

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2013-0016629 (43) 공개일자 2013년02월18일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01M 12/06 (2006.01)	(71) 출원인 세종대학교산학협력단 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)	
(21) 출원번호 10-2011-0078678		
(22) 출원일자 2011년08월08일	(72) 발명자	
심사청구일자 없음	김선재 서울특별시 서초구 반포대로 275, 래미안퍼스티지 아파트 120동 802호 (반포동) 윤우영 서울특별시 서초구 사평대로55길 104, 서초 그린빌라 401호 (반포동) (뒷면에 계속)	
	(74) 대리인 특허법인엠에이피에스	

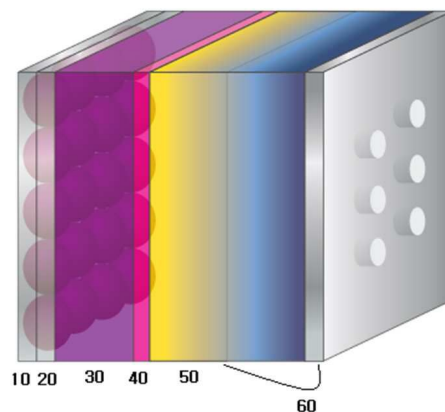
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **금속-공기 전지, 그의 제조 방법, 및 상기 금속-공기 전지를 포함하는 전지 모듈**

(57) 요약

본원은, 신규한 일체형 금속-공기 전지, 그의 제조 방법, 및 상기 신규 금속-공기 전지를 포함하는 전지 모듈에 관한 것으로서, 상기 금속-공기 전지 는 금속 음극(anode), 상기 금속 음극 상에 적층된 전해질층, 및 상기 전해질층 상에 적층된 공기 양극(cathode)을 포함하며, 상기 금속 음극은 활성 금속의 분말을 성형하여 형성된 활성 금속 층 및 상기 활성 금속 층 상에 형성된 버퍼층을 포함하며, 상기 전해질층은 겔형 고분자 전해질을 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이회균

대전광역시 서구 둔산로 201, 국화동성아파트 103
동 408호 (둔산동)

이원준

서울특별시 마포구 독막로42길 2, 108동 304호 (염
리동, 마포자이)

홍성철

서울특별시 송파구 올림픽로 99, 154동 1301호 (잠
실동, 잠실엘스)

명승택

광주광역시 북구 매곡로 37, 101동 1807호 (
매곡동, 매곡동 삼익아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

금속 음극(anode), 상기 금속 음극 상에 적층된 전해질층, 및 상기 전해질층 상에 적층된 공기 양극(cathode)을 포함하는 금속-공기 전지로서,

상기 금속 음극은 활성 금속의 분말을 성형하여 형성된 활성 금속 층 및 상기 활성 금속 층 상에 형성된 버퍼층을 포함하며,

상기 전해질층은 겔형 고분자 전해질을 포함하는 것인,

금속-공기 전지.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 활성 금속은 리튬, 마그네슘, 철, 알루미늄, 아연, 및 이들의 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 활성 금속의 분말은 표면 개질된 상기 활성 금속의 입자를 포함하는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 버퍼층은 이온 전도성 물질을 포함하는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 버퍼층과 상기 전해질층 사이에 순차적으로 형성된 고체 금속 이온 전도층과 보호층(overlayer)을 추가 포함하는, 금속-공기 전지.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 겔형 고분자 전해질의 연성(softness)은 상기 금속 음극으로부터 상기 공기 양극 쪽으로 갈수록 증가하는 구배-gradient)를 가지는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 겔형 고분자 전해질은 UV 경화형 고분자를 이용하여 형성되는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 겔형 고분자 전해질은 이온성 액체 친화적 복합 이온-겔 고체 전해질을 포함하는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 공기 양극은 촉매가 담지된 다공성 구조를 가지는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 촉매는 산소를 환원시키는 촉매를 포함하는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 공기 양극은 공기 확산 막 및 상기 공기 확산 막에 담지된 산소 환원 촉매 또는 상기 공기 확산 막 상에 형성된 산소 환원 촉매 층을 포함하는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 12

활성 금속의 분말을 성형하여 형성된 활성 금속 층 및 상기 활성 금속 층 상에 형성된 버퍼층을 포함하는 금속 음극을 형성하는 단계;

상기 금속 음극 상에 겔형 고분자 전해질을 포함하는 전해질층을 적층하는 단계; 및,

상기 전해질층 상에 공기 양극을 형성하는 단계

를 포함하는, 금속-공기 전지의 제조 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 활성 금속은 리튬, 마그네슘, 철, 알루미늄, 아연, 및 이들의 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인, 금속-공기 전지의 제조 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 활성 금속의 분말은 표면 개질된 상기 활성 금속의 입자를 포함하는 것인, 금속-공기 전지의 제조 방법.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 버퍼층과 상기 전해질층 사이에 고체 금속 이온 전도층과 보호층(overlayer)을 순차적으로 형성하는 것을 추가 포함하는, 금속-공기 전지의 제조 방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 겔형 고분자 전해질의 연성(softness)은 상기 금속 음극으로부터 상기 공기 양극 쪽으로 갈수록 증가하는 구배(gradient)를 가지는 것인, 금속-공기 전지의 제조 방법.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

상기 공기 양극은 촉매가 담지된 다공성 구조를 가지는 것인, 금속-공기 전지.

청구항 18

두 개 이상의 제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 따른 금속-공기 전지들 사이에 양극성 플레이트를 삽입하여 스택킹(stack)시켜 형성된, 금속-공기 전지 모듈.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 양극성 플레이트는 외부로부터 공급되는 공기를 상기 금속-공기 전지 각각에 포함된 공기 양극에 공급할 수 있도록 다공성을 가지는 것인, 금속-공기 전지 모듈.

명세서

기술 분야

[0001] 본원은, 신규한 금속-공기 전지, 그의 제조 방법, 및 상기 신규 금속-공기 전지를 포함하는 전지 모듈에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 화석연료의 고갈 및 지구 온난화 문제 때문에 새로운 에너지원의 확보가 전 세계적인 화두로 등장하였고, 이를 위해서는 신재생에너지원의 개발과 함께 효율적인 에너지 사용을 위한 에너지 저장에 대한 중요성이 대두되고 있다.

[0003] 한편, 차세대 소형 모바일 전자기기를 위한 고용량 고밀도 에너지원의 필요성이 대두되고 있다. 특히, 모바일 전자기기의 고기능화, 지능화, 멀티미디어화에 따른 1인당 소비전력은 1980년대 10 Wh/year에서 2000년대 3500 Wh/year로 350배 증가하였고, 이에 따라 고성능 에너지원에 대한 시장의 요구가 더욱 증가하고 있지만, 현재 2 차전지 (Ni-MH, Li ion, Li polymer) 시스템은 용량의 한계성에 대한 이슈가 존재하고 있다.

[0004] 또한 친환경 자동차용 및 전력저장용 중대형 이차전지시장이 급속히 성장하고 있으며 이들 분야에서도 고용량화 고밀도화가 시급히 요구되고 있다.

[0005] 이에 따라 향후 10년간 중대형전지 시장은 19.3배 성장할 것으로 전망된다. 예를 들어, 자동차 분야에서는 화석 연료 고갈에 따라 전기자동차의 개발이 시급하게 요구되고 있으나 리튬이차전지를 적용하는 경우 일회 충전으로

200 km 이상의 장거리 운행이 어려운 문제가 있다. 또한 기존 리튬이차전지는 신재생에너지원에 의해 발전된 전력을 저장하기 위한 장주기 에너지 저장시스템에도 적합하지 않은 실정이다.

[0006] 따라서 보다 고용량의 미래형 이차전지가 요구되고 있으며, 최근 금속-공기 전지에 대한 연구가 활발하게 진행되기 시작하였다. 금속-공기 전지(Metal-air battery)는 마그네슘, 철, 알루미늄, 아연, 리튬 등의 금속을 공기 중 산소와 결합시켜 전기를 저장하고 발생시키는 이차 전지(Secondary battery)를 말한다. 즉, 음극에 활성 금속을 사용하고, 양극에는 탄소 담체 존재 하에 활물질로 공기 중의 산소를 이용하는 전지이다. 특히, 리튬과 산소의 반응에 대한 큰 자유 에너지는 수십 년간 전지 연구가들의 관심을 끌어왔다. 리튬/공기 화학에서의 이론적인 비에너지(theoretical specific energy)는 Li 이온 전지 화학을 훨씬 초과한다. Zn/공기 전지의 개발 및 상업적 성공에 의해 증명되었듯이, 금속/공기 화학에서의 높은 비 에너지는 오랫동안 인식되어 왔다.

[0007] 하지만, Li/공기 화학은 오히려 조금 특이한 도전의 시작이다. 리튬은 반응성 알칼리 금속이고 수성 전해질과 양립할 수 없다. 수성 전해질에서 물 및 산소와 금속 음극의 반응으로 인해 음극의 부식이 아연보다 리튬에 대해 훨씬 더 심각한 문제가 됨은 분명하다. 수성 전해질에서 리튬금속의 부식율은 중성 전해질에 대해서는 대략 몇 amps/cm이고 고 염기 매체에서는 몇십 mA/cm으로 떨어진다.

[0008] 따라서, 리튬/물 전지에서 Littauer 에 의한 일부 초기 연구를 제외하면, 리튬/공기 전지의 역사적 개발은 비양성자성 비수성 전해질의 이용이 주를 이루고 있다. 물과 산소의 존재 하에 리튬 음극을 안정화시키는 능력은 수성 리튬/공기 전지의 개발에 필수적이다. Visco 등의 허여된 미국특허 제7,282,296호; 제7,282,302호; 및 제7,282,295호; 및 미국공개특허 제2004/0197641호에는, 수환경에 안정하고 수성 전해질로 방출될 수 있는 보호막 및 보호막 구조물을 가진 보호 리튬 음극(protected lithium anode)이 개시되어 있다.

[0009] 일반적으로 금속-공기 전지는 기존 리튬 이온전지의 흡착 양극(intercalation cathode) 대신에 촉매성 공기 양극(air cathode)을 사용하여 대기 중의 공기를 직접 이용함으로써 높은 이론 에너지 용량을 가짐. 리튬-이온 전지의 용량은 양극 및 음극 소재의 이론적 용량에 의해 제한을 받지만 금속-공기 전지는 양극으로 공기를 사용하기 때문에 에너지 밀도가 크게 높다.

[0010] 기존 이차 전지는 중량당 에너지가 30~140 Wh/kg이지만 메탈-공기 전지는 200~500 Wh/kg 에 달해 훨씬 더 많은 전기를 생산할 수 있다. 리튬을 음극(anode)으로 사용하는 리튬-공기 전지(Lithium-air battery)는 다른 공기 전지보다 가장 높은 에너지 밀도를 가지며, 기존 휴대폰 전지보다 무려 10 배나 높은 에너지 밀도를 갖기 때문에 전지의 부피와 무게를 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 그러나, 금속-공기 전지 기술의 개발은 아직 초보적인 단계로서 본격적인 상용화를 위해서는 충방전 수명 및 효율의 향상, 안전성 확보가 여전히 요구되고 있다.

[0011] 기존 기술의 문제점은 크게 (1) 음극 기술, (2) 전해질 기술, (3) 공기 양극 기술, (4) 전지 셀 구조 기술에서의 문제점으로 나눌 수 있다.

[0012] 구체적으로, 금속 음극과 전해액의 반응에 의해 전지의 특성 및 안정성이 저하되기 때문에 금속 음극을 보호할 수 있는 기술 개발이 필요하다. 충전 시 금속 음극 표면에 수지상의 solid electrolyte interface (SEI)가 형성되어 전지의 충방전 수명을 저하시키고 내부 단락의 원인이 되며, 또한 리튬 음극은 수용성 전해질과 접촉 시 폭발의 위험이 있어 전지의 안전성에 심대한 문제를 야기할 수 있어 리튬-공기 전지의 전해질은 다양한 성능이 개선이 요구되고 있다.

[0013] 또한, 금속-공기 전지 시스템의 전해질로는 비수용성 혹은 수용성 전해질이 시도되고 있으나 모두 만족할 만한 성능을 보여주지는 못하고 있다.

[0014] 또한, 종래 리튬-공기 전지 촉매 분야의 현재까지 연구결과는 대부분 기존 탄소전극을 기본으로 하여 이에 담지되어 있는 촉매의 양 및 종류만을 변화시키는 데에 한정되어 있으며, 매우 낮은 방전전류 (0.1 C 이하)에서 방전 용량을 측정하는 수준에 머물러 있다.

[0015] 즉, 공기 양극에서의 촉매 선택에만 집중하여 전극 내 O₂ 농도 증가 및 균일한 분포를 위한 구조 설계에 관한 연구는 거의 이루어 지지 않고 있으며, 이는 전극 반응에서 저항 감소의 중요성을 파악하지 못하고 있기 때문인 것으로 보인다.

[0016] 이에 상기한 바와 같은 종래 금속-공기 전지에 있어서, 음극, 전해질, 공기 양극, 전지 셀 구조 등에 있어서 여전히 개선이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 본 발명자들은, 종래 금속-공기 전지에 있어서, 음극, 전해질, 공기 양극, 전지 셀 구조 등 각각의 문제를 해결하기 위한 연구를 통하여, 금속 분말을 이용한 음극 제조 기술, 겔형 고분자 전해질 제조 기술, 공기 양극 재료 및 구조 개선과 촉매 개발, 전지의 스택킹을 통한 전지 모듈 등의 기술을 개발하여 본원을 완성하였다.
- [0018] 이에, 본원은, 음극의 안정성 및 전지 효율 및 충방전 특성 등이 개선된 신규한 금속-공기 전지, 그의 제조 방법, 및 상기 신규 금속-공기 전지를 포함하는 전지 모듈을 제공하고자 한다.
- [0019] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0020] 본원의 제 1 측면은, 금속 음극(anode), 상기 금속 음극 상에 적층된 전해질층, 및 상기 전해질층 상에 적층된 공기 양극(cathode)을 포함하는 금속-공기 전지로서, 상기 금속 음극은 활성 금속의 분말을 성형하여 형성된 활성 금속층 및 상기 활성 금속 층 상에 형성된 버퍼층을 포함하며, 상기 전해질층은 겔형 고분자 전해질을 포함하는 것인, 금속-공기 전지를 제공한다.
- [0021] 본원의 제 2 측면은, 하기를 포함하는, 금속-공기 전지의 제조 방법을 제공한다:
- [0022] 활성 금속의 분말을 성형하여 형성된 활성 금속 층 및 상기 활성 금속 층 상에 형성된 버퍼층을 포함하는 금속 음극을 형성하는 단계;
- [0023] 상기 금속 음극 상에 겔형 고분자 전해질을 포함하는 전해질층을 적층하는 단계; 및,
- [0024] 상기 전해질층 상에 공기 양극을 형성하는 단계.
- [0025] 본원의 제 3 측면은, 두 개 이상의 상기 본원의 제 1 측면에 따른 금속-공기 전지들 사이에 양극성 플레이트를 삽입하여 스택킹(stack)시켜 형성된, 금속-공기 전지 모듈을 제공한다.

발명의 효과

- [0026] 본원에 따라, 금속-공기 전지의 고용량화가 가능하며, 특히, 이차전지의 고용량화가 가능하다. 구체적으로, 리튬-공기 전지(Lithium-air battery)는 기존 리튬 이온전지 (Lithium-ion battery)보다 무려 10배나 에너지 밀도가 높아 가솔린과 맞먹는 효율성을 발휘하며 전지 부피와 무게를 획기적으로 줄일 수 있다.
- [0027] 또한, 본원에 따른 상기 고용량 금속-공기 전지는 미래 에너지산업을 주도해 갈 핵심부품으로서 향후 친환경, 고효율 제품으로 각광받고 있는 친환경 전기자동차의 경쟁력을 좌우하는 핵심기술이며, 다양한 에너지산업에 활용될 수 있다.
- [0028] 또한, 본원의 일 구현예에 따르면, 신규 물질(LISICON)을 활용한 리튬-공기 전지 등의 금속-공기 전지를 개발함으로써 에너지밀도 한계를 극복하고 충·방전 수명을 향상시켜, 금속-공기 전지의 성능이 크게 향상될 것으로 기대되며, 또한 bi-layer 공기 양극을 사용하면 충방전 횟수가 증가하여도 전지 특성 저하가 급격하게 일어나지 않으며, 공기 양극의 두께를 두껍게 함으로써 대용량 전지를 구현할 수 있다.
- [0029] 또한, 본원의 일 구현예에 따르면, 금속-공기 전지에 사용되는 금속 음극을 전해질로부터 분리시킴으로서 수용성 전해질 사용시 발생하는 반응성 문제로 인한 제조와 상용화 문제 등을 해결할 수 있을 것으로 예상된다.
- [0030] 또한, 본원의 일 구현예에 따르면, 전력밀도가 크고 대용량화가 가능하여 자동차, 오토바이, UPS 등의 산업분야 발전에 직접적으로 기여할 것으로 기대된다.
- [0031] 또한, 본원의 일 구현예에 따르면, 금속-공기 전지 기술에 의한 대량 전력저장시스템은 신재생에너지를 활용하는 전력시스템의 발전에 크게 기여하여 결과적으로 신재생에너지 기반의 DC 송전 시스템의 기초가 될 것으로 기대된다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 금속-공기 전지의 모식도이다.
- 도 2는 본원의 일 구현예에 따른 리튬 금속 음극을 DET (Droplet Emulsion Technique) 법으로 분말로 제조하는 과정을 나타낸 모식도이다.
- 도 3은 본원의 일 구현예에 따른 LISICON-type 물질을 이용한 리튬 음극의 모식도이다.
- 도 4는 리튬-이온 전도성 고체 전해질로서 사용가능한 물질들의 예시를 나타낸다.
- 도 5는 본원의 일 실시예에 따른 리튬 금속 음극의 충·방전 전류밀도와 그에 따른 리튬 결정 크기 관계를 나타낸 그래프이다.
- 도 6은 본원의 일 구현예에 따른 리튬 수지상 성장 모식도이다.
- 도 7은 본원의 일 구현예에 있어서 겔형 고분자 전해질의 비제한적 예를 나타내는 것이다.
- 도 8은 본원의 일 구현예에 따른 공기 양극을 형성하는 구조체를 나타내는 모식도이다.
- 도 9는 본원의 일 구현예에 따른 CNT를 이용하여 공기 양극을 형성하는 구조체를 형성하는 과정 및 제조된 공기 양극을 형성하는 구조체의 SEM 사진이다.
- 도 10은 본원의 일 구현예에 따른 CNT를 이용하여 제조된 공기 양극을 형성하는 구조체를 나타내는 모식도이다.
- 도 11은 본원의 일 구현예에 따른 금속-공기 전지 모듈의 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0034] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0035] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0036] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0037] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0038] 본원의 제 1 측면은, 금속 음극(anode), 상기 금속 음극 상에 적층된 전해질층, 및 상기 전해질층 상에 적층된 공기 양극(cathode)을 포함하는 금속-공기 전지로서, 상기 금속 음극은 활성 금속의 분말을 성형하여 형성된 활성 금속 층 및 상기 활성 금속 층 상에 형성된 버퍼층을 포함하며, 상기 전해질층은 겔형 고분자 전해질을 포함하는 것인, 금속-공기 전지를 제공한다.
- [0039] 도 1을 참조하면, 본원에 따른 상기 금속-공기 전지는 상기 금속 음극과 전해질층이 일체화된 형태를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0040] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 활성 금속은 리튬, 마그네슘, 철, 알루미늄, 아연, 및 이들의 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

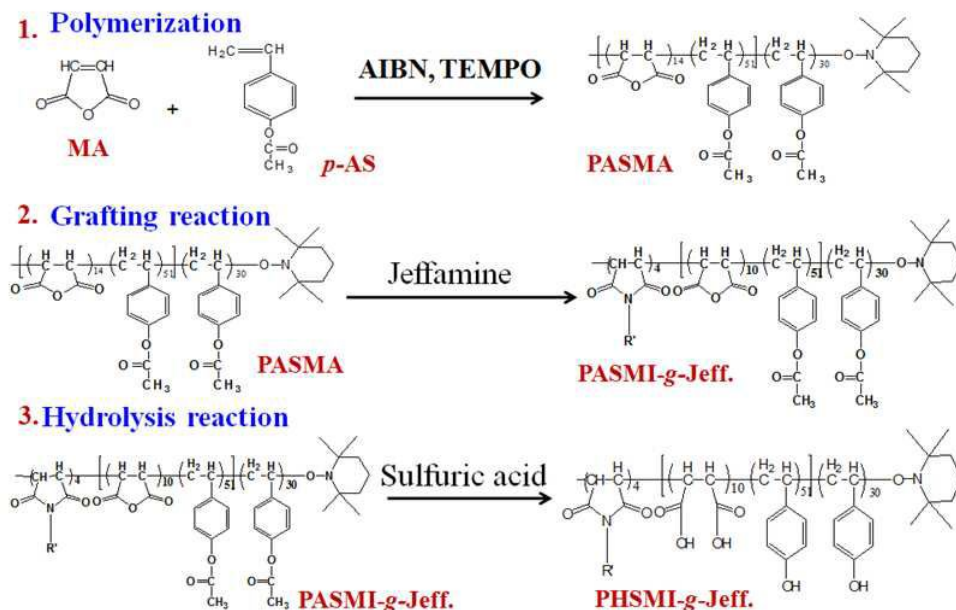
- [0041] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 버퍼층은 이온 전도성 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0042] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 활성 금속의 분말은 표면 개질된 상기 활성 금속의 입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0043] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 겔형 고분자 전해질의 연성(softness)은 상기 금속 음극으로부터 상기 공기 양극 쪽으로 갈수록 증가하는 구배(gradient)를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0044] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 겔형 고분자 전해질은 UV 경화형 고분자를 이용하여 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0045] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 버퍼층과 상기 전해질층 사이에 순차적으로 형성된 고체 금속 이온 전도층과 보호층(overlay)을 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0046] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 고체 금속 이온 전도층은 리튬-이온 전도성 세라믹(lithium superionic conductor(LISICON)-type materials)을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0047] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 겔형 고분자 전해질은 이온성 액체 친화적 복합 이온-겔 고체 전해질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0048] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 공기 양극은 촉매가 담지된 다공성 구조를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0049] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 촉매는 산소를 환원시키는 촉매를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0050] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 공기 양극은 공기 확산 막 및 상기 공기 확산 막에 담지된 산소 환원 촉매 또는 상기 공기 확산 막 상에 형성된 산소 환원 촉매 층을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0051] 본원의 제 2 측면은, 하기를 포함하는, 금속-공기 전지의 제조 방법을 제공한다:
- [0052] 활성 금속의 분말을 성형하여 형성된 활성 금속 층 및 상기 활성 금속 층 상에 형성된 버퍼층을 포함하는 금속 음극을 형성하는 단계;
- [0053] 상기 금속 음극 상에 겔형 고분자 전해질을 포함하는 전해질 층을 적층하는 단계; 및,
- [0054] 상기 전해질 층 상에 공기 양극을 형성하는 단계.
- [0055] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 활성 금속은 리튬, 마그네슘, 철, 알루미늄, 아연, 및 이들의 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0056] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 버퍼층은 이온 전도성 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0057] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 활성 금속의 분말은 표면 개질된 상기 활성 금속의 입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0058] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 겔형 고분자 전해질의 연성(softness)은 상기 금속 음극으로부터 상기 공기 양극 쪽으로 갈수록 증가하는 구배(gradient)를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0059] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 겔형 고분자 전해질은 UV 경화형 고분자를 이용하여 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0060] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 버퍼층과 상기 전해질 층 사이에 고체 금속 이온 전도층과 보호층(overlay)을 순차적으로 형성하는 것을 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0061] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 고체 금속 이온 전도층은 리튬-이온 전도성 세라믹(lithium superionic conductor(LISICON)-type materials)을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0062] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 겔형 고분자 전해질은 이온성 액체 친화적 복합 이온-겔 고체 전해질을 포함

하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0063] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 공기 양극은 촉매가 담지된 다공성 구조를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0064] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 촉매는 산소를 환원시키는 촉매를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0065] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 공기 양극은 공기 확산 막 및 상기 공기 확산 막에 담지된 산소 환원 촉매 또는 상기 공기 확산 막 상에 형성된 산소 환원 촉매 층을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0066] 본원의 제 3 측면은, 두 개 이상의 상기 본원의 제 1 측면에 따른 금속-공기 전지들 사이에 양극성(bipolar) 플레이트를 삽입하여 스택킹(stack)시켜 형성된, 금속-공기 전지 모듈을 제공한다.
- [0067] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 양극성 플레이트는 외부로부터 공급되는 공기를 상기 금속-공기 전지 각각에 포함된 공기 양극에 공급할 수 있도록 다공성을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 양극성(bipolar) 플레이트는 다공성 스테인레스 플레이트, 또는 다공성 세라믹 플레이트를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0068] 이하, 본원에 따른 금속-공기 전지 및 그의 제조 방법에 대하여 좀더 구체적으로 설명한다.
- [0069] <금속 음극>
- [0070] 본원의 일 구현예에 따른 상기 금속-공기 전지에 포함되는 금속 양극에 대하여 이하 구체적으로 설명한다.
- [0071] 상기 활성 금속은 리튬, 마그네슘, 철, 알루미늄, 아연, 및 이들의 합금으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0072] 또한, 상기 활성 금속의 분말은 표면 개질된 상기 활성 금속의 입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0073] 예를 들어, 상기 활성 금속의 입자의 표면에 왁스 코팅 또는 고체 전해질을 코팅하여 표면 개질시킬 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고체 전해질은 LISICON을 포함할 수 있으며, 원자층증착(ALD) (도 2a) 또는 스퍼터링과 같은 PLD (도 2b)에 의하여 상기 활성 금속의 입자의 표면에 LISICON을 코팅할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0074] 상기 버퍼층은 이온 전도성 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0075] 상기 버퍼층과 상기 전해질 층 사이에 순차적으로 형성된 고체 금속 이온 전도층과 보호층이 추가 포함될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0076] 예를 들어, 상기 활성 금속이 리튬을 포함하는 경우, 금속 리튬은 표준 수소전위가 -3.04 V로 가장 낮아 배터리 음극 소재로는 이상적으로 사용될 수 있다. 또한 음극 소재로 직접 리튬 금속을 사용하여, 리튬의 산화/환원 반응을 이용하면 이론 용량이 현재의 10배 이상(약 3860 mAh/g(2060 Wh/l))에 이를 수도 있고 순간출력 또한 빠른 금속에서의 반응이므로 큰 증가를 기대할 수 있다.
- [0077] 그러나, 금속 리튬을 직접 음극으로 사용하지 못하는 이유는 충·방전 시 리튬의 수지상 성장에 기인한다. 특히, 충전 시 음극 리튬의 덴드라이트 성장은 방전시 덴드라이트의 유리로 인한 dead Li를 발생시켜 전지 안전성과 용량의 감소를 가져오기 때문이다.
- [0078] 그러므로 충전/방전 시 덴드라이트 성장을 억제한다면 리튬을 직접 음극으로 사용한 고용량 고효율 전지를 개발할 수 있고, 리튬 분말의 경우 벌크(bulk)와는 성장 동력학(kinetics)의 차이를 유발 성장 모드가 달라질 수 있다. 리튬 금속 분말은 벌크 금속에 비해 반응면적이 넓고 반응속도가 빨라 전지화학 특성 또한 상이하게 된다. 분말 리튬의 경우 증대된 표면적으로 인해 실제 전류밀도(effective current density)를 낮출 수 있어 리튬 금속을 직접 음극소재로 사용하여도 특정 충전 속도(보통 1/5 C-rate 이상)에서 수지상 성장을 억제할 수 있을 것이다.

- [0079] 이에, 본원에서는 상기 금속 음극 형성 시 활성 금속으로서 리튬을 사용할 수 있으며, 이러한 리튬을 분말 형태로 제조하여 사용할 수 있다. 이와 관련하여, 도 2c를 참고하면, Li-공기 이차전지 음극인 리튬금속의 충전 시 음극 표면에 생성되는 덴드라이트 성장을 억제하여 전지의 안전성과 사이클 특성을 향상시킬 수 있다. 이를 달성하기 위해 리튬을 DET (Droplet Emulsion Technique) 법으로 분말로 제조하거나, 표면 개질된 분말로 제조하고, 분말을 다공성 전극판으로 성형하여 전지 반응에서 유효반응면적을 증대시키고, 전해질의 함침을 증대시킨 리튬-공기 이차전지의 특성을 향상시킬 수 있다 (도 2c 참고). 리튬 분말 전극의 경우 Li-공기 전지뿐 아니라 비-리튬계(non-lithiated) 양극을 사용한 리튬금속을 직접 사용하는 고용량 리튬 이차전지에도 사용할 수 있다.
- [0080] 또한, 도 3을 참고하면, 리튬-이온 전도성 세라믹의 물질(lithium superionic conductor(LISICON)-type materials)을 사용하여 리튬 음극과 수용성 전해질 사이의 반응성을 억제반응 전극표면적 증가에 따른 충·방전 시 전극 표면에서의 전류밀도의 최소화를 통한 리튬 덴드라이트 성장을 억제시킬 수 있다.
- [0081] 전극 소재로는 분말 형태가 단위면적당의 전류 밀도 개념이나, 음극 소재로의 성형을 감안할 때 매우 바람직하다. 이에 본원의 일 구현예에 있어서 리튬 분말을 극판으로 제조하여 직접 음극으로 사용함으로써 고효율 고용량 리튬-공기 전지를 제조할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0082] 일 구현예에 있어서, 수용성 전해질 사용 시 야기 되는 리튬 음극과의 반응성과 파워(power) 손실 문제를 해결하기 위해 안정한 리튬-이온 전도성 세라믹(lithium superionic conductor(LISICON)-type materials)을 포함하는 고체 금속 이온 전도층을 상기 리튬 음극 상에 형성된 버퍼층 상에 위에 형성할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0083] 상기 LISICON-type 물질을 이용한 리튬-공기 전지의 파워 향상을 위해서는 LISICON의 박막화가 필요하고 복잡한 조성을 가진 LISICON-type 물질의 증착을 위해서 박막 증착 장비인 PLD 및 스퍼터링(Sputtering) 방식으로 박막을 제조할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0084] 상기 금속 이온 전도층은 종래 알려진 LISICON-type 물질들 중 상기 LISICON-type 박막의 리튬 이온 전도도와 화학적, 기계적 안전성 등을 평가하여 최적화 된 LISICON-type 물질을 검색하여 선택되는 물질을 사용할 수 있다.
- [0085] 상기 버퍼층은 상기 리튬 음극과 LISICON-type 물질의 화학적 안정성을 확보하기 위해 LISICON 보다 안정성이 높은 LiPON, Li₃N, Li₃P 등의 물질을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0086] 예를 들어, 수용성 전해질로부터 LISICON-type 물질의 기계적, 화학적 안정성을 평가할 수 있으며, LISICON의 용해가 가장 많이 일어나는 알칼리 용액에서의 LISICON-type 물질의 안정성을 평가할 수 있다. 필요한 경우, 상기 LISICON-type 물질 위에 보호층으로서 비활성 층(예: Al₂O₃)을 증착하여 화학적 안정성을 높일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0087] 또한, 리튬-공기 전지의 충·방전 시 발생할 수 있는 LISICON의 기계적 결함을 보완하기 위해서 필요 시 고체-중합체 전해질과의 적층될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0088] 도 4를 참고하면, 리튬-이온 전도성 고체 전해질로서 도 4에 기재된 것들을 참조할 수 있을 것이나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0089] 도 5는 충·방전 전류밀도와 그에 따른 리튬 결정 크기 관계를 나타낸다. 이를 참고하여, 금속 음극 제조 시 리튬 분말과 같은 금속 분말의 입자 크기를 적절히 조절할 수 있을 것이나, 본원이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0090] 도 6은 리튬 수지상 성장 모식도를 나타내는 것이다.
- [0091] <겔형 고분자 전해질>
- [0092] 리튬-공기 전지의 전해질의 경우, 제시된 문제점을 해결함과 동시에 다양한 전해질 요구성능을 만족시키기 위하여 단일성분으로 금속 음극 보호 및 선택적 가교 제어가 가능한 이온성 액체(ionic liquid) 친화적 복합 이온-겔 전해질을 이용할 수 있다.
- [0093] 예를 들어, 금속-공기 전지 내에서의 in-situ 경화가 가능하고 UV 조사에 의한 선택적 경화제어가 가능하도록 하기 위하여 UV 경화형 겔형 전해질을 이용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0094] 상기 겔형 전해질은 우수한 전극 젖음성(wetting property)과 전해질 증발 방지를 최적화시킬 수 있다. 이 때, 음극 부분의 선택적 UV 경화 극대화를 통하여 음극보호 기능을 실현함과 동시에, 나머지 부분에서의 이온전도도를 극대화시킬 수 있다.
- [0095] 기존의 UV 경화형 또는 열경화형 겔 전해질의 경우, 미반응 개시제 및 단량체가 전해질 내에 잔존하여 장기 안정성 및 성능에 문제가 되었으나, 본 연구에서는 올리고머(oligomer)형 신규 가교제(crosslinker)를 개발하여 사용함으로써, 이러한 문제점을 원천적으로 제거할 수 있다.
- [0096] 또한, 본원의 일 구현예에 있어서, 그래프트(Graft) 공중합체형 신규 올리고머 UV 가교제를 합성하여 상기 겔형 고분자 전해질로서 이용하고자 한다. 신규 α -올리고머 UV 가교제 중 p-히드록시 스티렌 블록(p-hydroxy styrene block)은 UV 경화성 부여함과 동시에 기계적 강도 향상시키고, PEO-Li⁺ 조합의 결정성을 최소화시킬 수 있을 것이다.
- [0097] 예를 들어, 상기 UV 가교제에 루이스 염기(Lewis base)성의 PEO를 그래프트 사슬(graft chain) 형태로 공중합함으로써, PEO-Li⁺ 결정성을 구조적으로 억제하고, 이를 통하여 Li염의 이온전도성/이온해리성을 극대화 하고자 함. 또한, UV 가교제와 이온성 액체와의 상용성을 향상시키고, 이온성 액체의 이온들 간의 상호 인력을 약화시킴으로써 이온성 액체의 점도를 저하시킬 수 있을 것으로 기대된다.
- [0098] 또한 이러한 겔형 고분자 전해질을 사용함으로써 Li-SEI의 dendritic 구조형성을 방지할 수 있다.
- [0099] 이온성 액체를 기본 조성으로 함으로써, 양극에서 발생하는 Li 산화물들의 용해성을 확보하고, 우수한 이온전도성과 동시에 산화 환원 안정성(redox stability)을 제공하고자 한다. 또한 이온성 액체는 상온에서 염으로 증기압이 매우 낮으며, 상대적으로 낮은 H₂O 확산계수를 가지고 있어 음극 보호에 유리할 것이다.
- [0100] 이와 동시에, PEO-Li⁺ 조합의 결정화를 억제하고, 잔류수분 및 기타 불순물을 흡착하며, 세라믹의 강유전성으로 염의 이온해리를 촉진하기 위하여 무기나노입자를 혼입하여 이온전도성을 극대화시킬 수 있을 것이다.
- [0101] 또한, 궁극적으로 셀-갭(cell-gap)을 최소화하여 성능향상을 도모하고, 전지의 안전성을 확보하기 위하여 분리막(separator)과 복합화된 이온성 액체 기반 겔 전해질을 구현할 수 있다.
- [0102] 도 7은 본원의 일 구현예에 있어서 겔형 고분자 전해질의 비제한적 예를 나타내는 것이다.
- [0103] 또한, 본원의 일 구현예에 따른 겔형 고분자 전해질은 하기와 같은 스킴에 의하여 제조될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다:



[0104]

[0105] <공기 양극>

- [0106] **촉매**
- [0107] 금속-공기 전지의 성능은 공기 양극에 의해 좌우되며, 이의 개선이 중요하다.
- [0108] 특히 공기 양극 촉매는 전지의 충전용량 증대, 전지의 과전압 감소, 전지의 사이클 특성 향상의 세 가지 기능을 함. 공기 양극의 열화에 대해서는 연구가 부족한 상황이며, 현재까지는 비가역적으로 생성된 Li_2O 의 기공 내 지속적인 침적이 원인일 것으로 추정된다.
- [0109] 리튬-공기 전지의 충전전압은 4.2 V 이상이며, 이는 Li_2O_2 의 환원뿐만 아니라 전해질의 분해도 유발하는데, 금속 촉매 사용은 충전 전압을 낮출 수 있을 것이다.
- [0110] 또한, 탄소만 있을 경우의 사이클 효율(= 충전전압/방전전압)은 0.57 이며, PtAu/C를 사용할 경우 0.73 까지 향상된 결과가 보고되었다. 그리고, PtAu (6~7 nm)를 제조한 후 다공성 탄소 담체에 흡착시켜 제조한 PtAu/C 촉매를 적용한 연구 결과, 약 2.7 V 에서 산소환원 반응이 나타났으며, 3.6 V에서 산소 발생 반응이 일어났다.
- [0111] 이에 본원의 일 구현예에서는 SPP(Solution Plasma Processing)법을 이용하여 금속/산화물 재료들을 포함하는 (Pt/Mn/Co/Mn 산화물)/CNT/카본블랙 복합체를 제조하여 공기 양극 형성에 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0112] 본원의 일 구현예에서 사용되는 SPP(Solution Plasma Processing)는 나노입자 제조와 분산이 용액내에서 연속적인 공정으로 이루어지는 일 단계 방법(one step method)이며, 나노입자 제조에 있어 기술적 중요도가 큰 물리적 방법과 기술의 성숙도가 큰 화학적 방법을 동시에 이용할 수 있는 방법이다. 고밀도/고에너지 플라즈마를 액체 속에서 발생시켜 나노입자들을 합성하는 기술로서, 경제적이며 생산성 확보가 가능한 물리적 방법에 의한 나노 분말 제조 방식에 입자 제조기술을 접목시켜 보다 효율적인 고분산 나노입자를 제조할 수 있다.
- [0113] 본원의 일 구현예에 있어서, 제조된 나노 입자의 분산성 특성 평가는 SPP로 제조된 나노입자의 분산 안정성 평가를 위해 제타 포텐셜(zeta-potential) 분석. 수용액과 접하는 고체의 계면은 특별한 경우를 제외하고는 전하를 띄고 있다. 제타 포텐셜 값의 부호는 입자가 띄고 있는 전하의 부호를 나타내며, 절대값은 입자 전하의 세기이다. 만약 제조된 나노 입자의 값이 음의 부호를 갖는다면, 이는 음전하 혹은 수산화이온과 같은 음극 원자로 대전되어 있음으로 판단할 수 있다. 나노 입자의 분산 안정성은 절대값이 증가함으로 측정되는데, 제조된 입자 크기에 반비례하는 경향을 나타낸다. 현재까지 개발되어진 산화물 촉매의 경우, 일반적으로 마이크로미터 혹은 나노미터 수준의 Mn_2O_3 , Mn_3O_4 , Mn_5O_8 과 같은 물질들이 사용되고 있으나, $\gamma\text{-MnOOH}$ 가 두 전자 전이(two electron transfer)에 의해 산소를 전기화학적으로 환원시킨다고 밝혀졌다 [Mao et al.: J. Electrochem. Soc., 149, A504 (2002)].
- [0114] 금속-공기 전지는 양극에 유입되는 외부 산소의 환원/산화 반응, 음극에서는 금속의 산화/환원 반응이 일어나며, 이때 발생하는 화학적 에너지를 전기적 에너지로 변환하여 충방전하는 원리를 이용하는 것이다.
- [0115] 따라서, 전지반응의 분극 저항을 줄이기 위해서는 기체(산소)와 액체(전해질), 고체(탄소 구조체)가 만나는 삼상 계면의 반응 면적을 최대화할 수 있는, 즉 비표면적을 최대화할 필요성이 있다.
- [0116] 예를 들어, $\gamma\text{-MnOOH}$ 와 코발트를 바탕으로 하는 CoPcF16의 조합은 Pt 공기전극과 유사한 성능을 발휘한다. 이러한 이유에서 산화물 촉매를 마이크로 혹은 나노미터 수준의 분말보다는 비표면적을 향상시키기 위하여 나노로드 (nanorod)의 형태를 갖는 $\gamma\text{-MOOH}$ ($\text{M} = \text{Mn}_{1-x}\text{Co}_x$, $x = 0 - 1$)를 산화물 촉매로 사용할 경우, 개선된 성능이 기대된다.
- [0117] **-공기 양극의 구조체**
- [0118] 리튬-공기 전지에서 다공성 공기 양극(양극)의 경우 아연-공기 전지와는 달리 공극이 작은 경우 공기 양극의 두께가 두꺼워짐에 따라 전지 용량이 급격히 감소한다. 따라서 공극은 작게 유지하면서도 산소 확산경로가 존재하는 두 가지 상반된 특성을 갖는 특별히 설계된 공기 양극을 제조하는 것이 필요하다.
- [0119] 도 8은 본원의 일 구현예에 따른 공기 양극을 나타내는 모식도로서, 산소투과막과 CNT 층 및 상기 CNT 층상에 담지된 촉매를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0120] 이를 달성하기 위해 탄소나노튜브(CNT)와 카본블랙 및 촉매를 혼합한 활성층과 이온 및 산소의 확산경로를 제공

하는 불활성(inactive) 층의 두 층을 융합시킨 이중층(bi-layer) 공기 양극을 개발할 수 있다.

[0121] 상기 이중층 공기 양극은, 도 9에 나타난 바와 같이, CNT 시트를 교차하여 적층하여 제조하며 이때 적층하는 CNT 시트의 각도 및 층 수를 조절함으로써 공극의 크기를 조절할 수 있다. 도 10에 나타난 바와 같이, 활성층과 비활성층은 3차원 네트워크를 갖고 연결되도록 설계되어 전극표면에 수직한 산소의 확산경로를 갖게 되므로 산소의 확산을 빠르게 할 수 있다.

[0122] <전지 모듈>

[0123] 본원의 일 구현예에 따른 금속-공기 전지 모듈은, 두 개 이상의 상기 본원의 제 1 측면에 따른 금속-공기 전지들 사이에 양극성(bipolar) 플레이트를 삽입하여 스택킹(stack)시켜 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다(도 11).

[0124] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 양극성 플레이트는 외부로부터 공급되는 공기를 상기 금속-공기 전지 각각에 포함된 공기 양극에 공급할 수 있도록 다공성을 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0125] 예를 들어, 상기 양극성(bipolar) 플레이트는 다공성 스테인레스 플레이트, 또는 다공성 세라믹 플레이트를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0126] 일 구현예에 있어서, 리튬-공기 전지는 이론상 높은 에너지 용량을 가지지만 실용화를 위해서는 많은 장벽이 있다. 이를 해결하기 위해서는 전지 구조 설계기술 및 이를 대형으로 스케일업(scale up)하고 대량으로 생산할 수 있는 제조기술 및 실장기술이 필요하다.

[0127] 이와 관련하여, 충·방전 성능 및 효율 향상을 위한 리튬-공기 전지 셀 구조 설계 기술, 개발된 요소기술을 집적하여 전지 구조를 제조하는 전지 집적화 기술, 공기 중 불순물 및 수분 등을 제거할 수 있는 공기 양극 필터 기술, 성능에 편차가 있는 여러 셀을 이용하여 모듈을 구성하는 기술, 외부환경 및 충격으로부터 모듈을 보호하는 패키징 기술 등을 이용하여 대형 금속-공기 전지 모듈을 제조할 수 있다.

[0128]

[0129] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성요소들도 결합된 형태로 실시될 수도 있다.

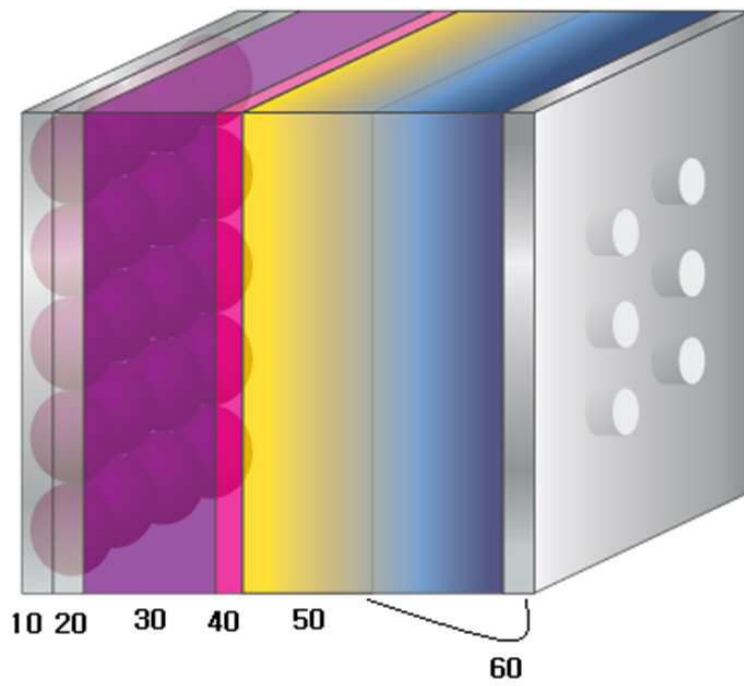
[0130] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위, 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

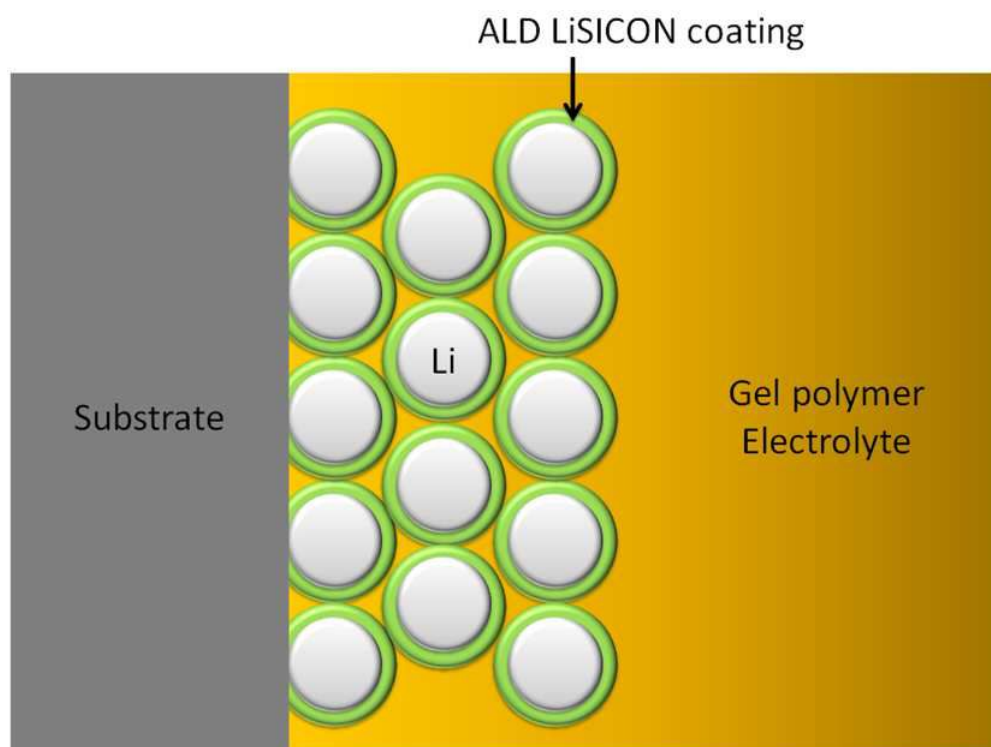
- [0131]
- 10: 금속 음극
 - 20: 버퍼층
 - 30: 고체 금속 이온 전도층
 - 40: 보호층
 - 50: 겔형 고분자 전해질
 - 60: 공기 양극
 - 70: 양극성 플레이트

도면

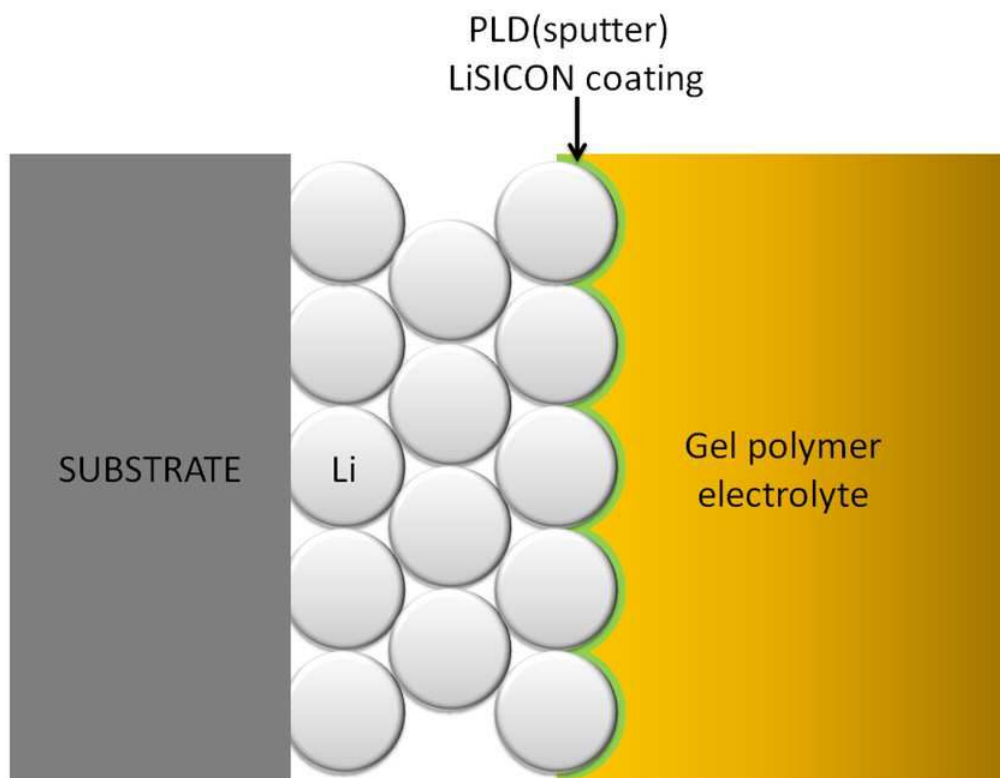
도면1



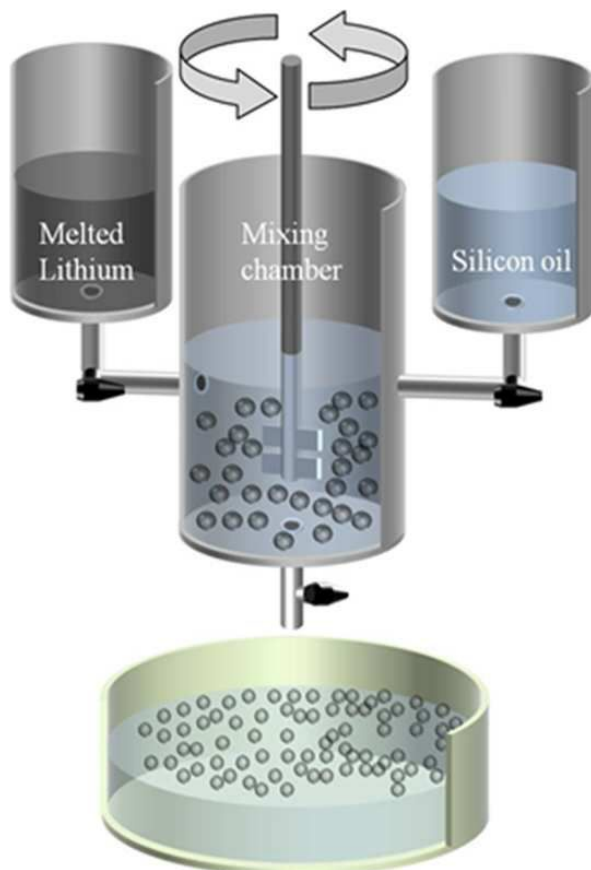
도면2a



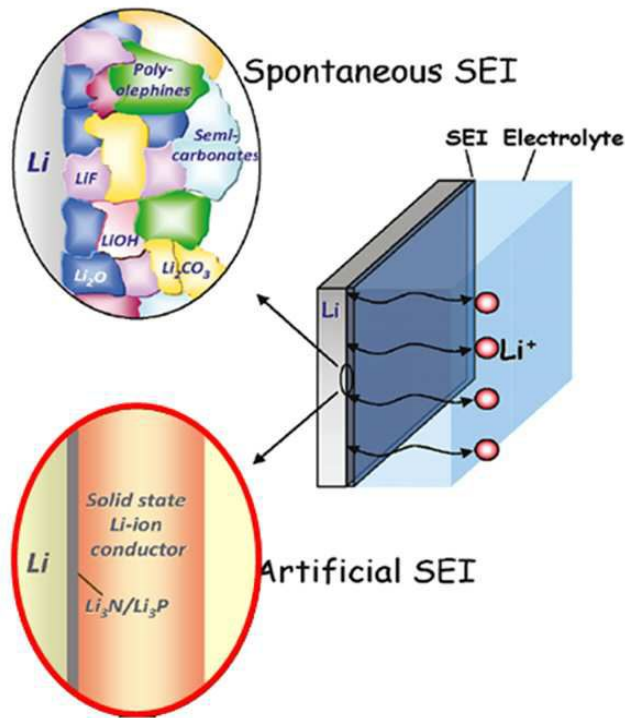
도면2b



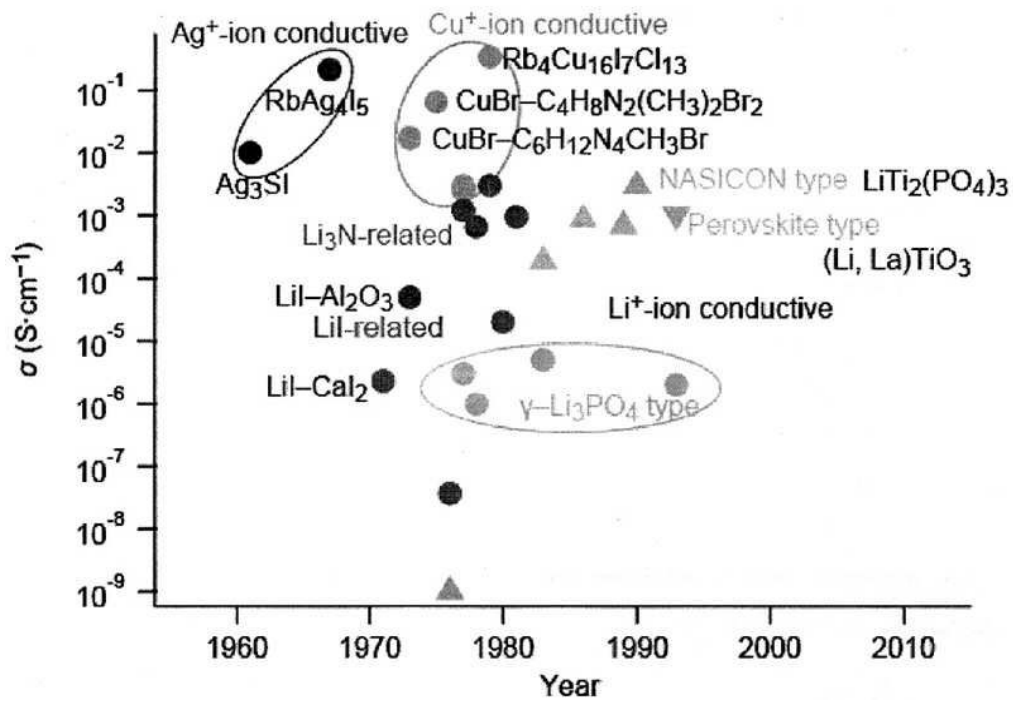
도면2c



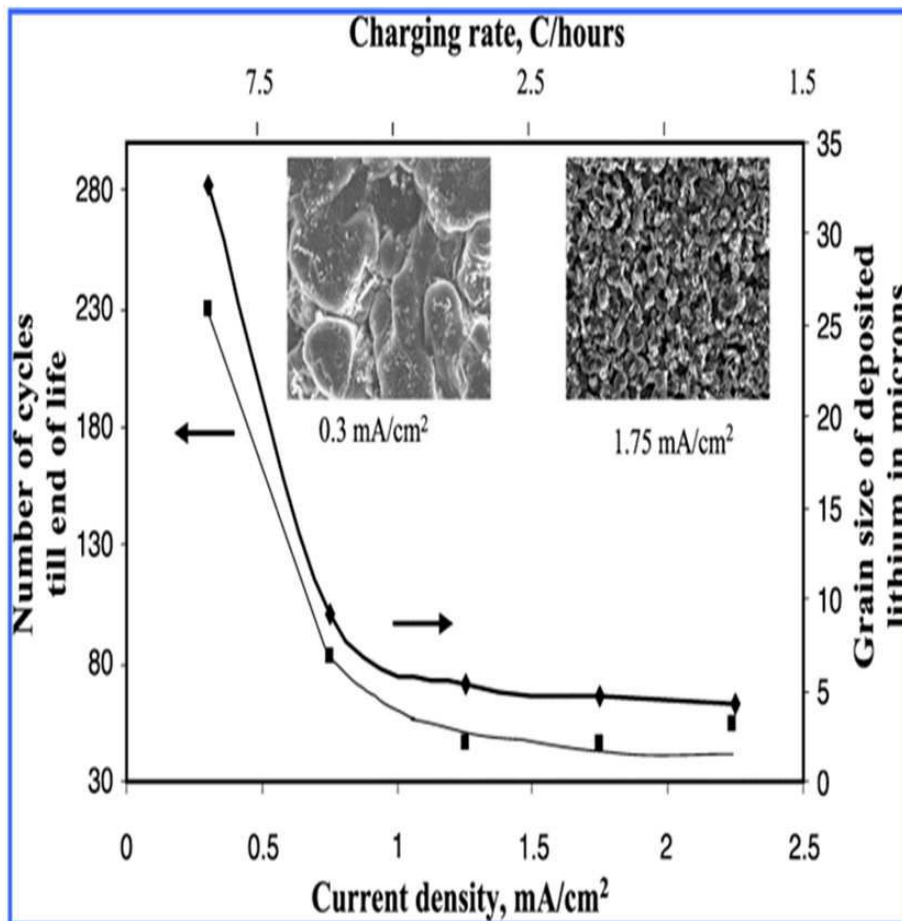
도면3



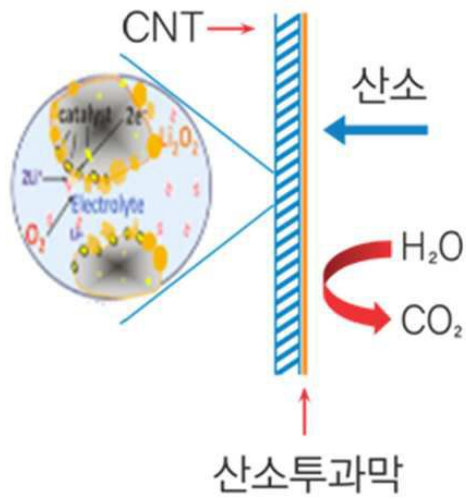
도면4



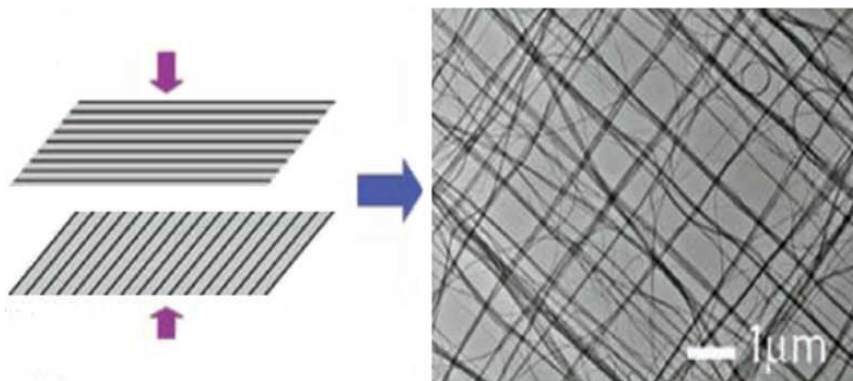
도면5



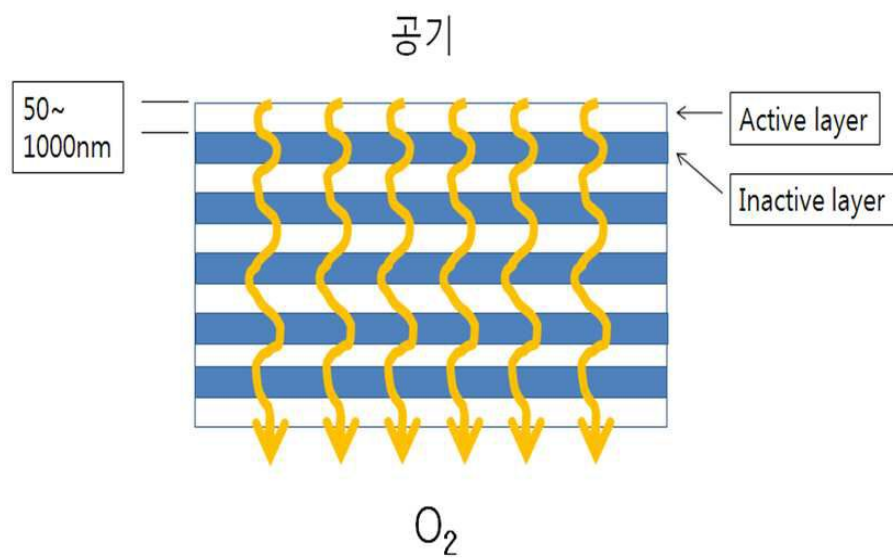
도면8



도면9



도면10



도면11

