



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년08월02일  
 (11) 등록번호 10-1170851  
 (24) 등록일자 2012년07월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/027* (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2006-0017553  
 (22) 출원일자 2006년02월23일  
 심사청구일자 2009년04월07일  
 (65) 공개번호 10-2006-0094888  
 (43) 공개일자 2006년08월30일  
 (30) 우선권주장  
 JP-P-2005-00050936 2005년02월25일 일본(JP)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2004046259 A\*  
 KR1020040103399 A\*  
 US6727565 B2

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**호야 가부시키가이샤**  
 일본국 도쿄도 신쥬쿠구 나카오찌아이 2쵸메 7-5  
 (72) 발명자  
**타나베, 마사루**  
 일본 야마나시켄 기타코마군 고부치사와쵸 시모사  
 사오 114-290  
 (74) 대리인  
**남상선**

전체 청구항 수 : 총 15 항

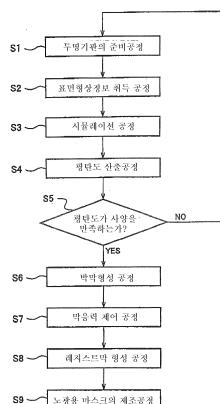
심사관 : 계원호

(54) 발명의 명칭 **마스크 블랭크용 투명 기판의 제조방법, 마스크 블랭크의 제조방법, 및 노광용 마스크의 제조방법**

### (57) 요약

본 발명에 따른 방법은, 정밀하게 연마된 주표면을 갖는 투명 기판을 준비하는 준비 공정; 노광 장치의 마스크 단(mask stage)과 접촉하는 상기 투명 기판의 주표면상의 복수의 측정 포인트에서의 높이 정보를 표면형태 정보로서 얻는, 표면형태 정보 취득 공정; 상기 표면형태 정보와 상기 마스크 단의 형상 정보에 기초하여, 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트된 상태를 시뮬레이션함으로써 상기 복수의 측정 포인트에서의 높이 정보를 얻는 시뮬레이션 공정; 상기 시뮬레이션을 통해 얻은 높이 정보에 기초하여, 상기 노광 장치에 세트될 때의 상기 투명 기판의 평탄도를 산출하는 평탄도 산출 공정; 상기 산출된 평탄도가 사양을 만족하는지의 여부를 판단하는 판단 공정; 및 그 평탄도가 사양을 만족하는 투명 기판의 주표면상에, 마스크 패턴으로서 기능하는 박막을 형성하는 박막 형성 공정을 포함한다.

### 대 표 도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

주(主)표면이 정밀연마된 투명 기판을 준비하는 준비 공정;

노광 장치의 마스크 단(mask stage)에 접촉하는 상기 투명 기판의 상기 주표면에서의 소정 영역 내에 설치된 복수의 측정 포인트의 기준면으로부터의 높이 정보를 상기 주표면의 표면형태 정보로서 취득하는 표면형태 정보 취득 공정;

상기 표면형태 정보 취득 공정에서 얻은 표면형태 정보와, 상기 투명 기판의 상기 주표면에 접촉하는 영역을 포함하는 상기 마스크 단의 형상 정보에 기초하여, 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트되었을 때의 복수의 상기 측정 포인트의 기준면으로부터의 높이 정보를 시뮬레이션하여 얻는 시뮬레이션 공정;

상기 시뮬레이션 공정에서 얻은 기준면으로부터의 높이 정보에 기초하여, 노광용 마스크의 전사 영역을 포함하는 소정 영역에서의 최대값과 최소값 간의 차이를 구함으로써, 상기 투명 기판이 노광 장치에 세트되었을 때의 상기 투명 기판의 평탄도를 산출하는 평탄도 산출 공정; 및

상기 평탄도 산출 공정에서 산출된 평탄도가 사양에 적합한지 여부를 판정하는 판정 공정을 포함하며,

상기 표면형태 정보 취득 공정에서 표면형태 정보가 취득되는 주표면의 소정 영역은, 노광 장치의 마스크 단이 상기 주표면에 접촉하는 영역을 포함하도록 설정된 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 표면형태 정보 취득 공정에서 표면형태 정보가 취득되는 주표면의 소정 영역은, 투명 기판의 모따기면(chamfered surface)으로부터 0mm를 초과하고 3mm 이하인 주연부(周緣部) 영역을 제외한 영역으로 하는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법.

### 청구항 4

주표면이 정밀연마된 투명 기판을 준비하는 준비 공정;

노광 장치의 마스크 단(mask stage)에 접촉하는 상기 투명 기판의 상기 주표면에서의 소정 영역 내에 설치된 복수의 측정 포인트의 기준면으로부터의 높이 정보를 상기 주표면의 표면형태 정보로서 취득하는 표면형태 정보 취득 공정;

상기 표면형태 정보 취득 공정에서 얻은 표면형태 정보와, 상기 투명 기판의 상기 주표면에 접촉하는 영역을 포함하는 상기 마스크 단의 형상 정보에 기초하여, 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트되었을 때의 복수의 상기 측정 포인트의 기준면으로부터의 높이 정보를 시뮬레이션하여 얻는 시뮬레이션 공정;

상기 시뮬레이션 공정에서 얻은 기준면으로부터의 높이 정보에 기초하여, 노광용 마스크의 전사 영역을 포함하는 소정 영역에서의 최대값과 최소값 간의 차이를 구함으로써, 상기 투명 기판이 노광 장치에 세트되었을 때의 상기 투명 기판의 평탄도를 산출하는 평탄도 산출 공정;

상기 평탄도 산출 공정에서 산출된 평탄도가 사양에 적합한지 여부를 판정하는 판정 공정; 및

상기 주표면의 평탄도가 사양에 적합하다고 판정된 상기 투명 기판의 상기 주표면상에, 마스크 패턴이 되는 박막을 형성하는 박막 형성 공정을 포함하며,

상기 표면형태 정보 취득 공정에서 표면형태 정보가 취득되는 주표면의 소정 영역은, 노광 장치의 마스크 단이 상기 주표면에 접촉하는 영역을 포함하도록 설정된 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크의 제조방법.

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 표면형태 정보 취득 공정에서 표면형태 정보가 취득되는 주표면의 소정 영역은, 투명 기판의 모따기면으로부터 0mm를 초과하고 3mm 이하인 주연부 영역을 제외한 영역으로 하는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크의 제조방법.

### 청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 박막 형성 공정을 실시할 때 또는 상기 박막 형성 공정을 실시한 후에 박막의 막 응력을 감소시키는 막 응력 제어 공정을 실시하는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크의 제조방법.

### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 막 응력 제어 공정은 상기 박막을 150°C 이상으로 가열처리함으로써 실시되는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크의 제조방법.

### 청구항 9

제 4 항에 있어서,

상기 투명 기판에서의 상기 박막이 형성되는 측의 주표면의 표면 형상은, 상기 주표면의 높이가 상기 주표면의 중심 영역으로부터 주연부로 갈수록 점차 낮아지는 형상인 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크의 제조방법.

### 청구항 10

제 4 항에 기재된 마스크 블랭크의 제조방법에 의해 얻어진 마스크 블랭크에서 박막을 패터닝하여 투명 기판상에 박막 패턴을 형성하여 노광용 마스크를 제조하는 것을 특징으로 하는 노광용 마스크의 제조방법.

### 청구항 11

제 10 항에 기재된 노광용 마스크의 제조방법에 의해 얻어진 노광용 마스크를 노광 장치의 마스크 단에 세트하고, 및 상기 노광용 마스크의 마스크 패턴을 반도체 기판에 형성되어 있는 레지스트막으로 전사함으로써, 반도체 소자를 제조하는 것을 특징으로 하는 반도체소자의 제조방법.

### 청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 시뮬레이션 공정에서 얻어진 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트되었을 때의 복수의 상기 측정 포인트의 기준면으로부터의 높이 정보는, 재료역학에 있어서의 편향 미분 방정식(deflection differential equation)을 이용한 시뮬레이션에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법.

### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 편향 미분 방정식은, 상기 표면형태 정보 취득 공정에서 취득한 높이 정보에 관한 항과, 상기 노광 장치의 마스크 단을 지점(支点)으로 한 마스크 단의 길이 방향에 직교하는 방향을 따르는 상기 투명 기판의 휘어짐(warp)에 관한 항과, 마스크 단의 길이 방향에 직교하는 방향을 따르는 상기 투명 기판의 중력에 의한 편향에 관한 항을 포함하는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법.

### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 편향 미분 방정식은, 상기 투명 기판이 마스크 단에 접촉하는 마스크 단의 길이 방향을 따르는 영역에서 상기 투명 기판이 가지는 높이 정보의 평균값에 관한 항을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법.

### 청구항 15

제 4 항에 있어서,

상기 시뮬레이션 공정에서 얻어진 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트되었을 때의 복수의 상기 측정 포인트의 기준면으로부터의 높이 정보는, 재료역학에 있어서의 편향 미분 방정식을 이용한 시뮬레이션에 의해 산출되는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크의 제조방법.

### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 편향 미분 방정식은, 상기 표면형태 정보 취득 공정에서 취득한 높이 정보에 관한 항과, 상기 노광 장치의 마스크 단을 지점으로 한 마스크 단의 길이 방향에 직교하는 방향을 따르는 상기 투명 기판의 휘어짐에 관한 항과, 마스크 단의 길이 방향에 직교하는 방향을 따르는 상기 투명 기판의 중력에 의한 편향에 관한 항을 포함하는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크의 제조방법.

### 청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 편향 미분 방정식은, 상기 투명 기판이 마스크 단에 접촉하는 마스크 단의 길이 방향을 따르는 방향을 따르는 영역에서 상기 투명 기판이 가지는 높이 정보의 평균값에 관한 항을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 마스크 블랭크의 제조방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0008]

본 발명은 여기에 참조로서 통합된 일본 특허출원 제2005-50936호를 우선권 주장한다.

[0009]

본 발명은 노광 파장이 200nm이하인 단파장 영역에 적당한 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법에 관한 것이며, 또한 마스크 블랭크의 제조방법 및 노광용 마스크의 제조방법에 관한 것이다.

[0010]

최근에는, 반도체소자의 미세화에 따라, 노광 파장을 감소시키기 위해 포토리소그래피 기술에 사용되는 노광 광원이 ArF 액시머 레이저(노광 파장: 193nm) 및 F2 액시머 레이저(노광 파장: 157nm)로 변화되고 있다.

[0011]

노광 파장이 200nm 이하가 될 때, 노광장치의 초점 깊이는 극도로 작아진다. 따라서, 노광용 마스크가 진공 흡착(vacuum suction) 등에 의해 노광장치에 세트될 때 노광용 마스크가 변형되어 그 평탄도(flatness)가 저하될 경우, 노광용 마스크의 마스크 패턴을 전사 타겟(transfer target)으로서 반도체 기판 상으로 전사할 때 초점 위치가 이동된다. 이러한 방식에서는, 전사 정확도가 저하되는 경우가 있다.

[0012]

이러한 문제를 해결하기 위해, 일본특허공개공보 제2004-46259호(이하, 특허문현 1이라고 함)에는, 노광용 마스크를 제작하기 위한 마스크 블랭크가 노광 장치에 세트될 때의 평탄도를 시뮬레이션을 통한 산출에 의해 예측하고, 예측된 평탄도가 우수한 마스크 블랭크로부터 노광용 마스크를 제조하는 기술이 개시되어 있다.

[0013]

구체적으로, 투명 기판 상에 차광막(불투명막)을 형성함으로써 마스크 블랭크를 제작하며, 마스크 블랭크의 주 표면의 표면 형상(볼록 형상, 오목 형상, 새들(saddle) 형상, 및 반원통형 등의 4종류 중 하나) 및 마스크 블랭크의 평탄도(어떤 기준면에 대한 마스크 블랭크의 주표면의 최고점과 최저점 간의 차이)가 측정에 의해 유도된다. 그후, 상기 유도된 마스크 블랭크의 평탄도와 노광 장치의 마스크 단(mask stage)의 구조로부터, 노광 장치의 마스크 단 상에 세트될 때의 마스크 블랭크의 평탄도가, 유한요소법(finite element method) 등을 사용하여

시뮬레이션을 통해 유도된다. 상기 시뮬레이션을 통해 유도된 마스크 블랭크의 평탄도가 사양을 만족할 때, 이러한 마스크 블랭크로부터 노광용 마스크를 제작한다.

[0014] 그러나, 특허문헌 1의 기술에 있어서, 노광 장치에 세트될 때의 마스크 블랭크의 평탄도를 유도하기 위한 시뮬레이션을 수행할 때 사용되는 데이터들은 상기 평탄도(어떤 기준면에 대한 마스크 블랭크의 주표면의 최고점과 최저점 간의 차이)와 상기 표면 형상(볼록 형상, 오목 형상, 새들(saddle) 형상, 및 반원통형 등의 4종류 중 하나)이다.

[0015] 투명 기판의 주표면이 정밀하게 연마될 때, 그 표면 형상이 복잡해지며, 즉, 예컨대 표면기복(waviness) 또는 볼록 형상과 오목 형상을 조합한 형상을 가지게 되며, 따라서 표면 형상이 상술한 4종류 중 어느 하나에 대응되지 않는 경우가 있다. 그리하여, 상기 주표면의 복잡한 표면상태를 마스크 블랭크의 평탄도 및 단순한 표면 형상(볼록 형상, 오목 형상 등)에 강제로 적용함으로써, 노광 장치에 세트될 때의 마스크 블랭크의 평탄도를 시뮬레이션을 통해 유도하면, 상기 유도된 평탄도는, 마스크 블랭크로부터 제작된 노광용 마스크가 노광 장치에 실제로 세트될 때의 노광용 마스크의 평탄도와 일치하지 않을 수도 있다.

[0016] 또한, 특허문헌 1의 기술에 있어서, 노광 장치에 세트될 때의 마스크 블랭크의 평탄도를 유도하기 위한 시뮬레이션을 수행할 때 사용되는 데이터(표면 형상 및 평탄도)는 투명 기판상에 형성된 차광막을 가지는 마스크 블랭크에 관한 것이다.

[0017] 투명 기판상에 차광막을 형성함으로써 마스크 블랭크를 제작한 후, 이 마스크 블랭크의 평탄도 및 표면 형상을 측정할 경우, 상당히 많은 입자(particle)가 차광막에 부착되어 결함(defect)을 야기시킨다. 노광 과장이 200nm 이하의 단파장 영역에 도달할 때, 결함의 크기 및 개수를 결정하는 사양 및 광학특성(예컨대, 투과율 등의 설계 값으로부터의 편차 및 투과율 등의 주표면상의 면내 변동(in-plane variation))의 사양에 있어서 안전 마진(safety margin)이 감소된다. 따라서, 마스크 블랭크는 이를 사양을 만족하지 않을 수 있다.

[0018] 또한, 마스크 블랭크의 차광막의 막 응력(film stress)이 클 경우, 차광막을 패티닝함으로써 노광용 마스크를 제작할 때, 차광막의 패턴 형상, 투명 기판의 주표면상의 차광막의 패턴의 점유율 등에 따라, 특히 차광막이 감소되는 경우, 시뮬레이션을 통해 유도된 마스크 블랭크의 평탄도와 노광 장치에 실제로 세트될 때의 노광용 마스크의 평탄도 사이에 차이가 발생할 수 있다. 따라서, 평탄도가 정확하게 예측되지 못할 수도 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0019] 따라서, 본 발명의 목적은 노광 장치에 세트될 때의 투명 기판의 평탄도를 시뮬레이션을 통해 정확하게 산출(예측)함으로써, 마스크 블랭크용 투명기판을 제조할 수 있는 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0020] 본 발명의 다른 목적은 노광 장치에 세트될 때의 투명 기판의 평탄도를 시뮬레이션을 통해 정확하게 산출(예측)함으로써 마스크 블랭크를 제조할 수 있고 결함의 발생을 억제할 수 있는 마스크 블랭크의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0021] 본 발명의 또 다른 목적은 이러한 마스크 블랭크를 사용하여 노광용 마스크를 제조하기 위한 노광용 마스크의 제조방법을 제공하는 것이다.

### 발명의 구성 및 작용

[0022] 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 이하의 양태를 가진다.

[0023] (제 1 양태)

[0024] 본 발명의 제 1 양태에 따르면, 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법으로서,

[0025] 정밀하게 연마된 주(主)표면을 갖는 투명 기판을 준비하는 준비 공정;

[0026] 노광 장치의 마스크 단(mask stage)과 접촉하는 상기 투명 기판의 주표면상의 소정 영역에 제공된 복수의 측정 포인트에서의 기준면으로부터의 높이 정보를 상기 주표면의 표면형태 정보로서 얻는, 표면형태 정보 취득 공정;

[0027] 상기 표면형태 정보 취득 공정에서 얻은 표면형태 정보와 상기 마스크 단이 투명 기판의 주표면과 접촉하는 영역을 포함하는 상기 마스크 단의 형상 정보에 기초하여, 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트된 상태를 시뮬레이션함으로써 상기 복수의 측정 포인트에서의 기준면으로부터의 높이 정보를 얻는 시뮬레이션 공정;

- [0028] 상기 시뮬레이션 공정에서 얻은 기준면으로부터의 높이 정보에 기초하여, 노광용 마스크의 전사 영역을 포함하는 소정 영역에서의 최대값과 최소값 간의 차이를 유도함으로써, 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트될 때의 상기 투명 기판의 평탄도를 얻는 평탄도 산출 공정; 및
- [0029] 상기 평탄도 산출 공정에서 산출된 평탄도가 사양을 만족하는지의 여부를 판단하는 판단 공정을 포함하는 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법을 제공한다.
- [0030] (제 2 양태)
- [0031] 본 발명의 제2 양태에 따르면, 상기 제1 양태에 있어서, 상기 표면형태 정보 취득 공정에서 표면형태 정보가 얻어지는 상기 투명 기판의 주표면상의 소정 영역은 상기 노광 장치의 마스크 단이 주표면과 접촉하는 영역을 포함하도록 설정된다.
- [0032] (제 3 양태)
- [0033] 본 발명의 제 3 양태에 따르면, 상기 제 2 양태에 있어서, 상기 표면형태 정보 취득 공정에서 표면형태 정보가 얻어지는 상기 투명 기판의 주표면상의 소정 영역은 상기 투명 기판의 모따기면(chamfered surface)으로부터 0mm를 초과하고 3mm 이하인 주연부(周緣部) 영역을 제외한 영역으로 설정된다.
- [0034] (제 4 양태)
- [0035] 본 발명의 제 4 양태에 따르면, 마스크 블랭크의 제조방법으로서,
- [0036] 정밀하게 연마된 주표면을 갖는 투명 기판을 준비하는 준비 공정;
- [0037] 노광 장치의 마스크 단과 접촉하는 상기 투명 기판의 주표면상의 소정 영역에 제공된 복수의 측정 포인트에서의 기준면으로부터의 높이 정보를 상기 주표면의 표면형태 정보로서 얻는, 표면형태 정보 취득 공정;
- [0038] 상기 표면형태 정보 취득 공정에서 얻은 표면형태 정보와 상기 마스크 단이 투명 기판의 주표면과 접촉하는 영역을 포함하는 상기 마스크 단의 형상 정보에 기초하여, 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트된 상태를 시뮬레이션함으로써 상기 복수의 측정 포인트에서의 기준면으로부터의 높이 정보를 얻는 시뮬레이션 공정;
- [0039] 상기 시뮬레이션 공정에서 얻은 기준면으로부터의 높이 정보에 기초하여, 노광용 마스크의 전사 영역을 포함하는 소정 영역에서의 최대값과 최소값 간의 차이를 유도함으로써, 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트될 때의 상기 투명 기판의 주표면의 평탄도를 얻는 평탄도 산출 공정;
- [0040] 상기 평탄도 산출 공정에서 산출된 평탄도가 사양을 만족하는지의 여부를 판단하는 판단 공정; 및
- [0041] 상기 판단 공정에서 상기 주표면의 평탄도가 사양을 만족하는 것으로 판단된 상기 투명 기판의 주표면상에, 마스크 패턴으로서 기능하는 박막을 형성하는 박막 형성 공정을 포함하는 마스크 블랭크의 제조방법을 제공한다.
- [0042] (제 5 양태)
- [0043] 본 발명의 제 5 양태에 따르면, 상기 제 4 양태에 있어서, 상기 표면형태 정보 취득 공정에서 표면형태 정보가 얻어지는 상기 투명 기판의 주표면상의 소정 영역은 상기 노광 장치의 마스크 단이 주표면과 접촉하는 영역을 포함하도록 설정된다.
- [0044] (제 6 양태)
- [0045] 본 발명의 제 6 양태에 따르면, 상기 제 5 양태에 있어서, 상기 표면형태 정보 취득 공정에서 표면형태 정보가 얻어지는 상기 투명 기판의 주표면상의 소정 영역은 상기 투명 기판의 모따기면으로부터 0mm를 초과하고 3mm 이하인 주연부 영역을 제외한 영역으로 설정된다.
- [0046] (제 7 양태)
- [0047] 본 발명이 제 7 양태에 따르면, 상기 제 4 양태는 상기 박막 형성 공정을 수행할 때 및/또는 상기 박막 형성 공정을 수행한 후에 상기 박막의 막 응력을 감소시키는 막 응력 제어 공정을 더 포함한다.
- [0048] (제 8 양태)
- [0049] 본 발명의 제 8 양태에 따르면, 상기 제 7 양태에 있어서, 상기 막 응력 제어 공정은 상기 박막을 150°C 이상까지 가열함으로써 수행된다.

[0050] (제 9 양태)

[0051] 본 발명의 제 9 양태에 따르면, 상기 제 4 양태에 있어서,

[0052] 상기 박막이 형성되어 있는 측 상의 상기 투명 기판의 주표면의 표면 형상은 상기 주표면의 높이가 중심 영역으로부터 주연부로 갈수록 점점 낮아지는 형상이다.

[0053] (제 10 양태)

[0054] 본 발명의 제 10 양태에 따르면, 노광용 마스크의 제조방법으로서, 상기 제 4 양태에 따른 마스크 블랭크의 제조방법에 의해 얻어진 마스크 블랭크에 박막을 패터닝하여 상기 투명 기판상에 박막 패턴을 형성하는 공정을 포함하는 노광용 마스크의 제조방법이 제공된다.

[0055] (제 11 양태)

[0056] 본 발명의 제 11 양태에 따르면, 제 10 양태에 따른 노광용 마스크의 제조방법에 의해 얻은 노광용 마스크를 세트하는 공정 및 상기 노광용 마스크의 박막 패턴을 반도체 기판상의 레지스트막으로 전사하는 공정을 포함하는 반도체소자의 제조방법이 제공된다.

[0057] 본 발명의 제1, 제2, 제4 또는 제5 양태에 따르면, 다음의 효과를 얻을 수 있다. 투명 기판의 주표면상의 복수의 측정 포인트에서 기준면으로부터의 높이 정보 등에 기초하여, 상기 투명 기판이 노광 장치에 세트된 상태에서 시뮬레이션을 수행한다. 상기 시뮬레이션에 있어서, 상기 투명 기판이 상기 노광 장치에 세트되어 있는 동안, 기준면으로부터의 높이 정보가 상기 투명 기판의 주표면상의 복수의 측정 포인트에서 얻어진다. 상기 노광 장치에 세트될 때의 투명 기판의 평탄도는 시뮬레이션에서 얻은 높이 정보에 기초하여 산출되므로, 이 평탄도를 매우 정확하게 예측할 수 있다. 따라서, 상기 투명 기판의 이러한 정확하게 산출된 평탄도에 기초하여 제조되는 마스크 블랭크로부터 노광용 마스크를 제조함으로써, 노광용 마스크가 평탄도, 패턴 위치 정확도 등에 관한 사양을 만족한다. 그리하여, 이러한 노광용 마스크를 사용하여 패턴 전사를 수행할 때, 전사 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0058] 또한, 투명 기판(마스크 블랭크용 투명 기판)상에 박막을 형성하는 박막 형성 공정은 표면형태 정보 취득 공정, 시뮬레이션 공정, 및 평탄도 산출 공정 이후에 수행된다. 따라서, 이를 공정에서는 상기 박막에 입자들이 부착되지 않는다. 그리하여, 제조되는 마스크 블랭크 상의 결함의 발생을 억제할 수 있다.

[0059] 본 발명의 제3 또는 제6 양태에 따르면, 다음의 효과를 얻을 수 있다. 표면형태 정보 취득 공정에서 표면형태 정보를 얻는 주표면의 소정 영역은 투명 기판의 모따기면으로부터 0mm를 초과하고 3mm 이하인 주연부 영역을 제외한 영역이다. 따라서, 이 소정 영역에서의 표면형태 정보를 매우 정확하게 측정할 수 있다.

[0060] 본 발명의 제7 또는 제8 양태에 따르면, 다음의 효과를 얻을 수 있다. 박막 형성 공정을 수행할 때 및/또는 박막 형성 공정을 수행한 후에 박막의 막 응력을 감소시키기 위한 막 응력 제어 공정이 수행된다. 따라서, 투명 기판(마스크 블랭크용 투명 기판)을 변형시키는 막 응력이 투명 기판상에 형성된 박막내에 존재하더라도, 이 박막 응력을 감소시킬 수 있다. 그 결과, 투명 기판이 노광 장치에 세트된 상태를 시뮬레이션함으로써 얻은 복수의 측정 포인트에서의 높이 정보로부터 산출되는 투명 기판의 평탄도와, 투명 기판(마스크 블랭크용 투명 기판)상에 박막을 형성함으로써 마스크 블랭크를 제조한 후, 이 마스크 블랭크로부터 노광용 마스크를 제조하고, 그후 이 노광용 마스크가 노광 장치에 실제로 세트될 때 얻은 노광용 마스크의 평탄도가 일치하도록 할 수 있다.

[0061] 본 발명의 제9 양태에 따르면, 다음의 효과를 얻을 수 있다. 박막이 형성된 측 상의 투명 기판의 주표면의 표면 형상은, 주표면의 높이가 그 중심 영역으로부터 그 주연부로 갈수록 점점 낮아지는 형상이다. 따라서, 이러한 형상을 가진 투명 기판(마스크 블랭크용 투명 기판)으로부터 제조된 노광용 마스크가 노광 장치에 세트될 때, 노광용 마스크의 평탄도가 우수해진다. 그리하여, 노광용 마스크에 요구되는 사양을 만족시킬 수 있다.

[0062] 본 발명의 제10 양태에 따르면, 다음의 효과를 얻을 수 있다. 마스크 블랭크에 박막을 패터닝하여 투명 기판(마스크 블랭크용 투명 기판)상에 박막 패턴을 형성함으로써 노광용 마스크가 제조된다. 따라서, 이 노광용 마스크는 노광 장치에 세트될 때의 평탄도, 패턴 위치 정확도 등에 관한 사양을 만족할 수 있다. 그리하여, 이러한 노광용 마스크를 사용하여 패턴 전사를 수행할 때, 전사 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0063] 본 발명의 제11 양태에 따르면, 다음의 효과를 얻을 수 있다. 노광장치에 세트될 때의 평탄도 및 패턴 위치 정확도가 우수한 노광용 마스크를 사용하여, 기판상에 형성된 레지스트막상으로 패턴 전사를 수행할 수 있다. 따

라서, 설계된 대로 염밀히 정확한 패턴을 가지며 패턴 결함이 없는 반도체장치를 제조할 수 있다.

[0064] (실시형태)

[0065] 이하, 본 발명의 바람직한 실시형태에 대하여 도면을 참조하면서 설명한다.

[0066] 도 1은 본 발명에 따른 마스크 블랭크의 제조방법의 실시형태가 적용된 하프톤 위상 시프트 마스크 블랭크의 제조방법을 나타내는 플로우차트이다.

[0067] 도 1에 나타낸 마스크 블랭크의 제조방법은 투명 기판(합성석영유리 기판) 준비 공정(S1), 표면형태 정보 취득 공정(S2), 시뮬레이션 공정(S3), 평탄도 산출 공정(S4), 판단 공정(S5), 박막 형성 공정(S6), 레지스트막 형성 공정(S8), 및 노광용 마스크 제조 공정(S9)을 포함한다. 투명 기판상에 형성된 박막에 투명 기판의 변형에 기여하는 막 응력이 존재할 때, 막 응력을 감소시키기 위해 막 응력 제어 공정(S7)이 제공될 수 있다.

[0068] 한편, 본 발명에 따른 마스크 블랭크용 투명 기판의 제조방법은 도 1에 나타낸 투명 기판(합성석영유리 기판) 준비 공정(S1), 표면형태 정보 취득 공정(S2), 시뮬레이션 공정(S3), 평탄도 산출 공정(S4), 및 판단 공정(S5)을 포함한다. 이하, 상술한 각각의 공정에 대하여 순서대로 설명할 것이다.

[0069] (A) 투명 기판 준비 공정(S1)

[0070] 일본공개특허공보 평성8(1996)-31723호 또는 일본공개특허공보 제2003-81654호에 개시된 방법에 의해 제조된 합성석영유리 잉곳(ingot)을 약 152mm × 약 152mm × 약 6.5mm 크기로 절단함으로써 얻은 합성석영유리 플레이트의 모서리를 모파기 가공하고, 그후 합성석영유리 플레이트의 표면인 주표면(1, 2), 단면(3) 및 모파기면(4)(도 2 참조)을 경면연마(mirror polishing)하고, 주표면(1, 2)을 더욱 정밀하게 연마한다. 이러한 방식으로, 투명 기판(합성석영유리 기판)(5)이 준비된다. 박막 형성 공정(S6)에서 주표면(1)상에 박막(광반투과막; semi-transmissive film)이 형성된다. 투명 기판 준비 공정(S1)에서, 투명 기판(5)의 주표면(1, 2)의 표면조도(surface roughness)를 제곱평균(RMS)에 의해 약 0.2nm 이하로 설정하고, 단면(3) 및 모파기면(4)의 표면조도를 산술평균조도(Ra)로 약 0.03μm 이하로 설정한다.

[0071] (B) 표면형태 정보 취득 공정(S2)

[0072] 투명 기판(5)의 주표면(1)의 표면형태 정보를 얻기 위한 수단으로서, 예컨대 공지된 광학 간섭계를 이용한 평탄도 측정장치(도시하지 않음)를 사용할 수 있다. 그 자체 무게로 인한 투명 기판(5)의 편향을 가능한 한 억제하기 위해서는, 상기 장치가 투명 기판(5)이 수직으로 또는 거의 수직으로 세워져 있는 동안 평탄도를 측정할 수 있는 타입이 바람직하다. 여기서, 도 2에 도시된 바와 같이, 표면형태 정보는 투명 기판(5)의 주표면(1)상에 형성된 소정 영역(a×a)에서 복수의 측정 포인트(P(X<sub>m</sub>, Y<sub>n</sub>); m 및 n은 정수)에서의 기준면(7)(최소자승법에 의해 산출된 초점 평면(focal plane))으로부터의 높이 정보(Z<sub>k</sub>; k는 정수)를 나타낸다. 높이 정보(Z<sub>k</sub>)는 가능한 한 정확하게 측정되는 것이 바람직하며, 특히 나노미터(nm) 오더(order)로 측정되는 것이 바람직하다.

[0073] 표면형태 정보를 측정하기 위한 소정 영역(a×a)은 투명 기판(5)의 크기, 평탄도 측정장치의 측정 정확도, 노광 장치(도시하지 않음)의 마스크 단(8)(도 3 참조)이 투명 기판(5)의 주표면(1)과 접촉하는 영역 등에 따라 적절히 선택된다. 후술하는 시뮬레이션을 높은 정확도로 수행하기 위해 투명 기판(5)의 주표면(1)의 전체 영역에 걸쳐 표면형태 정보를 얻는 것이 바람직하다. 그러나, 적어도 노광 장치의 마스크 단(8)이 투명 기판(5)의 주표면(1)과 접촉하는 영역을 포함하도록 설정된다.

[0074] 기준의 광학 간섭계를 이용하는 평탄도 측정장치의 경우, 투명 기판(5)의 외주부(外周部)에서, 즉, 도 2B에 도시된 바와 같이, 주표면(1)과 각 단면(3)(또는 각 모파기면(4)) 사이의 경계 근처에서 높이 정보(Z<sub>k</sub>)를 정확하게 측정하는 것은 어렵다. 이러한 점을 고려하여, 표면형태 정보를 얻기 위한 주표면(1)의 소정 영역(a×a)은, 주표면(1)의 전체 영역으로부터, 투명 기판(5)의 각 모파기면(4)으로부터 0mm를 초과하고 3mm 이하인 주연부 영역(b)을 제외함으로써 유도되는 영역으로 설정되는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 표면형태 정보를 얻기 위한 소정 영역(a×a)은, 주표면(1)의 전체 영역으로부터, 투명 기판(5)의 각 모파기면(4)으로부터의 0.5mm ~ 2.5mm의 주연부 영역(b)을 제외함으로써 유도되는 영역으로 설정되는 것이 바람직하며, 주표면(1)의 전체 영역으로부터, 투명 기판(5)의 각 모파기면(4)으로부터의 1mm ~ 2mm의 주연부 영역(b)을 제외함으로써 유도되는 영역으로 설정되는 것이 보다 바람직하다. 예컨대, 152mm×152mm 크기를 갖는 투명 기판(5)의 경우, 표면형태 정보를 얻기 위한 소정 영역(a×a)은, 146mm×146mm 크기로 설정되는 것이 바람직하며, 148mm×148mm 크기로 설정되는 것이 보다 바람직하다.

[0075] 또한, 후술하는 시뮬레이션을 매우 정확하게 수행하기 위해서는, 측정 포인트(P(X<sub>m</sub>, Y<sub>n</sub>))를 가능한 한 많이 설

정하는 것이 바람직하다. 그러나, 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )의 개수를 증가시킴으로써 보다 정확한 시뮬레이션 결과를 달성할 수는 있지만, 시뮬레이션에 많은 시간이 요구된다. 따라서, 이러한 점을 고려하여 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )를 결정하는 것이 바람직하다. 예컨대, 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )를  $256 \times 256$  포인트로 설정할 수 있다.

[0076] (C) 시뮬레이션 공정(S3)

이 시뮬레이션 공정에 있어서는, 도 3에 도시된 바와 같이, 투명 기판(5)이 노광 장치의 마스크 단(8)상에 세트된 상태를 시뮬레이션함으로써, 투명 기판(5)의 주표면(1)상의 복수의 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )에서 기준면(7; 도 2A 참조)으로부터의 높이 정보( $Z_{Sk}$ ;  $k$ 는 정수)가 유도된다.

노광 장치에 세트될 때 투명 기판(5)상의 복수의 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )에서의 높이 정보( $Z_{Sk}$ )(도 2A 참조)를, 시뮬레이션을 통해 얻기 위해 필요한 조건은, 표면형태 정보 취득 공정(S2)에서 얻어지는, 투명 기판(5)의 주표면(1)상의 복수의 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )에서의 기준면(7)으로부터의 높이 정보( $Z_k$ ), 및 마스크 단(8)이 투명 기판(5)의 주표면(1)과 접촉하는 영역(즉, 마스크 단(8)에서 각각 X방향 폭(L2) 및 Y방향 폭(L3)을 갖는 영역)을 포함하는 노광 장치의 마스크 단(8)의 형상 정보이다. 마스크 단(8)의 형상 정보는 폭(L2), 폭(L3), 및 각각 X방향 폭(L2) 및 Y방향 폭(L3)을 가지는 이들 영역 사이의 거리(L1)을 포함한다. 이들 정보를 이용한 재료역학에 있어서의 편향 미분방정식(deflection differential equation)에 따라서, 노광 장치의 마스크 단(8)상에 세트될 때의 투명 기판(5)의 주표면(1)상의 복수의 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )에서의 기준면(7)으로부터의 높이 정보( $Z_{Sk}$ )를, 시뮬레이션을 통해 얻을 수 있다.

[0079] 상술한 편향 미분방정식은 하기 방식으로 유도되며, Z축의 양의(+) 방향이 중력 방향으로서 정의된다.

[0080] (마스크 단상에 세트될 때의 투명 기판의 주표면상의 높이 정보( $Z_{Sk}$ ))

[0081] = (표면형태 정보 취득 공정(S2)에서 얻은 투명 기판의 주표면상의 높이 정보( $Z_k$ ))

[0082] + (마스크 단을 지점(fulcrum)으로 한 X방향을 따른 투명 기판의 휨(warp)(레버 효과))

[0083] + (중력에 의한 X방향을 따른 투명 기판의 편향( $\approx 0.1\mu m$ : 투명 기판의 중심에서의 최대값))

[0084] - (투명 기판이 마스크 단과 접촉하는 Y방향을 따른 영역에서의 투명 기판의 높이 정보( $Z_k$ )의 평균값)

[0085] 여기서, X방향 및 Y방향은 도 3A에 정의되어 있다. X방향이란 마스크 단(8)의 길이방향에 수직인 방향이며, Y방향이란 마스크 단(8)의 길이방향을 따른 방향이다. 또한, "투명 기판이 마스크 단과 접촉하는 Y방향을 따른 영역"이란, 마스크 단(8)의 형상 정보로서, 마스크 단(8)이 투명 기판(5)의 주표면(1)과 접촉하는 영역으로부터 유도된다. 도 3B에서, 실선(solid line)으로 나타낸 투명 기판(5)은 마스크 단(8)상에 세트되기 (흡착에 의해 유지되기) 전 상태를 표시하며, 파선(broken line)으로 나타낸 투명 기판(5)은 마스크 단(8)상에 세트된 (흡착에 의해 유지된) 후의 상태를 표시한다.

[0086] 그리하여, 투명 기판(5)의 주표면(1)의 복잡한 표면상태를 고려한 상술한 표면 형상 정보(즉, 복수의 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )에서의 기준면(7)으로부터의 높이 정보( $Z_k$ )) 등에 기초하여 시뮬레이션을 수행한다. 따라서, 특허 문헌 1에 기재된 바와 같은, 단순한 조건, 즉, 투명 기판의 주표면의 표면 형상 및 단일 평탄도 등의 조건에 의해 시뮬레이션을 수행하는 경우에 비해, 매우 정확한 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있다.

[0087] 상술한 바와 같이 단일 값( $0.1\mu m$ )을 사용하는 대신에, X방향에서의 투명 기판(5)의 각각의 위치에서 고려되도록 투명 기판(5)의 중심선(마스크 단(8)의 Y방향에 평행하고 투명 기판(5)의 중심을 통과하는 선)상에 최대값( $0.1\mu m$ )을 가지는 4차곡면(quartic surface)을 사용하여, 투명 기판(5)의 중력적 변형(gravitational deformation)을 예측한다면, 더욱 정확한 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있다. 또한, 상술한 마스크 단(8)의 형상 정보는, 마스크 단(8)이 투명 기판(5)의 주표면(1)과 접촉하는 영역(즉, 각각 X방향 폭(L2) 및 Y방향 폭(L3)을 갖는 영역) 이외에, 마스크 단(8)이 투명 기판(5)의 주표면(1)과 접촉하는 상기 영역(표면)에서의 마스크 단(8)의 평탄도에 관한 정보를 포함할 수도 있다. 아울러, 상기 시뮬레이션 방법은 상술한 방법에 한정되지 않으며, 일반적인 유한요소법을 이용한 시뮬레이션을 사용할 수도 있다.

[0088] (D) 평탄도 산출 공정(S4)

[0089] 이 평탄도 산출 공정에 있어서는, 도 4에 도시된 바와 같이, 상술한 시뮬레이션 공정(S3)에서 얻은 기준면(7)으로부터의 높이 정보( $Z_{Sk}$ )로부터 노광용 마스크(도시하지 않음)의 전사 영역을 포함하는 소정 영역( $c \times d$ )에서의 최대값 및 최소값을 유도한다. 이러한 방식으로, 노광 장치에 세트될 때의 투명 기판(5)의 주표면(1) 상의 평탄

도를 산출한다. 이 평탄도는 노광 장치를 사용한 패턴 전사시에 우수한 전사 패턴의 형성에 기여한다. 노광용 마스크의 전사 영역을 포함하는 소정 영역( $c \times d$ )은 노광 과장, 반도체 웨이퍼상에 형성되는 미세 패턴(회로 패턴)의 종류 등에 기초하여 결정된다. 예컨대, 152mm×152mm 크기를 갖는 마스크 블랭크의 경우, 마스크의 전사 영역을 포함하는 소정 영역( $c \times d$ )은 104mm×132mm의 직사각형 또는 132mm×132mm의 정사각형으로 설정될 수 있다.

#### [0090] (E) 판단 공정(S5)

상술한 평탄도 산출 공정(S4)에서 산출된 평탄도는 소정의 사양과 비교됨으로써 사양을 만족하는지의 여부를 판단한다. 사양을 만족하는 것으로 판단된 투명 기판(5)은 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)으로 특정된다. 이 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)에 대해서만 투명 기판(5A)상에 박막을 형성하는 박막 형성 공정(S6)이 실시된다. 이러한 방식으로, 마스크 블랭크가 제작된다. 사양을 만족하지 않는 것으로 판단된 투명 기판(5)에 대해서는, 그 주표면(1)을 다시 가공하여 시뮬레이션을 통한 그 평탄도가 사양을 만족하도록 투명 기판을 준비한다.

[0092] 상술한 사양은 노광 과장, 노광 장치의 마스크 단의 기판 척(chuck) 구조 등에 따라 마스크 블랭크(또는 노광용 마스크)에 대해 허용 가능한 평탄도를 산출하여 결정한다. 예컨대, 노광 광원이 ArF 액시머 레이저(노광 과장: 193nm)이고, 기판 척 구조(투명 기판(5)용 지지부 구조)가, 도 3B에 도시된 바와 같이, 투명 기판(5)의 주표면(1)에 평행하게 각각 선형으로 연장되는 3개의 지지부(9) 사이에 2개의 흡착구(10; suction port)가 형성되고 투명 기판(5)이 상기 지지부(9)상에 지지되도록 척에 고정(흡착에 의해 유지)되는 타입일 때, 상술한 사양은 노광용 마스크의 전사 영역을 포함하는 소정 영역(104mm×132mm)에서 평탄도를 0.24μm 이하로 정의한다.

[0093] 투명 기판(5)이 진공 척에 의해 마스크 단(8)상에 세트될 때 투명 기판(5)은 노광 장치의 마스크 단(8)의 상방으로 변형된다는 점을 고려하여, 박막이 형성되는 층 상의, 즉, 마스크 단(8)과 접촉하는 층 상의 주표면(1)의 표면 형상은, 상술한 표면형태 정보 취득 공정(S2)에서 얻은 높이 정보(Zk)에 기초하여, 도 3B에서 실선으로 나타낸 바와 같이 주표면(1)의 높이가 그 중심영역으로부터 그 주연부로 갈수록 점점 낮아지도록 선택된다. 이 선택된 투명 기판(5)에 대해 시뮬레이션을 수행함으로써, 레버 효과에 의한 변형 및 중력에 의한 편향 정보가 서로 상쇄된다. 따라서, 노광 장치의 마스크 단(8) 상에 세트된 후에 양호한 평탄도를 가진 투명 기판(5)을 얻음으로써 노광용 마스크에 요구되는 사양을 만족할 수 있어서 바람직하다.

#### [0094] (F) 박막 형성 공정(S6)

[0095] 상술한 판단 공정(S5)에 있어서, 투명 기판(5)이 노광 장치의 마스크 단(8)상에 세트된 상태에서 투명 기판(5)의 평탄도가 사양을 만족하는 것으로 판단된 후, 마스크 패턴으로 형성될 박막(광반투과막)(11)이 스퍼터링법에 의해 투명 기판(5)(즉, 마스크 블랭크용 투명 기판(5A))의 주표면(1)상에 형성된다. 이러한 방식으로, 도 5A에 도시된 바와 같이 박막을 가진 투명 기판이 제작된다. 박막(광반투과막)(11)의 형성은 예컨대, DC 마그네트론 스퍼터링 장치를 사용하여 실시된다.

#### [0096] (G) 막 응력 제어 공정(S7)

[0097] 이 막 응력 제어 공정은, 예컨대 박막을 형성할 때 및/또는 박막을 형성한 후에 150°C 이상의 온도에서 박막을 가진 투명 기판에 열 처리가 가해진 경우, 또는 도 5B에 도시된 바와 같이, 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)상에 형성된 박막이, 복수의 층, 즉, 압축 응력(compressive stress)을 가진 층(광반투과막(11)) 및 인장 응력(tensile stress)을 가진 층(예컨대, 차광막(12))으로 형성되는 경우에, 수행되어, 박막(11, 12)의 막 응력이 서로 상쇄된다. 이 실시형태 및 후술하는 실시예에서는 전자의 경우(열 처리)에 대하여 설명할 것이다.

#### [0098] (H) 레지스트막 형성 공정(S8)

[0099] 그리고 나서, 박막(광반투과막(11))을 가진 투명 기판에 있어서 광반투과막(11)의 표면 상에 레지스트를 도포한 후, 열처리를 수행하여 레지스트 막(13)을 형성한다. 그리하여, 마스크 블랭크(14)(하프톤 위상 시프트 마스크 블랭크)를 제작한다. 결합 검사장치를 사용하여 마스크 블랭크(14)의 결합(핀홀 및 입자)을 검출하기 위해 계측된다.

#### [0100] (I) 노광용 마스크 제조 공정(S9)

[0101] 마스크 블랭크(14)의 레지스트막(13)에 소정 패턴을 묘화(描畫)한 후 현상함으로써 레지스트 패턴(도시하지 않음)을 형성한다. 그후, 이 레지스트 패턴을 마스크로서 사용하여, 광반투과막(11)을 드라이 에칭함으로써 마스크 패턴으로서 광반투과막 패턴(도시하지 않음)을 형성한다. 마지막으로, 레지스트 패턴(레지스트막(13))을 제거함으로써, 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)상에 광반투과막 패턴이 형성된 노광용 마스크(도시하지 않음)를 얻

는다.

[0102] (J) 반도체소자 제조 공정

[0103] 얻어진 노광용 마스크를 노광 장치의 마스크 단상에 세트시킨다. 이 노광용 마스크를 사용하여, 노광 광원으로서 ArF 엑시머 레이저를 사용한 포토리소그래피 기술에 따라, 노광용 마스크의 마스크 패턴(광반투과막 패턴)을 반도체 기판상에 형성된 레지스트막상으로 전사하여 반도체 기판상에 요구되는 회로 패턴을 형성한다. 이러한 방식으로, 반도체소자를 제조한다.

[0104] (K) 실시형태의 효과

[0105] 상술한 구조에 의하면, 상술한 실시형태에 따라 하기 효과(1) 내지 (5)를 달성한다.

[0106] (1) 투명 기판(5)의 주표면(1)상의 복수의 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )에서의 기준면(7)으로부터의 높이 정보( $Z_k$ ) 등에 기초하여, 투명 기판(5)이 노광 장치의 마스크 단(8)상에 세트된 상태에서 시뮬레이션을 수행한다. 상기 시뮬레이션에 있어서, 기준면(7)으로부터의 높이 정보( $Z_{Sk}$ )는 투명 기판(5)의 주표면(1)상의 복수의 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )에서 얻어진다. 노광 장치의 마스크 단(8)상에 세트될 때의 투명 기판(5)의 평탄도는 시뮬레이션에서 얻은 높이 정보( $Z_{Sk}$ )에 기초하여 산출된다. 따라서, 이 평탄도는 매우 정확하게 예측될 수 있다. 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)은 매우 정확하게 산출된 투명 기판(5)의 이 평탄도에 기초하여 판단 선택되며, 이러한 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)으로부터 제조된 마스크 블랭크(14)를 사용하여 노광용 마스크가 제조된다. 따라서, 이 노광용 마스크는 평탄도, 패턴 위치 정확도 등에 대한 사양을 만족한다. 그리하여, 이러한 노광용 마스크를 사용하여 전사 타겟으로서 반도체 기판상으로 패턴을 전사할 때, 전사 정확도를 향상시킬 수 있다.

[0107] (2) 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)상에 박막(11)을 형성하는 박막 형성 공정(도 1의 S6)이 표면형태 정보 취득 공정(도 1의 S2), 시뮬레이션 공정(도 1의 S3), 및 평탄도 산출 공정(도 1의 S4) 이후에 수행된다. 따라서, 이들 공정에서는 박막(11)에 입자가 부착되지 않으므로, 제조될 마스크 블랭크(14)의 결함 발생을 억제할 수 있다.

[0108] (3) 표면형태 정보 취득 공정(도 1의 S2)에서 표면형태 정보를 얻기 위한 주표면(1)의 소정 영역( $a \times a$ )은, 주표면(1)의 전체영역으로부터, 투명 기판(5)의 각 모따기면(4)으로부터 0mm를 초과하고 3mm 이하인 주연부 영역(b)을 제외함으로써 유도된 영역이다. 따라서, 소정 영역( $a \times a$ )에서의 표면형태 정보(기준면(7)으로부터의 높이 정보( $Z_k$ ))를 매우 정확하게 측정할 수 있다.

[0109] (4) 박막(11)의 막 응력을 감소시키기 위한 막 응력 제어 공정(도 1의 S7)은, 박막 형성 공정(도 1의 S6)을 수행할 때 및/또는 박막 형성 공정을 수행한 후에 실시된다. 따라서, 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)상에 형성된 박막(11)에 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)을 변형시키는 막 응력이 존재하더라도, 이 막 응력을 감소시킬 수 있다. 결과적으로, 투명 기판(5)이 노광 장치의 마스크 단(8)상에 세트된 상태를 시뮬레이션함으로써 얻은 복수의 측정 포인트( $P(X_m, Y_n)$ )에서의 높이 정보( $Z_{Sk}$ )로부터 산출되는 투명 기판(5)의 평탄도와, 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)상에 박막(11)을 형성함으로써 마스크 블랭크(14)가 제조되고, 이 마스크 블랭크(14)로부터 노광 마스크가 제조된 후, 이 노광 마스크가 노광 장치의 마스크 단(8)상에 실제로 세트될 때 얻은 노광용 마스크의 평탄도가 일치하게 할 수 있다.

[0110] (5) 박막(11)이 형성되는 측 상의 투명 기판(5)의 주표면(1)의 표면 형상은 주표면(1)의 높이가 그 중심영역으로부터 그 주연부로 갈수록 점점 낮아지는 형상이다. 따라서, 이러한 형상을 갖는 마스크 블랭크용 투명 기판(5A)으로부터 마스크 블랭크(14)를 통해 제조된 노광용 마스크가 노광 장치의 마스크 단(8)상에 세트될 때, 노광용 마스크가 마스크 단(8)의 상방으로 변형되어 중력에 의한 편향 변형을 상쇄시킨다. 그리하여, 노광용 마스크의 평탄도가 우수해진다. 따라서, 노광용 마스크에 요구되는 사양을 만족할 수 있다.

[0111] (실시예)

[0112] 이하, 마스크 블랭크로서 하프톤 위상 시프트 마스크 블랭크를 제조하는 공정들에 관하여 상세히 설명한다.

[0113] (I) 투명 기판 준비 공정

[0114] 152mm×152mm 크기를 가지는 정사각형 투명플레이트(합성석영유리 플레이트)의 주표면을 정밀 연마하여 세정하였다. 그리하여, 투명 기판을 준비하였다.

[0115] (II) 표면형태 정보 취득 공정

- [0116] 광학 간섭계를 이용한 평탄도 측정장치(Corning Tropel사에 의해 제조된 UltraFlat200M)를 사용하여, 투명 기판의 주표면(박막이 형성될 주표면)상의 소정 영역( $148\text{mm} \times 148\text{mm}$ )에서의  $256 \times 256$  측정 포인트에서 표면형태 정보(최소자승법에 의해 산출된 초점평면(가상의 절대평면)으로부터의 높이 정보)를 얻어 컴퓨터에 기억시켰다. 이 표면형태 정보에 따르면, 투명 기판의 주표면(박막이 형성될 주표면)의 표면형상은 주표면의 높이가 그 중심영역으로부터 그 주연부로 갈수록 점점 낮아졌고, 소정 영역( $148\text{mm} \times 148\text{mm}$ )에서의 평탄도는  $0.47\mu\text{m}$ 으로 우수하였다.
- [0117] (III) 시뮬레이션 공정
- [0118] 상기 표면형태 정보 취득 공정에서 얻은 표면형태 정보 및 마스크 단이 투명 기판의 주표면과 접촉하는 영역들(각각 투명 기판의 단면으로부터 약  $10\text{mm} \times 132\text{mm}$ )에서의 노광 장치의 마스크 단의 형상 정보에 기초하여, 상술한 편향 미분방정식에 따라 각 상기 측정 포인트에서의 시뮬레이션을 통해, 투명 기판이 노광 장치에 세트될 때의 기준면으로부터의 높이 정보를 산출하였다.
- [0119] (IV) 평탄도 산출 공정?판단 공정
- [0120] 상술한 시뮬레이션 결과로부터, 노광용 마스크의 전사 영역을 포함하는 소정 영역( $104\text{mm} \times 132\text{mm}$ )에서 기준면으로부터의 최대값과 최소값 간의 차이를 유도하였다. 이러한 방식으로, 이 소정 영역에서의 평탄도를 산출하였다. 그 결과, 평탄도가  $0.21\mu\text{m}$ ( $104\text{mm} \times 132\text{mm}$ )로 우수하였다. 따라서, 노광 장치의 마스크 단 상에 세트될 때 투명 기판의 주표면의 평탄도가 사양을 만족하는 것으로 판단되었다. 그리하여, 마스크 블랭크용 투명 기판을 얻었다.
- [0121] (V) 박막 형성 공정
- [0122] 상기 표면형태 정보에 기초하여 시뮬레이션을 통해 얻은 마스크 블랭크용 투명 기판의 주표면상에 질화몰리브덴과 실리콘(silicon)으로 이루어진 광반투과막을 형성하였다. 그리하여, 광반투과막을 가진 투명 기판을 얻었다.
- [0123] (VI) 막 응력 제어 공정
- [0124] 상기 박막 형성 공정에서 얻은 광반투과막을 가진 투명 기판에 대해 열처리 장치에서  $300^\circ\text{C}$ 에서 10분동안 열처리하여, 박막(광반투과막)의 막 응력을 제로(zero)로 만들었다.
- [0125] (VII) 레지스트막 형성 공정
- [0126] 상기 막 응력이 제로로 제어된 광반투과막 상에 스피너팅법에 의해 레지스트 막을 형성한 후, 프리베이크(prepbake) 처리를 통해 레지스트막을  $400\text{nm}$  두께로 형성하였다. 그리하여, ArF 엑시머 레이저 노광용 하프톤 위상 시프트 마스크 블랭크를 얻었다. 결합 검사장치를 사용하여 하프톤 위상 시프트 마스크 블랭크의 결함(입자 및 퀜홀)을 검사하기 위해 계측하였다. 그 결과,  $0.1\mu\text{m}$  이상의 결함의 수가 10 이하로 매우 우수하였다.
- [0127] (VIII) 하프톤 위상 시프트 마스크 제조 공정
- [0128] 상기 하프톤 위상 시프트 마스크 블랭크의 레지스트막상으로 패턴을 노광한 후 현상함으로써 레지스트 패턴을 형성하였다. 잇따라서, 질화몰리브덴과 실리콘으로 이루어진 박막의 노광부를 드라이에칭( $\text{SF}_6+\text{He}$ 가스)에 의해 제거하여 질화몰리브덴과 실리콘으로 이루어진 박막의 패턴(광반투과부)을 얻었다. 상기 레지스트막을 박리시킨 후, 박막 패턴을 가진 마스크 블랭크를  $99\%$  황산( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )에  $100^\circ\text{C}$ 에서 15분동안 침지하여 황산 세정을 수행한 후, 순수(純水) 등으로 세정하였다. 이러한 방식으로, ArF 엑시머 레이저 노광용 하프톤 위상 시프트 마스크를 얻었다.
- [0129] (IX) 반도체소자 제조 공정
- [0130] 상기 얻어진 하프톤 위상 시프트 마스크를 노광 장치의 마스크 단 상에 세트한 후, 상기 하프톤 위상 시프트 마스크의 박막 패턴을 반도체 웨이퍼의 레지스트막상으로 전사하여 회로 패턴을 형성하였다. 그리하여, 반도체소자를 제작하였다. 상기 얻어진 반도체소자를 검사한 결과, 회로 패턴에 결함이 없고 우수하다는 것을 발견하였다.
- [0131] (비교예)
- [0132]  $152\text{mm} \times 152\text{mm}$  크기를 가진 정사각형 투명 플레이트(합성석영유리 플레이트)의 주표면을 정밀 연마하고 세정하여 투명 기판을 준비하였다. 상기 얻어진 투명 기판의 주표면상에 질화몰리브덴과 실리콘으로 이루어진 광반투과막

을 형성하였다. 이러한 방식으로, 광반투과막을 가진 투명 기판을 얻었다.

[0133] 특히 문헌1과 마찬가지로, 광반투과막을 가진 이 투명 기판의 평탄도 및 표면형상을 평탄도 측정장치를 사용하여 측정하고, 상기 얻은 정보에 기초하여, 노광 장치의 마스크 단상에 세트될 때의 광반투과막을 가진 투명 기판의 평탄도를, 유한요소법을 이용한 시뮬레이션을 통해 유도하였다.

[0134] 광반투과막을 가진 투명 기판의 평탄도가  $0.24\mu\text{m}$  이하로서 사양을 만족하는 것으로 판단되었기 때문에, 레지스트막 형성 공정, 하프톤 위상 시프트 마스크 제조 공정, 및 반도체소자 제조 공정을 통해 반도체소자를 제조하였다. 상기 얻어진 반도체소자를 검사한 결과, 회로 패턴의 다수의 선폭 변동 결함이 발견되었고, 또한 회로 패턴의 다수의 결함(블랙 결함(black defect) 및 화이트 결함(white defect))이 발견되었다.

[0135] 상기 회로 패턴의 선폭 변동 결함은, 노광 장치의 마스크 단 상에 세트된 상태를 시뮬레이션함으로써 얻은 광반투과막을 가진 투명 기판의 평탄도가, 노광 장치의 마스크 단 상에 실제로 세트될 때의 노광용 마스크의 평탄도와 상이하다는 사실로 인한 패턴 초점 정확도의 저하에 의해 야기된다고 생각된다. 레지스트막 형성후에 결함 검사장치에 의해 광반투과막의 표면상의 결함(입자 및 흰홀)을 측정하면,  $0.1\mu\text{m}$  이상의 결함의 수는 1000 이상이었다. 상술한 회로 패턴의 결함은, 광반투과막의 이들 결함에 의해 생성되는 노광용 마스크의 입자 및 흰홀에 의해 야기된다고 생각된다.

[0136] 이상, 바람직한 실시형태에 의해 본 발명을 설명하였지만, 본 발명은 이를 실시형태에 한정되지 않는다. 예컨대, 상술한 실시예에 있어서는 박막 형성 공정에서 투명 기판 상에 광반투과막만이 형성되지만, 상기 광반투과막상에 차광막이 더 형성될 수도 있다.

### 발명의 효과

[0137] 본 발명에 따르면, 노광 장치에 세트될 때의 투명 기판의 평탄도를 시뮬레이션을 통해 정확하게 산출(예측)함으로써, 마스크 블랭크용 투명기판을 제조할 수 있는 마스크 블랭크용 투명기판의 제조방법을 제공한다.

[0138] 본 발명에 따르면, 노광 장치에 세트될 때의 투명 기판의 평탄도를 시뮬레이션을 통해 정확하게 산출(예측)함으로써 마스크 블랭크를 제조할 수 있고 결함의 발생을 억제할 수 있는 마스크 블랭크의 제조방법을 제공한다.

[0139] 본 발명에 따르면, 이러한 마스크 블랭크를 사용하여 노광용 마스크를 제조하기 위한 노광용 마스크의 제조방법을 제공한다.

### 도면의 간단한 설명

[0001] 도 1은 본 발명에 따른 마스크 블랭크의 제조방법의 실시형태가 적용된 하프톤 위상 시프트(shift) 마스크 블랭크를 나타내는 플로우차트;

[0002] 도 2A는 표면형태 정보를 얻고 시뮬레이션을 통해 높이 정보를 산출할 때의 측정 포인트를 설명하기 위한 투명 기판의 사시도;

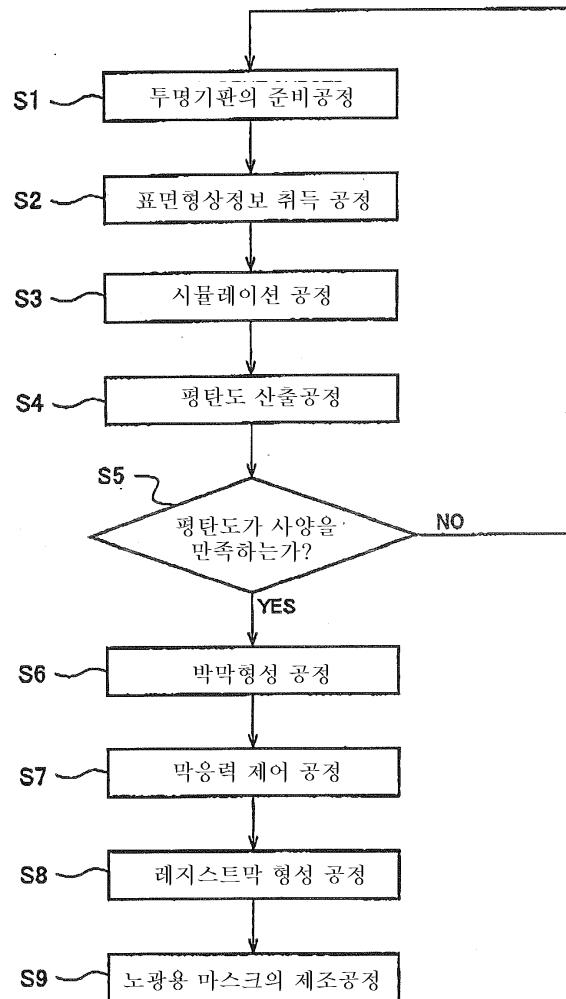
[0003] 도 2B는 도 2A의 일부를 나타내는 확대도;

[0004] 도 3A는 투명 기판이 노광 장치의 마스크 단(mask stage)상에 세트된 상태를 나타내는 평면도;

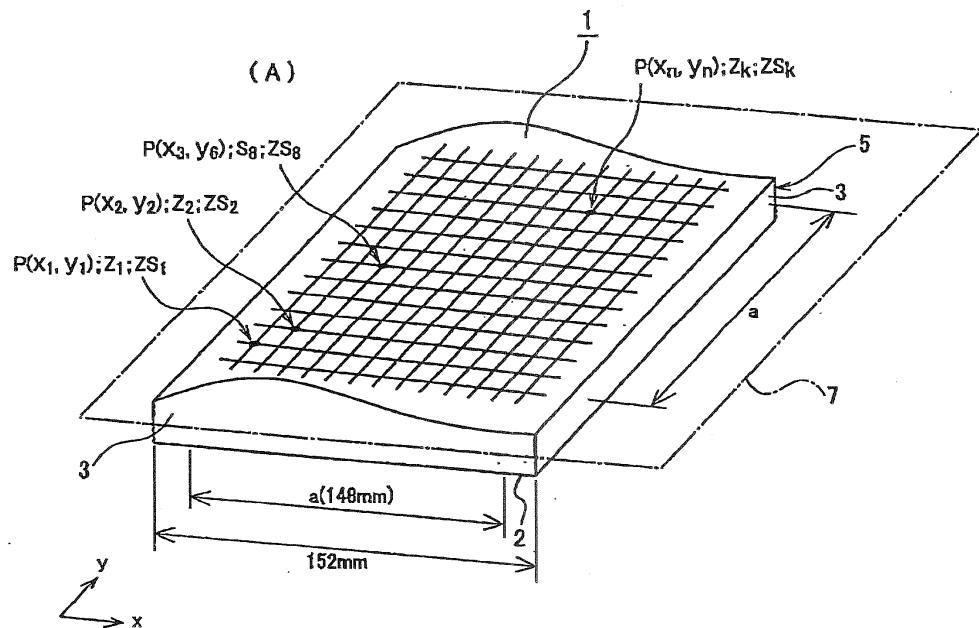
[0005] 도 3B는 도 3A의 선III-III에 따른 단면도;

[0006] 도 4는 평탄도(flatness)를 산출할 때의 측정 포인트를 설명하기 위한 투명 기판의 사시도;

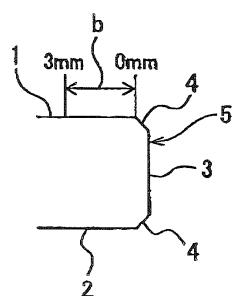
[0007] 도 5A 및 도 5B는 마스크 블랭크의 구조를 나타내는 단면도이다.

**도면****도면1**

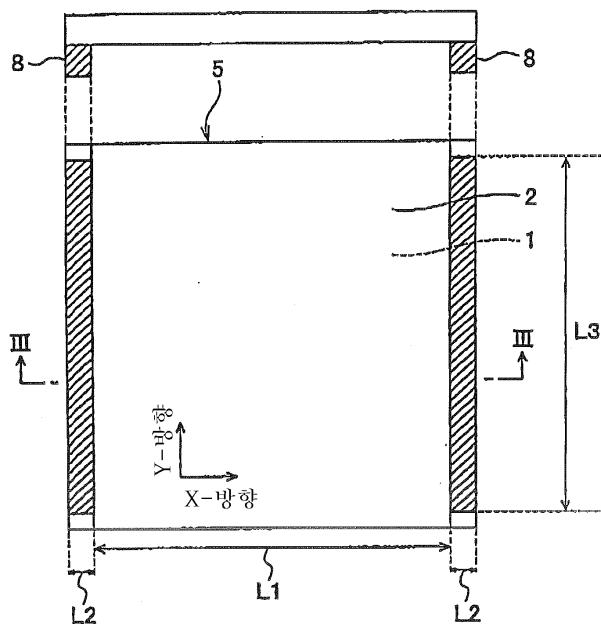
도면2a



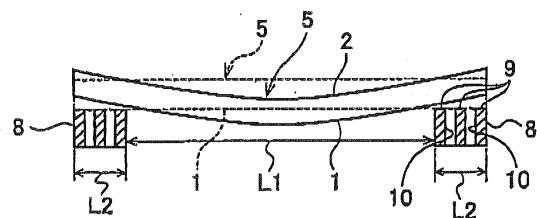
도면2b



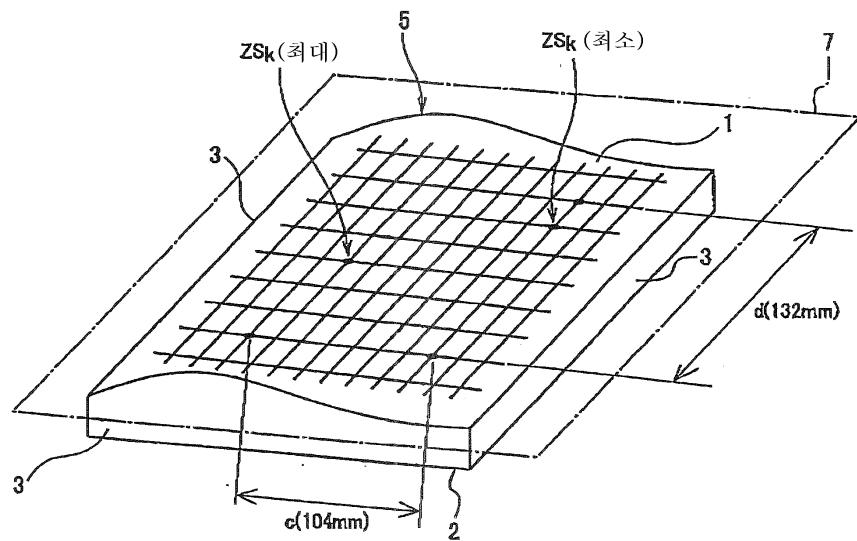
도면3a



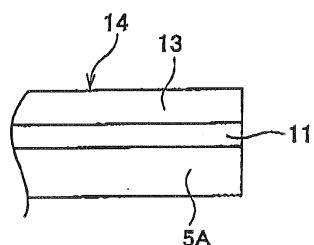
도면3b



도면4



도면5a



도면5b

