



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0070309
(43) 공개일자 2012년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C01B 31/02 (2006.01) *C01B 3/00* (2006.01)

B01J 20/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0131816

(22) 출원일자 2010년12월21일

심사청구일자 2010년12월21일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동,
충남대학교)

(72) 발명자

이영석

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 503동 1101호
(전민동, 엑스포아파트)

이성규

대전광역시 대덕구 계족로663번길 23, 유원아파
트 4동 1107호 (법동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이동희

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 이온화 금속촉매가 도입된 수소저장용 탄소재 및 그 제조방법

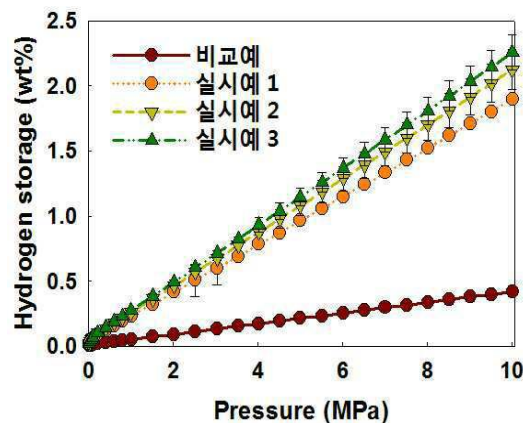
(57) 요약

이온화 금속촉매가 도입된 수소저장용 탄소재 및 그 제조방법이 개시된다.

본 발명에 따른 수소저장용 탄소재의 제조방법은 (1) 수산화물 용액을 제조하는 제1단계; (2) 상기 제1단계의 과정을 통하여 제조된 수산화물 용액에 금속촉매를 용해시켜 이온화하는 제2단계; (3) 상기 제2단계의 과정을 통하여 얻어진 혼합액에 탄소재를 담지하고 교반하는 제3단계; (4) 상기 제3단계의 과정을 통하여 얻어진 혼합물을 열처리하는 제4단계; 및 (5) 상기 제4단계의 과정을 통하여 열처리된 탄소재를 세척 및 건조하는 제5단계;를 포함하여 이루어진다.

본 발명에 의한 경우 이온화된 금속촉매가 탄소재의 내·외부에 고르게 도입되므로 탄소재의 표면뿐 아니라, 탄소재의 기공 내부로도 원활하게 수소저장을 유도할 수 있게 되어, 탄소재의 수소저장능력이 월등히 향상된다.

대표도 - 도6



(72) 발명자

강석창

대전광역시 동구 옥천로180번길 47-2, 주공아파트
104동 207호 (관암동)

임지선

대전광역시 대덕구 홍도로 103 (중리동)

특허청구의 범위

청구항 1

- (1) 수산화물 용액을 제조하는 제1단계;
- (2) 상기 제1단계의 과정을 통하여 제조된 수산화물 용액에 금속촉매를 용해시켜 이온화하는 제2단계;
- (3) 상기 제2단계의 과정을 통하여 얻어진 혼합액에 탄소재를 담지하고 교반하는 제3단계;
- (4) 상기 제3단계의 과정을 통하여 얻어진 혼합물을 열처리하는 제4단계; 및
- (5) 상기 제4단계의 과정을 통하여 열처리된 탄소재를 세척 및 건조하는 제5단계;를 포함하여 이루어지는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

수산화물 용액을 제조하는 상기 제1단계는 수산화물을 용매에 용해시켜 제조하는 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 수산화물은 수산화칼륨, 수산화나트륨, 수산화리튬, 수산화루비듐, 수산화세슘 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1단계의 과정을 통하여 제조되는 수산화물 용액의 농도는 2 내지 10M의 범위인 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2단계의 과정을 통하여 수산화물 용액에 용해되는 금속촉매는 금속산화물촉매인 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 금속산화물촉매는 산화아연(ZnO_2), 산화구리(CuO_2), 산화바나듐(V_2O_5), 산화철(Fe_2O_3), 산화망간(MnO_2), 산화마그네슘(MgO_2), 산화크롬(CrO_2), 산화알루미늄(AlO_2) 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

수산화물 용액에 금속촉매를 용해시켜 이온화하는 상기 제2단계에서 상기 수산화물 용액과 금속촉매의 혼합비율은 99 내지 75 : 1 내지 25 wt%인 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제3단의 탄소재는 단일벽 탄소나노튜브, 이중벽 탄소나노튜브, 다중벽 탄소나노튜브, 탄소섬유, 카본블랙, 그래파이트, 차(char), 코일(coal), 타르(tar), 폴리아크릴로니트릴 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

혼합액에 탄소재를 담지하고 교반하는 상기 제3단계는 0.5 내지 5 시간 동안 이루어지는 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제4단계에서 이루어지는 열처리는 5 내지 10 °C/min의 속도로 승온시키고, 최종적으로 700 내지 900°C의 온도범위에서 이루어지는 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 제4단계에서 이루어지는 열처리는 0.5 내지 3 시간 동안 이루어지는 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 제5단계에서 이루어지는 세척은 증류수를 통하여 이루어지며, 세척 후 세척액의 pH가 중성이 될 때까지 이루어지는 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재의 제조방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항의 제조방법에 의하여 제조되는 것을 특징으로 하는 수소저장용 탄소재.

명세서

기술분야

본 발명은 이온화 금속촉매가 도입된 수소저장용 탄소재 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 이온화된 금속촉매가 탄소재의 내·외부에 고르게 도입되어 수소저장능력을 증가시킬 수 있는 수소저장용 탄소

재 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 석유자원의 고갈에 따른 대체에너지원으로써 수소에너지에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히 에너지원의 대부분을 해외에 의존하는 우리나라의 경우 대체에너지개발이 국가의 사활을 좌우하는 명제로 부상하고 있다. 수소에너지는 물을 이용하여 생성되는 무공해 청정에너지이며, 석유 등 화석연료의 대체에너지이고, 무한자원인 물을 이용하는 무한에너지이므로 에너지 문제해결의 유력한 대안 중에 하나이다. 또한 단위 에너지 제품기준으로 석탄의 이산화탄소 배출량을 100으로 할 때 석유와 천연가스는 각각 80 및 60의 이산화탄소를 배출하는 반면, 수소는 이산화탄소를 전혀 배출하지 않아 친환경적인 에너지 자원이며, 사용 후에 다시 물로 재순환되므로 자원 고갈의 우려가 없다. 이러한 수소에너지는 산업용의 기초 소재로부터 일반 연료, 수소 자동차, 수소 비행기, 연료전지 등 현재의 에너지시스템에서 사용되는 거의 모든 분야에 이용이 가능하다.
- [0003] 그러나 수소에너지를 상용화하기 위해서는 고효율의 수소저장매체가 필요하다. 현재의 수소를 저장하는 방법으로는 액화수소저장법, 고압수소저장법 및 고체재료를 이용한 수소저장법 등이 있다.
- [0004] 액화수소저장법은 저장용기를 수소의 액화점 이하로 온도로 유지하기 위하여 많은 비용이 들어가는 단점이 있고, 고압수소저장법은 고압에 견딜 수 있는 가벼운 수소저장 용기의 개발과 안정성의 문제가 있다.
- [0005] 상기와 같은 문제점으로 인하여 최근에는 금속/탄소재의 복합체를 이용한 수소저장 방법이 많이 연구되고 있다. 금속/탄소재의 복합체를 이용한 수소저장법에는, 도핑 및 함침 등의 방법에 의해 금속촉매를 이용하는 경우가 대표적인데, 이 경우 탄소재의 외부에만 금속촉매가 존재하여 탄소재 내부의 기공에서는 금속촉매에 의한 수소저장 능력 향상의 효과를 기대할 수 없다는 문제점이 있다. 또 다른 방법으로 금속촉매와 탄소 전구체를 혼합하여 복합체를 제조하는 경우가 있는데, 이 경우 탄소재 내부의 금속촉매가 기공과 연결되어 있기가 힘들기 때문에 탄소재 내부에서 금속촉매가 수소저장용량을 높이는 촉매로서의 역할을 하기 힘들고, 탄소재 표면에 존재하는 금속촉매의 크기가 커서 수소저장능력 향상의 효과를 기대하기 힘들다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 금속촉매를 이온화하고, 이온화된 금속촉매를 탄소재의 내·외부에 고르게 도입하여 수소저장능력을 증가시킬 수 있는 수소저장용 탄소재 및 그 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상술한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 이온화 금속촉매가 도입된 수소저장용 탄소재 및 그 제조방법을 제공한다. 본 발명에 따른 수소저장용 탄소재의 제조방법은,
- [0008] (1) 수산화물 용액을 제조하는 제1단계;
- [0009] (2) 상기 제1단계의 과정을 통하여 제조된 수산화물 용액에 금속촉매를 용해시켜 이온화하는 제2단계;
- [0010] (3) 상기 제2단계의 과정을 통하여 얻어진 혼합액에 탄소재를 담지하고 교반하는 제3단계;
- [0011] (4) 상기 제3단계의 과정을 통하여 얻어진 혼합물을 열처리하는 제4단계; 및
- [0012] (5) 상기 제4단계의 과정을 통하여 열처리된 탄소재를 세척 및 건조하는 제5단계;를 포함하여 이루어진다.
- [0013] 수산화물 용액을 제조하는 상기 제1단계는 수산화물을 용매에 용해시켜 제조하며, 상기 수산화물은 수산화칼륨, 수산화나트륨, 수산화리튬, 수산화루비듐, 수산화세슘 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.

- [0014] 또한 상기 제1단계의 과정을 통하여 제조되는 수산화물 용액의 농도는 2 내지 10M의 범위인 것이 바람직하다.
- [0015] 상기 제2단계의 과정을 통하여 수산화물 용액에 용해되는 금속촉매는 금속산화물촉매인 것이 바람직하며, 상기 금속산화물촉매는 산화아연(ZnO_2), 산화구리(CuO_2), 산화바나듐(V_2O_5), 산화철(Fe_2O_3), 산화망간(MnO_2), 산화마그네슘(MgO_2), 산화크롬(CrO_2), 산화알루미늄(AlO_2) 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0016] 수산화물 용액에 금속촉매를 용해시켜 이온화하는 상기 제2단계에서 상기 수산화물 용액과 금속촉매의 혼합비율은 99 내지 75 : 1 내지 25 wt%인 것이 바람직하다.
- [0017] 상기 탄소재는 단일벽 탄소나노튜브, 이중벽 탄소나노튜브, 다중벽 탄소나노튜브, 탄소섬유, 카본블랙, 그래파이트, 차(char), 코일(coal), 타르(tar), 폴리아크릴로니트릴 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0018] 또한 혼합액에 탄소재를 담지하고 교반하는 상기 제3단계는 0.5 내지 5 시간 동안 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0019] 상기 제4단계에서 이루어지는 열처리 5 내지 10 $^{\circ}C/min$ 의 속도로 승온시키고, 최종적으로 700 내지 900 $^{\circ}C$ 의 온도범위에서 0.5 내지 3 시간 동안 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0020] 상기 제5단계에서 이루어지는 세척은 증류수를 통하여 이루어지며, 세척 후 세척액의 pH가 중성이 될 때까지 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0021] 또한 본 발명은 상술한 제조방법에 의하여 제조되는 수소저장용 탄소재를 제공한다.

발명의 효과

- [0022] 상술한 바와 같은 본 발명에 의할 경우, 이온화된 금속촉매가 탄소재의 내·외부에 고르게 도입되므로 탄소재의 표면뿐 아니라, 탄소재의 기공 내부로도 원활하게 수소저장을 유도할 수 있게 되어, 탄소재의 수소저장능력이 월등히 향상되는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예 및 비교예에 의한 수소저장용 탄소재의 구조특성을 알아보기 위하여 촬영한 투과전자현미경(TEM; Transmission electron microscope) 이미지이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예 및 비교예에 의한 수소저장용 탄소재의 구조변화를 확인하기 위한 RAMAN 분석 결과이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 및 비교예에 의한 수소저장용 탄소재의 비표면적 특성을 분석한 BET 분석 결과이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예 및 비교예에 의한 수소저장용 탄소재의 C1s의 XPS 분석 결과이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예 및 비교예에 의한 수소저장용 탄소재의 XRD 분석 결과이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예 및 비교예에 의한 수소저장용 탄소재의 수소저장 능력을 측정하여 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0025] 먼저 본 발명은 이온화 금속촉매가 도입된 수소저장용 탄소재의 제조방법을 제공하는데, 본 발명에 따른 수소저장용 탄소재의 제조방법은,
- [0026] (1) 수산화물 용액을 제조하는 제1단계;
- [0027] (2) 상기 제1단계의 과정을 통하여 제조된 수산화물 용액에 금속촉매를 용해시켜 이온화하는 제2단계;
- [0028] (3) 상기 제2단계의 과정을 통하여 얻어진 혼합액에 탄소재를 담지하고 교반하는 제3단계;

- [0029] (4) 상기 제3단계의 과정을 통하여 얻어진 혼합물을 열처리하는 제4단계; 및
- [0030] (5) 상기 제4단계의 과정을 통하여 열처리된 탄소재를 세척 및 건조하는 제5단계;를 포함하여 이루어진다.
- [0031] 수산화물 용액을 제조하는 상기 제1단계는 수산화물을 용매에 용해시켜 제조하며, 상기 수산화물은 수산화칼륨, 수산화나트륨, 수산화리튬, 수산화루비듐, 수산화세슘 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다. 이렇게 제조되는 수산화물 용액은 금속촉매를 용해시키고, 탄소재에 미세기공을 형성하게 된다.
- [0032] 상기 수산화물 용액의 농도는 2 내지 10M의 범위인 것이 바람직한데, 수산화물 용액의 농도가 하한치 미만일 경우에는 탄소재의 미세기공 형성에 어려움이 있어 바람직하지 않고, 농도가 상한치를 초과할 경우에는 탄소재의 일부 구조가 붕괴되는 변형이 일어나 수소저장에 적합한 기공 구조를 형성하기 어려운 문제점이 있어 바람직하지 않다.
- [0033] 상기 제2단계의 과정을 통하여 수산화물 용액에 용해되는 금속촉매는 금속 성분을 포함하는 것이라면 어느 것을 사용하여도 무방하나, 산소를 포함한 금속산화물촉매를 사용하는 것이 더욱 바람직하다. 이러한 금속산화물촉매는 산화아연(ZnO_2), 산화구리(CuO_2), 산화바나듐(V_2O_5), 산화철(Fe_2O_3), 산화망간(MnO_2), 산화마그네슘(MgO_2), 산화크롬(CrO_2), 산화알루미늄(AlO_2) 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0034] 수산화물 용액에 금속촉매를 용해시켜 이온화하는 상기 제2단계에서 상기 수산화물 용액과 금속촉매의 혼합비율은 99 내지 75 : 1 내지 25 wt%인 것이 바람직하다. 금속촉매의 혼합비율이 1 wt% 미만일 경우에는 금속촉매가 탄소재의 내?외부에 충분히 도입되지 못하여 수소저장 과정에서 촉매로서의 기능을 확보하기 어려운 문제점이 있어 바람직하지 않고, 금속촉매의 혼합비율이 25 wt%를 초과할 경우에는 금속촉매를 수산화물 용액에 용해시키기가 어렵고, 또한 과도한 금속촉매의 도입으로 인하여 수소저장에 적합한 미세기공 구조를 형성하는데 어려움이 있어 바람직하지 않다. 수산화물 용액에 금속촉매를 용해시키는 과정은 발열반응이므로 적절량의 금속촉매의 투입 및 냉각 제어가 필요하다.
- [0035] 상기 탄소재는 탄소재로 알려진 것 또는 탄소재로 변형되는 것 중 어느 것을 사용하여도 무방하며, 구체적인 예를 들어보면, 단일벽 탄소나노튜브, 이중벽 탄소나노튜브, 다중벽 탄소나노튜브, 탄소섬유, 카본블랙, 그라파이트, 차(char), 코일(coal), 타르(tar), 폴리아크릴로니트릴 및 이들의 혼합물로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0036] 또한 혼합액에 탄소재를 담지하고 교반하는 상기 제3단계는 0.5 내지 5 시간 동안 이루어지는 것이 바람직한데, 담지 및 교반하는 시간이 하한치 미만일 경우에는 탄소재의 내부로 금속촉매가 용해된 수산화물 용액이 충분히 침투하지 못하여 탄소재에 미세기공 구조 형성 및 탄소재 내부로의 금속촉매의 도입이 충분하지 못할 우려가 있어 바람직하지 않고, 시간이 상한치를 초과하는 경우에는 상한치의 경우와 별반 차이가 없으므로 실익이 없다.
- [0037] 상기 제4단계에서 이루어지는 열처리는 5 내지 10 $^{\circ}C/min$ 의 속도로 승온시키고, 최종적으로 700 내지 900 $^{\circ}C$ 의 온도범위에서 0.5 내지 3 시간 동안 이루어지는 것이 바람직하다. 승온속도가 하한치 미만일 경우에는 공정 시간이 불필요하게 길어져 바람직하지 않고, 승온속도가 상한치를 초과할 경우에는 과도한 휘발로 일어나는 문제점이 있어 바람직하지 않다. 또한 최종 열처리 온도와 열처리 시간이 하한치 미만일 때는 열분해가 완전히 이루어지지 않을 우려가 있어 바람직하지 않고, 최종 열처리 온도와 열처리 시간이 상한치를 초과하는 경우에는 탄소재의 과도한 구조 변형의 우려와 더불어 원치않는 부반응이 발생할 수 있어 바람직하지 않다.
- [0038] 상기 제5단계에서 이루어지는 세척은 증류수를 통하여 이루어지며, 세척 후 세척액의 pH가 중성이 될 때까지 이루어지는 것이 바람직하다. 세척 후 세척액의 pH가 중성이 아닐 경우에는 수산화물 용액이 완전히 세척이 되지 않은 것이므로, 제조된 탄소재를 수소저장매체로 사용하는 경우 그 기능의 저하를 유발할 수 있다. 세척 후에 수행되는 건조 과정은 통상의 방법에 의하며, 이는 공지의 기술이므로 설명을 생략한다.
- [0039] 또한 본 발명은 상술한 제조방법에 의하여 제조되는 수소저장용 탄소재를 제공한다.
- [0040] 이하 실시예 및 시험예를 통하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.
- [0041] 실시예: : 수소저장용 탄소재의 제조

- [0042] 증류수에 수산화칼륨을 용해시켜 8M의 수산화칼륨용액을 제조하였다.
- [0043] 제조된 8M의 수산화칼륨 용액 20ml에 각각 산화바나듐 1g(실시에 1), 2g(실시에 2), 3g(실시에 3)을 첨가하였고, 용액의 색이 연한 녹색이 될 때까지 충분히 교반을 하였다(산화바나듐은 이온화되면 연한 녹색을 띄게 됨).
- [0044] 상기 각각의 산화바나듐이 용해된 수산화칼륨 용액에 다중벽 탄소나노튜브(제조사 : 알드리치(Aldrich), 직경 : 2-15 nm, 길이 : 1-10 μ m) 1g을 첨가 후 1시간 동안 담지시켜 교반하였다.
- [0045] 다음으로 승온 속도를 분당 7℃로 800℃까지 가열한 후 1 시간 동안 유지하여 열처리를 하였다. 이때 불활성 기체로 질소 가스를 20cc/min의 속도로 주입하면서 열처리를 하였다.
- [0046] 열처리 과정이 끝난 후 아스피레이터를 이용하여 증류수로 수차례 세척하였다. 세척은 세척 후의 세척액 pH가 중성이 될 때까지 실시하였다.
- [0047] 마지막으로 세척된 다중벽 탄소나노튜브를 오븐을 이용하여 100℃에서 12시간동안 건조하였다.
- [0048] 비교예
- [0049] 산화바나듐 촉매를 넣지 않은 것을 제외하고는 상기 실시예와 동일한 과정을 통하여 다중벽 탄소나노튜브를 처리하여 이를 비교예로 선정하였다.
- [0050] 구조특성
- [0051] 상기 실시예 및 비교예에 의하여 제조된 수소저장용 탄소재의 구조특성을 알아보기 위하여 투과전자현미경(TEM; Transmission electron microscope) 이미지를 촬영하여 이를 도 1에 나타내었다. 산화바나듐 촉매를 첨가하지 않은 비교예와 비교하였을 때, 산화바나듐 촉매를 첨가한 실시예에서 구조 변화가 보다 많이 일어났음을 확인할 수 있었다. 또한 실시예 1, 실시예 2, 실시예 3의 순서로 즉, 산화바나듐 촉매의 첨가량이 많을수록 구조 변화가 보다 많이 일어났음을 알 수 있었다.
- [0052] 이와 같은 결과는 도 2에 나타난 Raman 데이터에서도 확인할 수 있었다. 실시예 및 비교예에 의하여 제조된 수소저장용 다중벽 탄소나노튜브의 Raman 분석 결과, 1356cm^{-1} 과 1585cm^{-1} 에서 탄소재의 특성 peak인 Defect peak와 Graphite peak가 모두 나타났고, 산화바나듐을 첨가할수록 G peak가 감소되면서 D peak가 증가함을 알 수 있었다.
- [0053] 비표면적 특성
- [0054] 상기 실시예 및 비교예에 의하여 제조된 수소저장용 탄소재의 비표면적 특성 평가를 하기 위하여 BET 분석을 하였고, 이의 결과를 도 3에 나타내었다.
- [0055] 비교예에 의한 수소저장용 탄소재는 비표면적이 $204.54\text{m}^2/\text{g}$ 이었고, 실시예에 의한 수소저장용 탄소재의 경우 실시예 1은 $319.34\text{m}^2/\text{g}$, 실시예 2는 $321.07\text{m}^2/\text{g}$, 실시예 3은 $347.12\text{m}^2/\text{g}$ 이었다.
- [0056] XPS 분석
- [0057] 도 4는 상기 실시예 및 비교예에 의하여 제조된 수소저장용 탄소재의 XPS 분석 결과로써, 비교예에 의한 수소저장용 탄소재에 비하여 실시예에 의한 수소저장용 탄소재에서 V-C결합이 증가함을 알 수가 있었다.
- [0058] XRD 분석
- [0059] 도 5는 상기 실시예 및 비교예에 의하여 제조된 수소저장용 탄소재의 XRD 분석 결과로써, 비교예에 의한 수소저장용 탄소재에 비하여 실시예에 의한 수소저장용 탄소재에서 V_8C_7 의 peak($2\theta=37.5^\circ$, 43.8° , 푸른 화살표로

표시)를 확인함으로써 첨가한 산화바나듐이 이온화되었음을 알 수 있었다.

[0060] 수소저장능력

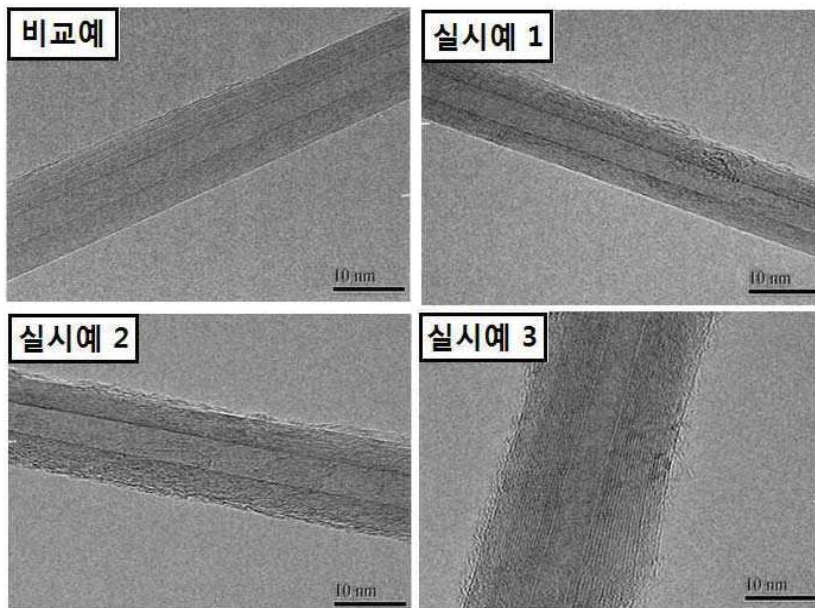
[0061] 상기 실시예 및 비교예에 따른 수소저장용 탄소재의 수소저장능력을 시험하였고 이를 도 6에 나타내었다.

[0062] 비교예에 의한 수소저장용 탄소재의 수소저장능력은 0.6wt%를 나타내는 반면에 실시예 1은 1.9wt%, 실시예 2는 2.1wt%, 실시예 3은 2.3wt%의 수소저장능력을 나타내었다. 이와 같이 본 발명의 실시예에 의한 수소저장용 탄소재는 비교예에 비하여 수소저장능력이 월등히 향상되었음을 확인할 수 있었다.

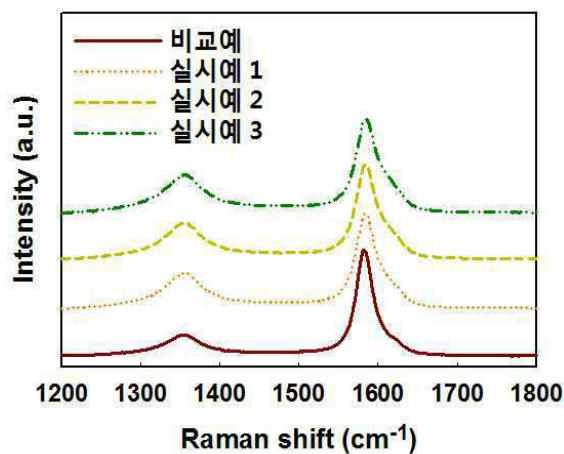
[0063] 본 발명은 상기한 실시예와 첨부한 도면을 참조하여 설명되었지만, 본 발명의 개념 및 범위 내에서 상이한 실시예를 구성할 수도 있다. 따라서 본 발명의 범위는 첨부된 청구범위 및 이와 균등한 것들에 의해 정해지며, 본 명세서에 기재된 특정 실시예에 의해 한정되지는 않는다.

도면

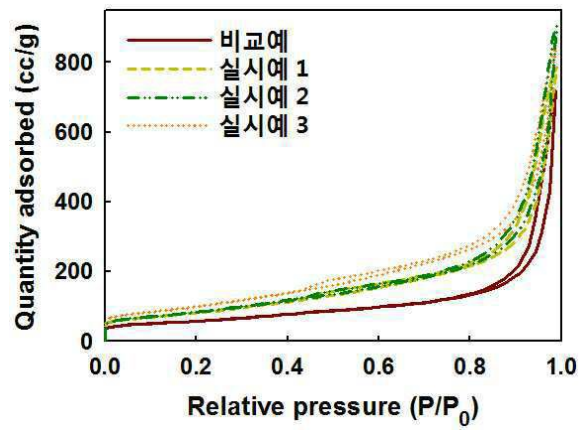
도면1



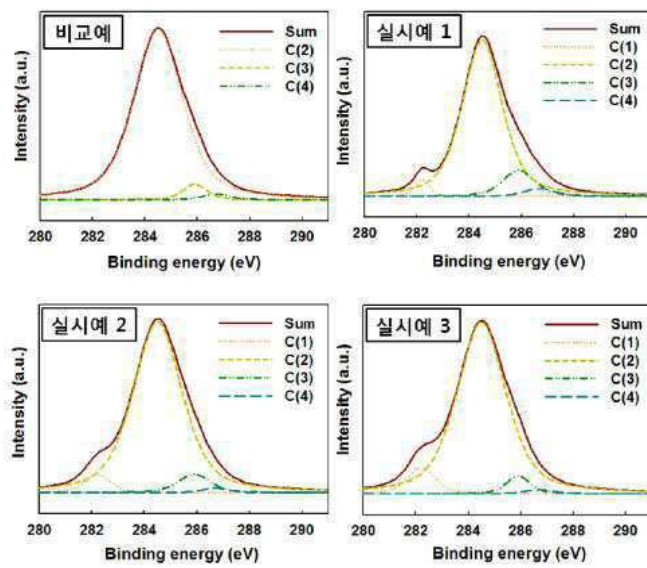
도면2



도면3

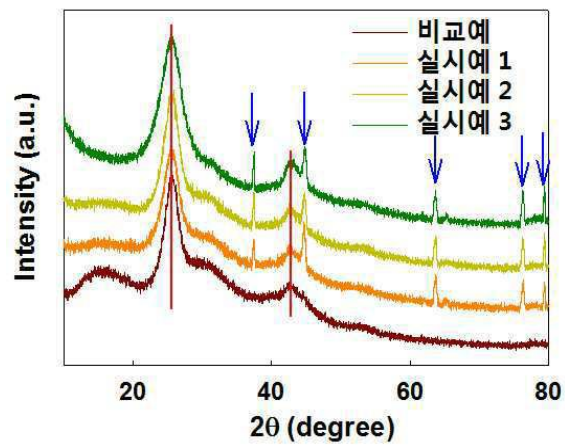


도면4



Component	Binding energy (eV)	Assignment
C(1)	282.2	V-C
C(2)	284.5	Aliphatic non-functionalized sp ² or sp ³ C
C(3)	285.9	C-O
C(4)	286.7	C=O

도면5



도면6

