



등록특허 10-2462465



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월02일  
(11) 등록번호 10-2462465  
(24) 등록일자 2022년10월28일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01S 3/106* (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)  
*H01S 3/036* (2006.01) *H01S 3/07* (2006.01)  
*H01S 3/08* (2006.01) *H01S 3/10* (2006.01)  
*H01S 3/11* (2006.01) *H01S 3/13* (2006.01)  
*H01S 3/137* (2006.01) *H01S 3/225* (2006.01)  
*H01S 3/23* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*H01S 3/106* (2013.01)  
*G03F 7/70041* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7013133(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2019년03월01일  
 심사청구일자 2022년05월11일
- (85) 번역문제출일자 2022년04월19일
- (65) 공개번호 10-2022-0054463
- (43) 공개일자 2022년05월02일
- (62) 원출원 특허 10-2020-7027849  
 원출원일자(국제) 2019년03월01일  
 심사청구일자 2020년09월28일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2019/020415
- (87) 국제공개번호 WO 2019/190700  
 국제공개일자 2019년10월03일
- (30) 우선권주장  
 62/650,896 2018년03월30일 미국(US)  
 62/663,308 2018년04월27일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문현  
 US20170187160 A1
- (73) 특허권자  
 사이먼 엘엘씨  
 미국 캘리포니아 92127-2413 샌디에고 쏜민트 코트 17075
- (72) 발명자  
 오'브라이언 케빈 마이클  
 미국 92127 캘리포니아주 샌디에고 쏜민트 코트 17075
- 더피 토마스 패트릭  
 미국 캘리포니아주 92127 샌디에고 쏜민트 코트 17075
- 쏜즈 조슈아 존  
 미국 92127 캘리포니아주 샌디에고 쏜민트 코트 17075
- (74) 대리인  
 유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

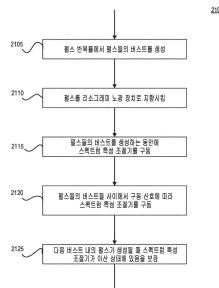
심사관 : 홍성의

(54) 발명의 명칭 펄스형 광 빔의 스펙트럼 특성 선택 및 펄스 타이밍 제어 기술

**(57) 요 약**

방법은, 펄스 반복률로 펄스들의 버스트를 생성하는 동안에, 스펙트럼 특성 조절기를 펄스 반복률과 상관된 주파수로 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계; 및 펄스들의 버스트들의 생성 사이에(펄스가 생성되지 않는 동안에), 스펙트럼 특성 조절기를 파라미터들의 세트에 의해 규정되는 구동 신호에 따라서 구동하는 단계를 포함한

(뒷면에 계속)

**대 표 도** - 도21

다. 각각의 이산 상태는 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응한다. 이러한 방법은, 리소그래피 노광 장치로의 구동 신호, 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호, 및/또는 광학 소스로의 명령 중 하나 이상을 조절함으로써, 다음 베스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는, 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있도록 하는 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류

*H01S 3/036* (2019.01)

*H01S 3/073* (2013.01)

*H01S 3/08004* (2013.01)

*H01S 3/08009* (2013.01)

*H01S 3/10038* (2013.01)

*H01S 3/10046* (2013.01)

*H01S 3/11* (2013.01)

*H01S 3/1305* (2013.01)

*H01S 3/137* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

트리거 신호에 응하여 리소그래피 노광 장치에 공급되는 증폭된 광 빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하는 동안에, 스펙트럼 특성 조절기를 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계 - 각각의 이산 상태는 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -;

상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 트리거 신호가 수신되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 단계; 및

다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 단계를 포함하되, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 것은:

버스트간 시간 간격이 상기 증폭된 광 빔의 펄스들 사이의 시간 간격의 정수배가 되도록 트리거 버스트간 시간 간격을 조절하는 것;

상기 리소그래피 노광 장치가 상기 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 대한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 표시에 기초하여, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터를 조절하는 것;

상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 요청에 대해 상대적으로 상기 펄스들의 다음 버스트의 생성을 0보다 긴 기간 동안 지연시키는 것; 및

상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함하는 신호를 상기 리소그래피 노광 장치에 전송하는 것

중 하나 이상에 의해 이루어지는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 스펙트럼 특성 조절기를 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계는 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것을 포함하는 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 각각의 이산 값은 상기 스펙트럼 특성의 미리 설정된 복수 개의 이산 값으로부터 선택되는 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 트리거 신호는 상기 리소그래피 노광 장치로부터 공급되는 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 트리거 신호가 수신되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 단계는, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 주기적인 방식으로 구동하는 것을 포함하는 방법.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 주기적인 방식으로 구동하는 것은, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 구동하는 것을 포함하는 방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있을 때 생성되는 상기 버스트 내의 펄스는 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 갖는 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 것은, 상기 버스트간 시간 간격이 상기 증폭된 광 빔의 펄스들 사이의 시간 간격의 정수배가 되도록 그리고 상기 버스트간 시간 간격이 상기 버스트 내의 마지막 펄스와 다음 버스트 내의 첫 번째 펄스 또는 상기 다음 버스트 내의 상기 첫 번째 펄스에 뒤따르는 펄스 사이의 시간 간격이 되도록 트리거 버스트간 시간 간격을 조절하는 것을 포함하는 방법.

**청구항 9**

제1항에 있어서,

상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 것은, 상기 리소그래피 노광 장치가 상기 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 대한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 상기 표시에 기초하여, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터를 조절하는 것을 포함하고,

상기 리소그래피 노광 장치가 상기 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 대한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 상기 표시에 기초하여, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터를 조절하는 것은, 상기 스펙트럼 특성 조절기와 연관된 구동 신호의 주파수 및 위상 중 하나 이상을 수정하는 것을 포함하는 방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수가 불일치로 인하여 수정되는 경우, 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수를 펄스 반복률에 상관되도록 다음 버스트의 시작 시에 변경하는 단계를 더 포함하는 방법.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 것은, 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 요청에 대해 상대적으로 상기 펄스들의 다음 버스트의 생성을 0보다 긴 기간 동안 지연시키는 것을 포함하고,

상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 요청에 대해 상대적으로 상기 펄스들의 다음 버스트의 생성을 0보다 긴 기간 동안 지연시키는 것은, 상기 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태로 구동될 수 있을 때까지 펄스들의 다음 버스트를 지연시키는 것을 포함하는 방법.

**청구항 12**

제1항에 있어서,

상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 것은, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함하는 신호를 상기 리소그래피 노광 장치에 전송하는 것을 포함하고,

상기 방법은 조절된 트리거 신호를 수신하는 단계를 더 포함하되, 상기 조절된 트리거 신호는, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함하는, 상기 리소그래피 노광 장치에 전송된 상기 신호에 기초하는 것인 방법.

**청구항 13**

제1항에 있어서,

상기 조절된 트리거 신호는 버스트간 시간 간격에 증가를 유발하는 것인 방법.

**청구항 14**

제1항에 있어서,

상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나에 있도록 하는 것은, 상기 다음 버스트 내의 최초 펄스가 생성될 때 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나에 있도록 하는 것을 포함하는 방법.

**청구항 15**

트리거 신호에 응하여 리소그래피 노광 장치에 공급되는 증폭된 광 빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하는 동안에, 스펙트럼 특성 조절기를 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계 - 각각의 이산 상태는 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -;

상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 트리거 신호가 수신되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 단계; 및

버스트간 시간 간격이 상기 증폭된 광 빔의 펄스들 사이의 시간 간격의 정수배가 되도록 트리거 버스트간 시간 간격을 조절함으로써, 그리고 상기 리소그래피 노광 장치가 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 대한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 표시에 기초하여, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터를 조절함으로써, 상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 16**

광학 소스가 트리거 신호에 응하여 리소그래피 노광 장치에 공급되는 증폭된 광 빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하는 동안에, 구동 신호에 기초하여 스펙트럼 특성 조절기를 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계 - 각각의 이산 상태는, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있을 때 생성되는 상기 버스트 내의 펄스가 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 갖도록 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -;

상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 트리거 신호가 수신되지 않는 동안에, 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 상기 스펙트럼 특성 조절기를 계속해서 구동하는 단계; 및

상기 리소그래피 노광 장치로의 명령, 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호, 및 상기 광학 소스로의 명령 중 하나 이상을 조절함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나에 있는 순간에 다음 버스트 내의 펄스를 생성하는 단계를 포함하는 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절하는 것은, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함하는 신호를 상기 리소그래피 노광 장치에 전송하는 것 또는 버스트간 시간 간격이 상기 증폭된 광 빔의 펄스들 사이의 시간 간격의 정수배가 되도록 트리거 버스트간 시간 간격을 조절하는 것을 포함하고,

상기 광학 소스로의 명령을 조절하는 것은, 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 요청에 대해 상대적으로 상기 펄스들의 다음 버스트의 생성을 0보다 긴 기간 동안 지연시키는 것을 포함하며,

상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호를 조절하는 것은, 상기 리소그래피 노광 장치가 상기 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 대한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 표시에 기초하여, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터를 조절하는 것을 포함하는 방법.

### 청구항 18

제17항에 있어서,

상기 버스트간 시간 간격은 상기 버스트 내의 마지막 펄스와 다음 버스트 내의 첫 번째 펄스 또는 상기 다음 버스트 내의 상기 첫 번째 펄스에 뒤따르는 펄스 사이의 시간 간격인 방법.

### 청구항 19

제16항에 있어서,

상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나에 있는 순간에 다음 버스트 내의 펄스를 생성하는 것은, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나에 있을 때에 상기 다음 버스트 내의 최초 펄스를 생성하는 것을 포함하는 방법.

### 청구항 20

리소그래피 노광 장치와 통신하고, 상기 리소그래피 노광 장치로부터 정보를 수신하도록 구성되는 인터페이스;  
스펙트럼 특성 조절기; 및

상기 인터페이스 및 상기 스펙트럼 특성 조절기와 통신하는 광학 장치를 포함하는 장치로서, 상기 광학 장치는:  
트리거 신호에 응하여 리소그래피 노광 장치에 공급되는 증폭된 광 빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하는 동안에, 스펙트럼 특성 조절기를 이산 상태들의 세트 중에서 구동하고 - 각각의 이산 상태는 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -;

상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 트리거 신호가 수신되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하며;

다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성되며, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하는 것은:

버스트간 시간 간격이 상기 증폭된 광 빔의 펄스들 사이의 시간 간격의 정수배가 되도록 트리거 버스트 간 시간 간격을 조절하는 것;

상기 리소그래피 노광 장치가 상기 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 대한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 표시에 기초하여, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터를 조절하는 것;

상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 요청에 대해 상대적으로 상기 펄스들의 다음 버스트의 생성을 0보다 긴 기간 동안 지연시키는 것; 및

상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 상기 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함하는 신호를 상기 리소그래피 노광 장치에 전송하는 것  
중 하나 이상에 의해 이루어지는 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

관련 출원들에 대한 상호 참조

[0002]

본 출원은 2018년 3월 30일에 출원되고 발명의 명칭이 "Spectral Feature Selection and Pulse Timing Control of a Pulsed Light Beam"인 미국 출원 번호 제 62/650,896 호 및 2018년 4월 27일에 출원되고 발명의 명칭이 "Spectral Feature Selection and Pulse Timing Control of a Pulsed Light Beam"인 미국 출원 번호 제 62/663,308 호에 대한 우선권을 주장한다. 이러한 출원들 모두는 그들의 전체로서 원용에 의해 본 명세서에 포함된다.

[0003]

본 발명의 기술 요지는 리소그래피 노광 장치에 광을 공급하는 광학 소스로부터 출력되는 광빔의, 예를 들어 대역폭 또는 파장과 같은 스펙트럼 특성을 제어하는 기술에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0004]

반도체 리소그래피(또는 포토리소그래피)에서, 집적 회로(IC)를 제조하려면 다양한 물리적 및 화학적 프로세스가 반도체(예를 들어, 실리콘) 기판(웨이퍼라고도 불림) 상에 수행되어야 한다. 리소그래피 노광 장치(스캐너라고도 불림)는 원하는 패턴을 기판의 타겟부 상에 적용하는 기계이다. 웨이퍼가 스캐너의 직교하는  $X_L$  및  $Y_L$  방향에 의해 규정되는 이미지 평면을 따라 연장되도록 웨이퍼는 스테이지에 고정된다. 웨이퍼는 광빔에 의해 조사되고, 광빔은 가시 광과  $x$ -선 사이의 자외선 범위의 파장, 그리고 따라서 약 10 나노미터(nm) 내지 약 400 nm 사이의 파장을 가진다. 따라서, 광빔은, 예를 들어 약 100 nm 내지 약 400 nm에 속할 수 있는 파장인 심자외선(DUV) 범위의 파장 또는, 약 10 nm 및 약 100 nm 사이의 파장인 심자외선(DUV) 범위의 파장을 가질 수 있다. 이러한 파장 범위는 준별되는 것이 아니고, 광이 DUV 또는 EUV로 여겨지는 것 사이에는 중첩이 있을 수 있다.

[0005]

광빔은 스캐너의  $Z_L$  방향에 대응하는 축방향을 따라 이동한다. 스캐너의  $Z_L$  방향은 이미지 평면( $X_L-Y_L$ )에 직교한다. 광빔은 빔 전달 유닛을 통해 전달되고, 레티클(또는 마스크)을 통해서 필터링되며, 준비된 웨이퍼 상에 투영된다. 웨이퍼 및 광빔 사이의 상대 위치는 이미지 평면에서 이동되고, 이러한 프로세스가 웨이퍼의 각각의 타겟 영역에서 반복된다. 이러한 방식으로, 칩 디자인이 포토레지스트 상에 패터닝되고, 그러면 포토레지스트가 애칭되고 세척되며, 이러한 프로세스가 반복된다.

[0006]

레이저와 같은 광학 소스로부터 출력되는 광빔의 스펙트럼 특성 또는 속성(예를 들어, 대역폭 또는 파장)에 대한 정확한 정보는 많은 과학용 애플리케이션 및 산업용 애플리케이션에서 중요하다. 예를 들어, 광학 소스 대역폭의 정확한 정보는 심자외선(deep UV; DUV) 광 리소그래피에서 최소 피쳐 크기 또는 임계 치수(CD)를 제어할 수 있게 하기 위하여 사용된다. 임계 치수는 반도체 기판(웨이퍼라고도 불림)에 인쇄된 피쳐 크기이며, 따라서 CD는 미세하게 크기가 제어될 필요가 있을 수 있다.

### 발명의 내용

[0007]

일반적인 일부 양태에서, 방법은 증폭된 광빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하고, 펄스들을 리소그래피 노광 장치에 지향시키는 단계를 포함한다. 이러한 방법은, 펄스 버스트를 생성하는 동안에, 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계를 포함한다. 상기 버스트 내의 펄스가 생성될 때마다, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있고, 증폭된 광빔 펄스가 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 가지도록, 각각의 이산 상태는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값 중에서 상기 증폭된 광빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응한다. 이러한 방법은, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하는 단계를 포함한다. 더욱이, 이러한 방법은 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들

중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 단계를 포함한다.

[0008] 구현형태들은 후속하는 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 구동함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기는 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동될 수 있다. 이러한 방법은, 버스트간 시간 간격이 상기 펄스 반복률에 대한 펄스들 사이의 시간 간격의 정수배가 되도록, 상기 버스트간 시간 간격을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 할 수 있다. 버스트간 시간 간격은 버스트 내의 마지막 펄스와 다음 버스트 내의 제 1 펄스 사이의 시간 간격일 수 있다.

[0009] 이러한 방법은, 상기 리소그래피 노광 장치가 상기 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 대한 표시를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하는 것; 및 수신된 표시가, 상기 다음 버스트 내의 제 1 펄스의 생성과 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태에 있는 시간 사이에 시간상 불일치를 표시한다면, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터를 상기 수신된 표시에 기반하여 변경함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 할 수 있다. 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터는, 스펙트럼 특성 조절기와 연관된 구동 신호의 주파수 및 위상 중 하나 이상을 변경함으로써 변경될 수 있다. 이러한 방법은, 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수가 불일치에 기인하여 변경되었으면, 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수를 펄스 반복률에 상관되도록 다음 버스트의 시작 시에 변경하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성은 증폭된 광 빔의 파장일 수 있다. 증폭된 광 빔의 파장은 심자외선 범위에 있을 수 있다. 상기 증폭된 광 빔의 파장이 상기 증폭된 광 빔의 각각의 펄스에 대하여, 두 개의 별개의 파장을 사이에서 변하도록, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동함으로써, 스펙트럼 특성 조절기는 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동될 수 있다.

[0011] 상기 증폭된 광 빔의 파장이 상기 증폭된 광 빔의 두 펄스마다 한 번씩, 두 개의 별개의 파장을 사이에서 변하도록, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동함으로써, 스펙트럼 특성 조절기는 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동될 수 있다.

[0012] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 정현 구동 신호에 따라 구동함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기는 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동될 수 있다.

[0013] 스펙트럼 특성 조절기는, 프리커서 광 빔(pre-cursor light beam)과 상호작용하는 광학기를 이산 위치들 사이에서 이동시킴으로써 구동될 수 있다. 광학기의 각각의 이산 위치는 이산 상태에 대응하고, 증폭된 광 빔은 프리커서 광 빔으로부터 형성된다. 광 빔과 상호작용하는 광학기는 프리커서 광 빔이 통과하는 브리즘을 회전시킴으로써 이동될 수 있다.

[0014] 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수는 펄스 반복률의 절반일 수 있다. 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수는 펄스 반복률의 사분의 일일 수 있다.

[0015] 이러한 방법은, 상기 다음 버스트 내의 제 1 펄스가 생성될 때 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 함으로써, 상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때에 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 할 수 있다.

[0016] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 하나 이상의 고정된 파라미터에 따라 구동하고 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기는 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동될 수 있다. 이러한 방법은, 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하는 것에 비해 상기 펄스들의 다음 버스트의 생성을 0보다 긴 기간 동안 지연시킴으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 하나의 이산 상태에 있게 할 수 있다. 펄스들의 다음 버스트의 생성은, 스펙트럼 특성 조절기가 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태 중 하나로 구동될 수 있을 때까지 펄스들의 다음 버스트를 지연시킴으로써, 기간 동안 지연될 수 있다.

[0017] 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스들의 버스트가 생성되지 않는 동안에 구동되는 방식에 관련되는, 상기 리소그래피 노광 장치로부터 정보는, 상기 버스트의 종료 이전에 수신될 수 있다. 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스들의 버스트가 생성되지 않는 동안에 구동되는 방식에 관련되는, 상기 리소그래피 노광 장치로부터 정보는, 펄스들의 버스트의

생성 사이에 수신될 수 있다.

[0018] 이러한 방법은, 신호를 리소그래피 노광 장치에 전송함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 할 수 있다. 신호는 스펙트럼 특성 조절기가 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이와 펄스가 생성되고 있지 않을 때에 어떻게 구동되는 중인지에 관련된 정보를 포함한다.

[0019] 일반적인 다른 양태에서, 장치는 리소그래피 노광 장치와 통신하고, 상기 리소그래피 노광 장치로부터 정보를 수신하도록 구성되는 인터페이스, 스펙트럼 특성 조절기, 및 상기 인터페이스 및 상기 스펙트럼 특성 조절기와 통신하는 광학 장치를 포함한다. 상기 광학 장치는, 기판을 패터닝하기 위하여 상기 리소그래피 노광 장치에 의해 사용되도록 증폭된 광 빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하고; 펄스 버스트를 생성하는 동안에, 상기 버스트 내의 펄스가 생성될 때마다, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있고, 증폭된 광 빔 펄스가 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 가지도록, 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하며 - 각각의 이산 상태는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값 중에서 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -; 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 상기 인터페이스에 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하고; 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성된다.

[0020] 구현형태들은 후속하는 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성은 증폭된 광 빔의 파장일 수 있다.

[0021] 상기 스펙트럼 특성 조절기는, 상기 광학 장치와 통신하고 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하도록 구성되는 구동 액츄에이터를 포함할 수 있다. 광학 장치는 인터페이스 및 구동 액츄에이터와 통신하는 제어 장치를 포함할 수 있다. 상기 제어 장치는, 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 펄스 반복률을 포함하는 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 요청에 관련된 표시를 상기 인터페이스로부터 수신하고, 구동 신호를 상기 구동 액츄에이터에 전송하도록 구성될 수 있으며, 상기 구동 신호는 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 기반한다. 구동 액츄에이터에 전송된 구동 신호는 정현 구동 신호일 수 있다.

[0022] 상기 스펙트럼 특성 조절기는, 프리커서 광 빔과 광학적으로 상호작용하는 광학 디바이스를 포함할 수 있고, 상기 광학 디바이스의 각각의 이산 상태는 상기 스펙트럼 특성 조절기의 이산 상태에 대응할 수 있다. 상기 광학 디바이스의 이산 상태는, 상기 광학 디바이스가 상기 프리커서 광 빔과 상호작용하는 이산 위치일 수 있다. 광학 디바이스는 프리커서 광 빔이 통과하는 프리즘일 수 있다. 광학 디바이스는 구동 액츄에이터에 물리적으로 커플링될 수 있다.

[0023] 상기 광학 장치는, 제 1 펄스형 광 빔을 생성하도록 구성되는 제 1 가스 방전 스테이지; 및 상기 제 1 펄스형 광 빔을 수광하고, 상기 제 1 펄스형 광 빔을 증폭함으로써 상기 광학 장치로부터 상기 증폭된 광 빔을 생성하도록 구성되는 제 2 가스 방전 스테이지를 포함할 수 있다.

[0024] 상기 제 1 가스 방전 스테이지는, 에너지 소스를 수용하고 제 1 이득 매질을 포함하는 가스 혼합물을 포함하는 제 1 가스 방전 챔버를 포함할 수 있고, 상기 제 2 가스 방전 스테이지는, 에너지 소스를 수용하고 제 2 이득 매질을 포함하는 가스 혼합물을 포함하는 제 2 가스 방전 챔버를 포함할 수 있다.

[0025] 상기 광학 장치는, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 구동함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하도록 구성될 수 있다. 상기 광학 장치는, 버스트간 시간 간격이 상기 펄스 반복률에 대한 펄스들 사이의 시간 간격의 정수배가 되도록, 상기 버스트간 시간 간격을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 하도록 구성될 수 있고, 버스트간 시간 간격은 마지막 펄스 및 다음 버스트 내의 펄스 사이의 시간 간격이다.

[0026] 상기 광학 장치는, 상기 리소그래피 노광 장치가 상기 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 관련된 표시를 인터페이스로부터 수신하는 것; 및 수신된 표시가, 상기 다음 버스트 내의 제 1 펄스의 생성과 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태에 있는 시간 사이에 시간상 불일치를 표시한다면, 상기 스펙트럼 특성 조절기로 전송된 구동 신호와 연관된 하나 이상의 파라미터를 상기 수신된 표시에 기반하여 변경함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 하도록 구성될

수 있다. 변경되는 하나 이상의 파라미터는, 상기 스펙트럼 특성 조절기의 구동 액츄에이터로 공급되는 상기 구동 신호의 주파수 및/또는 위상 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 광학 장치는 주파수가 불일치에 기인하여 변경되었다면, 구동 신호의 주파수를 다음 버스트의 시작 시에 펄스 반복률과 상관되도록 변경하게 구성될 수 있다.

[0027] 상기 광학 장치는, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 하나 이상의 고정된 파라미터에 따라 구동하고 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 인터페이스에서 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하도록 구성될 수 있다. 상기 광학 장치는, 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 상기 리소그래피 노광 장치로부터 인터페이스에서 수신된 요청에 비해 상기 펄스들의 다음 버스트의 생성을 0보다 긴 기간 동안 지연시킴으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 하나의 이산 상태에 있게 하도록 구성될 수 있다.

[0028] 상기 광학 장치는, 스펙트럼 특성 조절기가 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태 중 하나로 구동될 수 있을 때까지 펄스들의 다음 버스트의 생성을 지연시킴으로써, 펄스들의 다음 버스트의 생성을 지연시키도록 구성될 수 있다.

[0029] 상기 광학 장치는 증폭된 광 빔을 출력하도록 구성되는 적어도 하나의 증폭 스테이지를 포함할 수 있다. 스펙트럼 특성 조절기는 스펙트럼 특성 선택 장치의 일부일 수 있고, 스펙트럼 특성 선택 장치는 광학 소스로부터 프리커서 광 빔을 수광한다. 상기 스펙트럼 특성 선택 장치는, 상기 프리커서 광 빔과 상호작용하도록 배치되는 분산형 광학 요소, 및 상기 분산형 광학 요소와 상기 광학 소스 사이에서 상기 프리커서 광 빔의 경로에 배치되는 복수 개의 프리즘을 포함한다. 스펙트럼 특성 조절기는 복수 개의 프리즘의 프리즘 중 하나일 수 있고, 스펙트럼 특성 조절기의 이산 상태들의 세트는 프리커서 광 빔이 프리즘과 상호작용하는 프리즘의 이산 위치들의 세트이다. 프리즘은 프리즘 축 중심으로 이산 각도들의 세트로 회전됨으로써, 이산 위치들의 세트 사이에서 구동될 수 있다.

[0030] 일반적인 일부 양태에서, 방법은 광학 소스가 증폭된 광 빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하게 하고, 생성된 펄스들을 리소그래피 노광 장치에 지향시키는 단계를 포함한다. 이러한 방법은, 펄스 버스트를 생성하는 동안에, 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 스펙트럼 특성 조절기를 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계를 포함하는데, 각각의 이산 상태는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값 중에서 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응한다. 이러한 방법은, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 파라미터들의 세트에 의해 규정되는 구동 신호에 따라 구동하는 단계를 포함한다. 이러한 방법은, 리소그래피 노광 장치로의 구동 신호, 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호, 및/또는 광학 소스로의 명령 중 하나 이상을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는, 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있도록 하는 단계를 더 포함한다.

[0031] 구현형태들은 후속하는 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이러한 방법은, 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호를 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 할 수 있다. 이러한 방법은 다음 버스트의 생성을 요청할 시간에 대한 표시를 리소그래피 노광 장치로부터 수신하는 단계를 포함할 수 있다. 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호는, 스펙트럼 특성 조절기에 전송된 구동 신호의 파라미터 중 하나 이상을 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 표시에 기반하여 변경함으로써 조절될 수 있다. 스펙트럼 특성 조절기에 전송된 구동 신호의 하나 이상의 파라미터는, 스펙트럼 특성 조절기에 전송된 구동 신호의 주파수 및 위상 중 하나 이상을 변경함으로써 변경될 수 있다. 다음 버스트의 생성을 위한 리소그래피 노광 장치로부터의 수신된 요청은, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 하도록 하나 이상의 파라미터의 변경을 허용하기 위하여, 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 표시로부터 충분한 시간만큼 지연될 수 있다. 이러한 지연은 약 25-35 밀리초(ms)일 수 있다.

[0032] 이러한 방법은, 광학 소스로의 명령을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 할 수 있다. 광학 소스로의 명령은, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있도록, 펄스들의 다음 버스트의 생성을 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 리소그래피 노광 장치로부터의 요청을 수신하는 것에 비해 0보다 긴 기간 동안 지연시킴으로써, 조절될 수 있다. 펄스들의 다음 버스트의 생성은, 스펙트럼 특성 조절기가 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때,

증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태 중 하나로 구동될 수 있을 때까지 펄스들의 다음 버스트를 지연시킴으로써, 지연될 수 있다. 이러한 방법은 광학 소스로의 명령을 조절하면서 파라미터들의 세트에 의해 규정되는 구동 신호에 따라 스펙트럼 특성 조절기를 계속 구동하는 단계를 포함한다.

[0033] 이러한 방법은, 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 할 수 있다. 리소그래피 노광 장치로의 명령은, 신호를 리소그래피 노광 장치에 전송함으로써 조절될 수 있는데, 이러한 신호는 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함한다. 이러한 방법은 리소그래피 노광 장치로부터 다음 버스트의 생성을 위한 트리거 요청을 수신하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 트리거 요청은 상기 리소그래피 노광 장치로의 조절된 명령에 기반하고, 상기 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성되는 시간이 상기 스펙트럼 특성 조절기가 하나 이상의 이산 상태들 중 하나에 도달하는 순간과 동기화되게 한다. 트리거 요청은 조절됨으로써, 광학 소스로의 명령 내의 전기 펄스를 지연시킬 수 있다.

[0034] 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성은 증폭된 광 빔의 파장일 수 있다.

[0035] 상기 버스트 내의 펄스가 생성될 때마다, 상기 스펙트럼 특성 조절기는 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있을 수 있고, 상기 증폭된 광 빔 펄스는 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 가질 수 있다.

[0036] 상기 증폭된 광 빔의 파장이 상기 증폭된 광 빔의 각각의 펄스에 대하여, 두 개의 별개의 파장을 사이에서 변하도록, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동함으로써, 스펙트럼 특성 조절기는 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동될 수 있다. 상기 증폭된 광 빔의 파장이 상기 증폭된 광 빔의 두 펄스마다 한 번씩, 두 개의 별개의 파장을 사이에서 변하도록, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동함으로써, 스펙트럼 특성 조절기는 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동될 수 있다.

[0037] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 정현 구동 신호에 따라 구동함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기는 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동될 수 있다.

[0038] 스펙트럼 특성 조절기는, 프리커서 광 빔과 상호작용하는 광학기를 이산 위치들 사이에서 이동시킴으로써 구동될 수 있는데, 광학기의 각각의 이산 위치는 하나의 이산 상태에 대응하고, 증폭된 광 빔은 프리커서 광 빔으로부터 형성된다.

[0039] 이러한 방법은, 상기 다음 버스트 내의 제 1 펄스가 생성될 때 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 함으로써, 상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때에 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 할 수 있다.

[0040] 일반적인 다른 양태에서, 장치는 리소그래피 노광 장치와 통신하도록 구성되는 인터페이스, 스펙트럼 특성 조절기, 광학 소스, 및 인터페이스, 스펙트럼 특성 조절기, 및 광학 소스와 통신하는 제어 장치를 포함한다. 상기 제어 장치는, 기판을 패터닝하기 위하여 상기 리소그래피 노광 장치에 의해 사용되도록 증폭된 광 빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하도록 상기 광학 소스에 명령하고; 펄스 버스트를 생성하는 동안에, 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 스펙트럼 특성 조절기를 이산 상태들의 세트 중에서 구동하며 - 각각의 이산 상태는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값 중에서 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -; 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 파라미터들의 세트에 의해 규정되는 구동 신호에 따라 구동하고; 상기 리소그래피 노광 장치로의 명령, 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호, 및/또는 상기 광학 소스로의 명령 중 하나 이상을 조절함으로써 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성된다.

[0041] 구현형태들은 후속하는 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제어 장치는, 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호를 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성될 수 있다. 상기 제어 장치는, 상기 인터페이스를 통하여, 상기 리소그래피 노광 장치가 다음 버스트의 생성을 요청할 시간에 대한 표시를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하도록 구성될 수 있고, 상기 제어 장치는, 상기 스펙트럼 특성 조절기에 전송되는 구동 신호의 파라미터 중 하나 이상을, 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 수신된 표시에 기반하여 변경함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호를 조절할 수 있다. 상기 제어 장치는, 스펙트럼 특성 조절기에 전송된 구동 신호의 하나 이상의 파라미터를, 스펙트럼 특성 조절기

에 전송된 구동 신호의 주파수 및 위상 중 하나 이상을 변경함으로써 변경하도록 구성될 수 있다.

[0042] 상기 제어 장치는, 광학 소스로의 명령을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성될 수 있다. 상기 제어 장치는, 상기 광학 소스로의 명령을, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있도록, 펄스들의 다음 버스트의 생성을 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 리소그래피 노광 장치로부터 요청의 수신하는 것에 의해 0보다 긴 기간 동안 지연시킴으로써, 조절할 수 있다. 상기 제어 장치는, 스펙트럼 특성 조절기가 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태 중 하나로 구동될 수 있을 때까지 펄스들의 다음 버스트를 지연시킴으로써, 펄스들의 다음 버스트의 생성을 시간 간격 동안에 지연시킬 수 있다. 제어 장치는 파라미터들의 세트에 의해 규정된 구동 신호에 따라서 스펙트럼 특성 조절기를 계속 구동할 수 있다.

[0043] 상기 제어 장치는, 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성될 수 있다. 상기 제어 장치는, 신호를 리소그래피 노광 장치에 전송함으로써 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절할 수 있는데, 이러한 신호는 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함한다. 상기 제어 장치는, 상기 다음 버스트의 생성에 대한 트리거 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하도록 구성될 수 있고, 상기 트리거 요청은, 상기 리소그래피 노광 장치로의 조절된 명령에 기반하며, 상기 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성되는 시간이 상기 스펙트럼 특성 조절기가 하나 이상의 이산 상태들 중 하나에 도달하는 순간과 동기화되게 한다.

[0044] 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성은 증폭된 광 빔의 파장일 수 있다.

[0045] 상기 스펙트럼 특성 조절기는, 상기 제어 장치와 통신하고 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하도록 구성되는 구동 액츄에이터를 포함할 수 있다. 상기 스펙트럼 특성 조절기는, 프리커서 광 빔과 광학적으로 상호작용하는 광학 디바이스를 포함할 수 있고, 상기 광학 디바이스의 각각의 이산 상태는 상기 스펙트럼 특성 조절기의 이산 상태에 대응할 수 있다. 상기 광학 디바이스의 이산 상태는, 상기 광학 디바이스가 상기 프리커서 광 빔과 상호작용하는 이산 위치일 수 있다. 광학 디바이스는 프리커서 광 빔이 통과하는 프리즘일 수 있다.

[0046] 광학 디바이스는 구동 액츄에이터에 물리적으로 커플링될 수 있다.

[0047] 상기 광학 소스는, 제 1 펄스형 광 빔을 생성하도록 구성되는 제 1 가스 방전 스테이지; 및 상기 제 1 펄스형 광 빔을 수광하고, 상기 제 1 펄스형 광 빔을 증폭함으로써 상기 광학 소스로부터 상기 증폭된 광 빔을 생성하도록 구성되는 제 2 가스 방전 스테이지를 포함할 수 있다.

[0048] 광학 소스는 증폭된 광 빔을 출력하도록 구성되는 적어도 하나의 증폭 스테이지를 포함할 수 있다.

[0049] 스펙트럼 특성 조절기는 스펙트럼 특성 선택 장치의 일부일 수 있고, 스펙트럼 특성 선택 장치는 광학 소스로부터 프리커서 광 빔을 수광한다. 상기 스펙트럼 특성 선택 장치는, 상기 프리커서 광 빔과 상호작용하도록 배치되는 분산형 광학 요소, 및 상기 분산형 광학 요소와 상기 광학 소스 사이에서 상기 프리커서 광 빔의 경로에 배치되는 복수 개의 프리즘을 포함할 수 있다. 스펙트럼 특성 조절기는 복수 개의 프리즘의 프리즘 중 하나일 수 있고, 스펙트럼 특성 조절기의 이산 상태들의 세트는 프리커서 광 빔이 프리즘과 상호작용하는 프리즘의 이산 위치들의 세트이다. 프리즘은 프리즘 축 중심으로 이산 각도들의 세트로 회전됨으로써, 이산 위치들의 세트 사이에서 구동될 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0050] 도 1은 펄스들의 증폭된 광 빔을 리소그래피 노광 장치로 공급하기 위한 광학 장치 및 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성을 조절하는 스펙트럼 특성 조절기를 포함하는 장치의 블록도이다;

도 2a는 증폭된 광 빔의 펄스들의 두 개의 버스트 및 하나의 버스트간 캡을 통해서 도 1의 광학 장치 및 스펙트럼 특성 조절기의 동작을 보여주는 타이밍도이다;

도 2b는 도 2a의 타이밍도의 상세도이다;

도 3은 증폭된 광 빔의 광학 스펙트럼의 그래프이다;

도 4는 도 1의 리소그래피 노광 장치의 구현형태의 블록도이다;

도 5는 도 1의 장치의 구현형태의 블록도이다;

도 6a는 적어도 하나의 광학 디바이스를 포함하는 스펙트럼 특성 조절기의 구현형태의 개략도이다;

도 6b는 도 6a의 프리즘 중 하나의 동작의 구현형태를 보여주는 개략도이다;

도 7a는 증폭된 광 빔의 제 1 스펙트럼 특성에 대응하는 제 1 상태 또는 위치에 있는 도 6a의 프리즘을 보여주는 개략도이다;

도 7b는 증폭된 광 빔의 제 2 스펙트럼 특성에 대응하는 제 2 상태 또는 위치에 있는 도 7a의 프리즘을 보여주는 개략도이다;

도 8은 도 1의 광학 장치의 광학 소스의 구현형태의 블록도이다;

도 9는 펄스들의 버스트의 생성 중에 동작하는, 도 1의 장치의 구현형태의 타이밍도이고, 장치의 블록도가 타이밍도의 설명과 연계하여 표시된다;

도 10은 펄스들의 버스트의 생성들 사이에 동작하는, 도 1의 장치의 구현형태의 타이밍도이고, 장치의 블록도가 타이밍도의 설명과 연계하여 표시된다;

도 11은 스펙트럼 특성 조절기가 펄스들의 버스트들의 생성 사이에서 펄스 반복률과 상관된 주파수로 구동되는 방식으로 동작하는, 도 1의 장치의 구현형태의 타이밍도, 및 역시 이러한 타이밍도에 관련되는 장치의 대응하는 블록도이다;

도 12는 버스트간 시간 간격 이후의 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스와 스펙트럼 특성 조절기가 이산 상태 중 하나에 도달하는 시점 사이의 시간상 불일치를 제거하는 방식으로 동작하는, 도 1의 장치의 구현형태의 타이밍도, 및 역시 이러한 타이밍도에 대응하는 장치의 대응하는 블록도이다;

도 13은 버스트간 시간 간격 이후의 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스와 스펙트럼 특성 조절기가 이산 상태 중 하나에 도달하는 시점 사이의 시간상 불일치를 제거하는 방식으로 동작하는, 도 1의 장치의 구현형태의 타이밍도, 및 역시 이러한 타이밍도에 대응하는 장치의 대응하는 블록도이다;

도 14는 버스트간 시간 간격 이후의 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스와 스펙트럼 특성 조절기가 이산 상태 중 하나에 도달하는 시점 사이의 시간상 불일치를 제거하는 방식으로 동작하는, 도 1의 장치의 구현형태의 타이밍도, 및 역시 이러한 타이밍도에 대응하는 장치의 대응하는 블록도이다;

도 15는 버스트간 시간 간격 이후의 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스와 스펙트럼 특성 조절기가 이산 상태 중 하나에 도달하는 시점 사이의 시간상 불일치를 제거하는 방식으로 동작하는, 도 1의 장치의 구현형태의 타이밍도, 및 역시 이러한 타이밍도에 대응하는 장치의 대응하는 블록도이다;

도 16은 스펙트럼 특성 조절기에 제공되는 정현 구동 신호의 주파수가 펄스 반복률의 사분의 일인 방식으로 동작하는, 도 1의 장치의 구현형태의 타이밍도이다;

도 17a 내지 도 17d는 이러한 장치가 스펙트럼 특성 조절기에 제공할 수 있는 구동 신호의 다른 구현형태의 그래프이다;

도 18은 리소그래피 노광 장치에 지향되고 버스트간 갭 이후에 생성되는 각각의 펄스가 이산 스펙트럼 특성 및 소망되는 스펙트럼 특성의 세트 중의 하나의 소망되는 스펙트럼 특성(과장)을 가지게 하기 위한, 도 1의 장치에 의해 수행되는 프로시저이다;

도 19a 내지 도 19d는 장치로부터의 펄스의 생성이 스펙트럼 특성 조절기의 과정에 중첩되는, 펄스들의 여섯 개의 버스트에 걸친 장치의 동작의 네 개의 상이한 모드의 시뮬레이션을 보여주는 그래프이다;

도 20a 내지 도 20d는 펄스들의 제 2 버스트에 걸친, 도 19a 내지 도 19d의 각각의 그래프의 상세도이다; 그리고

도 21은 리소그래피 노광 장치에 지향되고 버스트간 갭 이후에 생성되는 각각의 펄스가 이산 스펙트럼 특성 및 소망되는 스펙트럼 특성의 세트 중의 하나의 소망되는 스펙트럼 특성(과장)을 가지게 하기 위한, 도 1의 장치에

의해 수행되는 프로시저이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0051] 도 1을 참조하면, 장치(100)는, 증폭된 광 빔(110)의 펠스의 버스트(120) 내의 펠스(115)가 펠스가 생성되지 않는 버스트간 갭(125) 이후에 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태에 있게 하도록 설계된다. 스펙트럼 특성 조절기(105)는 증폭된 광 빔(110)의 적어도 하나의 스펙트럼 특성(예컨대 파장 또는 대역폭)을 조절하는 디바이스 또는 장치이다. 스펙트럼 특성 조절기(105)는 증폭된 광 빔(110)의 하나 이상의 스펙트럼 특성을 제어 또는 조절하도록 구성되는 임의의 장치일 수 있다. 스펙트럼 특성 조절기(105)의 이산 상태는 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응한다. 증폭된 광 빔(110)은 광학 장치(130)에 의하여 생성되고, 증폭된 광 빔(110)은 리소그래피 노광 장치(135)에 공급되며, 이것은 증폭된 광 빔(110)을 기판(140)을 패터닝하기 위하여 사용한다. 스펙트럼 특성의 이산 값은 리소그래피 노광 장치(135)로부터 소망되는 스펙트럼 특성의 이산 값들의 세트 중 하나이다. 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성의 특정 값에 대응하거나 생성하는 스펙트럼 특성 조절기(105)의 이산 상태의 범위는 좁을 수 있다. 따라서, "스펙트럼 특성 조절기의 이산 상태"라는 용어는 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성의 특정한 요구되는 값에 대응하는 스펙트럼 특성 조절기(105)의 이산 상태의 좁은 범위를 포함한다.

[0052] 리소그래피 노광 장치(135)는 요구되는 패터닝 또는 리소그래피 결과를 기판(140) 상에 생성하기 위하여, 증폭된 광 빔(110)의 하나 이상의 스펙트럼 특성의 값에 대한 요건을 설정한다. 리소그래피 노광 장치(135)는 기판(140)의 패터닝에 의존하여, 증폭된 광 빔(110)으로부터 특정 스펙트럼 특성 또는 스펙트럼 특성들의 세트를 요구한다.

[0053] 일 예에서, 리소그래피 노광 장치(135)는, 증폭된 광 빔(110)의 각각의 펠스가 기판(140)을 패터닝하기 위하여 사용될 때 복수 개의 이산 스펙트럼 특성 중에서 선택된 스펙트럼 특성을 가지도록 요구한다. 증폭된 광 빔(110)의 파장이 펠스마다 이산 및 별개의 값들의 세트 중에서 변하는 것이 바람직할 수도 있다. 이것은, 파장이 각각의 인접하고 연속한 펠스에 대하여 변한다는 것을 의미할 수 있다. 또는, 파장은 두 펠스에 한 번씩 변한다(따라서, 파장은 두 개의 연속 펠스에 대하여 하나의 이산 값을 유지하고, 그 다음 두 개의 연속 펠스에 대해서는 다른 이산 값을 유지하는 식임).

[0054] 파장을 변경하면, 예를 들어 리소그래피 노광 장치(135)의 관점에서 소중한 결과가 나타날 수 있다. 특히, 증폭된 광 빔(110)이 리소그래피 노광 장치(135)를 획단할 때의 색수차는, 증폭된 광 빔(110)의 파장 및 기판(140)에서의 증폭된 광 빔(110)의 펠스의 초점면의 위치(기판(140)의 이미지 평면( $X_L-Y_L$ )에 수직인 축방향에 따른 위치) 사이에 상관성이 생기게 할 수 있다. 그리고, 증폭된 광 빔(110)이 기판(140)과 상호작용하거나 충돌할 때 증폭된 광 빔의 초점면을 변경하는 것이 바람직할 수 있다. 따라서, 증폭된 광 빔(110)의 파장을 변경함으로써, 증폭된 광 빔(110)의 초점면이 조절될 수 있다. 이러한 예에서, 리소그래피 노광 장치(135)는 기판(140)의 이러한 패터닝을 위해 요구되는 방식으로 파장을 조절하도록 광학 장치(130)에게 명령한다.

[0055] 추가적으로, 기판(140) 상에 패터닝되는 마이크로전자 피쳐의 크기는 증폭된 광 빔(110)의 파장에 따라 달라지고, 파장이 낮아지면 최소 피쳐 크기 또는 임계 치수가 더 작아진다. 증폭된 광 빔(110)의 파장이 248 nm 또는 193 nm이면, 마이크로전자 피쳐의 최소 크기는, 예를 들어 50 nm 이하가 될 수 있다. 기판(140) 상에 점점 더 작은 피쳐를 패터닝하는 것이 흔히 바람직하기 때문에, 증폭된 광 빔(110)의 펠스의 파장은 심자외선(DUV) 범위에 있는 파장, 예를 들어 약 10 나노미터(nm) 내지 약 400 nm의 범위에 속할 수 있는 근처에 있다. 증폭된 광 빔(110)의 파장은 후술되는 바와 같이 증폭된 광 빔(110)을 생성하는 광학 장치(130) 내의 이득 매질의 구조로부터 결정된다.

[0056] 장치(100)는 리소그래피 노광 장치(135) 및 광학 장치(130) 사이에 통신 채널(131)(유선 또는 무선일 수 있음)이 가능해지게 하는 인터페이스(145)를 포함한다. 예를 들어, 정보는 인터페이스(145)를 통해 리소그래피 노광 장치(135)로부터 광학 장치(130)로 이송된다. 광학 장치(130)가 리소그래피 노광 장치(135)로부터 수신하는 정보는 증폭된 광 빔(110)의 하나 이상의 특성을 변경하라는 리소그래피 노광 장치(135)로부터 광학 장치(130)로의 요청을 포함할 수 있다. 인터페이스(145)는 정보를 광학 장치(130)로부터 리소그래피 노광 장치(135)로 추가적으로 제공할 수 있다. 광학 장치(130)는, 증폭된 광 빔(110)을 생성하는 광학 소스(150), 및 인터페이스(145), 광학 소스(150), 및 스펙트럼 특성 조절기(105)와 통신하는 제어 장치(180)를 더 포함한다. 광학 장치(130)는 도 1에는 도시되지 않는 다른 컴포넌트들을 포함할 수 있다.

[0057] 장치(100)의 동작을 시작화하기 위하여, 도 2a의 타이밍도(200)의 일예와 도 2b에 도시되는 다이어그램(200)의

상세도(2B)를 함께 참조한다. 타이밍도(200)는 증폭된 광 빔(110)의 펄스(115)의 두 개의 버스트(120) 및 하나의 버스트간 갭(125)만을 도시한다. 이러한 예에서, 리소그래피 노광 장치(135)는 트리거 신호(206)를 인터페이스(145)에 전송하는데, 이러한 트리거 신호(206)는 광학 장치(130)로 이송되고, 이에 응답하여 광학 장치(130)는 구동 신호(217)를 스펙트럼 특성 조절기(105)에 전송한다. 스펙트럼 특성 조절기(105)의 실제 상태(구동 신호(217)에 기반하여 변함)는 과형(218)에 의해 표현된다. 스펙트럼 특성 조절기(105)는 다이어그램(200)에서 0인 시간에서 휴지(rest) 상태로부터 다이어그램(200)에서 t(ss)인 시간에서 정상 상태로 구동된다.

[0058] 이러한 예에서, 타이밍도(200)의 영역 A는, 시간 0에서 시작하고 버스트간 갭(125)(미도시) 이후에 발생하는 제1 버스트(120A)에 대응하고, 그 뒤에는 영역 B에서 발생하는 버스트간 갭(125B)이 따라오며, 그 뒤에는 타이밍도(200)의 영역 C에서 발생하는 제2 버스트(120C)가 따라온다. 도 2a 및 도 2b의 예는 기본적인 원리를 보여주려는 개략도이고, 반드시 척도에 맞게 도시되지 않을 수도 있다. 예를 들어, 도 2a 및 도 2b에서, 각각의 버스트(120)는 12개의 펄스(115)를 포함한다. 그럼에도 불구하고, 펄스(115)의 버스트(120)는 수십 개 내지 수백 또는 수천 개의 개략도 펄스를 포함할 수 있고, 버스트간 갭(125B)은 타이밍도(200)에 표시된 것보다 길거나 짧을 수 있다. 타이밍도(200)는 단지 기본적인 원리를 보여주기 위한 한 예로서 제공된다.

[0059] 트리거 신호(206)는 전기 펄스(207)의 열의 형태일 수 있고, 인접한 펄스(207)는 시간적으로 간극(특정 시간 프레임에 대해서는 일정한 간극일 수 있음)만큼 분리된다. 트리거 신호(206)의 열 내의 각각의 전기 펄스(207)는 리소그래피 노광 장치(135)에 제공될 증폭된 광 빔(110)의 펄스(115)를 생성하도록 광학 장치(130)에 명령한다. 타이밍도(200)는 트리거 신호(206), 증폭된 광 빔(110)의 펄스(115)의 열(211), 광학 장치(130)가 스펙트럼 특성 조절기(105)에 제공하는 구동 신호(217), 및 스펙트럼 특성 조절기(105)의 실제 상태의 과형(218) 사이의 관계의 일 예를 보여준다. 제어 장치(180)는 인터페이스(145)와 통신하고, 또한 스펙트럼 특성 조절기(105)와 연관된 액츄에이터(예컨대 도 5에 도시되는 구동 액츄에이터(570))를 구동한다. 제어 장치(180)는 리소그래피 노광 장치(135)로부터의 요청에 관련된 표시를 인터페이스(145)로부터 수신하도록 구성되고, 이러한 요청은 펄스 반복률에 관련된 정보를 포함한다. 구동 액츄에이터(570)로 전송되는 구동 신호(217)는 리소그래피 노광 장치(135)로부터 수신된 이러한 정보에 기반한다.

[0060] 이러한 예에서 도시되는 구동 신호(217)는 삼각형, 연속, 및 주기적인 형태를 가진다. 그러나, 구동 신호(217)는 삼각형 형태인 것으로 한정되지 않는다. 자세하게 후술되는 바와 같이, 정현 구동 신호 또는 사각형 구동 신호와 같은 다른 형상이 가능하다. 구동 신호(217)는 다양한 위치 또는 상태를 통해 연속 방식으로 스펙트럼 특성 조절기(105)를 구동하거나 변경하여, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 다양한 순간에 복수 개의 표적화된 이산 상태 중 하나(예를 들어, 제1 상태(218a) 및 제2 상태(218b))에 존재하게 하는 임의의 신호 형상이다. 두 개의 표적화된 이산 상태(218a 및 218b)만이 도 2a에 도시되지만, 세 개 이상의 표적화되거나 소망되는 이산 상태가 존재할 수 있다. 예를 들어, 중간 상태(예컨대 상태들(218a 및 218b) 사이의 상태)가 표적화되거나 소망되는 상태일 수 있다.

[0061] 도 2a 및 도 2b에는 도시되지 않지만, 적절하게 동작하면, 예를 들어 정상 상태 동안에 그리고 신호(예컨대 펄스열(211), 구동 신호(217), 및 과형(218))이 적절하게 정렬되면, 복수 개 중 각각의 표적화된 이산 상태(218a 및 218b)는 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성의 이산 및 표적화된 값에 대응한다. 추가적으로, 구동 신호(217)는 또한 표적화된 이산 상태(218a 및 218b) 사이의 과형(218)의 상태 모두를 따라 스펙트럼 특성 조절기(105)를 구동한다. 따라서, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 중간 상태에 존재할 때(예를 들어, 영역 A의 시점(218c)에서) 펄스(115)가 생성된다면, 해당 펄스(115)는 리소그래피 노광 장치(135)에 의해 표적화되거나 소망되는 스펙트럼 특성 중 하나가 아닌 스펙트럼 특성을 가질 것이다. 이것은 영역 C를 참조하여 더욱 상세히 후술된다.

[0062] 스펙트럼 특성 조절기(105)의 실제 상태는 과형(218)에 의해 표현된다. 스펙트럼 특성 조절기(105)의 상태는 스펙트럼 특성 조절기(105)의 위치일 수 있다. 더욱이, 스펙트럼 특성 조절기(105)의 각각의 위치가 스펙트럼 특성의 특정한 값에 대응하기 때문에, 펄스(115)가 생성될 때의 과형(218)에서의 값이 펄스(115)의 실제 스펙트럼 특성을 제공한다.

[0063] 스펙트럼 특성 조절기(105)가 제1 상태(218a)에 있을 때 동시에 생성된 증폭된 광 빔(110)의 펄스(115)는 제1 타겟 스펙트럼 특성(예를 들어, 제1 파장)을 가진다. 스펙트럼 특성 조절기(105)가 제2 상태(218b)에 있을 때 동시에 생성된 증폭된 광 빔(110)의 펄스(115)는 제2 표적화된 스펙트럼 특성(예를 들어, 제2 파장)을 가진다. 제1 및 제2 스펙트럼 특성은 리소그래피 노광 장치(135)에 의해 사용되기 위한, 표적화되거나 소망되는 스펙트럼 특성이다. 리소그래피 노광 장치(135)는, 스펙트럼 특성 조절기(105)가, 각각의 펄스(115)가 생성

될 때 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성의 이산 및 표적화된 값에 대응하는 이산 상태들(218a 또는 218b) 중 하나의 이산 상태에 있도록 요구한다.

[0064] 영역 A에서 도시된 바와 같이, 버스트(120A)의 시작 시에, 제 1 트리거 펄스(207\_1A)는 광학 장치(130)에 수신된다(인터페이스(145)를 통해). 그러나, 광학 장치(130)는 증폭된 광 빔(110)의 제 1 펄스(115\_1A)를 시간 지연  $t_1$ (제 1 트리거 펄스(207\_1A)에 상대적으로 측정됨) 이후에 생성한다. 광학 장치(130)가 제 1 트리거 펄스(207\_1A)에 반응하기 위해서 일정량의 시간을 요구하기 때문에, 이러한 시간 지연  $t_1$ 은 광학 장치(130)의 디자인에 있어서 내재적인 것이다. 예를 들어, 광학 장치(130)는 제 1 트리거 펄스(207\_1A)를 처리하고((수신 및 분석함), 그 후에 신호를 광학 소스(150)로 제공하여 제 1 펄스(115\_1A)를 생성한다. 제 1 트리거 펄스(207\_1A)의 수신과 증폭된 광 빔(110)의 제 1 펄스(115\_1A)의 생성 사이에 걸린 시간이 이러한 시간 지연  $t_1$ 에 대응한다. 더욱이, 이러한 시간 지연  $t_1$ 은 해당 버스트(120A) 내의 펄스(115)의 열(211) 내의 각각의 펄스(115)로 전파된다. 이것은, 열(211) 내의 각각의 펄스(115)가, 광학 장치(130)에게 해당 특정 펄스를 생성하라고 명령하는 전기적 트리거 펄스(207)에 상대적으로 지연된다는 것을 의미한다. 더욱이, 전기적 트리거 펄스(207)의 수신 및 대응하는 펄스(115)의 생성 시점으로부터 걸리는 시간이 보통 변하지 않기 때문에, 일반적으로 이러한 시간 지연  $t_1$ 은 열(211) 내의 각각의 펄스(115)에 대해서 동일하다.

[0065] 영역 A에서(그리고 또한 영역 B 및 C에서), 증폭된 광 빔(110)의 펄스 반복률( $R_p$ )은 일정하게 유지된다. 증폭된 광 빔(110)의 펄스 반복률( $R_p$ )은 증폭된 광 빔(110)의 펄스들(115)이 광학 장치(130)에 의해 생성되는 레이트이다. 증폭된 광 빔(110)의 펄스 반복률( $R_p$ )은  $1/\tau$  인데, 여기에서  $\tau$ 는 인접한 펄스들(115)의 생성 사이의 시간이다. 더욱이, 인접한 펄스들(115)의 생성 사이의 이러한 시간  $\tau$ 는 인접한 전기적 트리거 펄스들(207)의 생성 사이의 시간이기도 하다. 일부 구현형태들에서, 펄스 반복률( $R_p$ )은 예를 들어 6 kHz와 같은 대략 킬로헤르쯔(kHz) 수준이고, 인접한 펄스들(115)의 생성 사이의 시간  $\tau$ 는 이러한 예에서 167 마이크로초( $\mu s$ )이다. 증폭된 광 빔(110)의 펄스 반복률( $R_p$ )은 리소그래피 노광 장치(135)에 의해 설정된다. 따라서, 펄스 반복률( $R_p$ )은 리소그래피 노광 장치(135)로부터 인터페이스(145)로 이송되는 정보의 일부이다. 흔히, 리소그래피 노광 장치(135)는, 반복률( $R_p$ )이 증폭된 광 빔(110)의 펄스(115)의 특정 버스트(120)에 대하여 일정하게(또는 특정 범위 내에 있도록) 유지될 것을 요구한다.

[0066] 더욱이, 각각의 펄스(115)의 지속기간(이것은 도 2a 및 도 2b에서는 이송되지 않음)은 인접한 펄스들 사이의 시간  $\tau$ 보다 훨씬 작다. 펄스(115)의 지속기간은 펄스(115)의 세기가 최소 세기를 초과하는 동안의 시간일 수 있다. 일부 구현형태들에서, 펄스(115)의 지속기간은 시간  $\tau$ 보다 적어도 한 자릿수 작다. 예를 들어, 펄스(115)의 지속기간은 대략 수십 또는 수 백 나노초이고(예를 들어, 100 나노초(ns)), 및 인접한 펄스들(115) 사이의 시간  $\tau$ 는 167  $\mu s$ 일 수 있다.

[0067] 도 2a 및 도 2b에는 도시되지 않지만, 대안적으로, 리소그래피 노광 장치(135)는 광학 장치(130)가 증폭된 광 빔(110)의 펄스 반복률( $R_p$ )을 변경하도록 요청할 수 있다. 이러한 변경이, 버스트(120)가 생성되는 중인 시간을 벗어나서(즉, 그 이전에) 광학 장치(130)로 이송될 수 있다. 또는, 이러한 변경은 트리거 신호(206) 내의 전기적 트리거 펄스(207)가 수신되는 레이트에 있는 변화에 의해서 이송될 수 있다. 일부 구현형태들에서, 리소그래피 노광 장치(135)는, 광학 장치(130)가 스펙트럼 특성 조절기(105)를 조절하는 것을 돋는 방법으로서, 다음 버스트가 시작되기 전에 의도된, 타겟, 또는 계획된 반복률을 통신한다. 하지만, 실제 변화가 트리거 신호(206) 내의 변화에 의해서 이송될 것이기 때문에, 이러한 통신만으로는 반복률의 변화에 영향을 주지 않는다. 펄스 반복률( $R_p$ )의 변화는 타이밍도(200)에서 인접한 트리거 펄스들(206) 사이의 시간의 변화로 나타나고, 이것은  $\tau$ , 즉 인접한 펄스들(115)의 생성 사이의 시간이 변하게 한다.

[0068] 구동 신호(217)는 구동 신호(217)의 형상을 관장하는 파라미터들의 세트에 의해 규정되는 형태 또는 형상을 가진다. 하나의 파라미터는 주파수  $\omega$ , 또는 시간 단위 당 구동 신호(217)의 사이클의 발생 횟수이다. 주파수  $\omega$ 는 하나의 사이클을 완성하는데 걸리는 시간  $\kappa$ 에 반비례한다(예를 들어, 값(217a)으로부터 값(217b)으로 변하고 다시 값(217a)으로 돌아가는데 걸리는 시간(하나의 사이클)). 구동 신호(217)의 다른 파라미터는 위상이고, 이것은 특정 시간에서의 파형의 위치이다. 일부 구현형태들에서, 각각의 펄스의 생성이 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태들(218a 또는 218b) 중 하나의 이산 상태에 있는 것과 일치하게 하기 위하여, 구동 신호(217)의 주파수  $\omega$ 는 증폭된 광 빔(110)의 펄스 반복률( $R_p$ )과 같거나 그 정수배이다. 예를 들어, 펄스 반복률( $R_p$ )이 6000 Hz라면, 주파수  $\omega$ 는 6000 Hz 또는 12,000 Hz일 수 있다. 다른 구현형태들에서, 구동 신호(217)의 주파수  $\omega$ 는 증폭된 광 빔(110)의 펄스 반복률( $R_p$ )의 분수(예를 들어, 절반 또는 사분의 일)이다. 예를 들어, 펄스 반복률( $R_p$ )이 6000 Hz라면, 주파수  $\omega$ 는 3000 Hz 또는 1500 Hz일 수 있다.

[0069]

스펙트럼 특성 조절기(105)의 과형(218)은 구동 신호(217)에 의해 결정된다. 따라서, 시간 0에서의 구동 신호(217)의 시작이 스펙트럼 특성 조절기(105)의 동작을 시작시킨다. 이러한 예에서는, 타이밍도(200)의 영역 A에서, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 시간 0에서 휴지 상태로부터 구동된다. 즉, 시간 0 이전에는, 장치(100)의 상태는 펄스(115)가 생성되고 있지 않게 하는 것일 수 있다. 예를 들어, 장치(100)는, 다이어그램(200)에서 시간 0 이전에 펄스가 생성되지 않는 버스트간 캡(125)에서 동작하고 있을 수 있다. 펄스 생성의 관점에서 보면, 버스트간 캡(125) 도중에 스펙트럼 특성 조절기(105)를 계속하여 구동할 필요가 없는데, 그 이유는 이러한 시간에 펄스(115)가 생성될 필요가 없기 때문이다. 따라서, 타이밍도(200)의 이러한 특정 예에서, 구동 신호(217)는 시간 0 이전에는 중지되고, 그 때문에, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 시간 0 이전에 실질적으로 중지된다. 예를 들어, 증폭된 광 빔과 상호작용하는(증폭된 광 빔(110)을 형성하는) 스펙트럼 특성 조절기(105) 내의 광학 요소의 회전 또는 병진이 시간 0(타이밍도(200)의 시작) 이전에 그리고 버스트간 캡(125) 도중에 중지된다. 이러한 시나리오에서, 스펙트럼 특성 조절기(105)로 전송된 구동 신호(217)는 시간 0에서 재시작된다(트리거 신호(206)의 제 1 펄스(207)를 수신하자마자). 버스트(120A) 내에서 구동 신호(217)를 재시작하면, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 다시 구동되게 된다. 예를 들어, 구동 신호(217)는 스펙트럼 특성 조절기(105) 내의 광학 요소의 회전 또는 병진을 시작한다. 그러나, 타이밍도(200)로부터 분명하게 드러나는 것처럼, 시간 0에서 정지되는 것으로부터의 이러한 재시작은, 펄스(115)의 타이밍과 스펙트럼 특성 조절기(105)가 두 개의 상태(218a 및 218b) 중 하나에 있는 시점 사이에 불일치를 초래할 수 있는 여러 문제점을 야기한다.

[0070]

첫째, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 동적 위치 과도상태를 가지는 물리적 장치이고, 이러한 재시작에 대한 그 위상 응답, 즉, 정지 또는 휴지 상태로부터 시간  $t(ss)$ 에서 정상 상태에 도달하는데 얼마나 오래 걸리는지는 이러한 과도상태에 대한 그 응답의 함수이다. 과도상태는 시스템 내의 전압 또는 부하의 급격한 변화에 기인한, 시스템(및 특히 스펙트럼 특성 조절기(105)의 동작)에서 발생되는 일시적 발진 또는 변화(예를 들어, 링잉(ringing), 방향의 조기 반전, 더 높은 주파수 기간)이다. 이것은, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 동적 시스템의 일부이고, 그 위상 응답이 구동되는 주파수의 함수인 컴포넌트(예컨대 도 5에 도시된 바와 같은 구동 액츄에이터(570) 및 아날로그 회로부)를 포함하기 때문이다. 특히, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 스펙트럼 특성 조절기(105)가 어떻게 복잡한 방식으로 구동되는지의 정확한 타이밍을 변조하거나 영향을 주는 위치의 과도상태를 겪는다. 이러한 과도상태는, 정규적이지 않고 더욱이 상태(218a 및 218b)를 각각의 펄스(115)의 생성과 적절하게 정렬하지 않는, 과형(218)의 형상에서부터 분명히 드러난다. 스펙트럼 특성 조절기(105)는 자신의 입력 신호(구동 신호(217))에 대한 과도상태 응답을 가지지 않는다. 과형(218)의 형상으로부터 분명해지는 것과 같이, 스펙트럼 특성 조절기(105)는, 시간  $t(ss)$  근방에서 정상 상태 동작으로 안정화되기 전에, 꽤 오랫동안 과도상태 또는 중간 상태에서 구동된다.

[0071]

더욱이, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 자신의 정상 상태 동작에 진입하는 시간  $t(ss)$ 은 현재의 버스트(120A) 또는 심지어 다음 버스트간 캡(125B)에서 발생할 수도 하지 않을 수도 있다. 스펙트럼 특성 조절기(105)의 정상 상태 동작이 시작되는 시점은 특정 버스트(120A) 내의 펄스들의 개수, 및 버스트간 캡(125B) 내의 시간량에 의해 결정되고, 심지어 스펙트럼 특성 조절기(105)는 그 정상 상태 동작에 진입하기 전에 버스트의 여러 사이클을 요구할 수도 있다.

[0072]

둘째로, 광학 장치(130)는 리소그래피 노광 장치(135)가 펄스(115)의 다른 버스트(120)를 언제 요청할지를 알지 못한다. 따라서, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 정상 상태에 언제 도달할지를 예측하는 것이 불가능하고, 따라서 스펙트럼 특성 조절기(105)가 두 개의 상태(218a 또는 218b) 중 하나에 언제 존재할 것인지를 예측하는 것도 불가능하다.

[0073]

버스트(120A)의 끝에서(타이밍도(200)의 영역 A의 끝에서), 리소그래피 노광 장치(135)는 트리거 신호(206)의 생성을 중지하고, 그러면 증폭된 광 빔(110)으로부터의 펄스(115)의 열(211)이 중단된다. 타이밍도(200)의 영역 B 및 개략적으로 버스트간 캡(125B)에 대응하는, 펄스가 생성되고 있지 않은 이러한 시간 동안, 리소그래피 노광 장치(135)는 보통 기판(140)의 직접적인 패터닝 이외의 다른 액션을 수행한다. 예를 들어, 좀 더 상세하게 후술되는 바와 같이, 리소그래피 노광 장치(135)는 이러한 시간을 사용하여 기판(140)을 기판(140)의 상이한 구역을 패터닝하기 위한 새로운 위치로 이동시킬 수 있다.

[0074]

리소그래피 노광 장치(135)가 기판(140) 상에서의 패터닝을 재개할 준비가 되면, 예를 들어 리소그래피 노광 장치(135)가 다른 액션 모두를 완료하면, 리소그래피 노광 장치(135)는 다른 트리거 펄스(207\_1C)를 인터페이스(145)로 전송함으로써, 광학 장치(130)가 증폭된 광 빔(110)의 펄스(115)의 다음 버스트(120C)의 생성을 시작하도록 요청한다. 영역 A 내의 마지막 트리거 펄스(207\_12A) 및 영역 C 내의 제 1 트리거 펄스(206\_1C) 사이에

트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$ 이 있다. 광학 장치(130)는 리소그래피 노광 장치(135)가 언제 패터닝을 재개하고 펠스(115)의 다음 버스트(120C)를 요청할 준비가 될지를 예측할 수 없다. 따라서, 광학 장치(130)는 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$ 을 사전에 알지 못한다.

[0075] 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$  중에, 버스트(120A)의 마지막 펠스(115\_12A)가 생성되고, 그러면 버스트간 시간 간격  $T$ 가 버스트(120A)의 마지막 펠스(115\_12A) 및 버스트(120C)의 제 1 펠스(115\_1C) 사이에서 일어난다. 펠스 생성의 버스트간 시간 간격  $T$ 는 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$ 로부터 시간  $t_1$ 만큼 시간 차이된다. 더욱이, 버스트간 시간 간격  $T$ 는 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$ 과 동일하다.

[0076] 위에서 논의된 바와 같이, 버스트간 시간 간격  $T$  동안의 펠스 생성의 관점에서 보면, 펠스(115)가 이러한 시간 동안에는 생성되고 있지 않기 때문에, 버스트간 시간 간격  $T$  동안에는 스펙트럼 특성 조절기(105)를 계속 구동할 필요가 없다. 그러나, 위에서 논의된 바와 같이, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 휴지 상태로부터 정상 상태로(예를 들어, 시간  $t(ss)$ 에서) 가기 위해서 많은 시간량을 요구하고, 이러한 중간 상태 동안에, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 정규 형상이 아니고, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 언제 이산 상태들(218a 또는 218b) 중 하나의 이산 상태에 있게 될지를 예측하는 것은 쉽지 않다.

[0077] 이러한 이슈를 해결하는 첫 번째 단계는, 버스트간 시간 간격  $T$  동안에, 즉 펠스(115)의 버스트(120A) 및 펠스(115)의 버스트(120C)의 생성 사이에 스펙트럼 특성 조절기(105)를 구동 신호(217)로 계속 구동하는 것이다. 이것을 다르게 말하면, 버스트간 시간 간격  $T$  동안에 구동 신호(217)의 중단이 없다. 이것 때문에, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 휴지 상태에 들어가지도 않고 동작의 휴지 상태로부터 정상 상태로 전환할 필요도 없으며, 따라서 중간 상태(시간 0 및  $t(ss)$  사이)가 도 2a에 도시된 바와 같이 회피된다.

[0078] 스펙트럼 특성 조절기(105)는 버스트간 시간 간격  $T$  동안에, 광학 장치(130)가 리소그래피 노광 장치(135)로부터 수신한 정보에 관련된 방식으로 구동된다. 리소그래피 노광 장치(135)로부터 수신된 이러한 정보는 펠스(115)의 버스트(120A)의 종료 이전에 수신될 수 있다. 또는, 리소그래피 노광 장치(135)로부터 수신된 정보는 버스트간 시간 간격  $T$  동안에 수신될 수 있다.

[0079] 그럼에도 불구하고, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 버스트간 시간 간격  $T$  동안에 임의의 다른 변경이 없이 계속 구동된다고 해도 리소그래피 노광 장치(135)가 언제 펠스(115)의 다음 버스트(120C)를 요청할지를 예측하는 것은 여전히 가능하지 않다. 펠스들의 다음 버스트(120C) 내의 제 1 펠스(115\_1C)는 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$  이후에 제 1 트리거 펠스(207\_1C)에 대해 시간  $t_1$ 만큼 지연될 것이다. 이러한 시간  $t_1$ 은 일반적으로 알려져 있다. 그러나, 제 1 펠스(115\_1C)의 생성과 스펙트럼 특성 조절기(105)가 제 1 상태(218a)에 있는 시점 사이에는 타이밍 불일치 err\_k가 존재한다.

[0080] 장치(100)는, 버스트(120C) 내의 펠스(115\_iC)(제 1 또는 제 1 펠스(115\_1C)일 수도 그렇지 않을 수도 있음)가 생성될 때 스펙트럼 특성 조절기(105)가 상태(218a 또는 218b) 중 하나에 있는 것에 하도록 설계되고 작동된다. 장치(100)의 구조 및 동작에 대한 일반적인 설명은, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 증폭된 광 빔(110)의 펠스의 버스트(120) 내의 펠스(115)가 펠스가 생성되지 않는 버스트간 갭(125) 이후에 생성될 때 이산 상태(218a 또는 218b)에 있게 하는 것과 관련된 장치(100)의 디자인 및 동작에 대해 설명하기 전에 제공된다.

[0081] 도 3을 참조하면, 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성은 증폭된 광 빔(110)의 광학 스펙트럼(300)의 임의의 양태 또는 표현이다. 광학 스펙트럼(300)은 방출 스펙트럼이라고 불릴 수 있다. 광학 스펙트럼(300)은, 광학에너지, 스펙트럼 세기 또는 파워가 상이한 광장에 걸쳐서 어떻게 분포되는지에 대한 정보를 포함한다. 증폭된 광 빔(110)의 광학 스펙트럼(300)은, 스펙트럼 세기(301)(반드시 절대 캘리브레이션이어야 하는 것은 아님)가 광장(또는 광장에 반비례하는 광학 주파수)(302)의 함수로서 도시되는 다이어그램 또는 그래프의 형태로 도시된다.

[0082] 스펙트럼 특성의 하나의 예는 대역폭이고, 이것은 광학 스펙트럼(300)의 폭(303)의 척도이다. 이러한 폭은 레이저 광의 광장 또는 주파수에 관하여 제공될 수 있다. 증폭된 광 빔(110)의 대역폭을 특징짓는 값을 추정하기 위하여 광학 스펙트럼(300)의 세부사항에 관련된 임의의 적합한 수학적 구성(즉, 메트릭)이 사용될 수 있다. 예를 들어, 광학 스펙트럼(300)의 최대 피크 세기의 일부(X)에서의 광학 스펙트럼의 전체 폭(FWXM이라고 불림)이 증폭된 광 빔(110)을 특징짓기 위하여 사용될 수 있다. 다른 예로서, 통합된 스펙트럼 세기의 일부(Y)를 포함하는 광학 스펙트럼(300)의 폭(EY)라고 불림)이 증폭된 광 빔(110)의 대역폭을 특징짓기 위하여 사용될 수 있다.

- [0083] 스펙트럼 특성의 다른 예는 광장이고, 이것은 특정(예컨대 최대) 스펙트럼 세기에서의 광학 스펙트럼(300)의 광 값(304)일 수 있다.
- [0084] 도 4를 참조하면, 증폭된 광 빔(110)의 펠스(115)의 버스트(120)는 리소그래피 노광 장치(135)에서 패터닝되는 중인 기판(140) 상의 노광 필드(400)에 대응할 수 있다. 노광 필드(400)는 노광 윈도우(405)의 하나의 스캔에서 노광되는 기판(140)의 이고, 노광 윈도우(405)는 하나의 조명 선량에서 노광되는 기판(140)의 조명된 구역이다. 리소그래피 중에, 증폭된 광 빔(110)의 복수 개의 펠스(115)는 기판(140)의 동일한 면적을 조명하여 조명 선량을 형성한다. 노광 윈도우(405)를 조명하는 증폭된 광 빔(110)의 펠스(115)의 개수 N 및 노광 윈도우(405)의 크기는 리소그래피 노광 장치(135) 내에서 마스크(415) 앞에 배치된 노광 슬릿(410)에 의해서 제어될 수 있다. 몇 가지 구현형태들에서, N의 값은 수십 개이고, 예를 들어 10 개 내지 100 개의 펠스이다. 다른 구현 형태들에서, N의 값은 100 개의 펠스보다 더 크고, 예를 들어 100 개 내지 1000 개의 펠스이다. 버스트(120) 내의 펠스의 개수는 조명 선량을 형성하는 펠스(115)의 개수 N와 같다.
- [0085] 리소그래피 노광 장치(135)는, 다른 피쳐 중에서, 하나 이상의 컨덴서 렌즈 및 대물 배열체(430)를 포함한다. 마스크(415)는 하나 이상의 방향에 따라서, 예컨대  $Z_L$  방향(일반적으로 광 빔(110)의 축방향에 대응함)에 따라서 또는  $Z_L$  방향에 수직인  $X_L-Y_L$  평면에서 이동가능하다. 대물 배열체(430)는 투영 렌즈를 포함하고, 마스크(415)로부터 기판(140) 상의 포토레지스트로 이미지 전사가 이루어지게 한다. 리소그래피 노광 장치(135)는 마스크(415)에 걸쳐서 광 빔(110)의 세기 분포를 균질화(균일하게 함)하도록 구성되는 빔 균질화기(미도시)를 더 포함할 수 있다. 리소그래피 노광 장치(135)는, 리소그래피 제어기, 에어 컨디셔닝 디바이스, 및 다양한 전기 컴포넌트에 대한 파워 서플라이를 포함할 수 있다. 리소그래피 제어기는 기판(140) 상에 층들이 어떻게 인쇄되는지를 제어하고, 또한 인터페이스(145)와 통신한다.
- [0086] 일부 구현형태들에서, 기판(140)을 덮도록 침지 매질이 공급될 수 있다. 침지 매질은 액체 리소그래피를 위한 액체(물과 같음)일 수 있다. 리소그래피가 건식 시스템인 다른 구현형태들에서, 침지 매질은 건조 절소, 건조 공기, 또는 청정 공기와 같은 가스일 수 있다. 다른 구현형태들에서, 기판(140)은 압력-제어 환경(진공 또는 부분 진공과 같음) 내에서 노광될 수 있다.
- [0087] 도 5를 함께 참조하면, 광학 장치(130)의 구현형태가 도시된다. 이러한 구현형태에서, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 광학 소스(150)로부터의 프리커서 광 빔(595)과 광학적으로 상호작용하는 적어도 하나의 광학 디바이스(551)를 포함한다. 프리커서 광 빔(595)은 궁극적으로 증폭된 광 빔(110)을 형성하는 광 빔일 수 있다. 예를 들어, 프리커서 광 빔(595)은 아직 증폭된 바 없는 광 빔일 수 있다.
- [0088] 스펙트럼 특성 조절기(105)는 광학 디바이스(551)에 물리적으로 커플링되는 기계적 또는 전자기적 피쳐를 가지는 구동 액츄에이터(570)를 포함한다. 구동 액츄에이터(570)는, 유선 또는 무선일 수 있는 통신 채널(571)을 이용하여 제어 장치(180)와 통신한다. 예를 들어, 구동 신호는 통신 채널(571)을 이용하여 광학 장치(130)로부터 구동 액츄에이터(570)로 제공된다(제어 장치(180)를 통함). 구동 액츄에이터(570)는 광학 디바이스(551)가 이산 상태들의 세트 중에서 변하도록, 광학 디바이스(551)가 구동, 즉 변경, 이동, 또는 변화되게 한다. 예를 들어, 광학 디바이스(551)는 경로를 따라 연속적으로 이동하도록 구동될 수 있고, 경로를 따라 이동하는 동안에, 광학 디바이스(551)는 이산 위치들 또는 위치들의 세트에 들어가거나 이들을 거칠 수 있다. 각각의 이산 위치는 스펙트럼 특성 조절기(105)의 이산 상태에 대응한다. 각각의 이산 위치에서, 광학 디바이스(551)가 각각의 이산 위치에서 프리커서 광 빔(595)의 특정한 미리 설정된, 표적화된, 또는 소망되는 스펙트럼 특성을 선택하도록, 광학 디바이스(551)는 프리커서 광 빔(595)과 상호작용한다.
- [0089] 제어 장치(180)는 유선이거나 무선일 수 있는 통신 채널(582)을 이용하여 광학 소스(150)와 통신한다. 제어 신호는 제어 장치(180)로부터 통신 채널(582)을 따라서 광학 소스(150)로 제공되어, 광학 소스(150)에 의해 생성된 증폭된 광 빔(110)의 펠스의 생성을 제어할 수 있다.
- [0090] 도 6a를 참조하면, 적어도 하나의 광학 디바이스를 포함하는 스펙트럼 특성 조절기(605)의 구현형태가 도시된다. 이러한 구현형태에서, 스펙트럼 특성 조절기(605)는 굴절형 광학 요소 또는 프리즘(650, 651, 652, 653) 및 회절형 광학 요소 또는 격자(655)의 세트를 포함한다. 프리즘 및 격자 중 임의의 하나 이상이 프리커서 광 빔(595)의 광장을 조절하기 위하여 사용될 수 있고, 프리즘 및 격자 중 임의의 하나 이상은 프리커서 광 빔(595)의 대역폭을 조절하기 위하여 사용될 수 있다. 프리즘 및 격자는 하나 이상의 스펙트럼 특성에 대한 성긴 제어를 제공하도록 구성될 수 있고, 이것은 스펙트럼 특성에 대한 변경이 상대적으로 더 큰 단계이고 상대적으로 더 느린 시간 프레임에서 발생한다는 것을 의미한다. 프리즘 및 격자는 하나 이상의 스펙트럼 특성에 대

한 미세 제어를 제공하도록 구성될 수 있고, 이것은 스펙트럼 특성에 대한 변경이 상대적으로 더 작은 단계이고 상대적으로 더 빠른 시간 프레임에서 발생한다는 것을 의미한다.

[0091] 프리즘 각각은 프리커서 광 범(595)이 프리즘의 몸체를 통과할 때에 분산하고 재지향시키는 역할을 하는 투과형 프리즘이다. 프리즘 각각은 프리커서 광 범(595)의 파장을 가지는 광의 투과를 허용하는 재료(예컨대, 예를 들어 칼슘 불화물)로 제작될 수 있다. 더욱이, 네 개의 프리즘만이 도시되지만, 세 개 이하 또는 다섯 개 이상의 프리즘이 스펙트럼 특성 조절기(605)에서 사용될 수 있다.

[0092] 격자(655)는 프리커서 광 범(595)을 분산시키고 반사하도록 설계되는 반사형 격자일 수 있다; 따라서, 격자(655)는 DUV 범위에 속하는 파장을 가지는 프리커서 광 범(595)과 상호작용하기에 적합한 재료로 제작된다. 격자(655)는 고 블레이즈각 에셀(Echelle) 격자일 수 있고, 격자 방정식을 만족하는 임의의 입사각에서 격자(655) 상에 입사하는 프리커서 광 범(595)은 반사(회절)될 것이다. 격자 방정식은 격자(655)의 스펙트럼 차수, 회절된 광 범의 파장, 격자(655)로 가는 프리커서 광 범의 입사각, 격자(655)에서 회절된 프리커서 광 범의 출사각, 격자(655) 상에 입사하는 프리커서 광 범의 수직 발산, 및 격자(655)의 회절면의 홈 간극 사이의 관계를 제공한다. 더욱이, 격자(655) 상으로의 프리커서 광 범(595)의 입사각이 격자(655)로부터의 프리커서 광 범(595)의 출사각과 같도록 격자(655)가 사용되면, 격자(655) 및 프리즘(650, 651, 652, 653)의 세트는 리트로(Littrow) 구성으로 배치되고, 격자(655)로부터의 프리커서 광 범(595)의 파장은 리트로 파장이 된다.

[0093] 프리커서 광 범(595)의 파장은 프리커서 광 범(595)이 격자(655)의 회절면(656) 상에 충돌하는 입사각을 변경함으로써 조절될 수 있다. 프리커서 광 범(595)의 대역폭은 프리커서 광 범(595)의 광학 배율을 변경함으로써 조절될 수 있다. 프리즘(650, 651, 652, 653) 중 임의의 하나의 회전은 이러한 입사각 및 광학 배율 중 하나 이상에 영향을 준다. 도 6b를 참조하면, 특정 프리즘(P)(프리즘(650, 651, 652, 또는 653) 중 임의의 하나일 수 있음)의 회전은 프리커서 광 범(595)이 그러한 회전된 프리즘(P)의 입사면 H(P) 상에 충돌하는 입사각을 변하게 한다. 더욱이, 그러한 회전된 프리즘(P)에 국소적인 두 개의 광학 품질은 프리커서 광 범(595)이 그러한 회전된 프리즘(P)의 입사면에 충돌하는 입사각의 함수이다. 이러한 두 개의 국소 광학 품질은 국소 광학 배율 OM(P) 및 국소 범 굴절각  $\delta$ (P)이다. 프리즘(P)을 통과하는 프리커서 광 범(595)의 광학 배율 OM(P)는 해당 프리즘(P)에 진입하는 프리커서 광 범(595)의 횡방향 너비 Wi(P) 대 해당 프리즘(P)을 벗어나는 프리커서 광 범(595)의 횡방향 너비 Wo(P)의 비율이다. 프리즘(650, 651, 652, 653) 중 하나 이상에서의 프리커서 광 범(595)의 국소 광학 배율 OM(P)은 프리커서 광 범(595)의 광학 배율이 전체적으로 변하게 하고, 그러면 프리커서 광 범(595)의 대역폭에 변화가 생긴다. 또한, 프리즘들(650, 651, 652, 653) 중 하나 이상을 통과하는 국소 범 굴절각  $\delta$ (P)에 변화가 생기면 격자(655)의 표면(656)에서의 프리커서 광 범(595)의 입사각에 전체적으로 변화가 생기게 된다.

[0094] 특정 프리즘(P)이 회전하면 해당 프리즘(P)에서의 국소 범 굴절각  $\delta$ (P) 및 국소 광학 배율 OM(P) 양자 모두가 변하기 때문에, 이러한 디자인에서는 파장의 제어 및 대역폭의 제어가 커플링된다. 그럼에도 불구하고, 특정 프리즘을 회전시키면 다른 프리즘을 회전시키는 것보다 특정 스펙트럼 특성을 제어하는 것에 더 크게 영향을 줄 수 있다.

[0095] 예를 들어, 일 구현형태에서, 프리즘(651)은 자신의 프리즘 축(Z 축에 평행함) 중심으로 회전되어 프리커서 광 범(595)의 파장이 변하게 한다. 이러한 구현형태에서, 프리즘(651)은 프리커서 광 범(595)과 상호작용하는 광학 디바이스(551)인 것으로 여겨질 수 있다. 구동 액츄에이터(670)는 프리즘(651)에 물리적으로 커플링되고, 또한 광학 장치(130) 내의 제어 장치(180)와 통신한다.

[0096] 구동 액츄에이터(670)는 프리즘(651)의 위치 및/또는 배향을 이동(예를 들어, 병진 또는 회전)시키고 제어하기 위한 기계적 디바이스이다. 구동 액츄에이터(670)는 제어 장치(180)로부터 에너지를 수신하고, 이러한 에너지를 프리즘(651)에 부여되는 어떤 종류의 모션으로 변환한다. 예를 들어, 구동 액츄에이터(670)는 힘 디바이스 또는 회전 스테이지일 수 있다. 드라이브 액츄에이터(670)는, 예를 들어 스템퍼 모터와 같은 모터, 밸브, 압력-제어된 디바이스, 압전 디바이스, 선형 모터, 유압식 액츄에이터, 또는 보이스 코일을 포함할 수 있다.

[0097] 도 7a 및 도 7b의 예를 참조하면, 프리즘(651)은 구동 액츄에이터(670)에 의하여, 자신의 프리즘 축(PA)(도 6a, 도 6b, 도 7a, 및 도 7b에서 Z 방향과 나란함) 중심으로 이산 각도들의 세트로 회전됨으로써, 이산 위치들의 세트 사이에서 구동된다. 도 7a의 이러한 특정 예에서, 프리즘(651)은 제 1 국소 범 굴절각  $\delta$ (1)에 위치된다. 제 1 국소 범 굴절각  $\delta$ (1)에서, 프리커서 광 범(595)은 격자(655)의 표면(656)에 제 1 입사각  $\Theta$ (1)으로 충돌한다. 도 7a에서는 명확화를 위하여 프리커서 광 범(595)의 중심선만이 표시된다. 이러한 제 1 입사각  $\Theta$ (1)에서, 격자(655)는 프리커서 광 범(595)의 제 1 파장을 회절 및 반사한다. 도 7b에서, 프리즘(651)은 프리즘

축(PA) 중심으로 제 2 국소 빔 굴절각  $\delta$ (2)로 회전되었다. 제 2 국소 빔 굴절각  $\delta$ (2)에서, 프리커서 광 빔(595)은 격자(655)의 표면(656)에 제 2 입사각  $\Theta$ (2)로 충돌한다. 도 7b에서는 명확화를 위하여 프리커서 광 빔(595)의 중심선만이 표시된다. 이러한 제 2 입사각  $\Theta$ (2)에서, 격자(655)는 프리커서 광 빔(595)의 제 1 파장을 회절 및 반사한다. 위에서 언급된 바와 같이, 프리즘(651)의 회전은 프리커서 광 빔(595)의 대역폭에도 영향을 줄 수 있다. 이러한 경우가 생기면, 대역폭이 작은 양만큼 영향을 받게 될 수 있거나, 다른 프리즘(예컨대 프리즘(650, 652, 653))이 대역폭의 변화를 오프셋하도록 회전될 수 있다.

[0098] 도 8을 참조하면, 일부 구현형태에서는, 광학 소스(150)는 증폭된 광 빔(110)으로서 펄스형 레이저 빔을 생성하는 펄스형 레이저 광학 소스(850)이다. 광학 소스(850)는 제 1 가스 방전 스테이지 및 제 2 가스 방전 스테이지를 포함하는 2-스테이지 시스템이다. 제 1 방전 스테이지는 에너지 소스를 수용하고 제 1 이득 매질을 포함하는 가스 혼합물을 포함하는 제 1 가스 방전 챔버를 포함한다. 제 2 가스 방전 스테이지는 에너지 소스를 수용하고 제 2 이득 매질을 포함하는 가스 혼합물을 포함하는 제 2 가스 방전 챔버를 포함한다.

[0099] 제 1 가스 방전 스테이지는 마스터 발진기(MO)(800)를 포함하고, 제 2 가스 방전 스테이지는 증폭기(PA)(810)를 포함한다. MO(800)는 시드 광 빔(895)을 PA(810)에 제공한다. 마스터 발진기(800)는 통상적으로, 증폭이 발생하는 이득 매질과 광학 공진기와 같은 광학적 피드백 메커니즘을 포함한다. 파워 증폭기(810)는 통상적으로, 마스터 발진기(800)로부터의 시드 레이저 빔으로 시딩되는 경우(seeded) 증폭이 발생하는 이득 매질을 포함한다. 파워 증폭기(810)가 회생 링 공진기로서 설계되면, 이것은 전력 링 증폭기(PRA)라고 기술되고, 이러한 경우에, 충분한 광학적 피드백이 이러한 링 디자인으로부터 제공될 수 있다. 스펙트럼 특성 조절기(105)는 마스터 발진기(800)로부터 프리커서 광 빔(595)을 수광하여, 광 빔(895)의 중심 파장 및 대역폭과 같은 스펙트럼 파라미터를 상대적으로 낮은 출력 펄스 에너지에서 미세 튜닝할 수 있게 한다. 파워 증폭기(810)는 마스터 발진기(800)로부터 광 빔(895)을 수광하고, 이러한 출력을 증폭하여 리소그래피 노광 장치(135)에 의한 포토리 소그래피에서 사용할 출력을 위해 필요한 파워를 획득한다.

[0100] 마스터 발진기(800)는 두 개의 기다란 전극, 이득 매질로서 역할을 하는 레이저 가스, 및 전극들 사이에서 가스를 순환시키는 펜을 가지는 방전 챔버를 포함한다. 레이저 공진기는 방전 챔버의 일측에 있는 스펙트럼 특성 조절기(105)와 방전 챔버의 제 2 측에 있는 출력 커플러(815) 사이에서 형성되어 시드 광 빔(895)을 파워 증폭기(810)로 출력한다.

[0101] 광원(850)은 출력 커플러(815)로부터 출력을 수광하는 선중심 분석 모듈(line center analysis module; LAM)(820), 및 필요에 따라 빔의 크기 및/또는 형상을 변경하는 하나 이상의 빔 변경 광학 시스템(825)을 더 포함할 수 있다. 선중심 분석 모듈(820)은 시드 광 빔(895)의 파장(예를 들어, 중심 파장)을 측정하기 위하여 사용될 수 있는 측정 시스템의 하나의 타입의 일 예이다. 광학 소스(850) 내에 포함될 수 있는 다른 측정 시스템은 대역폭 분석 모듈(도 8에는 미도시)이고, 이것은 증폭된 광 빔(110)의 대역폭을 측정 또는 추정하도록 구성된다.

[0102] 파워 증폭기(810)는 파워 증폭기 방전 챔버를 포함하고, 회생 링 증폭기일 경우, 파워 증폭기는 빔을 방전 챔버로 되반사하여 순환 경로를 형성하는 빔 반사체 또는 빔 튜닝 디바이스(830)를 더 포함한다. 파워 증폭기 방전 챔버는 한 쌍의 기다란 전극, 이득 매질로서 역할을 하는 레이저 가스, 및 전극들 사이에서 가스를 순환시키기 위한 펜을 포함한다. 시드 광 빔(895)은 파워 증폭기(810) 반복적으로 통과함으로써 증폭된다. 빔 변경 광학 시스템(825)은 시드 광 빔(895)을 인-커플링하고 파워 증폭기로부터의 증폭된 방사선의 일부를 아웃-커플링하여 증폭된 광 빔(110)을 형성하는 방법(예를 들어, 부분-반사 미러)을 제공한다.

[0103] 마스터 발진기(800) 및 파워 증폭기(810)의 방전 챔버 내에서 사용되는 레이저 가스는 요구된 파장 및 대역폭 근처에서 레이저 빔을 생성하기 위한 임의의 적합한 가스일 수 있다. 예를 들어, 레이저 가스는 약 193 nm의 파장에서 광을 방출하는 아르곤 불화물(ArF) 또는 약 248 nm의 파장에서 광을 방출하는 크립톤 불화물(KrF)을 포함할 수 있다.

[0104] 선중심 분석 모듈(820)은 마스터 발진기(800)의 출력(시드 광 빔(895)의 파장을 모니터링한다. 선중심 분석 모듈(820)은 광원(850) 내의 다른 위치에 배치될 수 있고, 또는 광학 소스(850)의 출력에 배치될 수 있다.

[0105] 일반적으로, 제어 장치(180)는 일반적으로 디지털 전자 회로부, 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어, 및 소프트웨어 중 하나 이상을 포함한다. 제어 장치(180)는 메모리를 포함하고, 이것은 판독-전용 메모리 및/또는 랜덤 액세스 메모리일 수 있다. 컴퓨터 프로그램 명령 및 데이터를 실행되도록 저장하기에 적합한 스토리지 디바이스는, 예를 들자면 EPROM, EEPROM 및 플래시 메모리 디바이스와 같은 반도체 메모리 디바이스; 내장 하드 디스크 또는 착탈

식 디스크와 같은 자기 디스크; 자기-광학적 디스크; 및 CD-ROM 디스크를 포함하는, 모든 형태의 비-휘발성 메모리를 포함한다. 제어 장치(180)는 하나 이상의 입력 디바이스(예컨대 키보드, 터치 스크린, 마이크로폰, 마우스, 핸드-헬드 입력 디바이스, 등) 및 하나 이상의 출력 디바이스(예컨대 스피커 또는 모니터)를 더 포함할 수 있다.

[0106] 제어 장치(180)는 하나 이상의 프로그래밍 가능한 프로세서, 및 프로그래밍 가능한 프로세서에 의해 실행되도록 면밀-관통가능 스토리지 디바이스에 유형화되어 구현되는 하나 이상의 컴퓨터 프로그램 제품을 포함한다. 하나 이상의 프로그래밍 가능한 프로세서는 각각, 입력 데이터를 처리하여 적합한 출력력을 생성함으로써 원하는 기능을 수행하도록, 명령들의 프로그램을 실행할 수 있다. 일반적으로, 프로세서는 메모리로부터 명령 및 데이터를 수신한다. 앞선 기기들 모두는 특수하게 설계된 ASIC(주문형 집적회로)에 의하여 보완되거나 그 안에 통합될 수 있다.

[0107] 제어 장치(180)는 모듈들의 세트를 포함하고, 각각의 모듈은 프로세서들과 같은 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램 제품의 세트를 포함한다. 더욱이, 모듈들 중 임의의 것은 메모리 내에 저장된 데이터에 액세스할 수 있다. 각각의 모듈은 장치(100)의 전용인 다른 컴포넌트(예를 들어, 광학 소스(150), 인터페이스(145), 스펙트럼 특성 조절기(105), 또는 리소그래피 노광 장치(135))와 통신할 수 있다. 각각의 모듈은 다른 컴포넌트로부터 데이터를 수신한 후, 이러한 데이터를 필요에 따라 분석할 수 있다. 각각의 모듈은 하나 이상의 다른 모듈과 통신할 수 있다.

[0108] 제어 장치(180)가 박스처럼 표시되지만(컴포넌트들 모두가 상호 연결될 수 있음), 제어 장치(180)는 물리적으로 서로 떨어져 있는 컴포넌트들로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 특정 모듈은 광학 소스(150)와 물리적으로 상호 위치될 수 있거나, 특정 모듈은 스펙트럼 특성 조절기(105)와 물리적으로 상호위치될 수 있다.

[0109] 일반적으로, 제어 장치(180)는 본 명세서에서 논의되지 않은 기능을 수행할 수 있다. 예를 들어, 제어 장치(180)는 광학 장치(130) 내의 계측 시스템(170)(미도시)으로부터 증폭된 광 빔(110)에 대한 적어도 일부의 정보를 수신할 수 있고, 내부 스펙트럼 특성 분석 모듈(525)은 이러한 정보에 분석을 수행하여, 리소그래피 노광 장치(135)로 공급되는 증폭된 광 빔(110)의 하나 이상의 스펙트럼 특성(예를 들어, 대역폭)를 어떻게 조절할지를 결정한다. 이러한 결정에 기초하여, 제어 장치(180)는 광학 소스(150)의 동작을 제어하라는 신호를 스펙트럼 특성 조절기(105) 및/또는 광학 소스(150)로 전송한다.

[0110] 도 9를 참조하면, 타이밍도(900A)는 펄스(115)의 버스트(120)의 생성 도중에 장치(100)가 어떻게 동작하는지의 하나의 구현형태를 보여주고, 장치(100)는 타이밍도(900A)의 설명과 연계하여 도시된다. 타이밍도(900A)는 증폭된 광 빔(110)의 16 개의 펄스(915)만을 보여준다. 그럼에도 불구하고, 버스트(120)는 16 개보다 많거나 적은 펄스를 포함할 수 있고, 도 9에 도시되는 신호는 시간 상 도 9에 도시되는 것을 넘어서 연장될 수 있다. 이러한 구현형태에서, 리소그래피 노광 장치(135)로부터 인터페이스(145)로 제공되는(그리고 제어 장치(180)로 이송되는) 정보(H)는 트리거 신호(906)를 포함한다. 트리거 신호(906)는 전기 펄스(907)의 열의 형태이고, 인접한 전기 펄스(907)는 시간(tp) 상으로 요구되는 증폭된 광 빔(110)의 소망되는 펄스 반복률(Rp)에 반비례하는 일반적으로 일정한 간극만큼 분리된다. 각각의 전기 펄스(907)는, 증폭된 광 빔(110)의 하나의 펄스(915)를 생성하도록 광학 장치(130)에 명령하고(제어 장치(180)를 통하여), 펄스열(911) 내의 인접한 펄스(915) 사이의 시간 상 분리는  $\tau$ 이다(이것은 분리 시간(tp)과 상관되거나 분리 시간과 같음). 이러한 방식으로, 증폭된 광 빔(110)은  $1/\tau$ 로 규정되는 펄스 반복률(Rp)로 생성된다.

[0111] 도 9의 구현형태에서, 구동 신호(917)는 광학 장치(130)로부터 통신 채널(971)을 이용하여 스펙트럼 특성 조절기(105)로 제공된다(제어 장치(180)를 통하여). 스펙트럼 특성 조절기(105)의 실제 상태(구동 신호(917)에 기반하여 변함)는 파형(918)에 의해 표현된다. 구동 신호(917)의 형상은 파라미터들의 세트에 의해 규정된다. 이러한 구현형태에서, 구동 신호(917)는 스펙트럼 특성 조절기(105)를 리소그래피 노광 장치(135)에 의해 표적화되거나 소망되는 그 두 개의 이산 상태(918a 및 918b) 사이에서 구동하는, 연속 정현(그리고, 따라서 주기적인) 형상을 가진다. 더욱이, 이러한 구현형태에서, 버스트 내의 각각의 시간 펄스(915)가 생성되고, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 자신의 이산 상태(918a 또는 918b) 중 하나이다. 도 9에서, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이미 정상 상태에 도달했으며 스펙트럼 특성 조절기(105) 및 펄스(915)의 생성 사이의 타이밍이 동기화된다는 가정이 존재한다. 따라서, 이산 상태(918a)에서, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 해당 시간에 생성된 펄스(915)의 스펙트럼 특성(예를 들어, 파장  $\lambda_a$ )의 이산 값을 선택한다. 그리고, 이산 상태(918b)에서, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 해당 시간에 생성된 펄스(915)의 스펙트럼 특성(예를 들어, 파장  $\lambda_b$ )의 이산 값을 선택한다. 예를 들어, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 도 6a 내지 도 7b에 도시된 바와 같이 설계되면, 스펙트럼 특성 조절

기(605)는 자신의 프리즘 축(PA) 중심으로 두 개의 별개의 상태인, 이러한 예에서는 극단 상태 사이에서 회전될 수 있는 프리즘(651)을 포함한다. 그리고, 제 1 상태에 있는 동안에(도 7a에 도시된 바와 같음) 프리즘(651)은 제 1 국소 빔 굴절각  $\delta$ (1)에 위치되는 반면에, 제 2 상태에서는(도 7b에 도시된 바와 같음) 프리즘(651)이 제 2 국소 빔 굴절각  $\delta$ (2)에 위치된다.

[0112] 도 10을 참조하면, 타이밍도(900B)는 장치(100)가 펄스(115)의 버스트(120)의 생성 사이에서 어떻게 동작하는지의 하나의 구현형태를 보여준다. 또한, 장치(100)의 블록도는 타이밍도(900B)의 설명과 연계하여 도시된다. 타이밍도(900B)는 영역 B의 양측(버스트간 간격)에서 증폭된 광 빔(110)의 두 개의 펄스(915)만을 보여준다. 버스트간 간격은 도 10에 도시된 것보다 더 길거나 짧게 유지될 수 있고, 표시되는 신호는 시간 상 도 10에 도시되는 것을 넘어 연장될 수 있다. 이러한 구현형태에서, 버스트간 간격 중에, 리소그래피 노광 장치(135)에 의하여 인터페이스(145)에 제공되는 트리거 신호(906)의 전기 펄스(907)는, 광학 장치(130)로부터의 펄스(115)의 생성을 중지시키기 위하여 중지된다(또는 중단된다).

[0113] 그럼에도 불구하고, 인터페이스(145)에 제공된 전기 펄스(907)가 없지만, 광학 장치(130)는 스펙트럼 특성 조절기(105)를 파라미터들의 세트에 의하여 규정되는 구동 신호(917)에 따라서 계속 구동한다(제어 장치(180)를 통함). 버스트간 간격 중에 스펙트럼 특성 조절기(105)를 구동함으로써, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 계속하여 정상-상태 모드에서 구동된다. 스펙트럼 특성 조절기(105)가 휴지 모드(스펙트럼 특성 조절기(105)가 휴지 상태이거나 움직이지 않는 도 2a의 시간 0와 같은 모드)로부터 정상-상태 모드(예컨대 도 2a의 시간  $t(ss)$ )로 천이하여야 하는 시간이 존재하지 않는다. 도 2a에서 논의된 바와 같이, 휴지 모드로부터 정상-상태 모드로 천이 하면, 스펙트럼 특성 조절기(105) 및 제어 장치(180)를 포함하는 전체 시스템의 전압 또는 부하에 급격한 변화가 생기게 되고, 이것이 원치 않는 과도상태가 생기게 한다.

[0114] 버스트간 간격 도중에 스펙트럼 특성 조절기(105)를 구동함으로써, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 휴지 모드(스펙트럼 특성 조절기(105)가 휴지 상태이거나 움직이지 않는 모드)로부터 정상-상태 모드로 천이해야 하는 시간이 존재하지 않게 되고, 따라서 이러한 원치 않는 과도상태가 회피된다. 사실상, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 언제나 정상 상태에서 제어되거나 동작된다.

[0115] 본 명세서에서는 자세하게 설명되지 않지만, 과도상태는 리소그래피 노광 장치(135)가 펄스 반복률( $R_p$ )에 변경이 생기도록 요청할 때마다 여전히 생길 수 있는데, 그 이유는 이러한 상황에서 스펙트럼 특성 조절기(105)로 가는 구동 신호(917)의 주파수가 변경될 필요가 있을 수 있기 때문이다.

[0116] 일부 구현형태들에서, 버스트간 간격 도중에, 광학 장치(130)는 스펙트럼 특성 조절기(105)를 리소그래피 노광 장치(135)로부터 수신된 정보(H)에 관련된 방식으로 계속하여 구동한다(제어 장치(180)를 통함).

[0117] 더욱이, 도 2a에 도시되는 것과 달리, 도 10은 다음 버스트 내의 펄스(915)가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는, 이산 상태들(918a 또는 918b) 중 하나의 이산 상태에 있게 한다. 이것을 다르게 표현하면, 장치(100)는 버스트간 간격 이후에 점화되는 펄스(915)가 리소그래피 노광 장치(135)에 의해 소망되는 스펙트럼 특성(예를 들어, 파장)을 가지게 한다. 장치(100)가 버스트간 간격 이후에 점화되는 펄스(915)가 리소그래피 노광 장치(135)에 의해 소망되는 스펙트럼 특성(예를 들어, 파장)을 가지게 할 수 있는 상이한 방식들이 존재한다. 이러한 상이한 방법들은 다음에 설명된다. 버스트간 간격 이후에 점화되는 펄스(915)가 리소그래피 노광 장치(135)에 의해 소망되는 스펙트럼 특성(예를 들어, 파장)을 가지지게 하기 위하여, 임의의 하나의 시점에서 또는 버스트간 간격 내에서 장치(100)가 두 가지 이상의 방법들을 구현하는 것이 가능하다. 따라서, 후술되는 방법 중 하나가 이러한 조건을 보장하기에 충분하지 않지만 두 가지 방법을 조합하면 충분할 수 있다.

[0118] 도 11을 참조하면, 일 구현형태에서, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 버스트간 간격 도중에(펄스들(915)의 버스트들의 생성 사이에) 리소그래피 노광 장치(135)에 의해 소망되거나 설정되는 펄스 반복률( $R_p$ )과 상관되는 주파수  $\omega$ 에서 구동된다. 도 11은 장치(100)가 펄스(115)의 버스트(120) 사이에서 어떻게 동작하는지의 하나의 구현 형태 및 또한 타이밍도(1100B)에 관련된 장치(100)의 대응하는 블록도를 도시한다. 펄스 반복률( $R_p$ )은 인터페이스(145)에 제공되는 정보(H)의 일부이고  $1/\tau$ 과 같다(이것은 펄스들(915) 사이의 시간임). 따라서, 정현 구동 신호(1117)의 주파수  $\omega$ 는, 주파수  $\omega$  및 펄스 반복률( $R_p$ ) 사이에 상관인  $\text{corr}(\omega, R_p)$ 이 존재하게 한다. 예를 들어, 도 11에 도시된 바와 같이, 정현 구동 신호(1117)의 주파수  $\omega$ 는 펄스 반복률( $R_p$ )의 절반이다. 주파수  $\omega$ 는  $1/\kappa$ 인데,  $\kappa$ 는 정현 구동 신호(1117)의 주기이다. 이러한 예에서, 정현 구동 신호(1117)의 주기  $\kappa$ 는 펄스들(915) 사이의 시간  $\tau$ 의 두 배이다.

[0119] 스펙트럼 특성 조절기(105)가 펄스 반복률(Rp)과 상관되는 주파수  $\omega$ 에서 구동되지만, 버스트간 시간 간격 T 이후의 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스(915)의 생성과 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태(918a 또는 918b) 중 하나에 도달하는 시점 사이에는 여전히 불일치가 있을 수 있다. 이러한 불일치가 도 11에 도시된다. 이러한 불일치가 여전히 생길 수 있는 이유는, 광학 장치(130)가 리소그래피 노광 장치(135)가 언제 트리거 신호(906) 내의 다른 전기 펄스(907)를 인터페이스(145)에 전송할지를 예측할 수 없거나 모르기 때문이다. 달리 표 현하면, 광학 장치(130)는 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$ 의 지속기간을 알지 못한다. 이러한 이유 때문에, 광학 장치(130)는 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태(918a 또는 918b) 중 하나에 도달하는 시점을 다음 버스트 내의 펄스(915)가 생성되는 시점과 적절하게 동기화하는 것이 불가능할 것이다.

[0120] 도 12를 참조하면, 타이밍도(1200B)의 구현형태가 타이밍도(1200B)에 대응하는 장치(100)의 블록도와 함께 표시 된다. 이러한 구현형태에서, 버스트간 시간 간격 T에 후속하는 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스(915)와 스펙트 럼 특성 조절기(105)가 이산 상태(918a 또는 918b) 중 하나에 도달하는 시점 사이의 시간 상 불일치가 제거된다. 이러한 구현형태에서, 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$ , 및 따라서 버스트간 시간 간격 T는, 버스트간 시간 간격 T가 현재의 펄스 반복률(Rp)에서의 펄스들(915) 사이의 시간 간격  $\tau$ 의 정수 배가 되도록 조절된다. 즉,  $T = \tau \times i$ 이고, i는 정수이다.

[0121] 도 11의 구현형태에서, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 버스트간 간격 중에 어떻게 구동되는지를 변경하기 위하여, 제어 장치(180)의 동작의 변경이 필요하다. 대조적으로, 도 12의 구현형태에서는, 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$ 을 변경하기 위하여, 리소그래피 노광 장치(135)의 동작의 변경이 필요하다.

[0122] 도 12는 버스트간 시간 간격 T가 마지막 버스트 내의 마지막 펄스의 생성 및 다음 버스트 내의 제 1 펄스 사이의 시간 간격에 대응하는 것으로 도시하지만, 버스트간 시간 간격이 각각의 마지막 버스트 및 다음 버스트 내의 다른 펄스에 기반한 시간 간격에 대응하는 것이 가능하다. 예를 들어, 버스트간 시간 간격 T는 레이저 펄스(예컨대 도 2a의 버스트(120A)의 펄스(115\_12A)) 및 다음 버스트의 제 1 펄스에 후속하는 펄스(예컨대 도 2a에서 버스트(120C)의 펄스(115\_1C)에 후속하는 펄스)의 생성 사이의 시간 간격에 대응할 수 있다.

[0123] 도 13을 참조하면, 타이밍도(1300B)의 구현형태가 타이밍도(1300B)에 대응하는 장치(100)의 블록도와 함께 표시 된다. 버스트간 시간 간격 T에 후속하는 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스(915)와 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태(918a 또는 918b) 중 하나에 도달하는 시점 사이의 시간 상 불일치가 제거된다.

[0124] 이러한 구현형태에서, 리소그래피 노광 장치(135)로부터의 정보(H)는 리소그래피 노광 장치(135)가 펄스들의 다음 버스트의 제 1 전기적 트리거 펄스(907\_1C)를 인터페이스(145)에 전송할 시간에 대한 표시(1309)를 포함한다. 표시(1309)는 제 1 전기 펄스(907\_1C)에 앞서서 제어 장치(180)에 의해 수신된다. 이러한 추가적 정보(표시(1309))가 있으면, 그리고 표시(1309) 및 제 1 전기적 트리거 펄스(907\_1C) 사이에 충분한 시간이 있다고 가정하면서, 스펙트럼 특성 조절기(105)에 제공된 구동 신호(1317)가 변경되지 않는 경우, 제어 장치(180)는 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스(915\_1C)의 생성 및 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태들(918a 또는 918b) 중 하나의 이산 상태에 있는 시간 사이에 시간 상 불일치가 존재할 것인지를 결정할 수 있다. 제어 장치(180)가 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스(915\_1C)의 생성 및 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태들(918a 또는 918b) 중 하나의 이산 상태에 있는 시간 사이에는 시간상 불일치가 존재할 것이라고 결정하고(표시(1309)의 수신에 기반하여), 그러면 제어 장치(180)는 스펙트럼 특성 조절기(105)로의 구동 신호(1317)를 조절할 수 있다. 예를 들어, 제어 장치(180)는 구동 신호(1317)와 연관된 파라미터 P 중 하나 이상을 변경함으로써 구동 신호(1317)를 조절할 수 있고, 이러한 변경이 리소그래피 노광 장치(135)에 의해 제공된 정보를 설명할 수 있다. 예를 들어, 구동 신호(1317)가 정현 과형 D라면, 이것은 일반적으로 파라미터들의 세트, 예컨대 구동 신호(1317)의 위상( $\phi$ ) 및 주파수  $\omega$ 에 의해서 다음과 같이 관장된다:

$$D = A \sin(2\pi \omega t + \phi), \text{ 여기에서 } t \text{는 시간이다.}$$

[0126] 구동 신호(1317)의 위상  $\phi$ 는 초기 위상이고, 이것은 위의 수학식에서 라디안으로 주어지며 시간 상 초기 포인트에서의 과형 D의 위치에 대응한다. 이것은 위상 오프셋, 위상 천이, 또는 위상 인자라고 불릴 수 있다. 과형 D의 과도상태 위상은  $\omega t + \phi$ 에 의해 주어진다.

[0127] 따라서, 제어 장치(180)는 구동 신호(1317)의 주파수  $\omega$ , 구동 신호(1317)의 위상  $\phi$  또는 구동 신호(1317)의 주파수  $\omega$  및 위상  $\phi$  양자 모두를 변경할 수 있다. 도 13에 도시되는 구현형태에서, 구동 신호(1317)의 파라미터(예컨대 주파수  $\omega$ )는 영역 dR에서 변경된다. 또한, 만일, 영역 dR에서 주파수  $\omega$ 가 변경되면, 구동 신호(1317)가 펄스(915)의 생성과 동기화된 상태를 유지할 수 있도록, 주파수  $\omega$ 를 다음 버스트의 시작에서 펄스 반복률(Rp)과 상관되도록 다시 변경하는 것이 필요할 것이다. 구동 신호(1317)를 변경하면, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 과정(918)의 주파수 및/또는 위상을 변경함으로써 도시된 바와 같이 어떻게 구동되는지가 변경된다.

[0128] 표시(1309)의 수신 및 전기적 트리거 펄스(907\_1C)의 수신 사이의 시간 지연(1329)은, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 버스트 내의 펄스(915)가 생성될 때 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 되도록, 제어 장치(180)가 구동 신호(1317)의 하나 이상의 파라미터를 변경하기에 충분한 시간을 갖게 하기에 충분히 크다. 예를 들어, 시간 지연(1329)은 약 25-35 밀리초(ms)일 수 있다.

[0129] 도 14를 참조하면, 다른 타이밍도(1400B)의 구현형태가 타이밍도(1400B)에 대응하는 장치(100)의 블록도와 함께 표시된다. 버스트간 시간 간격 T에 후속하는 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스(1415) 및 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태(918a 또는 918b) 중 하나에 도달하는 시점 사이의 시간상 불일치는, 펄스열(1411) 내의 펄스(1415)의 생성을 제어하도록 광학 소스(150)에 제공되는 제어 신호(1481)의 양태를 조절함으로써 제거된다. 이러한 구현형태에서, 제어 장치(180)는 스펙트럼 특성 조절기(105)를 하나 이상의 고정된 파라미터 P에 따라 구동하고, 이러한 고정된 파라미터 P는 이러한 구현형태에서 변경될 필요가 없다.

[0130] 제어 장치(180)는 펄스들(1415)의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 리소그래피 노광 장치(135)로부터 수신한다(정보(H)를 수신하는 인터페이스(145)를 통해). 이러한 요청은 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$ 에 후속하는 제 1 트리거 펄스(1407\_1)의 형태이다. 위에서 논의된 바와 같이, 정상 동작 시에, 광학 장치(130)는 트리거 펄스(1407\_1)의 수신에 후속하는 시간 지연  $t_1$  이후에 펄스(1415\_1)를 생성한다. 광학 장치(130)가 트리거 펄스(1407\_1)에 반응하기 위해서 일정량의 시간을 요구하기 때문에, 이러한 시간 지연  $t_1$ 은 광학 장치(130)의 디자인에 있어서 내재적인 것이다. 예를 들어, 제어 장치(180)는 제 1 트리거 펄스(1407\_1)를 처리하고((수신 및 분석함), 그 후에 신호를 광학 소스(150)로 제공하여 제 1 펄스(1415\_1)를 생성한다. 제 1 트리거 펄스(1407\_1)의 수신과 증폭된 광 빔(110)의 제 1 펄스(1415\_1)의 생성 사이에 걸린 시간이 이러한 시간 지연  $t_1$ 에 대응한다.

[0131] 그러나, 이러한 구현형태에서는, 제어 장치(180)가 트리거 펄스(1407\_1)를 수신하자마자 광학 소스(150)가 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스(1415\_1)를 생성(일반적으로 그러할 것이기 때문임)하게 하는 명령을 제어 장치(180)가 제어 신호(1481) 내에서 제공하는 대신에, 제어 장치(180)는 0보다 긴 기간  $\delta \tau$  동안, 리소그래피 노광 장치(135)로부터의 요청(트리거 펄스(1407\_1))의 수신에 상대적으로 펄스들의 다음 버스트(1415) 내의 펄스(1415\_1)의 생성을 지연시키라는 명령을 제어 신호(1481) 내에 제공한다. 제어 장치(180)는, 펄스들의 다음 버스트 내의 스펙트럼 펄스(1415)가 생성될 때 특성 조절기(105)가 이산 상태(918a 또는 918b) 중 하나로 구동될 수 있게 할 지연  $\delta \tau$ 의 값을 결정한다. 트리거 펄스(1407\_1)의 수신 및 펄스(1415\_1)의 생성 사이의 총 시간은 따라서  $t_1 + \delta \tau$ 이다.

[0132] 도 15를 참조하면, 타이밍도(1500B)의 구현형태가 타이밍도(1500B)에 대응하는 장치(100)의 블록도와 함께 도시된다. 버스트간 시간 간격 T에 후속하는 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스(915)와 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태(918a 또는 918b) 중 하나에 도달하는 시점 사이의 시간상 불일치가 제거된다. 이러한 구현형태에서, 광학 장치(130)는 제어 장치(180) 및 인터페이스(145)를 통하여 신호(1508)를 리소그래피 노광 장치(135)로 전송한다. 리소그래피 노광 장치(135)로 전송되는 신호(1508)는 스펙트럼 특성 조절기(105)가 버스트간 시간 간격 도중에 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함한다. 이러한 방식으로, 리소그래피 노광 장치(135)는, 버스트간 시간 간격에 후속하는 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스(915)가 생성되는 시간이 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태(918a 또는 918b) 중 하나에 도달하는 시점과 동기화되게 하는 방식으로 트리거 신호(1506)를 조절할 수 있다. 예를 들어, 도시된 바와 같이, 트리거 신호(1506)는 다음 버스트 내의 제 1 전기 펄스를 트리거 버스트간 시간 간격  $T_L$  이후에 dt의 양만큼 지연시키도록 조절되고, 이러한 지연 dt가 펄스들의 다음 버스트 내의 제 1 펄스가 생성되는 시간까지 전파된다. 따라서, 버스트간 시간 간격 T는 dt만큼 증가된다.

[0133] 위에서 도 9를 참조하여 논의된 바와 같이, 정현 구동 신호(917)의 주파수  $\omega$ 는 타이밍도(900A)에 도시된 바와

같이 펠스 반복률(Rp)의 절반이다. 도 16을 참조하면, 다른 구현형태들에서, 정현 구동 신호(1617)의 주파수  $\omega$ 는 타이밍도(1600A)에 도시된 바와 같이 펠스 반복률(Rp)의 사분의 일이다. 주파수  $\omega$ 는  $1/\kappa$ 이고,  $\kappa$ 는 정현 구동 신호(1617)의 주기이며, 따라서 정현 구동 신호(1617)의 주기  $\kappa$ 는 펠스들(915) 사이의 시간  $\tau$ 의 네 배이다. 스펙트럼 특성 조절기(105)는 두 극단 상태 사이에서 이동할 때 두 개의 중간이지만 별개이며 소망되는 상태(1618a 및 1618b)를 거친다. 이러한 중간 상태(1618a, 1618b) 각각은 각각의 별개의 파장  $\lambda a'$  및  $\lambda b'$ 에 대응한다. 이러한 구현형태에서, 인접하고 연속인 펠스(915)는 파장  $\lambda a'$ 를 가지고 다음 두 개의 인접하고 연속인 펠스(915)는 파장  $\lambda b'$ 를 가지며, 이러한 패턴이 다음 버스트간 시간 간격까지 또는 제어 장치(180)가 구동 신호(1617)를 변경할 때까지 반복된다.

[0134] 위에서 언급된 바와 같이, 구동 신호(217, 917)의 파형은 삼각형 또는 정현 형상과 다를 수 있고 다른 파형이 가능하다. 구동 신호(217, 917)의 파형의 형상은 스펙트럼 특성 조절기(105)의 파형(예컨대, 218 또는 918)의 형상에 영향을 준다. 예를 들어, 파형(1717A, 1717B, 1717C, 및 1717D)의 다른 가능한 구현형태들이 스펙트럼 특성 조절기(105)에 공급된 구동 신호의 도 17a, 도 17b, 도 17c, 및 도 17d 각각에 도시된다.

[0135] 도 18을 참조하면, 리소그래피 노광 장치(135)에 지향되고 버스트간 갭(125) 이후에 생성된 각각의 펠스(115)가 이산 및 소망되는 스펙트럼 특성의 세트 중에서 소망되는 스펙트럼 특성(파장)을 가지게 하기 위해서, 프로시저(1800)가 장치(100)에 의해 수행된다. 프로시저(1800)의 단계들을 예시하기 위해 도 1 내지 도 16을 또한 참조한다.

[0136] 프로시저(1800)는 증폭된 광 빔의 펠스들의 버스트 펠스 반복률(Rp)에서 생성하는 단계(1805)와 펠스를 리소그래피 노광 장치에 지향시키는 단계(1810)를 포함한다. 예를 들어, 버스트(120)의 펠스(115)는 도 1에 도시된 바와 같이 생성되고 리소그래피 노광 장치(135)에 지향된다.

[0137] 펠스 버스트(120)를 생성하는 동안에, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 펠스 반복률(Rp)과 상관된 주파수로 이산 상태들의 세트 사이에서 구동된다(1815). 예를 들어, 제어 장치(180)는 구동 신호(217)를 스펙트럼 특성 조절기(105)로 전송하여 스펙트럼 특성을 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이 이산 상태(218a 및 218b)사이에서 구동하고, 구동 신호(217)의 주파수  $\omega$ 는 펠스열(211)의 펠스 반복률(Rp)과 상관된다. 각각의 이산 상태(예컨대 이산 상태(218a 및 218b))는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값들 중에서 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성(예를 들어, 파장)의 이산 값에 대응한다. 이러한 방식으로, 버스트(120) 내의 펠스(115)가 생성될 때마다, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있고, 증폭된 광 빔 펠스(115)는 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 가진다. 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 상태(918a)에 있으면 펠스(915)의 파장은  $\lambda a$ 이고, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 상태(918b)에 있으면, 펠스(915)의 파장은  $\lambda b$ 이다.

[0138] 펠스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펠스가 생성되지 않는 동안에, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동된다(1820). 예를 들어, 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이, 제어 장치(180)는 버스트간 시간 간격 T 동안에도, 즉, 버스트(120A) 및 버스트(120C)의 생성 사이에, 구동 신호(217)로 스펙트럼 특성 조절기(105)를 계속 구동한다. 구동 신호(217)는 리소그래피 노광 장치(135)로부터 수신된 정보(H)에 기반하여 결정되는 속성을 가진다.

[0139] 프로시저(1800)는, 다음 버스트(이러한 버스트간 시간 간격 T에 후속함) 내의 펠스가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는, 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 한다(1825). 예를 들어, 장치(100)는 다음 버스트(120C) 내의 펠스(115\_iC)중 하나가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 상태(218a 또는 218b)중 하나가 되게 한다. 위에서 논의된 바와 같이 그리고 도 9 내지 도 16을 참조하면, 다음 버스트(120)(이러한 버스트간 시간 간격 T에 후속함) 내의 펠스(115)가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는, 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 하는(1825) 상이한 구현형태들이 존재한다. 이러한 구현형태들 중 임의의 하나 이상이 활용될 수 있다.

[0140] 도 19a 내지 도 19d를 참조하면, 장치(100) 및 프로시저(1800)의 동작을 시뮬레이션하기 위하여 각각의 그래프의 세트가 도시된다. 도 19a 내지 도 19d는 스펙트럼 특성 조절기(105)(임의의 단위)의 동작 대 여섯 개의 펠스들의 버스트(및 다섯 개의 버스트간 갭)에 걸친 시간의 그래프를 각각 도시한다. 더욱이, 그래프는 스펙트럼 특성 조절기(105)가 휴지 상태인 시간에 시작된다. 따라서, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 파도상태를 겪는 천이 또는 중간 동작에서 각각의 시뮬레이션을 시작한다.

- [0141] 각각의 그래프 내의 회색 파형은 스펙트럼 특성 조절기(105)의 실제 위치 또는 상태를 나타내고, 이것은 실제 스펙트럼 특성에 관하여 표현된다(각각의 상태가 해당 상태에 있는 동안에 스펙트럼 특성 조절기(105)와 상호작용하는 광 빔의 특정 스펙트럼 특성에 대응하기 때문임). 그러므로, 회색 파형은 파형(218 또는 918)에 대응한다. 스펙트럼 특성 조절기(105)의 각각의 표적화된 이산 상태는 상태(1918a 및 1918b)에 의해 표현된다. 각각의 그래프 상의 점은 펄스(115)가 생성되고 리소그래피 노광 장치(135)를 향해 지향되는 인스턴스를 표시한다. 이러한 시뮬레이션은 도 9 내지 도 12에 설명된 구현형태에 대해서 수행되고, 정현 구동 신호(917)의 주파수  $\omega$ 는 펄스 반복률(Rp)의 절반이다. 시뮬레이션은 버스트간 시간 간격 T 이후의 버스트의 시작 시에 그리고 프로시저(1800)를 수행하기 시작할 때 수행된다.
- [0142] 수직 축(스펙트럼 특성 축)에 따른 도트의 위치는 해당 시간(수평 또는 시간 축에 따름)에서 펄스가 스펙트럼 특성을 샘플링하는 위치를 표시한다. 이러한 위치는 리소그래피 노광 장치(135)로 전송된 생성된 펄스에 대한 스펙트럼 특성의 값에 대응한다.
- [0143] 도 19a에서, 장치(100)의 동작은 프로시저(1800)의 단계(1805-1815)만을 수행한 후이지만 단계(1820 및 1825)를 수행하기 전에 시뮬레이션된다. 명백하게 드러나는 바와 같이, 펄스(115)는 소망되는 스펙트럼 특성(1918a 및 1918b)과 거의 일치하지 않고, 따라서, 리소그래피 노광 장치(135)에 지향된 펄스(115)는 기판의 패터닝을 위해 소망되는 스펙트럼 특성을 가지지 않을 것이다.
- [0144] 도 19b에서, 장치(100)가 도 11에 도시된 바와 같이 동작하는 동아네 장치(100)의 동작이 시뮬레이션된다. 이러한 경우에, 스펙트럼 특성 조절기(105)에 공급된 구동 신호(1117)는 펄스 반복률(Rp)과 상관된 주파수  $\omega$ 를 가진다. 결과에는 다소 개선이 있지만 도 19d 만큼 양호하지는 않다는 것을 알 수 있다.
- [0145] 도 19c에서, 장치(100)의 동작은 장치(100)가 도 12에 도시된 바와 같이 동작하지만 도 11에 도시된 바와 같이 동작하지 않는 동안에 시뮬레이션된다. 이러한 경우에, 스펙트럼 특성 조절기(105)에 공급된 구동 신호(1117)는 펄스 반복률(Rp)과 반드시 상관되는 것은 아닌 주파수  $\omega$ 를 가진다. 그러나, 버스트간 시간 간격 T는 펄스들(915) 사이의 시간 간격  $\tau$ 의 정수배로 설정된다. 결과에는 다소 개선이 있지만 도 19d 만큼 양호하지는 않다는 것을 알 수 있다.
- [0146] 도 19d에서, 장치(100)의 동작은 도 18의 단계들 모두를 수행한 후에 시뮬레이션된다. 이러한 경우에, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때 스펙트럼 특성 조절기(105)가 이산 상태들 중(1918a 또는 1918b) 하나의 이산 상태에 있게 된다. 장치(100)는 도 9 및 도 10에 도시된 바와 같이 동작하고, 또한 도 11 및 도 12에 설명된 기법들 양자 모두를 사용하여 동작한다.
- [0147] 도 20a 내지 도 20d는 도 19a 내지 도 19d의 그래프의 각각의 부분(20A, 20B, 20C, 및 20D)을 보여준다. 파형의 세부사항은 도 20a 내지 도 20d로부터 더 명백해진다.
- [0148] 도 21을 참조하면, 다른 구현형태에서, 리소그래피 노광 장치(135)에 지향되고 버스트간 캡(125) 이후에 생성된 각각의 펄스(115)가 이산 및 소망되는 스펙트럼 특성의 세트 중에서 소망되는 스펙트럼 특성(파장)을 가지게 하기 위해서, 프로시저(2100)가 장치(100)에 의해(예컨대, 제어 장치(180)의 제어 하에) 수행된다. 프로시저(2100)의 단계들을 예시하기 위해 도 1 내지 도 16을 또한 참조한다.
- [0149] 프로시저(2100)는 제어 장치(180)가 증폭된 광 빔(110)의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률(Rp)에서 수행하라고 광학 소스(150)에게 명령하는 것을 포함한다(2105). 펄스들은 리소그래피 노광 장치로 지향된다(2110). 예를 들어, 버스트(120)의 펄스(115)는 도 1에 도시된 바와 같이 생성되고 리소그래피 노광 장치(135)에 지향된다.
- [0150] 펄스 버스트(120)를 생성하는 동안에, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 펄스 반복률(Rp)과 상관된 주파수로 이산 상태들의 세트 사이에서 구동된다(2115). 예를 들어, 제어 장치(180)는 구동 신호(217)를 스펙트럼 특성 조절기(105)로 전송하여 스펙트럼 특성을 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이 이산 상태(218a 및 218b)사이에서 구동하고, 구동 신호(217)의 주파수  $\omega$ 는 펄스열(211)의 펄스 반복률(Rp)과 상관된다. 각각의 이산 상태(예컨대 이산 상태(218a 및 218b))는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값들 중에서 증폭된 광 빔(110)의 스펙트럼 특성(예를 들어, 파장)의 이산 값에 대응한다. 이러한 방식으로, 버스트(120) 내의 펄스(115)가 생성될 때마다, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있고, 증폭된 광 빔 펄스(115)는 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 가진다. 예를 들어, 도 9에 도시된 바와 같이, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 상태(918a)에 있으면 펄스(915)의 파장은  $\lambda_a$ 이고, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 상태(918b)에 있으면, 펄스(915)의 파장은  $\lambda_b$ 이다.

- [0151] 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에, 스펙트럼 특성 조절기(105)는 구동 신호의 파라미터들에 따라 구동된다(2120). 예를 들어, 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이, 제어 장치(180)는 버스트간 시간 간격 T 동안에도, 즉, 버스트(120A) 및 버스트(120C)의 생성 사이에, 구동 신호(217)로 스펙트럼 특성 조절기(105)를 계속 구동한다. 구동 신호(217)의 파라미터는 리소그래피 노광 장치(135)로부터 수신된 정보(H)에 기반하여 결정될 수 있다.
- [0152] 프로시저(2100)는, 다음 버스트(이러한 버스트간 시간 간격 T에 후속함) 내의 펄스가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는, 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 한다(2125). 예를 들어, 장치(100)는 다음 버스트(120C) 내의 펄스(115\_iC)중 하나가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105)가 상태(218a 또는 218b)중 하나가 되게 한다. 제어 장치(180)는 리소그래피 노광 장치(135)(도 15를 참조하여 설명된 바와 같음)로의 명령을 조절하여, 다음 버스트(이러한 버스트간 시간 간격 T에 후속함) 내의 펄스가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105) 이산 상태들 중 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 하나의 이산 상태에 있게 할 수 있다(2125). 제어 장치(180)는 스펙트럼 특성 조절기(105)(도 13을 참조하여 설명된 바와 같음)로의 구동 신호를 조절하여, 다음 버스트(이러한 버스트간 시간 간격 T에 후속함) 내의 펄스가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105) 이산 상태들 중 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 하나의 이산 상태에 있게 할 수 있다(2125). 제어 장치(180)는 광학 소스(150)(도 14를 참조하여 설명된 바와 같음)로의 명령을 조절하여, 다음 버스트(이러한 버스트간 시간 간격 T에 후속함) 내의 펄스가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기(105) 이산 상태들 중 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 하나의 이산 상태에 있게 할 수 있다(2125).
- [0153] 이러한 실시예들은 다음 절들을 사용하여 더 기술될 수 있다.
- [0154] A1. 증폭된 광 빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하고, 펄스들을 리소그래피 노광 장치에 지향시키는 단계;
- [0155] 펄스 버스트를 생성하는 동안에, 상기 버스트 내의 펄스가 생성될 때마다, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있고, 증폭된 광 빔 펄스가 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 가지고 록, 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계 - 각각의 이산 상태는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값 중에서 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -;
- [0156] 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하는 단계; 및
- [0157] 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 단계를 포함하는, 방법.
- [0158] A2. 절 A1에 있어서,
- [0159] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하는 단계는,
- [0160] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 구동하는 것을 포함하는, 방법.
- [0161] A3. 절 A2에 있어서,
- [0162] 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태에 있도록 하는 단계는,
- [0163] 버스트간 시간 간격이 상기 펄스 반복률에 대한 펄스들 사이의 시간 간격의 정수배가 되도록, 상기 버스트간 시간 간격을 조절하는 것을 포함하는, 방법.
- [0164] A4. 절 A3에 있어서,
- [0165] 버스트간 시간 간격은 버스트 내의 마지막 펄스와 다음 버스트 내의 제 1 펄스 사이의 시간 간격인, 방법.
- [0166] A5. 절 A2에 있어서,
- [0167] 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태에 있도록 하는 단계는,
- [0168] 상기 리소그래피 노광 장치가 상기 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 대한 표시를 상기 리소그래피 노광 장

치료부터 수신하는 것; 및

- [0169] 수신된 표시가, 상기 다음 버스트 내의 제 1 펄스의 생성과 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태에 있는 시간 사이에 시간상 불일치를 표시한다면, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터를 상기 수신된 표시에 기반하여 변경하는 것을 포함하는, 방법.
- [0170] A6. 절 A5에 있어서,
- [0171] 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것과 연관된 하나 이상의 파라미터를 변경하는 것은,
- [0172] 스펙트럼 특성 조절기와 연관된 구동 신호의 주파수 및 위상 중 하나 이상을 변경하는 것을 포함하는, 방법.
- [0173] A7. 절 A6에 있어서,
- [0174] 상기 방법은,
- [0175] 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수가 불일치에 기인하여 변경되었으면, 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수를 펄스 반복률에 상관되도록 다음 버스트의 시작 시에 변경하는 단계를 더 포함하는, 방법.
- [0176] A8. 절 A1에 있어서,
- [0177] 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성은 상기 증폭된 광 빔의 파장인, 방법.
- [0178] A9. 절 A8에 있어서,
- [0179] 상기 증폭된 광 빔의 파장은 심자외선 범위 내에 있는, 방법.
- [0180] A10. 절 A8에 있어서,
- [0181] 스펙트럼 특성 조절기를 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계는,
- [0182] 상기 증폭된 광 빔의 파장이 상기 증폭된 광 빔의 각각의 펄스에 대하여, 두 개의 별개의 파장을 사이에서 변하도록, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것을 포함하는, 방법.
- [0183] A11. 절 A8에 있어서,
- [0184] 스펙트럼 특성 조절기를 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계는,
- [0185] 상기 증폭된 광 빔의 파장이 상기 증폭된 광 빔의 두 개의 펄스마다 하나에 대하여, 두 개의 별개의 파장을 사이에서 변하도록, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것을 포함하는, 방법.
- [0186] A12. 절 A1에 있어서,
- [0187] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계는,
- [0188] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 정현 구동 신호에 따라 구동하는 것을 포함하는, 방법.
- [0189] A13. 절 A1에 있어서,
- [0190] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것은, 프리커서 광 빔과 상호작용하는 광학기를 이산 위치들 사이에서 이동시키는 것을 포함하고,
- [0191] 광학기의 각각의 이산 위치는 하나의 이산 상태에 대응하고, 증폭된 광 빔은 프리커서 광 빔으로부터 형성되는, 방법.
- [0192] A14. 절 A13에 있어서,
- [0193] 상기 광 빔과 상호작용하는 광학기를 이동시키는 것은,
- [0194] 프리커서 광 빔이 통과하는 프리즘을 회전시키는 것을 포함하는, 방법.
- [0195] A15. 절 A1에 있어서,
- [0196] 상기 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수는 상기 펄스 반복률의 절반인, 방법.

- [0197] A16. 절 A1에 있어서,
- [0198] 상기 스펙트럼 특성 조절기가 구동되는 주파수는 상기 펄스 반복률의 사분의 일인, 방법.
- [0199] A17. 절 A1에 있어서,
- [0200] 상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때에 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태에 있도록 하는 단계는,
- [0201] 상기 다음 버스트 내의 제 1 펄스가 생성될 때 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나에 있도록 하는 것을 포함하는, 방법.
- [0202] A18. 절 A1에 있어서,
- [0203] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하는 단계는,
- [0204] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 하나 이상의 고정된 파라미터에 따라 구동하고 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하는 것을 포함하고,
- [0205] 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 하나의 이산 상태에 있도록 하는 단계는,
- [0206] 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하는 것에 비해 상기 펄스들의 다음 버스트의 생성을 0보다 긴 기간 동안 지연시키는 것을 포함하는, 방법.
- [0207] A19. 절 A18에 있어서,
- [0208] 펄스들의 다음 버스트의 생성을 시간 간격 동안에 지연시키는 것은,
- [0209] 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기가 증폭된 광빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태 중 하나로 구동될 수 있을 때까지 펄스들의 다음 버스트를 지연시키는 것을 포함하는, 방법.
- [0210] A20. 절 A1에 있어서,
- [0211] 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스들의 버스트가 생성되지 않는 동안에 구동되는 방식에 관련되는, 상기 리소그래피 노광 장치로부터 정보는, 상기 버스트의 종료 이전에 수신되는, 방법.
- [0212] A21. 절 A1에 있어서,
- [0213] 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스들의 버스트가 생성되지 않는 동안에 구동되는 방식에 관련되는, 상기 리소그래피 노광 장치로부터 정보는, 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 수신되는, 방법.
- [0214] A22. 절 A1에 있어서,
- [0215] 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태에 있도록 하는 단계는,
- [0216] 상기 리소그래피 노광 장치에 신호를 전송하는 것을 포함하고,
- [0217] 상기 신호는, 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함하는, 방법.
- [0218] A23. 리소그래피 노광 장치와 통신하고, 상기 리소그래피 노광 장치로부터 정보를 수신하도록 구성되는 인터페이스;
- [0219] 스펙트럼 특성 조절기; 및
- [0220] 상기 인터페이스 및 상기 스펙트럼 특성 조절기와 통신하는 광학 장치를 포함하고, 상기 광학 장치는,
- [0221] 기판을 패터닝하기 위하여 상기 리소그래피 노광 장치에 의해 사용되도록 증폭된 광빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하고;
- [0222] 펄스 버스트를 생성하는 동안에, 상기 버스트 내의 펄스가 생성될 때마다, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 이산

상태들 중 하나의 이산 상태에 있고, 증폭된 광 빔 펄스가 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 가지고 록, 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하며 - 각각의 이산 상태는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값 중에서 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -;

- [0223] 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 상기 인터페이스에 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하고;
- [0224] 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성되는, 장치.
- [0225] A24. 절 A23에 있어서,
- [0226] 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성은 상기 증폭된 광 빔의 파장인, 장치.
- [0227] A25. 절 A23에 있어서,
- [0228] 상기 스펙트럼 특성 조절기는, 상기 광학 장치와 통신하고 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하도록 구성되는 구동 액츄에이터를 포함하는, 장치.
- [0229] A26. 절 A25에 있어서,
- [0230] 상기 광학 장치는 상기 인터페이스 및 상기 구동 액츄에이터와 통신하는 제어 장치를 포함하고, 상기 제어 장치는,
- [0231] 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 펄스 반복률을 포함하는 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 요청에 관련된 표시를 상기 인터페이스로부터 수신하고,
- [0232] 구동 신호를 상기 구동 액츄에이터에 전송하도록 구성되며,
- [0233] 상기 구동 신호는 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 기반하는, 장치.
- [0234] A27. 절 A26에 있어서,
- [0235] 상기 구동 액츄에이터에 전송된 구동 신호는 정현 구동 신호인, 장치.
- [0236] A28. 절 A23에 있어서,
- [0237] 상기 스펙트럼 특성 조절기는, 프리커서 광 빔과 광학적으로 상호작용하는 광학 디바이스를 포함하고,
- [0238] 상기 광학 디바이스의 각각의 이산 상태는 상기 스펙트럼 특성 조절기의 이산 상태에 대응하는, 장치.
- [0239] A29. 절 A28에 있어서,
- [0240] 상기 광학 디바이스의 이산 상태는, 상기 광학 디바이스가 상기 프리커서 광 빔과 상호작용하는 이산 위치인, 장치.
- [0241] A30. 절 A29에 있어서,
- [0242] 상기 광학 디바이스는 상기 프리커서 광 빔이 통과하는 프리즘을 포함하는, 장치.
- [0243] A31. 절 A28에 있어서,
- [0244] 상기 광학 디바이스는 상기 구동 액츄에이터에 물리적으로 커플링되는, 장치.
- [0245] A32. 절 A23에 있어서,
- [0246] 상기 광학 장치는,
- [0247] 제 1 펄스형 광 빔을 생성하도록 구성되는 제 1 가스 방전 스테이지; 및
- [0248] 상기 제 1 펄스형 광 빔을 수광하고 상기 제 1 펄스형 광 빔을 증폭하여 상기 광학 장치로부터 증폭된 광 빔을 생성하도록 구성되는 제 2 가스 방전 스테이지를 포함하는, 장치.
- [0249] A33. 절 A32에 있어서,
- [0250] 상기 제 1 가스 방전 스테이지는, 에너지 소스를 수용하고 제 1 이득 매질을 포함하는 가스 혼합물을 포함하는

제 1 가스 방전 챔버를 포함하고,

[0251] 상기 제 2 가스 방전 스테이지는, 에너지 소스를 수용하고 제 2 이득 매질을 포함하는 가스 혼합물을 포함하는 제 2 가스 방전 챔버를 포함하는, 장치.

A34. 절 A23에 있어서,

[0253] 상기 광학 장치는,

[0254] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 구동함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하도록 구성되는, 장치.

A35. 절 A34에 있어서,

[0256] 상기 광학 장치는, 버스트간 시간 간격이 상기 펄스 반복률에 대한 펄스들 사이의 시간 간격의 정수배가 되도록, 상기 버스트간 시간 간격을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 하도록 구성되고, 버스트간 시간 간격은 마지막 펄스 및 다음 버스트 내의 펄스 사이의 시간 간격인, 장치.

A36. 절 A34에 있어서,

[0258] 상기 광학 장치는, 상기 리소그래피 노광 장치가 상기 다음 버스트의 생성을 요청할 시각에 관련된 표시를 인터페이스로부터 수신하는 것; 및 수신된 표시가, 상기 다음 버스트 내의 제 1 펄스의 생성과 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태에 있는 시간 사이에 시간상 불일치를 표시한다면, 상기 스펙트럼 특성 조절기로 전송된 구동 신호와 연관된 하나 이상의 파라미터를 상기 수신된 표시에 기반하여 변경함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 하도록 구성되는, 장치.

A37. 절 A36에 있어서,

[0260] 변경되는 하나 이상의 파라미터는, 상기 스펙트럼 특성 조절기의 구동 액츄에이터로 공급되는 상기 구동 신호의 주파수 및/또는 위상 중 하나 이상을 포함하는, 장치.

A38. 절 A37에 있어서,

[0262] 상기 광학 장치는,

[0263] 주파수가 불일치에 기인하여 변경되었으면, 상기 구동 신호의 주파수를 상기 펄스 반복률에 상관되도록 다음 버스트의 시작 시에 변경하도록 구성되는, 장치.

A39. 절 A23에 있어서,

[0265] 상기 광학 장치는 상기 스펙트럼 특성 조절기를 하나 이상의 고정된 파라미터에 따라 구동하고 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 상기 인터페이스에서 수신된 정보에 관련된 방식으로 구동하도록 구성되고,

[0266] 상기 광학 장치는 상기 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 상기 인터페이스에서 수신하는 것에 비해 상기 펄스들의 다음 버스트의 생성을 0보다 긴 기간 동안 상대적으로 지연시킴으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가 하나의 이산 상태에 있게 하도록 구성되는, 장치.

A40. 절 A39에 있어서,

[0268] 상기 광학 장치는, 스펙트럼 특성 조절기가 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태 중 하나로 구동될 수 있을 때까지 펄스들의 다음 버스트의 생성을 지연시킴으로써, 펄스들의 다음 버스트의 생성을 지연시키도록 구성되는, 장치.

A41. 절 A23에 있어서,

[0270] 상기 광학 장치는 상기 증폭된 광 빔을 출력하도록 구성되는 적어도 하나의 증폭 스테이지를 포함하는 광학 소스를 포함하는, 장치.

- [0271] A42. 절 A41 항에 있어서,
- [0272] 상기 스펙트럼 특성 조절기는 스펙트럼 특성 선택 장치의 일부이고,
- [0273] 상기 스펙트럼 특성 선택 장치는,
- [0274] 상기 광학 소스로부터 프리커서 광 빔을 수광하며,
- [0275] 상기 프리커서 광 빔과 상호작용하도록 배치되는 분산형 광학 요소, 및
- [0276] 상기 분산형 광학 요소와 상기 광학 소스 사이에서 상기 프리커서 광 빔의 경로에 배치되는 복수 개의 프리즘을 포함하는, 장치.
- [0277] A43. 절 A42에 있어서,
- [0278] 상기 스펙트럼 특성 조절기는 복수 개의 프리즘의 프리즘 중 하나이고,
- [0279] 상기 스펙트럼 특성 조절기의 이산 상태들의 세트는 프리커서 광 빔이 프리즘과 상호작용하는 프리즘의 이산 위치들의 세트인, 장치.
- [0280] A44. 절 A43에 있어서,
- [0281] 상기 프리즘은 프리즘 축 중심으로 이산 각도들의 세트로 회전됨으로써, 이산 위치들의 세트 사이에서 구동되는, 장치.
- [0282] B1. 증폭된 광 빔의 펠스들의 버스트를 펠스 반복률로 생성하도록 광학 소스에 명령하는 단계;
- [0283] 생성된 펠스들을 리소그래피 노광 장치에 지향시키는 단계;
- [0284] 펠스 버스트를 생성하는 동안에, 상기 펠스 반복률과 상관된 주파수로 스펙트럼 특성 조절기를 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계 - 각각의 이산 상태는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값 중에서 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -;
- [0285] 상기 펠스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펠스가 생성되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 파라미터들의 세트에 의해 규정되는 구동 신호에 따라 구동하는 단계; 및
- [0286] 상기 리소그래피 노광 장치로의 명령, 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호, 및/또는 상기 광학 소스로의 명령 중 하나 이상을 조절함으로써 다음 버스트 내의 펠스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 단계를 포함하는, 방법.
- [0287] B2. 절 B1에 있어서,
- [0288] 다음 버스트 내의 펠스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 단계는,
- [0289] 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호를 조절하는 것을 포함하는, 방법.
- [0290] B3. 절 B2에 있어서,
- [0291] 상기 방법은,
- [0292] 상기 리소그래피 노광 장치가 다음 버스트의 생성을 요청할 시간에 대한 표시를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하는 단계를 더 포함하고,
- [0293] 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호를 조절하는 것은,
- [0294] 상기 스펙트럼 특성 조절기에 전송되는 구동 신호의 파라미터 중 하나 이상을, 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 수신된 표시에 기반하여 변경하는 것을 포함하는, 방법.
- [0295] B4. 절 B3에 있어서,
- [0296] 스펙트럼 특성 조절기에 전송된 구동 신호의 하나 이상의 파라미터를 변경하는 단계는,
- [0297] 상기 스펙트럼 특성 조절기에 전송된 구동 신호의 주파수 및 위상 중 하나 이상을 변경하는 것을 포함하는, 방

법.

[0298] B5. 절 B3에 있어서,

[0299] 다음 버스트의 생성을 위한 리소그래피 노광 장치로부터의 수신된 요청은, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있게 하도록 하나 이상의 파라미터의 변경을 허용하기 위하여, 리소그래피 노광 장치로부터 수신된 표시로부터 충분한 시간만큼 지연되는, 방법.

[0300] B6. 절 B5에 있어서,

[0301] 상기 지연은 약 25-35 밀리초(ms)인, 방법.

[0302] B7. 절 B1에 있어서,

[0303] 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 단계는,

[0304] 상기 광학 소스로의 명령을 조절하는 것을 포함하는, 방법.

[0305] B8. 절 B7에 있어서,

[0306] 상기 광학 소스로의 명령을 조절하는 것은,

[0307] 상기 광학 소스로의 명령을, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있도록, 펄스들의 다음 버스트의 생성을 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 리소그래피 노광 장치로부터의 요청의 수신에 의해 0보다 긴 기간 동안 지연시키는 것을 포함하는, 방법.

[0308] B9. 절 B8에 있어서,

[0309] 펄스들의 다음 버스트의 생성을 시간 간격 동안에 지연시키는 것은,

[0310] 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기가 증폭된 광빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태 중 하나로 구동될 수 있을 때까지 펄스들의 다음 버스트를 지연시키는 것을 포함하는, 방법.

[0311] B10. 절 B7에 있어서,

[0312] 상기 스펙트럼 특성 조절기는 파라미터들의 세트에 의해 규정된 구동 신호를 따라 계속 구동되는, 방법.

[0313] B11. 절 B1에 있어서,

[0314] 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있도록 하는 단계는,

[0315] 상기 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절하는 것을 포함하는, 방법.

[0316] B12. 절 B11에 있어서,

[0317] 상기 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절하는 것은,

[0318] 신호를 리소그래피 노광 장치에 전송함으로써 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절할 수 있는데, 이러한 신호는 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되고 있는지에 관련된 정보를 포함하는, 방법.

[0319] B13. 절 B11에 있어서,

[0320] 상기 방법은,

[0321] 상기 다음 버스트의 생성에 대한 트리거 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하는 단계를 더 포함하고,

[0322] 상기 트리거 요청은, 상기 리소그래피 노광 장치로의 조절된 명령에 기반하여, 상기 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성되는 시간이 상기 스펙트럼 특성 조절기가 하나 이상의 이산 상태들 중 하나에 도달하는 순간과 동기화되도록 하는 것인, 방법.

[0323] B14. 절 B13에 있어서,

- [0324] 상기 트리거 요청은 조절됨으로써, 광학 소스로의 명령 내의 전기 펄스를 지연시키는, 방법.
- [0325] B15. 절 B1에 있어서,
- [0326] 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성은 상기 증폭된 광 빔의 파장인, 방법.
- [0327] B16. 절 B1에 있어서,
- [0328] 상기 버스트 내의 펄스가 생성될 때마다, 상기 스펙트럼 특성 조절기는 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있고, 상기 증폭된 광 빔 펄스는 해당 이산 상태에 대응하는 스펙트럼 특성을 가지는, 방법.
- [0329] B17. 절 B1에 있어서,
- [0330] 스펙트럼 특성 조절기를 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계는,
- [0331] 상기 증폭된 광 빔의 파장이 상기 증폭된 광 빔의 각각의 펄스에 대하여, 두 개의 별개의 파장들 사이에서 변하도록, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것을 포함하는, 방법.
- [0332] B18. 절 B1에 있어서,
- [0333] 스펙트럼 특성 조절기를 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계는,
- [0334] 상기 증폭된 광 빔의 파장이 상기 증폭된 광 빔의 두 개의 펄스마다 하나에 대하여, 두 개의 별개의 파장들 사이에서 변하도록, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것을 포함하는, 방법.
- [0335] B19. 절 B1에 있어서,
- [0336] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하는 단계는,
- [0337] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 정현 구동 신호에 따라 구동하는 것을 포함하는, 방법.
- [0338] B20. 절 B1에 있어서,
- [0339] 상기 스펙트럼 특성 조절기를 구동하는 것은, 프리커서 광 빔과 상호작용하는 광학기를 이산 위치들 사이에서 이동시키는 것을 포함하고,
- [0340] 광학기의 각각의 이산 위치는 하나의 이산 상태에 대응하고, 증폭된 광 빔은 프리커서 광 빔으로부터 형성되는, 방법.
- [0341] B21. 절 B1에 있어서,
- [0342] 상기 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때에 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태에 있도록 하는 단계는,
- [0343] 상기 다음 버스트 내의 제 1 펄스가 생성될 때 상기 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나에 있도록 하는 것을 포함하는, 방법.
- [0344] B22. 리소그래피 노광 장치와 통신하도록 구성되는 인터페이스;
- [0345] 스펙트럼 특성 조절기;
- [0346] 광학 소스; 및
- [0347] 상기 인터페이스, 상기 스펙트럼 특성 조절기, 및 상기 광학 소스와 통신하는 제어 장치를 포함하고, 상기 제어 장치는,
- [0348] 기판을 패터닝하기 위하여 상기 리소그래피 노광 장치에 의해 사용되도록 증폭된 광 빔의 펄스들의 버스트를 펄스 반복률로 생성하도록 상기 광학 소스에 명령하고;
- [0349] 상기 펄스들의 버스트 동안에, 상기 펄스 반복률과 상관된 주파수로 스펙트럼 특성 조절기를 이산 상태들의 세트 중에서 구동하며 - 각각의 이산 상태는 스펙트럼 특성의 복수 개의 미리 설정된 이산 값 중에서 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응함 -;
- [0350] 상기 펄스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펄스가 생성되지 않는 동안에, 상기 스펙트럼 특성 조절기를 파

라미터들의 세트에 의해 규정되는 구동 신호에 따라 구동하고;

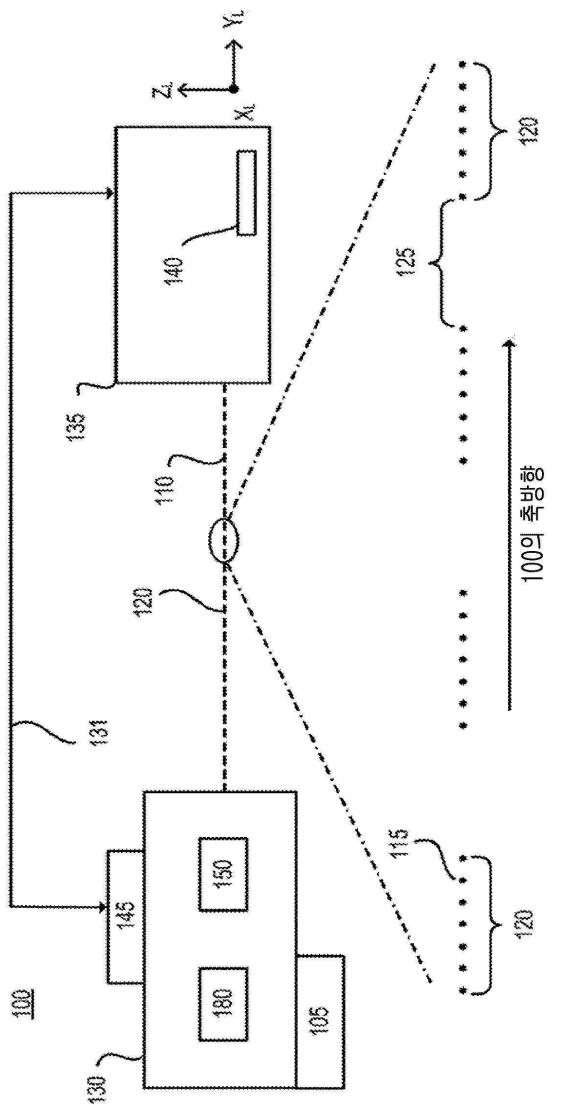
- [0351] 상기 리소그래피 노광 장치로의 명령, 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호, 및/또는 상기 광학 소스로의 명령 중 하나 이상을 조절함으로써 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성되는, 장치.
- [0352] B23. 절 B22에 있어서,
- [0353] 상기 제어 장치는, 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호를 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성되는, 장치.
- [0354] B24. 있어서,
- [0355] 상기 제어 장치는,
- [0356] 상기 인터페이스를 통하여, 상기 리소그래피 노광 장치가 다음 버스트의 생성을 요청할 시간에 대한 표시를 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하도록 구성되고,
- [0357] 상기 제어 장치는, 상기 스펙트럼 특성 조절기에 전송되는 구동 신호의 파라미터 중 하나 이상을, 상기 리소그래피 노광 장치로부터의 수신된 표시에 기반하여 변경함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기로의 구동 신호를 조절하는, 장치.
- [0358] B25. 절 B24에 있어서,
- [0359] 상기 제어 장치는, 상기 스펙트럼 특성 조절기에 전송된 구동 신호의 주파수 및 위상 중 하나 이상을 변경함으로써, 상기 스펙트럼 특성 조절기에 전송된 구동 신호의 하나 이상의 파라미터를 변경하도록 구성되는, 장치.
- [0360] B26. 절 B22에 있어서,
- [0361] 상기 제어 장치는, 상기 광학 소스로의 명령을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성되는, 장치.
- [0362] B27. 절 B26에 있어서,
- [0363] 상기 제어 장치는,
- [0364] 상기 광학 소스로의 명령을, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때 스펙트럼 특성 조절기가 상기 이산 상태들 중 하나의 이산 상태에 있도록, 펄스들의 다음 버스트의 생성을 펄스들의 다음 버스트를 생성하기 위한 요청을 리소그래피 노광 장치로부터 수신하는 것에 비해 0보다 긴 기간 동안 지연시킴으로써, 상기 광학 소스로의 명령을 조절하는, 장치.
- [0365] B28. 절 B27에 있어서,
- [0366] 상기 제어 장치는,
- [0367] 펄스들의 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 스펙트럼 특성 조절기가 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태 중 하나로 구동될 수 있을 때까지 펄스들의 다음 버스트를 지연시킴으로써, 펄스들의 다음 버스트의 생성을 시간 간격 동안에 지연시키는, 장치.
- [0368] B29. 절 B27에 있어서,
- [0369] 상기 제어 장치는 파라미터들의 세트에 의해 규정된 구동 신호에 따라서 상기 스펙트럼 특성 조절기를 계속 구동하는, 장치.
- [0370] B30. 절 B22에 있어서,
- [0371] 상기 제어 장치는, 상기 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절함으로써, 다음 버스트 내의 펄스가 생성될 때, 상기 스펙트럼 특성 조절기가, 상기 이산 상태들 중에서, 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성의 이산 값에 대응하는 이산 상태에 있게 하도록 구성되는, 장치.

- [0372] B31. 절 B30에 있어서,  
 [0373] 상기 제어 장치는,  
 [0374] 신호를 리소그래피 노광 장치에 전송함으로써 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절함으로써, 상기 리소그래피 노광 장치로의 명령을 조절하고,  
 [0375] 이러한 신호는 상기 펠스들의 버스트들의 생성 사이에 그리고 펠스가 생성되지 않는 동안에 스펙트럼 특성 조절기가 어떻게 구동되는지에 관련된 정보를 포함하는, 장치.  
 [0376] B32. 절 B30에 있어서,  
 [0377] 상기 제어 장치는, 상기 다음 버스트의 생성에 대한 트리거 요청을 상기 리소그래피 노광 장치로부터 수신하도록 구성되고, 상기 트리거 요청은, 상기 리소그래피 노광 장치로의 조절된 명령에 기반하며, 상기 펠스들의 다음 버스트 내의 펠스가 생성되는 시간이 상기 스펙트럼 특성 조절기가 하나 이상의 이산 상태들 중 하나에 도달하는 순간과 동기화되도록 하는 것인, 장치.  
 [0378] B33. 절 B22에 있어서,  
 [0379] 상기 증폭된 광 빔의 스펙트럼 특성은 상기 증폭된 광 빔의 파장인, 장치.  
 [0380] B34. 절 B22에 있어서,  
 [0381] 상기 스펙트럼 특성 조절기는, 상기 제어 장치와 통신하고 상기 스펙트럼 특성 조절기를 상기 이산 상태들의 세트 중에서 구동하도록 구성되는 구동 액츄에이터를 포함하는, 장치.  
 [0382] B35. 절 B34에 있어서,  
 [0383] 상기 스펙트럼 특성 조절기는, 프리커서 광 빔과 광학적으로 상호작용하는 광학 디바이스를 포함하고,  
 [0384] 상기 광학 디바이스의 각각의 이산 상태는 상기 스펙트럼 특성 조절기의 이산 상태에 대응하는, 장치.  
 [0385] B36. 절 B35에 있어서,  
 [0386] 상기 광학 디바이스의 이산 상태는, 상기 광학 디바이스가 상기 프리커서 광 빔과 상호작용하는 이산 위치인, 장치.  
 [0387] B37. 절 B35에 있어서,  
 [0388] 상기 광학 디바이스는 상기 프리커서 광 빔이 통과하는 프리즘을 포함하는, 장치.  
 [0389] B38. 절 B35에 있어서,  
 [0390] 상기 광학 디바이스는 상기 구동 액츄에이터에 물리적으로 커플링되는, 장치.  
 [0391] B39. 절 B35에 있어서,  
 [0392] 상기 광학 소스는,  
 [0393] 제 1 펠스형 광 빔을 생성하도록 구성되는 제 1 가스 방전 스테이지; 및  
 [0394] 상기 제 1 펠스형 광 빔을 수광하고 상기 제 1 펠스형 광 빔을 증폭하여 상기 광학 소스로부터 증폭된 광 빔을 생성하도록 구성되는 제 2 가스 방전 스테이지를 포함하는, 장치.  
 [0395] B40. 절 B22에 있어서,  
 [0396] 상기 광학 소스는 상기 증폭된 광 빔을 출력하도록 구성되는 적어도 하나의 증폭 스테이지를 포함하는, 장치.  
 [0397] B41. 절 B22 항에 있어서,  
 [0398] 상기 스펙트럼 특성 조절기는 스펙트럼 특성 선택 장치의 일부이고,  
 [0399] 상기 스펙트럼 특성 선택 장치는,  
 [0400] 상기 광학 소스로부터 프리커서 광 빔을 수광하며,  
 [0401] 상기 프리커서 광 빔과 상호작용하도록 배치되는 분산형 광학 요소, 및

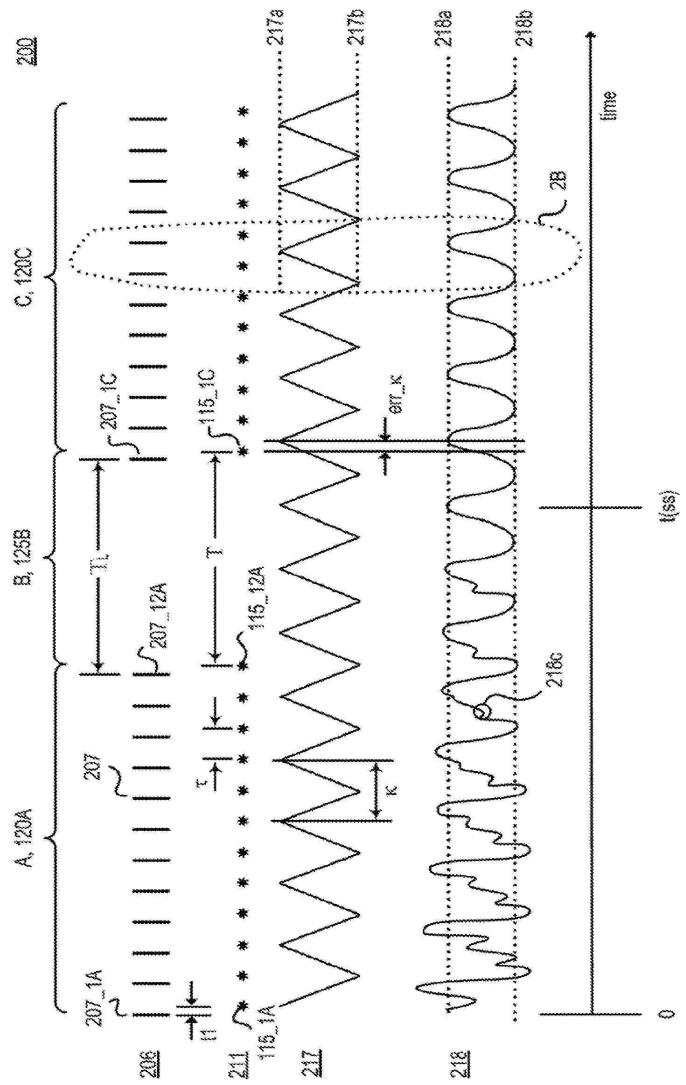
- [0402] 상기 분산형 광학 요소와 상기 광학 소스 사이에서 상기 프리커서 광 빔의 경로에 배치되는 복수 개의 프리즘을 포함하는, 장치.
- [0403] B42. 절 B41에 있어서,
- [0404] 상기 스펙트럼 특성 조절기는 복수 개의 프리즘의 프리즘 중 하나이고,
- [0405] 상기 스펙트럼 특성 조절기의 이산 상태들의 세트는 프리커서 광 빔이 프리즘과 상호작용하는 프리즘의 이산 위치들의 세트인, 장치.
- [0406] B43. 절 B42에 있어서,
- [0407] 상기 프리즘은 프리즘 축 중심으로 이산 각도들의 세트로 회전됨으로써, 이산 위치들의 세트 사이에서 구동되는, 장치.
- [0408] 다른 구현형태들은 다음의 청구항들의 범위 내에 있다.

## 도면

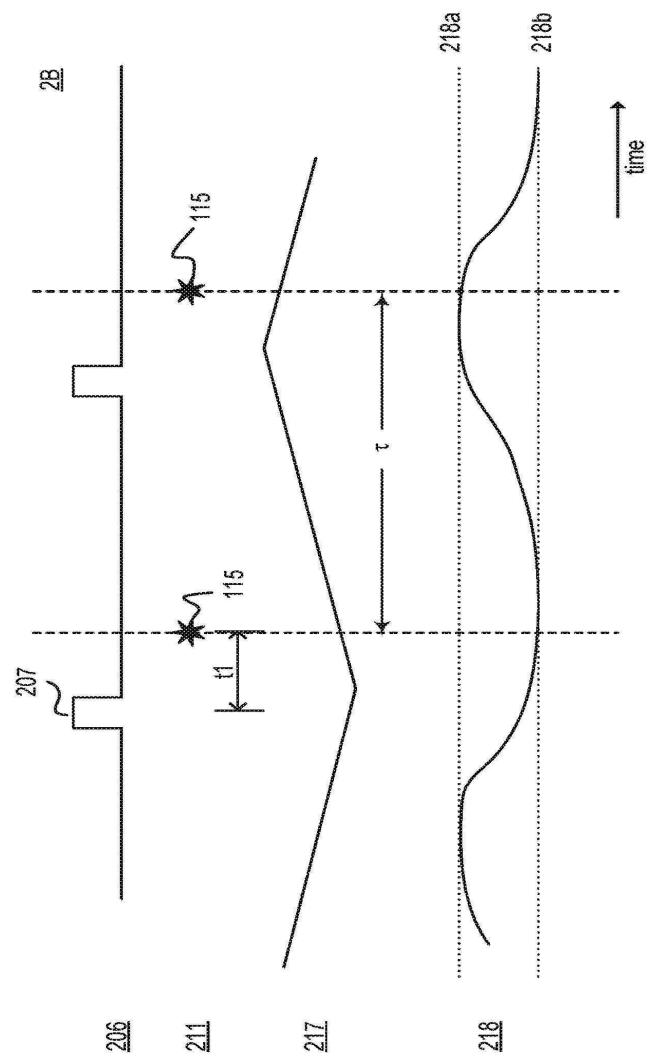
### 도면1



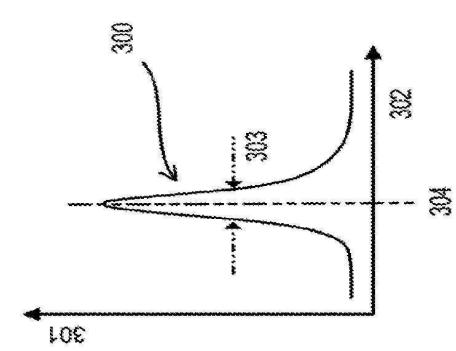
## 도면2a



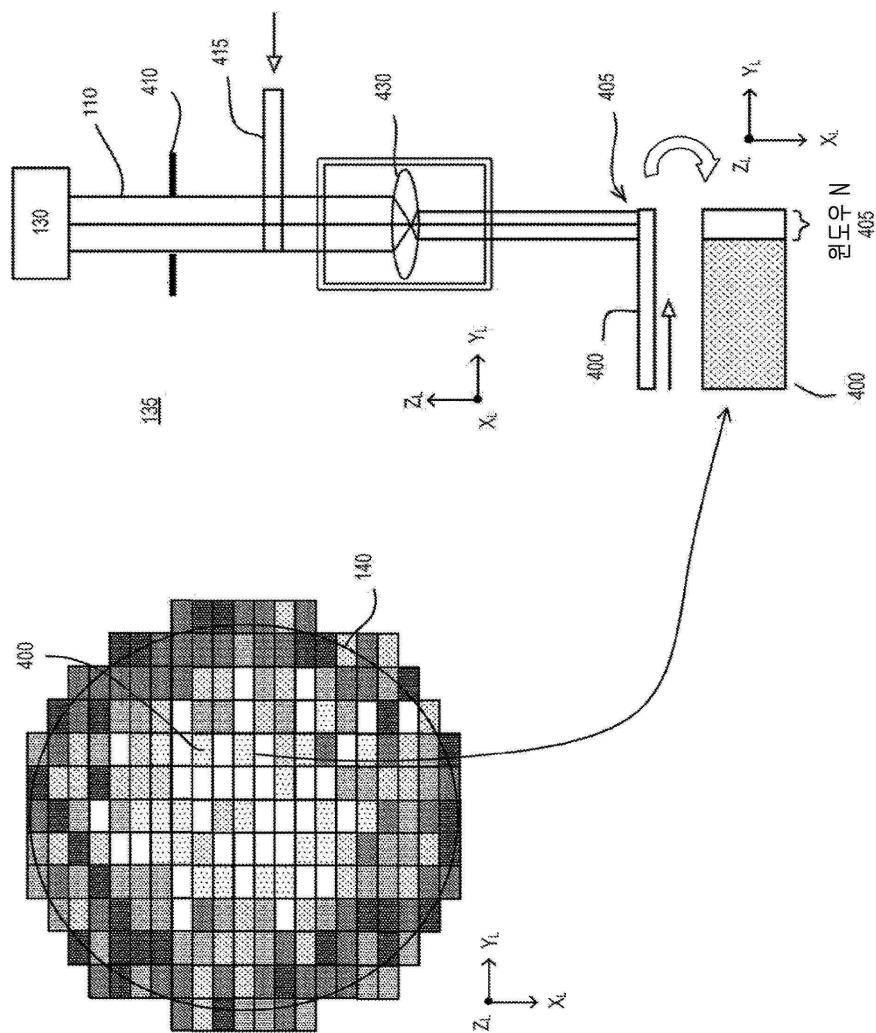
도면2b



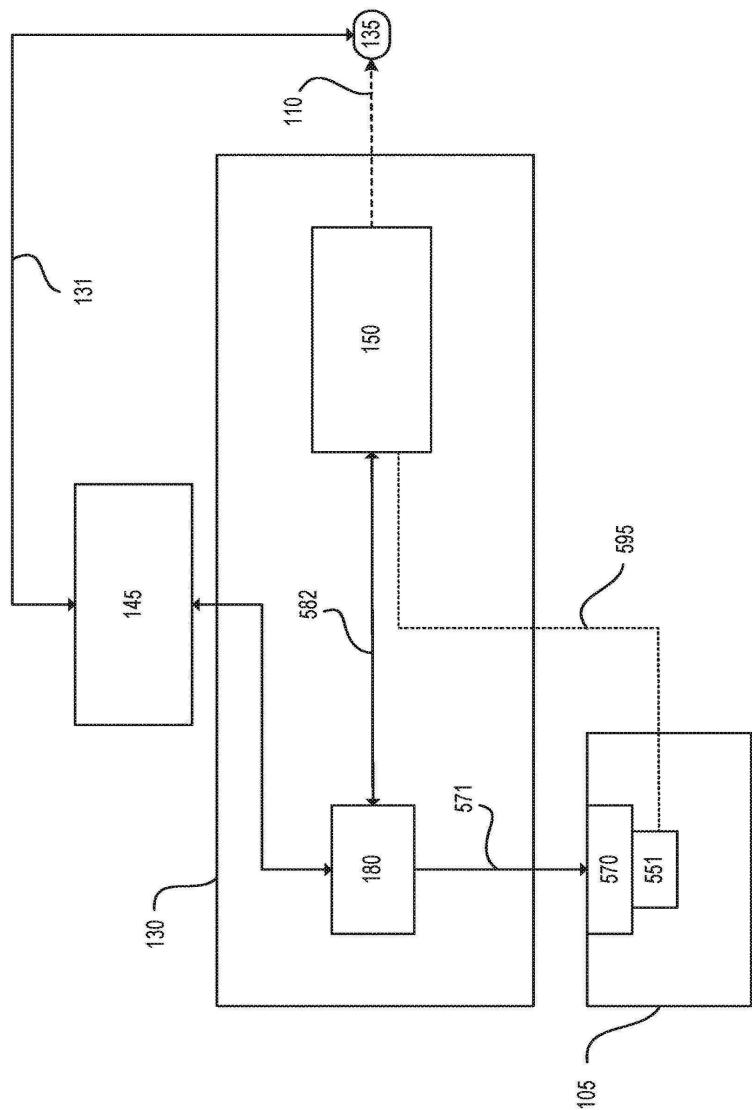
도면3



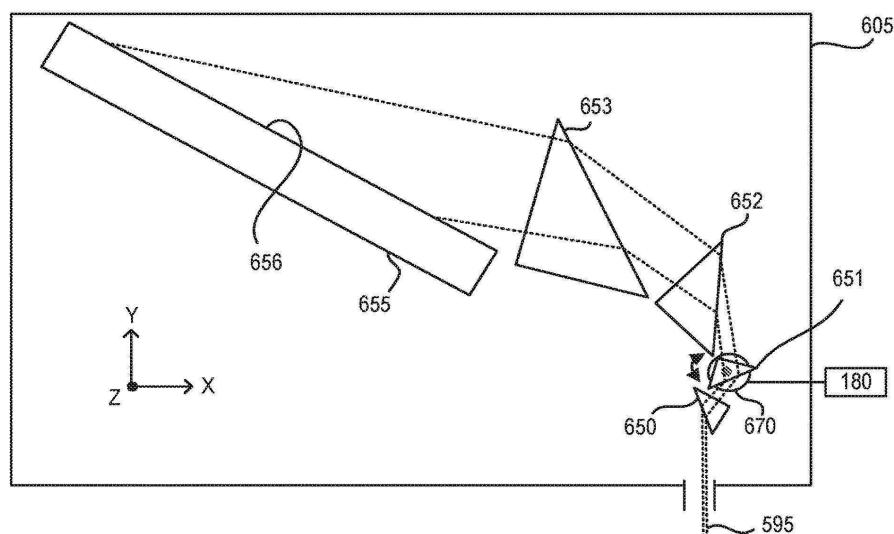
도면4



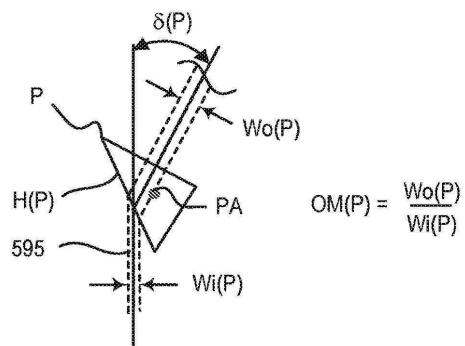
도면5



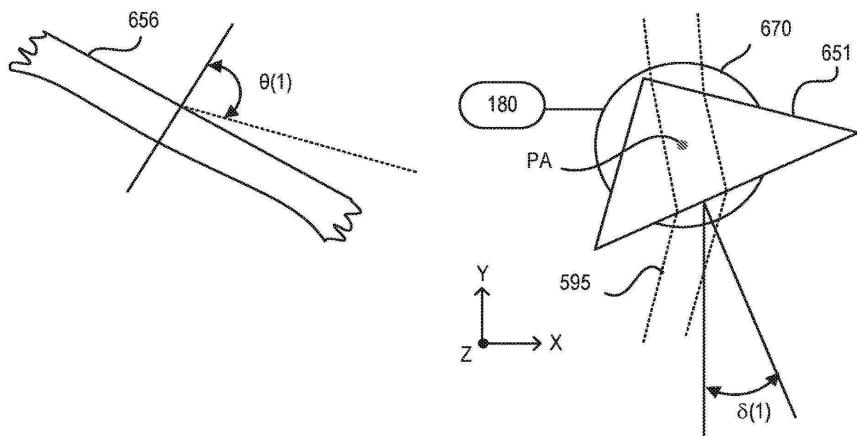
도면6a



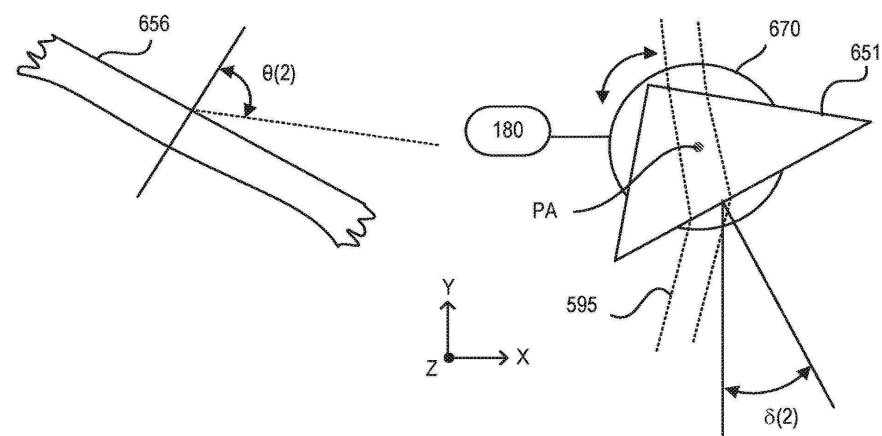
## 도면6b



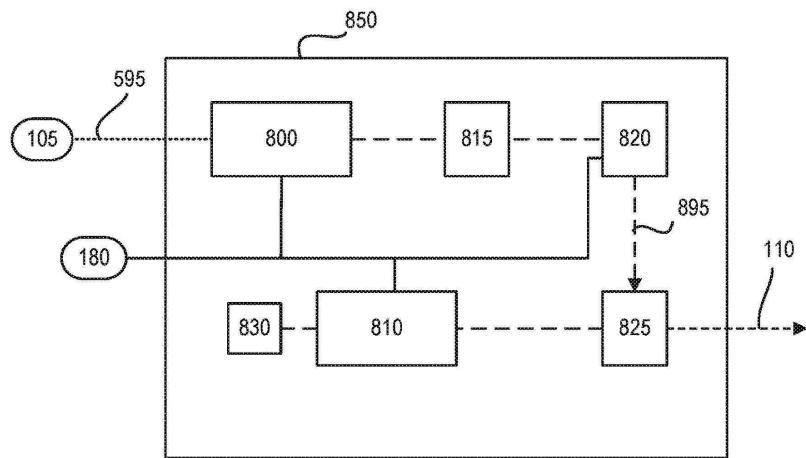
## 도면7a



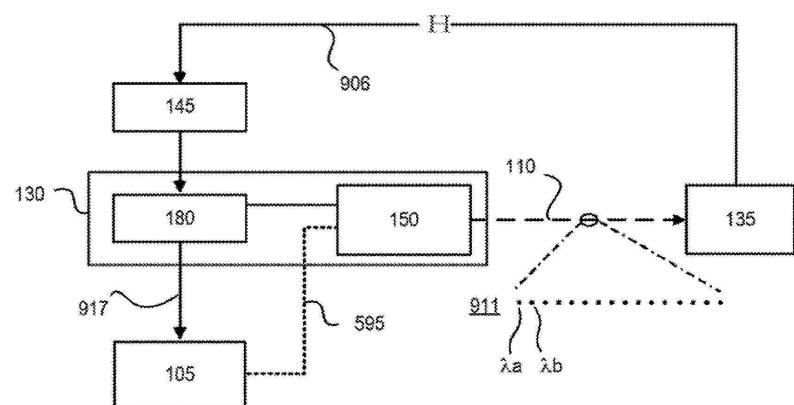
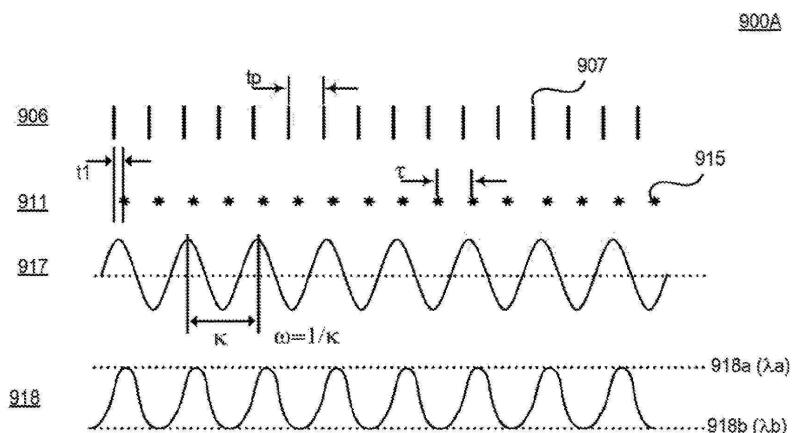
## 도면7b



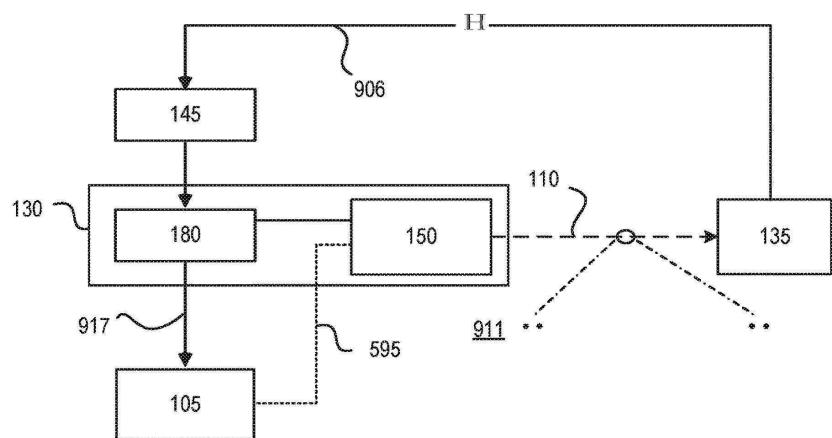
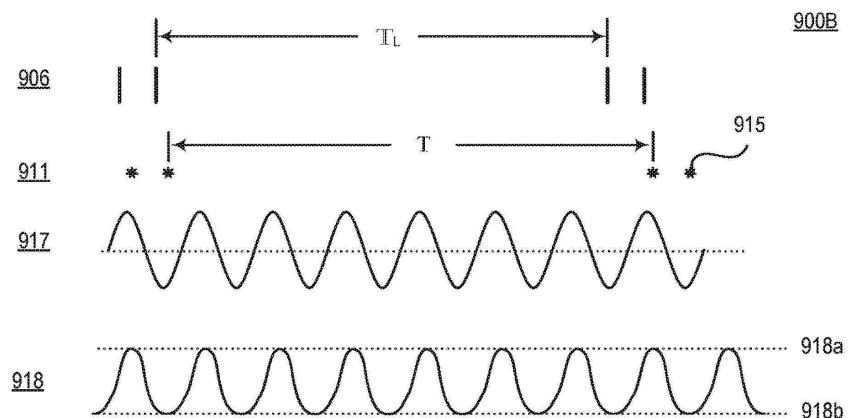
## 도면8



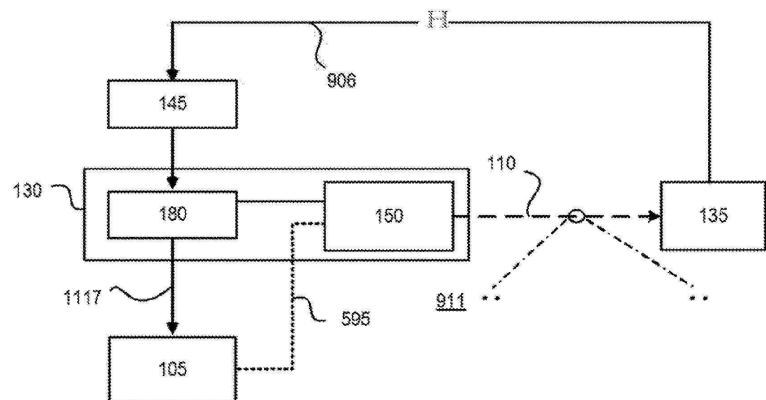
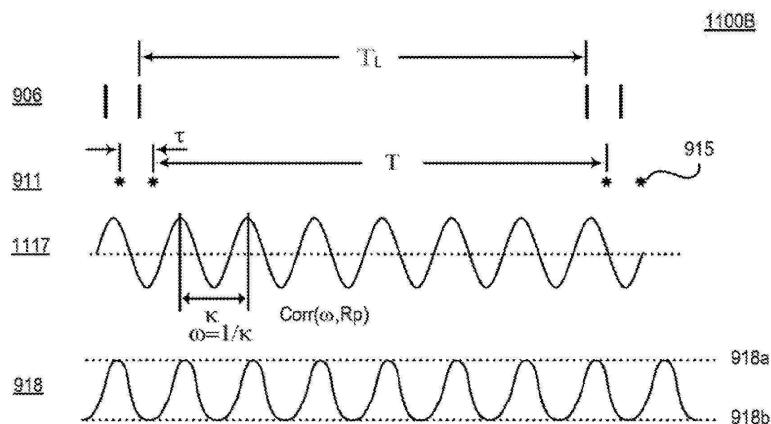
## 도면9



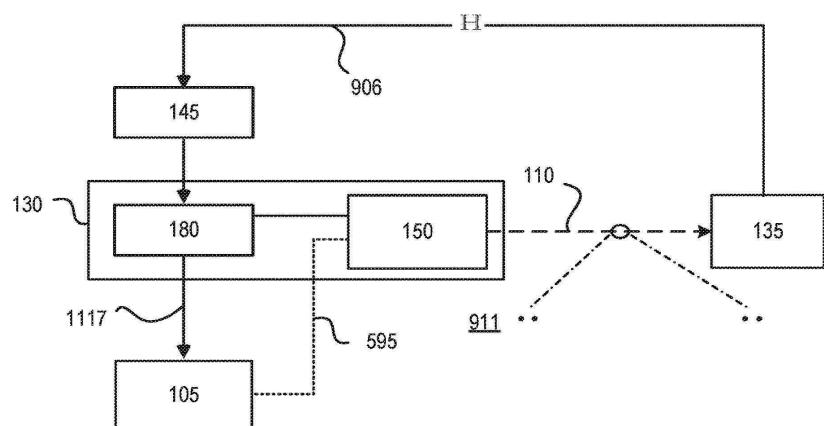
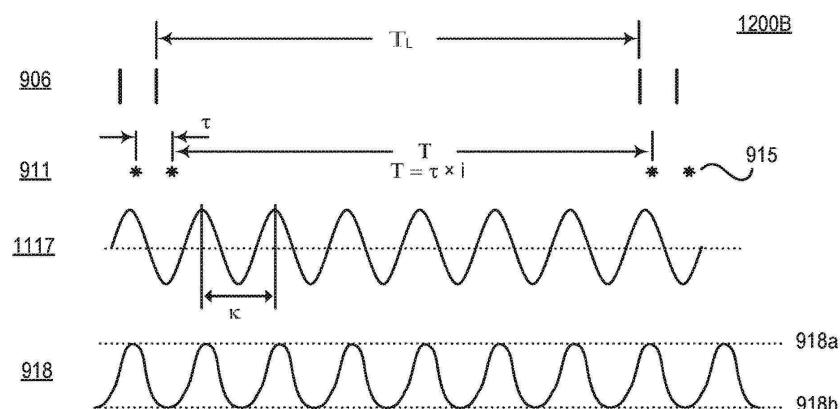
## 도면10



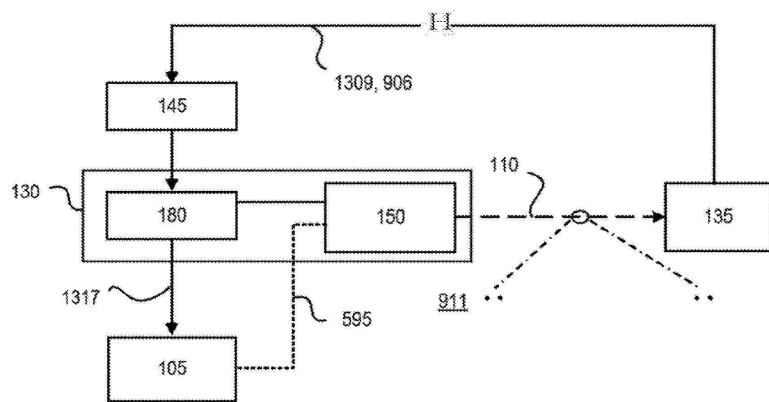
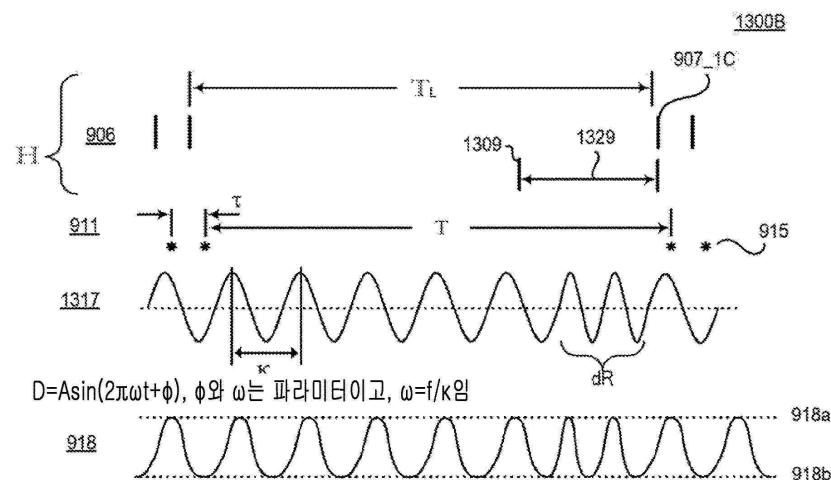
## 도면11



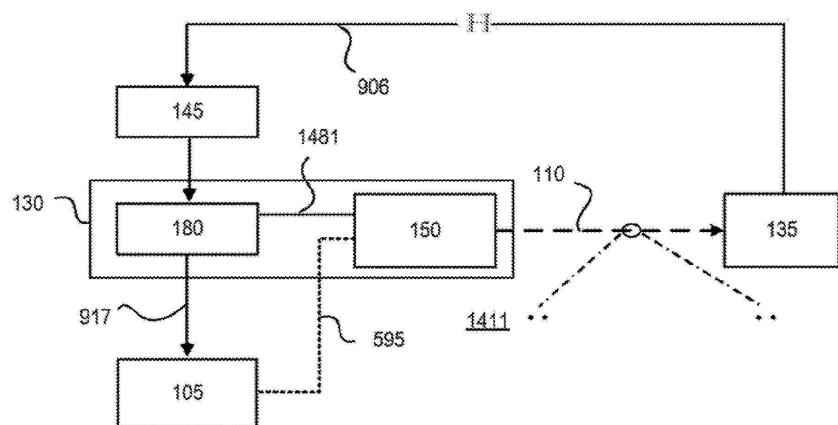
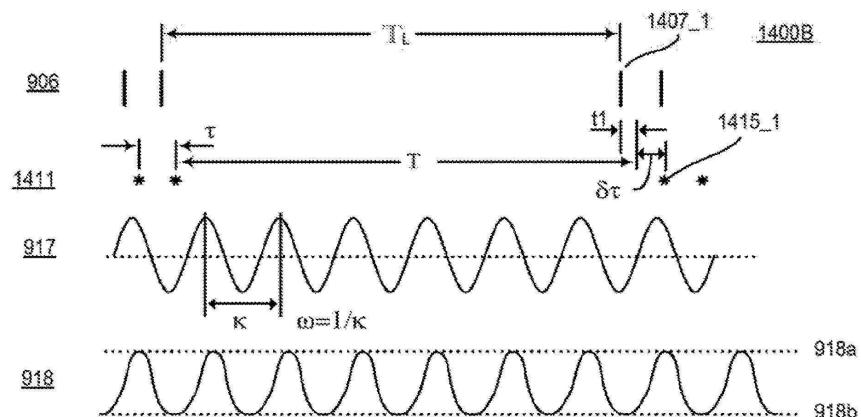
도면12



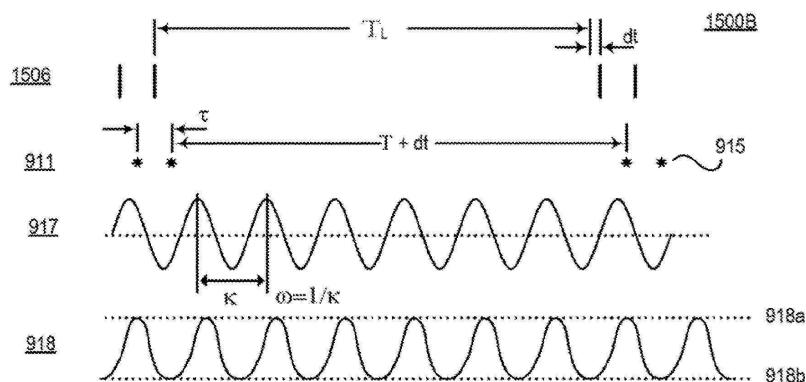
## 도면13



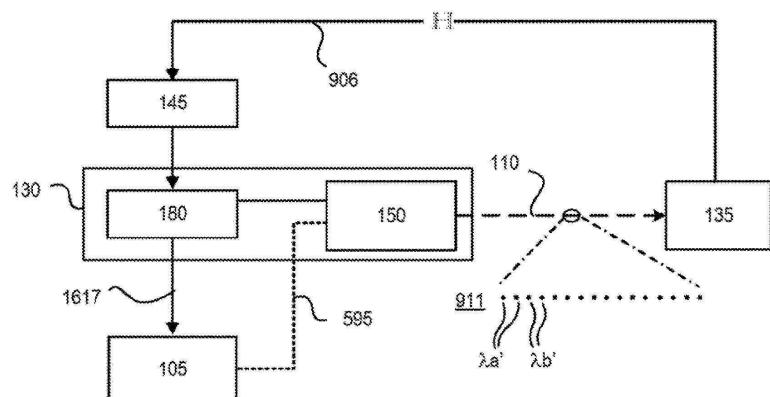
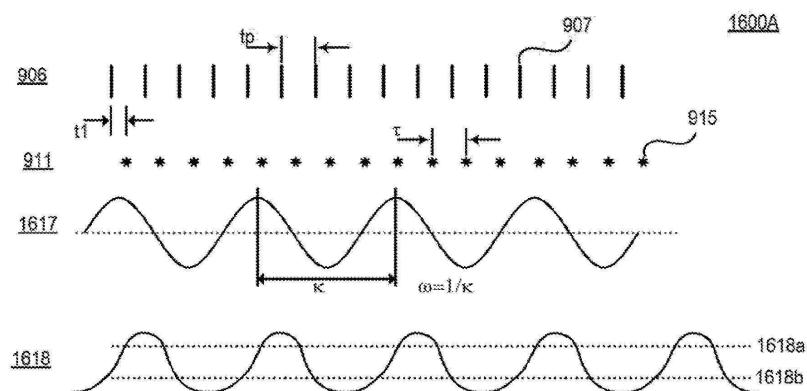
## 도면14



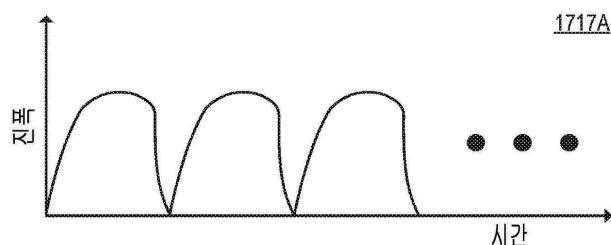
## 도면15



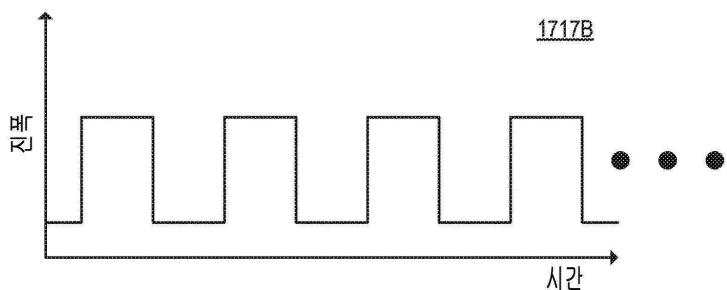
도면16



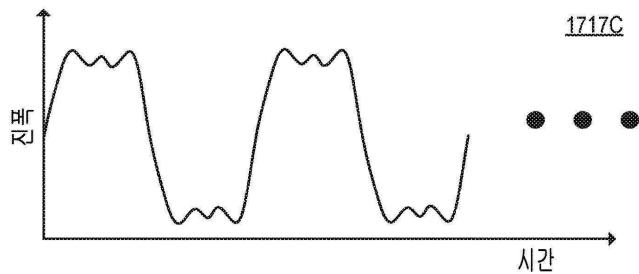
도면17a



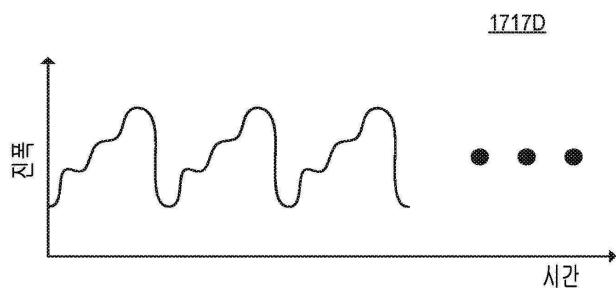
도면17b



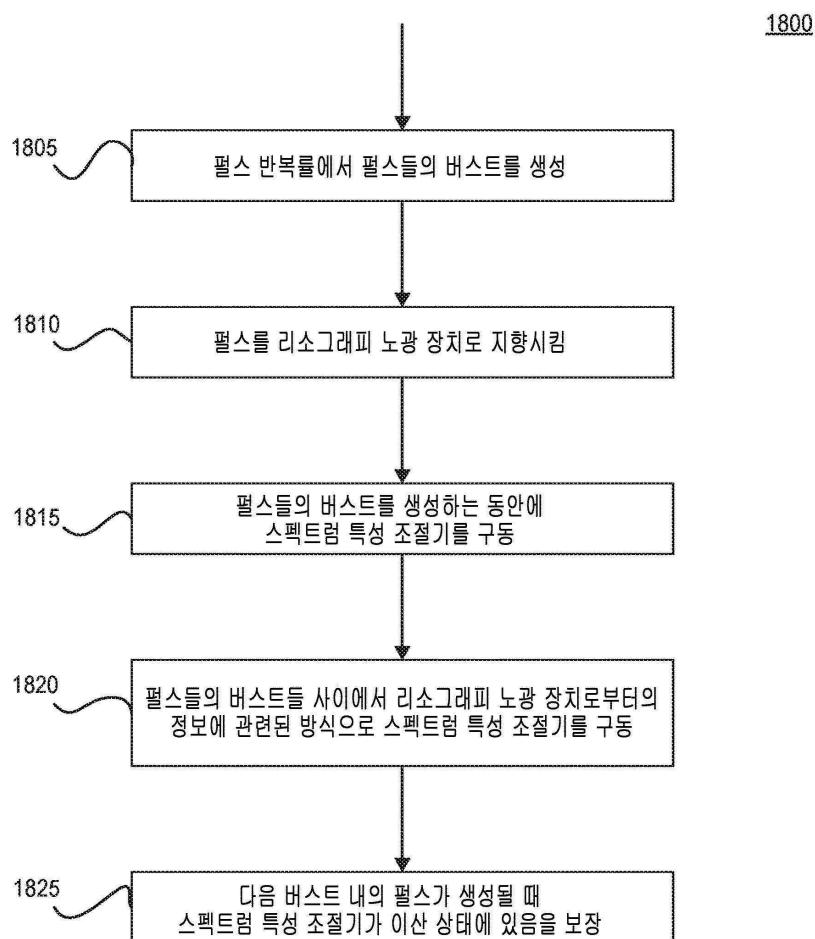
도면17c



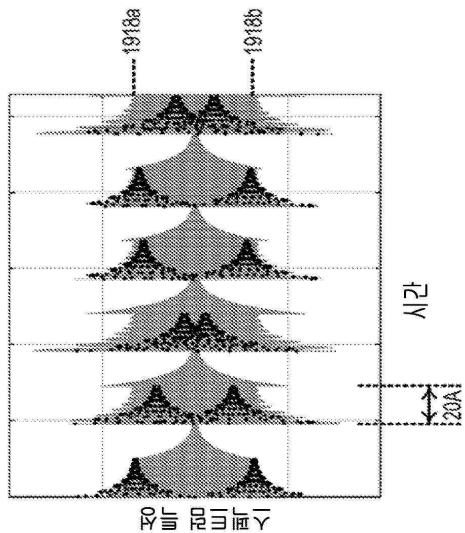
도면17d



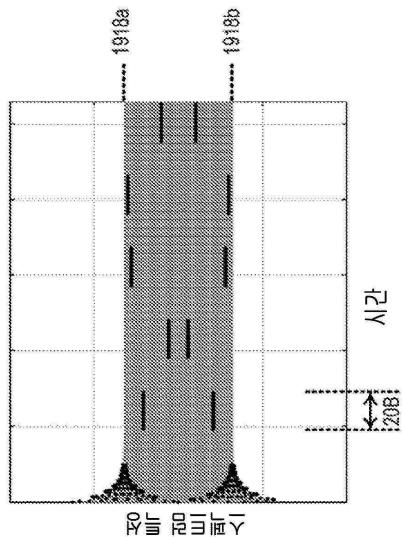
도면18



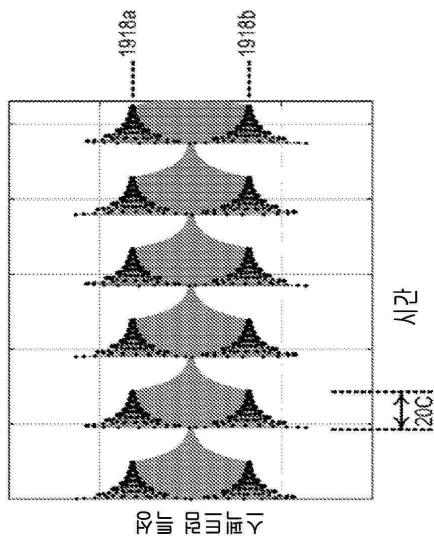
도면 19a



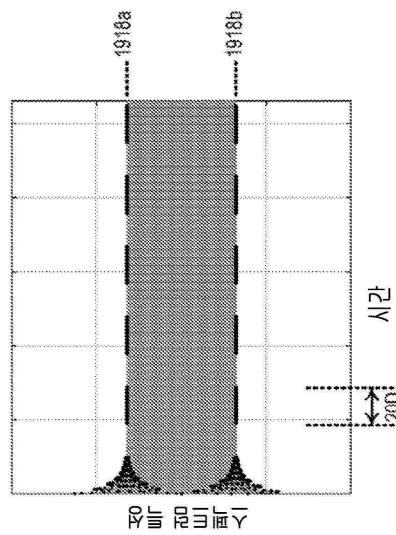
도면 19b



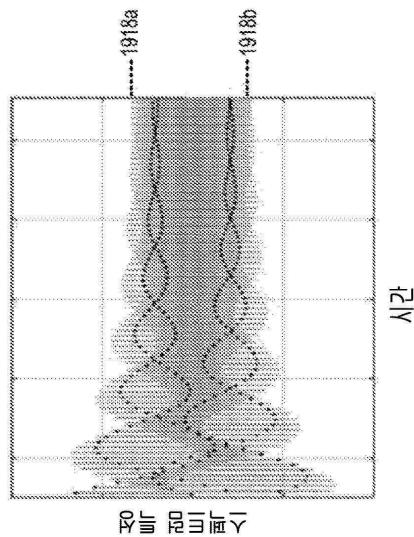
도면 19c



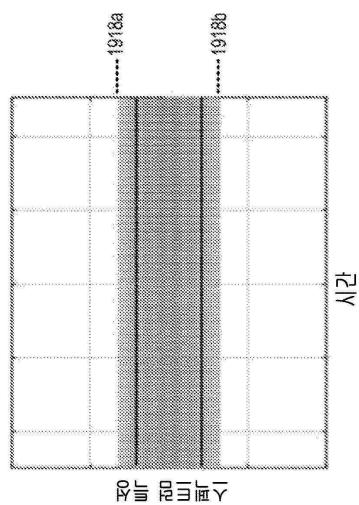
도면 19d



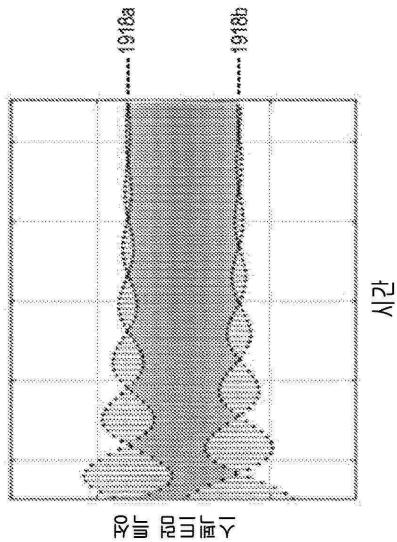
도면20a



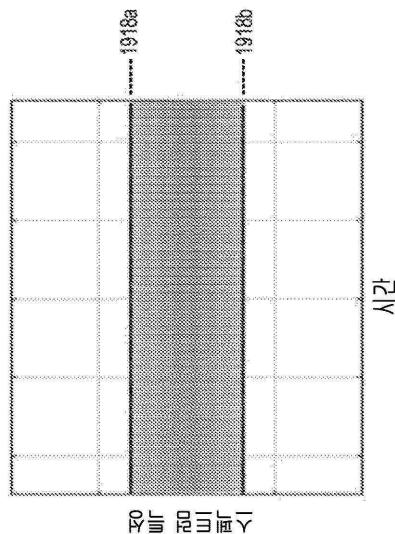
도면20b



도면20c



## 도면20d



## 도면21

