(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0006485
(43) 공개일자 2011년01월20일

(51) Int. Cl.
C22F 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0064136
(22) 출원일자 2009년07월14일
심사청구일자 2009년07월14일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산 남구 무거2동 산29
(72) 발명자
조성래
부산광역시 해운대구 좌동 1321 벽산APT 113-1701
황영훈
울산광역시 울주군 범서읍 구영리 현대아이파크 103-1304
최정용
울산광역시 중구 동동 117번지 서울빌라 502호
(74) 대리인
특허법인부경

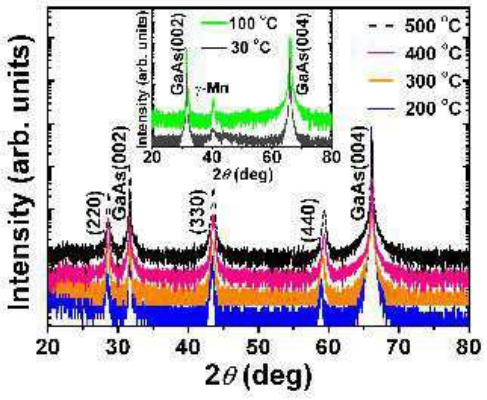
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도방법 및 이에 의해 제조된 강자성 또는 준강자성 전이금속

(57) 요 약

본 발명은 기존의 반강자성 전이금속에서 강자성 또는 준강자성을 유도하는 방법에 관한 것으로서, 반강자성 전이금속에 변형을 가하여 강자성 또는 준강자성을 유도하는 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도방법 및 이에 의해 제조된 강자성 또는 준강자성 전이금속을 기술적 요지로 하며, 여기에서, 상기 반강자성 전이금속의 변형은, 열적변형, 격자상수 차이에 의한 변형 및 기계적 변형 중의 적어도 하나이다. 이에 따라 기존에 널리 알려진 안정한 구조의 물질계라도 변형 유도에 의하여 새로운 물질계로 변할 수 있다는 가능성에 대한 연구가 기초 과학 분야에서 이루어 질 것이며, 종래에 반강자성 전이금속으로 알려진 물질 등을 변형 유도에 의하여 성장시키면 새로운 구조의 강자성체 물질을 얻을 수 있어 소재 산업에서는 스핀트로닉 분야에서 응용되고 있는 스핀 밸브나 자기 터널 접합 구조에서 종래의 강자성체 물질을 대체하는 새로운 물질로 이용될 수 있는 이점이 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 ROA-2006-000-1024-0
부처명 과학기술부
연구관리전문기관
연구사업명 국가지정연구실
연구과제명 신스핀소재 디자인 및 합성연구
기여율
주관기관 울산대학교 산학협력단
연구기간 2006년 04월 01일~2011년 03월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

반강자성 전이금속에 변형을 가하여 강자성 또는 준강자성을 유도하는 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 반강자성 전이금속의 변형은,

열적변형, 격자상수 차이에 의한 변형 및 기계적 변형 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도방법.

청구항 3

제 2항에 있어서, 상기 열적변형은,

200~500℃의 온도에서 이루어지는 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도방법.

청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 전이금속은,

망간(Mn), 바나듐(V) 및 크롬(Cr) 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도방법.

청구항 5

반강자성 전이금속의 변형에 의하여 강자성 또는 준강자성이 유도된 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도에 의한 강자성 또는 준강자성 전이금속.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 반강자성 전이금속의 변형은,

열적변형, 격자상수 차이에 의한 변형 및 기계적 변형 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도에 의한 강자성 또는 준강자성 전이금속.

청구항 7

제 6항에 있어서, 상기 열적변형은,

200~500℃의 온도에서 이루어지는 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도에 의한 강자성 또는 준강자성 전이금속.

청구항 8

제 5항 내지 제 7항 중의 어느 한 항에 있어서, 상기 전이금속은,

망간(Mn), 바나듐(V) 및 크롬(Cr) 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도에 의한 강자성 또는 준강자성 전이금속.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 기존의 반강자성 전이금속에서 강자성 또는 준강자성을 유도하는 방법에 관한 것으로서, 종래에 반강자성 전이금속을 변형 유도에 의하여 새로운 전이금속 박막으로 제조하여 기존의 반강자성 전이금속에서 새로운 강자성 또는 준강자성을 유도하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도방법 및 이에 의해 제

조된 강자성 또는 준강자성 전이금속에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전이금속 Mn은 대표적인 반강자성 물질로 온도에 따라서 5가지의 구조적인 특성을 가지는 것으로 알려져 있다. α-Mn은 1000 K 근처에서 체심입방(body centered cubic, bcc) 구조로 단위부피(unit cell)당 58개의 원자를 가지고 있으며, 95 K 이하에서 상자성(paramagnetic)에서 반강자성으로 자기적 상전이가 일어난다. γ-Mn은 1368 ~ 1406 K에서 면심입방(face centered cubic, fcc) 구조를 가지며, 545 K 근처에서 반강자성 특성을 나타낸다. β-Mn은 1000 ~ 1368 K에서 단순입방(simple cubic, sc) 구조로 단위부피당 20개의 원자를 가지고, δ-Mn은 1406 ~ 1517 K에서 bcc 구조를 가진다.

[0003] 비록 Mn의 구조적인 특성이 복잡하지만, 자기적 특성은 특정온도(critical temperature)에서 반강자성에서 상자성으로 자성의 성질이 변하게 되는데 이는 교환상호작용(exchange interaction)에 의해 서로 인접한 원자들의 스핀의 반평행 질서(order)가 사라지기 때문이다.

[0004] 한편, 아주 오랜 시간동안 MBE (molecular beam epitaxy) 장비를 이용한 전이금속 (Fe, Co, Mn, Ni) 박막에 관한 연구는 광범위하게 진행이 되어져 오고 있으며, 반도체 기판(substrate)들과 큰 격자 불일치(mismatch)에 따른 준안정(metastable state) 상태에서의 자성 박막 안정화에 대한 실험적 연구는 많은 관심을 가지게 되었다.

[0005] 특히, 박막과 기판의 계면(interface)에서의 자성 특성은 덩어리 물질과는 매우 다름이 이론적으로나 실험적으로 알려져 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명은 상기의 점에 착안하여 안출된 것으로, 종래에 반강자성 전이금속을 변형 유도에 의하여 새로운 전이금속 박막을 제조하여 기존의 반강자성 전이금속에서 새로운 강자성 또는 준강자성을 유도한 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도방법 및 이에 의해 제조된 강자성 또는 준강자성 전이금속의 제공을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 반강자성 전이금속에 변형을 가하여 강자성 또는 준강자성을 유도하는 것을 특징으로 하는 반강자성 전이금속의 강자성 또는 준강자성 유도방법 및 이에 의해 제조된 강자성 또는 준강자성 전이금속에 관한 것이다.

[0008] 또한, 상기 반강자성 전이금속의 변형은, 열적변형, 격자상수 차이에 의한 변형 및 기계적 변형 중의 적어도 하나인 것이 바람직하다.

[0009] 여기에서, 상기 열적변형은, 200~500℃의 온도에서 이루어지는 것이 바람직하다.

[0010] 또한, 상기 전이금속은, 망간(Mn), 바나듐(V) 및 크롬(Cr) 중 어느 하나인 것이 바람직하다.

효 과

[0011] 상기 구성에 의해 본 발명은 기존에 널리 알려진 안정한 구조의 물질계라도 변형 유도에 의하여 새로운 물질계로 변할 수 있다는 가능성에 대한 연구가 기초 과학 분야에서 이루어 질 것이며, 종래에 반강자성 전이금속으로 알려진 망간 등을 변형 유도에 의하여 성장시키면 새로운 구조의 강자성체 물질을 얻을 수 있어 소재 산업에서는 스핀트로닉 분야에서 응용되고 있는 스핀 밸브나 자기 터널 접합 구조에서 종래의 강자성체 물질을 대체하는 새로운 물질로 이용될 수 있는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0012] 본 발명은 열적변형, 격자상수 차이에 의한 변형 또는 기계적 변형과 같은 변형 유도, 특히 열적 변형 유도에 의하여 강자성 현상을 보이는 물질을 제조하는 것으로, 반강자성 전이금속인 망간을 분자빔켜쌓기(molecular beam epitaxy) 장비를 이용하여 200~500℃의 온도에서 열적 변형을 가하여 강자성 또는 준강자성 물질인 α-Mn상(phase) 망간 박막을 제조하여, 기존의 안정적인 반강자성 전이금속을 단순한 열적변형에 의해 강자성 또는

준강자성을 유도하는 것이다.

[0013] 여기에서 상기 전이금속은 망간(Mn), 바나듐(V) 또는 크롬(Cr) 등이다.

[0014] 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예 및 이에 대한 실험데이타를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하고자 한다.

[0015] 열적 변형 유도에 의하여 강자성 현상을 보이는 전이금속을 발명하기 위하여 분자빔 켜쌓기(molecular beam epitaxy) 장비를 이용하여, 진공도가 최소 10^{-9} torr 이하에서 성장을 시켰다. 분출 세포(effusion cell)를 이용하여 성장하고자 하는 물질의 양을 정확히 조절하였다. 성장온도는 실온에서부터 500 ℃까지 변화시켜 두께 약 1000 Å정도 되는 양질의 시료를 제작하였다.

[0016] 종래에 알려진 구조와 비교하기 위하여 X-선 회절 무늬와 Miller 지수(index)를 통해서 결정구조와 격자 상수의 변화를 관측하여 도 1과 2에 표시하였다.

[0017] 도 1은 Mn 물질의 성장 온도에 따른 X-선 회절 무늬 결과를 나타내었다. 200 ~ 500 ℃의 성장 온도에서는 α-상 Mn이 관측되었으며, 100, 30 ℃의 성장 온도에서는 γ-상(phase)으로 구조적인 상전이가 발생함을 볼 수 있다.

[0018] 도2는 성장온도에 따라서 성장물질의 격자상수(lattice constant, $a_{\perp}$) 변화에 대한 결과를 나타내었다. α-상 Mn의 경우 성장 온도가 증가함에 따라서 격자 상수가 감소하다가 500 ℃에서는 증가하는 것을 볼 수 있는데 이것은 기판과의 격자부정합에 의한 변형과 열팽창 계수 차이에 의한 열적 변형 때문에 격자 상수가 변화하는 것으로 판단하였다.

[0019] 이러한 변화를 도 3에 설명하였다. Mn 물질이 박막으로 성장될 때 반도체 기판과의 열팽창 계수(thermal expansion coefficinet) 차이에 의한 열적 변형(strain)으로 인하여 도2의 경우처럼 격자상수가 감소하게 된다는 변화 과정을 보여주는 도이다. 결국 열적 변형으로 원자 간의 거리가 변경되어 기존 계의 자기 정렬이 깨어져 새로운 자기적 질서상이 나타나게 된다.

[0020] 도4는 구조적인 상변화에 따른 자기적 특성 변화를 보여준다. 300 ℃ 이상의 온도에서 성장시킨 박막의 경우 강자성 현상이 모두 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 Mn 물질에서 나타난 강자성 현상은 이전에 보고된 바가 없는 새로운 과학적 현상이다.

[0021] 본 발명에서 개발한 강자성 물질의 경우, 종래에 알려진 강자성체 물질의 퀴리 온도(Curie temperature)보다 상당히 큰 750 K 이상으로 큰 보자력장(coercive field)과 높은 자기 모멘트(magnetic moment) 값을 가졌다.

[0022] 도 5와 6은 성장물질의 두께 변화에 다른 자기적 특성 변화와 자기 구역(magnetic domain)을 관측한 결과이다. 성장물질의 두께가 두꺼운 경우에도 강자성 현상이 사라지지 않는 것을 볼 수 있다. 도 6에서 a,b,c는 1000, 9000, 13000 Å 두께에서의 표면형상이고 d,e,f는 자기 구역을 보여주고 있다.

[0023] 본 발명은 기존에 널리 알려진 안정한 상구조도를 가진 물질인 경우에도 변형 유도에 의하여 새로운 상 구조도를 가지는 물질계로 변할 수 있다는 가능성에 대한 연구가 기초 과학 분야에서 이루어 질 것이며, 소재 산업에서는 스핀트로닉 분야에서 응용되고 있는 스핀 밸브나 자기 터널 접합 구조에서 종래의 강자성체 물질을 대체하는 새로운 물질로 이용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1 - 본 발명의 일실시예인 망간의 성장 온도에 따른 X-선 회절 무늬 결과를 나타낸 도.

[0025] 도 2 - 본 발명의 일실시예인 망간의 성장 온도에 따라서 격자상수(lattice constant, $a_{\perp}$) 변화에 대한 결과를 나타낸 도.

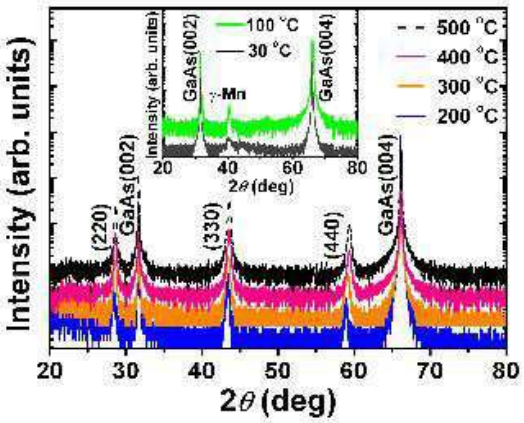
[0026] 도 3 - 도 2의 격자상수 변화를 설명한 모식도.

[0027] 도 4 - 본 발명의 일실시예인 망간의 구조적인 상변화에 따른 자기적 특성 변화를 나타낸 도.

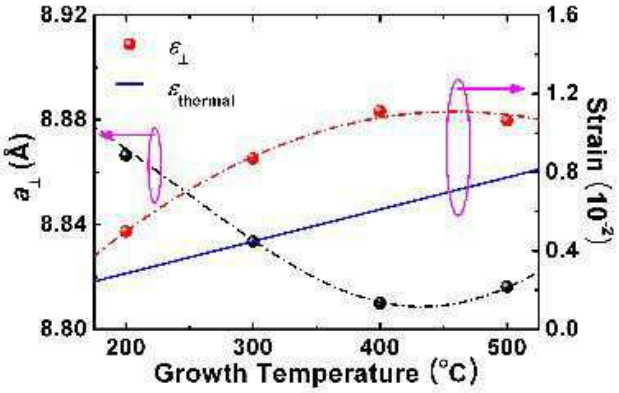
[0028] 도 5 및 도 6 - 본 발명이 일실시예인 망간의 두께 변화에 다른 자기적 특성 변화와 자기 구역(magnetic domain)을 관측한 결과를 나타낸 도.

도면

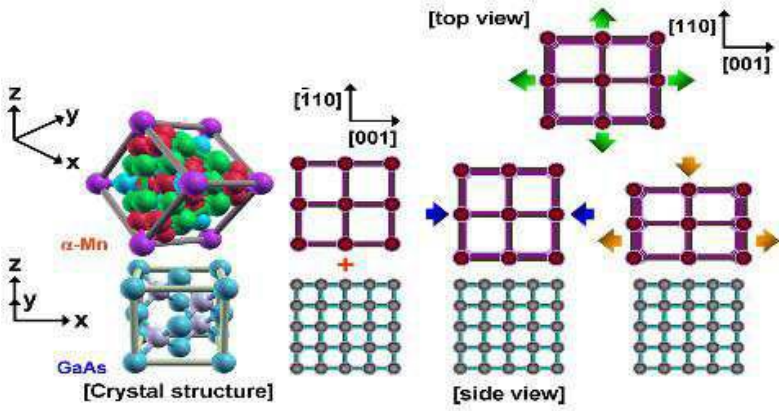
도면1



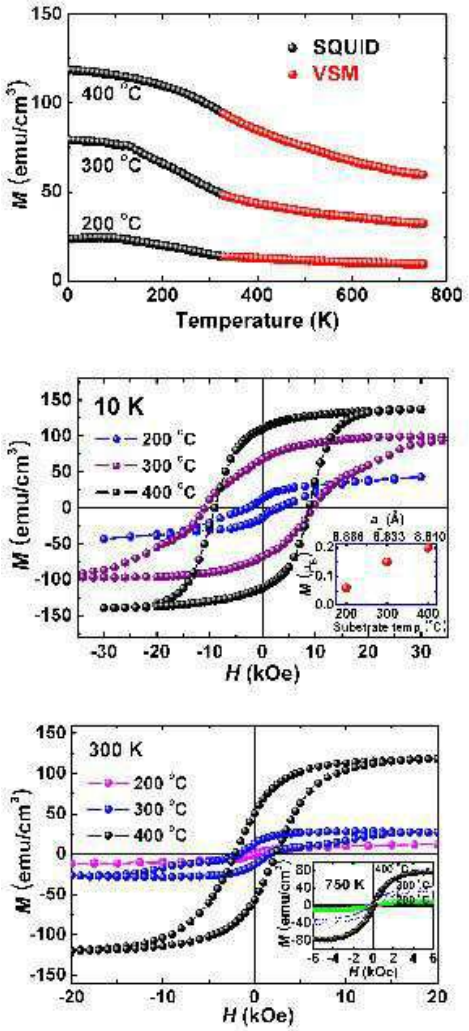
도면2



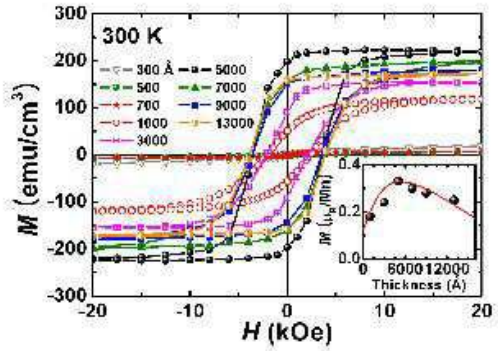
도면3



도면4


SQUID
VSM
400 °C
300 °C
200 °C
M (emu/cm3)
Temperature (K)
10 K
200 °C
300 °C
400 °C
a (Å)
8.886 8.833 8.810
Substrate temp. (°C)
H (kOe)
300 K
200 °C
300 °C
400 °C
750 K
H (kOe)

도면5


300 K
300 Å
500
700
1000
3000
5000
7000
9000
13000
M (emu/cm3)
Thickness (Å)
H (kOe)

도면6

