



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년01월22일
(11) 등록번호 10-2069253
(24) 등록일자 2020년01월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/66 (2006.01) F21S 2/00 (2016.01)
F21V 14/02 (2006.01) G03F 1/44 (2012.01)
G03F 7/20 (2006.01) F21W 131/403 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 22/24 (2013.01)
F21S 2/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-7003924
(22) 출원일자(국제) 2014년07월15일
심사청구일자 2019년07월15일
(85) 번역문제출일자 2016년02월16일
(65) 공개번호 10-2016-0034343
(43) 공개일자 2016년03월29일
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/046724
(87) 국제공개번호 WO 2015/009739
국제공개일자 2015년01월22일
(30) 우선권주장
61/847,883 2013년07월18일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020090094007 A
KR1020100015957 A
KR1020100030576 A

(73) 특허권자
케이엘에이 코퍼레이션
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크
놀로지 드라이브
(72) 발명자
그룬즈베이크 차히
이스라엘 팀랏 36576 피.오.박스 414 모란 스트리트 28
힐 앤디 (앤드류)
미국 캘리포니아주 94087 서니베일 웨스트 엘 카
미노 리얼 #5311 250
로예브스키 배리
이스라엘 요큰암 일릿 20692 해치럼 73/4
(74) 대리인
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 36 항

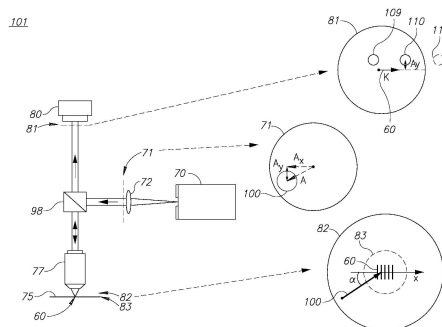
심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 스캐터로메트리 측정들을 위한 조명 구성들

(57) 요약

타겟 측정 방향에 대한 평행 성분 및 직각 성분 모두를 포함하는 타겟 평면 상의 수직 투사를 가지는 조명 빔을 포함하는, 스캐터로메트리 측정 시스템, 조명 구성 및 각각의 방법이 제공된다. 조명 빔이 측정 방향에 의해서 형성되고 타겟 표면에 직각인 평면에 대해서 각도를 이루어 전파되고, 이미징 픽셀 평면에서 중심을 벗어나는(off-center) 회절 이미지를 생성한다. 중첩을 피하도록 그리고 스폿 크기, 요구되는 회절 차수의 수 및 기타 등등과 같은 측정 요건에 상응하도록, 편심적인 회절 이미지가 공간적으로 배열된다. 조명 픽셀 마스크를 이용하여 조명 빔이 실시될 수 있을 것이며, 이는 스캐터로메트리 측정 처리량(throughput)을 증가시키기 위한 단순한 방식을 제공한다.

대표도



(52) CPC특허분류

F21V 14/02 (2013.01)

G03F 1/44 (2013.01)

G03F 7/70616 (2013.01)

G03F 7/70833 (2013.01)

H01L 22/12 (2013.01)

F21W 2131/403 (2013.01)

G01B 2210/56 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

스캐터로메트리(scatterometry) 측정 시스템에 있어서,

적어도 2개의 층들 및 적어도 2개의 주기적 구조물 - 적어도 2개의 주기적 구조물 내의 각각의 주기적 구조물은 상이한 층에 배치되고 피치(pitch)를 가짐 - 을 갖는 스캐터로메트리 타겟;

검출기; 및

이미징 푸필 평면의 개구수(numerical aperture)의 폭 내에 전체적으로 위치된 제1 조명 빔 및 제2 조명 빔 각각으로부터 적어도 하나의 회절 차수(diffraction order)를 생성하기 위해, 제1 조명 각도에서의 제1 조명 빔 및 제2 조명 각도에서의 제2 조명 빔 - 상기 제1 조명 각도 또는 상기 제2 조명 각도 중 적어도 하나는, 상기 이미징 푸필 평면 내의 회절 차수가 비-중첩 분포를 갖도록, 격자 방향 및 상기 스캐터로메트리 타겟에 대한 법선에 의해 규정된 평면의 외측에 있음 - 으로 상기 스캐터로메트리 타겟을 조명하도록 구성된 조명 소스

를 포함하는, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 조명 소스는 또한, 상기 이미징 푸필 평면의 개구수의 폭 내에 전체적으로 위치되는 제3 조명 빔 및 제4 조명 빔 각각으로부터 적어도 하나의 회절 차수를 생성하기 위해, 제3 조명 각도에서의 상기 제3 조명 빔 및 제4 조명 각도에서의 상기 제4 조명 빔으로 상기 스캐터로메트리 타겟을 조명하도록 구성되고, 상기 제3 조명 각도 또는 상기 제4 조명 각도 중 적어도 하나는, 상기 이미징 푸필 평면 내의 회절 차수가 비-중첩 분포를 갖도록, 격자 방향 및 상기 스캐터로메트리 타겟에 대한 법선에 의해 규정된 평면의 외측에 있는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 조명 소스는, 상기 조명 소스와 상기 스캐터로메트리 타겟 사이에 위치된 조명 푸필 평면을 통해 상기 제3 조명 빔 및 상기 제4 조명 빔을 투과시키도록 구성되고;

상기 이미징 푸필 평면은 상기 스캐터로메트리 타겟과 상기 검출기 사이에 위치되는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 스캐터로메트리 타겟은 격자를 포함하고, 상기 격자의 요소에 수직으로서 타겟 측정 방향이 규정되고, 상기 제3 조명 빔 및 상기 제4 조명 빔은, 상기 타겟 측정 방향에 수직인 개별 성분 및 상기 타겟 측정 방향에 평행한 개별 성분을 포함하는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 조명 소스는, 상기 이미징 푸필 평면 상에,

각각의 전체가 상기 이미징 푸필 평면의 개구수의 폭 내에 위치되는 제2 및 제3 영차(zero order) 회절 이미지들; 및

각각의 전체가 상기 이미징 푸필 평면의 개구수의 폭 내에 위치되는 제2 및 제3 1차 회절 이미지들

을 생성하도록 구성되는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔은, 2개의 측정 방향을 따른 상기 스캐터로메트리 타겟의 스캐터로메트리 측정을 가능하게 하도록 배치되는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 조명 소스는, 상기 조명 소스와 상기 스캐터로메트리 타겟 사이에 위치한 조명 필름 평면을 통해 상기 제1 조명 빔을 투과시키도록 구성되는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 이미징 필름 평면은 상기 스캐터로메트리 타겟과 상기 검출기 사이에 위치되는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 스캐터로메트리 타겟은 격자를 포함하고, 상기 격자의 요소에 수직으로서 타겟 측정 방향이 규정되고, 상기 제1 조명 빔은 상기 타겟 측정 방향에 평행한 성분 및 상기 타겟 측정 방향에 수직인 성분을 포함하는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 조명 소스는, 상기 조명 소스와 상기 스캐터로메트리 타겟 사이에 위치한 조명 필름 평면을 통해 상기 제2 조명 빔을 투과시키도록 구성되고, 상기 이미징 필름 평면은 상기 스캐터로메트리 타겟과 상기 검출기 사이에 위치되는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 스캐터로메트리 타겟은 격자를 포함하고, 상기 격자의 요소에 수직으로서 타겟 측정 방향이 규정되고, 상기 제2 조명 빔은, 상기 타겟 측정 방향에 평행한 성분 및 상기 타겟 측정 방향에 수직인 성분을 포함하는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 조명 소스는 상기 이미징 필름 평면 상에,

전체가 상기 이미징 필름 평면의 개구수의 폭 내에 위치되는 제2 영차 회절 이미지; 및

전체가 상기 이미징 필름 평면의 개구수의 폭 내에 위치되는 제2 1차 회절 이미지

를 생성하도록 구성되는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 제1 조명 빔은 제1 파장을 포함하고, 상기 제2 조명 빔은 상기 제1 파장과는 상이한 제2 파장을 포함하는

것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 스캐터로메트리 타겟은, 상기 제1 파장에 비례하고 상기 피치에 반비례하는 제1 회절 각도에서 상기 제1 조명 빔을 회절시키고, 상기 스캐터로메트리 타겟은, 상기 제2 파장에 비례하고 상기 피치에 반비례하는 제2 회절 각도에서 상기 제2 조명 빔을 회절시키는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔 각각으로부터의 적어도 하나의 회절 차수는,

영차 회절 빔, ± 1 차 회절 빔, 또는 2차 회절 빔 중 적어도 하나를 포함하는 것인, 스캐터로메트리 측정 시스템.

청구항 16

스캐터로메트리 측정 방법에 있어서,

조명 소스로부터, 제1 조명 빔 및 제2 조명 빔을 투과시키는 단계; 및

적어도 2개의 층 및 적어도 2개의 주기적 구조물을 구비한 스캐터로메트리 타겟 - 이미징 푸필 평면의 개구수의 폭 내에 전체가 위치되는 상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔 각각으로부터 적어도 하나의 회절 차수를 생성하기 위해, 상기 스캐터로메트리 타겟이 상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔을 회절시키도록, 제1 조명 각도에서의 상기 제1 조명 빔 및 제2 조명 각도에서의 상기 제2 조명 빔으로 상기 적어도 2개의 주기적 구조물 내의 각각의 주기적 구조물은 상이한 층에 배치되고, 상기 제1 조명 각도 또는 상기 제2 조명 각도 중 적어도 하나는, 상기 이미징 푸필 평면 내의 회절 차수가 비-중첩 분산을 갖도록, 격자 방향 및 상기 스캐터로메트리 타겟에 대한 법선에 의해 규정된 평면의 외측에 있음 - 을 조명하는 단계

를 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

이미징 푸필 평면의 개구수의 폭 내에 전체가 위치되는 제3 조명 빔 및 제4 조명 빔 각각으로부터 적어도 하나의 회절 차수를 생성하기 위해, 상기 조명 소스로부터, 제3 조명 빔 및 제4 조명 빔을 투과시켜서 제3 조명 각도에서의 상기 제3 조명 빔 및 제4 조명 각도에서의 상기 제4 조명 빔으로 스캐터로메트리 타겟 - 상기 제3 조명 각도 또는 상기 제4 조명 각도 중 적어도 하나는, 상기 이미징 푸필 평면 내의 회절 차수가 비-중첩 분산을 갖도록, 상기 스캐터로메트리 타겟에 대한 법선과 격자 방향에 의해 규정되는 평면의 외측에 있음 - 을 조명하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 제3 조명 빔 및 상기 제4 조명 빔을 투과시키는 것은 상기 조명 소스와 상기 스캐터로메트리 타겟 사이에 위치된 조명 푸필 평면을 통하고, 상기 제4 조명 빔은 상기 조명 푸필 평면 내에서 상기 제3 조명 빔에 대향하고, 상기 이미징 푸필 평면은 상기 스캐터로메트리 타겟과 검출기 사이에 위치되는 것인, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 19

제17항에 있어서,

상기 스캐터로메트리 타겟은 격자를 포함하고, 상기 격자의 요소에 수직으로서 타겟 측정 방향이 규정되고, 상기 제3 조명 빔 및 상기 제4 조명 빔은 상기 타겟 측정 방향에 평행한 개별 성분 및 상기 타겟 측정 방향에 수

직인 개별 성분을 포함하는 것인, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 20

제16항에 있어서,

2개의 측정 방향을 따른 상기 스캐터로메트리 타겟의 스캐터로메트리 측정을 가능하게 하도록, 상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔을 배치하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 21

제16항에 있어서,

상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔은 타겟 축을 벗어나 그리고 상기 타겟 축에 수직인 축을 벗어나 조명 필드 평면 내에 배치되고, 상기 스캐터로메트리 측정 방법은,

상기 조명 필드 평면의 주위에 적어도 하나의 조명 빔을 배열하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 조명 필드 평면에서의 상기 적어도 하나의 조명 빔의 배치를 결정하도록 필드 조명 마스크를 구성하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 23

제16항에 있어서,

특정 범위의 파장 대 피치 비 내에서 상기 스캐터로메트리 타겟의 적어도 하나의 측정가능한 1차 회절 이미지를 산출하도록 상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔을 배치하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 24

제16항에 있어서,

상기 스캐터로메트리 타겟의 적어도 하나의 측정가능 2차 회절 이미지를 산출하도록 상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔을 배치하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 이미징 필드 평면 내의 상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔의 특정 수의 회절 차수를 수용하도록, 타겟 및 조명 매개변수를 구성하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 26

제16항에 있어서,

상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔은, 아포다이즈된(apodized) 빔들을 포함하고, 상기 스캐터로메트리 측정 방법은,

상기 아포다이즈된 빔들의 회절 이미지들 사이의 중첩을 감소시키기 위해 상기 아포다이즈된 빔의 아포다이제이션을 구성하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 아포다이제이션은 진폭 및 위상 중 적어도 하나에 관한 것이고, 상기 스캐터로메트리 측정 방법은,

상기 스캐터로메트리 타겟 상의 개별 조명 스팟들의 사이즈를 최소화하면서, 상기 아포다이즈된 빔의 회절 이미

지들 사이의 중첩을 감소시키도록 상기 아포다이제이션을 구성하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 28

제16항에 있어서,

상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔으로부터 순차적인 회절 이미지들을 캡처하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 29

제16항에 있어서,

상기 스캐터로메트리 타겟으로부터 회절된 상기 제1 조명 빔 또는 상기 제2 조명 빔 중 적어도 하나의 적어도 하나의 회절 이미지를 측정하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 30

제29항에 있어서,

측정 시간 프레임 내에서 순차적으로 상기 제1 조명 빔 및 상기 제2 조명 빔을 인가하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 31

제29항에 있어서,

상기 제1 조명 빔 또는 상기 제2 조명 빔 중 적어도 하나를 비간섭성으로 구성하는 단계를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 32

제16항에 있어서,

상기 조명 소스로부터, 상기 조명 소스와 상기 스캐터로메트리 타겟 사이에 위치한 조명 필드 평면으로 통해 상기 제1 조명 빔을 투과시키는 단계를 더 포함하고, 상기 이미징 필드 평면은 상기 스캐터로메트리 타겟과 검출기 사이에 위치한 것인, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 33

제16항에 있어서,

상기 스캐터로메트리 타겟은 격자를 포함하고, 상기 격자의 요소에 수직으로서 타겟 측정 방향이 규정되고, 상기 제1 조명 빔은 상기 타겟 측정 방향에 평행한 성분 및 상기 타겟 측정 방향에 수직인 성분을 포함하는 것인, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 34

제16항에 있어서,

제1 파장으로 상기 제1 조명 빔을 투과시키는 단계;

상기 이미징 필드 평면의 개구수의 폭 내의 제1 위치에 상기 제1 조명 빔으로부터의 제1 회절 차수를 위치시키는 단계;

상기 제1 파장과는 상이한 제2 파장으로 상기 제1 조명 빔을 투과시키는 단계; 및

상기 이미징 필드 평면의 개구수의 폭 내의 제2 위치 - 상기 제2 위치는 상기 제1 위치와는 상이함 - 에 상기 제1 조명 빔으로부터의 상기 제1 회절 차수를 위치시키는 단계

를 더 포함하는, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 35

제16항에 있어서,

상기 조명 소스와 상기 스캐터로메트리 타겟 사이에 위치한 조명 필름 평면을 통해 상기 제2 조명 빔을 투과시키는 단계를 더 포함하고, 상기 이미징 필름 평면은 상기 스캐터로메트리 타겟과 검출기 사이에 위치되는 것인, 스캐터로메트리 측정 방법.

청구항 36

제16항에 있어서,

상기 스캐터로메트리 타겟은 격자를 포함하고, 상기 격자의 요소에 수직으로서 타겟 측정 방향이 규정되고, 상기 제2 조명 빔은 상기 타겟 측정 방향에 평행한 성분 및 상기 타겟 측정 방향에 수직인 성분을 포함하는 것인, 스캐터로메트리 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 이 출원은 2013년 7월 18일자로 출원된 미국 가특허출원 제61/847,883호를 우선권으로 주장하며, 상기 미국 가특허출원의 전체 내용은 인용에 의해 본원에 포함된다.

[0002] 본 발명은 계측적인 스캐터로메트리 측정 분야에 관한 것이고, 더욱 상세하게는 산란측정법에서의 조명 패턴에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 웨이퍼 생산 단계의 품질을 나타내고 웨이퍼 상의 구조물의 디자인과 구현 사이의 상응성(correspondence)을 정량화하는 매개변수의 측정을 가능하게 하도록 계측적인 타겟이 설계된다. 스캐터로메트리 오버레이 타겟(scatterometry overlay (SCOL) target)은, 계측적인 측정을 위한 회절 패턴을 생성하기 위해서 이용되는 주기적인 구조물(예를 들어, 격자(grating))이다. 회절 패턴은, 예를 들어 이하의 도 1에서 설명된 바와 같이, 그들의 측정 방향을 따라서(예를 들어, 격자의 요소에 대해서 직각으로) 주기적인 구조물을 조사하는 것에 의해서 생성된다.

발명의 내용

[0004] 발명의 하나의 양태가 적어도 하나의 조명 빔을 포함하는 스캐터로메트리 측정 시스템을 제공하고, 타겟 평면 상에서의 적어도 하나의 조명 빔의 수직 투사가, 타겟 측정 방향에 대한, 평행 성분 및 직각 성분 모두를 포함한다.

[0005] 본 발명의 이러한, 부가적인, 및/또는 다른 양태 및/또는 장점이 이하의 구체적인 설명에서 기술되어 있고; 구체적인 설명으로부터 추정될 수 있으며; 및/또는 본 발명의 실시예에 의해서 학습될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0006] 발명의 실시예에 대한 보다 양호한 이해를 위해서 그리고 발명의 실시예가 어떻게 실시될 수 있는지를 보여주기 위해서, 이제, 순전히 예로서 첨부 도면에 대한 참조가 이루어지며, 첨부 도면에서 유사한 번호가 그 전반을 통해서 상응하는 요소 또는 섹션을 나타낸다.

첨부 도면은 다음과 같다:

도 1은 종래 기술의 스캐터로메트리 조명에 대한 하이 레벨(high level)의 개략적인 도면이다.

도 2는, 발명의 일부 실시예에 따른, 스캐터로메트리 측정 시스템 및 조명 빔의 하이 레벨의 개략적인 도면이다.

도 3a 내지 도 3e는, 발명의 일부 실시예에 따른, 3개의 예시적인 조명 빔 배열체 및 결과적인 회절 분포의 하이 레벨의 개략적인 도면이다.

도 4는 발명의 일부 실시예에 따른, x축을 따른 스캐터로메트리 측정을 위한 시뮬레이팅된 예이다.

도 5는 발명의 일부 실시예에 따른, y축을 따른 스캐터로메트리 측정을 위한 시뮬레이팅된 예이다.

도 6a 내지 도 6c는, 발명의 일부 실시예에 따른, 복수의 파장에서의 스캐터로메트리 측정을 허용하는 조명 빔 배열체의 하이 레벨의 개략적인 도면이다.

도 7a 내지 도 7c는, 발명의 일부 실시예에 따른, 주어진 파장에서의 스캐터로메트리 측정을 최적화하는 조명 빔 배열체의 하이 레벨의 개략적인 도면이다.

도 8a, 8b는, 발명의 일부 실시예에 따른, 파장-적응 가능(adaptable) 조명 및 파장-최적화된 조명 각각의 하이 레벨의 개략적인 도면이다.

도 9a, 9b는, 발명의 일부 실시예에 따른, 파장-적응 가능 조명 패턴의 하이 레벨의 개략적인 도면이다.

도 10a, 10b는, 발명의 일부 실시예에 따른, 파장-최적화된 조명 패턴의 각각의 하이 레벨의 개략적인 도면이다.

도 11은, 발명의 일부 실시예에 따른, 이미징 pupils 평면(imaging pupil plane) 내에 몇 개의 회절 차수(diffraction order)를 수용하는 것에 관한 하이 레벨의 개략적인 도면이다.

도 12a-12c는, 발명의 일부 실시예에 따른 방법을 도시한 하이 레벨의 개략적인 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0007] 구체적인 설명을 개진하기에 앞서서, 이하에서 사용되는 특정 용어에 대한 규정을 기술하는 것이 도움이 될 수 있을 것이다.
- [0008] 본원에서 사용된 바와 같은 "주기적인 구조물"이라는 용어는, 일부 주기성을 나타내는 적어도 하나의 층 내의 임의 종류의 설계된 또는 생성된 구조물을 지칭한다. 주기성은 그 피치 즉, 그 공간적 주파수를 특징으로 한다. 본원에서 사용된 바와 같은 "측정 방향"이라는 용어는, 주기적인 구조물이 따라서 주기적이 되는 방향을 지칭한다. 예를 들어, 주기적인 구조물로서의 격자의 측정 방향이 격자의 요소에 직각이다.
- [0009] 본원에서 사용된 바와 같은 "대향 조명 빔들"이라는 용어는, 타겟 표면에 대한 직각선(normal)과 연관된 조명 pupils 내의 지점 주위에 대칭적으로 배열된 조명 빔들을 지칭한다.
- [0010] 이제 구체적인 도면을 특히 참조하여, 도시된 특별한 사항이 예시적인 것이고 단지 본 발명의 바람직한 실시예에 관한 예시적인 설명의 목적을 위한 것이며, 발명의 원리 및 개념적인 양태에 관한 가장 유용하고 용이하게 이해되는 설명인 것으로 믿어지는 것을 제공하는 과정에서 제시된 것임을 강조하는 바이다. 이와 관련하여, 발명의 기본적인 이해에 필요한 것보다 더 구체적으로 발명의 구조적 상세 내용을 제시하기 위한 시도는 하지 않았고, 도면과 함께 취해진 설명은, 어떻게 발명의 몇몇 형태가 실제로 구현될 수 있는지를 당업자가 명확하게 이해할 수 있게 한다.
- [0011] 발명의 적어도 하나의 실시예를 구체적으로 설명하기에 앞서서, 발명의 적용이, 이하의 설명에서 기술되고 도면에 도시된 구성요소의 구성 및 배열에 관한 구체적인 내용으로 제한되지 않는다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 발명이 다른 실시예에 대해서 적용될 수 있거나, 여러 가지 방식으로 실시되거나 실행될 수 있다. 또한, 본원에서 이용된 어법 및 용어가 설명의 목적을 위한 것임을 그리고 제한적인 것으로 간주되지 않아야 한다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0012] 도 1은 종래 기술의 스캐터로메트리 조명에 대한 하이 레벨의 개략적인 도면이다. 입력 pupils 이미지(71)가 pupils 평면의 둘레에서 조명 공급원(90)(로그 세기(log intensity))를 도시하며, 그러한 조명 소스는 X 및 Y 축을 따라서 배열되어 각각의 타겟(60)(X 축을 따른 측정 방향을 가지는 타겟(60)이 도시되어 있다)의 방향(X 및 Y)에서의 회절 측정을 가능하게 한다. 각각의 측정 축을 따라서 그리고 pupils 평면의 둘레에 조명 소스(90)을 배치하는 것은 타겟의 표면에 직각으로 그리고 측정 방향에 의해서 형성된 평면 내의 타겟(60) 조명의 입사 각도를 최대화한다. 검출기의 (pupils) 평면에 도시된 결과적인 이미지(81)가 결과적인 스폿 - 회절되지 않은 Y 축 조명 소스(90)의 스폿(92Y), X 축을 따른 공급원(90)의 영차 회절 이미지인 스폿(92X), 그리고 X 축을 따른 공급원(90)의 ± 1 차 회절 이미지인 스폿(91X)(좌측 또는 우측 X 축 공급원(90)의 +1 또는 -1 차 이미지의 2개의 중앙 스폿의 정확한 세기가 각각 측정 구성에 의존한다) - 의 로그 세기(log intensity)를 설명한다.
- [0013] 현재의 4극(quadruple) 조명 방법의 단점은, 최대 회절 각도가 영차 회절된 광 스폿(92X)의 존재에 의해서 제한

된다는 것이다. 개념적으로, 상이한 차수들의 회절을 독립적으로 측정하기 위해서 상이한 마스크들이 이용되었을 수 있다. 제1 및 마이너스 제1 회절 차수 모두를 동시에 측정하는 것은, 전체 측정 시간 및 기계 복잡성(machine complexity)을 감소시킨다. 그러나, 양 방향으로부터의 조명이 존재할 때, 4극 내의 하나의 개구로부터 초래되는 회절 차수가 제2 개구의 차수 중 어떠한 차수와도 중첩될 수 없다. 오늘날 이용되는 4극 배열에서, 이는, 회절 각도를 제한하는 것(즉, 더 짧은 파장 또는 더 긴 피치 격자를 이용하는 것)에 의해서 실현되고, 그에 따라 방법의 유용성을 제한한다.

[0014] 본원에서, 모든 이미지가, 푸필의 개구수(numerical aperture)(NA)에 대해서 규정된, 좌표(NA_x , NA_y)에 상대적인 푸필 평면과 함께 도시되어 있다는 것을 주목하여야 할 것이다. 그러나, 이하에서 개시된 발명은 $NA=1$ 적용 예로 제한되지 않고, 예를 들어 일부 액침 대물렌즈(immersion objective)를 이용하는 것은 $NA=1.5$ 또는 그보다 큰 NA를 허용한다. 설명 내용 및 도면이 $NA=1$ 의 조명 시스템의 비제한적인 예를 설명하고 있지만, 개시 내용은, 더 큰 NA 값에 대해서 적용될 수 있는 변형예를 더 포함한다.

[0015] 타겟 측정 방향에 대한 평행 성분 및 직각 성분 모두를 포함하는 타겟 평면 상의 수직 투사를 가지는 조명 빔을 포함하는, 스캐터로메트리 측정 시스템, 조명 구성 및 각각의 방법이 제공된다. 조명 빔이 측정 방향에 의해서 형성되고 타겟 표면에 직각인 평면에 대해서 각도를 이루어 전파되고, 이미징 푸필 평면에서 중심을 벗어나는(off-center) 회절 이미지를 생성한다. 중첩을 피하도록 그리고 스폿 크기, 요구되는 회절 차수의 수 및 기타 등등과 같은 측정 요건에 상응하도록, 편심적인 회절 이미지가 공간적으로 배열된다. 조명 푸필 마스크를 이용하여 조명 빔이 실시될 수 있을 것이며, 이는 스캐터로메트리 측정 처리량(throughput)을 증가시키기 위한 단순한 방식을 제공한다. 특정 실시예에서, 조명 빔이 다른 방식으로, 예를 들어 필드 평면에서 각각의 레이저 빔을 지향시키는 것에 의해서, 그리고 필수적이지 않게 푸필 마스크를 적용하는 것에 의해서, 형성될 수 있을 것이다.

[0016] 도 2는, 발명의 일부 실시예에 다른, 스캐터로메트리 측정 시스템(101) 및 조명 빔(100)의 하이 레벨의 개략적인 도면이다. 스캐터로메트리 측정 시스템(101)이 적어도 하나의 조명 빔(100)을 포함한다. 타겟 평면 상에서의 조명 빔(100)의 수직 투사가, 타겟 측정 방향(x)에 대한, 평행 성분 및 직각 성분 모두를 포함한다. 조명 전파 방향이 타겟의 격자 방향에 의해서 형성된 평면을 (각도 (a) 만큼) 벗어나고 타겟의 표면, 또는, 달리 말해서, 타겟 측정 방향에 의해서 설정되고 타겟 표면에 직각인 평면에 직각이다.

[0017] 도 2는 좌측에서 측정 시스템(101)을 도시하고, 그러한 측정 시스템(101)은 조명 소스(70), 조명 푸필 평면(71)을 가지는 렌즈(72), 빔 분할기(98), 대물렌즈(77), 빔(100)의 조명 각도를 설명하기 위해서 이용되는 타겟(60)의 약간 위의 평면(82)을 가지는 필드 평면(83)에 위치되는 타겟(60)을 가지는 웨이퍼(75), 및 각각의 이미징 푸필 평면(81)을 가지는 검출기(80)를 구비한다(푸필 평면에서의 검출기(80)의 도시는 비제한적이거나, 스캐터로메트리 이미지를 캡처할 때 일반적으로 이용된다). 도 2는, 조명 빔(100)을 생성하는 조명 푸필 평면(71)에서의 조명 마스크, 빔(100)에 의한 타겟(60)의 조명의 상면도, 및 타겟(60) 상의 빔(100)의 입사에 의해서 이미징 푸필 평면(81)에서 생성되는 -1, 0, + 1의 차수(후자는 푸필 개구수를 벗어난다)의 비제한적인 예시적 회절 이미지(109, 110, 111) 내의, 결과적인 회절 이미지의 이미징 푸필 평면을 우측에서 도시한다. 도시된 입력 푸필 이미지(71)가, 조명 빔(100)의 형태 및 위치를 결정하는 각각의 아포다이저(apodizer) 마스크로서 이해될 수 있다는 것을 주목하여야 할 것이다. 조명 빔 윈도우의 형태, 크기 및 정확한 위치가 비제한적이고, 특별한 요건에 대해서 최적화될 수 있을 것이다.

[0018] 조명 푸필 평면(71)에서, 조명 빔(들)(100)이 타겟 축을 벗어나 그리고 타겟 축에 직각인 축을 벗어나 배치되고, 다시 말해서, 도시된 예에서, 수평 측정 방향으로 거리(A_y)로 벗어나고 측정 방향에 직각인 방향으로 거리(A_x)로 벗어나 배치된다. 그에 따라, 조명 빔(들)(100)이 측정 방향(x)에 의해서 규정된 평면을 벗어난 각도(α)로 그리고 타겟(60)에 직각으로(본질적으로 시스템의 광학적 축이다) 전파된다. 각도(α)가 타겟 표면 상의 조명 빔(100)의 수직 투사와 타겟의 측정 방향 사이에서 규정된다. 결과적으로, 푸필 평면(81)에서의 타겟(60)의 회절 이미지(109, 110, 111)가, 개구수와 관련하여 A_y 에 상응하는 거리에서 타겟의 측정 축(타겟(60)에서의 직각 입사와 연관된 푸필 지점으로부터 기원하는, k에 의해서 푸필 평면에서 표시됨)을 벗어난다. 이미지 차수들 사이의 전개폭(spread)이, 이하에서 설명되는 바와 같이, 조명 파장(λ)과 타겟 피치(p) 사이의 비율(λ/p)에 상응한다.

[0019] 이하의 설명에서, 조명 빔(100)이, 필드 평면(82-83)에서 타겟 상의 조명 빔(100)의 각도 분포를 결정하는 원들으로서, (각각) 조명 및 이미징 푸필 평면(71, 81)에서 설명된다. 푸필 평면에서의 빔(100)의 형태가 원들로서

설명되는 것이 비제한적이고, 퓨필 평면에서의 실제 빔 형태가, 조명 및 측정 최적화를 위한 특별한 설계에 따라서, 비-원형, 예를 들어, 타원형, 정사각형일 수 있고, 원-원환체(circle-torus) 교차, 등일 수 있다는 것을 주목하여야 할 것이다. 예를 들어 조명 세기(즉, 조명 빔에 의해서 점유되는 퓨필 평면에서의 지역), 측정 방향에 대한 형태, 조명 파장 및 타겟 피치에 대한 관계, 빔 생성 고려 사항(예를 들어, 광섬유, 또는 퓨필 마스크의 생산성), 및 기타 등등과 같은 고려 사항에 의해서, 상이한 설계들이 결정될 수 있을 것이다.

[0020] 도 3a 내지 도 3e는, 발명의 일부 실시예에 따른, 3개의 예시적인 조명 빔 배열체 및 결과적인 회절 분포의 하 이 레벨의 개략적인 도면이다. 도면은, 본 발명의 일부 실시예에 따른, 3개의 예시적인 유형의 타겟(60)에 대한 조명 패턴(71) 및 결과적인 회절 이미지(81)를 개략적으로 도시한다. 타겟 유형뿐만 아니라 조명 패턴 중 어느 것도 발명을 제한하는 것으로 이해되지 않을 것이고, 오히려, 조명 원리 및 시스템 구성 원리에 대한 예로서 이해될 수 있을 것이다. 이러한 도면들에서, 타겟 측정 방향이, 타겟(60)에서 직각 입사와 연관된 퓨필 지점으로부터 기원하는, 화살표(k)에 의해서 퓨필 평면(81)에서 표시되어 있다는 것을 주목하여야 할 것이다.

[0021] 도 3a 및 도 3b는, 타겟(60)의 스캐터로메트리 측정을 가능하게 하도록 구성된 각각의 조명 빔(100A, 100B)의 쌍(도 3b)과 함께 수평 측정 축(x)을 가지는 타겟(60)을 개략적으로 도시한다. 도 3c 및 도 3d는, 또한 y축을 따른 타겟(60)의 스캐터로메트리 측정을 가능하게 하도록 구성된 조명 빔(100C, 100D)의 부가적인 쌍과 함께 직 각 측정 축(y)을 가지는 타겟(60)을 개략적으로 도시한다. 도 3e는 수평 측정 축(x) 및 직각 측정 축(y) 모두를 가지는 이차원적인(bi-dimensional) 타겟(60), 및 동시적으로 양 축을 따른 타겟(60)의 스캐터로메트리 측정을 가능하게 하도록 구성된 조명 빔(100A-D)의 각각 2개의 쌍을 개략적으로 도시한다.

[0022] 도 3a는, 주사 퓨필 평면(71)에서 x 측정 방향으로부터의 오프셋(A_y) 및 직각 방향(y)으로부터의 오프셋(A_x)을 가지는, 타겟(60)에서의 직각 입사와 연관된 퓨필 지점으로부터의 오프셋(A)에서 단일 빔(100)과, x 측정 방향으로부터의 오프셋(A_y) 및 직각 방향(y)으로부터의 오프셋(A_x)을 가지는, 타겟(60)에서의 직각 입사와 연관된 퓨 필 지점으로부터 상응하는 오프셋(A)(개구수 좌표)에서의, 이미지 퓨필 평면(81)에서의 제0 차수의 회절 이미지 (110)뿐만 아니라, λ/p 에 비례하는 거리(D)에서의 그리고 이미징 퓨필 평면(81) 내에서의 -1 회절 차수 이미지 (109)를 생성하는 것을 도시한다. 도 3b는 조명 퓨필 평면(71)에서의 대향 조명 빔들(100A, 100B)(타겟(60)에 대해서 그리고 그 측정 방향에 대해서 대향하는, 즉, 타겟 표면에 대한 직각선과 연관된 조명 퓨필 내의 지점 주위에 대칭적으로 배열된 조명 빔들)의 쌍을 도시하고, 그 각각은 제0 차수(110A, 110B)(각각)의 그리고 제1 차수(각각, -1 차수(109A) 및 +1 차수(111B))의 상응하고 비-중첩되는 타겟 이미지를 생성한다.

[0023] 도 3c는, 측정 방향(x)을 따른 스캐터로메트리 측정을 위한 빔(100A, 100B)에 더하여, 조명 퓨필 평면(71)에서 의 측정 방향(y)을 따른 타겟(60)으로부터의 오프셋에서의 단일 빔(100C), 그리고 타겟(60)으로부터 상응하는 오프셋(개구수 좌표에서)에서, 이미지 퓨필 평면(81)에서 제0 차수 회절 이미지(110C)뿐만 아니라, λ/p 에 비례 하는 거리에서의 그리고 이미징 퓨필 평면(81) 내에서의 -1 회절 차수 이미지(109C)를 생성하는 것을 도시한다. 도 3d는, 조명 퓨필 평면(71)에서, 각각, 대향 조명 빔(100A, 100B)(x 방향) 및 100C, 100D(타겟(60) 및 그 측 정 방향에 대해서 대향))의 2개의 쌍을 개략적으로 도시한다. 빔(110A, 110B)이 x 방향에서 제0 차수의 타겟 이미지(110A, 110B)를 생성하는 한편, 빔(100C, 100D)은 y방향을 따라 제0 차수의(110C, 110D) 그리고 제1 차 수(109C, 111D)의 상응하고 비-중첩되는 타겟 이미지를 생성한다. 빔(100A-100D)이 결과적인 이미지(110A-110D, 109C, 111D)의 중첩을 피하거나 최소화하도록 공간적으로 배열될 수 있을 것이다.

[0024] 도 3e는, 2개의 측정 방향(x, y)을 가지는 타겟(60)을 조사하는, 대향 조명 빔(100A, 100B 및 100C, 100D)의 2 개의 쌍을 각각 개략적으로 도시한다. 빔(100A-100D)이 조명 퓨필 평면(71)에서 도시되어 있고, 생성된 상응하 고 비-중첩되는 타겟 이미지들이 이미지 퓨필 평면(81) 내에서 도시되어 있고 빔(100A, 100B)의 x 방향 쌍에 대 한 제0 차수 이미지(110A, 110B) 및 제1 차수 이미지(109A, 111B) 그리고 빔(100C, 100D)의 y 방향 쌍에 대한 제0 차수(110C, 110D)의 그리고 제1 차수(109C, 111D)의 상응하고 비-중첩되는 타겟 이미지를 포함한다. 빔 (100A-100D)이 결과적인 이미지(110A-110D, 109A, 111B, 109C, 111D)의 중첩을 피하거나 최소화하도록 공간적 으로 배열될 수 있을 것이다. 특정 실시예에서, 회절 각도의 전체 범위에 대해서, 일 차원에서의 회절 차수가 이차원의 조명 노드(node)와 중첩하는 것을 피하기 위해서, 조명 스폿(예를 들어, 조명 퓨필 마스크 개구에 의 해서 결정됨)의 크기 및 위치가 최적화될 수 있을 것이다.

[0025] 도 3d 및 도 3e는 4극 조명의 예인 한편, 도 3b는 2극(dipole) 조명에 대한 예이고, 특정 실시예에서 조명 빔이 각각 3개 이상의 측정 방향을 따른 스캐터로메트리 측정을 가능하게 하도록 구성될 수 있을 것이다. 단일 조명 빔(100) 또는 조명 빔(100)의 쌍이 각각의 방향을 따라서 측정하도록 구성될 수 있을 것이고, 상이한 빔들로부

터의 측정들이 조합되어 주어진 방향에서 측정된 스캐터로메트리를 산출할 수 있을 것이다.

[0026] 유리하게, 개시된 실시예는, 양 x 및 y 차원에 대한 단일 퓨필 마스크 또는 각각의 차원에 대한 단일 퓨필 마스크를 이용하여, 큰 값의 파장/피치 조합을 가지는 각도 해상 스캐터로메트리 오버레이(angle resolved scatterometry overlay)(SCOL) 측정의 이용을 가능하게 한다. 오버레이 오프셋 측정은, Archer500LCM의 4-셀(cell) 측정 기술과 같은, 각도 해상 스캐터로메트리 기술에 의해서 실시된다. "격자 상의 격자(grating on grating)" 타겟은 특별한 조명을 회절시키며, 그로 인해서 결과적인 회절된 광이 수집되고 분석된다. 회절 각도는 조명 파장에 비례하고 격자의 피치에 반비례한다. 본 개시 내용에서 이용 가능할 수 있는 긴 조명 파장 및 좁은 피치 격자의 이용은 보다 큰 회절 각도의 달성을 초래한다. 개시된 조명 방법에서, 회절된 차수들 사이의 중첩이 본질적으로 존재하지 않고, 그에 따라 (도 1에 도시된) 그 한계가 없이 4극 유형의 조명을 달성한다. 4극 조명과 유사하게, 타겟이 차원(X , Y) 당(per) 2개의 조명으로 조사될 수 있을 것이고, 그 각각의 조명이 격자 방향에 의해서 규정되는 평면의 외부에 있고 타겟의 표면에 직각인 조명 각도로 타겟을 타격한다. 퓨필 평면 내에서, 상응하는 스폿이 회절 광으로부터 공간적으로 구분된다. 이는 퓨필 평면 내의 마스크의 개구의 이용을 통해서 실시될 수 있을 것이다. 마스크는, 마스크의 중심에서 공간적으로 벗어나고 타겟의 측정 방향 및 그에 직각인 방향을 벗어나는 위치에 있는 개구부들을 제외하고 불투명하다. 마스크 중심이 타겟의 면상(on-face) 조명에 상응한다.

[0027] 도 4는 발명의 일부 실시예에 따른, x 축을 따른 스캐터로메트리 측정을 위한 시뮬레이팅된 예이다. 조명 빔(100A, 100B 및 100C, 100D)의 2개의 쌍이 조명 퓨필 평면(71)에서 도시되어 있고, 상응하는 제0 차수 이미지(110A-110D)뿐만 아니라 제1 차수 이미지(109A, 111B)가 이미지 퓨필 평면(81)에서 도시되어 있다(도 3b와 그리고 도 3d에서의 y 축 측정 도시 내용과 유사하다). 조명 빔(100A-D)이 도 1의 좌측에 종래 기술의 조명에 대해서 비대칭적으로(예를 들어, 반시계방향으로) 회절되는 것을 예시하고, ± 1 회절 차수가 제0 차수 이미지와 중첩하지 않기 때문에, 그리고 대향 조명 빔들의 +1 및 -1 회절 이미지들이 중첩하지 않기 때문에, 결과적인 회절 패턴이 종래 기술 조명 빔에 의해서 부여되는 공간적인 제한을 회피한다는 것을 주목하여야 할 것이다.

[0028] 도 5는 발명의 일부 실시예에 따른, y 축을 따른 스캐터로메트리 측정을 위한 시뮬레이팅된 예이다. 도 5에서, 조명 빔(100A-D)이 조명 퓨필 평면(71)의 둘레 상에서 균일하게 분포되지 않고, 여전히 그 빔이 x 및 y 축을 따라서 타겟의 비-중첩 제0 및 ± 1 회절 차수 이미지를 형성한다. 도 5는, 상이한 방향들로부터 직접적으로, 즉 조명 퓨필 아포다이제이션의 이용을 통하지 않고, 타겟(60)을 조사하는 것에 의해서 달성될 수 있는 유사한 조명 패턴을 포함하는, 대안적인 구축 방법을 개략적으로 도시한다. 그러한 직접적인 구현예가 거울 및 빔 분할기의 배열에 의해서 실현될 수 있을 것이다. 대안적으로, 조명 빔의 구성의 변경이, 빔의 정확한 위치를 변경하는 것에 의해서 유도될 수 있을 것이다. 예를 들어, 조명 빔들의 임의의 쌍이 중앙 축에 대해서 거울상이 될(mirrored) 수 있을 것이다. 도 5는, 빔(100C, 100B)이 퓨필 평면의 y 축에 대해서 재배치되는(또는 반사되는), 그러한 예를 개략적으로 예시한다. 유사하게 빔(100A, 100B)이 x 축에 대해서 반사될 수 있을 것이다. 또한, 정확한 빔 위치 및 빔 크기가, 이하에서 예시되는 바와 같이, 변경될 수 있을 것이다. 그에 따라, 본 개시 내용에서의 임의의 특별한 조명 패턴이, 해당 변화에 의해서 서로로부터 유도될 수 있는 유사한 조명 패턴의 집단을 나타내는 것으로서 이해된다.

[0029] 도 6a 내지 도 6c는, 발명의 일부 실시예에 따른, 복수의 파장에서의 스캐터로메트리 측정을 허용하는 조명 빔 배열체의 하이 레벨의 개략적인 도면이다. 도 4(좌측)에 도시된 비제한적인 예시적 조명 빔(100A-100D)을 이용할 때, 도 6a 내지 도 6c는, 2개의 조명 파장($\lambda_1 > \lambda_2$), 예를 들어 $\lambda_1 = 800 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 250 \text{ nm}$ 의 경우에, 측정 방향(x)에서 타겟(60)에 대한 결과적인 회절 이미지를 개략적으로 도시한다. 도 6a는 회절 이미지(110A-D, 109A 및 111B)의 구성에서 도 4(우측)에 대략적으로 상응한다. λ_1 가 시스템(101)에 의해서 측정하고자 하는 가장 긴 파장인 경우에, 회절 이미지(109A, 110A 및 110B, 111B)를 이미지 퓨필 NA의 폭 내에 수용하도록 타겟 피치(p)가 선택될 수 있을 것이다(거리 $D = \lambda_1/p$ 참조). 짧은 파장(λ_2)에서, 도 6b에 도시된 바와 같이, 회절 이미지(109A, 110A 및 110B, 111B)가 서로에 대해서 쌍으로(pairwise) 근접하고, 그리고, y 방향을 따른 회절을 측정하도록 의도된, 선택적으로 균등한(even) 조명 빔(100C, 100D)을 이용하여 부가적인 ± 1 차수 회절 이미지(109C(-1), 111D(+1)) 및 가능하게는 111C(+1), 109D(-1)의 균등한 부분을 달성할 수 있을 것이다. 조명 빔(100) 및 그 가능한 아포다이제이션이 회절 이미지를 퓨필 평면의 NA 내에 공간적으로 수용하도록 구성될 수 있을 것이다. 특정 실시예에서, 아포다이제이션이 빔의 진폭 및/또는 위상에 대해서 실시될 수 있을 것이고, 타겟 상의 각각의 조명 스폿의 크기를 최소화하면서, 빔의 회절 이미지들 사이의 중첩을 감소시키도록 구성될 수 있을 것이다.

- [0030] 도 6c는, 짧은 파장(λ_2)에 대해서, 더 큰 회절 차수가, 예를 들어 112B, 108A와 같은 ± 2 회절 차수가 개구수 내에 수용될 수 있다는 것을 개략적으로 도시한다. 특정 실시예에서, 파장 대 피치 비율의 특정 범위 내에서 타겟(60)의 적어도 하나의 측정가능한 제1 차수 회절 이미지를 산출하도록, 조명 빔(100)이 배치될 수 있을 것이다. 특정 실시예에서, 타겟(60)의 적어도 하나의 측정가능한 제2 차수 회절 이미지를 산출하도록, 조명 빔(100)이 배치될 수 있을 것이다. 특정 실시예에서, 타겟 매개변수(예를 들어, 피치) 및 조명 매개변수(예를 들어, 빔(100)의 파장, 범위 및 각도)가, 각각의 빔의 회절 차수의 특정한 수를 이미징 필드 평면(81) 내에서 수용하도록 구성될 수 있을 것이다. 특정 실시예에서, 제2(또는 그보다 큰) 차수 회절 이미지를 이용하여 부가적인 정확도 데이터(예를 들어, 격자와 같은, 주기적인 구조물의 왜곡과 관련된, 오버레이를 초과)를 유도할 수 있을 것이고, 그에 따라 상이한 차수들의 회절 이미지들을 비교하는 것을 이용하여 특정의 부정확도 공급원과 특정의 타겟의 기하형태적 특성을 격리시킬 수 있을 것이다.
- [0031] 특정 실시예에서, 폴리실리콘 층 아래의 웨이퍼를 탐지(probe)하기 위해서 이용되는 보다 긴 파장으로, 폴리실리콘으로 제조된 층의 스캐터로메트리 오버레이 측정을 위해서, 시스템(101) 및 개시된 조명 설계를 이용할 수 있을 것이다. 그에 따라, 파장 탄력적인(flexible) 실시예를 이용하여 상이한 웨이퍼 층들의 스캐터로메트리 측정을 유도할 수 있을 것이다.
- [0032] 유리하게, 각각의 결과적인 회절 각도에서, 차수들 사이에 중첩이 생성되지 않게 보장하는 것에 의해서, 파장/피치 조합의 완전한 탄력성을 허용하도록, 스폿 크기 및 위치가 선택될 수 있을 것이다.
- [0033] 도 7a 내지 도 7c는, 발명의 일부 실시예에 따른, 주어진 파장에서의 스캐터로메트리 측정을 최적화하는 조명 빔 배열체의 하이 레벨의 개략적인 도면이다. 시스템(101)이, 2개의 측정 방향(예를 들어, x 및 y)을 따른 타겟(60)의 스캐터로메트리 측정을 허용하도록 배치된 조명 빔(100A, 100B)의 하나의 쌍을 포함할 수 있을 것이다. 특정 실시예에서, 측정 정확도를 최적화하기 위해서, 빔(100A, 100B)의 범위가 이미징 필드의 개구수 내에서 최대화될 수 있을 것이다. 도 7a는 2개의 대향 빔(100A, 100B)을 가지는 조명 필드(71)를 개략적으로 도시한다. 도 7b, 도 7c는, 측정 방향(x 및 y)을 각각 가지는, 타겟(60A, 60B)의 스캐터로메트리 측정을 개략적으로 도시한다. 각각의 이미징 필드(81A, 81B)은, 양 측정 방향으로, 각각의 빔(100A, 100B)이 하나의 제0 차수 회절 이미지(110A, 100B) 및 하나의 제1 차수 회절 이미지(109A(-1), 111B(+1))에 각각 기여한다는 것을 설명한다.
- [0034] 특정 실시예에서, 도 7a는, 2개의 노드(X 측정에 대한 좌측, 우측 그리고 Y 측정에 대한 상단, 하단)를 포함하는, 하나의 차원(X 또는 Y)만을 따른 측정을 위한 2극 유형의 구현예를 도시한다. 이러한 구현예에서, 작업 원리는 동일하나, 개구가 보다 크게 제조될 수 있다(이는, 개구가 다른 차원의 조명에 의해서 구속되지 않기 때문이다). 필드 평면 내의 보다 큰 개구는 타겟 상의 보다 작은 스폿 크기를 초래할 것이고, 이는 사용자가 보다 작은 타겟을 이용할 수 있게 하고, 이는 바람직하다. 특정 실시예에서, 개별적인 개구의 크기가 최대화되어, 회절 차수들 사이의 중첩을 피하면서, 타겟(60) 상에서 최소 스폿 크기를 산출할 수 있을 것이다.
- [0035] 유리하게, 필드 평면(71)에서의 큰 조명 빔(100A, 100B)은 가장 큰 가능한 조명 NA를 허용하고, 그에 의해서, 타겟 상의 가장 작은 가능한 조명 스폿을 허용한다(타겟 둘레로부터의 신호 오염을 최소화한다). 또한, 그러한 빔은, 필드의 중심을 가리는(이하의 도 8b 참조) 대물렌즈와 양립 가능하고(compatible), 동일한 2극 개구가 X 및 Y 타겟 모두에 대해서 이용될 수 있다(도 7b, 도 7c).
- [0036] 도 8a, 8b는, 발명의 일부 실시예에 따른, 파장-적응 가능(adaptable) 조명 및 파장-최적화된 조명 각각의 하이 레벨의 개략적인 도면이다. 도 8a는, 600 nm의 타겟 피치에 대해서, 파장(λ_2)(예를 들어, 700nm) 대 파장(λ_1)(예를 들어, 260nm)의 범위에서 실시될 수 있는, (도 8a에 대한 도 3a에서와 같은 그리고 도 8b에 대한 도 7a에서와 같은) x 방향을 따른 조명 빔(100A, 100B)의 예시적인 단일 쌍을 이용한 측정을 개략적으로 도시한다. 상이한 파장들에서, 제1 차수 회절 패턴들(109A(-1) 및 111B(+1))이 중첩 없이 위치를 변경한다. 도 8a, 도 8b는 중앙 조명을 제거하도록 구성된 차단(obscuring) 디스크(105)를 더 도시하고, 그러한 특징부는, 종래 기술에서 측정에 개입하나, 개시된 실시예에서는 용인 가능하다. 예를 들어, 차단 디스크(105)가 특정의 반사굴절(catadioptric)(반사 및 굴절) 대물렌즈 내의 광학적 블록을 이용하여 구현될 수 있을 것이다. 필드 이미지(81) 내에 수용된 파장의(및/또는 타겟 피치의) 범위가 제0 및 제1 회절 차수 사이의 거리의 공간적 범위에 상응하고, 다시 말해서 범위(λ_2/p 대 λ_1/p)에 상응한다.
- [0037] 조명 빔(100A, 100B)이 필드의 중심 주위에 대칭적으로 배치될 수 있을 것이고, 오버레이 신호가 하나의 조명 빔(예를 들어, 109A)로부터의 -1 회절 차수와 다른 조명 빔(예를 들어, 111B)으로부터의 +1 회절 차수 사이의

세기 차이로부터 유도될 수 있을 것이다. ± 1 회절 차수와 0 차수 사이의 퓨필 내의 거리가 파장 및 타겟 피치에 의존한다. ± 1 회절 차수가 가장 짧은 의도된 측정 파장에서 0 차수와 중첩되지 않도록 그리고 가장 긴 의도된 측정 파장에서 수집 개구 이내가 되도록, 타겟 피치가 선택될 수 있을 것이다. 회절의 방향이 회절된 차수가 다른 빔 또는 퓨필 내의 중앙 차단(하나가 존재하는 경우)과 중첩하는 것을 유도하지 않도록, 조명 빔(100)이 퓨필 내에 배치될 수 있을 것이다. 유리하게, 그러한 구성은, 주어진 타겟 피치에 대해서 이용하고자 하는 가장 큰 조명 파장의 범위가, 퓨필(105)의 중심을 차단하는 대물 렌즈와 양립될 수 있게 허용한다. 또한, 보다 큰 회절 차수가 개구에 의해서 부분적으로 절두되지(truncated) 않도록(절두가 측정 내로 미광(stray light)을 도입한다), 조명 빔이 각각의 측정 파장에 대해서 특이적으로(uniquely) 배치될 수 있을 것이다.

[0038] 도 8b는, 주어진 λ/p 비율에 대해서 실행되고 조명 빔(100A, 100B)을 가지는 조명 빔 쌍에 의해서 퓨필 지역 이용을 최대화하는 측정을 개략적으로 도시한다. 예를 들어, 주어진 0.74의 λ/p 비율에 대해서, 351-946 nm 범위 내의 피치가 각각의 260-700 nm의 파장에 대해서 이용되어, 차단된 중심(105)에서도, 퓨필 이용을 최적화할 수 있을 것이다. 조명 빔(100A, 100B)이 대향하는 4분체(quadrant) 내에서 퓨필의 중심 주위로 대칭적으로 배치될 수 있을 것이다. 오버레이 신호가 하나의 조명 빔(109A)으로부터의 -1 회절 차수와 다른 조명 빔(111B)으로부터의 +1 회절 차수 사이의 세기 차이로부터 유도될 수 있을 것이다. ± 1 회절 차수와 0 차수 사이의 퓨필 내의 거리가 파장 및 타겟 피치에 의존함에 따라, ± 1 회절 차수가 의도된 측정 파장에서 0 차수와 중첩되지 않고 수집 개구에 의해서 절두되지 않도록 타겟 피치가 선택될 수 있을 것이다.

[0039] 도 9a, 9b는, 발명의 일부 실시예에 따른, 파장-적응 가능 조명 패턴의 하이 레벨의 개략적인 도면이다. 도 10a, 10b는, 발명의 일부 실시예에 따른, 파장-최적화된 조명 패턴의 각각의 하이 레벨의 개략적인 도면이다.

[0040] 도 9a, 도 9b는 도 9a에서 도 8a와 유사한 조명을, 그리고 도 9b에서 도시된 거울형(mirrored) 조명와 함께 개략적으로 도시한다. 거울형 조명 빔들의 회절 이미지들이 각각 110E 및 110F(제0 차수) 그리고 각각의 빔의 ± 1 차수에 대한 109E, 111E 및 109F, 111F에 의해서 표시되어 있다.

[0041] 도 10a, 도 10b는 도 10a에서 도 8b와 유사한 조명을, 그리고 도 10b에서 도시된 거울형 조명와 함께 개략적으로 도시한다. 거울형 조명 빔들의 회절 이미지들이 각각 110E 및 110F(제0 차수) 그리고 각각의 빔의 ± 1 차수에 대한 109E, 111E 및 109F, 111F에 의해서 표시되어 있다.

[0042] 도 9a, 도 9b 또는 10a, 10b에 도시된 경우에, 서로 거울형인 2극 구성(즉, 조명 빔의 쌍을 이루는 배열)을 각각 가지는, 2개의 분리된 퓨필 이미지를 캡처하는 것에 의해서, 측정에 있어서의 완전한 대칭이 달성된다. 오버레이 신호가 2개의 +1 차수 및 2개의 -1 차수의 합계들 사이의 차이로부터 유도될 수 있을 것이다. 완전한 대칭이 오류 최소화를 위해서 바람직할 수 있을 것인데, 이는 분극(polarization) 회전과 같은 비대칭성 때문이다.

[0043] 임의의 개시된 실시예에서, 임의의 조명 빔이 아포다이제되어 각각의 회절 이미지의 공간적 분포를 최적화할 수 있을 것이다. 조명 빔 아포다이제이션이 빔들의 회절 이미지들 사이의 중첩을 감소시키도록 구성될 수 있을 것이다. 임의의 실시예에서, 개시된 즉, 퓨필 평면(71)에서 조명 빔(들)(100)의 위치를 결정하도록 구성된 패턴에 따른 퓨필 평면 패턴닝된 조명 마스크를 이용하여 그리고 가능하게는 조명 빔의 적절한 아포다이제이션을 포함하여, 조명 빔 패턴이 생성될 수 있을 것이다. 타겟 축을 벗어나 그리고 타겟 축에 직각인 축을 벗어나 퓨필 평면 내에 배치된 적어도 하나의 회절 이미지를 포함하는 스캐터로메트리 측정에서와 같이, 회절 이미지를 포함하는 스캐터로메트리 측정뿐만 아니라 빔(100)의 회절 이미지가 유사하게 본 개시 내용의 일부가 된다.

[0044] 도 9a, 10a를 비교하면, (필드 평면(83)에서의 타겟(60) 상의 조명 빔의 각도 범위에 따른) 조명 빔(100)의 각도 범위가, 조명 세기 및 측정가능한 λ/p 비율의 범위의 균형을 이루도록, 변경될 수 있다는 것을 주목하여야 할 것이다. 예를 들어, 각각의 조명 빔(100)에 의해서 점유된 퓨필 지역의 직경이 0.2 NA 이하(도 9a)와 0.4 NA 이상(도 10a) 사이의 범위가 될 수 있을 것이다. 퓨필 평면에서의 조명 빔(100)의 형상을 변경하여 조명을 증가시킬 수 있고, 그에 따라 주어진 타겟 특성에 대한 그리고 생산 및 측정 고려 사항에 대한 측정 민감도를 향상시킬 수 있다.

[0045] 도 11은, 발명의 일부 실시예에 따른, 이미징 퓨필 평면(18) 내에 몇 개의 회절 차수를 수용하는 것에 관한 하이 레벨의 개략적인 도면이다. 앞서서 제시된 도면에서와 같이, 입력 퓨필 이미지(71)가, 조명 빔(100)의 형태 및 위치를 결정하는 아포다이저 마스크로서 이해될 수 있을 것이다. 타겟 매개변수(예를 들어, 피치) 및 조명 매개변수(예를 들어, 빔(100)의 파장, 범위 및 각도)가, 각각의 빔의 회절 차수의 특정한 수를 이미징 퓨필 평면(81)의 NA 내에서 수용하도록 구성될 수 있을 것이다. 도시된 예에서, 타겟 및 조명 매개변수가 이미징 퓨필

평면(81) 내에서 조명 빔의 제0, 제1, 및 제2 차수 회절 이미지를, 구체적으로 - 빔(100A)의 110A 제0 차수, 109A 제1 (-1) 차수, 108A 제2 (-2) 차수 회절 이미지; 빔(100B)의 110B 제0 차수, 111B 제1 (+1) 차수, 112B 제2 (+2) 차수 회절 이미지 - 를 포함하도록 구성된다. 특정 실시예에서, 보다 큰 수의 회절 이미지 차수가 이미징 필드 평면(81)의 NA 내에 있도록 구성될 수 있고 및/또는 상이한 측정 방향들을 따른 이미지의 둘 이상의 회절 차수가 이미징 필드 평면(81)의 NA 내로 수용될 수 있을 것이다.

[0046] 특정 실시예에서, 이미징 필드의 NA 내에서 제1 차수 초과 회절 차수를 수용하는 것은, 타겟 천이(shift)(설계된 오버레이(F_0)) 선택을 최적화하는 것에 의해서, 오버레이 스캐터로메트리 측정의 정확도를 개선한다. 현재의 스캐터로메트리 오버레이(SCOL) 타겟 설계가 0차 및 1차 SCOL에 대해서 최적화되어 있지만, 본 개시 내용, 개시된 조명 패턴을 통해서, 측정의 정확도를 개선하는, 더 높은 차수의 회절 이미지에 대해서 최적화된 SCOL 타겟을 더 포함한다. 예를 들어, 개시된 발명은, 제0 및 제1 차수 이미지를 이용할 때, 오버레이 오류로서 스스로를 나타내는, 오버레이 이외의 프로세스 변동을 식별 및 정량화할 수 있게 한다. 예를 들어, 개시된 발명은, 설계-규칙과 양립할 수 없는, 또는 전형적인 장치 피치 보다 큰 피치를 가지는 타겟으로부터 초래되는 타겟 이탈(aberration)을 측정할 수 있게 한다.

[0047] 도 12a-12c는, 발명의 일부 실시예에 따른 방법(200)을 도시한 하이 레벨의 개략적인 흐름도이다. 방법(200)은 이하의 스테이지 중 임의의 스테이지를 포함할 수 있을 것이고, 조명 패턴을 설계하는 것, 실제 조명을 제어하는 것, 그리고 결과적인 스캐터로메트리 이미지를 측정하는 것을 포함한다.

[0048] 방법(200)이, 타겟 평면 상의 수직 투사의 평행 성분 및 직각 성분 모두를 가지는 조명 빔(들)으로 스캐터로메트리 타겟을 조사하는 것(스테이지(210))을 포함할 수 있을 것이다. 달리 설명하면, 방법(200)이, 타겟의 측정 방향에 의해서 형성된 평면을 벗어나는 그리고 타겟에 직각인 조명 전파 방향을 구성하는 것(스테이지(212))을 포함할 수 있을 것이다. 방법(200)이 대향 조명 빔들의 하나 이상의 쌍으로 타겟을 조사하는 것(스테이지(220))을 더 포함할 수 있을 것이다.

[0049] 방법(200)이, 2개의 측정 방향을 따른 타겟의 스캐터로메트리 측정을 허용하도록 조명 빔을 배치하는 것(스테이지(230))을 포함할 수 있을 것이다. 방법(200)이 대향 조명 빔들의 하나, 둘 또는 그 초과 쌍을 이용하는 것을 포함할 수 있을 것이다. 방법(200)이: 타겟 축을 벗어나게 그리고 타겟 축에 직각인 축을 벗어나게 필드 평면 내에서 조명 빔을 배치하는 것(스테이지(240)), 필드 평면의 둘레에 조명 빔(들)을 배열하는 것(스테이지(250)), 그리고 필드 평면에서 조명 빔(들)의 위치를 결정하도록 필드 조명 마스크를 구성하는 것(스테이지(260)) 중 임의의 것을 포함할 수 있을 것이다.

[0050] 특정 실시예에서, 방법(200)이 특정 범위의 파장 대 피치 비율 내에서 타겟의 측정가능한 제1 차수 회절 이미지(들)을 산출하도록 조명 빔(들)을 배치하는 것(스테이지(270)), 그리고 가능한 경우에 타겟의 측정가능한 제2 차수 회절 이미지(들)을 산출하도록 조명 빔(들)을 배치하는 것(스테이지(280))을 포함할 수 있을 것이다. 방법(200)이, 이미징 필드 평면 내에서 각각의 빔의 특정 수의 회절 차수를 수용하도록 타겟 및 조명 매개변수를 구성하는 것(스테이지(282))을 더 포함할 수 있을 것이다.

[0051] 방법(200)이, 빔들의 회절 이미지들 사이의 중첩을 감소시키기 위해서 조명 빔의 아포다이제이션을 구성하는 것(스테이지(290))을 더 포함할 수 있을 것이다. 특정 실시예에서, 아포다이제이션이 빔의 진폭 및/또는 위상에 대한 것일 수 있을 것이고, 방법(200)이 타겟 상의 각각의 조명 스폿의 크기를 최소화하면서, 빔의 회절 이미지들 사이의 중첩을 감소시키도록 아포다이제이션을 구성하는 것(스테이지(295))을 더 포함할 수 있을 것이다.

[0052] 방법(200)이, 타겟에서 회절된 각각의 조명 빔(들)의 회절 이미지(들)를 측정하는 것(스테이지(300))을 포함할 수 있을 것이다.

[0053] 특정 실시예에서, 방법(200)이 결과적인 회절 이미지를 측정하기 위해서 이용되는 시간 프레임(frame) 내에서 조명 빔들을 순차적으로 인가하는 것(스테이지(310))을 더 포함할 수 있을 것이다. 예를 들어, 2개의 조명 빔(100)의 경우에, 빔(100A, 100B)에 의한 조명 사이의 시간적인 중첩이 없이 또는 부분적인 시간적인 중첩이 있는 상태에서, 제1 빔(예를 들어, 100A)이 시간 프레임의 제1의 절반 중에 타겟(60)을 조사하도록 구성될 수 있을 것인 한편, 제2 빔(예를 들어, 100B)이 시간 프레임의 제2의 절반 중에 타겟(60)을 조사하도록 구성될 수 있을 것이다. 4개의 조명 빔(100A-D)의 경우에, 각각의 빔이 측정 프레임의 부분으로 할당될 수 있거나, 임의의 빔들이 커플링되어, 예를 들어, 타겟(60)을 조사하기 위해서 이용되는, 하나의 시간에 하나의 쌍을 형성할 수 있거나 각각의 쌍의 순차적인 빔을 형성할 수 있을 것이다. 검출기 상의 2개의 노드로부터의 광의 상호 작용으로부터 초래되는 임의의 간섭 효과를 제거하도록, 빔의 시간적인 구성이 선택될 수 있을 것이다. 누화(cross

talk)는, 하나의 노드로부터의 광이 다른 노드의 관심 영역에 어떻게든 도달하는 상황이다. 이러한 구현예에서, 누화는 별개의 시간 적분된 세기들의 합계이다. 예를 들어, 특정 실시예에서, 방법(200)이 각각의 조명 빔으로부터 순차적인 회절 이미지를 캡처하는 것(스테이지(315))을 더 포함할 수 있을 것이다. 쌍 내의 조명 빔들이 스위칭되어 타겟을 순차적으로 그리고 비동시적으로 조사할 수 있을 것이고, 그에 의해서 각각의 조명 소스들 및 회절된 이미지들 사이의 임의의 간섭을 상쇄시킬 수 있을 것이다. 예를 들어, 하나의 조명 빔이 스위치 온될 수 있을 것이고, 이러한 빔으로부터 초래되는 회절 차수(예를 들어, ± 1 , ± 2 , 등 중 일부)가 검출기에 의해서 캡처될 수 있을 것이며, 이어서 이러한 빔이 스위치 오프되고, 쌍 중의 다른 조명 빔이 스위치 온될 수 있을 것이고, 그에 의해서 생성되는 회절 차수를 캡처할 수 있을 것이다. 특징의 구성으로 조명 빔을 스위칭하는 임의의 순서가 이용될 수 있을 것이다. 검출기가 연속적으로 동작하여, 모든 개별적인 조명 빔으로부터 초래되는 회절 이미지를 검출할 수 있을 것이다. 분명하게, 순차적인 조명이 또한 동시적인 조명과 비교될 수 있을 것이다. 조명 빔이 또한 쌍으로, 예를 들어, 상이한 측정 방향들을 따라서 인가될 수 있을 것이다.

[0054] 특정 실시예에서, 방법(200)이 조명 빔 중 적어도 하나를 비간섭성(incoherent)이 되도록 구성하는 것(스테이지(320))을 더 포함할 수 있을 것이다. 누화가 별개의 시간 적분된 세기들의 합계와 동일해지도록 하기 위해서, 비간섭성 조명이 또한 이용될 수 있을 것이다.

[0055] 개시된 발명은 방법(200)의 임의의 스테이지를 실시하는 스캐터로메트리 시스템 및 모듈, 회절 이미지뿐만 아니라 각각의 조명 마스크, 그리고 방법(200)에 의해서 유도된 스캐터로메트리 측정을 더 포함한다.

[0056] 유리하게, 개시된 발명은 보다 긴 파장을 이용한 측정을 가능하게 하고, 이는 이전에 접근할 수 없었던 반도체 층의 탐사를 허용한다. 개시된 발명은 보다 작은 피치 격자를 이용한 측정을 더 가능하게 하고, 이는, 그들의 임계적 치수가 웨이퍼의 다른 요소의 임계적 치수에 근접함에 따라서, 그에 따라 계통적인 오류를 감소시킴에 따라서 유리하다. 개시된 발명은 단일 방법 및/또는 구현예로 보다 넓은 범위의 파장을 이용한 측정을 추가적으로 가능하게 하며, 이는, 상이한 파장들이 접근 가능한 상이한 층들에 대해서 하나의 조명 패턴이 이용됨에 따라, 동작적인 탄력성을 허용한다. 마지막으로, 개시된 발명은 더 넓은 범위의 피치 격자를 이용한 측정을 가능하게 하고, 이는, 하나의 조명 패턴이 상이한 타겟들에 대해서 이용될 수 있음에 따라, 동작적인 탄력성을 허용한다.

[0057] 특정 실시예에서, 이전에 공지된 대칭적인 4극에 비교(예를 들어, 도 4를 도 1과 비교)할 때, 빔(100)이 보다 작은 스폿 크기를 갖는다. 보다 작은 스폿 크기는 보다 작은 타겟을 허용한다. 그 대신에, 동일한 크기의 타겟에 대한 보다 작은 스폿 크기는, 타겟 연부(edge) 효과가 감소됨에 따라, 성능을 높인다. 그 대신에, 조명 스폿이 타겟의 보다 큰 부분에 걸쳐 스캐닝될 수 있기 때문에, 그에 따라 가장 큰 공간적 평균이 타겟 노이즈의 영향을 감소시키는 역할을 함에 따라, 동일한 크기의 타겟에 대한 보다 작은 스폿 크기가 성능을 높인다.

[0058] 기생(parasitic) 격자는, 타겟의 일차적인 구조물로부터 초래되는 회절 각도와 상이한 각도로 조명의 일부를 회절시키는, 타겟 내에 매립된 이차적인 구조물이다. 타겟 격자 막대(bar)의 단편화(segmentation)가 부가적인 신호를 도입할 수 있거나 주요 타겟 격자로부터 초래되는 신호를 변경할 수 있을 것이다. 개시된 발명의 특정 실시예가 기생 격자에 대해서 덜 민감하다.

[0059] 유리하게, 개시 내용이 현재의(current) 측정 기술 및 그러한 것을 이용하는 도구(Archer500LCM와 같음)의 용도를 확장하여, 특정 실시예에서 단순히 현재 설치된 조명 필름 마스크를 대체하기 위한 새로운 조명 필름 마스크를 준비하는 것에 의해서, 오늘날 접근 가능하지 않은 층 내의 오버레이의 측정을 가능하게 할 수 있다. 알고리즘 및 소프트웨어의 적응이 직관적이고(straightforward) 그에 따라 본 개시 내용의 일부로서 간주된다.

[0060] 전술한 설명에서, 실시예는 발명의 예 또는 구현예이다. "일 실시예", "실시예", "특정 실시예" 또는 "일부 실시예"의 다양한 언급 모두가 반드시 동일한 실시예를 지칭하는 것이 아니다.

[0061] 비록 발명의 여러 가지 특징이 단일 실시예의 맥락으로 설명되었을 수 있지만, 그러한 특징이 또한 별개로 또는 임의의 적합한 조합으로 제공될 수 있을 것이다. 역으로, 비록 명료함을 위해서 발명이 본원에서 별개의 실시예의 맥락으로 설명되었을 수 있지만, 발명이 또한 단일 실시예로 이용될 수 있을 것이다.

[0062] 발명의 특정 실시예가 전술한 상이한 실시예들로부터의 특징들을 포함할 수 있을 것이고, 특정 실시예가 전술한 다른 실시예들로부터의 요소들을 포함할 수 있을 것이다. 특정 실시예의 맥락에서의 발명의 개시된 요소가 특정 실시예에서만 이용되는 것으로 제한되지 않아야 할 것이다.

[0063] 또한, 발명이 다양한 방식으로 실시 또는 실행될 수 있다는 것 그리고 발명이 전술한 설명에서 설명된 것과 다

른 특정 실시예에서 이용될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

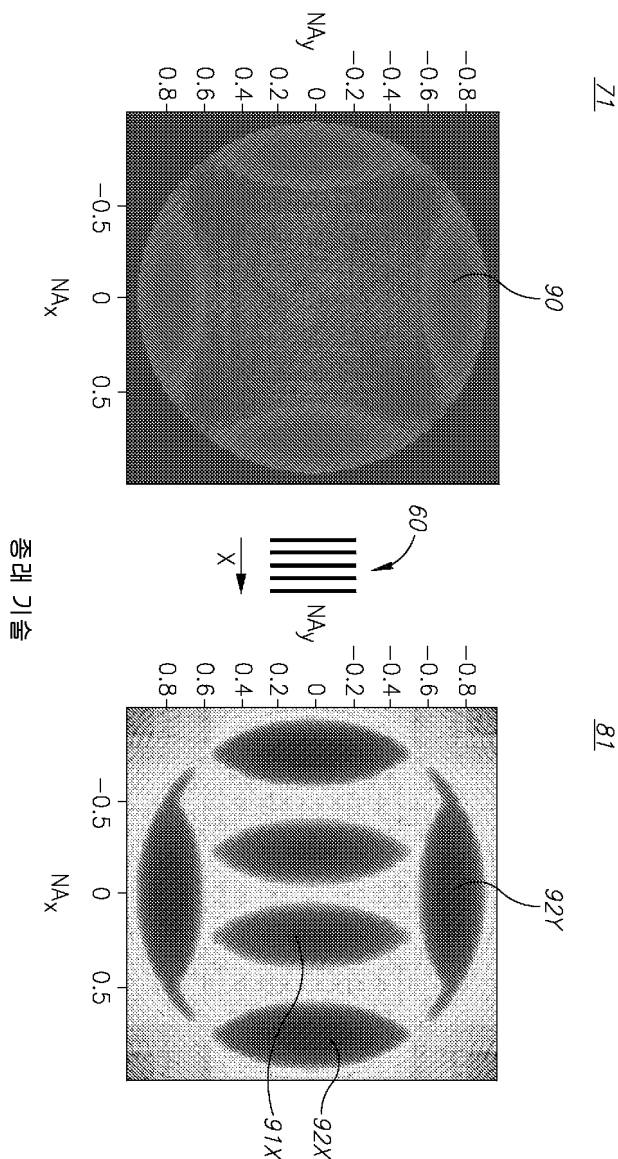
[0064] 발명은 그러한 도면 또는 상응하는 설명으로 제한되지 않는다. 예를 들어, 흐름이 반드시 각각의 도시된 상자 또는 상태를 통해서, 또는 도시되고 설명된 것과 정확히 동일한 순서로 이루어질 필요가 없다.

[0065] 본원에서 사용된 기술적 및 과학적 용어의 의미는, 달리 규정되는 바가 없는 경우에, 발명이 속하는 기술 분야의 당업자가 일반적으로 이해하는 것이다.

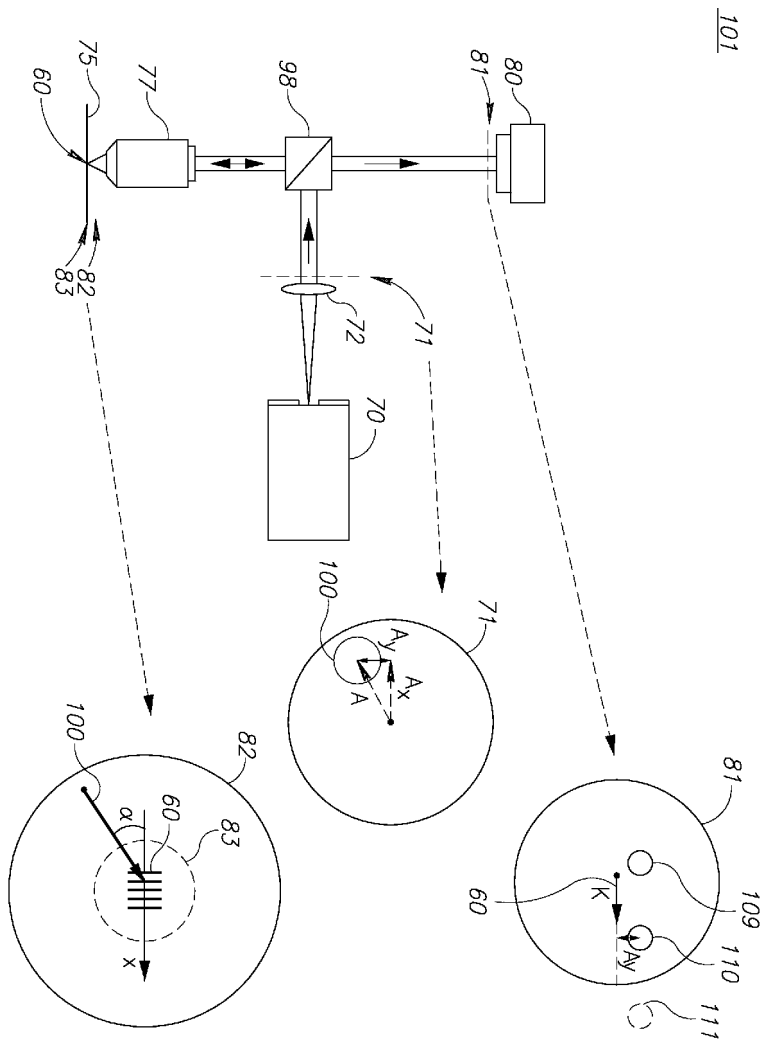
[0066] 발명이 제한된 수의 실시예에 대해서 설명되었지만, 그러한 실시예가 발명의 범위에 대한 제한으로서 간주되지 않아야 하고, 오히려 일부 바람직한 실시예의 예시로서 간주되어야 한다. 다른 가능한 변경, 수정, 및 적용이 또한 발명의 범위에 포함된다. 따라서, 발명의 범위가, 이제까지 설명된 것에 의해서 제한되지 않아야 하고, 첨부된 청구항 및 그들의 법률적 균등물에 의해서 제한되어야 할 것이다.

도면

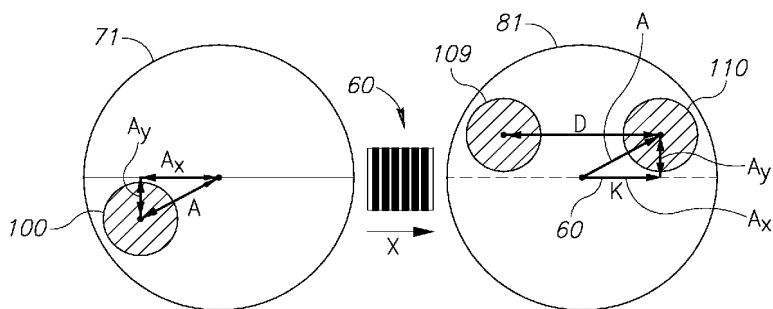
도면1



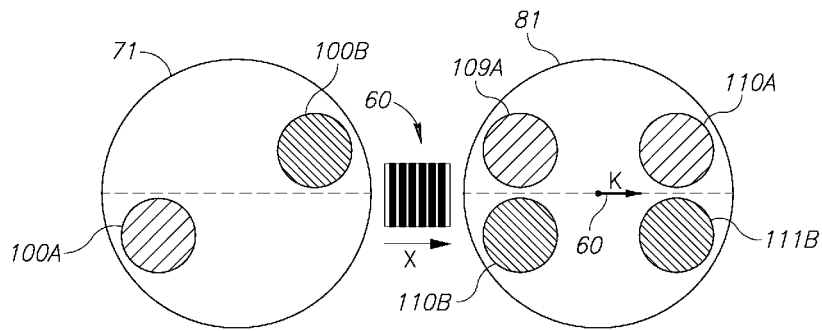
도면2



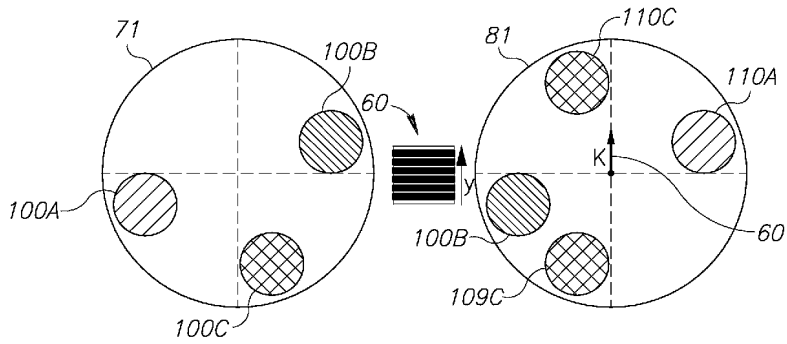
도면3a



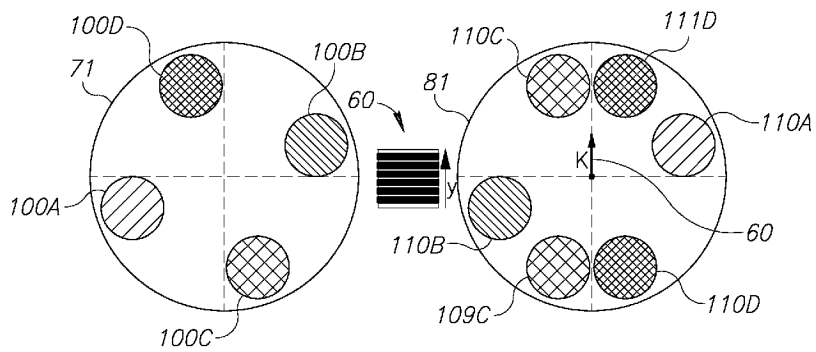
도면3b



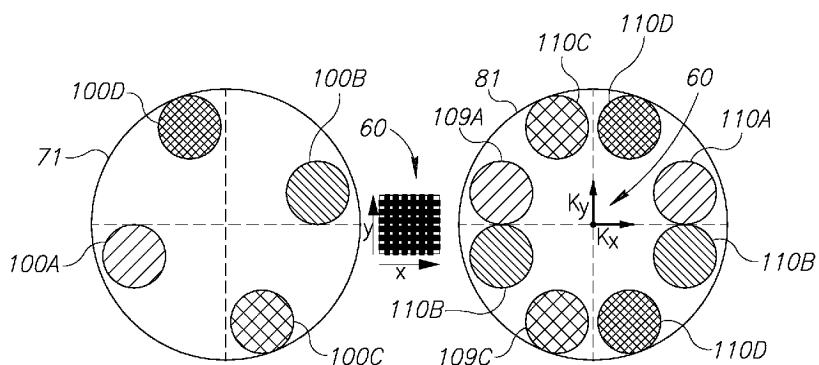
도면3c



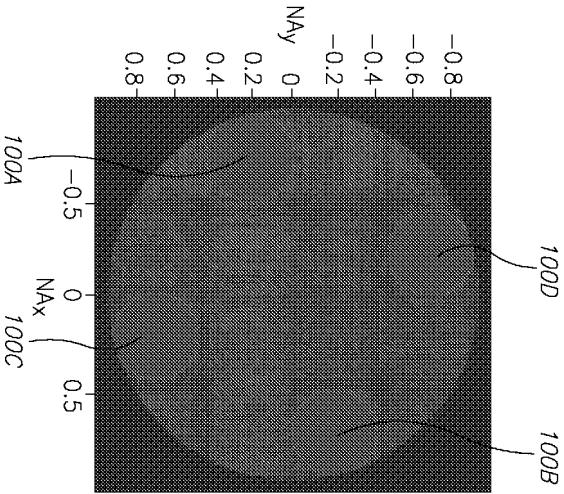
도면3d



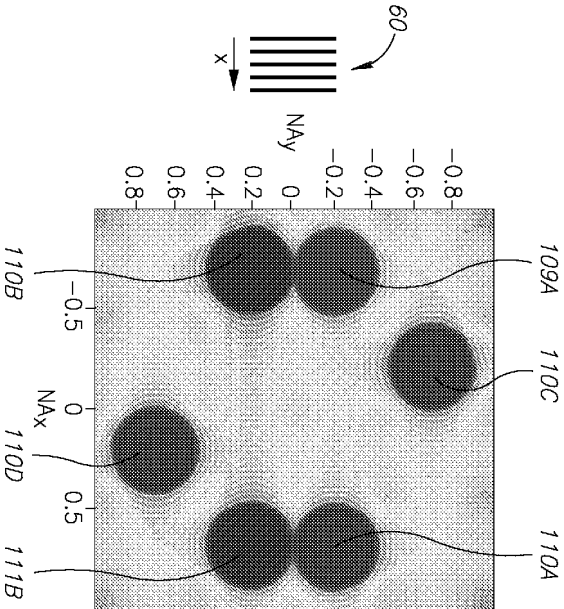
도면3e



도면4



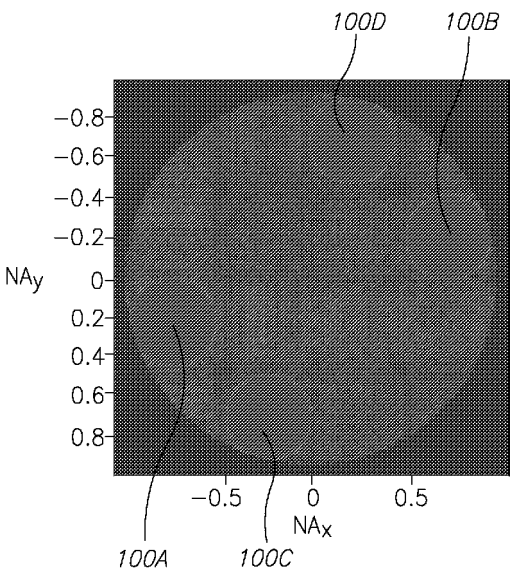
71



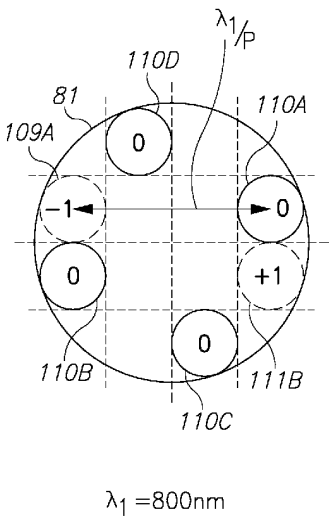
81

도면5

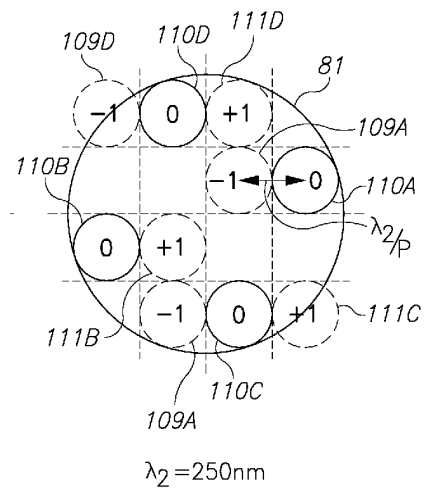
71



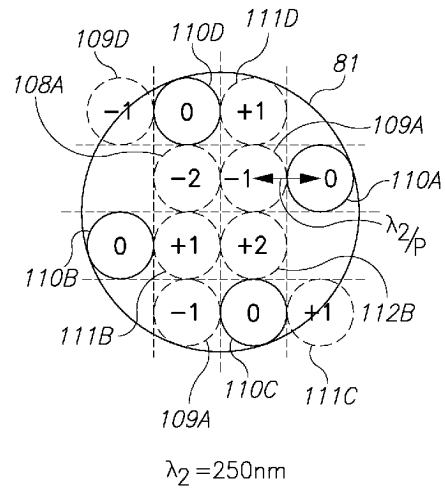
도면6a



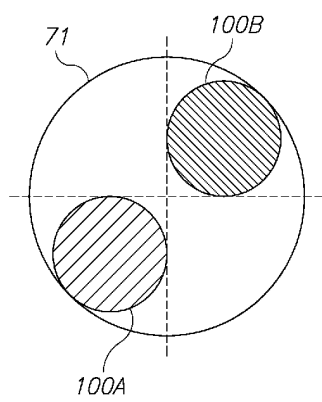
도면6b



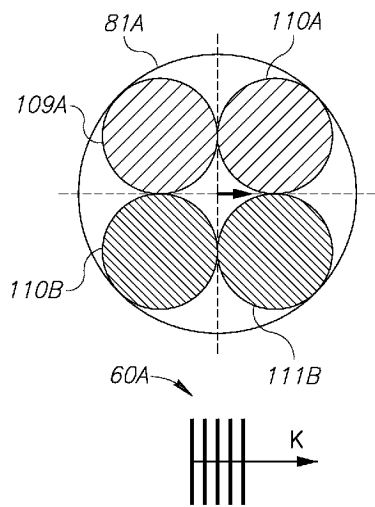
도면6c



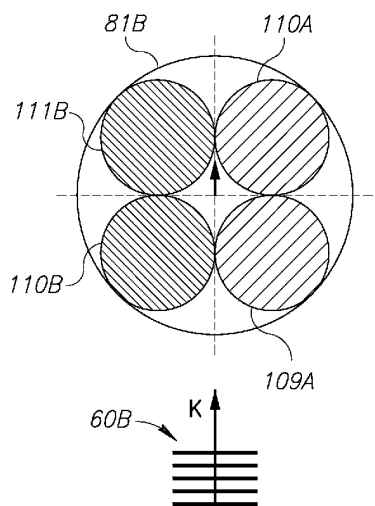
도면7a



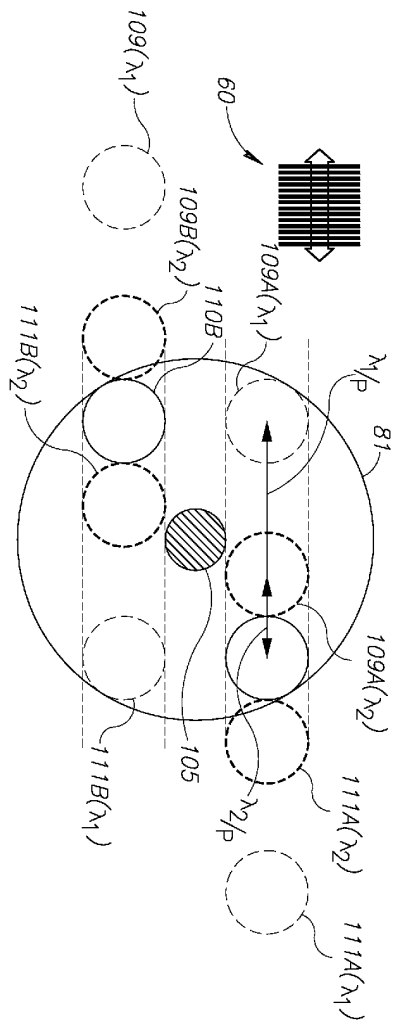
도면7b



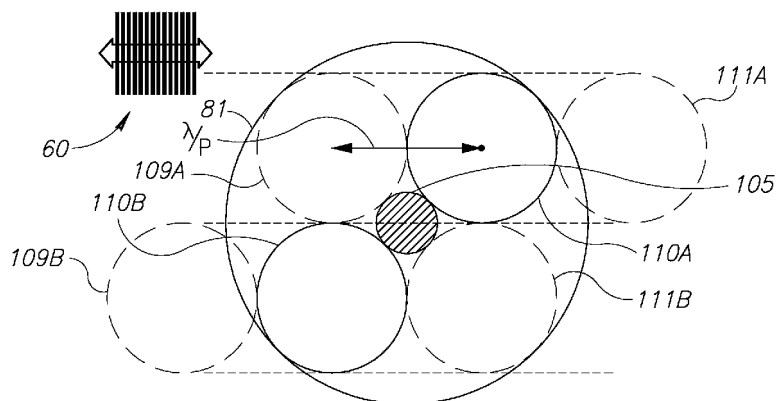
도면7c



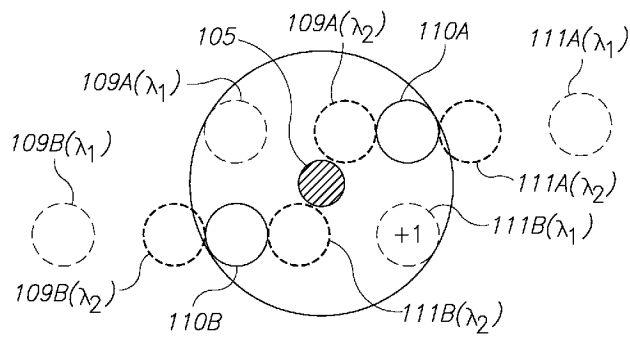
도면8a



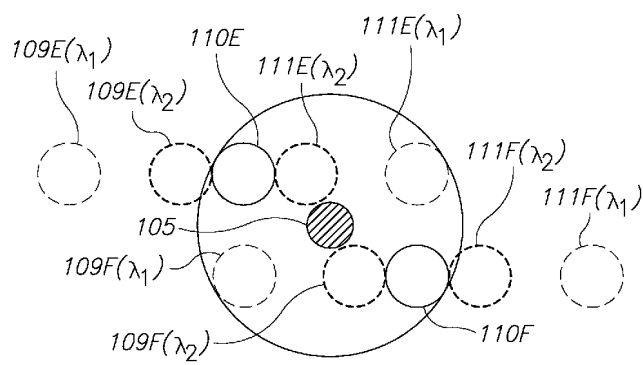
도면8b



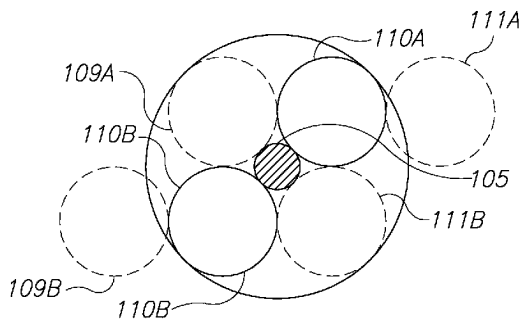
도면9a



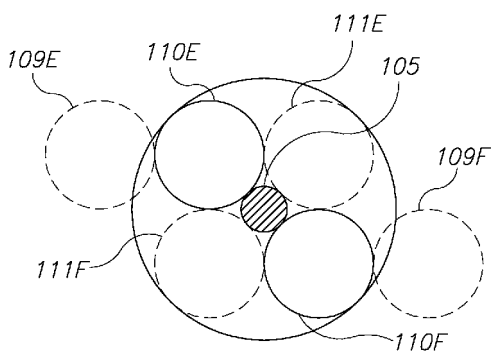
도면9b



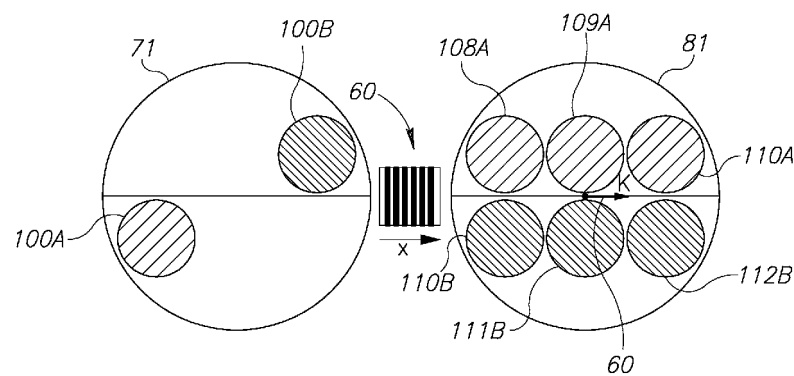
도면10a



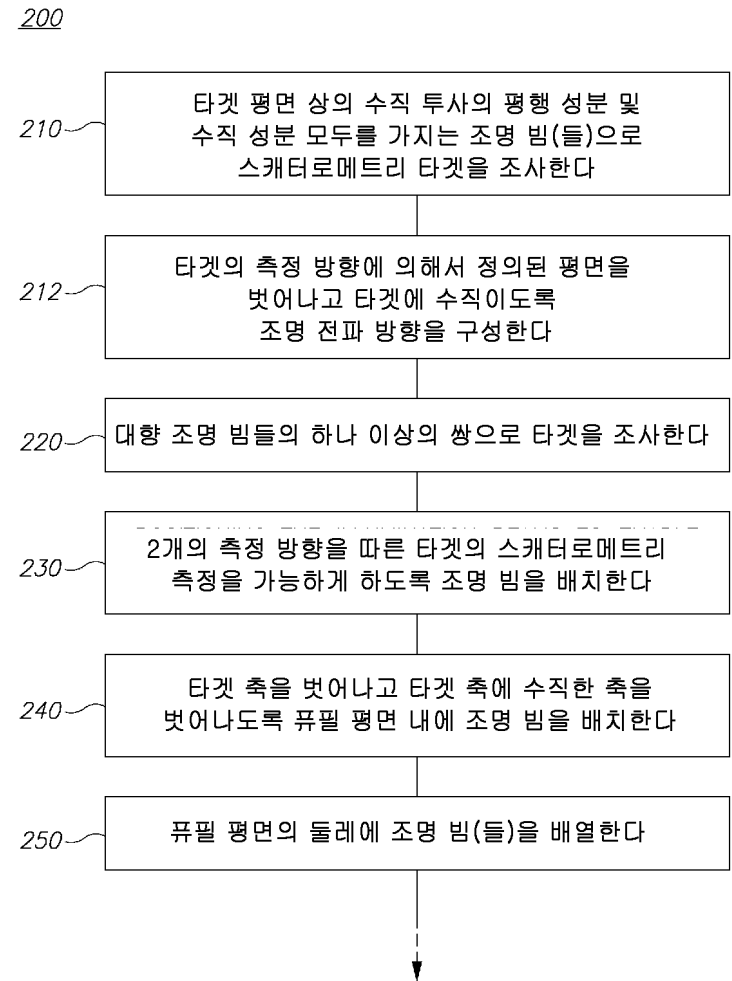
도면10b



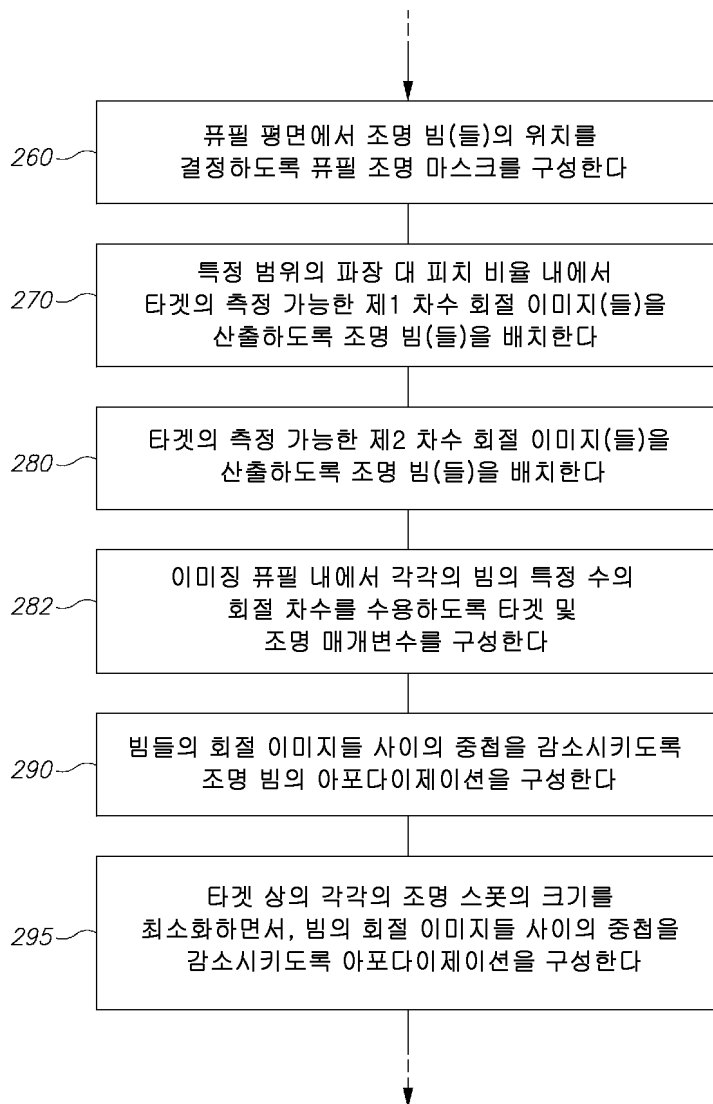
도면11



도면12a



도면12b



도면12c

