



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월19일

(11) 등록번호 10-1622568

(24) 등록일자 2016년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G11B 5/84 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7011703

(22) 출원일자(국제) 2009년10월15일

심사청구일자 2014년10월01일

(85) 번역문제출일자 2011년05월23일

(65) 공개번호 10-2011-0090943

(43) 공개일자 2011년08월10일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/060868

(87) 국제공개번호 WO 2010/048030

국제공개일자 2010년04월29일

(30) 우선권주장

12/255,833 2008년10월22일 미국(US)

12/255,865 2008년10월22일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2008226428 A\*

KR100790474 B1\*

JP2001192826 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자

나라마수, 옴카람

미국 95138 캘리포니아 샌어제이 벤틀리 릿지 드라이브 2339

버하버베케, 스티븐

미국 94107 캘리포니아 샌프란시스코 웨쉬 스트리트 139 #10

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남엔드남

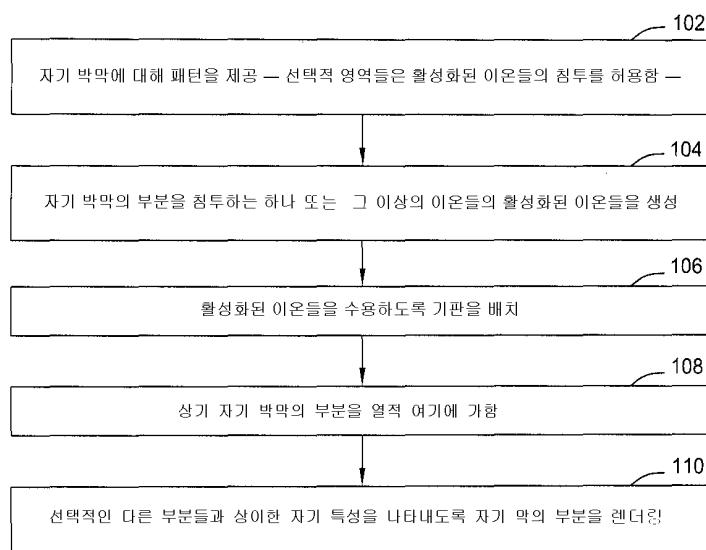
전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 황승희

(54) 발명의 명칭 활성화된 이온들을 이용한 자기 박막의 패터닝

**(57) 요약**

기판 상의 자기 박막을 패터닝하기 위한 방법은 상기 자기 박막에 대해 패턴을 제공하는 단계를 포함하고, 상기 패턴의 선택적 영역들은 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들의 침투를 허용한다. 선택적 영역들 및 상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분을 침투하기에 충분한 에너지를 갖는 활성화된 이온들이 생성된다. 상기 기판은 상기 활성화된 이온들을 수용하도록 배치된다. 상기 자기 박막의 부분은 열적 여기를 받을 수 있다. 상기 자기 박막의 부분들은 선택적인 다른 부분들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 제공된다. 매체의 양면 상에 자기 박막으로 자기 매체를 패터닝하기 위한 방법이 또한 개시된다.

**대 표 도 - 도1**

(72) 발명자

**포드, 마지드**

미국 94087 캘리포니아 써니베일 쉐라톤 드라이브  
640

**벤카테산, 마하링암**

미국 95129 캘리포니아 샌어제이 린브룩 웨이 1185

**크리쉬나, 네티 엠.**

미국 94087 캘리포니아 써니베일 플로이드 애브뉴  
1345

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기판 상의 박막을 패터닝하기 위한 방법으로서,

상기 기판 상에 자기 박막을 배치하는 단계;

활성화된(energized) 이온들의 침투를 허용하는 선택적 영역들을 갖는 패턴을 상기 자기 박막 위에 배치하는 단계;

상기 패턴을 그 위에 갖는 상기 기판을 챔버 내에 위치시키는 단계;

헬륨 및 봉소-함유 가스를 상기 챔버 내로 순차적으로 투입하는 단계 – 상기 헬륨 및 상기 봉소-함유 가스는 상기 기판 상에 배치된 상기 패턴의 선택적 영역들에 인접하는 상기 자기 박막의 부분들 내로 활성화된 헬륨 및 봉소 이온들을 주입하기 위해 플라즈마로 순차적으로 이온화되고, 상기 주입 동안 상기 기판은 1kV 내지 11kV의 범위 내에서 바이어싱됨 –;

상기 자기 박막의 선택적인 다른 부분들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 상기 선택적 영역들에 인접하는 상기 자기 박막의 부분들을 렌더링하는 단계를 포함하는,

기판 상의 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 패턴을 배치하는 단계는 상기 자기 박막에 근접하여 마스크를 위치시키는 단계를 포함하는,

기판 상의 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 마스크는 폴리비닐 알콜을 포함하는,

기판 상의 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 패턴을 배치하는 단계는:

상기 자기 박막의 표면 상에 레지스트를 증착하는 단계;

상기 레지스트 내에 오목부(depression)들을 생성하기 위하여 상기 레지스트를 3차원 패턴을 갖는 몰드와 접촉시키는 단계 – 상기 오목부들은 박막 레지스트(thin resist)의 영역들 및 후막 레지스트(thick resist)의 영역들을 생성하며, 상기 박막 레지스트는 활성화된 이온들의 침투를 허용하는 상기 선택적 영역들에 대응함 –; 및

상기 레지스트를 경화시키는 단계

를 포함하는,

기판 상의 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 활성화된 이온들은 상기 자기 박막과 접촉하기 위하여 상기 박막 레지스트를 침투하기에 충분한 에너지를 갖는,

기판 상의 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 레지스트를 제거하는 단계를 더 포함하는,

기판 상의 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 레지스트는 열가소성 나노임프린트(nanoimprint) 리소그래피 또는 포토 나노임프린트 리소그래피를 이용하여 상기 자기 박막의 표면 상에 증착되고 경화되는,

기판 상의 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 패턴을 상기 자기 박막 상에 배치하는 단계는 상기 기판의 양면 상에 패턴을 배치하는 단계를 포함하는,

기판 상의 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 9

기판 상의 자기 박막을 패터닝하기 위한 방법으로서,

상기 자기 박막 상에 패턴을 배치하는 단계 – 상기 패턴의 선택적 영역들은 하나 또는 그 초파의 원소들의 활성화된 이온들이 상기 자기 박막의 부분들과 접촉하도록 허용함 –;

상기 패턴의 상기 선택적 영역들 및 상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분을 침투하기에 충분한 에너지를 갖는 하나 또는 그 초파의 원소들의 활성화된 이온들을 생성하는 단계;

상기 활성화된 이온들이 상기 자기 박막과 접촉하도록 상기 기판을 상기 활성화된 이온들에 노출시키는 단계;

상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분을 열적 여기에 가하는 단계; 및

상기 자기 박막의 선택적인 다른 부분들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 상기 선택적 영역들에 인접하는 상기 자기 박막의 부분들을 랜더링하는 단계를 포함하는,

기판 상의 자기 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분을 열적 여기에 가하는 단계는, 상기 자기 박막의 선택적인 다른 부분들을 열적 여기에 가하는 단계를 더 포함하는,

기판 상의 자기 박막을 패터닝하기 위한 방법.

#### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 자기 박막의 상기 선택적인 다른 부분들을 열적 여기에 가하는 단계 이전에 상기 선택적인 다른 부분들에 대한 상기 패턴을 제거하는 단계를 더 포함하는,  
기판 상의 자기 박막을 패터닝하기 위한 방법.

### 청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 패턴을 배치하는 단계는 상기 자기 박막의 상부에 레지스트를 코팅하는 단계 및 상기 패턴의 상기 선택적 영역들에 대응하는 복수의 돌출부(projection)들을 갖는 몰드로 임프린트하는 단계를 포함하며, 상기 임프린트하는 단계는 상기 레지스트 내에 오목부를 생성하고, 상기 오목부는 폭 및 깊이를 갖고, 상기 오목부를 둘러싸는 레지스트는 적어도 상기 오목부의 깊이만큼 높은 레지스트 두께를 가지며, 상기 오목부를 둘러싸는 상기 레지스트 두께는 상기 오목부를 둘러싸는 상기 레지스트를 통한 활성화된 이온들의 침투를 실질적으로 방지하기에 충분한,

기판 상의 자기 박막을 패터닝하기 위한 방법.

### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분을 열적 여기에 가하는 단계는, 레이저 어닐링, 플래시 어닐링, 급속 열 어닐링, 또는 마이크로파 에너지 인가에 의해 상기 자기 박막을 가열하는 단계를 포함하는,  
기판 상의 자기 박막을 패터닝하기 위한 방법.

### 청구항 15

제 9 항에 있어서,

상기 패턴을 배치하는 단계는, 상기 자기 박막의 상부에 레지스트를 코팅하는 단계 및 상기 패턴의 상기 선택적 영역들에 대응하는 복수의 돌출부들을 갖는 몰드로 임프린트하는 단계를 포함하는,

기판 상의 자기 박막을 패터닝하기 위한 방법.

### 청구항 16

삭제

### 청구항 17

삭제

### 청구항 18

삭제

### 청구항 19

삭제

### 청구항 20

삭제

### 청구항 21

삭제

### 청구항 22

삭제

**청구항 23**

삭제

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

**발명의 설명****기술 분야**

[0001]

본 발명은 일반적으로 자기 박막의 패터닝에 관한 것이고, 보다 구체적으로는, 활성화된 이온들을 이용하여 자기 기록 매체의 자기 박막을 패터닝하는 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002]

컴퓨터용의 더 높은 밀도의 정보 저장 매체에 대한 필요성이 항상 존재한다. 현재, 보편적인 저장 매체는 하드 디스크 드라이브(HDD)이다. HDD는 디지털로 인코딩된 데이터를 자기 표면들을 갖는 빠르게 회전하는 디스크들 상에 저장하는 비휘발성 저장 디바이스이다. 디스크들은 중앙의 홀을 갖는 원형이다. 디스크들은 비자기 물질, 일반적으로 유리 또는 알루미늄으로 제조되고, 코발트-기반 합금 박막들과 같은 자기 박막들로 한 면 또는 양면에 코팅된다. HDD들은 특정한 두 방향들 중 하나로 자기 막(magnetic film)의 영역들을 자화함으로써 데이터를 기록하여, 막에서 이진 데이터 저장을 가능하게 한다. 저장된 데이터는 막의 자화된 영역들의 방향을 검출함으로써 판독된다.

[0003]

전형적인 HDD 디자인은 판독-기록 헤드들로 하여금 하나 또는 그 이상의 디스크들의 한 면 또는 양면에 액세스하도록 허용할 만큼 충분히 이격된 하나 또는 그 이상의 디스크들을 보유하는 스픈들(spindle)로 구성된다. 디스크들은 디스크들 내의 중앙 홀들로 삽입되는 클램프들에 의해 스픈들에 고정된다. 디스크들은 매우 빠른 속도로 회전된다. 정보는 디스크가 판독-기록 헤드들을 지나 회전할 때 디스크상에 기록되고 디스크로부터 판독된다. 헤드들은 자기 박막의 표면에 매우 인접하여 이동한다. 판독-기록 헤드는 판독-기록 헤드 바로 아래에 있는 물질의 자화를 검출 및/또는 수정하기 위해 사용된다. 스픈들 상의 각각의 자기 디스크 표면에 대해 하나의 헤드가 존재한다. 아암은 스픈들 디스크들을 가로질러 헤드들을 이동시키며, 각각의 헤드가 대응하는 디스크의 거의 전체 표면을 액세스하도록 허용한다.

[0004]

종래의 자기 매체에서, 각각의 비트 셀은 랜덤하게 분산된 복수의 자기 그레인들을 포함한다. 이상적으로는, 복수의 자기 그레인들은 개선된 기록-능력, 신호대잡음비(SNR) 및 열적 안정성을 제공하기 위하여 서로로부터 물리적으로 분리된다.

[0005]

자기 기록 매체의 공중 밀도(aerial density)가 증가함에 따라, 제곱 인치 당 비트 셀들의 수는 증가한다. 이는 비트 셀의 크기를 감소시킨다. 천이를 효율적으로 측정하기 위하여, 자기 그레인들의 최소 수가 비트 셀에서 요구된다. 비트 셀의 크기가 감소함에 따라, 자기 그레인 크기는 비트 셀 내의 자기 그레인들의 최소수를 제공하도록 대응하여 감소되어야 한다. 자기 그레인들의 격리 및 자기 그레인 크기에 있어서의 감소가 낮은 노이즈를 보장하기 위해 개선된다면, 기록 밀도는 열적 교란(disturbance)들로 인해 제한될 것이다.

[0006]

기록 밀도의 향상을 위하여, 매체 상의 기록 셀 크기를 감소시키는 것이 바람직하고, 이는 매체로부터 생성되는 신호 자기장 강도에 있어서의 감소를 가져온다. 기록 시스템에 대해 요구되는 SNR을 만족시키기 위하여, 노이즈는 신호 강도에 있어서의 감소에 대응하여 감소되어야 한다. 매체 노이즈는 주로 자화 천이의 변동(fluctuation)에 의해 일어나며, 상기 변동은 자기 그레인들로 제조되는 자화 반전(reversal) 유닛의 크기에 비례한다. 따라서, 매체 노이즈를 감소시키기 위하여, 자기 그레인들 사이의 교환 상호작용을 방해함으로써 자기 그레인들을 고립시키는 것이 요구된다.

[0007]

하나의 고립된 자기 그레인의 자기 에너지는 그레인의 부피 및 자기 이방성(anisotropy) 에너지 밀도의 곱에 의해 주어진다. 자화 천이 폭을 감소시키기 위하여 매체 두께를 감소시키는 것이 바람직하다. 낮은 노이즈에 대

한 요건을 만족시키기 위하여 그레인 크기를 감소시키는 것이 또한 바람직하다. 감소된 자기 그레인 크기는 자기 그레인의 부피를 현저하게 낮추고, 또한 그레인의 자기 에너지를 현저하게 낮춘다. 자기 매체 내의 주어진 자기 그레인의 자기 에너지가 동작 온도(예, 실온)에서 열 에너지의 수백 배라면, 열 교란에 대한 저항은 충분한 것으로 간주된다. 그러나, 자기 그레인의 자기 에너지가 열 에너지의 수백 배 미만인 경우, 자기 그레인의 자화 방향이 열 교란에 의해 반전될 수 있는 가능성이 있고, 잠재적으로 기록된 정보의 손실에 이르게 한다.

[0008] 다양한 대안들이 열 교란들의 문제점을 극복하기 위해 제안되어 왔다. 하나의 대안은 높은 자기 이방성을 갖는 자기 물질을 이용하는 것이다. 이러한 자기 물질들은 자기 매체를 기록하기 위해 헤드로부터 더 높은 기록 포화 자기장을 필요로 한다. 또 다른 대안은 열 보조되는 기록을 이용하는 것이고, 여기서 상당히 이방성인 자기 물질이 사용되고 기록 부분은 기록 동안 광 방사에 의해 가열된다. 열은 자기 그레인들의 이방성 및 기록 포화 자기장을 낮춘다. 이는 종래의 자기 헤드를 이용한 자기 매체의 기록을 허용한다.

[0009] 공중 밀도가 증가함에 따라, 비트 셀 당 여전히 요구되는 자기 그레인들의 최소 수가 존재하며 얼마나 작은 자기 그레인이 실용적으로 성취될 수 있는지에 대한 제한이 존재한다.

[0010] 탐구되고 있는 대안의 자기 매체는 패터닝된 매체이고, 여기서 자기 부분들은 비-자기 부분들과 교번한다. 예를 들어, 비트 패터닝된 매체는 비-자기 부분들에 의해 둘러싸인 섬(island)들로써 자기 도메인을 정의하는 자기 부분들을 가질 수 있다. 트랙 패터닝된 매체는 예를 들어, 비-자기 부분들에 의해 분리된 자기 부분들의 중심 트랙을 가질 수 있다.

[0011] 다양한 대안들이 이러한 매체를 제조하기 위하여 제안되어 왔으나, 비용 효율적이고 큰 부피 제조와 호환가능한 방법을 찾아낼 필요성이 여전히 남아 있다. 본 개시내용의 실시예들이 발생되는 것은 이러한 문맥에서이다.

### 발명의 내용

[0012] 본 개시내용의 사상들 및 방법들은 자기 박막의 일부 부분들이 자기 박막의 다른 부분들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 렌더링(render)된, 자기 매체의 대용적(high volume) 제조를 허용한다.

[0013] 일 양상에서, 본 개시내용은 기판 상의 자기 박막을 패터닝하는 방법이다. 상기 방법은 자기 박막에 대해 패턴을 제공하는 단계— 상기 패턴의 선택적 영역들은 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들의 상기 자기 박막의 부분들을 통한 침투 및 이들 상부로의 충돌을 허용함 —를 포함한다. 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들은 상기 패턴의 선택적 영역들 및 상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분을 침투하기에 충분한 에너지로 생성된다. 기판은 활성화된 이온들을 수용하도록 배치된다. 상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분들은 상기 자기 박막의 선택적인 다른 부분들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 렌더링된다.

[0014] 다른 양상에서, 본 개시내용은 양면상에 자기 박막을 갖는 양면을 구비하는 자기 매체를 패터닝하기 위한 방법이다. 상기 방법은, 상기 자기 매체의 양면상에 있는 자기 박막에 대해 패턴을 제공하는 단계를 포함하며, 상기 패턴의 선택적 영역들은 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들의 상기 자기 박막의 부분들을 통한 침투 및 이들 상부로의 충돌을 허용한다. 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들은 상기 자기 매체의 양면상에서 상기 패턴의 선택적 영역들 및 상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분을 침투하기에 충분한 에너지로 생성된다. 자기 매체는 활성화된 이온들을 수용하도록 배치된다. 상기 자기 매체의 양면 상에서 상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분들은 상기 자기 박막의 선택적인 다른 부분들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 렌더링된다.

### 도면의 간단한 설명

[0015] 본 발명의 상기한 그리고 다른 양상들 및 특징들은 첨부 도면들과 결합하여 본 발명의 특정 실시예들의 다음 기재를 검토할 때 당업자에게 명백해질 것이고, 첨부 도면에서:

도 1은 본 개시내용의 예시적인 방법의 프로세스 흐름도이고;

도 2는 패턴으로서, 자기 박막에 대해 사용하기 위한 예시적인 마스크의 부분 평면도이고;

도 3은 자기 박막에 대해 배치된 패턴을 갖는 예시적인 레지스트이고;

도 4는 본 개시내용의 제1 디스크 홀더 장치를 보여주는, 본 개시내용과 함께 사용하기 위한 프로세스 챔버의 개략도이고;

도 5는 자기 박막에 대한 패턴의 단면 표현이고;

도 6은 이온 침투 후에, 자기 박막의 단면 표현이고;

도 7a 및 도 7b는 레지스트 및 자기 박막을 관통하는 헬륨 이온 침투 프로파일을 도시하며;

도 7c는 헬륨 이온 주입을 받지 않는 자기 막의 부분에 대한 자화 곡선을 도시하며;

도 7d는 헬륨 이온 주입을 받는 자기 막의 부분에 대한 자화 곡선을 도시하며;

도 8a 및 도 8b는 레지스트 및 자기 박막을 통한 봉소 이온 침투 프로파일을 도시하며;

도 8c는 봉소 이온 침투 이후의, 자기 박막 내의 봉소 및 코발트 이온들의 농도를 도시하며;

도 8d는 봉소 이온 주입을 받지 않는 자기 막의 부분에 대한 자화 곡선을 도시하며;

도 8e는 헬륨 이온 주입을 받는 자기 막의 부분에 대한 자화 곡선을 도시하며;

도 9a는 자기 박막을 통한 실리콘 이온 침투 프로파일을 도시하며;

도 9b는 실리콘 이온 주입 이후의, 자기 박막 내의 실리콘 이온들의 깊이 프로파일을 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016]

본 개시내용은, 이제 당업자가 본 개시내용을 실시할 수 있게 하기 위하여 본 개시내용의 설명 예들로서 제공되는, 도면들을 참조하여 세부적으로 기재될 것이다. 특히, 아래의 도면들 및 예들은 단일한 실시예로 본 개시내용의 범위를 제한하려는 것이 아니라, 다른 실시예들이 기재되거나 설명된 원소들의 일부 또는 모두의 교환의 방식으로 가능하다. 또한, 본 개시내용의 특정 원소들은 알려진 컴포넌트들을 이용하여 부분적으로 또는 완전히 구현될 수 있고, 이러한 알려진 컴포넌트들 중 본 개시내용의 이해를 위해 필요한 부분들만이 기재될 것이며, 이러한 알려진 컴포넌트들 중 다른 부분들의 상세한 기재들은 본 개시내용을 흐리지 않기 위하여 생략될 것이다. 본 명세서에서, 단일 컴포넌트를 보여주는 실시예는 제한으로 간주되지 않아야 하며; 오히려, 본 명세서에서 달리 명시적으로 언급되지 않으면, 본 개시내용은 복수의 동일 컴포넌트를 포함하는 다른 실시예들을 포괄하려는 것이며, 반대의 경우도 같다(vice-versa). 또한, 출원인들은 그와 같이 명백히 제시되지 않는 한, 상세한 설명 또는 청구범위에서의 임의의 용어가 일반적이지 않거나 특수한 의미에 속할 것을 의도하는 것이 아니다. 또한, 본 개시내용은 예시의 방식으로 본 명세서에서 언급되는 공지의 컴포넌트들에 대한 현재의 그리고 미래의 알려진 등가물들을 포함한다.

[0017]

일반적으로, 본 개시내용은 하나 또는 그 이상의 원소들의 이온들의 자기 박막의 부분들을 통한 침투 및 상기 자기 박막의 부분들에 대한 충돌을 허용하는 선택적 영역들을 갖는 패턴을 제공하는 것을 고려한다. 패턴의 선택적 영역들 및 상기 선택적 영역에 인접한 상기 자기 박막의 부분을 침투하기에 충분한 에너지를 갖는 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들이 생성된다. 기판은 상기 활성화된 이온들을 수용하도록 배치된다. 상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분들은 상기 자기 박막의 다른 부분들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 렌더링된다. 본 방법은 하드 디스크 드라이브 제조에 적용가능하며, 매우 높은 공중 밀도 정보 저장을 허용한다.

[0018]

현재 개시내용의 예시적인 방법은 도 1에 도시된다. 기판상에 자기 박막을 패터닝하기 위한 방법은 다음의 단계들을 포함한다: (1) 상기 자기 박막에 대해 패턴을 제공하는 단계 – 상기 패턴의 선택적 영역들은 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들의 침투를 허용함 –; (2) 상기 패턴의 선택적 영역들 및 상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분을 침투하기에 충분한 에너지를 갖는 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들을 생성하는 단계; (3) 상기 활성화된 이온들을 수용하도록 상기 기판을 배치하는 단계; 및 (4) 상기 자기 박막의 선택적인 다른 부분들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 상기 선택적 영역들에 인접한 상기 자기 박막의 부분들을 렌더링하는 단계.

[0019]

일 실시예에서, 이온들의 침투를 허용하는 선택적 영역들을 갖는 활성화된 이온들의 침투에 기여하지 않는 마스크가 패턴으로서 사용될 수 있다. 도 2는 패턴으로서 자기 박막에 대해 사용하기 위한 예시적인 마스크(200)의 부분 평면도를 도시한다. 예를 들어, 마스크(200)는 활성화된 이온들의 침투에 기여하지 않는 부분들(202) 및 활성화된 이온들의 침투에 기여하는 선택적 영역들(204)을 갖는 종합체 물질, 예를 들어, 폴리비닐 알콜(PVA) 물질로 제조될 수 있다. PVA 템플릿들을 생성하는 예시적인 방법은 미국 특히 제6,849,558호에 Schaper에 의해 기재되어 있고, 상기 특허는 본원에 참조에 의해 통합된다. Schaper의 교시들은 활성화된 이온들의 침투에 기

여하지 않는 부분들(202) 및 활성화된 이온들의 침투에 기여하는 선택적 영역들(204)을 갖는 마스크(200)를 생성하도록 적응될 수 있다. 예를 들어, 부분들(202)의 두께는 활성화된 이온들이 부분들(202)을 통해 완전히 침투하지 않도록 선택될 수 있다. 비록 부분들(202)이 원형으로 도시되었지만, 당업자가 이해하듯이, 부분들(202)의 형상 및 위치는 유리하게 선택될 수 있다. 예를 들어, 부분들(202)의 형상은 타원형, 정사각형, 직사각형, 또는 본원의 필요성에 따라 임의의 다른 형상일 수 있다.

[0020] 또 다른 실시예에서, 예를 들어 나노임프린트 리소그래피를 이용하여, 자기 박막 위에 레지스트가 코팅될 수 있고 레지스트 내에 패턴이 생성될 수 있다. 본 개시내용에 적용가능한 두 가지 주지된 타입들의 나노임프린트 리소그래피가 존재한다. 첫 번째는 열가소성 나노임프린트 리소그래피[T-NIL]이며, 이는 다음 단계들을 포함한다: (1) 열가소성 중합체 레지스트로 기판을 코팅하는 단계; (2) 목적하는 3차원 패턴을 갖는 몰드를 레지스트와 접촉시키고 규정된 압력을 가하는 단계; (3) 레지스트의 유리 천이 온도(glass transition temperature)를 초과하여 레지스트를 가열하는 단계; (4) 레지스트가 이것의 유리 천이 온도를 초과할 때 몰드가 레지스트로 가압되는 단계; (5) 레지스트를 냉각시키고 레지스트로부터 몰드를 분리하여, 목적하는 3차원 패턴을 레지스트에 남기는 단계.

[0021] 나노임프린트 리소그래피의 두 번째 타입은 포토 나노임프린트 리소그래피[P-NIL]이며, 이는 다음 단계들을 포함한다: (1) 광-경화가능한(photo-curable) 액체 레지스트가 기판에 부가되는 단계; (2) 목적하는 3차원 패턴을 갖는 투명 몰드가 기판과 접촉을 형성할 때까지 상기 몰드가 액체 레지스트에 가압되는 단계; (3) 액체 레지스트를 고체로 변환하기 위하여 액체 레지스트가 자외선 광으로 경화되는 단계; (4) 목적하는 3차원 패턴을 레지스트에 남기면서, 몰드가 레지스트로부터 분리되는 단계. P-NIL에서, 몰드는 용융 실리카와 같은 투명 물질로 제조된다.

[0022] 도 3은 나노임프린트 리소그래피 이후의 예시적인 패턴(300)의 단면 표현을 도시한다. 기판(330) 상의 자기 박막(320)상의 패터닝된 레지스트(310)는 상기 레지스트가 상당히 제거된 선택적 영역들(350)을 갖는 오목부(depression, 340)를 갖는 것으로 도시된다. 그러나, 선택적 영역들(350)은 자기 박막(320)의 표면을 덮는 소량의 레지스트가 남겨진다. 이는 나노임프린트 프로세스에 대해 전형적이다. 레지스트 패턴을 이온 주입을 위한 마스크로서 사용할 때, 주입 종들이 주입될 영역들에서 전체 레지스트 층이 제거될 필요는 없다. 그러나, 나머지 층은 주입종들에 대한 실질적인 배리어가 이를 통해 침투하게 하지 않을 만큼 충분히 얇아야 한다. 또한, 두꺼운 레지스트 및 얇은 나머지 레지스트를 갖는 영역들 사이의 대비는 두꺼운 레지스트를 갖는 영역들에서의 레지스트가 이온종들이 자기 박막에 도달하기 전에 이온 종들을 멈출 수 있도록 충분히 커야 한다. 대안적으로, 선택적 영역들(350)에 있는 얇은 나머지 레지스트는 디스cum(descum) 프로세스 또는 슬라이트 애쉬(slight ash) 프로세스 또는 임의의 다른 적절한 기술과 같은 이방성 레지스트 제거 프로세스를 이용하여 제거될 수 있다.

[0023] 나노임프린트 리소그래피에서, 임프린트 프로세스가 선택적 영역들(350)을 형성하도록 레지스트를 제거시킬 때, 오목부(340)에 대응하는 다수의 돌출부들을 갖는 몰드가 레지스트와 접촉하게 되고 압력이 가해질 때 제거되는 레지스트의 양을 제어할 필요가 있다. 전형적으로, 스템핑 프로세스 동안 제거되는 레지스트의 양을 제어하기 위하여, 오목부(340)의 폭(w)은 오목부(340)의 깊이(d)와 거의 동일한 치수일 수 있고 레지스트의 높이(h)는 적어도 오목부(340)의 깊이(d)만큼 높다. 만약 오목부(340)의 깊이(d)가 오목부(340)의 폭(w)보다 실질적으로 더 높다면, 변위되는 레지스트의 양은 매우 커서 몰드로부터의 패턴을 레지스트(310)로 정확하게 전사하는 것이 비현실적일 수 있다.

[0024] 나노임프린트 리소그래피 프로세스는 완전한(full) 디스크 나노임프린트 방식을 이용하여 구현될 수 있고, 여기서 몰드는 하나의 전체 표면을 임프린트하기에 충분히 크다. 대안적으로, 스템 앤드 리피트(step and repeat) 임프린트 프로세스가 사용될 수 있다. 바람직한 실시예에서, 전체 디스크 방식(full disk scheme)이 사용된다. 나노임프린트 프로세스는 또한 한번에 양면에 대해 수행될 수 있다. 예를 들어, 디스크는 먼저 양면 상에 레지스트 층으로 코팅될 수 있다. 그 후, 디스크는 압력을 받고, 이 경우 몰드들은 디스크의 양면에 대해 가압되어 디스크의 양면 상에 목적하는 패턴을 동시에 임프린트한다.

[0025] 종래의 포토리소그래피 프로세스들이 또한 사용될 수 있고, 이 경우 포토레지스트는 디스크들 상에 스피닝(spinning)되고, 마스크를 통한 레지스트의 노광 및 노광된 레지스트의 현상이 후속된다.

[0026] 패터닝 이후에, 디스크들은 선택적 영역들(350)에 인접한 자기 박막(320)의 부분들로의 활성화된 이온들의 침투 및 총들을 허용하는 패턴의 선택적 영역들(350)을 갖는 레지스트의 패턴을 가진다. 선택적 영역들(350) 이외의 레지스트의 부분들, 예를 들어, 부분(360)은 활성화된 이온들의 투과를 방지하기에 충분한 두께를 가지고, 이에

의해, 활성화된 이온들이 자기 박막 상에 충돌하는 것을 방지한다.

[0027] 만약 마스크(200)가 대신 사용되면, 마스크(200)는 자기 박막에 인접하여 배치되고 마스크(200)의 선택적 영역들(204)은 마스크를 통한 활성화된 이온들의 침투 및 선택적 영역들(204)에 인접한 자기 박막의 부분들로의 충돌을 허용할 것이다. 일 실시예에서, 마스크(200)는 자기 박막에 인접하여 위치된다. 다른 실시예에서, 마스크(200)는 자기 박막 또는 코팅으로 덮인 자기 박막과 접촉하여 위치된다. 코팅은 마스크의 접착에 기여할 수 있다. 코팅은 또한 자기 박막 위에 보호성 코팅으로서 기능할 수도 있다. 코팅은 자기 박막 위에 보호성 코팅으로서 기능하는 탄소 층일 수 있다.

[0028] 이제 도 1을 다시 참조하면, 단계 104에서, 패턴의 선택적 영역들을 침투하고 선택적 영역들에 인접한 자기 박막의 부분들에 충돌하기에 충분한 에너지를 갖는 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들이 생성된다. 일 실시예에서, 진공 챔버가 제공되고 하나 또는 그 이상의 원소들의 화합물을 함유하는 하나 또는 그 이상의 가스들이 주입된다. 플라즈마는 고전압을 이용하여 점화되고 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들이 배출된다.

[0029] 단계 106에서, 활성화된 이온들을 수용하도록 기판이 배치된다. 일 실시예에서, 기판은 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들이 생성되는 진공 챔버 내에 배치된다. 일 실시예에서, 기판은 하나 또는 그 이상의 활성화된 이온들을 함유하는 플라즈마 내에 배치된다. 일 실시예에서, 기판은 활성화된 이온들을 유인하도록 바이어싱된다. 마스크(200)가 사용되면, 활성화된 이온들은 마스크(200)의 선택적 영역들(204)을 통해 통과하고 선택적 영역들(240)에 인접한 자기 박막의 부분들에 충돌한다. 레지스트(310)가 패턴으로서 사용되면, 활성화된 이온들은 선택적 영역들(350)을 통해 통과하고 선택적 영역들(350)에 인접한 자기 박막의 부분들에 충돌한다. 일 실시예에서, 활성화된 이온들이 선택적 영역들(350)에 인접한 자기 박막의 부분들로 침투한다. 일 실시예에서, 활성화된 이온들은 선택적 영역들(350)에 인접한 자기 박막의 부분들로 부분적으로 침투한다. 일 실시예에서, 활성화된 이온들은 선택적 영역들(350)에 인접한 자기 박막의 부분들로 상당량(substantially) 침투한다.

[0030] 일 실시예에서, 낮은 에너지들에서 많은 주입량을 제공하기 위해 플라즈마 이온 침윤(immersion) 주입이 사용될 수 있다. 스퍼터링된(sputtered) 자기 박막들은 전형적으로 단지 수십 나노미터 두께이므로, 낮은 이온 에너지들이 효과적이며 많은 양(dose)이 높은 처리량을 제공한다. 또한, 도 4로부터 명확한 것처럼, 디스크들의 양면의 플라즈마 이온 주입이 동시에 실행될 수 있다. 비록 이중 면 플라즈마 이온 주입이 바람직하더라도, 단일면 플라즈마 이온 주입이 본 개시내용의 사상을 이탈하지 않고 사용될 수 있다. 단일 면 플라즈마 이온 주입에서, 제1 면이 주입될 것이고, 그 후 디스크는 뒤집어질 것이고 제2 면이 주입될 것이다.

[0031] 디스크들을 취급하도록 구성된 플라즈마 이온 주입 툴(400)이 도 4에 도시되며, 상기 디스크들은 예를 들어, 자기 박막을 가지고, 자기 박막에 대한 패턴을 가지고, 자기 박막의 부분들을 통해 하나 또는 그 이상의 원소들의 활성화된 이온들의 침투 및 자기 박막의 부분들 상으로의 충돌을 허용하는 패턴의 선택적 영역들을 가지는 기판이다.

[0032] 도 4를 참조하면, 챔버(410)가 진공 펌프(420)에 의해 진공 하에 유지된다. 가스 공급부(430)가 파이프(432) 및 벨브(435)에 의해 챔버(410)에 연결된다. 하나를 초파하는 가스가 벨브(435)를 통해 공급될 수 있고 다수의 가스 공급부들 및 벨브들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 하나 또는 그 이상의 종(species) 엘리먼트들을 함유하는 도펜트(dopant) 가스들이 챔버(410)에 공급될 수 있다. 로드(440)는 디스크들(450)을 보유한다. 무선 주파수(RF) 전력 공급부(460)는 로드(440) 및 챔버(410)의 벽 사이에 연결된다. 챔버(410)의 벽은 전기 접지(electrical earth)에 연결된다. RF 전력 공급부에 부가하여, 직류(DC) 바이어스를 인가하기 위한 전력 공급부 및 임피던스 매칭 디바이스가 포함될 수 있다. 로드(440)는 이를 플라즈마로부터 보호하기 위하여 그라파이트 또는 실리콘으로 코팅될 수 있다. 또한, 로드 및 이의 표면은 로드와 디스크들 사이의 양호한 전기 접촉을 용이하게 하기 위하여 매우 전도성이다. 디스크들(450)은 클램프들(455) 또는 다른 수단을 이용하여 제자리에 고정될 수 있다; 클램프들(455)은 디스크들(450)을 제자리에 고정할뿐만 아니라 디스크들(450)과 로드(440) 사이에 양호한 전기 접속을 보장한다. 로드는 많은 디스크들(설명의 편의를 위해 단지 세 개의 디스크들(450)이 도시된다)을 운반하도록 구성된다. 또한, 챔버(410)는 동시에 플라즈마 이온 주입을 위한 디스크들로 로딩된 많은 로드들을 보유하도록 구성된다. 로드들(440)은 챔버(410) 내부 및 외부로 쉽게 이동된다.

[0033] 플라즈마 이온 주입 툴(400)에서의 디스크들의 처리는 다음과 같이 진행된다. 하나 또는 그 이상의 디스크들(450)이 로드(440) 상에 로딩된다. 로드(440)는 챔버로 로딩된다. 진공 펌프(420)는 목적하는 챔버 압력을 성취하도록 동작한다. 목적하는 가스 함유 주입 종들은 목적하는 동작 압력이 도달될 때까지 가스 공급부(430)로

부터 밸브(435)를 통해 챔버로 누설된다. RF 전력 공급부(460)는 하나 또는 그 이상의 디스크들(450)의 표면들을 둘러싸는 플라즈마를 점화시키도록 동작된다. DC 전력 공급부는 자기 박막으로 주입되는 이온들의 에너지를 제어하도록 사용될 수 있다. RF 바이어성이 또한 사용될 수 있다.

[0034] 플라즈마로부터 쉽게 주입될 수 있고 Co-Pt 및 Co-Pd와 같은 전형적인 스퍼터링된 자기 박막들의 자기 특성을 수정하는 데 효과적일 이온들은: 수소, 헬륨, 봉소, 황, 알루미늄, 리튬, 네온 및 게르마늄 및 이들 원소들의 조합물들이다. 이 리스트는 완전한 것이 아니다. 플라즈마에서 쉽게 형성되고 자기 박막의 자기 특성을 수정하는 데 효과적인 임의의 이온이면 충분할 것이다. 이상적으로, 가장 작은 양으로 자기 박막의 자기 특성을 열적으로 안정한 덜 자기적이거나 더 자기적인 영역들로 변경할 수 있는 이온이 바람직할 것이다.

[0035] 또한, 플라즈마 이온 주입 챔버들 및 프로세스 방법들의 세부사항들은 Collins 등의 미국 특허 제7,288,491호 및 제7,291,545호에서 이용가능하며, 상기 특허 모두는 참조에 의해 본원에 통합된다. 본 개시내용의 챔버와 Collins 등의 챔버 사이의 주된 차이점은 기판을 보유하기 위한 상이한 구성이다. 본 개시내용의 디스크 홀더들은 한 번에 양면들의 주입을 가능하게 하는 반면, Collins 등에서의 기판들은 처리 동안 웨이퍼 척 (wafer chuck) 상에 배치된다. 당업자는 Collins 등의 플라즈마 이온 주입 툴들 및 방법들이 본 개시내용에서 어떻게 활용될 수 있는지 이해할 것이다.

[0036] 단계 106에서 활성화된 이온들을 수용하도록 기판을 배치한 후에, 단계 108에서, 선택적 영역들에 인접한 자기 박막의 부분은 열적 여기(thermal excitation)에 가해진다. 일부 실시예에서, 무선 주파수 또는 마이크로파 에너지가 선택적 영역들을 가열하기 위해 사용될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 기판은 가열될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 레이저 또는 플래시 어닐링(annealing)이 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 급속 열 어닐링 또는 노(furnace)가 사용될 수 있다.

[0037] 당업자가 이해할 것처럼, 열적 여기 단계(108)는 레지스트 층이 자기 박막상에 여전히 존재하는 상태에서 수행될 수 있다. 일부 실시예들에서, 레지스트 층은 제거될 수 있고 자기 박막은 열적 여기에 가해진다. 이 실시예에서, 이온 주입을 받는 부분들과 이온 주입을 받지 않는 부분들 모두를 갖는 자기 박막이 열적 여기에 가해질 것이다. 이러한 접근법은 예를 들어 이온 주입을 받지 않은 자기 박막의 부분들 상의 열적 여기로부터 이점이 있을 수 있는 특정 타입의 자기 박막들과 함께 유리하게 사용될 수 있다.

[0038] 마스크(200), 예를 들어, PVA 마스크가 사용되면, 프로세스는 추가로 마스크(200)의 제거를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, PVA 마스크는 예를 들어, 수성 용액을 이용하여 PVA 마스크(200)를 용해시키기 위한 프로세스를 이용하여 제거될 수 있다. 일부 실시예들에서, 비-수성 용액이 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 마스크(200)가 제거된 후, 자기 박막은 열적 여기를 받는다. 이 실시예에서, 이온 주입을 받은 부분들 및 이온 주입을 받지 않은 부분들 모두를 갖는 자기 박막은 열적 여기에 가해질 것이다. 이 접근법은 예를 들어 이온 주입을 받지 않은 자기 박막의 부분들 상의 열적 여기로부터 이점이 있을 수 있는 특정 타입의 자기 박막들과 함께 유리하게 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 열적 여기 단계(108)는 마스크(200)가 여전히 존재하는 상태에서 수행될 수 있다.

[0039] 일부 실시예들에서, 자기 박막은, 챔버 내에 적절한 열 소스를 통합하고 이온 주입 후에 열 소스를 선택적으로 턴온 함으로써, 이온 주입 툴(400)의 챔버(410) 내에서 열적 여기를 받을 수 있다.

[0040] 활성화된 이온 단계(106) 및/또는 단계(108)에서의 열적 여기 이후에, 선택적 영역들에 인접한 자기 박막의 부분들은 단계(110)에 도시된 것처럼 선택적인 다른 영역들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 렌더링된다. 일부 실시예에서, 선택적 영역들(350)에 인접한 자기 박막의 부분들로 침투하는 활성화된 이온들은 선택적 영역들에 인접한 자기 박막의 부분들이 선택적인 다른 영역들과 상이한 자기 특성을 나타내도록 렌더링한다. 레지스트가 패턴으로 사용되는 경우, 프로세스는 레지스트 스트립 단계를 추가로 포함할 수 있다. 레지스트 스트립 단계는 디스크들을 제거하기 전에 플라즈마 이온 주입 챔버에서의 종래의 디스크 및 애쉬 동작에 의해 촉진될 수 있다. 레지스트 스트립 단계는 당업계에서 주지된 습식 화학 프로세스일 수 있다. 일부 실시예들에서, 레지스트 스트립 단계는 전술한 것처럼 열적 여기 단계(108) 이전에 수행될 수 있다.

[0041] 플라즈마 주입 프로세스로부터 이용가능한 이온들의 에너지는 약 100eV 내지 약 15keV의 범위에 있다. 그러나, 수십 나노미터 두께인 자기 박막들로 주입하기 위하여, 바람직한 에너지 범위는 약 1keV 내지 약 11keV이다. 선택되는 에너지 범위는 선택된 원소, 레지스트 두께, 레지스트 이온 정지 능력 및 목적하는 자기 특성들에 기초한다. 예를 들어, 약 1kV 내지 약 11kV의 바이어스 전압들이 바람직한 에너지 범위를 생성하기 위해 사용될 수 있다.

- [0042] 도 5는 자기 박막(520)에 대해 배치된 패턴(510)의 단면 표현이며, 화살표들(530)은 활성화된 이온들의 충돌의 일반적인 방향을 나타낸다. 활성화된 이온들은 레지스트(510)의 선택적 영역들(540)을 통해 침투하고 선택적 영역들(540)에 인접한 자기 박막(520)의 부분(550)을 침투한다.
- [0043] 도 6은 부분들(550)이 이온 주입을 받은 이온 주입 후의 자기 박막(520)의 단면 표현이다. 자기 박막(520)의 부분들(550)은 자기 박막(520)의 선택적인 다른 부분들(560)과 상이한 자기 특성을 나타내도록 렌더링된다.
- [0044] 다음의 예들은 목적하는 자기 특성을 성취하도록 이온 주입의 다양한 응용들을 설명하기 위해 제공된다.
- [0045] 예들:
- [0046] 주어진 바이어스 전압에 대하여 헬륨 및 붕소 이온들에 대한 레지스트의 이온 정지 특성을 결정하기 위해 실험들이 수행되었다.
- [0047] 헬륨 이온 주입: 7 kV 및 2 kV 바이어스 전압들에서 헬륨 이온 주입을 위해 실험들이 수행되었다. 7 kV에서, 레지스트 층을 통한 헬륨 이온들의 침투를 정지시키기 위해 요구되는 레지스트 두께는 약 120 nm였다. 패턴의 선택된 영역들에서의 레지스트 두께는 45 nm만큼 높을 수 있고 패턴의 선택적 영역들에 인접한 20 nm 두께 Co-기반 자기 박막을 통한 헬륨 이온들의 침투를 여전히 제공한다. 2 kV에서, 레지스트 층을 통한 헬륨 이온들의 침투를 정지시키기 위해 요구되는 레지스트 두께는 약 85 nm였다. 패턴의 선택된 영역들에서의 레지스트 두께는 10 nm만큼 높을 수 있고 패턴의 선택적 영역들에 인접한 20 nm 두께 Co-기반 자기 박막을 통한 헬륨 이온들의 침투를 여전히 제공한다.
- [0048] 붕소 이온 주입: 9 kV 바이어스 전압에서 붕소 이온 주입을 위해 실험이 수행되었다. 9 kV에서, 레지스트 층을 통한 붕소 이온들의 침투를 정지시키기 위해 요구되는 레지스트 두께는 약 65 nm였다. 패턴의 선택된 영역들에서의 레지스트 두께는 10 nm만큼 높을 수 있고 패턴의 선택적 영역들에 인접한 20 nm 두께 Co-기반 자기 박막을 통한 붕소 이온들의 침투를 여전히 제공한다.
- [0049] 자기 특성들:
- [0050] 예 1a:
- [0051] 약 100 nm의 FeNi 합금 소프트 하부 층으로 스퍼터링된 유리 기판이 사용되었다. CoCrPt 합금의 약 20 nm 자기 박막층이 FeNi 합금 소프트 하부 층 상에 스퍼터링되었다. 전술한 준비된 샘플은, 도편트 가스 헬륨을 처리 챔버로 주입함으로써, He 이온들을 함유하는 플라즈마로 처리된다. 처리 챔버 압력은 약 15 mtorr였고, RF 바이어스 전압은 약 2kV 였고, 소스 전력은 약 500 watt였고, 도편트 가스 헬륨은 약 300sccm의 유량으로 주입되었고 주입 시간은 약 25초였다. 선택적으로, 불활성 가스가 또한 플라즈마의 생성을 보조하기 위하여 주입될 수도 있다. 예를 들어, 약 16 sccm의 유량으로 아르곤이 또한 주입될 수도 있다.
- [0052] He 이온들의 샘플로의 침투는 전술한 프로세스 파라미터들로 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 프로파일링되었다. TRIM이라 알려진 시뮬레이션 프로그램이 시뮬레이션을 수행하기 위해 사용될 수 있다. TRIM 프로그램은 [www.srim.org](http://www.srim.org)로부터 SRIM이라 알려진 프로그램들의 그룹의 일부로서 이용가능하다. 도 7a 및 도 7b는 시뮬레이션의 결과들을 도시한다. 이제 도 7a를 참조하면, 약 85 nm 두께 레지스트는 활성화된 He 이온들이 CoCrPt 자기 박막 층으로 침투하는 것을 방지하기에 충분할 것임이 명백하다. 이제, 도 7b를 참조하면, 레지스트 층의 약 10 nm 및 카본 층의 약 28 옹스트롬이 활성화된 이온들에 의해 성공적으로 침투되고 추가로 약 20 nm의 CoCrPt 자기 박막 층을 통해 상당량(substantially) 침투할 것임이 명백하다.
- [0053] He 이온 주입을 받지 않은 샘플에 대한 자기 막의 자기 특성들은, 베이스 라인을 확립하기 위하여, 물리 특성 측정 시스템(Physical Property Measurement System)을 이용하여 측정되었다. 샘플로 하여금 He 이온 주입을 받게 한 후, He 이온 주입을 받은 자기 막의 부분들의 자기 특성들이 물리 특성 측정 시스템을 이용하여 측정되었다. 도 7c는 He 이온 주입을 받지 않은 자기 막에 대한 자화 곡선을 도시한다. 도 7c로부터, 포화 자력(Ms)은 약 1.36 테슬라임이 명백하다. 도 7d는 He 이온 주입을 받은 자기 막의 부분들에 대한 자화 곡선을 도시한다. 도 7d로부터, He 이온 주입을 받은 자기 막의 부분에 대한 포화 자력(Ms)은 He 이온 주입을 받지 않은 베이스 라인 자기 박막과 비교하여, 약 0.1 테슬라로 떨어졌다. 따라서, 자기 박막은 선택적 부분이 현저하게 상이한 자기 특성을 나타내는 상태로 자기 특성을 실질적으로 변경하기 위하여 적절한 프로세스 조건들 하에서 He 이온 주입을 받을 수 있다.
- [0054] 예 1b:

[0055] 샘플들이 열적 어닐링을 받는 것을 제외하고는, 예 1a에서 사용된 것과 유사한 샘플이 예 1b에서 사용되었다. 열적 어닐링은 약 10 Torr 내지 약 5 Torr의 압력의 진공에서 약 한 시간 동안 약 100°C 및 약 200°C 모두에서 수행되었다.

[0056] 샘플들로 하여금 열적 어닐링을 받게 한 후, He 이온 주입 및 열적 어닐링 모두를 받은 자기 막의 부분들의 자기 특성들은 물리 특성 측정 시스템을 이용하여 측정되었다. He 이온 주입을 받지 않은 자기 막에 대한 베이스 라인 자화 곡선은 약 1.36 테슬라의 포화 자력(Ms)을 나타낸다. He 이온 주입 및 약 100°C의 열적 어닐링 모두를 받은 자기 막의 부분들에 대한 자화 곡선은 약 0.01 테슬라의 포화 자력(Ms)을 나타냈다. He 이온 주입 및 약 200°C의 열적 어닐링 모두를 받은 자기 막의 부분들에 대한 자화 곡선은 약 0.03 테슬라의 포화 자력(Ms)을 나타냈다. 예 1a 및 1b에서의 샘플들에 대한 결과에 기초하여, 샘플들의 열적 어닐링은 어닐링을 받은 자기 막의 부분들에 대한 포화 자력(Ms)을 추가로 감소시킴이 명백하다. 따라서, 자기 박막은 선택적 부분이 현저하게 상이한 자기 특성을 나타내는 상태로 자기 특성을 실질적으로 변경하기 위하여 적절한 프로세스 조건들 하에서 He 이온 주입 및 열적 어닐링 모두를 받을 수 있다. 비록 실험이 약 2kV의 바이어스 전압에서 수행되었지만, 바이어스 전압은 1kV 내지 11kV의 범위 및 바람직하게는 1kV 내지 3kV의 범위에 있을 수 있다.

[0057] 예 2:

[0058] 붕소 이온들의 침투를 위해 예 1a에서 사용된 것과 유사한 샘플이 사용되었다. 전술한 것처럼, 준비된 샘플은 도편트 가스 BF<sub>3</sub>를 처리 챔버로 주입함으로써, 붕소 이온들을 함유하는 플라즈마로 처리되었다. 처리 챔버 압력은 약 15 mtorr에서 유지되었고, RF 바이어스 전압은 약 9kV였고, 소스 전력은 약 500 watt였고, 도편트 가스 BF<sub>3</sub>는 약 300sccm의 유량으로 주입되었고 주입 시간은 약 20초였다. 선택적으로, 불활성 가스가 또한 플라즈마의 생성을 보조하기 위하여 주입될 수도 있다. 예를 들어, 약 16 sccm의 유량으로 아르곤이 주입될 수도 있다.

[0059] 붕소 이온들의 샘플로의 침투는 전술한 프로세스 파라미터들로 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 프로파일링되었다. 도 8a 및 도 8b는 시뮬레이션의 결과들을 도시한다. 이제 도 8a를 참조하면, 약 65 nm 두께 레지스터는 활성화된 붕소 이온들이 CoCrPt 자기 박막 층으로 침투하는 것을 방지하기에 충분할 것이 명백하다. 도 8a로부터, 레지스트 층의 약 10 nm 및 카본 층의 약 28 옹스트롬이 활성화된 이온들에 의해 성공적으로 침투될 수 있음이 명백하다. 활성화된 이온들은 추가로 약 20 nm의 CoCrPt 자기 박막 층을 통해 상당량(substantially) 침투할 수 있다.

[0060] 도 8c를 참조하면, 붕소 및 Co 원자들의 농도가 2차 이온 질량 분광기(SIMS)를 이용하여 결정되었다. 도 8c로부터, 남겨진 Co 농도는 실질적으로 불변임이 명백하다. 또한, 붕소 농도는 약 10 nm 깊이에 대해 일정하게 남겨졌고 그 이후에 점차로 감소되었다.

[0061] 붕소 이온 주입을 받지 않은 샘플에 대한 자기 막의 자기 특성들은, 베이스 라인을 확립하기 위하여, 물리 특성 측정 시스템을 이용하여 측정되었다. 샘플로 하여금 붕소 이온 주입을 받게 한 후, 붕소 이온 주입을 받은 자기 막이 물리 특성 측정 시스템을 이용하여 측정되었다. 도 8d는 붕소 이온 주입을 받지 않은 자기 막에 대한 자화 곡선을 도시한다. 도 8d로부터, 포화 자력(Ms)은 약 1.36 테슬라임이 명백하다. 도 8e는 붕소 이온 주입을 받은 자기 막의 부분들에 대한 자화 곡선을 도시한다. 도 8e로부터, 붕소 이온 주입을 받은 자기 막의 부분에 대한 포화 자력(Ms)은 붕소 이온 주입을 받지 않은 자기 박막과 비교하여, 약 0.5 테슬라로 떨어졌다. 이러한 실험 조건들 하에서의 붕소 이온 주입은 약 50%만큼 자화를 감소시켰다.

[0062] 따라서, 자기 박막은 선택적 부분의 자기 특성이 현저하게 상이한 자기 특성을 나타내도록 변경하기 위하여 특정 프로세스 조건들 하에서 붕소 이온 주입을 받을 수 있다. 예를 들어, 선택적 부분들의 자기 특성은 붕소 이온 주입을 받지 않은 부분들보다 자기 특성을 덜 나타내도록 변경될 수 있다. 비록 실험이 약 9kV의 바이어스 전압에서 수행되었지만, 바이어스 전압은 1kV 내지 11kV의 범위 및 바람직하게는 7kV 내지 11kV의 범위에 있을 수 있다.

[0063] 예 3:

[0064] 약 20 nm의 Co 합금 층으로 스퍼터링된 실리콘 기판이 이 예에 대한 샘플들로서 준비되었다. 준비된 샘플은 처리 챔버로 도편트 가스 SiH<sub>4</sub>를 주입함으로써 플라즈마 함유 실리콘 이온들로 처리되었다. 처리 챔버 압력은 약 30 mtorr였고, RF 바이어스 전압은 약 9kV였고, 소스 전력은 약 500 watt였고, 도편트 가스 SiH<sub>4</sub>는 약 75 sccm의 유량으로 주입되었고 주입 시간은 약 20초였다.

[0065] 실리콘 이온들의 샘플로의 침투는 전술한 프로세스 파라미터들로 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 프로파일링되

었다. 도 9a는 시뮬레이션의 결과들을 도시한다. 이제 도 9a를 참조하면, Si는 약 5~6 nm 깊이를, 일부 경우 10 nm 깊이까지 침투하는 것이 명백하다.

[0066] 샘플로 하여금 실리콘 이온 주입을 받게 한 후, 20 nm Co 막에서의 Si 주입의 깊이 프로파일이 SIMS를 이용하여 측정되었다. 도 9b는 Si 주입에 대한 깊이 프로파일을 도시한다. 도 9b로부터, Si 이온들은 약 5~6 nm 깊이를 침투했음이 명백하다. 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 프로파일링된 Si 이온 침투 깊이는 Si 침투 깊이의 실제 측정과 잘 상관된다는 것이 주목할 만하다.

[0067] 일부 실시예들에서, 이온 주입 후에, 자기 박막은 예를 들어 열적 어닐링에 의해 열적 여기에 가해질 수 있다. 열적 어닐링은 예 1b로부터 명백한 것처럼, 열적 여기를 받은 자기 박막의 부분들의 포화 자력(Ms)을 추가로 감소시킬 것임이 예상된다.

[0068] 레지스트 층을 통한 활성화된 이온들의 침투 및 자기 박막으로의 충돌을 정지시키기 위해 필요한 레지스트 두께는 사용되고 있는 원소 종들, 프로세스 파라미터들 및 하전된(charged) 이온들의 침투를 허용하는 레지스트 층의 선택적 영역들에 인접한 자기 박막으로의 이온들의 목적하는 침투 깊이에 의존함이 상기 예들로부터 명백하다. 하전된 이온들의 침투를 허용하는 레지스트 층의 선택적 영역들의 치수가 작아짐에 따라, 패턴 생성 동안 효과적인 나노리소그래피 프로세스를 허용하도록 레지스트 두께를 감소시키기 위한 필요성이 존재한다. 레지스트 두께가 감소함에 따라, 레지스트 층은 선택적 영역들 이외의 영역들에서는 활성화된 이온들의 침투를 더 이상 정지시킬 수 없을 수 있다.

[0069] 이러한 문제를 극복하는 한 방법은 하전된 이온들의 침투에 대한 저항을 증가시키는 레지스트에 도편트를 부가하는 것이다. 예를 들어, 레지스트는 레지스트를 통한 하전된 이온들의 침투에 대한 저항을 증가시키기 위하여 실리콘 함유 화합물로 도핑될 수 있다. 하전된 이온들의 침투에 대한 저항을 증가시키기 위하여 사용될 수 있는 다른 도편트들은 황 및 인을 함유하는 화합물들을 포함한다. 일 실시예에서, 나노 파티클들이 하전된 이온들의 침투에 대한 저항을 조정하기 위해 첨가물들로서 부가될 수 있다. 예를 들어, 티타늄 이산화물(TiO<sub>2</sub>), 세리아(CeO<sub>2</sub>), 이산화규소(SiO<sub>2</sub>), 및 알루미늄 산화물(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)의 나노 파티클들은 하전된 이온들의 침투에 대한 저항을 조절하기 위해 사용될 수 있다.

[0070] 상이한 원소 종들은 프로세스 파라미터들 및 자기 박막으로의 이온들의 목적하는 침투 깊이에 기초하여 자기 특성들에 대한 상이한 효과들을 가짐이 상기 예들로부터 명백하다. 예를 들어, 하나 또는 그 이상의 원소들은 자기 박막의 자기 특성들을 수정하기 위해 유리하게 사용될 수 있다. 일 예로서, 헬륨 및 붕소의 조합물이 추가적 이점을 제공할 수 있다. 예를 들어, 더 적은 분자량을 갖는 헬륨은 더 적은 바이어스 전압을 이용하여 자기 박막으로 더 깊게 침투할 수 있고 자기 특성들을 변화시킬 수 있다. 더 높은 분자량을 갖는 붕소는 자기 박막의 자기 특성들에 추가로 영향을 주기 위하여 그리고 시간에 따라 자기 박막으로부터 벗어나는 것으로부터 헬륨 이온들에 대한 배리어로서 기능하도록 헬륨의 침투 이전 또는 이후에 사용될 수 있다.

[0071] 비록 헬륨 및 붕소의 조합물이 기재되었지만, 당업자는 자기 특성들의 수정들의 개선 및 보유에 우호적인 자기적 및 다른 특성들을 유도하기 위하여, 원소들의 다양한 다른 치환 및 조합들이 순차적으로 또는 함께 사용될 수 있음을 이해할 것이다.

[0072] 또한, 상이한 원소 종들이 자기 박막의 자기 특성들을 수정하기 위해 사용될 수 있음이 상기 예들로부터 명백하다. 예를 들어, 이온 주입 시에 박막의 자기 특성을 증가시키는 원소들을 함유하는 화합물이 사용될 수 있다. 예를 들어, 백금 이온 주입은 자기 박막의 자기 특성들을 증가시킬 수 있다.

[0073] 본 개시내용은 자기 기록 매체의 다양한 타입들에 대해 이용될 수 있다. 예를 들어, 본 개시내용의 교시들은 그레뉼라(granular) 자기 구조를 갖는 기록 매체와 함께 사용될 수 있다. 본 개시내용은 다층(multi-layered) 자기 박막에 대해 사용될 수도 있다. 자기 박막은 또한 연속된 자기 막일 수 있고 패터닝된 매체와 함께 사용될 수 있다. 패터닝된 매체는 비트 패터닝된 매체 또는 트랙 패터닝된 매체일 수 있다. 일 실시예에서, 자기 박막은 열 보조되는 자기 기록에 대해 적절한 고 이방성 자기 물질로 제조될 수 있다.

[0074] 본 개시내용은 매우 짧은 프로세스 시간을 허용한다. 예를 들어, 디스크를 주입하는 데 약 10초 걸릴 수 있다. 입력 및 출력 진공 로드락들이 챔버 내외부로의 디스크들의 빠른 이송을 가능하게 하고 펌프다운 동안 시간 낭비를 피할 것이며, 따라서 매우 높은 처리량을 허용한다. 당업자는 자동화된 이송 시스템들, 로봇 공학 및 로드록(loadlock) 시스템들이 어떻게 본 개시내용의 플라즈마 이온 주입 장치와 함께 일체화될 수 있는지를 이해할 것이다.

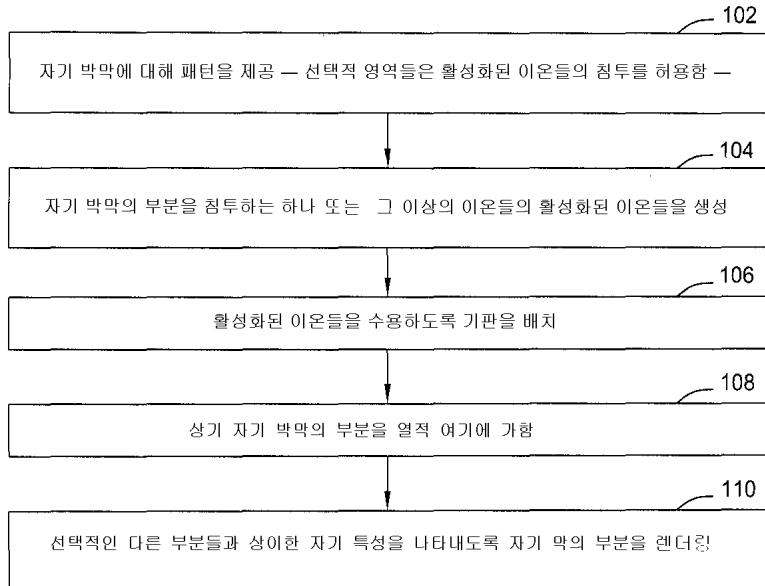
[0075] 특정 실시예들에서 본 개시내용은 자기 매체의 자기 박막의 부분들의 자기 특성들을 선택적으로 수정하는 방법

을 제공한다. 선택적인 수정들은 공중 밀도, 기록-능력, SNR 및 자기 매체의 열적 안정성과 같은 바람직한 특성들 중 하나 이상을 증가시키기 위해 유리하게 사용될 수 있다.

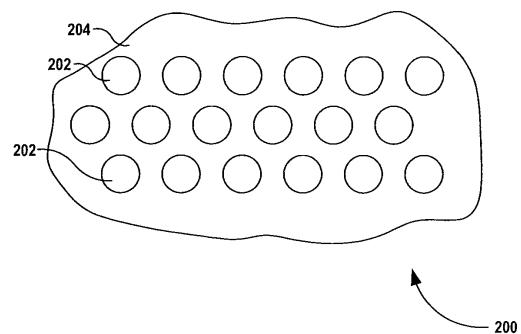
[0076] 비록 본 개시내용이 본 개시의 바람직한 실시예들을 참조하여 특정적으로 기재되었지만, 형태 및 세부사항들에 있어서의 변경들 및 수정들이 본 개시내용의 사상 및 범위를 일탈함이 없이 이루어질 수 있음이 당업자에게 쉽게 명백해야 한다. 첨부된 청구범위는 이러한 변경들 및 수정들을 포괄하고자 함이다.

## 도면

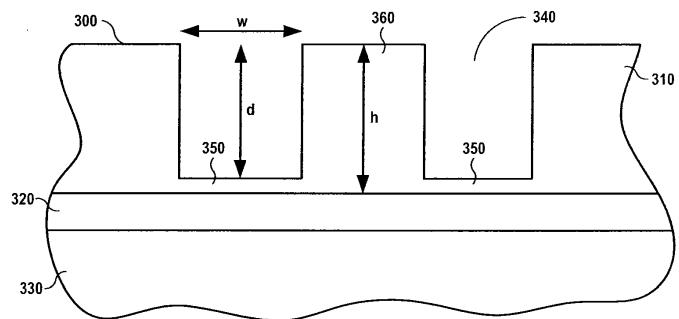
### 도면1



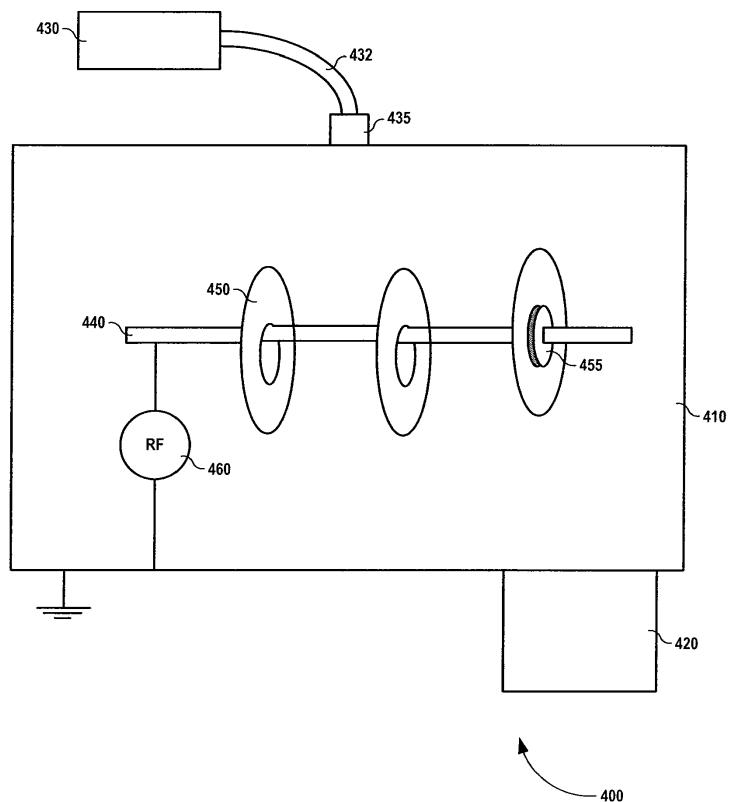
### 도면2



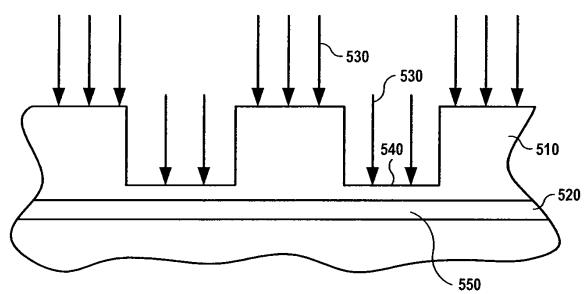
## 도면3



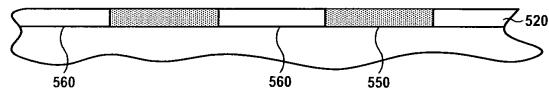
## 도면4



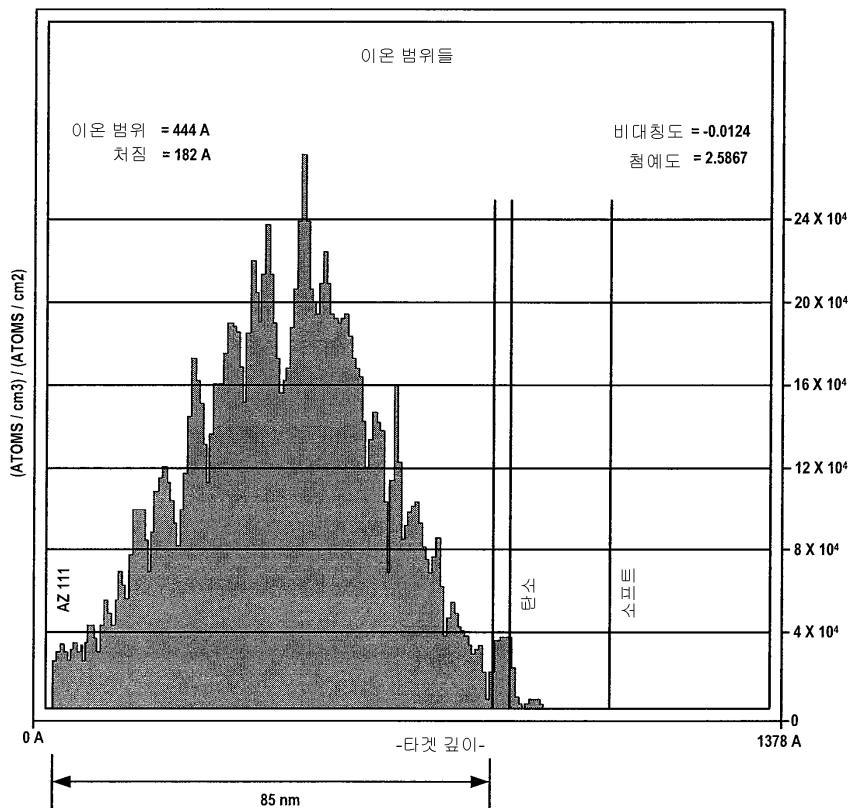
## 도면5



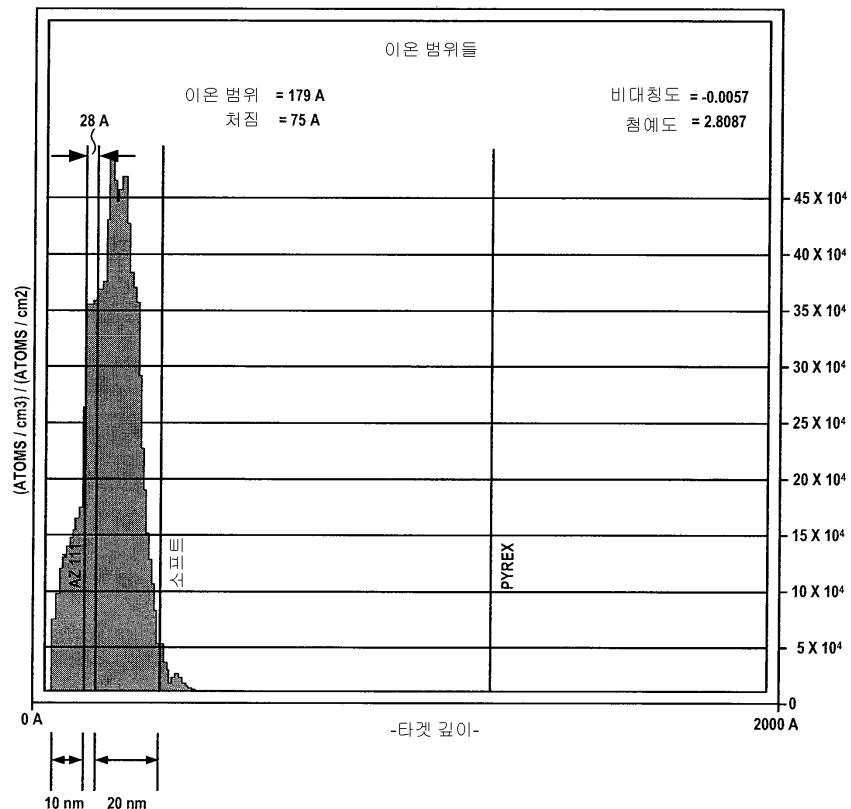
## 도면6



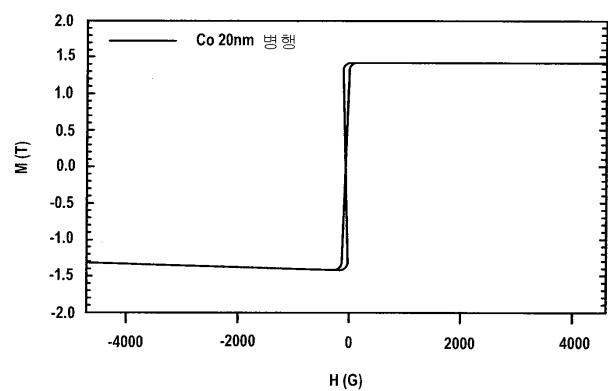
## 도면7a



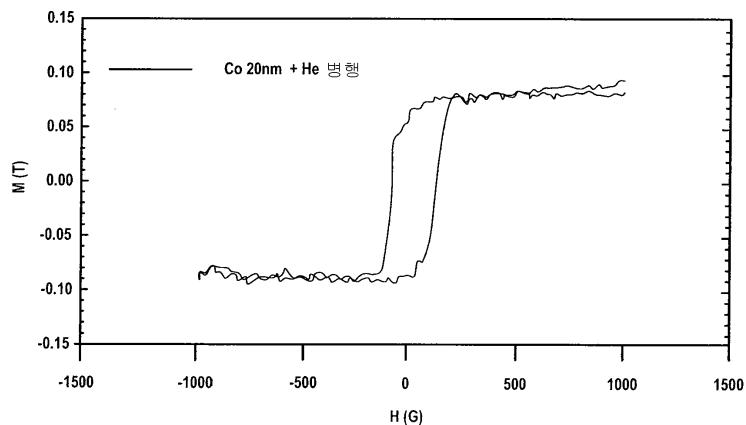
## 도면7b



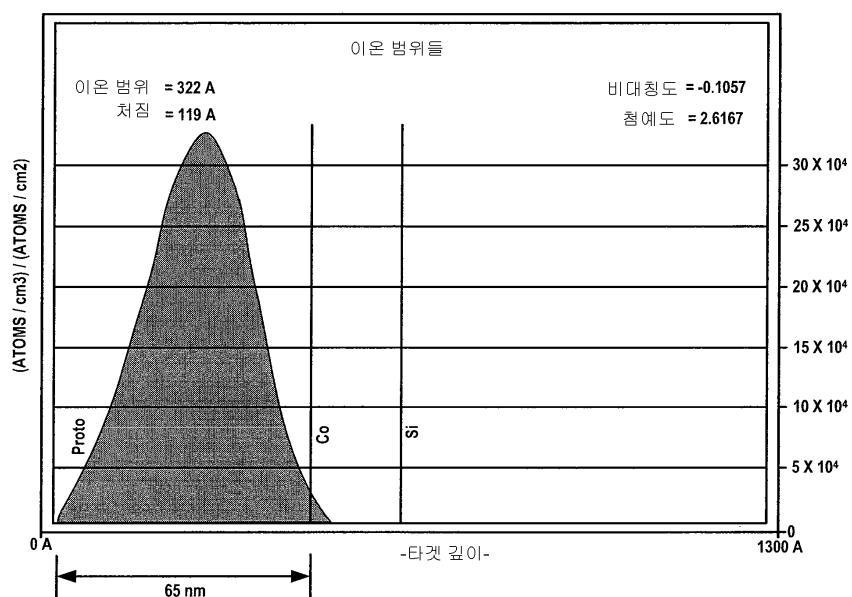
## 도면7c



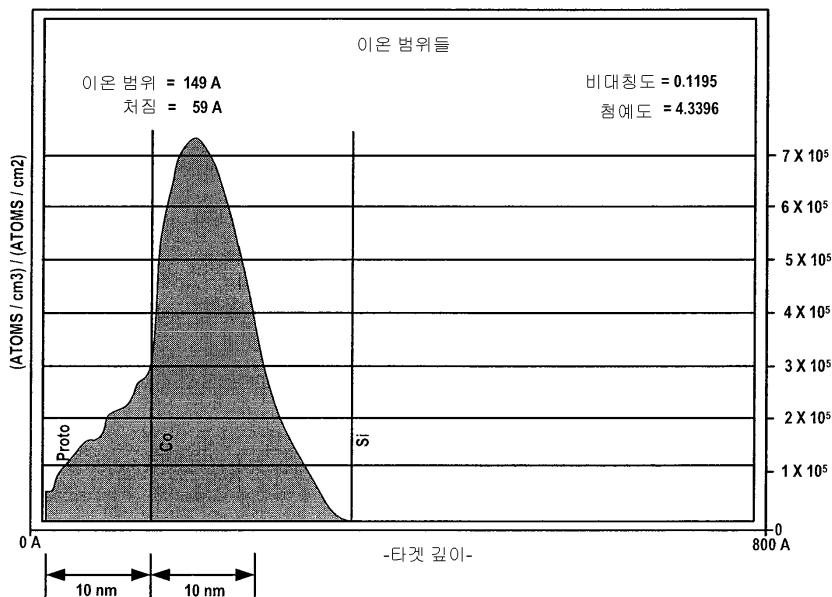
## 도면7d



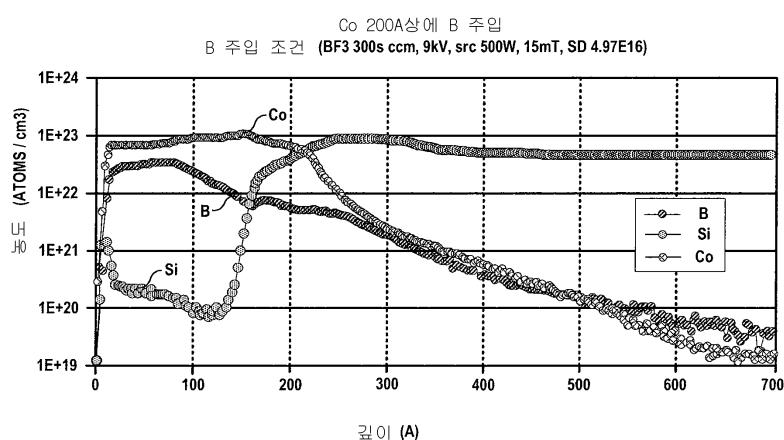
## 도면8a



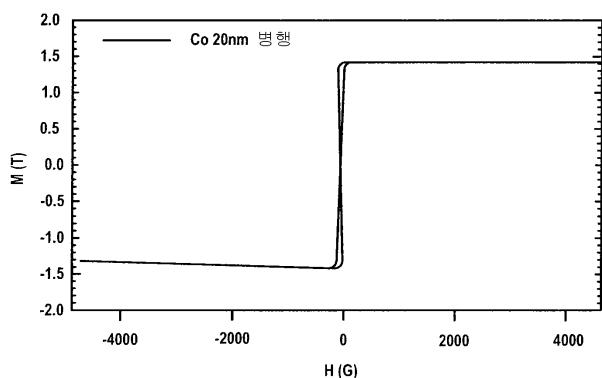
도면8b



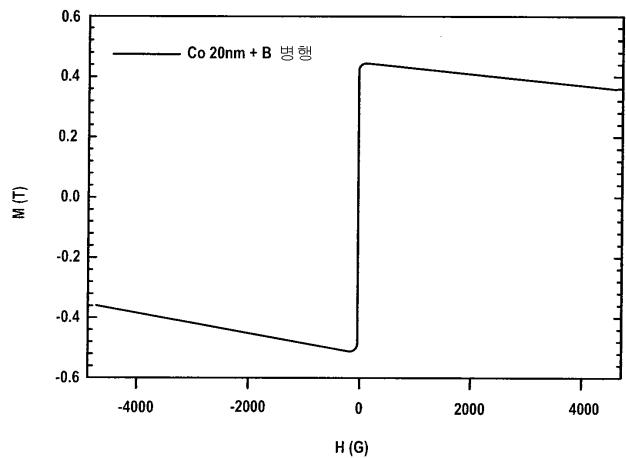
도면8c



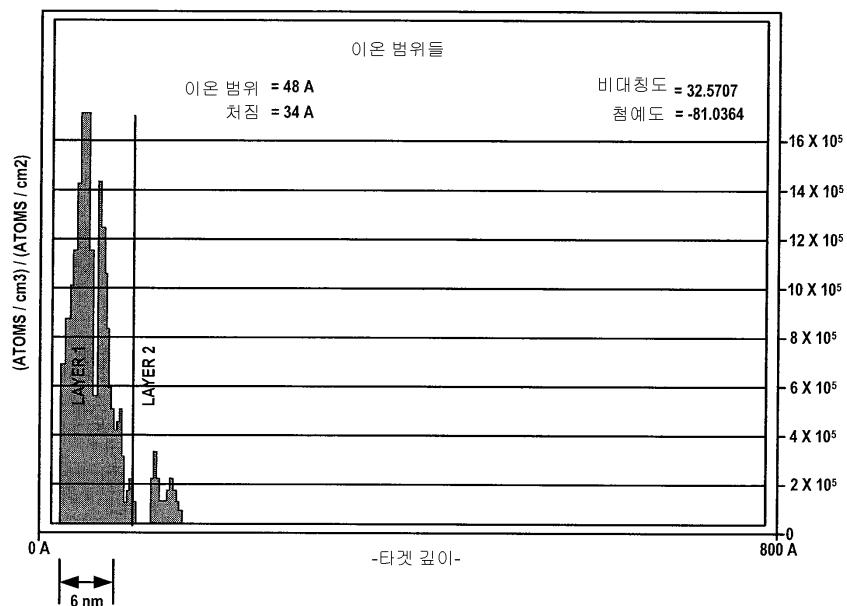
도면8d



도면8e



도면9a



도면9b

