



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월14일

(11) 등록번호 10-2694720

(24) 등록일자 2024년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 $G03F$  7/20 (2006.01)  $G02B$  5/122 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 $G03F$  7/70258 (2023.05)  
 $G02B$  5/122 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2018-7016448  
 (22) 출원일자(국제) 2016년12월09일  
 심사청구일자 2021년12월08일  
 (85) 번역문제출일자 2018년06월11일  
 (65) 공개번호 10-2018-0093923  
 (43) 공개일자 2018년08월22일  
 (86) 국제출원번호 PCT/EP2016/080498  
 (87) 국제공개번호 WO 2017/102599  
 국제공개일자 2017년06월22일  
 (30) 우선권주장  
 10 2015 225 262.0 2015년12월15일 독일(DE)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2004343078 A\*  
 (뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
 칼 짜이스 에스엠테 게엠베하  
 독일 73447 오버코헨 루돌프-에버-슈트라쎄 2  
 (72) 발명자  
 원호프 올리히  
 독일 89073 울름 나겔슈트라쎄 34  
 (74) 대리인  
 노대웅, 양영준

전체 청구항 수 : 총 14 항

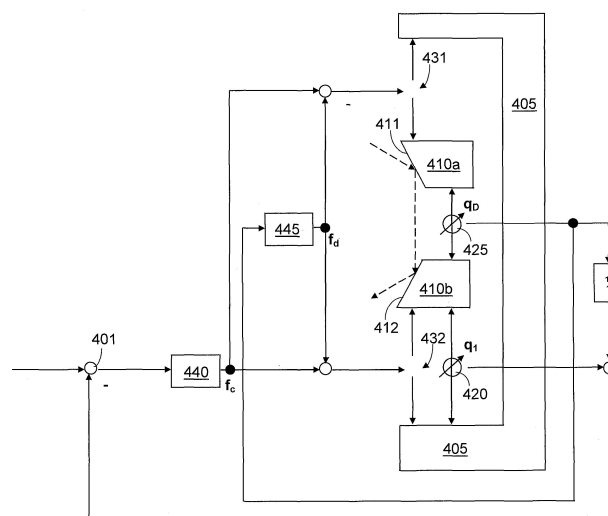
심사관 : 정성용

(54) 발명의 명칭 특허 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치용 광학 시스템

## (57) 요약

본 발명은 특허 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치용 광학 시스템에 관한 것으로, 광학 시스템은 광학 시스템의 광빔 경로 내에 배열되고 광학 시스템의 동작 중에 발생하는 수차의 보정을 위해 이동가능한 제1 반사면(311, 411, 511), 및 광학 시스템의 광빔 경로 내에 배열된 적어도 하나의 제2 반사면(312, 412, 512)을 포함하고, 광학 시스템은 제1 반사면(311, 411, 511)의 진행 이동 중에, 서로에 관한 제1 반사면(311, 411, 511)의 그리고 제2 반사면(312, 412, 512)의 상대 위치가 안정한 방식으로 유지가능한 이러한 방식으로 구성되고, 제1 반사면(311, 411, 511) 및 제2 반사면(312, 412, 512)은 광빔 경로 내에서 서로 직접 연속되고 또는 제1 반사면(311, 411, 511)과 제2 반사면(312, 412, 512) 사이에 단지 반사 광학 요소만이 존재하는, 광학 시스템에 관한 것이다.

## 대표도



(52) CPC특허분류

**G03F 7/70825** (2023.05)

(56) 선행기술조사문헌

W02015014753 A1\*

JP2004031954 A\*

JP2011014908 A

JP2004266264 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

광학 시스템이며,

- 광학 시스템의 광빔 경로 내에 배열되고 상기 광학 시스템의 동작 중에 발생하는 수차의 보정을 위해 이동가능한 제1 반사면(311, 411, 511); 및
- 상기 광학 시스템의 광빔 경로 내에 배열된 적어도 하나의 제2 반사면(312, 412, 512)을 포함하고;
- 상기 광학 시스템은 상기 제1 반사면(311, 411, 511)의 진행 이동 중에, 서로에 관한 상기 제1 반사면(311, 411, 511)의 그리고 상기 제2 반사면(312, 412, 512)의 상대 위치가 안정한 방식으로 유지가능한 이러한 방식으로 구성되고;
- 상기 제1 반사면(311, 411, 511) 및 상기 제2 반사면(312, 412, 512)은 상기 광빔 경로 내에서 서로 직접 연속되고 또는 상기 제1 반사면(311, 411, 511)과 상기 제2 반사면(312, 412, 512) 사이에 단지 반사 광학 요소만이 존재하고,

상기 제1 반사면(411, 511) 및 상기 제2 반사면(412, 512)은 개별 미러체 상에 구체화되고,

상기 광학 시스템은 기준 위치에 관한 상기 제1 반사면(311, 411, 511)의 그리고 상기 제2 반사면(312, 412, 512)의 공통 위치를 제어하기 위한 또는 기준 위치에 관한 상기 제1 반사면(311, 411, 511)의 상대 위치를 제어하기 위한 제1 제어 루프를 포함하며,

상기 광학 시스템은 서로에 관한 상기 제1 반사면(411, 511)의 그리고 상기 제2 반사면(412, 512)의 상대 위치를 제어하기 위한 제2 제어 루프를 포함하는, 광학 시스템.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 광학 시스템은 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치인 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제1 제어 루프의 제어는 적어도 하나의 제1 센서(420, 520)의 센서 신호에 기초하여 수행되고, 상기 제2 제어 루프의 제어는 적어도 하나의 제2 센서(425, 525)의 센서 신호에 기초하여 수행되고, 상기 제1 센서(420, 520)는 상기 제2 센서(425, 525)보다 더 낮은 감도 및 더 큰 측정 범위를 갖는 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 4

제1항 또는 제3항에 있어서, 상기 제2 제어 루프의 제어는 서로에 관한 상기 제1 반사면(411, 511) 및 상기 제2 반사면(412, 512)의 상대 위치를 측정하는 적어도 하나의 센서(425, 525)의 센서 신호에 기초하여 수행되는 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 반사면(311, 411, 511) 및 상기 제2 반사면(312, 412, 512)은 상기 광빔 경로 내에서 서로 직접 연속되는 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 적어도 하나의 반사 광학 요소는 상기 제1 반사면과 상기 제2 반사면 사이에서 상기 광빔 경로 내에 배열되는 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 반사면(311, 411, 511) 및 상기 제2 반사면(312, 412,

512) 중 적어도 하나는, 각각의 표면에서 전자기 방사선의 반사시에 상기 광학 시스템의 동작 중에 발생하는 반사각이 적어도  $55^\circ$ , 또는 적어도  $60^\circ$ , 또는 적어도  $65^\circ$  이도록 배열되고, 상기 반사각은 각각의 표면 법선에 대한 것인 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 8

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 반사면(311, 411, 511) 및 상기 제2 반사면(312, 412, 512) 중 적어도 하나는 비구면인 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 9

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 반사면(311, 411, 511)의 진행 이동은 상기 광학 시스템의 동작 중에 수행되는 것이 가능한 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 10

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 시스템은 30 nm 미만의 동작 파장에 대해, 또는 15 nm 미만의 동작 파장에 대해 설계되는 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 11

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학 시스템은 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치의 조명 디바이스 또는 투영 렌즈인 것을 특징으로 하는, 광학 시스템.

#### 청구항 12

조명 디바이스 및 투영 렌즈를 포함하고, 상기 조명 디바이스는 상기 투영 노광 장치의 동작 중에, 상기 투영 렌즈(150)의 대물 평면 내에 위치한 마스크(121)를 조명하고, 상기 투영 렌즈는 상기 마스크(121) 상의 구조를 상기 투영 렌즈(150)의 화상 평면 내에 위치한 감광층 상에 이미징하는 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치에 있어서, 상기 투영 노광 장치는 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 따른 광학 시스템을 포함하는 것을 특징으로 하는, 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치.

#### 청구항 13

광학 시스템의 동작을 위한 방법이며, 상기 광학 시스템은 광빔 경로 내에 제1 반사면(311, 411, 511) 및 적어도 하나의 제2 반사면(312, 412, 512)을 포함하고, 상기 제1 반사면(311, 411, 511)은 상기 광학 시스템의 동작 중에 발생하는 수차의 보정을 위해 이동되고, 상기 진행 이동 중에, 서로에 관한 상기 제1 반사면(311, 411, 511)의 그리고 상기 제2 반사면(312, 412, 512)의 상대 위치가 안정하게 유지되고, 상기 제1 반사면(311, 411, 511) 및 상기 제2 반사면(312, 412, 512) 중 어느 하나는 상기 광빔 경로 내에서 서로 직접 연속되고 또는 상기 제1 반사면(311, 411, 511)과 상기 제2 반사면(312, 412, 512) 사이에 단지 반사 광학 요소만이 존재하고,

기준 위치에 관한 상기 제1 반사면(311, 411, 511)의 상대 위치는 제1 제어 루프에서 제어되고,

서로에 관한 상기 제1 반사면(411, 511)의 그리고 상기 제2 반사면(412, 512)의 상대 위치는 제2 제어 루프에서 제어되는, 방법.

#### 청구항 14

제13항에 있어서, 상기 광학 시스템은 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치인 것을 특징으로 하는, 방법.

#### 청구항 15

삭제

#### 청구항 16

삭제

#### 청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 관련 출원의 상호 참조

[0002] 본 출원은 2015년 12월 15일 출원된 독일 특허 출원 DE 10 2015 225 262.0호의 우선권을 주장한다. 이 독일 출원의 내용은 본 명세서에 참조로서 합체되어 있다.

[0003] 발명의 분야

[0004] 본 발명은 특히 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치용 광학 시스템에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0005] 마이크로리소그래피가 예를 들어, 집적 회로 또는 LCD와 같은 마이크로구조화된 구성요소(microstructured component)를 제조하기 위해 사용된다. 마이크로리소그래피 프로세스는 조명 디바이스 및 투영 렌즈를 포함하는 소위 투영 노광 장치에서 수행된다. 조명 디바이스에 의해 조명되는 마스크(레티클)의 화상은, 기관의 감광 코팅에 마스크 구조를 전사하기 위해, 이 경우에 감광층(포토레지스트)으로 코팅된 기관(예를 들어, 실리콘 웨이퍼) 상에 투영 렌즈에 의해 투영되고 투영 렌즈의 화상 평면 내에 배열된다.

[0006] EUV 범위에 대해, 즉 예를 들어 대략 13 nm 또는 대략 7 nm의 파장에서 설계된 투영 렌즈에 있어서, 적합한 투광 굴절성 재료의 이용 가능성의 결여에 기인하여, 미러가 이미징 프로세스를 위한 광학 구성요소로서 사용된다. EUV를 위해 설계된 통상의 투영 렌즈는, 예를 들어, US 7,538,856 B2호로부터 공지된 바와 같이,  $NA = 0.2$  내지  $0.3$ 의 범위의 화상측 개구수(NA)를 갖고, (예를 들어, 환형) 대물 필드를 화상 평면 또는 웨이퍼 평면 내로 이미징할 수도 있다.

[0007] 특히, 광학 수차의 보정을 위해, 최대 6 자유도의 위치 조작 및 연계된 조작 또는 수차의 보정을 성취하기 위해, 이들 미러가 능동적으로 조작가능하도록 투영 렌즈 내에 미러를 구성하는 것이 여기서 공지되어 있다. 그러나, 여기서 발생하는 일 문제점은 실제로, 투영 렌즈 내의 미러의 위치 조작(예를 들어, 진행 이동 또는 경사)이 웨이퍼 평면 내에서 얻어진 화상의 이동을 동시에 수반한다는 것이다. 이 문제점은, 미러 이동에 대한 화상 위치의 원하지 않는 반응의 감도가 상기 미러 이동에 관한 수차의 원하는 조작과 비교하여 비교적 높기 때문에 더욱 더 심각한데, 이는 특히 소위 경사의 자유도에서 발생하는 미러 이동에 대해 성립한다.

[0008] 실제로 다른 과제는, 투영 렌즈 내의 하나 이상의 미러의 위치 조작을 경유하는 수차의 보정이 마이크로리소그래픽 노광 프로세스 중에 또한 바람직하여, 전술된 문제점이 노광 프로세스에서 휴지 시 웨이퍼 위치를 적응시킴으로써 간단히 교정될 수 없다는 것이다.

[0009] 종래 기술과 관련하여, 단지 예로서, US 6,842,294 B2호, DE 10 2012 212 064 A1호, DE 10 2010 038 748 A1호 및 WO 2008/126925 A1호를 참조한다.

## 발명의 내용

### 과제의 해결 수단

[0010] 상기 배경기술을 배경으로 하여, 본 발명의 목적은 전술된 문제점이 없는, 특히 또한 마이크로리소그래픽 노광

프로세스 중에 수차의 보정을 가능하게 하는, 특히 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치용 광학 시스템을 제공하는 것이다.

- [0011] 이 목적은 독립 청구항 1의 특징에 의해 성취된다.
- [0012] 본 발명에 따른 특허 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치용 광학 시스템은:
- [0013] - 광학 시스템의 광빔 경로 내에 배열되고 광학 시스템의 동작 중에 발생하는 수차의 보정을 위해 이동가능한 제1 반사면; 및
- [0014] - 광학 시스템의 광빔 경로 내에 배열된 적어도 하나의 제2 반사면을 포함하고;
- [0015] - 광학 시스템은 제1 반사면의 진행 이동 중에, 서로에 관한 제1 반사면의 그리고 제2 반사면의 상대 위치가 안정한 방식으로 유지가능한 이러한 방식으로 구성되고;
- [0016] - 제1 반사면 및 제2 반사면은 광빔 경로 내에서 서로 직접 연속되고 또는 제1 반사면과 제2 반사면 사이에 단지 반사 광학 요소만이 존재한다.
- [0017] 이 경우에, 본 출원의 의미 내에서, 제1 반사면의 진행 이동 중에, 서로에 관한 제1 반사면의 그리고 제2 반사면의 상대 위치가 안정한 방식으로 유지가능하다는 것에 따르는 기준은 노광에 관련하는 어떠한 화상 이동도 유발되지 않는다는 것을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 바람직하게는, 이 경우에, 제1 및 제2 반사면의 상대 위치는 16 picorad(prad)의 이들 표면 사이의 각도의 최대 변화 또는 변동은 제외하고 일정하다.
- [0018] 본 발명은 특허, 원하지 않는 화상 시프트(예를 들어, 투영 노광 장치의 투영 렌즈 내의 웨이퍼 평면 상의) 없이 이 수차의 보정을 위해 수행되는 진행 이동을 얻기 위해, 적어도 2개의 반사면을 서로에 관하여 안정한 또는 실질적으로 일정한 상대 위치에 유지하는 개념에 기초한다.
- [0019] 본 발명의 특허 유리한 적용례는, 미러의 위치 조작을 경유하는 수차의 보정이 마이크로리소그래픽 노광 프로세스 중에 수행되는 시나리오인데, 이는 다른 미러를 사용하여 웨이퍼 평면 상에 화상 이동/시프트의 보정을 수행하는 요구 없이 본 발명에 따라 실현될 수 있다.
- [0020] 일 실시예에 따르면, 광학 시스템은 기준 위치에 관한 제1 반사면의 그리고 제2 반사면의 공통 위치를 제어하기 위한 제1 제어 루프를 포함한다. 이 경우에, 공통 위치는 제1 및 제2 표면의 위치의 평균 위치(즉, 평균 위치)를 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 다른 실시예에서, 광학 시스템은 기준 위치에 관한 제1 반사면의 상대 위치를 제어하기 위한 제1 제어 루프를 포함한다.
- [0021] 일 실시예에 따르면, 광학 시스템은 서로에 관한 제1 반사면의 그리고 제2 반사면의 상대 위치를 제어하기 위한 제2 제어 루프를 포함한다.
- [0022] 일 실시예에 따르면, 제1 제어 루프의 제어는 적어도 하나의 제1 센서의 센서 신호에 기초하여 수행되고, 제2 제어 루프의 제어는 적어도 하나의 제2 센서의 센서 신호에 기초하여 수행되고, 제1 센서는 제2 센서보다 더 낮은 감도 및 더 큰 측정 범위를 갖는다. 각각의 경우에, 복수의 센서가 또한 제1 및/또는 제2 제어 루프를 위해 여기서 제공될 수 있고, 이 센서들은 복수의 자유도로 연합하여 측정한다.
- [0023] 일 실시예에 따르면, 제2 제어 루프의 제어는 서로에 관한 제1 반사면 및 제2 반사면의 상대 위치를 측정하는 적어도 하나의 센서의 센서 신호에 기초하여 수행된다. 그러나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니다. 다른 실시예에서, (공통) 기준 물체 또는 기준 표면에 대한 제1 반사면 및 제2 반사면의 각각의 위치를 측정하는 것이 또한 가능하다.
- [0024] 일 실시예에 따르면, 제1 반사면 및 제2 반사면은 서로 기계적으로 단단히 결합된다.
- [0025] 일 실시예에 따르면, 제1 반사면 및 제2 반사면은 모노리식적으로(monolithically) 구체화된다.
- [0026] 일 실시예에 따르면, 제1 반사면 및 제2 반사면은 개별 미러체 상에 구체화된다.
- [0027] 일 실시예에 따르면, 제1 반사면 및 제2 반사면은 광빔 경로 내에서 서로 직접 연속된다.
- [0028] 그러나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니다. 다른 실시예에서, 적어도 하나의 반사 광학 요소는 제1 반사면과 제2 반사면 사이에서 광빔 경로 내에 배열된다. 특히, 본 발명은 제1 반사면 및 제2 반사면 - 광로 내에서 서로 직접 연속되지 않지만 - 이 서로로부터 작은 공간 거리에 배열되는(예를 들어, 제1 반사면으로부터 하나 이상의 다른 광학 요소로 전방으로 그리고 이어서 제2 반사면으로 후방으로 연장하는 광로에 기인하여) 실시예

를 또한 포함한다.

- [0029] 일 실시예에 따르면, 제1 반사면 및/또는 제2 반사면은, 각각의 표면에서 전자기 방사선의 반사시에 광학 시스템의 동작 중에 발생하는 반사각이 적어도  $55^{\circ}$ , 특히 적어도  $60^{\circ}$ , 더 특히 적어도  $65^{\circ}$  이도록 배열되고, 상기 반사각은 각각의 표면 법선에 대한 것이다.
- [0030] 달리 말하면, 실시예에서, 반사면 중 적어도 하나는 스침각 입사(grazing incidence)로 동작될 수 있다. 이러한 반사면을 갖는 미러는 또한 GI 미러(= "grazing incidence")라 약어로 칭하고, 여기서 그 사용은 원리적으로 비교적 높은 성취가능한 반사율(예를 들어, 80% 이상)에 관하여 바람직하다. 게다가, 대응 광학 시스템에서, 연속적인 GI 미러 사이의 거리는 때때로 비교적 작고, 따라서 본 발명은(예를 들어, 제1 및 제2 반사면 사이의 단단한 기계적 결합의 경우에) 이러한 시스템에서 특히 유리하게 실현될 수 있다.
- [0031] 그러나, 본 발명은 특히 2개의 반사면 중 적어도 하나가 또한 수직 입사로 동작될 수 있도록 GI 미러(들)와 함께 실현에 한정되는 것은 아니다.
- [0032] 일 실시예에 따르면, 제1 반사면 및/또는 제2 반사면은 비구면이다. 이 방식으로, 한편으로는 수차의 효과적인 보정을 성취하고, 다른 한편으로 적어도 양호한 근사를 성취하여, 더욱이 웨이퍼 평면 상의 화상 시프트를 회피하는 것이 가능하다.
- [0033] 일 실시예에 따르면, 제1 반사면의 진행 이동은 광학 시스템의 동작 중에 수행되는 것이 가능하다.
- [0034] 일 실시예에 따르면, 광학 시스템은 30 nm 미만의 동작 파장을 위해, 특히 15 nm 미만의 동작 파장을 위해 설계된다. 그러나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니고, 오히려 예를 들어 DUV 범위(예를 들어, 250 nm 미만의)의 파장에서 또한 유리하게 실현될 수 있다.
- [0035] 일 실시예에 따르면, 광학 시스템은 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치의 조명 디바이스 또는 투영 렌즈이다.
- [0036] 본 발명은 또한 조명 디바이스 및 투영 렌즈를 포함하고, 조명 디바이스는 투영 노광 장치의 동작 중에, 투영 렌즈의 대물 평면 내에 위치한 마스크를 조명하고, 투영 렌즈는 상기 마스크 상의 구조를 투영 렌즈의 화상 평면 내에 위치한 감광층 상에 이미징하는 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치이며, 투영 노광 장치는 전술된 특징을 갖는 광학 시스템을 포함하는, 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치에 관한 것이다.
- [0037] 본 발명은 또한 특히 마이크로리소그래픽 투영 노광 장치의 광학 시스템의 동작을 위한 방법이며, 광학 시스템은 광빔 경로 내에 제1 반사면 및 적어도 하나의 제2 반사면을 포함하고, 제1 반사면은 광학 시스템의 동작 중에 발생하는 수차의 보정을 위해 이동되고, 진행 이동 중에, 서로에 관한 제1 반사면의 그리고 제2 반사면의 상대 위치가 안정하게 유지되고, 제1 반사면 및 제2 반사면은 광빔 경로 내에서 서로 직접 연속되고 또는 제1 반사면과 제2 반사면 사이에 단지 반사 광학 요소만이 존재하는, 방법에 관한 것이다.
- [0038] 일 실시예에 따르면, 기준 위치에 관한 제1 반사면의 상대 위치는 제1 제어 루프에서 제어된다.
- [0039] 일 실시예에 따르면, 서로에 관한 제1 반사면의 그리고 제2 반사면의 상대 위치는 제2 제어 루프에서 제어된다.
- [0040] 일 실시예에 따르면, 제1 반사면 및 제2 반사면은 서로 기계적으로 단단히 결합된다.
- [0041] 본 발명의 다른 구성은 상세한 설명 및 종속 청구항으로부터 얻어질 수도 있다.
- [0042] 본 발명은 첨부 도면에 도시되어 있는 예시적인 실시예에 기초하여 이하에 더 상세히 설명된다.

### 도면의 간단한 설명

- [0043] 도면에서:  
 도 1은 EUV 내에서 동작을 위해 설계된 투영 노광 장치의 개략도를 도시하고 있다.  
 도 2 내지 도 4는 본 발명의 기본 원리 및 동작 모드를 명료하게 하기 위한 개략도를 도시하고 있다.  
 도 5a 및 도 5d는 본 발명의 가능한 다른 실시예를 명료하게 하기 위한 개략도를 도시하고 있다.  
 도 6은 본 발명이 실현될 수 있는 투영 렌즈의 예시적인 실시예를 명료하게 하기 위한 개략도를 도시하고 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 도 1은 먼저 EUV 내의 동작을 위해 설계되고 본 발명이 실현될 수 있는 예시적인 투영 노광 장치의 개략도를 도



시하고 있다.

- [0045] 도 1에 따르면, EUV를 위해 설계된 투영 노광 장치(100) 내의 조명 디바이스는 필드 파셋 미러(103) 및 동공 파셋 미러(104)를 포함한다. 플라즈마 광원(101) 및 집광기 미러(102)를 포함하는 광원 유닛으로부터의 광은 필드 파셋 미러(103) 상에 지향된다. 제1 신축식 미러(105) 및 제2 신축식 미러(106)가 동공 파셋 미러(104)의 하류측에서 광로 내에 배열된다. 편향 미러(107)가 광로 내에서 하류측에 배열되고 그 위에 충돌하는 방사선을 투영 렌즈(150)의 대물 평면 내의 대물 필드 상에 지향하는데, 이는 단지 도 1a에 지시되어 있다. 마스크 스테이지(120) 상의 반사 구조체 지지 마스크(121)가 대물 필드의 장소에 배열되고, 상기 마스크는 화상 평면 내에 투영 렌즈(150)의 보조에 의해 이미징되고, 웨이퍼 스테이지(160) 상의 감광층(포토레지스트)으로 코팅되어 있는 기판(161)이 상기 화상 평면 내에 위치되어 있다.
- [0046] 본 발명에 따르면, 다음에, 본 발명의 실시예에서, 투영 노광 장치 또는 투영 렌즈는, 이것이 웨이퍼 평면 상에 원하지 않는 화상 이동을 수반하지 않고, 미리규정된 회전축 둘레의 상기 반사면의 회전 이동 - 수차의 보정을 위해 실행됨 - 을 수행하는 것을 가능하게 하기 위해, 2개의 반사면 또는 미러가 서로 기계적으로 단단히 결합되어 있는, 특히 도 2의 b) 및 도 2의 c) 및 도 3을 참조하여 후술되는 바와 같이, 하나의 동일한 미러체 상에서 실현되는 이러한 방식으로 구성될 수 있다.
- [0047] 다른 실시예에서, 서로로부터 공간적으로 분리된 방식으로 구성된 2개의 반사면 또는 미러의 경우에도, 도 4를 참조하여 이하에 더욱 더 상세히 설명되는 2개의 제어 루프의 실현에 의해, 이들 제어 루프 중 하나는 2개의 반사면의 상대 이동을 제어하거나 최소화하고, 다른 하나는 재차 수차의 보정을 위한 역할을 하는 반사면의 공통 회전 이동을 제어하고, 제어 엔지니어링의 견지에서 낮은 지출과 함께 웨이퍼 평면 상에 원하지 않는 화상 시프트를 얻지 않는 것이 가능하다.
- [0048] 첫째로, 그러나, 본 발명에 기초하는 개념은 도 2의 a) 내지 도 2의 c) 및 도 3 내지 도 4의 개략도를 참조하여 이하에 설명될 것이다.
- [0049] 도 2의 a) 내지 도 2의 c)의 개략도는 첫째로 역반사기의 기능 원리를 명료화하는 역할을 하는데, 이 원리는 아래와 같이 공지되어 있다:
- [0050] 입사광빔의 방향에 대한 경사시에, 각각의 반사된 광빔의 방향의 민감한 반작용을 나타내는 간단한 평면 미러(210)(도 2의 a))에 대조적으로, 도 2의 b)에 따라 서로에 대해 고정 각도(예에서,  $90^\circ$ )로 배열된 2개의 반사면(220a, 220b)을 갖는 역반사기(220)에 의해, 제2 반사면에서 반사된 빔의 방향은 제1 반사면(220a) 상에 충돌시에 입사의 방향에 독립적으로 유지되는 것이 성취될 수 있다.
- [0051] 제2 반사면에서 반사된 광빔의 방향의 이 유지는 2개의 반사면의 직각 배열(즉, 결과적인  $180^\circ$  반사)에 한정되는 것은 아니고, 오히려 또한 각각의 광빔을 연속적으로 반사하는 2개의 표면 사이의 상이한(일정한) 각도를 갖는 배열에서 충족된다. 따라서, 2개의 반사면(230a, 230b)을 갖는 미러체(230)의 이동 중에도, 상기 미러체는 도 2의 c)에 도시되어 있고, 광빔이 제1 반사면(230a) 상에 충돌하기 전에 광빔의 하나의 동일한 입사 방향에 대한 각각의 출사 광빔[즉, 제2 반사면(230b)에서 반사됨]의 방향은 유지되거나 일정하게 남아 있다.
- [0052] 상기 고려사항에 기초하여, 본 발명은 이어서, 특히 서로에 관한 이들의 상대 위치가 리소그래피 프로세스 중에 불변 유지되도록 투영 렌즈 내에 2개의 반사면을 실현하는 개념을 포함한다. 이는 도 3에 도시되어 있는 예시적인 실시예를 참조하여 이하에 설명되는 바와 같이, 서로 기계적으로 단단히 결합되어 있거나 하나의 동일한 미러체 상에 모노리식으로 실현되는 2개의 반사면에 의해 특히(그러나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아님) 성취될 수 있다.
- [0053] 도 3은 전술된 개념의 실현을 위해, 2개의 반사면(311, 312)을 갖는 미러체(310)의 구성을 도시하고 있고, 여기서 - 도 3에 개략적으로 지시되어 있는 바와 같이 - 동작 중에 충돌하는 광빔은 각각의 경우에 2개의 연속적인 반사를 경험한다[여기서, 전술된 바와 같이, 하류측 화상 평면 또는 미러를 갖는 투영 렌즈의 웨이퍼 평면 내에서 발생된 화상의 위치는 미러체(310)의 이동에 독립적으로 불변 유지됨].
- [0054] 도 3은 마찬가지로, 2개의 반사면(311, 312)을 갖는 미러체(310)의 위치가 위치 센서(320)에 의해 프레임(305)에 대해 측정되고 액추에이터(330)를 거쳐 제어기(340)에 의해 원하는 값[설정점 위치값(301)에 대응함]으로 설정되는 제어 루프를 도시하고 있다. 위치 센서(320), 액추에이터(330) 및 제어기(340)는 도 3의 기본 개략도에서 단지 1 자유도로, 즉 도면의 지면에 수직으로 연장하는 회전축에 대한 회전 이동에 관하여 작용한다. 기술적 실현에서, 통상적으로 복수의 자유도가 동시에 조작될 수 있다.

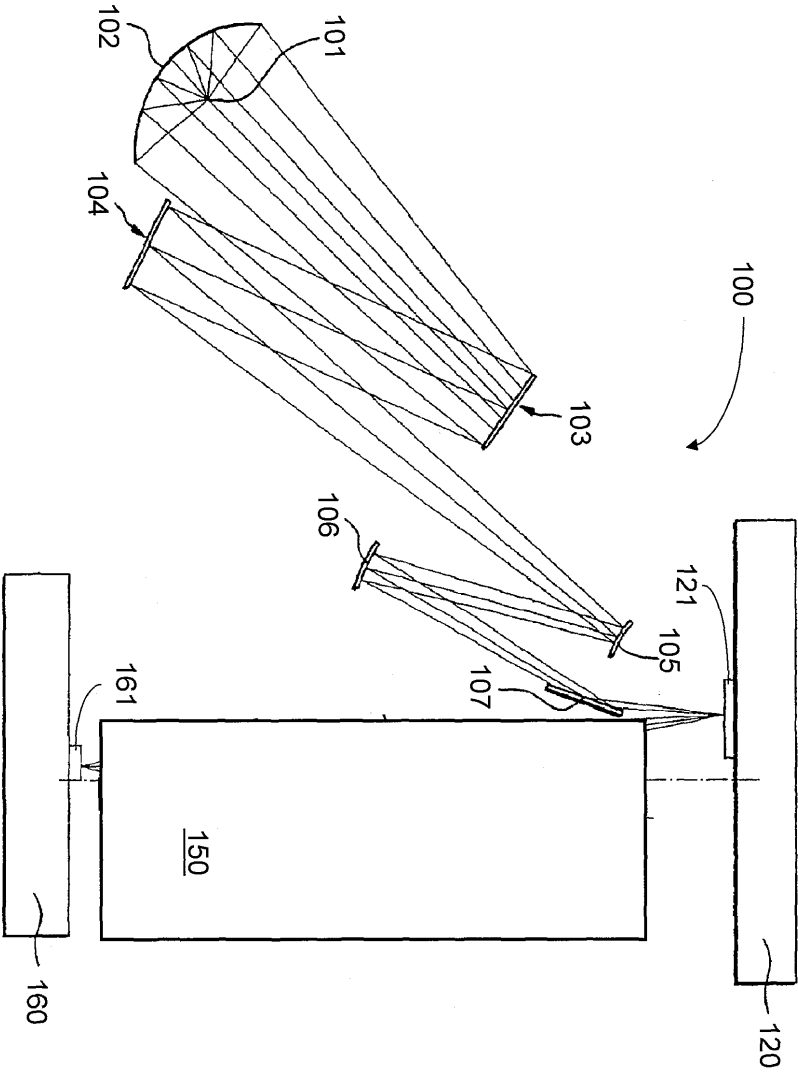


- [0055] 다른 실시예에서, 복수의 자유도를 측정하기 위한 복수의 위치 센서(320)를 제공하는 것이 또한 가능하다.
- [0056] 웨이퍼 평면 상에 최종적으로 발생된 화상 위치가 수차의 보정을 위해 수행된 미러체(310)의 이동에 독립적으로 유지되는 상황은, 위치 센서(320)(또는 위치 센서들)가 비교적 낮은 측정 정확도를 요구하는 결과를 갖는데, 이 낮은 측정 정확도는 특히 단일의 반사면의 이동의 경우에 화상 위치의 안정성을 보장해야 할 것인 유사하게 사용된 위치 센서의 측정 정확도와 비교하여 상당히 더 낮다.
- [0057] 달리 말하면, 위치 센서(320)의 기능성에 대해, 수차에 영향을 미치기 위한 미러체(310)의 위치설정에 관하여 비교적 거친(coarse) 위치 측정을 수행하면 충분하고, 여기서 이 위치 측정은 수차에 영향을 미치기 위해 요구되는 위치설정에 따라 설계된 큰 측정 범위(예를 들어, 50  $\mu\text{m}$ )를 가져야 하지만, 그럼에도 불구하고, 단지 하나의 이동된 반사면에서 반사시에 화상 안정성을 보장하는 위치 센서와 비교하여 수십 정도의 크기(plurality of orders of magnitude)만큼 낮은 측정 정확도를 요구한다.
- [0058] 그 결과, 이는 센서 기술 및 제어 엔지니어링의 견지에서 지출의 상당한 감소를 유도하고, 그 결과 이어서 도 3에 따른 셋업에서 미러체(310)의, 액추에이터(330)의 그리고 프레임(305)의 구조-동적 설계에 의해 이루어진 요구가 감소된다.
- [0059] 전술된 바와 같이, 본 발명은 하나의 동일한 미러체 상의 2개의 연속적인 반사 또는 반사면의 실현 또는 관련 반사면의 다른 방식으로 실현된 단단한 기계적 연결에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 다른 실시예에서, 반사면을 각각 갖는 2개의 개별 미러체의 상대 위치가 또한 적합한 제어 루프에서 대응적으로 제어될 수 있는데, 이들 미러체는 서로 단단히 연결되어 있지 않다. 이 경우에, 또한, 주요 장점은 도 4를 참조하여 이하에 더 상세히 설명되는 바와 같이, 센서 기술 및 제어 엔지니어링의 견지에서 지출에 관하여 얻어진다.
- [0060] 도 4는 반사면(411, 412)을 각각 갖는 2개의 개별 미러체(410a, 410b)를 각각 도시하고 있는데, 상기 미러체는 서로 기계적으로 단단히 연결되어 있지 않다. 서로에 관한 2개의 미러체(410a, 410b)의 상대 위치는 상대 센서(425)에 의해 결정된다. 상기 상대 센서(425)는 비교적 높은 측정 정확도를 요구하지만[서로에 관한 2개의 미러체(410a, 410b) 또는 반사면(411, 412) 사이의 상대 이동은 상당한 화상 이동을 직접 유도할 것이기 때문에], 이어서 상기 상대 센서는 큰 측정 범위를 요구하지 않는다[반사면(411, 412)은 서로에 관하여 동일한 각도로 계속 위치설정되어 유지되도록 의도되기 때문에].
- [0061] 상대 위치 센서(425)의 측정 신호에 기초하여, 제어기(445)를 갖는 제어 루프에서, 2개의 미러체(410a, 410b)의 또는 2개의 반사면(411, 412)의 상대 위치는 상대 제어기(445)를 사용하여 그리고 각각의 미러체(410a, 410b)에 할당된 액추에이터(431, 432)를 사용하여 제어된다. 액추에이터(431, 432)는 여기서 각각의 경우에 - 예를 들어, 서로로부터 이격하는 미러체(410a, 410b)의 원하지 않는 이동의 경우에 - 미러체(410a, 410b)가 서로를 향해 재차 이동되는 힘이 인가되도록 구동된다.
- [0062] 제1 액추에이터(431)에 의해 인가된 힘을  $f_1$ 으로 나타내고, 제2 액추에이터(432)에 의해 인가된 힘을  $f_2$ 로 나타내고, 공통 제어 루프의 조작 변수 또는 힘을  $f_c$ 로 나타내고, 차등 제어 루프의 조작된 변수를  $f_d$ 로 나타내면, 이하의 식이 성립한다:
- [0063] 
$$f_1 = f_c + f_d \quad (1)$$
- [0064] 
$$f_2 = f_c - f_d \quad (2)$$
- [0065] 제어기(445)를 갖는 이 제어 루프[2개의 미러체(410a, 410b) 사이의 상대 위치를 담당하는]에 추가하여, 도 4에 따르면, 제어기(440)를 갖는 상위 제어 루프가 실현되고, 이는 외부 프레임(405)에 대한 2개의 미러체(410a, 410b)의 공통 또는 평균 위치를 제어한다. "401"은 설정점 위치값을 나타낸다. 이 경우에, 이하의 식이 성립하고:
- [0066] 
$$q_c = q_1 + \frac{1}{2} * q_d \quad (3)$$
- [0067] 여기서  $q_1$ 은 제1 미러체(410a)의 위치를 나타내고,  $q_c$ 는 2개의 미러체(410a, 410b)의 공통 위치를 나타내고,  $q_d$ 는 2개의 미러체(410a, 410b)의 차등 위치를 나타낸다.

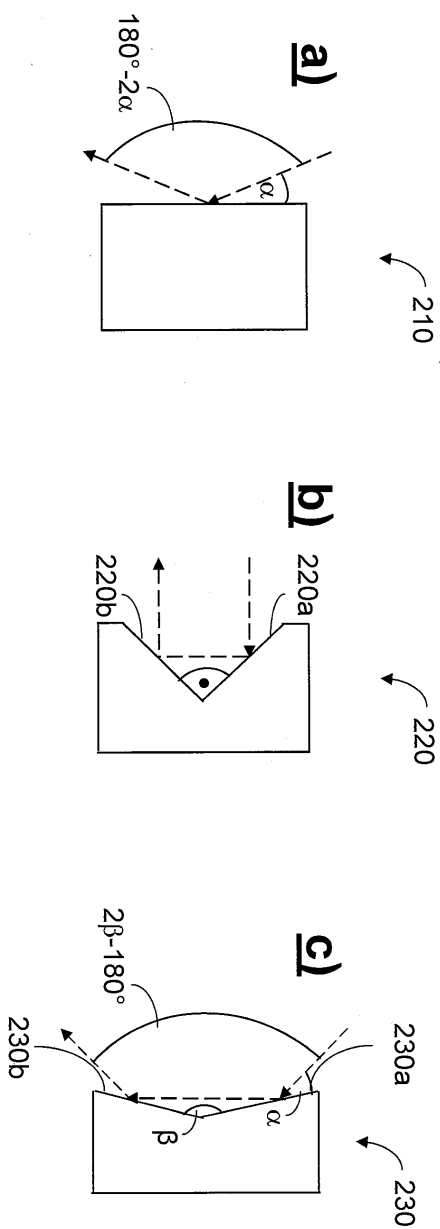
- [0068] 상기 제어기(440)를 갖는 상위 제어 루프는 이어서 큰 측정 범위를 갖지만, 단지 낮은 측정 정확도와 함께[여기서, 예를 들어 수차의 조작의 목적으로 미러체(410a, 410b)의 경사가 비교적 낮은 정확도를 갖지만, 예를 들어 50  $\mu\text{m}$ 의 큰 측정 범위에 걸쳐 결정되어야 하기 때문에], 큰 측정 범위를 갖는 센서를 필요로 한다(이와 관련하여 도 3으로부터의 예시적인 실시예와 유사하게).
- [0069] 본 발명은 도 4에 도시되어 있는 바와 같은 액추에이터의 구체적인 구성에 한정되는 것은 아니다. 다른 실시예에서, 예를 들어 액추에이터 중 하나가 2개의 미러체(410a, 410b) 사이에 작용하게 하고, 다른 액추에이터가 미러체(410a, 410b) 중 하나와 프레임(405) 사이에 작용하게 하는 것이 또한 가능하다.
- [0070] 그 결과, 각각의 경우에 도 4의 예시적인 실시예의 실현을 위한 2개의 제어 루프에서 적용가능한 센서 기술 및 제어 엔지니어링의(특히, 비교적 작은 측정 범위에 걸쳐 높은 측정 정확도를 갖는 센서의, 그리고 비교적 큰 측정 범위에 걸쳐 낮은 측정 정확도를 갖는 다른 센서의) 견지에서 요구가 또한 비교적 간단히 충족될 수 있다.
- [0071] 도 5a 내지 도 5d는 본 발명의 다른 실시예를 명료하게 하기 위한 개략도를 도시하고 있고, 여기서 동일한 기능을 갖는 동일한 구성요소 또는 구성요소들은 도 4에 관하여 "100"만큼 증가된 도면 부호로 나타낸다.
- [0072] 도 5a의 실시예는 - 외부 프레임에 관하여 단지 하나의 미러체의 위치를 측정하는 대신에 - 양 미러체(510a, 510b)의 평균 위치가 결정되고, 외부 프레임(505)에 대한 2개의 미러체(510a, 510b)의 평균 위치를 제어하는 제어기(540)를 갖는 각각의 상위 제어 루프를 위한 기초로서 사용되는 한에 있어서는 도 4의 실시예와는 상이하다. "501"은 설정점 위치값을 나타낸다.
- [0073] 도 5b에 따르면, 도 5b의 제어기(545)를 갖는 제어 루프에 대해, 미러체(510a, 510b)의 상대 위치의 측정 뿐만 아니라 각각의 제어는 도 4와 유사하다. 도 4에 대조적으로, 하나의 미러체(510b)의 위치는 외부 프레임(505)에 관하여 측정되고 제어기(540)를 갖는 제어 루프를 위한 기초로서 사용된다. 이는 미러체(510b)의 위치를 제어한다. 미러체(510a)의 위치는 제어기(545)에 의해 간접적으로 제어된다.
- [0074] 도 5c의 실시예는, 각각의 미러체(510a, 510b)의 각각의 위치가 외부 프레임(505)에 관하여 측정되는 한 도 4의 실시예와는 상이하다. 이들 측정된 위치는 이어서 양 제어 루프를 위해, 즉 미러체(510a, 510b)의 공통 또는 평균 위치를 제어하는 제어기(540)를 갖는 제어 루프, 및 반사면(511, 512) 또는 미러체(510a, 510b)의 상대 위치를 제어하기 위한 제어기(545)를 갖는 제어 루프를 위해 각각 사용된다.
- [0075] 도 5d에 따른 실시예는, 측정되는 것이 한편으로는 2개의 미러체(510a, 510b)의 상대 위치이고, 다른 한편으로는 외부 프레임(505)에 관한 하나의 미러체(510b)의 위치인 한 도 4의 실시예와 유사하다. 그러나, 도 4와는 상이하게, 양 미러체(510a, 510b)의 위치는 제어기(550 또는 560)를 갖는 개별 제어 루프에서 각각 제어된다.
- [0076] 도 6은 본 발명이 실현될 수 있는 투영 렌즈(600)의 예시적인 구체적인 셋업을 도시하고 있다. 그러나, 본 발명은 도 6에 도시되어 있는 구체적인 셋업을 갖는 투영 렌즈 내의 실현에 한정되는 것은 아니다. 다른 예시적인 실시예에서, 본 발명은 또한 상이한 셋업을 갖는 투영 렌즈 내에(예를 들어, DE 10 2012 202 675 A1호에 개시된 바와 같이) 또는 다른 광학 시스템 내에 실현될 수 있다. 도 6의 예시적인 실시예에 따른 투영 렌즈(600)는 8개의 미러(M1 내지 M8)를 갖고, 이들 미러 중 미러(M1, M4, M7, M8)는 조명광의 수직 입사를 위한 미러로서 구체화되고(45° 미만의 입사각을 가짐) 몰리브덴(Mo) 및 실리콘(Si) 층으로 구성된 반사층 스택을 포함할 수 있다. 미러(M2, M3, M5, M6)는 조명광의 스침각 입사를 위한 미러로서 구체화되고(60° 초과와 입사각을 가짐) 예를 들어 몰리브덴(Mo) 또는 루테튬(Ru)으로 구성된 층을 갖는 코팅을 가질 수 있다.
- [0077] 단지 예로서, 본 발명에 따른 이들의 상대 위치에 관하여 안정하게 유지되는 반사면은 미러(M5, M6)의 광학 유효면(스침각 입사 하에서 반사성인 2개의 표면의 조합을 가짐) 또는 다르게는 미러(M3, M4)의 광학 유효면(스침각 입사 하에서 반사성인 표면과 실질적으로 수직 입사 하에서 반사성인 표면의 조합을 가짐)일 수 있다.
- [0078] 본 발명이 특정 실시예에 기초하여 설명되었지만, 수많은 변형 및 대안 실시예가 예를 들어 개별 실시예의 특징의 조합 및/또는 교환을 통해 통상의 기술자에게 자명하다. 이에 따라, 이러한 변형 및 대안 실시예는 또한 본 발명에 의해 부수적으로 포함되고, 본 발명의 범주는 단지 첨부된 특허 청구범위 및 이들의 등가물의 의미 내에서만 제한된다는 것이 통상의 기술자에게 자명하다.

도면

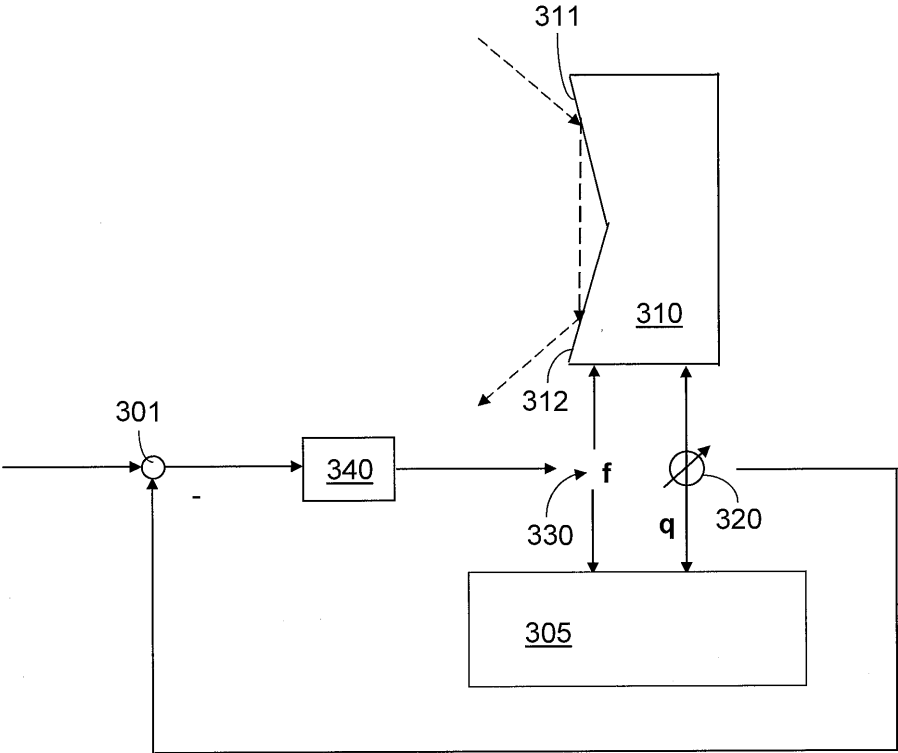
도면1



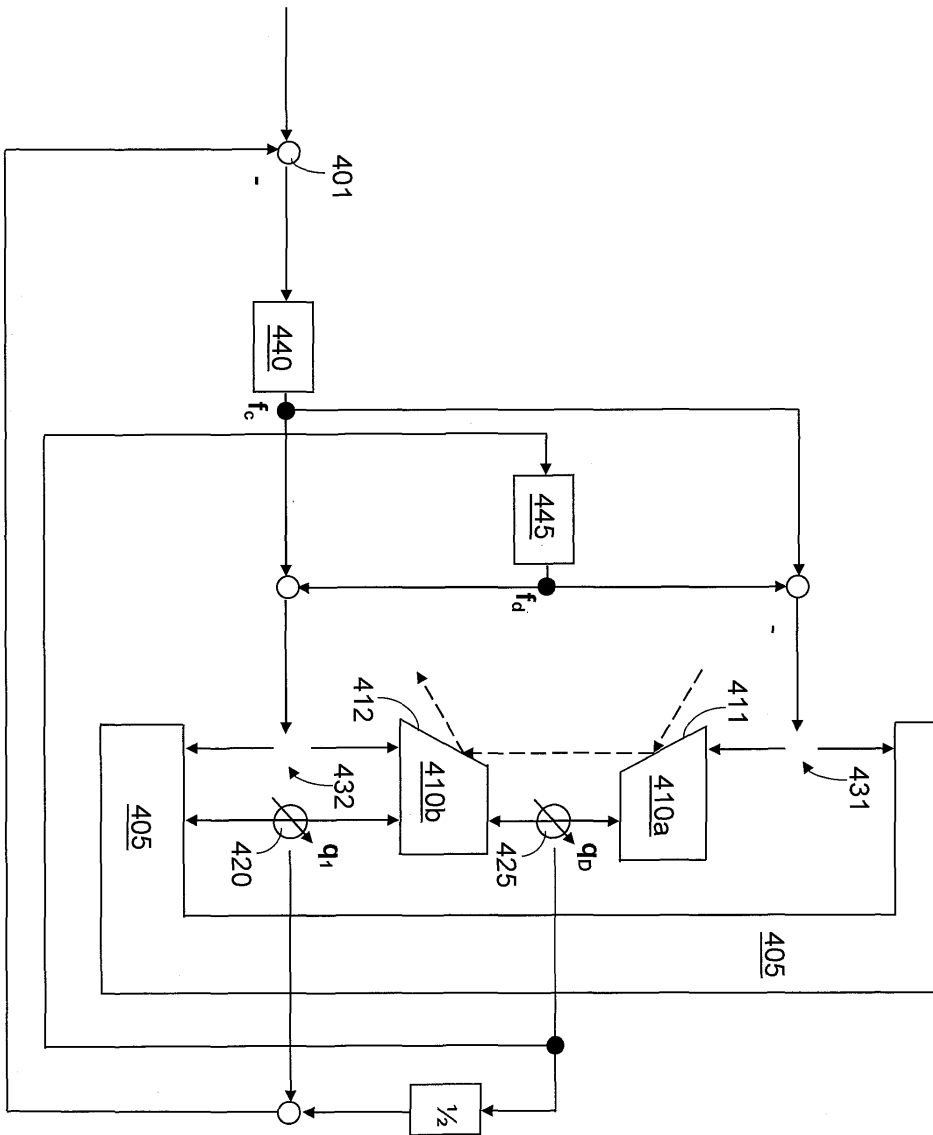
도면2



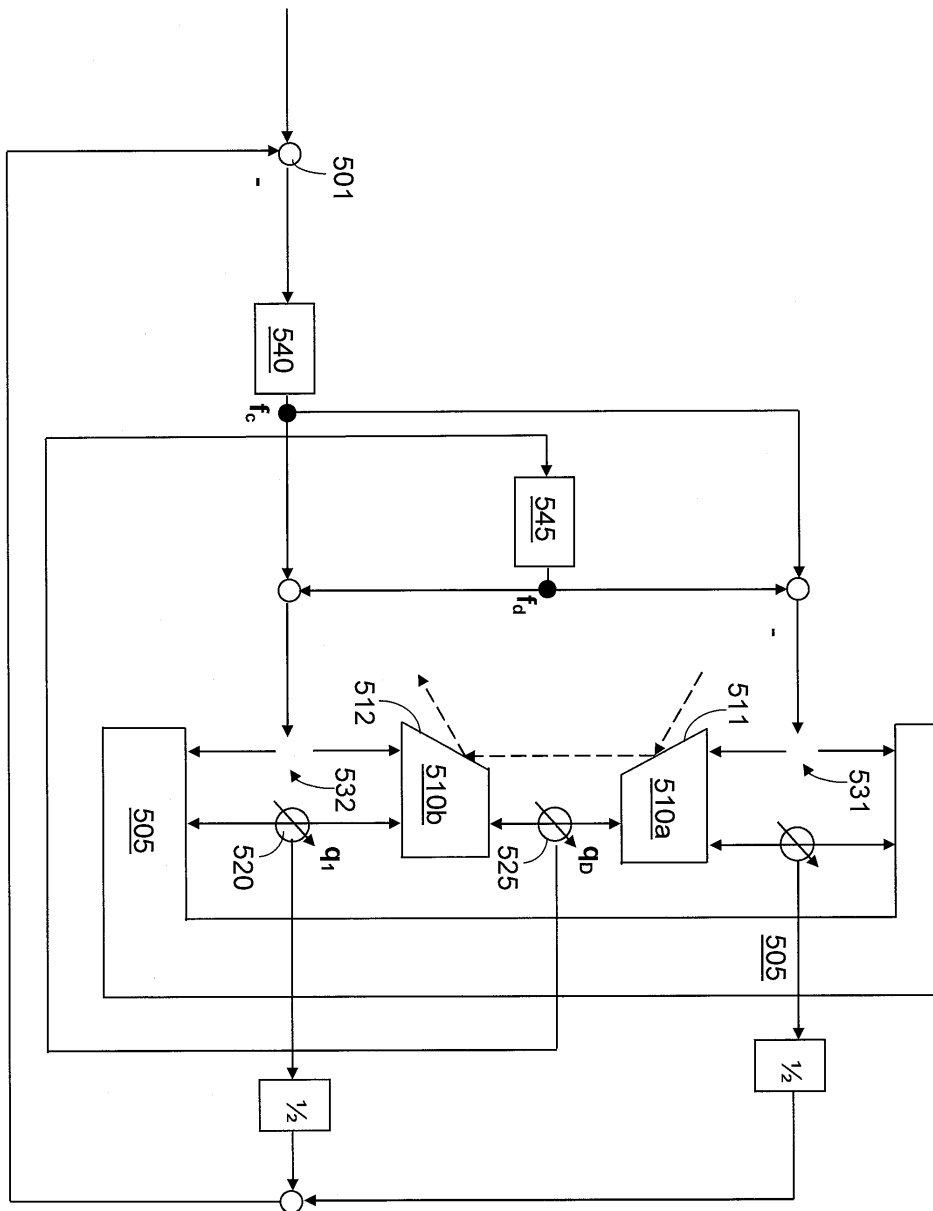
도면3



도면4

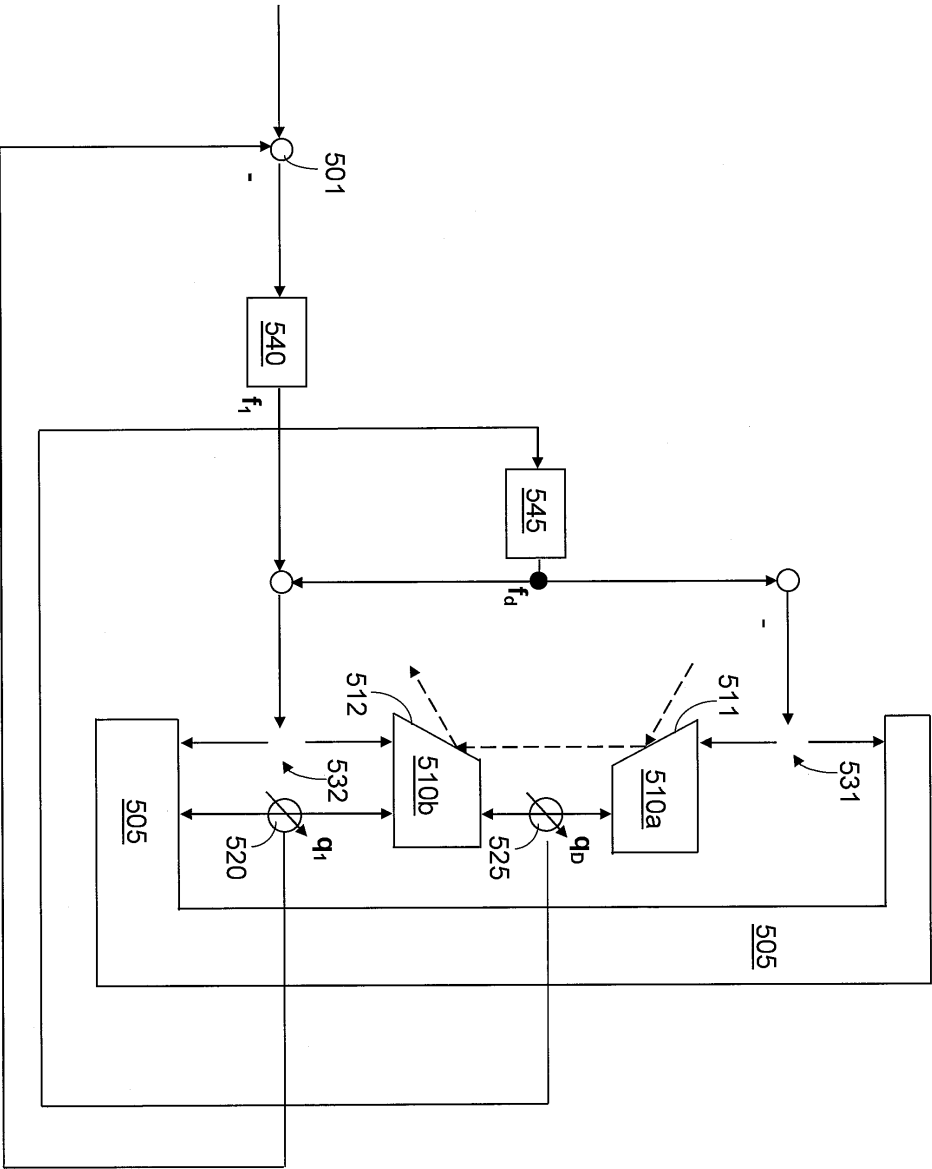


도면5a

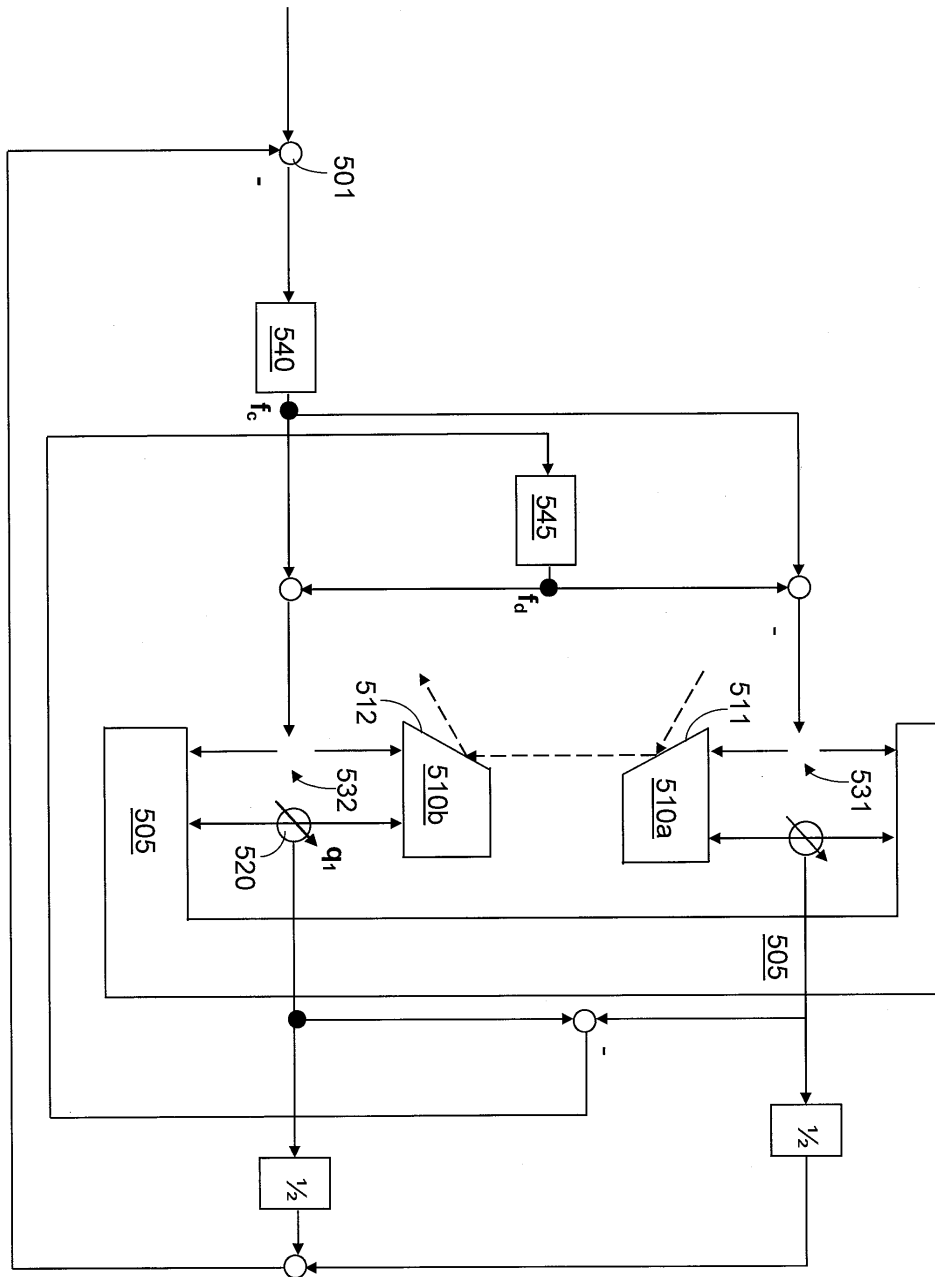




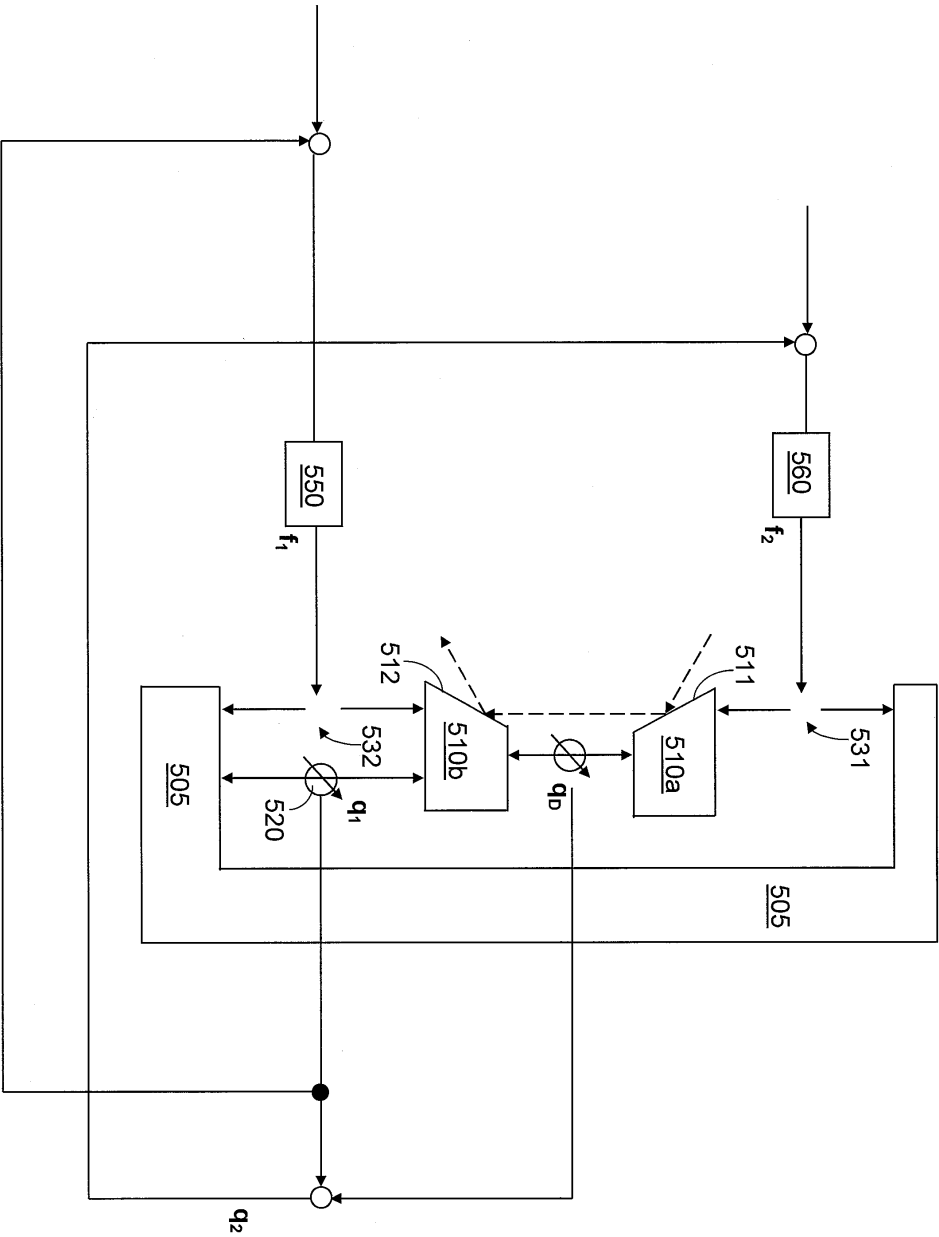
도면5b



도면5c



도면5d



도면6

