



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl.  
H01L 21/027 (2006.01)

(45) 공고일자 2006년12월12일  
(11) 등록번호 10-0656582  
(24) 등록일자 2006년12월05일

(21) 출원번호 10-2001-0053082  
(22) 출원일자 2001년08월31일  
심사청구일자 2003년11월19일

(65) 공개번호 10-2002-0018957  
(43) 공개일자 2002년03월09일

(30) 우선권주장 00307608.0 2000년09월04일 유럽특허청(EPO)(EP)

(73) 특허권자 에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.  
네덜란드, 엔엘-5504 디알 벨드호펜, 데 룬 6501

코닌클리케 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.  
네덜란드왕국, 아인드호펜, 그로네보르스베그 1

(72) 발명자 바니네파담에프겐에비치  
네덜란드엔엘-5704엔케헬몬트니어스란2

윌커스에로엔  
네덜란드아인트호펜엔엘-5616베케헨드리크카시미르스트라트8

(74) 대리인 특허법인화우

심사관 : 설관식

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 리소그래피 투영장치, 디바이스 제조방법 및 그것에의하여 제조된 디바이스

(57) 요약

리소그래피 투영장치는 극자외선(EUV) 영역의 전자기 방사선의 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템, 투영 빔을 소정 패턴에 따라 패터닝하는 역할을 하는 패터닝 수단을 지지하는 지지 구조체, 기관을 유지하는 기관 테이블 및, 기관의 목표영역으로 패터닝된 빔을 투영시키는 투영 시스템을 포함하여 이루어진다. 장치 내부의 거울이 속한 공간에는 거울면상의 보호 캡층을 형성하는 탄화수소 가스가 공급된다. 공간내의 탄화수소 가스의 분압은 공간내의 배경압력 및/또는 거울의 반사도의 변화에 대응하여 제어됨으로써, 거울상의 캡층의 두께는 수용할 만한 범위 이내로 존속된다. 탄화수소의 분압은, 캡층 및/또는, 만약 거울상에 여분의 다중층이 제공된다면, 거울의 최상층(들)을 스퍼터링으로 제거하여 깨끗한 거울면을 제공하기 위하여 증가될 수 있다. 사용된 탄화수소는 알콜일 수 있으며, 이 경우에 형성된 캡층이 자기-종료한다.

대표도

도 2

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

방사선의 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;

상기 투영 빔을 소정 패턴에 따라 패터닝하는 역할을 하는 패터닝 수단을 지지하는 지지 구조체;

기관을 유지하는 기관 테이블; 및

상기 기관의 목표영역으로 상기 패터닝된 빔을 투영시키는 투영 시스템을 포함하며,

거울이 속한 공간에 가스상의 탄화수소를 공급하는 가스공급수단;

상기 거울의 반사도를 감시하는 반사도 센서수단 및/또는 상기 공간내의 배경 압력을 감시하는 압력 센서수단; 및

상기 반사도 센서수단 및/또는 상기 압력 센서수단에 의하여 측정된 반사도 및/또는 배경 압력에 응답하여 상기 가스공급 수단을 제어하는 제어수단을 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

### 청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 방사선 시스템은 상기 거울이 속한 공간을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

### 청구항 3.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 방사선 시스템은 상기 투영 빔으로서 극자외선(EUV) 방사선을 공급하기에 적합하도록 되어있는 레이저 생성 플라즈마원 또는 방전원인 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

### 청구항 4.

제3항에 있어서,

상기 극자외선 방사선의 빔은 약 50nm 보다 짧은 파장을 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

### 청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 극자외선 방사선의 빔은 8 내지 20nm, 특히 9 내지 16nm의 범위에 있는 파장을 갖는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 6.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 탄화수소는 알콜인 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 7.

제6항에 있어서,

상기 알콜은 에탄올인 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 8.

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 거울은 콜렉터 거울인 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치.

## 청구항 9.

리소그래피 투영장치를 사용하여 디바이스를 제조하는 방법으로서,

적어도 부분적으로는 방사선 감지재료의 층으로 덮인 기판을 제공하는 단계;

방사선 시스템을 사용하여 방사선의 투영 빔을 제공하는 단계;

패터닝 수단을 사용하여 상기 투영 빔에 단면 패터를 부여하는 단계;

상기 방사선 감지재료층의 목표영역으로 상기 방사선의 패터닝된 빔을 투영하는 단계를 포함하며,

거울이 속한 공간에 가스상의 탄화수소를 공급하는 단계;

상기 거울의 반사도를 감시하는 단계 및/또는 상기 공간내의 배경 압력을 감시하는 단계; 및

상기 거울의 반사도 및/또는 상기 공간의 배경 압력에 응답하여 상기 공간에 공급되는 가스상의 탄화수소의 양을 제어하는 단계를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

## 청구항 10.

제9항에 있어서,

상기 탄화수소는 알콜인 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

## 청구항 11.

제10항에 있어서,

상기 알콜은 에탄올인 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

## 청구항 12.

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 거울은 최소한 40개의 다중층을 포함하며, 상기 거울의 최상층(들)이 스퍼터링을 통해 제거되도록 상기 공간에 공급되는 가스상의 탄화수소의 양을 적응시키는 단계를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

## 청구항 13.

리소그래피 투영장치를 사용하여 디바이스를 제조하는 방법으로서,

적어도 부분적으로는 방사선 감지재료의 층으로 덮인 기판을 제공하는 단계;

방사선 시스템을 사용하여 방사선의 투영 빔을 제공하는 단계;

패터닝 수단을 사용하여 상기 투영 빔에 단면 패턴을 부여하는 단계;

상기 방사선 감지재료층의 목표영역으로 상기 방사선의 패터닝된 빔을 투영하는 단계를 포함하며,

상기 방사선 시스템내의 거울이 속한 공간에 가스상의 알콜을 공급하는 단계를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

## 청구항 14.

제13항에 있어서,

상기 알콜은 상기 거울상에 캡층을 형성하고 상기 알콜은 시간이 지나도 실질적으로 증가하지 않는 상기 캡층의 두께를 얻는 데에 효과적인 압력으로 상기 공간에 공급되는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

## 청구항 15.

제13항 또는 제14항에 있어서,

상기 알콜은 에탄올인 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법.

## 청구항 16.

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항의 방법에 따라 제조된 디바이스.

명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은

- 방사선의 투영 빔을 공급하는 방사선 시스템;
- 투영 빔을 소정 패턴에 따라 패터닝하는 역할을 하는 패터닝 수단을 지지하는 지지 구조체;
- 기관을 유지하는 기관 테이블; 및
- 기관의 목표영역으로 패터닝된 빔을 투영시키는 투영 시스템을 포함하여 이루어진 리소그래피 투영장치에 관한 것이다.

"패터닝 수단(patterning means)"이라는 용어는 기관의 목표영역에 형성되어야 할 패턴에 대응하는 패터닝된 단면을 입사하는 방사선 빔에 부여 하도록 사용될 수 있는 수단을 의미하는 것으로서 폭넓게 해석되어야 하며, 본 명세서에서는 "광 밸브(light valve)"라는 용어로도 사용된다. 일반적으로, 상기 패턴은 집적회로 또는 기타 디바이스와 같이 목표영역에 형성될 디바이스 내의 특정 기능 층에 해당할 것이다(이하 참조). 그러한 패터닝 수단의 예로는 다음과 같은 것들이 포함된다.

- 마스크. 이 마스크의 개념은 리소그래피 분야에서 이미 잘 알려져 있고, 교번 위상반전(alternating phase-shift)형 및 감쇠 위상반전형 마스크와 다양한 하이브리드 마스크 형식도 포함된다. 투영 빔 내에 이러한 마스크가 놓이면, 마스크의 패턴에 따라 마스크에 입사되는 방사선의 선택적인 투과(투과형 마스크의 경우) 또는 반사(반사형 마스크의 경우)가 이루어진다. 마스크의 경우에 그 지지 구조체는 일반적으로 마스크테이블이며, 마스크 테이블은 입사되는 투영 빔 내의 소정 위치에 마스크가 고정될 수 있게 하며, 필요한 경우에는 마스크를 상기 빔에 대하여 상대적으로 이동시킬 수 있도록 확보해 준다.
- 프로그래밍 가능한 거울 배열. 이러한 장치의 예로는, 점탄성 제어 층(viscoelastic control layer)과 반사면을 구비한 매트릭스-어드레서블 표면이 있다. 이러한 장치의 기본원리는, (예를 들어) 반사면의 어드레스된 영역(addressed area)에서는 입사광이 회절광으로 반사되는 한편, 어드레스되지 않은 영역에서는 입사광이 비회절광으로 반사되는 것이다. 적절한 필터를 사용하면, 반사된 빔 중에서 상기 비회절광을 필터링하여 회절광만 남게 할 수 있다. 이러한 방식으로, 상기 빔은 상기 매트릭스-어드레서블 표면의 어드레싱 패턴에 따라 패터닝된다. 이때 요구되는 매트릭스 어드레싱은 적당한 전자 수단을 사용하여 수행될 수 있다. 이러한 거울 배열에 관한 더 많은 정보는, 예를 들어 본 명세서에서 참고 자료로 채용되고 있는 미국 특허 US 5,296,891호 및 US 5,523,193호로부터 얻을 수 있다. 프로그래밍 가능한 거울 배열의 경우에 상기 지지 구조체는 예를 들어, 필요에 따라 고정될 수도 이동될 수도 있는 프레임 또는 테이블로 구현될 수 있다.
- 프로그래밍 가능한 LCD 배열. 이러한 구조의 일례는 본 명세서에서 참고 자료로 채용되고 있는 미국특허 US 5,229,872호에 개시되어 있다. 상술한 바와 마찬가지로 이 경우에 지지 구조체는 예를 들어, 필요에 따라 고정될 수도 이동될 수도 있는 프레임 또는 테이블로 구현될 수 있다.

설명을 간단히 하기 위하여, 본 명세서의 나머지 부분 중 어느 곳에서는 그 자체가 마스크 및 마스크 테이블을 포함하는 예시적인 용어로서 지칭될 수도 있다. 하지만, 그러한 예시에서 논의된 일반적인 원리는 상술한 바와 같은 패터닝 수단의 광의의 개념으로 이해되어야 한다.

예를 들어, 리소그래피 투영장치는 집적회로(IC)의 제조에 사용될 수 있다. 이 경우에, 상기 패터닝 수단은 IC의 각각의 층에 대응되는 회로 패턴을 형성할 수 있으며, 이 패턴은 방사선 감지재료(레지스트)층으로 도포된 기관(실리콘 웨이퍼)상의 목표영역(1이상의 다이로 구성되는)에 묘화될 수 있다. 일반적으로 한 장의 웨이퍼에는 인접해 있는 여러 개의 목표영역들로 구성된 전체적인 네트워크가 형성되며, 이들 목표영역은 마스크를 통해 한번에 하나씩 연속적으로 조사된다. 현재 통용되는 장치에서, 마스크 테이블상의 마스크에 의한 패터닝을 채택하는 데에는, 두 가지의 서로 다른 형식의 기계로 구분될 수 있다. 특정 형태의 리소그래피 투영장치에서는 목표영역상에 전체 마스크 패턴을 한번에 노광함으로써 각 목표영역이 조사되는데, 이러한 장치를 통상 웨이퍼 스테퍼(wafer stepper)라고 한다. 통상, 스텝-앤드-스캔 장치(step-and-scan apparatus)라고 불리워지는 대체 장치에서는 투영 빔 하에서 소정의 기준 방향("스캐닝" 방향)으로 레티클 패턴을 점진적으로 스캐닝하는 한편, 상기 스캐닝 방향과 같은 방향 또는 반대 방향으로 기관을 동기화시켜 스캐닝함으로써 각 목표영역이 조사된다. 일반적으로 투영 시스템은 배율 인자(magnification factor)  $M$ (일반적으로  $<1$ )을 가지므로 기관테이블이 스캐닝되는 속도( $V$ )는 마스크테이블이 스캐닝되는 속도의 인자  $M$ 배가 된다. 여기에 서술된 리소그래피 장치와 관련된 보다 상세한 정보는 예를 들어, US 6,046,792호에서 찾을 수 있으며, 본 명세서에서 참조자료로 채용된다.

리소그래피 투영장치를 사용하는 제조 공정에서, 패턴(예를 들어, 마스크의 패턴)은 방사선 감지재료(레지스트)층이 최소한의 부분에라도 도포된 기판상에 묘화된다. 이 묘화 단계(imaging step)에 앞서, 기판은 전처리(priming), 레지스트 도포 및 소프트 베이크와 같은 여러가지 과정을 거칠 수 있다. 노광 후에는, 노광후 베이크(PEB), 현상, 하드 베이크 및 묘화된 피처(imaged feature)의 측정/검사와 같은 또 다른 과정을 거치게 된다. 이러한 일련의 과정은, 예를 들어 IC와 같은 디바이스의 각각의 층을 패터닝하는 기초로서 사용된다. 그런 다음 이렇게 패터닝된 층은 에칭, 이온 주입(도핑), 금속화, 산화, 화학-기계적 연마 등과 같은, 각각의 층을 가공하기 위한 여러 공정을 거친다. 여러 개의 층이 요구된다면, 새로운 층마다 전체 공정 또는 그것의 변형된 공정이 반복되어야만 할 것이다. 그 결과로, 기판(웨이퍼)상에는 디바이스의 배열이 존재하게 될 것이다. 이들 디바이스는 다이싱 또는 소잉 등의 기술에 의해 서로 분리되고, 이들 각각의 디바이스는 캐리어에 장착되고 핀 등에 접속될 수 있다. 이와 같은 공정에 관한 추가 정보는 예를 들어, "Microchip Fabrication: A Practical Guide to Semiconductor Processing (3판, Peter van Zant 저, McGraw Hill출판사, 1997, ISBN 0-07-067250-4)"으로 부터 얻을 수 있으며, 본 명세서에서도 참조자료로 채용되고 있다.

설명을 간단히 하기 위하여, 상기 투영 시스템은 이후에 "렌즈"라고 언급될 것이다. 하지만 이 용어는 예를 들어, 굴절 광학, 반사 광학 및 카타디옵트릭(catadioptric) 시스템을 포함한 다양한 형태의 투영 시스템을 내포하는 것으로서 폭 넓게 해석되어야 한다. 또한 상기 방사선 시스템은 방사선의 투영 빔을 지향, 성형 또는 제어하는 원리들 중의 어느 하나에 따라 동작하는 구성요소를 포함할 수 있고, 이후의 설명에서는 이러한 구성 요소들을 집합적으로 또는 개별적으로 "렌즈"라고 언급할 것이다. 나아가, 상기 리소그래피장치는 2이상의 기판 테이블(및/또는 2이상의 마스크 테이블)을 구비하는 형태가 될 수도 있다. 이러한 "복수 스테이지" 장치에서, 추가 테이블이 병행으로 사용될 수 있으며, 1이상의 스테이지가 노광에 사용되고 있는 동안, 1이상의 다른 스테이지에서는 준비작업 단계가 수행될 수 있다. 예를 들어, US 5,969,441호 및 WO 98/40791호에는 트윈스테이지 리소그래피 장치가 개시되어 있으며, 본 명세서에서도 참조자료로 채용되고 있다.

본 발명의 경우에, 투영 시스템은 일반적으로 거울의 배열로 이루어지며 마스크는 반사형일 것이다(예를 들어, WO 99/57596호에 개시된 장치를 참조할 수 있다). 이 경우에 방사선은 극자외선(EUV)에 속하는 전자기 방사선인 것이 바람직하다. 통상적으로, 방사선은 약 50nm 미만, 바람직하게는 약 20nm 미만, 가장 바람직하게는 약 15nm 미만의 파장을 갖는다. 리소그래피 산업에서 주로 다루게 되는 EUV 영역에 있는 파장의 일례는 13.4nm 이지만, 그 밖에도 이 영역에 있는 유망한 파장으로는 예를 들어 11nm 등도 있다.

이러한 방사선과 함께 사용하기에 적합한 방사선 시스템의 일례가 WO 00/36471호에 서술되어 있다. 그러한 방사선 시스템은 EP 1037113호에 개시된 바와 같은, EUV용으로 적합한 콘덴서(condenser)를 포함한다.

통상적으로 EUV 방사원은 플라스마원이며 예를 들어, 레이저 생성 플라스마원(laser produced plasma source) 또는 방전원(discharge source)이다. 레이저 생성 플라스마원은 EUV 방사선을 발생시키기 위해서 레이저에 의하여 조사되는 물방울(water droplets), 크세논 또는 고체 타겟(solid target)을 포함할 수 있다. 적합한 레이저 생성 플라스마원의 예가 EP 1109427호에 개시되어 있다. 방전원은 두 전극의 사이에서 방전에 의하여 발생하는 플라스마를 포함한다. 방전원의 적절한 예로서, 예를 들어 계류중인 유럽특허출원 제 01305671.8호에 개시된 것들과 같은, 모세관 방전원, 플라스마 포커스원 및 Z-핀치형 소스가 있다.

모든 플라스마원의 공통적인 특성은 특유의 빠른 이온과 원자의 생산이며, 이것들은 플라스마로부터 모든 방향으로 방출된다. 이들 입자는 일반적으로 다중층 거울인 콜렉터 및 콘덴서 거울의 깨지기 쉬운 표면에 손상을 줄 수 있다. 이 표면은 플라스마로부터 방출된 입자들과의 충격이나 스퍼터링으로 인하여 점차 열화되며 따라서 거울의 수명도 단축된다.

콜렉터 거울에 대하여는 스퍼터링 효과가 특히 문제시 된다. 이 거울의 용도는 플라스마원에 의하여 모든 방향에서 방출되는 방사선을 모아서(collect) 그것을 조명 시스템내의 다른 거울로 향하게 하는 것이다. 콜렉터 거울은 플라스마원에 매우 근접하여 조준선(line-of-sight)에 위치되며 따라서 플라스마로부터 빠른 입자들의 큰 플럭스를 받는다. 시스템내의 다른 거울들은 어느 정도 차폐될 수 있어서 일반적으로 플라스마로부터 방출된 입자들의 스퍼터링에 의한 손상의 정도가 더 적다.

종전에 행해져 왔던, 거울에 대한 손상의 문제를 다루는 조치는 충돌에 의하여 입자를 저지하는 헬륨을 배경 가스로 사용하여 거울에서의 입자 플럭스의 충격을 줄이는 것이다. 하지만, 이 형태의 기술은 방사선 빔에 대한 충분한 투명도를 확보할 만큼 헬륨의 배경 압력을 충분히 낮게 유지시키면서 동시에 스퍼터링 속도를 수용할 만한 수준까지 감소시킬 수는 없다. 따라서 이 문제를 해결하기 위한 대안책이 요구된다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

본 발명의 목적은 방사원이 플라스마원인 경우에 방사선 시스템내에 속해 있는 거울에 대한 빠른 이온, 원자 또는 분자의 의한 손상을 줄이기 위한 수단을 포함하는 리소그래피 투영장치를 제공하는 것이다. 본 발명의 또 다른 목적은 그러한 손상을 줄이는 방법을 제공하는 것이다.

## 발명의 구성

본 발명에 따르면, 서두에 기술된 바와 같은 리소그래피 투영장치로서,

거울이 속한 공간에 가스상의 탄화수소를 공급하는 가스공급수단;

상기 거울의 반사도를 감시하는 반사도 센서수단 및/또는 상기 공간내의 배경 압력을 감시하는 압력 센서수단; 및

상기 반사도 센서수단 및/또는 상기 압력 센서수단에 의하여 측정된 반사도 및/또는 배경 압력에 응답하여 상기 가스공급수단을 제어하는 제어수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 리소그래피 투영장치가 제공된다.

거울이 속한 챔버내에 탄화수소 분자가 존재하면 거울의 표면에 탄화수소 캡층이 형성된다고 알려져 있다. 종래에도 예를 들어 산화와 같은 화학반응에 대하여 거울을 보호하고자 편의적으로 이러한 캡층이 사용되어 왔지만, 흔히 캡층이 거울의 반사도를 떨어뜨려 불리한 것으로 파악된다.

본 발명자는 거울면상의 캡층이 플라스마원으로부터 방출된 빠른 이온과 원자에 의하여 유발되는 스퍼터링 손상으로부터 거울을 보호하는 데 사용될 수 있음을 발견하였다. 거울이 속한 공간에 탄화수소가 첨가되면, 탄화수소가 물리적으로 또는 화학적으로 거울의 표면에 작용하여 표면에 보호층을 형성한다. 이 표면층은 탄화수소 분자 및 시스템내에 불순물로서 존재할 수 있는 기타 오염 입자와 함께, 가스공급원으로부터 시스템에 유입된 또 다른 분자들로 이루어진다. 플라스마에 의하여 생성된 빠른 이온과 원자가 거울의 표면을 때릴 때, 그것들은 보호층과 접촉하여 캡층으로부터 탄화수소 분자를 몰아내고 거울면 자체의 손상은 피하게 된다.

하지만, 캡층을 이러한 목적으로 사용하는 경우에는 몇 가지 문제점을 극복해야 한다. 첫 째, 스퍼터링에 의하여 캡층은 점차 파괴되며 일단 침식되면 거울면이 손상될 것이다. 두 째, 캡층이 너무 두꺼우면 거울의 반사도가 용인할 수 없을 만한 수준으로 감소하고 투영장치의 효율이 떨어진다.

이들 문제점을 극복하기 위해서, 본 발명은 동적 캡층(dynamic cap layer)을 사용하였다. 이것은 계속해서 스퍼터링되어 없어지는 캡층을 다른 분자로 대체하고 따라서 층의 두께를 실질적으로 일정하게 또는 수용할 만한 범위 이내로 유지시키는 것이다. 이를 위해서 거울의 반사도 및/또는 공간의 배경 압력이 모니터링된다. 캡층이 너무 두꺼워짐으로 인하여 거울의 반사도가 감소되면, 공간내에 있는 탄화수소 가스의 압력이 감소되며 이에 따라 캡층의 일부가 스퍼터링되어 없어지게 한다. 따라서 생성된 캡층이 얇을수록 반사도의 수준은 증가된다. 반대로, 캡층이 너무 얇아지면, 층에 스퍼터링으로 인한 구멍이 생길 수 있고 따라서 거울면을 노출시킨다. 이 경우에, 공간내의 탄화수소 가스의 압력은 캡층이 확고히 유지되게 하기 위해서 증가된다. 탄화수소의 압력을 신중하게 조정함으로써 탄화수소 캡층의 성장과 플라스마 미립자 방출로 인한 캡층의 파괴가 동일해짐에 따라 안정된 상태가 얻어질 수 있다.

따라서 본 발명은 거울의 반사도가 높은 수준으로 유지되므로 시스템의 효율성을 확보하는 동시에 거울의 수명이 연장되는 리소그래피 투영장치를 제공한다.

본 발명은 리소그래피 투영장치를 사용하여 디바이스를 제조하는 방법으로서,

- 적어도 부분적으로는 방사선 감지재료의 층으로 덮인 기판을 제공하는 단계;
- 방사선 시스템을 사용하여 방사선의 투영 빔을 제공하는 단계;
- 투영 빔의 단면이 패터닝되도록 패터닝 수단을 사용하는 단계;
- 방사선 감지재료층의 목표영역으로 방사선의 패터닝된 빔을 투영하는 단계를 포함하며,
- 거울이 속한 공간에 가스상의 탄화수소를 공급하는 단계;

- 상기 거울의 반사도를 감시하는 단계 및/또는 상기 공간내의 배경 압력을 감시하는 단계; 및

- 상기 거울의 반사도 및/또는 상기 공간의 배경 압력에 응답하여 상기 공간에 공급되는 가스 탄화수소의 양을 제어하는 단계를 특징으로 하는 디바이스 제조방법에 관한 것이다.

상기 방법의 실시예에서, 상기 거울은 최소 40개의 다중층을 포함할 수 있으며, 상기 방법은 공간에 공급되는 가스 탄화수소의 양을 상기 거울의 최상층이 스퍼터링을 통해 제거되기에 적응(adapting)시키는 단계를 더욱 포함한다.

본 발명자는 동적으로 성장하는 캡층의 두께의 제어에 기초하는 상기 방법이 거울의 수명을 연장시키는 데 사용될 수 있음을 알아내었다. 이 방법을 사용할 때, 거울상에 형성되는 캡층의 두께는 측정된 거울의 반사도 또는 공간내의 배경 압력에 응답하여 제어될 수 있다. 예컨대, 일단 거울의 반사율이 너무 낮아지면, 챔버내의 압력이 감소되고 따라서 스퍼터링 속도의 상대적인 증가로 인하여 동적 캡층의 두께를 감소시킨다. 이것은 캡층 및/또는 최상의 거울층(들)을 제거하며 거울면을 세정하는 효과를 갖는다. 반사도에는 그리 영향을 주지 않으면서 다중층 거울에 여분의(extra) 거울층이 제공되면, 그 최상층 몇 개를 스퍼터링하여 없애더라도 그 반사도를 그리 심하게 열화시키지는 않는다. 최상층의 스퍼터링은 거울을 교체할 필요가 있기 전까지 수차례 실행될 수 있다. 이 경우에 거울의 반사도를 감시하는 것이 바람직하고 반사도와 함께 배경 압력을 감시하는 것은 더욱 바람직하다.

따라서 이 방법은 거울의 수명을 늘리고 나아가 시스템에 부가된 가스의 압력의 감시를 반드시 일정하고 정확히 하지 않아도 된다.

또한 본 발명은 상기 조명 시스템내에 거울이 속한 공간에 가스상의 알콜(gaseous alcohol)을 공급하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스 제조방법에 관한 것이다.

투영 시스템내에 에탄올을 유입시킴으로써 표면상에 자기-종료 캡층(self-terminating cap layer)을 형성하는 것이 이미 알려져 있다. 따라서, 일단 에탄올 캡층의 두께가 최대에 이르면, 계속되는 에탄올의 분압의 적용에도 불구하고 시간이 지나도 더이상 증가하지는 않는다. 이것은 물과 EUV 방사선의 존재로 인한 산화로부터 투영 광학기를 보호한다는 내용으로 보고되어 있다. 대안적으로, 에탄올의 유입과 동시에 거울이 산소나 물과 같은 산화제에 노출되는 때에도 캡층의 두께가 제한된다. 캡층으로부터의 탄소는 자외선과 결합하여 산화되어 표면에서 제거된다. 결과적으로 비교적 얇은 캡층만이 형성된다. 하지만, 본 발명자는 상기 서술된 방법을 본 발명에 적용했고 거울이 속한 공간으로 탄화수소를 유입시키기 위하여 에탄올과 같은 알콜을 사용하는 것이 특히 유리함을 알아내었다. 알콜 캡층은 본 발명의 모든 장점을 살리며, 거울면의 보호 및 거울의 반사도가 유지됨으로 인하여 장치의 효율성을 확보하고, 뿐만 아니라 알콜의 배경 압력을 그리 주의깊게 감시하지 않아도 되어 유리한 점이 있다.

본 명세서에서는 IC의 제조에 있어서의 본 발명에 따른 장치의 특정한 적용례에 대하여 언급하였으나, 이러한 장치가 다른 여러 가능한 응용례를 가지고 있음이 명백히 이해되어야 할 것이다. 예를 들어, 상기 장치는 집적 광학 시스템, 자기 영역 메모리용 유도 및 검출 패턴, 액정 표시 패널, 박막 자기 헤드 등의 제조에도 이용될 수 있다. 당업자라면, 이러한 대안적인 적용 예와 관련하여, 본 명세서에서 사용된 "레티클", "웨이퍼" 또는 "다이"와 같은 용어가 각각 "마스크", "기판" 및 "목표영역" 등과 같은 좀 더 일반적인 용어로 대체되고 있음을 고려하여야 할 것이다.

이하, 예시적인 실시예와 첨부된 도면을 참조하여 본 발명과 그에 따른 장점들을 서술한다.

하기 내용에서 본 발명은 직교하는 X, Y 및 Z 방향의 좌표계를 사용하여 서술된다.

## 제1 실시예

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

- 방사선(예를 들어, EUV 방사선)의 투영 빔(PB)을 공급하는 방사선 시스템(Ex, IL), 특별히 이 경우에는 상기 방사선 시스템이 방사원(LA)을 포함한다;
- 마스크(MA)(예를 들어, 레티클)를 잡아 주는 마스크 홀더를 구비하며, 아이템 PL에 대하여 마스크를 정확히 위치시키는 제1위치설정수단(PM)에 접속된 제1대물테이블(마스크 테이블)(MT);



- 기관(W)(예를 들어, 레지스트 코팅된 실리콘 웨이퍼)을 잡아 주는 기관 홀더를 구비하며, 아이템 PL에 대하여 기관을 정확히 위치시키는 제2위치설정 수단(PW)에 접속된 제2대물테이블(기관테이블)(WT); 및
- 기관(W)의 목표영역(C)(1이상의 다이를 포함)에 마스크(MA)의 조사된 부분을 묘화하는 투영 시스템("렌즈")(PL)(예를 들어, 거울 그룹)을 포함하여 이루어진다.

도시된 바와 같이, 상기 장치는 (예를 들어, 반사 마스크를 구비한) 반사형(reflective type)이다. 하지만, 일반적으로는, 예를 들어 (투과 마스크를 구비한) 투과형일 수도 있다. 대안적으로, 상기 장치는 상기에서 언급된 바와 같은 형태의 프로그래밍 가능한 거울 배열과 같은 다른 종류의 패턴링 수단을 사용할 수도 있다.

방사원(LA)(예를 들어, 레이저 생성 플라즈마원 또는 방전원)은 방사선의 투영 빔을 생성한다. 상기 빔은 직접 조명 시스템(일루미네이터)(IL)으로 들어가거나, 예를 들어 빔 익스펜더(Ex)와 같은 컨디셔닝 수단을 거친 후에 조명 시스템으로 들어간다. 상기 일루미네이터(IL)는 빔 강도 분포의 외측 및/또는 내측 반지름 크기(통상 각각  $\sigma$ -외측 및  $\sigma$ -내측라고 함)를 설정하는 조절 수단(AM)을 포함하여 이루어진다. 또한 그것은 일반적으로 인티그레이터(IN) 및 콘덴서(CO)와 같은 그 밖의 다른 다양한 기기들을 포함하고 있다. 이러한 방식으로, 마스크(MA)에 입사되는 빔(PB)은 그 단면이 소정의 균일성과 세기 분포를 갖게 된다.

도 1과 관련하여, 상기 방사원(LA)은 리소그래픽 투영장치의 하우징내에 놓이지만(예컨대, 흔히 방사원(LA)이 수은 램프인 경우에서 처럼), 그것이 리소그래피 투영장치와 멀리 떨어져서 그것이 만들어 낸 방사 빔이 (가령, 적당한 지향 거울에 의해) 장치 내부로 들어오게 할 수도 있다. 방사원(LA)이 엑시머 레이저인 경우에는 후자 쪽이기 쉽다. 본 발명과 청구 범위는 이러한 두 경우를 모두 포함하고 있다.

계속하여, 상기 빔(PB)은 마스크테이블(MT)상에 고정된 마스크(MA)를 통과한다. 마스크(MA)를 통과한 빔(PB)은 렌즈(PL)를 통과하여 기관(W)의 목표영역(C)위에 빔(PB)의 초점을 맞춘다. 제2위치설정수단(및 간섭계 측정수단(IF))에 의해, 기관테이블(WT)은, 예를 들어 빔(PB)의 경로내에 상이한 목표영역(C)을 위치시키도록 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제1위치설정수단은 예를 들어, 마스크 라이브러리로부터 마스크(MA)를 기계적으로 회수한 후에, 또는 스캐닝하는 동안에 빔(PB)의 경로에 대하여 마스크(MA)를 정확히 위치시킬 수 있도록 사용될 수 있다. 일반적으로 대물테이블(MT, WT)의 이동은, 도 1에 명확히 도시되지는 않았지만, 긴 행정 모듈(long stroke module)(개략 위치설정) 및 짧은 행정 모듈(미세 위치설정)에 의하여 행해질 것이다. 하지만, (스텝-앤드-스캔 장치와는 대조적으로) 웨이퍼 스테퍼의 경우에는 마스크 테이블(MT)은 다만 짧은 행정 액추에이터에 연결되거나 고정될 수도 있다.

상술한 장치는 다음의 두가지 상이한 모드로 사용될 수 있다.

1. 스텝 모드에서는, 마스크테이블(MT)은 기본적으로 정지상태로 유지되며, 전체 마스크 이미지는 한 번에(즉, 단일 "섬광"으로) 목표영역(C)으로 투영된다. 이후 기관테이블(WT)이 x 및/또는 y 방향으로 쉬프트되어 상이한 목표영역(C)이 빔(PB)에 의해 조사될 수 있다.
2. 스캔 모드에서는, 소정 목표영역(C)이 단일 "섬광"으로 노광되지 않는 것을 제외하고는 동일한 시나리오가 적용된다. 그 대신에, 마스크테이블(MT)이  $v$ 의 속도로 소정 방향(소위 "스캐닝 방향", 예를 들어 y 방향)으로 이동 가능해서, 투영 빔(PB)이 마스크 이미지의 모든 부분을 스캐닝하도록 되고, 동시에 기관테이블(WT)은 속도  $V=Mv$ 로, 동일한 방향 또는 그 반대 방향으로 동시에 이동하며, 이 때  $M$ 은 렌즈(PL)의 배율(통상  $M=1/4$  또는  $M=1/5$ )이다. 이러한 방식으로, 해상도를 떨어 뜨리지 않고도 비교적 넓은 목표영역(C)이 노광될 수 있다.

도 2는 방사선 시스템(LA, IL)을 보다 상세히 도시하고 있다. 도 1과 관련하여 서술된 바와 같이, 방사선의 투영 빔(PB)을 공급하는 방사원(LA)은 챔버(3)내에 콜렉터 거울(CM)에 추가하여 포함된다. 방사원에 의하여 생성된 방사선은 콜렉터 거울(CM)에 반사되고 빔(PB)으로서 상술한 바와 같은 조명 시스템(IL)내에 포함된 그 밖의 다양한 광학적 구성요소들을 향하여 나아가게 된다. 여기에 도시된 것과 같은 조명 시스템내에 있는 몇 가지 광학적 구성요소들은 챔버(3)내에 포함되지 않는다. 하지만, 조명 시스템(IL)의 몇 가지 혹은 모든 광학적 구성요소가 콜렉터 거울(CM)과 함께 챔버(3)내에 포함될 수도 있다.

챔버(3)는 예를 들어, 에탄올과 같은 알콜인 가스상의 탄화수소를 챔버에 공급하는 가스공급수단을 포함하며, 상기 수단은 압축된 기상 또는 액상 탄화수소의 실린더일 수 있는 소정 탄화수소의 공급부(6) 및 밸브를 포함한 흡입부(2)를 포함하여 이루어진다. 챔버내에서 탄화수소의 분압은 상기 밸브에 의하여 제어될 수 있다. 또한 상기 챔버는 챔버내의 배경 압력을

감시하는 압력 센서수단(5) 및/또는 콜렉터 거울(CM)의 반사도를 감시하는 반사도 센서수단(7)을 포함할 수 있다. 바람직하게는, 상기 챔버가 압력 센서수단(5)과 반사도 센서수단(7)을 모두 포함한다. 반사도 센서수단은 투영 빔(PB)을 따라 빔 세기를 측정하거나 직접 콜렉터 거울의 반사도를 측정함으로써 거울의 반사도를 모니터링할 수 있다.

본 발명의 특정한 경우에는 방사원(LA)이 EUV 방사선의 빔(PB)을 생성하는 플라즈마원이다. 플라즈마원도 모든 방향으로 빠른 원자와 이온(8)을 방출하고, 이들 방출된 입자는 챔버내의 각종 광학적 구성요소, 특히 콜렉터 거울(CM)과 접촉하게 된다.

흡입부(2)를 거쳐 챔버 안으로 탄화수소가 유입되고 탄화수소 분자는 거울(CM)의 표면에 흡착됨으로써 거울(CM)상에 캡층을 형성한다. 이 캡층은 플라즈마원에 의하여 생성된 빠른 원자 및 이온과의 충돌 또는 스퍼터링으로 인하여 점차 침식된다. 흡입부(2)를 거쳐 챔버로 유입되는 탄화수소의 양을 조절하면, 캡층이 스퍼터링되어 없어지는 것과 거의 같은 속도로 성장하게 된다.

필요한 탄화수소의 양은 압력 센서수단(5) 및/또는 반사도 센서수단(7)을 사용하여 결정될 수 있다. 예를 들어, 압력 센서수단(5)이 챔버내의 압력이 너무 낮다고 가리키면, 캡층은 스퍼터링되어 없어지는 것보다 더 느리게 성장되고 챔버로 유입되는 탄화수소의 양은 증가되어야 한다. 또한, 반사도 센서수단(7)이 반사도가 줄어든 것을 가리키면, 캡층은 스퍼터링되어 없어지는 것보다 더 빠르게 성장되고 챔버로 유입되는 탄화수소의 양은 반사도가 다시 한번 수용할 만한 수준에 이르기까지 감소되어야 한다. 캡층은 거울(CM)의 표면의 보호를 확실히 하도록 적어도 스퍼터링되어 없어지는 것만큼 빠르게 성장하는 것이 바람직하다. 가장 바람직한 상황은 안정된 상태로 상기 층의 성장이 스퍼터링되어 없어지는 속도와 동일한 것이다.

## 제2실시예

본 발명의 제2실시예는 후술하는 바를 제외하고는 제1실시예와 동일할 수 있으며, 여기서는 챔버로 유입된 탄화수소가 알콜, 바람직하게는 에탄올이다. 이 경우에, 에탄올은 통상 실질적으로 일정한 압력으로 공급되며 콜렉터 거울(CM)에는 자기-종료 캡층이 형성될 수 있다. 에탄올이 챔버로 유입되는 속도는 챔버내의 에탄올의 분압이 캡층으로부터 스퍼터링되어 없어지는 분자가 재빨리 대체되게 할 만큼 충분해야 한다.

챔버로 공급되어야 하는 에탄올의 최소한 요구되는 분압은 거울로 향하는 유해 입자(예를 들어, 크세논(Xe))의 플럭스에 달려있다. 유해한 크세논 입자의 최대 플럭스  $\Gamma_{Xe}^{max}$  는 다음과 같이 계산될 수 있다:

$$\Gamma_{Xe}^{max} = \frac{n_{Xe} V_{focus}}{4\pi d^2} f_{rep}$$

여기서,  $n_{Xe}$  는 평균 크세논 원자밀도(통상,  $2 \times 10^{24} m^{-3}$ )이고,  $V_{focus}$  는 레이저 빔의 포커스의 체적( $0.025 mm^3$ )이고,  $f_{rep}$  는 소스의 반복률(6kHz)이며,  $d$  는 플라즈마와 거울간의 거리이다.

거울을 향하는 에탄올의 분자 플럭스  $\Gamma_{eth}$  는 다음과 같이 계산될 수 있다:

$$\Gamma_{eth} = \frac{1}{4} \frac{p_{eth}}{k_B T} \sqrt{\frac{8k_B T}{\pi M_{eth}}}$$

여기서,  $p_{eth}$  는 에탄올의 분압,  $k_B$  는 볼츠만 상수,  $T$  는 절대온도이며,  $M_{eth}$  는 에탄올의 질량이다. 거울면을 때리게 되는 모든 크세논 이온 또는 원자에 대하여 캡층으로부터 하나의 에탄올 분자가 튀어나오고 오직 0.01%의 에탄올 분자만 거울면에 흡착된다고 가정하면, 에탄올층이 스퍼터링되어 없어지지 않게 하기 위해서는 크세논 플럭스는  $10^{-4} \Gamma_{eth}$  보다 작아야만 한다. 따라서, 예를 들어 플라즈마와 거울간의 거리( $d$ )가 최소한 10cm 일 때, 에탄올의 분압은 최소한  $10^{-2} mbar$ 이어야 한다.

하지만, 거울면에 흡착되는 에탄올 분자가 0.01% 보다 많은, 예를 들어 100%라고 가정하면, 에탄올의 분압을 더 낮게 할 수도 있다. 이 경우에, 예를 들어 적어도 10cm의 거리( $d$ )에서 에탄올의 분압은 최소  $10^{-6} mbar$ 가 요구된다.

본 실시예에서, 이상적으로는 에탄올의 비분압(specific partial pressure)을 선택하고 이 압력이 실질적으로 일정한 비율로 적용된다. 이 방식에서 압력 및 반사도의 감시는 요구되지 않는다. 하지만, 제1실시예에서 서술된 바와 같이 어느 경우에도 압력 및/또는 반사도, 바람직하게는 그 모두가 모니터링되고 필요하다면 분압의 조정이 이루어질 수 있는 것이 선호된다. 하지만 알콜 이외의 탄화수소가 사용되는 때보다는 분압의 모니터링을 자주하지 않아도 되고 덜 정밀해도 된다.

### 제3실시예

본 발명의 제3실시예는 도 2와 관련하여 후술하는 내용을 제외하고는 제1실시예와 동일하며, 여기서는 거울(CM)이 다중층 거울이다. 다중층 거울(CM)은 최소한 40개의 층, 바람직하게는 최소한 50개의 층, 가장 바람직하게는 최소한 60개의 층을 갖는다.

상기 시스템은 탄화수소 이외의 가스가 사용될 수도 있다고도 예견되지만 탄화수소 가스를 공급하는 가스공급수단(6)을 포함한다. 상기 수단은 소정 가스의 소스(6) 및 흡입부(2)를 포함하여 이루어진다. 가스는 챔버(3)로 공급되고 챔버내에 있는 가스의 분압은 센서(5)를 통해 모니터링될 수 있다. 시스템내에서 가스의 압력은 다중층 거울(CM)상에 형성된 가스 입자의 캡층이 시간이 지나도 침식되지 않도록 충분히 높게 유지된다.

거울상의 캡층이 너무 두꺼워져 다중층 거울의 반사율이 떨어지는 때를 측정하기 위해서 반사도 센서수단(7)이 사용된다. 그러한 경우에는 챔버내에 있는 가스의 압력이 감소될 수 있고 따라서 스퍼터링 속도가 증가하게 된다. 스퍼터링 속도가 증가하면 캡층과 더불어 다중층의 최상층 또는 여러 층들이 제거될 수 있다. 그러면 시스템내의 가스 압력을 다시 증가시켜 더이상의 층의 제거를 막는다.

본 실시예는 다중층 거울만을 서술하고 있으나, 그것이 본 발명을 국한하려는 것은 아니다. 하나의 대안으로 그레이징 입사 거울(grazing incidence mirror; 약 20도보다 작은 각으로 방사선이 들어오는 거울)이 있는데, 이것은 반드시 다중층 거울을 수반하지는 않으며 하나의 금속층으로 제조될 수 있다. 그러한 거울도 EUV 방사원에 의하여 발생된 원자 및 이온에 노출되는 때에는 손상된다. 이들 거울에도 동일한 방법이 적용될 수 있다.

이상에서 본 발명의 특정 실시예에 대하여만 서술되었지만, 본 발명이 서술된 바와 다르게도 실행될 수 있음은 명확하다. 서술 내용은 본 발명을 제한하지 않는다.

### 발명의 효과

본 발명에 따르면, 방사원이 플라즈마원인 경우에 방사선 시스템내에 속해 있는 거울에 대한 빠른 이온, 원자 또는 분자의 의한 손상을 줄이기 위한 수단을 포함하는 리소그래피 투영장치가 제공된다.

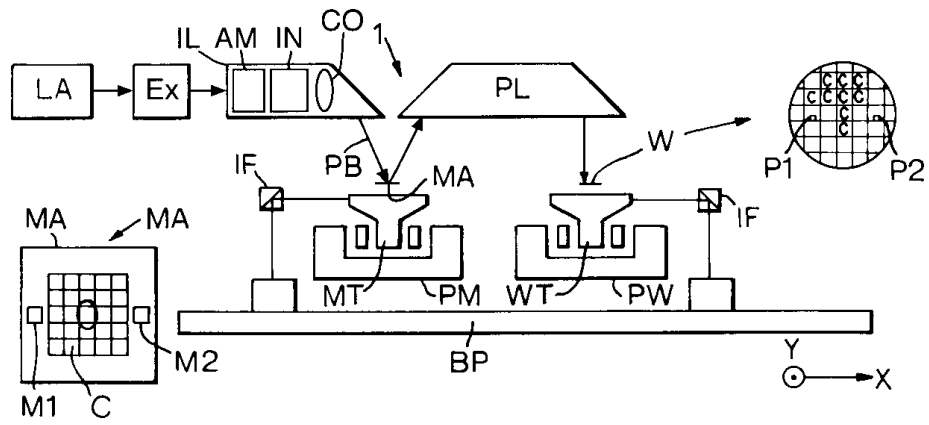
### 도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 리소그래피 투영장치를 도시한 도면,

도 2는 본 발명에 따른 리소그래피 투영장치의 방사선 시스템을 도시한 도면.

### 도면

도면1



도면2

