질량 농도)보다 낮을 때 건조된 것으로 간주하고, 건조 시간 T_2를 기록한다.

[0189] (3) 이차 전지의 초기 용량 및 사이클 성능 시험

[0190] 전지 시험기를 사용하여 이차 전지에 대해 충방전 시험을 수행한다. 여기서, 충방전 전압은 2.5V~3.65V로 설정하고, 충방전 전류는 1C(512A)로 설정하며, 이차 전지의 첫회 사이클 후의 방전 용량 및 300회 사이클 후의 방전 용량을 판독한다.

[0191] 3개 이차 전지의 첫회 사이클 후의 방전 용량 평균치를 이차 전지의 초기 용량으로 한다.

[0192] 300회 사이클 후의 이차 전지의 용량 유지율=(300회 사이클 후 방전 용량/첫회 사이클 후 방전 용량)×100%.

[0193] (4) 이차 전지의 직류 저항 임피던스(DCR) 측정

[0194] 25℃에서, 이차 전지를 1/3C 정전류로 3.65V까지 충전하고, 다시 3.65V 정전압으로 전류가 0.05C로 될 때까지 충전하며, 5분간 정치한 후, 이때의 전압 V_1을 기록한다. 이차 전지를 1/3C 정전류로 30초간 방전하고, 이때의 전압 V_2를 기록하며, 첫회 사이클 후의 내부 저항을 $(V_2-V_1)/(1/3C)$로 나타낸다. 상기 단계를 반복하는 동시에 300회 사이클 후의 이차 전지의 내부 저항을 기록한다.

[0195] 각 실시예와 비교예의 매개변수는 표 1에 나타낸 바와 같으며, 측정 결과는 표 2에 나타낸 바와 같다.

표 1

번호	수계 정극 시트							부극 시트							A/B	B/Bss
	d1 (μm)	L1 (mm)	Sfs2/Sf1	Hfs2/Hf1	C1 (g/cc)	D1 (μm)	(Sfs2×Hfs2×D1)/(Sf1×C1×Hf1)	ds (μm)	Ls (mm)	Sss/Sst	Hss/Hst	Cs (g/cc)	Ds (μm)	(Sss×Hss×Ds)/(Sst×Cs×Hst)		
실시예 1	50	2	0,049063%	1	2,5	1,0	0,019625%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,038	46%
실시예 2	100	2	0,196250%	1	2,5	1,0	0,078500%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,15	50%
실시예 3	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,34	68%
실시예 4	200	2	0,785000%	1	2,5	1,0	0,314000%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,60	67%
실시예 5	150	1	1,766250%	1	2,5	1,0	0,706500%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	1,4	72%
실시예 6	150	4	0,110391%	1	2,5	1,0	0,044156%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,08	34%
실시예 7	150	10	0,017663%	1	2,5	1,0	0,007065%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,01	23%
실시예 8	150	2	0,441563%	0,3	2,5	1,0	0,052988%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,10	68%
실시예 9	150	2	0,441563%	0,6	2,5	1,0	0,105975%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,20	68%
실시예 10	150	2	0,441563%	1	2,3	1,0	0,191984%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,37	68%
실시예 11	150	2	0,441563%	1	2,7	1,0	0,163542%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,31	68%
실시예 12	150	2	0,441563%	1	2,5	0,7	0,123638%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,24	68%
실시예 13	150	2	0,441563%	1	2,5	1,3	0,229613%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,44	68%
실시예 14	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	1	4	0,000009%	1	1,6	17,0	0,000052%	3388	83%
실시예 15	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	10	4	0,000491%	1	1,6	17,0	0,005213%	34	75%
실시예 16	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	50	4	0,012266%	1	1,6	17,0	0,130322%	1,36	67%
실시예 17	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	200	4	0,196250%	1	1,6	17,0	2,085156%	0,08	46%
실시예 18	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	6	0,021808%	1	1,6	17,0	0,231684%	0,76	54%
실시예 19	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	8	0,012266%	1	1,6	17,0	0,130322%	1,4	77%
실시예 20	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	4	0,049063%	0,3	1,6	17,0	0,156387%	1,1	68%
실시예 21	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	4	0,049063%	0,6	1,6	17,0	0,312773%	0,56	68%
실시예 22	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	4	0,049063%	1	1,4	17,0	0,595759%	0,30	68%
실시예 23	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	4	0,049063%	1	1,8	17,0	0,463368%	0,38	68%
실시예 24	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	4	0,049063%	1	1,6	15,0	0,459961%	0,38	68%
실시예 25	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	4	0,049063%	1	1,6	19,0	0,582617%	0,30	68%
비교예 1	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\
비교예 2	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	\	\	\	\	\	\	\	\	\
비교예 3	\	\	\	\	\	\	\	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	\	\
비교예 4	0,3	2	0,000002%	1	2,5	1,0	0,000001%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,000001	1%
비교예 5	1	2	0,000020%	1	2,5	1,0	0,000008%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	0,000015	4%
비교예 6	500	2	4,906250%	1	2,5	1,0	1,962500%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	3,8	87%
비교예 7	150	0,5	7,065000%	1	2,5	1,0	2,826000%	100	4	0,049063%	1	1,6	17,0	0,521289%	5,4	92%
비교예 8	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	1	0,785%	1	1,6	17,0	8,340625%	0,02	36%
비교예 9	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	400	4	0,785%	1	1,6	17,0	8,340625%	0,02	29%
비교예 10	150	2	0,441563%	1	2,5	1,0	0,176625%	100	0,5	3,14%	1	1,6	17,0	33,3625%	0,005	19%

비고: A는 $(S_{s2}\times H_{s2}\times D_1)/(S_{s1}\times C_1\times H_{s1})$을 나타내고, B는 $(S_{ss}\times H_{ss}\times D_s)/(S_{s1}\times C_s\times H_{s1})$을 나타낸다.

[0196]

표 2

[0197]

번호	전해액 완전 함침 시간 T_1(h)	건조 시간 T_2(h)	전지 초기 용량(Ah)	300회 사이클 후의 전지 용량 유지율	300회 사이클 후의 전지 내부 저항(Ω)
실시예 1	43	45	177.4	77.30%	1.61
실시예 2	22	18	177.3	79.30%	1.54
실시예 3	15	14	177.3	86.60%	1.48
실시예 4	11	13	176.6	86.70%	1.46
실시예 5	10	13	176.1	86.80%	1.46
실시예 6	34	28	177.4	78.60%	1.56
실시예 7	54	57	177.5	76.50%	1.62
실시예 8	25	22	177.3	79.10%	1.57
실시예 9	20	16	177.3	79.50%	1.54
실시예 10	16	15	177.3	86.40%	1.50
실시예 11	15	15	177.3	85.40%	1.52
실시예 12	19	16	177.3	81.70%	1.53
실시예 13	13	13	177.1	87.00%	1.45
실시예 14	76	71	177.7	74.30%	1.81
실시예 15	56	60	177.0	75.50%	1.69
실시예 16	38	42	177.4	77.70%	1.59
실시예 17	10	13	176.1	86.80%	1.46
실시예 18	22	18	177.3	79.30%	1.54
실시예 19	38	38	177.4	77.70%	1.59
실시예 20	30	42	177.3	75.90%	1.66
실시예 21	17	15	177.0	77.70%	1.59
실시예 22	20	16	177.3	85.40%	1.52
실시예 23	12	13	177.3	87.00%	1.45
실시예 24	19	16	177.3	86.30%	1.49
실시예 25	14	13	177.3	86.80%	1.46
비교예 1	>120 (미완전 함침)	>120	134.6	71.90%	5.39
비교예 2	>120 (미완전 함침)	>120	142.9	74.30%	3.68
비교예 3	>120 (미완전 함침)	>120	139.8	72.00%	3.74
비교예 4	107	109	177.7	71.90%	1.96
비교예 5	95	97	177.7	72.00%	1.87
비교예 6	9	12	175.2	87.00%	1.45
비교예 7	8	10	174.3	87.20%	1.44
비교예 8	8	10	174.3	87.20%	1.44
비교예 9	8	10	174.3	87.20%	1.44
비교예 10	5	9	174.0	87.70%	1.42

[0198] 표 1 및 표 2로부터 알 수 있다싶이, 실시예 1~25의 전극 어셈블리에서, 수계 정극 시트 및 부극 시트는 본 출원에서 한정한 조건을 만족시키며, 이차 전지가 높은 초기 용량, 높은 전해액 함침 속도 및 높은 건조율을 갖도록 하는 동시에 높은 사이클 용량 유지율 및 낮은 내부 저항을 갖도록 할 수도 있다.

[0199] 비교예 1~3에서, 수계 정극 시트 및/또는 부극 시트의 표면에는 미세공이 배치되어 있지 않아 전극 어셈블리의 전해액 함침 속도 및 건조 속도는 매우 작으며, 전극 어셈블리 내에는 많은 수분이 잔류되기 쉽다. 따라서, 해당 전극 어셈블리를 적용한 이차 전지의 내부 저항은 비교적 높고 사이클 성능이 떨어진다. 비교예 4~5에서, 수계 정극 시트 및 부극 시트의 표면에는 모두 미세공이 배치되어 있으나, 제조된 수계 정극 시트에서 $(S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11})$은 0.001%보다 작으며, 이때, 전극 어셈블리의 전해액 함침 속도와 건조 속도는 비교예 1~3에 비해 약간 증가하나 개선 효과는 명확하지 않고, 나아가 이차 전지의 사이클 성능에 대한 개선 효과도 명확하지 않다. 비교예 6~7에서, 수계 정극 시트 및 부극 시트의 표면에는 모두 미세공이 배치되어 있으나, 제조된 수계 정극 시트에서 $(S_{12} X H_{12} X D_1)/(S_{11} X C_1 X H_{11})$은 1%보다 크므로, 이차 전지의 에저지 밀도는 현저히 감소한다. 비교예 8~10에서, 수계 정극 시트 및 부극 시트의 표면에는 모두 미세공이 배치되어 있으나, 제조된 부극 시트에서 $(S_{22} X H_{22} X D_2)/(S_{21} X C_2 X H_{21})$은 2.5%보다 크므로, 이차 전지의 에저지 밀도는 현저히 감소한다.

[0200] 설명해야 할 점은, 본 출원은 상술한 실시형태에 한정되지 않는다. 상술한 실시형태는 예시일 뿐이며, 본 출원의 기술적 해결 수단의 범위 내에서 기술적 사상과 동일한 구성을 갖고 동일한 작용 및 효과를 발휘하는 실시형태는 모두 본 출원의 기술적 범위에 포함된다. 또한, 본 출원의 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 당업자가 생각해낼 수 있는 다양한 변형을 실시형태에 가할 수 있고, 실시형태 중의 일부 구성 요소를 조합하여 구성된 다른 형태도 본 출원의 범위 내에 포함된다.

부호의 설명

[0201] 도면 부호의 설명은 다음과 같다

101: 정극 집전체

102: 정극 필름층

1: 전지 팩

2: 상부 박스체

3: 하부 박스체

4: 전지 모듈

5: 이차 전지

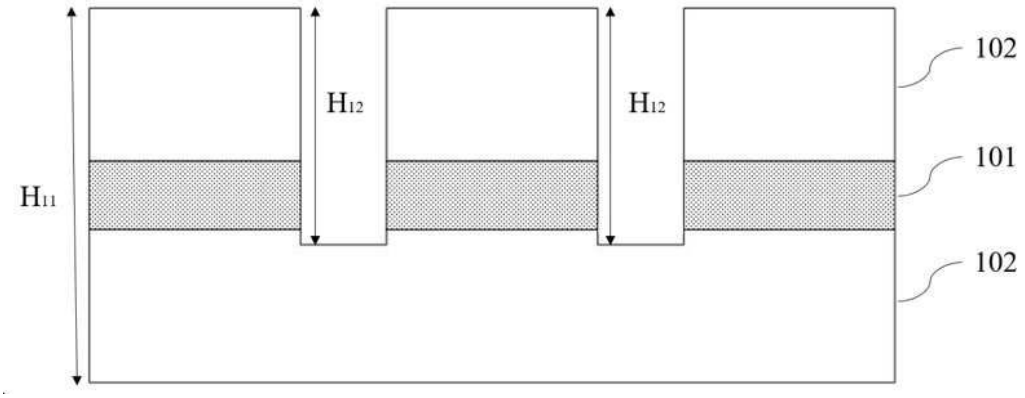
51: 케이스

52: 전극 어셈블리

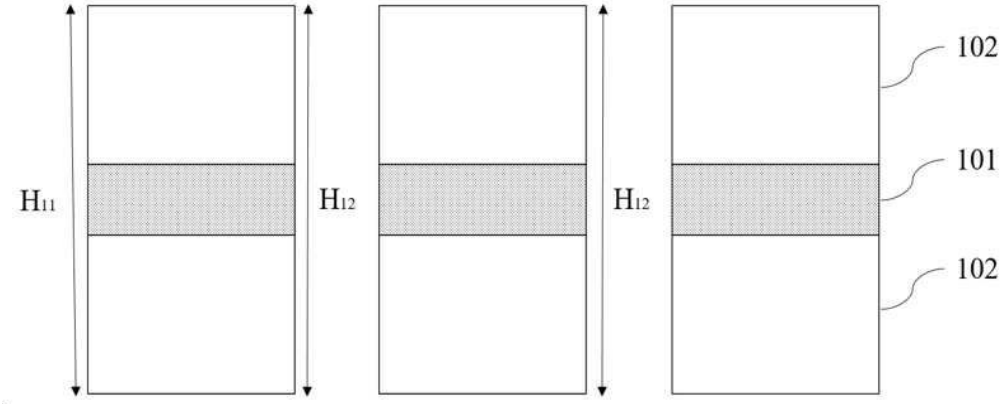
53: 커버 플레이트

도면

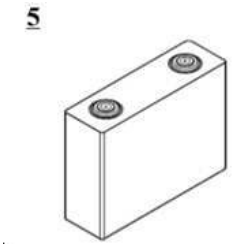
도면1



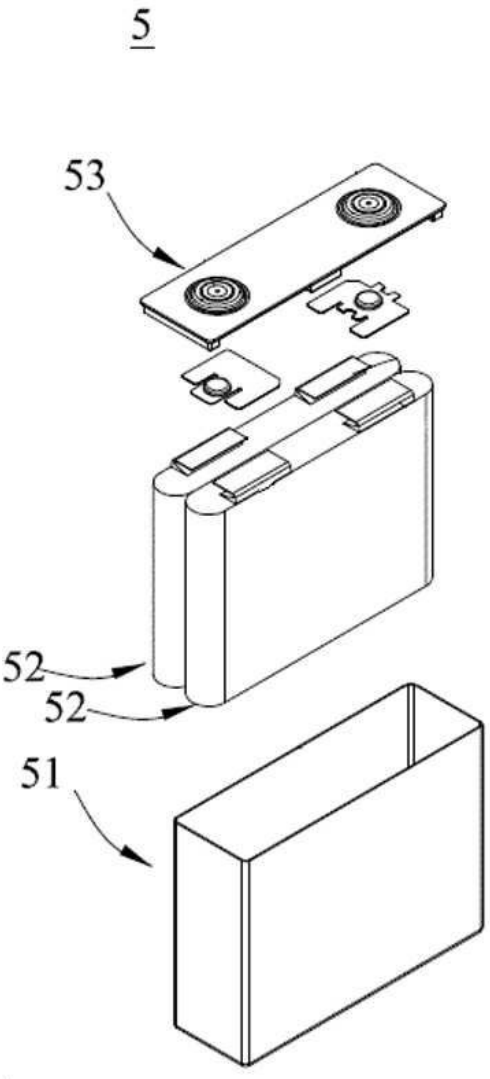
도면2



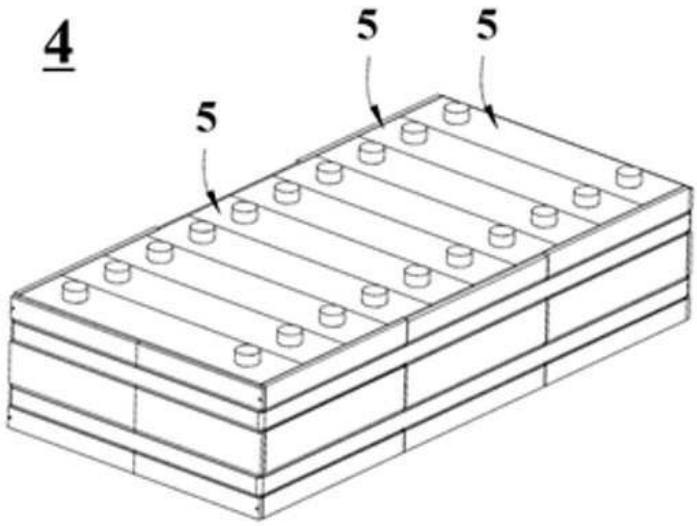
도면3



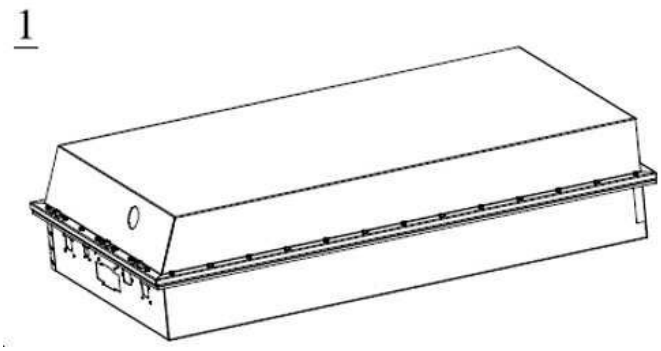
도면4



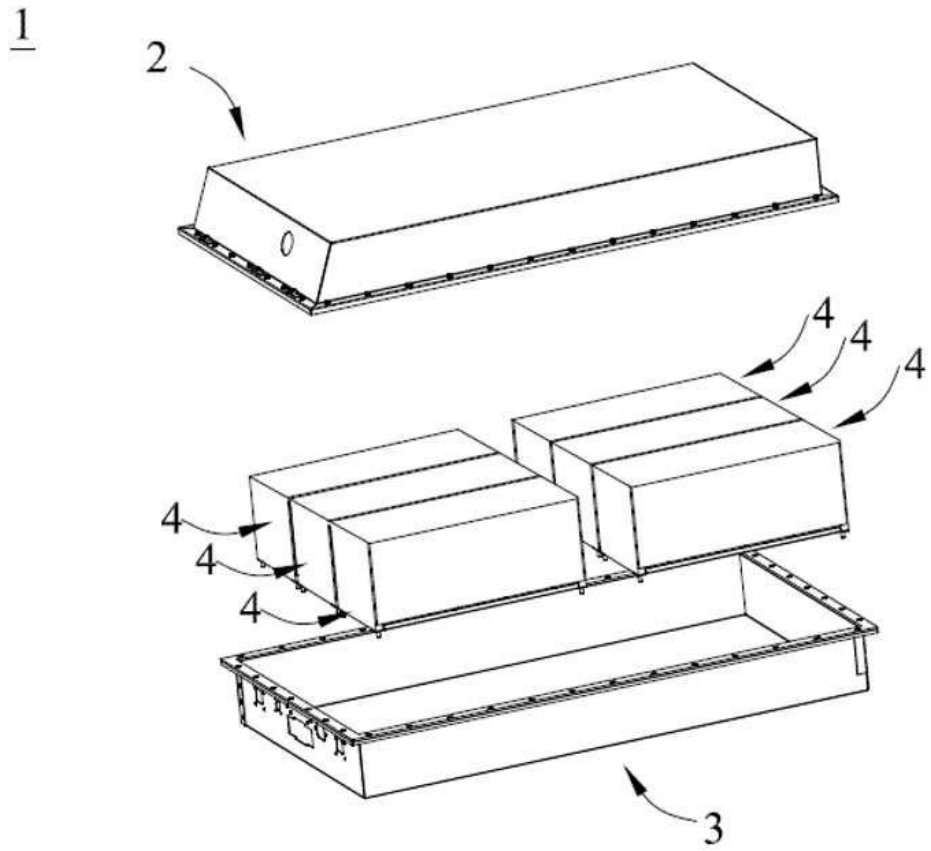
도면5



도면6



도면7



도면8

