



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월08일
(11) 등록번호 10-1656131
(24) 등록일자 2016년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C22C 1/10 (2006.01) C22C 1/05 (2006.01)
B82Y 40/00 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2014-0020611
(22) 출원일자 2014년02월21일
심사청구일자 2014년02월21일
(65) 공개번호 10-2015-0099091
(43) 공개일자 2015년08월31일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100051124 A*
KR1020070114133 A
KR101351744 B1*
KR1020130055060 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국교통대학교산학협력단
충청북도 충주시 대소원면 대학로 50
(72) 발명자
이정일
충북 충주시 금릉로 14, 205동 1502호 (칠금동, 코오롱동신아파트)
류정호
경기 수원시 영통구 봉영로1517번길 27, 910동 1201호 (영통동, 벽적골9단지아파트)
조경원
충북 충주시 용산로 33, 102동 104호 (용산동, 영진보람아파트)
(74) 대리인
특허법인 아이퍼스

전체 청구항 수 : 총 2 항

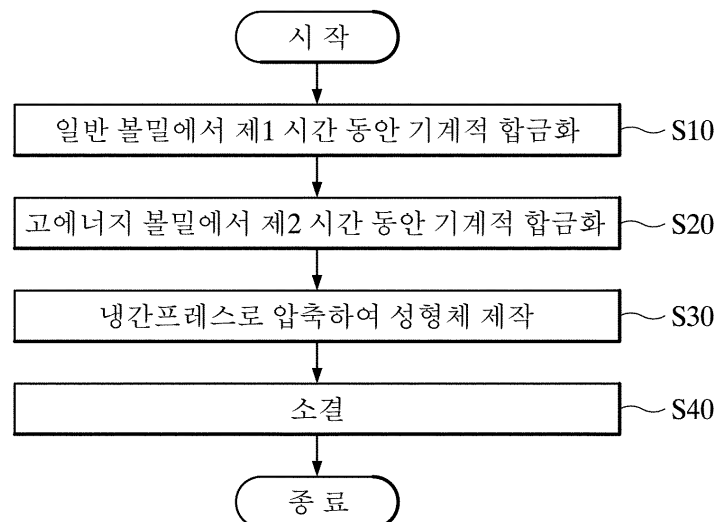
심사관 : 윤여분

(54) 발명의 명칭 **그라파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용한 나노 복합소재의 제조방법 및 그 제조 방법에 의한 나노 복합소재**

(57) 요약

본 발명은 그라파이트-금속기 복합소재에 대하여 기계적 합금화를 실시하여 방열성능을 대폭 향상시킬 수 있는 나노 복합소재의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소재에 관한 것이다. 본 발명의 일례와 관련된 그라파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용한 나노 복합소재의 제조방법은, 볼밀(ball mill)을 이용하여 Al 분말과 팽창 그라파이트 분말에 대해 2시간 동안 기계적 합금화(Mechanical Alloying)를 실시하여 상기 Al 분말과 상기 팽창 그라파이트 분말을 혼합시키는 제 1 단계 및 상기 혼합된 Al 분말과 팽창 그라파이트 분말에 대하여 20분 내지 30분 동안 기계적 합금화를 실시하는 제 2 단계를 포함할 수 있으며, 상기 제 2 단계의 기계적 합금화는 고에너지 볼밀(high energy ball mill) 공정이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013B7197010201

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국교통대학교 산학협력단

연구사업명 산학협력 선도대학(LINC)육성사업

연구과제명 (2차)선도대학링크사업-흑연-금속기 복합소재 제조기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국연구재단

연구기간 2013.08.20 ~ 2013.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

볼밀(ball mill)을 이용하여 Al 분말과 그래파이트 분말에 대해 2시간 동안 기계적 합금화(Mechanical Alloying)를 실시하여 상기 Al 분말과 상기 그래파이트 분말을 혼합시키는 제 1 단계;

상기 혼합된 Al 분말과 그래파이트 분말에 대하여 20분 내지 30분 사이의 시간 동안 기계적 합금화를 실시하는 제 2 단계;

상기 제 2 단계에서 기계적 합금화가 실시된 분말을 냉간프레스로 압축하여 소정의 성형체를 제작하는 제 3 단계; 및

2시간 또는 4시간 동안 상기 성형체를 300℃ 내지 400℃ 사이의 온도로 소결하는 제 4 단계;를 포함하되,

상기 제 1 단계에서 혼합되는 상기 Al 분말과 상기 그래파이트 분말의 비율은 9:1이고,

상기 제 2 단계의 기계적 합금화는 고에너지 볼밀(high energy ball mill) 공정이며,

상기 제 3 단계에서 상기 성형체의 제작은, 상기 분말을 일정한 압력으로 금형에 장입하여 압축함으로써 이루어지고,

상기 그래파이트 분말은, 황산 및 질산의 혼합물에 침적한 후 400℃ 이상 1000℃ 이내에서 팽창된 팽창 그래파이트(expanded graphite)를 이용하는 것을 특징으로 하는 그래파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용한 나노 복합소재의 제조방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1항의 그래파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용한 나노 복합소재의 제조방법을 이용하여 제조된 것을 특징으로 하는 나노 복합소재.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 그래파이트-금속기 복합소체에 대하여 기계적 합금화를 실시하여 방열성능을 대폭 향상시킬 수 있는 나노 복합소체의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소체에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 발광다이오드(Light Emitting Diode; LED)는 화합물 반도체(compound semiconductor)의 PN접합을 통해 발광원을 구성함으로써 다양한 색의 빛을 구현할 수 있는 반도체 소자이다.

[0003] 이러한 LED는 수명이 길고, 소형화 및 경량화가 가능하며, 빛의 지향성이 강하여 저전압 구동이 가능하다는 장점이 있다. 또한, LED는 충격 및 진동에 강하고, 예열시간과 복잡한 구동이 불필요하며, 다양한 형태로 패키징할 수 있어 여러 가지 용도로 적용이 가능하다. 따라서, 근래에는 LED를 이용하여 백열등, 형광등, 할로젠등 등의 전통 조명램프를 대체하려는 시도가 진행되고 있다.

[0004] 한편, 전자 산업이 발전함에 따라 소자는 작아지고 휴대용 전자 제품은 많아지는 추세에 있다. 따라서, 열을 제어하는 방법은 매우 중요한 문제로 대두되고 있다.

[0005] 최근 발표된 많은 논문에 따르면, 카본나노튜브(Carbon nano Tube, CNT), 그래핀(graphene) 등이 핸드폰, 디지털 오디오와 개인용 디지털 기기 등에 있어서 새로운 방열 장치로 사용될 수 있다 한다. 따라서, 이러한 연구 결과를 통하여 과열로 인한 오작동의 문제를 해결할 수 있을 것으로 여겨진다.

[0006] 또한, 무선 통신의 정보를 송신하는 휴대전화 기지국에 사용되는 증폭기에 대해서도 고주파화, 고출력화가 요구되고 있다. 이러한 고출력 트랜지스터의 방열량이 매우 크기 때문에 방열기능이 매우 중요하다.

[0007] 칩의 내부에는 방열 장치가 있어 많은 열이 발생될 때에 열을 방출시킬 수 있으며, 현재 방열 장치는 주로 구리나 알루미늄 같은 물질을 사용하고 있다. 또한, 작은 팬이나 유체의 흐름을 통하여 냉각 속도를 향상시킬 수 있지만 부피를 줄이는 것에는 한계가 있으며, 특히 고출력 증폭기의 경우에는 고출력 트랜지스터에서 발생한 대량의 열을 방출시키기 위해서는 종래의 금속 범프로는 방열성이 충분치 못한 것으로 지적되어 왔다.

[0008] 종래에 개발된 방열 장치 중에서도 특히 그래파이트/수지를 이용한 방열제품은 기존 알루미늄 다이캐스팅과 비교하여 성능이 낮은 수준이다. 국내에서 시도되고 있는 카본류(CNT, 활성탄, 흑연 등)를 수지와 배합하여 사용하는 방법은 가격이 비싸고 수지비율이 높아 방열특성이 낮은 문제점이 있다.

[0009] 또한, 이러한 수지 복합체의 열전도도를 높이고자 충전제(카본류)를 많이 충전시키게 되는데, 이러한 충전에 의해 점도(viscosity)가 상승하여 성형성이 나빠지고 사출 성형 등으로 제품을 생산하기가 더욱 어려워지며, 최종 제품의 강도 또한, 만족스럽지 못하게 되는 문제점이 있다.

[0010] 따라서, 열전도율이 높고, 소형/박막화가 가능한 유연한 재료의 방열 재료에 대한 수요가 확대되고 있으며, 80% 이상을 수입에 의존하고 있는 고성능 방열 재료를 연구 개발이 요구되고 있는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1193991호
- (특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-1310162호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 그래파이트-금속기 복합소체에 대하여 기계적 합금화를 실시하여 방열성능을 대폭 향상시킬 수 있는 나노 복합소체의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소체를 사용자에게 제공하는 데 그 목적이 있다.

[0013] 또한, 본 발명은 제품밀도를 높이고 안정화시켜 LED, 전자기기, 소형전자제품 등에 차별화된 다양한 방열제품을

줄 수 있는 나노 복합소재의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소재를 사용자에게 제공하는 데 그 목적이 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 낮은 열저항, 중량감소, 비용절감, 친환경성과 내식성 등이 우수하며, 이러한 높은 경쟁력으로 인하여 가전제품의 방열 시장에 기여하고, LED업체와의 신규 사업으로 수입, 수출 대체 효과를 가져와 지역산업 발전에 크게 기여할 수 있는 나노 복합소재의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소재를 사용자에게 제공하는 데 그 목적이 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 방열 제품으로 대체되어 원가 인하가 예상되고 가격 경쟁력을 확보할 수 있는 나노 복합소재의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소재를 사용자에게 제공하는 데 그 목적이 있다.

[0016] 한편, 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0017] 상술한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일례와 관련된 그라파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용한 나노 복합소재의 제조방법은, 볼밀(ball mill)을 이용하여 Al 분말과 팽창 그라파이트 분말에 대해 2시간 동안 기계적 합금화(Mechanical Alloying)를 실시하여 상기 Al 분말과 상기 팽창 그라파이트 분말을 혼합시키는 제 1 단계 및 상기 혼합된 Al 분말과 팽창 그라파이트 분말에 대하여 20분 내지 30분 동안 기계적 합금화를 실시하는 제 2단계를 포함할 수 있으며, 상기 제 2 단계의 기계적 합금화는 고에너지 볼밀(high energy ball mill) 공정이다.

[0018] 또한, 상기 제 2 단계에서 기계적 합금화가 실시된 분말을 냉간프레스로 압축하여 소정의 성형체를 제작하는 제 3 단계 및 상기 성형체를 2시간 또는 4시간 동안 기 설정된 소결온도로 소결하는 제 4 단계를 더 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 제 3 단계에서 상기 성형체의 제작은, 상기 분말을 기 설정된 압력으로 금형에 장입하여 압축함으로써 이루어질 수 있다.

[0020] 또한, 상기 제 4 단계의 소결 과정에서는, 상기 성형체에 다른 화합물상이 발생하지 않도록 조절할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 소결온도는 300℃ 내지 400℃ 사이의 온도일 수 있다.

[0022] 또한, 상기 제 1 단계에서 혼합되는 상기 Al 분말과 상기 팽창 그라파이트 분말의 비율은 9:1일 수 있다.

[0023] 또한, 상기 제 2 시간은 20분 내지 30분 사이의 시간일 수 있다.

[0024] 한편, 상술한 과제를 실현하기 위한 본 발명의 일례와 관련된 나노 복합소재는 상기 그라파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용한 나노 복합소재의 제조방법 중 하나를 이용하여 제조될 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 그라파이트-금속기 복합소재에 대하여 기계적 합금화를 실시하여 방열성능을 대폭 향상시킬 수 있는 나노 복합소재의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소재를 사용자에게 제공할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명은 제품밀도를 높이고 안정화시켜 LED, 전자기기, 소형전자제품 등에 차별화된 다양한 방열제품을 줄 수 있는 나노 복합소재의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소재를 사용자에게 제공할 수 있다.

[0027] 또한, 본 발명은 낮은 열저항, 중량감소, 비용절감, 친환경성과 내식성 등이 우수하며, 이러한 높은 경쟁력으로 인하여 가전제품의 방열 시장에 기여하고, LED업체와의 신규 사업으로 수입, 수출 대체 효과를 가져와 지역산업 발전에 크게 기여할 수 있는 나노 복합소재의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소재를 사용자에게 제공할 수 있다.

[0028] 또한, 본 발명의 방열 제품으로 대체되어 원가 인하가 예상되고 가격 경쟁력을 확보할 수 있는 나노 복합소재의 제조방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소재를 사용자에게 제공할 수 있다.

[0029] 한편, 본 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효

과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0030] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 일 실시례를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술적 사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 그래파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용하여 나노 복합소재를 제조하는 방법의 일례를 나타내는 순서도이다.

도 2a 내지 도 2f는 본 발명과 관련된 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말을 FE-SEM을 이용하여 관찰한 사진을 나타낸다.

도 3a 및 도 3b는 고에너지 불밀에서 10분간 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말을 FE-SEM을 이용하여 관찰한 사진을 나타낸다.

도 4는 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대하여 측정된 X-ray 회절패턴을 나타낸다.

도 5는 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대하여 측정된 파장분석 분광분석기의 패턴을 나타낸다.

도 6은 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대하여 소결이 실시된 후 측정된 X-ray 회절패턴을 나타낸다.

도 7은 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대하여 소결이 실시된 후 측정된 열전도도를 나타낸다.

도 8a 및 도 8b는 본 발명의 그래파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용한 나노 복합소재의 일례를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 일 실시례에 대해서 설명한다. 또한, 이하에 설명하는 일 실시례는 특허청구범위에 기재된 본 발명의 내용을 부당하게 한정하지 않으며, 본 실시 형태에서 설명되는 구성 전체가 본 발명의 해결 수단으로서 필수적이라고는 할 수 없다.

[0032] 그래파이트는 알루미늄보다 전기전도도가 좋으나, 기존 그래파이트를 이용한 제품개발은 수지를 이용한 제품들이 대부분이며 그 한계를 벗어나지 못하고 있다. 그래파이트의 제품 성형을 위한 수지는 방열 성능을 저해하는 요인이 되므로 알루미늄보다 성능이 현저히 떨어지는게 현실이다.

[0033] 본 발명은 팽창그래파이트/금속(Al, Cu, Mg 등) 복합체로서 새로운 방법을 개발하고 제품 밀도를 높이고 안정화시켜 LED, 전자기기, 소형전자기기(노트북, 스마트폰)등 차별화된 다양한 방열제품 개발을 제안하고자 한다.

[0034] 이하에서는, 본 발명이 제안하는 그래파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용한 나노 복합소재의 제조 방법 및 그 제조방법에 의한 나노 복합소재에 대하여 도면을 참조하여 구체적으로 설명한다.

[0035] 도 1은 본 발명의 그래파이트-금속기 복합소재의 기계적 합금화를 이용하여 나노 복합소재를 제조하는 방법의 일례를 나타내는 순서도이다.

[0036] 도 1을 참조하면, 일반 볼밀(ball mill)을 이용하여 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대해 약 2시간(제 1 시간) 동안 기계적 합금화(Mechanical Alloying, MA)를 실시하여 상기 Al 분말과 상기 팽창 그래파이트 분말을 혼합시킨다(S10).

[0037] 구체적으로, 본 발명은 제조된 팽창 그래파이트를 이용하였으며, 사용된 그래파이트는 흑연, 팽창 그래파이트, 산화 그래파이트 및 그 팽창물을 가리키며, 흑연은 천연흑연, 인조흑연 모두를 포함한다.

[0038] 팽창 그래파이트는 황산과 질산 및 그의 혼합물에 침적한 후 400℃ 이상 1000℃ 이내에서 팽창시킨 그래파이트를 가리킨다. 산화 그래파이트는 산용액에 침적시 산화제를 첨가하여 산화시킨 그래파이트와 산화 그래파이트를 고온에서 팽창한 그래파이트를 포함한 조성물 및 성형품 제조기술이며, 이러한 제조기술 이미 정립되어 있고,

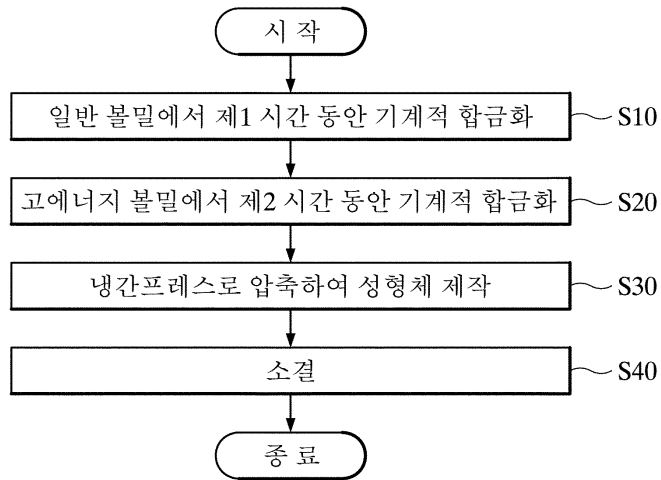
본 발명의 그래파이트 소재로 사용되었다.

- [0039] Al분말(99.9%, -200mesh)과 팽창 그래파이트 분말을 무게비(weight %, wt%)로 9:1 비율로 혼합하여 고른 분포를 위해 일반 볼밀에서 2시간 정도 혼합을 실시한다.
- [0040] 이어서, 상기 혼합된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대하여 제 2 시간 동안 기계적 합금화를 실시한다(S20). 상기 S20 단계의 기계적 합금화는 고에너지 볼밀(high energy ball mill) 공정이고, 상기 제 2 시간은 10분 내지 30분 사이의 시간이며, 바람직하게는 20분 내지 30분이 될 수 있다.
- [0041] 구체적으로, 고에너지 볼밀에서 10분부터 최대 30분까지 기계적 합금화를 실시하였다. 기계적 합금화를 실시한 후 분말의 형상을 관찰하기 위해 전계방출 주사전자현미경(FE-SEM)을 이용하여 분말의 형상을 관찰한 결과 도 2a 내지 도 2f와 같은 사진을 얻을 수 있다.
- [0042] 도 2a 내지 도 2f는 본 발명과 관련된 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말을 FE-SEM을 이용하여 관찰한 사진을 나타낸다. 도 2a는 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말을 일반 볼밀을 이용하여 기계적 합금화를 실시하여 관찰된 사진이고, 도 2b 내지 도 2f는 고에너지 볼밀에서 각각 10분간, 15분간, 20분간, 25분간, 30분간 기계적 합금화를 실시하여 관찰된 사진을 나타낸다. 도 2a 내지 도 2f의 FE-SEM 사진은 배율 ×500으로 관찰되었다.
- [0043] 도 2a 내지 도 2f에 나타난 것과 같이, 처음 혼합한 분말의 경우 Al분말과 팽창 그래파이트 분말이 일정하게 분포되어 있음을 확인할 수 있으며, 기계적 합금화 시간이 증가됨에 따라 분말의 미세화가 진행되는 것을 관찰할 수 있다.
- [0044] 도 3a 및 도 3b는 고에너지 볼밀에서 10분간 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말을 FE-SEM을 이용하여 관찰한 사진으로서, 각각 ×3000 및 ×50000에서 관찰된 사진이다.
- [0045] 도 3a 및 도 3b에 나타난 것과 같이, 기계적 합금화 30분을 실시한 경우에는 분말의 응집현상이 관찰되며, 고배율로 확대해서 관찰한 결과 5-10 나노미터(nano meter, nm) 크기의 분말들이 서로 응집되어 있는 것이 관찰된다.
- [0046] 도 4는 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대하여 측정된 X-ray 회절패턴을 나타낸다. 도 4의 (a)는 일반 볼밀을 이용하여 기계적 합금화를 실시한 결과이고, 도 4의 (b) 내지 (f)는 각각 10분간, 15분간, 20분간, 25분간, 30분간 기계적 합금화를 실시한 결과이다.
- [0047] Al 분말과 10wt% 팽창 그래피이트 분말을 혼합하여 고에너지 기계적 합금화를 실시한 시간대별로 상변화의 정도를 관찰하기 위해 XRD(X-ray Diffraction) 시험을 실시하였다.
- [0048] 도 4에 나타난 것과 같이, 기계적 합금화 15분 실시한 시편에서부터 팽창 그래피이트의 피크(peak)가 소멸되는 것을 알 수 있다. 이는 기계적 합금화에 따른 분말합성이 이루어진 것으로 판단되며, 20분 이상 기계적 합금화를 실시한 경우 팽창 그래피이트의 피크가 완전히 소멸된 것이 관찰되었다. 하지만 소멸된 피크에 대한 상변태를 확인하기 위한 추가적인 실험이 진행되어야 할 것으로 판단된다.
- [0049] 도 5는 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대하여 측정된 파장분석 분광분석기의 패턴을 나타낸다.
- [0050] 기계적 합금화가 증가됨에 따라 팽창 그래피이트 피크가 소멸되는 것이 산소와의 결합으로 산화되는 것인지를 확인하기 위해 파장분산 분광분석기(Wavelength Dispersive Spectroscopy, WDS) 분석을 실시하였다.
- [0051] 도 5에 나타난 것과 같이, 산소의량은 기계적 합금화 시간 증가에 따른 변동 추이가 나타나지는 않았으며, 이는 기계적 합금화에 따른 원료분말의 산화가 이루어지지 않는다는 것을 알 수 있다.
- [0052] 반면, Al분말이 일정하게 증가되는 것은 팽창 그래파이트 분말이 기계적 합금화 시간이 증가됨에 따라 Al분말과 합성이 이루어진 것이 추가적으로 확인할 수 있다.
- [0053] 이어서, 상기 S20 단계에서 기계적 합금화가 실시된 분말을 냉간프레스로 압축하여 소정의 성형체를 제작한다(S30). 여기서, 30분간 기계적 합금화가 실시된 분말을 5톤 정도의 압력으로 내경 10mm의 금형에 장입하여 압축하여 성형체를 제작할 수 있다.
- [0054] 이어서, 상기 성형체를 제 3 시간 동안 기 설정된 소결온도로 소결하여 본 발명의 나노 복합소재를 제조한다(S40).

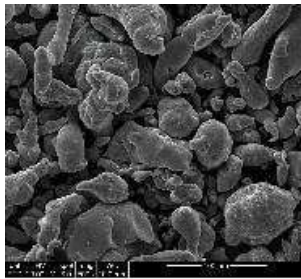
- [0055] 소결 온도를 확인하기 위해서 350℃부터 550℃까지 단계적으로 소결을 실시하였다.
- [0056] 도 6은 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대하여 소결이 실시된 후 측정된 X-ray 회절 패턴을 나타낸다. 도 6의 (a)는 Al 분말과 10wt% 팽창 그래파이트 분말을 혼합하여 순수 Al 분말을 550℃에서 2시간 소결한 결과이고, 도 6의 (b)는 불밀에서 기계적 합금화한 결과이며, 도 6의 (c) 내지 (h)는 각각 불밀에서 기계적 합금화한 후 350℃에서 2시간, 400℃에서 2시간, 450℃에서 2시간, 500℃에서 2시간, 550℃에서 2시간, 550℃에서 4시간 소결한 결과이다.
- [0057] 도 6에 나타난 것과 같이, 300℃에서 2시간 소결한 시편부터 Al₄C₃의 화합물상이 출현하였다. 이는 기계적 합금화에서 소멸된 팽창 그래파이트가 Al분말과 혼합되어 제 2의 상을 만든 것으로 추측되며, 소결온도와 시간이 증가됨에 따라 더 많은 화합물상이 나타남이 확인된다.
- [0058] 화합물상은 강도측면에서는 아주 우수한 특성이 있으나 열전도도를 저하하는 원인이 되는 것을 감안할 때, 300℃ 이전에서 소결한 시편을 대상으로 열전도도 측정 실험을 하는 것이 정상이나 300℃ 이전에서 소결한 시편의 경우 Al의 이론밀도 대비 약 70%의 밀도가 측정된 것을 볼 때 극히 우수한 열전도도 값을 얻기에는 다소 어려울 것으로 판단된다.
- [0059] 도 6의 (a)는 기계적 합금화에 따른 소결특성을 비교하기 위해 순수 Al분말을 위와 같은 조건으로 성형하여 소결한 것으로 기계적 합금화를 실시한 시편과 비교 평가하기 위해 도시하였다.
- [0060] 도 7은 기계적 합금화가 실시된 Al 분말과 팽창 그래파이트 분말에 대하여 소결이 실시된 후 측정된 열전도도를 나타낸다.
- [0061] 도 7에 나타난 것과 같이, 시간대별로 제작된 소결 시편에 대한 열전도도(W/mK)를 측정한 결과 Al시편의 경우 155 W/mK의 값을 얻을 수 있었으나 팽창 그래파이트가 첨가된 경우 현저하게 떨어지는 값을 얻었으며, 이는 이론밀도 대비 소결밀도의 저하와 Al₄C₃상과 같은 이원계 합금이 출현한 것이 원인이라고 판단된다. 이는 본 실험에서 얻고자한 열전도도 증가 실험에 상반되는 결과이지만, 소결온도와 시간이 증가됨에 따라 다소 열전도도 값이 증가되는 것이 확인된 결과 Al의 열전도도 증가 시킬 수 있는 실험은 제 3의 원소 첨가와 소결조건의 변경 등 후속 실험이 진행되어야 할 것으로 판단된다.
- [0062] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 의하여 개발된 팽창그래파이트/금속(Al 등) 복합체를 이용한 제품은 낮은 열저항, 중량감소, 비용절감, 친환경성과 내식성 등이 우수할 것으로 판단된다. 이의 높은 경쟁력은 가전제품에 방열 시장에 기여하고 LED업체와의 신규 사업으로 수입, 수출 대체 효과와 또한 지역산업 발전에 크게 기여할 것으로 판단된다.
- [0063] 또한, 2014년의 방열기 시장은 20억 유로로 예상되는 가운데 인건비 상승에 따른 외주비용 증가와 더불어 구리, 철, 알루미늄 등의 원자재 가격 상승에 따른 가격 상승이 불가피하며, 본 발명의 제품으로 대체될 경우 원가 인하 예상으로 가격 경쟁력 확보가 가능하며 방열제품을 만들어서 전자기기, LED에 적용 시 첫해에 년 간 10억 이상의 고정 매출이 발생할 것으로 예상되고 인력양성은 물론 고용창출이 기대된다.
- [0064] 한편, 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의해 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행할 수 있다. 그리고, 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.
- [0065] 또한, 상기와 같이 설명된 장치 및 방법은 상기 설명된 실시례들의 구성과 방법이 한정되게 적용될 수 있는 것이 아니라, 상기 실시례들은 다양한 변형이 이루어질 수 있도록 각 실시례들의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다.

도면

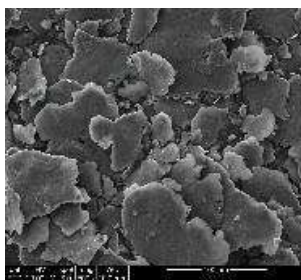
도면1



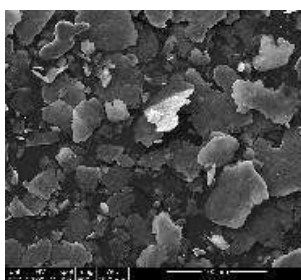
도면2a



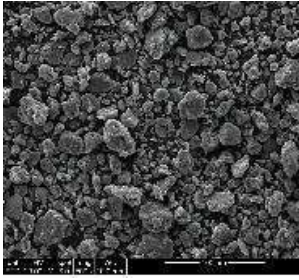
도면2b



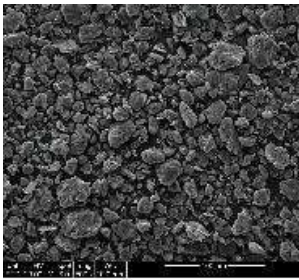
도면2c



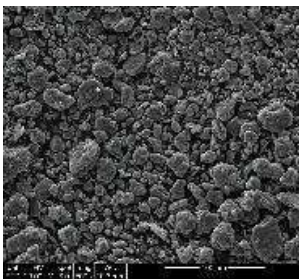
도면2d



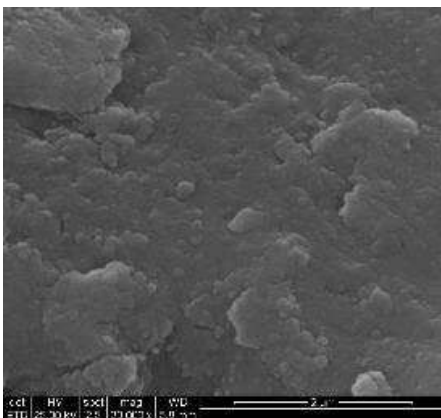
도면2e



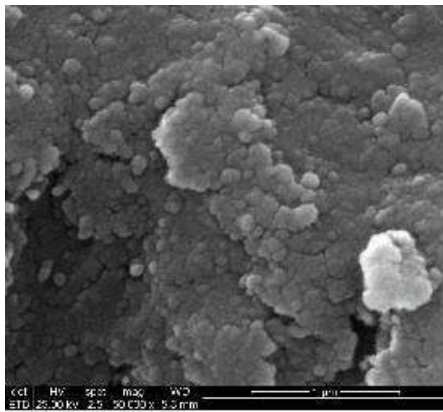
도면2f



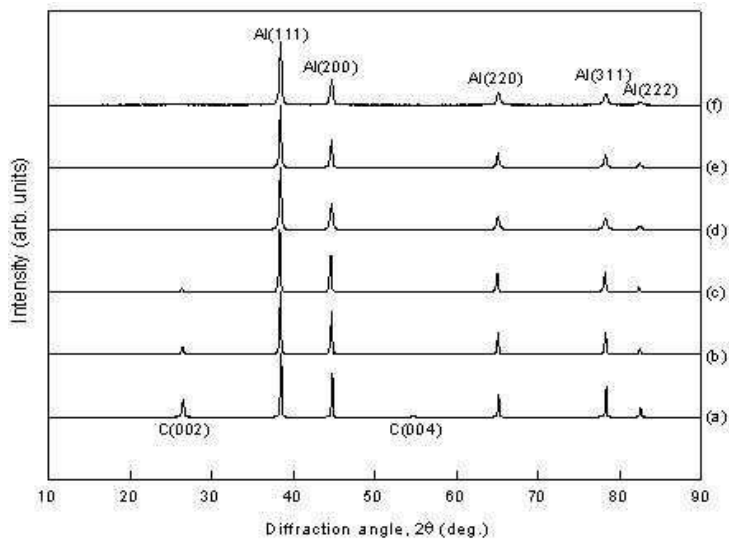
도면3a



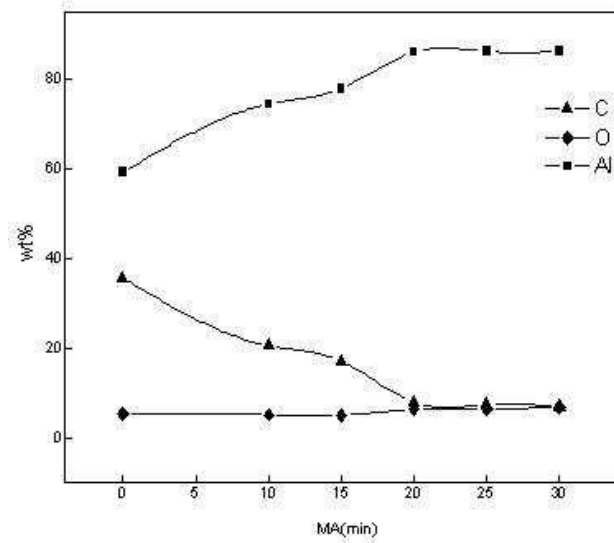
도면3b



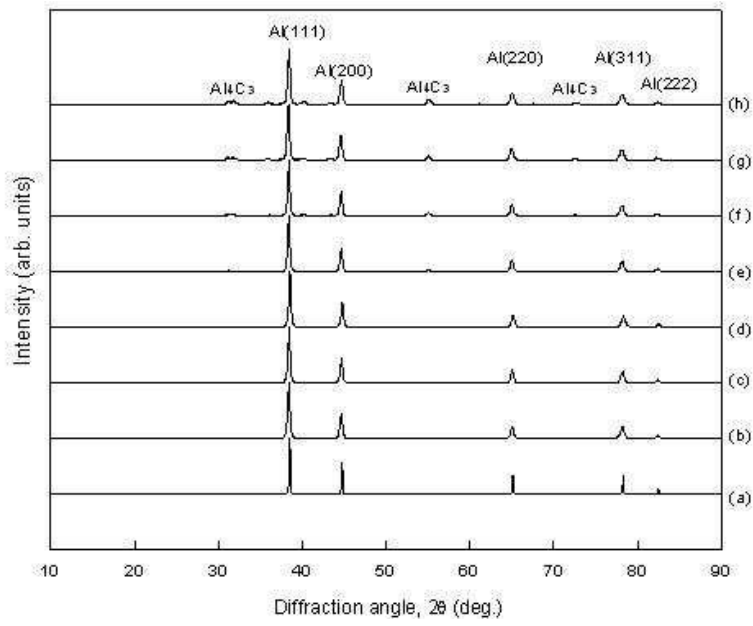
도면4



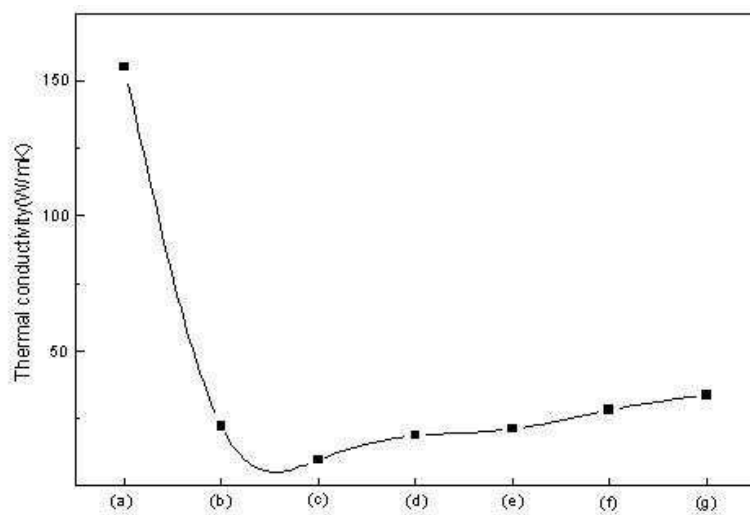
도면5



도면6



도면7



도면8a



도면8b

