



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년02월05일
 (11) 등록번호 10-1355964
 (24) 등록일자 2014년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 3/00 (2006.01) *B82B 1/00* (2006.01)
B22F 9/24 (2006.01) *H01F 1/36* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0107438
 (22) 출원일자 2011년10월20일
 심사청구일자 2011년10월20일
 (65) 공개번호 10-2013-0043700
 (43) 공개일자 2013년05월02일
 (56) 선행기술조사문헌
 Journal of Electroceramics, Vol. 6, No. 2,
 pp. 123-134 (2001)*
 Jurnal Teknik Industri, Vol. 12, 2, pp.
 129-135 (2011.08.)*
 US4671885 A
 US5232617 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국과학기술원
 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
 (72) 발명자
자페르 야부즈
 대전 유성구 구성동 한국과학기술원 KI빌딩(E4)
 A512호
파텔 하스무크
 대전 유성구 구성동 한국과학기술원 KI빌딩 5층
 A524호
변지혜
 대전 유성구 대학로 291, KI빌딩 5층 A524호 성구
 (구성동, 한국과학기술원)
 (74) 대리인
특허법인 다해

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 박진

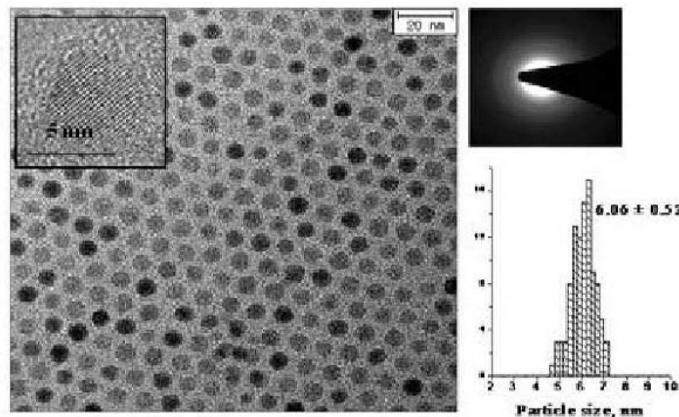
(54) 발명의 명칭 **알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법, 이에 의하여 제조된 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 및 이를 포함하는 극초단파 차폐물질**

(57) 요약

알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법, 이에 의하여 제조된 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 및 이를 포함하는 극초단파 차폐물질이 제공된다.

본 발명의 일 실시예에 따른 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법은 상기 제 1 혼합물과 카르복실산기-함유 화합물을 용매에 혼합하여, 제 2 혼합물을 형성하는 단계; 및 상기 제 2 혼합물을 제 1 열처리하여 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 제조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하며, 본 발명에 따르면, 단일 결정의 바륨헥사페라이트(BHF)와 스트론튬헥사페라이트(SHF)와 같은 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자는 금속-카르복실산염의 열분해로써 얻을 수 있다. 이에 따라 얻어지는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자는 단일 도메인 구조를 보이며, 극초단파 차폐에 효과적으로 사용될 수 있다.

대표도 - 도1a



특허청구의 범위

청구항 1

알칼리토금속수산화물과 수산화철을 혼합하여 제 1 혼합물을 형성하는 단계;

상기 제 1 혼합물과 카르복실산기-함유 화합물을 용매에 혼합하여, 제 2 혼합물을 형성하는 단계; 및

상기 제 2 혼합물을 제 1 열처리하여 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 제조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법에 있어서,

상기 카르복실산기-함유 화합물을 카르복실산기-함유 지방산이며, 상기 용매는 유기용매인 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 알칼리토금속은 바륨 또는 스트론튬인 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 알칼리토금속수산화물은 수산화바륨팔수화물 또는 수산화스트론튬팔수화물인 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 알칼리토금속수산화물과 수산화철은 12:1 내지 12:1 내지 8:1의 몰비로 혼합되는 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 제 1 열처리는 300℃ 이상의 온도로 승온시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 방법은

상기 제 1 열처리 후, 상기 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 제 2 열처리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 제 2 열처리는 750℃ 이상의 온도로 30분간 진행되는 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의하여 제조된 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자는 단일도메인 구조인 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자.

청구항 11

제 10항에 따른 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 포함하는 극초단파 흡수물질.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 극초단파의 진동수는 8.2~12.4GHz인 것을 특징으로 하는 극초단파 흡수물질.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법, 이에 의하여 제조된 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 및 이를 포함하는 극초단파 차폐물질에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 나노 수준의 자성 산화철은 많은 비용이 들지 않고, 독성이 없으며 고온에서도 안정하기 때문에, 자성을 이용한 데이터 저장 장치, 수처리, 액체자석(ferrofluid), 의학 영상 장비, 체내 약물 전달, 촉매 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 자성 산화철 중 육각형의 페라이트, 특히 바륨헥사페라이트 및 스트론튬헥사페라이트는 높은 자성 결정성 및 비등방성, 보자력, 잔류 자성, 강자성공명 등으로 인해 상업적인 가치가 높다고 평가받고 있다.

[0003] 이 헥사페라이트는 주로 자성을 이용한 데이터 저장 및 녹음 기술 등에 사용되고 있기 때문에, 헥사페라이트 자체의 극초단파의 흡수 능력이 제대로 평가받지 못하는 실정이다. 더불어 헥사페라이트의 나노 수준에서의 성질은 아직까지도 많이 다루어지지 않았다. 그동안 바륨헥사페라이트(이하 BHF)와 스트론튬헥사페라이트(이하 SHF)를 합성하기 위한 다양한 시도가 있었는데, 그 예로는 방열법(thermolysis), 가역마이크로에멀전(reverse micro-emulsion), 공침법(coprecipitation), 열수법(hydrothermal process), 고체산법(sol-gel route)이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 따라서 본 발명이 해결하려는 과제는 상술한 방법과 다른, 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자의 신규한 제조 방법과 이에 의하여 제조된 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명이 해결하려는 또 다른 과제는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자의 응용을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 알칼리토금속수산화물과 수산화철을 혼합하여 제 1 혼합물을 형성하는 단계; 상기 제 1 혼합물과 카르복실산기-함유 화합물을 용매에 혼합하여, 제 2 혼합물을 형성하는 단계; 및 상기 제 2 혼합물을 제 1 열처리하여 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 제조하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자 제조방법을 제공한다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 알칼리토금속은 바륨 또는 스트론튬이며, 상기 알칼리토금속수산화물은 수산화바륨팔수화물 또는 수산화스트론튬팔수화물이다.

- [0008] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 알칼리토금속수산화물과 수산화철은 12:1 내지 12:1 내지 8:1의 몰비로 혼합된다.
- [0009] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제 1 열처리는 300℃ 이상의 온도로 승온시키는 단계를 포함한다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 방법은 상기 제 1 열처리 후, 상기 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 제 2 열처리하는 단계를 더 포함한다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 제 2 열처리는 750℃ 이상의 온도로 30분간 진행된다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 카르복실산기-함유 화합물을 카르복실산기-함유 지방산이며, 상기 용매는 유기용매이다.
- [0013] 본 발명은 상기 또 다른 과제를 해결하기 위하여, 상술한 방법에 의하여 제조된 것을 특징으로 하는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 제공한다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자는 단일도메인 구조이다.
- [0015] 본 발명은 또한 상술한 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 포함하는 극초단파 흡수물질을 제공하며, 상기 극초단파의 진동수는 8.2~12.4 GHz이다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명에 따르면, 단일 결정의 바륨헥사페라이트(BHF)와 스트론튬헥사페라이트(SHF)와 같은 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자는 금속-카르복실산염의 열분해로써 얻을 수 있다. 이에 따라 얻어지는 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자는 단일 도메인 구조를 보이며, 극초단파 차폐에 효과적으로 사용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1a, 1b는 BHF와 SHF 나노 입자의 TEM 자료와 부분 영역의 전자회절 패턴, 그리고 입자의 크기 분포를 나타낸 이미지이다.
 도 1c 및 1d는 저배율에서의 TEM 이미지이다.
 도 1e 및 1f는 BHF와 SHF 나노 입자를 섭씨 750도 이상의 열에서 30분 이상 처리하여 얻은 입자 이미지이다.
 도 2a 및 2b는 BHF와 SHF의 X선 회절 분석 결과 그래프이다.
 도 3은 섭씨 750도로 가열되기 전의 헥사페라이트 물질의 자성 이력 곡선(hysteresis loop)이다.
 도 4a 및 4b는 본 발명에 따라 제조된 헥사페라이트 나노입자 물질의 주파수 영역에 따른 반사량 감소 측정 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 본 발명을 도면을 참조하여 상세하게 설명하고자 한다. 다음에 소개되는 실시예들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서 본 발명은 이하 설명된 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 그리고 도면들에 있어서, 구성요소의 폭, 길이, 두께 등은 편의를 위하여 과장되어 표현될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [0019] 본 발명은 바륨, 스트론튬과 같은 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 제조하기 위하여, 알칼리토금속수산화물과 수산화철을 혼합하여 제 1 혼합물을 형성하고, 이후, 상기 제 1 혼합물과 카르복실산기-함유 화합물을 용매에 혼합하여, 제 2 혼합물을 형성시켰다. 이로써 금속-카르복실산 염을 제조하며, 금속-카르복실산 염을 포함하는 제 2 혼합물을 열처리하여 320℃ 이상의 고온에서 가열하여 알칼리토금속 헥사페라이트 나노입자를 제조하였다.
- [0020] 본 발명은 나노입자를 금속-카르복실산염의 열분해로써 얻었으며, 상기 나노입자 결정은 평균 6.5nm의 균일한 크기를 보인다. 이 나노입자를 750℃의 고온에서 열처리하면 너비 50nm~100nm 크기의 입자가 서로 달라붙은 형

태를 얻을 수 있다.

[0021] 대표적인 합성에서, 철과 바륨(혹은 스트론튬)의 12:1 내지 8:1 몰비의 수산화철(iron hydroxide)과 수산화바륨 팔수화물(barium hydroxide octahydrate) (혹은 수산화스트론튬팔수화물(strontium hydroxide octahydrate)) 혼합물이 사용되며, 상기 혼합물은 카르복실산-함유 화합물인 올레익산(oleic acid)과 함께 유기용매인 1-옥타데신(1-octadecene)에서 혼합된다. 이후, 상기 혼합물을 지속적으로 섞으면서 300℃ 이상의 온도(320℃)까지 열을 가하고, 상기 온도에 다다른 후 추가로 90분 동안 가열 상태를 유지하였다. 이로써 금속-카르복실산 혼합물에 의한 갈색의 콜로이드 용액은 비활성 조건 하에서 열분해가 이루어져 뚜렷한 검은색으로 변하게 되었다. 이후 에틸 알코올과 노말헥산을 1:1 비율로 혼합한 용액으로 워싱 및 원심분리하여 나노입자의 분말을 얻는다. 이 분말은 750℃ 이상의 고온에서 열처리됨으로써 비로소 바륨/스트론튬헥사페라이트 상을 보인다.

[0022] 실시예

[0023] 합성 물질

[0024] 1) 1-옥타데신(순도 90%), 올레익산(99%): 미국, Sigma-Aldrich

[0025] 2) 수산화철(90%), 수산화바륨팔수화물(97%), 수산화스트론튬팔수화물(95%), 노말헥산(99.5%), 에틸알코올(99.5%): 한국, SAMCHUN

[0026] 3) 철과 바륨의 혼합 몰 비= 12:1 내지 8:1

[0027] 바륨헥사페라이트, 스트론튬헥사페라이트, 자철석 나노 입자 합성

[0028] 0.979g(11mmol)의 수산화철과 0.31g(0.96mmol)의 수산화바륨팔수화물을 섞고 막자사발을 이용하여 뿜는다. 이때 상기 철과 바륨의 혼합 몰비는 12:1 내지 8:1이었다. 이 혼합물을 100ml 삼구플라스크에 옮기고 11.3g(40mmol)의 올레익산과 25g의 1-옥타데신을 넣는다. 플라스크에 질소공급기, 컨덴서, 자석교반기, 열전대, 히팅 멘틀을 설치한다. 이 혼합물을 자석교반기로 계속 저어주면서 5℃/분의 속도로 320℃에 다다를 때까지 열을 가하고, 온도에 다다르면 질소 공급을 중단한 채로 90분 동안 열을 지속한다(제 1 열처리). 결과적으로, 검은색 혼합물을 상온에 두고 열을 식히고, 에틸 알코올과 노말헥산의 혼합 용액을 이용하여 몇 차례 워싱한다. 이로써 얻어진 분말 시료는 80℃에서 건조된 후 750℃ 이상의 고온에서 30분 동안 열처리된다(제 2 열처리).

[0029] 같은 방법으로, 스트론튬헥사페라이트 나노 입자를 합성하기 위하여 1g(11.3mmol)의 수산화철, 0.26g(0.94mmol)의 수산화스트론튬팔수화물, 12.8g(45.2mmol)의 올레익산, 30g의 1-옥타데신을 사용하였다. 자철석 나노입자 경우, 1g(11.3mmol)의 수산화철, 12.8g(45.2mmol)의 올레익산, 30g의 1-옥타데신이 사용되었다.

[0030] 열처리 이전의 BHF와 SHF 나노 입자의 TEM 분석

[0031] 도 1a, 1b는 BHF와 SHF 나노 입자의 TEM 자료와 부분 영역의 전자회절 패턴, 그리고 입자의 크기 분포를 나타낸 이미지이고, 도 1c 및 1d는 저배율에서의 TEM 이미지이다.

[0032] 도 1a 내지 1d를 참조하면, 입자는 구형을 띄고 있으며, BHF의 경우 $6.06 \pm 0.52\text{nm}$ 의 입자분포를 보이고, SHF의 경우 $6.63 \pm 0.65\text{nm}$ 의 입자분포를 보인다. 또한, 두 헥사페라이트의 입자 크기는 낮은 배율의 TEM 이미징에서도 매우 균일한 것으로 확인된다. 또한, 고배율 TEM을 통해 본 결과, 이 나노 입자들은 단일 결정의 모습을 보이는데, 이는 연속적인 원자의 격자 배열을 통해 확인할 수 있다.

[0033] ICP-AES를 통하여 화학적 구성 성분을 살펴보면, BHF는 철과 바륨의 몰비가 11.6, SHF는 철과 스트론튬의 몰비는 11.8이다. 이 결과는 바륨 및 스트론튬헥사페라이트 성분의 이론적인 값과 일치한다(아래 표 1 참조).

[0034] [표 1]

	BHF		SHF	
	Fe	Ba	Fe	Sr
농도, ppm	6.07	1.28	11.75	1.56
몰비, Fe/Ba or Sr	11.6		11.8	

[0035]

[0036] 열처리 후 BHF와 SHF 입자의 SEM 분석

[0037] 도 1e 및 1f는 BHF와 SHF 나노 입자를 섭씨 750도 이상의 열에서 30분 이상 처리하여 얻은 입자 이미지이다.

[0038] 도 1e 및 1f를 참조하면, 나노 입자는 높은 열에서 서로 달라붙는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. BHF의 경우 50nm 두께 및 300nm 길이의 막대 형태의 입자가 관찰되며, SHF의 경우 100nm 두께 및 400nm 길이의 막대 형태의 입자가 관찰된다.

[0039] XRD 분석

[0040] 본 발명에 따라 제조된 헥사페라이트의 결정 격자 구조는 섭씨 750도에서 진행되는 열처리에 따라 결정 구조의 차이가 발생한다. 이를 확인하기 위하여, 전자 회절과 X선 회절을 통해 BHF와 SHF 나노 입자의 구조 정보를 파악하였는데, 그 결과, 섭씨 750도 이상에서 열처리를 가해준 후 BHF와 SHF의 패턴이 정확하게 측정되었는데, 이는 도 2a 및 2b에 도시된다.

[0041] 도 2a 및 2b는 BHF와 SHF의 X선 회절 분석 결과 그래프로서, 도 2a 및 2b를 참조하면, BHF와 SHF의 XRD 패턴은 두 헥사페라이트가 육각 구조의 단일 상임을 명확하게 보여준다. 측정된 BHF와 SHF의 회절 선은 기존에 알려진 헥사페라이트 표준 패턴과 일치하는 것을 알 수 있다. 회절 선의 정점은 결정체가 나노 크기이므로 매우 높게 분포한다. XRD를 측정하기 위하여 노말헥산에 분산된 나노 입자는 에틸 알코올을 이용하여 몇 차례 워싱 및 원심 분리 작업을 거친다. 헥사페라이트 격자의 주기적인 성질은 도 1의 고배율 TEM에서 확인하였듯 헥사페라이트 구조의 (002) 면을 나타낸다. 또한, 측정된 나노 입자의 부분 영역의 전자 회절은 헥사페라이트가 육각형 구조임을 보여준다. 그러나, 회절 선의 (001) 면 방향의 링은 헥사페라이트의 선호되는 방향을 보여준다. 헥사페라이트의 모든 회절 선의 링은 나노 입자의 회절 패턴에 모두 나타날 수는 없는데, 이는 입자의 크기 때문이다.

[0042] 자성 분석

[0043] 도 3은 섭씨 750도로 가열되기 전의 헥사페라이트 물질의 자성 이력 곡선(hysteresis loop)이다.

[0044] 도 3을 참조하면, 얻어진 데이터는 폴리스티렌에 회석된 시료에서 얻었기 때문에, 실제의 BHF와 SHF의 값을 얻기 위하여 일부 수정되었다. 나노 입자는 서로 충분히 가까워질 경우, 입자 간에 상호 작용(가역 집합 습성, reversible aggregation behavior)을 할 수 있기 때문에 폴리스티렌에 회석하는 과정이 필요하다. 단일 도메인, 단일 결정의 BHF와 SHF의 포화자기화 정도는 각각 14emu/g, 11.4emu/g이다(하기 표 2 참조).

[0045] [표 2]

	BHF	SHF
포화자기화, emu/g	14	11.4
보자력, Oe	(-3.6) - (5.0)	(-11.8) - (13.6)
잔류 자성, emu/g	(-0.048) - (0.038)	(-0.1) - (0.09)

[0046]

[0047]

이 포화자기화 정도는 대규모 시료에서 측정된 값 (40~50emu/g)보다 작지만,보자력 및 잔류성으로 볼 때 두 헥사페라이트가 단일 도메인이라는 것을 알 수 있다. 측정 값으로 미루어볼 때, 가장 큰 자성은 입자 크기가 현재의 값보다 약간 클 때 발생할 것으로 예측된다. 이 때, 입자 크기는 15nm 이하여야 하는데, 왜냐하면 자철석이 15nm를 넘을 경우 초상자성(superparamagnetism)을 잃기 때문이다.

[0048]

극초단파 흡수 분석

[0049]

BHF와 SHF는 극초단파의 복사를 흡수하며, 탄소 나노튜브와 산화 아연(zinc oxide), 바륨 티탄산염(barium titanate)와 같이 차폐 물질로 사용된다고 알려져 있다.

[0050]

도 4a 및 4b는 본 발명에 따라 제조된 헥사페라이트 나노입자 물질의 주파수 영역에 따른 반사량 감소 측정 결과이다.

[0051]

도 4a 및 4b를 참조하면, 주파수 영역에 따라 반사량의 감소를 보여주는데, 진동수가 8.2~12.4GHz에서 시료의 반사량의 급격한 감소를 확인할 수 있다. (이때, 시료는 폴리스티렌에 희석한 필름 형태로 제작하였다.) 반사량의 감소의 정도에 있어 변화가 있음에도 불구하고, 두 물질의 정점의 위치가 X-band 측면에서 달라지지 않은 것이 확인되었다. 비교를 위하여 자성의 나노 입자, 6.141.05nm 크기의 자철석(이하 MAG)을 폴리스티렌을 통해 필름으로 제작하여 같은 조건 아래에서 값을 측정하였다(도 4b 참조).

[0052]

BHF의 경우, 측정 한 대부분의 진동수 영역에서 SHF와 MAG보다 높은 반사량의 감소를 보였다. 9.57GHz의 진동수에서의 반사량 감소 정도는 BHF, SHF, MAG에 대하여 각각 -32.7, -27.2, -21.8dB이며, 10.15GHz라는 높은 진동수에서 BHF와 SHF, MAG의 반사량 감소량은 각각 -30.7, -27.8, -29.6dB이다(하기 표 3 참조).

[0053]

[표 3]

주파수, GHz		9.0	9.25	9.57	9.8	10.15	10.8	11.3	12.0
반사량 감소 (dB)	Mag	-23.6	-25.9	-21.8	-19.2	-29.6	-46.3	-36.1	-25.8
	BHF	-22.9	-26.4	-32.7	-20.5	-30.7	-47.2	-35.7	-25.8
	SHF	-22.3	-24.8	-27.2	-19.3	-27.8	-42.9	-36.7	-28.4

[0054]

[0055]

두 헥사페라이트의 X-band에 대한 반사량 감소는 이 나노 입자들이 다른 영역의 극초단파 진동수 또한 흡수할 가능성이 있음을 보여준다. 결론적으로, 본 발명에 따르면, 금속-카르복실산의 조합을 통해 손쉬운 열분해 합성으로 균일한 화학적 구성을 보이는 바륨헥사페라이트와 스트론튬헥사페라이트를 제조하였다. 아울러, 자성에 대한 연구를 통하여 이 입자들이 단일 도메인의 자성을 보인다는 것을 확인할 수 있었다. 더불어, X-band에의 극초단파 영역에서의 높은 수준의 반사량 감소 정도를 통해 이 나노 입자가 극초단파의 복사를 효과적으로 흡수한다는 것을 확인하였다.

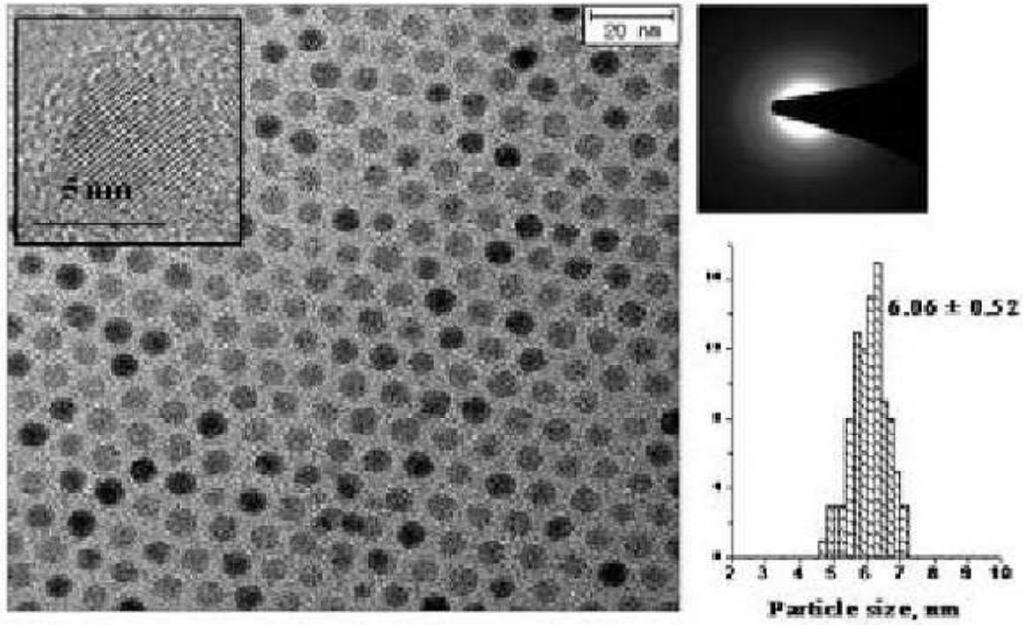
[0056]

이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통

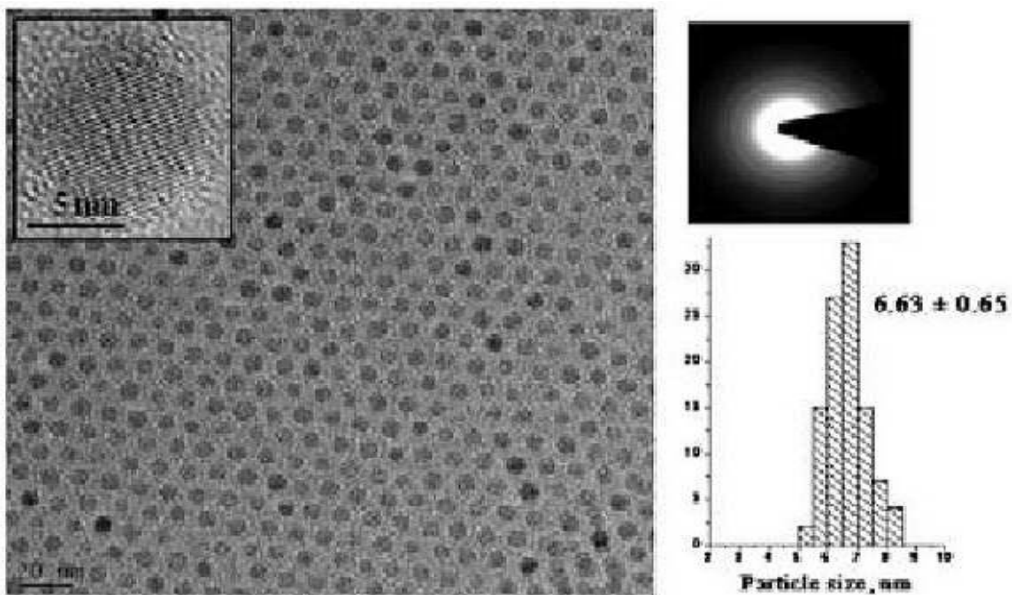
상의 지식을 가진 자는 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들을 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 한다.

도면

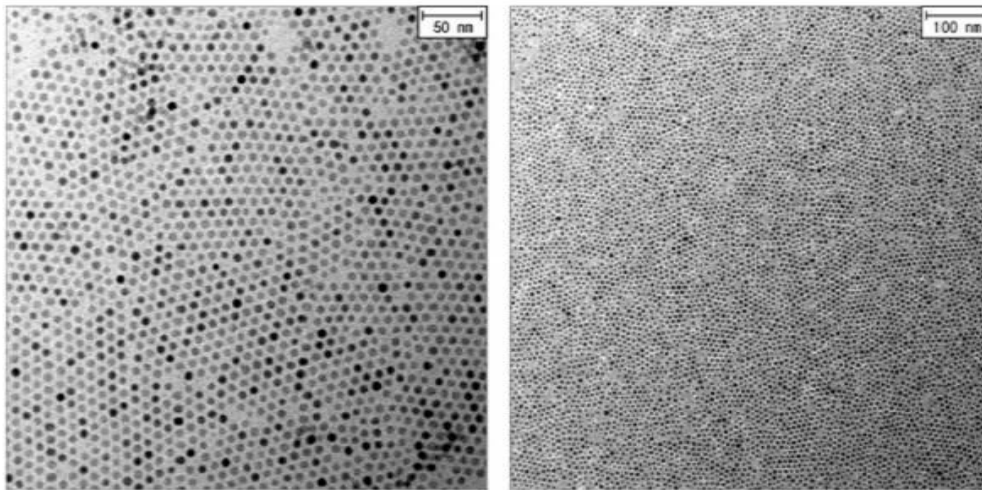
도면1a



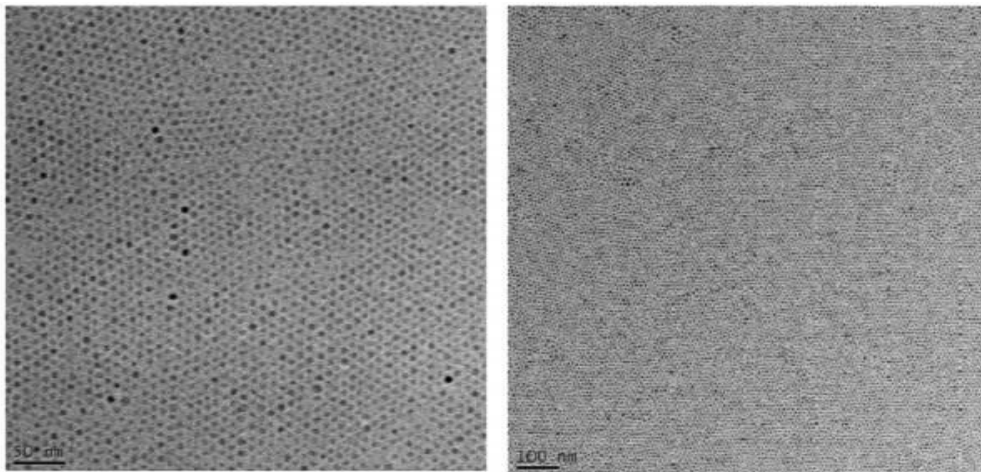
도면1b



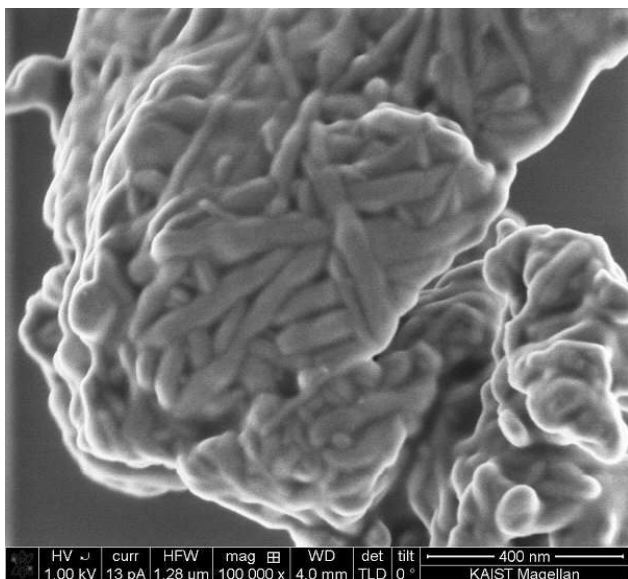
도면1c



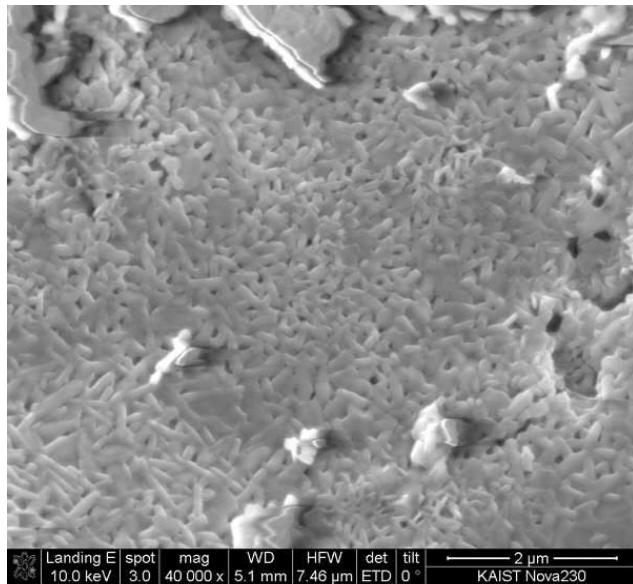
도면1d



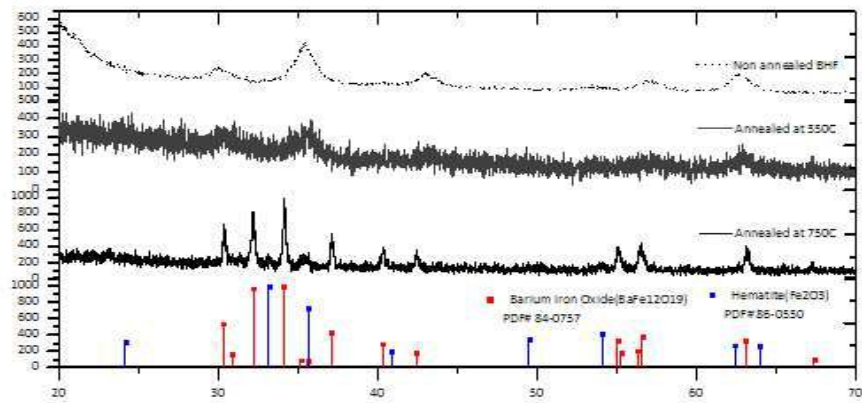
도면1e



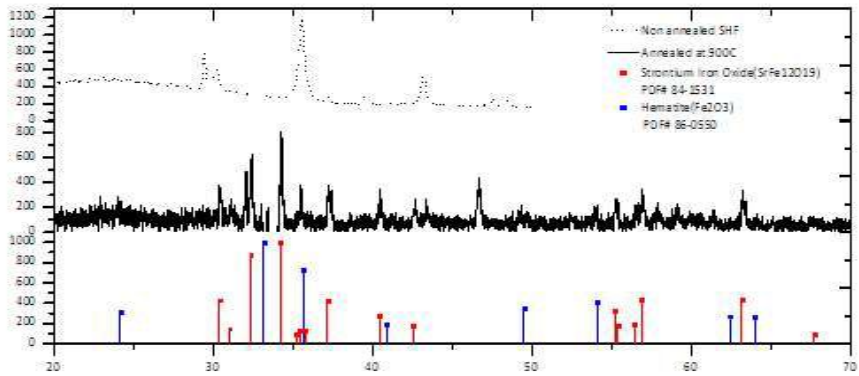
도면1f



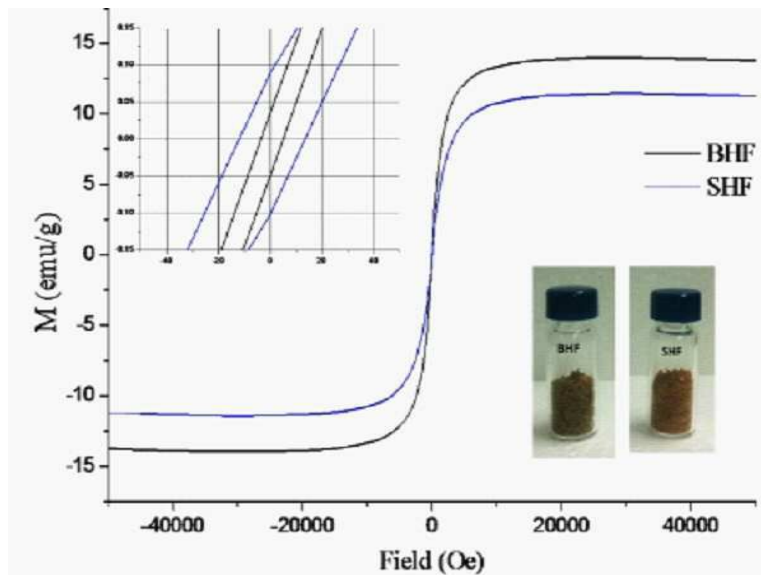
도면2a



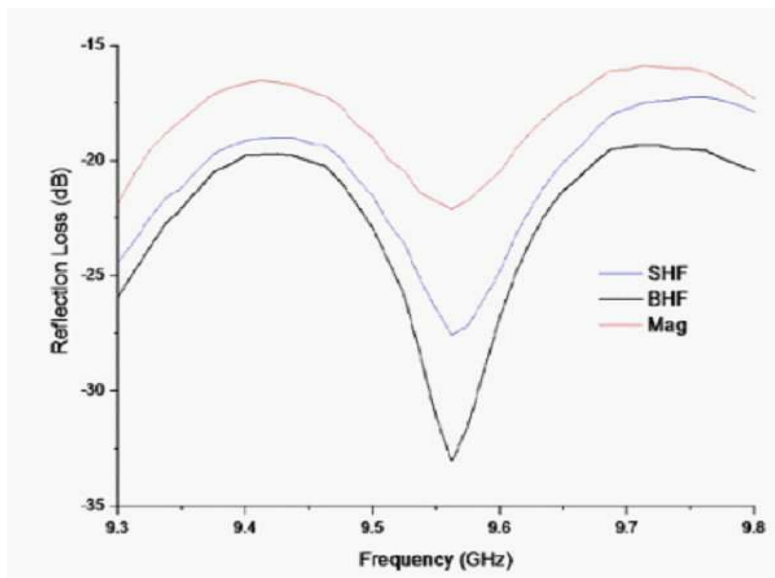
도면2b



도면3



도면4a



도면4b

