(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2024 년 5 월 10 일 (10.05.2024)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2024/096342 A1

(51) 국제특허분류:
C22C 1/08 (2006.01) *C01B 6/04* (2006.01)
C01B 3/00 (2006.01) *C22C 23/00* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2023/015204

(22) 국제출원일: 2023 년 10 월 4 일 (04.10.2023)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2022-0146172 2022 년 11 월 4 일 (04.11.2022) KR
10-2023-0121330 2023 년 9 월 12 일 (12.09.2023) KR

(71) 출원인: 한국과학기술원 (**KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**) [KR/KR]; 34141 대전광역시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR). 사우디 아라비안 오일 컴퍼니 (**SAUDI ARABIAN OIL COMPANY**) [SA/SA]; 31311 다란 사서함 5000, 사우디아람코, Dhahran (SA).

(72) 발명자: 조은선 (**CHO, Eun Seon**); 34141 대전광역시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR). 조용준 (**CHO, Yong Jun**); 34141 대전광역시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR). 아낄자말 (**AQIL, Jamal**); 31311 다란 이스턴주 사서함 6785, 아람코, Dhahran (SA).

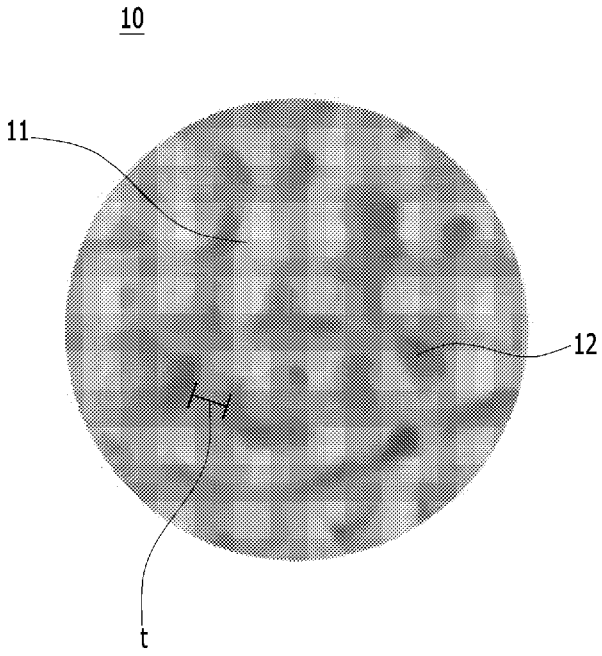
(74) 대리인: 유미특허법인 (**YOU ME PATENT AND LAW FIRM**); 06134 서울특별시 강남구 테헤란로 115, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: POROUS MAGNESIUM STRUCTURE FOR STORING HYDROGEN, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, AND METHOD FOR STORING HYDROGEN

(54) 발명의 명칭: 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체, 제조 방법 및 수소저장 방법



(57) Abstract: Provided are: a porous magnesium structure for storing hydrogen; a method for manufacturing same; and a method for storing hydrogen. The porous magnesium structure for storing hydrogen comprises a magnesium skeleton and pores and has a three-dimensional porous structure, wherein the average thickness of the magnesium skeleton is greater than 0 nm and less than or equal to 200 nm.

(57) 요약서: 마그네슘 골격체 및 기공을 포함하고, 3 차원 다공성 구조를 가지며, 상기 마그네슘 골격체의 평균 두께는 0 nm 초과 내지 200 nm 이하인 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체, 이의 제조 방법 및 수소저장 방법을 제공한다.

WO 2024/096342 A1

[다음 쪽 계속]

공개:
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체, 제조 방법 및 수소저장 방법

기술분야

[1] 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체, 이의 제조 방법 및 수소저장 방법에 관한 것이다.

배경기술

[2] 현재 상용화되어 있는 수소저장 방식은 수소를 고압으로 압축시키거나 초저온에서 저장시키는 물리적 저장 방식이다. 하지만 물리적 수소저장 방식은 저장 과정에서의 큰 에너지 손실, 낮은 부피 저장 밀도, 고가의 탄소 섬유 사용 등의 문제점을 갖는다.

[3] 이를 해결하기 위해 고에너지밀도 및 고안전성의 고체 수소저장 물질로서 금속수소화물, 착수소화합물 등이 널리 연구되고 있으나, 수소 흡수/방출 요구 온도가 너무 높거나 흡수/방출 속도가 너무 느리다는 단점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[4] 일 구현예는 수소의 흡수 및 방출이 낮은 온도에서 빠른 속도로 가능한 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체를 제공한다.

[5] 다른 일 구현예는 친환경적이며 간단한 상기 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법을 제공한다.

[6] 또 다른 일 구현예는 상기 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체를 이용한 수소저장 방법을 제공한다.

과제 해결 수단

[7] 일 구현예에 따르면, 마그네슘 골격체 및 기공을 포함하고, 3차원 다공성 구조를 가지며, 상기 마그네슘 골격체의 평균 두께는 0 nm 초과 내지 200 nm 이하인 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체를 제공한다.

[8] 상기 마그네슘 골격체는 마그네슘 바디 및 상기 마그네슘 바디의 표면에 위치하는 산화막을 포함할 수 있다.

[9] 상기 산화막은 마그네슘 산화물을 포함하고, 상기 마그네슘 산화물은 MgO를 포함할 수 있다.

[10] 상기 마그네슘 바디 및 상기 산화막은 1:1 내지 1:5의 몰비를 가질 수 있다.

[11] 상기 기공의 평균 직경은 20 nm 내지 200 nm 일 수 있다.

[12] 상기 다공성 마그네슘 구조체의 비표면적은 20 m^2/g 내지 40 m^2/g 일 수 있다.

[13] 상기 다공성 마그네슘 구조체는 XRD 패턴에서 35° 내지 40°의 2θ에서 회절 피크를 가질 수 있다.

[14] 상기 마그네슘 골격체의 표면에 위치하는 전이금속을 더 포함할 수 있고, 상기 전이금속은 마그네슘보다 표준환원전위가 높은 금속을 포함할 수 있다.

[15] 다른 일 구현예는 마그네슘-알칼리금속 합금을 용액에 투입하여 탈합금화함으로써 마그네슘 골격체 및 기공을 포함하는 다공성 마그네슘 구조체를 제조하는 단계를 포함하고, 상기 용액은 방향족 화합물이 유기용매에 용해된 것인 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법을 제공한다.

[16] 상기 방향족 화합물은 나프탈렌(naphthalene), 비페닐(biphenyl), 페난트렌(phenanthrene), 안트라센(anthracene) 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[17] 상기 탈합금화는 상기 마그네슘-알칼리금속 합금으로부터 알칼리금속이 탈리된 것일 수 있다.

[18] 상기 탈리된 알칼리금속은 상기 용액 내의 방향족 화합물과 반응하여 부산물을 형성할 수 있다.

[19] 상기 다공성 마그네슘 구조체를 제조하는 단계 이후, 상기 제조된 다공성 마그네슘 구조체와 전이금속 함유 전구체를 혼합하여, 전이금속을 더 포함하는 다공성 마그네슘 구조체를 제조하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[20] 상기 전이금속 함유 전구체는 전이금속의 염화물, 전이금속의 착화합물 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[21] 상기 전이금속 함유 전구체는 상기 제조된 다공성 마그네슘 구조체 100 중량부에 대하여 1 중량부 내지 10 중량부로 혼합될 수 있다.

[22] 상기 전이금속을 더 포함하는 다공성 마그네슘 구조체는 상기 마그네슘 골격체의 표면에 전이금속이 위치한 것일 수 있다.

[23] 또 다른 일 구현예에 따르면, 상기 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체에 수소 기체를 흡수시켜 마그네슘 수소화물을 얻는 단계; 및 상기 마그네슘 수소화물로부터 가역적으로 수소 기체를 방출하는 단계를 포함하는 수소저장 방법을 제공한다.

[24] 상기 흡수는 150 ℃ 내지 200 ℃의 온도에서 수행될 수 있다.

[25] 상기 방출은 250 ℃ 내지 300 ℃의 온도에서 수행될 수 있다.

발명의 효과

[26] 일 구현예에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체는 수소의 흡수 및 방출이 낮은 온도에서 빠른 속도로 가능하므로, 수소저장 물질로서 유용하게 사용될 수 있다. 또한, 상기 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체는 친환경적이며 간단한 방법으로 제조할 수 있으므로, 수소 경제 도래의 가속화에 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[27] 도 1은 일 구현예에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체를 나타낸 개략도이다.

[28] 도 2는 일 구현예에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법을 나타낸 개략도이다.

[29] 도 3은 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 SEM 이미지이다.

[30] 도 4a는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 SEM 이미지이고, 도 4b는 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 SEM 이미지이다.

[31] 도 5는 실시예 1 및 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 XRD 분석 그래프이다.

[32] 도 6a는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 N_2 흡착 곡선이고, 도 6b는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 기공 크기 분포 곡선이고, 도 6c는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 BET 분석 그래프이다.

[33] 도 7a는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 XPS 분석 그래프이고, 도 7b는 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 XPS 분석 그래프이다.

[34] 도 8a는 실시예 1 및 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 수소 흡수 곡선이고, 도 8b는 실시예 1 및 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 수소 방출 곡선이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[35] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 여러 실시예들에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예들에 한정되지 않는다.

[36] 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.

[37] 또한, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다. 도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다. 그리고 도면에서, 설명의 편의를 위해, 일부 층 및 영역의 두께를 과장되게 나타내었다.

[38] 또한, 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다. 또한, 기준이 되는 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 하는 것은 기준이 되는 부분의 위 또는 아래에 위치하는 것이고, 반드시 중력 반대 방향 쪽으로 "위에" 또는 "상에" 위치하는 것을 의미하는 것은 아니다.

[39] 또한, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[40] 일 구현예에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체에 대해 도 1을 참고하여 설명한다.

[41] 도 1은 일 구현예에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체를 나타낸 개략도이다.

[42] 도 1을 참고하면, 일 구현예에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체(10)는 3차원 다공성 구조를 가지는 것으로, 마그네슘 골격체(11) 및 기공(12)을 포함한다. 마그네슘 골격체(11)는 0 nm 초과 내지 200 nm 이하의 평균 두께(t)를 가진다.

[43] 일 구현예에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체(10)는 수소 저장시, 수소 기체가 기공(12)을 통해 빠르게 내부로 확산되고, 마그네슘 골격체(11)의 표면에서 해리되어 수소 원자 형태로 마그네슘 격자 내부로 확산되어 들어간다. 이에 따라, 나노구조화된, 즉, 결정구조가 나노화된 마그네슘 골격체(11)의 짧은 확산 거리로 인해 수소의 흡수 및 방출이 빠르게 가능하며 낮은 온도에서 가능하다. 또한, 상기 다공성 마그네슘 구조체(10)는 후술하는 제조 방법에서와 같이, 다른 복합 소재를 사용하지 않고 마그네슘 자체를 나노구조화시키는 방법으로 제조되므로, 높은 에너지밀도를 가진다.

[44] 마그네슘 골격체(11)의 평균 두께(t)는 0 nm 초과 내지 200 nm 이하일 수 있고, 예컨대 1 nm 내지 200 nm, 1 nm 내지 150 nm, 1 nm 내지 100 nm, 1 nm 내지 50 nm, 1 nm 내지 45 nm, 1 nm 내지 40 nm, 5 nm 내지 35 nm, 5 nm 내지 30 nm 일 수 있다. 마그네슘 골격체(11)가 상기 범위 내의 평균 두께(t)를 가질 경우, 수소의 흡수 및 방출시 격자 내부에서의 수소 원자의 확산 거리를 줄이며, 기공을 통해 수소 기체 또한 원활히 확산되어, 수소의 흡수 및 방출이 빠른 속도로 가능하다.

[45] 상기 마그네슘 골격체(11)는 마그네슘 바디 및 마그네슘 바디의 표면에 위치하는 산화막을 포함할 수 있다.

[46] 산화막은 마그네슘 산화물을 포함할 수 있다. 마그네슘 산화물은 MgO, $Mg(OH)_2$ 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[47] 마그네슘 바디 및 산화막은 1:1 내지 1:5의 몰비를 가질 수 있고, 예컨대 1:1 내지 1:4의 몰비를 가질 수 있다. 상기 몰비는 마그네슘 골격체의 표면 부근의 영역에서 측정된 것일 수 있고, 구체적으로 마그네슘 골격체의 표면으로부터 내부로의 깊이가 1 nm 내지 10 nm인 영역에서 측정된 것일 수 있다. 마그네슘 바디 및 산화막의 몰비가 상기 범위 내인 경우, 두께가 얇은 산화막을 가짐으로써 수소 저장에 매우 유리한 금속성의 표면을 지니며 나노구조화가 잘 이루어진 마그네슘 골격체를 얻을 수 있다. 이에 따라, 수소의 흡수 및 방출이 낮은 온도에서 빠른 속도로 진행되는 다공성 마그네슘 구조체를 확보할 수 있다.

[48] 기공(12)의 평균 직경은 20 nm 내지 200 nm 일 수 있고, 예컨대 25 nm 내지 150 nm, 30 nm 내지 100 nm, 30 nm 내지 80 nm, 35 nm 내지 65 nm, 40 nm 내지 60 nm

일 수 있다. 기공의 평균 직경이 상기 범위 내인 경우, 나노구조화된 마그네슘 골격체(11)의 짧은 확산 거리로 인해 수소의 흡수 및 방출이 빠른 속도로 낮은 온도에서 가능해진다. 여기서, 기공의 평균 직경은 기공의 장축의 직경을 의미한다.

[49] 다공성 마그네슘 구조체(10)의 비표면적은 20 m^2/g 내지 40 m^2/g 일 수 있고, 예컨대 20 m^2/g 내지 30 m^2/g 일 수 있다. 다공성 마그네슘 구조체(10)의 비표면적이 상기 범위 내인 경우 더욱 많은 마그네슘이 수소 기체상에 노출될 수 있어 빠른 속도 및 낮은 온도에서의 수소의 흡수 및 방출이 가능하여, 수소 저장 물질로 유용하게 사용될 수 있다.

[50] 다공성 마그네슘 구조체(10)는 XRD(X-ray diffraction) 패턴에서 35° 내지 40°의 2θ, 예컨대 36° 내지 39°의 2θ에서 회절 피크를 가질 수 있다. 상기 XRD 패턴의 특성은 다공성 마그네슘 구조체(10)가 불순물을 거의 포함하지 않는 순수한 마그네슘으로 이루어짐을 의미한다. 다공성 마그네슘 구조체(10)가 상기 XRD 패턴을 갖는 경우 빠른 속도 및 낮은 온도에서 수소의 흡수 및 방출이 가능하여, 수소 저장 물질로 유용하게 사용될 수 있다.

[51] 다공성 마그네슘 구조체(10)는 마그네슘 골격체(11)의 표면에 위치하는 전이금속을 더 포함할 수 있다.

[52] 전이금속은 수소의 흡수 및 방출 반응에서 촉매 역할을 할 수 있으므로, 다공성 마그네슘 구조체(10) 내에 도입됨으로써 더 빠른 속도로 수소의 흡수 및 방출이 가능해진다. 또한, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 후술하는 바와 같이 비부식성 반응 환경에서 제조되므로, 이러한 환경에서는 전이금속의 도입에 유리한 금속성의 마그네슘 표면을 지니기 때문에 다공성 마그네슘 구조체(10) 내에 촉매 역할을 하는 전이금속을 쉽게 도입할 수 있다.

[53] 전이금속은 마그네슘보다 표준환원전위가 높은 금속이라면 모두 가능하다. 예컨대 Ni, Ti, Co 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[54] 이하에서는, 전술한 다공성 마그네슘 구조체(10)의 제조 방법에 대해 설명한다.

[55] 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체(10)는 비부식성의 용액상에서 제조되는 것으로, 구체적으로 마그네슘-알칼리금속 합금을 용액에 투입하여 탈합금화하는 단계를 포함하여 제조된다. 이때 용액은 방향족 화합물이 유기용매에 용해된 것을 사용한다.

[56] 탈합금화는 마그네슘-알칼리금속 합금으로부터 알칼리금속이 선택적으로 탈리되고, 남은 마그네슘 원자는 자가조립 과정을 통해 나노 크기, 즉 나노미터 수준의 두께를 가진 마그네슘 골격체(11)와 나노미터 수준의 직경을 가진 기공(12)으로 이루어진 다공성 마그네슘 구조체(10)로 성장하는 것을 의미한다.

[57] 종래 다공성 금속을 형성하는 방법들은 주로 부식성의 강산 물질을 사용하여 합금으로부터 탈합금화시키는 것으로, 주로 귀금속이나 전이금속을 대상으로 하였다. 부식성 물질의 사용은 환경 비친화적일 뿐 아니라 마그네슘과 같은 높은 산화 경향을 가진 원소들에는 적용될 수 없다. 마그네슘은 산화에 취약한 원소이

며, 마그네슘 표면의 산화 또는 비활성화는 마그네슘의 수소 저장 성능에 악영향을 끼치므로, 이를 최소화하여 다공성 마그네슘 구조체를 제조하는 것이 중요하다. 다공성 마그네슘 구조체를 부식성의 강산 물질을 이용하거나 산화전극에서 리튬을 탈리시키는 등의 방법으로 탈합금화시켜 제조할 경우, 마그네슘이 산화에 취약하므로 표면을 크게 산화시켜 수소 저장 성능을 저하시키는 문제가 있다.

[58] 일 구현예에서는, 종래의 다공성 금속 합성법과 달리 비부식성의 용액상에서 합성을 진행하여 마그네슘으로도 다공성 금속 구조를 합성하는데 성공하였다. 일 구현예에 따르면, 다공성 마그네슘 구조체(10)는 비부식성 용액에서의 환원적 반응 환경에서 탈합금화를 일으켜 제조된다. 이는 일반적으로 탈합금화를 일으키기 위해 사용되는 부식성 물질이나 전기화학적 설비 없이 제조되므로, 친환경적이며 간단한 공정으로 제조할 수 있으며, 이로 인하여 수소 경제 도래의 가속화에 기여할 수 있다.

[59] 또한, 수소의 흡수 및 방출 반응의 촉매 역할을 하는 전이금속은 부식성 환경에서는 도입이 불가능한 반면, 일 구현예에 따른 비부식성 용액에서의 환원적 반응 환경에서는 전이금속이 탈리되지 않으므로 추가 공정 없이도 동일한 공정에서 다공성 마그네슘 구조체(10) 내에 전이금속을 도입할 수 있다. 따라서, 전이금속이 도입된 다공성 마그네슘 구조체(10)는 수소의 흡수 및 방출을 더욱 가속시킬 수 있다.

[60] 원료로 사용되는 마그네슘-알칼리금속 합금에 있어서, 알칼리금속은 예컨대 Li, Na, K 등을 들 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[61] 방향족 화합물이 유기용매에 용해된 용액에 있어서, 방향족 화합물은 예컨대 2개 이상의 아로마틱 링을 가진 화합물일 수 있다. 구체적으로, 방향족 화합물은 예컨대 나프탈렌(naphthalene), 비페닐(biphenyl), 페난트렌(phenanthrene), 안트라센(anthracene) 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[62] 방향족 화합물이 유기용매에 용해된 용액에 있어서, 유기용매는 방향족 화합물을 용해시킬 수 있는 용매이면 특별히 한정됨이 없이 사용할 수 있다. 유기용매의 예로는 테트라하이드로푸란(THF), 디에틸에테르(diethylether), 헥사메틸포스포르아마이드(HMPA), 1.2-디메톡시에탄(1,2-dimethoxyethane) 등을 들 수 있다.

[63] 탈합금화로 탈리된 알칼리금속은 상기 용액 내의 방향족 화합물과 반응하여 부산물을 형성할 수 있다. 형성된 부산물은 환원제로서 다공성 마그네슘 구조체(10)를 산화로부터 보호하는 역할을 할 수 있다. 또한, 상기 부산물은 환원제로서 나노입자의 합성 등의 공정에 추가적으로 활용이 가능하다.

[64] 구체예로서, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체(10)의 제조 방법을 도 2를 통해 설명한다. 도 2는 설명을 돕기 위한 구체예로서, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법이 여기에 한정되지 않는다.

[65] 도 2는 일 구현예에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법을 나타낸 개략도이다.

[66] 도 2를 참고하면, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체(10)는 1 mm 내지 5 mm 크기의 덩어리(chunk) 형태로 가공된 마그네슘-리튬 합금을 나프탈렌이 THF 용매에 용해된 용액에 투입하여 탈합금화함으로써 제조될 수 있다. 구체적으로, 마그네슘-리튬 합금의 결정 내부의 리튬만 선택적으로 탈리되고, 남은 마그네슘 원자는 자가조립 과정을 통해 나노 크기의 다공성 마그네슘 구조체(10)로 성장한다. 이때, 탈리된 리튬은 나프탈렌과 반응하여 리튬 나프탈레니드(lithium naphthalenide)를 형성할 수 있다. 형성된 리튬 나프탈레니드는 환원제로서 다공성 마그네슘 구조체(10)를 산화로부터 보호하는 역할을 할 수 있다.

[67] 탈합금화 과정에 있어서, 마그네슘-리튬 합금과 상기 용액의 반응은 2일 내지 14일 동안 수행될 수 있다. 상기 범위의 시간 동안 반응시킬 경우, 일 구현예에 따른 소정 범위의 평균 두께를 갖는 마그네슘 골격체와 소정 범위의 평균 직경을 갖는 기공으로 이루어진 다공성 마그네슘 구조체를 제조할 수 있다.

[68] 다른 일 구현예에 따르면, 전술한 바와 같이 탈합금화하여 다공성 마그네슘 구조체를 제조한 다음, 제조된 다공성 마그네슘 구조체(10)와 전이금속 함유 전구체를 혼합하는 단계를 추가적으로 진행할 수 있다. 상기 과정을 추가적으로 진행함에 따라, 전이금속을 더 포함하는 다공성 마그네슘 구조체를 제조할 수 있다.

[69] 상기 전이금속 함유 전구체는 전이금속의 염화물, 전이금속의 착화합물 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 이때 전이금속은 Ni, Ti, Co 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[70] 전이금속의 착화합물은 사이클로펜타디엔 등과 같은 리간드가 중심 금속과 강한 결합을 이룬 화합물일 수 있다.

[71] 전이금속 함유 전구체는 전 단계에서 탈합금화하여 제조된 다공성 마그네슘 구조체 100 중량부에 대하여 1 중량부 내지 10 중량부로 혼합될 수 있고, 예컨대 2 중량부 내지 9 중량부로 혼합될 수 있다. 전이금속 함유 전구체가 상기 범위 내로 혼합될 경우 전이금속이 탈리되지 않고 다공성 마그네슘 구조체 내에 안정적으로 도입될 수 있고, 이에 따라 더 빠른 속도로 수소의 흡수 및 방출이 가능한 다공성 마그네슘 구조체를 확보할 수 있다.

[72] 전술한 방법으로 제조된, 전이금속을 더 포함하는 다공성 마그네슘 구조체는 구체적으로 마그네슘 골격체(11) 및 기공(12)을 포함하고, 상기 마그네슘 골격체(11)의 표면에 전이금속이 위치한 구조를 가질 수 있다.

[73] 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 상온의 용액상 반응에서 제조되므로 쉽게 양산이 가능하며, 대량 생산 또한 용이하다. 또한 일 구현예에 따르면, 마그네슘-알칼리금속 합금을 용액에 투입하여 교반하는 방법으로 쉽게 탈합금화를 일으킬 수 있으므로, 제조 방법이 쉽고 간단하다.

[74] 이하에서는 전술한 다공성 마그네슘 구조체(10)를 이용하여 수소를 저장하는 방법을 설명한다.

[75] 일 구현예에 따른 수소 저장 방법은 전술한 다공성 마그네슘 구조체(10) 내에 수소를 흡수시키고 가역적으로 방출시키는 과정으로 수행된다. 구체적으로, 전

술한 다공성 마그네슘 구조체(10)에 소정의 온도에서 수소 기체를 가하면 수소가 흡수되면서 마그네슘 수소화물이 얻어지고, 이어서 온도를 올리고 수소 기체를 제거하면 상기 마그네슘 수소화물로부터 가역적으로 수소 기체가 방출되는 과정으로 수행될 수 있다.

[76] 수소 기체의 흡수는 150℃ 내지 200℃의 온도에서 수행될 수 있고, 예컨대 160℃ 내지 190℃의 온도에서 수행될 수 있다. 수소 기체의 방출은 250℃ 내지 300℃의 온도에서 수행될 수 있고, 예컨대 260℃ 내지 290℃의 온도에서 수행될 수 있다. 상기 온도 범위와 같이 낮은 온도에서도 수소의 흡수 및 방출이 빠른 속도로 가능함으로써, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 수소 저장 물질로 유용하게 사용될 수 있다.

[77] 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 상기 다공성 마그네슘 구조체의 전체 중량 대비 약 5%의 수소를 40분 내에 흡수 및 방출하는 것이 가능하다.

발명의 실시를 위한 형태

[78] 이하 실시예를 통하여 상술한 구현예를 보다 상세하게 설명한다. 다만 하기의 실시예는 단지 설명의 목적을 위한 것이며 권리범위를 제한하는 것은 아니다.

[79] **(다공성 마그네슘 구조체의 제조)**

[80] **실시예 1**

[81] Mg-Li 합금($Mg_{15}Li_{85}$, ㈜니바코퍼레이션)을 상기 합금 100mg 당 0.16 M의 나프탈렌이 테트라하이드로푸란(THF) 용매에 용해된 용액 110 mL에 투입하고 교반하여 5일 동안 반응시켜 탈합금화함으로써 다공성 마그네슘 구조체를 제조하였다.

[82] **비교예 1**

[83] 양극으로서 Mg-Li 합금 호일 및 음극으로서 Li 호일을 배치하고, 1.5V 전압을 가하여 전기화학적 방법으로 탈합금화함으로써 다공성 마그네슘 구조체를 제조하였다. 구체적으로, 전압을 가하면, 양극에서는 Mg-Li 합금으로부터 Li이 선택적으로 제거되어 다공성 마그네슘 구조체가 생성되며, 음극에서는 상기 제거된 Li이 수지상(dendrite)으로 성장하였다.

[84]

[85] **평가 1: SEM 분석**

[86] 실시예 1 및 비교예 1에 따른 다공성 마그네슘 구조체의 구조를 확인하기 위해 SEM(주사전자현미경) 분석을 진행하였고, 그 결과를 도 3 내지 도 4b에 나타내었다.

[87] 도 3은 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 SEM(주사전자현미경) 이미지이다.

[88] 도 3을 참고하면, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 마그네슘 골격체 및 기공을 포함하고 3차원 다공성 구조를 가지며, 마그네슘 골격체의 평균 두께가 50 nm 이하임을 확인할 수 있다.

[89] 도 4a는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 SEM 이미지이고, 도 4b는 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 SEM 이미지이다.

[90] 도 4a 및 4b를 참고하면, 실시예 1에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 마그네슘 골격체 및 기공의 크기가 모두 나노 수준을 갖는 반면, 비교예 1의 경우 기공이 나노 수준을 벗어난 크기로 매우 크며 기공 크기의 편차도 매우 큼을 볼 수 있다.

[91]

[92] **평가 2: XRD 분석**

[93] 실시예 1 및 비교예 1에 따른 다공성 마그네슘 구조체의 결정구조를 확인하기 위해 XRD(X선 회절) 분석을 진행하였고, 그 결과를 도 5에 나타내었다.

[94] 도 5는 실시예 1 및 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 XRD 분석 그래프이다.

[95] 도 5를 참고하면, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 XRD 패턴에서 35° 내지 40°의 2θ에서 회절 피크를 가짐을 볼 수 있는 바, Mg의 결정구조가 잘 형성되었음을 알 수 있다.

[96]

[97] **평가 3: 비표면적 분석**

[98] 실시예 1에 따른 다공성 마그네슘 구조체의 비표면적을 BET(Brunauer-Emmett-Teller; BET)법으로 측정하였고, 그 결과를 도 6a 내지 6c에 나타내었다.

[99] 도 6a는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 N_2 흡착 곡선이고, 도 6b는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 기공 크기 분포 곡선이고, 도 6c는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 BET 분석 그래프이다.

[100] 도 6a 내지 6c를 참고하면, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 20 m^2/g 내지 40 m^2/g 범위의 비표면적을 가짐으로써, 수소의 흡수 및 방출이 빠른 속도로 낮은 온도에서 가능함을 알 수 있다.

[101]

[102] **평가 4: XPS 분석**

[103] 실시예 1 및 비교예 1에 따른 다공성 마그네슘 구조체에서의 산화막 구조를 확인하기 위하여 XPS(x선 광전자 분광법) 분석(Mg 2p XPS)을 진행하였고, 그 결과를 도 7a 및 7b에 나타내었다.

[104] 도 7a는 실시예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 XPS 분석 그래프이고, 도 7b는 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 XPS 분석 그래프이다.

[105] 도 7a 및 7b를 참고하면, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 마그네슘 바디와 그 표면에 위치한 산화막을 모두 포함함을 알 수 있다. 또한, 실시예 1의 경우 마그네슘 골격체의 표면으로부터 내부로의 깊이가 1 nm 내지 10 nm인 영

역에서 마그네슘 바디와 산화막의 몰비 함량이 약 1:2 정도로서, 일 구현예에 따른 1:1 내지 1:5의 몰비 범위 내임을 알 수 있다. 반면, 비교예 1의 경우 마그네슘 바디와 산화막의 몰비 함량은 약 1:6 정도임을 보였다. 이로부터, 일 구현예에 따른 다공성 마그네슘 구조체는 상대적으로 두께가 얇은 산화막을 가짐을 알 수 있고, 이에 따라 수소의 흡수 및 방출이 낮은 온도에서 빠른 속도로 가능함을 예상할 수 있다.

[106]

[107] **평가 5: 수소의 흡수 및 방출 속도**

[108] 실시예 1 및 비교예 1에 따른 다공성 마그네슘 구조체에 대하여 수소의 흡수 및 방출 속도를 확인하여, 그 결과를 도 8a 및 8b에 나타내었다.

[109] 압력/부피 기반 측정 방식의 Sievert apparatus로 측정하였고, 수소의 흡수는 200℃ 및 16 bar의 수소 가압 환경에서 수행되었고, 수소의 방출은 300℃ 및 0 bar의 정적 진공 환경에서 수행되었다.

[110] 도 8a는 실시예 1 및 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 수소 흡수 곡선이고, 도 8b는 실시예 1 및 비교예 1에 따른 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 수소 방출 곡선이다.

[111] 도 8a 및 8b를 참고하면, 실시예 1에 따른 다공성 마그네슘 구조체의 경우 비교예 1 대비 수소의 흡수 및 방출 모두 빠른 속도로 가능함을 확인할 수 있다.

[112] 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.

청구범위

[청구항 1] 마그네슘 골격체 및 기공을 포함하고,
3차원 다공성 구조를 가지며,
상기 마그네슘 골격체의 평균 두께는 0 nm 초과 내지 200 nm 이하인 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체.

[청구항 2] 제1항에서,
상기 마그네슘 골격체는 마그네슘 바디 및 상기 마그네슘 바디의 표면에 위치하는 산화막을 포함하는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체.

[청구항 3] 제2항에서,
상기 산화막은 마그네슘 산화물을 포함하고,
상기 마그네슘 산화물은 MgO를 포함하는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체.

[청구항 4] 제2항에서,
상기 마그네슘 바디 및 상기 산화막은 1:1 내지 1:5의 몰비를 갖는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체.

[청구항 5] 제1항에서,
상기 기공의 평균 직경은 20 nm 내지 200 nm인 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체.

[청구항 6] 제1항에서,
상기 다공성 마그네슘 구조체의 비표면적은 30 m^2/g 내지 40 m^2/g인 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체.

[청구항 7] 제1항에서,
상기 다공성 마그네슘 구조체는 XRD 패턴에서 35° 내지 40°의 2θ에서 회절 피크를 갖는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체.

[청구항 8] 제1항에서,
상기 마그네슘 골격체의 표면에 위치하는 전이금속을 더 포함하는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체.

[청구항 9] 제8항에서,
상기 전이금속은 마그네슘보다 표준환원전위가 높은 금속을 포함하는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체.

[청구항 10] 마그네슘-알칼리금속 합금을 용액에 투입하여 탈합금화함으로써 마그네슘 골격체 및 기공을 포함하는 다공성 마그네슘 구조체를 제조하는 단계를 포함하고,
상기 용액은 방향족 화합물이 유기용매에 용해된 것인 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법.

[청구항 11] 제10항에서,

상기 방향족 화합물은 나프탈렌(naphthalene), 비페닐(biphenyl), 페난트렌(phenanthrene), 안트라센(anthracene) 또는 이들의 조합을 포함하는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법.

[청구항 12] 제10항에서,
상기 탈합금화는 상기 마그네슘-알칼리금속 합금으로부터 알칼리금속이 탈리되는 것인 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법.

[청구항 13] 제12항에서,
상기 탈리된 알칼리금속은 상기 용액 내의 방향족 화합물과 반응하여 부산물을 형성하는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법.

[청구항 14] 제10항에서,
상기 다공성 마그네슘 구조체를 제조하는 단계 이후,
상기 제조된 다공성 마그네슘 구조체와 전이금속 함유 전구체를 혼합하여, 전이금속을 더 포함하는 다공성 마그네슘 구조체를 제조하는 단계를 더 포함하는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법.

[청구항 15] 제14항에서,
상기 전이금속 함유 전구체는 전이금속의 염화물, 전이금속의 착화합물 또는 이들의 조합을 포함하는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법.

[청구항 16] 제14항에서,
상기 전이금속 함유 전구체는 상기 제조된 다공성 마그네슘 구조체 100 중량부에 대하여 1 중량부 내지 10 중량부로 혼합되는 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법.

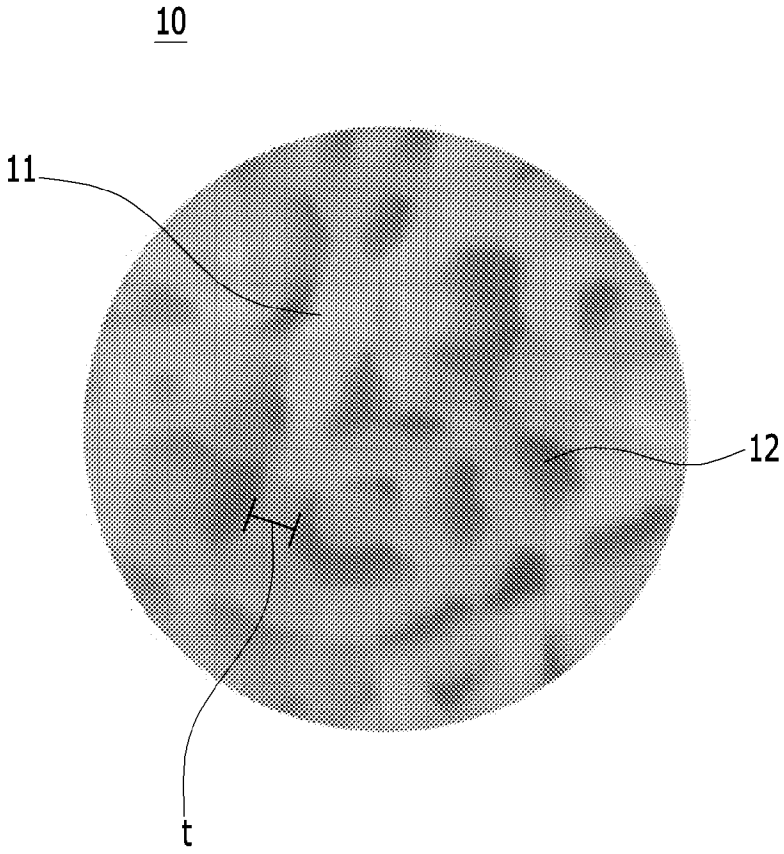
[청구항 17] 제14항에서,
상기 전이금속을 더 포함하는 다공성 마그네슘 구조체는 상기 마그네슘 골격체의 표면에 전이금속이 위치하는 것인 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체의 제조 방법.

[청구항 18] 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 수소저장용 다공성 마그네슘 구조체에 수소 기체를 흡수시켜 마그네슘 수소화물을 얻는 단계; 및
상기 마그네슘 수소화물로부터 가역적으로 수소 기체를 방출하는 단계를 포함하는 수소저장 방법.

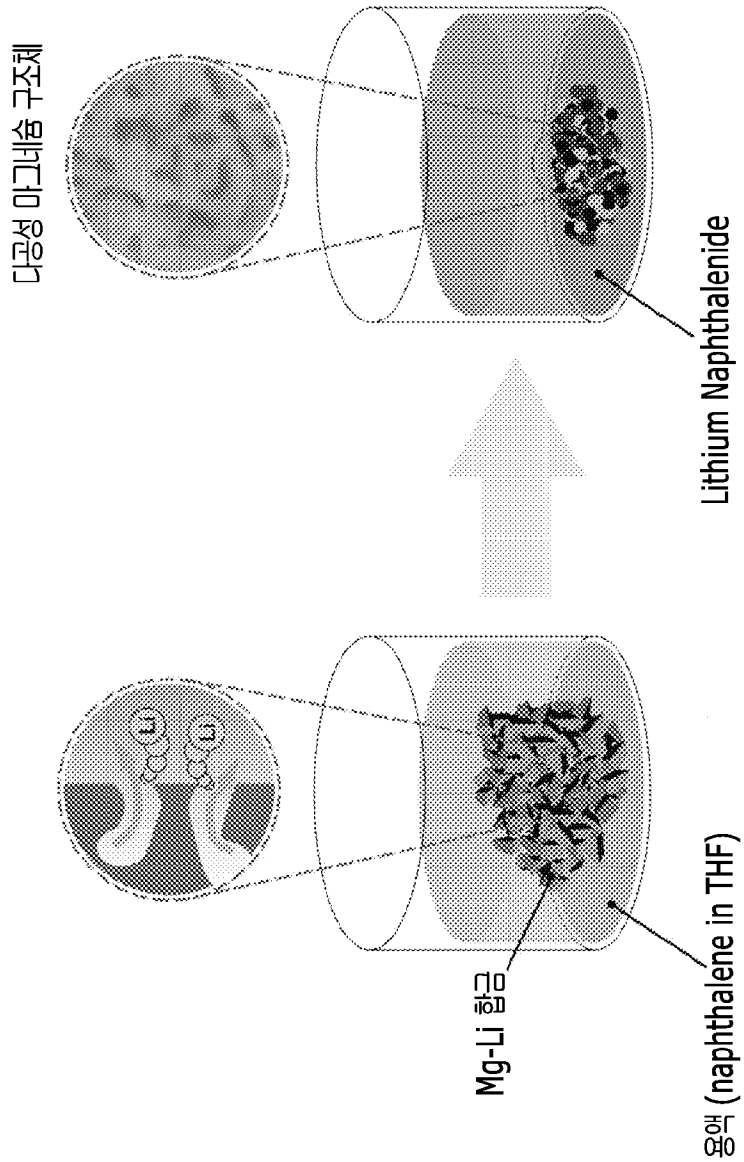
[청구항 19] 제18항에서,
상기 흡수는 150℃ 내지 200℃의 온도에서 수행되는 수소저장 방법.

[청구항 20] 제18항에서,
상기 방출은 250℃ 내지 300℃의 온도에서 수행되는 수소저장 방법.

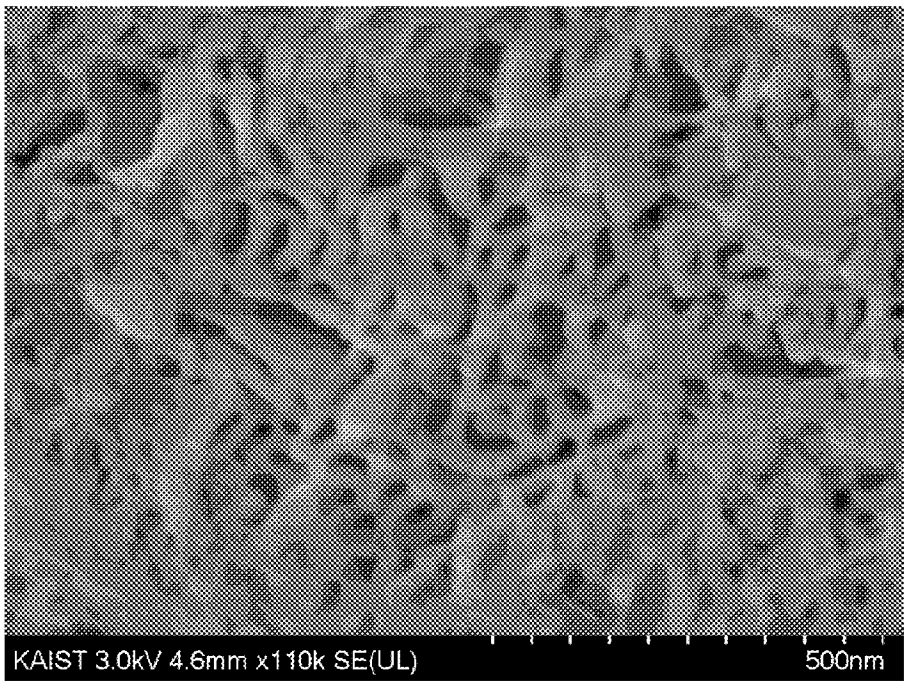
[도1]



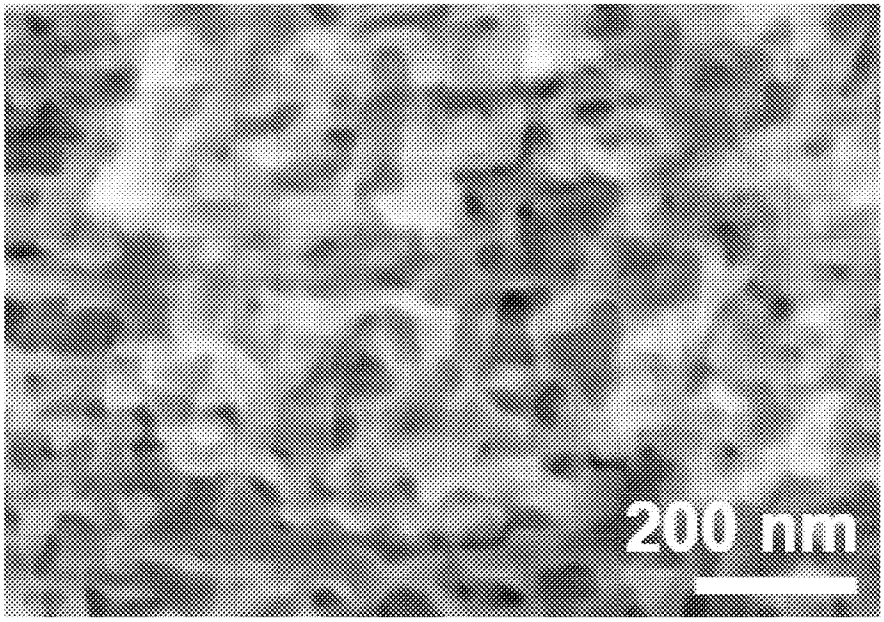
[도2]


다공성 마그네슘 구조체
Lithium Naphthalenide
Mg-Li 합금
용액 (naphthalene in THF)

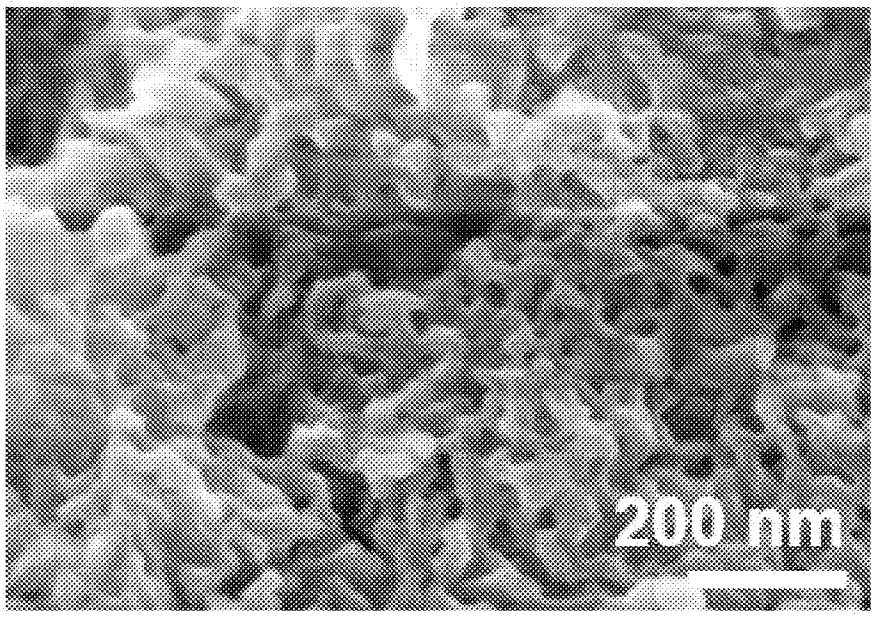
[도3]



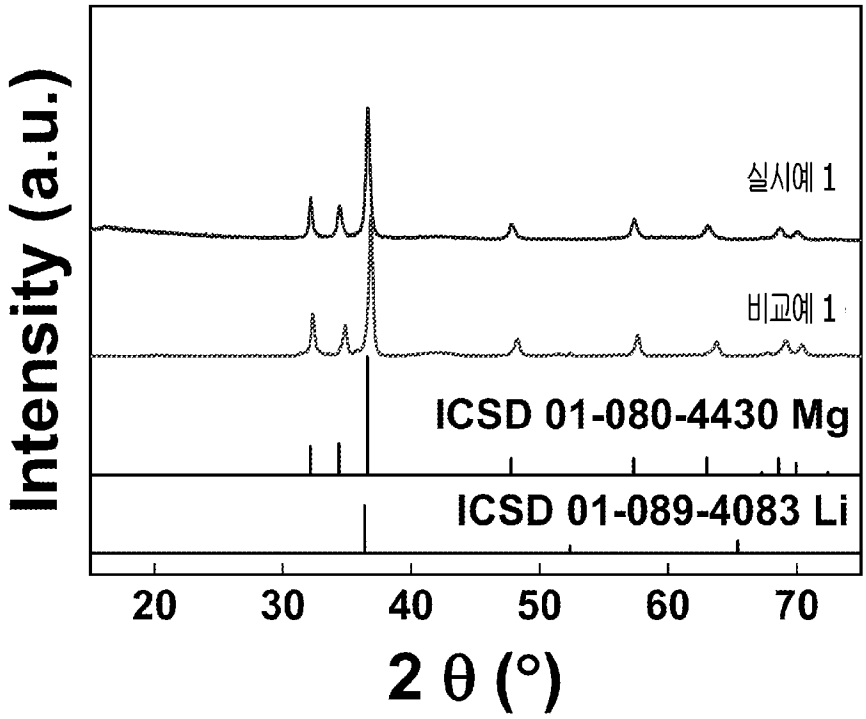
[도4a]



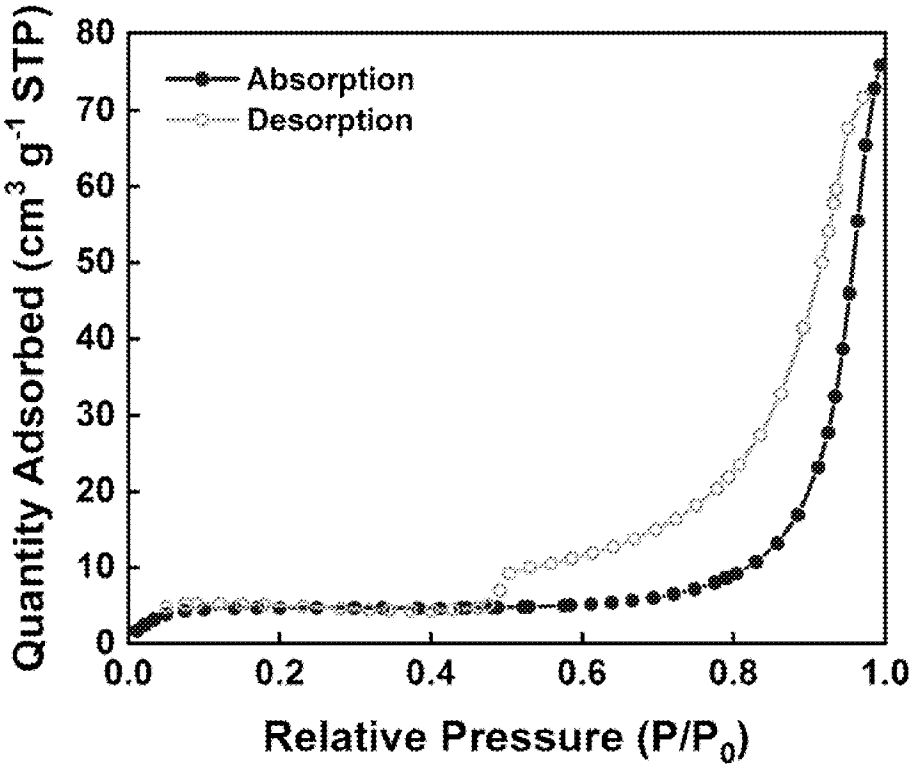
[도4b]


200 nm

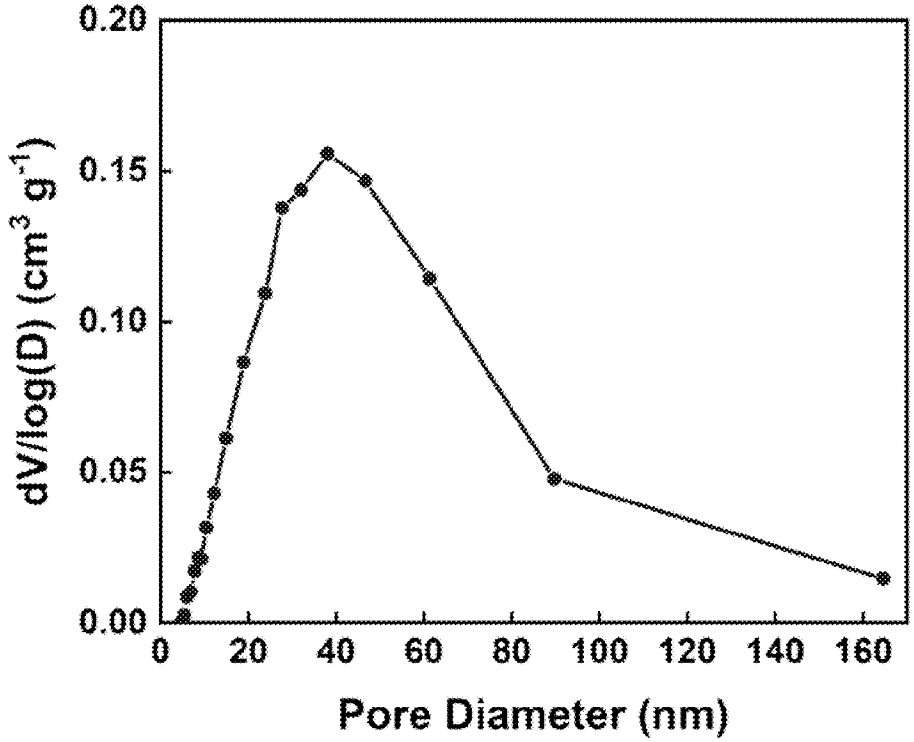
[도5]


Intensity (a.u.)
실시예 1
비교예 1
ICSD 01-080-4430 Mg
ICSD 01-089-4083 Li
20
30
40
50
60
70
2 θ (°)

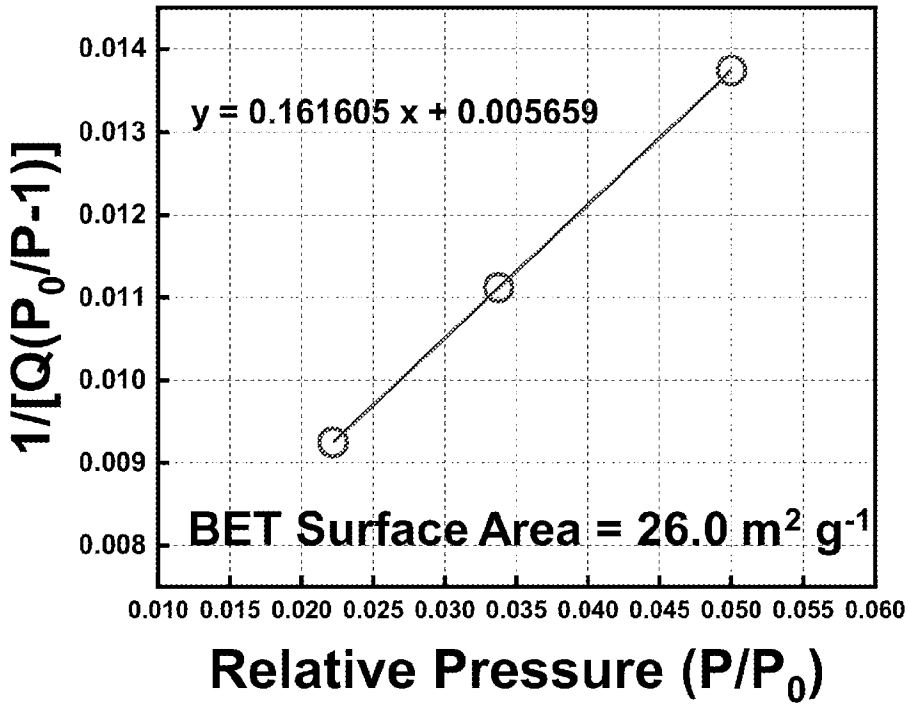
[도6a]


Absorption
Desorption
Quantity Adsorbed (cm3 g-1 STP)
Relative Pressure (P/P0)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

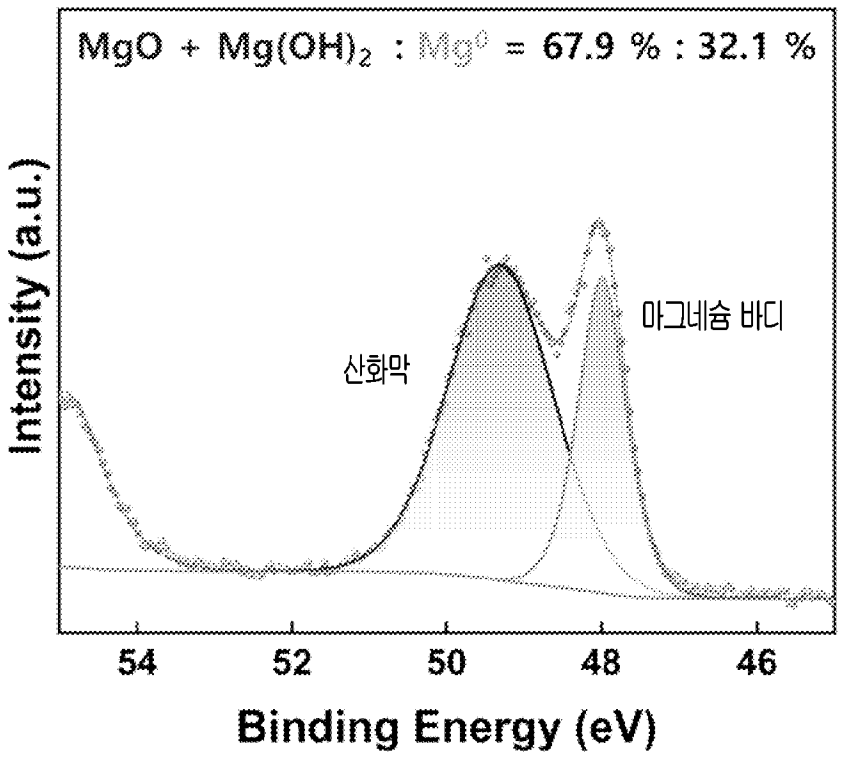
[도6b]


dV/log(D) (cm3 g-1)
Pore Diameter (nm)
0.00
0.05
0.10
0.15
0.20
0
20
40
60
80
100
120
140
160

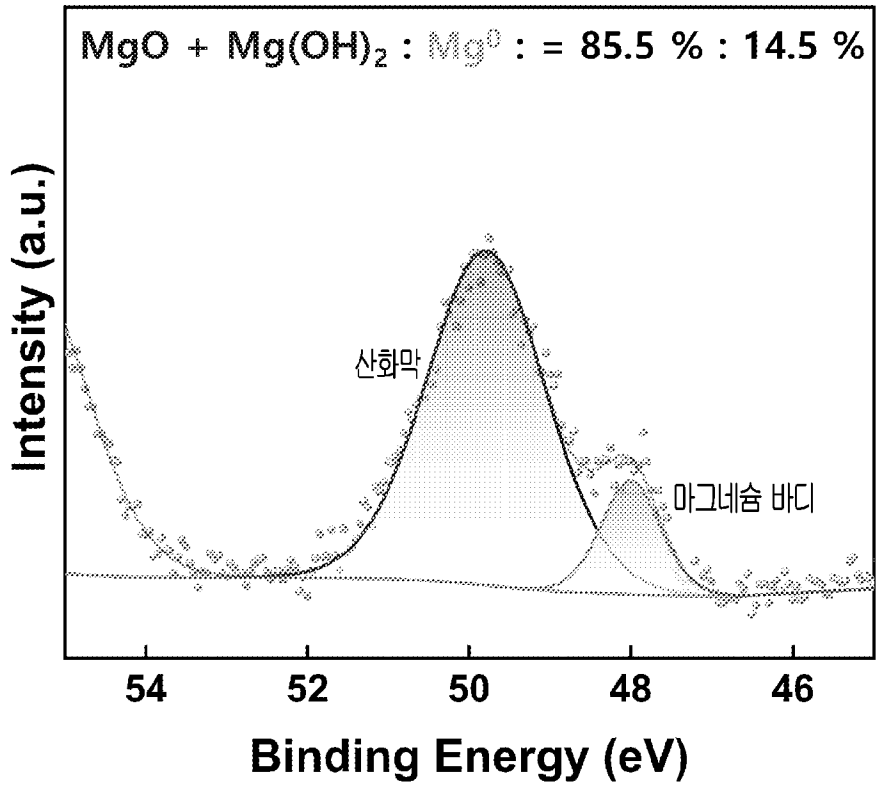
[도6c]


y = 0.161605 x + 0.005659
BET Surface Area = 26.0 m² g⁻¹
1/[Q(P0/P-1)]
Relative Pressure (P/P0)
0.014
0.013
0.012
0.011
0.010
0.009
0.008
0.010 0.015 0.020 0.025 0.030 0.035 0.040 0.045 0.050 0.055 0.060

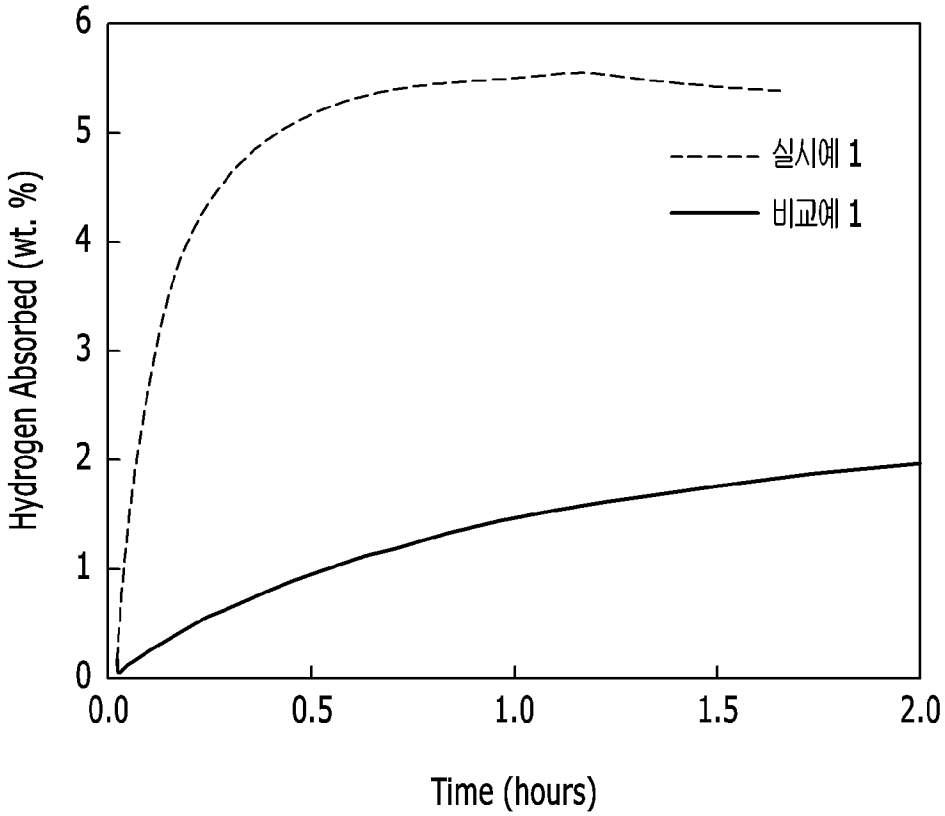
[도7a]


MgO + Mg(OH)2 : Mg0 = 67.9 % : 32.1 %
Intensity (a.u.)
산화막
마그네슘 바디
54
52
50
48
46
Binding Energy (eV)

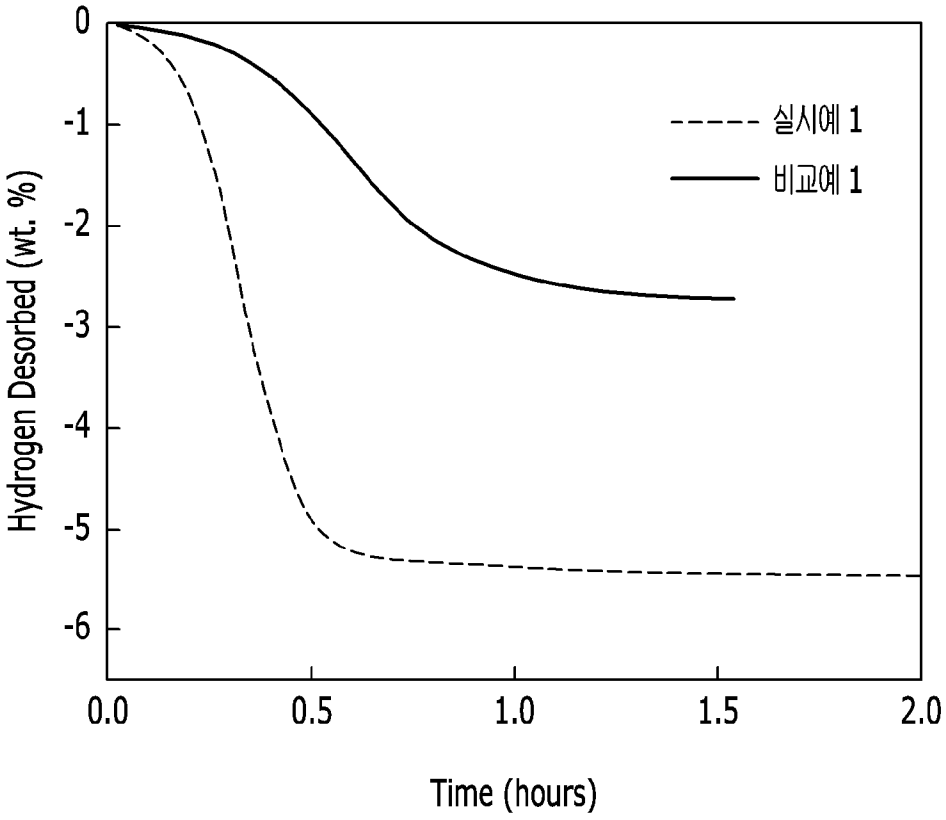
[도7b]


MgO + Mg(OH)2 : Mg0 : = 85.5 % : 14.5 %
Intensity (a.u.)
산화막
마그네슘 바디
54
52
50
48
46
Binding Energy (eV)

[도8a]


Hydrogen Absorbed (wt. %)
0
1
2
3
4
5
6
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
Time (hours)
실시예 1
비교예 1

[도8b]


0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
Hydrogen Desorbed (wt. %)
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
Time (hours)
실시예 1
비교예 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2023/015204

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 1/08(2006.01)i; **C01B 3/00**(2006.01)i; **C01B 6/04**(2006.01)i; **C22C 23/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C 1/08(2006.01); B22F 1/00(2006.01); C01B 3/00(2006.01); C01F 5/00(2006.01); C22B 26/12(2006.01); C22B 7/00(2006.01); C25D 11/00(2006.01); C25F 3/14(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above
Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & keywords: 마그네슘(magnesium), 다공성(porous), 추출(leach), 수소저장(hydrogen storage), 알카리금속(alkali metal)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2009-101394 A2 (CERAM RESEARCH LIMITED) 20 August 2009 (2009-08-20) See page 5, lines 1-22 and claims 1-2, 4, 11-12 and 30.	1-7,18-20
Y		8-17
Y	KR 10-0811116 B1 (KOREA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 06 March 2008 (2008-03-06) See claims 1-3.	8-9,14-17
Y	CN 113846235 A (INSTITUTE OF CHEMISTRY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 28 December 2021 (2021-12-28) See claim 3.	10-17
A	KR 10-2389205 B1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 21 April 2022 (2022-04-21) See claims 1, 11 and 18-20.	1-20

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"D" document cited by the applicant in the international application
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 January 2024	**11 January 2024**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208**	
Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2023/015204

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-202230 A (TOKYO METROPOLITAN UNIV.) 13 October 2011 (2011-10-13) See claims 1 and 4.	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2023/015204

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2009-101394 A2	20 August 2009	WO 2009-101394 A3	15 July 2010
KR 10-0811116 B1	06 March 2008	AT 550294 T	15 April 2012
		EP 1923350 A2	21 May 2008
		EP 1923350 A3	07 January 2009
		EP 1923350 B1	21 March 2012
		JP 2008-120675 A	29 May 2008
		JP 4918463 B2	18 April 2012
		US 2008-0111105 A1	15 May 2008
		US 7871537 B2	18 January 2011
CN 113846235 A	28 December 2021	CN 113846235 B	21 October 2022
KR 10-2389205 B1	21 April 2022	None	
JP 2011-202230 A	13 October 2011	None	

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2023/015204

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

C22C 1/08(2006.01)i; **C01B 3/00**(2006.01)i; **C01B 6/04**(2006.01)i; **C22C 23/00**(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

C22C 1/08(2006.01); B22F 1/00(2006.01); C01B 3/00(2006.01); C01F 5/00(2006.01); C22B 26/12(2006.01); C22B 7/00(2006.01); C25D 11/00(2006.01); C25F 3/14(2006.01)

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 마그네슘(magnesium), 다공성(porous), 추출(leach), 수소저장(hydrogen storage), 알카리금속(alkali metal)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	WO 2009-101394 A2 (CERAM RESEARCH LIMITED) 2009.08.20 페이지 5, 라인 1-22 및 청구항 1-2, 4, 11-12, 30	1-7,18-20
Y		8-17
Y	KR 10-0811116 B1 (한국과학기술연구원) 2008.03.06 청구항 1-3	8-9,14-17
Y	CN 113846235 A (INSTITUTE OF CHEMISTRY, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 2021.12.28 청구항 3	10-17
A	KR 10-2389205 B1 (한국과학기술원) 2022.04.21 청구항 1, 11, 18-20	1-20
A	JP 2011-202230 A (TOKYO METROPOLITAN UNIV.) 2011.10.13 청구항 1, 4	1-20

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☑ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌
"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌
"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌
"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌
"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌
"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌
"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌
"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.
"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2024년01월11일(11.01.2024)	**2024년01월11일(11.01.2024)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 **+82-42-481-8578**

심사관

박태욱

전화번호 **+82-42-481-3405**

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2023/015204

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
WO 2009-101394 A2	2009/08/20	WO 2009-101394 A3	2010/07/15
KR 10-0811116 B1	2008/03/06	AT 550294 T	2012/04/15
		EP 1923350 A2	2008/05/21
		EP 1923350 A3	2009/01/07
		EP 1923350 B1	2012/03/21
		JP 2008-120675 A	2008/05/29
		JP 4918463 B2	2012/04/18
		US 2008-0111105 A1	2008/05/15
		US 7871537 B2	2011/01/18
CN 113846235 A	2021/12/28	CN 113846235 B	2022/10/21
KR 10-2389205 B1	2022/04/21	없음	
JP 2011-202230 A	2011/10/13	없음	