(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0019308
(43) 공개일자 2013년02월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23F 1/04 (2006.01) *H01L 21/306* (2006.01)
H01L 21/3065 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0081384
(22) 출원일자 2011년08월16일
심사청구일자 2011년08월16일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
정지원
서울특별시 마포구 마포대로7길 22, 303동 1202호 (공덕동, 래미안 공덕3차)
김은호
충청남도 서산시 음암면 문양2길 77-3
이태영
전라남도 여수시 소호동 한국 바스프 사택 1동 304호
(74) 대리인
이원희

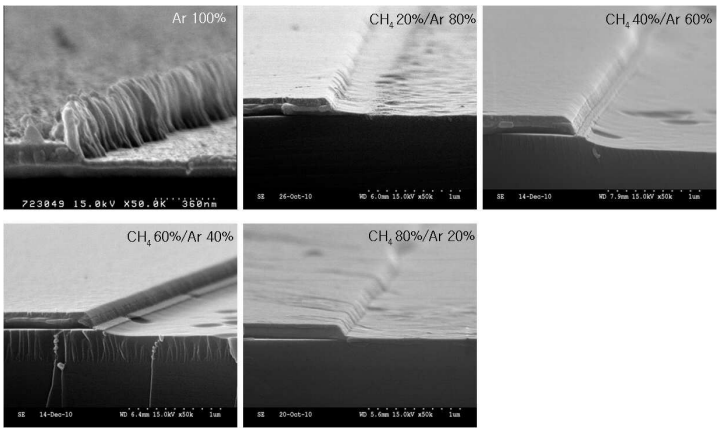
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **알칸계 혼합가스를 이용한 자성박막의 식각방법**

(57) 요 약

본 발명은 알칸계 혼합가스를 이용한 자성박막의 식각방법에 관한 것으로, 상세하게는 자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 1); 알칸계 가스 40 내지 80 부피%, 불활성 가스 15 내지 50 부피% 및 산소 가스 5 내지 10 부피%의 조성인 혼합가스를 플라즈마화하는 단계(단계 2); 및 상기 단계 2에서 생성된 플라즈마를 이용하여 단계 1에서 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계(단계 3)를 포함하는 자성박막의 식각방법을 제공한다. 본 발명에 따른 알칸계 혼합가스를 이용한 자성박막의 식각방법은 종래의 식각법에 비하여 재증착이 발생하지 않고, 빠른 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공하여 자성박막이 이용되는 모든 소자 및 기기들에 적용할 수 있으며, 특히 미세 패턴의 형성에 효과적이다.

대 표 도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	42915-1
부처명	지식경제부
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	ICP를 이용한 수직자화 MTJ 식각 공정 기술 개발
주관기관	인하대학교 산학협력단
연구기간	2011.03.01 ~ 2012.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 1);

알칸계 가스 40 내지 80 부피%, 불활성 가스 15 내지 50 부피% 및 산소 가스 5 내지 10 부피%의 조성인 혼합가스를 플라즈마화하는 단계(단계 2); 및

상기 단계 2에서 생성된 플라즈마를 이용하여 단계 1에서 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계(단계 3)를 포함하는 자성박막의 식각방법.

청구항 2

자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 a);

알칸계 가스 20 내지 80 부피%, 불활성 가스 15 내지 65 부피% 및 산소 가스 5 내지 15 부피%의 조성인 혼합가스를 플라즈마화하는 단계(단계 b); 및

상기 단계 b에서 생성된 플라즈마를 이용하여 단계 a에서 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계(단계 c)를 포함하는 자성박막의 식각방법.

청구항 3

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 4

제2항에 있어서, 상기 자성박막은 IrMn, PtMn, CoPd, FePt, FeZr, FeMn 및 FePd로 이루어지는 군에서 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 알칸계 가스는 CH_4, C_2H_6 및 C_3H_8로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 혼합가스의 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 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 불활성 가스는 He, Ne, Ar 및 N_2 가스로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 자성박박의 식각방법.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 플라즈마화는 1 ~ 5 mTorr 범위의 압력으로 혼합가스를 주입하고, 700 ~ 1500 W의 코일 고주파 전력, DC 바이어스 전압 300 ~ 500 V를 인가하여 수행되는 것을 특징으로 하는 자성박막의 식각방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 알칸계 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 가운데 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 형성하며 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 있으며, 식각할 패턴들의 크기가 수 마이크로미터 크기이하로 축소됨에 따라서 습식식각의 적용이 어려워지고 있어, 패턴 전달에 충실한 플라즈마를 이용하는 건식 식각의 필요성이 부각되고 있다. 건식 식각공정은 일명 플라즈마 식각이라고 불리며 플라즈마의 화학반응성에 의하여 이온 밀링(ion milling) 식각법 및 반응성 이온 식각(reactive ion etching)법 두 가지로 구분될 수 있고, 상기 이온 밀링(ion milling) 식각법은 불활성 가스인 아르곤(Ar) 플라즈마를 이용하며, 반응성 이온 식각(reactive ion etching)법은 여러 가지 화학가스를 사용하여 식각을 수행한다. 일반적으로 자성박막들은 화학반응성이 매우 낮은 물질들로서 주로 이온밀링 법을 사용하여 식각하였다. 하지만 이온밀링을 사용한 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 크기 이하로 축소되거나, 패턴사이의 간격이 나노미터 크기로 축소될 때 재증착이 더욱 심화되는 문제가 있다. 또한, 자성박막의 두께가 나노미터 수준 이하로 얇아진다면 상부에 있는 박막들과 연결되어 단락을 발생시키는 문제가 있어 고집적 소자들의 제조를 위하여 자성박막을 식각하는 경우에는 물리적 식각 메카니즘에 의한 이온밀링법이 아닌 화학반응이 적용된 반응성 이온 식각법이 적용되어야 할 것이다.

[0004] 그러나, 반응성 이온 식각법에 의하여 자성박막을 식각하는 경우에도 적절하지 않은 식각가스를 사용하거나, 적절치 못한 식각공정을 적용하는 경우에는 식각된 패턴의 측면에 재증착이 발생하는 문제가 있다. 또한, 최적화되지 않은 식각 가스 또는 식각 조건으로 식각을 수행하는 경우 재증착의 발생은 감소하나 도 1의 (c)에 나타낸 바와 같이 식각된 측면경사(식각경사)가 매우 완만하여 미세패턴의 식각에 적용하기 어려운 문제가 있다.

[0005] 한편, 대한민국 공개특허 제1998-0006194호는 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] 또한, 염화수소 가스와 아르곤가스로 구성된 혼합가스를 사용하여 전이금속박막을 식각하는 방법이 개시된 바

있다. 그러나 이 방법은 식각율이 높고 식각 선택성이 높은 장점이 있는 반면, 식각 공정 후 베일이 잔존하여 잔존 베일을 제거하기 위해서는 탈이온수에 30 ~ 60 분간 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] 나아가, 염소 가스와 아르곤 가스로 구성된 혼합가스를 사용하는 식각방법이 개시된 바 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. 이때, 베일의 제거는 상기 화학적 식각에 의해 수행되고, 잔류 금속 염화물을 제거하기 위해 탈이온수 처리가 수행된다. 이에 따라, 전체 공정시간이 길어져 생산성이 낮아지는 문제가 있다.

[0008] 이에 본 발명자들은 자성박막의 새로운 식각가스로서 알칸계 가스를 기본으로 불활성가스 및 산소 가스를 첨가하여 최적의 식각가스를 설정하고, 상기 식각가스를 이용하여 자성박막을 식각하는 방법을 개발하고, 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 알칸계 혼합가스를 이용한 자성박막의 식각방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은

[0011] 자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 1);

[0012] 알칸계 가스 40 내지 80 부피%, 불활성 가스 15 내지 50 부피% 및 산소 가스 5 내지 10 부피%의 조성인 혼합가스를 플라즈마화하는 단계(단계 2); 및

[0013] 상기 단계 2에서 생성된 플라즈마를 이용하여 단계 1에서 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계(단계 3)를 포함하는 자성박막의 식각방법을 제공한다.

[0014] 또한, 본 발명은

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

[0016] 알칸계 가스 20 내지 80 부피%, 불활성 가스 15 내지 65 부피% 및 산소 가스 5 내지 15 부피%의 조성인 혼합가스를 플라즈마화하는 단계(단계 b); 및

[0017] 상기 단계 b에서 생성된 플라즈마를 이용하여 단계 a에서 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계(단계 c)를 포함하는 자성박막의 식각방법을 제공한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따른 알칸계 혼합가스를 이용한 자성박막의 식각방법은 종래의 식각법에 비하여 재증착이 발생하지 않고, 빠른 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공하여 자성박막이 이용되는 모든 소자 및 기기들에 적용할 수 있으며, 특히 미세 패턴의 형성에 효과적이다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1의 (a)는 식각 전 시료의 구조, (b)는 이온 밀링에 의한 식각, (c)는 최적화되지 않은 식각 가스 또는 식각 조건으로 식각된 시료의 모식도이고;

도 2는 알칸계 가스 및 불활성 가스비율에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 3은 알칸계 가스 및 불활성 가스비율에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 4는 알칸계 가스 및 불활성 가스비율에 따른 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 5는 알칸계 가스 및 불활성 가스비율에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 6은 알칸계 가스 및 불활성 가스비율에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 7은 알칸계 가스 및 불활성 가스비율에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 8은 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스 비율에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 9는 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스 비율에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 10은 코일고주파 전력에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 11은 코일고주파 전력에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 12는 DC 바이어스 전압에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 13은 DC 바이어스 전압에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 14는 가스 압력에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 15는 가스 압력에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 16~19는 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스 비율에 따른 Co, Fe, B 및 O 각각에 대한 XPS 스펙트럼이고;

도 20은 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스 비율에 따른 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 21은 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스 비율에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 22는 코일고주파 전력에 따른 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 23은 코일고주파 전력에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 24는 DC 바이어스 전압에 따른 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 25는 DC 바이어스 전압에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 26은 가스 압력에 따른 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 27은 가스 압력에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 28~30는 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스 비율에 따른 Ir, Mn 및 O 각각에 대한 XPS 스펙트럼이고;

도 31은 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스 비율에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 32는 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스 비율에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 33은 코일고주파 전력에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 34는 코일고주파 전력에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 35는 DC 바이어스 전압에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 36은 DC 바이어스 전압에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 37은 가스 압력에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도를 나타낸 그래프이고;

도 38은 가스 압력에 따른 식각된 면의 주사전자현미경 사진이고;

도 39~41은 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스 비율에 따른 Fe, Pt 및 O 각각에 대한 XPS 스펙트럼이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0021] 본 발명은

[0022] 자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 1);

[0023] 알칸계 가스 40 내지 80 부피%, 불활성 가스 15 내지 50 부피% 및 산소 가스 5 내지 10 부피%의 조성인 혼합가스를 플라즈마화하는 단계(단계 2); 및

[0024] 상기 단계 2에서 생성된 플라즈마를 이용하여 단계 1에서 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계(단계 3)를 포함하는 자성박막의 식각방법을 제공한다.

[0025] 이하, 본 발명을 단계별로 상세히 설명한다.

[0026] 본 발명에 따른 자성박막의 식각방법에 있어서, 단계 1은 자성박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계이다. 이때, 상기 단계 1의 자성박막은 CoFe, CoFeB, CoFeSiB, CoFeTb, CoZrB, CoZrTb, NiFeCo, NiFeCr 및 NiFe로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종으로, 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.

[0027] 본 발명에 따른 자성박막의 식각방법에 있어서, 단계 2는 알칸계 가스 40 내지 80 부피%, 불활성 가스 15 내지 50 부피% 및 산소 가스 5 내지 10 부피%의 조성인 혼합가스를 플라즈마화하는 단계이다. 상기 알칸계 가스 및 산소 가스는 반응성 이온 식각을 수행하고, 불활성 가스는 물리적 식각을 수행하기 위한 것으로, 일반적인 자성박막의 물리적 식각방법인 이온밀링은 식각된 패턴 주위로 재증착이 일어나 펜스 모양을 형성하게 되지만, 상기 알칸계 가스, 산소 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 사용하는 경우 재증착이 발생하지 않고, 적절한 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공할 수 있다. 이는 상기 단계 2의 혼합가스농도를 적절히 조절함으로써, 알칸계 가스의 수소, 산소 가스의 산소 라디컬 및 하이드록시(-OH) 기 등이 화학반응을 일으켜 식각 후 재증착 물질들이 현저히 줄어들거나 발생하지 않기 때문이다.

[0028] 이때, 상기 혼합가스 중 알칸계 가스가 40 부피% 미만인 경우 또는 산소가 10 부피%를 초과하는 경우에는 식각측면에 재증착이 발생하거나 또는 식각측면의 경사가 너무 완만해지는 문제가 있으며, 알칸계 가스가 80 부피%를 초과하는 경우에는 과도한 메탄가스 농도로 인하여 폴리머가 증착되는 문제가 있다.

[0029] 한편, 상기 단계 2의 알칸계 가스는 CH_4, C_2H_6 및 C_3H_8로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종인 것이 바람직하다. 상기 알칸계 가스는 적절한 식각속도를 제공할 수 있고, 식각 후 부산물이 재증착되지 않는 장점이 있다. 만약, 상기 알칸계 가스보다 탄소수가 많은 알칸계 가스를 사용하게 되면 과도한 탄소수로 인하여 수소가 동시에 증가하며, 이에 따라 폴리머 물질이 발생되는 문제가 있다.

[0030] 또한, 상기 단계 2의 플라즈마화는 유도결합플라즈마 반응성 이온식각법을 포함하는 고밀도 플라즈마 반응성 이온식각법, 자기증강반응성 이온 식각법 및 반응성 이온 식각법으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종의 방법으로 수행되는 것이 바람직하다.

[0031] 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.

[0032] 상기 단계 2의 불활성 가스는 He, Ne, Ar 및 N_2 가스로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것이 바람직하다.

알칸 계열 가스 및 산소 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. 상기 단계 2의 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스의 혼합가스를 사용하는 경우에도 화학반응에 의한 반응생성물의 약한 휘발성으로 인하여 식각된 측면에 재증착이 일부 발생할 수 있지만, 이온들의 기판에 대한 물리적 스퍼터링이 재층착물질들이 탈착되는 것을 돕는 역할을 수행하여 빠른 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공할 수 있다.

[0033] 상기 단계 2의 플라즈마화는 1 ~ 5 mTorr 범위의 혼합가스 압력, 700 ~ 1500 W의 코일 고주파 전력 및 DC 바이어스 전압 300 ~ 500 V의 조건으로 수행되는 것이 바람직하다. 만약, 혼합가스 압력이 1 mTorr 미만인 경우 생성된 플라즈마가 불안정하여 식각의 안정성 및 재현성이 떨어지는 문제가 있고, 혼합가스 압력이 5 mTorr를 초과하는 경우 스캐터링에 의한 입자의 충돌이 발생하여 이온의 기판에 대한 수직적이고 효과적인 충돌이 일어나지 않는 문제가 있다.

[0034] 또한, 코일 고주파 전력이 700 W 미만인 경우 식각경사가 감소되는 문제가 있으며, 1500 W를 초과하는 경우 플라즈마의 밀도가 과도하게 증가하여 많은 라디칼 및 아르곤 이온이 형성되고, 이에 따라 식각손상(etch damage)이 발생하는 문제가 있다.

[0035] 나아가, 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.

[0036] 본 발명에 따른 자성박막의 식각방법에 있어서, 단계 3은 상기 단계 2에서 생성된 플라즈마를 이용하여 단계 1에서 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계이다. 상기 단계 2의 혼합가스를 이용하여 생성된 플라즈마를 통해 자성박막을 식각함으로써 자성박막을 빠른 속도로 식각할 수 있고, 식각면에 재증착이 발생하는 것을 억제할 수 있다.

[0037] 상기 단계 3에 있어서, 기판에 대한 이온들의 고에너지 충돌이 수행되고, 이로 인하여 끊어진 화학결합들이 플라즈마 내부의 라디칼과 화학반응을 일으켜서 식각이 수행된다. 이때, 화학반응에 의한 반응생성물의 휘발성이 약하면 식각된 측면에 재증착이 발생하는데, 이온들의 기판에 대한 물리적 스퍼터링이 재층착물질들이 탈착되는 것을 돕는 역할을 하여 재증착을 억제한다.

[0038] 한편, 본 발명은

[0039] 자성 박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계 (단계 a);

[0040] 알칸계 가스 20 내지 80 부피%, 불활성 가스 15 내지 65 부피% 및 산소 가스 5 내지 15 부피%의 조성인 혼합가스를 플라즈마화하는 단계(단계 b); 및

[0041] 상기 단계 b에서 생성된 플라즈마를 이용하여 단계 a에서 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계(단계 c)를 포함하는 자성박막의 식각방법을 제공한다.

[0042] 이하, 본 발명을 단계별로 상세히 설명한다.

[0043] 본 발명에 따른 자성박막의 식각방법에 있어서, 단계 a는 자성박막을 마스크로 패터닝하여 마스킹하는 단계이다. 이때, 상기 단계 a의 자성박막은 IrMn, PtMn, CoPd, FePt, FeZr, FeMn 및 FePd로 이루어지는 군에서 선택되는 1종으로, 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.

[0044] 본 발명에 따른 자성박막의 식각방법에 있어서, 단계 b는 알칸계 가스 20 내지 80 부피%, 불활성 가스 15 내지 65 부피% 및 산소 가스 5 내지 15 부피%의 조성인 혼합가스를 플라즈마화하는 단계이다. 상기 알칸계 가스 및 산소 가스는 반응성 이온 식각을 수행하고, 불활성 가스는 물리적 식각을 수행하기 위한 것으로, 일반적인 자성박막의 물리적 식각방법인 이온밀링은 식각된 패턴 주위로 재증착이 일어나 펜스 모양을 형성하게 되지만, 상기 알칸계 가스, 산소 가스 및 불활성 가스의 혼합가스를 사용하는 경우 재증착이 발생하지 않고, 적절한 식각속도 및 높은 이방성의 식각프로파일을 제공할 수 있다. 이는 상기 단계 b의 혼합가스농도를 적절히 조절함으로써, 알칸계 가스의 수소, 산소 가스의 산소 라디컬 및 하이드록시(-OH) 기 등이 화학반응을 일으켜 식각 후 재증착 물질들이 현저히 줄어들거나 발생하지 않기 때문이다.

[0045] 이때, 상기 혼합가스 중 알칸계 가스가 20 부피% 미만인 경우 또는 산소가 15 부피%를 초과하는 경우에는 식각측면에 재증착이 발생하거나 또는 식각측면의 경사가 너무 완만해지는 문제가 있으며, 알칸계 가스가 80 부피%를 초과하는 경우에는 과도한 메탄가스 농도로 인하여 폴리머가 증착되는 문제가 있다.

[0046] 한편, 상기 단계 b의 알칸계 가스는 CH_4, C_2H_6 및 C_3H_8로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종인 것이 바람직하다. 상기 알칸계 가스는 적절한 식각속도를 제공할 수 있고, 식각 후 부산물이 재증착되지 않는 장점이 있다. 만약, 상기 알칸계 가스보다 탄소수가 많은 알칸계 가스를 사용하게 되면 과도한 탄소수로 인하여 수소가 동시에 증가하며, 이에 따라 폴리머 물질이 발생되는 문제가 있다.

[0047] 또한, 상기 단계 b의 플라즈마화는 유도결합플라즈마 반응성 이온식각법을 포함하는 고밀도 플라즈마 반응성 이온식각법, 자기증강반응성 이온 식각법 및 반응성 이온 식각법으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 1종의 방법으로 수행되는 것이 바람직하다.

[0048] 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.

[0049] 상기 단계 b의 불활성 가스는 He, Ne, Ar 및 N_2 가스로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것이 바람직하다. 알칸 계열 가스 및 산소 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. 상기 단계 b의 알칸계 가스, 불활성 가스 및 산소 가스의 혼합가스를 사용하는 경우에도 화학반응에 의한 반응생성물의 약한 휘발성으로 인하여 식각된 측면에 재증착이 일부 발생할 수 있지만, 이온들의 기판에 대한 물리적 스퍼터링이 재증착물질들이 탈착되는 것을 돕는 역할을 수행하여 빠른 식각속도 및 높은 이방

성의 식각프로파일을 제공할 수 있다.

[0050] 상기 단계 b의 플라즈마화는 1 ~ 5 mTorr 범위의 혼합가스 압력, 700 ~ 1500 W의 코일 고주파 전력 및 DC 바이어스 전압 300 ~ 500 V의 조건으로 수행되는 것이 바람직하다. 만약, 혼합가스 압력이 1 mTorr 미만인 경우 생성된 플라즈마가 불안정하여 식각의 안정성 및 재현성이 떨어지는 문제가 있고, 혼합가스 압력이 5 mTorr를 초과하는 경우 스캐터링에 의한 입자의 충돌이 발생하여 이온의 기판에 대한 수직적이고 효과적인 충돌이 일어나지 않는 문제가 있다.

[0051] 또한, 코일 고주파 전력이 700 W 미만인 경우 식각경사가 감소되는 문제가 있으며, 1500 W를 초과하는 경우 플라즈마의 밀도가 과도하게 증가하여 많은 라디칼 및 아르곤 이온이 형성되고, 이에 따라 식각손상(etch damage)이 발생하는 문제가 있다.

[0052] 나아가, 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.

[0053] 본 발명에 따른 자성박막의 식각방법에 있어서, 단계 c는 상기 단계 b에서 생성된 플라즈마를 이용하여 단계 a에서 마스킹된 자성박막을 식각하는 단계이다. 상기 단계 b의 혼합가스를 이용하여 생성된 플라즈마를 통해 자성박막을 식각함으로써 자성박막을 빠른 속도로 식각할 수 있고, 식각면에 재증착이 발생하는 것을 억제할 수 있다.

[0054] 상기 단계 c의 식각은 이온들의 기판에 대한 고에너지 충돌이 수행되고, 이로 인하여 끊어진 화학결합들이 플라즈마 내부의 라디칼과 화학반응을 일으켜서 수행된다. 이때, 화학반응에 의한 반응생성물의 휘발성이 약하면 식각된 측면에 재증착이 발생하는데, 이온들의 기판에 대한 물리적 스퍼터링이 재증착물질들이 탈착되는 것을 돕는 역할을 하여 재증착을 억제한다.

[0055] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 더욱 상세히 설명한다. 단, 하기의 실시예는 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0056] <실시예 1> CoFeB 박막의 식각 1

[0057] 단계 1 : CoFeB 박막을 Ti 하드마스크로 패터닝하여 마스킹하였다.

[0058] 단계 2 : 메탄가스 60 부피%, 산소 6.7 부피% 및 아르곤 33.3 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 5 mTorr 압력으로 주입하며, 코일고주파 전력 800 W, DC 바이어스 전압 300 V를 인가하여 플라즈마화 하였다.

[0059] 단계 3 : 상기 단계 1에서 마스킹된 CoFeB 박막을 상기 단계 2에서 생성된 플라즈마로 식각하였다.

[0060] <실시예 2> CoFeB 박막의 식각 2

[0061] 상기 실시예 1의 단계 2에서 메탄가스 60 부피%, 산소 10 부피% 및 아르곤 30 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0062] <실시예 3> CoFeB 박막의 식각 3

[0063] 상기 실시예 1의 단계 2에서 코일고주파 전력 700W를 인가한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0064] <실시예 4> CoFeB 박막의 식각 4

[0065] 상기 실시예 1의 단계 2에서 코일고주파 전력 900W를 인가한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0066] <실시예 5> CoFeB 박막의 식각 5

[0067] 상기 실시예 1의 단계 2에서 DC 바이어스 전압 400 V를 인가한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0068] <실시예 6> CoFeB 박막의 식각 6

[0069] 상기 실시예 1의 단계 2에서 혼합가스를 1 mTorr의 압력으로 주입한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0070] <실시예 7> IrMn 박막의 식각 1

[0071] 단계 1 : IrMn 박막을 TiN 하드마스크로 패터닝하여 마스킹하였다.

[0072] 단계 2 : 메탄가스 60 부피%, 산소 6.7 부피% 및 아르곤 33.3 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 5 mTorr 압력으로 주입하며, 코일고주파 전력 800W, DC 바이어스 전압 300 V를 인가하여 플라즈마화 하였다.

[0073] 단계 3 : 상기 단계 1에서 마스킹된 IrMn 박막을 상기 단계 2에서 생성된 플라즈마로 식각하였다.

[0074] <실시예 8> IrMn 박막의 식각 2

[0075] 상기 실시예 7의 단계 2에서 메탄가스 60 부피%, 산소 10 부피% 및 아르곤 30 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0076] <실시예 9> IrMn 박막의 식각 3

[0077] 상기 실시예 7의 단계 2에서 메탄가스 60 부피%, 산소 13.3 부피% 및 아르곤 26.7 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0078] <실시예 10> IrMn 박막의 식각 4

[0079] 상기 실시예 7의 단계 2에서 코일고주파 전력 700W를 인가한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0080] <실시예 11> IrMn 박막의 식각 5

[0081] 상기 실시예 7의 단계 2에서 코일고주파 전력 900 W를 인가한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0082] <실시예 12> IrMn 박막의 식각 6

[0083] 상기 실시예 7의 단계 2에서 DC 바이어스 전압 400 V를 인가하여 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0084] <실시예 13> IrMn 박막의 식각 7

[0085] 상기 실시예 7의 단계 2에서 혼합가스를 1 mTorr의 압력으로 주입한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0086] <실시예 14> FePt 박막의 식각 1

[0087] 단계 1 : FePt 박막을 TiN 하드마스크로 패터닝하여 마스킹하였다.

[0088] 단계 2 : 메탄가스 60 부피%, 산소 6.7 부피% 및 아르곤 33.3 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 5 mTorr 압력으로 주입하며, 코일고주파 전력 800 W, DC 바이어스 전압 300 V를 인가하여 플라즈마화 하였다.

[0089] 단계 3 : 상기 단계 1에서 마스킹된 FePt 박막을 상기 단계 2에서 생성된 플라즈마로 식각하였다.

[0090] <실시예 15> FePt 박막의 식각 2

[0091] 상기 실시예 14의 단계 2에서 메탄가스 60 부피%, 산소 10 부피% 및 아르곤 30 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0092] <실시예 16> FePt 박막의 식각 3

[0093] 상기 실시예 14의 단계 2에서 메탄가스 60 부피%, 산소 13.3 부피% 및 아르곤 26.7 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0094] <실시예 17> FePt 박막의 식각 4

[0095] 상기 실시예 14의 단계 2에서 코일고주파 전력 700 W를 인가한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0096] <실시예 18> FePt 박막의 식각 5

[0097] 상기 실시예 14의 단계 2에서 코일고주파 전력 900 W를 인가한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0098] <실시예 19> FePt 박막의 식각 6

[0099] 상기 실시예 14의 단계 2에서 DC 바이어스 전압 400 V를 인가하여 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0100] <실시예 20> FePt 박막의 식각 7

[0101] 상기 실시예 14의 단계 2에서 혼합가스를 1 mTorr의 압력으로 주입한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0102] <비교예 1>

[0103] 상시 실시예 1의 단계 2에서 메탄가스 60 부피% 및 아르곤 40 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0104] <비교예 2>

[0105] 상시 실시예 1의 단계 2에서 메탄가스 60 부피%, 산소 13.3 부피% 및 아르곤 26.7 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0106] <비교예 3>

[0107] 상기 실시예 1의 단계 2에서 DC 바이어스 전압 200 V를 인가한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0108] <비교예 4>

[0109] 상기 실시예 1의 단계 2에서 혼합가스를 10 mTorr의 압력으로 주입한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0110] <비교예 5>

[0111] 상시 실시예 1의 단계 2에서 메탄가스 20 부피% 및 아르곤 80 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 CoFeB 박막을 식각하였다.

[0112] <비교예 6>

[0113] 상기 실시예 7의 단계 2에서 메탄가스 60 부피% 및 아르곤 40 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0114] <비교예 7>

[0115] 상기 실시예 7의 단계 2에서 DC 바이어스 전압 200 V를 인가하여 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0116] <비교예 8>

[0117] 상기 실시예 7의 단계 2에서 혼합가스를 10 mTorr의 압력으로 주입한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0118] <비교예 9>

[0119] 상기 실시예 7의 단계 2에서 메탄가스 20 부피% 및 아르곤 80 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 7과 동일하게 수행하여 IrMn 박막을 식각하였다.

[0120] <비교예 10>

[0121] 상기 실시예 14의 단계 2에서 메탄가스 60 부피% 및 아르곤 40 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0122] <비교예 11>

[0123] 상기 실시예 14의 단계 2에서 DC 바이어스 전압 200 V를 인가하여 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0124] <비교예 12>

[0125] 상기 실시예 14의 단계 2에서 혼합가스를 10 mTorr의 압력으로 주입한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0126] <비교예 13>

[0127] 상기 실시예 14의 단계 2에서 메탄가스 20 부피% 및 아르곤 80 부피%의 비율로 혼합된 혼합가스를 플라즈마화한 것을 제외하고는 상기 실시예 14와 동일하게 수행하여 FePt 박막을 식각하였다.

[0128] 상기 실시예 1 내지 20 및 비교예 1 내지 13에서 자성박막을 식각한 조건을 하기 표 1에 나타내었다.

[0129] 표 1

	박막물질	코일 고주파 전력 (W)	DC바이어스전압 (V)	가스 압력 (Torr)	메탄가스 부피%	O_2가스 부피%	Ar가스 부피%
실시예 1	CoFeB	800	300	5	60	6.7	33.3
실시예 2	CoFeB	800	300	5	60	10	30
실시예 3	CoFeB	700	300	5	60	6.7	33.3
실시예 4	CoFeB	900	300	5	60	6.7	33.3
실시예 5	CoFeB	800	400	5	60	6.7	33.3
실시예 6	CoFeB	800	300	1	60	6.7	33.3
실시예 7	IrMn	800	300	5	60	6.7	33.3
실시예 8	IrMn	800	300	5	60	10	30
실시예 9	IrMn	800	300	5	60	13.3	26.7
실시예 10	IrMn	700	300	5	60	6.7	33.3
실시예 11	IrMn	900	300	5	60	6.7	33.3
실시예 12	IrMn	800	400	5	60	6.7	33.3
실시예 13	IrMn	800	300	1	60	6.7	33.3
실시예 14	FePt	800	300	5	60	6.7	33.3
실시예 15	FePt	800	300	5	60	10	30
실시예 16	FePt	800	300	5	60	13.3	26.7
실시예 17	FePt	700	300	5	60	6.7	33.3
실시예 18	FePt	900	300	5	60	6.7	33.3
실시예 19	FePt	800	400	5	60	6.7	33.3
실시예 20	FePt	800	300	1	60	6.7	33.3
비교예 1	CoFeB	800	300	5	60	-	40
비교예 2	CoFeB	800	300	5	60	13.3	26.7
비교예 3	CoFeB	800	200	5	60	6.7	13.3
비교예 4	CoFeB	800	300	10	60	6.7	33.3
비교예 5	CoFeB	800	300	5	20	-	80
비교예 6	IrMn	800	300	5	60	-	40
비교예 7	IrMn	800	200	5	60	6.7	33.3

비교예 8	IrMn	800	300	10	60	6.7	33.3
비교예 9	IrMn	800	300	5	20	-	80
비교예 19	FePt	800	300	5	60	-	40
비교예 11	FePt	800	200	5	60	6.7	33.3
비교예 12	FePt	800	300	10	60	6.7	33.3
비교예 13	FePt	800	300	5	20	-	80

[0130] 분석

[0131] (1) 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 마스크의 식각속도 분석

[0132] 식각가스 중 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 CoFeB 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=CoFeB 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율을 변화시키며 CoFeB 박막을 Ti 마스크를 이용하여 식각하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 2에 나타내었다.

[0133] 도 2에 나타낸 바와 같이, 아르곤(Ar)만을 식각가스로 사용하는 경우 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, 아르곤과 메탄가스의 혼합가스 중 메탄가스의 비율이 높아짐에 따라 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도는 감소하였다. 이는 식각속도가 메탄가스보다 아르곤 가스의 영향을 더 받는다는 것을 의미하는 것으로 Ar 이온에 의한 기판으로의 스퍼터링 효과의 감소가 주된 원인이고, 메탄가스로부터 C-H 작용기가 생성되는 것 또한 표면의 식각을 방해하는 원인 중 하나이다. 한편, Ti 하드 마스크의 선택도는 2 이상인 것을 알 수 있으며, Ti 하드 마스크의 식각속도가 CoFeB 박막의 식각 속도보다 느려 Ti 하드마스크를 메탄(CH_4)가스 및 아르곤(Ar) 혼합가스를 사용하여 식각하는 경우 마스크로 사용하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

[0134] (2) 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 식각된 CoFeB 박막의 관찰

[0135] 식각가스 중 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 CoFeB 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 3에 나타내었다.

[0136] 도 3에 나타낸 바와 같이, 100 부피% Ar 가스만을 사용하는 경우 재증착이 일어나 식각된 면이 거칠고 정교하지 않은 것을 확인할 수 있다. 반면, 혼합 가스 중 메탄(CH_4)가스의 비율이 40 ~ 80 부피% 인 경우는 재증착이 발생하지 않았으며, 혼합가스 중 CH_4 가스의 농도가 증가함에 따라 식각면이 깨끗해지고 식각 경사가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 하지만, 메탄(CH_4)가스의 농도가 상승함에 따라 고분자 화합물이 형성되어 공정 환경에 부정적인 영향을 발생시키는 문제가 있다. 따라서, 상기 분석결과를 통해 혼합가스 중 메탄(CH_4)가스의 비율이 40 ~ 80 부피% 인 경우 CoFeB 박막에 대한 식각이 가장 효과적으로 수행될 수 있음을 확인하였다.

[0137] (3) 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 IrMn 박막 및 TiN 마스크의 식각속도 분석

[0138] 식각가스 중 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 IrMn 박막과 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=IrMn 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율을 변화시키며 IrMn 박막을 TiN 마스크를 이용하여 식각하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 4에 나타내었다.

[0139] 도 4에 나타낸 바와 같이, 아르곤(Ar)만을 식각가스로 사용하는 경우 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, 아르곤과 메탄가스의 혼합가스 중 메탄가스의 비율이 높아짐에 따라 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도는 감소하였다. 이는 식각속도가 메탄가스보다 아르곤 가스의 영향을 더 받는다는 것을 의미하는 것으로 Ar 이온에 의한 기판으로의 스퍼터링 효과의 감소가 주된 원인이고, 메탄가스로부터 C-H 작용기가 생성되는 것 또한 표면의 식각을 방해하는 원인 중 하나이다. 한편, 전 영역에 대하여 Ti 하드

마스크 선택도는 7 이상으로 IrMn 박막의 식각에 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0140] (4) 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 식각된 IrMn 박막의 관찰

[0141] 식각가스 중 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 IrMn 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 5에 나타내었다.

[0142] 도 5에 나타낸 바와 같이, 100 부피% Ar 가스만을 사용하는 경우 식각된 면이 거칠고 정교하지 않으며, 일부분이 재증착으로 인하여 펜스 모양을 형성하고 있는 것을 확인할 수 있다. 반면, 혼합가스 중 메탄(CH_4)가스의 비율이 20 % 이상인 경우는 재증착이 일어나지 않았으며, 혼합가스 중 메탄가스의 농도가 상승함에 따라 식각면이 직각에 가까워지는 것을 확인할 수 있다. 그러나, 메탄가스의 농도가 상승함에 따라 고분자 화합물이 형성되어 공정 환경에 부정적인 영향을 발생시키는 문제가 있다. 따라서, 상기 분석결과를 통해 혼합가스 중 메탄(CH_4)가스의 비율이 20 ~ 80 부피% 인 경우 IrMn 박막에 대한 식각이 가장 효과적으로 수행될 수 있음을 알 수 있다.

[0143] (5) 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 FePt 박막 및 TiN 마스크의 식각속도 분석

[0144] 식각가스 중 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 FePt 박막과 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=FePt 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율을 변화시키며 FePt 박막을 TiN 마스크를 이용하여 식각하여 식각속도를 측정하고 그 결과를 도 6에 나타내었다.

[0145] 도 6에 나타낸 바와 같이, 아르곤(Ar)만을 식각가스로 사용하는 경우 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, 아르곤과 메탄가스의 혼합가스 중 메탄가스의 비율이 높아짐에 따라 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도는 감소하였다. 이는 식각속도가 메탄가스보다 아르곤 가스의 영향을 더 받는다는 것을 의미하는 것으로 Ar 이온에 의한 기판으로의 스퍼터링 효과의 감소가 주된 원인이고, 메탄가스로부터 C-H 작용기가 생성되는 것 또한 표면의 식각을 방해하는 원인 중 하나이다. 한편, 전 영역에 대하여 Ti 하드마스크 선택도는 6 이상으로 IrMn 박막의 식각에 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0146] (6) 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 식각된 FePt 박막의 관찰

[0147] 식각가스 중 메탄(CH_4)가스와 아르곤(Ar)의 혼합비율에 따른 FePt 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 7에 나타내었다.

[0148] 도 7에 나타낸 바와 같이, 100 부피% Ar 가스만을 사용하는 경우 식각된 면의 경사도가 너무 완만하여 재증착으로 인한 펜스 모양이 관찰되지 않았고, 식각면이 거친 것을 알 수 있다. 반면, 혼합가스 중 메탄(CH_4)가스의 농도가 상승함에 따라 재증착이 발생하지 않았고, 식각측면의 경사도가 높아지는 이방성 식각(degree of anisotropy)을 관찰되었다. 그러나, 메탄가스의 농도가 상승함에 따라 고분자 화합물이 형성되어 공정 환경에 부정적인 영향을 발생시키는 문제가 있다. 따라서, 상기 분석결과를 통해 혼합가스 중 메탄(CH_4)가스의 비율이 20 ~ 80 부피% 인 경우 FePt 박막에 대한 식각이 가장 효과적으로 수행될 수 있음을 알 수 있다.

[0149] <실험예 1> 혼합가스 조성에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도 분석

[0150] 알칸계 가스(CH_4), 불활성가스 및 산소의 조성에 따른 CoFeB 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=CoFeB 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 실시예 1, 2 및 비교예 1, 2에서 식각된 박막에 대한 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 8에 나타내었다.

[0151] 도 8에 나타낸 바와 같이, 알칸계 가스(CH_4) 및 Ar만을 혼합하여 식각을 수행한 비교예 1의 경우 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도가 가장 높은 것으로 나타났다. 반면, 실시예 1, 실시예 2 및 비교예 1의 경우와 같이 혼합가스에 대한 산소의 비율이 높아짐에 따라 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각속도는 감소하였다. 이는 식

각속도가 산소 가스의 영향을 많이 받는다는 것을 의미하는 것으로 O_2 이온에 의한 산화층의 생성이 표면의 식각을 방해하기 때문이다.

[0152] 한편, CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크에 대한 선택도는 혼합가스에 대한 산소의 비율이 높아짐에 따라 향상되는 것을 알 수 있으며, 이를 통해 산소가 일정비율이상 포함됨으로써 CoFeB 박막의 식각 시 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0153] <실험예 2> 혼합가스 조성에 따른 식각된 CoFeB 박막의 관찰

[0154] 알칸계 가스(CH_4), 불활성가스 및 산소의 조성에 따른 CoFeB 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 1, 2 및 비교예 1, 2에서 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 통해 관찰하였고, 그 결과를 도 9에 나타내었다.

[0155] 도 9에 나타낸 바와 같이, 실시예 1 및 실시예 2에서 알칸계 가스(CH_4) 및 산소를 사용함으로써 산소를 사용하지 않은 비교예 1보다 식각면이 개선된 것을 알 수 있다. 이때, 혼합가스 중 산소의 비율이 6.7 부피%인 실시예 1보다 산소의 비율이 10 부피%인 실시예 2에서 식각 경사가 더 큰 것을 확인할 수 있다. 그러나, 산소의 비율이 13.3 부피%인 비교예 2의 경우 오히려 식각 경사가 감소하였으며, 이는 Ar 이온에 의한 기판으로의 스퍼터링 효과 감소가 주된 원인이다. 따라서, 산소 가스가 10 부피% 이하의 비율로 혼합된 혼합가스가 CoFeB 박막 식각을 가장 효과적으로 수행할 수 있음을 알 수 있다.

[0156] <실험예 3> 코일 고주파 전력 변화에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도 분석

[0157] 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 실시예 1, 3 및 실시예 4에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 10에 나타내었다.

[0158] 도 10에 나타낸 바와 같이, 실시예 1, 3 및 실시예 4에서 코일 고주파 전력이 상승할수록 CoFeB 및 Ti 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 보이며, 코일 고주파 전력이 700~900 W인 경우 Ti 하드마스크의 선택도(CoFeB의 식각속도/Ti 하드 마스크의 식각속도)는 5 이상이므로 CoFeB 박막의 식각을 위하여 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0159] <실험예 4> 코일 고주파 전력 변화에 따른 식각된 CoFeB 박막의 관찰

[0160] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 CoFeB 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 1, 3 및 실시예 4에서 식각된 박막을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 11에 나타내었다.

[0161] 도 11에 나타낸 바와 같이, 700~900 W의 코일 고주파 전력 조건인 실시예 1, 3 및 실시예 4에서 식각된 박막에서는 재증착이 일어나지 않음을 알 수 있다. 코일 고주파 전력이 700 W인 실시예 3에서는 상대적으로 식각측면의 경사가 감소된 경향이 있으나, 코일 고주파 전력 800 및 900 W인 실시예 1 및 실시예 4에서는 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 때문이다.

[0162] <실험예 5> DC 바이어스 전압 변화에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도 분석

[0163] DC 바이어스 전압 변화에 따른 CoFeB 박막과 Ti 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=CoFeB 박막 식각속도/Ti 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 실시예 1, 실시예 5 및 비교예 3에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 12에 나타내었다.

[0164] 도 12에 나타낸 바와 같이, 실시예 1, 실시예 5 및 비교예 3에서 DC 바이어스 전압이 상승할수록 CoFeB 및 Ti 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 것을 알 수 있으며, DC 바이어스가 300~400 V인 실시예 1 및 5의 경우 Ti 하드마스크의 선택도(CoFeB의 식각속도/Ti 하드 마스크의 식각속도)는 약 5 이상이므로 CoFeB 박막의 식각을 위하여 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0165] <실험예 6> DC 바이어스 전압 변화에 따른 식각된 CoFeB 박막의 관찰

[0166] DC 바이어스 전압 변화에 따른 CoFeB 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 1, 실시예 5 및 비교예 3에서 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 13에 나타내었다.

[0167] 도 13에 나타낸 바와 같이, DC 바이어스 전압이 200~400 V인 경우 재증착은 일어나지 않으며 식각면도 매끄러움을 알 수 있다. 그러나, DC 바이어스 전압이 200 V인 비교예 1의 경우 식각된 면의 기울기가 다소 완만한 것을 알 수 있으며, 실시예 1 및 5에서 DC 바이어스 전압이 증가함에 따라 식각경사가 개선됨을 확인할 수 있다. 이는 DC 바이어스 전압이 증가함에 따라 Ar 이온이 증가된 가속전압으로 기판에 충돌함으로써 수직적 식각이 우세해지기 때문이다.

[0168] <실험예 7> 가스 압력 변화에 따른 CoFeB 박막 및 Ti 하드마스크의 식각 속도 분석

[0169] 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 실시예 1, 실시예 6 및 비교예 4에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 14에 나타내었다.

[0170] 도 14에 나타낸 바와 같이, 실시예 1, 실시예 6 및 비교예 4에서 가스 압력이 상승할수록 CoFeB 및 Ti 하드 마스크에 대한 식각속도는 낮아지고 Ti 하드마스크의 선택도(CoFeB의 식각속도/Ti 하드 마스크의 식각속도)는 향상되는 경향을 나타내었다. 1 ~ 10 mTorr의 영역에서 Ti 하드 마스크 선택도는 4 이상이므로 CoFeB 박막의 식각을 위하여 Ti 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0171] <실험예 8> 가스 압력 변화에 따른 식각된 CoFeB 박막의 관찰

[0172] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 CoFeB 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 1, 실시예 6 및 비교예 4에서 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 15에 나타내었다.

[0173] 도 15에 나타낸 바와 같이, 실시예 1, 실시예 6 및 비교예 4에서 식각된 박막에는 가스 압력에 관계없이 재증착이 발생하지 않았다. 그러나, 10 mTorr의 가스압력인 비교예 4의 경우 Ti 하드마스크로 마스킹되지 않은 CoFeB 박막이 다소 남아 있음을 볼 수 있다. 이는 1 mTorr의 압력보다 10 mTorr에서 Ar 이온의 스캐터링이 크게 일어나게 됨으로써, 입자들이 서로 충돌하지 않고 이동하는 평균자유경로(mean free path)가 현저하게 감소하여 이방성 식각프로파일의 형성도가 낮아지기 때문이다.

[0174] <실험예 9> 혼합가스 조성에 따른 CoFeB 박막의 XPS 분석

[0175] 알칸계 가스(CH_4), 불활성가스 및 산소의 조성 조성에 따른 CoFeB 박막의 화학적 반응여부를 알아보기 위하여 실시예 2, 비교예 1 및 비교예 5에서 식각된 박막의 표면을 구성원소별 결합 에너지의 변화를 분석할 수 있는 XPS(X-ray Photoelectron spectroscopy)를 통하여 분석하였고, 그 결과를 도 16 내지 19에 나타내었다.

[0176] 도 16 내지 19에 나타낸 바와 같이, Co, Fe, B 및 O 원소 각각에 대한 결합에너지가 식각 전보다 증가한 것을 확인할 수 있다. 식각 후의 Co, Fe, B의 피크가 증가한 것은 CoFeB 박막이 CH_4와 화학적으로 반응하였음을 의미한다. 또한, O_2의 첨가로 인한 Co, Fe, B의 결합에너지의 변화는 볼 수 없지만 O의 피크가 531.2 eV로 이동되고, 완만해진 것과 주사전자현미경을 이용한 관찰 결과를 통하여 CoFeB 박막이 O_2와의 화학 반응에 의해 식각 경사가 증가하였음을 알 수 있다.

[0177] <실험예 10> 혼합가스 조성에 따른 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각 속도 분석

[0178] 알칸계 가스(CH_4), 불활성가스 및 산소의 조성에 따른 IrMn박막과 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=IrMn 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 실시예 7 내지 9 및 비교예 6에서 식각된

박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 20에 나타내었다.

[0179] 도 20에 나타낸 바와 같이, CH_4 및 Ar만을 사용하는 비교예 6의 경우 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 실시예 7 내지 9에서 혼합가스에 대한 산소의 비율이 높아짐에 따라 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도는 감소하였다. 상기 결과는 식각속도가 O_2 가스의 영향을 많이 받는다는 것을 의미하는 것으로 O_2 이온에 의한 산화층의 생성이 표면의 식각을 방해하기 때문이다.

[0180] 한편, 혼합가스 내 산소가 포함되는 실시예 7 내지 9는 산소가 포함되지 않는 비교예 6보다 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크에 대한 선택도가 높은 것을 알 수 있으며, 이를 통해 산소가 일정비율이상 포함됨으로써 IrMn 박막의 식각 시 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0181] <실험예 11> 혼합가스 조성에 따른 식각된 IrMn 박막의 관찰

[0182] 알칸계 가스(CH_4), 불활성가스 및 산소의 조성에 따른 IrMn 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 7 내지 9 및 비교예 6에서 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 21에 나타내었다.

[0183] 도 21에 나타낸 바와 같이, 실시예 7 내지 9에서 알칸계 가스(CH_4) 및 산소를 사용함으로써 산소를 사용하지 않은 비교예 6보다 식각면이 개선된 것을 알 수 있다. 이때, 실시예 7 내지 9에 있어서 혼합 가스 중 산소의 비율이 6.7 부피%에서 13.3 부피%로 증가될수록 식각 경사가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 하지만, 산소 가스의 농도가 15 부피% 이상으로 과도하게 혼합되면 오히려, 식각 경사가 감소할 수 있으며, 이는 Ar 이온에 의한 기판으로의 스퍼터링 효과의 감소가 주된 원인이다. 따라서, 산소 가스가 15 부피% 미만의 비율로 혼합되는 경우가 IrMn 박막 식각을 가장 효과적으로 수행할 수 있음을 알 수 있다.

[0184] <실험예 12> 코일 고주파 전력 변화에 따른 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각 속도 분석

[0185] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 IrMn 박막과 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=IrMn 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 실시예 7, 10 및 11에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 22에 나타내었다.

[0186] 도 22에 나타낸 바와 같이, 실시예 7, 10 및 11에서 코일 고주파 전력이 상승할수록 IrMn 및 TiN 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 보이며, 코일 고주파 전력이 700~900 W인 경우 TiN 하드마스크의 선택도(IrMn의 식각속도/TiN 하드 마스크의 식각속도)는 16 이상이므로 IrMn 박막의 식각을 위하여 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0187] <실험예 13> 코일 고주파 전력 변화에 따른 식각된 IrMn 박막의 관찰

[0188] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 IrMn 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 7, 10 및 11에서 식각된 박막을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 23에 나타내었다.

[0189] 도 23에 나타낸 바와 같이, 700~900 W의 코일 고주파 전력 조건인 실시예 7, 10 및 11에서는 재증착이 일어나지 않음을 알 수 있으며, 식각프로파일이 큰 변화를 나타내지 않는 것을 알 수 있다. 코일 고주파 전력 변화에 따른 식각 속도를 나타낸 도 16을 참고하였을 때, 실시예 7, 10 및 11 각각의 조건에서 식각 선택도는 상당히 큰 것을 알 수 있으며, 도 16 및 도 17을 비교하여 판단하면 식각 프로파일은 식각 선택도의 변화에 큰 영향을 받지않아, 식각 선택도에 따른 변화가 크지않음을 확인하였다.

[0190] <실험예 14> DC 바이어스 전압 변화에 따른 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각 속도

[0191] DC 바이어스 전압 변화에 따른 IrMn 박막과 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=IrMn 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 실시예 7, 실시예 12 및 비교예 7에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 24에 나타내었다.

[0192] 도 24에 나타낸 바에 따르면, 실시예 7, 실시예 12 및 비교예 7에서 DC 바이어스 전압이 상승할수록 IrMn 및

TiN 하드 마스크에 대한 식각속도가 향상되는 경향을 나타내었으며, DC 바이어스가 300~400 V인 실시예 7 및 실시예 12의 경우 TiN 하드마스크의 선택도(IrMn의 식각속도/TiN 하드 마스크의 식각속도)가 약 7 이상이므로 IrMn 박막의 식각을 위하여 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0193] <실험예 15> DC 바이어스 전압에 따른 식각된 IrMn 박막의 관찰

[0194] DC 바이어스 전압 변화에 따른 IrMn 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 7, 실시예 12 및 비교예 7에서 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 25에 나타내었다.

[0195] 도 25에 나타낸 바와 같이, 실시예 7, 실시예 12 및 비교예 7에서 DC 바이어스 전압이 200~400 V으로 인가되는 경우 재증착은 일어나지 않으며 식각면도 매끄러움을 알 수 있다. 그러나, 비교예 7의 경우 식각된 면의 기울기가 다소 완만한 것을 알 수 있으며, 실시예 7 및 실시예 12에서 인가된 DC 바이어스 전압이 증가함에 따라 식각경사가 개선됨을 확인할 수 있다. 이는 DC 바이어스 전압이 증가함에 따라 Ar 이온이 증가된 가속전압으로 기판에 충돌함으로써 수직적 식각이 우세해지기 때문이다.

[0196] <실험예 16> 가스 압력 변화에 따른 IrMn 박막 및 TiN 하드마스크의 식각 속도 분석

[0197] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 IrMn 박막과 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=IrMn 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 실시예 7, 실시예 13 및 비교예 8에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 26에 나타내었다.

[0198] 도 26에 나타낸 바와 같이, 실시예 7, 실시예 13 및 비교예 8에서 가스 압력이 상승할수록 IrMn 및 TiN 하드 마스크에 대한 식각속도 및 TiN 하드마스크의 선택도(IrMn의 식각속도/TiN 하드 마스크의 식각속도)는 낮아지는 경향을 보인다. 그러나, 1 ~ 10 mTorr의 영역에서 TiN 하드 마스크 선택도는 14 이상이므로 IrMn 박막의 식각을 위하여 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0199] <실험예 17> 가스 압력 변화에 따른 식각된 IrMn 박막의 관찰

[0200] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 IrMn 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 7, 실시예 13 및 비교예 8에서 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 27에 나타내었다.

[0201] 도 27에 나타낸 바와 같이, 실시예 7, 실시예 13 및 비교예 8에서 식각된 박막에는 가스 압력에 관계없이 재증착이 발생하지 않았다. 그러나, 비교예 8에서 식각된 박막의 경우 식각된 면의 기울기가 다소 완만한 것을 볼 수 있으며, 실시예 7 및 실시예 13에서 가스 압력이 감소함에 따라 식각경사가 개선됨을 확인할 수 있다. 이는 1 mTorr의 압력보다 10 mTorr에서 Ar 이온의 스캐터링이 크게 일어나게 됨으로써, 입자들이 서로 충돌하지 않고 이동하는 평균자유경로(mean free path)가 현저하게 감소하여 이방성 식각프로파일의 형성도가 낮아지기 때문이다.

[0202] <실험예 18> 혼합가스 조성에 따른 IrMn 박막의 XPS 분석

[0203] 알칸계 가스(CH_4), 불활성가스 및 산소의 조성 조성에 따른 IrMn 박막의 화학적 반응여부를 알아보기 위하여 실시예 7, 비교예 6 및 비교예 9에서 식각된 박막의 표면을 구성원소별 결합 에너지의 변화를 분석할 수 있는 XPS(X-ray Photoelectron spectroscopy)를 통하여 분석하였고, 그 결과를 도 28 내지 30에 나타내었다.

[0204] 도 28 내지 30에 나타낸 바와 같이, Ir의 결합에너지가 식각 전에 비하여 증가하는 것을 알 수 있고, 산소가 첨가 되어 식각된 실시예 7의 경우 Ir의 결합에너지가 더욱 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 식각 전과 비교하여 산소를 첨가하였을 때 IrO_X 물질이 형성되었기 때문이다.

[0205] 또한, 망간의 결합에너지는 식각전후에 거의 변화가 없는 것을 알 수 있고, 이를 통해 망간이 화학반응에 거의 참여하지 않고 있는 것을 확인할 수 있으며, IrMn 박막과 알칸계 가스(CH_4) 및 산소 가스 사이에서 화학적 반응이 일어났음을 알 수 있다.

[0206] 나아가, 식각 전 공기 중 산소와의 반응으로 산화물이 형성되는 것을 알 수 있으며, 비교예 6 및 비교예 9의 경우 산소를 이용하지 않아 산화물 형성이 감소되는 것을 알 수 있다. 그러나, 실시예 7에서 산소 가스를 첨가하여 식각하였을 때는 산화물이 일부 형성되는 것으로 나타나 산소 가스와 박막 사이에 화학적 반응이 일어났음을 알 수 있다.

[0207] <실험예 19> 혼합가스 조성에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각 속도 분석

[0208] 알칸계 가스(CH_4), 불활성가스 및 산소의 조성에 따른 FePt 박막와 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=FePt 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 실시예 14 내지 16 및 비교예 10에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 31에 나타내었다.

[0209] 도 31에 나타낸 바와 같이, CH_4 및 Ar만을 사용하는 비교예 10의 경우 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 실시예 14 내지 16에서 혼합가스에 대한 산소의 비율이 높아짐에 따라 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각속도는 감소하였다. 상기 결과는 식각속도가 O_2 가스의 영향을 많이 받는다는 것을 의미하는 것으로 O_2 이온에 의한 산화층의 생성이 표면의 식각을 방해하기 때문이다. 그러나, 일정비율 이상의 산소가 포함되는 실시예 14 내지 16의 경우 비교예 10보다 월등하게 우수한 선택도(FePt 박막 및 TiN 하드마스크에 대한)를 나타내어 식각 시 산소를 일정비율 이상 이용하여도 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0210] <실험예 20> 혼합가스 조성에 따른 식각된 FePt 박막의 관찰

[0211] 알칸계 가스(CH_4), 불활성가스 및 산소의 조성에 따른 FePt 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 14 내지 16 및 비교예 10에서 식각된 박막을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 32에 나타내었다.

[0212] 도 32에 나타낸 바와 같이, 실시예 14 내지 16에서 알칸계 가스(CH_4)의 비율을 증가시키며 식각한 경우 식각면이 개선된 것을 알 수 있다. 이때, 실시예 14 내지 16에서 혼합 가스 중 산소의 비율이 6.7 부피%에서 13.3 부피%로 증가될수록 식각 경사가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 하지만, 산소 가스의 농도가 15 부피% 이상으로 과도하게 혼합되면 오히려, 식각 경사가 감소할 수 있으며, 이는 Ar 이온에 의한 기판으로의 스퍼터링 효과의 감소가 주된 원인이다. 따라서, 산소 가스가 15 부피% 미만의 비율로 혼합되는 경우가 FePt 박막 식각을 가장 효과적으로 수행할 수 있음을 알 수 있다.

[0213] <실험예 21> 코일 고주파 전력 변화에 따른 FePt 박막의 식각 속도 분석

[0214] 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 실시예 14, 17 및 18에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 33에 나타내었다.

[0215] 도 33에 나타낸 바와 같이, 실시예 14, 17 및 18에서 코일 고주파 전력이 상승할수록 FePt 및 TiN 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 나타내었고, 코일 고주파 전력이 700~900 W인 경우 TiN 하드마스크의 선택도(FePt의 식각속도/TiN 하드 마스크의 식각속도)는 21 이상이므로 FePt 박막의 식각을 위하여 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0216] <실험예 22> 코일 고주파 전력 변화에 따른 식각된 FePt 박막의 관찰

[0217] 플라즈마화를 위한 코일 고주파 전력 변화에 따른 FePt 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 14, 17 및 18에서 식각된 박막을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하고 그 결과를 도 34에 나타내었다.

[0218] 도 34에 나타낸 바와 같이, 700~900 W의 코일 고주파 전력 조건에서는 재증착이 일어나지 않음을 알 수 있다. 이때, 코일 고주파 전력 700 W인 실시예 17의 경우 상대적으로 식각측면의 경사가 감소된 경향이 있으나, 코일 고주파 전력 800 및 900 W인 실시예 14 및 18에서는 좀 더 수직적인 식각 프로파일을 나타내는 것을 관찰할 수

있다. 이는 플라즈마 밀도의 증가로 인하여 보다 많은 라디칼 및 Ar 이온이 생성되어 수직적 식각에 기여했기 때문이다.

[0219] <실험예 23> DC 바이어스 전압 변화에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각 속도 분석

[0220] DC 바이어스 전압 변화에 따른 FePt 박막과 TiN 하드 마스크의 식각 속도 및 선택도(=FePt 박막 식각속도/TiN 하드 마스크 식각속도)를 알아보기 위하여 실시예 14, 실시예 19 및 비교예 11에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 35에 나타내었다.

[0221] 도 35에 나타낸 바와 같이, 실시예 14, 실시예 19 및 비교예 11에서 DC 바이어스 전압이 상승할수록 FePt 및 TiN 하드 마스크에 대한 식각속도는 향상되는 경향을 나타내었고, DC 바이어스가 300~400 V인 실시예 14 및 실시예 19의 경우 TiN 하드마스크의 선택도(FePt의 식각속도/TiN 하드 마스크의 식각속도)는 약 9 이상이므로 FePt 박막의 식각을 위하여 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0222] <실험예 24> DC 바이어스 전압에 따른 식각된 FePt 박막의 관찰

[0223] DC 바이어스 전압 변화에 따른 FePt 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 14, 실시예 19 및 비교예 11에서 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 36에 나타내었다.

[0224] 도 36에 나타낸 바와 같이, DC 바이어스 전압이 200~400 V인 실시예 14, 실시예 19 및 비교예 11의 경우 재증착은 일어나지 않으며 식각면도 매끄러움을 알 수 있다. 그러나, 비교예 11에서 식각된 식각된 면의 기울기는 상대적으로 완만한 것을 알 수 있으며, 실시예 14 및 실시예 19에서 DC 바이어스 전압이 증가함에 따라 식각경사가 개선됨을 확인할 수 있다. 이는 DC 바이어스 전압이 증가함에 따라 Ar 이온이 증가된 가속전압으로 기판에 충돌함으로써 수직적 식각이 우세해지기 때문이다.

[0225] <실험예 25> 가스 압력 변화에 따른 FePt 박막 및 TiN 하드마스크의 식각 속도 분석

[0226] 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 실시예 14, 실시예 20 및 비교예 12에서 식각된 박막에 대하여 식각속도를 측정하였고, 그 결과를 도 37에 나타내었다.

[0227] 도 37에 나타낸 바와 같이, 실시예 14, 실시예 20 및 비교예 12에서 가스 압력이 상승할수록 FePt 및 TiN 하드 마스크에 대한 식각속도는 낮아지고 TiN 하드마스크의 선택도(FePt의 식각속도/TiN 하드 마스크의 식각속도)는 향상되는 경향을 나타내었다. 이에 따라, 1 ~ 10 mTorr의 범위로 혼합가스를 주입하는 경우, TiN 하드 마스크 선택도는 21 이상이므로 FePt 박막의 식각을 위하여 TiN 하드 마스크를 사용할 수 있음을 알 수 있다.

[0228] <실험예 26> 가스 압력 변화에 따른 식각된 FePt 박막의 관찰

[0229] 플라즈마화를 위한 가스 압력 변화에 따른 FePt 박막의 식각면을 관찰하기 위하여 실시예 14, 실시예 20 및 비교예 12에서 식각된 박막의 측면을 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였고, 그 결과를 도 38에 나타내었다.

[0230] 도 38에 나타낸 바에 따르면, 실시예 14, 실시예 20 및 비교예 12에서 식각된 박막은 가스 압력에 관계없이 재증착은 발생하지 않았으나, 비교예 12의 경우 식각된 면의 기울기가 다소 완만한 것을 알 수 있다. 그러나, 실시예 14 및 실시예 20에서 가스 압력이 감소함에 따라 식각경사가 개선됨을 확인할 수 있으며, 이는 1 mTorr의 압력보다 10 mTorr에서 Ar 이온의 스캐터링이 크게 일어나게 됨으로써, 입자들이 서로 충돌하지 않고 이동하는 평균자유경로(mean free path)가 현저하게 감소하여 이방성 식각프로파일의 형성도가 낮아지기 때문이다.

[0231] <실험예 27> 혼합가스 조성에 따른 FePt 박막의 XPS 분석

[0232] 알칸계 가스(CH_4), 불활성가스 및 산소의 조성 조성에 따른 FePt 박막의 화학적 반응여부를 알아보기 위하여 실시예 15, 비교예 10 및 비교예 13에서 식각된 박막의 표면을 구성원소별 결합 에너지의 변화를 분석할 수 있는

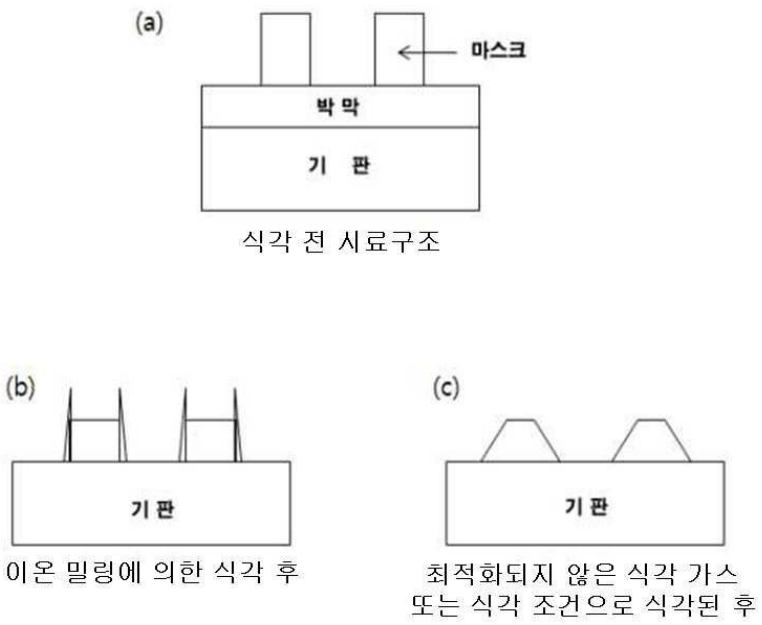
XPS(X-ray Photoelectron spectroscopy)를 통하여 분석하였고, 그 결과를 도 39 내지 41에 나타내었다.

[0233] 도 39 내지 41에 나타낸 바와 같이, Fe, Pt 및 O의 원소 각각에 대한 결합에너지가 식각 전보다 증가한 것을 확인할 수 있다. 식각 후 Fe 및 Pt의 피크가 증가한 것은 FePt 박막이 CH_4와 화학적으로 반응하였음을 의미한다.

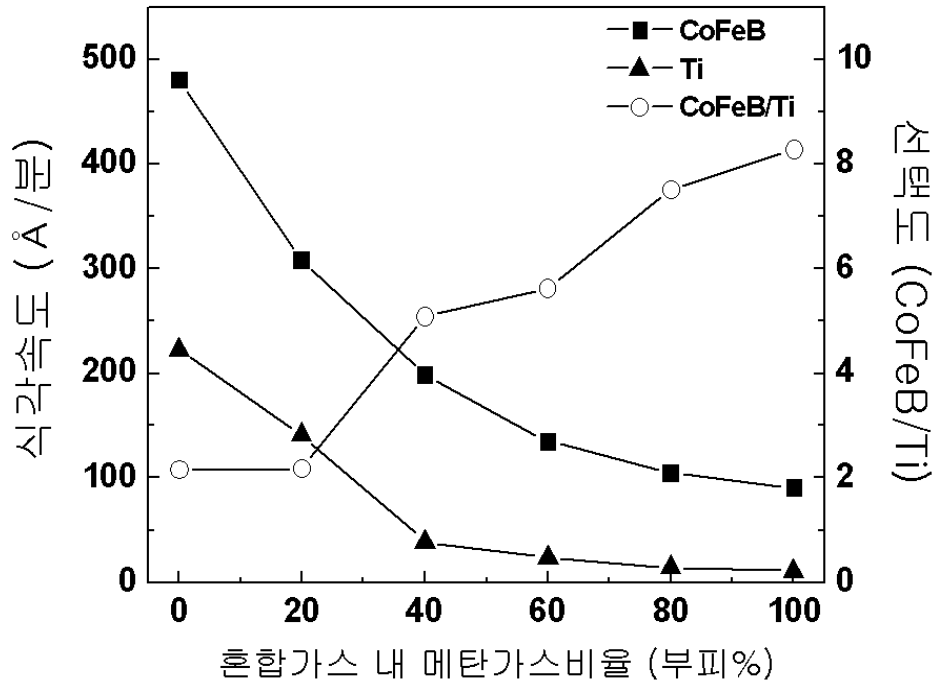
나아가, 산소 가스를 첨가하여 식각한 실시예 15의 경우 Fe 및 Pt의 피크가 완만해진 것, 산소(O)의 피크가 531.2 eV로 이동된 것 및 산소를 첨가하여 식각했을 때의 FePt의 식각 경사가 증가한 것(주사전자현미경 관찰을 통해 확인)을 통하여 FePt 박막 표면에서 화학 반응에 의한 화합물을 형성되는 것을 알 수 있다.

도면

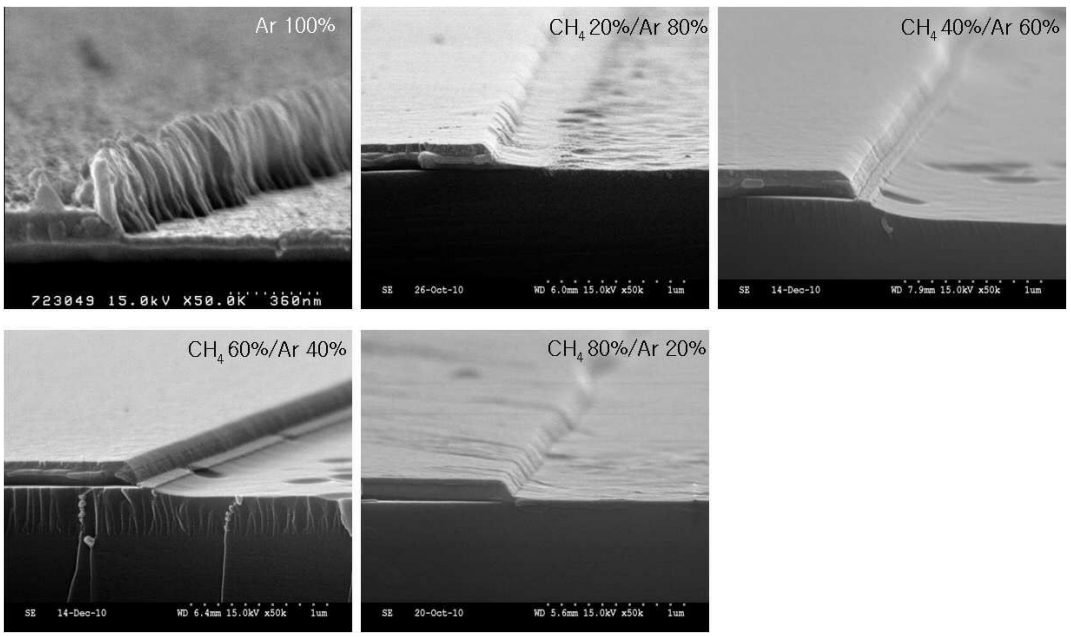
도면1



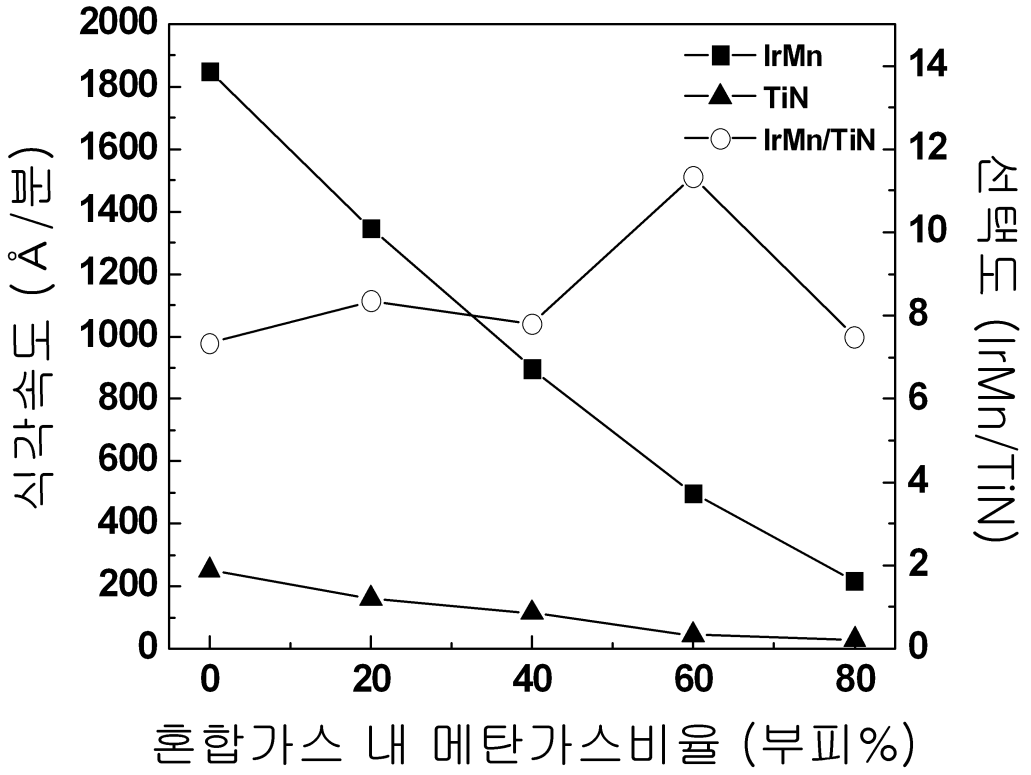
도면2


CoFeB
Ti
CoFeB/Ti
식각속도 (Å/분)
선택도 (CoFeB/Ti)
혼합가스 내 메탄가스비율 (부피%)
0
100
200
300
400
500
0
2
4
6
8
10
0
20
40
60
80
100

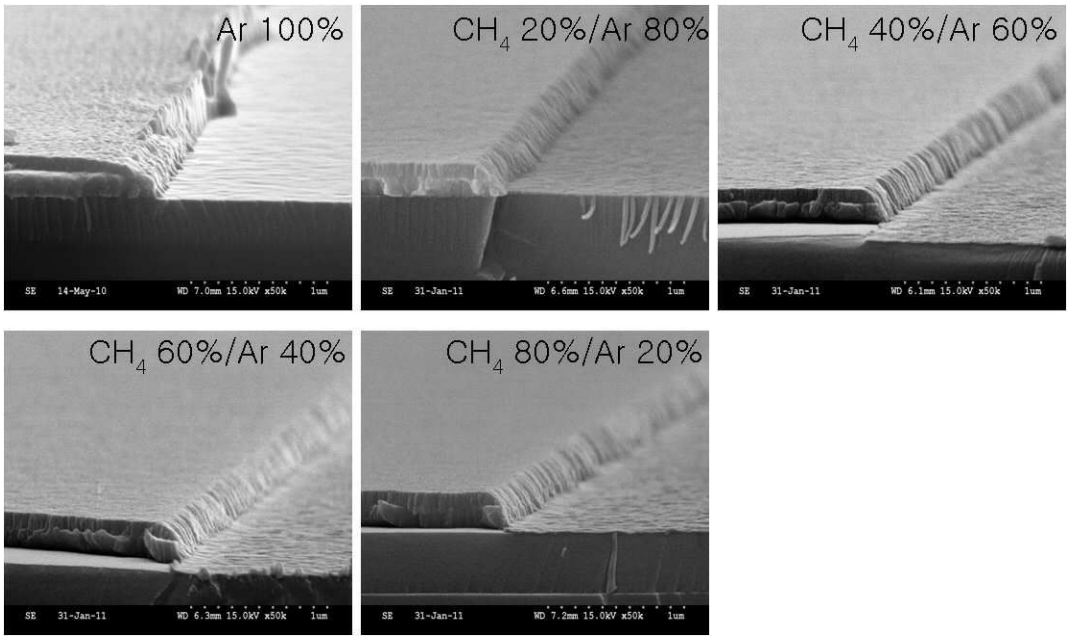
도면3


Ar 100%
CH4 20%/Ar 80%
CH4 40%/Ar 60%
CH4 60%/Ar 40%
CH4 80%/Ar 20%

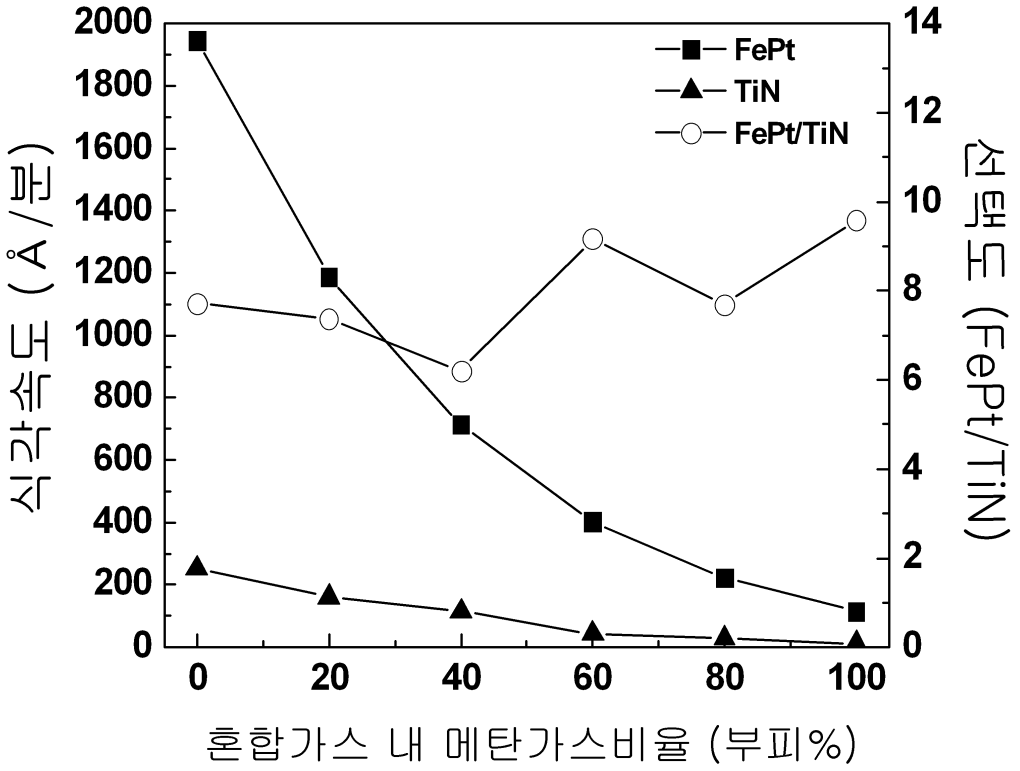
도면4


IrMn
TiN
IrMn/TiN
식각속도 (Å/분)
선택도 (IrMn/TiN)
혼합가스 내 메탄가스비율 (부피%)
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800
2000
0
2
4
6
8
10
12
14
0
20
40
60
80

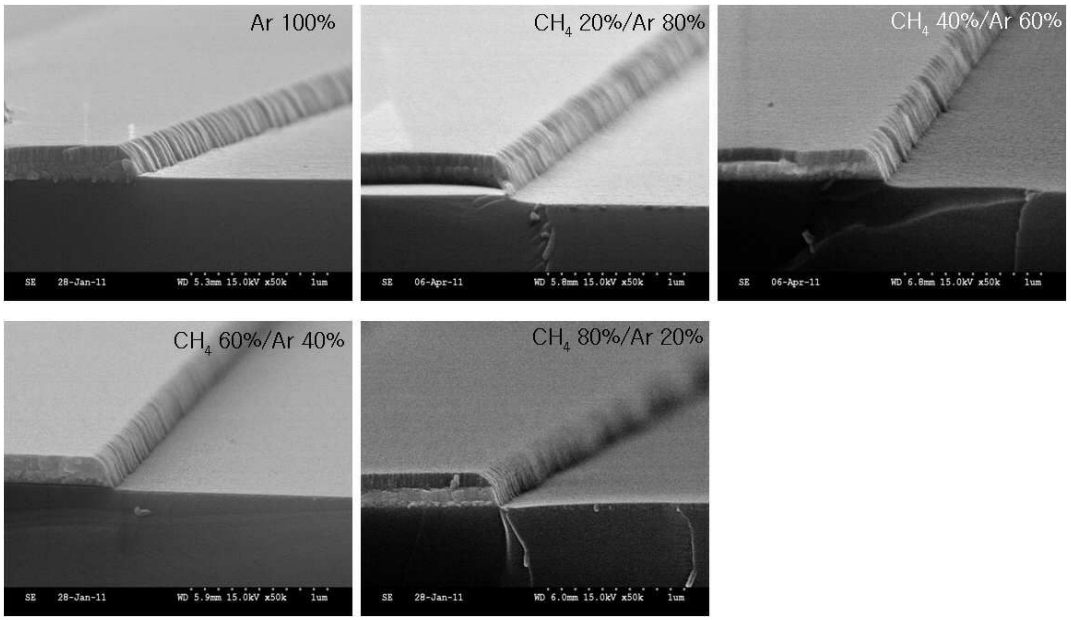
도면5


Ar 100%
CH4 20%/Ar 80%
CH4 40%/Ar 60%
CH4 60%/Ar 40%
CH4 80%/Ar 20%

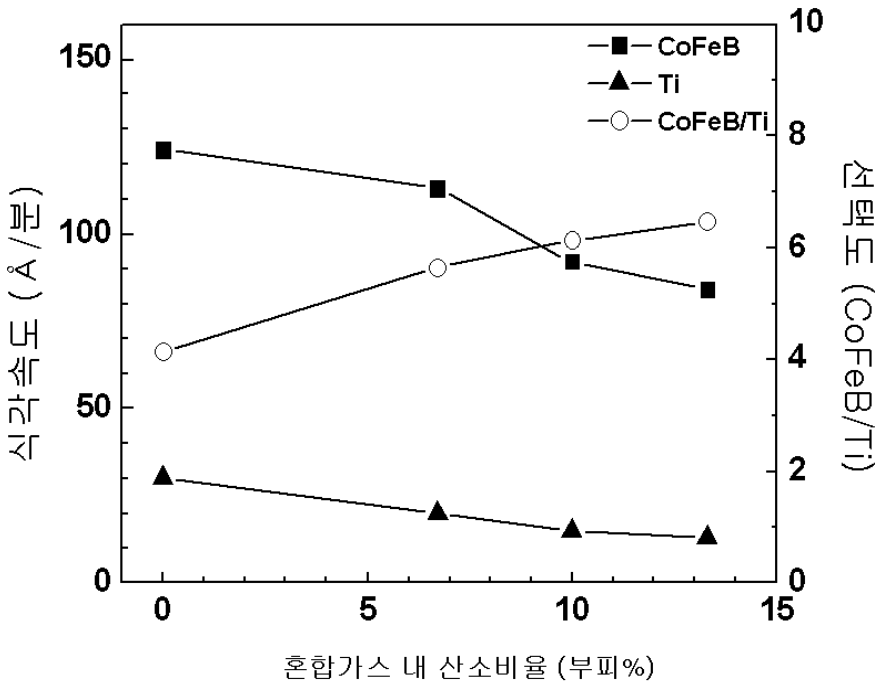
도면6


2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
14
12
10
8
6
4
2
0
0
20
40
60
80
100
FePt
TiN
FePt/TiN
식각속도 (Å/분)
선택도 (FePt/TiN)
혼합가스 내 메탄가스비율 (부피%)

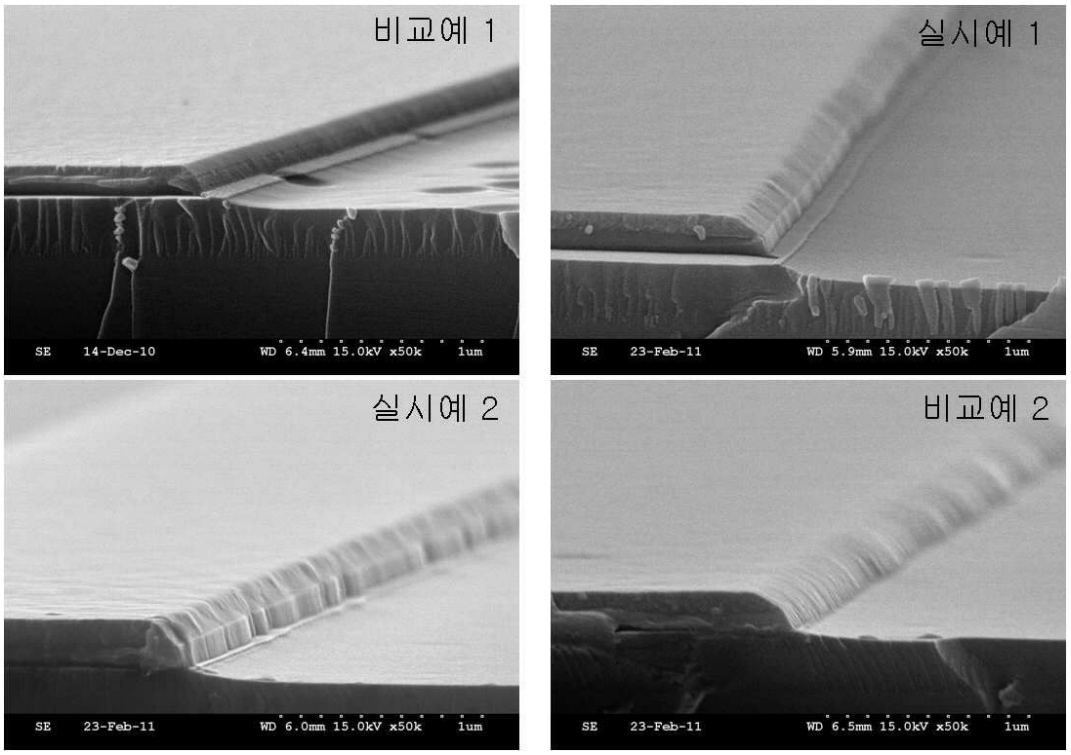
도면7


Ar 100%
CH4 20%/Ar 80%
CH4 40%/Ar 60%
CH4 60%/Ar 40%
CH4 80%/Ar 20%

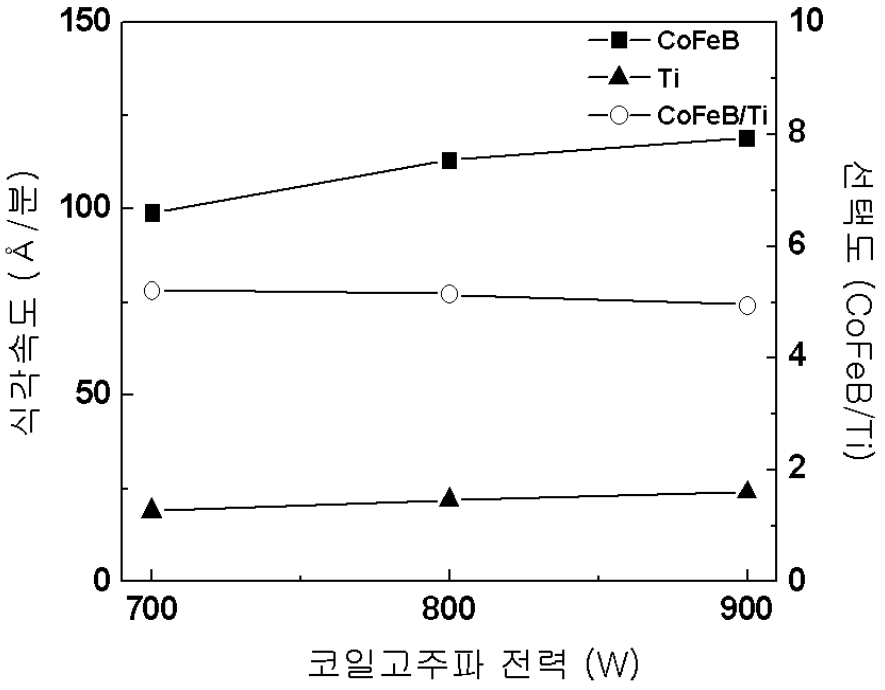
도면8


CoFeB
Ti
CoFeB/Ti
150
100
50
0
10
8
6
4
2
0
0
5
10
15
식각속도 (Å/분)
선택도 (CoFeB/Ti)
혼합가스 내 산소비율 (부피%)

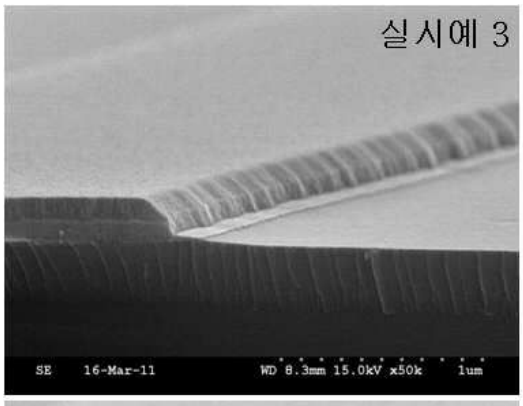
도면9

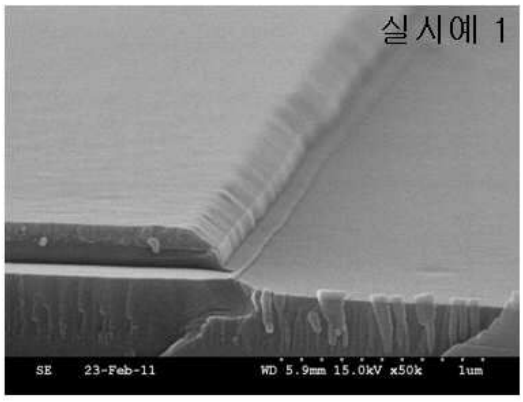

비교예 1
SE 14-Dec-10 WD 6.4mm 15.0kV x50k 1um
실시예 1
SE 23-Feb-11 WD 5.9mm 15.0kV x50k 1um
실시예 2
SE 23-Feb-11 WD 6.0mm 15.0kV x50k 1um
비교예 2
SE 23-Feb-11 WD 6.5mm 15.0kV x50k 1um

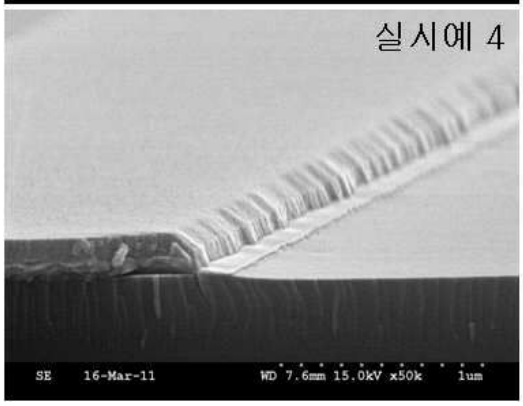
도면10


150
100
50
0
10
8
6
4
2
0
CoFeB
Ti
CoFeB/Ti
식각속도 (Å/분)
선택도 (CoFeB/Ti)
700
800
900
코일고주파 전력 (W)

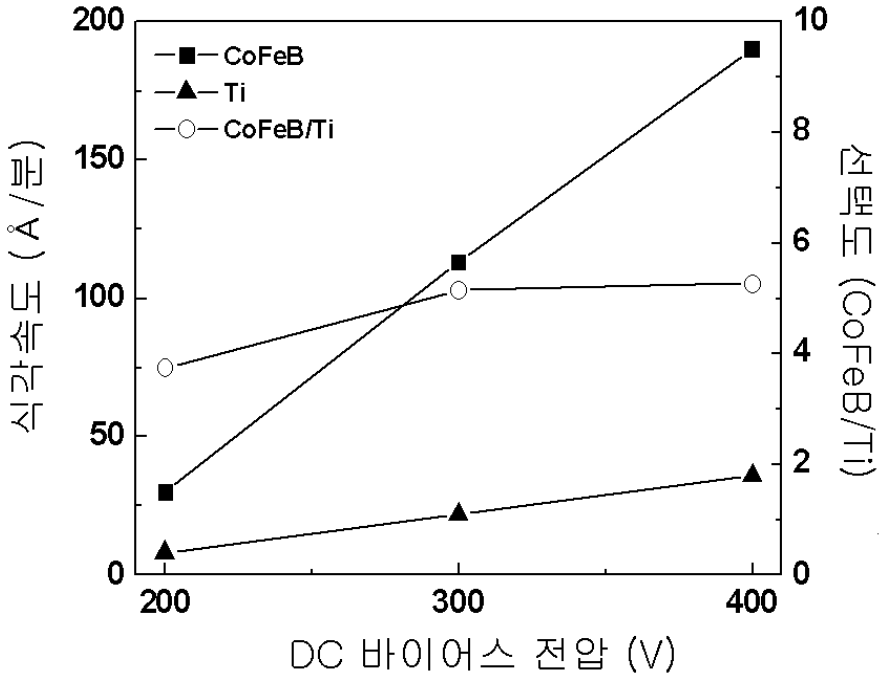
도면11


실시예 3
SE 16-Mar-11 WD 8.3mm 15.0kV x50k 1um

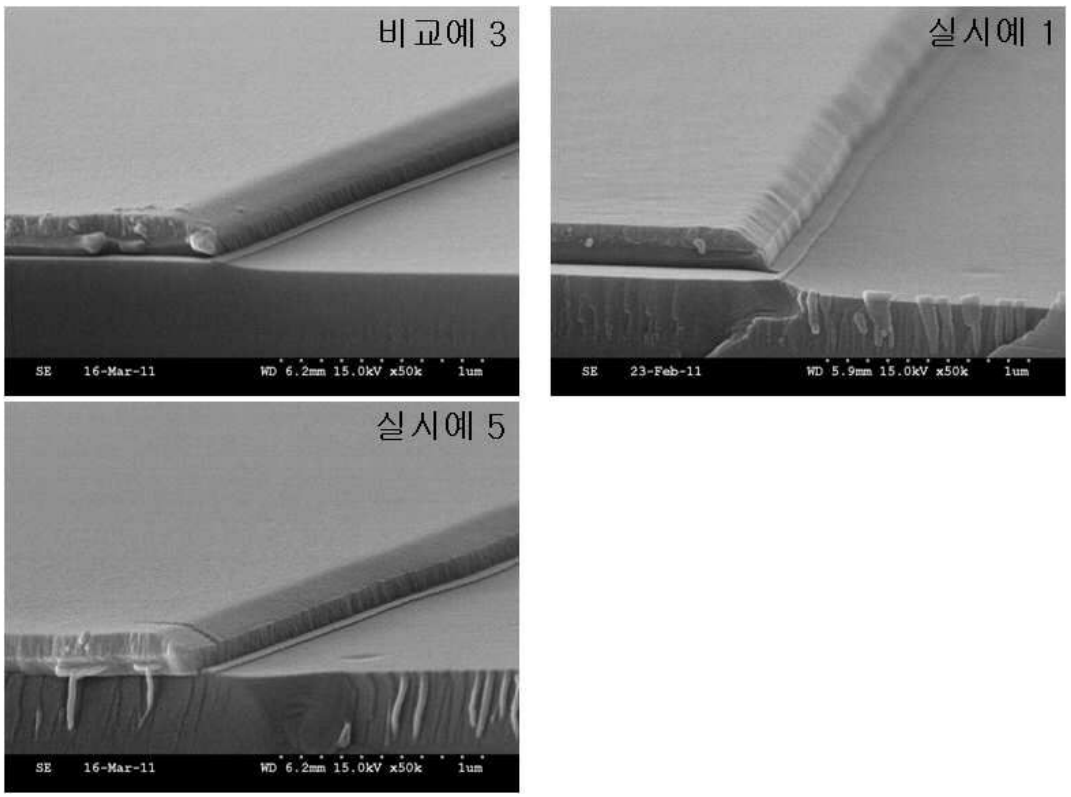

실시예 1
SE 23-Feb-11 WD 5.9mm 15.0kV x50k 1um


실시예 4
SE 16-Mar-11 WD 7.6mm 15.0kV x50k 1um

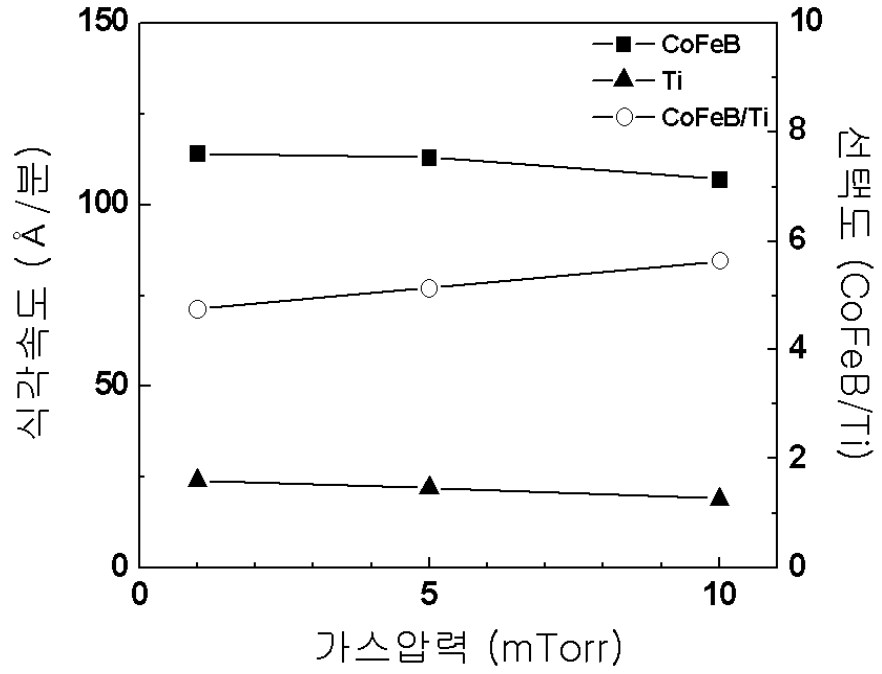
도면12


200
150
100
50
0
10
8
6
4
2
0
CoFeB
Ti
CoFeB/Ti
식각속도 (Å/분)
선택도 (CoFeB/Ti)
200
300
400
DC 바이어스 전압 (V)

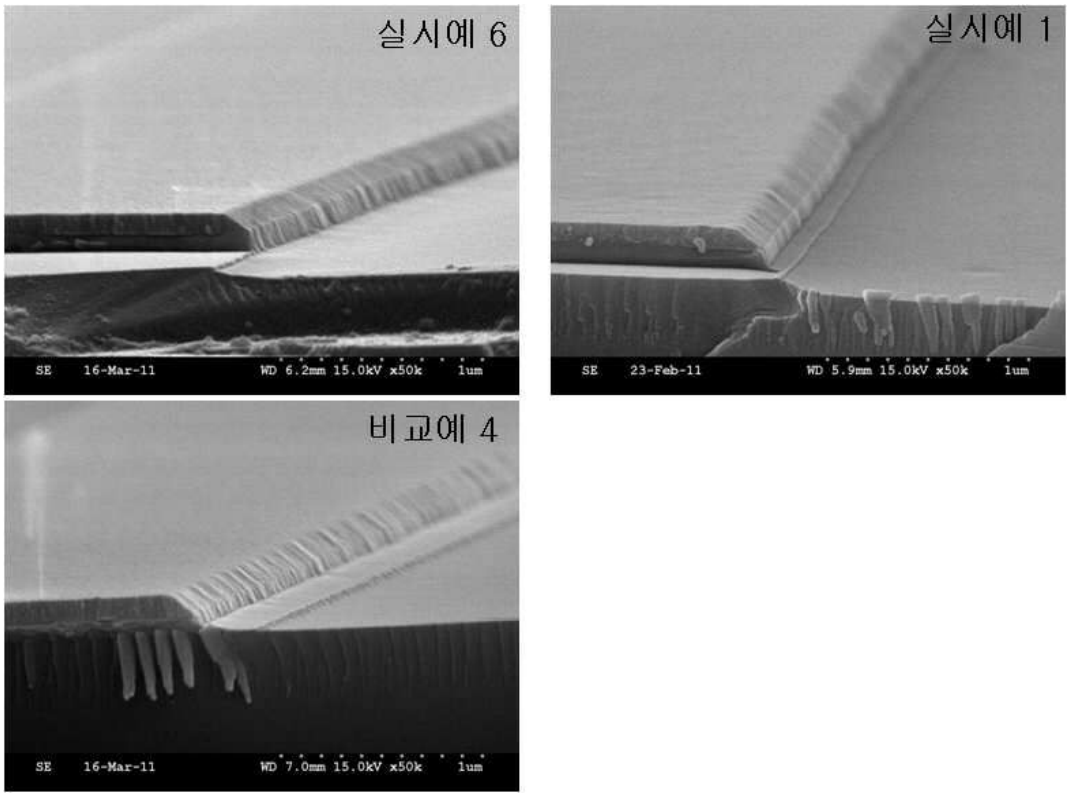
도면13


비교예 3
SE 16-Mar-11 WD 6.2mm 15.0kV x50k 1um
실시예 1
SE 23-Feb-11 WD 5.9mm 15.0kV x50k 1um
실시예 5
SE 16-Mar-11 WD 6.2mm 15.0kV x50k 1um

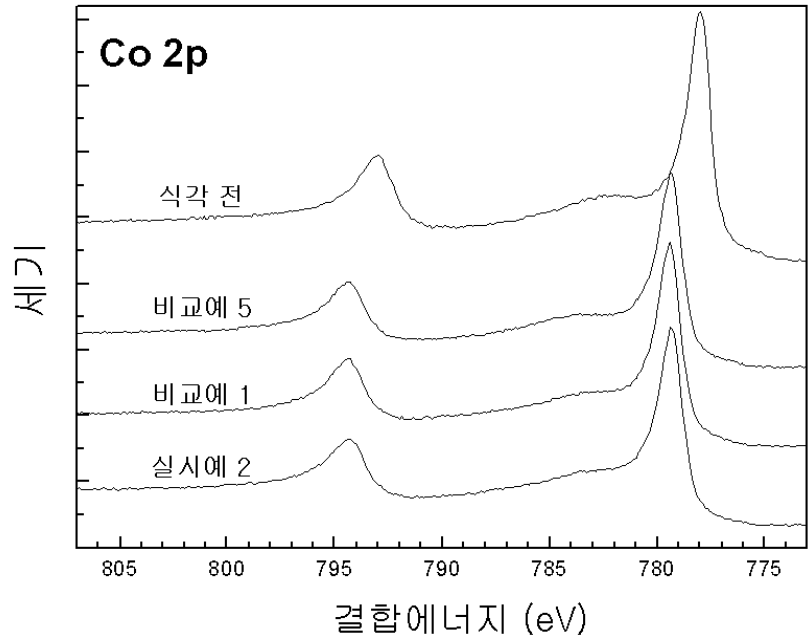
도면14


150
100
50
0
0
5
10
10
8
6
4
2
0
CoFeB
Ti
CoFeB/Ti
식각속도 (Å/분)
선택도 (CoFeB/Ti)
가스압력 (mTorr)

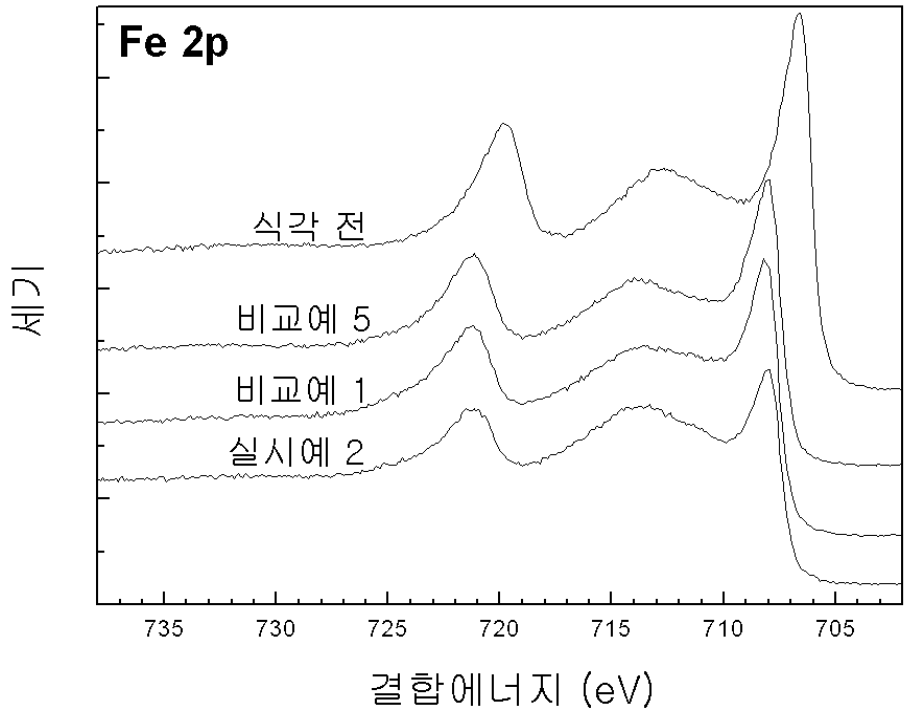
도면15


실시예 6
SE 16-Mar-11 WD 6.2mm 15.0kV x50k 1um
실시예 1
SE 23-Feb-11 WD 5.9mm 15.0kV x50k 1um
비교예 4
SE 16-Mar-11 WD 7.0mm 15.0kV x50k 1um

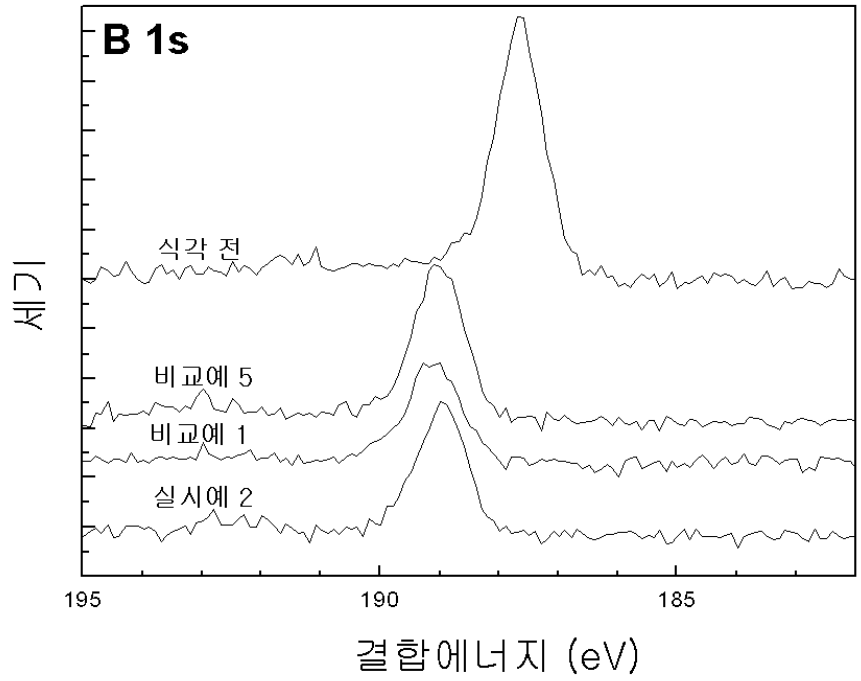
도면16


Co 2p
식각 전
비교예 5
비교예 1
실시예 2
805
800
795
790
785
780
775
세기
결합에너지 (eV)

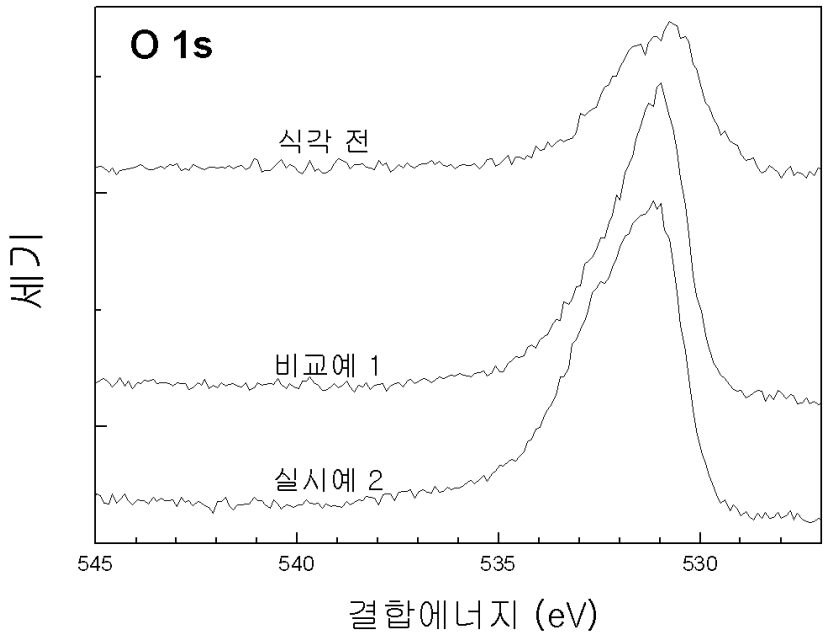
도면17


Fe 2p
식각 전
비교예 5
비교예 1
실시예 2
735
730
725
720
715
710
705
세기
결합에너지 (eV)

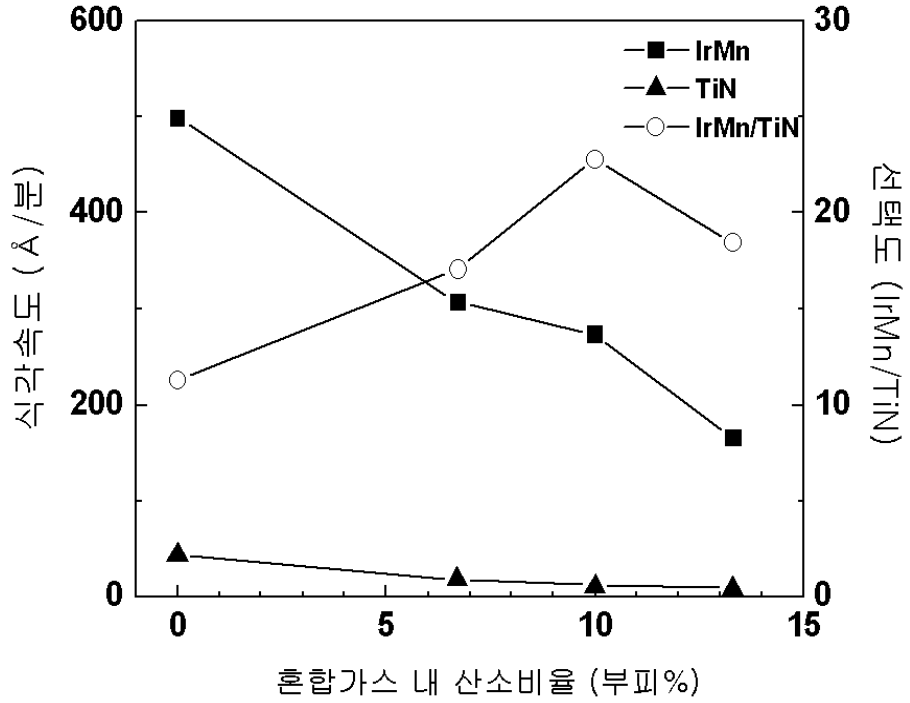
도면18


B 1s
식각 전
비교예 5
비교예 1
실시예 2
세기
195
190
185
결합에너지 (eV)

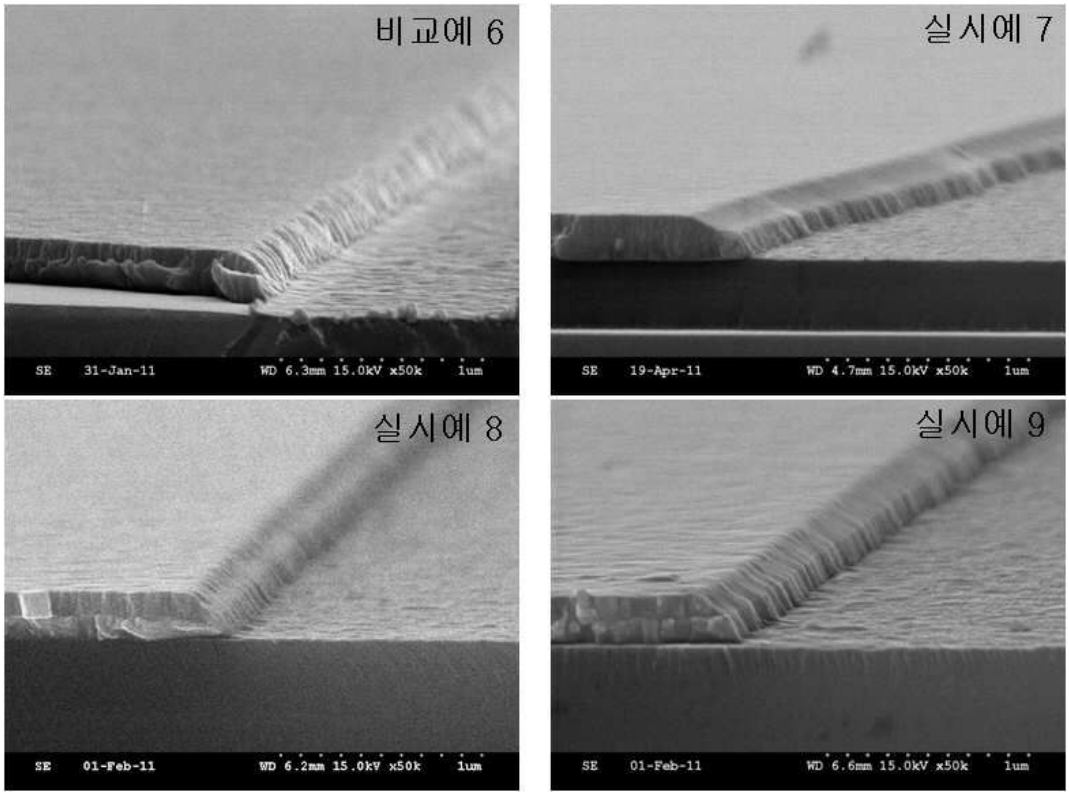
도면19


O 1s
식각 전
비교예 1
실시예 2
세기
545
540
535
530
결합에너지 (eV)

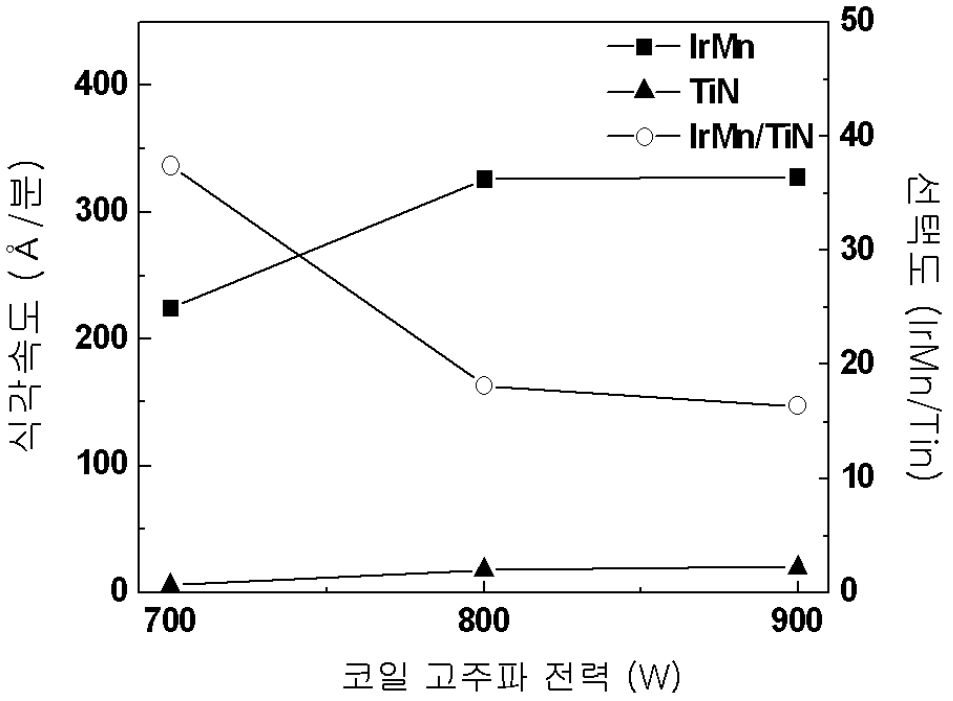
도면20


600
400
200
0
30
20
10
0
0
5
10
15
IrMn
TiN
IrMn/TiN
식각속도 (Å/분)
선택도 (IrMn/TiN)
혼합가스 내 산소비율 (부피%)

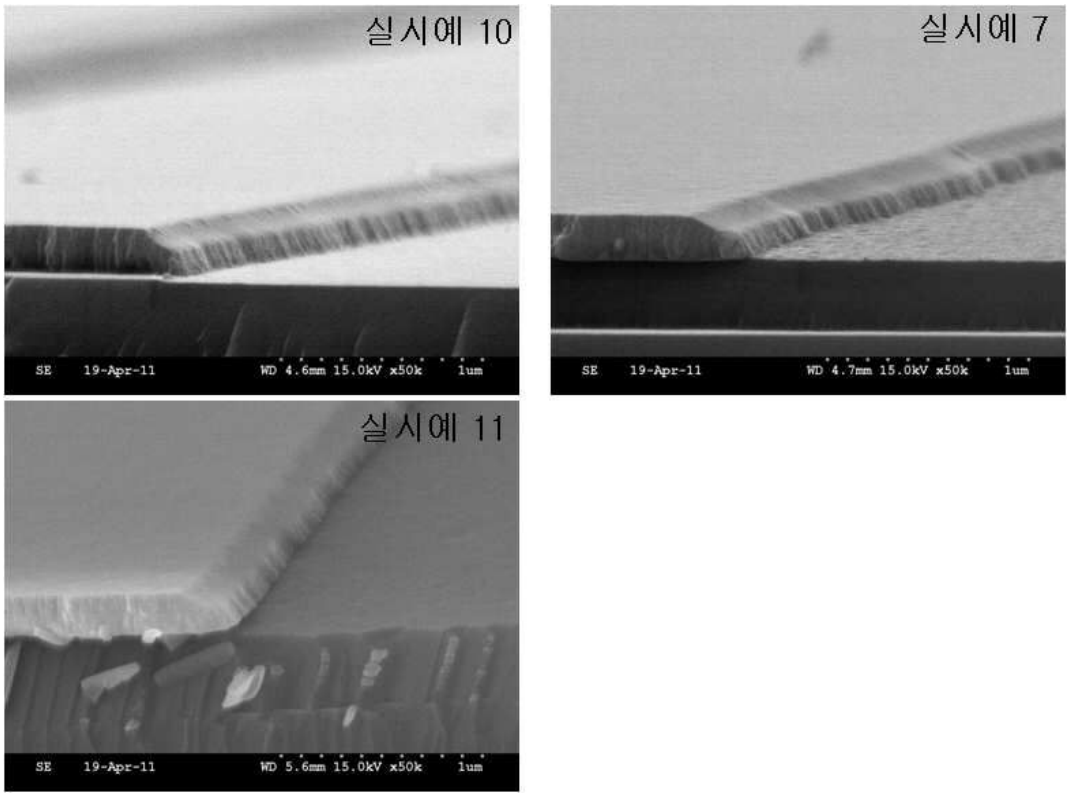
도면21


비교예 6
실시예 7
실시예 8
실시예 9

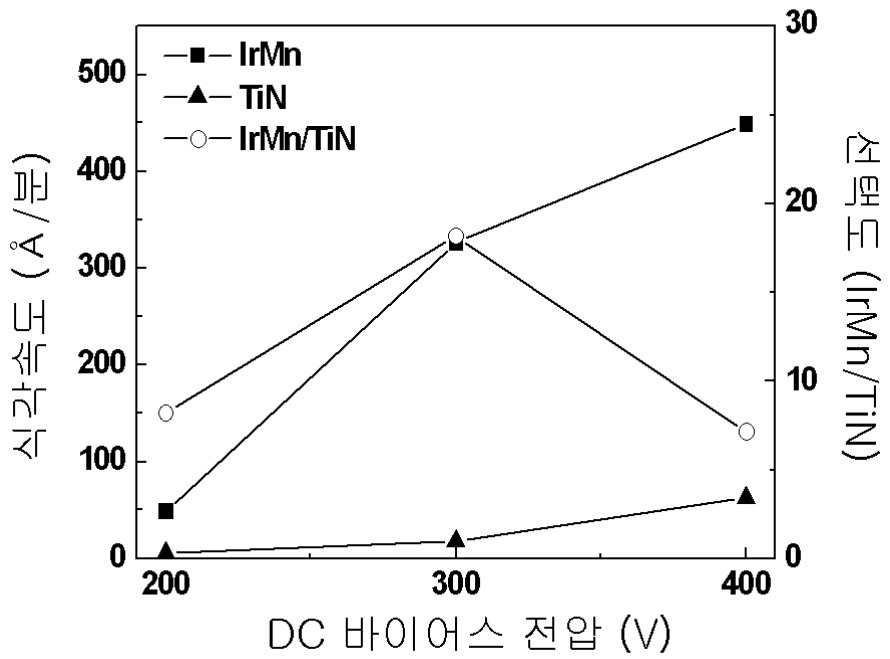
도면22


IrMn
TiN
IrMn/TiN
400
300
200
100
0
50
40
30
20
10
0
700
800
900
식각속도 (Å/분)
선택도 (IrMn/Tin)
코일 고주파 전력 (W)

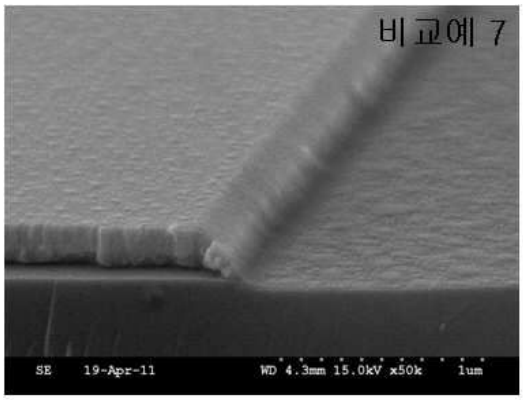
도면23

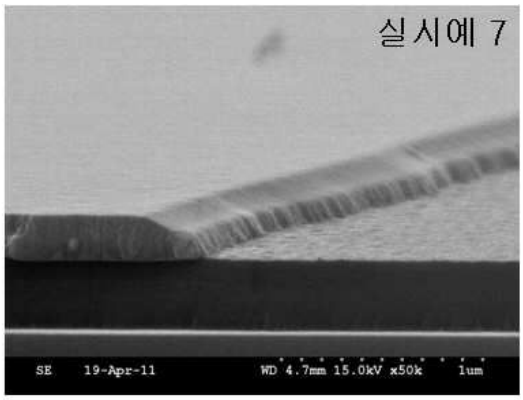

실시예 10
SE 19-Apr-11 WD 4.6mm 15.0kV x50k 1um
실시예 7
SE 19-Apr-11 WD 4.7mm 15.0kV x50k 1um
실시예 11
SE 19-Apr-11 WD 5.6mm 15.0kV x50k 1um

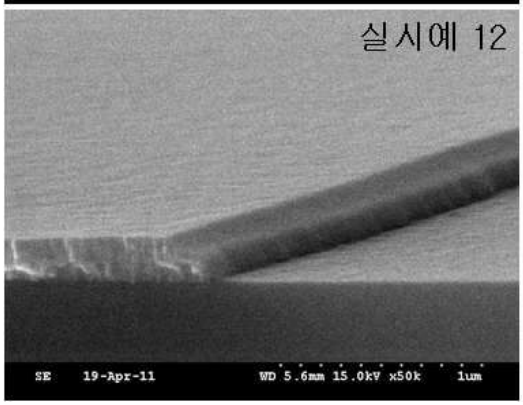
도면24


IrMn
TiN
IrMn/TiN
500
400
300
200
100
0
30
20
10
0
200
300
400
식각속도 (Å/분)
선택도 (IrMn/TiN)
DC 바이어스 전압 (V)

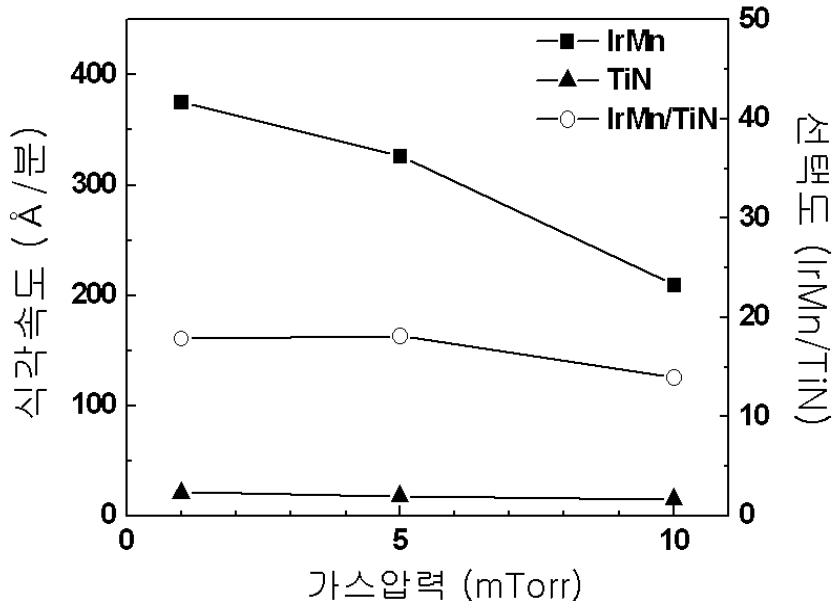
도면25


비교예 7
SE 19-Apr-11 WD 4.3mm 15.0kV x50k 1um

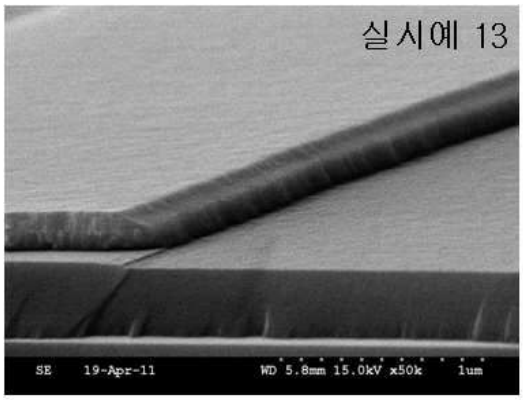

실시예 7
SE 19-Apr-11 WD 4.7mm 15.0kV x50k 1um

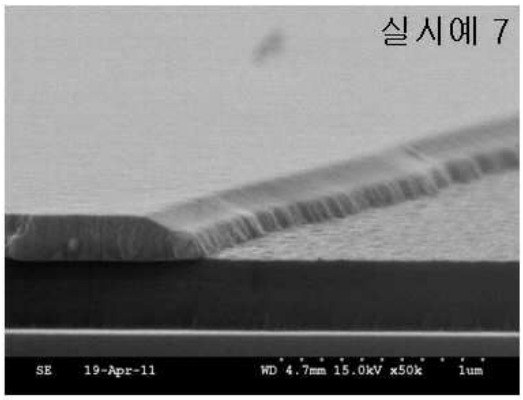

실시예 12
SE 19-Apr-11 WD 5.6mm 15.0kV x50k 1um

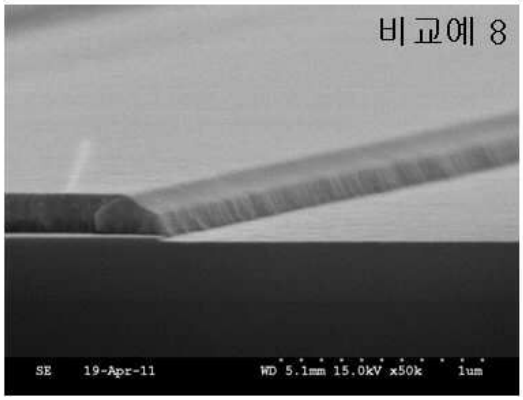
도면26


IrMn
TiN
IrMn/TiN
식각속도 (Å/분)
선택도 (IrMn/TiN)
가스압력 (mTorr)
0
100
200
300
400
0
10
20
30
40
50
0
5
10

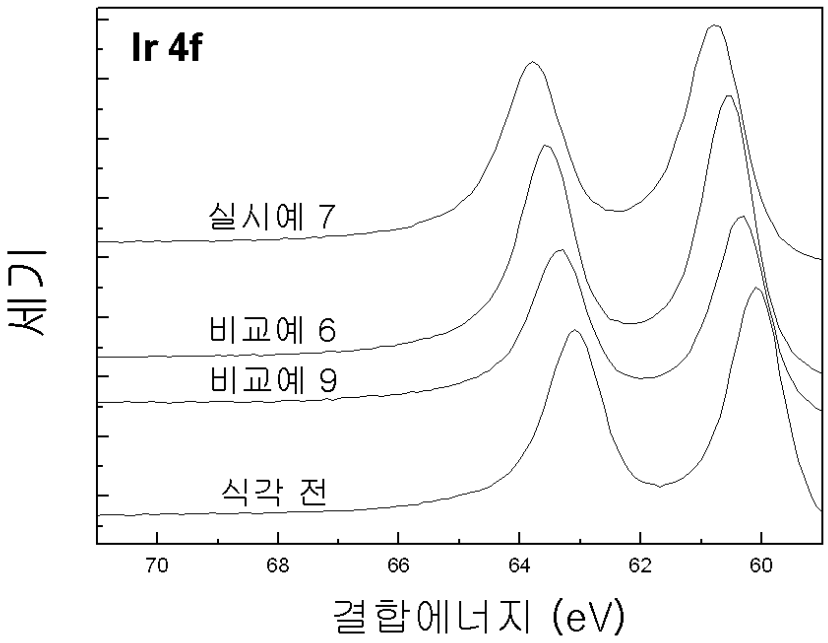
도면27


실시예 13
SE 19-Apr-11 WD 5.8mm 15.0kV x50k 1um

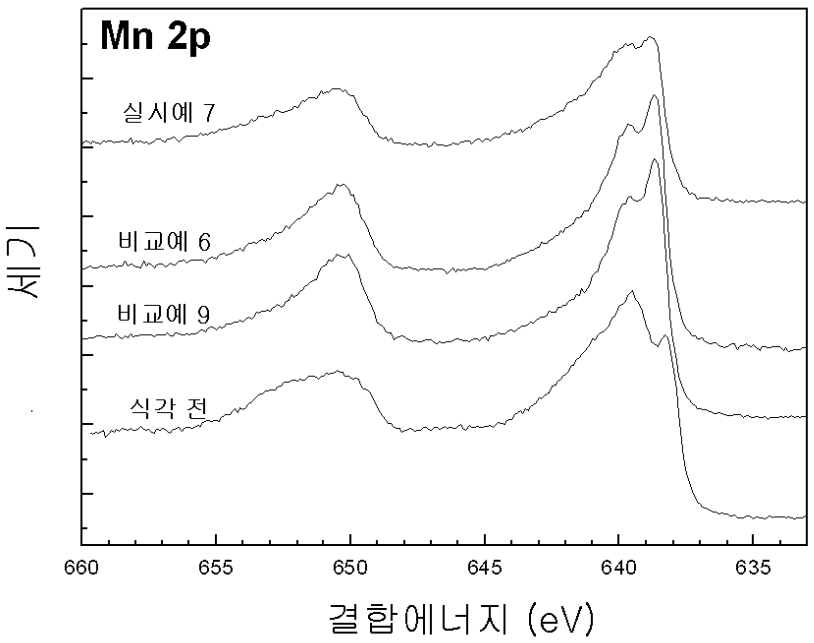

실시예 7
SE 19-Apr-11 WD 4.7mm 15.0kV x50k 1um


비교예 8
SE 19-Apr-11 WD 5.1mm 15.0kV x50k 1um

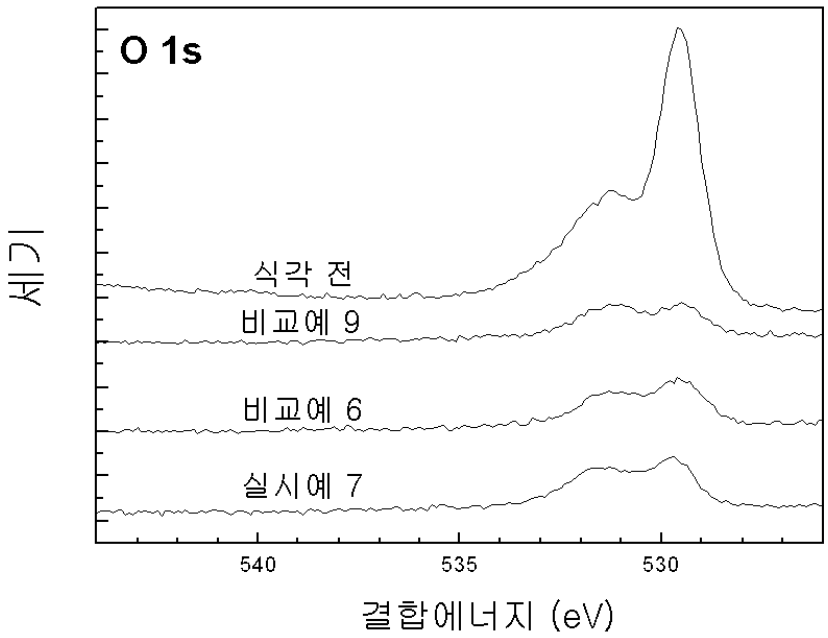
도면28


Ir 4f
실시예 7
비교예 6
비교예 9
식각 전
세기
70
68
66
64
62
60
결합에너지 (eV)

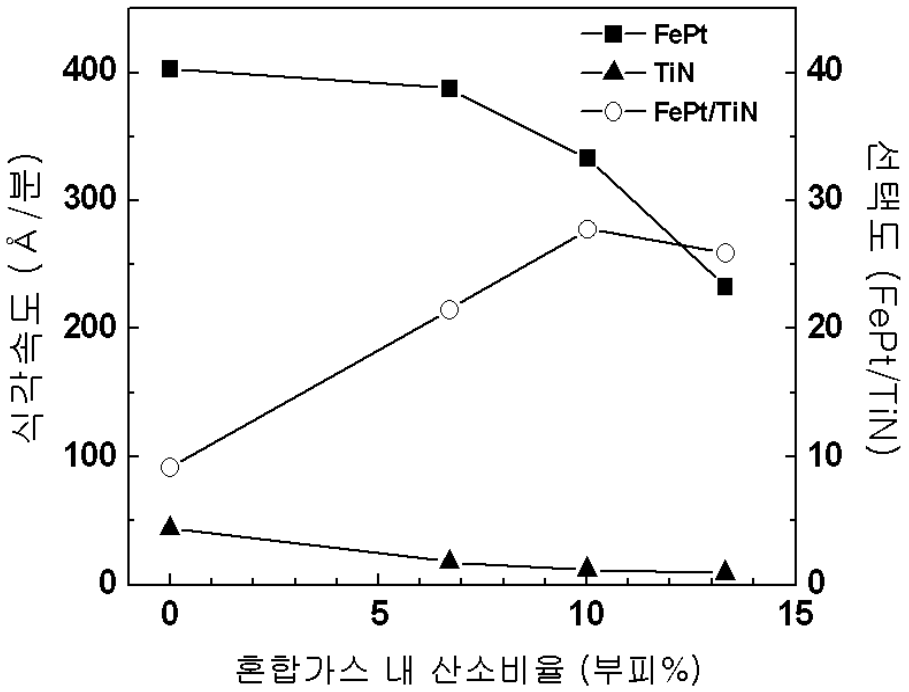
도면29


Mn 2p
실시예 7
비교예 6
비교예 9
식각 전
세기
660
655
650
645
640
635
결합에너지 (eV)

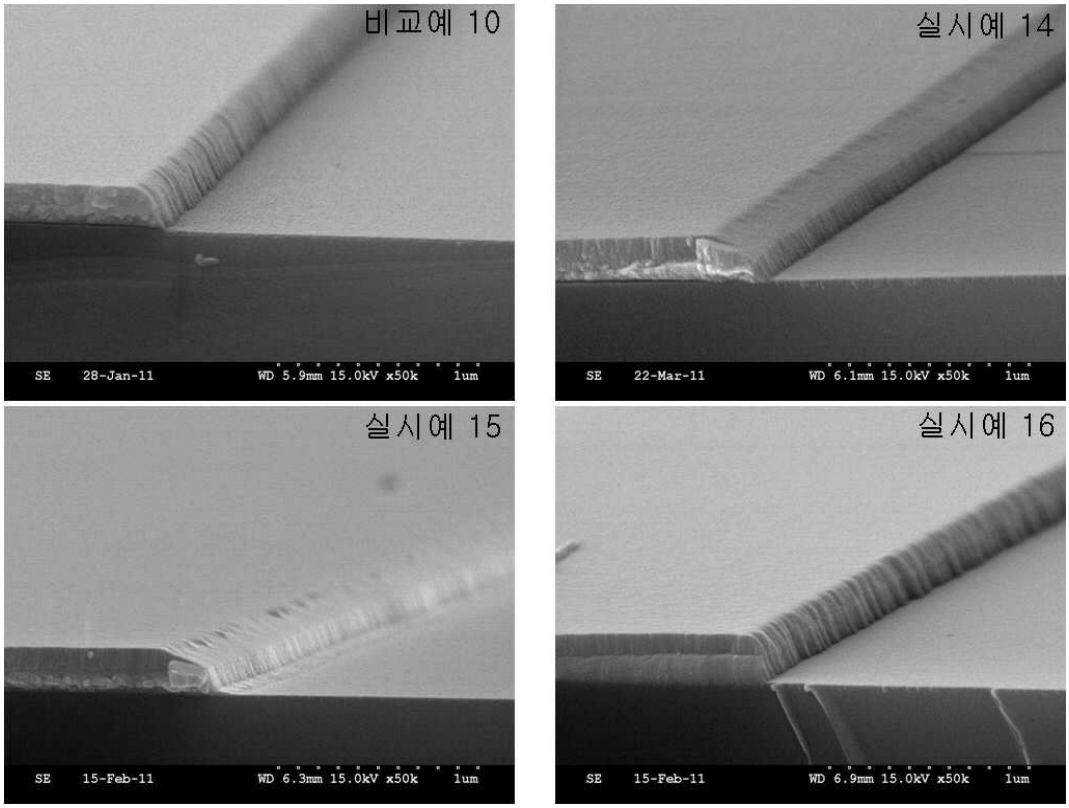
도면30


O 1s
세기
식각 전
비교예 9
비교예 6
실시예 7
540
535
530
결합에너지 (eV)

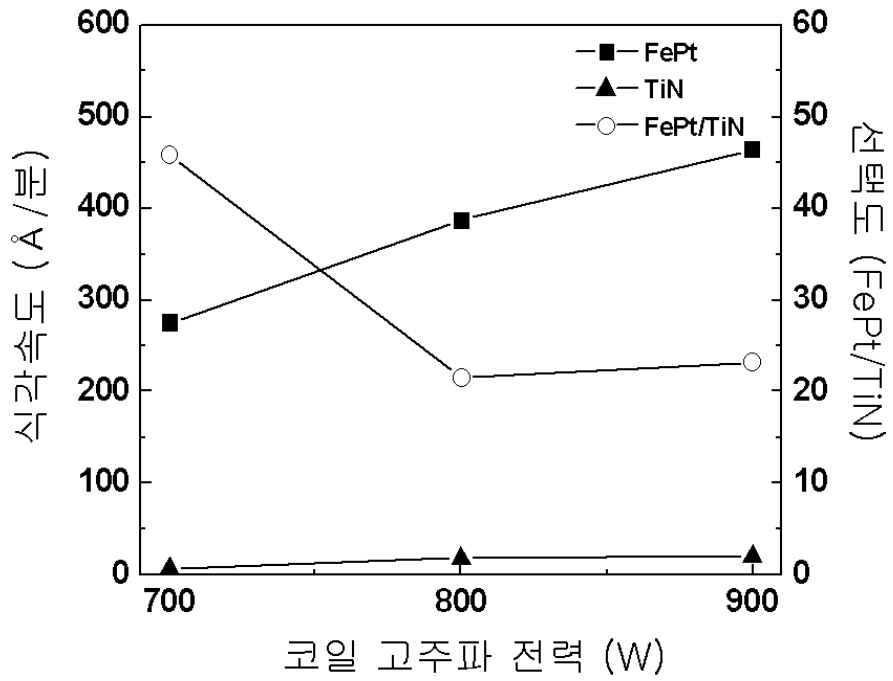
도면31


FePt
TiN
FePt/TiN
400
300
200
100
0
40
30
20
10
0
0
5
10
15
식각속도 (Å/분)
선택도 (FePt/TiN)
혼합가스 내 산소비율 (부피%)

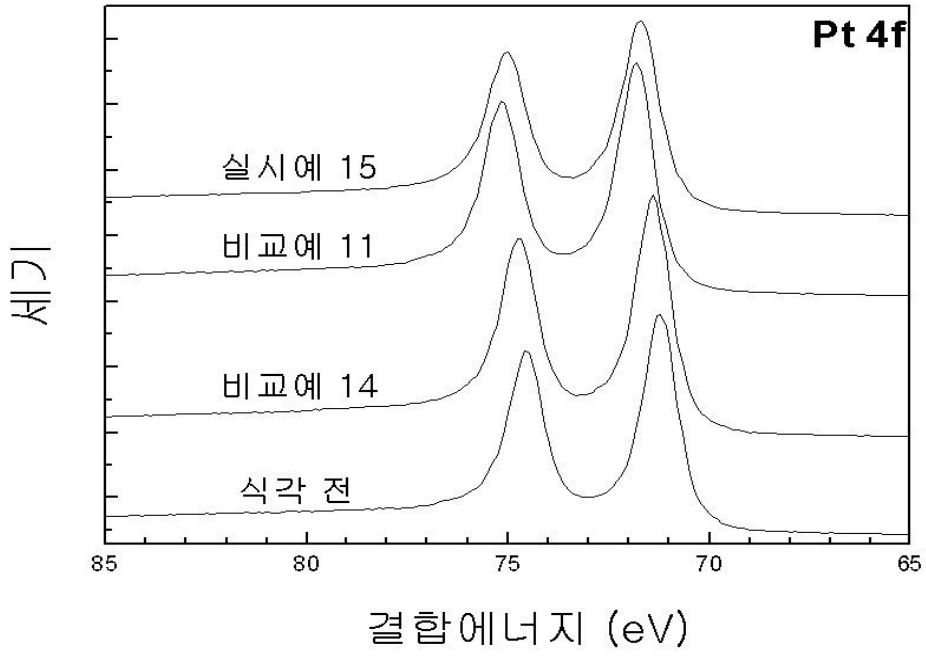
도면32


비교예 10
SE 28-Jan-11 WD 5.9mm 15.0kV x50k 1um
실시예 14
SE 22-Mar-11 WD 6.1mm 15.0kV x50k 1um
실시예 15
SE 15-Feb-11 WD 6.3mm 15.0kV x50k 1um
실시예 16
SE 15-Feb-11 WD 6.9mm 15.0kV x50k 1um

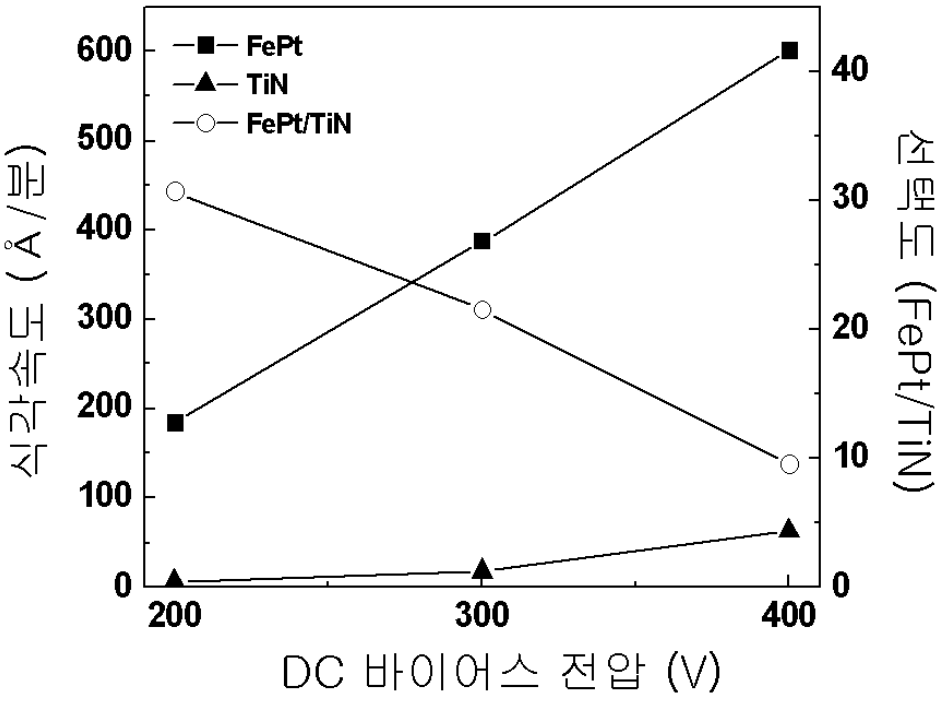
도면33


600
500
400
300
200
100
0
60
50
40
30
20
10
0
700
800
900
FePt
TiN
FePt/TiN
식각속도 (Å/분)
선택도 (FePt/TiN)
코일 고주파 전력 (W)

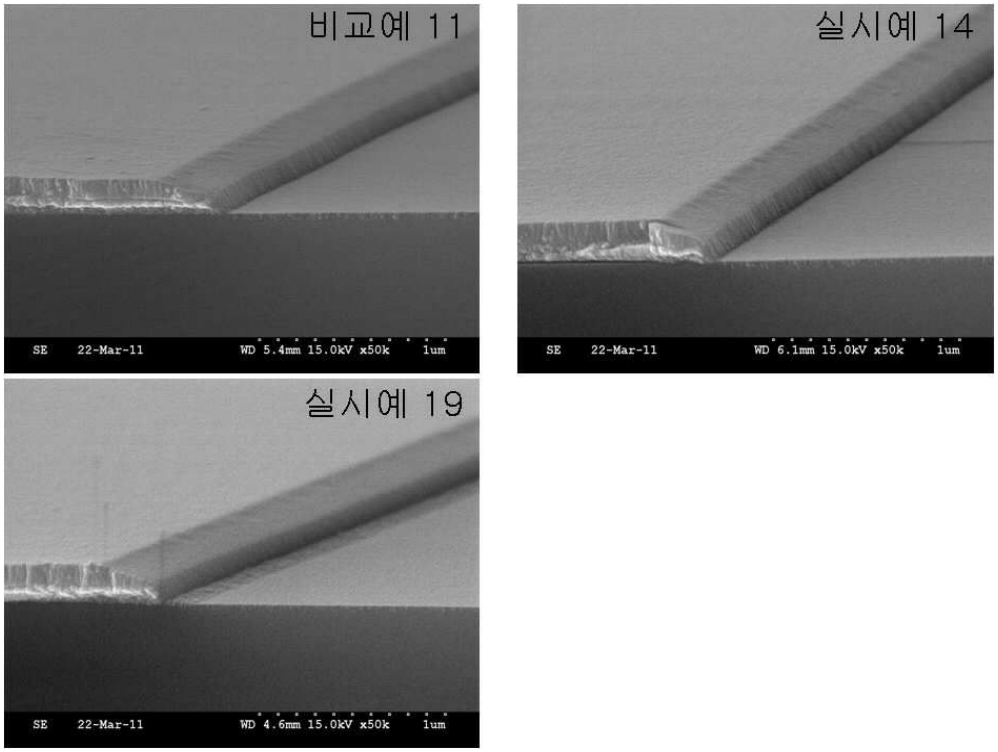
도면34


Pt 4f
실시예 15
비교예 11
비교예 14
식각 전
세기
85
80
75
70
65
결합에너지 (eV)

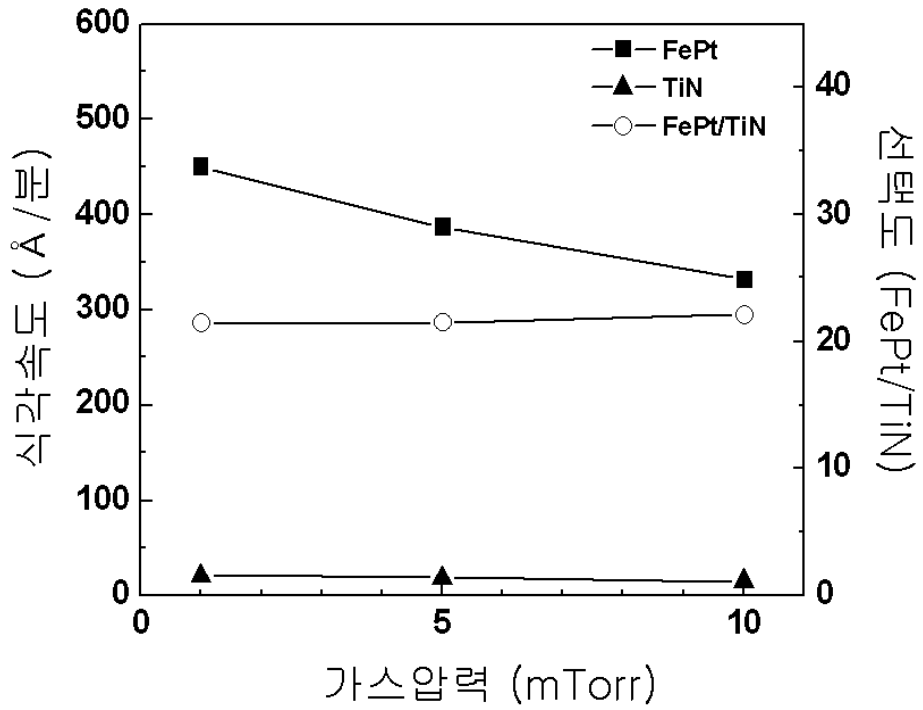
도면35


FePt
TiN
FePt/TiN
식각속도 (Å/분)
선택도 (FePt/TiN)
600
500
400
300
200
100
0
40
30
20
10
0
200
300
400
DC 바이어스 전압 (V)

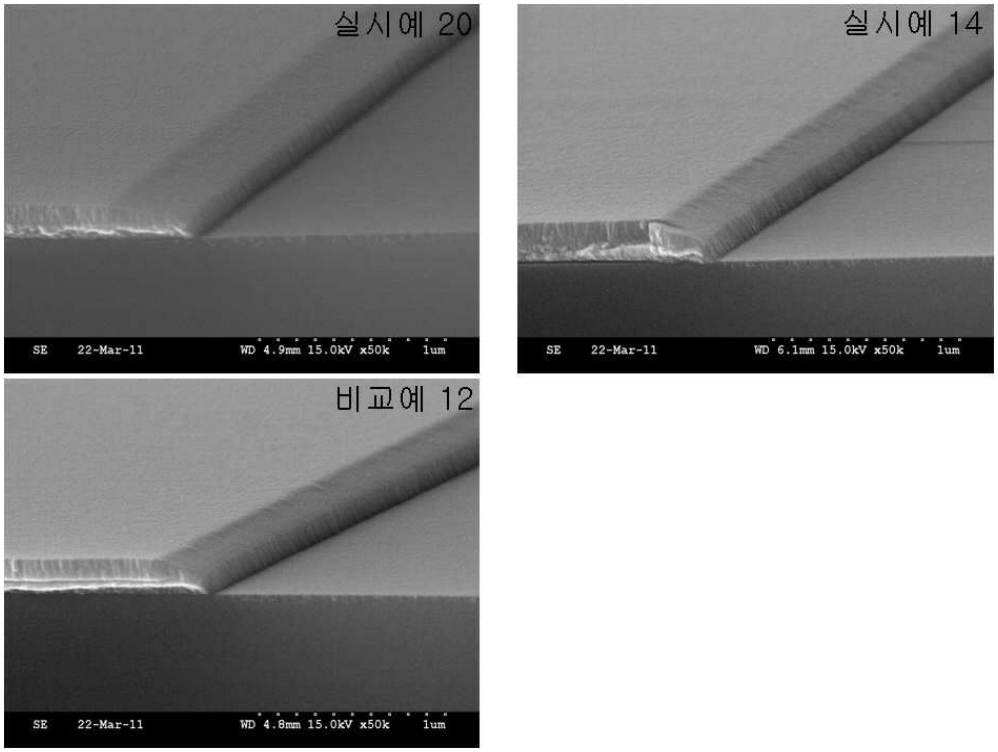
도면36


비교예 11
SE 22-Mar-11 WD 5.4mm 15.0kV x50k 1um
실시예 14
SE 22-Mar-11 WD 6.1mm 15.0kV x50k 1um
실시예 19
SE 22-Mar-11 WD 4.6mm 15.0kV x50k 1um

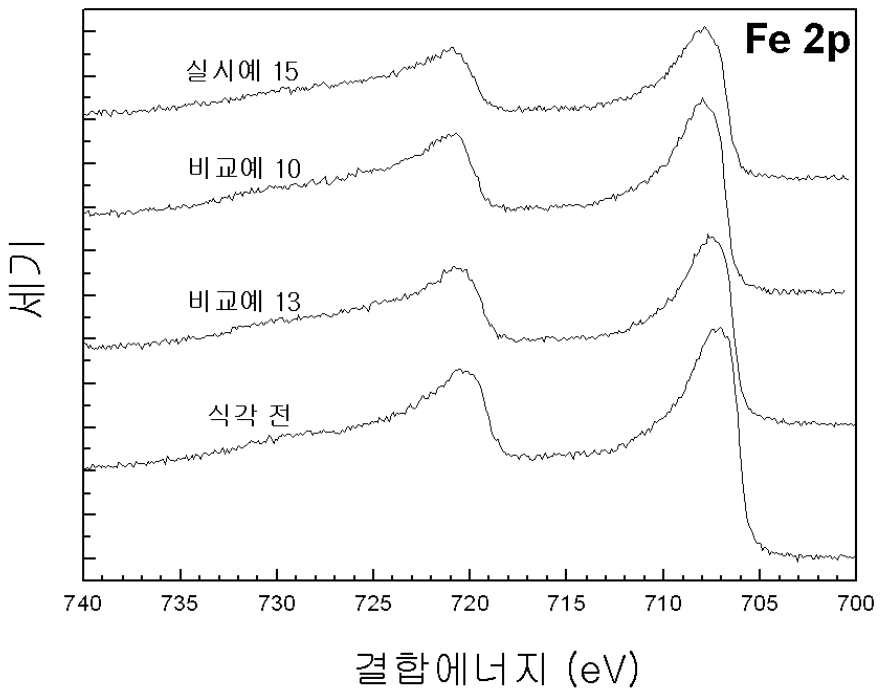
도면37


FePt
TiN
FePt/TiN
식각속도 (Å/분)
선택도 (FePt/TiN)
가스압력 (mTorr)
600
500
400
300
200
100
0
40
30
20
10
0
0
5
10

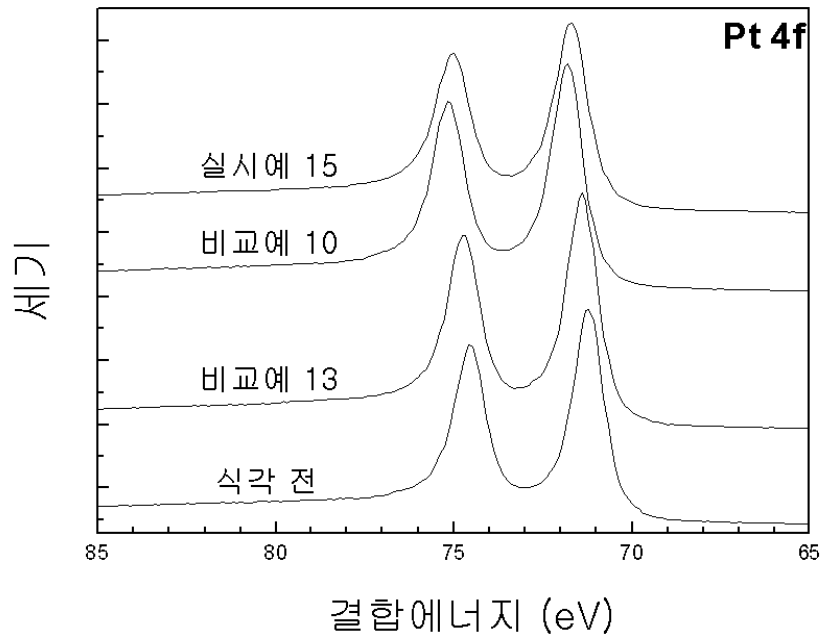
도면38


실시예 20
SE 22-Mar-11 WD 4.9mm 15.0kV x50k 1um
실시예 14
SE 22-Mar-11 WD 6.1mm 15.0kV x50k 1um
비교예 12
SE 22-Mar-11 WD 4.8mm 15.0kV x50k 1um

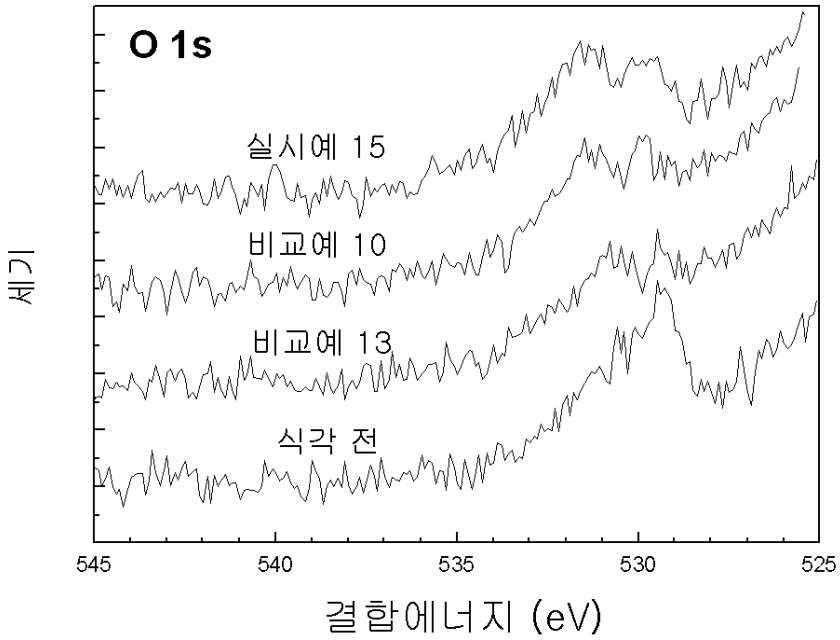
도면39


Fe 2p
실시예 15
비교예 10
비교예 13
식각 전
세기
740
735
730
725
720
715
710
705
700
결합에너지 (eV)

도면40


Pt 4f
실시예 15
비교예 10
비교예 13
식각 전
세기
85
80
75
70
65
결합에너지 (eV)

도면41


O 1s
실시예 15
비교예 10
비교예 13
식각 전
세기
545
540
535
530
525
결합에너지 (eV)