

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. G03F 7/20 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년03월30일 10-0566144 2006년03월23일
--------------------------------------	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2003-0059215	(65) 공개번호	10-2004-0030270
(22) 출원일자	2003년08월26일	(43) 공개일자	2004년04월09일

(30) 우선권주장      02255961.1      2002년08월28일      유럽특허청(EPO)(EP)

(73) 특허권자      칼 짜이스 에스엠테 아게  
독일 73447 오버코헨 칼-짜이스-슈트라쎄 22

에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.  
네덜란드, 엔엘-5504 디알 벨드호펜, 데 룬 6501

(72) 발명자      쿠르트랄프  
네덜란드엔엘-5655체제아인트호벤알레르즈마48

야크신안드레이에프게누에비치야크친  
네덜란드3432베데니오이베가인캄페르베스테2

(74) 대리인      송재련  
김양오

심사관 : 신주철

(54) 리소그래피장치 및 디바이스 제조방법

요약

본 발명에 따른 리소그래피 투영장치의 광학요소는, Si/Mo의 다중층 구조체, 외측 캡층 및 상기 다중층 구조체와 상기 외측 캡층 사이에 놓여지는 중간층을 포함하고, 상기 중간층은 입사하는 방사선의 파장의 0.3 내지 0.7배의 두께를 가진다. 제1실시예에서, 중간층은 C 및 Mo의 그룹으로부터 선택된 재료로 구성되고, 6.0nm 내지 9.0nm 사이의 두께를 가진다. 제2실시예에서, 중간층은 다중층 구조체 바로 다음의 Mo의 내측 중간층 및 캡층 바로 다음의 C의 외측층으로 이루어진다. 제2실시예에서, C의 중간층은 적어도 3.4nm의 두께를 갖고, Ru의 캡층은 적어도 2.0nm의 두께를 가진다.

대표도

도 2

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 리소그래피 투영장치의 도면;

도 2는 본 발명의 제1실시예의 광학요소에 대한 Mo 중간층 두께 대 Ru 캡층두께의 함수인 반사성의 외형맵;

도 3은 본 발명의 제2실시예에 따른 광학요소에 대한 C 중간층 두께 대 Ru 캡층두께의 함수인 반사성의 콘투어맵(contour map);

도 4는 본 발명의 제4실시예에 따른 광학요소에 대한 C 외측 중간층 두께 대 Ru 캡층두께의 함수인 반사성의 외형맵이다.

도면에서, 대응하는 참조부호는 대응하는 부분을 나타낸다.

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은,

- 방사선의 투영빔을 공급하는 방사선시스템;
- 소정의 패턴에 따라 투영빔을 패터닝하는 역할을 하는 패터닝수단을 지지하는 지지구조체;
- 기판을 잡아주는 기판테이블;
- 기판의 타겟부상으로 패터닝된 투영빔을 투영시키는 투영시스템; 및
- 상기 투영빔이 입사하고, Si/Mo 다중층 구조체, 외측캡층 및 상기 다중층 구조체와 상기 외측캡층 사이에 위치되는 중간층을 갖는 1이상의 광학요소를 포함하는 리소그래피투영장치에 관한 것으로, 상기 외측캡층은,

(i) C 또는 Mo로 구성되거나,

(ii) 상기 다중층구조체 바로 다음의 Mo의 내측 중간층 및 상기 캡층 바로 다음의 C의 외측 중간층으로 구성된다.

"패터닝수단(patterning means)"이라는 용어는 기판의 타겟부에 형성되어야 할 패턴에 대응하는 패터닝된 단면을 입사하는 방사빔에 부여하도록 사용될 수 있는 수단을 의미하는 것으로서 폭넓게 해석되어야 하며, 본 명세서에서는 "광 밸브(light valve)"라는 용어로도 사용될 수 있다. 일반적으로, 상기 패턴은 집적회로 또는 기타 디바이스와 같이 타겟부에 형성될 디바이스 내의 특정기능층에 해당할 것이다(이하 참조). 그러한 패터닝수단의 예로는 다음과 같은 것들이 포함된다.

- 마스크. 이 마스크의 개념은 리소그래피분야에서 이미 잘 알려져 있고, 바이너리(binary)형, 교번위상-시프트(alternating phase-shift)형 및 감쇠위상-시프트형과 같은 마스크형식과 다양한 하이브리드 마스크형식을 포함한다. 방사빔내에 이러한 마스크가 놓이면, 마스크의 패턴에 따라 마스크로 입사되는 방사선의 선택적인 투과(투과형 마스크의 경우) 또는 반사(반사형 마스크의 경우)가 이루어진다. 마스크의 경우에는, 일반적으로 지지구조체는 마스크테이블이 되고, 상기 마스크테이블은 입사되는 투영빔내의 소정위치에 마스크가 고정될 수 있게 하며, 필요한 경우에는 마스크를 상기 빔에 대하여 상대적으로 이동시킬 수 있도록 한다.

- 프로그래밍 가능한 거울배열. 이러한 장치의 예로는, 점탄성 제어층(viscoelastic control layer)과 반사면을 구비한 매트릭스-어드레서블 표면이 있다. 이러한 장치의 기본원리는, (예를 들어)반사면의 어드레스된 영역(addressed area)에서는 입사광이 회절광으로 반사되는 반면, 어드레스되지 않은 영역에서는 입사광이 비회절광으로 반사되는 것이다. 적절한 필터를 사용하면, 상기 비회절광을 필터링하여 회절광만 남게 할 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 빔은 상기 매트릭스-어드레서블 표면의 어드레싱 패턴에 따라 패터닝된다. 프로그래밍 가능한 거울배열의 대안적인 실시예는 작은 거울의 매트릭스 배치를 채택하는 것인데, 상기 각각의 작은 거울은 국부화된 적절한 전기장을 가하거나 또는 압전작동수단(piezoelectric actuation means)을 채택하여 축에 대하여 개별적으로 기울어질 수 있다. 또한, 상기 거울은 매트릭스-어

드레서블이고, 이러한 어드레싱된 거울은 입사하는 방사빔을 어드레싱되지 않은 거울에 대하여 다른 방향으로 반사할 것이다. 이러한 방식으로, 반사된 빔은 매트릭스-어드레서블 거울의 어드레싱 패턴에 따라 패턴된다. 이때 요구되는 매트릭스 어드레싱은 적당한 전자수단을 사용하여 수행될 수 있다. 상술된 두가지 상황 모두에 있어서, 패턴닝수단은 1이상의 프로그래밍가능한 거울배열로 이루어질 수 있다. 이러한 거울배열에 관한 보다 상세한 정보는, 예를 들어 본 명세서에서 참조자료로 채용되고 있는 미국특허 US 5,296,891호 및 US 5,523,193호와 PCT특허출원 WO 98/38597호 및 WO 98/33096호로부터 얻을 수 있다. 프로그래밍 가능한 거울배열의 경우에, 상기 지지구조체는 필요에 따라 고정되거나 또는 이동할 수 있는, 예를 들어, 프레임 또는 테이블로 구현될 수 있다.

- 프로그래밍 가능한 LCD 배열. 이러한 구조의 일례는 본 명세서에서 참조자료로 채용되고 있는 미국특허 US 5,229,872호에 개시되어 있다. 상술된 바와 같이, 이러한 경우에서의 지지구조체는 필요에 따라 고정되거나 또는 이동할 수 있는, 예를 들어, 프레임 또는 테이블로 구현될 수 있다.

설명을 간단히 하기 위하여, 본 명세서의 나머지 부분 중 어느 곳에서는 그 자체가 마스크와 마스크테이블을 포함하는 예시적인 용어로서 특정적으로 지칭될 수도 있다. 하지만, 그러한 예시에서 논의된 일반적인 원리는 상술한 바와 같은 패턴닝수단의 광의의 개념으로 이해되어야 한다.

예를 들어, 리소그래피투영장치는 집적회로(IC)의 제조에 사용될 수 있다. 이 경우에, 패턴닝수단은 IC의 각각의 층에 대응되는 회로패턴을 형성할 수 있으며, 이 패턴은 감응재(레지스트)층으로 도포된 기판(실리콘 웨이퍼)상의 타겟부(예를 들어, 1이상의 다이로 구성되는)상으로 묘화될 수 있다. 일반적으로, 단일 웨이퍼는 인접해 있는 타겟부들의 전체적인 네트워크를 포함하고, 이들 타겟부는 투영시스템에 의하여 한번에 하나씩 연속적으로 조사된다. 현재 통용되는 장치에서, 마스크테이블상의 마스크에 의한 패턴닝을 채택하는 데에는, 두 가지 상이한 형식의 기계로 구분될 수 있다. 어느 한 형식의 리소그래피투영장치에서는 타겟부상으로 전체 마스크 패턴을 한번에 노광함으로써 각 타겟부가 조사되는데, 이러한 장치를 통상적으로 웨이퍼 스테퍼(wafer stepper)라고 한다. 통상, 스텝-앤드-스캔 장치(step-and-scan apparatus)라고 불리워지는 대체장치에서는 소정의 기준방향("스캐닝방향")으로 투영빔 하의 마스크 패턴을 점진적으로 스캐닝하는 한편, 상기 스캐닝방향과 동일방향 또는 반대방향으로 기판테이블을 동기적으로 스캐닝함으로써 각 타겟부가 조사된다. 일반적으로, 투영시스템은 배율인자 M(일반적으로 < 1)을 가지므로 기판테이블이 스캐닝되는 속도 V는 마스크테이블이 스캐닝되는 속도의 인자 M배가 된다. 본 명세서에 참조자료로 채택되고, 여기서 서술된 리소그래피장치에 관한 보다 상세한 정보는, 예를 들어 미국특허 US 6,046,792호에서 얻을 수 있다.

리소그래피투영장치를 사용하는 제조공정에서, (예를 들어, 마스크의) 패턴은 방사선 감응재(레지스트)층에 의하여 적어도 부분적으로 도포되는 기판상으로 묘화된다. 이 묘화단계에 앞서, 기판은 전처리(priming), 레지스트 코팅 및 소프트 베이크와 같은 여러가지 과정을 거칠 수 있다. 노광 후에는, 노광후 베이크(PEB), 현상, 하드 베이크 및 묘화된 피쳐의 측정/검사와 같은 또 다른 과정을 거치게 된다. 이러한 일련의 과정은, 예를 들어 IC와 같은 디바이스의 각각의 층을 패턴닝하는 기초로서 사용된다. 이렇게 패턴닝된 층은 에칭, 이온 주입(도핑), 금속화, 산화, 화학-기계적 폴리싱 등과 같은, 각각의 층을 마무리하기 위한 여러 공정을 거친다. 여러 개의 층이 요구된다면, 새로운 층마다 전체공정 또는 그것의 변형된 공정이 반복되어야만 할 것이다. 그 결과로, 기판(웨이퍼)상에는 집적회로 디바이스의 배열이 존재하게 될 것이다. 이들 집적회로 디바이스는 다이싱 또는 소잉 등의 기술에 의하여 서로 분리되고, 이들 각각의 디바이스는 캐리어에 장착되고 핀 등에 접속될 수 있다. 본 명세서에서 참조자료로 채택되고 있는 이와 같은 공정에 관한 추가정보는 예를 들어, "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing" (3판, Peter van Zant 저, McGraw Hill출판사, 1997, ISBN 0-07-067250-4)으로부터 얻을 수 있다.

설명을 간단히 하기 위하여, 상기 투영시스템은 이후에 "렌즈"라고 언급 될 것이다; 하지만 이 용어는 예를 들어, 굴절광학기, 반사광학기, 카타디옵트릭(catadioptric) 시스템을 포함하는 다양한 형태의 투영시스템을 포괄하는 것으로서 폭 넓게 해석되어야 한다. 또한 상기 방사선시스템은 방사투영빔의 지향, 성형 또는 제어하는 이들 설계형식 중의 어느 하나에 따라 동작하는 성분을 포함할 수 있고, 이후에 설명에서는 이러한 성분들을 집합적으로 또는 개별적으로 "렌즈"라고 언급할 것이다. 나아가, 상기 리소그래피장치는 2이상의 기판테이블 (및/또는 2이상의 마스크테이블)을 구비하는 형태가 될 수도 있다. 이러한 "다수 스테이지" 장치에서, 추가테이블이 병행으로 사용될 수 있으며, 1이상의 스테이지가 노광에 사용되고 있는 동안, 1이상의 다른 스테이지에서는 준비작업단계가 수행될 수 있다. 본 명세서에서 참조자료로 채택되는 듀얼 스테이지 리소그래피장치는, 예를 들어, 미국특허 US 5,969,441호 및 국제특허출원 WO 98/40791호에 개시되어 있다.

극자외선(EUV) 스펙트럼영역에 사용하는 광학요소 예를 들어, 다중층 박막반사기들은 그들의 반사성 및 광학품질을 현저하게 감소시킬 수 있는 물리적 화학적손상에 매우 민감하다. 예를 들어, Mo/Si다중층 구조체를 구비한 보호되지 않은 광학요소는 EUV스캐너에서 예상되는 것과 같은 불안정한 진공상태에서 예상되는 것과 같이  $10^{-6}$ mbar의 존재하의 EUV방사시에 급속히 산화된다.

EUV과장에서의 이러한 다중층 광학요소의 반사성은, 더 긴 과장에서의 반사기에 비해 이미 낮고 이는 일반적인 EUV리소그래피시스템이 거울을 11개(조명광학기기에 4개, 묘화광학기기에 6개, 반사레티클 1개)까지 가질 수 있기 때문에, 특히 문제가 된다. 이들은 또한 다수의 그레이징 입사거울일 수도 있다. 따라서, 산화로 인한 단일거울의 반사성에서의 "작은"감소마저도 광학시스템내의 상당한 광-스루풋의 감소를 가져올 수 있다는 것은 명백하다.

다중층 박막반사기의 외층의 산화의 문제점은 EP 1,065,568호에서 이미 다루어진 바가 있다. 이 문제점은 내산화성(resistance to oxidation)을 가진, 상대적으로 불활성인 재료를 다중층 구조체의 외측표면상의 캡층으로 사용하여 해결이 시도되었다. 어떤 실시예에서는, 필수적인 다수의 층층적으로 인한 불안정한 커버리지의 가능성을 감소시킬 수 있도록 Si/Mo 다중층 구조체가 캡층 이전에 여타의 층들에 덮여진다. 상기 다중층 캡층은 단기간의 양호한 내산화성을 갖는 것으로 알려져 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

본 발명의 목적은 허용할 수 있는 반사성을 가지면서, 장기간에 걸쳐 개선된 내산화성을 나타내는 광학요소를 제공하는 것이다.

**발명의 구성 및 작용**

상기 및 기타 목적은 서두에 명기된 바와 같은 본 발명에 따른 리소그래피장치에 따라 달성되며, 선택적으로 (i)상기 중간층은 6.0 내지 9.0nm 사이의 두께를 갖고, 또한 선택적으로 (ii)상기 C의 외측 중간층은 3.4nm 이상의 두께를 갖거나 또는 상기 Ru의 캡층은 2.0nm이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 한다.

이러한 두꺼운 중간층의 이점은, 이전에 사용되던 1nm 내지 2nm 사이의 두께를 갖는 보다 얇은 중간층보다 화학적 영향 특히, 광학요소의 내산화성이 향상되는 것이다. 놀랍게도, 내산화성의 향상은 불리한 반사성에서의 감소를 수반하지 않는다. 본 발명의 중간층의 두께는 이전에는 존재하는 것으로 알려져 있지 않았던 제2피크의 반사성의 영역에 있다. 중간층의 존재 자체는, 캡층재료가 (일반적으로 외측층이 Si인)다중층구조체의 외측층과 서로 섞이지 않는 것을 보증한다.

본 발명의 또 다른 형태에 따르면,

- 적어도 부분적으로는 한 층의 방사선감응재로 덮인 기판을 제공하는 단계;
- 방사선시스템을 사용하여 방사선의 투영빔을 제공하는 단계;
- 패터닝수단을 사용하여 투영빔의 단면에 패터를 부여하는 단계;
- 상기 투영빔이 입사하는, Si/Mo다중층 구조체, 외측캡층 및 상기 다중층 구조체와 상기 외측캡층 사이에 위치된 C 또는 Mo로 이루어진 중간층을 갖는 1이상의 광학요소를 이용하여 방사선감응재층의 타겟부상에 방사선의 패터닝된 빔을 투영하는 단계를 포함하는 디바이스 제조방법에 있어서,

상기 중간층은 6.0nm 내지 9.0nm 사이의 두께를 갖거나, 상기 중간층은 상기 다중층 구조체 바로 다음의 Mo로 이루어진 내측 중간층 및 상기 캡층 바로 다음의 C로 이루어진 외측 중간층을 포함하고, C로 이루어진 상기 외측층은 3.4nm 이상의 두께를 갖거나 또는 Ru의 상기 캡층은 2.0nm 이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 한다.

본 명세서에서는 IC의 제조에 있어서의 본 발명에 따른 장치의 사용례에 대하여 언급하였으나, 이러한 장치가 다른 여러 가능한 응용례를 가지고 있음이 명백히 이해되어야 할 것이다. 예를 들어, 상기 장치는 집적 광학시스템, 자기영역메모리

용 유도 및 검출패턴, 액정표시패널, 박막자기헤드 등의 제조에도 이용될 수 있다. 당업자라면, 이러한 대안적인 적용례와 관련하여, 본 명세서에서 사용된 "레티클", "웨이퍼" 또는, "다이"와 같은 용어가 각각 "마스크", "기판" 및 "타겟부" 등과 같은 좀 더 일반적인 용어로 대체되고 있음을 이해할 수 있다.

본 명세서에서, "방사선" 및 "빔"이란 용어는 (예를 들어, 파장이 365, 248, 193, 157 또는 126nm 인)자외선 및 EUV(예를 들어 파장이 5 내지 20nm 범위, 특히 13.5nm의 파장을 갖는 극자외선방사선)를 포함하는 모든 형태의 전자기방사선 뿐만 아니라 이온빔이나 전자빔과 같은 입자빔까지도 포괄하여 사용된다.

첨부된 개략적인 도면을 참조로 단지 예시의 방식으로 본 발명의 실시예를 서술한다.

### 제1실시예

도 1은 본 발명의 특정한 실시예에 따른 리소그래피 투영장치를 개략적으로 도시한다. 상기 장치는,

- 방사선(예를 들어, UV 방사선)의 투영빔(PB)을 공급하는 방사선시스템(Ex, IL)(특별히 이 경우에 방사선시스템이 방사원(LA)도 포함한다);
- 마스크(MA)(예를 들어, 레티클)를 잡아주는 마스크 홀더가 마련된, 아이템(PL)에 대하여 마스크를 정확히 위치시키는 제1위치설정수단에 연결된 제1대물테이블(마스크테이블)(MT);
- 기판(W)(예를 들어, 레지스트 코팅된 실리콘 웨이퍼)을 잡아주는 기판 홀더가 마련된, 아이템(PL)에 대하여 기판을 정확히 위치시키는 제2위치설정수단에 연결된 제2대물테이블(기판테이블)(WT); 및
- 기판(W)의 타겟부(C)(1이상의 다이를 포함)에 마스크(MA)의 조사된 부분을 묘화하는 투영시스템("렌즈")(PL)(예를 들어, 미러그룹)을 포함하여 이루어진다.

도시된 바와 같이, 상기 장치는 (반사마스크를 구비한)반사형이다. 하지만, 일반적으로는, 예를 들어 (투과마스크를 구비한)투과형일 수도 있다. 대안적으로, 상기 장치는 위에서 언급한 바와 같은 형태의 프로그램가능한 거울배열과 같은 그 밖의 다른 종류의 패터닝수단을 채용할 수도 있다.

방사원(LA)(예를 들어, 레이저생성 또는 방전 플라즈마원)은 방사선의 빔을 생성한다. 상기 빔은 곧바로 조명시스템(일루미네이터)(IL)에 들어 가거나, 예를 들어 빔 익스펜더(Ex)와 같은 컨디셔닝 수단을 거친 다음에 조명시스템으로 들어간다. 상기 일루미네이터(IL)는 빔내의 세기 분포의 외반경 및/또는 내반경 크기(통상 각각 외측- $\sigma$  및 내측- $\sigma$ 라고 함)를 설정하는 조정수단(AM)을 포함하여 이루어진다. 또한 그것은 일반적으로 인티그레이터(IN) 및 콘텐서(CO)와 같은 그 밖의 다른 다양한 구성요소들을 포함한다. 이러한 방식으로, 마스크(MA)에 입사하는 빔(PB)은 그 단면에 소정의 균일성과 세기분포를 갖게 된다.

도 1과 관련하여, 상기 방사원(LA)은 리소그래피투영장치의 하우징내에 놓이지만(예를 들어, 방사원(LA)이 흔히 수은 램프인 경우에서처럼), 그것이 리소그래피 투영장치로부터 멀리 떨어져 있어서 그것이 만들어 낸 방사선빔이 (가령, 적절한 지향거울에 의해) 장치 내부로 들어오게 할 수도 있다. 후자의 시나리오는 방사원(LA)이 엑시머레이저인 때에 흔한 경우이다. 본 발명과 청구범위는 이들 시나리오를 모두 포괄하고 있다.

이후, 상기 빔(PB)은 마스크테이블(MT)상에 잡혀있는 마스크(MA)를 통과한다. 마스크(MA)를 지난 빔(PB)은 렌즈(PL)를 통과하여 기판(W)의 타겟부(C)위에 빔(PB)의 초점을 맞춘다. 제2위치설정수단(및 간섭계측정수단(IF))에 의하여, 기판테이블(WT)은, 예를 들어 빔(PB)의 경로내에 상이한 타겟부(C)를 위치시키도록 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제1위치설정수단은 예를 들어, 마스크 라이브러리로부터 마스크(MA)를 기계적으로 회수한 후에, 또는 스캔하는 동안, 빔(PB)의 경로에 대하여 마스크(MA)를 정확히 위치시키도록 사용될 수 있다. 일반적으로 대물테이블(MT, WT)의 이동은, 도 1에 명확히 도시되지는 않았지만, 긴 행정모듈(long stroke module)(개략 위치설정) 및 짧은 행정모듈(미세 위치설정)의 도움을 받아 실현될 것이다. 하지만, (스텝-앤드-스캔장치와는 대조적으로) 웨이퍼스테퍼의 경우에는 마스크테이블(MT)이 단지 짧은행정액츄에이터에만 연결될 수 있고 고정될 수도 있다.

상술한 장치는 다음의 두가지 상이한 모드로 사용될 수 있다.

1. 스텝모드에서는, 마스크테이블(MT)은 기본적으로 정지상태로 유지되며, 전체 마스크이미지는 한번에(즉, 단일 "섬광"으로) 타겟부(C)에 투영된다. 이후 기판테이블(WT)이 x 및/또는 y 방향으로 쉬프트되어 다른 타겟부(C)가 빔(PB)에 의하여 조사될 수 있다.

2. 스캔 모드에서는, 소정 타겟부(C)가 단일 "섬광"으로 노광되지 않는 것을 제외하고는 기본적으로 동일한 시나리오가 적용된다. 그 대신에, 마스크테이블(MT)이  $v$ 의 속도로 소정방향(소위 "스캔방향", 예를 들어 y 방향)으로 이동가능해서, 투영빔(PB)이 마스크 이미지의 모든 부분을 스캐닝하도록 되고, 이와 함께 기판테이블(WT)은 속도  $V=Mv$ 로, 동일방향 또는 그 반대방향으로 동시에 이동하는 데, 이 때  $M$ 은 렌즈(PL)의 배율(통상  $M=1/4$  또는  $1/5$ )이다. 이러한 방식으로, 해상도를 떨어뜨리지 않고 비교적 넓은 타겟부(C)가 노광될 수 있다.

이하에 설명되는 본 발명의 예시는 표준광학원리를 토대로 박막디자인프로그램을 이용하여 수행된 계산에서 얻어졌다. 다양한 재료의 광학상수 즉, 복합굴절률( $N = n - ik$ )은 Henke 등에 의한 원자산란인자에서 구해지고, 버클리리 CXRO웹서버(B.L.Henke, E.M.Gullikson 및 J.C.Davis, 원자데이터 및 원자핵데이터표, 54(2), 181-342(1993); [http://www.cxro.lbl.gov/optical\\_constants/](http://www.cxro.lbl.gov/optical_constants/))로부터 얻을 수 있다. 13.5nm에서 계산이 수행되며, 재료에 대한  $n$  및  $k$ 의 값은 13.5nm의 파장의 함수로서 다운로드된 값이다.

다양한 광학요소의 이론적인 반사성을 산출하는 시뮬레이션의 결과는 13.5nm파장의 투영빔을 이용하여 표면거칠기 또는 계면확산을 고려하지 않고 수행된다. 본 발명은 여타의 파장 특히, EUV의 6nm 내지 42nm 범위의 파장에 대하여 적절하다.

도 2는 Si기판상에 성장된 Si/Mo층의 40기(period)를 포함하는 다중층 구조체를 가지고 있는 수직입사 광학요소의 이론적인 반사성을 산출하는 시뮬레이션의 결과를 나타낸다. 실제로, Zerodur(TM) 또는, ULE(TM)와 같이 여타의 낮은 열팽창계수를 갖는 재료가 기판으로 사용되고, Si/Mo의 40 내지 50기가 사용된다. 여타의 두께가 사용될 수도 있지만, 주어진 예시에서는, Si층이 3.36nm의 두께를 갖고, Mo층이 3.66nm의 두께를 가진다. 광학요소의 외측 즉, 다중층 구조체의 이면상에 위치된 것은 Ru로 이루어진 캡층이다. Ru의 캡층은 장기간에 걸쳐 다중층의 산화를 방지한다. 다중층 구조체의 Si와 Mo층과 Ru가 서로 섞이는 것을 방지하기 위하여, Mo의 중간층이 다중층 구조체와 캡층 사이에 놓여진다.

광학요소의 높은 반사성을 유지하는 것이 바람직하므로, 이전에는 단지 얇은 중간층만 사용되었었다. 1.0nm 내지 2.5nm 범위의 두께에서 Mo의 중간층의 두께의 증가와 함께 관측된 반사성이 감소하는 추세는 보다 두꺼운 두께에서도 계속되는 것으로 생각되었다. 하지만, 도 2를 참조하면, 반사성의 제2피크가 6.0nm 내지 9.0nm의 Mo의 중간층 두께에서 발생하는 것을 알 수 있다.

이러한 중간층의 두께에서의 반사성이 더 얇은 중간층의 반사율보다 낮지만, 이러한 두께를 갖는 Mo 중간층을 제공하여 달성되는 내산화성의 향상으로 인하여, 반사성에서의 이러한 감소가 허용될 수 있다.

도 2에서 알 수 있듯이, 1.0nm 내지 3.0nm 사이의 두께 특히, 1.6nm 내지 3.0nm 두께(특히 보다 얇은 두께의 중간층에 대하여) 및 2.0nm 내지 3.0nm 두께를 갖는 Ru로 이루어진 캡층에서 피크반사성이 발생한다. 최대의 반사성은 6.8nm 내지 8.5nm 사이의 Mo의 중간층에서 일어나며, 더욱 우수한 반사성은 7.2nm 내지 8.0nm 사이의 층에서 일어난다.

## 제2실시예

도 3은 제2실시예에 따른 수직입사 광학요소의 이론적인 반사성을 산출하는 시뮬레이션의 결과를 나타낸다. 제2실시예의 광학요소는 중간층이 Mo 대신에 C로 이루어지는 것을 제외하고는 제1실시예와 동일한 구조를 가진다.

제1실시예에서와 같이, 중간층이 6.0nm 내지 9.0nm 사이의 두께를 갖는 경우에, 반사성의 제2피크가 도 3에서 식별된다. 가장 높은 반사성은 6.5nm 내지 8.2nm 사이 특히, 7.0nm 내지 7.8nm 사이에서 볼 수 있다. Ru의 캡층에 있어서, 최대 반사성은 1.6nm 내지 3.0nm 사이에서 볼 수 있다. 더 두꺼운 두께의 중간층에 대하여, 캡층의 두께가 예를 들어, 1.0nm 정도로 얇은 것이 바람직하다. C로 구성된 얇은 중간층에 대하여, 대략 3.0nm 까지의 더 두꺼운 Ru캡층이 바람직하다. Ru캡층은 1.6nm 내지 3.0nm 사이의 두께를 갖는 것이 바람직하며, 적어도 2.0nm의 두께를 갖는 것이 더 바람직하다.

## 제3실시예

도 4는 본 발명의 제3실시예에 따른 수직입사 광학요소의 이론적인 반사성을 산출하는 시뮬레이션의 결과를 나타낸다. 본 발명의 제3실시예의 광학요소의 구조체는, 중간층이 다중층 구조체 바로 다음에 놓여지는 Mo의 내층 및 Ru의 캡층 바로 다음에 놓여지는 C의 외층층으로 이루어진 다는 것을 제외하고는 본 발명의 제1실시예와 동일하다. 도 4의 시뮬레이션의 결과는 3.36nm의 두께를 갖는 Mo의 내층 중간층에 대한 것이다.

도 4의 결과는 도 2 및 도 3에서와 동일한 방법으로 반사성의 제2피크를 나타낸다. 제3실시예의 반사성의 제2피크는 대략 2.0nm 이상, 더 바람직하게는 2.2nm, 가장 바람직하게는 대략 2.4nm의 두께를 갖는 Ru로 이루어진 캡층에 대하여 3.0nm 내지 4.0nm 사이의 두께를 갖는 C의 외층중간층을 구비하여 일어난다. 1.6nm 내지 3.0nm 사이의 두께를 갖는 Ru로 이루어진 캡층에 대하여, 최대의 반사성은 적어도 3.4nm, 바람직하게는 대략 3.5nm 이상, 가장 바람직하게는 대략 3.7nm 이상의 C의 외층 중간층을 구비하여 달성된다.

예시에서 알 수 있듯이, 반사성의 제2피크는, 중간층 두께 즉, Si/Mo 다중층 구조체내의 최외측 Si층과 외측 캡층 사이에 위치된 층들의 두께가 입사방사선의 파장의 대략 절반 즉, 0.3 내지 0.7배 또는 0.4 내지 0.6 배, 바람직하게는 0.45 내지 0.55배일 때 발생한다.

Mo-C, C 및 Mo중간층이 예로서 주어졌지만, 본 발명은 이것에 제한되지 않는다. 중간층은 Mo-C, C, Mo, B<sub>4</sub>C, Mo<sub>2</sub>C, Mo(Cr), B<sub>4</sub>C-C-B<sub>4</sub>C 등등과 같은 재료로 이루어질 수 있다.

외측 캡층은 Ru, Rh, B, SiO<sub>2</sub>, Pd, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiC, BN, B<sub>4</sub>C, BeO, B<sub>4</sub>C 등등과 같은 재료로 이루어질 수 있다.

본 발명의 또 다른 이점은, 캡층의 두께가 극히 중요한 것은 아니므로, 캡층을 적용할 때 제어가 덜 까다롭다는 것이다.

본 발명의 특정 실시예가 상술되었지만, 본 발명은 상술된 것과 다르게 실시될 수도 있음을 이해할 것이다. 상기 설명은 본 발명을 제한하지 않는다.

### 발명의 효과

본 발명에 따르면, 허용할 수 있는 반사성을 가지면서, 장기간에 걸쳐 개선된 내산화성을 나타내는 광학요소를 제공할 수 있다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

리소그래피 투영장치에 있어서,

- 방사선의 투영빔을 공급하는 방사선시스템;
- 소정의 패턴에 따라 투영빔을 패터닝하는 역할을 하는 패터닝수단을 지지하는 지지구조체;
- 기판을 잡아주는 기관테이블;
- 기관의 타겟부상으로 패터닝된 투영빔을 투영시키는 투영시스템; 및
- 상기 투영빔이 입사하고, Si/Mo 다중층 구조체, 외측캡층 및 상기 다중층 구조체와 상기 외측캡층 사이에 위치되는 C 또는 Mo로 구성되는 중간층을 갖는 1이상의 광학요소를 포함하여 이루어지고,

상기 중간층은 6.0nm 내지 9.0nm 사이의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 중간층의 두께는 7.0nm 내지 8.0nm 사이인 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 중간층은 7.2nm 내지 8.0nm 사이의 두께를 갖는 Mo로 이루어지는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 중간층은 7.0nm 내지 7.8nm 사이의 두께를 갖는 C로 이루어지는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 5.

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 캡층은 Ru로 이루어지고, 2.0nm 또는 2.2nm의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 6.

리소그래피 투영장치에 있어서,

- 방사선의 투영빔을 공급하는 방사선시스템;
- 소정의 패턴에 따라 투영빔을 패터닝하는 역할을 하는 패터닝수단을 지지하는 지지구조체;
- 기관을 잡아주는 기관데이블;
- 기관의 타겟부상으로 패터닝된 투영빔을 투영시키는 투영시스템; 및
- 상기 투영빔이 입사하고, Si/Mo 다중층 구조체, 외측캡층 및 상기 다중층 구조체와 상기 외측캡층 사이에 위치되는 중간층을 갖는 1이상의 광학요소를 포함하여 이루어지고,

상기 중간층은 상기 다중층 구조체 바로 다음의 Mo의 내측 중간층 및 상기 캡층 바로 다음의 C의 외측 중간층으로 이루어지고,

C의 상기 외측 중간층은 3.4nm 이상의 두께를 갖거나 Ru의 상기 캡층이 2.0nm 이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 7.

제6항에 있어서,

상기 Mo 및 C층의 결합두께는 6.0nm 내지 9.0nm 사이인 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

#### 청구항 8.

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 C층은 3.7nm 이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

#### 청구항 9.

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 C층은 3.4nm 이하의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

#### 청구항 10.

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 캡층은 2.2nm 이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

#### 청구항 11.

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 Mo의 층은 3.75nm 이하의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

#### 청구항 12.

디바이스 제조방법에 있어서,

- 적어도 부분적으로는 한 층의 방사선감응재로 덮인 기판을 제공하는 단계;
- 방사선시스템을 사용하여 방사선의 투영빔을 제공하는 단계;
- 패터닝수단을 사용하여 투영빔의 단면에 패턴을 부여하는 단계;
- 상기 투영빔이 입사하는, Si/Mo다중층 구조체, 외측캡층 및 상기 다중층 구조체와 상기 외측캡층 사이에 위치한 C 또는 Mo로 이루어진 중간층을 갖는 1이상의 광학요소를 이용하여 방사선감응재층의 타겟부상에 방사선의 패터닝된 빔을 투영하는 단계를 포함하여 이루어지고,

상기 중간층은 6.0nm 내지 9.0nm 사이의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

#### 청구항 13.

디바이스 제조방법에 있어서,

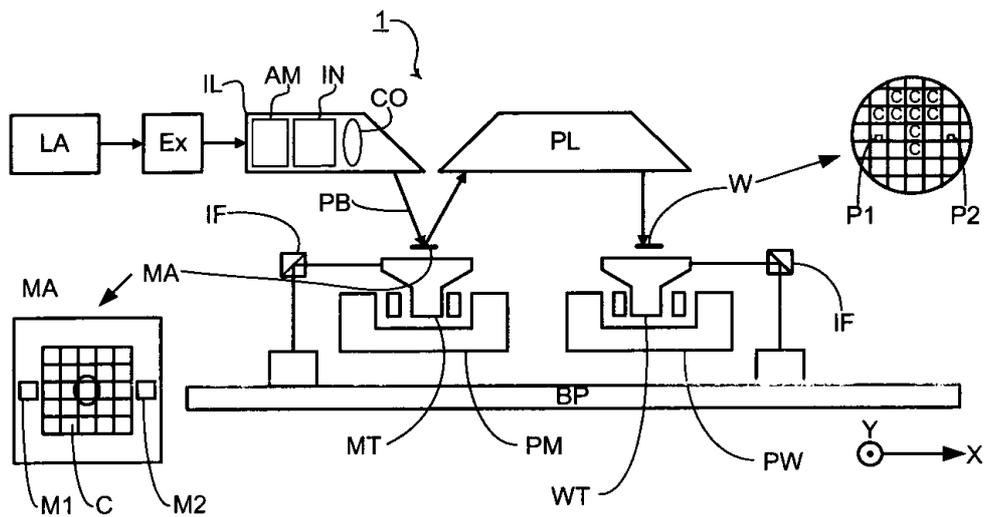
- 적어도 부분적으로는 한 층의 방사선감응재로 덮인 기판을 제공하는 단계;
- 방사선시스템을 사용하여 방사선의 투영빔을 제공하는 단계;
- 패터닝수단을 사용하여 투영빔의 단면에 패턴을 부여하는 단계;
- 상기 투영빔이 입사하는, Si/Mo다중층 구조체, 외측캡층 및 상기 다중층 구조체와 상기 외측캡층 사이에 위치한 중간층을 갖는 1이상의 광학요소를 이용하여 방사선감응재층의 타겟부상에 방사선의 패터닝된 빔을 투영하는 단계를 포함하여 이루어지고,

상기 중간층은 상기 다중층 구조체 바로 다음의 Mo의 내측 중간층 및 상기 캡층 바로 다음의 C의 외측 중간층을 포함하고,

C의 상기 외측 중간층은 3.4nm 이상의 두께를 갖거나 또는 Ru의 상기 캡층은 2.0nm 이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

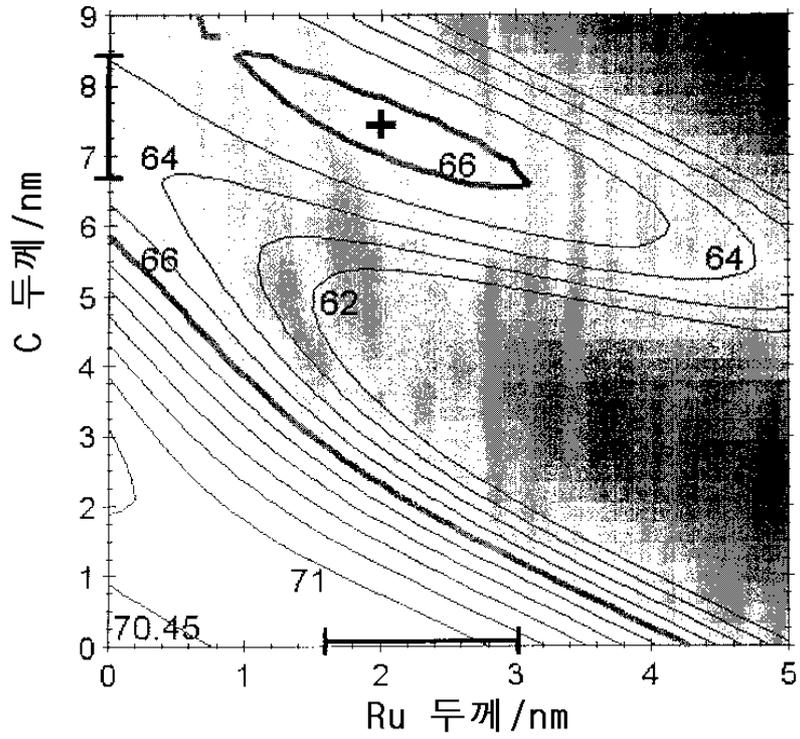
도면

도면1



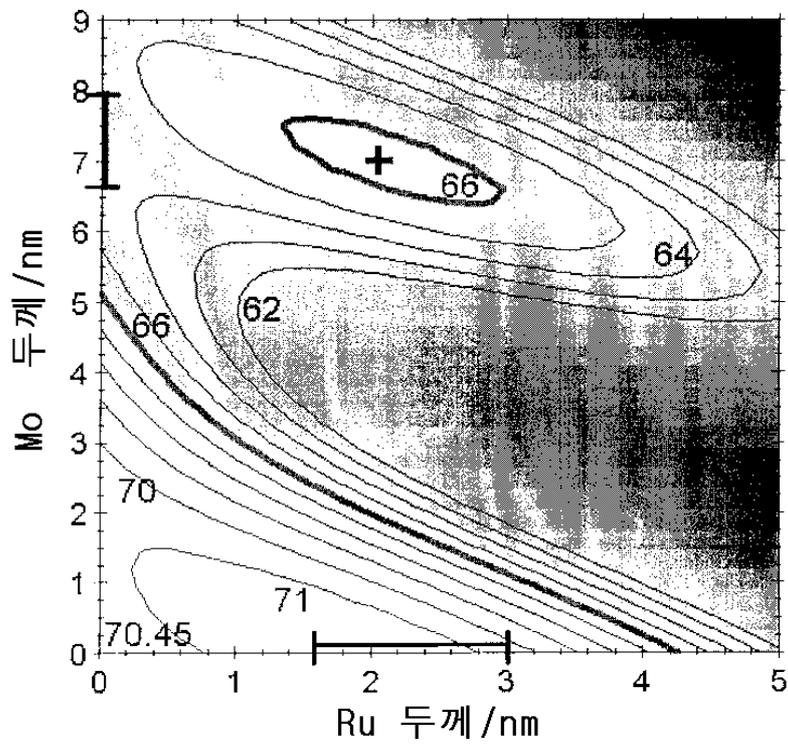
도면2

### Mo-Si-Multilayer + Mo + Ru



도면3

### Mo-Si-Multilayer + C + Ru



도면4

### Mo-Si-Mo-Multilayer + C + Ru

