(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0112126
(43) 공개일자 2024년07월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/13 (2010.01) *H01M 10/052* (2010.01)
H01M 10/0562 (2010.01) *H01M 12/08* (2015.01)
H01M 4/02 (2006.01) *H01M 4/66* (2006.01)
H01M 50/46 (2021.01)
(52) CPC특허분류
H01M 4/13 (2013.01)
H01M 10/052 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0004319
(22) 출원일자 2023년01월11일
심사청구일자 2023년01월11일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김영식
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
정영재
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인지원

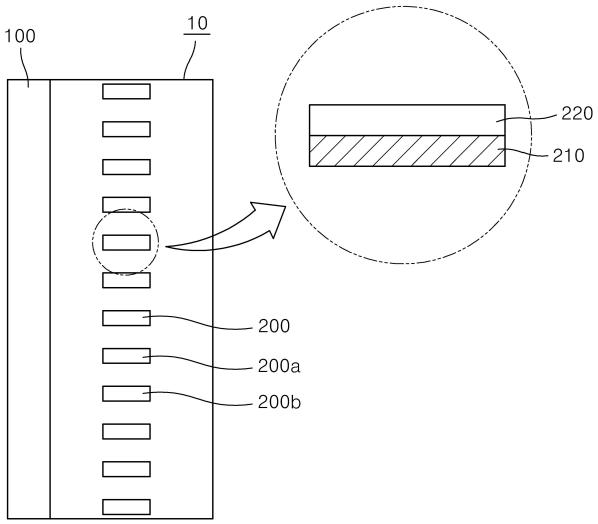
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **수직 방향의 활성층을 갖는 전극 구조체**

(57) 요 약

본 발명은 전극 구조체에 관한 것으로, 보다 상세하게는 분리막, 이온교환막 또는 고체전해질이 적용되는 전지(battery)에 있어서, 단위 면적 당 용량을 증가시킬 수 있는 효과가 있다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
H01M 10/0562 (2013.01)
H01M 12/08 (2019.01)
H01M 4/661 (2013.01)
H01M 50/46 (2021.01)
H01M 2004/025 (2013.01)
H01M 2300/0068 (2013.01)

(72) 발명자
이왕근
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
이세영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
김도완
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415180606
과제번호	20215610100040
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	해수이차전지대용량모듈화및MW급ESS기술개발
연구과제명	해수이차전지 20Wh 이상급 단위 셀 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	주식회사 포투원
연구기간	2022.02.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

양극과 음극을 분리시키는 면상 부재(planar member); 및

상기 면상 부재의 일 면에 대하여 활성층 면이 수직으로 배치되는 전극을 포함하는,

전극 구조체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 면상 부재는 고체전해질인 것인,

전극 구조체.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 고체전해질은 LISICON 또는 NASICON인 것인,

전극 구조체.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전극은 길이부재로서,

상기 길이부재는 상기 활성층 면이 상기 면상 부재의 일면에 대하여 수직으로 배치되도록 구조적 형상을 갖는 것인,

전극 구조체.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 전극은 집전체 상의 일면 또는 양면에 상기 활성층이 형성된 것인,

전극 구조체.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 전극은 상기 길이부재의 나선형(spiral) 형태 또는 지그재그(zig-zag) 형태인 것인,

전극 구조체.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 집전체는 구리 또는 알루미늄 인 것인,

전극 구조체.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 활성층은 흑연(graphite), 하드카본, 인(phosphorus), 주석(tin) 또는 안티몬(antimony)인 것인,

전극 구조체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전지(battery)의 전극 구조체에 관한 것으로, 보다 상세하게는 분리막(separator), 이온교환막 또는 고체전해질 등이 적용된 전지에서의 음극 구조체에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 해수전지의 해수 양극 혹은 metal-air 전지의 산소 양극과 같이 한쪽의 전극이 충분한 용량을 가지고 있는 경우, 나머지 반대쪽의 전극의 용량에 의해 전체 전지 용량이 결정되게 된다. 이러한 시스템들에서는 고체전해질 혹은 membrane을 활용하여 특정 두께를 가지는 분리된 전극 구조를 필요로 하며, 이는 기존 리튬이온전지에서 상용화된 젤리롤 전극과 같은 구조의 전극을 활용할 수 없으므로, 한쪽 전극 자체로 높은 용량을 구현할 수 있는 구조가 필요하다.

[0004] 기존의 높은 면적당 용량을 얻기 위한 전극의 구조는 활물질의 로딩 수준(loading level)을 높이거나, 전극을 지지체에 두껍게 적층하여 제작할 수 있으나, 두꺼워진 전극 구조에 따라 전극 내의 낮은 이온 diffusion 및 낮은 전자전도도로 인하여 용량 발현율이 낮게 나타나고 있다. 또한, 전극의 면적당 용량을 증가시키기 위해 여러 가지 연구들이 개발되고 있지만 ~20mAh/cm^2 이상의 높은 면적 당 용량을 달성하는 경우는 발견하기 어려우며, 전극의 두께를 활용하지 못하고 제작 시의 어려움도 동반한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허공보 제2022-0136147호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 두꺼운 전극에도 효율적인 이온 및 전자의 이동을 통해 용량 발현율을 증가시킬 수 있도록 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 형태에 따른 전극 구조체는 양극과 음극을 분리시키는 면상 부재(planar member); 및 상기 면상 부재의 일 면에 대하여 활성층 면이 수직으로 배치되는 전극을 포함한다.

[0010] 상기 면상 부재는 고체전해질일 수 있다.

[0011] 상기 고체전해질은 LISICON 또는 NASICON일 수 있다.

[0012] 상기 전극은 길이부재로서, 상기 길이부재는 상기 활성층 면이 상기 면상 부재의 일면에 대하여 수직으로 배치되도록 구조적 형상을 갖는 것일 수 있다.

[0013] 상기 전극은 집전체 상의 일면 또는 양면에 상기 활성층이 형성된 것일 수 있다.

[0014] 상기 전극은 상기 길이부재의 나선형(spiral) 형태 또는 지그재그(zig-zag) 형태인 것일 수 있다.

[0015] 상기 집전체는 구리 또는 알루미늄인 것일 수 있다.

[0016] 상기 활성층은 흑연(graphite), 하드카본, 인(phosphorus), 주석(tin) 또는 안티몬(antimony)인 것일 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명은 분리막, 이온교환막 또는 고체전해질이 적용되는 전지(battery)에 있어서, 단위 면적 당 용량을 증가시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 일 단면을 도시한 것이다.

도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체를 전지에서 음극(anode)로서 적용한 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 전극의 길이단면을 도시한 것이다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 실시예를 도시한 것이다.

도 4a는 도 3a에 도시된 전극 구조체에서 면상 부재 방향 면으로의 전극의 정면도를 도시한 것이다.

도 4b는 도 3b에 도시된 전극 구조체에서 면상 부재 방향 면으로의 전극의 정면도를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 전극의 정면도를 도시한 것이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체를 적용한 Na metal half-cell의 구성도를 도시한 것이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 전극 넓이에 따른 용량 발현 결과데이터를 도시한 것이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 전극 길이에 따른 용량 발현 결과데이터를 도시한 것이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 활성층 로딩양에 따른 용량 발현 결과데이터를 도시한 것이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 전극 형태에 따른 용량 발현 결과데이터를 도시한 것이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체를 이용하여 제작한 전극셀의 구성도를 도시한 것이다.

도 12는 본 발의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 해수전지 full-cell에서의 수명 테스트 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는

실시예에 한정되지 않는다.

[0023] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체(10)의 일 단면을 도시한 것이다.

[0025] 도 1a을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체(10)는 면상 부재(100); 및 전극(200)을 포함하며, 보다 구체적으로는 면상 부재(100); 및 고체전해질(100)의 일 면에 대하여 활성층(220) 면이 수직으로 배치되는 전극(200)을 포함한다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 전지는 분리막(separator), 이온교환막(ion-exchange membrane) 또는 고체전해질에 의하여 양극과 음극으로 구분된 전극 구역을 가지는 리튬이온배터리(LIB), 전고체 전지, Li-air 배터리, Na-air 배터리, 해수전지, 담수화 전지 등일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0028] 면상 부재(100)는 전지에 있어서, 전극의 양극과 음극을 분리시키는 것으로서, 면상 부재(100)는 소정의 면적을 갖는 평면(planar)의 부재일 수 있으며, 전극의 양극과 음극을 물리적으로 이격시키는 것일 수 있다.

[0029] 면상 부재(100)는 분리막(separator), 이온교환막(ion-exchange membrane) 또는 고체전해질일 수 있으며, 전극의 양극과 음극을 물리적으로 분리하는 부재를 모두 이에 해당될 수 있다.

[0030] 상기 고체전해질은 양이온교환막일 수 있으며, 상기 양이온교환막은 리튬(Li) 이온교환막 또는 나트륨(Na) 이온교환막일 수 있다. 보다 구체적으로 상기 고체전해질은 LISICON($Li_{2+2x}Zn_{1-x}GeO_4$, $0<x<1$) 또는 NASICON($Na_{1+x}Zr_2Si_xP_{3-x}O_{12}$, $0<x<3$)일 수 있다.

[0032] 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체(10)를 전지에서 음극(anode)로서 적용한 모식도이다.

[0033] 도 1b는 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체(10)는 음극 구조체일 수 있으며, 면상 부재(100); 전극(200); 및 반대 전극(300)을 포함하며, 상기 전극(200)은 음극(anode)이며, 상기 반대 전극(300)은 양극(cathode)일 수 있다.

[0035] 도 1a 및 도 1b은 전극 구조체(10)에 전극(200)을 구성하는 단위 전극(200a, 200b)이 수직으로 적층되는 것이 아닌 후술되는 길이부재의 전극(200)이 나선형 또는 지그재그형으로 구성됨에 따른 전극(200)의 단면을 도시한 것이며, 전극(200)은 단위 전극(200a, 200b)들이 모두 단일의 구성체로서 연속되어 있는 것이다(후술되는 도 2 내지 도 4b 참조).

[0037] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체(10)의 전극(200)의 길이단면을 도시한 것이다.

[0038] 도 2를 참조하면, 전극(200)은 길이부재일 수 있으며, 전극(200)은 길이부재의 집전체(210) 상의 일면(도 2의 (a)) 또는 양면(도 2의 (b))에 대하여 활성층(220, 220a, 220b)이 형성된 것일 수 있다.

[0039] 도 1a의 삽도(inset) 및 도 2를 참조하면, 전극(200)은 길이부재로서, 상기 길이부재는 활성층(220, 220a, 220b) 면이 면상 부재(100)의 일면에 대하여 수직으로 배치되도록 구조적 형상을 갖는 것일 수 있다. 보다 구체적으로, 면상 부재(100)의 일면에 대하여 전극(200)의 활성층(220) 면이 평행하게 배치되는 것이 아닌 직교의 방향으로 배치되는 것으로서, 결과적으로 면상 부재(100)의 일면에 대하여 전극(200)의 활성층(220) 면이 수직으로 배치되는 구조를 갖는 것일 수 있다.

[0041] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체의 실시예를 도시한 것으로, 도 3a는 나선형(spiral) 형상의 전극을 갖는 전극 구조체를 도시한 것이며, 도 3b는 지그재그 형상의 전극을 갖는 전극 구조체를 도시한 것이다. 도 4a는 도 3a에 도시된 전극 구조체에서 면상 부재(100) 방향 면으로의 전극(200)의 정면도를 도시한 것이며, 도 4b는 도 3b에 도시된 전극 구조체에서 면상 부재(100) 방향 면으로의 전극(200)의 정면도를 도시한

것이다.

[0043] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 전극(200)은 나선형(spiral) 형상(도 3a) 또는 지그재그(zig-zag) 형상(도 3b)일 수 있으며, 보다 구체적으로, 상기 길이부재로부터 나선형(spiral) 형상으로 전극(200)을 구성하거나, 상기 길이부재로부터 지그재그(zig-zag) 형상으로 전극(200)을 구성하는 것을 수 있다.

[0044] 보다 구체적으로, 도 4a를 참조하면, 전극(200)은 나선형(spiral) 형상(도 3a)을 갖는 것일 수 있으며, 길이부재의 전극(200)의 나선형 형상의 전극(200)으로 구성함으로써, 전극 구조체(10)에서 전극(200)의 활성층(220) 면이 면상 부재(100)의 일 면에 대하여 수직으로 배치되도록 하는 것일 수 있다. 도 3a 및 도 4a에서의 나선형 형상을 갖는 전극(200)은 단위 전극(200a, 200b)들이 단일의 길이부재로서 연속되는 것이며, 보다 구체적으로, 일 단위 전극(200a)과 타 단위 전극(200b)은 단일의 길이부재에 따른 단일의 전극(200)인 것이며, 전극(200)이 일 단위 전극(200a)과 타 단위 전극(200b)은 소정의 간격으로 이격되도록 나선형 형상을 갖는 것일 수 있다. 이때, 일 단위 전극(200a)과 타 단위 전극(200b) 사이의 간격은 길이부재의 전극(200)의 총길이(L, 도 5 참조), 전극(200)을 나선형 형상으로 구성하였을 때의 전체 지름(Φ) 및 나선형 형상의 전극(200)에서 형성된 단위 전극(200a, 200b)의 개수를 통하여 계산되는 것일 수 있다.

[0045] 또한, 보다 구체적으로, 도 4b를 참조하면, 전극(200)은 지그재그(zig-zag) 형상(도 3b)을 갖는 것일 수 있으며, 길이부재의 전극(200)의 지그재그 형상의 전극(200)으로 구성함으로써, 전극 구조체(10)에서 전극(200)의 활성층(220) 면이 면상 부재(100)의 일 면에 대하여 수직으로 배치되도록 하는 것일 수 있다. 도 4a 및 도 4a에서의 지그재그 형상을 갖는 전극(200)은 단위 전극(200a, 200b)들이 단일의 길이부재로서 연속되는 것이며, 보다 구체적으로, 일 단위 전극(200a)과 타 단위 전극(200b)은 단일의 길이부재에 따른 단일의 전극(200)인 것이며, 전극(200)이 일 단위 전극(200a)과 타 단위 전극(200b)은 소정의 간격으로 이격되도록 지그재그 형상을 갖는 것일 수 있다. 이때, 일 단위 전극(200a)과 타 단위 전극(200b) 사이의 간격은 길이부재의 전극(200)의 총길이(L, 도 5 참조), 전극(200)을 지그재그 형상으로 구성하였을 때의 단위 전극(200a, 200b)이 형성된 방향으로의 전극(200)의 총 높이(H) 및 지그재그형 형상의 전극(200)에서 형성된 단위 전극(200a, 200b)의 개수를 통하여 계산되는 것일 수 있다.

[0047] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체(10)의 전극(200)의 정면도를 도시한 것이다.

[0048] 도 5를 참조하면, 전극(200)은 길이부재로서, 소정의 길이(L)와 소정의 넓이(W)를 갖는 것일 수 있으며, 길이(L)는 12 내지 60 cm일 수 있으며, 넓이(W)는 2 내지 4 mm일 수 있다.

[0049] 집전체(210)는 길이부재의 전극 기재일 수 있으며, 집전체(210)는 구리 또는 알루미늄일 수 있다.

[0050] 전극(200)은 음극(anode)인 것일 수 있으며, 활성층(220)은 음극활물질로서 흑연(graphite), 하드카본, 인(phosphorus), 주석(tin) 또는 안티몬(antimony)일 수 있다.

[0052] 본 발명은 이하의 실시예를 통하여 보다 상세히 설명한다. 이하의 실시예는 본 발명을 일 례로서, 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니다.

[0054] **제조예. 길이부재 전극(음극)의 제조**

[0055] 본 발명에서의 전극(200)을 제조함에 있어, 하기 표 1의 길이 및 넓이를 갖는 길이부재의 집전체(전극기재)로서 구리(Cu foil)를 이용하여, 집전체의 일면 또는 양면에 활성층의 주요 물질로 하드카본(mPAC Hard carbon, 애경유화, d50 particle size 8 μm)을 이용하였으며, 활성층의 조성으로 하드카본 분말(powder) : PVDF(Polyvinylidene fluoride) : Super P(Carbon black)를 90 wt% : 9 wt% : 1 wt%의 혼합비로 구성한 활성층 혼합물 100g 준비한 후, 준비된 활성층 혼합물에 NMP(N-Methyl-2-pyrrolidone) 용매 100g을 첨가하여 슬러리의 형태로 활성층을 제작한 후 7 mg/cm^{2}의 loading level로 집전체의 일면 또는 양면에 코팅하였으며, 코팅 후 80 ℃에서 12 시간(hr) 건조하여 NMP 용매를 모두 증발시킨 후, 코팅된 활성층을 롤 프레스기를 이용하여 50 내지 100 ㎛의 두께로 압착하여, 하기 표 1에 따른 길이부재의 전극(200)을 제조하였다.

표 1

[0056]

	길이(L)	넓이(W)	활성층 코팅면	하드카본 코팅량
제조예 1	12 cm	2 mm	일면(한쪽면)	18mg
제조예 2	12 cm	3 mm	일면(한쪽면)	27mg
제조예 3	12 cm	4 mm	일면(한쪽면)	36mg
제조예 4	36 cm	3 mm	일면(한쪽면)	81mg
제조예 5	12 cm	3 mm	양면	54mg
제조예 6	60 cm	3 mm	양면	270mg
제조예 7	140 cm	3 mm	양면	630mg

[0058] **실시예 1. 나선형(spiral) 전극 및 전극 구조체(음극 구조체)**

[0059] 도 3a 및 도 4a에서와 같은, 상기 제조예에서 제조된 길이부재의 전극을 나선형의 형태로 감아 지름 16 Φ(16 mm)의 나선형 전극(나선형 형태의 면적: 2.01 cm^2)을 제조하였으며, 고체전해질로서 나시콘(NASICON)을 이용하여, 전극의 활성층이 나시콘의 일 면에 대하여 수직으로 배향되도록 고체 전지의 전극 구조체(음극 구조체)를 적용하였다.

[0061] **실시예 2. 지그재그(zig-zag) 전극 및 전극 구조체(음극 구조체)**

[0062] 도 3b 및 도 4b에서와 같은, 상기 제조예에서 제조된 길이부재의 전극을 0.5cm/1cm/1.5cm//1cm/0.5cm 길이(단위 전극)로 지그재그 형식으로 접어 지그재그형 전극을 제조하였으며, 고체전해질로서 나시콘(NASICON)을 이용하여, 전극의 활성층이 나시콘의 일 면에 대하여 수직으로 배향되도록 전극 구조체(음극 구조체)를 적용하였다.

[0064] **준비예 1. Na 금속 반전지(Na Metal half-cell) 준비**

[0065] 상기 제조예 및 실시예 1, 실시예 2에 따라 제조된 전극 구조체를 도 6에 도시된 모식도에서와 같이 Na metal helf-cell(작동전극(WE): 제조예 및 실시예에 따른 나선형 전극 또는 지그재그형 전극, 기준전극(RE): Na metal, 상대전극(CE): 기준전극과 동일, 고체전해질: NASICON)을 구성하여, 하기의 실험예를 수행하였다. 도 6에서의 모식도는, 하부 셀 캡(Bottom), 스페이서(Spacer), 나선형 전극 또는 지그재그형 전극(200), 고체전해질(NASICON)(100), 세퍼레이터(separator), Na metal, 스페이서(Spacer), 스프링(Spring), 상부 셀 캡(Cell cap)으로 구성하였다.

[0067] **실험예 1. 전극의 넓이에 따른 용량 비교**

[0068] 상기 제조예 1 내지 3의 전극을 이용하여 제조된 실시예 1의 전극 구조체(나선형 전극)에 대하여 상기 준비예 1에서의 Na metal half-cell로 제작하여 용량 발현을 확인하였으며, 확인 결과를 도 7에 도시하였다. 도 7에서의 제조예 1의 전극은 "2mm", 제조예 2의 전극은 "3mm", 제조예 3의 전극은 "4mm"로 표시하였다.

[0069] 도 7의 (a)를 참조하면, 전극의 넓이가 증가할수록 총 하드카본 소재의 함유량이 늘어나고 그에 따라 면적 용량(areal capacity)이 증가함을 확인할 수 있다. 도 7의 (b)를 참조하면, 제조예 1 내지 3의 전극 모두 일반적인 하드카본의 비용량(Specific capapcity)인 250 mAh/g과 근접하게 발현됨을 확인할 수 있으며, 2 mm의 넓이의 전극(제조예 1)에서 3 mm(제조예 2), 4 mm(제조예 3)의 전극 대비 낮은 비용량이 발현되었다.

[0071] **실험예 2. 전극의 길이에 따른 용량 비교**

[0072] 제조예 2의 전극(길이: 12 cm) 및 제조예 4의 전극(길이: 36 cm)을 이용하여 제조된 실시예 1의 전극 구조체(나선형 전극)에 대하여 상기 준비예 1에서의 Na metal half-cell로 제작하여, 용량 발현을 확인하였으며, 확인 결

과를 도 8에 도시하였다. 도 8에서의 제조예 2의 전극은 "12cm", 제조예 4의 전극은 "36cm"로 표시하였다.

[0073] 도 8을 참조하면, 길이가 증가할수록 총 하드카본 소재의 함유량이 늘어나고 그에 따라 면적 용량(areal capacity)가 증가함을 확인할 수 있다.

[0075] **실험예 3. 활성층 로딩양(loading)에 따른 용량 비교**

[0076] 제조예 2의 전극(길이: 12 cm, 활성층 일면), 제조예 5의 전극(길이: 12 cm, 활성층 양면), 제조예 6의 전극(길이: 60 cm, 활성층 양면) 및 제조예 7의 전극(길이: 140 cm, 활성층 양면)을 이용하여 제조된 실시예 1의 전극 구조체(나선형 전극)에 대하여 상기 준비예 1에서의 Na metal half-cell로 제작하여, 용량 발현을 확인하였으며, 확인 결과를 도 9에 도시하였다. 도 9에서의 제조예 2의 전극은 "12cm", 제조예 5의 전극은 "Double side 12cm", 제조예 6의 전극은 "Double side 60cm", 제조예 7의 전극은 "Double side 140 cm"로 표시하였다.

[0077] 도 9를 참조하면, 전극의 길이가 길수록, 두께가 두꺼울수록 더 많은 면적 용량(areal capacity)이 발현되는 것을 확인하였으며, 제조예 6의 전극(활성층 양면) 을 통해 확인하였을 때 약 ~21mAh/cm^2의 면적 용량(areal capacity)을 발현하는 것을 확인할 수 있으며, 제조예 7의 전극(활성층 양면) 을 통해 확인하였을 때 약 ~66mAh/cm^2의 면적 용량(areal capacity)을 발현할 수 있는 것을 확인하였다.

[0079] **실험예 4. 전극 형태 별 전극 용량 발현 검증**

[0080] 상기 제조예 3에서의 전극을 이용하여 제조되는 실시예 2의 전극 구조체에 대하여 상기 준비예 1에서의 Na metal half-cell로 제작하여 비용량(specific capacitiy) 발현을 확인하였으며, 확인 결과를 도 10에 도시하였다. 도 10에서 대조군으로 비교예(실시예 2에서의 지그재그형 전극과 동일한 활성면적을 갖는 일반 원판형 전극)와 대비하였다.

[0081] 도 10을 참조하면, 지그재그 전극(실시예 2)를 적용한 음극 구조체에서도 용량 발현이 구현되는 것을 확인할 수 있다.

[0083] **실험예 5. 해수전지 full-cell 평가**

[0084] 상기 제조예 2에서의 전극을 이용하여 제조되는 실시예 1의 전극 구조체에 대하여 도 11에서와 같이 전극셀(하부 캡(Bottom), 스페이서(spacer), 나선형 전극(200), 고체전해질(100))을 제작하고, 실시예 1에서의 나선형 전극을 음극, NASICON을 고체전해질, 해수를 양극으로 구성된 해수전지 full-cell에 대하여 수명 테스트(사이클 횟수: 1st, 2nd, 10th, 20th)를 수행하였으며, 수행 결과를 도 12에 도시하였다.

[0085] 도 12를 참조하면, 20 사이클(20th) 이상 구동에도 용량 저하가 발현되지 않았다.

[0087] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

[0089] 10 : 전극 구조체

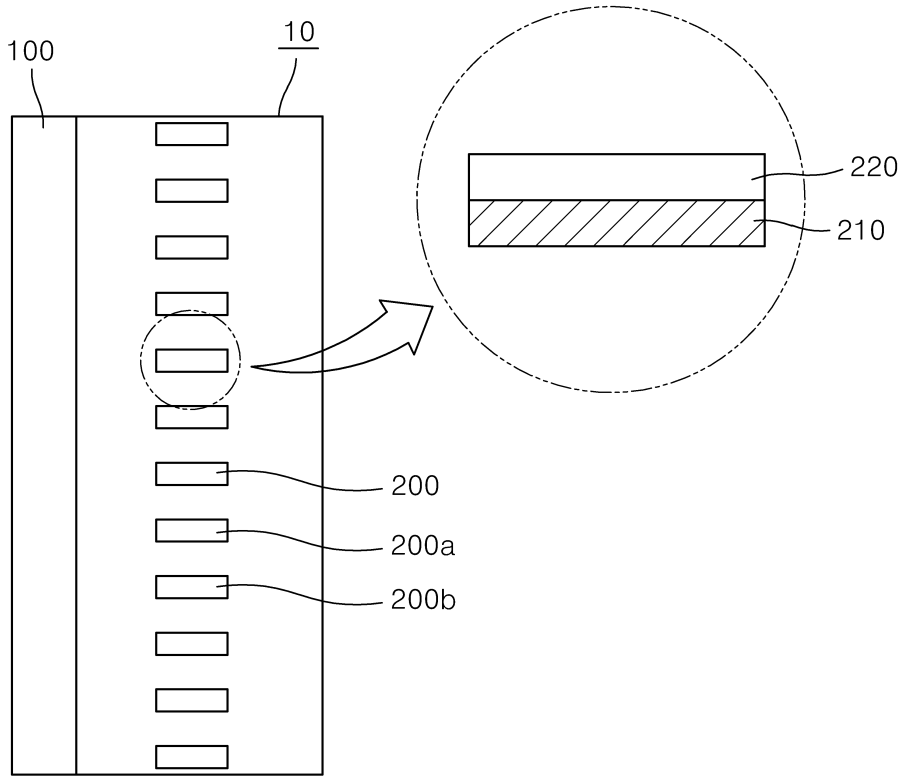
100 : 면상 부재

200 : 전극

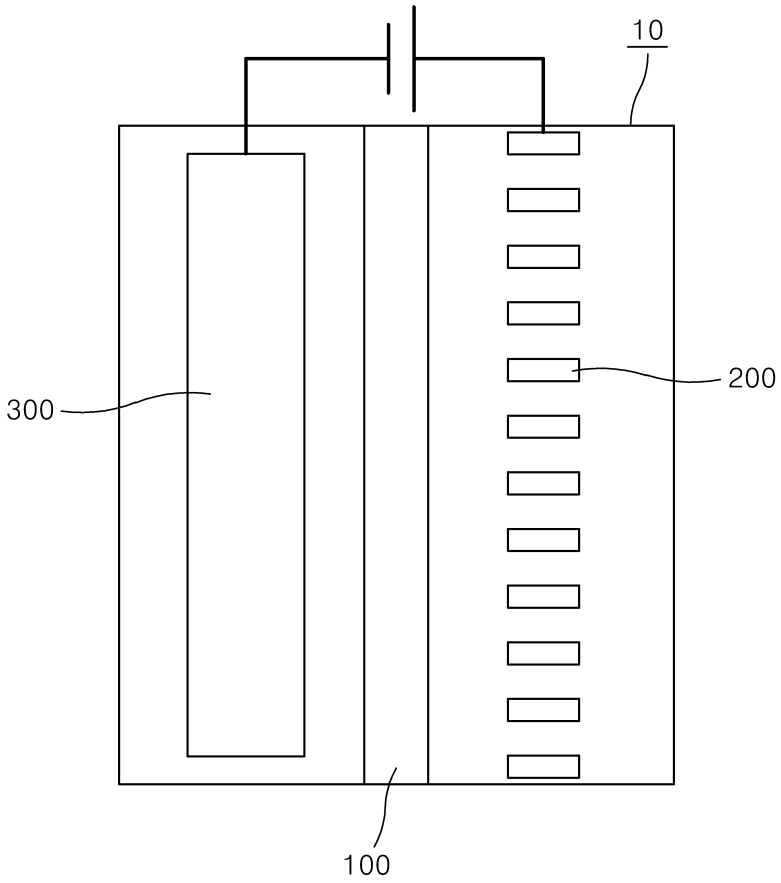
300 : 반대 전극

도면

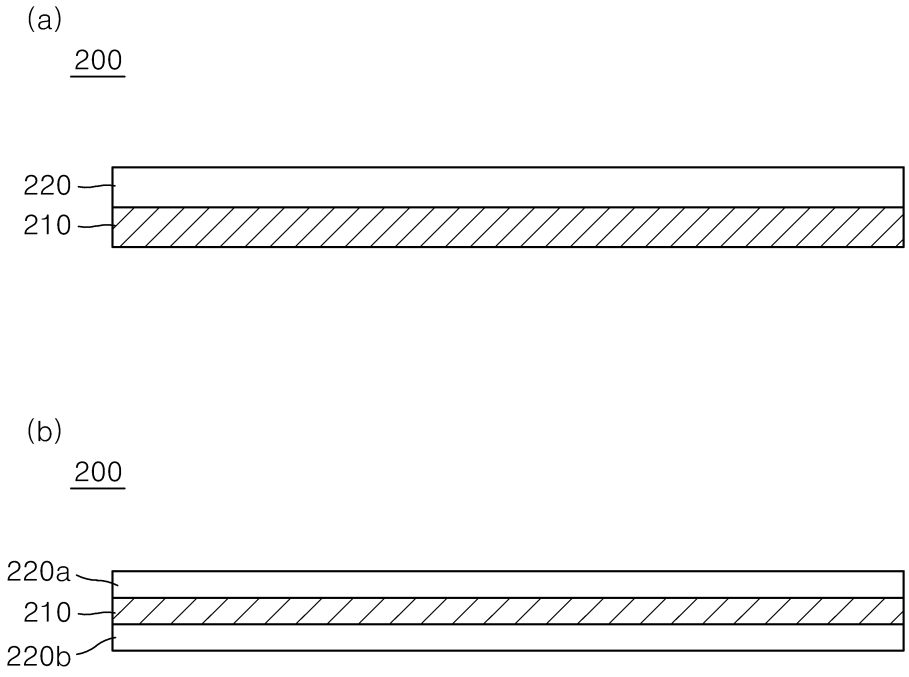
도면1a



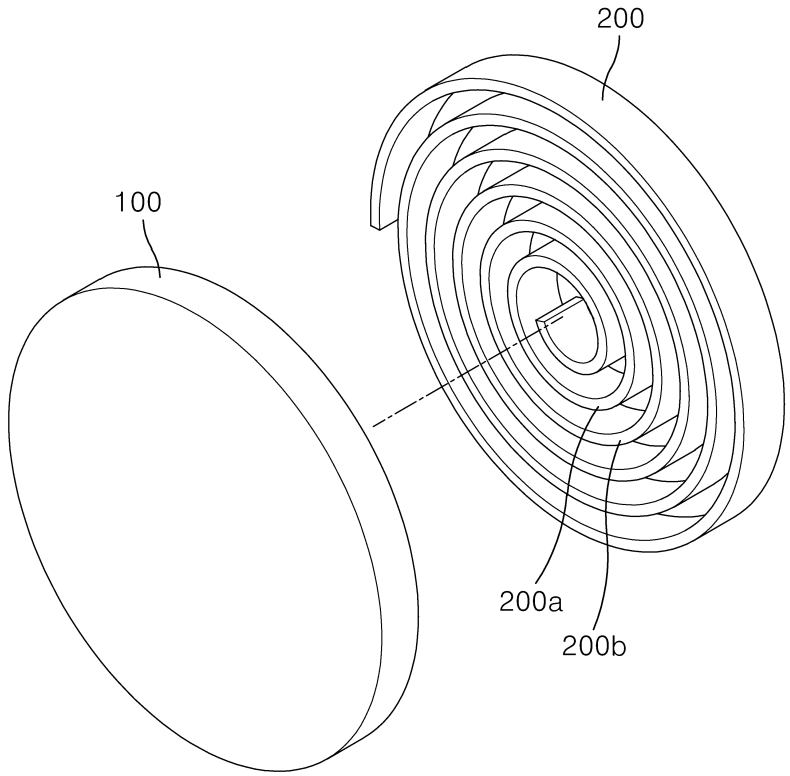
도면1b



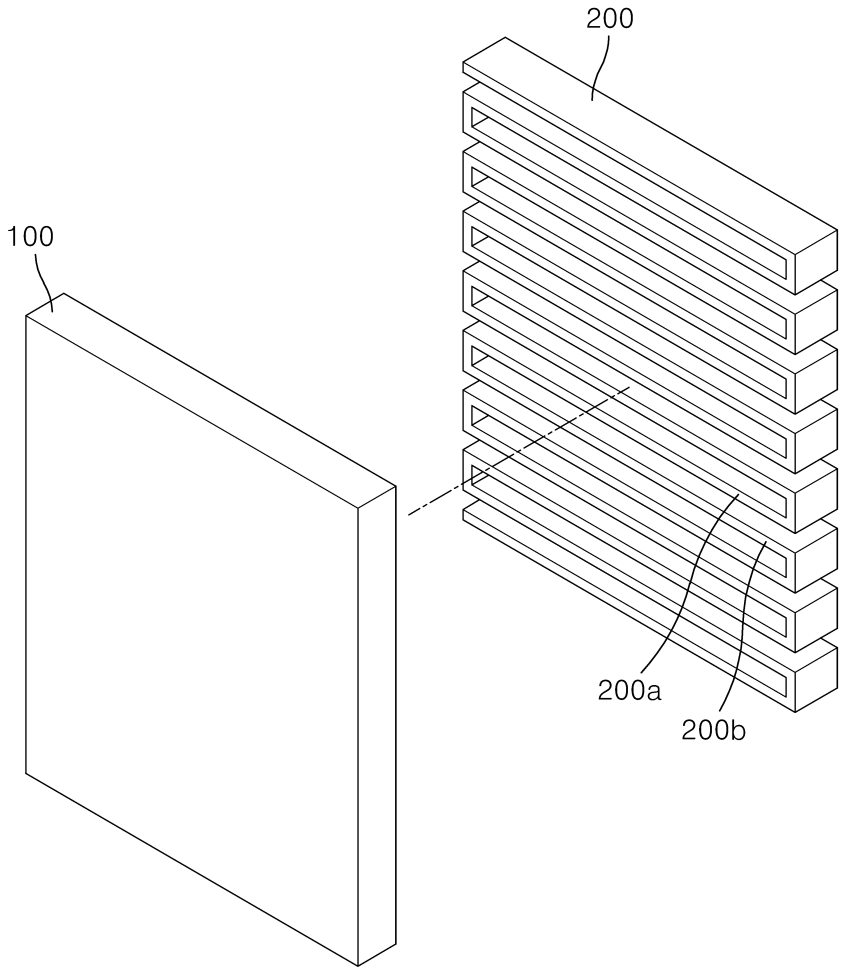
도면2



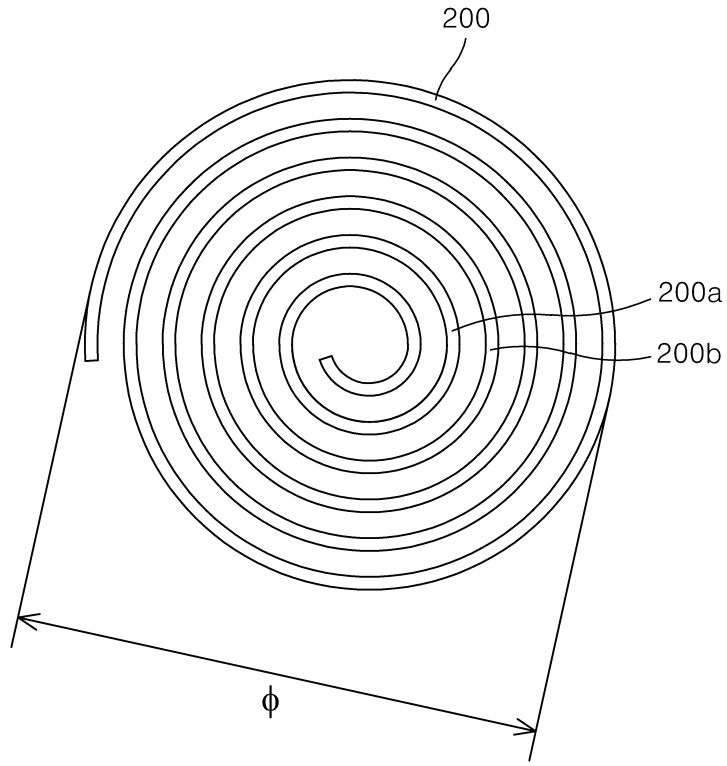
도면3a



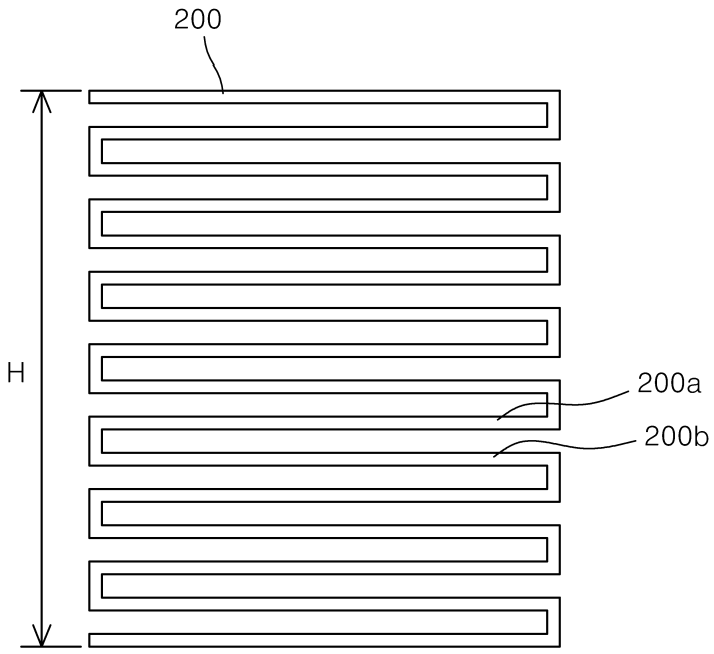
도면3b



도면4a

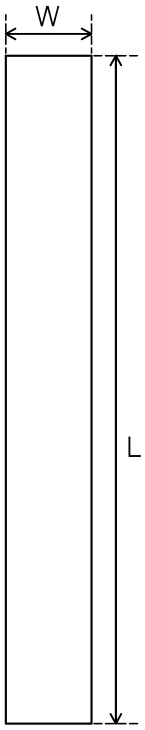


도면4b

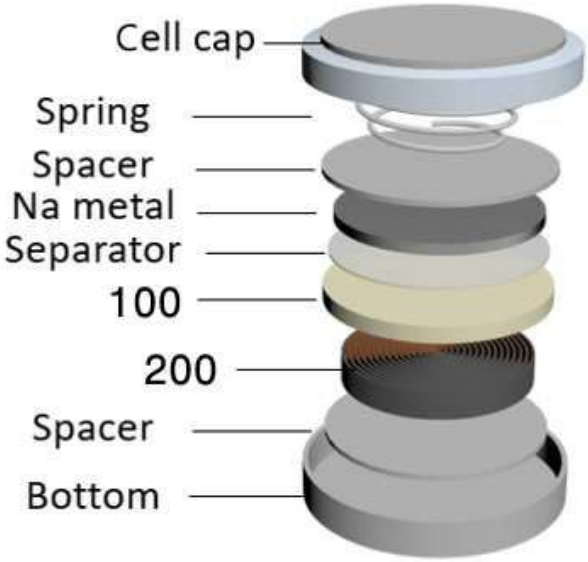


도면5

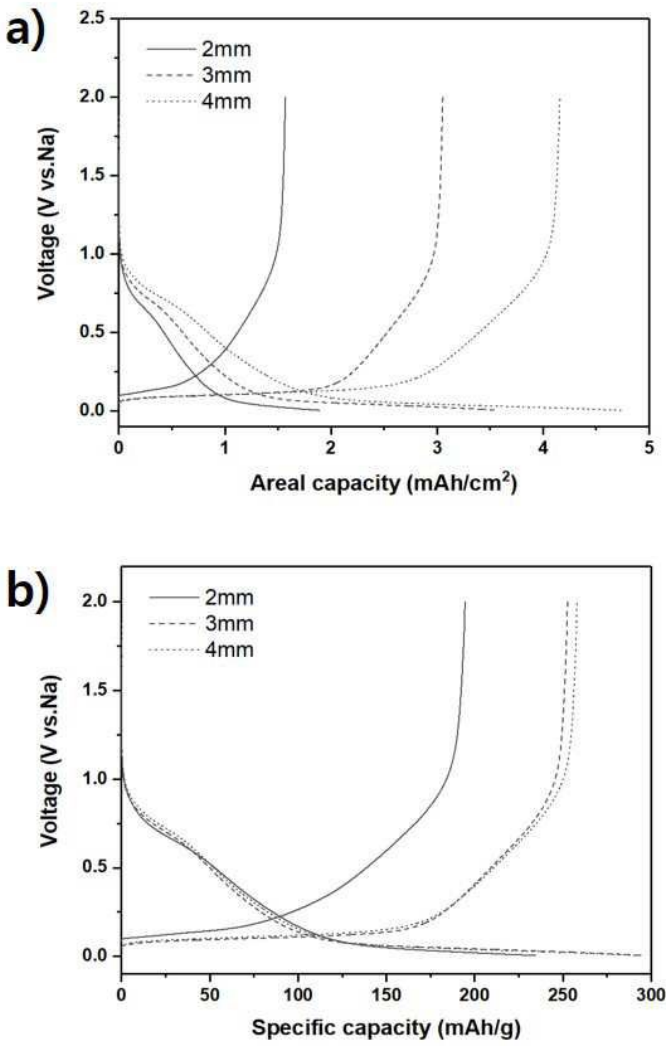
200


W
L

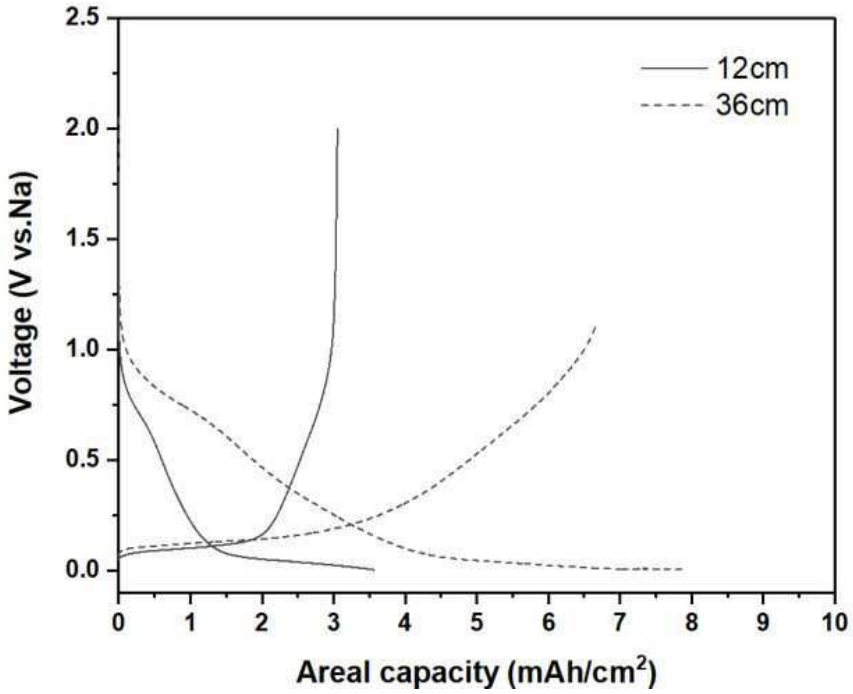
도면6


Cell cap
Spring
Spacer
Na metal
Separator
100
200
Spacer
Bottom

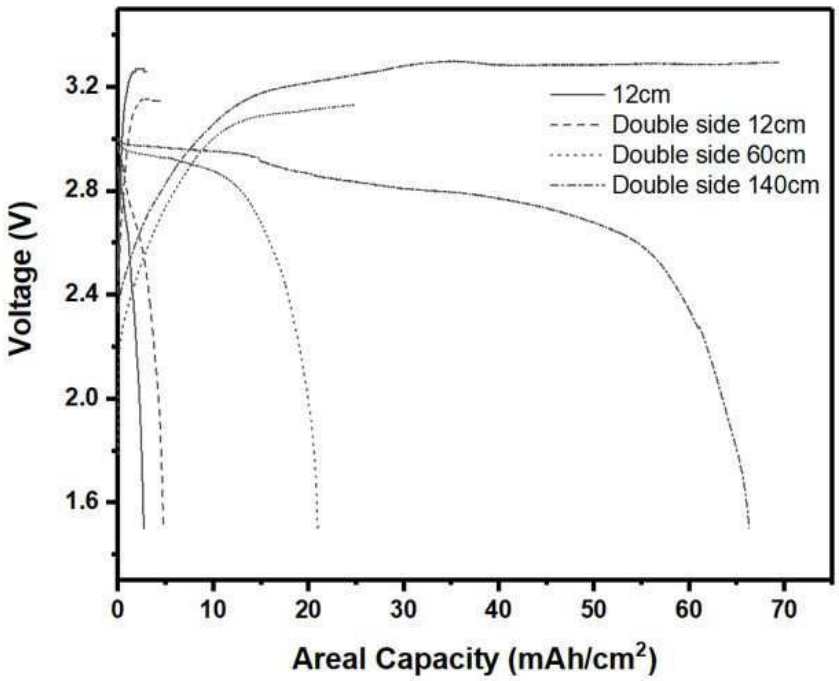
도면7


a)
2mm
3mm
4mm
Voltage (V vs.Na)
Areal capacity (mAh/cm²)
b)
2mm
3mm
4mm
Voltage (V vs.Na)
Specific capacity (mAh/g)

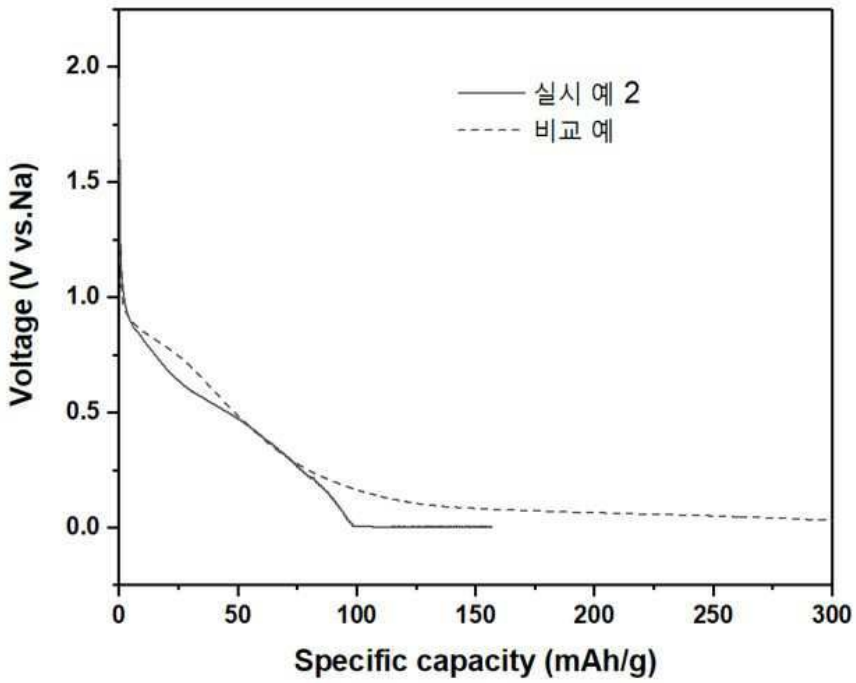
도면8


12cm
36cm
Voltage (V vs.Na)
Areal capacity (mAh/cm²)
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

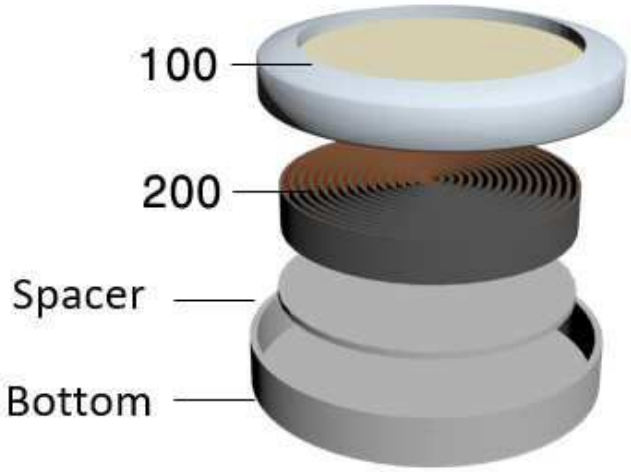
도면9


12cm
Double side 12cm
Double side 60cm
Double side 140cm
Voltage (V)
Areal Capacity (mAh/cm²)
3.2
2.8
2.4
2.0
1.6
0
10
20
30
40
50
60
70

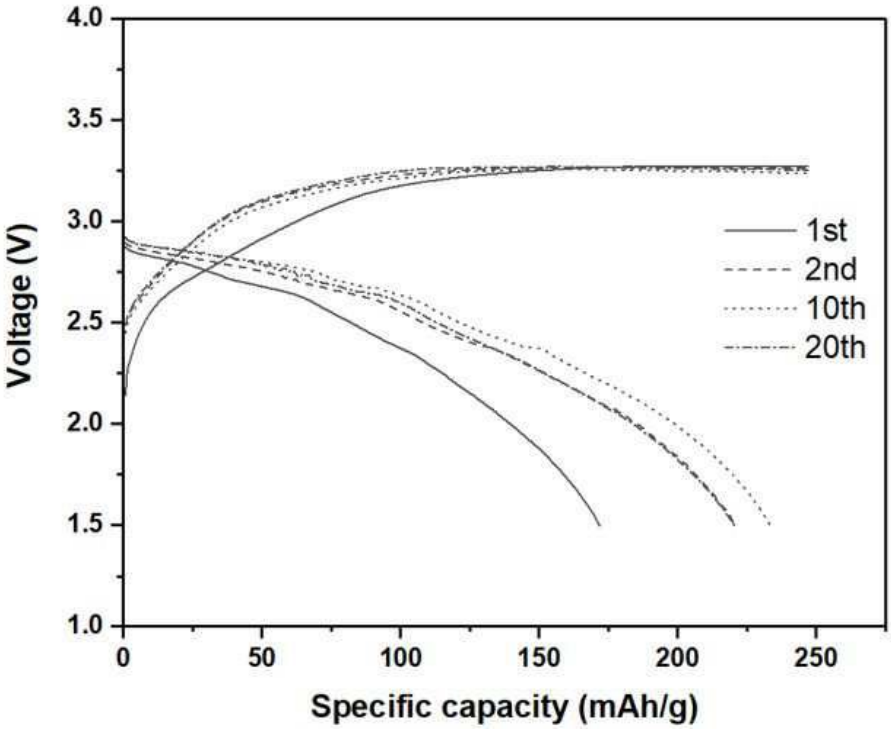
도면10


실시 예 2
비교 예
Voltage (V vs.Na)
Specific capacity (mAh/g)
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
50
100
150
200
250
300

도면11


100
200
Spacer
Bottom

도면12


4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
Voltage (V)
0
50
100
150
200
250
Specific capacity (mAh/g)
1st
2nd
10th
20th