(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0060489
(43) 공개일자 2011년06월08일

(51) Int. Cl.
G11C 11/15 (2006.01) *H01L 27/115* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0117088
(22) 출원일자 2009년11월30일
심사청구일자 2009년11월30일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
이성래
서울특별시 강남구 논현동 245 동양파라곤아파트 101-201
김기수
서울특별시 마포구 대흥동 325-76
(74) 대리인
리앤목특허법인

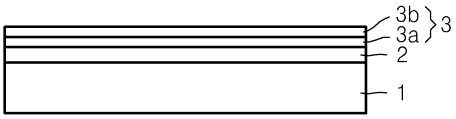
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 수직 자기 기록 매체 및 그 제조 방법

(57) 요 약

수직자기 기록매체 및 그 제조방법에 관련하여 기술된다. 수직자기기록매체는 수직자기층 밑에 수직 자기층의 (002) 우선방위(優先方位, preferred orientation)로의 성장을 유도하는 종자층, 종자층의 미세결정 성장을 유도하여 표면 거칠기를 제어하는 표면 제어층을 구비하며, 수직 자기층과 종자층은 복수 주기 반복 적층된다.

대 표 도 - 도1a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 M20070100062
부처명 한국산업기술평가원
연구관리전문기관
연구사업명 부품소재기술개발사업
연구과제명 [소재원천-2차년도]Probe storage용 고밀도 자성박막개발 및 수치모사 연구
기여율
주관기관 한국과학기술연구원
연구기간 2008년 06월 01일 ~ 2009년 05월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

수직 자기층(perpendicular magnetic layer), 상기 수직 자기층이 성장되는 종자층(seed layer)을 포함하는 자기 기록층; 그리고,

상기 종자층의 하부에 마련되어, 상기 종자층의 표면 거칠기를 제어하는 표면 제어층(surface controlling layer); 그리고

상기 층들을 지지하는 기판(substrate);을 구비하는 수직 자기 기록 매체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 수직 자기층은 Zr이 도핑된 FePt 막으로 형성된 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 종자층은 MgO막인 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 표면 제어층은 TiAl 막인 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 TiAl 막은 약 5.33%의 Ti를 함유하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체.

청구항 6

제 1 항 내지 제 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 종자층과 수직 자기층이 소정 주기 반복적으로 적층되어 자기 기록층이 다층 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체.

청구항 7

제 4 항에 있어서, 상기 자기 기록층이 6층의 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체.

청구항 8

기판 상에, 상부에 형성되는 물질층의 표면 거칠기를 제어하는 표면 제어층을 형성하는 단계;

상기 표면 제어층 위에 종자층을 형성하는 단계; 그리고,

상기 종자층 위에 수직 자기층을 형성하는 단계;를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 제조방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 종자층과 수직 자기층을 교번적으로 소정 주기 반복 형성하여, 하나의 종자층과 수직 자기층을 포함하는 단위 기록층을 다중 적층하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체의 제조방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 수직 자기층은 Zr이 도핑된 FePt 막으로 형성하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체의 제조방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 종자층은 MgO로 형성하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체의 제조방법.

청구항 12

제 8 항 내지 제 11 항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 표면 제어층은 TiAl 로 형성하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체의 제조방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 TiAl은 약 5.33%의 Ti를 함유하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 기록 매체의 제조방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 고밀도 및 낮은 노이즈 레벨의 수직 자기 기록층을 가지는 수직 자기 기록 매체 및 그 제조 방법에 관련하여 기술된다.

배 경 기 술

[0002] 정보화 사회의 발전과 핸드폰, 휴대용 음악재생기, 고화질 비디오 기술 등의 발전에 따라 자기기록 매체의 수요는 과거의 어느 때보다 급증하고 있다. 이러한 요구에 발맞추어 하드디스크의 저장밀도는 무어의 법칙(Moore's Law)를 넘어설 정도의 빠른 속도로 증가해 왔다. 100 Gbit/in^2 이상의 저장 밀도를 갖는 하드디스크 미디어는 10 nm 이하의 작은 입자크기를 가져야만 한다. 그러나 초미립자의 경우 초상자성 거동에 의해 현재의 미디어 재료와 수평기록기술로는 더 이상의 저장 밀도의 증가를 기대하기 힘들게 되었다. 이에 대한 대안으로 높은 수직 자기 이방성 계수(Ku)를 갖는 재료를 이용한 수직 자기 기록 기술이 부상하게 되었다.

[0003] 자기 기록매체의 저장 밀도가 증가함에 따라 자기 비트(magnetic bit)의 크기가 감소하여 이른다 초상자성 거동(super-paramagnetic behavior)에 의해 새로운 저장 매체와 기술이 필요하게 되었다. 가장 우선적으로 해결해야 할 특성은 열적 안정성이다. 열적 안정성은 자기 에너지와 열적 에너지의 비인 KuV/KbT(Ku: 자기 이방성 계수, V는 자기입자의 평균체적, kB: 볼츠만 상수, T: 절대온도)를 통해 가늠할 수 있다. 자기 기록매체로의 응용을 위해서는 긴 자화 이완시간(Magnetization relaxation time)을 가져야 한다. 즉 KuV/KbT 값이 약 60~70을 필요로 한다. 이러한 이유로 높은 수직 이방성 (Ku)를 갖는 재료가 필요로 하게 된 것이다. 이와 동시에 SNR(Signal to Noise Ratio)는 이전의 수준을 유지 또는 향상시켜야 할 것이다.

발명의 내용

[0004] 실시 예들에 따르면 제작이 용이하고 높은 기록 밀도를 가지는 양질의 수직 자기 기록 매체 및 그 제조방법이 제시된다.

[0005] 본 발명에 따른 수직 자기 기록 매체는,

[0006] 수직 자기층(perpendicular magnetic layer), 상기 수직 자기층이 성장되는 종자층(seed layer)을 포함하는 자기 기록층;

[0007] 상기 종자층의 하부에 마련되어 상기 종자층의 표면 거칠기를 제어하는 표면 제어층(surface controlling layer); 그리고

[0008] 상기 층들을 지지하는 기판(substrate); 을 구비한다.

[0009] 상기 자기 기록층은, 상기 수직 자기층과 종자층이 교번적으로 소정 주기 교번 적층된 다중 적층 구조를 가질

수 있으며, 바람직하게는 6층이다.

[0010] 본 발명에 따른 수직 자기 기록 매체의 제조 방법은,

[0011] 기판 상에, 상부에 형성되는 물질층의 표면 거칠기를 제어하는 표면 제어층을 형성하는 단계;

[0012] 상기 표면 제어층 위에 종자층을 형성하는 단계; 그리고,

[0013] 상기 종자층 위에 수직 자기층을 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명에 따른 제조방법의 구체적인 실시 예들에 따르면, 상기 종자층과 수직 자기층을 교번적으로 소정 주기 반복 형성하여, 하나의 종자층과 수직 자기층을 포함하는 단위 기록층이 다중 적층된 자기 기록층을 형성할 수 있으며, 바람직하게는 6층이다.

[0015] 본 발명에 따른 구체적인 실시 예들에 따르면, 상기 수직 자기층은 Zr이 첨가된 FePt 막이 이용될 수 있으며, 그리고 상기 종자층은 MgO 막이 이용될 수 있으며, 또한 상기 표면 제어층으로는 TiAl 막이 이용될 수 있다.

[0016] 본 발명에 따른 구체적인 실시 예에 따르면, 상기 수직 자기층은 상기 종자층 상에서 (002) 우선방향(preferred orientation)으로 성장된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하면서, 본 발명에 따른 수직 자기 기록 매체와 이의 제조방법의 실시 예들에 대해 설명한다.

[0018] 도 1a, 1b는 본 발명의 실시 예들에 따른 수직 자기 기록 매체의 적층 구조를 개략적으로 도시한다.

[0019] 도 1a를 참조하면, 기판(1) 위에 표면 제어층(2), 종자층(3a) 및 수직 자기층(3b)이 형성된다. 여기에서 표면 제어층(2)은 그 위에 형성되는 종자층(3a)의 표면을 제어하여 거칠기를 감소시키며, 따라서 그 위에 형성되는 수직 자기층(3b)의 표면 거칠기도 감소시킨다. 즉, 매끈한 표면을 가지는 종자층(3a) 위에는 이에 상응하게 매끈한 표면을 가지는 수직 자기층(3b)이 형성될 수 있게 된다.

[0020] 위의 구조에서 단위 기록층(30)은 상기 종자층(3a)과 이로부터 성장되는 수직 자기층(3b)을 포함하며, 이 실시 예의 수직 자기 기록 매체는 수직 자기 기록층(30)은 하나의 단위 기록층(3)에 포함한다. 그러나, 후에 설명에 다른 실시 예에 따르면, 이러한 수직 자기 기록층은 복수의 단위 기록층(3)을 포함할 수 있다.

[0021] 이러한 본 발명에 따른 수직 자기 기록 매체에 있어서, 수직 자기층(3b)은 Zr 이 함유(도핑)된 FePt 막이 이용될 수 있다. 상기 표면 제어층(2)으로는 예를 들어 TiAl 막이 이용될 수 있다. 또한, 상기 종자층(3a)으로서는 MgO 막이 이용될 수 있다.

[0022] 도 1b는 도 1a에 도시된 수직 자기 기록 매체의 종자층(3a)과 수직 자기층(3b)을 포함하는 단위 기록층(3)이 다중으로 적층된 구조의 수직 자기 기록 매체를 예시하며, 이 실시 예의 수직 자기 기록 매체는 수직 자기 기록층(30)이 다수의 단위 기록층(3)을 가진다. 즉, 도 1b에 도시된 수직 자기 기록 매체는 다중의 단위 기록층(3)에 의한 수직 자기 기록층(30)을 가진다. 이러한 구조는, 수직자기 기록에 필요한 충분한 두께의 수직 자기 기록층을 구현하기 위한 것으로서, 하나의 종자층으로부터 얻을 수 있는 양질의 (002) 우선배향 수직 자기층(3b)의 두께가 제한되므로, 도 1b에 도시된 수직 자기 기록 매체에서처럼, 복수의 단위 기록층(3)의 각각에 마련되는 복수의 종자층(3a)을 이용해 전체적으로 두께가 두꺼우면서도 (002) 우선 배향된 수직 자기 기록층(30)을 얻을 수 있게 된다.

[0023] FePt 수직 자기층에 도핑된 Zr은 규칙화 에너지(Ordering Kinetic)를 높임으로써 규칙화 반응을 촉진하여 규칙화 온도(ordering temperature)를 낮춘다. 이것은 Zr이 FePt 결정 구조에 고용되지 않으며(insoluble), 이의 원자 반경은 Fe나 Pt의 그것에 비해 크기 때문이다. 따라서, Zr은 FePt 결정 구조에서 점 결함과 격자 스트레인을 야기하며, 이러한 결함은 열처리에 의한 규칙화 반응(fcc 구조->fct 구조)시 fct 규칙화 반응의 핵 생성 자리(domain)으로 작용한다. 또한 FePt 에 고용되지 않으나, 증착시 과포화 고용된 Zr는 열처리시 입계(grain boundary)에 석출되어 입자의 성장을 억제한다. 도 2는 Zr 첨가량이 다른 4개의 샘플에 대한 열처리시간-보자력의 변화를 보이는데, 이것을 통해 Zr이 첨가되었을때 규칙화 반응이 촉진됨을 알 수 있다. 3은 순수 FePt 막(위 부분의 4개의 이미지)과 Zr이 도핑된 FePt 막(아래 부분의 4개)의 열처리 시간대별 규칙화 결과를 보인다. 도 2, 4을 통해서, Zr이 도핑되었을 때 규칙화가 촉진되며, 또한 입자의 크기도 크게 제한됨을 알 수 있다.

[0024] TiAl 표면 제어층(1)은 그 상부에 형성되는 종자층의 표면 거칠기를 제어함으로써, 종자층(3a) 상에서의 수직

자기층(3b)의 정합 성장을 돕는다. 이러한 정합 성장의 도움으로, 수직 방향으로 향상된 FePt의 텍스쳐 및 자기적, 구조적 성질을 얻을 수 있게 된다. 즉, 종자층(3a) 상에 스퍼터 장치에 의해 수직 자기층(3b)이 형성될 때에, 표면이 매끄럽게 제어된 종자층(3a)은 수직 자기층(3b)의 정합 성장을 유도하여 (002)면 방향으로의 성장을 가능하게 한다. 그러나, 종자층(3a)이 MgO 막인 경우 수직 자기층(3b)의 성장 두께를 적절히 제한해야 할 필요성이 있는데, 일정 두께 이상이 되면 (111) 방향의 집합조직(aggregated- recrystallized structure)의 성장이 발생할 수 있다.

[0025] 이러한 본 발명에 따른 실시 예에 따르면, FePt 수직 자기층을 제조함에 있어서, 규칙화 반응 온도 (ordering tamperature)가 낮추어 지며, FePt 이방성이 면 방향에 수직임을 나타내는 (001) 우선 방위로의 유도를 가능하게 하며, 그리고 기록밀도 및 성능을 좌우하는 입자사이즈 및 분배의 제어가 가능하게 된다.

[0026] 도 4는 표면 제어를 위해 사용되는 TiAl의 표면 거칠기를 보이는 것으로서, 순수 Al(a), 3.45% Ti 5.33%의 Ti, 8.97%의 Ti를 함유하는 TiAl 막(b, c, d)을 보인다. 도 4를 통해서는 약 5.33% Ti를 함유한 TiAl 막(c)이 가장 미세화된 결정을 가짐을 알 수 있다.

[0027] 본 발명에 따른 수직 자기 기록 매체의 특성을 검토하기 위하여, 도 1b에 도시된 적층구조를 가지는 수직 자기 기록 매체를 실험적으로 구현하여, 이의 특성을 검토하였다. 도 5는 실험에 적용된 적층 구조를 보인다.

[0028] SiO_2 기판 위에 TiAl을 약 4nm 두께로 증착한다. 그리고, 그 위에는 MgO를 약 3.2nm로 증착하고, 그 위에 FePt-Zr을 2.8nm의 두께로 증착한다. 이러한 증착에는 일반적인 물리적 증착법이 이용될 수 있으며, 본 실험예에서는 DC-, RF 마그네트론 스퍼터링법이 적용되었으며, 이때의 진공 압력은 5×10^{-7} Torr될 수 있으며, 증착시 희가스로서 Ar의 공급 압력을 2mTorr로 조절하였다. 여기에서, 상기 MgO와 FePt-Zr를 6주기 반복하여 적층되었다.

[0029] 이와 같은 과정을 통해 6층 구조의 단위 기록층을 형성한 후 약 5×10^{-6} 의 압력하에서 약 600℃ 온도에서 수회 열처리(annealing)한 후, VSM, XRD, TEM, ICP-CES 등으로 분석을 행하였다.

[0030] 도 6a는 위의 분석에 다른 결과로서 XRD 분석자료이며, 도 6b는 열처리 시간 경과에 따른 (001) 방향과 (002) 방향의 텍스쳐 계수의 변화를 보인다. 도 6a, 6b를 참조하면, Zr이 도핑된 FePt 막에서 완벽한 수직이방성을 갖는 구조적 성질이 나타났다. 이는 TiAl 표면 제어층의 도입에 따른 텍스쳐 향상의 결과로 이해된다. 도 6에 나타난 바와 같이, 약 5분만의 열처리를 통해서도 수직 이방성이 나타남을 알 수 있다. 이렇게 향상된 규칙화 에너지는 Zr 도핑의 효과로써 Zr이 FePt 기지에서 점 결함과 격자 스트레인을 발생시켜 핵생성 사이트를 형성시켰기 때문인 것으로 이해된다. 한편, 도 6c는 TiAl 표면 제어층이 없는 구조를 가지는 수직 자기 기록 매체의 XRD 분석 자료이다. 도 6c에 도시된 된 바와 같이, TiAl 표면 제어층이 적용되지 않은 경우, 수직 자기막의 표면 거칠기를 제어하지 못하였으며, 이로 인해 FePt 막의 정합성장에 불안정성을 주어 수직방향의 피크들의 악화와 원하지 않는 수평방향의 피크가 나타난다.

[0031] 도 7a는 VSM 분석을 통해 얻은 열처리 시간 별 자기적 특성을 나타내 보인다. 도 7a에 도시된 바와 같이 열처리 직전(as-deposited)에는 정상적인 자기 특성을 나타내 보이지 않으며, 그러나, 전술한 바와 같이 열처리시간이 5분만 경과하여도 양질의 수직 자기 특성(in-plane)을 보이며, 열처리 시간 15분 이후는 큰 변화가 없는 것을 알 수 있다. 한편, 도 7b는 AlTi 표면 제어층이 없는 수직 자기 기록 매체의 VSM 분석 결과를 보인다. 도 7b에 도시된 바와 같이, TiAl 표면 제어층을 도입하지 않은 경우, 열처리를 진행함에 따라 보자력이 감소하고 포화자기(Ms)값도 감소함을 알 수 있다.

[0032] 도 8은 TEM 분석 결과를 보이는 것으로서, 기존의 순수 FePt 막에 비해 열처리 과정을 통한 입자의 성장이 억제되었음을 알 수 있다. 이는 FePt에 비가용성을 갖는 Zr이 입계에 주요하게 편석되어 효과적으로 입계 이동을 막아준 결과라고 이해된다.

[0033] 도 9a, 9b는 상기 TEM 분석 결과를 그래프화하여 보인 것으로서, 열처리 시간별 입자 크기의 분산을 보인다. 도 9a에 보여지는 결과는 FePt 수직 기록 매체에서 요구하는 크기의 작은 입자와 분배(산포)의 조건에 근접한다. 도 9b에 도시된 바와 같이, 5분간의 열처리를 통해 약 8 nm의 입자사이즈와 3 nm 이하의 분배(분포)값을 나타내고 있다.

[0034] 도 10a 내지 도 10d는 TiAl 표면 제어층을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 열처리 시간별 자기적 성질의 변화를 그래프이다. 도 10a는 열처리 시간-보자력(Corecivity) 선도이며, 도 10b는 열처리시간-수직이방성자기

(Ku), 도 10c는 열처리시간-포화자기(Ms), 도 10d는 열처리 시간-텍스쳐 계수 등의 변화를 각각 보인다. 도 10a~10d를 통해서, TiAl를 이용해 상부 적층의 표면 거칠기를 제어함으로써, 보다 안정적인 자기적, 구조적 성질을 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

[0035] 종래에도, 수직기록매체로써 FePt박막을 (002)면으로 성장시키기 위하여 다양한 하지층(underlayer)을 사용한 효과가 보고 되었다. 그러나, 여기에는 수직우선방위로 성장될 수 있는 FePt 박막의 두께 제한이 있어서 수직 자기 기록에 적합 수직 자기 기록막의 구득이 어려웠다. FePt 박막은 스퍼터 증착시 비규칙 fcc 구조의 연자성체로서 최 조밀면인 (111)면으로 성장하며 기록자화의 방향이 매체면에 약 36.5도 기울어지는 현상이 나타난다. 따라서, FePt 박막을 수직기록매체에 응용하는데 있어서 필수적인 fcc구조에서 fct구조로의 규칙화반응이 열처리공정을 통해서 이루어진다. 수직이방성은 규칙화 L10 FePt (001) 우선방위를 가져야 발달된다. 그러나, 이러한 열처리 과정을 통해서, 입자사이즈의 증가 및 물질막 표면의 거칠기 악화를 초래되며, 그리고 높은 기록밀도 및 낮은 SNR의 구현이 어렵게 된다. 따라서 이에 대한 개선 방안이 요구되었다.

[0036] 본 발명에 따르면, 다중의 종자층을 통해 (002) 우선방향으로 배향된 FePt 박막을 얻을 수 있고, 그리고 수직 자기층들의 최하위에 마련되는 표면 제어층을 통해 그 상부의 종자층 및 수직 자기층의 표면 거칠기를 제어함으로써, 높은 수직이방성자기와 낮은 신호 대 잡음비(SNR)가 구현된 수직 자기 기록 매체를 얻을 수 있게 된다. 구체적으로 전술한 바와 같이, 한 실시 예로서, FePt에 비가용성을 갖는 Zr을 이용하여 입자 사이즈를 억제하고 규칙화반응을 촉진하고자 하였으며 초미세 결정 구조를 갖는 TiAl 종자층을 도입하여 물질막의 표면 거칠기를 제어하였다.

[0037] 이상에서 본 발명에 따른 바람직한 실시 예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 특허청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1a는 본 발명의 일 실시 예에 따른 자기 기록 매체의 적층 구조를 보인다.

[0039] 도 1b는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 자기 기록 매체의 적층 구조를 보인다.

[0040] 도 2는 도 2는 Zr 첨가량이 다른 4개의 샘플에 대한 열처리시간-보자력의 변화를 보이는 그래프이다.

[0041] 도 3은 순수 FePt 막(위 부분의 4개의 이미지)과 Zr이 도핑된 FePt 막(아래 부분의 4개)의 열처리 시간대별 규칙화 결과를 보인다.

[0042] 도 4는 표면 제어를 위해 사용되는 TiAl에서 Ti 함유량에 따른 표면 거칠기를 보인다.

[0043] 도 5는 본 발명에 따른 수직 자기 기록 매체의 성능을 테스트하기 위해 제작한 샘플의 적층구조를 보인다.

[0044] 도 6a는 본 발명에 따른 수직 자기 기록 매체의 분석에 다른 결과로서 XRD 분석자료이며, 도 6b는 열처리 시간 경과에 따른 (001) 방향과 (002) 방향의 텍스쳐 계수의 변화를 보인다.

[0045] 도 6c는 TiAl 표면 제어층이 없는 구조를 가지는 수직 자기 기록 매체의 XRD 분석 자료이다.

[0046] 도 7a, 7b는 본 발명의 일 실시 예에 다른 수직 자기 기록 매체의 VSM 분석 결과를 보인다.

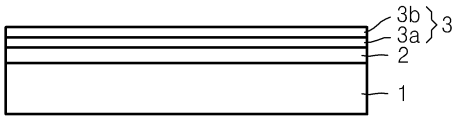
[0047] 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 다른 수직 자기 기록 매체의 TEM 분석 결과를 보인다.

[0048] 도 9a, 9b는 본 발명의 일 실시 예에 다른 수직 자기 기록 매체의 TEM 분석 결과를 그래프화한 도면이다.

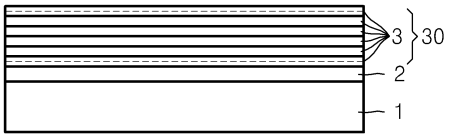
[0049] 도 10a 내지 도 10d는 TiAl 표면 제어층을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 열처리 시간별 자기적 성질의 변화를 보인 그래프이다.

도면

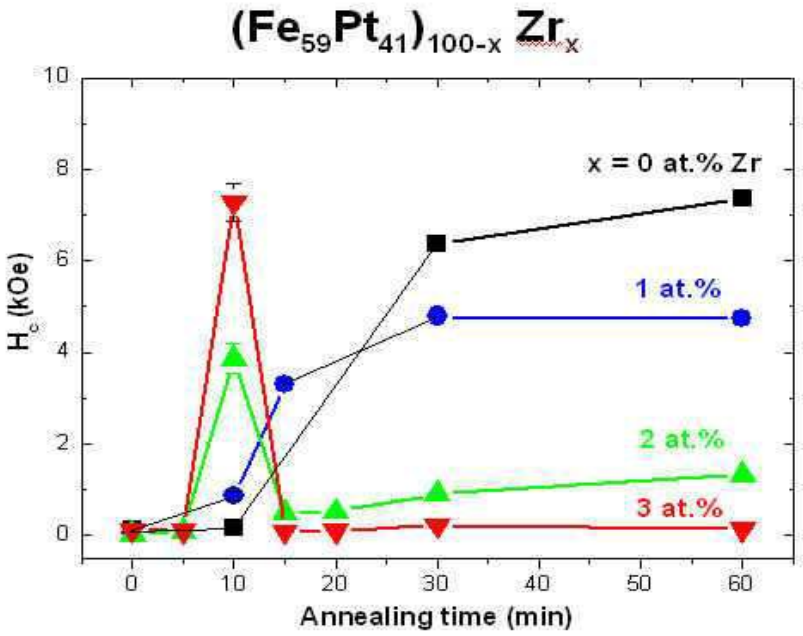
도면1a



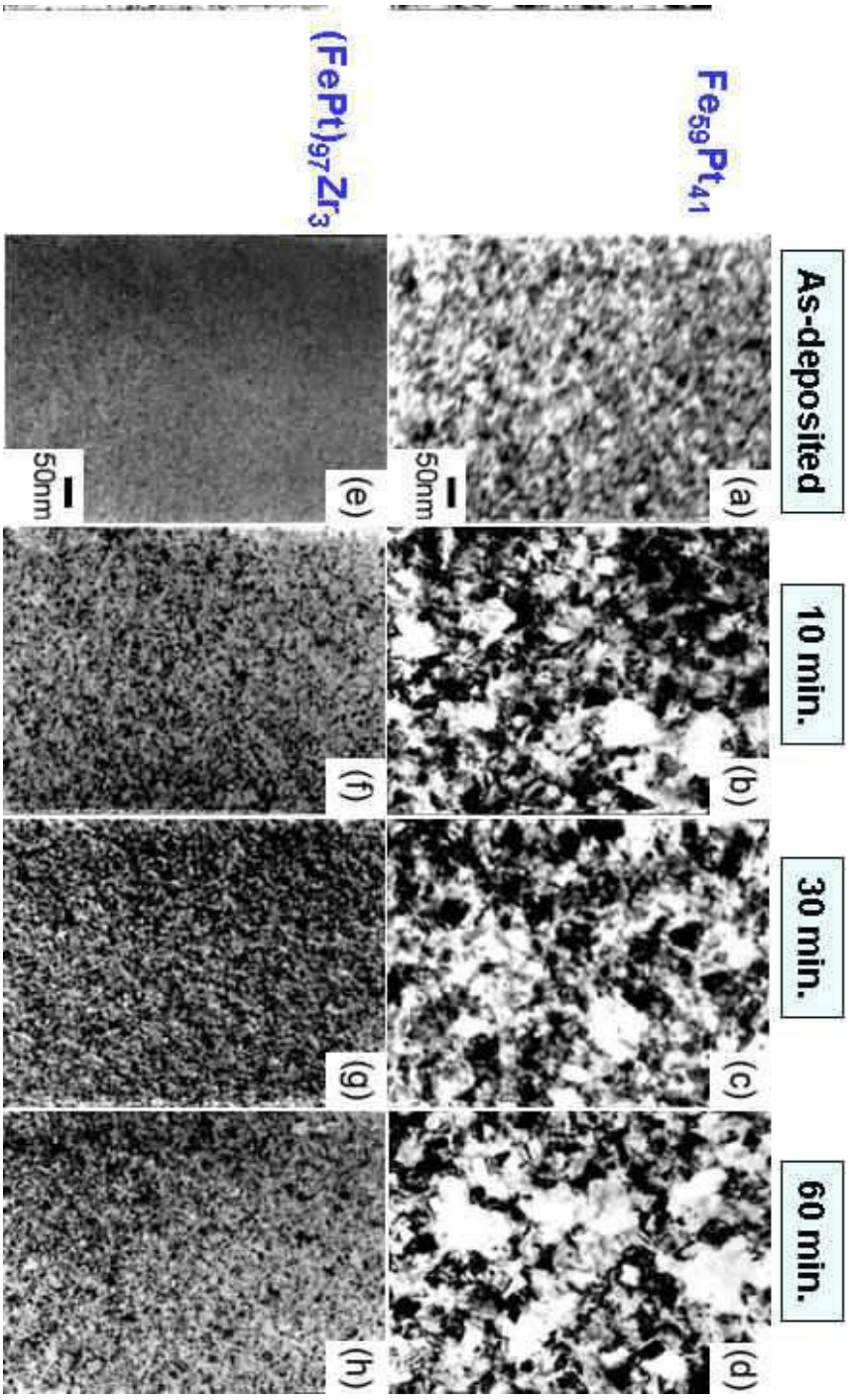
도면1b



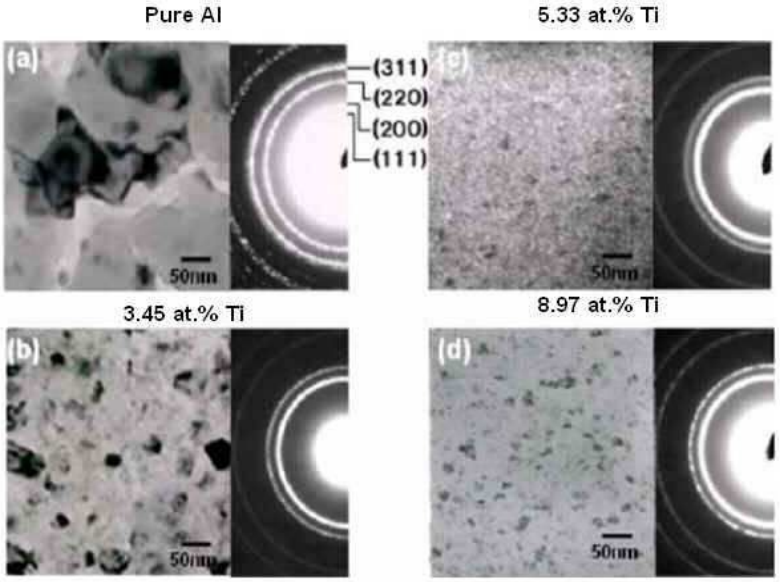
도면2



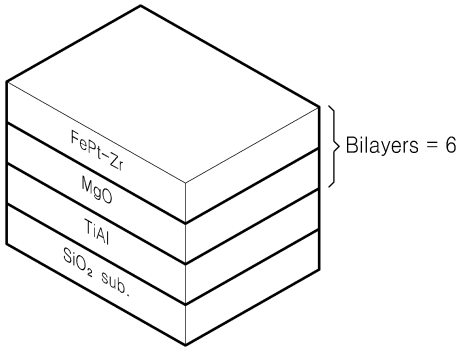
도면3


As-deposited
10 min.
30 min.
60 min.
$Fe_{59}Pt_{41}$
$(FePt)_{97}Zr_3$
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
(g)
(h)
50nm
50nm

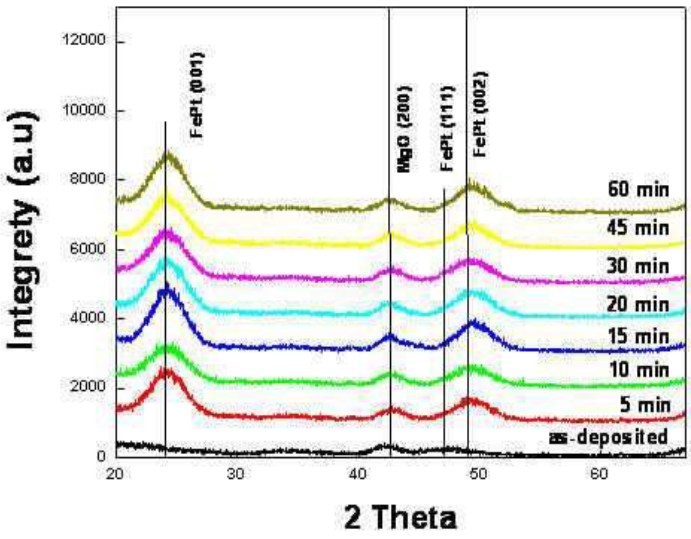
도면4


Pure Al
5.33 at.% Ti
(a)
(c)
(311)
(220)
(200)
(111)
50nm
50nm
3.45 at.% Ti
8.97 at.% Ti
(b)
(d)
50nm
50nm

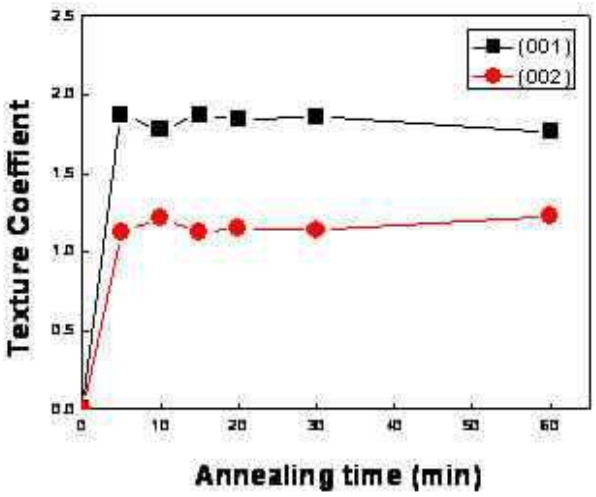
도면5


FePt-Zr
MgO
TiAl
SiO2 sub.
Bilayers = 6

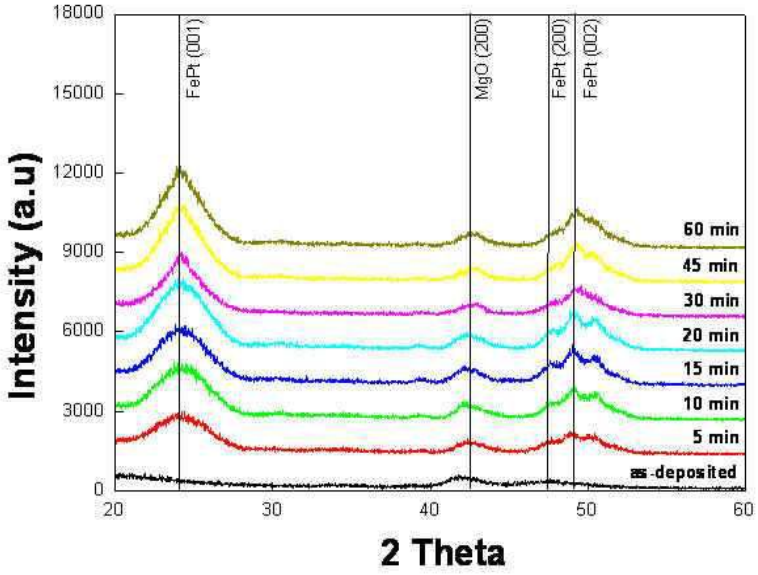
도면6a


Integrety (a.u)
2 Theta
FePt (001)
MgO (200)
FePt (111)
FePt (002)
60 min
45 min
30 min
20 min
15 min
10 min
5 min
as-deposited

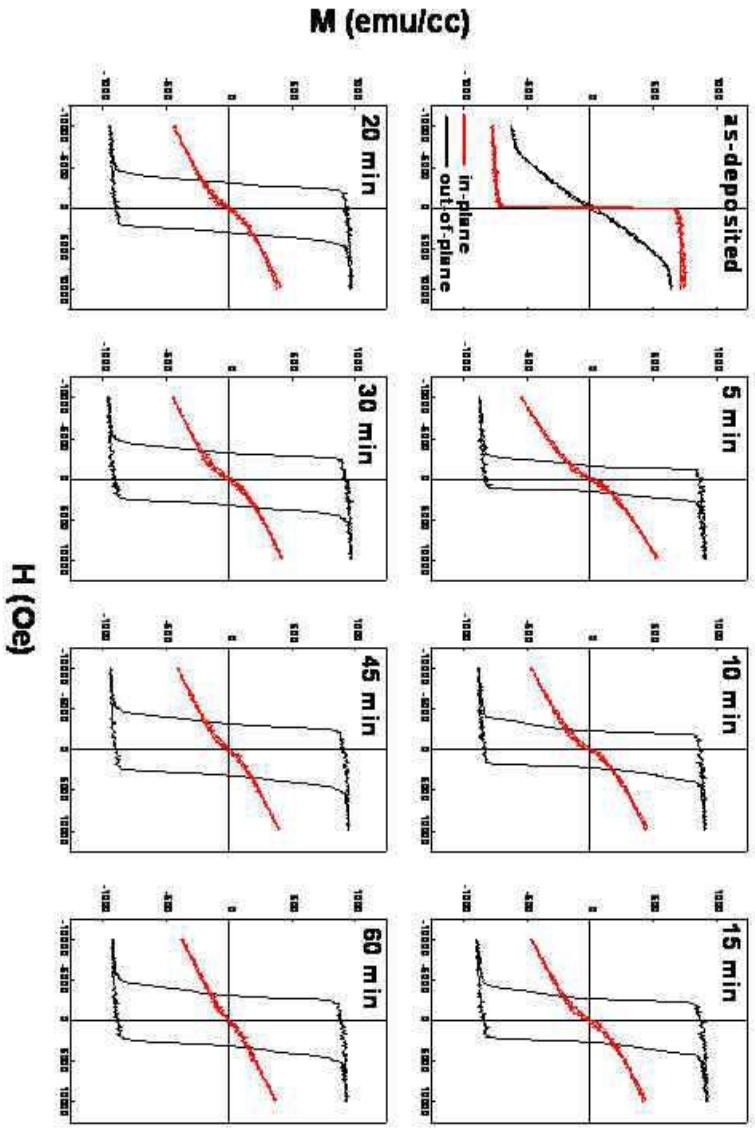
도면6b


Texture Coeffient
Annealing time (min)
(001)
(002)

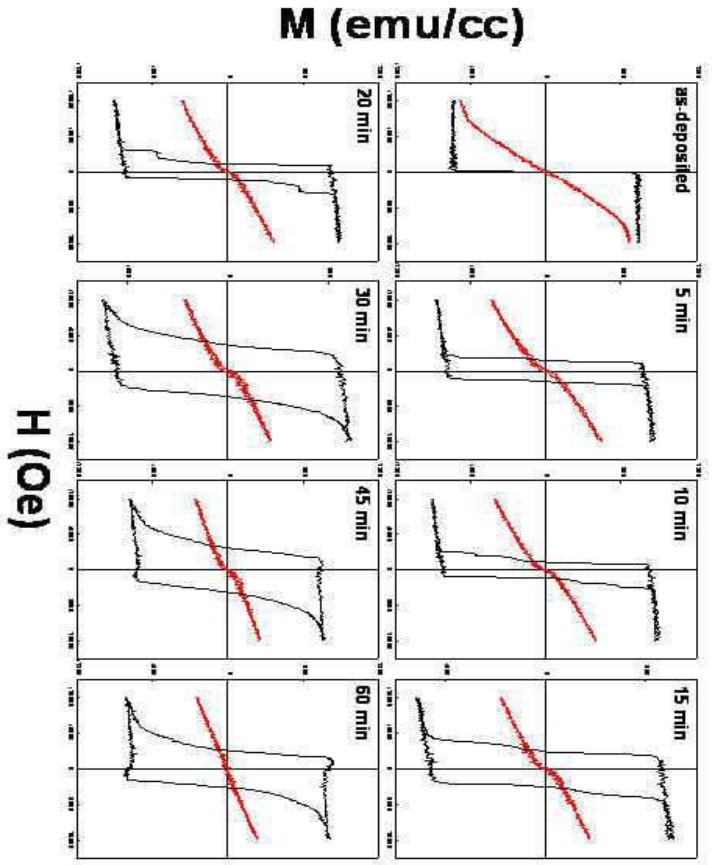
도면6c


18000
15000
12000
9000
6000
3000
0
Intensity (a.u)
20
30
40
50
60
2 Theta
FePt (001)
MgO (200)
FePt (200)
FePt (002)
60 min
45 min
30 min
20 min
15 min
10 min
5 min
as-deposited

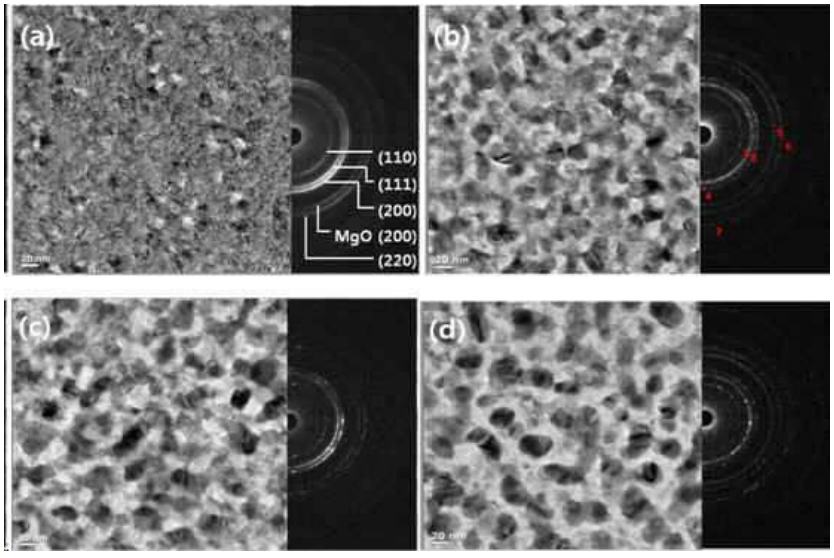
도면7a


M (emu/cc)
H (Oe)
as-deposited
in-plane
out-of-plane
5 min
10 min
15 min
20 min
30 min
45 min
60 min

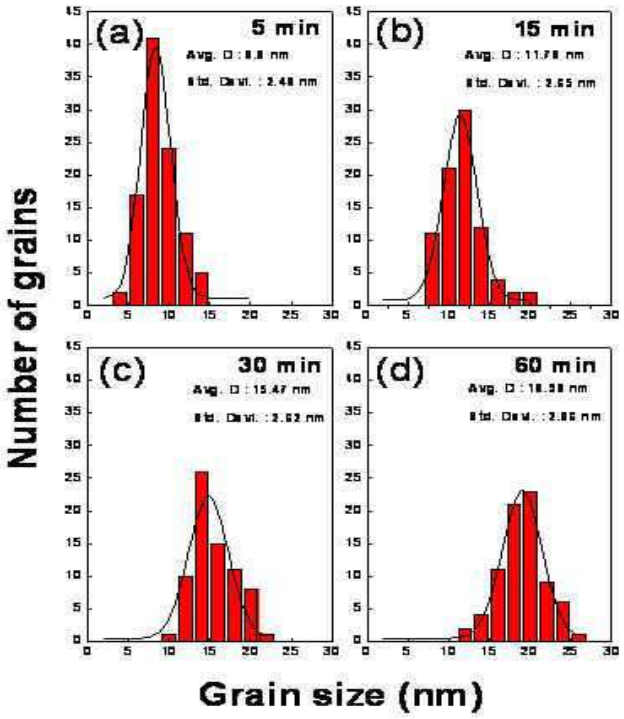
도면7b


M (emu/cc)
H (Oe)
as-deposited
5 min
10 min
15 min
20 min
30 min
45 min
60 min

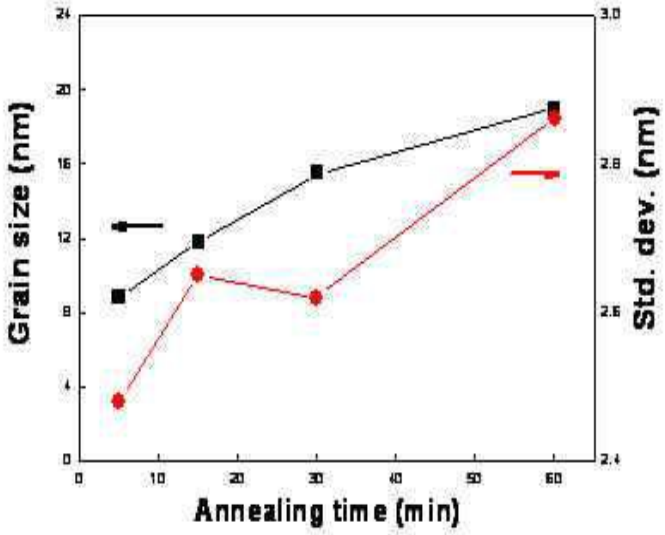
도면8


(a)
(b)
(c)
(d)
(110)
(111)
(200)
MgO (200)
(220)

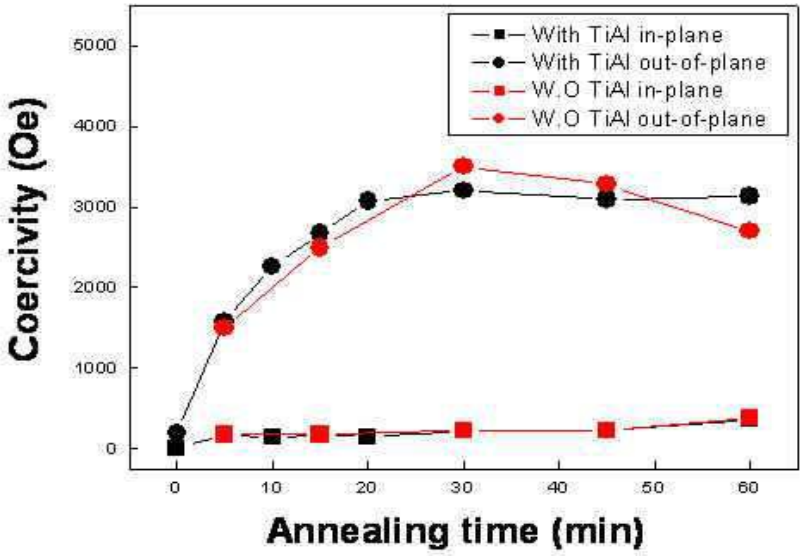
도면9a


(a)
5 min
(b)
15 min
(c)
30 min
(d)
60 min
Number of grains
Grain size (nm)

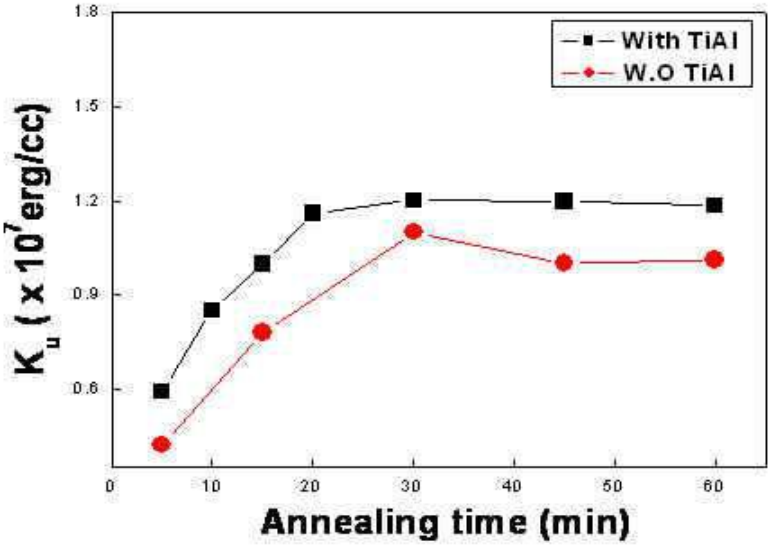
도면9b


Grain size (nm)
Std. dev. (nm)
Annealing time (min)

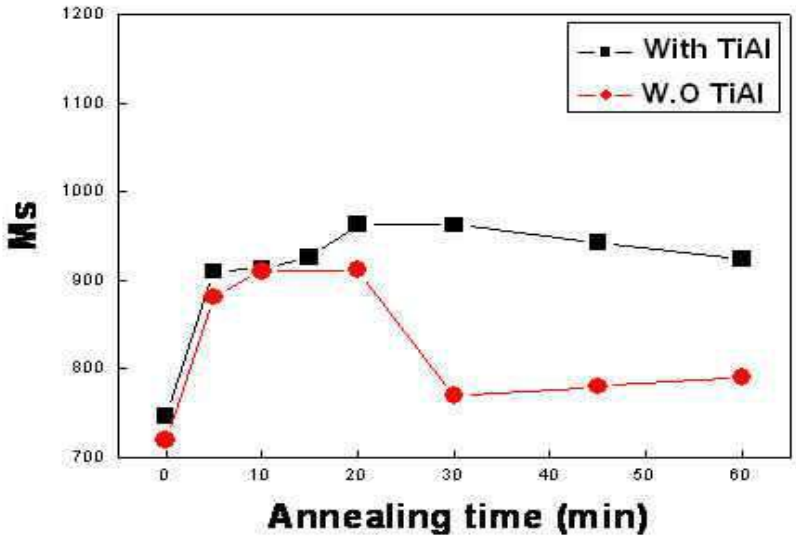
도면10a


With TiAl in-plane
With TiAl out-of-plane
W.O TiAl in-plane
W.O TiAl out-of-plane
Coercivity (Oe)
5000
4000
3000
2000
1000
0
0
10
20
30
40
50
60
Annealing time (min)

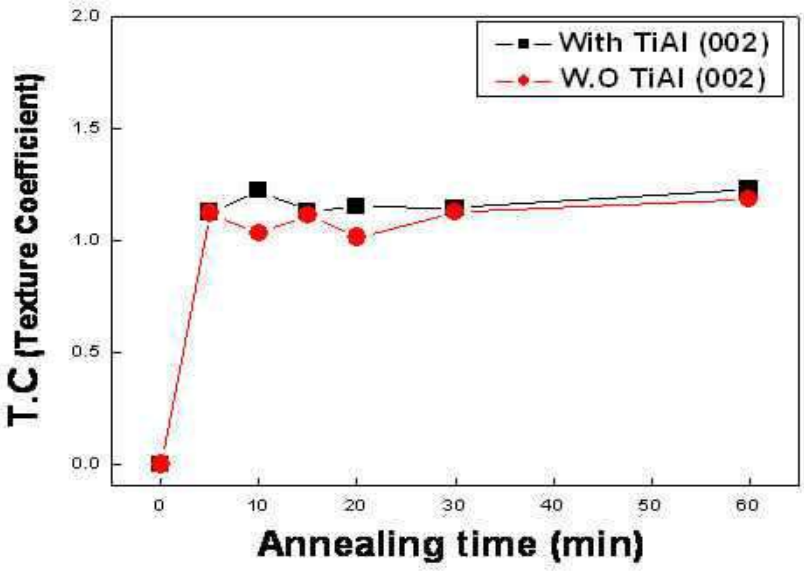
도면10b


With TiAl
W.O TiAl
K_u (x 10^7 erg/cc)
1.8
1.5
1.2
0.9
0.6
0
10
20
30
40
50
60
Annealing time (min)

도면10c


With TiAl
W.O TiAl
Ms
Annealing time (min)
1200
1100
1000
900
800
700
0
10
20
30
40
50
60

도면10d


With TiAl (002)
W.O TiAl (002)
T.C (Texture Coefficient)
Annealing time (min)
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
0
10
20
30
40
50
60