



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년02월19일  
(11) 등록번호 10-2079419  
(24) 등록일자 2020년02월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 21/95 (2006.01) G01N 21/17 (2006.01)  
G01N 21/88 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 21/9501 (2013.01)  
G01N 21/8806 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-7031590  
(22) 출원일자(국제) 2014년04월03일  
심사청구일자 2019년04월02일  
(85) 번역문제출일자 2015년11월03일  
(65) 공개번호 10-2015-0137123  
(43) 공개일자 2015년12월08일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2014/032842  
(87) 국제공개번호 WO 2014/165680  
국제공개일자 2014년10월09일  
(30) 우선권주장  
61/807,753 2013년04월03일 미국(US)  
14/226,745 2014년03월26일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US20050156098 A1\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
케이엘에이 코포레이션  
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크  
놀로지 드라이브  
(72) 발명자  
랑게 스티븐 알  
미국 캘리포니아주 94507 알라모 인클라인 그린  
레인 51  
다넨 로버트 엠  
미국 캘리포니아주 94566 플레젠튼 실바너 드라이브  
787  
팔롬바 스테파노  
미국 캘리포니아주 95126 산 호세 유닛 2128 부시  
스트리트 88  
(74) 대리인  
김태홍, 김진희

전체 청구항 수 : 총 22 항

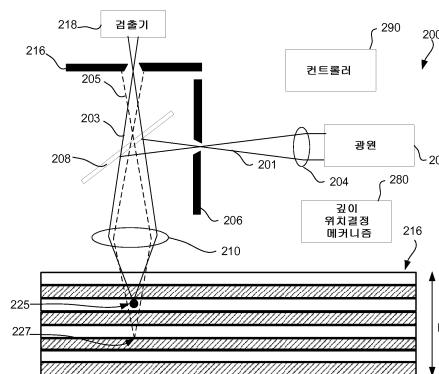
심사관 : 한별

(54) 발명의 명칭 수직 스택 메모리에서 결함 깊이를 결정하기 위한 장치 및 방법

(57) 요약

복수의 층의 수직 반도체 스택을 검사하기 위한 방법 및 장치가 개시된다. 그 방법은, (a) 공초점 툴(confocal tool) 상에서, 제1 수직 스택의 복수의 상이한 깊이의 복수의 초점 면에 조명 빔을 반복적으로 포커싱하는 단계로서, 상이한 깊이 중 미지의 깊이에 결함이 존재하고 조명 빔은 약 700nm와 약 950nm 사이의 파장 범위를 가지는 것인 포커싱하는 단계; (b) 상이한 깊이에서 제1 수직 스택으로부터 검출되는 정초점(in-focus) 출력 광에 기초하여 상이한 깊이에 대한 복수의 정초점 이미지를 생성하는 단계로서, 초점을 벗어난 출력 광은 공초점 시스템의 검출기에 도달하는 것이 금지되고 정초점 이미지의 생성에 기여하는 것이 금지되는 것인 복수의 정초점 이미지를 생성하는 단계; 및 (c) 상이한 깊이 중, 결함이 제1 수직 스택에 위치되는 어느 하나의 깊이를, 정초점 이미지에 기초하여 결정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

**H01L 22/12** (2013.01)  
*G01N 2021/1785* (2013.01)  
*G01N 2201/0636* (2013.01)  
*G01N 2201/0639* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

US20080151226 A1\*  
US20020188917 A1  
US20080174784 A1  
US20110182496 A1  
US7659975 B1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법에 있어서,

(a) 공초점 툴(confocal tool) 상에서, 복수의 패턴화된 층을 갖는 제1 수직 스택 구조체의 복수의 상이한 깊이들에서의 동일한 특정 xy 위치 및 복수의 초점 면에 조명 빔을 반복적으로 포커싱하는 단계 - 상기 상이한 깊이들은, 상기 제1 수직 스택 구조체의 상부 표면으로부터, 상기 제1 수직 스택 구조체의 복수의 패턴화된 층들을 통해, 상기 제1 수직 스택 구조체의 하부까지의 증분적(incremental) z 위치들에 대응하며, 상기 상이한 깊이들 중 미지의(unknown) 깊이에 결함이 위치되며, 상기 조명 빔은 700nm와 950nm 사이의 파장 범위를 가짐 - 와,

(b) 상기 상이한 깊이들에서 상기 제1 수직 스택 구조체로부터 검출된 정초점(in-focus) 출력 광에 기초하여 상기 상이한 깊이들에 대한 복수의 정초점 이미지들을 생성하는 단계 - 초점을 벗어난(out-focus) 출력 광은 공초점 시스템의 검출기에 도달하는 것이 금지되고, 상기 정초점의 생성에 기여하는 것이 금지됨 - 와,

(c) 상기 결함이 상기 제1 수직 스택 구조체에 위치되는 상이한 깊이들 중 어느 하나의 깊이를 상기 정초점 이미지들에 기초하여 결정하는 단계

를 포함하는 수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 초점을 벗어난 출력 광은, 700nm와 950nm 사이의 상기 파장 범위에서의 상기 초점을 벗어난 출력 광이 상기 검출기에 도달하는 것을 차단하도록 위치가 결정되고 치수가 정해지는 출력 애퍼처 모듈에 의해, 상기 공초점 툴의 상기 검출기에 도달하는 것이 금지되는 것인 수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 결함은 상기 공초점 툴과는 상이한 다른 검사 툴을 사용하여 상기 제1 수직 스택 구조체에서 검출되었고, 상기 결함은 상기 제1 수직 스택 구조체에 대한 상기 결함의 깊이를 결정하지 않고 검출되었던 것인 수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 정초점 이미지들에 기초하여, 상기 결함이 상기 제1 수직 스택 구조체에 위치되는 상기 상이한 깊이들 중 어느 하나의 깊이를 결정하기 전에 상기 정초점 이미지들에 기초하여 상기 결함을 검출하는 단계를 더 포함하는 수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 상기 결함이 상기 제1 수직 스택 구조체에 위치되는 상기 상이한 깊이들 중 어느 하나의 깊이를 결정하는 단계는, 상기 정초점 이미지들 중 특정의 하나의 이미지가 가장 뚜렷한 콘트라스트를 갖는다고 결정하는 단계 및 상기 특정의 정초점 이미지의 대응하는 깊이를 상기 결함의 깊이로서 정의하는 단계를 포함하는 것인 수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 정초점 이미지에 기초하여 상기 결함의 분류를 결정하는 단계 또는 상기 결함의 재료를 구별하는 단계를 더 포함하는 수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 공초점 툴 상에서, 복수의 제2 수직 스택 구조체의 각각의 복수의 제2 상이한 깊이들에서의 복수의 제2 초

점 면에 하나 이상의 조명 빔을 반복적으로 포커싱하는 단계;

상기 제2 상이한 깊이들에서의 상기 제2 수직 스택 구조체로부터 검출되는 정초점 출력 광에 기초하여 상기 제2 상이한 깊이들에 대한 복수의 제2 정초점 이미지들을 생성하는 단계 - 초점을 벗어난 출력 광은 공초점 시스템의 검출기에 도달하는 것이 금지되고 상기 제2 정초점 이미지들의 생성에 기여하는 것이 금지됨 - 와,

상기 제2 수직 스택 구조체에서 하나 이상의 제2 결함을 검출하는 단계와,

각각의 검출된 제2 결함에 대해, 상기 제2 정초점 이미지들에 기초하여 제2 결함이 위치되는 상기 상이한 깊이들 중 어느 하나의 깊이를 결정하는 단계

를 더 포함하는 수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법.

### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2 수직 스택 구조체의 상기 제2 초점 면에 복수의 조명 빔이 동시에 포커싱되는 것인 수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법.

### 청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제1 수직 스택 구조체는, 산화물 재료, 및 질화물 재료 또는 폴리실리콘 재료 중 어느 하나로 형성된 복수의 교대하는 패터화된 층들을 갖는 3차원 메모리 구조체인 것인 수직 스택 구조체를 검사하기 위한 방법.

### 청구항 10

수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템에 있어서,

복수의 패터화된 층을 갖는 제1 수직 스택 구조체의 복수의 상이한 깊이들에서의 동일한 특정 xy 위치 및 복수의 초점 면에 조명 빔을 반복적으로 포커싱하기 위한 조명 광학 모듈 - 상기 상이한 깊이들은, 상기 제1 수직 스택 구조체의 상부 표면으로부터, 상기 제1 수직 스택 구조체의 복수의 패터화된 층들을 통해, 상기 제1 수직 스택 구조체의 하부까지의 증분적 z 위치들에 대응하며, 상기 상이한 깊이들 중 미지의 깊이에 결함이 위치되며, 상기 조명 빔은 700nm와 950nm 사이의 파장 범위를 가짐 - 과,

상기 상이한 깊이들에 포커싱되는 상기 포커싱된 조명 빔에 응답하여 상기 복수의 상이한 깊이들로부터 정초점 출력 광을 수집하기 위한 수집 광학 모듈과,

상기 복수의 상이한 깊이들로부터 수집되는 상기 정초점 출력 광을 검출하기 위한 검출기 - 상기 수집 광학 모듈은 또한, 초점을 벗어난 출력 광이 정초점 이미지들의 생성에 기여하는 것을 금지하기 위해 상기 초점을 벗어난 출력 광이 상기 검출기에 도달하는 것을 금지하도록 배치됨 - 와,

컨트롤러를 포함하며,

상기 컨트롤러는,

상기 상이한 깊이들에서의 상기 제1 수직 스택 구조체로부터 검출되는 정초점 출력 광에 기초하여 상기 상이한 깊이들에 대한 복수의 정초점 이미지들을 생성하는 동작; 및

상기 결함이 상기 제1 수직 스택 구조체에 위치되는 상기 상이한 깊이들 중 어느 하나의 깊이를 상기 정초점 이미지들에 기초하여 결정하는 동작을 수행하도록 동작가능한 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 조명 광학 모듈은 조명 애퍼처 모듈을 포함하고 상기 수집 광학 모듈은 출력 애퍼처 모듈을 포함하는 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 조명 애퍼처 모듈 및 상기 출력 애퍼처 모듈의 각각은, 고정된 핀홀 또는 슬릿 어레이의 형태인 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 13**

제11항에 있어서,

상기 조명 애퍼처 모듈 및 상기 출력 애퍼처 모듈의 각각은, 샘플의 초점 면 영역에 걸쳐 상기 포커싱된 조명 빔을 주사하기 위한 회전하는 니프코(Nipkow) 디스크의 형태인 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 14**

제11항에 있어서,

상기 조명 애퍼처 모듈 및 상기 출력 애퍼처 모듈의 각각은, 샘플의 초점 면 영역에 걸쳐 상기 포커싱된 조명 빔을 주사하기 위한 프로그래밍가능한 공간 변조기의 형태인 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 15**

제11항에 있어서,

상기 조명 애퍼처 모듈은, 700nm와 950nm 사이의 상기 파장 범위의 상기 초점을 벗어난 출력 광이 상기 검출기에 도달하는 것을 차단하도록 위치가 결정되고 치수가 정해지는 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 16**

제10항에 있어서,

상기 조명 광학 모듈은, 샘플의 초점 면 영역에 걸쳐 상기 포커싱된 조명 빔을 주사하기 위한 하나 이상의 갈바닉 미러(galvanic mirror)를 포함하는 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 17**

제10항에 있어서,

상기 결함은 공초점 통과를 상이한 다른 검사 툴을 사용하여 상기 제1 수직 스택 구조체에서 검출되었고, 상기 결함은 상기 제1 수직 스택 구조체에 대한 상기 결함의 깊이를 결정하지 않고 검출되었던 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 18**

제10항에 있어서,

상기 컨트롤러는 또한, 상기 결함이 상기 제1 수직 스택 구조체에 위치되는 상기 상이한 깊이들 중 어느 하나의 깊이를 상기 정초점 이미지들에 기초하여 결정하기 이전에, 상기 정초점 이미지들에 기초하여 상기 결함을 검출하도록 동작가능한 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 19**

제10항에 있어서,

상기 결함이 상기 제1 수직 스택 구조체에 위치되는 상기 상이한 깊이들 중 어느 하나의 깊이를 결정하는 것은, 상기 정초점 이미지 중 특정한 하나가 가장 뚜렷한 콘트라스트를 갖는다는 것을 결정하는 것 및 상기 특정한 정초점 이미지의 대응하는 깊이를 상기 결함의 상기 깊이로서 정의하는 것을 포함하는 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 20**

제10항에 있어서,

상기 컨트롤러는 또한, 상기 정초점 이미지에 기초하여 상기 결함의 분류를 결정하거나 또는 상기 결함의 재료를 구별하도록 동작가능한 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 21**

제10항에 있어서,

상기 시스템은 결함들을 리뷰하기 위한 공초점 리뷰 모듈의 형태이며, 상기 시스템은 비공초점 검사 모드를 사용하여 결함들을 검출하기 위한 검사기 모듈을 더 포함하는 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**청구항 22**

제10항에 있어서, 상기 제1 수직 스택 구조체는, 산화물 재료, 및 질화물 재료 또는 폴리실리콘 재료 중 어느 하나로 형성된 복수의 교대하는 패턴화된 층들을 갖는 3차원 메모리 구조체인 것인 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

- [0001] 관련 출원의 상호 참조
- [0002] 본 출원은 2013년 4월 3일자로 출원된 미국 특허 가출원 제61/807,753호에 대한 우선권을 주장하며, 상기 가출원은 모든 목적에 대해 그 전체가 참조에 의해 본원에 통합된다.
- [0003] 발명의 기술 분야
- [0004] 본 발명은 일반적으로 웨이퍼 및 레티클 검사 시스템의 분야에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 수직 메모리 디바이스 구조체의 검사 및 리뷰에 관한 것이다.

**배경 기술**

- [0005] 반도체 디바이스를 더 축소시키기 위한 요구가 계속 증가함에 따라, 피치 스플리팅 기술(pitch splitting technique)과 관련되는 리소그래피 및 다수의 프로세스 단계와 관련되는 비용의 급격한 증가로 인해, 메모리와 같은 반도체 디바이스를 계속 축소하는 것은 특히 어렵게 되었다.
- [0006] 3D 또는 수직 NAND(vertical NAND; VNAND) 메모리와 같은 수직 메모리는 메모리 밀도를 증가시키기 위한 유망한 방향인 것으로 생각된다. 3D 또는 VNAND의 구현은, 메모리 구조체를 평면 방식으로 방향을 맞추는 대신, 트랜지스터(비트)를 수직으로 구축하는 것을 포함한다. 초기 VNAND 디바이스는 16 내지 24개의 수직 비트를 가지며 미래에는 48 및 64비트 또는 그 이상으로 수직 확장할 계획을 가지고 있다. 이들 변화는, 평면 방식에 비해, 더 적은 프로세스 단계, 완성된 리소그래피 사이즈, 및 더 적은 제조 비용과 함께 달성된다.
- [0007] 반도체 레티클 또는 웨이퍼 상의 결함을 검출하기 위해, 반도체 산업계 내에서는 다양한 검사 시스템이 사용된다. 그러나, 3D 또는 VNAND 메모리 또는 다른 수직 스택과 같은 수직 반도체 디바이스를 갖는 구현에 대해서는 향상된 반도체 웨이퍼 검사 시스템에 대한 요구가 존재한다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

**과제의 해결 수단**

- [0008] 하기에서는, 본 발명의 임의의 실시형태의 기본적인 이해를 제공하기 위해, 본 개시의 간략화된 개요를 제공한다

다. 이 개요는 본 개시의 광범위한 개괄이 아니며 또한 이 개요는 본 발명의 주된/주요한 엘리먼트를 식별하거나 본 발명의 범위를 묘사하지 않는다. 그 유일한 목적은 하기에 제시되는 상세한 설명에 대한 전조(prelude)로서 본원에서 개시되는 몇몇 개념들을 단순화된 형태로 제공하는 것이다.

[0009] 일 실시형태에서, 복수의 층의 수직 스택을 검사하기 위한 방법이 개시된다. 그 방법은, (a) 공초점 툴(confocal tool) 상에서, 제1 수직 스택의 복수의 상이한 깊이의 복수의 초점 면에 조명 빔을 반복적으로 포커싱하는 단계로서, 상이한 깊이 중 미지의 깊이에 결함이 존재하고 조명 빔은 약 700nm와 약 950nm 사이의 파장 범위를 가지는 것인 포커싱하는 단계와, (b) 상이한 깊이에서 제1 수직 스택으로부터 검출되는 정초점(in-focus) 출력 광에 기초하여 상이한 깊이에 대한 복수의 정초점 이미지를 생성하는 단계로서, 초점을 벗어난(out-of-focus) 출력 광은 공초점 시스템의 검출기에 도달하는 것이 금지되고 정초점 이미지의 생성에 기여하는 것이 금지되는 것인 복수의 정초점 이미지를 생성하는 단계와, (c) 상이한 깊이 중, 결함이 제1 수직 스택에 위치되는 어느 하나의 깊이를, 정초점 이미지에 기초하여 결정하는 단계를 포함한다.

[0010] 특정 구현예에서, 파장 범위는 적외선 및/또는 근적외선 범위이다. 일 예에서, 약 700nm와 약 950nm 사이의 파장 범위의 상기 초점을 벗어난 광이 상기 검출기에 도달하는 것을 차단하도록 위치가 결정되고 치수가 정해지는 출력 애퍼처 모듈에 의해, 초점을 벗어난 광은 공초점 툴의 상기 검출기에 도달하는 것이 금지된다. 다른 양태에서, 결함은 공초점 툴과는 상이한 다른 검사 툴을 사용하여 수직 스택에서 검출되었는데, 이러한 결함은 수직 스택에 대한 이러한 결함의 깊이를 결정하지 않고 검출되었다.

[0011] 추가 양태에서, 상이한 깊이 중, 결함이 제1 수직 스택에 위치되는 어느 하나의 깊이를 정초점 이미지에 기초하여 결정하기 이전에, 정초점 이미지에 기초하여 결함을 검출하는 것을 더 포함한다. 다른 양태에서, 상이한 깊이 중, 결함이 제1 수직 스택에 위치되는 어느 하나의 깊이를 결정하는 것은, 정초점 이미지 중 특정한 하나가 가장 뚜렷한 콘트라스트를 갖는다는 것을 결정하는 것 및 특정한 정초점 이미지의 대응하는 깊이를 결함의 깊이로서 정의하는 것을 포함한다. 다른 실시형태에서, 방법은 정초점 이미지에 기초하여 결함의 분류를 결정하거나 또는 결함의 재료를 구별하는 것을 포함한다.

[0012] 다른 실시형태에서, 본 발명은 수직 반도체 구조체에서 결함을 검출하거나 결함을 리뷰하기 위한 장치에 관련된다. 시스템은, 제1 수직 스택의 복수의 상이한 깊이의 복수의 초점 면에 조명 빔을 반복적으로 포커싱하기 위한 조명 광학(optics) 모듈을 포함한다. 조명 빔은 약 700nm 와 약 950nm 사이의 파장 범위를 갖는다. 상이한 깊이 중 하나의 깊이의 미지의 평면에 결함이 위치된다. 시스템은, 이러한 상이한 깊이에 포커싱되는 조명 빔에 응답하여 복수의 상이한 깊이로부터의 정초점 출력 광을 수집하기 위한 수집 광학 모듈 및 복수의 상이한 깊이로부터 수집되는 정초점 출력 광을 검출하기 위한 검출기를 또한 포함한다. 수집 광학 모듈은 또한, 초점을 벗어난 출력 광이 정초점 이미지의 생성에 기여하는 것을 금지하도록, 이러한 초점을 벗어난 출력 광이 검출기에 도달하는 것을 금지하도록 정렬된다. 시스템은 컨트롤러를 더 포함하고, 컨트롤러는: (i) 상이한 깊이에서 제1 수직 스택으로부터 검출되는 정초점 출력 광에 기초하여 상이한 깊이에 대한 복수의 정초점 이미지를 생성하는 동작, (ii) 상이한 깊이 중, 결함이 상기 제1 수직 스택에 위치되는 어느 하나의 깊이를 정초점 이미지에 기초하여 결정하는 동작을 수행하도록 동작가능하다. 특정 구현예에서, 시스템은 결함을 리뷰하기 위한 공초점 리뷰 모듈의 형태이며, 시스템은 비공초점 검사 모드를 사용하여 결함을 검출하기 위한 검사기 모듈을 더 포함한다.

[0013] 특정 구현예에서, 조명 광학 모듈은 조명 애퍼처 모듈을 포함하고 수집 광학 모듈은 출력 애퍼처 모듈을 포함한다. 다른 구현예에서, 조명 및 출력 애퍼처 모듈의 각각은 고정된 핀홀 또는 슬릿 어레이의 형태이다. 추가 양태에서, 조명 및 출력 애퍼처 모듈의 각각은 샘플의 초점 면 영역에 걸쳐 포커싱된 조명 빔을 주사하기 위한 회전하는 니프코(Nipkow) 디스크의 형태이다. 일 실시형태에서, 조명 및 출력 애퍼처 모듈의 각각은 샘플의 초점 면 영역에 걸쳐 포커싱된 조명 빔을 주사하기 위한 프로그래밍가능한 공간 변조기의 형태이다. 일 실시형태에서, 출력 애퍼처 모듈은, 약 700nm와 약 950nm 사이의 파장 범위의 초점을 벗어난 광이 검출기에 도달하는 것을 차단하도록 위치가 결정되고 치수가 정해진다.

[0014] 일 양태에서, 입력 및 출력 애퍼처 모듈은, 예를 들면, 입력 광이 한 방향으로부터 애퍼처, 슬릿 또는 SLM 통해 전달되고 광학 엘리먼트가 리턴 광을 검출기로 되돌리기 이전에 다른 방향으로부터 리턴하도록, 물리적으로 동일하다. 다른 실시형태에서, 조명 광학 모듈은 샘플의 초점 면에 걸쳐 포커싱된 조명 빔을 주사하기 위한 하나 이상의 갈바닉 미러(galvanic mirror)를 포함한다. 특정 예에서, 파장 범위는 적외선 및/또는 근적외선 범위이다. 다른 양태에서, 결함은 공초점 툴과는 상이한 다른 검사 툴을 사용하여 수직 스택에서 검출되었고, 이러한 결함은 수직 스택에 대한 이러한 결함의 깊이를 결정하지 않고 검출되었다. 이 실시형태에서, 하나 이상의 갈바닉 미러의 동일한 또는 다른 세트가 정초점 출력 광을 검출기 상으로 주사한다.

[0015] 특정 실시형태에서, 컨트롤러는 또한, 상이한 깊이 중, 결함이 제1 수직 스택에 위치되는 어느 하나의 깊이를 정초점 이미지에 기초하여 결정하기 이전에, 정초점 이미지에 기초하여 결함을 검출하도록 동작가능하다. 일 양태에서, 상이한 깊이 중, 결함이 제1 수직 스택에 위치되는 어느 하나의 깊이를 결정하는 것은, 정초점 이미지 중 특정한 하나가 가장 뚜렷한 콘트라스트를 갖는다는 것을 결정하는 것 및 특정한 정초점 이미지의 대응하는 깊이를 결함의 깊이로서 정의하는 것을 포함한다. 다른 양태에서, 컨트롤러는 또한, 정초점 이미지에 기초하여 결함의 분류를 결정하도록 또는 결함의 재료를 구별하도록 동작가능하다.

[0016] 본 발명의 이들 및 다른 양태는 도면을 참조로 하기에서 더 설명된다.

**도면의 간단한 설명**

[0017] 도 1a 내지 도 1d는 "게이트 라스트(gate last)" 타입의 수직 NAND(VNAND) 메모리 디바이스를 제조하기 위한 프로세스를 예시한다.

도 1e는 스택에 결함이 존재하는 도 1d의 VNAND 구조체 부분을 예시한다.

도 1f는 게이트 퍼스트(gate first) 타입의 VNAND 구조체의 개략적인 측면도이다.

도 1g는 도핑되지 않은 폴리Si에 대한 투과 깊이를 파장의 함수로서 도시한다.

도 2는 본 발명의 특정 구현예에 따른 예시적인 검사 또는 리뷰 장치의 개략적인 표현이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시형태에 따른 검사 프로세스를 예시하는 플로우차트이다.

도 3b는 특정 결함의 xy 위치에 대한 스택 깊이의 함수로서의 강도(intensity)의 플롯을 예시한다.

도 4는 대안적인 실시형태에 따른 하위 대역 필터(sub-band filter)를 포함하는 공초점 검사 시스템의 개략적인 표현이다.

도 5는 본 발명의 특정 구현예에 따른 콤비네이션 검사 시스템(combination inspection system)의 개략적인 표현이다.

도 6은 본 발명의 일 실시형태에 따른 결함을 검사하고 리뷰하기 위한 시스템의 개략적인 표현이다.

도 7은 본 발명의 대안적인 실시형태에 따른 검사 및 리뷰 프로세스를 예시하는 플로우차트이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0018] 하기의 설명에서는, 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해 수많은 특정 상세가 설명된다. 본 발명은 이들 특정 상세의 일부 또는 전체가 없어도 실시될 수도 있다. 다른 경우에서, 널리 공지된 컴포넌트 또는 프로세스 동작은, 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않기 위해, 상세히 설명되지 않는다. 본 발명이 특정 실시형태와 연계하여 설명될 것이지만, 본 발명을 실시형태로 제한하는 것은 의도되지 않는다는 것이 이해될 것이다.

[0019] 검사 시스템 및 기술이 본원에서 임의의 타입의 수직 NAND(VNAND) 메모리 구조체에 적용되는 것으로 설명되지만, 본 발명의 실시형태는 임의의 적절한 3D 또는 수직 반도체 구조체, 예컨대 테라비트 셀 어레이 트랜지스터(terabit cell array transistor; TCAT), 수직 적층식 어레이 트랜지스터(vertical-stacked array transistor; VSAT), 비트 코스트 확장가능 기술(bit cost scalable technology; BiCST), 파이프 형상의 BiCS 기술(piped shaped BiCS technology; P-BiCS) 등등을 사용하여 형성되는 NAND 또는 NOR 메모리 디바이스에 적용될 수도 있다는 것이 이해된다. 수직 방향은 일반적으로 기판 표면에 수직한 방향이다. 추가적으로, 이러한 3D 구조체를 형성하기 위한 특정한 제조 단계, 프로세서, 및 재료가 설명되지만, 검사 실시형태는, 기판 상에 다수의 층이 형성되는 것으로 귀결되는 제조 플로우의 임의의 지점에서 적용될 수도 있으며, 이러한 층은 임의의 수의 그리고 타입의 재료를 포함할 수도 있다.

[0020] 본 발명의 다양한 검사 시스템 및 기술의 실시형태를 설명하기 이전에, VNAND와 같은 수직 구조체를 형성하기 위한 일반적인 제조 기술이 설명될 것이다. 특정 제조 상세와 재료 타입 및 특성은 명확화의 목적을 위해 생략된다.

[0021] 도 1a 내지 도 1d는 "게이트 라스트(gate last)" 타입의 수직 NAND(VNAND) 메모리 디바이스를 제조하기 위한 프로세스를 예시한다. 이 게이트 라스트 아키텍처는, 산화물-질화물-산화물-질화물(oxide-nitride-oxide-nitride; ONON) 구조체로 일괄적으로 칭해지는 산화물 및 SiN 또는 질화물 재료의 교대하는 층을 일반적으로 포함할 수도

있다. 도 1a는 게이트 라스트 VNAND 메모리 부분(100)의 패턴화된 ONON 층의 개략적인 측면도이다. 도시된 바와 같이, 산화물(O) 및 질화물(N) 재료의 교대하는 층은 ONON 스택(102a, 102b, 102c, 및 102d)으로 패턴화된다. 예를 들면, 스택(102b)은 산화물(O)층 부분(110) 및 질화물(N)층 부분(108)을 포함한다. ONON 스택은, ONON 스택뿐만 아니라 W/L(word-line; 워드 라인) 컷(cut)(예를 들면 106) 및 비아(예를 들면, 104a 및 104b)를 형성하도록, 임의의 적절한 퇴적 및 에칭 프로세스에 의해 형성될 수도 있다. 비아는 폴리실리콘(PolySi) 재료로 충전될 수도 있다. 도시된 바와 같이, 폴리실리콘(PolySi)은 또한, ONON 스택의 세트 사이의 채널(104a 및 104b) 또는 비아를 충전하도록 퇴적되고 에칭될 수도 있다.

[0022] 도 1b는, 예를 들면, 영역(112a 및 112b)으로부터 질화물 재료를 제거한 이후의 게이트 라스트 VNAND 부분(100)을 예시한다. 예를 들면, 질화물 재료는 습식 에칭(wet etch) 프로세스를 사용하여 제거될 수도 있다. 도 1c는 게이트 재료, 예를 들면, 텅스텐(W)(114)이 퇴적된 이후의 VNAND 부분(100)을 예시한다. 유전체 층(116)이 또한 형성된다. W 및 유전체 층은, 이전에 질화물이 에칭되었던 공간 내에 형성된다. 즉, 질화물은 W 재료로 대체된다. 도 1d는, 절연 게이트부(isolated gate portion), 예컨대, 116a, 116b, 116c, 116d, 및 116e를 형성하도록 W 재료가 다시 에칭된 이후의 VNAND 부분(100)을 도시한다. W/L 컷도 또한 임의의 적절한 도전성 재료(도시되지 않음)로 충전될 수도 있다.

[0023] 수직 메모리 디바이스는, 평면의 메모리 디바이스와 비교하여, 재료 및 구조체의 더 두꺼운 스택을 갖는 경향이 있다. 예를 들면, 초기 VNAND는 2-3 $\mu$ m 두께의 스택을 가지며, 미래의 스택은 6-8 $\mu$ m 범위에 있을 것으로 예상된다. 몇몇 스택은 가변하는 두께의 60-90개의 층을 쉽게 포함할 수 있다. 비교로서, 통상적인 평면의 메모리 두께는, 프로세스 단계에 따라, 약 0.1 내지 1 $\mu$ m이다.

[0024] 결함은 이들 스택의 전체 층에 걸쳐 발생할 수 있고 높은 제조 수율을 보장하기 위해서는 검출되어야 한다. 도 1e는 스택에 결함이 존재하는 도 1d의 VNAND 구조체 부분(100)을 예시한다. 도시된 바와 같이, 결함(120)은 W 게이트 부분(116c)과 O 부분(110a) 사이의 계면에 존재하고, 한편 다른 결함(122)은 게이트 부분(116e)에 존재한다. 파티클 또는 공극(void)을 포함하는 결함은 W 게이트 부분, O 부분, 또는 이들 사이의 계면에 존재할 수도 있다.

[0025] 도 1f는 게이트 퍼스트 타입의 VNAND 구조체의 개략적인 측면도이다. 도시된 바와 같이, 게이트 퍼스트 VNAND 부분은, 스택(152a, 152b, 152c, 및 152d)으로 패턴화되는 교대하는 산화물(O) 및 폴리실리콘(폴리Si)층을 퇴적하는 것에 의해 형성될 수도 있다. 예를 들면, 스택(152b)은 폴리실리콘(폴리Si) 게이트 부분(158) 및 산화물(O) 부분(160)을 포함한다. 이 타입의 VNAND는 OPOP VNAND 메모리 디바이스로 칭해진다. VNAND 부분(150)은 폴리Si 채널(또는 다른 채널 재료)(154a 및 154b)뿐만 아니라, W/L 컷 영역(156)을 또한 포함할 수도 있다. 결함은 OPOP 구조체의 임의의 레벨에 존재할 수도 있다. 예를 들면, 파티클 또는 공극은 OPOP 구조체의 임의의 층에 존재할 수도 있다.

[0026] 제조 프로세스의 특정 타입에 무관하게, 결함은 다층 스택의 모든 레벨에서 그리고 특정 프로세스에서는 가능한 빨리 검출되어야 한다. 임의의 검사 실시형태는, 스택 표면 및 스택의 다양한 깊이 전체를 포함하는, 스택 전체에 걸친 결함의 검출을 포함하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 임의의 실시형태는 약 3 $\mu$ m까지의 깊이에서 결함이 발견되는 것을 허용한다. 다른 실시형태에서, 약 8 $\mu$ m만큼 깊은 스택 깊이에서 결함이 검출될 수 있다. ONON 또는 OPOP 스택을 통한 투과는 장파장에서 흡수에 의해 제한되지 않으며, 따라서 이론적으로 검사될 수 있는 수직 ONON 또는 OPOP 스택의 깊이에 대해서는 실질적인 한계는 없다.

[0027] 도 1g는 도핑되지 않은 폴리Si에 대한 투과 깊이를 파장의 함수로서 도시한다. 본 발명의 임의의 실시형태는 (예를 들면, OPOP 구조체의) 폴리Si뿐만 아니라, 다른 타입의 스택의 더 깊은 깊이를 보기 위해 더 큰 파장 대역을 사용할 수 있다. OPOP층은, VNAND 디바이스의 다른 구조체, 예컨대 W/L 트렌치의 형성 이전뿐만 아니라, 다른 구조체, 예컨대 W/L 트렌치의 형성 이후에도 검사될 수 있다.

[0028] OPOP 구조체는 검사 프로세스 동안 단파장으로는 투과하기가 어려울 수도 있다. 폴리Si는 450nm 미만의 파장에 대해 꽤 불투명하며 더 긴 파장에서 점차적으로 더 투명해진다. 검사 동안, 광은 이상적으로는 폴리Si의 스택을 투과하여 특정 결함 위치에 도달하고 결함으로부터 반사되거나 산란되는 광이 다시 폴리Si의 스택을 통과하여 검출될 수 있도록 충분히 긴 파장을 가질 필요가 있다. 요컨대, OPOP 스택 내에 깊게 위치되는 결함에 도달하여 검출하기 위해서는, 더 긴 파장이 사용될 수 있다. 한편, ONON 스택의 경우, 모든 재료는 약 240nm 위에서 투명하다.

[0029] 명시야(Bright Field; BF) 톨은 통상적으로 표면 상의 또는 아주 얇은 막에 의해 피복되는 3D 스택의 결함을 검

출할 수 있다. BF 튜브, 결합이 표면에 가까이 있거나 또는 결합이, 표면까지 퍼질 수 있고, 따라서 검출가능한 표면 결합을 생성할 수 있는 범프를 스택 내에 생성하는 경우에만, 표면 아래의 결합을 검출할 수 있다. 이들 튜브는 시료로부터의 포커싱된(focused) 그리고 포커싱되지 않은 모든 광을 검출하는데, 이것은 특정 초점 면의 국소화를 금지한다. 후자는 공초점 성능의 부재 및 재료를 쉽게 투과할 수 없는 아주 짧은 파장의 광의 사용에 기인한다.

[0030] 본 발명의 임의의 실시형태는, VNAND 구조체와 같은 다층 반도체 스택의 다양한 깊이에서 결합을 검출하기 위해, 공초점 현미경 시스템(confocal microscopy system) 또는 모듈의 사용을 포함한다. 예를 들면, 3D 스택을 검사하기 위한 임의의 적절한 공초점 시스템이 구성될 수도 있다. 일반적으로, 공초점 시스템은, 가시광선에서 근적외선(near infrared; NIR)까지 또는 약 700nm에서 약 950nm까지와 같은 장파장 범위에서 동작하도록 구성된다. 다른 실시형태에서, 공초점 시스템은, 예를 들면 비제한적으로 ONON 스택에 대해 220nm 위의 더 짧은 파장에서 동작하도록 구성된다. 다른 실시형태에서, 다른 검사 모드에서 웨이퍼 등등을 검사하기 위한 검사 시스템은 3D 스택에서 결합을 검출 및/또는 리뷰하기 위한 공초점 모듈을 포함할 수 있다.

[0031] 일반적으로, 공초점 검사 튜브는, 본원에서 추가로 설명되는 바와 같이, 수직 반도체 스택의 다양한 깊이에서 결합을 검출하기 위해 더 긴 파장의 조명 광 빔을 생성하기 위한 적어도 하나의 광원, 스택으로 조명 빔을 지향시키기 위한 조명 광학 모듈(illumination optics module), 초점을 벗어난 출력 광을 저지 또는 차단하면서, 조명 빔에 응답하여 스택으로부터 방출되는 정초점 출력 광을 지향시키기 위한 수집 광학 모듈(collection optics module), 출력 빔을 검출하고 출력 빔에 대한 이미지 또는 신호를 생성하기 위한 검출기 또는 센서, 및 검사/리뷰 튜브의 컴포넌트를 제어하고 스택의 다양한 깊이에 대해 생성되는 결합 검출 및/또는 리뷰를 용이하게 하기 위한 컨트롤러를 포함할 수도 있다.

[0032] 도 2는 본 발명의 특정 구현예에 따른 예시적인 검사 또는 리뷰 장치(200)의 개략적인 표현이다. 도시된 바와 같이, 시스템(200)은, 가시광, IR, 및/또는 NIR 파장 범위에 있는 광을 생성하기 위한 하나 이상의 광원, 예컨대 파장 조정가능한 레이저(202)를 포함할 수도 있다. 예를 들면, 광원은 3D 스택을 투과하기 위해 약 700nm와 950nm 사이의 범위에 있는 조명 광을 출력한다. 광원의 예는 레이저 구동 광원, 고출력 플라즈마 광원, 투시 광원(예를 들면, 할로겐 또는 Xe 램프), 필터링된 램프, LED 광원 등등을 포함한다. 다수의 LED 또는 스펙클 버스터 레이저 다이오드(speckle buster laser diode)도 또한 가능한 소스이다.

[0033] 시스템은 광원(202)에 의해 생성된 조명 광을 샘플(216)을 향해 지향시키기 위해 조명 광학장치를 포함한다. 예를 들면, 광원으로부터의 조명은, 중계(예를 들면, 성형, 포커싱 또는 초점 오프셋 조정, 필터링/파장 선택, 필터링/편광 상태 선택, 확대, 왜곡 감소 등등) 기능을 하는 다수의 렌즈를 통해 빔을 샘플(216)을 향해 전달할 수도 있다. 도시된 바와 같이, 조명 광(201)은 렌즈(204)에 의해 조명 애퍼처 모듈(206)을 통해 다이크로익 미러(dichroic mirror)와 같은 빔 스플리터(208) 상으로 포커싱되는데, 빔 스플리터(208)는 조명 광(201)을 광학 렌즈 시스템(210)을 거쳐 샘플(216)을 향해 반사시키고, 광학 렌즈 시스템(210)은 애퍼처 모듈(206)로부터의 조명 광(201)을, 스택 내의 특정 깊이에 위치되는 샘플(216)의 초점 지점 또는 스팟, 예를 들면, 225에 초점을 맞추도록 구성된다.

[0034] 초점 지점(225)으로부터의 포커싱된 출력 광(focused output light; 203)은 렌즈(210) 및 빔 스플리터(208)를 통해 되돌려진다. 추가적으로, 스택 내에서 포커싱된 스팟과는 상이한 깊이에 위치되는 포커싱되지 않은 지점, 예를 들면, 227로부터의 포커싱되지 않은 광(unfocused light; 205)도, 렌즈(210) 및 빔 스플리터(208)를 통해 다시 되돌려진다. 출력 애퍼처 모듈(216)은, 포커싱된 광(203)을 통과시키고 포커싱되지 않은 광(205)을 차단하도록 위치가 결정되고 치수가 정해진다. 따라서, 포커싱된 광(203)은 검출기(218)에 도달할 수 있지만, 포커싱되지 않은 광(205)은 검출기(218)에 도달하는 것이 대부분 차단된다.

[0035] 일반적으로, 공초점 시스템 또는 모듈의 각각의 광학 엘리먼트는 3D 스택의 다양한 깊이에서 결합을 검출하기 위한 더 긴 파장 범위의 광에 대해 최적화될 수도 있다. 최적화는, 예를 들면, 대응하는 파장 범위에 대한 수차를 최소화하기 위한 유리 타입의 선택, 배치, 형상, 및 코팅(예를 들면, 반사 방지 코팅, 고반사성 코팅)에 의해, 파장 의존 수차를 최소화하는 것을 포함한다. 예를 들면, 렌즈는 더 긴 파장 범위(가시광선~근적외선)에 의한 확산에 의해 야기되는 효과를 최소화하도록 정렬된다.

[0036] 빔 스플리터(208)는 3D 스택 구조체를 투과하기 위한 장파장을 반사 및 통과시키기 위한 임의의 적절한 재료로 코팅되거나 형성될 수도 있다. NIR의 광과 함께 작용하기 위한 예시적인 재료는 BK7 또는 용융 실리카(Fused Silica) 등등과 같은 가장 일반적인 광학적 유리 재료를 포함한다. 대물 렌즈(210)는 결합 검출을 위해 사용되는 모든 파장에 대해 최적화되는 것이 바람직하다. 예를 들면, 대물 렌즈(210)는 렌즈 코팅을 포함하는 조성 및

색수차를 보정하기 위한 배치를 갖는다. 대안적인 실시형태에서, 대물 렌즈(210)는 모두 반사성 대물 렌즈 또는 굴절성 대물 렌즈 또는 조합(반사굴절) 구성일 수도 있다.

[0037] 조명 애퍼처 모듈(206) 및 출력 애퍼처 모듈(216) 각각은 논의의 용이성을 위해 단일의 애퍼처로서 예시된다. 그러나, 각각의 애퍼처 모듈은 단일의 핀홀/슬릿, 핀홀 어레이, 슬릿 어레이 등등일 수도 있다. 예시적인 애퍼처 모듈은 고정된 핀홀/슬릿 어레이, 회전하는 니프코 디스크, 프로그래밍가능한 공간 광 변조기(spatial light modulator; SLM) 등등을 포함한다. 상이한 타입의 공초점 시스템이 본원에서 고려된다. 예시적인 공초점 시스템은 공초점 레이저 주사 현미경, 스피닝 디스크(spinning-disk)(니프코 디스크) 공초점 현미경, 프로그래밍가능한 어레이 현미경(Programmable Array Microscope; PAM)을 포함한다.

[0038] 각각의 애퍼처 또는 슬릿은, 장파장에 대해 투명한 홀/슬릿 형상의 재료 또는 불투명 마스크 재료에서의 홀/슬릿 개구로부터 형성될 수도 있다. 다수의 스폿을 샘플을 향해 동시에 지향시키고 샘플의 상이한 영역 및/또는 깊이의 다수의 스폿 이미지를 검출하기 위해, 다중홀/슬릿 애퍼처 모듈이 사용될 수 있다.

[0039] 애퍼처 모듈(206 및 216)의 애퍼처/슬릿은 방사(radiation)의 회절 한계 이하의 사이즈를 각각 갖도록 치수가 정해진다. 애퍼처는, 스트레이 방사(stray radiation) 및 스폿 사이의 누화(cross-talk)의 생성을 최소화하기 위해, 회절 한계보다 적어도 수배만큼 서로 분리될 수도 있다. 일 예에서, 0.90 $\mu$ m의 개구수(numerical aperture; NA)를 갖는 조명 렌즈에 대한 약 700nm의 파장을 갖는 광의 회절 한계는 대략 0.8 $\mu$ m이며, 따라서 0.60 $\mu$ m의 직경을 갖는 등근 핀홀은 (대물 렌즈(210)의 확대를 위해 조정될 때) 이러한 렌즈에 대해 충분히 작은 애퍼처를 제공할 것이다. 또한, 검출기는, 핀홀 면적 이하의 면적에서 광을 검출하도록 각각 사이즈가 정해지는 센서를 포함하는 것이 바람직할 것이다. 또한, 핀홀 및 센서는 누화를 최소화하도록 5 $\mu$ m의 거리만큼 분리될 수 있다.

[0040] 다시 도 2를 참조하면, 검사 시스템(200)은, 예를 들면 방향 D에서 샘플(216)을 기준으로 초점 스폿(들)의 깊이 위치를 이동시키기 위한 위치결정 메커니즘(280)을 또한 포함할 수도 있다. 즉, 위치결정 메커니즘(280)은 샘플의 다층 스택 내에서 초점 스폿(들)의 초점 깊이를 제어할 수 있다. 예를 들면, 위치결정 메커니즘은, 초점 스폿(들)이 샘플 스택(216)의 상이한 깊이까지 투과하도록, 샘플(216)을 이동시키기 위한 스테이지(라벨링되지 않음)에 커플링될 수도 있다. 대안적으로 또는 추가적으로, 광학장치는 샘플을 기준으로 초점 스폿을 이동시키기 위해 위치결정 메커니즘에 의해 이동될 수도 있다. 각각의 동시적으로 생성된 초점 스폿에 대한 상이한 깊이는, 샘플을 기준으로 애퍼처 어레이(및 대응하는 출력 애퍼처 어레이)를 기울이는(tilting) 것에 의해 또는 애퍼처 모듈을 기준으로 샘플을 기울이는 것에 의해 또한 달성될 수도 있다.

[0041] 여러 애퍼처 모듈 배치 및 구성뿐만 아니라 공초점 시스템 구성은 Kerstens 등에 의해 1993년 9월 28일자로 발행된 미국 특허 제5,248,876에서 더 설명되는데, 이 미국 특허는, 본 발명의 기술을 구현하기 위해 구성될 수 있는 다양하고 상이한 공초점 시스템의 목적을 위해 참조에 의해 본원에 통합된다.

[0042] 공초점 검사 시스템(200)은, 샘플 표면에 평행한 초점 면에 걸쳐 초점 스폿(들)을 주사하기 위한 하나 이상의 주사 메커니즘을 또한 포함할 수도 있다. 단일의 애퍼처 구현에서, 초점 면에서 초점 스폿을 주사하고 검출하기 위해 주사 모듈(예를 들면, 갈바닉 미러의 세트)이 사용될 수도 있다. 다른 실시형태에서, 각각의 애퍼처 모듈은, 초점 스폿으로 하여금 초점 면에 걸쳐 주사되게 하고 검출되게 하는 이동 애퍼처(moving aperture)를 제공하도록 프로그래밍되는 SLM의 형태이다. SLM은 임의의 주사 패턴, 예컨대 래스터, 나선형 등등을 제공하도록 프로그래밍될 수도 있다. 대안적인 실시형태에서, 각각의 애퍼처 모듈은, 초점 면에서 초점 스폿을 회전시키고 검출하기 위한 이동 애퍼처를 제공하도록 프로그래밍되는 스피닝 애퍼처 디스크의 형태이다.

[0043] 하나 이상의 위치결정 메커니즘은 검사 시스템의 다른 컴포넌트, 예컨대 애퍼처 모듈, 조명 또는 수집 미러(collection mirror), 파장 필터를 이동시키도록 또한 구성될 수도 있다. 특정 예를 통해, 하나 이상의 모터 메커니즘 각각은 스크류 드라이브 및 스테퍼 모터, 피드백 위치를 갖는 리니어 드라이브, 또는 밴드 액츄에이터 및 스테퍼 모터로부터 형성될 수도 있다.

[0044] 하나 이상의 초점 스폿으로부터의 출력 광을 수신하고 수신된 출력 광의 특성(예를 들면, 강도)에 기초하여 이미지 또는 신호를 제공하기 위해, 임의의 적절한 검출기 타입 또는 임의의 적절한 수의 검출 엘리먼트가 사용될 수도 있다. 예로서, 검출기(218)는 CCD(charge coupled device; 전하 결합 소자) 또는 TDI(time delay integration; 시간 지연 통합) 검출기, 광전증배관(photomultiplier tube; PMT), 또는 다른 센서(또는 센서 어레이)의 형태일 수도 있다. 일 실시형태에서, 검출기는, 포커싱되지 않은 광의 검출을 최소화하면서 포커싱된 방사를 효율적으로 감지하기 위해, 대략적으로, 방사의 회절 한계의 또는 그 회절 한계보다 더 작은 사이즈의

면적에서 방사를 감지하는 격리 지점 검출기(isolated point detector)의 어레이이다.

- [0045] 시스템은, 시스템의 다양한 컴포넌트를 제어하고 검출기(218)로부터 검출된 신호 또는 이미지를 수신하여 분석하기 위한 하나 이상의 컨트롤러 또는 컴퓨터 시스템 모듈, 예를 들면, 290을 또한 포함한다. 예를 들면, 컨트롤러는, 조명원의 선택적 활성화, 조명 또는 출력 애퍼처 설정, 파장 대역, 초점 오프셋 설정, 편광 설정 등등을 제어할 수도 있다.
- [0046] 추가적으로, 검출기에 의해 캡처되는 신호는 컨트롤러(290)에 의해 프로세싱될 수 있는데, 컨트롤러(290)는 각각의 센서로부터의 아날로그 신호를 프로세싱을 위한 디지털 신호로 변환하도록 구성되는 아날로그 디지털 변환기를 갖는 신호 프로세싱 디바이스를 포함할 수도 있다. 컨트롤러(290)는 감지된 광 빔의 강도, 위상, 및/또는 다른 특성을 분석하도록 구성될 수도 있다.
- [0047] 이 공초점 시스템 또는 임의의 다른 공초점 시스템은, 3D 또는 VNAND 메모리 구조체와 같은 3D 스택에 임베딩되는 검출된 결함을 발견하고 리뷰하기 위해 사용될 수도 있다. 본 발명의 검사 장치를 사용하여 검사되고 이미지화될 수도 있는 다른 타입의 스택 구조체는 태양광 패널 구조체, 광학 디스크 등등을 포함한다.
- [0048] 도 3a는 본 발명의 일 실시형태에 따른 검사 프로세스(300)를 예시하는 플로우차트이다. 먼저, 동작 301에서, 가시광선과 NIR 사이의 파장 범위를 갖는 조명 광이 생성될 수도 있다. 그 다음, 동작 302에서, 조명 광은 3D 스택 내의 제1 깊이에 초점 스팟을 주사하도록 지향될 수도 있다. 예를 들면, 초점 스팟은 특정 깊이의 초점에서 샘플의 한 부분에 걸쳐 주사된다. 대안적으로, 동일한 또는 상이한 깊이에서 다수의 스팟이 동시에 주사될 수도 있다.
- [0049] 그 다음, 동작 304에서, 주사된 초점 스팟에 응답하여 3D 스택으로부터 반사되거나 산란되는 정초점 출력 광이 검출될 수도 있다. 대안적으로, 다수의 스팟이 샘플에 지향되는 경우, 다수의 포커싱된 스팟으로부터의 출력 광이 검출될 수도 있다. 동작 306에서, 검출된 정초점 출력 광에 기초하여 초점의 현재의 깊이에서의 샘플의 이미지가 또한 생성될 수도 있다. 샘플에 걸쳐 다수의 스팟이 주사되면, 이들 다수의 스팟으로부터 검출되는 출력 광은 주사된 샘플 깊이의 이미지를 생성하는 데 사용될 수도 있다. 다수의 스팟이 샘플의 상이한 깊이에서 동시에 주사되면, 상이한 깊이에 대응하는 상이한 이미지가 상이한 스팟에 대해 개별적으로 생성될 수도 있다.
- [0050] 그 다음, 동작 308에서, 이것이 주사될 최종 깊이인지의 여부가 결정될 수도 있다. 예를 들면, 주사되어야 하는 3D 스택의 깊이가 알려져 있고 초점의 깊이는 3D 스택의 상면으로부터 3D 스택의 하부(bottom)로 증가될 수 있다. 하부에 도달되면, 주사는 종료된다. 추가적으로, 다수의 3D 스택 구조체 각각은 다수의 초점의 깊이에서 주사될 수 있고, 3D 스택 구조체의 각각의 깊이가 충분히 주사되면, 주사는 완료된다. 주사가 완료되지 않으면, 다음 초점의 깊이에서 하나 이상의 초점 스팟(들)이 주사되고 검출되고 사용되어, 동작 302, 304 및 306을 반복하는 것에 의해, 다양한 깊이에서의 대응하는 검출 이미지를 생성할 수도 있다.
- [0051] 소망하는 모든 깊이에서의 주사가 완료되면, 하나 이상의 결함이 위치결정될 수도 있고 각각의 결함의 깊이는, 동작 310에서 상이한 초점의 깊이에서 획득되었던 이미지에 기초하여 결정될 수도 있다. 일 실시형태에서, 임의의 적절한 검사 분석 프로세스가 수행되어 결함을 최초로 발견할 수도 있다. 결함을 검출하기 위해, 다른 비공초점(non-confocal) 검사 툴이 사용되었을 수도 있다. 대안적으로, 공초점 툴은 각각의 초점의 깊이로부터의 이미지에 기초하여 결함을 발견하기 위해 사용될 수도 있다. 예를 들면, 각각의 테스트와 기준 이미지 사이에서, 셀 대 셀, 다이 대 다이, 또는 다이 대 데이터베이스 비교가 이루어질 수 있다. 예를 들면, 결함은 특정 깊이의, 그 특정 깊이의 다른 기준 이미지 영역과는 상이한 한 이미지화된 영역에 대해 검출될 수도 있는데, 그 다른 기준 이미지 영역은 다른 다이, 셀로부터 획득되거나 또는 디자인 데이터베이스로부터 시뮬레이션된다.
- [0052] 결함이 검출되면, 결함의 깊이는 이러한 결함에 대해 가장 뚜렷한(sharpest) 콘트라스트를 갖는 이미지에 상관될 수도 있다. 예를 들면, 샘플 내에서의 이러한 결함의 깊이에 대응하는 초점의 깊이로부터 생성되는 이미지에서의 주변 배경과 비교하여, 결함은 최고 휘도(또는 암도(darkness))를 갖는 경향이 있을 것이다. 따라서, 결함에 대해 가장 높은 휘도 레벨을 갖는 이미지를 생성하는 데 사용되었던 초점의 깊이의 중심은 결함의 깊이로서 정의될 수 있다. 추가적으로, 결함의 깊이는, 결함 분류를 결정하기 위해 또는 재료 타입을 구별하기 위해 기준 결함의 세트로부터의 기지의(known) 신호와 상관될 수도 있다. 예를 들면, 결함을 분류하거나 재료를 구별하기 위해, 기지의 분류 및 조성을 갖는 기준 표면 결함이 사용될 수도 있다.
- [0053] 특정 스택 영역에 대한 공초점 이미지는, 결함이 가장 강한 피크를 갖는 이미지를 발견하기 위해 주사될 수 있다. 이미지에서의 xy 위치는 결함의 픽셀 위치로서 정의될 수 있다. 결함에 대한 깊이는 공초점 조명 시스템의 대응하는 z 위치에 의해 결정될 수 있다. 공초점 조명 시스템 또는 스테이지를 기준으로 하는 샘플의 표면은, z

또는 초점 위치를 통해 이동하여 더 작은 강도 피크가 존재할 표면을 발견하는 것에 의해 발견될 수 있다.

- [0054] 도 3b는 스택의 특정 깊이에 임베딩된 특정 결함에 대한 스택 깊이의 함수로서의 강도의 플롯을 예시한다. 강도 점(intensity point; 352)은, 표면 아래의 약  $-1.3\mu\text{m}$ 의 깊이를 가리키는, 공초점 이미지 내에서의 최고 강도 피크에 대응한다. 0의 표면 깊이는 작은 강도 피크(354)에 대응하지만, 대부분의 다른 깊이는 초점이 벗어나거나 상대적으로 낮은 강도 값을 갖는다는 것을 유의한다. 이 그래프에서, 강도 값은 0 내지 1.0으로 스케일링되었지만, 그레이 스케일 레벨(예를 들면, 0-255)과 같은 임의의 적절한 메트릭으로 플롯될 수 있다. 표면을 제외하면, 다수의 깊이에서 반복하는 규칙적인 웨이퍼 패턴으로부터의 신호는, 웨이퍼 상의 결함이 없지만 그 외에는 유사한 영역으로부터의 특정 깊이의 공초점 이미지를 사용하는 것에 의해 도 3b의 그래프에서 제거되었다.
- [0055] 도 3a를 다시 참조하면, 각각의 결함이 자신의 대응하는 깊이에서 리뷰된 이후 동작 312에서의 검사를 샘플이 통과했는지의 여부가 결정될 수도 있다. 예를 들면, 결함이 수율을 제한하는 결함인지 또는 단지 성가신(nuisance) 타입의 결함인지의 여부가 결정될 수도 있다. 결함이 수리가능한지의 여부가 또한 결정될 수도 있다. 샘플이 통과하지 못하면, 프로세스 또는 샘플은 동작 314에서 변경될 수도 있다. 프로세스를 변경하는 것 외에, 샘플은 또한 폐기될 수도 있다.
- [0056] 도 4는 대안적인 실시형태에 따른 하위 대역 필터를 포함하는 공초점 검사 시스템(400)의 개략적인 표현이다. 이 시스템은 도 2의 시스템과 유사하며, 특정 재료 또는 스택 타입에 대한 감도를 증가시키도록 구성가능한 조정가능한 또는 선택가능한 스펙트럼 필터(404)가 추가되어 있다. 스펙트럼 필터는 조명 빔의 스펙트럼을 더(further) 동적으로 정의하는 데 사용될 수도 있다.
- [0057] 하나 이상의 스펙트럼 하위 대역 필터는 상이한 하위 대역 파장 범위를 성취하기 위해 조명 빔의 조명 pupils에 위치될 수도 있다. 도시된 바와 같이, 스펙트럼 하위 대역 필터(404)는 대물 렌즈(210)와 콜리메이터 렌즈(402) 사이에 위치된다. 그러나, 시스템은, 스펙트럼 하위 대역 필터가 위치될 수도 있는 조명 pupils를 형성하기 위한 임의의 수의 그리고 타입의 렌즈를 포함할 수도 있다.
- [0058] 본원에서 설명되는 공초점 기술은 다른 기술, 예컨대 형광 및 다광자 검출(fluorescence and multi-photon detection)과 조합될 수 있는데, 형광 및 다광자 검출에서는, 시료가 각각 더 짧고 더 긴 상이한 파장으로 조명될 때 매립된 결함으로부터 검출되는 광은 더 길거나 더 짧은 파장에 있다.
- [0059] 도 5는 본 발명의 특정 구현예에 따른 콤비네이션 검사 시스템의 개략적인 표현이다. 도시된 바와 같이, 시스템(500)은 조명 광(503)을 생성하기 위한 광대역 광원(예를 들면, Xe 아크 램프(502))을 포함한다. 검사 시스템은, 광대역 광원 외에, 임의의 적절한 수의 그리고 타입의 추가 광원을 포함할 수도 있다.
- [0060] 그 다음, 조명 광(503)은 렌즈(504)에 의해 시준될(collimated) 수도 있다. 그 다음, 시준된 광은, 최대 범위를 넘어서는 또는 최소 범위 아래의 파장을 필터링해 내도록 및/또는 조명을 편광시키도록 구성될 수도 있는 하나 이상의 옵션사항인(optional) 필터 또는 편광기(예를 들면, 505a 및 505b)에 의해 수신될 수도 있다. 그 다음, 조명 광은, 결함 검출/리뷰 프로세스에서 사용하기 위한 상이한 파장 대역을 통과시키는 파장 바이패스 필터(506a 및 506b)에 의해 수신될 수도 있다. 시스템(500)은, 2개의 상이한 경로를 따라 2개 이상의 상이한 파장 대역을 통과시키기 위한(또는 반사하기 위한) 임의의 적절한 광학 엘리먼트를 포함할 수도 있다. 예시된 시스템에서, 제1 스펙트럼 필터(506a)는 제1 파장 대역의 제1 조명 빔(503a)을 반사하도록 그리고 다른 파장의 광을 제2 필터(506b)로 전달하도록 정렬된다. 마찬가지로, 제2 필터(506b)는 제2 파장 대역의 제2 조명 빔(503a)을 반사하도록 정렬된다. 상이한 스펙트럼 대역을 성취하기 위해, 투과 필터를 포함하는, 임의의 적절한 수의 스펙트럼 필터가 사용될 수도 있다.
- [0061] 바이패스 필터는, 예시된 다이크로익 빔 스플리터(506a 및 506b)와 같은 임의의 적절한 형태로 구현될 수도 있다. 예를 들면, 조명 빔을 2개의 별개의 파장 경로로 분리하기 위해, 광의 파장에 따라 광을 선택적으로 반사하거나 투과시키는 다이크로익 광학 코팅을 갖는 다이크로익 프리즘이 시스템(500)에서 활용될 수도 있다.
- [0062] 그 다음, 2개의 상이한 파장의 2개의 조명 빔(503a 및 503b)은 각각의 빔 스플리터(516a 및 516b)를 통해 전달되고 렌즈(508a 및 508b)를 통해 포커싱되어 각각의 애퍼쳐 모듈(510a 및 510b)을 통과하고 그 후 렌즈(512a 및 512b)에 의해 시준된다. 그 다음, 2개의 조명 빔은 미러(514a 및 514b)에 의해 재결합되고 렌즈(210)를 통해 다층 샘플(216)의 특정 깊이에서 포커싱된다.
- [0063] 그 다음, 결합된 출력 빔은 다이크로익 미러(514a 및 514b)에 의해 각각의 파장 대역으로 분할된다. 그 다음, 2개의 상이한 파장 대역의 각각의 출력 빔은 출력 빔 광학 시스템(예를 들면, 렌즈(512a 및 512b, 508a 및

508b))을 통과하도록 지향되고, 빔 스플리터(516a 및 516b)로부터 검출기(517a 및 517b)로 반사된다.

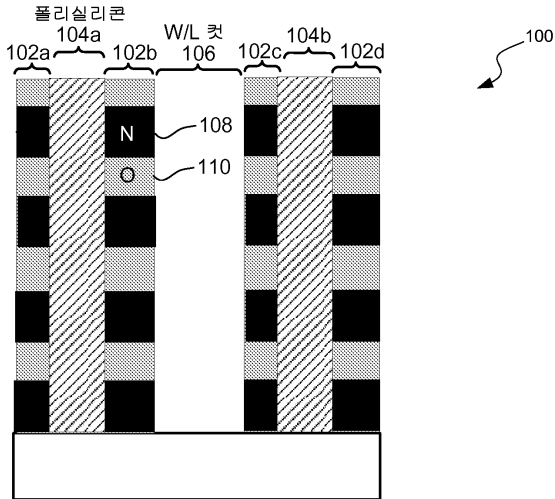
- [0064] 추가적인 스펙트럼 필터가 2개의 스펙트럼 경로의 각각에 위치되어 각각의 빔의 스펙트럼을 추가로 정의하는 데 사용될 수도 있다. 예를 들면, 캡처되도록 의도되는 결합에 대한 각각의 경로의 감도를 최적화하기 위해, 하나 이상의 추가적인 스펙트럼 필터가 추가로 사용될 수도 있다. 각각의 파장 범위에 대한 검사 감도를 추가로 최적화하기 위해, 각각의 스펙트럼 경로에 별도의 편광 필터가 또한 위치될 수도 있다. 다수의 파장 대역을 성취하기 위한 추가 실시형태는 Steven R. Lange에 의해 2013년 11월 12일자로 출원된 미국 출원 제14/078,271호에서 더 설명되는데, 이 출원은, 본 발명의 임의의 실시형태의 공초점 피쳐 및 기술과 결합될 수 있는 검사 툴 피쳐 및 기술을 설명하기 위한 목적으로 본원에 참조에 의해 통합된다.
- [0065] 일반적으로, 각각의 검사 파장 범위는 자신의 하위 대역의 최적화, 조명 및 수집 푸필 애퍼처 형상, 조명 및 수집 경로의 편광, 확대, 픽셀 사이즈, 또는 이들의 임의의 조합에 기초하여 선택될 수도 있다.
- [0066] 3D 스택의 검사를 위해, 상이한 파장 대역 통과 범위는, 매립된 3D 결합 타입 및/또는 3D 구조체의 재료에 대한 검사 감도를 최적화하기 위해, 약 700nm와 950nm 사이에서 선택될 수도 있다. 예를 들면, 2개의 장파장 범위는, 50nm 이하의 폭을 각각 갖는 2개의 폭이 좁은 하위 대역의 형태를 취할 수도 있다. 더 긴 파장 범위와 함께, 표면 결합을 검사하기 위해, 400nm 미만과 같은 더 짧은 파장 범위가 사용될 수도 있다. 일 실시형태에서, 원자의 선(deep ultraviolet; DUV) 또는 UV 범위 내지 NIR 범위 사이에서 임의의 적절한 수의 파장 범위가 선택될 수도 있다.
- [0067] 각각의 파장 범위(또는 하위 대역)에 편광 설정이 또한 적용될 수도 있다. 예를 들면, 선택된 더 긴 파장의 하위 대역에 대해 수평 편광이 선택될 수도 있다. 임의의 적절한 검사 파라미터, 예컨대 결합 타입, 샘플 조성, 파장 범위 또는 하위 대역 선택 등등에 기초하여 편광 설정이 적용될 수도 있다.
- [0068] 도 6은 본 발명의 일 실시형태에 따른 결합을 검사하고 리뷰하기 위한 시스템(600)의 개략적인 표현이다. 도시된 바와 같이, 시스템은 임의의 타입의 검사 모드를 사용하여 결합을 발견하기 위한 검사기 시스템(inspector system; 604)을 포함할 수도 있고 공초점 모드를 포함하지 않아도 된다. 시스템(600)은, 검사기(604)에 의해 3D 스택 구조체에서 발견되는 결합을 리뷰하기 위한 공초점 리뷰 시스템(602)을 또한 포함할 수도 있다. 시스템(600)은, 웨이퍼와 같은 샘플을 검사기(604)로부터 리뷰 스테이션(602)으로 이동시키기 위한 샘플 핸들링 시스템(606)을 또한 포함할 수도 있다.
- [0069] 도 7은 본 발명의 대안적인 실시형태에 따른 검사 및 리뷰 프로세스(700)를 예시하는 플로우차트이다. 이 조합 프로세스(700)는, 별개의 검사 및 리뷰 툴 또는 도 6의 시스템과 같은 조합적 시스템을 사용하여 구현될 수도 있다. 최초, 동작 701에서, 검사 툴(또는 모듈)을 사용하여, 다층 내에 있는 결합을 포함하며 그리고 미지의 깊이를 갖는 결합을 포함하는 결합에 대해 샘플이 검사될 수도 있다. 예를 들면, 결합 및 결합의 깊이 위치가 아닌 결합의 일반적인 XY 위치를 발견하기 위해, 비공초점 검사 툴이 사용될 수도 있다.
- [0070] 결합이 발견된 이후, 동작 702에서, 샘플은 공초점 리뷰 스테이션(또는 모듈) 안으로 로딩될 수도 있다. 그 다음, 동작 704에서, 제1 결합이 리뷰를 위해 선택될 수도 있다. 예를 들면, 기지의 3D 스택 영역에서의 결합이 리뷰를 위해 선택될 수도 있다.
- [0071] 동작 706에서, 공초점 스테이션을 사용하여, 초점을 벗어난 광을 이미지로부터 차단하는 동안, 다수의 초점의 깊이에서의 현재의 결합의 다수의 이미지가 획득될 수도 있다. 즉, 결합 영역의 정초점 이미지가 획득된다. 결합 깊이에 대응하는 하나의 이미지는 다른 이미지보다 더 뚜렷한 콘트라스트를 가질 것이다. 따라서, 동작 708에서, 리뷰 스테이션의 공초점 이미지에 기초하여 현재의 결합의 깊이가 획득될 수도 있다.
- [0072] 그 다음, 동작 710에서 이것이 리뷰할 최종 결합인지의 여부가 결정될 수도 있다. 예를 들면, 3D 스택의 모든 결합이 리뷰될 수도 있다. 물론, 검사기 툴에 의해 제공되는 이미지에 기초하여, 다른 타입의 결합도 리뷰될 수도 있다. 최종 결합이 리뷰된 이후, 동작 712에서, 샘플이 검사를 통과했는지의 여부가 결정될 수도 있다. 예를 들면, 결합이 수율을 제한하는 결합인지 또는 단지 서가신 타입의 결합인지의 여부가 결정된다. 결합이 수리가능한지의 여부가 또한 결정될 수도 있다. 샘플이 통과하지 못하면, 프로세스 또는 샘플은 동작 714에서 변경될 수도 있다. 프로세스를 변경하는 것 외에, 샘플은 또한 폐기될 수도 있다.
- [0073] 본 발명의 임의의 실시형태는 3D 스택 구조체에 임베딩된 결합의 위치를 발견하기 위한 높은 정확도를 허용한다. 추가적으로, 그 외에 다른 고분해능 검사 방법에 대하여 비가시적인 몇몇 임베딩된 결합은, 또한 본 발명의 임의의 기술을 사용하여 발견될 수도 있다. 몇몇 실시형태는 감도에서의 향상을 허용할 수도 있다.

- [0074] 결함의 깊이가 획득되면, 이 정보는 비공초점 검사 툴의 구성을, 예를 들면, 편광 또는 다수의 파장의 선택(예를 들면, 레시피 셋업 및 후속하는 VENN 분석)을 통해, 임의의 깊이 또는 임의의 깊이 범위의 결함에 대해 더 민감하도록 또는 덜 민감하도록 명시하는 데 사용될 수도 있다. 이러한 유용한 응용의 예는 상기 언급된 미국 특허 출원 제14/078,271호에서 더 설명된다.
- [0075] 상기 설명된 시스템 중 임의의 것은, 최종 결과물의 테스트 이미지 및 본원에서 더 설명되는 바와 같은 다른 검사 특성을 디스플레이하기 위한 유저 인터페이스를 제공하도록 구성된 (예를 들면, 프로그래밍 명령을 갖는) 컨트롤러를 포함할 수도 있다. 컨트롤러는 각각의 검출기에 의해 생성된 이미지 또는 신호를 수신하도록 그리고 샘플 상에 결함이 존재하는지의 여부를 결정하기 위해 결과적으로 나타나는 이미지 또는 신호를 분석하도록, 샘플 상에 존재하는 결함의 특성을 묘사하도록, 또는 다르게는 샘플의 특성을 묘사하도록 또한 구성될 수도 있다.
- [0076] 컨트롤러는 소프트웨어 및 하드웨어의 임의의 적절한 조합일 수도 있다. 예를 들면, 컨트롤러는, 입/출력 포트 및 적절한 버스 또는 다른 통신 메커니즘을 통해 하나 이상의 메모리에 커플링된, 프로세서를 포함할 수도 있다. 프로세서 및 메모리는 본 발명의 방법 실시형태의 명령을 구현하도록 프로그래밍될 수도 있다. 컨트롤러는, 초점 깊이를 변경하는 것, 검출 결과 데이터 또는 이미지를 관찰하는 것, 검사 툴 레시피를 셋업하는 것과 같은 유저 입력을 제공하기 위한 하나 이상의 입력 디바이스(예를 들면, 키보드, 마우스, 조이스틱)를 또한 포함할 수도 있다.
- [0077] 이러한 정보 및 프로그램 명령이 특별히 구성된 컴퓨터 시스템 상에서 구현될 수도 있기 때문에, 이러한 시스템은, 컴퓨터 판독가능 매체 상에 저장될 수 있는, 본원에서 설명된 다양한 동작을 수행하기 위한 프로그램 명령/컴퓨터 코드를 포함한다. 머신 판독가능 매체의 예는, 하드 디스크, 플로피 디스크, 및 자기 테이프와 같은 자기 매체; CD-ROM 디스크와 같은 광학 매체; 광학 디스크와 같은 광자기 매체; 및 프로그램 명령을 저장하도록 그리고 수행하도록 특별히 구성되는 하드웨어 디바이스, 예컨대 판독 전용 메모리 디바이스(ROM) 및 랜덤 액세스 메모리(random access memory; RAM)를 포함하지만, 이들에 한정되는 것은 아니다. 프로그램 명령의 예는 컴파일러에 의해 생성되는 것과 같은 머신 코드, 및 인터프리터를 사용하여 컴퓨터에 의해 실행될 수도 있는 더 하이 레벨의 코드를 포함하는 파일 둘 다를 포함한다.
- [0078] 공초점 검사/리뷰 툴의 광학적 레이아웃은 본원에서 설명된 것과는 상이해질 수도 있다. 예를 들면, 대물 렌즈는, 특별히 선택된 파장 대역 또는 하위 대역에 대해 투과 코팅이 최적화되고 또한 각각의 파장 대역을 통한 수차가 최소화되는 한, 많은 가능한 레이아웃 중 하나일 수 있다.
- [0079] 본 발명의 임의의 실시형태는, 가시광~NIR 파장에서 적어도 하나의 광 경로를 생성하는 검사 시스템을 제공한다. 시스템은, 각각의 조명 및 수집 경로에서 옵션사항인 편광을 위한 컴포넌트, 옵션사항인 스펙트럼 하위 대역 필터, 및 3D 웨이퍼 구조체의 검사를 위한 조명 및 수집 경로에서의 옵션사항인 애퍼처 형상을 또한 포함할 수도 있다.
- [0080] 조명 빔을 샘플을 향해 지향시키고 샘플로부터 나오는 출력 빔을 검출기를 향해 지향시키기 위해 임의의 적절한 렌즈 배치가 사용될 수도 있다. 시스템의 조명 및 수집 광학 엘리먼트는 반사성이거나 투과성일 수도 있다. 출력 빔은 샘플로부터 반사되거나 산란될 수도 있거나 또는 샘플을 통해 투과될 수도 있다.
- [0081] 검사 시스템의 상기 설명 및 도면은 시스템의 특정 컴포넌트에 대한 제한으로서 간주되어선 안되며 시스템은 많은 다른 형태로 구체화될 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 예를 들면, 검사 또는 측정 툴은, 결함을 검출하기 위해 및/또는 레티클 또는 웨이퍼의 피처의 임계적 양태를 해결하기 위해 정렬된 임의의 수의 기지의 이미징 또는 계측 툴로부터 임의의 적절한 피처를 가질 수도 있다는 것이 고려된다. 예로서, 검사 또는 측정 툴은 명시야 이미징 현미경, 암시야(darkfield) 이미징 현미경, 풀 스카이(full sky) 이미징 현미경, 위상차 현미경(phase contrast microscopy), 편광 콘트라스트 현미경(polarization contrast microscopy), 및 코히어런스 프로브 현미경(coherence probe microscopy)에 대해 적용될 수도 있다. 단일의 그리고 다수의 이미지 방법은 타겟의 이미지를 캡처하기 위해 사용될 수도 있다는 것이 또한 고려된다. 이들 방법은, 예를 들면, 싱글 그랩(single grab), 더블 그랩(double grab), 싱글 그랩 코히어런스 프로브 현미경(coherence probe microscopy; CPM) 및 더블 그랩 CPM 방법을 포함한다. 검사 또는 계측 장치의 일부를 형성하는 것으로서, 산란측정법과 같은 비찰상 광학적 방법도 또한 고려될 수도 있다.
- [0082] 상기 발명이 이해의 명확화를 위해 몇몇 상에서 설명되었지만, 임의의 변화 및 수정이 첨부된 특허청구범위의 범위 내에서 실시될 수도 있다는 것이 명확할 것이다. 본 발명의 프로세스, 시스템, 및 장치를 구현하는 많은 대안적인 방식이 존재할 수도 있다는 것을 유의해야 한다. 예를 들면, 결함 검출 특성 데이터는 투과된,

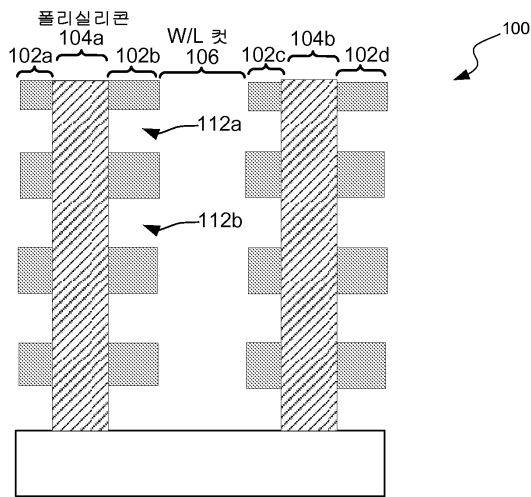
반사된, 또는 조합의 출력 빔으로부터 획득될 수도 있다. 추가적으로, 공초점 시스템은, 결합의 깊이를 결정하기 위해, 가시광 내지 NIR 이외의 다른 파장 범위, 예컨대 가시광, 자외선 또는 원자외선 파장 범위에서 사용될 수도 있다. 따라서, 본 실시형태는 제한적으로서가 아니라 예시적으로서 간주되어야 하며, 본 발명은 본원에서 주어진 상세로 한정되지 않아야 한다.

도면

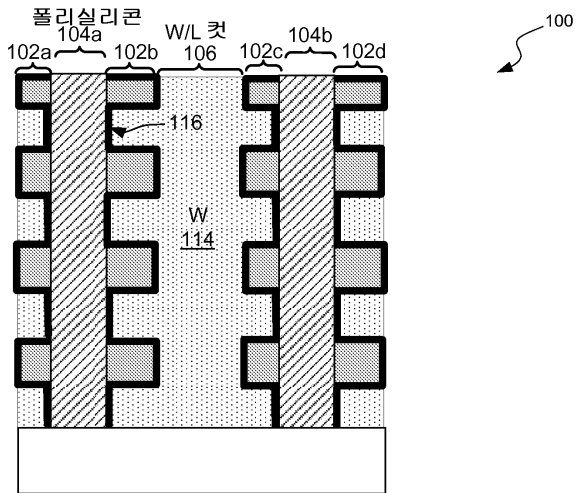
도면1a



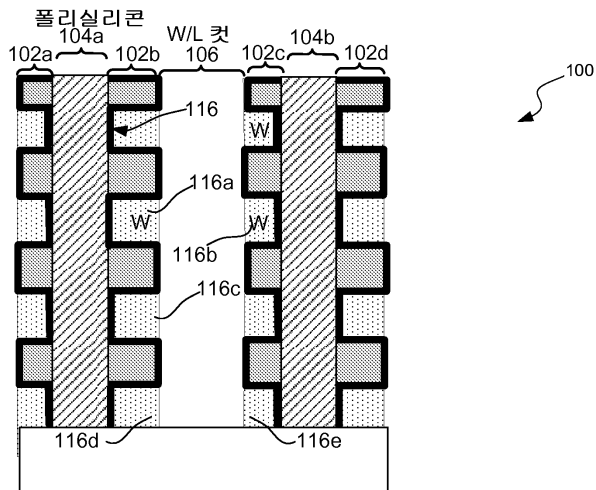
도면1b



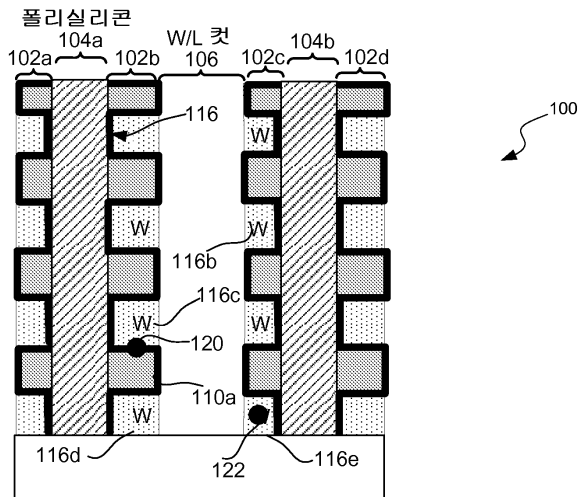
도면1c



도면1d

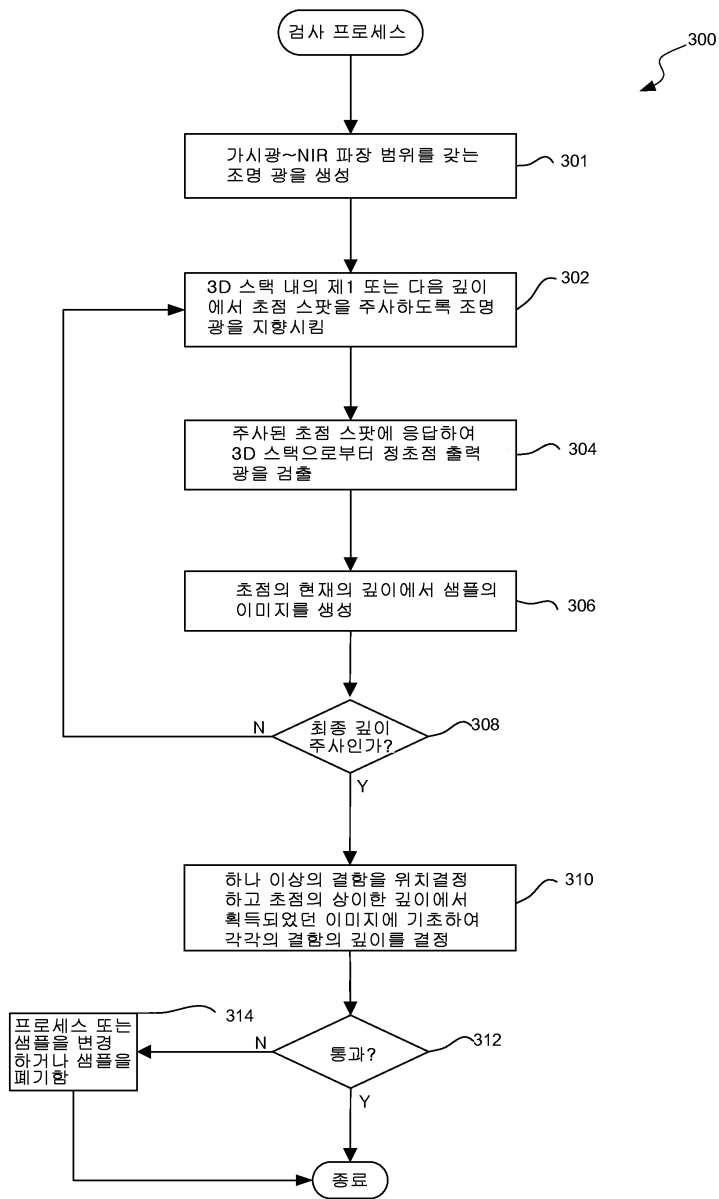


도면1e

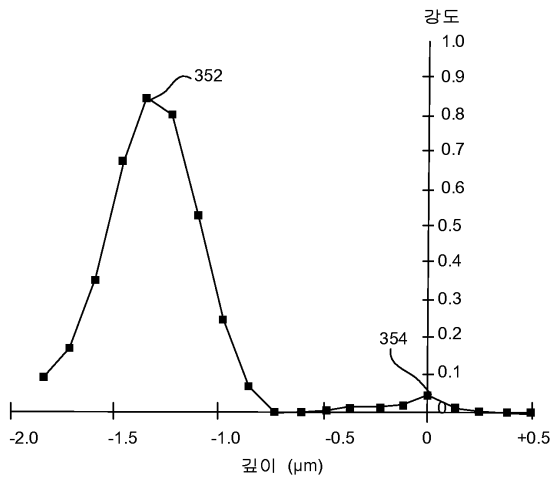




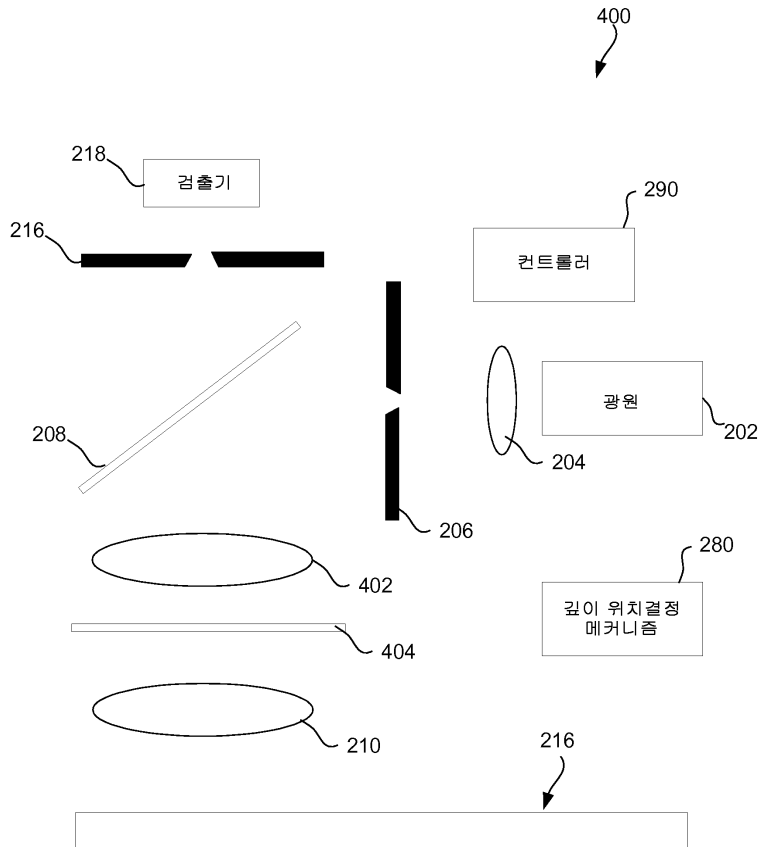
도면3a



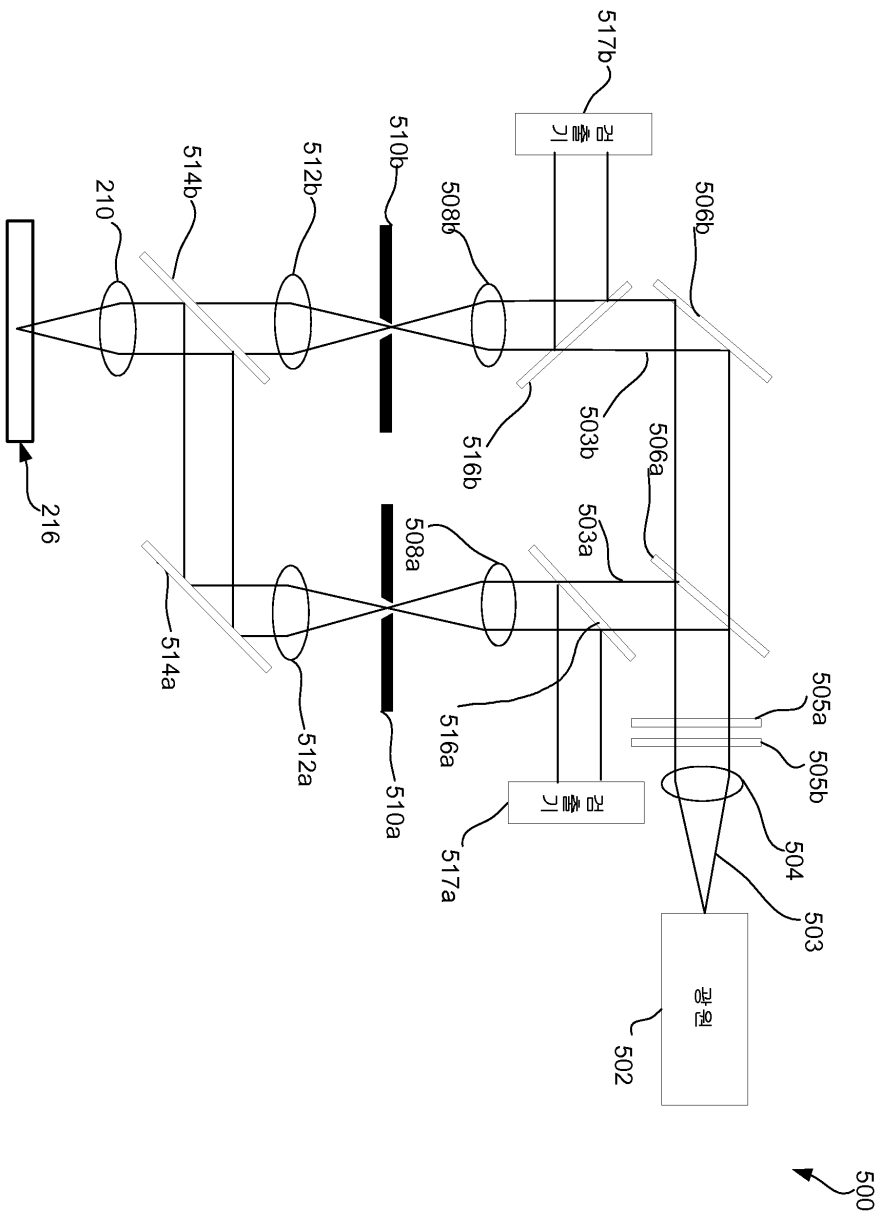
도면3b



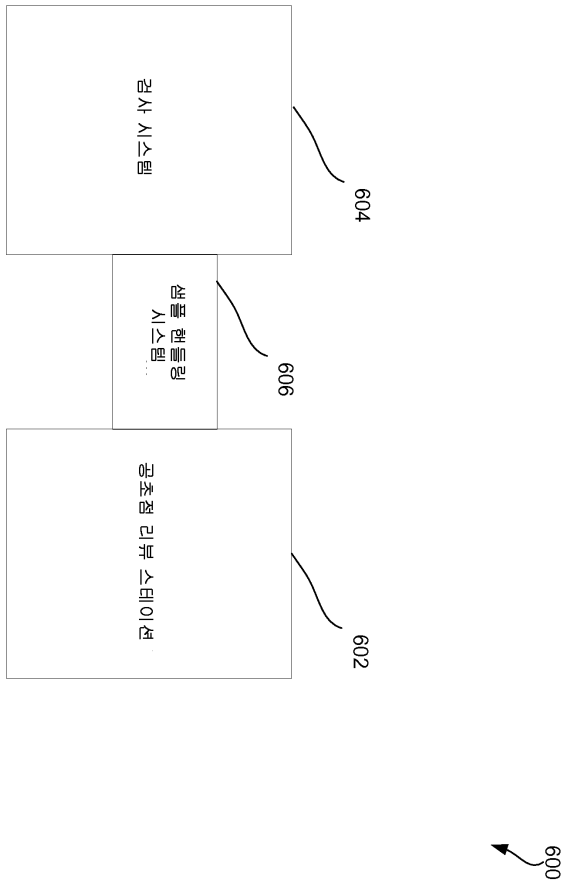
도면4



도면5



도면6



도면7

