(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년01월24일
(11) 등록번호 10-1226076
(24) 등록일자 2013년01월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 27/02 (2006.01) *G11C 11/15* (2006.01)
B82Y 40/00 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2005-0115814
(22) 출원일자 2005년11월30일
심사청구일자 2010년11월29일
(65) 공개번호 10-2007-0056758
(43) 공개일자 2007년06월04일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020040059300 A

(73) 특허권자
한국과학기술연구원
서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)
(72) 발명자
장준연
서울 성북구 하월곡3동 222 두산위브아파트 109-1003
김원용
서울특별시 강북구 인수봉로50길 14, 세윤빌라 A동 401호 (수유동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인씨엔에스

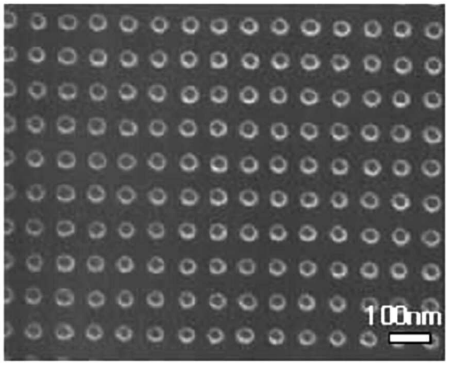
전체 청구항 수 : 총 18 항 심사관 : 이승주

(54) 발명의 명칭 **나노자성체의 2차원 배열구조 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법에 관한 것으로서, 기판 상에 자성체막을 형성하는 단계와, 상기 자성체막 상에 전자빔 조사에 의해 결정화가능한 비정질 탄소박막을 증착하는 단계와, 상기 탄소박막에 전자빔을 원하는 나노배열패턴에 따라 조사하는 단계 - 여기서, 상기 탄소박막 중 전자빔이 조사된 영역은 결정화됨-;와, 상기 전자빔이 조사된 영역으로 정의되는 탄소박막패턴이 형성되도록 상기 탄소박막의 비정질영역을 제거하는 단계와, 상기 탄소박막패턴을 마스크로 이용하여 상기 자성체막을 건식 식각함으로써 나노자성체 어레이를 형성하는 단계와, 상기 탄소박막패턴을 상기 나노 자성체 어레이로부터 제거하는 단계를 포함하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법을 제공한다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

구현철

서울특별시 성북구 장월로1길 28, 111동 1203호 (상월곡동, 동아에코빌아파트)

이현정

서울특별시 영등포구 당산로42길 16, 현대5차 아파트 509동 1203호 (당산동4가)

김형준

대구광역시 남구 효성중앙길 37, 105동 702호 (봉덕동, 효성타운)

특허청구의 범위

청구항 1

기판 상에 자성체막을 형성하는 단계;

상기 자성체막 상에 전자빔 조사에 의해 결정화가능한 비정질 탄소박막을 증착하는 단계;

상기 탄소박막에 전자빔을 원하는 나노배열패턴에 따라 조사하는 단계 - 여기서, 상기 탄소박막 중 전자빔이 조사된 영역은 결정화됨-;

상기 전자빔이 조사된 영역으로 정의되는 탄소박막패턴이 형성되도록 상기 탄소박막의 비정질영역을 제거하는 단계;

상기 탄소박막패턴을 마스크로 이용하여 상기 자성체막을 식각함으로써 나노자성체 어레이를 형성하는 단계; 및

상기 탄소박막패턴을 상기 나노 자성체 어레이로부터 제거하는 단계를 포함하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 탄소박막은 C60 플러렌계 탄소박막인 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 탄소박막을 증착하는 단계는,

C60 플러렌 분말을 가열하여 C60 분자를 승화시킴으로써 상기 자성체막 상에 탄소박막을 열증착하는 단계인 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 4

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 탄소박막은 20㎚ ~ 150㎚의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 5

제2항 또는 제3항에 있어서,

상기 탄소박막의 비정질영역 제거단계는, 톨루엔. 아세톤, 클로로포름 및 트리클로로에틸렌로 구성된 그룹 중 선택된 적어도 하나의 유기용매에서 상기 탄소박막을 현상하는 단계인 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 탄소박막의 전자빔에 대한 임계감광도는 0.02~0.05 C/㎠이며, 상기 탄소박막에 조사된 전자빔 가속전압은 20~200 kV인 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 자성체막 형성단계와 상기 탄소박막 증착단계 사이에, 상기 자성체막 상에 금속막을 형성하는 단계를 더 포함하고, 상기 탄소박막패턴 형성단계와 상기 자성체막 건식식각단계 사이에, 상기 탄소박막패턴에 의해 정의되는 금속막패턴이 형성되도록 상기 금속막을 건식식각하는 단계를 더 포함하며,

이로써, 상기 자성체막 건식식각단계에서 사용되는 마스크는 상기 금속막패턴과 상기 탄소박막패턴으로 구성된

복합구조의 마스크이며, 상기 탄소박막패턴을 제거하는 단계는 상기 나노자성체 어레이로부터 상기 복합구조의 마스크를 제거하는 단계인 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 금속막은 상기 탄소박막보다 식각률이 낮은 금속물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 금속막은 티타늄(Ti) 또는 크롬(Cr)인 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 자성체막의 두께는 5㎚ ~ 100㎚의 두께를 가지며, 상기 금속막의 두께는 20㎚ ~ 150㎚의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 자성체막 또는 금속막 건식식각단계는, 이온밀링, 반응성 이온밀링 또는 플라즈마 식각공정에 의해 실시되는 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 금속막을 건식식각하는 단계는 CF_2Cl_2가스를 이용한 플라즈마식각에 의해 실시되며, 상기 자성체막을 건식식각하는 단계는 Ar가스를 이용한 이온밀링에 의해 실시되는 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 13

제7항에 있어서,

상기 복합구조의 마스크를 제거하는 단계는, 금속막을 습식에칭하여 상기 탄소박막패턴을 상기 나노자성체 어레이로부터 분리하는 단계인 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 자성체막은, Fe, Co, Ni, FeCo, NiFe, FeCr, CoCr, CoPt, AlNiCo 및 CoSm로 구성된 그룹으로부터 선택된 금속자성체를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 자성체막은, $La_{(1-x)}Sr_xMnO_3(0<x<1)$ 또는 CrO_2으로 이루어진 반금속(half metal)물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법.

청구항 16

자성체막 상에 감광제막으로서 사용될 전자빔의 조사에 의해 결정화가능한 비정질 탄소박막을 증착하는 단계;

상기 탄소박막에 전자빔을 원하는 패턴에 따라 조사하는 단계 - 여기서, 상기 탄소박막 중 전자빔이 조사된 영역은 결정화됨-; 및

상기 전자빔이 조사된 영역으로 정의되는 탄소박막패턴이 형성되도록 상기 탄소박막의 비정질영역을 제거하는 단계를 포함하는 전자빔 리소그래피방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 탄소박막은 C60 플러렌계 탄소박막인 것을 특징으로 하는 전자빔 리소그래피방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 탄소박막을 증착하는 단계는,

C60 플러렌 분말을 가열하여 C60 분자를 승화시킴으로써 상기 자성체막 상에 탄소박막을 열증착하는 단계인 것을 특징으로 하는 전자빔 리소그래피방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0010] 본 발명은 나노자성체의 주기적 배열구조에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 정보저장소자 또는 미소자기장 생성 및 검출소자 등에 적용가능한 나노자성체의 주기적 배열구조를 효과적으로 제조하기 위한 방법 및 이에 사용될 수 있는 전자리소그래피방법에 관한 것이다.

[0011] 강자성특성을 갖는 나노크기의 입자(dot)는 자기기록매체의 기본 단위로 제공될 수 있으며, 국부적이고 불균일한 미소 자기장의 생성 및 검출하는 소자에 적용하는데 있어서도, 많은 장점을 갖는 것으로 알려져 있다. 예를 들면, 나노크기의 매우 작은 자성체에서는 한쪽 방향으로 자기력을 갖는 균일한 자기상태, 즉 단자구 상태(single domain)를 구현하는 것이 가능할 뿐만 아니라, 나노자성체의 크기와 축비(aspect ratio)를 제어함으로써, 볼텍스(vortex)구조를 가질 수 있으며, 나아가 외부 자기장으로 볼텍스-단자구의 가역적인 변화를 조절할 수 있다.

[0012] 이와 같이, 나노자성체의 배열구조는 개별 나노자성체의 자화제어를 통해 자기정보저장 단위(cell)이나 국부적으로 불균일한 자기력을 발생시키고 검출할 수 있는 매우 독특한 특성을 얻을 수 있다. 이런 특성을 이용하기 위해서,상기 나노자성체 어레이는 2차원적인 주기적 배열구조(periodic array)로 제조되어야 하며, 나노자성체의 크기가 작을수록 보다 우수한 성능을 기대할 수 있다.

[0013] 최근에 나노자성체의 배열구조는 자기기록매체의 기록밀도 증가경향에 따라 보다 많은 연구가 수행되며 발전되어 오고 있다. 박막공정으로 형성된 연속적인 자성합금박막은 수많은 나노크기의 결정립 각각이 정보저장단위로서 제공되므로, 패터닝 공정이 요구되지 않을 수 있으나, 다양한 측면에서 특성의 향상을 위해서, 나노자성체의 배열구조는 나노리소그래피(nano-lithography)공정을 이용하여 자기적으로 고립된 각각 나노자성체를 형성할 수 있다. 이를 통상적으로 패터닝된 매체(patterned media)라고도 한다.

[0014] 이러한 나노 리소그래피공정으로는 대표적으로 다양한 크기와 형상의 나노자성체를 쉽게 패터닝할 수 있는 전자빔 리소그래피공정이 고려될 수 있다. 종래의 전자빔 리소그래피공정에 사용되는 전자빔 감광제(electron beam resist, ER)은 분해능(resolution)을 높이기 위해서 분자크기(moleucle size)가 상대적으로 작은 PMMA 또는 ZEP520A 등을 사용한다. 이러한 고분자 감광제는 전자빔 민감도가 높아 전자빔 가속전압(예, 50kV 이상)을 높이는데 제한이 있다. 100nm이하 크기수준의 좁은 간격을 갖는 나노자성체의 배열구조를 패터닝하는데 어려움이 있다.

[0015] 보다 구체적으로, 현재 가장 널리 사용되고 있는 고분자 감광제인 PMMA (polymethyl methacrylate)의 분자 크기는 대략 20~30nm 이다. 고분자 감광제는 전자빔에 대한 감도가 매우 높아 전자빔의 가속전압을 증가시킬 수 없다. 이런 이유로 실제 100nm이하 크기의 나노패턴을 정확한 형상과 크기로 형성하는데 재현성이 없을 뿐만 아니라, 수율이 매우 낮다.

[0016] 또한, 전자빔리소그래피 적용 후에 공정인 이온밀링(ion-milling)과 같은 건식식각공정에서 고분자인 전자빔 감광제가 쉽게 손상되므로, 마스크로서 사용할 수 없는 단점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0017] 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제를 해결하기 위한 것으로서, 그 목적은 고분자 전자빔 감광제 대신에 탄소박막을 전자빔리소그래피 공정에서 감광제막으로 사용하는 새로운 나노자성체의 2차원 배열구조 제조방법을 제공하는데 있다.

[0018] 본 발명의 다른 목적은 나노자성체의 2차원 배열구조의 제조공정뿐만 아니라, 반도체와 같은 다양한 막 상에 필요한 패턴의 형성공정에 사용될 수 있는 새로운 전자빔 리소그래피방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성 및 작용

[0019] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위해서, 본 발명은,

[0020] 기판 상에 자성체막을 형성하는 단계와, 상기 자성체막 상에 전자빔 조사에 의해 결정화가능한 비정질 탄소박막을 증착하는 단계와, 상기 탄소박막에 전자빔을 원하는 나노배열패턴에 따라 조사하는 단계 - 여기서, 상기 탄소박막 중 전자빔이 조사된 영역은 결정화됨-;와, 상기 전자빔이 조사된 영역으로 정의되는 탄소박막패턴이 형성되도록 상기 탄소박막의 비정질영역을 제거하는 단계와, 상기 탄소박막패턴을 마스크로 이용하여 상기 자성체막을 건식 식각함으로써 나노자성체 어레이를 형성하는 단계와, 상기 탄소박막패턴을 상기 나노 자성체 어레이로부터 제거하는 단계를 포함하는 나노자성체 2차원 배열구조 제조방법을 제공한다.

[0021] 바람직하게, 상기 탄소박막은 C60 플러렌계 탄소박막일 수 있으며, 이러한 탄소박막은, C60 플러렌계 분말을 가열하여 C60 분자를 승화시킴으로써 상기 자성체막 상에 탄소박막을 열증착하는 공정에 의해 형성될 수 있다. 이에 한정되지는 않으나, 정확한 나노자성체 배열구조를 얻기 위해서 상기 탄소박막은 약 20 ~ 약 150㎚의 두께를 갖는 것이 바람직하다.

[0022] 또한, 리소그래피의 공정변수와 관련하여, 상기 탄소박막의 전자빔에 대한 임계감광도는 0.02~0.05 C/㎠이인 것이 바람직하다. 이 경우에, 상기 탄소박막에 조사된 전자빔 가속전압은 20kV이상 200 kV까지 인가될 수 있으므로, 보다 정밀한 패턴을 형성할 수 있다.

[0023]

[0024] 상기 탄소박막의 비정질영역 제거단계는, 전자빔이 조사된 탄소박막의 결정영역보다 미조사된 비결정영역에서 높은 선택성을 갖는 유기용매를 사용한 현상공정에 의해 실시될 수 있다. 이러한 유기용매로는 바람직하게 톨루엔. 아세톤, 클로로포름 및 트리클로로에틸렌로 구성된 그룹 중 선택된 적어도 하나의 유기용매를 사용될 수 있으며, 가장 바람직하게는 톨루엔을 사용할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시형태에서는, 상기 자성체막 건식식각단계의 마스크를 상기 금속막패턴과 상기 탄소박막패턴으로 구성된 복합구조 마스크를 사용할 수 있다. 이를 위해서, 상기 자성체막 형성단계와 상기 탄소박막 증착단계 사이에, 상기 자성체막 상에 금속막을 형성하는 단계를 더 포함하고, 상기 탄소박막패턴 형성단계와 상기 자성체막 건식식각단계 사이에, 상기 탄소박막패턴에 의해 정의되는 금속막패턴이 형성되도록 상기 금속막을 건식식

각하는 단계를 더 포함한다. 이 경우에, 상기 탄소박막패턴을 제거하는 단계는, 상기 나노자성체 어레이로부터 상기 복합구조의 마스크를 제거하는 단계가 된다.

[0026] 바람직하게, 상기 금속막은 상기 탄소박막보다 식각률이 낮은 금속물질로 이루어지며, 대표적으로 티타늄(Ti) 또는 크롬(Cr)을 사용할 수 있다.

[0027] 상기 금속막의 두께는 자성체막의 두께에 따라 결정된다. 일반적으로 상기 자성체막의 두께는 약 5 ~ 약 100nm의 두께를 가지며, 이 경우에 상기 금속막의 두께는 약 20 ~ 약 150nm의 두께를 갖는 것이 바람직하다.

[0028] 본 실시형태에서, 상기 복합구조의 마스크를 제거하는 단계는, 금속막을 습식에칭하여 상기 탄소박막패턴을 상기 나노자성체 어레이로부터 분리하는 단계로 구현될 수 있다.

[0029] 상기 자성체막 또는 금속막 건식식각단계는, 이온밀링, 반응성 이온밀링 또는 플라즈마 식각공정에 의해 실시될 수 있다. 바람직하게는, 상기 금속막을 건식식각하는 단계는 CF_2Cl_2가스를 이용한 플라즈마 식각에 의해 실시되며, 상기 자성체막을 건식식각하는 단계는 Ar가스를 이용한 이온밀링에 의해 실시된다.

[0030] 상기 자성체막은, Fe, Co, Ni, FeCo, NiFe, FeCr, CoCr, CoPt, AlNiCo 및 CoSm로 구성된 그룹으로부터 선택된 금속자성체를 포함하며, 상기 자성체막은, $La_{(1-x)}Sr_xMnO_3(0<x<1)$ 또는 CrO_2으로 이루어진 반금속(half metal)물질일 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명은 탄소박막을 감광제막으로 사용하는 새로운 전자빔 리소그래피방법을 제공한다. 상기 전자빔 리소그래피방법은, 감광제막으로서 사용될 전자빔의 조사에 의해 결정화가능한 비정질 탄소박막을 증착하는 단계와, 상기 탄소박막에 전자빔을 원하는 패턴에 따라 조사하는 단계 - 여기서, 상기 탄소박막 중 전자빔이 조사된 영역은 결정화됨-;와, 상기 전자빔이 조사된 영역으로 정의되는 탄소박막패턴이 형성되도록 상기 탄소박막의 비정질영역을 제거하는 단계를 포함한다.

[0032] 이와 같이, 본 발명에 감광제로서 새롭게 채용되는 비정질 탄소박막은 전자빔에 의한 노출조건에서 화학구조가 선택적으로 결정화(엄밀한 의미에서 중합(polymerization))되므로, 음성감광제(negative resist)로서 작용할 수 있다. 예를 들어, 비정질인 C60 플러렌은 전자빔에 의해 플러라이드(fulleride)로 결정화될 수 있다.

[0033] 나아가, 본 발명에서 채용된 탄소박막은, 상대적으로 작은 분자크기를 가질 뿐만 아니라, 전자빔에 대한 감도가 매우 낮으므로 매우 높은 전자빔 가속전압이 사용될 수 있으므로, 고분해능 나노패턴을 형성하는데 매우 유익하게 사용될 수 있다. 예를 들어, C60 플러렌계 탄소박막은 5nm이하의 작은 분자크기를 가지며, 200kV까지의 높은 전자빔 가속전압 사용될 수 있으므로, 40nm 또는 그 이하 수준으로 향상된 분해능을 기대할 수 있다.

[0034] 따라서, 본 발명에서 제안하는 바와 같이, 상기 탄소박막은 나노자성체 2차원 배열구조 제조를 위한 리소그래피 공정뿐만 아니라, 고도의 분해능이 요구되는 전자빔 리소그래피공정에 매우 유익하게 채용될 수 있다.

[0035] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

[0036] 도1a 내지 도1f는 본 발명의 바람직한 실시형태에 따른 나노자성체의 2차원 배열구조 제조방법을 설명하기 위한 공정별 측단면도이다.

[0037] 우선, 도1a과 같이, 기판(11) 상에 자성체막(12), 금속막(13) 및 비정질 탄소박막(14)을 순차적으로 형성한다.

[0038] 상기 기판(11)으로는 실리콘 또는 GaAs와 같은 반도체 웨이퍼뿐만 아니라, 글래스와 같은 비정질 기판도 사용될 수 있다. 상기 자성체막(12)은 나노자성체의 2차원 어레이를 제공하기 위한 막으로 채용된다. 이러한 자성체막(12)으로는 금속자성체 또는 반금속물질이 사용될 수 있다. 이에 한정되지 않으나, 상기 금속자성체로는, Fe, Co, Ni, FeCo, NiFe, FeCr, CoCr, CoPt, AlNiCo 및 CoSm로 구성된 그룹으로부터 선택되며, 상기 반금속물질로는, $La_{(1-x)}Sr_xMnO_3$(0<x<1) 또는 CrO_2일 수 있다.

[0039] 또한, 상기 금속막(13)은 필요에 따라 선택적으로 채용될 수 있다. 즉, 본 실시형태와 같이, 상기 금속막(13)은 식각에 대해 큰 저항을 갖는 물질을 패턴닝할 경우에 유익하다. 따라서, 바람직한 금속막(13)은 상기 자성체막(12)의 식각조건에서 식각률이 낮은 금속이 될 수 있으며, 대표적으로 Ti 또는 Cr 등이 있을 수 있다.

[0040] 상기 탄소박막(14)은 대표적으로 C60 플러렌계 탄소박막일 수 있으나, 이에 한정되지 않으며, 비정질로 증착되어 전자빔에 의해 선택적으로 화학적 구조가 변형가능하고 그 변형을 통해 선택적으로 제거될 수 있는 탄소박막이면, 유익하게 채용될 수 있다. 이러한 탄소박막(14)을 C60 플러렌계 탄소박막으로 형성하는 경우에, C60 플러렌 분말을 가열하여 C60 분자를 승화시킴으로써 상기 자성체막 상에 탄소박막을 열증착하는 공정에 의해 형성될 수 있다. 이에 대해서는 도2를 참조하여 보다 상세히 설명한다.

[0041] 각 층의 두께는 식각조건과 식각대상물질에 따라 적절히 선택할 수 있다. 예를 들어, 상기 금속막(13)의 두께(t2)는 상기 자성체막(12)의 두께(t1)에 따라 결정될 수 있다. 일반적으로, 상기 자성체막(12)의 두께(t1)는 약 5 ~ 약 100㎚이므로, 상기 금속막(13)의 두께(t1)는 약 20 ~ 약 150㎚인 것이 바람직하다. 또한, 정확한 나노자성체 배열구조를 얻기 위해서 상기 탄소박막(14)의 두께(t3)는 약 20 ~ 약 150㎚의 두께를 갖는 것이 바람직하다.

[0042]

[0043] 이어, 도1b와 같이, 상기 탄소박막(14)에 전자빔을 원하는 나노배열패턴에 따라 조사한다. 본 발명에 따르면, 나노자성체의 크기는 수십 내지 수백나노미터일 수 있으며, 그 간격(W)은 최소 10㎚수준까지 보장할 수 있으므로, 이에 적절하게 나노배열패턴을 설계할 수 있다. 본 전자빔의 조사과정에서, 상기 탄소박막(14) 중 전자빔이 조사된 영역(14a)은 결정화되는 반면에, 전자빔이 조사되지 않은 영역(14b)은 비정질 상태로 남는다. 예를 들어, 앞서 설명한 바와 같이 C60 플러렌계 탄소박막의 경우에 조사영역은 플러라이드구조로 중합되며, 미조사영역은 플러렌구조로 남으며 이러한 화학구조의 변화를 통해 미조사된 비정질영역은 선택적으로 제거될 수 있으므로, 실질적으로 음성감광제로서 작용할 수 있다.

[0044] 다음으로, 도1c와 같이, 상기 전자빔이 조사된 영역으로 정의되는 탄소박막패턴(14a)이 형성되도록 상기 탄소박막의 비정질영역(14b)을 제거한다. 본 공정은 전자빔이 조사된 탄소박막의 결정영역(14a)보다 미조사된 비결정영역(14b)에서 높은 선택성을 갖는 유기용매를 사용하는 현상공정(developing)에 의해 실시될 수 있다. 상기 탄소박막(14)이 C60 플러렌계 탄소박막인 경우에, 유기용매로는 바람직하게 톨루엔. 아세톤, 클로로포름 및 트리클로로에틸렌로 구성된 그룹 중 선택된 적어도 하나의 유기용매를 사용될 수 있으며, 가장 바람직하게는 톨루엔을 사용할 수 있다.

[0045] 이어, 도1d와 같이, 탄소박막패턴(14a)을 마스크로 이용하여 금속막(13)을 식각함으로써 금속막패턴(13')을 형성한다. 본 공정을 통해 자성체막(12) 중 나노배열구조를 얻기 위해서 제거될 영역이 완전히 노출될 수 있다. 본 공정은 적절한 건식식각공정에 의해 실시될 수 있다. 예를 들어, 이러한 금속막(13) 건식식각공정은, 이온밀링, 반응성 이온밀링 또는 플라즈마 식각공정일 수 있다.

[0046] 도1e와 같이, 탄소박막패턴(14a) 및 금속막패턴(13')을 마스크로 이용하여 상기 자성체막(12)을 건식식각함으로써 원하는 나노자성체 어레이(12')를 형성한다. 본 실시형태에서는, 자성체막 식각시에 사용되는 마스크를 탄소박막패턴(14a)과 Ti와 같은 금속막패턴(13')을 갖는 복합구조 마스크로 예시하였으나, 앞서 설명한 바와 같이, 탄소박막패턴(14a)만을 단일 마스크로서 사용할 수도 있다. 본 공정은 금속막의 건식식각공정과 유사하게, 이온밀링, 반응성 이온밀링 또는 플라즈마 식각공정일 수 있다.

[0047] 다만, 각 물질의 식각조건에 따른 식각률 차이를 고려하여, 도1d에 도시된 금속막 건식식각공정은 CF_2Cl_2가스를

이용한 플라즈마 식각에 의해 실시되며, 본 자성체막 건식식각공정은 Ar가스를 이용한 이온밀링에 의해 실시되는 것이 바람직하다.

[0048] 최종적으로, 도1f와 같이, 상기 탄소박막패턴(14a)과 상기 금속막패턴(13')을 상기 나노자성체 어레이(12')로부터 제거한다. 본 공정은 탄소박막패턴(14a)과 금속막패턴(13')에 대한 직접 식각을 통해 실현될 수 있으나, 본 실시형태와 같은 경우에는 금속막패턴(13')만을 습식에칭으로 제거함으로써 용이하게 실현될 수도 있다. 예를 들어, Ti 금속막이 사용된 경우에, 상기 결과물을 30% H_2O_2용액에 담가 놓음으로써 나노자성체 어레이(14)위의 Ti 금속막패턴(13')이 선택적으로 식각되어 탄소박막패턴(14a)까지 용이하게 분리시킬 수 있다.

[0049] 도2는 본 발명에 채용될 수 있는 탄소박막형성을 위한 열증착장치의 구조를 개략도이다.

[0050] 열증착장치는 기판(25)을 지지하기 위한 홀더(24)와 열증착기(23)에 배치된 메탈 도가니(21)를 포함한다. C60플러렌 분말(22)이 수용된 메탈도가니(21)는 Si기판(21)과 서로 마주하도록 배치된다. 상기 도가니(21)는 열증착기(23)에 의해 가열되고 상기 플러렌 분말(22)은 소정의 온도(약 350℃)에서 승화하여 기판(21)에 증착된다. 이때에 증착된 탄소박막은 비정질(amorphous)구조를 갖는다.

[0051] 또한, 본 발명에 채용되는 탄소박막은 전자빔 리소그래피용 감광제막으로서 다양한 장점을 갖는다. 특히, 상기 탄소박막의 전자빔에 대한 임계감광도는 현상액과 탄소박막의 구성물질에 따라 다소 달리할 수 있으나, 0.02~0.05 C/㎠범위를 갖는다. 예를 들어, 톨루엔을 현상액으로 사용하는 경우에 C60 플러렌계 탄소박막은 약 0.05 C/㎠의 전자빔 민감도를 갖는다. 따라서, 상기 탄소박막에 조사된 전자빔 가속전압은 20kV이상 200 kV까지 인가될 수 있다. 이러한 높은 가속전압은 전자의 잔방산란(forwarding scattering)을 크게 감소시킬 수 있으며, 결과적으로 탁월한 고분해능을 갖는 패터닝공정을 기대할 수 있다.

[0052] 나아가, 본 발명에 채용되는 탄소박막은 앞서 설명한 바와 같이, 전자빔이 조사된 영역이 톨루엔과 같은 유기용매에서 용해도가 높아지게 된다. 이는 전자빔조사로 인한 부분적인 탄소화(graphitization)와 함께 C60분자의 결정화 (polymerization)으로 인한 것이다. 따라서, 전자빔조사후에 탄소박막을 톨루엔 용액에서 현상하면 약 15nm에서 300nm까지의 다양한 크기를 갖으며 구조물 사이의 간격 약 10nm인 나노구조물을 패터닝할 수 있다. 이러한 분해능은 탄소박막의 질, 두께, 전자빔의 가속전압 외에도 전자빔 스폿(spot)의 직경, 전자빔 전류, 수차(aberration), 무비점수차 (stigmatism)등의 여러 요인들에 의해 영향을 받으므로 이와 같은 변수들을 정확하게 보정한 조건에서 상기한 나노크기의 나노패터닝이 보다 적절히 실현될 수 있다.

[0053] 앞서 설명한 바와 같이, 본 발명에서 금속막 또는 자성체막의 건식식각공정으로는 이온밀링(ion milling), 반응성이온밀링(reactive ion milling), 플라즈마 식각(plasma etching)이 사용될 수 있다. 공지된 건식식각(dry etching)에서 표1에 나타난 바와 같이, C60 탄소박막의 식각률은 금속(Ti), 자성금속 (Co,Ni) 및 GaAs기판과 비교할 때에 탄소박막이 금속에 비해서는 식각률이 빠르지만, GaAs기판에 비해서는 월등히 식각속도가 낮으므로, 높은 선택비를 갖는 마스크로 활용될 수 있음을 알 수 있다.

표 1

[0054]

종류	반응가스	식각속도(nm/min)			
		Ti	Co, Ni	C60	GaAs
이온밀링	Ar	1	5	6	20
반응성 이온밀링	CF_4	1	5	9	30
플라즈마 식각	CF_2Cl_2	7	1.5	3	60
	CF_4	10	-	15	-

[0055] 이하, 본 발명의 실시예를 통해 본 발명의 작용과 효과를 보다 구체적으로 설명한다.

[0056] **(실시예)**

[0057] 본 실시예에서는 10 × 10 ㎜로 절단된 실리콘 기판을 사용하였다. 실리콘 기판의 표면에 자연적으로 형성된 실리콘 다이옥사이드(SiO_2)와 오염원을 제거하기 위해서, TCE, 아세톤메탄올(Acetone, Methanol), DI 워터를 사용하여 순차적으로 세정한 후, H_2SO_4 : H_2O_2을 4:1 비율로 혼합된 고온의 산성용액에 10분 동안 담가두어 표면의 유기물질과 잔존 메탈을 완전히 제거한 후 DI 워터를 사용하여 10분 동안 세척하고 질소 가스를 사용하여 건조시켰다.

[0058] 이어, 세척된 기판 상에 약 30㎚의 Co 자성체와 약 15㎚의 Ti 금속막을 스퍼터링장치를 이용하여 순차적으로 증착하였다.

[0059] 도2에서 설명된 열증착설비를 이용하여 히터로 350℃ 정도 가열하여 CF 60 플러렌계 분말이 승화하여 Ti금속막의 표면에 증착속도 약 12㎚/min의 속도로 CF 60 플러렌계 탄소박막을 증착된다. 얻어진 탄소박막은 120㎚의 두께의 비정질(amorphous) 구조를 갖는다.

[0060] 상기 탄소박막을 도트형태의 패턴을 얻기 위해서 약 15㎚의 크기와 30㎚의 간격으로 선택적으로 조사한 후에 톨루엔과 같은 유기용매에서 30초간 담궈 현상하여 탄소박막패턴을 형성하였다. 이어, 상기 금속막을 CF_2Cl_2가스를 이용한 플라즈마식각하고, 상기 자성체막을 Ar가스를 이용한 이온밀링에 의해 식각하였다. 여기서 이온밀링시의 조건은 가속전압 1㎸와 전류밀도 0.1~0.5㎃/㎠로 하였다.

[0061]

[0062] 도3은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 나노자성체 어레이를 촬영한 주사전자현미경(SEM)사진이다. 나노자성체 어레이(탄소박막패턴이 잔류한 형태임)가 약 15㎚의 크기와 30㎚의 간격을 갖는 도트패턴으로서 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0063] 도4a 내지 도4c는 본 발명에 따라 제조된 다양한 패턴의 코발트(Co) 나노자성체 어레이를 촬영한 SEM 사진이다. 도4a 내지 도4c는 상기한 실시예와 유사한 조건에 따라 제조된 코발트 다양한 패턴형태의 나노자성체 어레이를 나타낸다. 여기서, 도4a 및 도4b는 각각 일정한 각으로 경사진 상태에서 촬영한 SEM사진이며, 도4c는 표면과 90도를 갖는 상부위치에 촬영한 사진이다.

[0064] 도4a 내지 도4c를 참조하면, 다양한 패턴으로서 약 15㎚에서 300㎚까지의 다양한 크기를 갖는 나노구조물을 약 10㎚까지 간격으로 패터닝할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

[0065] 상술된 실시예에서는 나노 자성체 어레이의 제조방법에 한정하여 설명하였으나, 탄소박막을 감광제막로 이용하는 전자빔 리소그래피공정은 다양한 나노패터닝기술로 응용될 수 있다.

[0066] 도5는 탄소박막을 마스크로 사용하여 GaAs기판에 형성된 필라(pillar)어레이를 촬영한 주사전자현미경(SEM)사진이다.

[0067] 도5에 도시된 필라어레이는 GaAs기판 상에 직접 탄소박막을 형성한 후에, 패터닝하여 얻어진 결과로서 본 발명에 따른 전자빔 리소그래피공정이 통상적인 반도체 기판에 대한 패터닝기술로 활용될 수 있다는 것을 확인시켜준다.

[0068] 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니며, 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 한다. 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능할 것이며, 이 또한 본 발명의 범위에 속한다고 할 것이

다.

발명의 효과

[0069] 상술된 바와 같이, 본 발명에 따르면 종래의 전자빔리소그래피 공정에서 사용하던 고분자계열의 전자빔감광제를 C60 플러렌계 탄소박막으로 대체함으로써 나노패터닝의 분해능을 획기적으로 향상시킬 수 있다. 따라서, 자기기록매체, 미소 불균일 자기장 생성 및 검출등의 응용분야등에 널리 사용되는 나노 자성체 배열구조를 보다 정밀하면서도 용이하게 제조할 수 있을 뿐만 아니라, 본 발명에서 제안된 전자빔 리소그래피공정은 반도체 패터닝과 같은 다양한 형태의 나노패터닝기술에서도 유익하게 응용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0001] 도1a 내지 도1f는 본 발명의 바람직한 실시형태에 따른 나노자성체의 2차원 배열구조 제조방법을 설명하기 위한 공정별 측단면도이다.

[0002] 도2는 본 발명에 채용될 수 있는 탄소박막형성을 위한 열증착장치의 구조를 개략도이다.

[0003] 도3은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 나노자성체 어레이를 촬영한 주사전자현미경(SEM)사진이다.

[0004] 도4a 내지 도4c는 본 발명에 따라 제조된 다양한 패턴의 코발트(Co) 나노자성체 어레이를 촬영한 SEM 사진이다.

[0005] 도5는 탄소박막을 마스크로 사용하여 GaAs기판에 형성된 필라(pillar)어레이를 촬영한 주사전자현미경(SEM)사진이다.

[0006] <도면의 주요부분에 대한 부호설명>

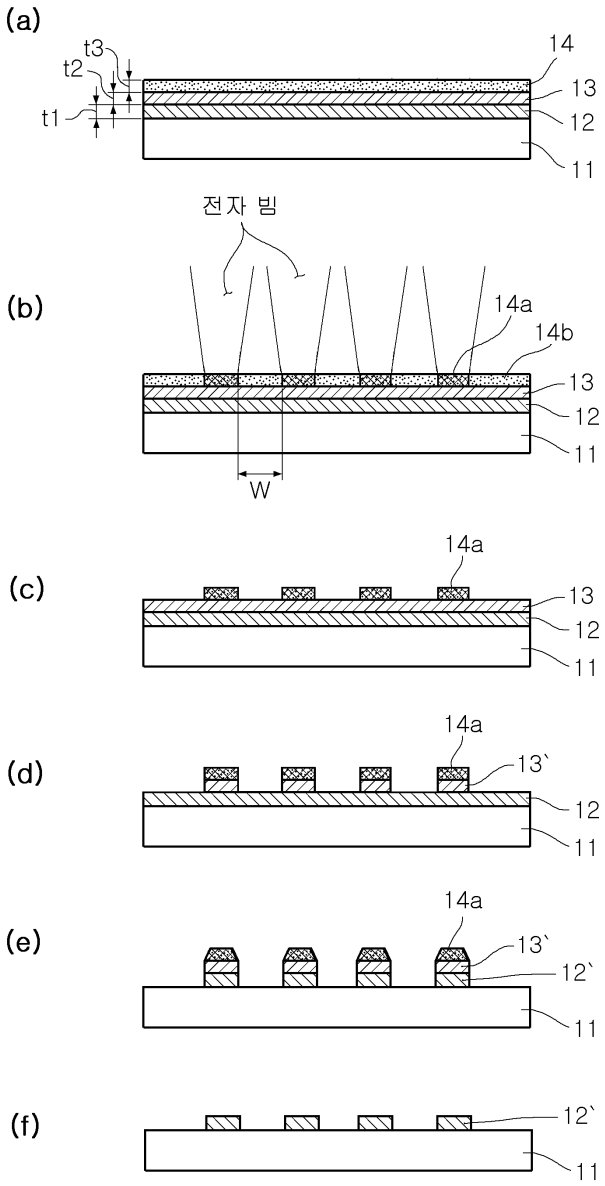
[0007] 11: 기판 12: 자성체막

[0008] 12': 나노자성체 어레이 13: 금속막

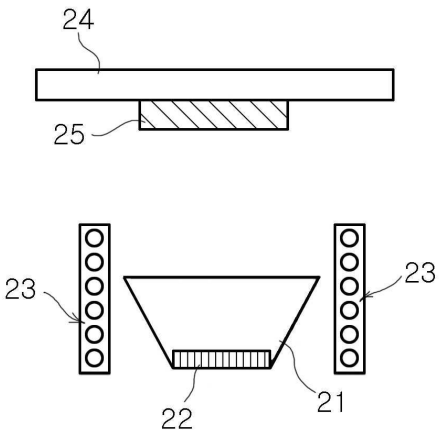
[0009] 14: 탄소박막 14a: 탄소박막패턴

도면

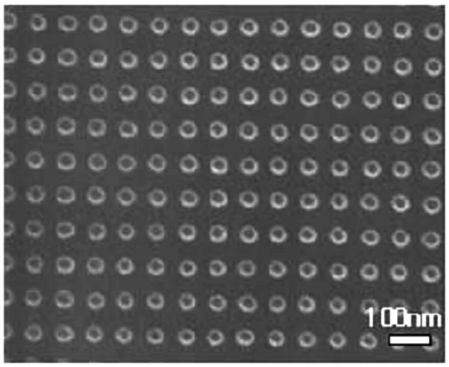
도면1


(a)
t3
t2
t1
14
13
12
11
(b)
전자 빔
14a
14b
13
12
11
W
(c)
14a
13
12
11
(d)
14a
13`
12
11
(e)
14a
13`
12`
11
(f)
12`
11

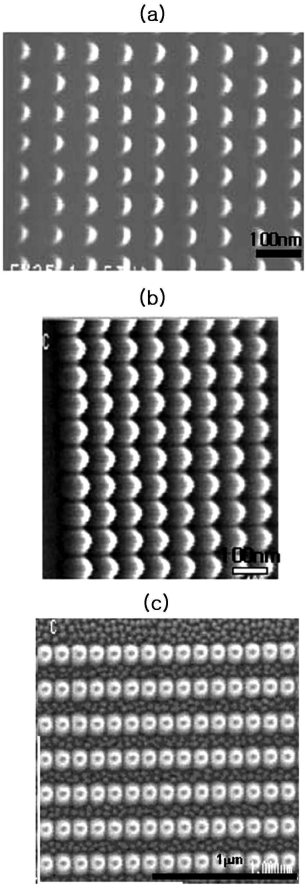
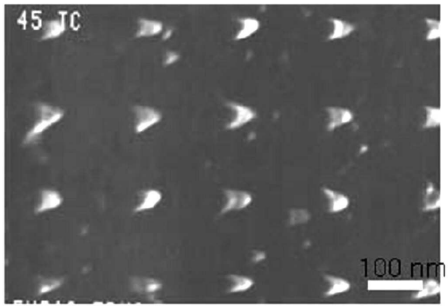
도면2



도면3



도면4



도면5