



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0085696
(43) 공개일자 2011년07월27일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0005613

(22) 출원일자 2010년01월21일

심사청구일자 2010년01월21일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

문준혁

서울특별시 구로구 개봉동 476번지 25/6 한마을
아파트 114동 402호

진우민

부산광역시 해운대구 우2동 동부윙림픽타운 116동
904호

신주환

서울특별시 송파구 송파동 98-17번지

(74) 대리인

특허법인 엠에이피에스

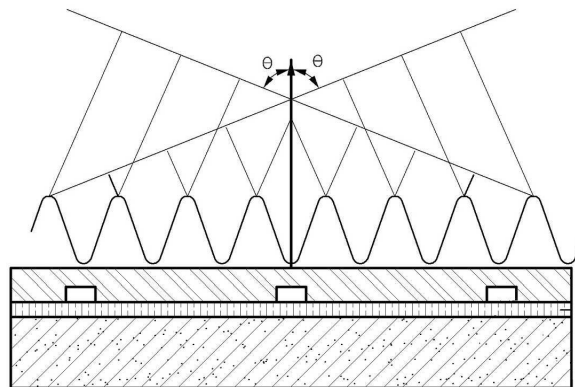
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 공간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법

(57) 요약

공간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법으로서, 서로 상이한 차원 또는 주기의 공간섭 패턴을 가지는 두 개 이상의 간섭광을 형성하는 단계; 및 상기 두 개 이상의 간섭광을 기판 상에 형성된 포토레지스트층에 중첩하여 조사함으로써 상기 포토레지스트층에 멀티스케일 격자 패턴을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20093020030010/2009-0069998/200942006.01

부처명 지식경제부 한국에너지기술평가원/한국연구재단/지식경제부 한국에너지기술평가원

연구관리전문기관

연구사업명 지식경제 기술혁신사업(신재생에너지기술개발사업)/기초연구사업-일반연구자지원사업-신진연구지원사업/에너지자원인력양성

연구과제명 나노구조의 고효율 탄소전극제조/연료전지에 응용가능한 멀티스케일 미세구조의 탄소전극 형성 및 특성연구/집적형 광자결정을 이용한 태양전지소자의 에너지효율향상

기여율

주관기관 성균관대학교산학협력단/서강대학교산학협력단/서강대학교산학협력단

연구기간 2009년 04월 01일 ~ 2012년 03월 31일 / 2009년 05월 01일 ~ 2012년 04월 30일 / 2008년 08월 01일 ~ 2011년 07월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

서로 상이한 차원 또는 주기의 광간섭 패턴을 가지는 두 개 이상의 간섭광을 형성하는 단계; 및

기판 상에 형성된 포토레지스트층에 상기 두 개 이상의 간섭광을 중첩하여 조사함으로써 상기 포토레지스트층에 멀티스케일 격자 패턴을 형성하는 단계;

를 포함하는, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 두 개 이상의 간섭광의 각각은 광로차를 갖는 복수의 평행광을 간섭시켜 형성되는 것인, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 두 개 이상의 간섭광의 각각은, 광로차를 갖는 2개의 평행광을 간섭시켜 형성된 1차원 형상의 광간섭 패턴을 가지는 간섭광; 광로차를 갖는 3개의 평행광을 간섭시켜 형성된 2차원 형상의 광간섭 패턴을 가지는 간섭광; 또는, 광로차를 갖는 4개의 평행광을 간섭시켜 형성된 3차원 형상의 광간섭 패턴을 가지는 간섭광인, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 형성되는 멀티스케일 격자 패턴의 격자 상수는, 상기 포토레지스트층에 중첩하여 조사되는 상기 두 개 이상의 간섭광 각각의 입사각에 의하여 조절되는 것인, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 형성되는 멀티스케일 격자 패턴의 크기는, 상기 포토레지스트층에 중첩하여 조사되는 상기 두 개 이상의 간섭광 각각의 조사 시간에 의하여 조절되는 것인, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 포토레지스트층에 중첩하여 조사되는 상기 두 개 이상의 간섭광은 각각 순차적으로 또는 동시에 조사되는 것인, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 두 개 이상의 간섭광이 조사된 상기 포토레지스트층을 현상하는 것을 추가 포함하는, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 포토레지스트층에 형성된 멀티스케일 격자 패턴을 통하여 상기 포토레지스트층 하부의 기판의 일부 영역을 에칭한 후 상기 포토레지스트층을 제거함으로써 상기 기판 상에 멀티스케일 격자 패턴을 형성하는 것을 추가 포함하는, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 두 개 이상의 간섭광을 형성하는 단계는, 하나의 평행광을 광선 분리기(beam splitter)를 이용하여 광로차를 갖는 복수의 평행광으로 분할하고, 상기 분할된 평행광을 이용하여 간섭광을 형성하는 것을 포함하는, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

청구항 10

광로차를 갖는 복수의 평행광을 간섭시켜 광간섭 패턴을 가지는 제 1 간섭광을 형성하는 단계;

광로차를 갖는 복수의 평행광을 간섭시켜, 상기 제 1 간섭광과 상이한 차원 또는 주기를 갖는 광간섭 패턴을 가지는 제 2 간섭광을 형성하는 단계; 및

기판 상에 형성된 포토레지스트층에 상기 제 1 간섭광 및 제 2 간섭광을 중첩하여 조사함으로써 상기 포토레지스트층에 멀티스케일 격자 패턴을 형성하는 단계:를 포함하며,

상기 제 1 간섭광 및 제 2 간섭광 각각은, 광로차를 갖는 2개의 평행광을 간섭시켜 형성된 1차원 형상의 광간섭 패턴을 가지는 간섭광; 광로차를 갖는 3개의 평행광을 간섭시켜 형성된 2차원 형상의 광간섭 패턴을 가지는 간섭광; 또는, 광로차를 갖는 4개의 평행광을 간섭시켜 형성된 3차원 형상의 광간섭 패턴을 가지는 간섭광인,

광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 광간섭 리소그래피를 이용하여 서로 상이한 차원 또는 주기를 가지는 두 개 이상의 광간섭 패턴을 다중(중첩) 조사함으로써 멀티 스케일의 격자패턴을 형성하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로, 반도체 회로 소자 및 LCD 등의 디스플레이 장치에 미세 패턴을 형성하거나, 상기 소자나 장치에의 미세 패턴 형성을 위한 스텝를 제조하기 위하여, 포토레지스트를 이용한 포토리소그래피(photo lithography)이 많이 이용되고 있다. 포토리소그래피는 기판 상에 도포된 감광막을 선택적으로 노광 및 현상함으로써 감광막에 미세 패턴을 형성할 수 있다. 또한, 감광막을 선택적으로 노광하는 방법으로는 마스크를 이용하는 방법 또는 광간섭을 이용하는 방법 등이 있다.

[0003] 나아가, 최근에는 집적회로의 비약적 발전에 따라 더욱 더 미세한 패턴의 형성이 요구되고 있으며, 패턴의 규모를 나노 미터 영역으로 확장하기 위한 기술이 연구되고 있다.

- [0004] 그러나, 종래의 마스크를 이용한 포토리소그래피법에서는 미세 패턴의 마스크를 제작하는 비용이 높을 뿐 아니라, 나노 패턴을 갖도록 마스크를 미세하게 제작하기 어려운 문제가 있었다.
- [0005] 또한, 시편으로부터 일정 간격을 두고 간섭광의 광원을 이용하여 시편에 패턴을 형성하는 일반적인 공간섭 리소그래피법에서는 다양한 차원 및 주기의 패턴이 중첩된 미세 패턴을 효과적으로 형성하지 못하였다.
- [0006] 따라서, 나노 크기의 미세한 패턴을 형성함에 있어서, 다양한 간섭광을 효과적으로 활용하여 복잡한 패턴을 효율적으로 형성할 수 있는 기술이 절실히 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본원은 다양한 차원 및 주기의 공간섭 패턴을 중첩 조사하여 멀티스케일의 패턴을 효과적으로 형성할 수 있는 공간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법을 제공한다. 구체적으로, 공간섭 패턴 형성 시 중첩시킨 빛의 개수 및 입사각에 따라 다양한 패턴 형성이 가능하여, 이와 같이 다양한 공간섭 패턴을 상용 포토레지스트에 조사하여 멀티스케일의 격자패턴을 형성하는 방법을 제공하고자 한다.
- [0008] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제1 측면은, 서로 상이한 차원 또는 주기의 공간섭 패턴을 가지는 두 개 이상의 간섭광을 형성하는 단계; 및 상기 두 개 이상의 간섭광을 기판 상에 형성된 포토레지스트층에 중첩하여 조사함으로써 상기 포토레지스트층에 멀티스케일 격자 패턴을 형성하는 단계를 포함하는, 공간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법을 제공할 수 있다.
- [0010] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 두 개 이상의 간섭광의 각각은 광로차를 갖는 복수의 평행광을 간섭시켜 형성되는 것일 수 있다.
- [0011] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 두 개 이상의 간섭광의 각각은, 광로차를 갖는 2개의 평행광을 간섭시켜 형성된 1차원 형상의 공간섭 패턴을 가지는 간섭광; 광로차를 갖는 3개의 평행광을 간섭시켜 형성된 2차원 형상의 공간섭 패턴을 가지는 간섭광; 또는, 광로차를 갖는 4개의 평행광을 간섭시켜 형성된 3차원 형상의 공간섭 패턴을 가지는 간섭광일 수 있다.
- [0012] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 형성되는 멀티스케일 격자 패턴의 격자 상수는 상기 포토레지스트층에 중첩하여 조사되는 상기 두 개 이상의 간섭광 각각의 입사각에 의하여 조절될 수 있다.
- [0013] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 형성되는 멀티스케일 격자 패턴의 크기는 상기 포토레지스트층에 중첩하여 조사되는 상기 두 개 이상의 간섭광 각각의 조사 시간에 의하여 조절될 수 있다.
- [0014] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 포토레지스트층에 중첩하여 조사되는 상기 두 개 이상의 간섭광은 각각 순차적으로 또는 동시에 조사될 수 있다.
- [0015] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 두 개 이상의 간섭광을 함께 중첩하여 조사하는 경우, 서로 간의 광로 차이가 결맞음 길이(coherent length)보다 큰 상기 두 개 이상의 간섭광을 동시에 조사할 수 있다.
- [0016] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 두 개 이상의 간섭광을 함께 중첩하여 조사하는 경우, 서로 다른 파장의 광원에 의해 형성된 상기 두 개 이상의 간섭광을 동시에 조사할 수 있다.
- [0017] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 두 개 이상의 간섭광이 조사된 상기 포토레지스트층을 현상하는 것을 추가 포함할 수 있다. 이러한 현상 과정은, 예를 들어, 상기 간섭광이 조사된 포토레지스트층을 베이킹하고, 노광된 포토레지스트 영역 또는 노광되지 않은 포토레지스트 영역을 제거하는 것을 포함할 수 있다.
- [0018] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 포토레지스트층에 형성된 멀티스케일 격자 패턴을 통하여 상기 포토레지스트층 하부의 기판을 에칭한 후 상기 포토레지스트층을 제거함으로써 상기 기판 상에 멀티스케일 격자 패턴을 형성하는 단계를 추가 포함할 수 있다.
- [0019] 예시적 구현예들에 있어서, 상기 두 개 이상의 간섭광을 형성하는 단계는, 하나의 평행광을 광선 분리기(beam

splitter)를 이용하여 광로차를 갖는 복수의 평행광으로 분할하고, 상기 분할된 평행광을 이용하여 간섭광을 형성하는 것을 포함할 수 있다.

[0020] 예시적 구현예들에 있어서, 서로 상이한 차원 또는 주기의 광간섭 패턴을 가지는 두 개의 간섭광을 이용하는 경우, 하기를 포함하는, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법을 제공할 수 있다:

[0021] 광로차를 갖는 복수의 평행광을 간섭시켜 광간섭 패턴을 가지는 제 1 간섭광을 형성하는 단계;

[0022] 광로차를 갖는 복수의 평행광을 간섭시켜, 상기 제 1 간섭광과 상이한 차원 또는 주기를 갖는 광간섭 패턴을 가지는 제 2 간섭광을 형성하는 단계; 및

[0023] 상기 제 1 간섭광 및 제 2 간섭광을 기판 상에 형성된 포토레지스트층에 중첩하여 조사함으로써 상기 포토레지스트층에 멀티스케일 격자 패턴을 형성하는 단계.

[0024] 예를 들어, 상기 제 1 간섭광 및 제 2 간섭광 각각은, 광로차를 갖는 2개의 평행광을 간섭시켜 형성된 1차원 형상의 광간섭 패턴을 가지는 간섭광; 광로차를 갖는 3개의 평행광을 간섭시켜 형성된 2차원 형상의 광간섭 패턴을 가지는 간섭광; 또는, 광로차를 갖는 4개의 평행광을 간섭시켜 형성된 3차원 형상의 광간섭 패턴을 가지는 간섭광일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

발명의 효과

[0025] 본원에 의하여, 광간섭 리소그래피를 이용하여, 다양한 차원 및 주기의 광간섭 패턴을 중첩하여 다양한 격자 상수를 갖는 멀티스케일의 패턴을 효과적으로 형성한다. 구체적으로, 본원에 의하여 광간섭 패턴 형성 시 간섭을 일으키는 빛의 각도 및 방향을 조절하는 경우 다양한 주기 및 차원의 간섭 및 보강간섭이 반복되는 격자패턴을 형성할 수 있고, 이와 같은 다양한 격자패턴을 감광성 포토리지스트에 다중(중첩) 조사하여 멀티스케일 패턴을 형성할 수 있고, 이러한 멀티스케일 패턴을 광결정으로 적용하는 경우 결함(defect)을 형성하여 광도파로 등의 광학소자의 적용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 시스템의 세부 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 2개의 간섭 광에 의해 시료 상에 발생하는 간섭 현상을 설명하기 위한 개념도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른, 광간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법의 세부 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른, 2개의 레이저 빛의 중첩에 의해 형성된 1차원 광간섭 패턴의 일례를 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른, 3개의 레이저 빛의 중첩에 의해 형성된 2차원 광간섭 패턴의 일례를 도시한 도면이다.

도 6은 도 4에 따른 1차원 광간섭 패턴 및 도 5에 따른 2차원 광간섭 패턴이 중첩되어 멀티스케일 광간섭 격자 패턴을 형성하는 과정의 일례를 도시한 도면 이다.

도 7은 도 4에 따른 1차원 광간섭 패턴 및 도 5에 따른 2차원 광간섭 패턴이 중첩되어 형성된 멀티스케일 광간섭 격자 패턴의 일례를 보여준다.

도 8은, 도 4에 따른 1차원 광간섭 패턴 및 도 5에 따른 2차원 광간섭 패턴을 순차적으로 네거티브 포토레지스트에 중첩하여 조사하고, 상기 포토레지스트를 현상하여 얻은 1, 2차원이 중첩된 포토레지스트 패턴의 전자 현미경 사진이다.

도 9는, 도 8의 포토레지스트 패턴에 플라스마 에칭을 통해 선택적으로 하부 실리콘 기판을 에칭하고, 상기 포토레지스트를 제거하여, 중첩된 간섭 패턴이 기판에 전사된 전자 현미경 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할

수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0028] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0029] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 공간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 시스템의 세부 구성도이다.
- [0031] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 공간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 시스템은 주기 설정부(100), 차원 설정부(200), 간섭광 조사부(300) 및 제어부(400)를 포함한다.
- [0032] 주기 설정부(100)는 조사될 간섭광들의 주기를 결정한다. 주기 설정부(100)에서는 다양한 주기의 두 개 이상의 복수의 간섭광들이 중첩하여 조사될 수 있도록, 조사될 간섭광들의 주기를 각각의 간섭광 별로 설정할 수 있다.
- [0033] 차원 설정부(200)는 조사될 간섭광들의 차원을 설정한다. 차원 설정부(200)에서는 1차원 내지 3차원의 간섭광들이 중첩하여 조사될 수 있도록, 조사될 간섭광의 차원 및 간섭광을 이루는 광선의 개수를 설정할 수 있다.
- [0034] 예를 들어, 간섭광의 차원이 1차원인 경우에는 2개의 평행광을 이용하여 간섭광을 형성하도록 설정할 수 있으며, 간섭광의 차원이 2차원일 경우에는 3개의 평행광을 이용하여 간섭광을 형성하도록 설정할 수 있다.
- [0035] 간섭광 조사부(300)는 설정된 차원 및 주기의 간섭광을 포토레지스트에 조사한다.
- [0036] 간섭광 조사부(300)는, 복수의 평행광에 광로차를 부여하여 다양한 주기 및 차원을 갖는 복수의 간섭광을 포토레지스트에 순차적으로 조사할 수 있다. 예를 들어, 간섭광 조사부(300)는 광로차를 가지는 2개의 평행광의 간섭으로 이루어지는 1차원의 간섭광을 포토레지스트에 조사하고, 광로차를 가지는 3개의 평행광의 간섭으로 이루어지는 2차원의 간섭광을 포토레지스트에 조사할 수 있다. 상기 포토레지스트는 기판 상에 형성되어 있는 포토레지스트층일 수 있다.
- [0037] 또한, 예를 들어, 간섭광 조사부(300)는 복수의 간섭광을 동시에 조사할 수도 있다. 예를 들어, 간섭광 조사부(300)는 1차원의 간섭광과 2차원의 간섭광을 동시에 조사하여, 1차원의 패턴 및 2차원의 공간섭 패턴이 중첩된 패턴을 포토레지스트에 형성할 수 있다. 이 경우, 1차원의 간섭광 및 2차원의 간섭광은, 서로 다른 종류의 광원 또는 주기의 공간섭 패턴을 갖는 간섭광일 수 있다.
- [0038] 또한, 예를 들어, 간섭광 조사부(300)는 서로 간의 광로 차이가 결맞음 길이(coherent length)보다 큰 1차원의 간섭광과 2차원의 간섭광을 동시에 조사하거나, 1차원 간섭광 및 2차원 간섭광을 서로 다른 파장의 광원을 사용하여 형성할 수도 있다.
- [0039] 간섭광 조사부(300)는 광선 분리기(beam splitter)를 이용하여 복수의 광선으로 분할하고, 분할된 광선을 중첩하여 간섭광을 형성할 수 있으며, 형성된 간섭광을 포토레지스트(감광성 수지)가 코팅된 기판에 조사할 수 있다.
- [0040] 또한, 간섭광 조사부(300)는 조사되는 각각의 간섭광의 입사각을 조절하여 공간섭 패턴 별로 격자 상수를 조절할 수 있으며, 각각의 간섭광을 조사하는 조사 시간을 조절하여 공간섭 패턴 별로 패턴의 크기를 조절할 수 있다.
- [0041] 복수의 간섭광에 의해 형성된 멀티스케일의 포토레지스트 패턴을 통해 포토레지스트 하부의 기판을 플라즈마 에칭 등을 통하여 선택적으로 에칭하고 상기 포토레지스트를 제거함으로써, 상기 기판에 다양한 주기 및 차원의 패턴이 중첩된 멀티스케일의 격자 구조가 형성될 수 있다.
- [0042] 제어부(400)는 멀티스케일 격자 패턴 형성 시스템 전체의 작동을 제어하며, 조사될 간섭광들의 주기 및 차원을 설정하고, 설정된 차원 및 주기에 기초하여, 복수의 간섭광을 포토레지스트에 효과적으로 조사할 수 있도록 주기 설정부(100), 차원 설정부(200) 및 간섭광 조사부(300)를 제어한다.

- [0043] 이하, 도 2를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따라 시료 상에 발생하는 간섭 현상을 설명하기로 한다.
- [0044] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 2개의 간섭 광에 의해 시료 상에 발생하는 간섭 현상을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0045] 간섭광은 시료의 표면 상에서 간섭 현상을 일으킨다. 즉, 간섭기의 간섭 미러를 경유한 지연된 평행광과 시료로 직접 입사되는 직접 평행광 사이에 간섭 현상이 발생한다. 특히, 시료에 입사되는 2개의 간섭광의 입사각 θ 는 서로 동일함이 바람직하다.
- [0046] 2개의 간섭광들의 간섭 현상에 의해 형성되는 간섭광의 파동의 마루와 마루 또는 골과 골이 만나서 진폭이 더 커지는 부분에서는 보강 간섭이 일어나고, 마루와 골이 만나서 진폭이 거의 없어지는 부분에서는 상쇄 간섭이 발생한다.
- [0047] 도 2에서 간섭 현상에 의해 발생하는 간섭광의 파장 P 는 하기의 수학식에 따른다:
- [0048] [수학식]
- [0049]
$$P = \lambda / 2 \sin \theta$$
- [0050] 상기 수학식에서 λ 는 평행광의 파장을 나타내며, θ 는 2개의 평행광의 입사각을 나타낸다.
- [0051] 이하, 도 3을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 공간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법에 대하여 설명하기로 한다.
- [0052] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른, 공간섭 리소그래피에 의한 멀티스케일 격자 패턴 형성 방법의 세부 흐름도이다.
- [0053] 단계 S300은 기판에 포토레지스트를 코팅하고, 필요한 경우 열처리하는 단계이다. 단계 S300에서는 기판에 네거티브 포토레지스트 또는 포지티브 포토레지스트를 스핀 코팅할 수 있으며, 필요한 경우 상기 포토레지스트가 코팅된 기판을 열처리할 수 있다.
- [0054] 단계 S300에서는, 예를 들어, 네가티브 포토레지스트인 SU-8 포토레지스트($C_{19}H_{23}ClO_4$)를 용매인 γ -부티로락톤(γ -Butyrolactone)에 혼합한 후 감광제를 첨가한 후 실리콘 기판 위에 스핀 코팅할 수 있다.
- [0055] 단계 S302는 멀티스케일 격자 패턴의 형성에 이용되는 간섭광의 주기 및 차원을 설정하는 단계이다.
- [0056] 단계 S302에서는 기판에 조사될 복수의 간섭광들 각각의 주기 및 차원을 결정할 수 있다. 단계 S302에서는 다양한 주기의 간섭광들이 조사될 수 있도록, 조사될 간섭광들의 주기를 각각의 간섭광 별로 결정할 수 있으며, 1차원 내지 3차원의 간섭광들이 중첩하여 조사될 수 있도록, 조사될 간섭광의 차원 및 간섭광을 이루는 광선의 개수를 결정할 수 있다.
- [0057] 단계 S304는 기판에 조사되는 간섭광의 입사각 및 조사 시간을 결정하는 단계이다.
- [0058] 단계 S304에서는 형성하고자 하는 공간섭 패턴의 크기 및 격자 상수를 조절하기 위하여, 조사될 간섭광의 입사각 및 조사 시간을 결정할 수 있다.
- [0059] 단계 S306은 결정된 주기, 차원, 입사각 및 조사 시간에 기초하여, 간섭광을 중첩하여 조사하는 단계이다.
- [0060] 단계 S306에서는 다양한 주기 및 차원을 갖는 복수의 간섭광을 포토레지스트에 순차적으로 조사하여 중첩시킬 수 있다. 예를 들어, 2개의 광선의 간섭으로 이루어지는 1차원의 간섭광을 포토레지스트에 조사하고, 3개의 광선의 간섭으로 이루어지는 2차원의 간섭광을 포토레지스트에 조사할 수 있다.
- [0061] 또한, 단계 S306에서는, 2개 이상의 복수의 간섭광을 동시에 조사할 수도 있다. 예를 들어, 간섭광 조사부(300)는 1차원의 간섭광과 2차원의 간섭광을 동시에 조사하여, 줄무늬 형상의 1차원의 패턴 및 점(면) 형상의 2차원의 패턴이 중첩된 패턴을 포토레지스트에 형성할 수 있다. 이 경우에는, 동시에 조사되는 간섭광 사이에 간섭이 일어나지 않도록 간섭광의 광원의 종류, 주기 등을 차별하여 설정할 수 있다.
- [0062] 나아가, 단계 S306에서는 결정된 입사각 및 조사 시간에 기초하여, 간섭광들을 조사할 수 있으며, 이를 통해, 다양한 격자 상수 및 패턴 크기를 갖는 멀티스케일 격자 구조를 형성할 수 있게 된다.
- [0063] 단계 S308은 간섭광이 조사된 포토레지스트를 현상하는 단계로서, 베이킹(baking) 후 상기 간섭광이 조사되어

노광된 포토레지스트 영역 또는 노광되지 않은 포토레지스트 영역을 제거하는 것을 포함할 수 있다.

- [0064] 단계 S308에서는, 예를 들어, 복수의 간섭광이 조사된 포토레지스트에서 보강 간섭이 일어나 빛의 세기 증폭된 부분을 선택적으로 가교시키기 위해 베이킹을 수행한 후 상기 간섭광이 조사되어 노광된 포토레지스트 영역 또는 노광되지 않은 포토레지스트 영역을 제거하는 것을 포함할 수 있다.
- [0065] 이후, 상기한 바와 같이 형성된 멀티스케일의 포토레지스트 패턴을 통해 상기 포토레지스트 하부의 기판을 플라즈마 에칭 등을 통하여 선택적으로 에칭하고 상기 포토레지스트를 제거함으로써 상기 기판에 다양한 주기 및 차원의 패턴이 중첩된 멀티스케일의 격자 구조가 형성될 수 있다.
- [0066] 이하, 도 4 내지 도 6에 기초하여, 본 발명의 일 실시예에 따라 형성되는 공간섭 패턴에 대하여 설명하기로 한다.
- [0067] 도 4는, 본 발명의 일 실시예에 따른 1차원의 공간섭 패턴의 일례를 도시한 도면이며, 도 4에 도시된 바와 같이, 기판에 광로차를 갖는 2개의 평행광을 서로 마주보도록 180° 로 조사하여 조사된 평행광을 서로 간섭시킬 수 있으며, 이 경우에는 줄무늬 형상의 1차원의 공간섭 패턴이 형성될 수 있다.
- [0068] 또한, 도 5는, 본 발명의 일 실시예에 따른 2차원의 공간섭 패턴의 일례를 도시한 도면이며, 도 5에 도시된 바와 같이, 기판에 광로차를 갖는 3개의 평행광을, 예를 들어, 서로 120° 의 각도로 조사할 수 있으며, 이 경우에 3개의 평행광이 서로 간섭함으로써 점 형상의 2차원의 공간섭 패턴이 형성될 수 있다.
- [0069] 또한, 도 6은, 본 발명의 일 실시예에 따른 1차원의 공간섭 패턴 및 2차원의 공간섭 패턴이 중첩되는 과정을 도시한 도면이다.
- [0070] 도 6에 도시된 바와 같이, 기판에 2차원의 공간섭 패턴을 형성하고, 형성된 2차원의 공간섭 패턴에 1차원의 공간섭 패턴을 중첩하여 형성할 수 있다. 이 경우, 2차원의 간섭광 및 1차원의 간섭광을 순차적으로 조사할 수 있다.
- [0071] 또한, 동시에 조사되는 간섭광 사이에 간섭이 일어나지 않도록, 간섭광의 종류, 주기 등을 설정함으로써, 1차원의 간섭광 및 2차원의 간섭광을 함께 조사하여 1차원의 공간섭 패턴 및 2차원의 공간섭 패턴이 중첩된 패턴을 효과적으로 생성할 수도 있다.
- [0072] 도 4 내지 도 6에서는 1차원 및 2차원의 공간섭 패턴을 형성하고 중첩하는 일례를 설명하였으나, 이에 제한되지 않으며, 광로차를 갖는 4개의 평행광을 이용하여 3차원 형상의 공간섭 패턴을 가지는 간섭광을 형성하고 중첩할 수도 있다.
- [0073] 이하, 도 7 내지 도 9를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따라 형성된 멀티스케일 격자 패턴에 대하여 설명하기로 한다.
- [0074] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 형성된 멀티스케일 격자 패턴의 일례이며, 도 8은, 도 7의 격자 패턴을 네거티브(negative) 포토레지스트에 중첩하여 조사하고, 포토레지스트를 현상하여 얻은 1,2차원이 중첩된 포토레지스트 패턴의 전자 현미경 사진이며, 도 9는, 도 8의 포토레지스트 패턴이 형성된 기판에서 플라즈마 에칭을 통해 선택적으로 하부의 실리콘 기판을 에칭하고 포토레지스트를 제거함으로써, 중첩된 공간섭 패턴이 기판에 전사된 전자 현미경 사진이다.
- [0075] 도 7 내지 도 9에서와 같이, 기판 상에 형성되는 포토레지스트 패턴은 1차원의 공간섭 패턴 및 2차원의 공간섭 패턴이 중첩되어 형성될 수 있으나, 이에 제한되지 않고, 다양한 차원 및 주기를 갖는 규칙적인 형상들이 서로 중첩하여 동시에 형성될 수가 있다.
- [0076] 본원에 있어서, 공간섭 패턴은 보강간섭과 상쇄간섭이 주기적으로 반복되는 무늬이며, 광반응성 고분자 필름(예, 포토레지스트)에 조사하였을 때, 보강간섭 영역에서만 상대적으로 광반응이 진행되며, 상쇄간섭 영역에서는 광반응이 진행되지 않으므로 이 차이에 의해 광반응성 고분자 필름에 패턴을 형성할 수 있다. 본원의 상기 방법은 기존의 포토리소그래피에서는 불가능한 광학계의 조절, 즉 간섭에 사용된 빛의 수 및 빛 간의 각도를 조절하여 수십 나노미터에서 수 마이크로의 다양한 스케일의 패턴 형성이 가능하다는 장점을 갖는다.
- [0077] [실시예]

- [0078] 네가티브 포토레지스트인 SU-8 ($C_{19}H_{23}ClO_4$)를 용매인 γ -부티로락톤(γ -Butyrolactone)에 6:4 비율로 혼합하고 여기에 감광제를 넣은 후 실리콘 기판 위에 2000 RPM으로 스핀 코팅하여 포토레지스트층을 형성하였다. 그리고 상기 포토레지스트층이 형성된 기판을 95℃로 설정되어 있는 핫플레이트(hot plate)에 놓고 5분 동안 열처리하였다.

[0079] 3개의 빛의 간섭으로 이루어지는 2차원 육방정계 배열(hexagonal array) 광간섭 패턴 및 2개의 빛의 간섭으로 이루어지는 1차원 선형(line) 광간섭 패턴을 차례로 상기 포토레지스트층에 조사하여, 도 8과 같이, 중첩된 멀티스케일 포토레지스트 패턴을 형성하였다.

[0080] 이 때, 2차원 육방정계(hexagonal) 패턴을 형성하기 위해 사용된 빛의 파장은 514 nm Ar-이온 레이저이며, 광선 분리기(beam splitter)를 이용하여 3개의 빛으로 분할하고 다시 중첩하는 방법을 적용하였다. 레이저 빛은 기판의 수직인 직선에 대해 30°의 각도로 입사하였으며, 3개의 레이저 빛 사이의 각도는 동일하게 하였다. 포토레지스트 필름에 대한 입사 각도는 2차원 육방정계(hexagonal) 패턴의 격자 상수를 결정하며 각도가 기판에 수직에 가까울수록 격자 상수를 감소시킬 수 있다. 상기 빛의 입사각은 전반사가 일어나지 않는 범위에서 조절할 수 있으며, 예를 들어, 10° 내지 전반사가 일어나지 않는 39° 까지 바꿀 수 있다. 상기 빛의 조사는 0.1초 내지 10초 사이가 적당하며 조사 시간이 조절하여 형성되는 패턴의 크기를 조절할 수 있다.

[0081] 2차원 및 1차원 광간섭 패턴을 중첩하여 조사한 후에 보강 간섭이 일어난 부분 즉, 광간섭 패턴에서 빛의 세기가 증폭된 부분을 선택적으로 가교시키기 위해 노광 후 베이킹(post-exposure baking)을 60℃ 핫플레이트(hot plate)에서 10분 동안 실시하였다.

[0082] 상기 멀티스케일 포토레지스트 패턴이 형성된 기판을 플라즈마 에칭 챔버에 넣고, 상기 포토레지스트 패턴을 통하여 하부 기판의 일부 영역을 선택적으로 에칭함으로써 상기 포토레지스트 패턴이 있는 부분의 기판은 에칭되지 않고 상기 포토레지스트 패턴이 남아 있지 않은 부분의 기판은 에칭된다.

[0083] 본 실시예에서는 실리콘 기판을 사용하였고, 상기 실리콘 기판의 에칭은 RIE(reactive-ion etching)를 이용해서 실시하였다. 이것은 활성화된 플라즈마가 실리콘 기판에 불소를 첨가 시키고 기판에 코팅되어 있는 SU-8 필름을 에칭시켰다. 그리고 이 공정에서 산소는 SU-8의 기공을 더 넓게 에칭시키는 역할을 하였다.

[0084] 상기 포토레지스트는 고온의 공기 분위기에서 제거가 가능하며 500℃에서 실시하였다. 이것으로, 도 9에 도시된 바와 같이, 상기 기판 상에 육각정계 배열(hexagonal array) 형태의 패턴이 선형 배열(line array)된 멀티스케일 패턴을 얻을 수 있었다. 즉, 상기 기판에 삼각형 모양의 기공이 주기적으로 배열된 멀티스케일 격자 패턴을 형성하였다.

[0085] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

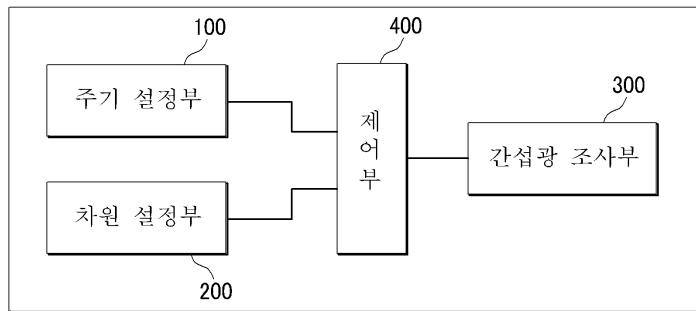
[0086] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

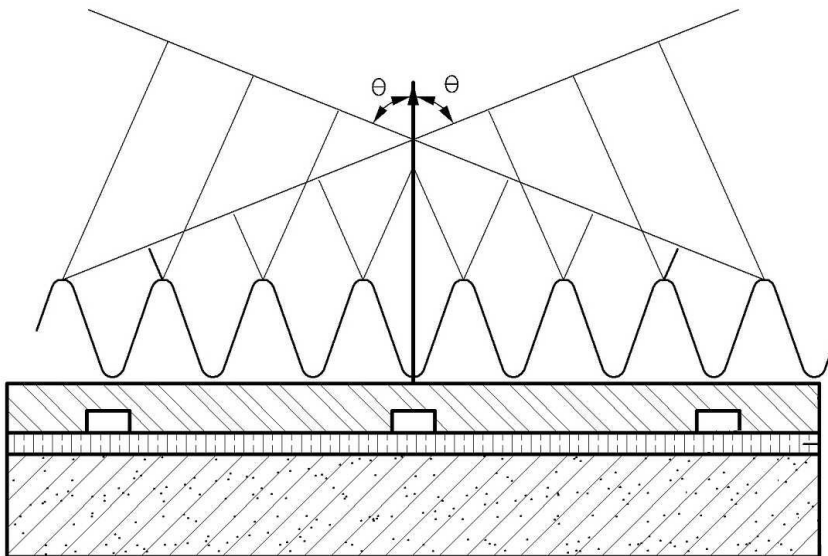
- [0087] 100: 주기 설정부 200: 차원 설정부
- 300: 감섭광 조사부 400: 제어부

도면

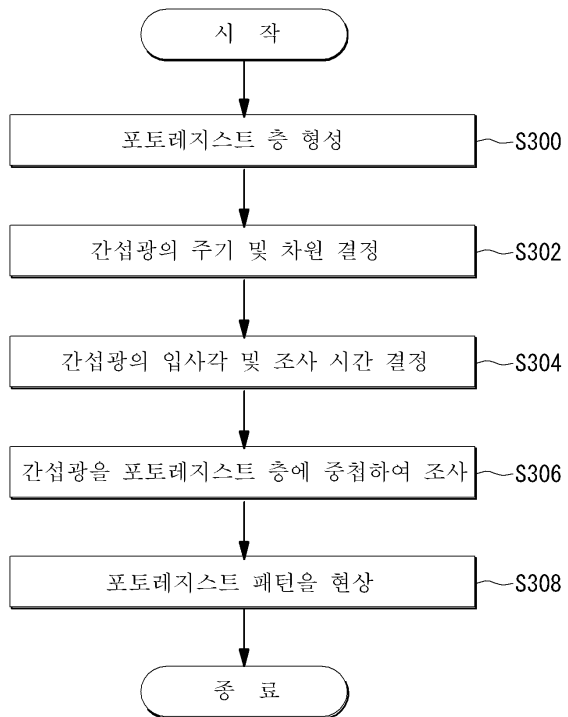
도면1



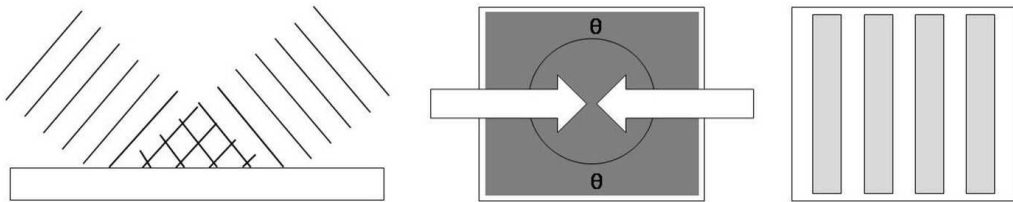
도면2



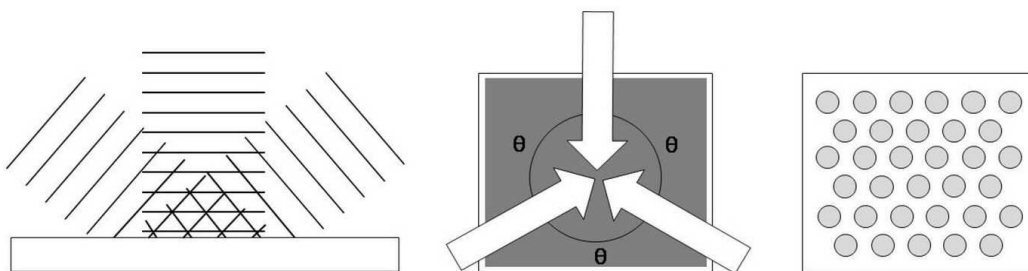
도면3



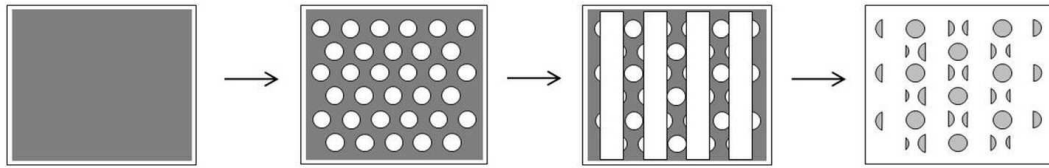
도면4



도면5



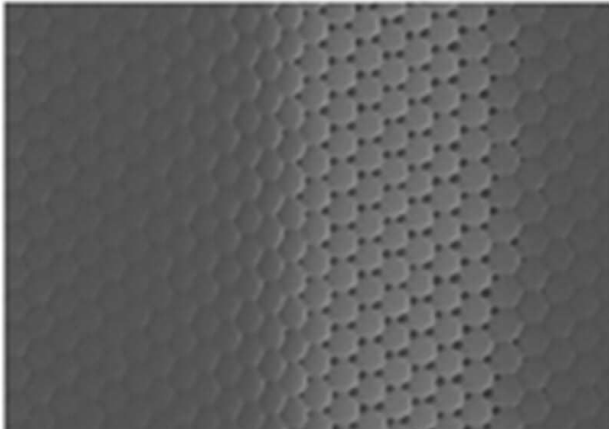
도면6



도면7



도면8



도면9

