(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0023246
(43) 공개일자 2011년03월08일

(51) Int. Cl.
C01B 31/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0080991
(22) 출원일자 2009년08월31일
심사청구일자 2009년08월31일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
박수진
대전광역시 유성구 도룡동 431-6 현대아파트 103-403
김병주
대전광역시 중구 사정동 우남스타원 아파트 103동 1002호
(74) 대리인
유완식, 이은철

전체 청구항 수 : 총 14 항

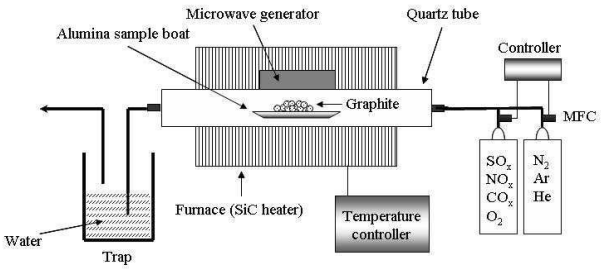
(54) 고기능성 흑연 소재 및 그의 제조방법

(57) 요 약

본 발명은 마이크로웨이브(microwave), 산, 및 열 복합처리로 미세 기공을 부여한 고기능성 흑연 소재와 흑연을 산처리 후 마이크로웨이브 발생기가 장치된 반응용기(furnace)에 넣어 온도와 주변 분위기 가스를 변화시키는 마이크로웨이브, 산, 및 열 복합처리를 통해 흑연층의 간격을 제어하는 과정을 포함하는 상기 고기능성 흑연 소재의 제조방법에 관한 것이다.

본 발명은 마이크로웨이브를 도입하여 종래 700℃ 이상에서 실시하던 열처리와 비교하여 300℃ 이하의 낮은 온도에서의 열처리로도 수소저장에 적합한 기공을 가지는 고기능성 흑연 소재를 제조하는 것이 가능하므로 수소 저장체로 유용하게 이용될 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

(1) 흑연을 산 용액에 침적시켜 산 첨착 흑연을 제조하는 산 처리 후 증류수로 세척하여 완전히 건조하고;

(2) 상기 산처리 후 건조된 산 첨착 흑연을 마이크로웨이브(microwave) 발생기가 장치된 반응용기(furnace)에 넣어 마이크로웨이브를 발생시키면서 마이크로웨이브 및 열처리하는; 공정을 포함하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 흑연은 파우더(powder), 박편(flake) 및 판상(plate) 형태의 흑연 중에서 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 산 용액은 황산(H_2SO_4), 질산(HNO_3), 인산(H_3PO_4), 염산(HCl), 과산화수소(H_2O_2) 및 이들의 혼합용액 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법.

청구항 4

제 2항에 있어서,

산 처리 시 흑연의 침적은 10분 내지 12시간 동안 실시하는 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 산 처리가 끝난 흑연은 증류수로 2~3회 세척하여 120℃에서 12시간 동안 완전히 건조시키는 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법.

청구항 6

제 2항에 있어서,

상기 반응용기 내의 마이크로웨이브의 파장은 0.1 내지 10 ㎓인 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법.

청구항 7

제 2항에 있어서,

상기 반응용기 내의 반응온도는 50 내지 300℃인 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법.

청구항 8

제 2항에 있어서,

상기 반응용기 내의 분위기 가스는 N_2, He, Ar, O_2, COx, SOx, 또는 NOx 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법.

청구항 9

제 2항에 있어서,

상기 마이크로웨이브 및 열처리는 총 30초 내지 60분 동안 진행하는 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법.

청구항 10

마이크로웨이브(microwave), 산 및 열 복합처리를 통해 제조한 고기능성 흑연 소재.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 흑연 소재는 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항의 방법으로 제조되는 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재.

청구항 12

제 10항에 있어서,

상기 흑연 소재는 부피 팽창율이 100 내지 1000%가 되도록 흑연층 간격을 제어한 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재.

청구항 13

제 10항에 있어서,

상기 흑연 소재는 수소저장값이 0.2 내지 5.5wt%인 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재.

청구항 14

제10항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 흑연 소재는 수소저장체로 사용되는 것을 특징으로 하는 고기능성 흑연 소재.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고기능성 흑연 소재 및 그의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 마이크로웨이브(microwave), 산, 및 열 복합처리로 미세 기공을 부여한 고기능성 흑연 소재와 흑연을 산처리 후 마이크로웨이브 발생기가 장

치된 반응용기(furnace)에 넣어 온도와 주변 분위기 가스를 변화시키는 마이크로웨이브, 산, 및 열 복합처리를 통해 흑연층의 간격을 제어하는 과정을 포함하는 상기 고기능성 흑연 소재의 제조방법 및 이를 수소저장체로 사용하는 용도에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 석유 자원을 기초로 하는 현 에너지 패러다임(paradigm)은 향후 수소 에너지 기반으로 옮겨질 것이라는 예측이 여러 전문기관에서 제시되고 있다.

[0003] 수소 에너지는 수소의 제조, 저장, 이용으로 나누어지는데, 현재까지 수소의 제조와 이용은 어느 정도 기술이 개발되어 안정화 단계에 접어들고 있지만, 수소저장에 관해서는 여전히 뚜렷한 후보 기술의 선정이 어려운 실정이다.

[0004] 수소저장이란, 700 기압 이상의 고압에서 저장되는 수소량과 동일 또는 그 이상의 양을 100 기압 이하의 조건에서 달성하기 위한 것으로, 다공성 재료 및 반응성 표면을 가진 재료를 이용하여 화학적 또는 물리적으로 저장하는 방법이 대표적이다. 이 중에서 화학적인 방법은 주로 금속계 물질을 자주 이용하는데 이러한 방법은 수소와 금속촉매를 화학적으로 반응시켜 매우 많은 양의 수소를 저장할 수 있는 장점이 있는 반면, 다시 수소를 방출하기 위해서는 화학결합을 깨트려야 하기 때문에 200℃ 이상의 고온의 조건을 필요로 한다. 또한, 방출된 양도 100%에 미치지 못하고, 영구적으로 결합되는 양인 손실률이 존재하기 때문에 반영구적인 저장원으로는 현재까지 기술적으로 극복해야할 난관이 존재한다.

[0005] 한편, 물리적 결합을 이용한 수소저장은 수소와 물리적으로 결합하는 넓은 표면적을 가진 소재, 예를 들면, 다공성 소재 등을 이용하여 수소를 저장하는 방법이다. 화학적인 방법에 비해 다량의 수소저장에 어려움이 있지만 공정은 100% 가역적으로, 기술이 좀 더 보완되면 빠르게 상업화가 가능한 기술로 평가받고 있다.

[0006] 물리적 결합을 이용한 수소저장용 재료 중 다공성 탄소재료는 그 구조 안에 미세기공을 다수 포함하고 있어 비표면적이 매우 넓으며, 종래 다양한 가스의 흡착재로서 활용되어 왔다. 특히, 탄소재료는 기공구조의 제어가 가능하여 가스의 입자경에 따른 기공구조의 설계를 통한 성능 개선이 용이하다. 또한, 표면에 최외각 수소를 다수 가지고 있어서 각종 표면처리로 다양한 관능기의 부여가 가능하며, 이를 통해 극성가스에 대해서 선택적인 흡착능의 부여도 가능하다.

[0007] 탄소재료 가운데 흑연은 수평방향의 층상구조를 가지며 각 층간이 물리적 결합으로 이루어져 있기 때문에 일정한 힘이 가해지면 층간구조의 변형, 즉 벌어짐, 박리 등이 발생할 수 있다. 이러한 성질을 이용하여 적절한 처리기법을 행할 경우에는 원하는 기공 및 구조의 설계가 가능하고, 더 나아가 상기 성질을 이용해 수소저장에 적합한 기공 또는 구조의 설계시 높은 용량의 수소저장 기술에 접근할 수 있다.

[0008] 탄소를 이용한 수소저장은 고압수소 및 액화수소저장에 비해 안전하며, 가격적으로 저렴할 뿐만 아니라 무엇보다 반응이 가역적이어서 반영구적으로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 그러나, 순수한 탄소재료 자체만으로는 수소분자와의 친화력이 부족하고, 수소분자에 대한 탄소재료의 낮은 흡착에너지로 상온에서 수소저장은 기대에 크게 못 미치는 게 현실이다.

[0009] 이에 본 발명자들은 기존의 탄소재료를 개질하여 수소저장량을 크게 늘리고자 예의 노력한 결과, 흑연을 마이크로웨이브(microwave), 산 및 열로 복합처리 하여 상대적으로 낮은 온도에서 흑연의 층간 구조를 제어하고 수소저장에 적합한 다공성 소재를 제조함으로써 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0010] 결국, 본 발명은 마이크로웨이브, 산 및 열처리를 복합적으로 실시하는 복합처리를 통해 흑연에 새로운 기공을 부여하고 표면을 활성화함으로써 수소저장에 적합한 고기능성 흑연 소재 및 그 제조방법을 제공하는데 그 주된 목적이 있다.

과제 해결수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 마이크로웨이브(microwave), 산 및 열 복합처리를 통해 제조한 고기능성 흑연 소재를 제공한다.

[0012] 구체적으로, 상기 고기능성 흑연 소재는 흑연을 산 용액에 침적시켜 산 첨착 흑연을 제조하는 산 처리 후 증류수로 세척하여 완전하게 건조시킨 다음 마이크로웨이브 발생기가 장치된 반응용기(furnace)에 넣고 마이크로웨이브를 발생시키면서 반응용기 내의 온도와 주변 분위기 가스를 변화시켜 흑연층의 간격을 제어하는 것이 바람직하다.

[0013] 본 발명에서, 상기 흑연은 파우더(powder), 박편(flake), 및 판상(plate) 형태의 흑연 중에서 선택되는 1종 이상인 것이 바람직하며, 상기 산 용액은 황산(H_2SO_4), 질산(HNO_3), 인산(H_3PO_4), 염산(HCl), 과산화수소(H_2O_2) 및 이들의 혼합용액 중에서 선택되는 것이 바람직하고, 산 처리된 흑연은 증류수로 수차례, 바람직하게는 2~3회 세척하여 120℃ 이상에서 6~24시간, 바람직하게는 12시간 동안 완전히 건조시키는 것이 바람직하다. 또한, 산 처리 시 흑연의 침적은 10분 내지 12시간 동안 실시하는 것이 좋은데, 침적시간이 너무 적으면 흑연 내부로 산의 침투가 충분하지 못하고, 과다할 경우에는 흑연의 구조를 너무 강하게 붕괴시켜 바람직하지 않다.

[0014] 또한, 본 발명에서 마이크로웨이브의 파장은 0.1 내지 10 ㎓인 것이 바람직하고, 반응온도는 50 내지 300℃가 바람직하다. 50℃ 보다 낮은 온도에서는 열처리 효과가 나타나지 않으며, 300℃를 초과하면 처리 효과가 거의 유사하기 때문에 에너지 손실로 연결된다.

[0015] 또한, 반응시간은 30초 내지 60분 정도가 바람직한데, 60분을 초과하면 더 이상 반응이 진행되지 않는다. 이때, 반응용기 내의 분위기 가스는 N_2, He, Ar 등의 비활성가스부터 O_2, COx, SOx, NOx 등의 활성가스 등 모두 사용이 가능하다.

[0016] 또한, 본 발명에 따른 고기능성 흑연 소재는 부피 팽창율이 100 내지 1,000% 범위가 되도록 흑연층 간격이 제어되는 것이 바람직하며, 수소저장값은 0.2 내지 5.5wt%인 것이 바람직하다.

[0017] 본 발명은 또한 (1) 흑연을 산 용액에 침적시켜 산 첨착 흑연을 제조하는 산 처리 후 증류수로 세척하여 완전히 건조하고;

[0018] (2) 상기 산 처리 후 건조된 산 첨착 흑연을 마이크로웨이브(microwave) 발생기가 장치된 반응용기(furnace)에 넣어 마이크로웨이브를 발생시키면서 마이크로웨이브 및 열처리하는; 공정을 포함하는 고기능성 흑연 소재의 제조방법을 제공한다.

[0019] 본 발명에 있어서, 흑연은 모든 형태의 흑연의 사용이 가능하지만, 더욱 바람직하게는 분말(powder), 박편(flake) 또는/및 판상(plate) 형태의 흑연을 사용하는 것이 좋다. 또한, 상기 산 처리에 사용되는 산 용액은 황산(H_2SO_4), 질산(HNO_3), 인산(H_3PO_4), 염산(HCl), 과산화수소(H_2O_2) 및 이들의 혼합용액 중에서 선택되는 것이 바람직하고, 10분 내지 12시간 범위에서 실시되는 것이 바람직하다. 이때 침적시간이 10분보다 적으면 흑연 내부로 산의 침투가 충분하지 못하고, 12시간을 넘어 과다한 경우에는 흑연의 구조를 너무 강하게 붕괴시킬 우려가 있다. 또한, 산 처리 후에는 증류수로 수차례, 바람직하게는 2~3회 세척하여 120℃ 이상에서 6~24시간, 바람직하게는 12시간 동안 완전히 건조시키는 것이 바람직하다.

[0020] 또한, 반응용기 내의 마이크로웨이브의 파장은 0.1 내지 10 ㎓의 범위로 발생시키는 것이 바람직하고, 반응온도는 50 내지 300℃가 바람직하며, 반응시간은 30초 내지 60분 정도가 바람직하다. 이때 반응온도가 50℃ 보다 낮으면 열처리 효과가 나타나지 않으며, 300℃를 초과하면 처리 효과가 거의 유사하기 때문에 에너지 손실로 연결될뿐더러, 반응시간이 60분을 초과하면 더 이상 반응이 진행되지 않는다.

[0021] 또한, 반응용기 내의 분위기는 비활성가스, 활성가스 등 특별히 제한이 되는 것은 아니나, 바람직하게는 N_2, He, Ar, O_2, COx, SOx, 또는 NOx 중에서 선택되는 것이 좋다.

[0022] 또한, 본 발명의 제조방법에 있어서, 상기 기능성 흑연의 부피 팽창율이 100 내지 1,000%가 되도록 흑연층 간격을 제어하는 것이 바람직하며, 수소저장값은 0.2 내지 5.5wt%인 것이 바람직하다.

효 과

[0023] 상술한 바와 같이, 본 발명은 마이크로웨이브(microwave), 산 및 열 복합처리를 통해 흑연에 수소저장에 적합한 기공을 새롭게 부여하고, 흑연표면에 수소와 친화력이 높은 기능성을 부여하여 수소저장에 적합한 고기능성 흑연 소재를 제공하는 효과가 있다.

[0024] 또한, 본 발명은 마이크로웨이브를 도입하여 종래 700℃ 이상에서 실시하던 열처리와 비교하여 300℃ 이하의 낮은 온도에서의 열처리로도 수소저장에 적합한 기공을 가지는 고기능성 흑연 소재를 제조하는 것이 가능하다.

[0025] 그 결과, 본 발명의 고기능성 흑연 소재는 고압조건에서 수소 저장체로 유용하게 이용될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0027] **측정예 1. 부피 팽창율 측정(%)**

[0028] 본 발명에서 제조된 고기능성 흑연 소재의 물성을 확인하기 위하여, 흑연 분말의 부피 팽창율은 원 재료인 천연흑연 1g을 기준하여 초기의 부피와 마이크로웨이브, 산, 열 복합처리 후 부피를 메스실린더를 사용하여 비교 측정하였으며, 단위 무게당 부피의 비를 계산하여 측정하였다.

[0029] **측정예 2. 수소저장값 측정(wt%)**

[0030] 본 발명에서 제조된 고기능성 흑연 소재의 수소 저장값은, 각각의 흑연 분말 시료를 온도 573K에서 잔류 압력을 10^{-3} torr 이하로 유지하면서 6시간 동안 탈기시킨 후 BEL-HP(BEL Japan) 기기를 이용하여 298K, 100기압의 조건에서 측정하였다.

[0031] 이때 수소저장량 측정은 step-by-step 방식을 사용하였으며, 1회 평균 시료는 0.5g으로 하였다.

[0032] **실시예 1.**

[0033] 천연흑연 10g을 상온에서 고순도 황산 500 ㎖에 10분간 첨착시킨 후, 세척 및 건조하여 산처리 흑연을 준비하였다. 산처리 된 흑연은 마이크로웨이브 발생기가 장착된 비활성가스 N_2 분위기 하의 반응용기(furnace)에 넣고 0.1 ㎓의 파장으로 30초간 반복적으로 처리하되, 이때 반응기 내의 온도는 50℃로 설정하고, 총 처리시간은 30초로 하였다.

[0034] 상기와 같이 제조된 고기능성 흑연의 부피 팽창율 및 수소저장값을 측정하고, 그 결과는 각각 표 1과 표 2에 나타내었다.

[0035] **실시예 2.**

[0036] 천연흑연 10g을 상온에서 고순도 질산 500 ㎖에 60분간 첨착시킨 후, 세척 및 건조하여 산처리 흑연을 준비하였다. 산처리 된 흑연은 마이크로웨이브 발생기가 장착된 비활성가스 He 분위기 하의 반응용기(furnace)에 넣고 2.45 ㎓의 파장으로 30초간 반복적으로 처리하되, 이때 반응기 내의 온도는 200℃로 설정하고, 총 처리시간은 10분으로 하였다.

[0037] 상기와 같이 제조된 고기능성 흑연의 부피 팽창율 및 수소저장값을 측정하고, 그 결과는 각각 표 1과 표 2에 나타내었다.

[0038] **실시예 3.**

[0039] 천연흑연 10g을 상온에서 고순도 염산 500 ㎖에 12시간 첨착시킨 후, 세척 및 건조하여 산처리 흑연을 준비하였다. 산처리 된 흑연은 마이크로웨이브 발생기가 장착된 비활성가스 Ar 분위기 하의 반응용기(furnace)에 넣고 2.45 ㎓의 파장으로 30초간 반복적으로 처리하되, 이때 반응기 내의 온도는 300℃로 설정하고, 총 처리시간은 30분로 하였다.

[0040] 상기와 같이 제조된 고기능성 흑연의 부피 팽창율 및 수소저장값을 측정하고, 그 결과는 각각 표 1과 표 2에 나타내었다.

[0041] **실시예 4.**

[0042] 천연흑연 10g을 상온에서 고순도 황산 400 ㎖와 과산화수소 100㎖의 혼합용액에 12시간 첨착시킨 후, 세척 및 건조하여 산처리 흑연을 준비하였다. 산처리 된 흑연은 마이크로웨이브 발생기가 장착된 비활성가스 N_2 분위기 하의 반응용기(furnace)에 넣고 10.0 ㎓의 파장으로 30초간 반복적으로 처리하되, 이때 반응기 내의 온도는 300℃로 설정하고, 총 처리시간은 60분으로 하였다.

[0043] 상기와 같이 제조된 고기능성 흑연의 부피 팽창율 및 수소저장값을 측정하고, 그 결과는 각각 표 1과 표 2에 나타내었다.

[0044] **실시예 5.**

[0045] 천연흑연 10g을 상온에서 고순도 인산 500 ㎖에 12시간 첨착시킨 후, 세척 및 건조하여 산처리 흑연을 준비하였다. 산처리 된 흑연은 마이크로웨이브 발생기가 장착된 활성가스 O_2 분위기 하의 반응용기(furnace)에 넣고 2.45 ㎓의 파장으로 30초간 반복적으로 처리하되, 이때 반응기 내의 온도는 300℃로 설정하고, 총 처리시간은 30분으로 하였다.

[0046] 상기와 같이 제조된 고기능성 흑연의 부피 팽창율 및 수소저장값을 측정하고, 그 결과는 각각 표 1과 표 2에 나타내었다.

[0047] **실시예 6.**

[0048] 천연흑연 10g을 상온에서 고순도 황산 250 ㎖와 질산 250 ㎖의 혼합용액에 12시간 첨착시킨 후, 세척 및 건조하여 산처리 흑연을 준비하였다. 산처리 된 흑연은 마이크로웨이브 발생기가 장착된 활성가스 NO 분위기 하의 반응용기(furnace)에 넣고 2.45 ㎓의 파장으로 30초간 반복적으로 처리하되, 이때 반응기 내의 온도는 300℃로 설정하고, 총 처리시간은 30분으로 하였다.

[0049] 상기와 같이 제조된 고기능성 흑연의 부피 팽창율 및 수소저장값을 측정하고, 그 결과는 각각 표 1과 표 2에 나타내었다.

[0050] **실시예 7.**

[0051] 천연흑연 10g을 상온에서 고순도 황산 500 ㎖에 12시간 첨착시킨 후, 세척 및 건조하여 산처리 흑연을 준비하였다. 산처리 된 흑연은 마이크로웨이브 발생기가 장착된 활성가스 NO 분위기 하의 반응용기(furnace)에 넣고 2.45 ㎓의 파장으로 30초간 반복적으로 처리하되, 이때 반응기 내의 온도는 300℃로 설정하고, 총 처리시간은 30분으로 하였다.

[0052] 상기와 같이 제조된 고기능성 흑연의 부피 팽창율 및 수소저장값을 측정하고, 그 결과는 각각 표 1과 표 2에 나타내었다.

[0053] **실시예 8.**

[0054] 천연흑연 10g을 상온에서 고순도 황산 400 ㎖와 과산화수소 100 ㎖의 혼합용액에 12시간 첨착시킨 후, 세척 및 건조하여 산처리 흑연을 준비하였다. 산처리 된 흑연은 마이크로웨이브 발생기가 장착된 활성가스 SO_2 분위기 하의 반응용기(furnace)에 넣고 2.45 ㎓의 파장으로 30초간 반복적으로 처리하되, 이때 반응기 내의 온도는 300℃로 설정하고, 총 처리시간은 30분으로 하였다.

[0055] 상기와 같이 제조된 고기능성 흑연의 부피 팽창율 및 수소저장값을 측정하고, 그 결과는 각각 표 1과 표 2에 나타내었다.

[0056] **비교예 1.**

[0057] 천연흑연 10g을 상온에서 고순도 황산 500 ㎖에 24시간 첨착시킨 후, 세척 및 건조하여 산처리 흑연을 준비하였다. 산처리 된 흑연은 마이크로웨이브 발생기가 장착된 비활성가스 N_2 분위기 하의 반응용기(furnace)에 넣고 0.01 ㎓의 파장으로 30초간 반복적으로 처리하되, 이때 반응기 내의 온도는 30℃로 설정하고, 총 처리시간은 30분으로 하였다.

[0058] 상기와 같이 제조된 고기능성 흑연의 부피 팽창율 및 수소저장값을 측정하고, 그 결과는 각각 표 1과 표 2에 나타내었다.

표 1

[0059] 본 발명에 따른 고기능성 흑연의 부피 팽창율(%)

시료명	부피팽창율(%)
미처리	-
실시예1	30
실시예2	400
실시예3	700
실시예4	1000
실시예5	920
실시예6	950
실시예7	950
실시예8	960
비교예1	-

[0060] 단, 상기의 결과는 10회 이상 반복하여 측정한 평균값이다.

표 2

[0061] 본 발명에 따른 고기능성 흑연의 상온 100 bar 수소저장값(wt.%)

시료명	수소저장값(wt.%)
미처리	0.2
실시예1	0.4
실시예2	3.0
실시예3	4.5
실시예4	4.7
실시예5	4.7
실시예6	4.9
실시예7	5.2
실시예8	5.5
비교예1	0.2

[0062] 단, 상기의 결과는 10회 이상 반복하여 측정한 평균값이다.

[0063] 상기와 같이 본 발명에 따라 제조된 고기능성 흑연은 흑연 층간이 마이크로웨이브(microwave), 산, 열 복합처리 후 새로운 기공의 생성과 수소 흡착점의 노출로 인해 높은 수소저장값을 나타내었다.

[0064] 이상, 본 발명의 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적인 기술은 단지 바람직한 실시양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0065] 도 1은 본 발명에 따른 마이크로웨이브가 장착된 반응용기 시스템(microwave furnace system)의 모식도이다.

도면

도면1

