



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2016년07월13일  
 (11) 등록번호 10-1638766  
 (24) 등록일자 2016년07월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H01L 21/027 (2006.01) H01J 37/30 (2006.01)  
 H01J 37/317 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
 H01L 21/0275 (2013.01)  
 H01J 37/3007 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7020023(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2009년04월15일  
 심사청구일자 2015년07월23일
- (85) 번역문제출일자 2015년07월22일
- (65) 공개번호 10-2015-0091417
- (43) 공개일자 2015년08월10일
- (62) 원출원 특허 10-2010-7025645  
 원출원일자(국제) 2009년04월15일  
 심사청구일자 2014년04월15일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2009/054468
- (87) 국제공개번호 WO 2009/127659  
 국제공개일자 2009년10월22일
- (30) 우선권주장  
 61/045,243 2008년04월15일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
 JP11317357 A  
 JP2005032837 A  
 KR1020050065659 A  
 US20030155534 A1

- (73) 특허권자  
 마퍼 리쏘그래피 아이피 비.브이.  
 네덜란드 엔엘-2628 엑스케이 델프트 컴퓨터라안 15
- (72) 발명자  
 윌랜드, 얀 자코  
 네덜란드 엔엘-2612 지디 보에로에스트라트 23  
 반 빈, 알렉산더 헨드릭 빈센트  
 네덜란드 엔엘-3039 이알 로테르담 스타트하우더 스플레인 27씨
- (74) 대리인  
 특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 심병로

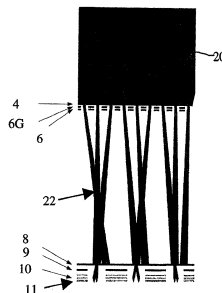
(54) 발명의 명칭 **비임렛 블랭커 배열체**

**(57) 요약**

본 발명은 다수의 비임렛을 이용하여 타겟(11)을 노출하기 위한 하전 입자 다중-비임렛 리쏘그래피 시스템에 관한 것이다. 상기 시스템은 비임 발생기, 비임렛 블랭커(6), 및 비임렛 투사기를 가진다. 비임 발생기는 복수의 하전 입자 비임렛을 발생하도록 구성된다. 비임렛 블랭커(6)는 비임렛을 패턴화하도록 구성된다. 비임렛 투사

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도7



기는 타겟 표면(11) 상으로 패턴화된 비임렛을 투사하도록 구성된다. 상기 시스템은 추가로 편향 장치를 가진다. 편향 장치는 복수의 메모리 셀을 가진다. 각각의 메모리 셀에는 저장 소자가 제공되고 편향기의 스위칭 전극으로 연결된다.

(52) CPC특허분류

**H01J 37/3177** (2013.01)

H01J 2237/0492 (2013.01)

H01J 2237/10 (2013.01)

H01J 2237/15 (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

복수의 빔렛을 사용하여 타겟을 노출시키기 위한 하전 입자 다중-빔렛 리소그래피 시스템(a charged particle multi-beamlet lithography system)으로서,

복수의 하전 입자 빔렛을 발생시키기 위한 빔 발생기(1,3,4);

상기 빔렛을 패턴화하기 위한 편향 장치(deflection device; 6)를 포함하는 빔렛 블랭커 어레이(6);

상기 빔렛을 차단하거나 또는 통과시키도록 상기 빔렛 블랭커 어레이와 함께 작동되는 빔 스탑 어레이(8);

상기 빔렛 블랭커 어레이 내의 광 민감성 소자들로 신호를 광학적으로 전달하기 위한 제어 유닛; 및

상기 타겟의 표면(11) 상으로 패턴화된 상기 빔렛을 투사하기 위한 빔렛 투사기(beamlet projector; 10);를 포함하며,

상기 편향 장치는, 내부에 형성된 복수의 통공(aperture)을 갖는 판으로서, 상기 블랭커의 평면에서 상기 통공들이 원형 단면을 갖는, 상기 판, 및 상기 통공들을 통해 통과하는 빔렛의 편향을 위해 상기 통공들과 연계되는 복수의 스위칭 전극을 포함하고,

각각의 통공에 대한 상기 스위칭 전극들 중의 하나 또는 복수는 원형(rounded) 또는 오목 형상을 가지고, 상기 광 민감성 소자들은 상기 제어 유닛으로부터 광학적으로 전달되는 제어 신호를 받아들이도록 배열되며,

상기 빔 스탑 어레이(8)는 그 내부에 형성된 복수의 통공을 갖는 기관을 포함하며, 상기 통공들은, 빔렛이 상기 빔렛 블랭커 어레이에 의해 편향되는지 여부에 따라, 각각의 빔렛이 상기 빔 스탑 어레이의 기관에 의해 차단되거나 또는 상기 빔 스탑 어레이 내의 대응하는 통공을 통과하여 지나가도록, 배열되며,

상기 빔 스탑 어레이 내의 통공들은, 원형이며(round), 상기 통공들을 통과하여 지나가는 각각의 빔렛의 단면을 제한하는 직경을 갖는,

하전 입자 다중-빔렛 리소그래피 시스템

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 빔 스탑 어레이를 통과하는 빔렛을 X 방향, Y 방향, 또는 X 방향 및 Y 방향으로 편향시키기 위한 빔렛 편향기 어레이(9)를 추가로 포함하는,

하전 입자 다중-빔렛 리소그래피 시스템.

**청구항 3**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 빔렛 투사기(10)는 상기 빔 스탑 어레이를 통과하는 빔렛을 상기 타겟 상으로 투사하기 위한 복수의 투사 렌즈를 포함하는,

하전 입자 다중-빔렛 리소그래피 시스템.

**청구항 4**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 빔 스태프 어레이 경계(limit) 내의 통공들은, 상기 타겟 상에서 10 nm 내지 30 nm의 기하학적 스폿 크기 (geometric spot size)를 갖는 빔렛 스폿을 생성하도록, 배열되는,

하전 입자 다중-빔렛 리쏘그래피 시스템.

#### 청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 시스템은 모든 전자 빔렛들의 공통 크로스-오버 없는 전자 빔 광학 시스템을 포함하는,

하전 입자 다중-빔렛 리쏘그래피 시스템.

#### 청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

다른 상기 스위칭 전극들이 상호 상이한 방향으로 편향시키도록 배열되는,

하전 입자 다중-빔렛 리쏘그래피 시스템.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 스위칭 전극들의 편향 방향들은 서로 반대 방향인,

하전 입자 다중-빔렛 리쏘그래피 시스템.

#### 청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 편향 장치는 복수의 메모리 셀을 추가로 포함하며, 각각의 메모리 셀엔 저장 소자가 제공되고, 상기 각각의 메모리 셀은 스위칭 전극 및 상기 메모리 셀에 전기적으로 커플링되는 상기 복수의 광 민감성 소자에 연결되며, 상기 저장 소자는 상기 제어 유닛에 의해 제어될 수 있는,

하전 입자 다중-빔렛 리쏘그래피 시스템.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 메모리 셀은 제 1 제어 라인 및 횡방향으로 배향되는 제 2 제어 라인의 교차부에 형성되는,

하전 입자 다중-빔렛 리쏘그래피 시스템.

#### 청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 저장 소자는 커패시터(capacitor)를 포함하는,

하전 입자 다중-빔렛 리쓰그래피 시스템.

**청구항 11**

제 8 항에 있어서,

상기 메모리 셀은 상기 저장 소자로 신호를 로딩하기 위한 하나 또는 복수의 스위칭 소자를 포함하는,

하전 입자 다중-빔렛 리쓰그래피 시스템.

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

삭제

**청구항 21**

삭제

**청구항 22**

삭제

**청구항 23**

삭제

**청구항 24**

삭제

**청구항 25**

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 하전 입자 다중 비임렛 리소그래피 시스템 또는 검사 시스템과 같은 하전 입자 다중-비임렛(beamlet) 시스템을 위한 투사 시스템, 및 이 같은 투사 시스템용 단부 모듈에 관한 것이다.

[0002] 본 발명은 더욱 상세하게는 편향 장치, 특히 하전 입자 다중-비임렛 리소그래피 시스템에서 이용하기 위한 비임렛 블랭커(blanker)에 관한 것으로, 상기 블랭커는 통공이 제공된 기판과, 그리고 통공 둘레에 배치되는 제 1 전극 및 제 2 전극을 구비한 편향기를 포함하며, 상기 편향기는 통공을 통과하는 하전 입자의 비임렛을 편향하기 위한 전기 신호를 수신한다.

[0003] 본 발명은 또한 하전 입자 다중-비임렛 리소그래피 시스템, 편향 방법 및 패턴을 타겟 표면으로 전달하는 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0004] 현재, 가장 상업적인 리소그래피 시스템은 저항 코팅을 구비한 웨이퍼와 같은, 타겟을 노출하기 위한 패턴 데이터를 저장 및 재생산하기 위한 수단으로서 마스크를 이용한다. 마스크리스(maskless) 리소그래피 시스템에서, 하전 입자(charged particle)의 비임렛은 타겟 상으로 패턴 데이터를 기록(write)하기 위해 이용된다. 비임렛은 필요한 패턴을 생성하기 위해 예를 들면 비임렛을 개별적으로 스위칭 온(=switch on) 및 오프(off)함으로써 개별적으로 제어된다.

[0005] 하전 입자 다중-비임렛 시스템에 대해 이용되는 하나의 타입의 설계는 예를 들면, 미국 특허 제 5,905,267호에

서 볼 수 있으며, 여기에서 전자 비임이 통공 어레이에 의해 다수의 비임렛으로 확대, 조준, 및 분리된다. 얻어진 이미지는 이어서 감소된 전자 광학 시스템에 의해 감소되어 웨이퍼 상으로 투사된다. 감소 전자 광학 시스템은 비임렛 모두를 함께 초점을 맞추어 축소되어, 전체 비임렛 세트가 이미지화되어 크기가 감소된다. 이러한 설계에서, 모든 비임렛은 공통 크로스-오버(cross-over)에서 교차되어, 비임렛 내의 하전 입자들 사이의 상호작용에 의해 비틀림 및 해상도의 감소를 초래한다.

[0006] 이 같은 공통 크로스-오버 없는 설계가 또한 제안되며, 여기에서 비임렛은 초점이 맞추어져 개별적으로 축소된다. 그러나, 다수의 비임렛을 가지는 이 같은 시스템이 구성될 때, 각각의 비임렛을 제어하기 위한 다중 렌즈를 제공하는 것이 비실용적이 된다. 다수의 개별적으로 제어되는 렌즈의 구성은 시스템에 복잡성을 부가하고, 렌즈들 사이의 피치는 각각의 렌즈에 대해 필요한 부품을 위한 공간을 허용하고 각각의 렌즈로 개별 제어 렌즈를 위한 접근을 허용하기에 충분하여야 한다. 이 같은 시스템의 더 큰 높이의 광학 컬럼은 유지되어야 하는 증가된 진공 용적 및 예를 들면 비임렛의 드리프트(drift)에 의해 발생하는 정렬 에러의 효과를 증가시키는 비임렛의 긴 길이와 같은 수 개의 단점을 초래한다.

[0007] 비임렛의 제어된 스위칭은 비임렛 블랭커를 이용하여 달성될 수 있다. 제어 신호에 의해 제어됨으로써, 비임렛은 제 1 기간(period) 동안 편향되고 제 2 기간 동안 편향 없이 계속된다. 편향되는 경우, 비임렛은 비임 중단부(beam stop)에서 종결된다. 편향되지 않는 경우, 비임렛은 비임 중단부를 통과한다. 이러한 방식으로, "패턴화된" 비임렛이 발생하고 비임 중단부 다음에 나타난다. 이러한 패턴화된 비임렛은 후속적으로 투사 렌즈 시스템에 의해 타겟 표면 상으로 투사된다. 고 해상도에 대해 이 같은 시스템의 상업적으로 수용가능한 처리량, 크기, 복잡성, 및 비용으로 작동되도록 설계된 리쏘그래피 시스템은 장애가 된다.

[0008] 하나의 이 같은 비임렛 블랭커는 Jpn. J. Appl. Phys. 제 32권(1993) 파트 1(Part 1), 제 12B 호, 6012-6017쪽으로부터 공지된다. 이러한 비임렛 블랭커는 1024 개의 비임렛의 개별 편향을 위한 어레이로서 구현된다. 어레이는 또한 각각 25 μm x 25 μm 크기의 사각형의 형태의 관통 홀로서 지칭되는, 1024개의 통공을 구비한 실리콘 기판을 포함한다. 가장 높은 와이어 밀도는 홀들 사이의 7개의 와이어이며, 각각의 와이어는 2 마이크로미터의 라인 폭 및 간격을 가진다. 전극은 40 마이크로미터의 두께로 금 도금으로 제공된다. 이 같은 비임렛 블랭커의 제조는 열 산화 실리콘 기판을 기초로 한다. 와이어 패터닝 후, 열 산화가 예칭된다. 특정 와이어의 금 도금 후, 실리콘 기판은 바닥 측으로부터 예칭된다. 제 1 전극은 U-형상 설계로 형성되고 접지 전극으로서 작동한다. 제 2 전극은 블록-형상이고 스위칭 전극으로서 작동한다. 개별 접지 전극은 상호 전기적으로 연결된다. 작동 중, 각각의 블랭킹 판에 대한 64 비트의 데이터가 160 ns 마다 DRAM으로부터(from a DRAM each 160 ns) 병렬로 판독되어 시프트 레지스터에 설정된다. 이들은 이어서 개별 와이어 위로 어레이 내의 각각의 스위칭 전극으로 전달된다.

[0009] 현존 하전 입자 비임 기술은 예를 들면 90 nm 및 더 높은 임계적 치수를 달성하도록 이미지의 상대적인 코스 패턴화(course patterning)를 위한 리쏘그래피 시스템에 적절하다. 그러나, 개선된 성능을 위한 요구에 대한 증가가 존재한다. 충분한 웨이퍼 처리량, 예를 들면 시간 당 10 내지 60 웨이퍼를 유지하면서 상당히 작은 임계치수, 예를 들면 20 nm를 달성하는 것이 바람직하다.

[0010] 이 같이 더 작은 최소 피쳐(feature) 크기의 달성은 단일의 하전 입자 비임렛의 스폿 크기에 직접 관련된다. 감소된 스폿 크기로 웨이퍼를 패턴화하기 위해, 더 많은 스폿이 주어진 표면적을 패턴화하기 위해 요구된다. 웨이퍼 처리량을 감소된 스폿 크기로 유지 하기 위해, 스폿 당 패턴화를 가속하기 위한 목표가 있다.

**발명의 내용**

[0011] 본 발명은 충분한 웨이퍼 처리량, 예를 들면 시간 당 10 내지 60 개의 웨이퍼를 유지하면서, 더 작은 임계적 크기, 예를 들면, 22nm를 달성할 수 있는 다중 비임렛 하전 입자 리쏘그래피 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다. 논문 Jpn.J.Appl.Phys 제 32권(1993) 6012-6017쪽은 블록 노출 및 스텐실(stencil) 마스크를 이용한 예비 실험을 공개한다. 논문은 임의적 패턴을 구비한 웨이퍼 및 반복적 패턴을 구비한 웨이퍼 사이에서 구별되는, 블랭커 장치의 해상도의 발전을 추측한다. 피쳐 크기와 처리량 사이의 선형 관계를 추정할 때, 반복적 패턴을 구비한 웨이퍼에 대해 20 nm 노드에서 시간 당 약 3개의 8" 웨이퍼의 처리량에 도달한다. 임의의 패턴에 대해, 속도는 100 nm 노드에 대해 100 배(a factor of 100) 만큼 많이 낮아 지는 것으로 표시된다.

[0012] 본 발명은 이 같은 임의의 패턴으로 12" 웨이퍼를 패턴화하는 것을 고려한다. 22 nm에서 시간 당 10 개의 웨이퍼에 도달하도록, 약 1000개의 처리량에서의 증가는 상술된 종래 기술에서의 추정과의 비교가 요구된다. 이러한 매우 증가된 처리량은 비임렛의 편향을 적절히 제어하기 위한 공학적 도전을 포함한다. 비임렛의 블랭킹 동

안의 에러가 리쓰그래피 공정 동안 정정될 수 없기 때문에 이는 더욱 임계적이 되어, 비임렛 블랭커에 대한 설명이 궁극적으로 엄격하게 될 것이 요구되도록 한다.

- [0013] 본 발명의 목적은 개별 편향기로 제어 신호의 높은 데이터 속도 전달이 가능한 리쓰그래피 시스템을 제공하는 것이다.
- [0014] 본 발명의 추가의 목적은 높은 처리량에 적절하고 블랭커의 기능적 품질에 관련된 요구조건을 충족하는 리쓰그래피 시스템을 제공하는 것으로, 어레이의 블랭커 편향기는 정확하게 수행된다.
- [0015] 본 발명의 또 다른 목적은 더 많은 비임렛 개수로 용이하게 확장가능한(scalable) 리쓰그래피 시스템을 제공하는 것이다.
- [0016] 본 발명의 추가 목적은 이 같은 리쓰그래피 시스템에서 이용하기 위한 편향기, 뿐만 아니라 편향기를 이용하기 위한 및 리쓰그래피 시스템을 이용하기 위한 방법들을 제공하는 것이다.
- [0017] 본 발명은 복수의 메모리 셀을 제공함으로써 상기와 같은 목적의 적어도 일 부를 충족하며, 각각의 셀에는 저장 소자가 제공되고 편향기로 연결된다. 개별 편향기로 제어 신호의 전달이 증가될 수 있고, 제어 신호가 국부적으로 이용가능한 저장 소자 내로 전달될 수 있는 것이 본 발명의 사상(insight)이다. 제어 신호는 한번 저장 소자 내로 로딩되며 이어서 블랭킹 기간 동안 판독된다. 저장 소자 내로 제어 신호의 이 같은 로딩은 제어 신호를 편향기로 직접 공급하는 것 보다 시간이 적게 든다. 이러한 시간은 이어서 다른 비임렛을 위한 편향기로 제어 신호를 제공하기 위해 이용가능하며 이는 매우 많은 개수의 비임렛을 구비한 시스템에서 더 높은 처리량을 가능하게 한다. 메모리 셀은 다른 셀과의 상호 작용 없이 작동할 수 있는 편향 장치의 개별적이고, 오히려 국부적인 부분이다. 특히 이 같은 기간의 시작에서 셀에 제공된 어떠한 제어 신호를 기초로 하여 시간 동안 작동하기 위해, 어드레스(address)되는 제어 입력을 기초로 하여 적절히 작동한다.
- [0018] 본 발명은 다수의 비임렛을 이용하여 타겟을 노출시키기 위한 하전 입자 다중-비임렛 시스템을 제공하며, 상기 시스템은 복수의 하전 입자 비임렛을 발생시키기 위한 비임 발생기, 및 패턴화된 비임렛을 타겟 표면으로 투사하기 위한 비임렛 투사기, 비임렛을 패턴화하기 위한 비임렛 블랭커, 및 타겟의 표면 상으로 패턴화된 비임렛을 투사하기 위한 비임렛 투사기를 포함하며, 리쓰그래피 시스템은 편향 장치를 포함하며, 편향 장치는 복수의 메모리 셀을 포함하며, 각각의 셀에는 저장 소자가 제공되고 편향기로 연결된다.
- [0019] 제 1 실시예에서, 저장 소자는 제어 신호가 로딩된 후 신호 출력을 제공하도록 배열된다. 이는 블랭커가 제어 신호의 제공과 관계 없이 시간에 따라(timewise) 작동하도록 한다. 이는 또한 제어 신호가 차례로 상이한 편향기로 로딩될 수 있도록 한다. 저장 소자는 신호에서의 변화의 경우에만 신호 출력을 제공하도록 배열될 수 있다. 선택적으로, 저장 소자는 제어 신호의 새로운 속도(refresh rate)와 적어도 동일한 주파수로 신호 출력을 제공하도록 배치된다. 바람직하게는, 저장 소자는 제어 신호의 새로운 속도 보다 더 높은 주파수로, 정기적으로 신호 출력을 제공하도록 배열된다. 가장 적절하게, 저장 소자는 연속적으로 출력 신호를 제공하도록 배치된다.
- [0020] 추가의 변형예에서, 저장 소자는 저장 소자에 제공된 판독 신호를 요구하지 않고 신호 출력을 제공하기 위해 배치된다. 이 같은 판독 신호의 제공은 부가 회로 및 비용 시간을 초래한다. 하나의 메모리 셀로부터 하나의 요소로부터 판독할 때, 판독 신호가 항상 요구된다. 편향기로 하나의 저장 소자의 커플링의 본 발명의 실시예에서, 판독 신호는 불필요하다.
- [0021] 적절한 실시에서, 저장 소자는 커패시터(capacitor)이다. 커패시터는 실제 판독 신호를 공급하지 않고 판독될 수 있고 소정의 기간 동안 신호 출력을 계속적으로 제공한다. 비록 커패시터가 블랭킹 기간 동안 편향기를 편향하기 위한 에너지 저장부로서 배치될 수 있지만, 바람직하게는, 제어 신호 자체의 저장부로서 배치된다. 커패시터의 부가 장점은 MOS 커패시터, 트랜치 커패시터, 금속 구조로 형성된 커패시터(인터코넥트(interconnect) 커패시터), 변형된 MOS 커패시터로서, 와류(parasitic) 커패시터로서, 또는 본 기술분야의 기술자에게 공지된 소정의 다른 적절한 타입으로서, 수 개의 위치 및 구성으로 실시될 수 있다는 것이다. 특히 매우 높은 데이터 속도 및 대응하는 짧은 블랭킹 기간에 대해, 이 같은 와류 커패시터가 간단하고 컴팩트한 구성을 허용하는 적절한 해결책일 수 있다.
- [0022] 메모리 셀은 저장 소자, 특히 커패시터 내로 제어 신호를 로딩하기 위한 스위칭 소자를 적절히 포함한다. 로드 작업 후, 스위치가 개방되고 커패시터는 소정의 출력 신호 레벨을 제공하게 된다.
- [0023] 복수의 메모리 셀이 하나의 어레이 내에 배치될 때, 이 같은 스위칭 소자는 제 1 및 제 2 제어 라인으로 적절한



전압의 인가에 의해 스위칭될 수 있다. 메모리 셀은 이어서 제어 라인의 교차부에 위치된다. 어레이 내로 메모리 셀의 배치는 제어 라인의 개수가 상당히 감소되어, 편향기의 구성을 단순화하고 제어 라인을 위해 요구되는 공간을 감소하는 장점을 가진다. 스위칭 소자의 바람직한 예는 CMOS 스위치, 즉, NMOS 및 PMOS 트랜지스터의 병렬 조합이다. 어레이는 전압 공급 채널을 더 포함할 수 있다.

[0024] 바람직하게는, 메모리 셀은 증폭기를 더 포함하고 저장 소자는 증폭기의 입력부에 커플링된다. 증폭기는 구동 전압을 편향기의 스위칭 전극으로 제공한다. 이는 가시적이고 확고한 해결책이다. 저장 소자는 국부적으로 이용가능한 증폭기의 제어 신호로서 효과적으로 이용된다. 이는 제어 신호로부터 전압 공급의 분리를 허용한다. 더욱이, 증폭기의 국부적 존재는 증폭기와 편향기 사이의 짧은 거리를 암시한다. 두 개의 효과적인 결과는 전력 손실을 감소한다. 이 것은 전력 손실이 블랭커 장치 내에서 소산되는 열을 초래하기 때문에 유용하다. 더욱이, 이러한 장치의 온도 변화는 치수(예를 들면 측방향 열 팽창), 및 마스크리스 리쓰그래피 시스템 내의 다른 소자와의 정렬 및 이에 따라 결과적인 패턴 전달의 균일도 및 정밀도에 영향을 준다.

[0025] 추가 실시예에서, 증폭기는 인버터를 포함한다. 인버터는 제어 신호를 증폭하기 위한 매우 적절한 토폴로지(topology)이다. 인버터는 증폭기의 출력이 저장 요소로부터 수용된 신호 보다 더 디지털 형상을 가지는 유익한 효과를 가진다. 즉, 편향기는 온 또는 오프된다. 이는 리쓰그래피 시스템의 패턴화 단계의 높은 정밀도를 얻는데 매우 중요한 단계이다.

[0026] 어레이가 전력 공급 및 클럭(clock)을 위한 개별 분배 채널을 가지는 것이 바람직하다. 부가적으로 접지는 적절히 개별적으로 분배된다. 비록 클럭 신호가 제어 신호 내에 포함될 수 있지만, 클럭 신호의 개별 분배는 향상된 결과를 제공한다. 클럭 신호는 예를 들면 증폭기로 분배된다. 이는 증폭기가 제어 신호의 바람직하게는 연속적인 제공과 관계없이 시간별로 작동할 수 있도록 한다.

[0027] 추가 실시예에서, 저장 요소의 로딩은 제어 유닛에 의해 제어되며, 제어 유닛으로부터의 신호는 편향 요소 내의 광 민감성 소자로 광학적으로 전달된다. 이 같은 광학 전달은 모든 제어 신호를 공급하는 적절한 방식이다- 이는 블랭커로의 일 Gbit/second 또는 그 초과 데이터 전달 속도를 용이하게 요구한다.

[0028] 적절하게는, 신호는 멀티플렉스 형태로 광학적으로 전달된다. 디멀티플렉서(demultiplexer)는 이어서 블랭커 장치 내에 존재한다. 부가적으로, 중간 메모리는 디멀티플렉싱의 시간 슬롯 동안 제어 신호를 저장하기 위해 존재한다. 적절하게, 이는 메모리 셀의 어레이에 인접하게 위치된다.

[0029] 본 발명의 레이아웃 실시에서, 다수의 어레이가 존재한다. 다수의 어레이에 대한 메모리 셀의 제공은 수 개의 장점을 가진다. 먼저, 개별 어레이들 사이의 공간은 언급된 분배 채널 및/또는 디멀티플렉서 및 중간 메모리를 위해 이용될 수 있다. 바람직하게는, 어레이 당 하나의 디멀티플렉서가 있다. 부가적으로, 공간은 기계적 지지부를 편향 장치로 제공하기 위해 이용될 수 있다. 편향 장치는 통공이 제공되는 반도체 기판을 적절하게 포함한다. 반도체 기판은 국부적으로 얇으며, 얇은 영역 내에 개별 통공이 편향기들 사이에 존재한다. 이 같은 장치는 용이하게 기계적으로 취약하여 정규의 기계적 지지부 없이는 파손, 진동 등에 노출될 수 있다. 적절하게, 어레이는 단일 서브-비임으로부터 형성되는 비임렛의 그룹의 편향을 위해 이용된다. 다수의 서브-비임은 신호 소스를 위한 하전 입자 비임으로부터 형성될 수 있다.

[0030] 본 발명에 따른 일 실시예에서, 편향기 및 다른 부품이 어레이 내에 존재하고, 증폭기, 저장 소자, 스위칭 소자, 제어 라인 및 분배 채널은 단일 칩 또는 집적 회로 내로 모두 통합된다. 이는 명백하게 복잡성 및 조립에 의한 손실을 방지한다.

[0031] 본 발명의 어레이에는 소정의 추가의 응용한 실시를 제공할 수 있다. 이러한 실시는 또한 복수의 메모리 셀의 존재하는 원리와 무관하게 적용될 수 있다.

[0032] 일 실시예에서, 제 1 및 제 2 전극들 중 적어도 하나가 통공의 형상과 합치되는 오목 형상을 가진다. 통공의 형상과 합치되는 오목 형상에 의해, 통공 크기 및 전극 크기 둘다 상당히 감소될 수 있다. 여전히, 결과적인 조합은 비임렛이충분히 편향하도록 편향 세기를 구비한 전기장을 제공할 수 있다. 충분한 편향은 여기서 후속하는 비임 중단 어레이 상의 위치를 향한 편향이며, 비임 중단 어레이에서 비임렛이 중단된다. 편향의 결과로서 다른 비임렛과의 어떠한 상호작용도 바람직하게는 방지된다.

[0033] 적절하게, 제 1 및 제 2 전극은 두 개의 동일한 거울-이미지 전극으로서 설계되고 두 개의 전극들 중 하나가 스위칭 전극으로서 작동하고 다른 하나가 접지 전극으로서 작동하도록 스위칭 일렉트로닉스와 함께 이용된다. 거울-형상 전극의 이용은 어레이의 어드레싱에서 부가 자유도를 제공하며; 비임렛은 전방 방향으로 그러나 또한 반대 극성의 전압을 구동하기 위한 요구 없이 편향될 수 있다. 선택적으로, 구동은 2 극성 원리, 즉 하나의 전

극 상의 +전압 및 다른 적극 상의 -전극을 이용하여 실시될 수 있다.

- [0034] 바람직한 일 실시예에서, 편향기의 어레이에는 상호 상이한 방향으로 편향되는 제 1 및 제 2 편향기가 제공된다. 이러한 실시예는 전극의 배향을 변화시킴으로써 용이하게 실시된다. 편향된 비입렛이 다른 비입렛과 간섭되지 않는 방향으로, 예를 들면 비입렛이 또 다른 편향되지 않는 비입렛의 궤도와 교차하지 않거나 예를 들면 전기적 척력에 의해 편향되지 않은 비입렛에 영향을 미치지 않는 방향으로 비입렛을 편향하기 위한 자유를 주는 것이 일반적으로 유익하다. 다른 비입렛들과의 상호작용의 방지는 비입렛이 비입렛 블랭커를 경사지게 통과하는 경우가 가장 관련된다.
- [0035] 본 발명의 특정 실시에서, 어레이 내의 편향기의 전극들은 비입렛의 입사 각도에 대응하여 배치된다. 적절하게는, 그룹 내의 비입렛은 각각의 그룹에 대한 공통 수렴 지점을 향하여 수렴하도록 조작된다. 이어서, 적어도 일부의 편향기는 이 같은 수렴 지점에 대해 동일한 거리, 즉 비입렛의 이 같은 거리에 대한 광학 축선 둘레의 중심 원상에 적절히 위치된다. 가장 적절하게는, 하나의 그룹의 비입렛이 하나의 어레이와 대응한다.
- [0036] 비입렛 조작기는 그룹 편향기 어레이를 포함할 수 있으며, 그룹 편향기 어레이는 바람직하게는 비-균일 편향 작용으로 개별 편향기 소자의 그룹별 장치(group-wise arrangement)를 포함한다. 각각의 그룹의 블랭킹되지 않은 비입렛은 바람직하게는 단일 수렴 지점으로 편향되어, 각각의 그룹의 비입렛이 상이한 수렴 지점을 향하여 지향된다. 그룹 편향기 어레이는 비입 블랭커와 통합될 수 있으며, 통합된 그룹 편향기/비입렛 블랭커는 각각의 그룹 내의 블랭킹되지 않은 비입렛을 공통 지점으로 수렴하도록 이루어지고 블랭킹된 비입렛은 공통 지점으로 수렴되지 않는다. 그룹 편향기는 내부에 통공이 형성된 판 및 각각의 통공과 관련된 전극을 포함할 수 있으며, 전극은 통공을 통과하는 비입렛을 편향하기 위한 전기 신호를 수신한다.
- [0037] 어레이 내에서 상이한 방향으로 적용될 때, 중앙 그룹이 전방으로 편향되고 주변 그룹이 후방으로 편향되는 것이 바람직하다. 용어 '전방' 및 '후방'은 마스크리스 리소그래피 시스템의 특정 실시예와 정렬되어 본 명세서에서 이용된다. 이러한 실시예에서, 비입렛은, 편향되지 않을 때, 경사진 방향으로, 즉 비입렛의 평면에 대해 수직하지 않은 방향으로, 비입렛 편향기를 통과한다. 용어 '전방' 및 '추가 전방'은 본 명세서에서 편향으로서 이해되어야 하고, 입사 각도가 증가한다. 용어 '후방'은 본 명세서에서 편향으로서 이해되어야 하고, 입사 각도가 감소한다.
- [0038] 추가 일 실시예에서, 비입렛 블랭커 어레이 및 통공 어레이의 하나의 조립체가 제공된다. 비입렛 블랭커 어레이를 하나의 조립체 내로 조합하는 것은 추후 스테이지에서 조립 단계들의 개수를 줄인다. 이 같은 부조립체의 형성은 필요한 정렬에 도달하기 위한 효과적인 방식이 된다. 적절하게는, 비입렛 블랭커 어레이 및 통공 어레이에는 각각 서로 정렬될 수 있는 기계적 포스트가 제공된다. 가장 바람직하게는 그러나 반드시 필요하지 않은, 어레이의 기계적 포스트는 서로 기계적으로 부착된다. 심지어 추가 실시예에서, 이러한 기계적 포스트는 하나 또는 둘 이상의 어레이들 사이에 형성된다. 기계적 포스트로, 부조립체의 기계적 안정성이 증가된다. 부가 장점은 기계적 포스트로 진동의 고유진동수가 감소된다. 이 같은 작은 구조에서의 진동은 높은 주파수를 가지는 경향이 있다. 이 같은 진동은 진공 컬럼에서 적절히 정정되지 않는다. 기계적 포스트를 제공함으로써, 어레이는 효과적으로 세분된다. 스펠 폭은 기계적 포스트로 감소되고 질량(mass)이 증가되어, 기계적 진동의 주요 감소를 초래한다.
- [0039] 상기 시스템은 또한 비입렛을 세이핑하기 위한 세이핑 통공 어레이를 포함할 수 있다. 통공 어레이는 서브-비입을 형성하도록 이루어지며 세이핑 통공 어레이는 서브-비입(서브-비입렛)으로부터 비입렛을 형성하기 위해 이루어지며, 상기 통공 어레이 및 세이핑 통공 어레이는 단일 유닛으로 통합된다. 그룹 편향기 어레이 및 세이핑 통공(shaping aperture)은 또한 단일 유닛으로 통합될 수 있다.
- [0040] 비입렛 조작기는 집광 렌즈 어레이 및 세이핑 통공 어레이를 선택적으로 포함할 수 있다. 집광 렌즈 어레이는 바람직하게는 투사 렌즈 시스템에 대응하는 지점에서 각각의 서브-비입을 포커싱(focusing)하도록 이루어진다. 세이핑 통공은 바람직하게는 각각의 포커싱 서브-비입으로부터 다수의 비입렛을 형성하기 위한 통공을 포함하며, 다수의 비입렛의 블랭킹되지 않은 비입렛은 투사 렌즈 시스템에 대응하는 지점 상으로 수렴한다. 통공 어레이는 바람직하게는 비입렛을 형성하기 위한 서브-비입 및 세이핑 통공 어레이를 형성하기 위해 이루어지며, 상기 통공 어레이 및 세이핑 통공 어레이는 바람직하게는 단일 유닛으로 통합된다.
- [0041] 비입렛 조작기는 또한 제 1 및 제 2 집광 렌즈 어레이 및 세이핑 통공 어레이를 포함할 수 있다. 제 1 집광 렌즈 어레이는 바람직하게는 제 2 집광 렌즈 어레이 앞에 공통 평면에서 서브-비입을 포커싱하기 위해 이루어지며, 제 2 집광 렌즈는 투사 렌즈 시스템들 중 하나에 대응하는 지점에서 각각의 서브-비입을 포커싱하

기 위해 이루어진다. 세이핑 통공 어레이는 바람직하게는 제 2 집광 렌즈 어레이에 의해 포커싱되는 각각의 서브-비입으로부터 다수의 비입렛을 형성하기 위한 통공을 포함하며, 다수의 비입렛의 블랭킹되지 않은 비입렛은 투사 렌즈 시스템들 중 하나에 대응하는 지점을 수렴한다.

- [0042] 상기 시스템 내에 발생된 비입렛의 개수는 바람직하게는 투사 렌즈 시스템의 개수 보다 많으며, 상기 시스템은 10,000 개 이상의 투사 렌즈 시스템을 포함할 수 있다. 상기 시스템 내에 발생된 비입렛의 개수는 바람직하게는 투사 렌즈 시스템의 개수의 3배 이상이 되며, 투사 렌즈 시스템의 개수의 10 내지 200 배가 될 수 있다.
- [0043] 본 발명의 또 다른 양태에 따라, 하나 이상의 하전 입자 비입렛을 편향하는 방법이 제공된다. 이러한 방법은 제어 신호를 편향기로 전달하는 단계 및 제어 신호를 기초로 하여 비입렛을 편향하는 단계를 포함한다. 여기서 제어 신호는 편향기에 연결된 메모리 셀 내의 저장 소자로 전달된다.
- [0044] 바람직하게는, 제어 신호는 저장 소자로 주기적으로 전달된다. 가장 적절하게는, 저장 소자가 제어 주기 동안 제어 신호를 연속적으로 제공한다.
- [0045] 일 실시예에서, 저장 소자 내의 제어 신호는 편향기의 스위칭 전극으로 구동 전압을 제공하는 증폭기의 입력으로서 이용된다. 증폭기는 바람직하게는 제어 신호를 평가하는 인버터를 포함하며, 증폭기는 디지털 출력을 가진다.
- [0046] 가장 적절하게는, 제어 신호는 제어 유닛으로부터 메모리 셀에 전기적으로 커플링되는 광 민감성 소자로 광학적으로 전달된다.
- [0047] 본 발명의 또 다른 양태에 따라, 하나 이상의 하전 입자 비입렛을 이용하여, 타겟 표면으로 패턴을 전달하는 방법이 제공된다. 상기 방법은 하나 이상의 하전 입자 비입렛을 발생하는 단계, 비입렛을 패턴화하도록, 미리한 정된 조정 패턴에 따라 비입렛을 편향하는 단계, 및 패턴화된 비입렛을 타겟 표면으로 투사하는 단계를 포함한다. 여기서, 편향 단계는 제어 신호를 편향기로 전달하는 단계 및 제어 신호를 기초로 하여 비입렛을 편향하는 단계에 의해 수행된다. 여기서 제어 신호는 편향기와 함께 메모리 셀 내에 위치되는 저장 소자로 전달된다.
- [0048] 본 발명의 이러한 방법은 전달된 패턴의 높은 정밀도를 유지하면서, 높은 처리 목표를 충족할 수 있다. 이러한 높은 정밀도는 본 발명의 편향된 방법의 높은 기능적 품질에 의한다. 결과적으로, 타겟 표면을 스캐닝하는 두 개의 사이클에서 패턴이 전달될 수 있다. 적절하게, 패턴의 주요 부분은 메인 사이클에서 전달되고 나머지 부분은 부가 사이클에서 전달된다. 이러한 "과잉 스캐닝(redundancy scanning)" 방법은 실패 회수를 상당히 감소시킨다. 미리 패턴 실패를 방지하기 위하여 블랭커 편향기가 정확하게 스위칭 오프되는 것이 이러한 과잉 스캐닝 방법을 수행하는데 중요하다. 또한, 부가 지시가 과잉 스캔을 수행하기 위해 개별 편향기 또는 편향기의 그룹으로 송신되는 것이 요구된다. 과잉 스캐닝의 원리는 본 명세서에서 전체적으로 참조되는, WO-A 2007/013802 호로서 발간된, PCT 특허 출원 PCT/NL2006/000386호에서 논의되었다.
- [0049] 본 발명의 또 다른 양태에 따라, 다수의 비입렛을 이용하여 타겟을 노출하기 위한 하전 입자 다중-비입렛 시스템이 제공되며, 상기 시스템은 하전 입자 비입을 발생하기 위한 하나 이상의 하전 입자 소스, 발생된 비입으로부터 개별 비입렛을 형성하기 위한 통공 어레이, 비입렛을 제어가능하게 블랭킹하기 위한 비입렛 블랭커, 및 타겟의 표면 상으로 비입렛을 투사하기 위한 투사 렌즈 시스템의 어레이를 포함하며, 비입렛 블랭커는 편향기의 그룹별로 배치된 서브-어레이를 포함한다.
- [0050] 비입렛 블랭커는 바람직하게는 내부에 복수의 통공이 형성된 판을 포함하며, 비입렛 블랭커의 각각의 편향기는 통공을 통과하는 비입렛을 편향하기 위한 통공과 관련된 스위칭 전극을 포함한다. 편향기의 그룹의 스위칭 전극은 바람직하게는 단일 라인의 배향으로 배치되는 전기 제어 라인으로 연결되고, 그룹의 두 개의 부분의 제어 라인은 바람직하게는 반대 방향으로 지향된다. 각각의 편향기는 바람직하게는 편향기의 스위칭 전극을 제어하기 위해 메모리 셀이 제공되며, 각각의 메모리 셀은 바람직하게는 두 개의 제어 라인으로 전기적으로 연결되며, 각각의 제어 라인은 그룹의 메모리 셀의 로(row) 또는 컬럼(column)으로 공통으로 연결된다. 비입렛 블랭커는 전압 공급 채널을 더 포함할 수 있다.
- [0051] 비입렛이 비입렛을 블랭킹하기 위해 편향되는 방향은 바람직하게는 비입렛의 그룹의 상이한 비입렛에 대해 상이하다. 블랭킹 방향은 바람직하게는 비입 중단 어레이의 장소에서, 블랭킹된 비입렛의 질량 중심이 실질적으로 상기 장소에서 블랭킹되지 않은 비입렛의 위치와 동일하도록 선택된다. 블랭킹된 비입렛의 편향의 방향은 또한 동적으로 변화되어, 비입 중단 어레이의 장소에서 블랭킹된 비입렛의 질량 중심이 상기 장소에서 블랭킹되지 않은 비입렛의 위치와 실질적으로 동일하다.

[0052] 본 발명의 또 다른 양태에 따라, 다수의 비입렛을 이용하여 타겟을 노출하기 위한 하전 입자 다중-비입렛 시스템이 제공되며, 상기 시스템은 복수의 하전 입자 비입렛을 발생하기 위한 비입 발생기, 타겟 표면으로 패턴화된 비입렛을 투사하기 위한 비입렛 투사기, 비입렛을 패턴화하기 위한 비입렛 블랭커, 및 타겟의 표면 상으로 패턴화된 비입렛을 투사하기 위한 비입렛 투사기를 포함하며, 비입렛 블랭커는 통공이 제공된 기관 및 미리결정된 조정 패턴에 따라 통공들 중 하나를 통과하는 비입렛을 편향하기 위한 제 1 및 제 2 전극을 구비한 편향기를 포함하며, 전극들 중 하나 이상은 오목 형상을 가진다.

[0053] 오목 형상을 가지는 전극들의 이용에 대한 수 개의 장점이 있다. 오목 형상이 통공의 형상과 합치되는 것이 가장 관련된다. 이어서 이러한 통공은 가장 적절하게는 블랭커의 평면에서 원형 단면을 가진다. 바람직하게는, 통공은 전체적으로 원통형이다. 이 같은 통공의 형상은 블록-형상 통공을 초래할 수 있는, 비점 수차 (astigmatic aberration)의 도입을 방지한다. 더욱이 이웃하는 편향기들 사이의 상호작용을 감소시킨다. 두 개의 효과는 편향기의 정밀도를 개선하는 것을 지지한다. 이들은 또한 편향기의 더 밀집한 패킹(packing)을 가능하게 한다.

[0054] 본 발명의 또 다른 양태에 따라, 다수의 비입렛을 이용하여 타겟을 노출시키기 위한 하전 입자 다중-비입렛 시스템이 제공되며, 상기 시스템은 복수의 하전 입자 비입렛을 발생시키기 위한 비입 발생기, 및 상기 패턴화된 비입렛을 타겟 표면으로 투사하기 위한 비입 투사기, 비입렛을 패턴화하기 위한 비입렛 블랭커, 및 타겟의 표면 상으로 패턴화된 비입렛을 투사하기 위한 비입렛 투사기를 포함하며, 블랭커는 통공의 제공된 기관 및 각각 예정된 조정 패턴에 따라 통공들 중 하나를 통과하는 비입렛을 편향하기 위한 제 1 및 제 2 전극 세트가 제공되는 제 1 및 제 2 편향기를 포함하며, 비입렛은 편향 장치에 대한 입사 각도를 포함하며, 입사 각도는 편향 장치에 대한 수직선에 대해(in comparison to) 형성되며, 제 1 편향기는 비입렛을 추가로 전방으로 편향하여, 비입렛의 입사 각도를 증가시키고, 반면, 제 2 편향기는 후방으로 비입렛을 편향하여, 비입렛의 입사 각도를 감소시킨다.

[0055] 본 발명의 리소그래피 시스템에 관련하여 설명된 실시예는 또한 편향기 장치, 편향 방법, 및 패턴을 전달하는 방법을 포함하는 본 발명의 다른 양태들 중 어느 하나에 적용가능하다. 본 발명의 편향 장치가 특히 마스크리스 리소그래피 시스템에서 이용하기 위한 비입렛 블랭커에서 이용하기에 적절하지만, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들면, 본 발명의 편향 장치는 또한 편향기를 기록하기 위해 유용하게 적용된다. 마스크리스 리소그래피 시스템은 비록 선택예가 배제되지 않지만 전자 비입 시스템에 적절하다. 메모리 셀은 하나의 개별 편향기에 연결되는 것이 바람직하다.

[0056] 본 발명의 다양한 양태가 도면에 도시된 실시예들을 참조하여 추가로 설명된다.

**도면의 간단한 설명**

[0057] 도 1은 하전 입자 다중-비입렛 리소그래피 시스템의 일 예의 단순화된 개략적인 도면이며,  
 도 2는 도 1의 리소그래피의 단부 모듈의 단순화된 개략적인 측면도이며,  
 도 3은 그룹 편향 어레이를 포함하는 리소그래피 시스템의 단순화된 개략도이며,  
 도 4는 형성된 통공 어레이를 더 포함하는 도 3의 시스템의 단순화된 개략도이며,  
 도 5는 두 개의 집광 어레이 및 형성된 통공 어레이를 포함하는 선택적인 실시예이며,  
 도 6은 단일 집광 어레이 및 형성된 통공 어레이를 포함하는 또 다른 실시예이며,  
 도 7은 그룹 편향 어레이를 포함하는 단순화된 실시예이며,  
 도 8 내지 도 10은 투사 렌즈 당 단일 비입렛에 대한 도 4의 실시예들의 선택적인 실시예이며,  
 도 11a 및 도 11b는 투사 렌즈 당 다중 비입렛의 개념을 도시하는 개념도이며,  
 도 12, 12a 및 도 12b는 본 발명의 제 2의 단순화된 실시예를 도시하며,  
 도 13a 및 도 13b는 투사 렌즈 배열체 당 다중 비입렛의 장점을 도시하며,  
 도 14 및 도 15는 변형되지 않거나 상대적으로 간단한 소스 및 투사 렌즈 시스템의 이용을 허용하는 추가의 실시예이며,  
 도 16은 비입렛 블랭커 어레이(6)에 대한 가능한 레이아웃을 보여주는 도면이며,

- 도 17은 비임 블랭커 어레이(6)와 조합된 통공 어레이를 도시하며,
- 도 18a 및 도 18b는 그룹 편향기 어레이 또는 비임 블랭커 어레이를 위한 편향기의 일 실시예의 개략적인 도면이며,
- 도 19a 및 도 19b는 그룹 편향기 어레이 또는 비임 블랭커 어레이를 위한 편향기의 선택적인 실시예의 개략적인 도면이며,
- 도 20은 제 1 실시예의 편향기에 연결되는 메모리 셀의 회로도이며,
- 도 21은 제 2 실시예의 편향기에 연결되는 메모리 셀의 회로도이며,
- 도 22는 편향기의 일 실시예의 개략도이며,
- 도 23은 편향기의 어레이의 개략적인 단면도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0058] 도면을 참조하여 단지 예시적으로 제공되는, 본 발명의 다양한 실시예들의 설명이 후술된다.
- [0059] 도 1은 모든 전자 비임렛의 공통 크로스-오버 없이 전자 비임 광학 시스템을 기초로 하는 하전 입자 다중-비임렛 리쏘그래피 시스템의 일 실시예의 단순화된 개략도이다. 이 같은 리쏘그래피 시스템은 본 발명의 소유자에게 양도되고 본 명세서에서 전체적으로 참조되는, 미국 특허 제 6,897,458호 및 제 6,958,804호 및 제 7,129,502호에서 예시적으로 설명된다. 도 1에 도시된 실시예에서, 리쏘그래피 시스템은 균일하게 확대되는 팽창 전자 비임(20)을 형성하기 위한 전자 소스(1)를 포함한다. 비임 에너지는 바람직하게는 약 1 내지 10 keV의 범위로 상대적으로 낮게 유지된다. 이를 달성하기 위해, 가속 전압은 낮은 것이 바람직하고, 비록 다른 세팅도 이용될 수 있지만, 전자 소스는 바람직하게는 접지 포텐셜(ground potential)에서 타겟에 대해 약 -1 내지 -10 kV 사이로 유지된다.
- [0060] 전자 소스로부터의 전자 비임(20)은 이중 옥토폴(octopole; 2) 및 이에 후속하여 전자 비임(20)을 시준하기 위한 시준기 렌즈(collimator lens; 3)를 통과한다. 후속적으로, 전자 비임(20)은 통공 어레이(4) 상에 충돌하고, 통공 어레이는 비임의 부분을 차단하여 다수의 비임렛(21)이 통공 어레이(4)를 통과하는 것을 허용한다. 통공 어레이는 바람직하게는 관통 홀을 가지는 판을 포함한다. 따라서, 다수의 평행한 전자 비임렛(21)이 생성된다. 비록 더 많거나 더 적은 비임렛을 이용하는 것이 물론 가능하지만, 상기 시스템은 많은 개수의 비임렛(21), 바람직하게는 약 10,000 내지 1,000,000개의 비임렛을 생성한다. 다른 공지된 방법이 또한 시준된 비임렛을 생성하기 위해 이용될 수 있다.
- [0061] 다수의 전자 비임(21)은 비임렛 블랭커 어레이(beamlet blanker array; 6)의 평면에서 각각의 전자 비임렛(21)을 포커싱하는 집광 렌즈 어레이(5)를 통과한다. 이러한 비임렛 블랭커 어레이(6)는 바람직하게는 하나 또는 둘 이상의 전자 비임렛(21)을 각각 편향할 수 있는 다수의 블랭커를 포함한다. 집광 렌즈 어레이(5) 및 비임렛 블랭커 어레이(6)는 더욱 상세하게 후술된다.
- [0062] 후속적으로, 전자 비임렛(21)은 단부 모듈(7)로 들어간다. 단부 모듈(7)은 바람직하게는 다양한 부품을 포함하는 삽입가능하고, 교체가능한 유닛으로서 구성된다. 이러한 실시예에서, 비록 요구되는 것들 모두 단부 모듈 내에 포함되는 것은 아니고 이들이 달리 배치될 수 있지만, 단부 모듈은 비임 중단(stop) 어레이(80), 비임 편향기 어레이(9), 및 투사 렌즈 배열체(10)를 포함한다. 단부 모듈(7)은, 다른 기능 중에서, 약 25 내지 50 배, 바람직하게는 50 내지 200배의 범위의 축소를 제공한다. 약간 더 적은 축소가 패터화된 비임렛을 발생하는 시스템에서 요구된다. 단부 모듈(7)은 바람직하게는 후술되는 바와 같이 비임렛을 편향한다. 단부 모듈(7)로부터 나온 후, 비임렛(21)은 타겟 표면에 위치되는 타겟(11)의 표면에 충돌한다. 리쏘그래피 작용을 위해, 타겟은 통상적으로 하전-입자 민감 층 또는 저항 층이 제공된 웨이퍼를 포함한다.
- [0063] 단부 모듈(7)에서, 전자 비임렛(21)은 먼저 비임 중단 어레이(8)를 통과한다. 이러한 비임 중단 어레이(8)는 주로 비임렛의 개방 각도를 결정한다. 이러한 실시예에서, 비임 중단 어레이는 비임렛의 관통을 허용하기 위한 통공의 어레이를 포함한다. 기본적인 형태에서, 비임 중단 어레이는 다른 형상이 이용될 수도 있지만 통상적으로 원형 홀인, 관통 홀이 제공된다. 일 실시예에서, 비임 중단 어레이(8)의 기관은 일정간격으로 이격된 관통 홀의 어레이를 구비한 실리콘 웨이퍼로 형성되며, 표면 하전을 방지하기 위해 금속 표면 층으로 코팅될 수 있다. 일 실시예에서, 금속은 CrMo와 같은, 천연(nature)-산화물 스킨 층을 형성하지 않는 타입이다.

- [0064] 일 실시예에서, 비임 중단 어레이(8)의 통로가 비임렛 블랭커 어레이(6)의 소자와 정렬된다. 비임렛 블랭커 어레이(6) 및 비임 중단 어레이(8)는 비임렛(21)을 차단 또는 통과시키기 위해 함께 작동한다. 비임렛 블랭커 어레이(6)가 비임렛을 편향하는 경우, 비임렛은 비임 중단 어레이(8) 내의 대응하는 통공을 통과하지 않고, 대신 비임 중단 어레이(8)의 기관에 의해 차단된다. 비임렛 블랭커 어레이(6)가 비임렛을 편향하지 않는 경우, 이어서 비임렛은 비임 중단 어레이(8) 내의 대응하는 통공을 통과하지 않으며 이어서 타겟(11)의 표면 상의 스폿으로서 투사된다. 이러한 방식으로, 개별 비임렛은 효과적으로 스위치 온 및 오프될 수 있다.
- [0065] 다음으로, 비임렛은 편향되지 않은 비임렛(21)의 방향에 대해 실질적으로 수직인, X 및/또는 Y 방향으로 각각의 비임렛(21)의 방향에 제공되는 비임 편향기 어레이(9)를 통과한다. 다음으로, 비임렛(21)은 투사 렌즈 배열체(10)를 통과하고 타겟 표면에서 통상적으로 웨이퍼인, 타겟(11) 상으로 투사된다.
- [0066] 투사된 스폿 내에서 및 타겟 상의 투사된 스폿 중 모두에서 전류 및 하전의 일치 및 균일성을 위해, 그리고 비임 중단판(8)이 주로 비임렛의 개방 각도를 결정할 때, 비임 중단 어레이(8) 내의 통공의 직경은 바람직하게는 비임렛이 비임 중단 어레이에 도달할 때 비임렛의 직경 보다 작다. 일 실시예에서, 비임 중단 어레이(8)의 통공은 5 내지 20  $\mu\text{m}$ 의 범위에 있는 직경을 가지며, 반면 상술된 실시예에서 비임 중단 어레이(8) 상에 충돌하는 비임(21)의 직경이 통상적으로 약 15 내지 75  $\mu\text{m}$ 의 범위 내에 있다.
- [0067] 본 발명의 예에서 비임 중단판(8)의 통공의 직경은 비임렛의 단면을 5 내지 20  $\mu\text{m}$ 의 직경 내의 상술된 값으로, 그리고 더욱 바람직하게는 5 내지 10  $\mu\text{m}$ 의 범위로 제한하며, 그렇지 않으면 30 내지 75  $\mu\text{m}$ 의 범위의 직경 값이 된다. 이러한 방식으로, 단지 비임렛의 중앙 부분은 타겟(11) 상으로 투사를 위한 비임 중단판(8)을 관통하는 것을 허용한다. 비임렛의 이러한 중앙 부분은 상대적으로 균일한 하전 밀도를 가진다. 비임 중단 어레이(8)에 의한 비임렛의 원주위 섹션의 이 같은 컷-오프(cut-off)는 또한 주로 시스템의 단부 모듈(7) 내의 비임렛의 개방 각도, 뿐만 아니라 타겟(11)에서 전류의 양을 결정한다. 일 실시예에서, 비임 중단 어레이(8)의 통공은 원형이어서 일반적으로 균일한 개방 각도를 가진 비임렛을 초래한다.
- [0068] 도 2는 단부 모듈(7)의 일 실시예를 더 상세하게 보여주면, 비임 중단 어레이(8), 편향 어레이(9), 및 타겟(11) 상으로 전자 비임렛을 투사하는 투사 렌즈 배열체(10)를 보여준다. 비임렛(21)은 타겟(11) 상으로 투사되어, 바람직하게는 직경이 약 10 내지 30 나노미터, 더욱 바람직하게는 약 20 나노미터의 지오메트릭 스폿 크기를 초래한다. 이 같은 설계의 투사 렌즈 배열체(10)는 바람직하게는 약 100 내지 500 배의 축소를 제공한다. 이러한 실시예에서, 도 2에 도시된 바와 같이, 비임렛(21)의 중앙 부분은 먼저 비임 중단 어레이(8)를 통과한다(비임렛의 중앙 부분은 비임렛 블랭커 어레이(6)에 의해 편향되지 않는 것으로 가정한다). 이어서, 비임렛은 비임 편향기 어레이(9)의 편향 시스템을 형성하는 순서로 배치되는 편향기 또는 편향기 세트를 관통한다. 비임렛(21)은 후속적으로 투사 렌즈 배열체(10)의 전자-광학 시스템을 관통하고 마지막으로 타겟 표면 내의 타겟(11) 상으로 충돌한다.
- [0069] 도 2에 도시된 실시예에서, 투사 렌즈 배열체(10)는 정전 렌즈의 어레이를 형성하기 위해 이용되고 순서대로 배열되는 3개의 판(12, 13 및 14)을 가진다. 판(12, 13 및 14)은 바람직하게는 그 안에 형성된 통공을 가진 판 또는 기관을 포함한다. 통공은 바람직하게는 비록 다른 형상도 이용될 수 있지만, 기관을 관통하는 원형 홀로서 형성된다. 일 실시예에서, 기관은 반도체 칩 산업에서 널리 공지된 공정 단계들을 이용하여 처리된 실리콘 또는 다른 반도체로 형성된다. 통공은 예를 들면 반도체 제조 산업에서 공지된 리소그래피 및 에칭 기술을 이용하여 기관에 편리하게 이용될 수 있다. 이용된 리소그래피 및 에칭 기술은 바람직하게는 통공의 위치, 크기 및 형상에서 균일성을 보장하도록 충분히 정밀하게 제어된다. 이러한 균일성은 필요조건의 제어가 각각의 비임렛의 초점 및 경로를 개별적으로 제어하는 것을 허용한다.
- [0070] 통공의 위치의 균일도, 즉 통공들 사이의 균일한 거리(피치) 및 기관의 표면 상의 통공의 균일한 배치는 타겟 상에 균일한 그리드 패턴을 생성하는 밀집하게 패키징된 비임렛으로 시스템의 제조를 허용한다. 통공들 사이의 피치가 50 내지 500 마이크로인 일 실시예에서, 피치에서의 편차는 바람직하게는 100 나노미터 또는 그 미만이다. 더욱이, 다중 판이 이용되는 시스템에서, 각각의 판에서의 대응하는 통공이 정렬된다. 판들 사이의 통공에서의 오정렬은 상이한 축선들을 따른 초점 거리에서의 차이를 일으킬 수 있다.
- [0071] 통공의 크기에서의 균일도는 통공의 위치에 형성된 정전 투사 렌즈에서의 균일도를 가능하게 한다. 렌즈의 크기에서의 편차는 포커싱에서의 편차를 초래하여, 일부 비임렛이 타겟면 상의 포커싱을 하도록 하고, 나머지는 타겟 표면 상에 포커싱을 하지 못하도록 한다. 통공의 크기가 50 내지 150 마이크로인 일 실시예에서, 크기에서의 편차가 바람직하게는 100 나노미터 또는 그 미만이다.

- [0072] 통공의 형상의 균일도는 또한 중요하다. 원형 홀이 이용되면, 홀의 원형의 균일도는 양 방향으로 동일하게 되는 결과적인 렌즈의 초점 길이를 초래한다.
- [0073] 기관은 바람직하게는 전극을 형성하도록 전기 전도성 코팅으로 코팅된다. 전도성 코팅은 바람직하게는 통공 들레 및 홀 내부의 판의 표면들 모두를 덮는 각각의 기관 상에 단일 전극을 형성한다. 예를 들면 반도체 제조 산업에서 널리 공지된 기술을 이용하여 판 상으로 증착되는, 몰리브덴과 같은 전도성의 자연적인 산화물을 구비한 금속은 바람직하게는 전극을 위해 이용된다. 전기 전압은 각각의 통공의 위치에 형성된 정전 렌즈의 형상을 제어하도록 각각의 전극으로 인가된다. 각각의 전극은 완전한 어레이를 위한 단일 제어 전압에 의해 제어된다. 따라서, 3개의 전극 렌즈를 구비하여 도시된 실시예에서, 수천개의 렌즈 모두에 대해 단지 3개의 전압이 있게 된다.
- [0074] 도 2는 각각 전극으로 인가되는 전기 전압(V1, V2 및 V3)을 가지는 판(12, 13 및 14)을 보여준다. 판(12 및 13), 및 판(13 및 14)의 전압들 사이의 전압 차이는 판 내의 각각의 통공의 장소에서 정전 렌즈를 형성한다. 이는 통공의 어레이 내의 각각의 위치에서 상호 정렬되는 정전 렌즈의 "수직" 세트를 형성하여, 투사 렌즈 시스템의 어레이를 생성한다. 각각의 투사 렌즈 시스템은 각각의 판의 통공의 어레이의 대응하는 지점에 형성된 정전 렌즈의 세트를 포함한다. 투사 렌즈 시스템을 형성하는 정전 렌즈의 각각의 세트는 단일 유효 투사 렌즈로서 고려될 수 있으며, 이는 하나 또는 둘 이상의 비임렛을 포커싱하고 축소하며, 효과적인 초점 길이 및 효과적인 축소를 가진다. 단지 단일 판이 이용되는 시스템에서, 단일 전압은 접지면과 관련하여 이용될 수 있어, 정전 렌즈가 판 내의 각각의 통공의 위치에 형성되도록 한다.
- [0075] 통공의 균일도에서의 변화는 통공의 장소에서 형성되는 정전 렌즈에서의 변화를 초래한다. 통공의 균일도는 균일한 정전 렌즈를 초래한다. 따라서, 3개의 제어 전압(V1, V2 및 V3)은 많은 개수의 전자 비임렛을 포커싱하고 축소하는 균일한 정전 렌즈의 어레이를 형성한다. 정전 렌즈의 특성은 3개의 제어 전압에 의해 제어되어, 비임렛 모두의 포커싱 및 축소의 양이 이러한 3개의 전압을 제어함으로써 제어될 수 있도록 한다. 이러한 방식으로, 단일 공통 제어 신호는 매우 많은 개수의 전자 비임렛을 축소하고 포커싱하기 위한 정전 렌즈의 전체 어레이를 제어하기 위해 이용될 수 있다. 공통 제어 신호는 두 개 또는 세 개 이상의 판들 사이의 전압 차이로서 또는 각각의 플레이트를 위해 제공될 수 있다. 상이한 투사 렌즈 배열체에서 이용되는 판의 개수가 변화될 수 있으며, 공통 제어 신호의 개수는 또한 변화될 수 있다. 통공이 균일한 배치 및 크기를 가지는 경우, 이는 하나 또는 둘 이상의 공통 제어 신호를 이용하여, 전자 비임렛의 포커싱, 비임렛의 축소를 가능하게 한다. 도 2의 실시예에서, 3개의 제어 전압(V1, V2 및 V3)을 포함하는 3개의 공통 신호는 따라서 비임렛(21) 모두를 포커싱하고 축소하기 위해 이용된다.
- [0076] 투사 렌즈 장치는 바람직하게는 타겟 표면 상으로 비임렛을 포커싱하기 위한 포커싱 수단 모두를 형성한다. 이는 개별 전자 비임렛의 포커싱 및/또는 경로의 정정이 요구되지 않도록 비임렛의 충분히 균일한 포커싱 및 축소를 제공하는, 투사 렌즈의 균일도에 의해 가능하게 된다. 이는 시스템의 제조를 단순화하고, 시스템의 제어 및 조정을 가능하게 하고 시스템의 크기를 상당히 감소시킴으로써, 전체 시스템의 비용 및 복잡성이 상당히 감소된다.
- [0077] 일 실시예에서, 투사 렌즈가 형성되는 통공의 배치 및 크기가 0.05% 보다 향상된 초점 길이 균일도를 달성하도록 하나 또는 둘 이상의 공통 제어 신호를 이용하여 전자 비임렛의 초점을 가능하게 하기에 충분한 허용오차 내에서 제어된다. 투사 렌즈 시스템은 공칭 피치로 떨어져 이격되고 각각의 전자 비임렛은 타겟의 표면 상에 스폿을 형성하도록 포커싱된다. 판 내의 통공의 배치 및 크기는 공칭 피치의 0.2%보다 작은 타겟의 표면 상에 스폿의 공간 분포에서의 변화를 달성하기에 충분한 허용오차(tolerance) 내에서 제어되는 것이 바람직하다.
- [0078] 투사 렌즈 배열체(10)는 서로 근접하게 배치되는 판들(12, 13, 14)과 조밀하게 되어, 전극상에 이용된 상대적으로 낮은 전압에도 불구하고(전자 비임 광학에 통상적으로 이용된 전압에 비해), 매우 큰 전기장을 형성할 수 있다. 이러한 높은 전기장은 작은 초점 거리를 가지는 정전 투사 렌즈를 형성하는데, 이는 정전 렌즈에 대해 초점 길이가 전극들 사이의 정전기장 세기에 의해 나누어진 비임 에너지에 비례한 것으로서 평가될 수 있기 때문이다. 앞의 10 kV/mm가 실현되는 이러한 양태에서, 본 발명의 실시예는 바람직하게는 제 2 판(13)과 제 3 판(14) 사이의 25 내지 50 kV/mm의 범위 내의 전위차를 인가한다. 이러한 전압(V1, V2 및 V3)은 바람직하게는 제 2 및 제 3 판(13 및 14) 사이의 전압에서의 차이가 제 1 및 제 2 판(12 및 13) 사이의 전압에서의 차이 보다 크도록 설정된다. 이는 각각의 투사 렌즈 시스템의 효과적인 렌즈 평면이 렌즈 개구에서 판들(13 및 14) 사이의 곡선형 점선에 의해 도 2에 표시된 바와 같이, 판들(13 및 14) 사이에 위치하도록 판들(13 및 14) 사이에 형성되는 더 도수가 강한(stronger) 렌즈를 초래한다. 이는 타겟에 더 근접한 효과적인 렌즈 평면을 배치하여 투사

렌즈 시스템이 더 짧은 초점 길이를 가지는 것을 가능하게 한다. 간단하게, 도 2의 비임렛이 편향기(9)로부터, 예를 들면, 추적된 레이(ray) 도시에서와 같이, 비임렛(21)의 포커싱의 더욱 정밀한 표시가 렌즈 시스템(10)의 실제 렌즈면이 판들(13 및 14) 사이에 있는 것을 표시할 때 포커싱되는 것으로 도시되는 것을 추가로 주목한다. 또한 최하 판(14)과 타겟면(11) 사이의 거리(d3)가 짧은 초점 길이를 허용하도록 이러한 설계에서 매우 작아야 한다는 것에 주목하여야 한다.

[0079] 전극 전압(V1, V2 및 V3)은 바람직하게는 전압(V2)이 전압(V1) 보다 전자 소스(1)의 전압에 더 근접하게 되도록 설정되어, 비임렛(21) 내의 하전 입자의 감속을 초래한다. 일 실시예에서, 타겟은 0 V(접지 전위)이고 전자 소스는 타겟에 대해 -5 kV이고, 전압(V1)은 약 -4 kV이고, 전압(V2)은 약 -4.3 kV이다. 전압(V3)은 타겟에 대해 약 0 V이고, 이는 타겟의 토폴로지(topology)가 평평하지 않은 경우 비임렛에서 교란을 일으킬 수 있는 판(14)과 타겟 사이의 강한 전기장을 회피한다. 판들(및 투사 시스템의 다른 부품) 사이의 거리는 바람직하게는 작다. 이러한 배열체로, 포커싱 및 축소 투사 렌즈 뿐만 아니라 비임렛에서 추출된 하전 입자의 속도에서의 감소가 실현된다. 약 -5 kV의 전압에서의 전자 소스로, 하전 입자가 중앙 전극(판(13))에 의해 감속되고, 후속적으로 접지 전위에서 전압을 가지는 바닥 전극(판(14))에 의해 가속된다. 이러한 감속은 전극 상의 더 낮은 전기장의 이용을 허용하는 반면, 투사 렌즈 배열체에 대한 원하는 축소 및 포커싱을 여전히 달성한다. 이전의 시스템에서 이용된 바와 같은 제어 전압(V1 및 V2)을 구비한 단지 두 개의 전극이 아닌, 제어 전압(V1, V2 및 V3)을 구비한 3개의 전극을 가지는 장점은 비임렛의 포커싱의 제어가 비임렛 가속 전압의 제어로부터 소정의 정도로 디커플링(decouple)된다는 것이다. 이러한 디커플링은 투사 렌즈 시스템이 전압(V1)을 변화시키지 않고 전압들(V2 및 V3) 사이의 전압 차를 조정함으로써 조정될 수 있기 때문에 발생된다. 따라서, 전압(V1)과 소스 전압 사이의 전압 차는 가속 전압이 반드시 일정하게 남아 있어, 컬럼의 상부 부분에서 정렬 시퀀스(alignment consequence)를 감소하도록 주로 변경되지 않는다.

[0080] 도 2는 또한 좌측으로부터 우측으로 비임렛의 편향으로서 도 2에 도시된, Y-방향으로 편향 어레이(9)에 의해 비임렛(21)을 도시한다. 도 2의 실시예에서, 편향 어레이(9)의 통공은 하나 또는 둘 이상의 비임렛이 통과하도록 도시되며, 전극은 통공의 마주하는 측부 상에 제공되고, 상기 전극에는 전압(+V 및 -V)이 제공된다. 전극들 위에 전위 차를 제공함으로써 통공을 통과하는 비임렛 또는 비임렛의 편향을 일으킨다. 전압(또는 전압의 부호)을 동적으로 변경함으로써 비임렛(들)이 여기서 Y-방향으로 스캐닝 방식으로 스위핑(sweep)되는 것을 허용한다.

[0081] Y-방향으로 편향을 위해 동일한 방식으로 설명된 바와 같이, X-방향으로의 편향은 또한 후방 및/또는 전방으로 수행될 수 있다(도 2에서, X-방향은 종이 내로 및 종이 밖으로의 방향이다). 설명된 실시예에서, 하나의 편향 방향은 기관이 스캐닝 모듈 또는 스캐닝 스테이지를 이용하여 또 다른 방향으로 이동하는 동안 기관의 표면 위의 비임렛을 스캐닝하기 위해 이용될 수 있다. 이동의 방향은 바람직하게는 Y-방향을 가로지르고 X-방향과 일치한다.

[0082] 상술된 바와 같이 서로에 대해 단부 모듈(7)의 렌즈 및 편향기의 배열은 입자 광학의 분야에서 일반적으로 예상된 것과 상이하다. 통상적으로, 편향기는 투사 렌즈 다음에 위치되어, 포커싱이 먼저 수행되고 이어서 포커싱된 비임렛이 편향된다. 도 2의 시스템에서와 같이 비임렛이 먼저 편향되고 이어서 비임렛을 포커싱함으로써, 투사 렌즈의 광학 축선에 대해 일정한 각도로 투사 렌즈 오프 축선으로 들어가는 비임렛을 초래한다. 후자의 배열체가 편향된 비임렛에서 상당한 오프-축선 수차(off-axis aberration)를 일으킬 수 있다는 것이 본 기술분야의 기술자에게 명백하다.

[0083] 리소그래피를 위한 투사 시스템의 분야에서, 비임렛은 수 십의 나노미터의 스폿 크기, 나노미터 크기의 정밀도, 그리고 나노미터 정도의 위치 정밀도를 가진 초고 정밀도 포커싱 및 위치설정되어야 한다. 발명가는 포커싱된 비임렛을 편향, 예를 들면, 비임렛의 광학 축선으로부터 이격된 수 백의 나노미터가 초점이 맞지 않는 비임렛에서 용이하게 초래된다는 것을 이해하였다. 정밀도 요구를 충족하기 위하여, 이는 편향의 양을 상당히 제한하거나 비임렛이 신속하게 타겟(11)의 표면에서 아웃-오브 포커스(out-of focus)가 된다.

[0084] 상술된 바와 같이, 리소그래피 시스템에서 이용의 관점에서 투사 렌즈 배열체의 목적을 달성하도록, 투사 렌즈 시스템의 유효 초점 길이가 짧으며, 투사 렌즈 시스템의 렌즈 평면이 타겟 평면에 매우 근접하게 위치된다. 따라서, 비임렛 편향 시스템을 위한 타겟 평면과 투사 렌즈 사이에 매우 작은 공간이 남아있게 된다. 발명가는 초점 길이가 이 같은 제한된 크기이어서 소정의 편향기 또는 편향기 시스템이 이 같은 배열체가 가진 오프-축선 수차의 명백한 발생에도 불구하고 투사 렌즈 앞에 위치되어야 한다는 것을 이해하였다.

[0085] 상류부의 편향기 어레이(9) 및 하류부의 투사 렌즈 배열체의 도 1 및 도 2에 도시된 배열체는 추가로 각각의 투사 렌즈 시스템이 단지 하나의 비임렛(또는 작은 개수의 비임렛)을 포커싱하는 시스템에서, 특히 적어도 약 100



배, 및 바람직하게는 약 350 배의 비임렛의 크기의 감소(축소)를 허용하도록, 비임렛의 강한 포커싱을 허용한다. 각각의 투사 렌즈 시스템이 한 그룹의 비임렛, 바람직하게는 10 내지 100개의 비임렛을 포커싱하는 시스템에서, 각각의 투사 렌즈 시스템은 적어도 약 25 배, 및 바람직하게는 약 50 배의 축소를 제공한다. 이러한 큰 축소는 (상류부의) 투사 렌즈 배열체(10)가 많이 감소되기 전에 통공 및 렌즈의 정밀도에 대한 요구가 많이 감소되어, 감소된 비용으로 리소그래피 장치의 제조를 가능하게 하는 또 다른 장점을 가진다. 이러한 배열의 또 다른 장점은 전체 시스템의 컬럼 길이(높이)가 상당히 감소될 수 있다는 것이다. 이에 대해, 또한 제한된 높이, 바람직하게는 타겟으로부터 전자 소스로 일 미터 보다 작은, 더욱 바람직하게는 약 150 내지 700 mm의 높이의 투사 컬럼에 도달하도록, 투사 렌즈의 초점 길이를 작게 하고 축소 인자를 더 크게 하는 것이 바람직하다. 짧은 컬럼을 가지는 이러한 설계는 리소그래피 시스템을 장착하고 수용하는 것을 더 용이하게 하고, 또한 제한된 컬럼 높이 및 더 짧은 비임렛 경로에 의해 개별 비임렛의 드리프트(drift)의 영향을 감소시킨다. 더 작은 드리프트는 비임렛 정렬 문제를 감소시키고 이용되는 설계를 더 간단하고 비용이 적게 들게 한다. 그러나, 이러한 배열은 단부 모듈의 다양한 부품 상에 부가 요구를 발생시킨다.

[0086] 투사 시스템의 상류부에 위치한 편향 시스템으로, 편향된 비임렛이 더 이상 광학 축선에서 투사 시스템을 통과하지 않게 될 것이다. 따라서, 타겟 평면 상에 포커싱된 편향되지 않는 비임렛은 이제 편향될 때 타겟 평면에서 아웃-오브 포커스 되었다. 비임렛의 편향에 의한 아웃-오브 포커스 결과를 제한하기 위해, 일 실시예의 단부 모듈에서 편향 어레이(9)는 투사 렌즈 어레이(10)에 가능한 근접하게 위치된다. 이러한 방식으로, 편향 비임렛은 여전히 편향 비임렛이 투사 렌즈 어레이를 관통할 때 편향되지 않는 광학 축선에 상대적으로 근접할 수 있다. 바람직하게는, 편향 어레이는 투사 렌즈 어레이(10)로부터 0 내지 5 mm에 위치되거나, 바람직하게는 투사 렌즈로부터 격리를 유지하면서 가능한 근접하게 위치된다. 실제 설계에서, 와이어링(wiring)을 수용하도록, 0.5 mm의 거리가 이용될 수 있다.

[0087] 상술된 바와 같은 배열체로, 투사 렌즈 시스템(10)의 주 렌즈 평면은 바람직하게는 두 개의 관들(13 및 14) 사이에 위치된다. 상술된 실시예들에 따른 시스템 내의 하전 입자의 전체 에너지는 앞에서 언급된 바와 같이 상대적으로 낮게 유지된다. 전자 비임에 대해, 예를 들면, 에너지는 바람직하게는 약 10 keV까지의 범위에 있다. 이러한 방식으로, 타겟에서 열의 발생이 감소된다. 그러나, 하전 입자의 이 같은 낮은 에너지로, 시스템 내의 색수차(chromatic aberration)가 증가한다. 이는 이러한 유해 영향에 반작용하도록 특정 조치를 요구한다. 이러한 것들 중 하나는 투사 렌즈 배열체(10) 내의 이미 언급된 상대적으로 높은 정전기 장이다. 높은 정전기장은 렌즈가 낮은 색수차를 가지도록, 낮은 초점 길이를 가지는 정전 렌즈를 형성하는 것을 초래한다.

[0088] 색수차는 일반적으로 초점 길이에 비례한다. 색수차를 감소시키도록 그리고 타겟 평면 상으로 전자 비임의 적절한 투사를 제공하도록, 광학 시스템의 초점 길이는 바람직하게는 일 밀리미터 또는 그 미만으로 제한된다. 더욱이, 본 발명에 따른 렌즈 시스템(10)의 마지막 관(14)은 초점 평면이 렌즈 내부에 있지 않고 작은 초점 길이를 가능하게 하도록 매우 얇게 제조될 수 있다. 관(14)의 두께는 바람직하게는 약 50 내지 200  $\mu\text{m}$ 의 범위 내에 있다.

[0089] 상대적으로 큰 축소를 얻도록, 그리고 가능한 낮은 이탈을 유지하도록, 상술된 이유 때문에 상대적인 낮은 가속 전압을 유지하는 것이 바람직하다. 모순되는 요구조건을 충족하도록, 서로 밀접하게 위치되는 투사 렌즈 시스템의 렌즈들을 가지는 배열체가 제안된다. 이러한 새로운 개념은 바람직하게는 타겟 평면으로 가능한 근접하게 제공되는 투사 렌즈의 하부 전극(14)을 요구하며, 그 결과로 편향기가 바람직하게는 투사 렌즈 앞에 위치된다. 단부 모듈(7)의 배치에 의해 발생하는 수차를 완화하기 위한 또 다른 조치는 최소 상호 거리로 편향기(9) 및 투사 렌즈 배열체(10)를 위치시키는 것이다.

[0090] 상술된 바와 같이, 렌즈 어레이 내의 상호 거리가 매우 축소된다. 이에 대해 관들(12, 13 및 14) 사이의 상호 거리는 관(13)의 두께와 동일한 정도의 크기에 있다. 바람직한 일 실시예에서, 이러한 상호 거리는 100 내지 200  $\mu\text{m}$ 의 범위 내에 있다. 마지막 관(14)으로부터 타겟 평면으로의 거리는 바람직하게는 짧은 초점 길이를 허용하도록 관들 사이의 거리 보다 작다. 그러나, 최고 거리는 웨이퍼의 기계적 운동을 허용하도록 웨이퍼의 표면과 관(14)의 하부면 사이에 요구된다. 현재의 예시적인 실시예에서, 마지막 관(14) 내지 타겟 표면으로의 거리는 약 50 내지 100  $\mu\text{m}$ 이다. 일 실시예에서, 관들(13 및 14) 사이의 거리는 약 200  $\mu\text{m}$ 이고, 관(14)과 타겟 표면 사이의 거리는 약 50  $\mu\text{m}$ 이다. 이러한 거리는 하나 또는 둘 이상의 비임렛을 포커싱하는 동안 편향된 비임렛이 통과하도록 허용하기 위한 관들(12, 13, 및 14)의 렌즈의 통공(18)의 크기 및 전압(V1, V2, 및 V3)과 관련된다.

[0091] 도시된 바와 같이 단부 모듈(7)의 설계에서, 관(12, 13 및 14)의 렌즈의 통공의 직경은 바람직하게는 약 5 내지

20  $\mu\text{m}$ 의 직경을 가지는, 비임 중단 어레이(8)의 동축 정렬 통공의 직경 보다 다수의 배 더 크다. 통공의 직경은 바람직하게는 약 50 내지 150  $\mu\text{m}$ 의 범위 내에 있다. 일 실시예에서, 직경은 약 100  $\mu\text{m}$ 이고 비임 중단 어레이의 통공의 직경은 약 15  $\mu\text{m}$ 이다.

[0092] 더욱이, 본 발명의 설계에서, 판(13)의 중앙 기관은 가장 큰 두께, 바람직하게는 약 50 내지 500  $\mu\text{m}$ 의 두께를 가진다. 판(12)에 대한 기관의 두께는 상대적으로 작은, 바람직하게는 50 내지 300  $\mu\text{m}$ 이며, 판(14)에 대한 기관의 두께는 상대적으로 가장 작은 바람직하게는 약 50 내지 200  $\mu\text{m}$ 이다. 일 실시예에서, 판(13)에 대한 기관의 두께는 약 200  $\mu\text{m}$ 이고, 판(12)에 대한 기관의 두께는 150  $\mu\text{m}$ 이고, 판(14)에 대한 기관의 두께는 약 150  $\mu\text{m}$ 이다.

[0093] 특별한 처리량(즉, 시간 당 노출되는 웨이퍼의 특별한 개수)을 달성하도록 요구되는 비임렛의 총 전류는 요구된 조사량(dose), 웨이퍼의 면적, 및 오버헤드 타임(overhead time)(예를 들면, 새로운 웨이퍼를 노출을 위한 위치로 이동하기 위한 시간)에 종속된다. 이러한 샷 노이즈 제한 시스템에서 요구되는 조사량은 다른 인자들 중에서 요구되는 피쳐 크기 및 균일도, 및 비임 에너지에 종속된다.

[0094] 전자 비임 리소그래피를 이용하는 레지스트(resist)에서 소정의 피쳐 크기(임계적 크기 또는 CD)를 얻도록, 소정의 해상도가 요구된다. 이러한 해상도는 3개의 기여(contribution), 비임 크기, 레지스트 내의 전자의 스캐터링, 및 산 확산과 조합된 2차 전자 평균 자유 경로에 의해 결정된다. 이러한 3개의 기여는 총 스폿 크기를 결정하도록 2차 방정식 관계로 부가된다. 이러한 3개의 기여 중에서 비임 크기 및 스캐터링은 가속 전압에 종속된다. 레지스트 내의 피쳐를 분해하기 위하여 총 스폿 크기는 원하는 피쳐 크기(CD)와 동일한 정도의 크기이어야 한다. CD 뿐만 아니라 CD 균일도는 실제 분야에 대해 중요하며, 이러한 후자의 요구조건은 실제 요구된 스폿 크기를 결정하게 된다.

[0095] 전자 비임 시스템에 대해, 최대 단일 비임 전류는 스폿 크기에 의해 결정된다. 작은 스폿 크기에 대해 전류는 또한 매우 작다. 유용한 CD 균일도를 얻기 위해, 요구된 스폿 크기는 높은 처리량을 얻기 위해 단일 비임 전류를 요구된 전류 보다 매우 작게 제한하게 된다. 따라서, 많은 개수의 비임렛이 요구된다(통상적으로 시간 당 10개의 웨이퍼의 처리량에 대해 10,000 개 보다 많다). 전자 비임 시스템에 대해, 하나의 렌즈를 통과하는 총 전류는 전자들 사이의 쿨롱 상호 작용에 의해 제한되어, 제한된 개수의 비임렛이 하나의 렌즈 및/또는 크로스-오버를 통하여 송신될 수 있다. 이는 결론적으로 고 처리 시스템에서의 렌즈의 개수가 또한 많을 것이 요구된다는 것을 의미한다.

[0096] 바람직한 실시예에서, 많은 개수의 낮은 에너지 비임렛의 매우 밀집한 배열이 달성되어, 다중 비임렛이 통상적인 웨이퍼 노출 필드(field)의 크기에 대해 크기가 유사한 영역 내로 패킹될 수 있다.

[0097] 투사 렌즈의 판(12, 13, 및 14) 내의 통공의 피치는 바람직하게는 작은 영역에서 가능한 많은 정전 렌즈를 형성하도록 가능한 작다. 이는 높은 밀도의 비임렛을 가능하게 한다. 높은 밀도의 배열체 내에서 서로 근접하게 이격되는 많은 개수의 비임렛은 거리가 감소되고 비임렛은 타겟 표면을 가로질러 스캐닝되어야 한다. 그러나, 통공의 주어진 보어 크기에 대한 피치에서의 감소는 판이 통공들 사이의 작은 거리에 의해 너무 취약 할 때 발생하는 제조 및 구조적 문제에 의해, 및 이웃하는 렌즈의 주변 필드에 의해 발생하는 렌즈에서의 가능한 이탈에 의해 제한된다.

[0098] 다중-비임렛 하전 입자 시스템은 동시에 시스템 내에 발생된 전류를 증가시키면서 스폿 크기를 상당히 감소시키도록 설계된다. 이와 같이 함으로써, 또한 시스템 내의 전류를 증가시킴으로써, 타겟 상의 총 전류가 또한 샷 노이즈의 전개를 제한하기 위해 증가됨으로써 실현된다. 동시에, 그러나, 사각형의 임계적 크기 당 (즉, 사각형의 CD의 영역의 유닛 당) 타겟 표면 상에 충돌하는 전자의 개수는 일정하게 유지되어야 한다. 이러한 요구조건은 아래에서 상세하게 설명되는 바와 같이 하전 입자 시스템의 설계에 대한 변형이 필요하며 최적 성능을 위해 상대적으로 높은 감도의 레지스트를 구비한 타겟이 예시적으로 상기 값이 현재 실시되는 통상적인  $30\mu\text{m}/\text{cm}^2$ 로부터 이 값의 두 배까지 요구된다. 실제로 스폿 크기가 대응되고 조건(term)을 상상하기가 더 용이한 것으로서 "점 분산 기능" 대신에 이용된 본 명세서의 나머지에 있다는 것이 이 점에서 주목된다. 본 발명에 대응하는 개념의 또 다른 실제 양태는 스폿 크기가 CD 크기에 대한 크기 정도라는 것이다.

[0099] 원하는 성능을 달성하기 위해 요구되는 감소된 스폿 크기 뿐만 아니라 비임렛의 감소된 점 분산 기능이 충분한 노출 관용도를 유지하기 위해 요구된다. 충분한 노출 관용도는 이웃하는 비임렛의 주변 가우스 부분(Gaussian parts)에 의해 정상적으로 발생하는 바와 같은 노출의 베이스 또는 배경 레벨에 비해 비임렛으로부터 타겟 상의 피크 노출 레벨의 상대적으로 높은 비율을 요구한다. 그러나 더 작은 점 분산 기능을 가지는 비임렛을 생성하

기 위한 시스템을 설계하는 것은 각각의 비임렛에 의해 타겟으로 인가될 수 있는 충전 입자 전류를 상당히 감소시킨다. 이용된 충전 입자 소스의 휘도와 관계없이, 감소된 스폿 크기, 증가된 전류, 및 감소된 점 분산 기능의 처리 요구조건은 동일한 웨이퍼 처리량에서 임계 크기에서의 감소에 비해 시스템 내의 비임렛의 개수에서의 상당히 많은 선형 증가를 암시한다.

[0100] 시스템 내의 비임렛의 개수의 상당한 증가에 대한 요구조건은 다중-비임렛 리소그래피 시스템의 투사 광학의 제한된 물리적 크기에 의한 실제 문제점을 발생시킨다. 이 같은 시스템에서 투사 광학은 통상적으로 예를 들면 시스템에 의해 노출되는 타겟의 필드를 수용하기 위한 크기로 제한된다. 투사 광학, 즉 단부 투사 모듈이 실제 설계에서 점유될 수 있는 상대적으로 작은 영역 내에서 물리적으로 실현될 수 있는 렌즈의 개수로 제한된다. 달성되는 감소된 임계 크기에서, 공지된 기술을 이용하여 이러한 치수 내에서 구성될 수 있는 렌즈의 개수는 원하는 웨이퍼 처리량을 달성하기 위해 요구되는 비임렛의 개수 보다 상당히 적다.

[0101] 하나의 해결책은 집광 렌즈 또는 일련의 집광 렌즈를 이용하여 통공 어레이(4)의 이미지를 감소시켜, 또한 비임렛의 피치를 감소시키는 것이다. 그러나, 이러한 해결책은 통상적으로 상당한 양의 수차를 일으키는, 비임렛 모두의 공통 크로스-오버에서 초래된다. 이는 특히 본 요구조건의 관점에서 바람직하지 않으며 이러한 수차를 방지하도록 시스템이 더 복잡하게 한다. 본 발명은 비임렛의 공통 크로스-오버를 회피하고 크로스-오버의 크기에 걸쳐 통공 어레이(4)의 이미지의 요구되는 감소를 분리시켜 각각의 크로스-오버에서의 에너지를 제한함으로써 단점을 회피한다. 이는 시스템 내의 이탈의 양을 비례적으로 제한하는 것 이상의 효과를 가진다. 이는 시스템으로, 예를 들면 타겟 상으로 투사하기 위한 단일 투사 렌즈 시스템을 향하여 다수의 비임렛을 지향하기 위한 하나의 그룹의 편향기 어레이 또는 집광 렌즈 어레이로 어레이 조작기를 부가함으로써 달성된다.

[0102] 앞의 문장에서 도입된 원칙적 해결책은 아래의 다양한 예를 따라 설명될 것이다. 도 1의 개념으로 인가되고 시스템 내의 비임렛의 개수에서의 부적절한 증가를 허용하면서 시스템 내의 수차를 최소화하는 것에 대응하는 기술의 이용을 허용한다. 투사 렌즈 당 다중 비임렛을 이용하는 이러한 원칙적 해결책은 단부 모듈(7) 내의 편향기 어레이(9)의 편향 작용으로, 가상(virtual) 비임렛이 이미지화되도록, 편향된 비임렛의 원래의 가상점이 형성되는 사실의 인식후 발견된다. 이러한 개념은 이 같은 가상 비임렛이 또한 실제 비임렛, 또는 다수의 실제 비임렛으로 대체되는 사상에 이르게 한다. 실제로, 단일 투사 렌즈 시스템을 통한 다중 실제 비임렛의 도입은 수차의 양을 교란시키지 않고, 특히 시스템의 총 비임렛이 다양한 투사 렌즈 시스템 위에 분배되는 것이 가능한 것을 인정된다.

[0103] 각각의 투사 렌즈 시스템으로 통하여 지향되는 다수의 비임렛 일부 또는 모두가 작동 동안 소정의 시점에서 블랭킹될 수 있기 때문에, 본 발명에 다른 시스템은 또한 패턴화된 비임렛 시스템으로서 지칭된다. 이러한 패턴화된 비임렛 시스템은 또한 나란히 배열되는 다양한 축소된 이미지화 시스템으로서 간주될 수 있다.

[0104] 도 3은 시스템 내의 비임렛의 증가된 개수를 가능하게 하고, 웨이퍼에서의 증가된 전류 또는 감소된 스폿 크기 또는 둘다를 허용하기 위한, 본 발명에 따른 설계의 일 실시예를 도시한다. 이러한 실시예에서, 비록 그룹 편향기 어레이(6G)가 또한 어레이(6) 아래 위치될 수 있지만, 그룹 편향기 어레이(6G)는 집광 렌즈 어레이(5)와 비임렛 블랭커 어레이(6) 사이의, 도 1의 시스템 내의 비임렛 블랭커 어레이(6) 위에 제공된다. 그룹 편향기 어레이(6G)는 그룹 내의 비임렛을 비임 중단 어레이(8) 내의 개구를 통하여 그리고 각각의 개구 아래에 형성된 대응하는 투사 렌즈 시스템을 통하여 단부 모듈(투사 모듈)(7)을 향하여 편향하는 편향기 소자의 어레이를 포함한다.

[0105] 그룹 편향기 어레이(6G)는 바람직하게는 통공 어레이(4), 집광 렌즈 어레이(5), 및 비임렛 블랭커 어레이(6) 내의 통공에 대응하는 위치에서 통공의 어레이가 형성된 하나 또는 둘 이상의 판을 포함한다. 전극은 도 18 및 도 19에 더욱 상세하게 도시된 바와 같은, 각각의 통공의 위치에 형성된다. 그룹 편향기(6G)의 각각의 요소는 하나 또는 둘 이상의 비임렛(21)을 단부 모듈(7)의 어레이 투사 렌즈 시스템 내의 특별한 투사 렌즈를 향하여 편향하도록 작동한다. 도 3은 3개의 비임렛이 단부 모듈(7) 내의 각각의 투사 렌즈 시스템을 통하여 지향되도록, 편향기 어레이(6G)에 의해 편향된 3개의 비임렛의 3개의 그룹을 도시한다. 이러한 실시예에서, 단부 모듈(7) 내에 형성된 투사 렌즈 시스템에 있는 것 보다, 통공 어레이(4), 집광 렌즈 어레이(5), 그룹 편향기 어레이(6G), 및 비임렛 블랭커 어레이(6) 내의 통공이 3배 많이 있다.

[0107] 비록 투사 렌즈 당 3개의 비임렛이 도 3에 도시되지만, 투사 렌즈 당 다른 개수의 비임렛이 또한 이용될 수 있으며, 최고 100개 또는 101개 이상의 비임렛의 그룹이 각각의 투사 렌즈 시스템을 통하여 지향될 수 있다. 바람직한 일 실시예에서, 7x7의 어레이 내의 49개 비임렛의 그룹은 각각의 투사 렌즈 시스템을 통하여 편향된다.

- [0108] 비록 도 3은 개략적으로 단부 모듈(7)과 동일한 크기가 되는 어레이(4, 5, 6G, 및 6)가 도시되지만, 이들은 특히 단부 모듈(7)에 비해 어레이(4, 5, 6G, 및 6) 내의 통공의 더 많은 개수를 필요로 하는 투사 렌즈 시스템 당 더 많은 수의 비임렛을 가지는 설계에 대해 더 많을 수 있다.
- [0109] 바람직하게는, 비임 개방 각도를 형성하는, 비임 중단 어레이(8) 내의 통공은 이들이 단지 단일 비임렛을 제한하는 경우 상대적으로 작다. 더 큰 통공은 더 큰 편향 경로를 요구하며, 블랭킹된 비임렛의 단지 부분적인 블랭킹에 의해 발생하는 "테일(tail)" 효과에 더 민감하며, 비임렛을 블랭킹하기 위한 비임 중단 어레이(8) 상에서 이용가능한 제한된 공간을 추가로 감소한다.
- [0110] 원칙적으로 각각의 그룹의 비임렛은 비임 중단 어레이(8)의 관련 통공에서 또는 관련된 투사 렌즈 시스템의 효과적인 렌즈 평면에서 집중된다(즉, 이들이 교차하고 크로스-오버되는 단일 지점으로 지향된다). 실제로, 투사 렌즈의 유효 렌즈 평면에서 비임렛의 집중이 조사 에러(dose error)를 일으키는 반면 비임 중단 어레이에서 비임렛의 집중이 렌즈 에러를 형성하기 때문에 집중은 이러한 두 개의 지점 사이의 어딘가에 있다(비록 도면에 명확히 도시되지 않았지만).
- [0111] 이러한 설계에서, 다중 비임렛이 각각의 투사 렌즈 시스템을 통과하면서, 하전 입자 광학 슬릿이 비임렛의 규칙적인 어레이로 이루어지지 않고 비임렛의 그룹의 규칙적인 어레이로 이루어진다. 비임렛은 또한 그룹 편향기 어레이(6G)를 통과한 후 비임렛 블랭커 어레이(6)에 의해 편향될 수 있다. 소정의 순간에서 그룹 내의 비임들 중 일부는 비임 중단 어레이(8) 내의 대응하는 개구를 통하여 지향될 수 있으며 타겟 상으로 투사될 수 있으며, 반면 다른 비임렛은 비임렛 블랭커 어레이(6)에 의해 부가 양이 편향된다. 비임렛이 타겟에 도달하는 것을 차단하고, 이에 의해 상술된 바와 같이 블랭킹되거나 "스위치 오프"되도록, 이러한 부가 편향은 이러한 비임렛이 비임 중단 어레이(8) 내의 개방을 미스(miss)하도록 한다. 따라서, 각각의 그룹의 비임렛은 비임 블랭커 어레이(6)에 의해 결정된 패턴을 노출하고 각각의 그룹은 단일 패턴화된 비임렛으로서 고려될 수 있다.
- [0112] 도 11a 및 도 11b는 비임렛의 그룹이 하부에 놓이는 개념 및 통찰(insight)을 설명하기 위한, 단부 모듈(7) 내의 비임렛의 경로의 개략적인 도면이다. 도 11a는 투사 렌즈 시스템 당 단일 비임렛을 가지는 시스템을 보여준다. 단일 비임렛(21)은 비임 중단 어레이(8) 내의 통공을 통과하고, 편향기 어레이(9)에 의해 편향되고, 투사 렌즈 배열체(10)에 의해 포커싱된다. 편향된 비임렛은 실제 비임렛(21) 보다 상이한 발생부로부터 경사진 각도로 도달하는 개별의 "가상" 비임렛으로서 고려될 수 있다. 예를 들면, 비임렛(21)이 좌측으로 편향될 때, 비임렛이 하나의 위치로부터 비임렛(21)의 실제 발생부의 우측으로 발생하는 가상 비임렛(21V)으로서 간주될 수 있으며, 하나의 위치로부터 비임렛(21)의 실제 발생부의 좌측으로 발생하는 가상 비임렛(21V)으로서 간주될 수 있다. 도 11B는 투사 렌즈 시스템 당 3개의 비임렛을 가지는 시스템을 보여주며, 각각의 비임렛은 개별 지점으로부터 발생되어 상이한 각도에서 투사 렌즈 시스템을 통과한다. 순수 효과는 전류가 도 11b의 시스템 내에서 3배 더 크다는 것을 제외하고, 단일 편향 비임렛과 동일하다. 편향기 어레이(9) 위의 통공판(8)은 다중 비임렛을 수용하도록, 설명된 바와 같이 다양한 통공(23)을 포함할 수 있거나, 단일의 상대적으로 큰 통공을 구비하거나, 특별한 형상을 가지는 패턴화된 개구를 구비할 수 있다.
- [0113] 도 13은 투사 렌즈 시스템 당 다중 비임렛을 구비한 상술된 배열체의 장점을 설명하기 위한 개략도이다. 도 13a는 실제로 통상적으로 약 2  $\mu\text{m}$ 일 수 있고 10 nm의 지오메트릭 스폿 크기 직경을 구비한 통상적인 가우스 비임렛 스폿(16A)를 구비하는, 크기의 사각 편향 필드(Wd)를 보여준다. 편향 필드를 노출하도록 이러한 비임렛 스폿을 이용하여, 백만의 편향 필드 당 개략적으로 단지 20 부분이 소정의 순간에 노출된다.
- [0115] 도 13b는 현재 제안된 설계를 구비한 편향 필드를 도시하며, 이 편향 필드는 패턴화된 비임렛(16B)에 의해 노출된다. 편향 필드의 약 20%까지 패턴화된 비임렛에 의해 동시에 이론적으로 노출될 수 있다. 실제로, 200배까지 도 13b에 의해 개략적으로 도시된 바와 같이 개선점을 얻을 수 있다. 이러한 예에서, 16 x 16의 상대적으로 작은 스폿의 어레이가 도시된(어레이의 표시는 명료성을 위해 도면에서 비례적이지 않게 크게 나타난다). 개선된 비임 세기와 함께, 하나의 투사 렌즈에 의해 동시에 입력될 수 있는 비임렛의 개수의 곱은 예를 들면 투사에서 임계적 크기의 측정에 의해 표현되는, 상당히 진보된 기술 노드에서 시스템의 증가된 처리량으로 유지되는 것을 초래한다.
- [0116] 도 18a 및 도 18b는 도 3의 그룹 편향기 어레이(6G) 및/또는 비임 블랭커 어레이(6)에 대한 편향기의 일 실시예의 개략도이다. 통공의 어레이는 바람직하게는 판을 통하여 원형 홀로서 형성된다. 일 실시예에서, 판은 실리콘 또는 다른 반도체 재료로 형성되고, 반도체 산업에서 널리 공개된 처리 단계들을 이용하여 처리된다. 장치는 예를 들면 반도체 산업에서 공지된 리쏘그래피 및 에칭 기술을 이용하여 형성될 수 있다. 투사 렌즈 배열체(10)의 판에 유사하게, 이용된 리쏘그래피 및 에칭 기술은 바람직하게는 통공의 위치, 크기, 및 형상에서의 균

일도를 보장하기 위해 충분히 정밀하게 제어된다. 도 18a는 비임 블랭커 어레이(6) 또는 그룹 편향기 어레이(6G)의 하나의 소자를 포함하는 단일 편향기(30A)를 도시한다.

- [0117] 편향기(3A)는 크기( $W_0 \times W_0$ )의 계획된 사각 영역 내에 형성된다. 편향기 요소는 관통 홀(33) 둘레에 배치되는 스위칭 전극(32) 및 접지 전극(34)을 포함하며 관통 홀을 통하여 편향되는 비임렛이 통과할 수 있다. 전극은 이러한 실시예에서 간단한 사각형상으로서 도시되며, 스위칭 전극(32)은 직선형 요소이며 접지 전극은 U형상으로 형성된다. 그러나, 관통 홀(33)의 형상과 합치되는 원형 또는 적어도 오목형상이 바람직하다. 이 같은 원형 예지형 설계는 더욱 컴팩트한 설계를 허용하여, 어레이 내에 편향기 요소의 배치를 용이하게 하며, 또한 소정의 실시예에서 이용될 수 있는 스위칭 전극의 삽입을 용이하게 한다.
- [0118] 스위칭 전극(32)은 비임렛이 비임 중단 어레이(8) 내의 대응하는 통공을 통과하고, 이어서 대응하는 투사 렌즈 시스템을 통과하도록 통공(33)을 통과하는 비임렛을 편향하기에 충분한 전자기장을 형성한다(비임 블랭커 어레이가 비임 중단 어레이(8) 내의 통공을 미스하여 블랭킹되도록 비임 블랭커 어레이(6)가 또한 비임렛을 편향하지 않는 경우).
- [0119] 또 다른 실시예에서, 두 개의 전극은 두 개의 동일한 거울-이미지 전극으로서 설계될 수 있으며, 두 개의 전극 중 어느 하나가 스위칭 전극으로서 설정되고 나머지 전극이 접지 전극으로서 작동하는 것이 가능하도록 스위칭 일렉트로닉스(switching electronics)가 이용된다. 이는 소정의 경우 "추가 전방" 보다 오히려 "후방"으로 편향하는 것이 유익할 수 있는, 조합된 그룹 편향기 및 비임 블랭커 어레이를 구비한 실시예에서 특히 장점이 있다. 두 개의 타입의 편향기는 예를 들면 비임렛 블랭킹을 위해 "추가 전방"으로 편향하는 그룹 편향기/비임 블랭커 어레이 내의 중앙 그룹과, 블랭킹을 위해 "후방"으로 편향하는 주변 그룹으로 혼합될 수 있다.
- [0120] 도 18b는 편향기 소자(30A)의 어레이의 일 부분의 개략적인 도면을 보여준다. 개별 전기 연결은 각각의 편향기 소자의 각각의 스위칭 전극(32)으로 형성된다. 이러한 와이어링 연결은 예를 들면 종래의 리소그래피 및 에칭 기술을 이용하여 그룹 편향기 어레이의 판의 표면 상의 전도성 구조물로서 전기 제어 라인(35)을 형성함으로써 형성될 수 있다. 도시된 예에서,  $7 \times 7$  편향기의 그룹은 49개의 전기 제어 라인(35)을 요구하게 된다. 제어 라인은 바람직하게는 도시된 바와 같이 편향기 그룹의 마주하는 측부들을 향하여 형성된다.
- [0121] 도 19a 및 도 19b는 도 3의 그룹 편향기 어레이(6G) 및/또는 비임 블랭커 어레이(6)의 선택적인 실시예의 개략적인 도면이다. 도 19a는 비임 블랭커 어레이(6) 또는 그룹 편향기 어레이(6G)의 하나의 요소를 포함하는 단일 편향기(30B)를 보여준다. 이러한 실시예에서, 크기  $W_0 \times W_0$ 의 제한 내의 이용가능한 공간은 제어 라인(36A) 및 횡방향으로 배향되는 제어 라인(36B)을 형성하기 위해 이용된다. 메모리 셀(31)은 바람직하게는 이러한 제어 라인의 교차부에서 형성된다. 메모리 셀은 다양한 공지된 구조물을 이용할 수 있으며, 반도체 산업에서 널리 알려진 기술을 이용하여 형성될 수 있다. 메모리 셀은 스위칭 전극(32)으로 연결되어, 메모리 셀에 저장된 전기 신호가 메모리 셀에 남아 있는 한 스위칭 전극으로 인가될 것이다.
- [0122] 도 19b는 편향기 요소(30B)의 어레이의 일 부분을 보여준다. 제어 라인은 바람직하게는 종래의 리소그래피 및 에칭 기술을 이용하여 그룹화된 편향기(6G)의 판의 표면 상에 형성된, 수직 및 수평 전도성 버스 라인으로서 연장된다. 도시된 예에서,  $7 \times 7$  편향기의 그룹은  $7 \times 7$  제어 라인의 그리드를 요구하게 되어, 총 14개의 제어 라인이 된다. 제어 라인(36)은 바람직하게는 편향기 그룹의 관련 측부를 향하는 횡방향으로 형성된다. 어레이 내의 각각의 메모리 셀은 DRAM에 이용되는 바와 같은 비트-라인(bit-line) 및 워드-라인(word-line) 어드레싱 방법 또는 다른 반도체 메모리 기술을 이용하여, 대응하는 열 및 컬럼에 대한 버스 라인으로 전기 신호를 인가함으로써 어드레스(address)될 수 있다. 따라서 각각의 메모리 셀에 저장된 신호는 메모리 셀에 대응하는 통공(33)을 통과하는 비임렛의 편향을 제어한다.
- [0123] 도 20은 도 19a에 도시된 편향 장치의 일 부분의 회로도이다. 이러한 부분은 편향기(30)에 연결되는 메모리 셀(31)을 포함한다. 메모리 셀(31)은 제 1 및 제 2 제어 라인(36A, 36B)의 교차부에 위치된다. 메모리 셀은 바람직하게는 도 19b에 도시된 바와 같은 어레이 내에 존재한다. 이러한 실시예에서, 메모리 셀(31)은 저장 소자(132), 스위칭 소자(131) 및 증폭기(133)를 포함한다. 제 1 제어 라인(36A)은 본 명세서에서 데이터 라인, 즉 저장 소자(132) 내에 기록되는 제어 신호를 운반하는 제어 라인이다. 제 2 제어 라인(36B)은 본 명세서에서 어레이 내의 메모리 셀(31)이 새로운(fresh) 제어 신호로 기록되는 것을 형성하는 제어 라인이다.
- [0124] 메모리 셀(30)은 후술되는 방식으로 작동한다: 제 2 제어 라인(36B)이 스위칭 소자(131)로 전압을 제공할 때, 이러한 소자(131)는 폐쇄된다. 결과적으로, 제 1 제어 라인(36A) 상에 존재하는 제어 신호는 스위칭 소자(131)를 통과하고 저장 소자(132) 내로 로딩된다. 그 후, 스위칭 소자(132)는 제 2 전압 라인(36B) 상의 전압이

제거될 때 개방된다. 저장 소자(132)는 스위칭 소자(131)와 접지 라인 사이에 커플링되는, 본 예에서의 커패시터이다. 커패시터(132)는 증폭기(133) 내의 고유한 와류 커패시터일 수 있지만, 인터메탈(intermetal) 커패시터 또는 MOS-트랜지스터 타입 커패시터와 같은 선택적인 또 다른 타입일 수 있다. 이러한 타입의 저장 소자(132)는 제어 신호가 증폭기(133)의 입력부에 연속적으로 제공되는 것이 그 안에 초래될 수 있다. 제어 신호는 편향기(30)의 스위칭 전극으로 편향 전극을 제공하도록 증폭기(133)에서 이용된다. 일 실시에서, 증폭기(133)는 인버터를 포함한다. 저장 소자(132)로부터 판독한 제어 신호가 충분히 높은 동안, 편향 전압은 편향기의 스위칭 전극 상으로 제공된다. 이러한 실시는 저장 소자(132)로부터 판독한 저장 신호가 효과적으로 디지털화되는 장점을 가진다. 결론적으로, 증폭기(133)는 스위칭 전극 상의 편향 전압을 제공하거나 편향 전압을 전혀 제공하지 않는다. 저장 소자(132)로부터 출력된 제어 신호가 전류 노출에 의한 아날로그 프로파일을 가질 수 있다는 것이 명백하다.

[0125] 도 21은 선택적인 형상으로 도 19a에 도시된 바와 같은 편향 장치의 일 부분의 회로도이다. 이러한 메모리 셀(30)의 스위칭 소자(131)는 도 20에 도시된 형상 보다 더 큰 회로이다. 이러한 실시예의 저장 소자(132)는 플립-플립 타입 소자, SRAM, 등이다. 이러한 소자(132)는 스위칭 소자(131)를 통하여 능동적으로 판독한다. 도 20의 형상에서와 같이, 메모리 셀(31)이 제어 신호(36A 및 36B)의 교차부에 제공된다. 제 2 제어 라인(36B)에 의해 제공된 신호는 스위칭 소자(131)를 저장 소자(132) 내로 제어 신호를 로딩하기 위한 프로그래밍 모드로 가져 가기 위해 이용된다. 저장 소자(132) 내로 제어 라인(36A)을 경유하여 제공된 제어 신호가 로딩된 후, 제어 신호는 실질적으로 연속적으로 증폭기(133)에 제공된다. 이러한 판독 모드에서 제어 신호는 증폭기(133)로 실질적으로 연속적으로 제공된다. 이는 제어 라인(36A)을 통하여 얻어진 제어 신호가 이렇게 특정화된 경우, 편향 전압이 제 1 블랭킹 주기 동안 편향기 상에 제공되는 것을 보장한다. 이러한 실시예는 또한 저장 소자(132)로부터 판독된 제어 신호가 효과적으로 디지털화되어 제 1 블랭킹 주기를 통하여 유지되는 장점을 가진다.

[0126] 본 발명의 하나의 양태에 따라, 도 18b 및 도 19b에서 도시된 어레이 내의 상이한 편향기(30)는 상이한 방향으로 편향된다. 이러한 양태는 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 그룹 편향기 어레이(6G)에 적절히 인가된다. 또한, 비임렛 블랭커(6)로 추가로 적절히 인가된다.

[0127] 그룹 편향기 어레이(6G)는 비-균일 편향 작용으로 개별 편향기 요소의 그룹별 배열을 적용한다. 비임렛은 편향기 어레이(9) 또는 비임렛 블랭커 어레이(6)를 스위핑 또는 스캐닝함으로써와 같이, 단일 방향으로 균일하게 편향되지 않는다. 각각의 그룹 내의 비임렛은 단일 수렴 지점으로 편향되고, 각각의 그룹은 상이한 수렴 지점을 향하여 편향된다.

[0128] 도 22는 본 발명에 의해 가능하게 된 편향 '후방' 및 '추가 전방'의 개면을 더 상세하게 설명한다. 도 23은 단일 수렴 지점으로 편향을 위해 실현가능한 편향기의 구성을 보여준다.

[0129] 도 22는 본 발명에 따른 블랭커의 개략적인 도면이다. 도 22는 블랭커를 통하여 연장하는 수직 평면 내의 더욱 정밀한 단면도이다. 블랭커는 복수의 통공을 구비한 블랭커 어레이(6), 및 비임 중단 어레이(8)를 포함한다. 참조를 위해 타겟(11)도 표시된다. 도면은 스케일을 따라 도시하지 않았다. 명료성을 위해, 단지 어레이의 섹션이 표시되고, 비임렛(21a, 21b, 및 21c)용 통공을 포함한다. 이러한 비임렛(21a, 21b, 및 21c)은 하나의 그룹의 부분을 형성한다. 본 발명의 블랭커는 각각의 그룹에 대해 공통 수렴 지점(P)을 향하여 비임렛(21a, 21b, 및 21c)의 그룹을 수렴하기 위한 비임렛 조작기를 포함하는 시스템을 위해 설계된다. 이러한 공통 수렴 지점(P)은 비임렛(21a, 21b, 및 21c)의 그룹을 위한 광학 축선(O) 상에 위치된다. 비임렛 조작기 내의 조작하는 빔의 결과로서, 비임렛(21a, 21b, 21c)은 수렴한다. 이러한 비임렛(21a, 21c)은 비임렛 레이(ray)와 광학 축선(O) 사이로 연장하는 입사 각도( $\alpha$ ,  $\gamma$ )를 가진다. 이러한 비임렛이 블랭킹 어레이(6)의 블랭킹 편향기에서 편향될 때, 점선(21a-, 21a+, 21b+, 21c-)은 비임렛(21a, 21b, 및 21c)의 배향을 보여준다. 비임렛(21c)은 여기서 배향(21c) 내로 후방으로 편향되며; 즉 입사 각도( $\gamma$ )가 블랭킹 편향기의 작동에 의해 감소된다. 비임렛(21b)은 방향(21b+)으로 전방으로 효과적으로 편향된다. 비임렛으로, 비임렛(21b 및 21c)은 적어도 이러한 도면의 평면에서, 상호 반대 방향으로 편향된다. 비임렛(21a)에 대해, 후방 방향(21a-) 및 추가의 전방 방향(21a+) 두 개의 편향 방향이 도시된다. 이러한 예에서, 추가의 전방 방향(21a+)은 비임 중단 어레이(8)를 통과하고, 따라서 적절하지 않다. 그러나, 이는 도 22에 도시된 특정 예의 결과이다.

[0130] 도 23은 블랭커 어레이(6)의 일 실시예의 개략적인 도면이다. 위에서 설명된 바와 같이, 이러한 어레이는 선택적으로 그룹 편향기 어레이(6G)일 수 있다. 이러한 도면은 중앙에 위치한 광학 축선(O) 둘레의 개별적인 편향기(30)의 방사형 배치를 보여준다. 이 같은 배향은 가장 적절하게는 광학 시스템과 조합되며, 블랭커 어레이(6)를 통과하는 그룹의 비임렛 모두가 광학 축선(O) 상의 공통 수렴 지점으로 수렴된다. 이러한 실시예에서,

편향될 때 비입렛이 여전히 광학 축선 상의 수렴 지점상으로 수렴하는 라인을 따라 지향되도록, 개별 편향기(30)의 전극(32, 34)이 회전한다. 방사상 라인을 따른 이러한 편향은 다른 비입렛의 소정의 교란 및/또는 비입 중단부를 통한 편향된 비입렛의 소정의 원하지 않는 통과를 방지하기에 유익하다. 비입렛들 사이 및 또한 비입렛의 그룹들 사이의 측방향 거리는 비입렛 블랭커 어레이(6)와 비입 중단 어레이(8) 사이의 수직 거리에 비해 작기 때문에, 이러한 교란 및/또는 원하지 않는 통과가 중요할 수 있다. 비록 이러한 도 23이 광학 축선(0)의 근처의 편향기(30) 없는 영역이 제안되지만, 이는 실시예의 필요한 피처가 아니다.

[0131] 도 23은 편향기(30)가 하나 이상의 오목형 전극(32, 34)을 포함한다. 적절하게는, 이러한 실시예에서와 같이, 두 개의 전극(32, 34)은 오목형상을 가진다. 비록 여기서 표시되지 않았지만, 통공은 전극들(32, 34) 사이의 블랭커 어레이(6)를 통하여 연장한다. 오목 형상은 원통형 통공과 합치되는 형상을 가지는 전극(32, 34)을 초래한다. 이러한 원통형 통공 형상은 자체적으로 비점 수차(astigmatism)와 같은, 소정의 광학 수차의 도입을 방지하기에 적절하다.

[0132] 선택적인 실시예에서, 그룹 편향기 어레이(6G) 및 비입 블랭커 어레이(6)는 하나의 통합 유닛으로 조합될 수 있다. 이러한 실시예에서, 조합된 그룹 편향기/블랭커는 비입 중단 어레이(8) 내의 특별한 개구로 각각의 그룹 내의 블랭킹되지 않은 비입렛을 편향하도록 작동하며, 반면 비입렛이 비입 중단 어레이(8)와, 바람직하게는 비입렛의 그룹을 위한 관련 개구 근처와 충돌하도록 하여 각각의 그룹 내에서 다소 더 강하게 블랭킹되도록 비입렛을 편향한다. 그룹 편향기/블랭커가 신호가 없는 경우 비입렛을 블랭킹하고 신호가 인가될 때 단부 모듈을 향하여 비입렛을 집중하도록 그룹 편향기/블랭커가 설정되어야 한다. 그러나, 이는 비입렛의 그룹에 대한 연속된 편향을 유지하도록 조합된 그룹 편향기/블랭커의 신호 라인 상의 소정의 전압 전위를 유지하는 것이 요구된다. 따라서, 개별적으로 제어된 어레이로서 구성되지만 바람직하게는 서로 근접하게 배열된, 그룹 편향기 어레이(6G) 및 비입 블랭커 어레이(6)를 가지는 것이 바람직하다. 이는 비입렛이 통과하도록(즉, "수직방향(normally off)" 비입 블랭커 어레이) 용이하게 유지된 접지 전압이 제어 라인 상에서 비입 블랭커로 인가되는 배열, 및 투사 렌즈 시스템을 통하여 비입렛의 그룹의 편향을 유지하도록 특별한 단일 전압으로 유지되는 그룹 편향기를 허용한다.

[0133] 도 4는 그룹 편향기 어레이(6G)를 포함하고 세이핑 통공 어레이(18)를 부가적으로 포함하는, 도 3의 실시예에 대한 하나의 선택예를 도시한다. 세이핑 통공 어레이(18)는 바람직하게는 어레이(4, 5, 6G 및 6) 내의 통공에 대응하는 장소에서 세이핑된 통공이 형성된 하나 또는 둘 이상의 판 또는 기판을 포함한다. 다른 어레이들과 유사한, 세이핑 통공 어레이(18)는 바람직하게는 실리콘 또는 다른 반도체 재료로 제조되며 통공은 바람직하게는 리소그래피 및 에칭 기술을 이용하여 형성되며, 이러한 기술들은 바람직하게는 통공의 위치, 크기, 및 형상에서의 균일도를 보장하도록 충분히 정밀하게 제어된다. 세이핑 통공 어레이(18) 내의 통공은 원형, 사각형, 또는 다른 형상일 수 있다. 세이핑 통공 어레이(18)는 표면 충전(charging)을 방지하기 위해 금속의 표면 층으로 코팅되고, 일 실시예에서 금속은 CrMo와 같은, 천연-산화물 스킨 층을 형성하지 않는 타입이다.

[0134] 이러한 통공은 통공과 충돌하는 비입렛의 주변 부분을 잘라냄으로써, 각각의 비입렛을 세이핑하도록 작동된다. 결과적으로 세이핑된 비입렛은 더욱 균일한 조사(dose) 분포를 나타내게 된다. 세이핑 통공 어레이(18)는 비입 소스(1)의 수직 이미지가 아닌 통공의 이미지를 허용한다. 이러한 부가로, 시스템은 비입 블랭커 어레이(6)의 평면 상에 비입렛을 포커싱함으로써 생성되는 스폿의 위치 및 크기에 덜 종속적이게 된다. 이는 시스템이 비입 블랭커 어레이(6)에 앞서는 렌즈 시스템의 어레이에서의 변화 또는 에러에 덜 민감하게 되는 결과를 초래한다. 그러나, 시스템은 이로써 비입렛의 조사량에서의 변화에 더 민감하게 된다.

[0135] 세이핑 통공 어레이(18)는 바람직하게는 어레이(6) 앞 또는 바람직하게는 어레이(7) 뒤에 비입 블랭커 어레이(6)에 매우 근접하게 위치되며, 그룹 편향기 어레이(6G) 없이 시스템에서 이용될 수 있다.

[0136] 도 5는 도 3 및 도 4의 시스템에서 도시된 동일한 원리의 또 다른 실시예를 도시한다. 이러한 실시예에서, 통공 어레이(4)는 더 큰-서브 비입(20A)을 생성하기 위해 제조된다. 서브-비입(20A)은 제 1 집광 렌즈 어레이(5A)에 의해 축소되어 서브-비입을 공통 평면(19) 상으로 포커싱하고 평면(19)에서 서브-비입 당 크로스-오버를 생성한다. 바람직하게는 평면(19) 바로 뒤에 위치되는, 제 2 집광 렌즈 어레이(20B)는 단부 모듈(7)을 향하여 포커싱되는 포커싱된 서브-비입(20B)을 생성한다. 소정의 실시예에서 다양한 집광 렌즈 어레이가 전자-광학 분야에서 기술자에게 공지된 바와 같이, 집광 렌즈 어레이의 세트 또는 단일 집광 렌즈 어레이를 포함할 수 있다.

[0137] 서브-비입(20B)은 본 실시예에서 각각의 서브-비입(20B)으로부터 다수의 투사 비입렛(21)을 생성하는, 세이핑 통공 어레이(18)에 의해 차단된다(intercept). 이러한 비입렛(21)은 비입렛 블랭커 어레이(6)를 통과하고, 블랭킹된 비입렛은 비입 중단 어레이(8)에 의해 차단된다. 각각의 그룹에서 블랭킹되지 않은 비입렛은 비입 중단

어레이(8) 내의 대응 개구를 통과하고 후속적으로 투사 렌즈 배열체(10)에 의해 타겟 상으로 투사된다.

- [0138] 도 5에 도시된 실시예는 렌즈(5A 및 5B)의 조합이 오히려 도수가 약한 렌즈(집광 렌즈 어레이(5B)와 단부 모듈(7) 사이에 상대적인 긴 길이를 허용하는)일 수 있으며 반면 렌즈(5A 및 5B)는 개별적으로 오히려 도수가 강할 수 있다. 비임렛 블랭커(6)의 강도에 대해 유익한, 예를 들면, 비임렛 에너지가 집광 렌즈 어레이(5B)와 단부 모듈(7) 사이에서 감소하는 경우, 렌즈(5A 및 5B)는 도수가 강하다. 또 다른 실시예에서, 통공의 어레이는 비임렛(20B)의 개방 각도를 제어하도록 또 다른 자유도(degree of freedom)를 제공하기 위해 평면(19)에 배치된다.
- [0139] 도 6은 도 5의 시스템의 변형인, 또 다른 실시예를 도시하는데, 여기에서, 서브-비임(20A)은 단부 모듈(7)을 향하여 집광 렌즈 어레이(5)에 의해 직접 포커싱된다. 도 5의 실시예를 비교하면, 이러한 실시예는 더 적은 부품(특별한 집광 렌즈 어레이(5B)를 생략함), 다소 짧은 컬럼 길이, 및 서브-비임(20A) 내의 크로스-오버의 부존재에 의한 적은 색수차의 장점을 가진다. 그러나, 이러한 실시예는 서브-비임의 개방 각도를 결정하는데 있어서 증가된 자유도의 도 5의 실시예의 장점이 부족하다.
- [0140] 도 7은 더욱 단순화된 버전의 시스템을 도시하며, 이 시스템은 통공 어레이(4)를 포함하며, 바로 다음에 그룹 편향기 어레이(6G) 및 비임렛 블랭커 어레이(6)가 후속하거나, 그 반대도 가능하다.
- [0141] 도 8은 비-패턴화된 비임렛, 즉 투사 렌즈 시스템 당 단일 비임렛을 구비한 다양한 선택적인 실시예를 도시한다. 도 8은 비임렛 블랭커 어레이(6)의 근처(앞 또는 뒤)에 위치되는 세이핑 통공 어레이(18)의 부가와 함께, 도 1에 도시된 바와 같은 시스템을 포함한다. 도 9는 각각 서브-비임(20A 및 20B)을 포커싱하는 두 개의 집광 렌즈 어레이(5A 및 5B)를 구비한 도 5에 도시된 바와 같은 시스템을 포함한다. 그러나, 단지 단일 비임렛(21)이 각각의 서브-비임(20B)으로부터 세이핑 통공 어레이(18)에 의해 형성된다. 도 10은 단부 모듈(7) 상으로 서브-비임(20A)을 포커싱하는 단일 집광 렌즈 어레이(5)를 구비한 도 6에 도시된 바와 같은 시스템을 포함한다. 그러나, 단지 단일 비임렛(21)이 각각의 서브-비임(20A)으로부터 세이핑 통공 어레이(18)에 의해 형성된다.
- [0142] 도 12는 서브-비임(20A)을 형성하기 위한 통공 어레이(4A) 및 비임렛(21)을 형성하기 위한 통공 어레이(4B)를 구비한 또 다른 실시예를 도시한다. 집광 렌즈 어레이(5)(또는 집광 렌즈 어레이의 세트)는 서브-비임(20A)을 단부 모듈(7)의 비임 중단 어레이(8) 내의 대응하는 개구를 향하여 포커싱하기 위한, 서브-비임 생성 통공 어레이(4A) 뒤에 포함된다. 비임렛 형성 통공 어레이(4B)는 바람직하게는 비임렛 블랭커 어레이(6)와 조합되어 포함된다, 즉 어레이(6) 앞의 어레이(4B)와 서로 근접하게 배치되거나 다른 방식으로 배치된다.
- [0143] 도 12에 개별적으로 도시된 바와 같이, 집광 렌즈 또는 렌즈들(5)은 서브-비임(20A)을 단부 모듈(7)의 비임 중단 어레이(8) 내의 대응하는 개구 내 또는 대응하는 개구를 향하여 포커싱된다. 이러한 예에서, 통공 어레이(4B)는 서브-비임(20A)으로부터 3개의 비임렛을 생산하고, 비임렛은 3개의 비임렛이 단부 모듈(7) 내의 투사 렌즈 시스템에 의해 타겟 상으로 투사되도록 대응하는 개구에서 비임 중단 어레이(8)와 충돌한다. 실제로, 매우 많은 개수의 비임렛은 단부 모듈(7) 내의 각각의 투사 렌즈 시스템에 대해 통공 어레이(4B)에 의해 생성될 수 있다. 실제 실시예에서, 통상적으로 약 50개의 비임렛은 단일 투사 렌즈 시스템을 통하여 지향될 수 있으며, 이는 200개 또는 그 초과로 증가될 수 있다. 도 12b에 도시된 바와 같이, 비임렛 블랭커 어레이(6)는 비임렛을 블랭킹하도록 소정의 시간에서 개별 비임렛(21)을 비임렛의 그룹으로 편향할 수 있다. 이는 개구 근처이지만 개구에 있지 않은 비임 중단 어레이(8) 상의 장소로 편향되는, 블랭킹된 비임렛(22)에 의해 도시된다.
- [0144] 도 12 실시예의 도시되지 않은 변형에서, 통공 판(4A 및 4B)은 바람직하게는 비임렛(21)의 그룹을 생성하기 위한 일체형 통공 판(4AB)으로 통합된다. 집광 렌즈 어레이(5)는 바람직하게는 통합된 통공(4AB) 뒤에 위치된다. 이러한 설계는 유용하게는 투사 렌즈 시스템 당 다중 비임렛을 실현하기 위한 간단하고 경제적인 수단을 제공한다.
- [0145] 도 14 및 도 15는 시준기(3)의 색수차의 문제를 감소하도록 설계된 시스템의 개략적이 도면이다. 하나의 해결책은 본 명세서에서 전체적으로 참조되는, 본 출원의 출원인의 미국 특허 공개 공보 2004/232349호에 의해 공개된 기술을 적용하는 것이다. 이러한 해결책에 따라, 렌즈 어레이는 시준기(3)의 주 평면 내에 서브-비임을 포커싱하도록, 소스(1)와 시준기(3) 사이의 시스템에 포함된다. 이러한 조치의 제 1 효과는 시준기의 색수차가 수직 소스의 흐려짐(blur)을 초래하지 않는다는 것이다. 대신, "탑 햇(top hat)" 개방 각도가 수차 각도(aberration angle)와 뒤얽힌다(convolute). 제 2 효과는 서브-비임이 충분한 축소로 시준기 주 평면 내에 이미징되는 경우, 개방 각도가 크고 따라서, 수차 각도가 개방 각도에 대해 작다는 것이다. 사용되지 않거나



적어도 원하지 않는 각도가 이어서 통공 아래 스트림에 의해 제거될 수 있다.

[0146] 도 14는 단일 집광 렌즈 어레이(5)를 이용하여, 가상 소스가 타겟 상에 이미지화되는 해결책을 도시한다. 이러한 집광 렌즈 어레이(5)는 제 1 통공 어레이(4A) 뒤 및 가까운 근처에, 분산하는 비임 부분 내에 포함된다. 따라서 생성된 포커싱된 서브-비임은 시준기 어레이(15)의 주 평면 상으로 투사되고, 이로부터 서브-비임은 시준된 방식으로, 여기서 평행한 중앙 축선으로 제 2 통공 어레이(4B)로 분산된다. 제 2 통공 어레이(4B)는 시준기 서브-비임의 주변 부분을 자르도록 구성 및/또는 위치된다. 주로 균일한 전류 분포를 보여주는 이러한 시준된 서브-비임의 중앙 부분은 제 3 통공 어레이(4C)로 계속되며, 제 3 통공 어레이는 마지막으로 타겟(11) 상으로 투사되도록 비임렛(21)을 형성한다(비임렛 블랭커 어레이(6)에 의해 블랭킹되지 않는 경우). 그룹 편향기 어레이(6G) 및 비임렛 블랭커 어레이(6)는 앞에서 설명된 바와 같이 최종 통공 어레이에 의해 생성된 비임렛의 그룹을 단부 모듈(7)을 향하여 지향시키기 위해 최종 통공 어레이(4C) 뒤에 위치된다.

[0147] 도 15는 도 14에 대한 선택예를 도시하는데, 두 개의 집광 어레이(5C 및 5) 및 두 개의 시준기 어레이(15A 및 15B)를 이용하여 더욱 복잡한 배열체를 포함하지만, 전체 전달 성능에서 개선을 제공한다. 도 14의 상부 시스템 부분에 대응하는 상부 시스템 부분 내에서 생성된 바와 같은 비임렛은 후속적으로 시준기 어레이(15B)에 의해 시준되어, 최종 통공 어레이(4C)에 의해 생성된 다수의 비임렛(21)이 평행하게 된다, 즉 비임렛의 중앙 축선이 평행하게 된다. 최종 통공 어레이(4C) 및 시준기 어레이(15B)에 의해 생성된 시준된 비임렛은 바람직하게는 시준기 어레이(15B)의 후방에 위치되는, 집광 렌즈 어레이(5)에 의해 포커싱된다. 비임렛 블랭커 어레이(6)가 후방 또는 전방에 위치하는 그룹 편향기 어레이(6G)는 포커싱되고 시준된 비임렛의 초점 평면 내에 또는 근접하게 위치된다.

[0148] 앞의 실시예들에서 이용된 어레이의 소정의 부가 양태가 도 16 및 도 17에 도시된다. 도 16은 어레이 통공의 오프셋 열(row) 또는 삼각형 배열로, 비임렛 블랭커 어레이(6)에 대한 가능한 레이아웃을 보여주는 도면이다. 집광 렌즈 어레이 내의 통공, 및 다양한 실시예 내의 그룹 편향기 어레이는 또한 이러한 동일한 배열에 합치되며, 이러한 동일한 배열은 시스템의 소위 투사 슬릿 내의 단부 모듈(7)내의 투사 렌즈 시스템의 배열에 직접 대응하거나 흡사하다.

[0149] 비임렛 블랭커 어레이(6)의 편향기 영역(17)이 도시되며, 예를 들면 도 12에 도시된 바와 같이, 블랭커 어레이 앞 또는 뒤에 집광 렌즈 어레이(5)의 통공에 대한 장소로 표시된다. 본 실시예에서, 집광 렌즈가 통상적으로 매우 높은 채움 인자(filling factor), 여기서 약 80%,로 배치되기 때문에, 도 12, 도 12a 및 도 12b의 통공 어레이에서와 같은 서브 비임 통공, 또는 도 17에서와 같은 일체형 통공 어레이(4D)의 원형 개구는 블랭커 어레이(6)와 조합되어 단지 여기서 투사되는 바와 같이 집광 렌즈 직경(Dc)의 채움 인자 보다 약간 작다. 이러한 예에서, 집광 렌즈 개구는 100  $\mu\text{m}$ 의 직경을 가진다. 이러한 배열체에서 최대 편향기 영역(17)은 56  $\mu\text{m}$  x 56  $\mu\text{m}$ 의 측부(S)에 의해 결정되어, 약 79  $\mu\text{m}$ 의 직경 또는 둘러싸는 측정(Ds)이 된다. 22 nm 기술 노드에 대해, 시스템의 스폿을 위치설정하기 위한 가상 그리드 내의 픽셀의 적당한 개수는 49 또는 7 x 7이 되며, 반면 스폿 크기의 기하학적 직경은 24 nm가 되고, 단부 모듈(7)의 투사 렌즈 시스템에서 축소의 통상적인 양은 여기서 예시된 일 실시예에 따라, 100 배가 된다(a factor of 100). 시스템 내의 비임렛의 삼각형 위치설정으로, 예를 들면 블랭커 편향기를 위치시키기 위한 이용가능한 영역의 피치는 통상적으로 W1 x W2의 영역이며, 이러한 예에서 W1은 130  $\mu\text{m}$ 이고 W2는 150  $\mu\text{m}$ 이다. 선택적으로 스폿 또는 서브-비임렛을 표시하는, 렌즈 당 비임렛의 실제 개수는 200개 또는 그 초과가 된다. 실제로 이러한 개수는 14 x 14 비임렛의 어레이에 배치되어, 196개의 비임렛이 된다.

[0150] 도 17은 비임렛 블랭커 어레이(6)를 구비한 일체형 공통 어레이(4D)의 바람직한 조합을 도시한다. 도 17의 상부 부분은 일체형 통공 어레이(4D)의 평면도를 보여준다. 일체형 통공 어레이는 크기 W1 x W2의 필드(field)를 구비한, 도 16의 비임렛 블랭커 어레이(6)와 같은 동일한 크기 제한으로 설계된다. 각각의 필드는 개략적으로 7 x 7의 그룹으로 나타나는, 49개의 비임렛 통공의 필드를 포함한다. 도 17의 하부 부분은 일체형 통공 어레이(4D) 및 비임렛 블랭커 어레이(6)의 측면도를 보여준다. 일체형 통공 어레이(4D) 및 비임렛 블랭커 어레이(6) 모두 비임렛의 각각의 그룹에 대해 단일의 큰 통공이 제공된 두께운 판, 및 각각의 그룹 내의 각각의 개별 비임렛에 대한 다중의 작은 통공을 가지는 얇은 어레이 판으로 형성된 추가의 실시예에 따른다. 이러한 얇고 두께운 판은 두 개의 개별적으로 연결된 판, 또는 큰 통공이 먼저 형성되고 그 다음에 작은 통공이 형성되는 단일판일 수 있다. 큰 통공은 바람직하게는 작은 통공의 그룹을 둘러싸는 수직 벽(Vc)을 형성하며, 큰 통공 및 작은 통공의 그룹은 바람직하게는 도시된 바와 같이 동축으로 배열된다.

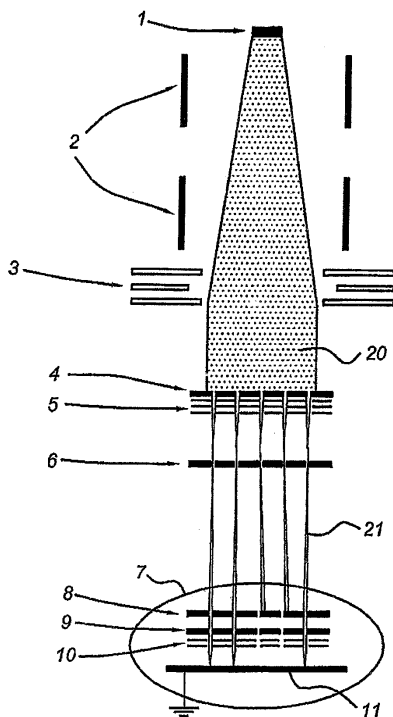
[0152] 비임렛 블랭커 어레이(6)에 대한 얇은 어레이 판은 스위칭 또는 블랭커 전극을 포함한다. 어레이(4D)의 비임렛

제공(rendering) 통공은 비임렛 블랭커 어레이(6)의 통공 보다 약간 작다. 본 발명의 추가의 실시예에 따라, 통공 어레이(4D) 및 비임렛 블랭커 어레이(6)가 단일 어레이로 통합된다. 이러한 추가 통합은 시스템 컬럼 내에 광학 소자의 개수의 추가 감소의 장점을 가지지만, 일체형 통공 어레이의 높은 정밀도 및 높은 균일도의 통공을 유지하면서 제조하기가 더욱 어려운 단점을 가진다.

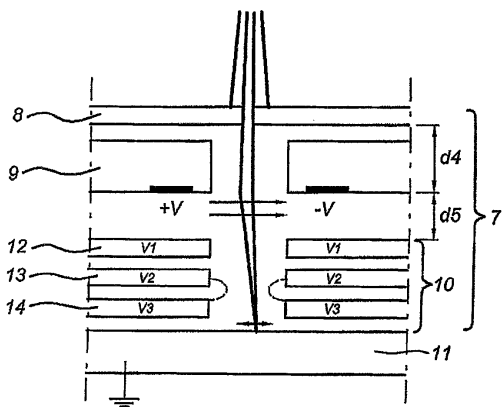
[0153] 본 발명은 상술된 소정의 실시예를 참조하여 설명되었다. 이러한 실시예들은 본 발명의 사상 및 범위로부터 이탈하지 않고 본 기술분야의 기술자에게 공지된 다양한 변형 및 선택적인 형태로 수용가능하다는 것이 이해될 것이다. 따라서, 비록 특정 실시예가 설명되었지만, 이러한 실시예들은 단지 예시적이고 첨부된 청구범위에 의해 한정되는 본 발명의 범위를 제한하지 않는다.

도면

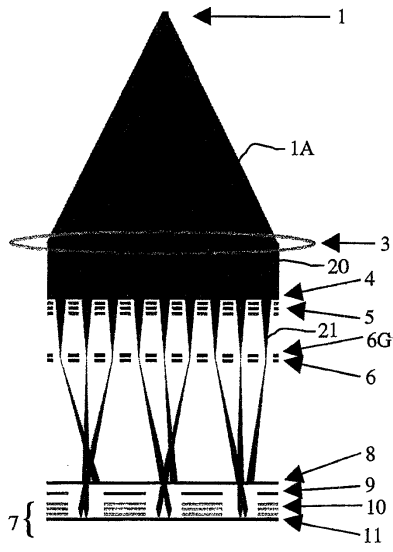
도면1



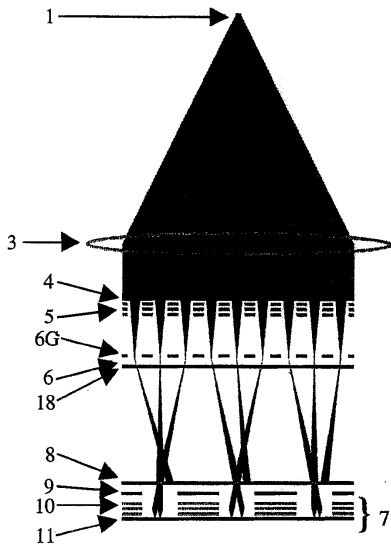
도면2



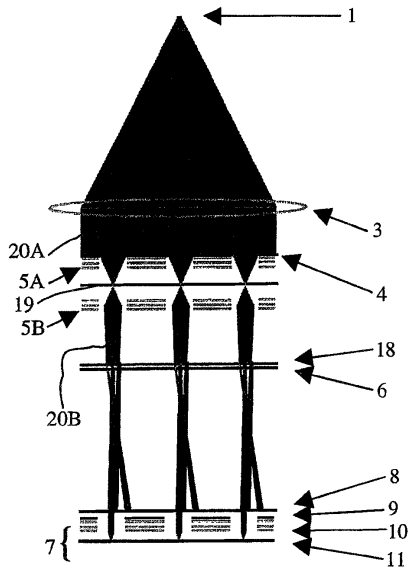
도면3



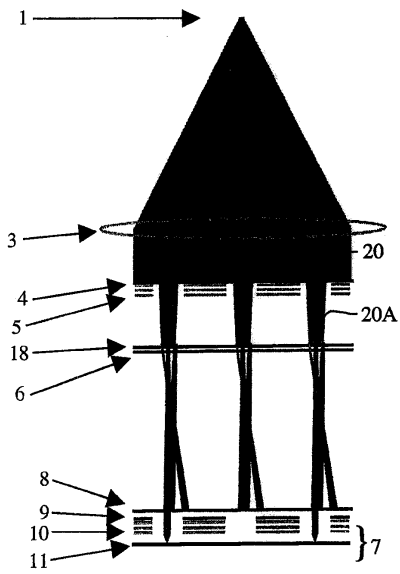
도면4



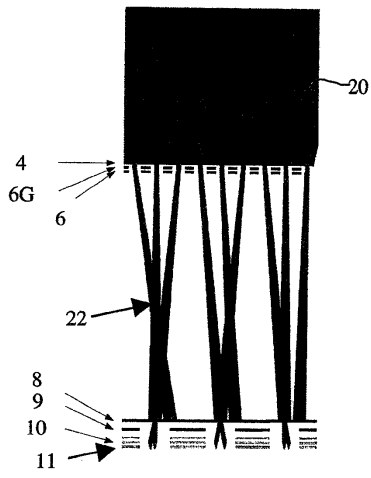
도면5



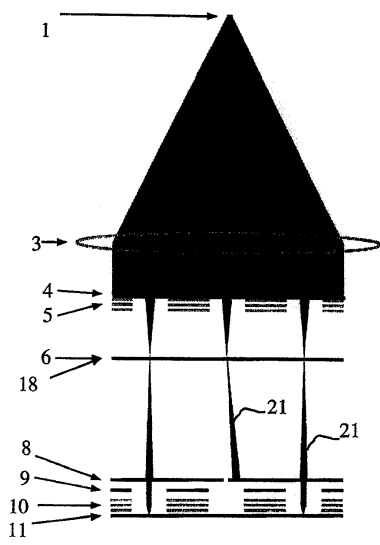
도면6



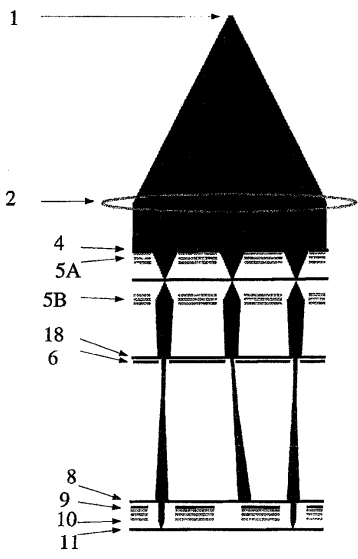
도면7



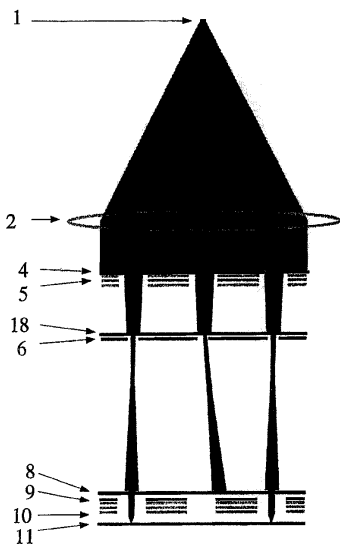
도면8



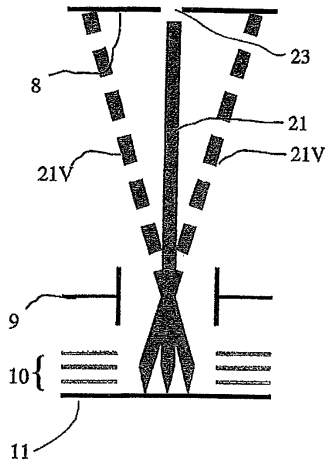
도면9



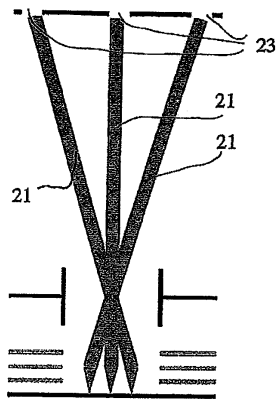
도면10



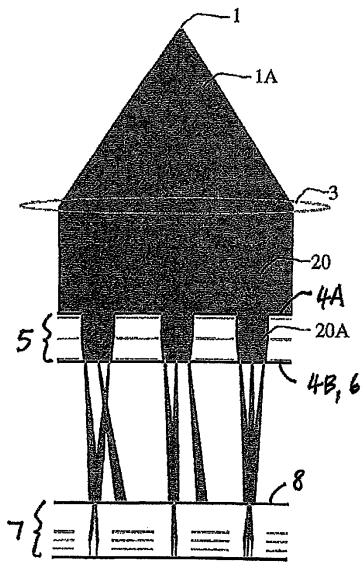
도면11a



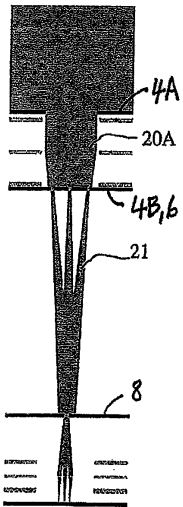
도면11b



도면12

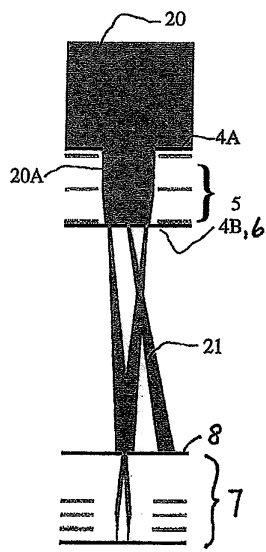


도면12a

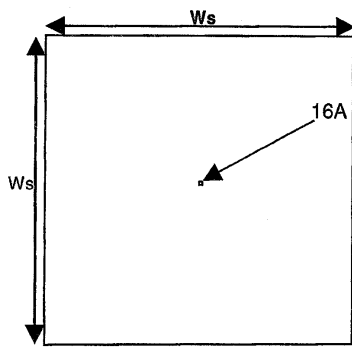




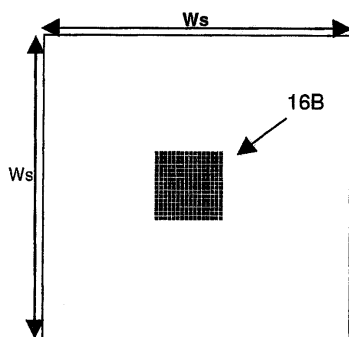
도면12b



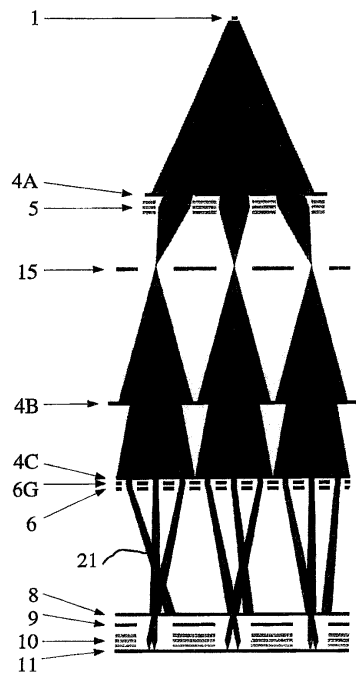
도면13a



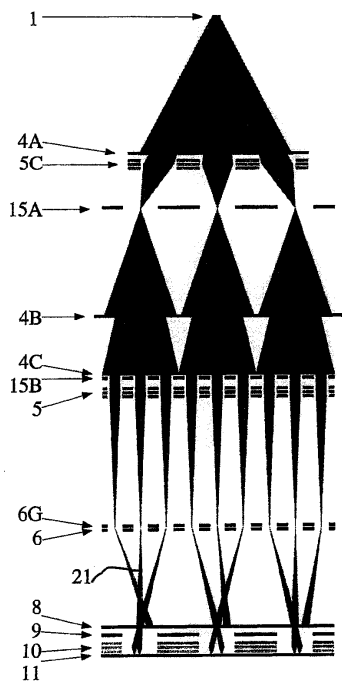
도면13b



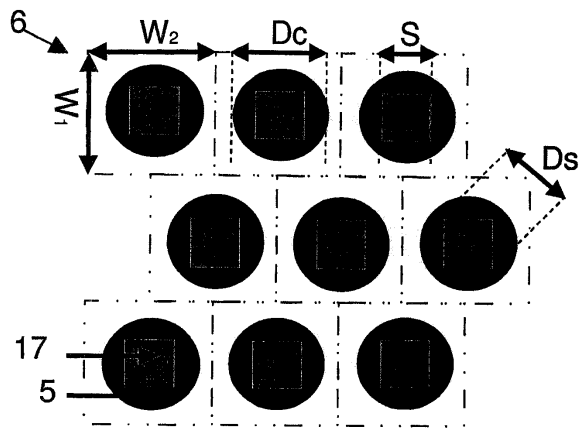
도면14



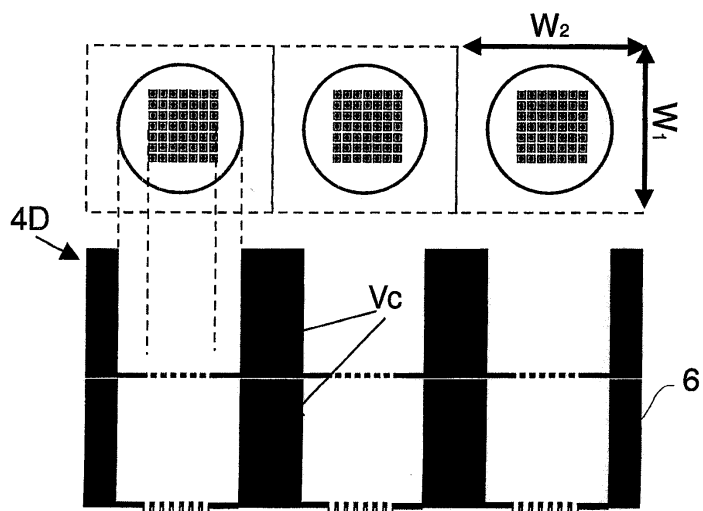
도면15



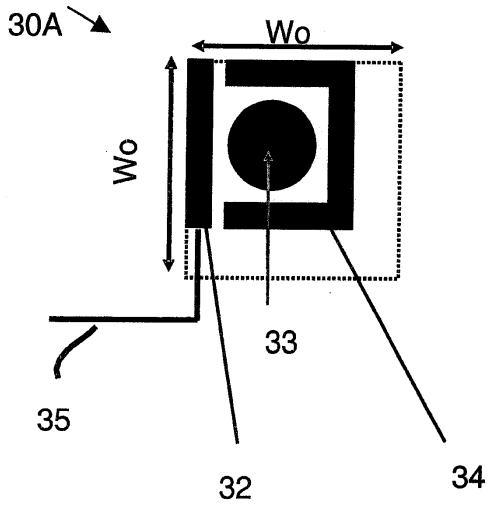
도면16



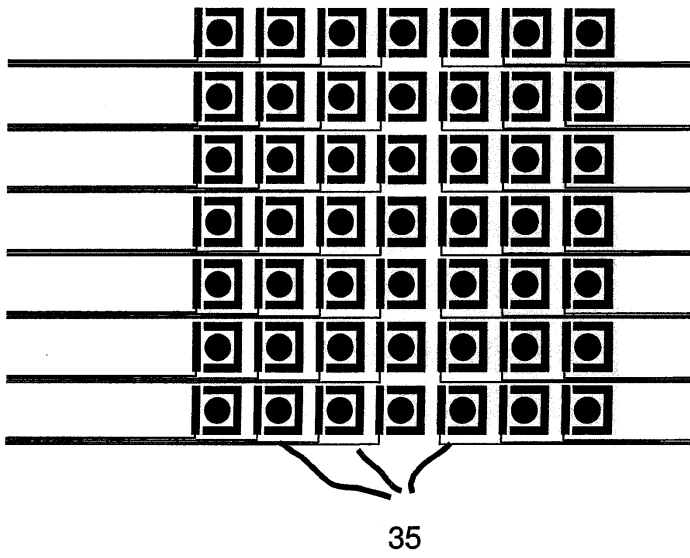
도면17



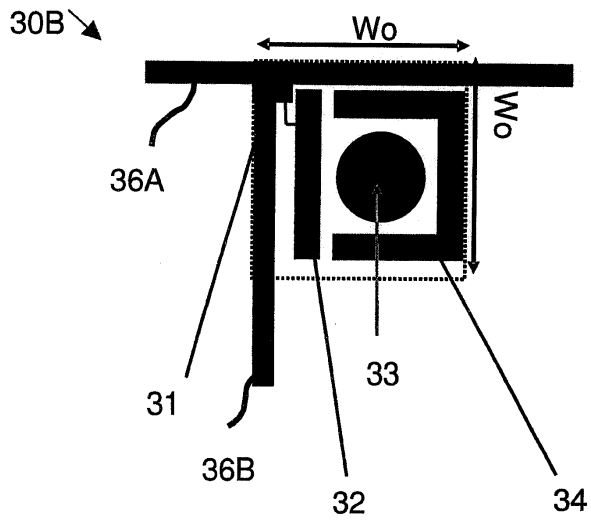
도면18a



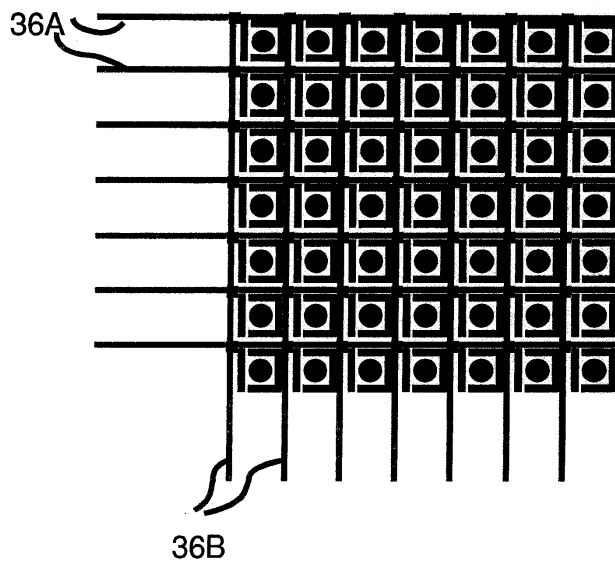
도면18b



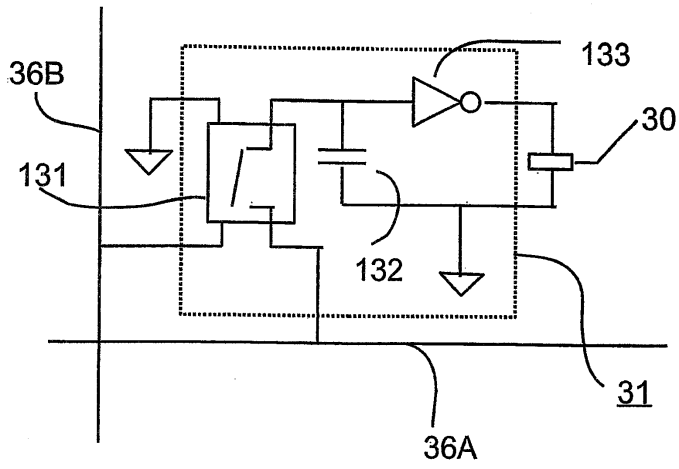
도면19a



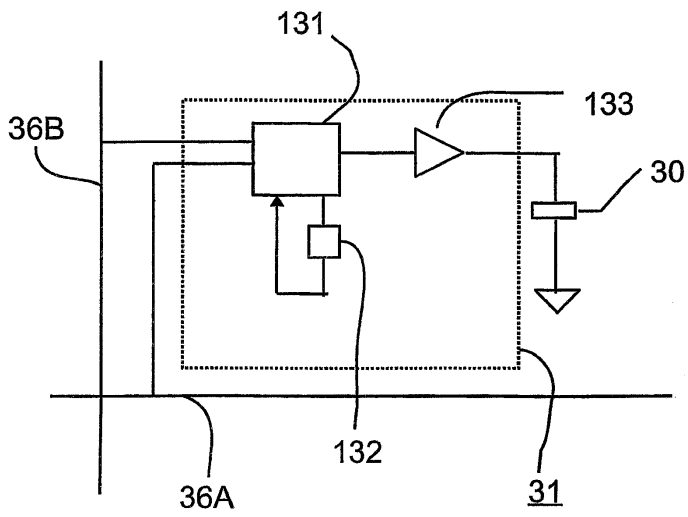
도면19b



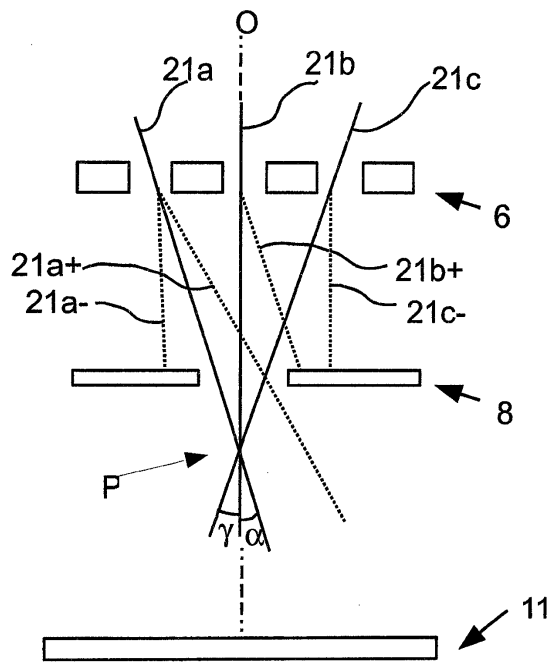
도면20



도면21



도면22



도면23

