



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년01월10일
 (11) 등록번호 10-1350325
 (24) 등록일자 2014년01월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G02B 5/08 (2006.01) G02B 5/00 (2006.01)
 G02B 6/08 (2006.01) G21K 1/06 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2008-7019398
 (22) 출원일자(국제) 2007년01월24일
 심사청구일자 2012년01월20일
 (85) 번역문제출일자 2008년08월07일
 (65) 공개번호 10-2008-0096660
 (43) 공개일자 2008년10월31일
 (86) 국제출원번호 PCT/DE2007/000126
 (87) 국제공개번호 WO 2007/090364
 국제공개일자 2007년08월16일
 (30) 우선권주장
 10 2006 006 283.3 2006년02월10일 독일(DE)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP11038192 A
 JP2005300249 A
 KR1020030072588 A
 KR1020060006841 A
 전체 청구항 수 : 총 14 항

(73) 특허권자
 프라운호퍼-게젤샤프트 슈어 퍼르더룽 데어 안게 반텐 포르숨에.파우.
 독일 데-80686 뮌헨 한자스트라쎄 27체
 (72) 발명자
 파이클, 토르스텐
 독일 07743 예나 펠처 슈트라쎄 28
 베르노이트, 니콜라스
 독일 07743 예나 발하우스가쎄 6
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 특허법인 남앤드남

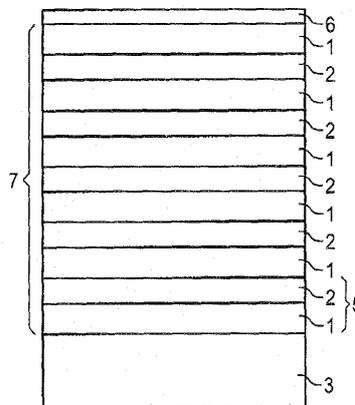
심사관 : 이미현

(54) 발명의 명칭 EUV-스펙트럼 영역을 위한 열에 안정적인 다층 미러

(57) 요약

본 발명은 제 1 재료로 이루어진 제 1 층(1) 및 제 2 재료로 이루어지고 상기 제 1 층 상에 증착된 제 2 층(2)으로 형성된 다수의 층 쌍(5)으로 구성되어 기판(3)상에 배치된 층 시퀀스(7)를 포함하는, EUV-방사선을 위한 다층-미러(6)에 관한 것으로서, 본 발명에 따르면 상기 제 1 층(1) 및 제 2 층(2)은 각각 2 nm 이상의 두께를 가지며, 상기 제 1 재료 또는 제 2 재료는 실리콘 붕화물 또는 몰리브덴 질화물이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

울린, 제르기

독일 07745 예나 반더슬레프슈트라쎄 15

카이저, 노베르트

독일 07745 예나 암 캄펜슈타인 1

특허청구의 범위

청구항 1

EUV-방사선을 위한 다층-미러로서,

제 1 재료로 이루어진 제 1 층(1) 및 제 2 재료로 이루어지고 상기 제 1 층 상에 증착된 제 2 층(2)으로 형성되는 다수의 층 쌍(5)으로 구성되어 기관상에 배치되는 층 시퀀스(7)를 포함하고,

상기 제 1 층들(1) 및 제 2 층들(2)은 각각 2 nm 이상의 두께를 가지며,

상기 제 1 재료 또는 제 2 재료는 실리콘 붕화물 또는 몰리브덴 질화물인,

다층-미러.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 재료는 실리콘 붕화물이고, 상기 제 2 재료는 몰리브덴인,

다층-미러.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 재료는 실리콘이고, 상기 제 2 재료는 몰리브덴 질화물인,

다층-미러.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기관(14)은 구부러진 표면을 갖는,

다층-미러.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 기관(14)의 표면은 비구면으로 구부러진,

다층-미러.

청구항 6

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 층들(1) 및/또는 제 2 층들(2)의 두께는 가로 방향으로 변동되는,

다층-미러.

청구항 7

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 층 시퀀스(7) 상에 커버 층(6)이 증착되는,

다층-미러.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 커버 층(6)은 산화물, 규화물, 질화물, 탄화물 또는 붕화물을 함유하는, 다층-미러.

청구항 9

제 7 항에 있어서,
상기 커버 층(6)은 루테튬, 로튬, 스칸듐 또는 지르코늄과 같은 재료들 중에서 적어도 하나의 재료를 함유하는, 다층-미러.

청구항 10

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 다층-미러를 300 °C 이상의 작동 온도까지 가열하기 위하여, 가열 장치(17)가 제공되는, 다층-미러.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 다층-미러는 상기 가열 장치(17)가 설치된 기관(14) 상에 제공되는, 다층-미러.

청구항 12

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 다층-미러는 EUV-방사선원(15)의 콜렉터 미러인, 다층-미러.

청구항 13

삭제

청구항 14

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 다층-미러를 400 °C 이상의 작동 온도까지 가열하기 위하여, 가열 장치(17)가 제공되는, 다층-미러.

청구항 15

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
상기 실리콘 붕화물은 SiB_4 또는 SiB_6 인, 다층-미러.

명세서

기술분야

- [0001] 본 발명은 극자외선(EUV; Extreme Ultraviolet) 스펙트럼 영역을 위한 열에 안정적인 다층-미러 그리고 상기 다층-미러의 용도와 관련이 있다.
- [0002] 본 특허 출원은 독일 특허 출원서 10 2006 006 283.3호를 우선권으로 청구하고, 상기 출원서의 공개 내용은 인용에 의해서 본 출원서에 수용된다.

배경 기술

- [0003] 대략 10 nm 내지 대략 50 nm의 파장 범위를 갖는 극자외선(EUV) 스펙트럼 영역에 사용하기 위한 반사 작용하는 광학 소자들은 일반적으로 다수의 층 쌍으로 구성된 주기적인 층 시퀀스를 포함하는 다층-미러로 구현될 수 있다. 하나의 층 쌍은 일반적으로 상이한 재료들로 이루어진 두 개의 층을 포함하며, 상기 재료들은 소자의 사용을 위해 제시된 파장 범위에서는 광학 상수들과 관련하여 가급적 큰 차이를 나타내야만 한다. 상기 재료들 중 적어도 한 가지 재료, 소위 스페이서-재료는 주어진 파장에서 가급적 낮은 흡수율을 가져야만 한다. 그렇기 때문에, 다층-미러를 위한 재료들의 선택은 다른 무엇보다도 광학 소자가 사용되어야 하는 파장에 의존한다. 그렇기 때문에, EUV-스펙트럼 영역 안에는 대부분 수 나노미터에 불과한 폭을 갖는 특정 파장 영역을 위한 최적의 재료 쌍이 존재하며, 상기 최적의 재료 쌍은 층 재료들의 시각적인 콘트라스트(contrast)로 인해 높은 반사율을 보증해준다.
- [0004] 특히 EUV-리소그래피에 적용하기 위한 광학 시스템을 개발하기 위해서 매우 중요한 대략 12.5 nm 내지 14 nm의 파장 범위에서는 바람직하게 몰리브덴과 실리콘으로 구성된 재료 쌍으로 이루어진 다층-미러가 사용되는데, 그 이유는 전술한 파장 범위에서 상기 재료들 간에는 특히 우수한 시각적인 콘트라스트가 존재하기 때문이다. Mo/Si(몰리브덴-실리콘)-다층-미러에 의해서는, 13.5 nm의 파장에서 예컨대 약 70 %의 반사율에 도달할 수 있다.
- [0005] EUV-리소그래피를 위한 광학 시스템들을 작동시키기 위하여 특히 레이저-플라즈마 소스들이 방사선원들로서 제공되었으며, 상기 레이저-플라즈마 소스들은 대략 13.5 nm의 파장에서 방사 작용한다. EUV-리소그래피의 경우에는 다수의 미러로 인해 전체 광학 시스템의 반사율이 비교적 낮기 때문에, 광학 시스템 내에서 발생하는 반사 손실을 보상하기 위하여 상기와 같은 유형의 EUV-방사선원들은 고효율로 작동되어야만 한다. 이와 같은 유형의 고효율-EUV-방사선원 근처에서는 EUV-다층-미러들이 고온에 노출될 수 있다. 이와 같은 경우는 특별히 예컨대 소위 콜렉터-미러로서 형성된 EUV-다층-미러가 방사선을 형성할 목적으로 EUV-방사선원 가까이에 위치 설정된 경우이다.
- [0006] 그러나 몰리브덴 및 실리콘과 같은 재료들은 고온에서는 몰리브덴 규화물, 특히 MoSi₂를 형성하는 경향이 있고, 예컨대 DE 100 11 547 C2호에 공지된 바와 같이 경계면에서 상호 확산 공정들(Interdiffusion process)의 경향을 보인다. 그렇기 때문에, 고온의 적용 예에서는 상기와 같은 다층-미러가 분해(degradation) 될 위험이 존재하며, 이와 같은 분해 현상에 의해서는 반사율이 현저히 감소한다. 반사율의 감소 이외에, 상호 확산 공정들 및 몰리브덴 규화물 형성에 의해서 야기되는 분해 현상은 주기 두께로서도 언급되는 층 쌍들의 두께의 감소와도 연관되어 있다. 이와 같은 주기 두께의 감소에 의해서는 반사율 최대값이 상대적으로 더 짧은 파장으로 이동하게 된다. Mo/Si-다층-미러를 기초로 하는 광학 시스템의 기능은 상기와 같은 분해 공정들에 의해 상당한 손상을 받을 수 있거나 또는 심지어는 완전히 파괴될 수도 있다.
- [0007] Mo/Si-다층-미러들의 열에 대한 안정성을 높이기 위하여, DE 100 11 547 C2호에는 몰리브덴 층들과 실리콘 층들 사이의 경계면들에 Mo₂C로 이루어진 배리어 층을 각각 하나씩 삽입하는 방식이 공지되어 있다. 또한, DE 100 11 548 C2호에는 열에 대한 안정성을 높이기 위하여 MoSi₂로 이루어진 배리어 층들을 사용하는 용도가 기술되어 있다.
- [0008] 또한, US 6,396,900 B1호에는 반사율 및/또는 열에 대한 안정성을 높이기 위하여 B₄C 재료로 이루어진 배리어 층들을 Mo/Si-다층-미러 안에 삽입하는 방식이 공지되어 있다.
- [0009] 상기와 같은 유형의 공지된 배리어 층들을 사용하면 반사율이 높은 층 시스템들을 제조할 수 있게 되며, 이와 같은 층 시스템의 열에 대한 안정성도 순수한 Mo/Si-층 시스템들에 비해 개선된다.
- [0010] 배리어 층들이 삽입된 Mo/Si-층 시스템들의 경우에는 배리어 층들의 제조 시에 요구되는 기술적인 수준들이 비교적 높은데, 그 이유는 배리어 층들의 두께가 일반적으로는 0.5 nm 미만이기 때문이다. 특히, 상기와 같은 정도로 얇은 배리어 층들을 이용해서 구부러진 기판들 상에 층 시퀀스를 제공하는 작업에는 어려움이 뒤따른다.
- [0011] 상기 내용은 특별히 다층-미러의 표면 위로 입사되는 EUV-방사선의 입사각 변동으로 인해, 미러 표면의 모든 장소에서 브래그-반사 조건들을 충족시키기 위하여 층 시퀀스의 층 두께가 증가 및 감소해야만 하는 경우에 적용된다.

발명의 상세한 설명

- [0012] 본 발명의 과제는 높은 온도 안정성, 특히 장시간에 걸쳐서도 비교적 높은 안정성을 갖는 것을 특징으로 하는 EUV-스펙트럼 영역을 위한 다층-미러를 제공하는 것이며, 이 경우에는 제조 비용이 비교적 적은 것이 바람직하다.
- [0013] 상기 과제는 본 발명의 특허 청구항 제1항에 따른 다층-미러에 의해서 해결된다. 본 발명의 바람직한 실시예들 및 개선예들은 종속 청구항들의 대상이다.
- [0014] 본 발명에 따른 EUV-방사선을 위한 다층-미러는 기판상에 배치된 층 시퀀스를 포함하고, 상기 층 시퀀스는 제 1 재료로 이루어진 제 1 층 그리고 제 2 재료로 이루어지고 상기 제 1 층 상에 증착된 제 2 층으로 구성된 다수의 층 쌍들로 이루어지며, 이 경우 제 1 층들 및 제 2 층들은 각각 2 nm 이상의 두께를 갖고, 제 1 재료 또는 제 2 재료는 실리콘 붕화물 또는 몰리브덴 질화물이다.
- [0015] 층 쌍들의 각각 적어도 하나의 층이 실리콘 붕화물 층이거나 또는 몰리브덴 질화물 층임으로써, 상기 층 쌍들의 제 1 층들과 제 2 층들 사이의 경계면들에서 나타나는 상호 확산 현상은 특히 작동 온도가 높은 경우에는 줄어든다. 그럼으로써, 다층-미러의 장시간에 걸친 온도 안정성 및 방사선 안정성은 종래의 다층-미러들에 비해 바람직하게 개선되었다.
- [0016] 본 발명의 한 바람직한 실시예에서 제 1 재료는 실리콘 붕화물이고, 제 2 재료는 몰리브덴이다. 더 상세하게 말하자면, 이와 같은 다층-미러들에서는 종래의 Mo/Si-다층-미러와 비교할 때 소위 스페이서 재료인 실리콘이 실리콘 붕화물로 대체되었다.
- [0017] 본 발명의 추가의 한 바람직한 실시예에서 제 1 재료는 실리콘이고, 제 2 재료는 몰리브덴 질화물이다. 더 상세하게 말하자면, 종래의 Mo/Si-다층-미러와 비교할 때 소위 흡수체-재료인 몰리브덴이 몰리브덴 질화물로 대체되었다.
- [0018] 본 출원서의 틀 안에서 볼 때, 재료 명칭들인 실리콘 붕화물 및 몰리브덴 질화물은 개별 재료의 구체적인 화학량론적 조성 또는 비-화학량론적 조성과 상관없이 Si_xB_y 또는 Mo_xN_y 의 조성을 갖는 모든 화합물을 포함한다.
- [0019] 통상적으로 0.5 nm 미만의 두께를 갖는 배리어 층들이 경계면들에서의 상호 확산을 줄이기 위해서 사용되고, 그로 인해 층 시퀀스의 각각의 주기가 총 네 개의 층으로 구성되는 EUV-다층-미러와 달리, 단지 두 개의 층으로만 구성된 층 쌍을 갖는 본 발명에 따른 다층-미러에서는 바람직하게 제조 비용이 줄어들었다.
- [0020] 제조 비용 측면에서 배리어 층들을 갖는 다층-미러와 비교되는 추가의 한 가지 장점은, 본 발명에 따른 다층-미러의 제 1 층들뿐만 아니라 제 2 층들도 각각 2 nm 이상의 두께를 갖는다는 것이다.
- [0021] 상기 내용은 특히 다층-미러의 표면 위로 입사되는 입사각이 변동되는 방사선을 반사할 목적으로 다층-미러가 제공된 경우에 장점이 된다. 이와 같은 경우에 층 쌍들의 제 1 층 및/또는 제 2 층의 두께는 증가 및 감소하게 되는데, 다시 말하자면 제 1 층들 및/또는 제 2 층들의 두께는 가로 방향으로 변동된다. 이와 같은 층 두께의 증감에 의해서는, 적어도 배리어 층들의 두께가 서브-나노미터-범위 안에 있는 배리어 층을 갖는 층 시퀀스들의 경우보다 개별 층들이 적어도 2 nm의 두께를 갖는 층 시퀀스의 경우에 비용이 더 줄어든다.
- [0022] 기판은 예컨대 평탄한 기판이다. 또한, 다층-미러를 기판의 구부러진 표면에 증착하는 것도 가능하다. 특히 기판 표면은 비구면의 곡률, 예컨대 포물선 모양 또는 타원형의 곡률을 가질 수 있다. 예컨대, 포물선 모양으로 구부러진 표면은 거의 점 형태의 방사선원에서 나오는 전반적으로 평행한 방사선을 발생시키기에 적합한 한편, 타원형으로 구부러진 표면은 타원체의 제 1 초점에 배치된 방사선원의 방사선을 상기 타원체의 제 2 초점에 포커싱 하기에 적합하다.
- [0023] 이와 같은 유형의 다층-미러는 바람직하게 파장이 12.5 nm 내지 14 nm인 EUV-방사선을 반사하기 위해서 사용된다.
- [0024] 다층-미러는 예컨대 제 1 층들 및 제 2 층들로 구성된 주기적인 어레이를 가질 수 있으며, 이 경우 주기 두께, 더욱 정확히 말하자면 층 쌍들의 제 1 층의 두께와 제 2 층의 두께의 총합은 다층-미러 안에서 변동되지 않는다. 이와 같은 주기적인 다층-미러에 의해서는, 사전에 설정된 파장만큼 좁은 스펙트럼 영역에서 높은 반사율에 도달할 수 있다. 이 경우 층 시퀀스의 주기 두께, 다시 말해 층 쌍들의 제 1 층의 두께와 제 2 층의 두께의 총합은 바람직하게 대략 6.5 nm 내지 7.5 nm다.

- [0025] 그러나 본 발명의 틀 안에서는 다층-미러가 비주기적인 층 시퀀스를 포함할 수도 있는데, 이와 같은 비주기적인 층 시퀀스 내에서는 제 1 층들 및/또는 제 2 층들의 두께가 변동된다. 이와 같은 유형의 비주기적인 다층-미러에 의해서는, 비교적 넓은 파장 범위 또는 입사각 범위에서도 다층-미러의 높은 반사율에 도달할 수 있지만, 이때의 최대 반사율은 주기적인 다층-미러의 경우보다는 사전에 설정된 파장에서 더 낮다.
- [0026] 본 발명에서는 바람직하게, 다층-미러를 특히 산화 및 오염으로부터 보호하기 위하여 층 쌍들의 층들과 상이한 재료 및/또는 두께를 갖는 커버 층이 다층-미러 상에 증착되었다. 단 하나의 커버 층 대신에 두 개 이상의 커버 층이 증착될 수도 있다. 커버 층을 위해 특히 적합한 재료들은 산화물, 질화물, 탄화물 또는 붕화물이고, 루테튬, 로튬, 스칸듐 및 지르코늄도 적합하다.
- [0027] 본 발명에 따른 다층-미러는 300 °C 이상의 온도에서, 특히 300 °C 내지 500 °C의 온도 범위에서 사용하기에 매우 적합하다. 상기 범위 표시들은 본 출원서의 틀 안에 있는 다른 모든 범위 표시들과 마찬가지로 지시된 한계들을 포함한다.
- [0028] 본 발명에 따른 다층-미러는 특히 300 °C 이상의 온도에서, 특히 300 °C 내지 500 °C의 온도에서 장시간에 걸쳐 높은 온도 안정성을 보인다는 장점을 갖는다. 예컨대, 본 발명에 따른 다층-미러의 경우에는 대략 500 °C의 온도에서 100 시간의 작동 시간 후에도 반사율 및/또는 주기 두께의 현저한 감소가 나타나지 않는다.
- [0029] 본 발명의 한 바람직한 실시예에서는, 다층-미러 상에 불순물들이 쌓이는 것을 줄이기 위하여 다층-미러는 높은 작동 온도로, 예컨대 300 °C 이상으로, 바람직하게는 심지어 400 °C 이상으로 가열된다. 이 목적을 위하여, 바람직하게 다층-미러의 기관에 설치되는 가열 장치가 제공될 수 있다. 가열 장치의 제공은 특히 다층-미러가 EUV-방사선원 근처에 배치된 경우에 바람직한다. 그 이유는 다층-미러가 이 경우에는 EUV-방사선원 내에 사용된 타겟 재료, 예컨대 EUV-방사선을 방출하기 위한 레이저 광선에 의해서 여기되는 리튬에 의해 오염될 수 있고, 그로 인해 반사율에 부정적인 영향이 미칠 수 있기 때문이다. 다층-미러를 바람직하게 대략 400 °C의 작동 온도까지 가열하면, 예컨대 다층-미러의 표면상에서의 리튬의 집착 계수는 바람직하게 줄어들고, 그 결과 100 시간 이상의 작동 시간 후에도 반사율은 두드러질 정도로 감소하지 않게 된다.
- [0030] 본 발명에 따른 다층-미러는 열에 대한 높은 안정성으로 인해 특히 EUV-방사선원, 예컨대 레이저-플라즈마 소스 근처에서 사용될 수 있다.
- [0031] 본 발명은 도 1 내지 도 3과 연관된 실시예들을 참조하여 아래에서 상세하게 설명된다.

실시예

- [0035] 도 1에 도시된 본 발명에 따른 다층-미러에서는 다수의 층 쌍(5)을 포함하는 층 시퀀스(7)가 기관(3)상에 증착되어 있다. 도면을 단순화하기 위하여 단지 네 개의 층 쌍(5)만을 도시하였다. 바람직한 층 쌍(5)의 개수는 30개 내지 100개다.
- [0036] 층 쌍들(5)은 제 1 재료로 이루어진 제 1 층(1) 및 제 2 재료로 이루어진 제 2 층(2)으로 구성된다. 이 경우 적어도 한 가지 재료는 실리콘 붕화물 또는 몰리브덴 질화물이다.
- [0037] 본 발명의 한 바람직한 실시예에서는 제 1 재료가 실리콘 붕화물, 예컨대 SiB₄ 또는 SiB₆이다.
- [0038] 본 발명의 추가의 한 바람직한 실시예에서는 제 1 재료는 실리콘이고, 제 2 재료는 몰리브덴 질화물, 예컨대 MoN이다.
- [0039] 기관(3)은 예컨대 특히 실리콘 혹은 SiC로 이루어진 반도체 기관이거나, 또는 유리 혹은 유리 세라믹, 특히 열 팽창 계수가 낮은 유리 세라믹으로 이루어진 기관이다. 기관(3)은 0.2 nm 미만의 표면 거칠기를 갖는 것이 바람직하다. 본 경우의 표면 거칠기는 예컨대 Cu K α -방사선을 사용하여 측정된 윈트겐 반사율 곡선에 대한 곡선 적응으로부터 결정될 수 있는 rms-표면 거칠기다.
- [0040] 다층-미러는 바람직하게 층 시퀀스(7) 상에 증착된 적어도 하나의 커버 층(6)을 포함한다. 산화에 대하여 비교적 민감하지 않은 재료를 커버 층(6)의 재료로 선택함으로써, 다층-미러(1)의 열에 대한 안정성은 더욱 상승할 수 있다.
- [0041] 도 2는 본 발명에 따른 한 다층-미러의 세 가지 실시예(곡선 10, 11, 12)와 비교되는 종래의 Mo/Si-다층-미러(곡선 8), Mo₂B/Si-다층-미러(곡선 9) 그리고 Mo/Si₃N₄-다층-미러(곡선 13)를 위한 파장(λ)에 따라 수직으로 입사가 이루어질 때에 산출된 반사율(R)을 그래픽으로 도시한 도면이다. 본 실시예들에서는 MoN/Si-다층-미러(곡

선 10), Mo/SiB₄-다층-미러(곡선 11) 그리고 Mo/SiB₆-다층-미러(곡선 12)가 다루어진다. 산출된 반사율 곡선들에서는, 층 쌍의 개수가 각각 100개며, SiO₂로 이루어진 2 nm 두께의 커버 층이 층 시퀀스 상에 증착된 상황이 가정되었다.

[0042] 본 발명에 따른 다층-미러는 온도 안정성을 개선할 목적으로 이루어진 재료 선택으로 인하여 종래의 다층-미러에서 사용되던 재료 쌍인 Mo/Si보다 낮은 반사율을 갖는다. 시뮬레이션 계산이 보여주는 바와 같이, 몰리브덴 및 SiB₄ 혹은 SiB₆으로 구성된 층 쌍들을 포함하는 다층-미러에 의해서는 55 % 이상의 반사율에 도달할 수 있다(곡선 11 및 12). EUV-리소그래피의 적용례에서 자주 사용되는 대략 13.5 nm의 파장에서는 MoN/Si 재료 쌍에 대하여 65 % 이상의 반사율(곡선 10)이 산출되었다.

[0043] 따라서, 본 발명에 따른 층 시스템들을 위해 시뮬레이팅 된 반사율들은 40 % 이상의 반사율을 갖는 재료 쌍 Mo/Si₃N₄(곡선 13)를 위해 산출된 그리고 각각 70 % 이상의 반사율을 갖는 재료 쌍 Mo₂B/Si(곡선 9) 또는 Mo/Si(곡선 8)를 위해 산출된 값들 사이의 범위에 놓이게 된다.

[0044] 실제 층 시스템에서 반사율은 불가피한 경계면 거칠기로 인하여 이상적인 매끈한 경계면을 갖는 도 2에 도시된 층 시스템의 경우보다 적어도 약간 더 낮을 수 있다.

[0045] 도 3은 구부러진 기관(14), 바람직하게는 비구면으로 구부러진 기관상에 증착된 층 시퀀스(7)를 포함하는 본 발명에 따른 다층-미러(19)의 한 실시예를 개략적으로 보여준다. 층 시퀀스(7)는 제 1 층들 및 제 2 층들(도시되지 않음)로 구성된 층 쌍을 포함하며, 이 경우 제 1 층들 및/또는 제 2 층들은 바람직하게 가로 방향으로 층 두께의 증가 및 감소를 보인다. 예를 들자면, 다양한 입사각들 다층-미러(19)에 입사되는 EUV-방사선원(15)의 EUV-방사선(16)을 위한 브래그-반사 조건을 충족시키기 위하여, 층 시퀀스(7)의 제 1 층들 및/또는 제 2 층들의 두께는 다층-미러의 중심으로부터 예지 영역 쪽으로 가면서 증가한다.

[0046] 다층-미러(19)는 EUV-방사선원(15)의 콜렉터-미러로서의 기능을 한다. EUV-방사선원(15)으로부터 방출된 EUV-방사선(16)은 콜렉터-미러에 의해서 예컨대 초점 F에 포커싱 된다. EUV-방사선원(15)은 예컨대 레이저-플라즈마-방사선원이며, 상기 레이저-플라즈마-방사선원 내에서는 타깃 재료, 예컨대 리튬-방울들이 레이저 광선에 의해서 EUV-방사선의 방출을 위해 여기된다. 이와 같은 유형의 EUV-방사선원들의 경우에는 종종 방사선원의 주변에 배치된 광학 소자들이 타깃 재료에 의해서 오염되는 문제가 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 다층-미러(19)의 경우에는 EUV-방사선원들(15)의 타깃 재료가 단지 낮은 접착 계수만을 가짐으로써 다층-미러(19)의 표면(18)으로부터 분리되는 온도까지 상기 다층-미러를 가열하는 가열 장치(17)가 기관(14)에 제공되었다. 다층-미러(19)는 바람직하게 상기 가열 장치(17)에 의해서 약 400 °C 또는 그 이상의 작동 온도까지 가열된다. 약 400 °C의 온도는 특히 리튬-타깃의 경우에 바람직하다.

[0047] 본 발명은 실시예들을 참조하여 이루어진 상세한 설명에 의해서 제한되지 않는다. 오히려 본 발명은 각각의 새로운 특징들 그리고 상기 특징들의 각각의 조합을 포함하며, 특히 상기 특징들 또는 상기 특징들의 조합 자체가 청구의 범위 또는 실시예에 명시적으로 기재되어 있지 않더라도 각각의 특징 조합은 청구의 범위에 포함된 것으로 간주되어야 한다.

도면의 간단한 설명

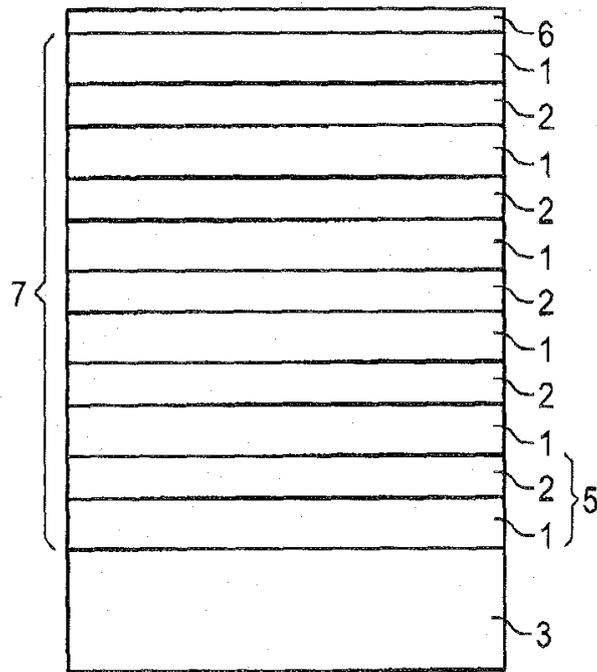
[0032] 도 1은 본 발명에 따른 다층-미러의 한 실시예의 개략적인 횡단면도고,

[0033] 도 2는 Mo/Si-, Mo/Si₃N₄- 및 Mo₂B/Si-다층-미러와 비교한 본 발명에 따른 다층-미러의 세 가지 실시예들의 파장(λ)에 따른 반사율(R)을 그래픽으로 도시한 도면이며,

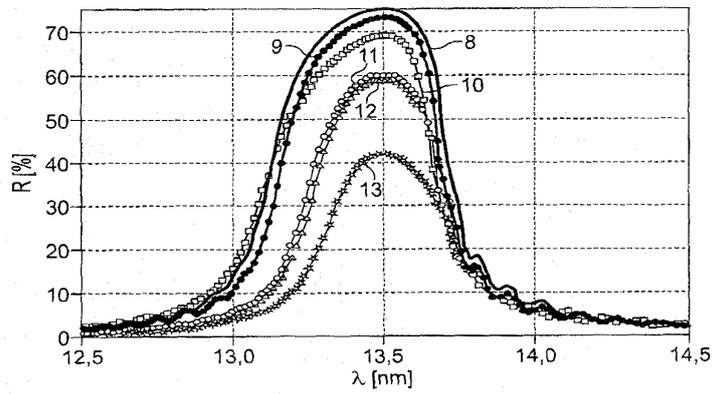
[0034] 도 3은 본 발명에 따른 다층-미러의 한 실시예가 EUV-방사선원의 콜렉터-미러로서 사용되는 배열 상태를 그래픽으로 도시한 개략도다.

도면

도면1



도면2



도면3

