(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0081429
(43) 공개일자 2012년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0002767
(22) 출원일자 2011년01월11일
심사청구일자 2011년01월11일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
정지원
서울특별시 마포구 마포대로7길 22, 삼성래미안APT 303동 1202호 (공덕동)
소우빈
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 생명화학공학부 (용현동)
(74) 대리인
이원희

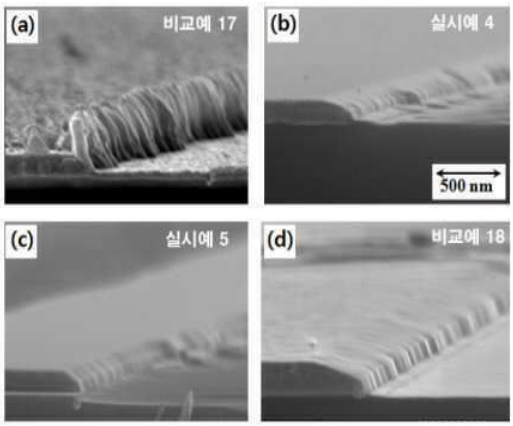
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **자성박막의 식각방법**

(57) 요 약

본 발명은 자성박막의 식각방법에 관한 것으로, 자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 1); 및 알코올계 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 식각 가스로 사용하고, 상기 식각 가스를 플라즈마화하여 상기 플라즈마 중의 이온 및 라디칼에 의하여 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계 (단계 2);를 포함하는 자성박막의 식각방법을 제공한다. 알코올 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 식각 가스로 사용함으로써, 종래의 식각법에 비하여 재증착이 발생하지 않고 빠른 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공함으로써 자성박막이 사용되는 모든 소자 및 기기들에 적용할 수 있으며, 미세구조를 형성하는데 효과적이다.

대 표 도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	41609-01
부처명	지식경제부
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	ICP를 이용한 수직자화 MTJ 식각 공정 기술 개발
주관기관	한양대학교 산학협력단
연구기간	2009.03.01 ~ 2011.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 1); 및

알코올계 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 식각 가스로 사용하고, 상기 식각 가스를 플라즈마화하여 상기 플라즈마 중의 이온 및 라디칼에 의하여 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계 (단계 2);를 포함하는 자성박막의 식각방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 알코올계 가스는 CH_3OH, C_2H_5OH 및 C_3H_7OH로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 식각가스의 플라즈마화는 유도결합플라즈마 반응성 이온식각법을 포함하는 고밀도 플라즈마 반응성 이온식각법, 자기증강반응성 이온식각법 및 반응성 이온 식각법으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종의 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 2의 불활성 가스는 He, Ne, Ar 및 N_2 가스로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 자성박박의 식각방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 자성박막은 CoFe, CoFeB, CoFeSiB, CoFeTb, CoZrB, CoZrTb, CoPt, NiFeCo, NiFeCr 및 NiFe로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 자성박막은 IrMn 또는 PtMn인 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 자성박막은 CoPd, FePt, FeZr, FeMn 및 FePd로 이루어지는 군에서 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 식각 가스는 CH_3OH 70~95 부피% 및 비활성 가스 5~30 부피%의 조성을 가지며, 700 ~ 1500 W의 코일 고주파 전력, DC 바이어스 전압 300 ~ 500 V 의 조건으로 플라즈마화가 이루어지고, 1 ~ 5 mTorr 범위의 가스 압력에서 식각이 수행되는 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

청구항 9

제6항에 있어서, 식각 가스는 CH_3OH 30~70 부피% 및 비활성 가스 30~70 부피%의 조성을 가지며, 800~1500 W의 코일 고주파 전력, DC 바이어스 전압 300~500 V의 조건으로 플라즈마화가 이루어지고, 1 ~ 5 mTorr 범위의 가스 압력에서 식각이 수행되는 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

청구항 10

제7항에 있어서, 식각 가스는 CH_3OH 40~80 부피% 및 비활성 가스 20~60부피%의 조성을 가지며, 700~1500 W의 코일 고주파 전력, DC 바이어스 전압 300~500 V 의 조건으로 플라즈마화가 이루어지고, 1~5 mTorr 범위의 가스 압력에서 식각이 수행되는 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 알코올계 및 불활성 가스의 혼합가스를 이용한 자성박막의 식각방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 현존하는 여러 가지 전기 전자기기들 가운데서 자성물질 또는 자성박막을 사용하여 제조되는 소자 및 기기들이 있다. 이 가운데서 자성물질의 박막형태, 즉 자성박막 (자기박막; magnetic thin films)의 형태를 사용하여 제조되는 경우에는 반드시 자성박막의 패터닝이 수행되어야 한다. 즉, 자성박막의 증착이 선행되고 그 후에 이를 패터닝하여 마스크를 형성하고 마스크 패턴 주위의 노출된 부분을 식각공정에 의하여 제거함으로써 자성박막의 패터닝이 완성되고 후속공정들을 마친 후에 소자 및 기기들이 제조된다.

[0003] 일반적으로 자성박막들의 식각공정에는 습식 식각과 건식 식각방법이 있다. 식각할 패턴들의 크기가 수 마이크로미터 크기이하로 축소됨에 따라서 습식식각의 적용이 어려워지고 있어, 패턴 전달에 충실한 플라즈마를 이용하는 건식식각의 필요성이 부각되고 있다. 건식식각공정은 일명 플라즈마 식각이라고 불리며 플라즈마의 화학반응성에 의하여 크게 두 가지로 구분될 수 있다. 불활성 가스인 Ar 플라즈마를 이용하는 이온 밀링(ion milling) 식각법과 여러 가지 화학가스를 사용하는 반응성 이온 식각(reactive ion etching)법으로 분류된다. 자성박막들은 본래 화학반응성이 매우 낮은 물질들로서 주로 이온밀링 법을 사용하여 식각하였다. 하지만 이온밀링에 의한 자성박막의 식각은 도 1의 (b)에 나타낸 바와 같이 식각된 패턴주위로 재증착이 일어나 펜스(fence)모양을 형성한다. 이는 이온밀링 식각법이 화학반응 없이 순수하게 Ar 양이온의 충돌 에너지에 의하여 자성물질의 일부가 스퍼터되어 제거되는 식각 메카니즘에 기인한다. 따라서 자성박막 상에 패턴의 크기가 서브마이크로미터 또는 나노미터 크기이하로 축소되거나 패턴사이의 간격이 나노미터 크기로 축소될 때 재증착이 더욱 심화된다. 또한, 자성박막의 두께가 나노미터 수준이하로 얇아진다면 상부에 있는 박막들과 연결되어 단락을 발생시킬 수 있다. 그러므로 고집적 소자들의 제조를 위하여 자성박막의 식각이 필요할 경우에는 물리적 식각 메카니즘에 의한 이온밀링법이 아닌 화학반응이 적용된 반응성 이온 식각법 적용되어야 할 것이다.

[0004] 반응성 이온 식각법에 의하여 자성박막들이 식각될 경우에도 잘못 선택된 식각가스를 사용하거나 또는 적절치 못한 식각공정들을 적용할 경우에는 식각된 패턴의 측면에 재증착이 발생하고, 과도한 식각가스를 사용하는 경우에는 재증착의 발생은 감소하나 도 1의 (c)에 나타낸 바와 같이 식각된 측면경사(식각경사)가 매우 완만하여 미세패턴의 식각에 적용하기 어렵게 된다.

[0005] 대한민국 공개특허 제 1998-0006194호는 전이금속 박막의 식각방법에 대하여 개시하고 있다. 할로겐 가스 및 할로겐류 가스 중에서 선택된 최소 1개의 제 1가스와 탄소 산화물계 가스, 탄화수소계 가스, 질소 산화물계 가스 및 질소계 가스 중에서 선택된 어느 하나인 제 2가스를 순차적으로 또는 동시에 혼합가스 형태로 주입하여 상기 전이금속 박막을 휘발성 화합물로 전환시켜 식각하는 방법이다. 휘발성 화합물의 기화 또는 승화에 의해 재증착되는 부산물 없이 높은 식각속도로 식각이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 상기 방법은 기판온도를 200℃ 이상으로 유지하여야 하는 특성 때문에 니켈, 철, 코발트 등의 자성박막의 식각 적용에는 적절하지

않다는 문제점이 있다.

[0006] 염화수소 가스와 아르곤가스로 구성된 혼합가스를 사용하여 전이금속박막을 식각하는 방법이 있다. 이 방법은 식각율이 높고 식각 선택성이 높은 장점을 가지고 있으나 식각 공정 후 베일이 잔존한다. 잔존 베일을 제거하기 위해서는 탈이온수에 30~60분간 담가 두어야 하므로 공정시간이 길어져 생산성이 낮아지는 문제점이 있다. 또한 플라즈마에 의해 분리되지 않은 염화수소 가스는 건식 식각 장비를 부식시키기 때문에 건식 식각 장비의 수명이 짧아진다는 문제점이 있다.

[0007] 또한 염소 가스와 아르곤 가스로 구성된 혼합가스를 사용하는 식각방법이 있다. 염소 가스가 아르곤 가스에 비해 비교적 적게 포함된 혼합가스로 고밀도 플라즈마를 형성하면 주로 물리적 스퍼터링(Physical Sputtering)에 의해 건식 식각이 수행되고 이때 생성되는 베일은 금속 염화물로 존재하게 된다. 반면, 염소 가스가 아르곤 가스에 비해 비교적 많이 포함된 혼합가스로 고밀도 플라즈마를 형성하면 화학적 식각(Chemical Etching)에 의해 건식 식각이 수행된다. 베일의 제거는 상기의 화학적 식각에 의해 수행되고 잔류 금속 염화물을 제거하기 위해서는 탈이온수에 담가 두어야 한다. 따라서 공정시간이 길어져 생산성이 낮아진다는 문제가 있다.

[0008] 이에 본 발명자들은 자성박막의 새로운 식각가스로 알려진 알코올계 가스를 기본으로 하여 불활성가스 또는 반응성 가스 등을 첨가하여 식각가스의 최적 조합과 농도범위를 설정하고, 상기 혼합가스를 이용하여 식각할 경우, 그 효과가 우수함을 확인하고 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 알코올계 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 식각가스로 사용하는 자성박막의 식각방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 1); 및 알코올계 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 식각 가스로 사용하고, 상기 식각 가스를 플라즈마화하여 상기 플라즈마 중의 이온 및 라디칼에 의하여 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계 (단계 2);를 포함하는 자성박막의 식각방법을 제공한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 따른 자성 박막의 식각방법은 종래의 식각법에 비하여 재증착이 발생하지 않고 빠른 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공하여 자성박막이 사용되는 모든 소자 및 기기들에 적용할 수 있으며, 미세 패턴의 형성에 효과적이다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1의 (a)는 식각 전 시료의 구조, (b)는 이온 밀링에 의한 식각, (c)는 과도한 식각 가스를 사용하여 식각된 시료의 모식도 이고,

도 2는 Ar 및 CH_3OH의 혼합가스 비율에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 3은 Ar 및 CH_3OH의 혼합가스 비율에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 4는 코일고주파 전력에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 5는 코일고주파 전력에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 6은 DC 바이어스 전압에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 7은 DC 바이어스 전압에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 8은 가스 압력에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 9는 가스 압력에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 10~13은 Ar 및 CH_3OH의 혼합가스 비율에 따른 Co, Fe, B 및 O 각각에 대한 XPS 스펙트럼이고,

도 14는 Ar 및 CH_3OH의 혼합가스 비율에 따른 IrMn 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 15는 Ar 및 CH_3OH의 혼합가스 비율에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 16은 코일고주파 전력에 따른 IrMn 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 17은 코일고주파 전력에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 18은 DC 바이어스 전압에 따른 IrMn 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 19는 DC 바이어스 전압에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 20은 가스 압력에 따른 IrMn 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 21은 가스 압력에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 22 및 23은 Ar 및 CH_3OH의 혼합가스 비율에 따른 Ir 및 Mn 각각에 대한 XPS 스펙트럼이고,

도 24는 Ar 및 CH_3OH의 혼합가스 비율에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 25는 Ar 및 CH_3OH의 혼합가스 비율에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 26은 코일고주파 전력에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 27은 코일고주파 전력에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 28은 DC 바이어스 전압에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 29는 DC 바이어스 전압에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 30은 가스 압력에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고,

도 31은 가스 압력에 따른 식각된 면의 SEM 사진이고,

도 32 및 33은 Ar 및 CH_3OH의 혼합가스 비율에 따른 Fe 및 O 각각에 대한 XPS 스펙트럼이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0014] 본 발명은

[0015] 자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 1); 및

[0016] 알코올계 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 식각 가스로 사용하고, 상기 식각 가스를 플라즈마화하여 상기 플라즈마 중의 이온 및 라디칼에 의하여 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계 (단계 2);를 포함하는 자성박막의 식각방법을 제공한다.

[0017] 상기 자성박막의 식각은 물리적 및 화학적 식각이 혼합된 것으로 종래의 식각법에 비하여 재증착이 발생하지 않고, 알코올 가스를 사용함으로써 적절한 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공하여 자성박막이 사용되는 모든 소자 및 기기들에 적용할 수 있으며, 미세 패턴을 형성할 수 있다는 장점이 있다.

[0018] 이하, 본 발명을 단계별로 상세히 설명한다.

[0019] 본 발명에 따른 단계 1은 자성박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계이다. 상기 마스크는 하드 마스크인 것이 바람직하고, Ti 또는 TiN 하드 마스크인 것이 더욱 바람직하다. 종래에는 포토레지스트 마스크를 주로 사용하였으나, 포토레지스트 마스크는 식각속도가 매우 빨라서 식각속도가 느린 자성박막에 적용하는 것은 적합하지 않다.

[0020] 본 발명에 따른 단계 2는 알코올계 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 식각 가스로 사용하고, 상기 식각 가스를 플라즈마화하여 상기 플라즈마 중의 이온 및 라디칼에 의하여 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계이다. 상기 알코올계 가스는 반응성 이온 식각을 수행하고, 불활성 가스는 물리적 식각을 수행하게 된다. 일반적인 자성박막의 물리적 식각방법인 이온밀링은 식각된 패턴 주위로 재증착이 일어나 펜스 모양을 형성하게 되지만, 상기와 같이 알코올계 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 사용하는 경우 재증착이 발생하지 않고 적절한 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공할 수 있다는 장점이 있으며, 이는 상기 단계 2에서 가스농도 등의 공정조건을 적절히 조절하여 식각을 수행함에 따라 알코올 계 가스의 수소, 산소 라디컬 및 하이드록실(-OH) 기 등이 화학반응을 일으켜 식각 후 재증착물질들이 현저히 줄어들거나 발생하지 않기 때문이다.

[0021] 상기 단계 2의 알코올계 가스는 CH_3OH, C_2H_5OH 및 C_3H_7OH로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종인 것이 바람직하다. 상기 알코올계 가스는 적절한 식각속도를 제공하며, 식각 후 부산물이 재증착되지 않는다는 장점이 있다. 만약 상기 알코올계 가스보다 탄소수가 많은 알코올계 가스를 사용하게 되면 과도한 탄소수로 인하여 수소가 동시에 증가하며, 이에 따라 폴리머 물질이 발생되는 문제가 있다.

[0022] 상기 단계 2에서 식각가스의 플라즈마화는 유도결합플라즈마 반응성 이온식각법을 포함하는 고밀도 플라즈마 반응성 이온식각법, 자기증강반응성 이온 식각법 및 반응성 이온 식각법으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종의 방법으로 수행되는 것이 바람직하다. 상기 식각법은 고밀도플라즈마 발생이 가능하면서 기판쪽에 독립적인 rf power가 연결되어서 기판에 바이어스 전압을 인가할 수 있고, 이에 따라 이온들의 기판에 대한 고에너지의 충돌이 가능하며, 이때 끊어진 화학결합들은 플라즈마 내부에서 내려오는 래디컬과 화학반응을 일으켜서 식각이 진행된다. 또한, 화학반응에 의한 반응생성물의 휘발성이 약하면 식각된 측면에 재증착이 발생하는데, 이 때 이온들의 기판에 대한 물리적 스퍼터링이 재증착물질들이 탈착되는 것을 돕는 역할을 한다.

[0023] 특히, 고밀도 플라즈마 이온식각법은 외부 코일에 가하는 전력이 챔버 내부의 발생된 플라즈마 내 전자에 에너지를 전달함으로써 고밀도의 플라즈마를 얻게 되는 것으로, 식각속도가 빠르며 이온 충격에 의한 손상이 없다는 장점이 있다. 또한 반응성 이온 식각(Reactive ion etching)은 이온 충격을 이용한 반응성 화학공정과 물리적 공정에서 웨이퍼 표면으로부터 물질을 제거하는 기술이다. 자기증강반응성 이온식각은 자기적으로 강화된 반응성 이온 식각반응으로 물리적 방법과 화학적 방법이 결합된 식각방법이다. 자기장을 갖는 플라즈마는 고밀도 플라즈마를 생성하고 낮은 압력에서도 동작을 허용하며, 특히 높은 종횡비 특성을 갖는 식각인 경우 식각의 방향성과 균일성을 유지하게 하는 장점이 있다. 하지만 일반적인 저밀도의 반응성 이온 식각법을 이용하는 경우 상기의 효과들을 얻기가 어려우며, 이에 따라 적절한 식각속도 및 이방성 식각이 수행되지 않는 문제가 있다.

[0024] 상기 단계 2의 불활성 가스는 He, Ne, Ar 및 N_2 가스로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것이 바람직하다. 알코올 계열 가스들이 화학적 식각을 유도하는 반면, 상기 불활성 가스들은 물리적인 식각을 수행하게 한다. 일반적인 자성박막의 물리적 식각방법인 이온밀링은 식각된 패턴 주위로 재증착이 일어나 펜스 모양을 형성하게 된다. 상기와 같이 알코올계 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 사용하는 경우에도 화학반응에 의한 반응생성물의 약한 휘발성으로 인하여 식각된 측면에 재증착이 발생할 수 있지만, 이온들의 기판에 대한 물리적 스퍼터링이 재증착물질들이 탈착되는 것을 돕는 역할을 하며, 이로 인하여 빠른 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공할 수 있다.

[0025] 상기 단계 2의 식각되는 자성박막은 CoFe, CoFeB, CoFeSiB, CoFeTb, CoZrB, CoZrTb, NiFeCo, NiFeCr 및 NiFe로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종일 수 있으며, 이 경우 식각 가스는 CH_3OH 70 ~ 95 부피% 및 비활성 가스 5 ~ 30 부피%의 조성을 가지며, 700 ~ 1500 W의 코일 고주파 전력, DC 바이어스 전압 300 ~ 500 V의 조건으로 플라즈마화가 이루어지고 1 ~ 5 mTorr 범위의 가스 압력에서 식각이 수행되는 것이 가장 바람직하다.

[0026] 식각가스 중 CH_3OH가 70 부피% 미만인 경우 식각측면의 경사가 너무 완만해지는 문제가 있으며, 95 부피%를 초과하는 경우 과도한 메탄올가스 농도로 인하여 폴리머가 증착되는 문제가 있다. 상기 혼합가스를 플라즈마화하기 위한 코일 고주파 전력이 700 W 미만인 경우 식각경사가 감소되는 문제가 있으며, 1500 W를 초과하는 경우 플라즈마의 밀도가 과도하게 증가하여 많은 라디칼 및 아르곤 이온이 형성됨으로써 식각손상(etch damage)이 발생하는 문제가 있다. DC 바이어스 전압이 300 V 미만인 경우 식각측면의 경사가 완만해지는 문제가 있으며, 500 V를 초과하는 경우 과도한 전압인가로 인한 식각손상(etch damage)이 발생하여 향후 제조되는 소자의 전기적 특성이 열화되는 문제가 있다. 가스 압력이 1 mTorr 미만인 경우 플라즈마가 불안정하여 식각의 안정성 및 재현성이 떨어지는 문제가 있고, 5 mTorr를 초과하는 경우 스캐터링에 의한 입자의 충돌이 발생하여 이온의 기판에 대한 수직적이고 효과적인 충돌이 일어나지 않는 문제가 있다.

[0027] 상기 단계 2의 식각되는 자성박막이 IrMn 또는 PtMn일 수 있으며, 이 경우 식각 가스는 CH_3OH 30~70 부피% 및 비활성 가스 30~70 부피%의 조성을 가지며, 800 ~ 1500 W의 코일 고주파 전력, DC 바이어스 전압 300 ~ 500 V의 조건으로 플라즈마화가 이루어지고 1 ~ 5 mTorr 범위의 가스 압력에서 식각이 수행되는 것이 가장 바람직하다.

[0028] 식각가스 중 CH_3OH가 30 부피% 미만인 경우 식각측면의 경사가 너무 완만해지는 문제가 있으며, 70 부피%를 초과하는 경우 식각속도가 감소하는 문제가 있으며, 또한식각 후 폴리머의형성에 의한 재증착이 발생되는 문제가 있다. 상기 혼합가스를 플라즈마화하기 위한 코일 고주파 전력이 800 W 미만인 경우 식각경사가 감소되는 문제가 있으며, 1500 W를 초과하는 경우 플라즈마의 밀도가 과도하게 증가하여 많은 라디칼 및 아르곤 이온이 형성됨으로써 식각손상(etch damage)이 발생하는 문제가 있다. DC 바이어스 전압이 300 V 미만인 경우 식각측면의 경사가 완만해지는 문제가 있으며, 500 V를 초과하는 경우 식각손상이 발생하여 박막이 손상되는 문제가 있으며, 이에 따라 향후 제조되는 소자의 전기적 특성이 열화되는 문제가 있다. 가스 압력이 1 mTorr 미만인 경우 플라즈마가 불안정하여 식각의 안정성 및 재현성이 떨어지는 문제가 있고, 5 mTorr를 초과하는 경우 평균자유행로가 감소함에 따라 스캐터링이 발생하며, 이에 따라 이방성 식각프로파일 및 깨끗한 식각표면을 얻기가 어렵다.

[0029] 상기 단계 2의 식각되는 자성박막은 CoPd, FePt, FeZr, FeMn 및 FePd로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종일 수 있으며, 이 경우 식각 가스는 CH_3OH 40 ~ 80 부피% 및 비활성 가스 20 ~ 60 부피%의 조성을 가지며, 700 ~ 1500 W의 코일 고주파 전력, DC 바이어스 전압 300 ~ 500 V의 조건으로 플라즈마화가 이루어지고 1 ~ 5 mTorr 범위의 가스 압력에서 식각이 수행되는 것이 바람직하다.

[0030] 식각가스 중 CH_3OH가 40 부피% 미만인 경우 식각측면의 경사가 너무 완만해지는 문제가 있으며, 80 부피%를 초과하는 경우 식각속도가 감소하는 문제가 있으며, 또한식각 후 폴리머의형성에 의한 재증착이 발생되는 문제가 있다. 상기 혼합가스를 플라즈마화하기 위한 코일 고주파 전력이 700 W 미만인 경우 식각경사가 감소되는 문제가 있으며, 1500 W를 초과하는 경우 플라즈마의 밀도가 과도하게 증가하여 많은 라디칼 및 아르곤 이온이 형성됨으로써 식각손상(etch damage)이 발생하는 문제가 있다. DC 바이어스 전압이 300 V 미만인 경우 식각측면의 경사가 완만해지는 문제가 있으며, 식각손상이 발생하여 박막이 손상되는 문제가 있으며, 이에 따라 향후 제조되는 소자의 전기적 특성이 열화되는 문제가 있다. 가스 압력이 1 mTorr 미만인 경우 플라즈마가 불안정하여 식각의 안정성 및 재현성이 떨어지는 문제가 있고, 5 mTorr를 초과하는 경우 평균자유행로가 감소함에 따라 스캐터링이 발생하며, 이에 따라 이방성 식각프로파일 및 깨끗한 식각표면을 얻기가 어렵다.

[0031] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 더욱 상세히 설명한다. 단, 하기의 실시예는 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발

명의 내용이 하기 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0032] **<실시예 1> CoFeB 박막의 식각 1**

[0033] 단계 1. 자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계

[0034] CoFeB 박막이 코팅된 기판에 대하여 Ti 하드 마스크를 공지의 방법을 이용하여 패터닝하여 CoFeB 박막을 마스킹하였다.

[0035] 단계 2. 플라즈마를 이용하여 식각하는 단계

[0036] 상기 단계 1에서 마스킹된 기판을 타겟과 14 cm 떨어진 곳에 위치시키고, 5 mTorr 공정압력에서 CH_3OH 70 부피%와 Ar 30 부피%의 혼합가스를 흘려주며 700 W의 코일 고주파 전력과 300 V의 DC 바이어스를 가하여 플라즈마를 형성하는 방법으로 Ti 하드마스크로 마스킹된 CoFeB 자성박막을 식각하였다.

[0037] **<비교예 1> CoFeB 박막의 식각 1**

[0038] 상기 실시예 1의 단계 1을 수행하지 않은 것과 800 W의 코일 고주파 전력 및 식각가스가 Ar 100 부피%인 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 CoFeB 자성박막을 식각하였다.

[0039] 이하, 실시예 1~28 및 비교예 1~86에 대한 식각 조건을 표 1 및 2에 나타내었으며, 각 조건을 제외한 박막의 식각 방법은 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막, IrMn 박막, FePt 박막, Ti 하드마스크로 마스킹된 CoFeB 박막, Ti 하드마스크로 마스킹된 IrMn 박막, TiN 하드마스크로 마스킹된 FePt 박막, Ti 하드마스크 및 TiN 하드마스크를 식각하였다.

표 1

[0040]

	박막물질	코일 고주파 전력	DC바이어스전압	가스 압력	CH_3OH가스부피%	Ar가스부피%
실시예 1	CoFeB/Ti	700 W	300 V	5 mTorr	70	30
실시예 2	CoFeB/Ti	800 W	200 V	5 mTorr	70	30
실시예 3	CoFeB/Ti	800 W	300 V	1 mTorr	70	30
실시예 4	CoFeB/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	30	70
실시예 5	CoFeB/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	70	30
실시예 6	CoFeB/Ti	800 W	300 V	10 mTorr	70	30
실시예 7	CoFeB/Ti	800 W	400 V	5 mTorr	70	30
실시예 8	CoFeB/Ti	900 W	300 V	5 mTorr	70	30
실시예 9	IrMn/Ti	700 W	300 V	5 mTorr	70	30
실시예 10	IrMn/Ti	800 W	200 V	5 mTorr	70	30
실시예 11	IrMn/Ti	800 W	300 V	1 mTorr	70	30
실시예 12	IrMn/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	10	90
실시예 13	IrMn/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	30	70
실시예 14	IrMn/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	50	50
실시예 15	IrMn/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	70	30
실시예 16	IrMn/Ti	800 W	300 V	10 mTorr	70	30
실시예 17	IrMn/Ti	800 W	400 V	5 mTorr	70	30
실시예 18	IrMn/Ti	900 W	300 V	5 mTorr	70	30
실시예 19	FePt/TiN	700 W	300 V	5 mTorr	60	40
실시예 20	FePt/TiN	800 W	200 V	5 mTorr	60	40
실시예 21	FePt/TiN	800 W	300 V	1 mTorr	60	40
실시예 22	FePt/TiN	800 W	300 V	5 mTorr	20	80
실시예 23	FePt/TiN	800 W	300 V	5 mTorr	40	60
실시예 24	FePt/TiN	800 W	300 V	5 mTorr	60	40
실시예 25	FePt/TiN	800 W	300 V	10 mTorr	60	40

실시예 26	FePt/TiN	800 W	300 V	5 mTorr	80	20
실시예 27	FePt/TiN	800 W	400 V	5 mTorr	60	40
실시예 28	FePt/TiN	900 W	300 V	5 mTorr	60	40

표 2

[0041]

	박막물질	코일 고주파 전력	DC바이어스전압	가스 압력	CH_3OH가스부피%	Ar가스부피%
비교예 1	CoFeB	800 W	300 V	5 mTorr	0	100
비교예 2	CoFeB	800 W	300 V	5 mTorr	10	90
비교예 3	CoFeB	800 W	300 V	5 mTorr	20	80
비교예 4	CoFeB	800 W	300 V	5 mTorr	30	70
비교예 5	CoFeB	800 W	300 V	5 mTorr	40	60
비교예 6	CoFeB	800 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 7	CoFeB	800 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 8	CoFeB	800 W	300 V	5 mTorr	100	0
비교예 9	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	0	100
비교예 10	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	10	90
비교예 11	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	20	80
비교예 12	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	30	70
비교예 13	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	40	60
비교예 14	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 15	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 16	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	100	0
비교예 17	CoFeB/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	0	100
비교예 18	CoFeB/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	100	0
비교예 19	CoFeB	700 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 20	CoFeB	900 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 21	Ti	700 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 22	Ti	900 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 23	CoFeB	800 W	200 V	5 mTorr	70	30
비교예 24	CoFeB	800 W	400 V	5 mTorr	70	30
비교예 25	Ti	800 W	200 V	5 mTorr	70	30
비교예 26	Ti	800 W	400 V	5 mTorr	70	30
비교예 27	CoFeB	800 W	300 V	1 mTorr	70	30
비교예 28	CoFeB	800 W	300 V	10 mTorr	70	30
비교예 29	Ti	800 W	300 V	1 mTorr	70	30
비교예 30	Ti	800 W	300 V	10 mTorr	70	30
비교예 31	IrMn	800 W	300 V	5 mTorr	0	100
비교예 32	IrMn	800 W	300 V	5 mTorr	10	90
비교예 33	IrMn	800 W	300 V	5 mTorr	20	80
비교예 34	IrMn	800 W	300 V	5 mTorr	30	70
비교예 35	IrMn	800 W	300 V	5 mTorr	40	60
비교예 36	IrMn	800 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 37	IrMn	800 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 38	IrMn	800 W	300 V	5 mTorr	100	0
비교예 39	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	0	100
비교예 40	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	10	90
비교예 41	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	20	80
비교예 42	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	30	70
비교예 43	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	40	60
비교예 44	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 45	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 46	Ti	800 W	300 V	5 mTorr	100	0
비교예 47	IrMn/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	0	100
비교예 48	IrMn/Ti	800 W	300 V	5 mTorr	100	0
비교예 49	IrMn	700 W	300 V	5 mTorr	70	30

비교예 50	IrMn	900 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 51	Ti	700 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 52	Ti	900 W	300 V	5 mTorr	70	30
비교예 53	IrMn	800 W	200 V	5 mTorr	70	30
비교예 54	IrMn	800 W	400 V	5 mTorr	70	30
비교예 55	Ti	800 W	200 V	5 mTorr	70	30
비교예 56	Ti	800 W	400 V	5 mTorr	70	30
비교예 57	IrMn	800 W	300 V	1 mTorr	70	30
비교예 58	IrMn	800 W	300 V	10 mTorr	70	30
비교예 59	Ti	800 W	300 V	1 mTorr	70	30
비교예 60	Ti	800 W	300 V	10 mTorr	70	30
비교예 61	FePt	800 W	300 V	5 mTorr	0	100
비교예 62	FePt	800 W	300 V	5 mTorr	20	80
비교예 63	FePt	800 W	300 V	5 mTorr	40	60
비교예 64	FePt	800 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 65	FePt	800 W	300 V	5 mTorr	80	20
비교예 66	FePt	800 W	300 V	5 mTorr	100	0
비교예 67	TiN	800 W	300 V	5 mTorr	0	100
비교예 68	TiN	800 W	300 V	5 mTorr	20	80
비교예 69	TiN	800 W	300 V	5 mTorr	40	60
비교예 70	TiN	800 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 71	TiN	800 W	300 V	5 mTorr	80	20
비교예 72	TiN	800 W	300 V	5 mTorr	100	0
비교예 73	FePt/TiN	800 W	300 V	5 mTorr	0	100
비교예 74	FePt/TiN	800 W	300 V	5 mTorr	100	0
비교예 75	FePt	700 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 76	FePt	900 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 77	TiN	700 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 78	TiN	900 W	300 V	5 mTorr	60	40
비교예 79	FePt	800 W	200 V	5 mTorr	60	40
비교예 80	FePt	800 W	400 V	5 mTorr	60	40
비교예 81	TiN	800 W	200 V	5 mTorr	60	40
비교예 82	TiN	800 W	400 V	5 mTorr	60	40
비교예 83	FePt	800 W	300 V	1 mTorr	60	40
비교예 84	FePt	800 W	300 V	10 mTorr	60	40
비교예 85	TiN	800 W	300 V	1 mTorr	60	40
비교예 86	TiN	800 W	300 V	10 mTorr	60	40

[0042] **<실험예 1> CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 마스크의 식각 속도**

[0043] 식각가스인 CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 CoFeB 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=CoFeB 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 1 ~ 16에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 2에 나타내었다.

[0044] 도 2에 나타낸 바에 따르면, Ar만을 식각가스로 사용하는 경우 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, Ar과 CH_3OH의 혼합가스 중 CH_3OH의 혼합가스에 대한 비율이 높아짐에 따라 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도는 감소하였다. 상기 결과는 식각속도가 CH_3OH 가스보다 감소된 Ar 가스의 영향을 더 받는다는 것을 의미하는 것으로 Ar 이온에 의한 기판으로의 스퍼터링 효과의 감소가 주된 원인이라 할 수 있다. 또한 CH_3OH 가스로부터 C-H 및 -OH 작용기의 생성이 표면의 식각을 방해하는 것이라 판단된다. Ti 하드 마스크 선택도는 2 이상이며, Ti 하드 마스크의 식각속도가 CoFeB 박막의 식각 속도보다 느려 Ti 하드마스크를 Ar과 CH_3OH의 혼합가스를 사용하는 식각을 위한 마스크로 사용하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

[0045] **<실험예 2> CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 식각된 CoFeB 박막의 SEM 관찰**

[0046] 식각가스인 CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 CoFeB 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 4, 5 및 비교예 17, 18에서 식각된 박막의 측면을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 3에 나타내었다.

[0047] 도 3에 나타낸 바와 같이, 100 부피% Ar 가스(비교예 17)만을 사용한 경우 재증착이 일어나 식각된 면이 거칠고 정교하지 않은 것을 확인할 수 있다. 반면, 30 (실시예 4), 70 (실시예 5) 부피% CH_3OH/Ar 혼합가스 및 100 부피% CH_3OH (비교예 18)가스를 사용한 경우는 재증착이 발생하지 않았으며, 깨끗한 식각면 및 수직적(높은 이방성) 식각프로파일을 확인할 수 있다. 실시예 4의 경우 Ti 하드마스크로 마스킹되지 않은 부분이 실시예 5에 비하여 다소 식각되지 않고 남아 있는 것을 볼 수 있으나, 식각측면의 경사도는 비교예 18에 비하여 직각에 가까운 것을 확인할 수 있다. 상기의 결과는 70 부피% CH_3OH/Ar 혼합가스인 경우 CoFeB 박막에 대한 식각이 가장 효과적으로 수행될 수 있음을 보여준다.

[0048] **<실험예 3> 코일 고주파 전력 변화에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도**

[0049] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 CoFeB 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=CoFeB 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 7, 15 및 19~22에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 4에 나타내었다.

[0050] 도 4에 나타낸 바에 따르면, 코일 고주파 전력이 상승할수록 CoFeB 및 Ti 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 보이며, Ti 하드마스크의 선택도(CoFeB의 식각속도/Ti 하드 마스크의 식각속도)도 증가하는 것을 확인할 수 있다. 코일 고주파 전력이 700~800 W인 경우 Ti 하드 마스크 선택도는 1 이상이므로 CoFeB 박막의 식각을 위하여 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0051] **<실험예 4> 코일 고주파 전력 변화에 따른 식각된 CoFeB 박막의 SEM 관찰**

[0052] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 CoFeB 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 1, 5 및 8에서 식각된 박막의 측면을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 5에 나타내었다.

[0053] 도 5에 나타낸 바에 따르면, 700 W~900 W의 코일 고주파 영역에서는 재증착이 발생하지 않음을 확인할 수 있다. 또한, 코일 고주파 전력이 상승할수록 식각된 면의 기울기는 직각에 가까워지는 것을 확인할 수 있다. 이는 플라즈마 밀도의 증가로 많은 라디칼과 Ar 이온이 생성되어 수직적 식각에 기여하기 때문으로 판단된다.

[0054] **<실험예 5> DC 바이어스 전압 변화에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도**

[0055] 플라즈마화를 위한 DC 바이어스 전압 변화에 따른 CoFeB 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=CoFeB 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 7, 15 및 23~26에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 6에 나타내었다.

[0056] 도 6에 나타낸 바에 따르면, DC 바이어스 전압이 상승할수록 CoFeB 및 Ti 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 보이며, Ti 하드마스크의 선택도(CoFeB의 식각속도/Ti 하드 마스크의 식각속도) 역시 상승하는 것을 확인할 수 있다. DC 바이어스 전압이 200~400 V 인 경우 Ti 하드 마스크 선택도는 1 이상이므로 CoFeB 박막의 식각을 위하여 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0057] **<실험예 6> DC 바이어스 전력 변화에 따른 식각된 CoFeB 박막의 SEM 관찰**

[0058] 플라즈마화를 위한 DC 바이어스 전력 변화에 따른 CoFeB 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 2, 5 및 7에서 식각된 박막의 측면을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 7에 나타내었다.

[0059] 도 7에 나타낸 바에 따르면, DC 바이어스 전력이 200~400 V인 경우 재증착은 일어나지 않으며 식각면도 매끄러움을 알 수 있다. 실시예 2의 경우 식각된 면의 기울기가 다소 완만한 것을 볼 수 있으나, DC 바이어스 전력이 증가함에 따라 식각경사가 개선됨을 확인할 수 있다. 이는 DC 바이어스 전력이 증가함에 따라 Ar 이온이 증가된 가속전압으로 기판에 충돌함으로써 수직적 식각이 우세해지기 때문으로 판단된다.

[0060] **<실험예 7> 가스 압력 변화에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도**

[0061] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 CoFeB 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=CoFeB 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 7, 15 및 27~30에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 8에 나타내었다.

[0062] 도 8에 나타낸 바에 따르면, 가스 압력이 상승할수록 CoFeB 박막과 Ti 하드 마스크에 대한 식각속도 및 Ti 하드마스크의 선택도(CoFeB의 식각속도/Ti 하드 마스크의 식각속도)는 낮아지는 경향을 보인다. 공정 압력이 증가할수록 플라즈마의 밀도가 증가하여 더 많은 Ar 이온과 라디칼들이 생성되는데, 이와 동시에 Ar 이온과 라디칼들의 평균자유경로가 감소하게 된다. 그러므로 플라즈마의 밀도 상승에 의한 식각 속도의 증가와 이온 및 라디칼들의 평균자유경로 감소에 의한 식각 속도 감소의 효과가 발생하는데, 이때 평균자유경로 감소에 의한 영향이 크기 때문에 압력 변화에 따라 식각속도가 감소하는 것으로 사료된다. 1 ~ 9 mTorr의 영역에서 Ti 하드 마스크 선택도는 1 이상으로 CoFeB 박막의 식각에 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0063] **<실험예 8> 가스 압력 변화에 따른 식각된 CoFeB 박막의 SEM 관찰**

[0064] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 CoFeB 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 3, 5 및 6에서 식각된 박막의 측면을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 9에 나타내었다.

[0065] 도 9에 나타낸 바에 따르면, 가스 압력에 관계없이 재증착은 발생하지 않았다. 하지만 10 mTorr의 가스압력인 경우 Ti 하드마스크로 마스킹되지 않은 CoFeB 박막이 다소 남아 있음을 볼 수 있다. 이는 1 mTorr의 압력 보다 10 mTorr에서 아르곤 이온의 스캐터링이 크게 일어나게 됨으로써, 가스 압력이 증가하는 경우 입자들이 서로 충돌하지 않고 이동하는 평균자유경로(mean free path)가 현저하게 감소하여 이방성 식각프로파일의 형성도가 낮아지기 때문인 것으로 판단된다.

[0066] **<실험예 9> 혼합가스 조성에 따른 CoFeB 박막의 XPS 분석**

[0067] CH_3OH 및 Ar의 혼합가스 조성에 따른 CoFeB 박막의 구성원소별 결합 에너지의 변화를 통하여 화학적 반응여부를 알아보기 위하여 비교예 5, 7 및 8에서 식각된 박막의 표면을 XPS(X-ray Photoelectron spectroscopy)를 통하여 분석을 수행하고 그 결과를 도 10~13에 나타내었다.

[0068] 도 10~13에 나타낸 바에 따르면, Co, Fe, B 및 O의 원소 각각에 대한 결합에너지가 식각 전보다 감소한 것을 확인할 수 있다. 식각 후의 Co의 피크가 780 eV로 이동된 것을 관찰할 수 있는데, 이는 Co_3O_4 및 Co_2O_3 의 존재를 의미하는 것이다. 또한 Fe의 피크가 약 711 eV로 이동된 것은, FeOx 또는 FeOOH가 존재하는 것을 의미하며, B의 피크가 약 188 eV에서 190.5 eV로 이동된 것은 붕소화물(boride) 물질이 표면에 존재하며 식각 후에는 붕소로 환원되었음을 의미한다. 나아가, O의 피크가 531~534 eV로 이동되고, 완만해진 것은 수산화기(-OH)의 형성때문이며, 상기의 결과를 통하여 CoFeB 박막이 CH_3OH와 화학적으로 반응하였음을 알 수 있다.

[0069] **<실험예 10> CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 IrMn 및 Ti 하드마스크의 박막식각 속도**

[0070] 식각가스인 CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 IrMn 박막와 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=IrMn 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 31~46에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 14에 나타내었다.

[0071] 도 14에 나타낸 바에 따르면, Ar만을 식각가스로 사용하는 경우 IrMn 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, CH_3OH과 Ar의 혼합가스에 대한 CH_3OH의 비율이 높아짐에 따라 IrMn 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도는 감소하였다. 전 영역에 대하여 Ti 하드 마스크 선택도는 2 이상으로 IrMn 박막의 식각에 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0072] **<실험예 11> CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 식각된 IrMn 박막의 SEM 관찰**

[0073] 식각가스인 CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 IrMn 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 12~15 및 비교예 47, 48에서 식각된 박막의 측면을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 15에 나타내었다.

[0074] 도 15에 나타낸 바에 따르면, 100 % Ar(비교예 47)을 사용한 경우 식각된 면이 거칠고 정교하지 않으며, 일부분이 재증착으로 인하여 펜스 모양을 형성하고 있는 것을 확인할 수 있다. 반면, 혼합 가스 중 CH_3OH의 비율이 10 % 이상인 경우는 재증착이 일어나지 않았으며, 혼합가스 중 CH_3OH 가스의 농도가 상승함에 따라 식각면이 직각에 가까워지는 것을 확인할 수 있다. 하지만 100 부피% CH_3OH 가스를 사용한 경우(비교예 48) 식각면이 직각을 이루지 못하고 식각면이 거칠고 재증착된 물질이 관찰되었다. 그러므로 30~70 부피% CH_3OH/Ar인 경우 IrMn 박막에 대한 식각이 가장 효과적으로 수행될 수 있음을 알 수 있다.

[0075] **<실험예 12> 코일 고주파 전력 변화에 따른 IrMn 및 Ti 하드마스크의 식각 속도**

[0076] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 IrMn 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=IrMn 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 37, 45 및 49~52에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 16에 나타내었다.

[0077] 도 16에 나타낸 바에 따르면, 코일 고주파 전력이 상승할수록 IrMn 및 Ti 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 보이며, 코일 고주파 전력이 700~900 W인 경우 Ti 하드마스크의 선택도(IrMn의 식각속도/Ti 하드 마스크의 식각속도)는 3 이상이므로 IrMn 박막의 식각을 위하여 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0078]

[0079] **<실험예 13> 코일 고주파 전력 변화에 따른 식각된 IrMn 박막의 SEM 관찰**

[0080] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 IrMn 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 9, 15 및 18에서 식각된 박막의 측면을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 17에 나타내었다.

[0081] 도 17에 나타낸 바에 따르면, 코일 고주파 전력이 700~900 W의 조건에서는 재증착이 일어나지 않음을 알 수 있다. 또한, 코일 고주파 전력이 상승할수록 식각된 면의 기울기는 직각에 가까워지며 식각면이 매끈함을 확인할 수 있다. 한편, 코일 고주파 전력이 700 W인 경우 Ti 하드마스크로 마스킹되지 않은 IrMn 박막이 일부 식각되지 않고 남은 것을 볼 수 있다. 그러므로 코일 고주파 전력이 800 ~ 900 W일 때 IrMn 박막에 대하여 가장 효율적인 식각이 수행될 수 있음을 알 수 있다. 이는 플라즈마 밀도 증가로 많은 라디칼 및 Ar 이온이 생성되어 수직적 식각에 기여하기 때문인 것으로 판단된다.

[0082] **<실험예 14> DC 바이어스 전압 변화에 따른 IrMn 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도**

[0083] 플라즈마화를 위한 DC 바이어스 전압 변화에 따른 IrMn 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=IrMn 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 37, 45 및 53~56에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 18에 나타내었다.

[0084] 도 18에 나타낸 바에 따르면, DC 바이어스 전압이 상승할수록 식각속도는 IrMn 및 Ti 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 보이며, DC 바이어스가 300~400 V인 경우 Ti 하드마스크의 선택도(IrMn의 식각속도/Ti 하드 마스크의 식각속도)는 약 3 이상이므로 IrMn 박막의 식각을 위하여 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0085] **<실험예 15> DC 바이어스 전압에 따른 식각된 IrMn 박막의 SEM 관찰**

[0086] 플라즈마화를 위한 DC 바이어스 전압 변화에 따른 IrMn 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 10, 15 및 17에서 식각된 박막의 측면을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 19에 나타내었다.

[0087] 도 19에 나타낸 바에 따르면, DC 바이어스 전압이 상승할수록 식각된 면의 기울기는 직각에 가까워지는 것을

확인할 수 있다. 또한 DC 바이어스 전압이 200~400 V인 경우 재증착은 관찰되지 않았다. 한편, DC 바이어스 전압이 200 V인 경우 식각되어야 할 IrMn 박막이 일부 남아 있으나, 전반적으로 박막의 식각이 잘 이루어졌음을 알 수 있다. 그러므로 IrMn 박막을 식각하기 위한 DC 바이어스 전압은 300 ~ 400 V가 가장 적합함을 알 수 있다. 이는 Ar 이온이 증가된 가속전압으로 기판에 충돌함으로써 수직적 식각이 우세하게 되어 식각 경사가 개선되기 때문인 것으로 판단된다.

[0088] **<실험예 16> 가스 압력 변화에 따른 IrMn 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도**

[0089] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 IrMn 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=IrMn 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 37, 45 및 57~60에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 20에 나타내었다.

[0090] 도 20에 나타낸 바에 따르면, 가스 압력이 상승할수록 IrMn 및 Ti 하드 마스크에 대한 식각속도 및 Ti 하드마스크의 선택도(IrMn의 식각속도/Ti 하드 마스크의 식각속도)는 낮아지는 경향을 보인다. 1 ~ 10 mTorr의 영역에서 Ti 하드 마스크 선택도는 3 이상이므로 IrMn 박막의 식각을 위하여 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0091] **<실험예 17> 가스 압력 변화에 따른 식각된 IrMn 박막의 SEM 관찰**

[0092] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 식각된 IrMn 박막의 식각된 면을 관찰하기 위하여 실시예 11, 15 및 16에서 식각된 박막의 측면을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 21에 나타내었다.

[0093] 도 21에 나타낸 바에 따르면, 가스 압력이 1~10 mTorr일 경우 재증착은 일어나지 않았다. 한편, 가스 압력이 10 mTorr인 경우 식각되어야 하는 IrMn이 다소 남아있는 것을 확인할 수 있다. 이는 1 mTorr의 압력 보다 10 mTorr에서 아르곤 이온의 스캐터링이 크게 일어나게 됨으로써, 압력이 증가하는 경우 입자들이 서로 충돌하지 않고 이동하는 평균자유경로(mean free path)가 현저하게 감소하여 이방성 식각프로파일의 형성도가 낮아지기 때문인 것으로 판단된다.

[0094] **<실험예 18> 혼합가스 조성에 따른 IrMn 박막의 XPS 분석**

[0095] CH_3OH 및 Ar의 혼합가스 조성에 따른 IrMn 박막의 구성원소별 결합 에너지의 변화를 통하여 화학적 반응여부를 알아보기 위하여 비교예 35, 37 및 38에서 식각된 박막의 표면을 XPS(X-ray Photoelectron spectroscopy)를 통하여 분석을 수행하고 그 결과를 도 22 및 23에 나타내었다.

[0096] 도 22 및 23에 나타낸 바에 따르면, Ir의 결합에너지가 식각전에 비하여 증가한 것을 볼 수 있다. 이는 IrO_X 물질이 형성되었기 때문으로 판단되며, 망간의 결합에너지가 거의 변화가 없는 것으로 확인되어 망간이 화학반응에 거의 참여하지 않고 있는 것으로 해석된다. 이를 통하여 IrMn 박막과 CH_3OH 가스 사이에서 화학적 반응이 일어났음을 알 수 있다.

[0097] **<실험예 19> FePt와 Ar의 혼합비율에 따른 FePt 및 TiN 하드마스크의 박막식각 속도**

[0098] 식각가스인 CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 FePt 박막와 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=FePt 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 61~72에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 24에 나타내었다.

[0099] 도 24에 나타낸 바에 따르면, Ar만을 식각가스로 사용하는 경우 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, CH_3OH과 Ar의 혼합가스에 대한 CH_3OH의 비율이 높아짐에 따라 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도는 감소하였다. 전 영역에 대하여 TiN 하드 마스크 선택도는 2 이상이므로 FePt 박막의 식각을 위하여 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0100] **<실험예 20> CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 식각된 FePt 박막의 SEM 관찰**

[0101] 식각가스인 CH_3OH와 Ar의 혼합비율에 따른 FePt 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 22~24, 26 및 비교예 73, 74에서 식각된 박막을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 25에 나타내었다.

[0102] 일반적으로는 100 % Ar을 사용한 경우 식각면의 측면에 재증착된 펜스 모양이 관찰된다. 하지만 도 25에 나타낸 바에 따르면, 비교예 73에서는 식각된 면의 경사도가 너무 완만하여 재증착으로 인한 펜스 모양이 관찰되지 않았으며 식각면이 거친 것을 확인할 수 있다. 혼합가스 중 CH_3OH 가스의 농도가 상승함에 따라 재증착이 없으며 식각측면의 경사도가 높아지는 이방성 식각(degree of anisotropy)을 관찰할 수 있다. 하지만 100 % CH_3OH인 경우(비교예 74) FePt 박막에 대한 식각은 식각측면의 경사가 다소 감소하고 식각된 표면에 이물질이 증착되는 것이 볼 수 있다. 이는 스퍼터링 효과가 강한 Ar 가스 없이 순수 CH_3OH 가스에 의하여 식각이 진행됨으로써 C-H 또는 -OH 기에 의한 재증착이 일어나 식각을 방해하기 때문인 것으로 판단된다.

[0103] **<실험예 21> 코일 고주파 전력 변화에 따른 FePt 박막의 식각 속도**

[0104] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 FePt 박막과 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=FePt 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 64, 70 및 75~78에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 26에 나타내었다.

[0105] 도 26에 나타낸 바에 따르면, 코일 고주파 전력이 상승할수록 박막의 식각 속도가 증가하게 되는데, 이는 플라즈마의 밀도가 증가하기 때문이다. 또한, TiN 하드마스크의 식각속도 증가보다 FePt 박막의 식각속도 증가가 더 크기 때문에 전반적으로 식각 선택도가 증가하는 경향을 보이게 되는 것을 알 수 있다. 코일 고주파 전력이 700~900 W인 경우 TiN 하드마스크의 선택도(FePt의 식각속도/TiN 하드 마스크의 식각속도)는 3 이상이므로 FePt 박막의 식각을 위하여 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0106] **<실험예 22> 코일 고주파 전력 변화에 따른 식각된 FePt 박막의 SEM 관찰**

[0107] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 FePt 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 19, 24 및 28에서 식각된 박막을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 27에 나타내었다.

[0108] 도 27에 나타낸 바에 따르면, 700~900 W의 코일 고주파 전력 조건에서는 재증착이 일어나지 않음을 알 수 있다. 코일 고주파 전력 700 W에서는 상대적으로 식각측면의 경사가 감소된 경향이 있으나, 코일 고주파 전력 800 및 900 W에서는 다소 개선되어 좀 더 수직적인 식각 프로파일을 보이는 것을 관찰할 수 있다. 이는 플라즈마 밀도의 증가로 인하여 보다 많은 라디칼 및 Ar 이온이 생성되어 수직적 식각에 기여했기 때문인 것으로 판단된다.

[0109] **<실험예 23> DC 바이어스 전압 변화에 따른 FePt 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도**

[0110] 플라즈마화를 위한 DC 바이어스 전압 변화에 따른 FePt 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=FePt 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 64, 70 및 79~82에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 28에 나타내었다.

[0111] 도 28에 나타낸 바에 따르면, DC 바이어스 전압이 상승할수록 FePt 및 TiN 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 보이며, DC 바이어스가 300~400 V인 경우 TiN 하드마스크의 선택도(FePt의 식각속도/TiN 하드 마스크의 식각속도)는 약 3 이상이므로 FePt 박막의 식각을 위하여 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0112] **<실험예 24> DC 바이어스 전압에 따른 식각된 FePt 박막의 SEM 관찰**

[0113] 플라즈마화를 위한 DC 바이어스 전압 변화에 따른 FePt 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 20, 24 및 27에서 식각된 박막에 대하여 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 29에 나타내었다.

[0114] 도 29에 나타낸 바에 따르면, DC 바이어스 전압이 상승할수록 식각프로파일이 직각에 가깝게 형성되는 것을 볼 수 있으며, 이는 플라즈마내의 Ar 이온이 증가된 가속전압으로 기판에 충돌함으로써 수직적 식각이 우세하여 식각 경사가 직각에 가깝도록 개선되기 때문이다. 일반적으로 DC 바이어스 전압이 상승할수록 FePt 및 TiN 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 보인다. 한편, DC 바이어스 전압이 200 V(실시예 20)경우는 식각면의 경사가 다소 완만한 것을 볼 수 있다. 그러므로 FePt 박막을 식각하기 위해 가장 효과적인 DC 바이어스 전압은 300 ~ 400 V임을 알 수 있다.

[0115] **<실험예 25> 가스 압력 변화에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각 속도**

[0116] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 FePt 박막과 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=FePt 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 비교예 64, 70 및 83~86에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 30에 나타내었다.

[0117] 도 30에 나타낸 바에 따르면, 가스 압력이 상승할수록 FePt 및 TiN 하드 마스크에 대한 식각속도 및 TiN 하드 마스크의 선택도(FePt의 식각속도/TiN 하드 마스크의 식각속도)는 낮아지는 경향을 보인다. 1 ~ 10 mTorr의 영역에서 TiN 하드 마스크 선택도는 3 이상으로 FePt 박막의 식각에 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0118] **<실험예 26> 가스 압력 변화에 따른 식각된 FePt 박막의 SEM 관찰**

[0119] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 식각된 FePt 박막의 식각된 면을 관찰하기 위하여 실시예 21, 24 및 25에서 식각된 박막을 SEM을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 31에 나타내었다.

[0120] 도 31에 나타낸 바에 따르면, 가스 압력이 1~10 mTorr일 경우 재증착은 일어나지 않았다. 하지만 가스 압력이 10 mTorr인 경우 식각측면의 경사도가 다소 완만하게 형성되어 있는 것을 볼 수 있다. 반면 가스 압력이 감소할수록 식각프로파일이 개선되는 것이 관찰된다. 이는 1 mTorr의 압력 보다 10 mTorr에서 아르곤 이온의 스캐터링이 크게 일어나게 됨으로써, 압력이 증가하는 경우 입자들이 서로 충돌하지 않고 이동하는 평균자유경로(mean free path)가 현저하게 감소하여 이방성 식각프로파일의 형성도가 낮아지기 때문인 것으로 판단된다.

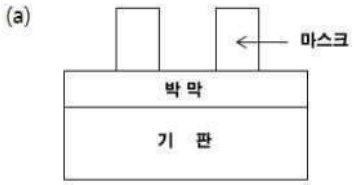
[0121] **<실험예 27> 혼합가스 조성에 따른 FePt 박막의 XPS 분석**

[0122] CH_3OH 및 Ar의 혼합가스 조성에 따른 FePt 박막의 구성원소별 결합 에너지의 변화를 통하여 화학적 반응여부를 알아보기 위하여 비교예 62 및 64에서 식각된 박막의 표면을 XPS(X-ray Photoelectron spectroscopy)를 통하여 분석을 수행하고 그 결과를 도 32 및 33에 나타내었다.

[0123] 도 32에 나타낸 바에 따르면, 식각 후 Fe의 피크가 710 eV로 이동된 것이 관찰되는데, 이는 FeOx 또는 FeOOH의 물질이 생성되었음을 알려주는 것이다. Pt의 경우는 화합물의 존재 및 생성가능성을 알려주는 피크의 이동이 관찰되지 않았으며, 이는 Pt는 CH_3OH와 화합물을 형성하지 않음을 알 수 있게 한다. 또한 도 33에 나타낸 바에 따르면, O 1s의 결과에서는 식각 전 Fe 박막의 표면이 FeOx로 529.8 eV로 산화되었으나, 식각 후에는 531.3 eV로 이동된 것을 발견할 수 있다. 이는 FeOOH의 생성을 의미하는 것이며, 식각공정 동안 FePt 박막이 CH_3OH/Ar 가스와 적은양일지라도 박막 표면에서 화학반응에 의하여 화합물을 형성하고 있음을 알 수 있다.

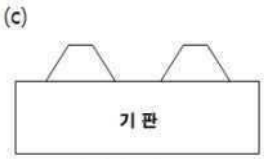
도면

도면1



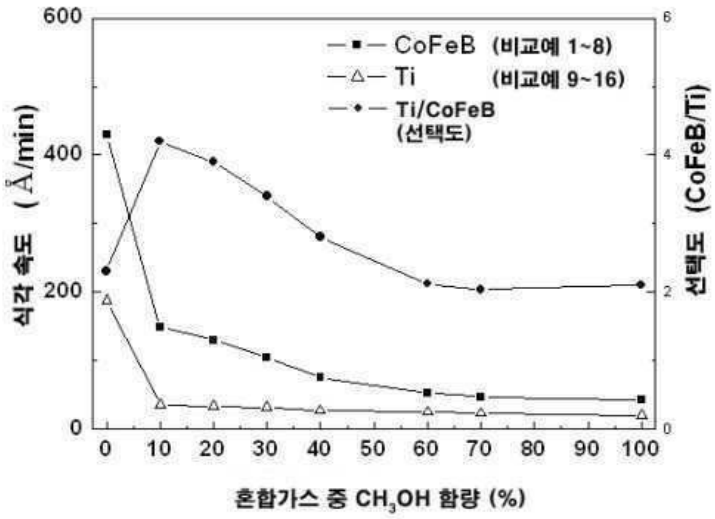
식각 전 시료구조

식각 후 시료구조

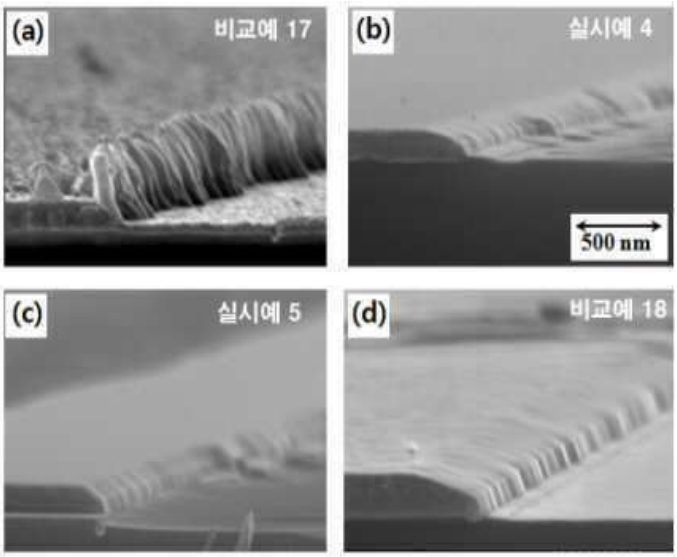


식각 후 시료구조

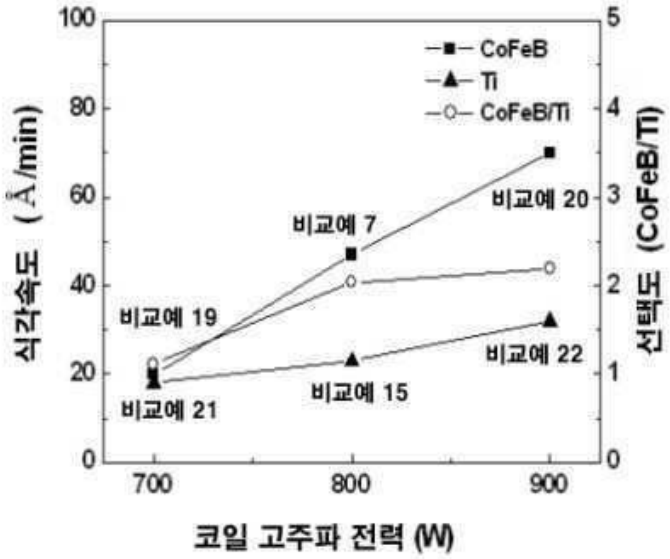
도면2



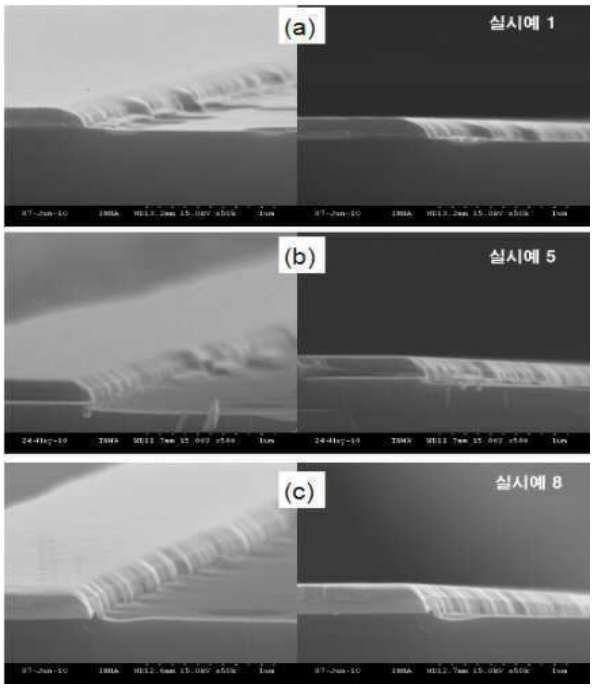
도면3


(a)
비교예 17
(b)
실시예 4
500 nm
(c)
실시예 5
(d)
비교예 18

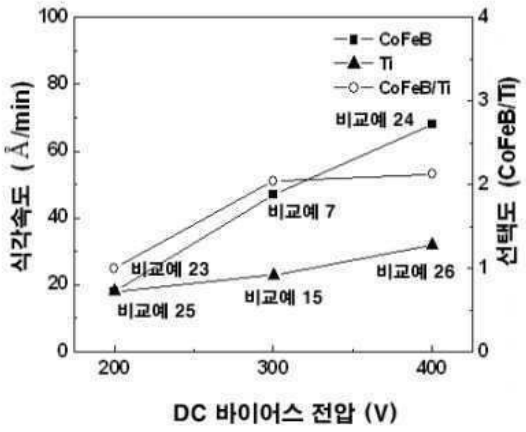
도면4


CoFeB
Ti
CoFeB/Ti
비교예 7
비교예 20
비교예 19
비교예 22
비교예 21
비교예 15
식각속도 (Å/min)
선택도 (CoFeB/Ti)
코일 고주파 전력 (W)
100
80
60
40
20
0
5
4
3
2
1
0
700
800
900

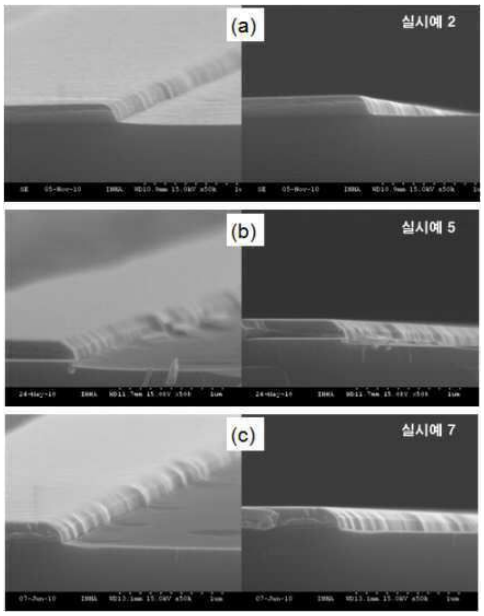
도면5


(a)
실시예 1
(b)
실시예 5
(c)
실시예 8

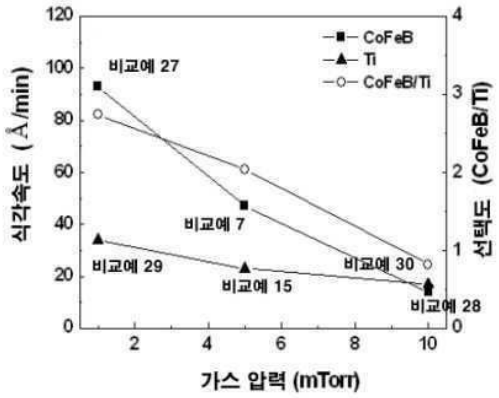
도면6


CoFeB
Ti
CoFeB/Ti
비교예 24
비교예 7
비교예 23
비교예 15
비교예 26
비교예 25
식각속도 (Å/min)
선택도 (CoFeB/Ti)
DC 바이어스 전압 (V)
0
20
40
60
80
100
1
2
3
4
200
300
400

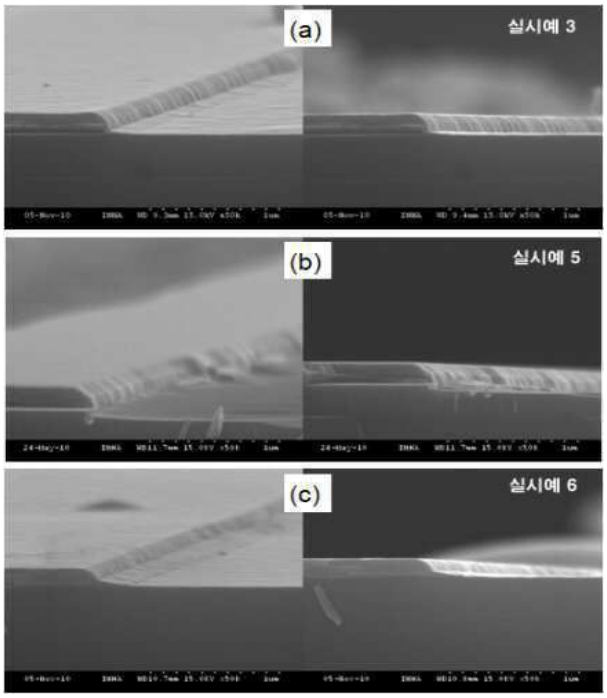
도면7


(a)
실시예 2
(b)
실시예 5
(c)
실시예 7

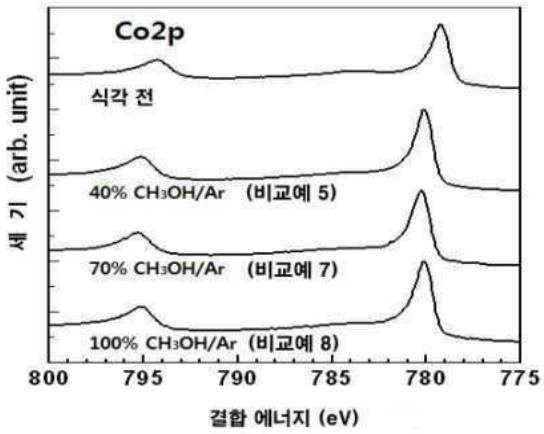
도면8


CoFeB
Ti
CoFeB/Ti
비교예 27
비교예 7
비교예 29
비교예 15
비교예 30
비교예 28
식각속도 (Å/min)
선택도 (CoFeB/Ti)
가스 압력 (mTorr)
0
20
40
60
80
100
120
1
2
3
4
6
8
10

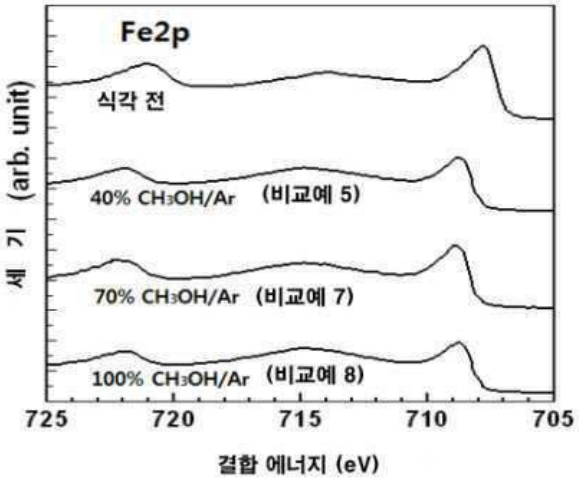
도면9


(a)
실시예 3
(b)
실시예 5
(c)
실시예 6

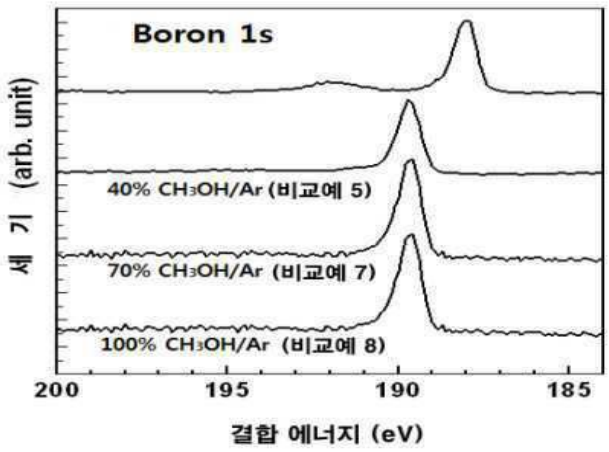
도면10


Co2p
식각 전
40% CH3OH/Ar (비교예 5)
70% CH3OH/Ar (비교예 7)
100% CH3OH/Ar (비교예 8)
세 기 (arb. unit)
800
795
790
785
780
775
결합 에너지 (eV)

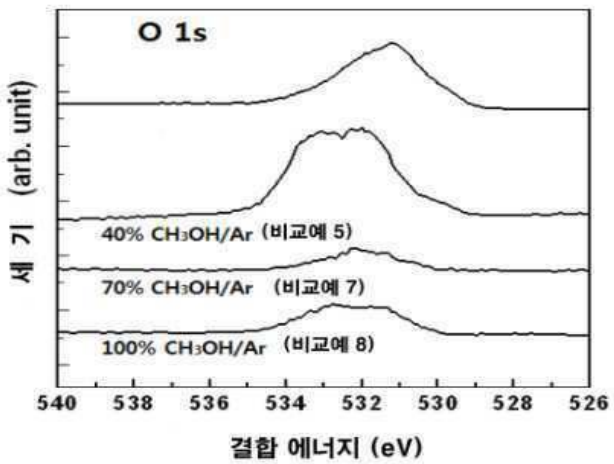
도면11



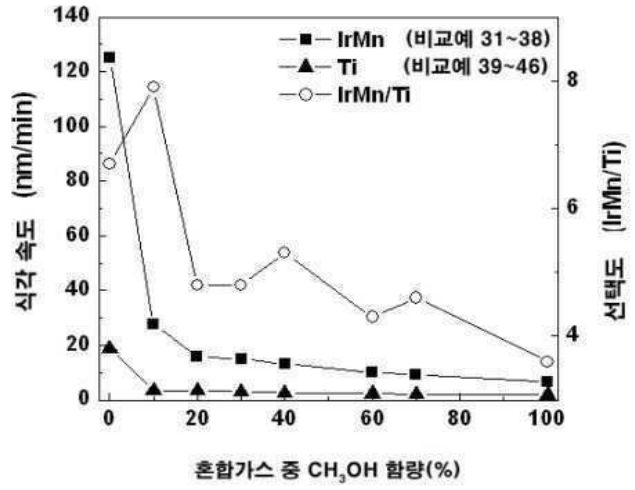
도면12



도면13



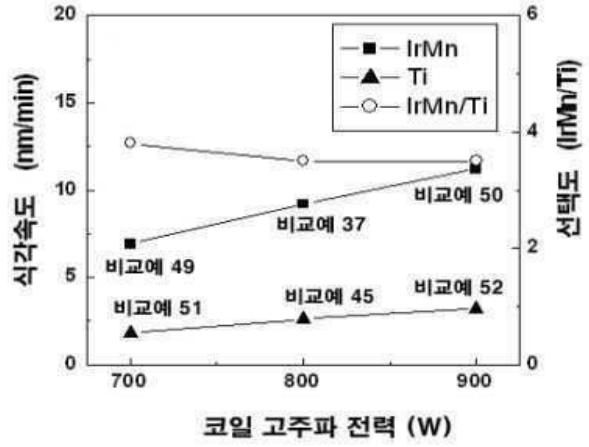
도면14


IrMn (비교예 31~38)
Ti (비교예 39~46)
IrMn/Ti
식각 속도 (nm/min)
선택도 (IrMn/Ti)
혼합가스 중 CH3OH 함량(%)
0
20
40
60
80
100
120
140
4
6
8

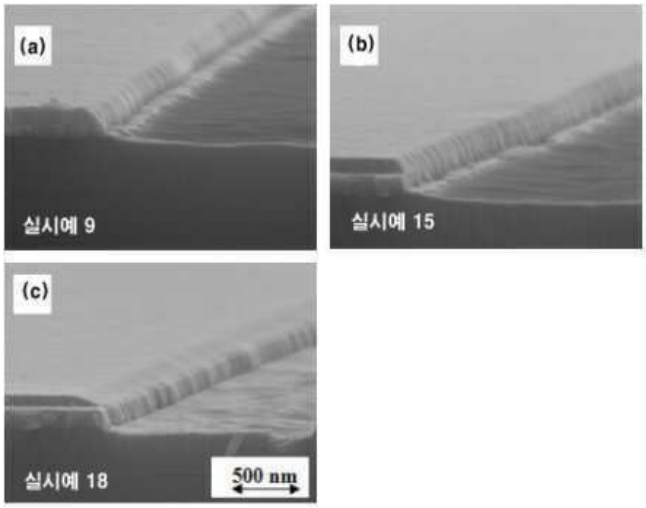
도면15

Pure Ar
비교예 47
10% CH3OH
실시예 12
30% CH3OH
실시예 13
50% CH3OH
실시예 14
70% CH3OH
실시예 15
500 nm
100% CH3OH
비교예 48

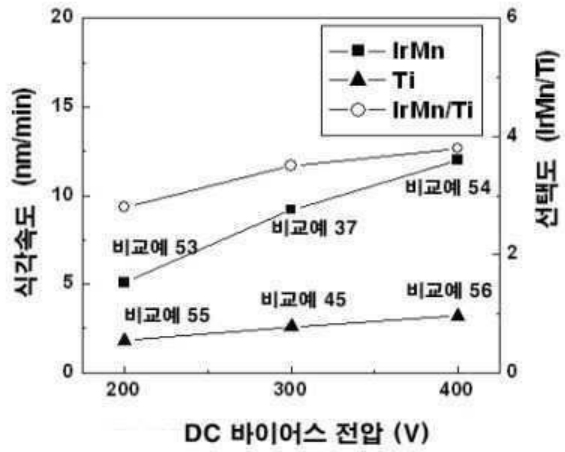
도면16



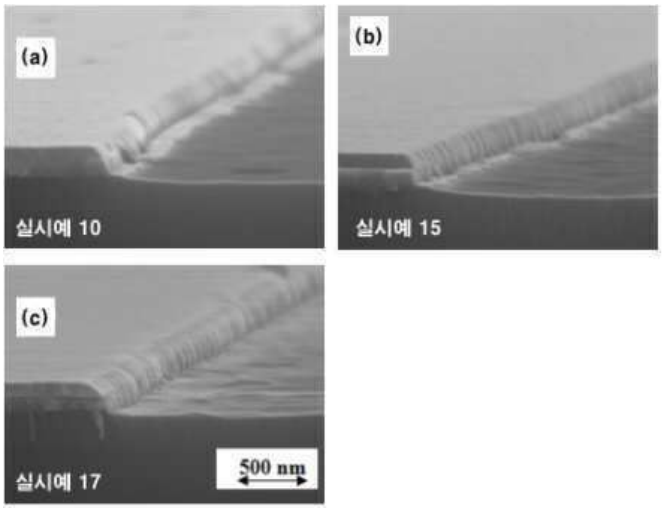
도면17



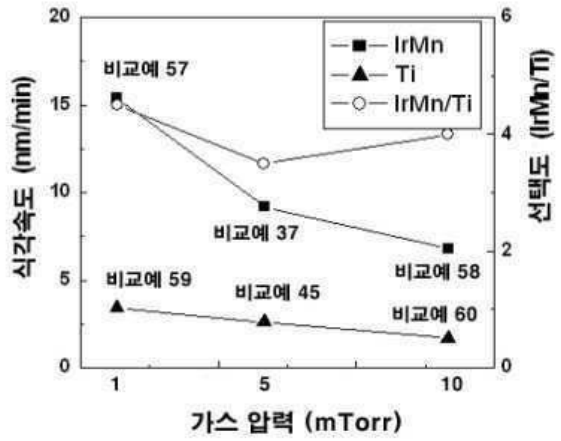
도면18



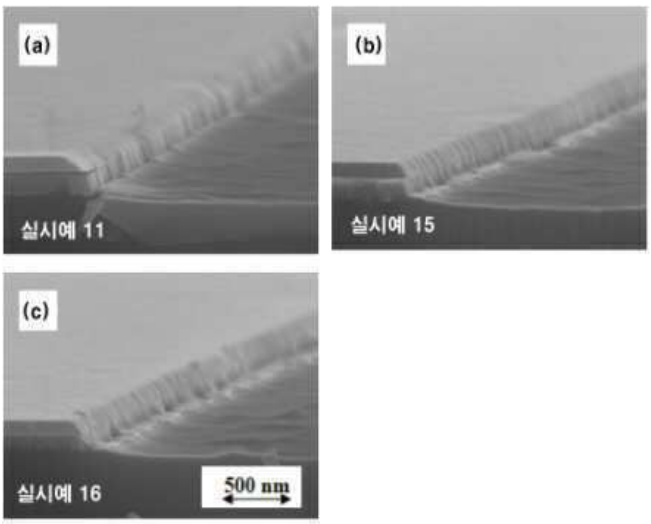
도면19



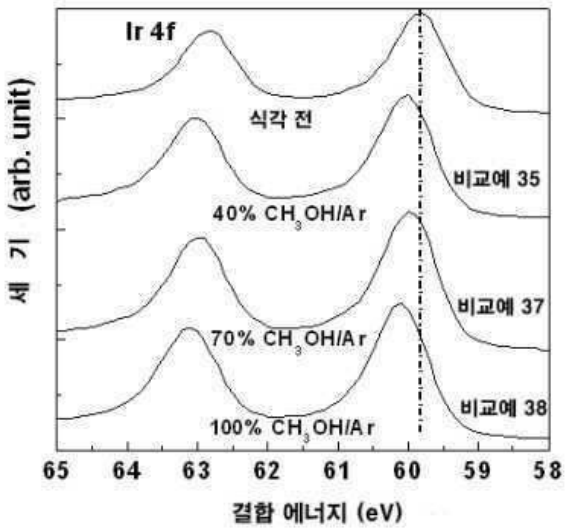
도면20



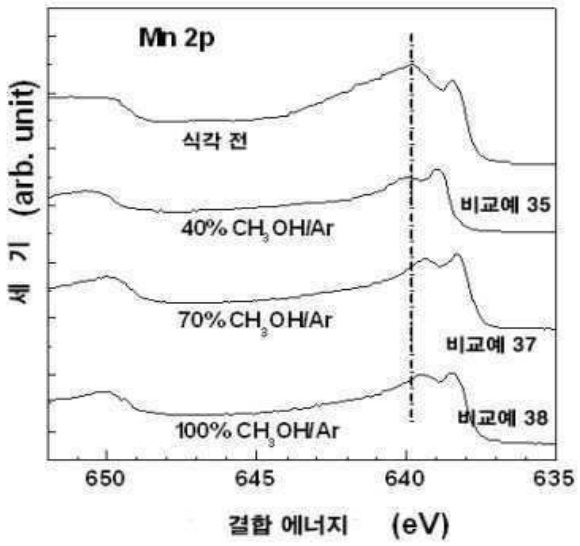
도면21



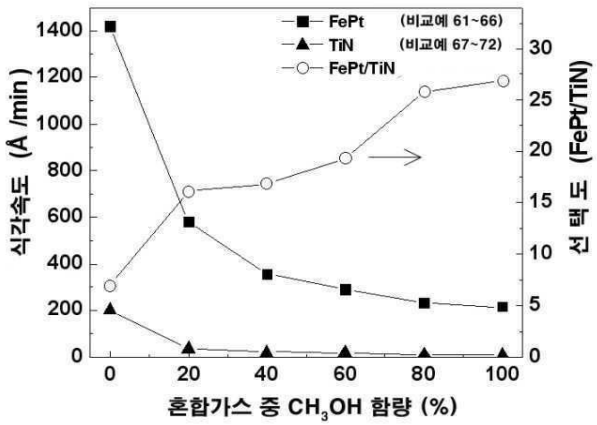
도면22



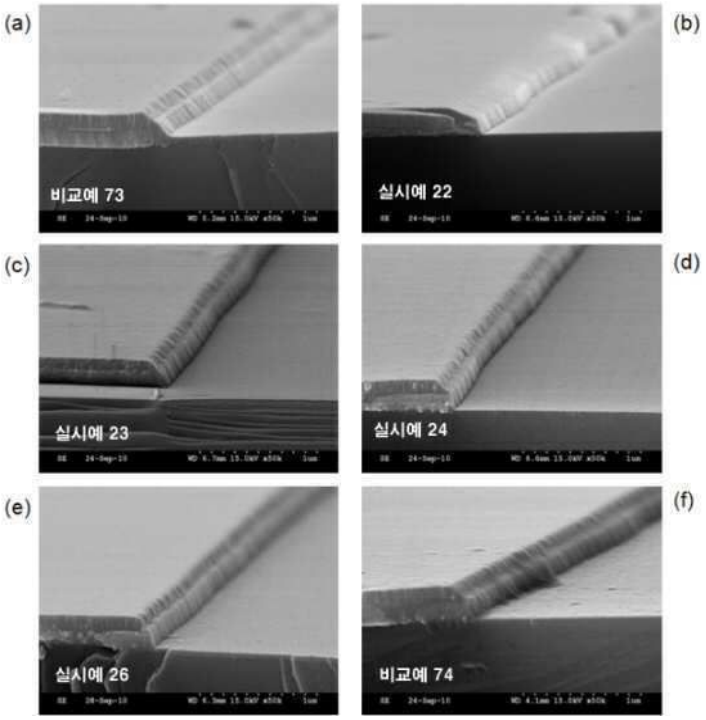
도면23



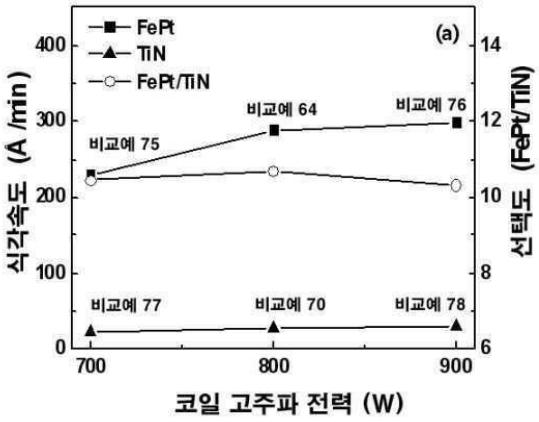
도면24



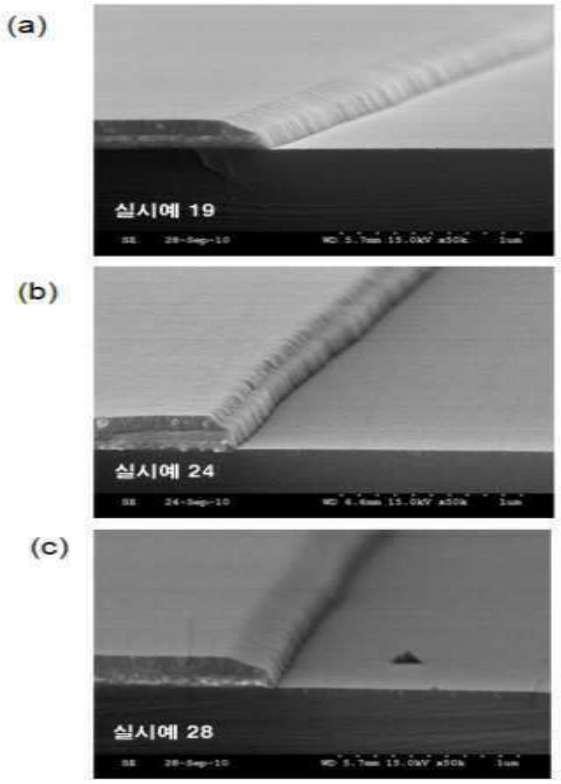
도면25


(a)
비교예 73
(b)
실시예 22
(c)
실시예 23
(d)
실시예 24
(e)
실시예 26
(f)
비교예 74

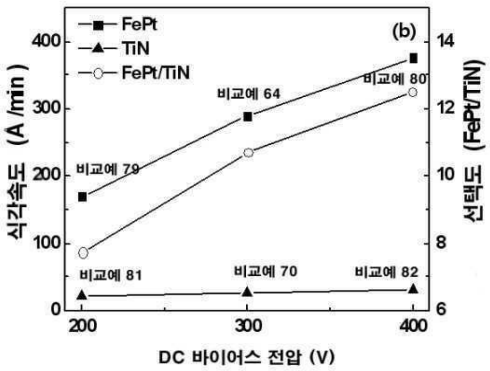
도면26


FePt
TiN
FePt/TiN
(a)
비교예 64
비교예 76
비교예 75
비교예 77
비교예 70
비교예 78
식각속도 (A /min)
선택도 (FePt/TiN)
코일 고주파 전력 (W)
400
300
200
100
0
14
12
10
8
6
700
800
900

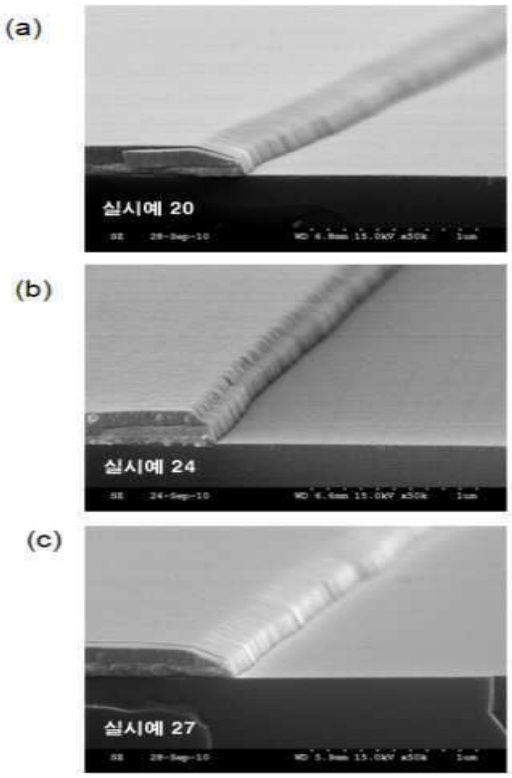
도면27


(a)
실시예 19
(b)
실시예 24
(c)
실시예 28

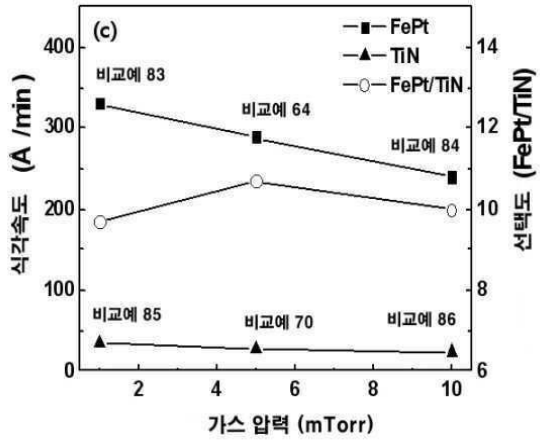
도면28


FePt
TiN
FePt/TiN
(b)
비교예 64
비교예 80
비교예 79
비교예 81
비교예 70
비교예 82
식각속도 (Å/min)
선택도 (FePt/TiN)
DC 바이어스 전압 (V)
400
300
200
100
0
14
12
10
8
6
200
300
400

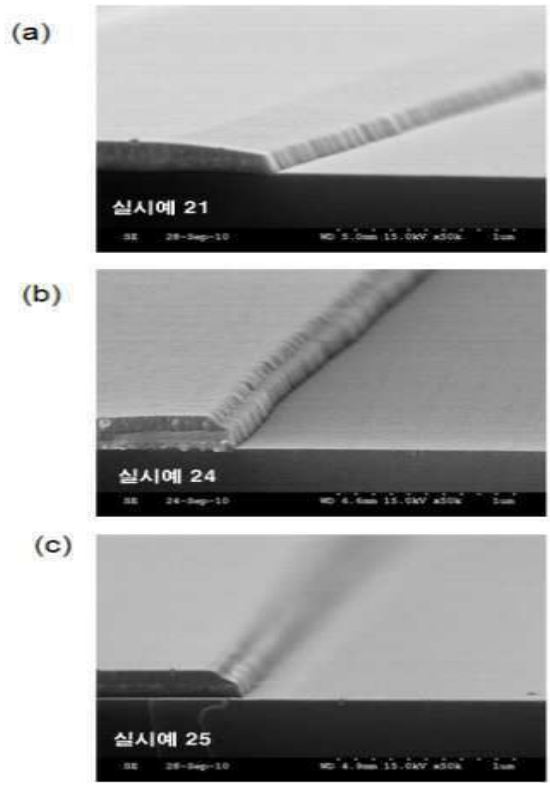
도면29


(a)
실시예 20
(b)
실시예 24
(c)
실시예 27

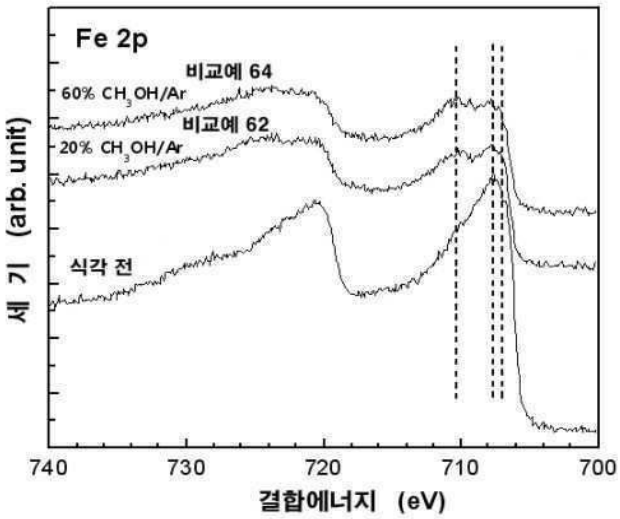
도면30


(c)
FePt
TiN
FePt/TiN
비교예 83
비교예 64
비교예 84
비교예 85
비교예 70
비교예 86
식각속도 (A /min)
선택도 (FePt/TiN)
가스 압력 (mTorr)
400
300
200
100
0
14
12
10
8
6
2
4
6
8
10

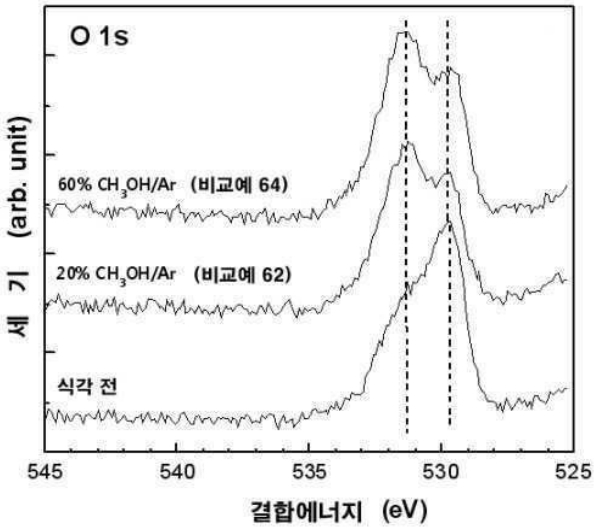
도면31


(a)
실시예 21
(b)
실시예 24
(c)
실시예 25

도면32


Fe 2p
비교예 64
60% CH3OH/Ar
비교예 62
20% CH3OH/Ar
식각 전
세 기 (arb. unit)
740
730
720
710
700
결합에너지 (eV)

도면33


O 1s
60% CH3OH/Ar (비교예 64)
20% CH3OH/Ar (비교예 62)
식각 전
세 기 (arb. unit)
545
540
535
530
525
결합에너지 (eV)