



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0128507
(43) 공개일자 2017년11월22일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2017.01) G01N 21/88 (2006.01)
G06K 9/62 (2006.01) H04N 5/225 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G06T 7/001 (2013.01)
G01N 21/8806 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7029582
- (22) 출원일자(국제) 2016년03월15일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2017년10월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2016/022497
- (87) 국제공개번호 WO 2016/149285
국제공개일자 2016년09월22일
- (30) 우선권주장
62/133,959 2015년03월16일 미국(US)
15/068,320 2016년03월11일 미국(US)

- (71) 출원인
케이엘에이-텐코 코포레이션
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 윈 테크
놀로지 드라이브
- (72) 발명자
리 시팡
미국 캘리포니아주 94588 플레젠트 세이지우드 코
트 3357
웬 유시안
미국 캘리포니아주 94536 프리몬트 체리 매너 코
트 420
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
김태홍, 김진희

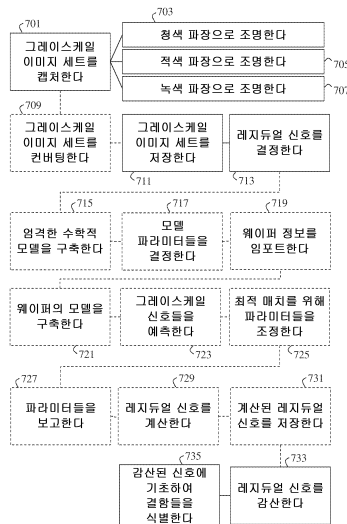
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 검사 도구의 검사 감도를 개선하기 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

검사 도구를 사용하여 웨이퍼에서의 결함을 검출하기 위한 검사 감도를 향상시키는 시스템 및 방법이 개시된다. 복수의 발광 다이오드들은 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 그레이스케일 이미지들의 세트를 캡처한다. 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지에서 레이저듀얼 신호가 결정되고, 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지로부터 레이저듀얼 신호가 감산된다. 결함은 감산된 그레이스케일 이미지 세트에 기초하여 식별된다. 검사 도구 및 웨이퍼의 모델은 개시된 시스템 및 방법의 일부 실시형태로 제조되고 정제 될(refined) 수 있다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

G06K 9/6201 (2013.01)

G06T 5/50 (2013.01)

H04N 5/2256 (2013.01)

G06T 2207/10016 (2013.01)

G06T 2207/10024 (2013.01)

G06T 2207/20224 (2013.01)

G06T 2207/30148 (2013.01)

(72) 발명자

스치위탈라 스펜

미국 오리건주 97124 힐스보로 엔더블유 글로브랜드 드라이브 24685

아지 프라샨트

미국 캘리포니아주 95125 산 호세 뉴포트 애비뉴 1655

니콜라이데스 레나

미국 캘리포니아주 94552 카스트로 밸리 컬럼비아 드라이브 17749

명세서

청구범위

청구항 1

검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법으로서,

검사 도구의 전자 이미지 캡처 디바이스를 사용하여 웨이퍼의 그레이스케일 이미지 세트를 캡처하는 단계로서,

청색 파장 광으로 상기 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제1 그레이스케일 이미지를 캡처하는 것;

적색 파장 광으로 상기 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제2 그레이스케일 이미지를 캡처하는 것; 및

녹색 파장 광으로 상기 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제3 그레이스케일 이미지를 캡처하는 것에 의해, 상기 웨이퍼의 그레이스케일 이미지 세트를 캡처하는 단계;

컴퓨터 판독가능 메모리에 상기 그레이스케일 이미지 세트를 저장하는 단계;

상기 컴퓨터 판독가능 메모리와 통신하는 프로세서를 사용하여, 상기 그레이스케일 이미지 세트에서의 이미지들의 조합에 기초하여 상기 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지들에서의 레지듀얼 신호(residual signal)을 결정하는 단계;

상기 프로세서를 사용하여, 상기 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지로부터 상기 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지의 상기 레지듀얼 신호를 감산하는 단계; 및

상기 감산된 그레이스케일 이미지 세트에 기초하여 상기 웨이퍼에서 결함을 식별하는 단계를 포함하는, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 웨이퍼의 그레이스케일 이미지 세트를 캡처하는 단계는, 청색, 적색, 또는 녹색 파장 광의 조합으로 상기 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 하나 이상의 추가적인 그레이스케일 이미지들을 캡처하는 단계를 더 포함하는 것인, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

아날로그-투-디지털 컨버터를 사용하여 상기 이미지 캡처 디바이스에 의해 캡처된 상기 그레이스케일 이미지 세트를 컨버팅하는 단계를 더 포함하는, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지들에서 레지듀얼 신호를 결정하는 단계는,

프로세서를 사용하여, 상기 검사 도구를 이용한 결함 검출의 엄격한 수학적 모델을 구축하는(building) 단계;

상기 프로세서를 사용하여, 공지된 표준 그레이스케일 이미지 세트에 기초한 하나 이상의 모델 파라미터들을 결정하는 단계;

상기 프로세서를 사용하여, 상기 하나 이상의 모델 파라미터들을 사용하는 상기 웨이퍼의 모델 - 상기 모델은 설계 값들 또는 이전에 측정된 값들에 기초한 것임 - 을 구축하는 단계;

상기 프로세서를 사용하여, 상기 웨이퍼의 모델 및 상기 엄격한 수학적 모델을 사용함으로써 그레이스케일 신호들을 예측하는 단계;

상기 예측된 그레이스케일 신호들과 상기 웨이퍼로부터 측정된 그레이스케일 신호들 사이에서 최적 매치가 발견 될 때까지 상기 웨이퍼의 모델의 하나 이상의 파라미터들을 조정하는(adjusting) 단계;

상기 프로세서를 사용하여, 상기 최적 매치 모델에 대응하는 상기 하나 이상의 파라미터들을 측정된 샘플 파라미터들로서 보고하는 단계;

상기 프로세서를 사용하여, 상기 예측된 그레이스케일 및 상기 웨이퍼의 측정된 그레이스케일 사이의 차이들에 기초하여 레지듀얼 신호를 계산하는 단계; 및

미래의 결함 검출을 위해 상기 계산된 레지듀얼 신호를 컴퓨터 판독가능 메모리에 저장하는 단계를 포함하는 것인, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 공지된 표준 그레이스케일 이미지는 VLSI 박막 표준 이미지 세트인 것인, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

측정될 변수들은 모델 파라미터들인 것인, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 컴퓨터 판독가능 메모리에 웨이퍼 정보를 임포트하는(importing) 단계를 더 포함하고,

상기 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지들에서의 레지듀얼 신호를 계산하는 단계는 상기 임포트된 웨이퍼 정보에 더 기초하는 것인, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 웨이퍼 정보는 GDSII 포맷으로 된 것인, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 웨이퍼 정보는 상기 프로세서에 의해 자동으로 임포트되는 것인, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 검사 도구의 전자 이미지 캡처 디바이스를 사용하여, 웨이퍼가 수정된 후에 웨이퍼의 추가 그레이스케일 이미지를 캡처하는 단계;

상기 컴퓨터 판독가능 메모리와 통신하는 프로세서를 사용하여, 상기 추가 그레이스케일 이미지 세트 내의 이미지들의 조합에 기초하여 상기 추가 그레이스케일 이미지 세트의 이미지들 각각의 레지듀얼 신호를 결정하는 단계;

상기 프로세서를 사용하여, 상기 추가 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지로부터 상기 추가 그레이스케일 이미지의 각 이미지의 레지듀얼 신호를 감산하는 단계; 및

상기 프로세서를 사용하여, 상기 그레이스케일 이미지 세트들 사이의 차이들에 기초하여 상기 웨이퍼의 결함을 식별하는 단계

를 더 포함하는, 검사 도구에 의해 웨이퍼의 결함을 식별하는 방법.

청구항 11

향상된 검사 도구 시스템으로서,

제어 프로세서;

상기 제어 프로세서와 전자 통신하는 전자 이미지 캡처 디바이스;

상기 제어 프로세서와 전자 통신하는 복수의 발광 다이오드들로서, 각각의 발광 다이오드는 상이한 파장의 광을 발광하도록 구성되는 것인, 상기 복수의 발광 다이오드들;

상기 이미지 캡처 디바이스와 전자 통신하는 컴퓨터 판독가능 메모리; 및

상기 컴퓨터 판독가능 메모리와 전자 통신하는 분석 프로세서

를 포함하고,

상기 제어 프로세서는,

상기 복수의 발광 다이오드들로 하여금 청색 파장 광으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하고 제1 그레이스케일 이미지를 캡처하게 명령하고;

상기 복수의 발광 다이오드들로 하여금 적색 파장 광으로 상기 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하고 제2 그레이스케일 이미지를 캡처하게 명령하고;

상기 복수의 발광 다이오드들로 하여금 녹색 파장 광으로 상기 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하고 제3 그레이스케일 이미지를 캡처하게 명령하고;

상기 전자 이미지 캡처 디바이스로 하여금 웨이퍼의 그레이스케일 이미지 세트 - 상기 세트의 각각의 이미지는 상기 웨이퍼의 적어도 일부가 상기 복수의 발광 다이오드들에 의해 조명되는 동안 캡처되는 것임 - 를 캡처하고, 상기 그레이스케일 이미지 세트를 상기 컴퓨터 판독가능 메모리에 저장하게 명령하도록

구성되고,

상기 분석 프로세서는,

상기 그레이스케일 이미지 세트 내의 이미지들의 조합에 기초하여 상기 컴퓨터 판독가능 메모리로부터 검색된 상기 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지들에서 레지듀얼 신호를 결정하고;

상기 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지로부터 상기 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지의 상기 레지듀얼 신호를 감산하고;

상기 감산된 그레이스케일 이미지 세트에 기초하여 상기 웨이퍼에서의 결함을 식별하도록

구성되는 것인, 향상된 검사 도구 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제어 프로세서는 또한, 상기 복수의 발광 다이오드들로 하여금, 청색, 적색, 및 녹색 파장 광의 조합으로 상기 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하고 상기 조합된 광 하에서 추가적인 그레이스케일 이미지를 캡처하게 명령하도록 구성되는 것인, 향상된 검사 도구 시스템.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 컴퓨터 판독가능 메모리에 저장하기 위해 상기 그레이스케일 이미지 세트를 컨버팅하도록 구성된 아날로그-투-디지털 컨버터를 더 포함하는, 향상된 검사 도구 시스템.

청구항 14

제11항에 있어서,
 상기 분석 프로세서는,
 상기 분석 프로세서를 사용하여, 검사 도구를 사용하는 결함 검출의 엄격한 수학적 모델을 구축하고,
 상기 분석 프로세서를 사용하여, 공지된 표준 그레이스케일 이미지 세트에 기초하여 하나 이상의 모델 파라미터들을 결정하고,
 상기 분석 프로세서를 사용하여, 상기 하나 이상의 모델 파라미터들을 사용하는 웨이퍼의 모델 - 상기 모델은 디자인 값들 또는 이전에 측정된 값들에 기초함 - 을 구축하고,
 상기 분석 프로세서를 사용하여 상기 웨이퍼의 모델 및 상기 엄격한 수학적 모델을 사용함으로써 그레이스케일 신호들을 예측하고,
 상기 예측된 그레이스케일 신호들과 상기 웨이퍼로부터 측정된 그레이스케일 신호들 사이에 최적 매치가 발견될 때까지 상기 웨이퍼의 모델의 하나 이상의 파라미터들을 조정하고,
 상기 분석 프로세서를 사용하여, 상기 최적 매치 모델들에 대응하는 상기 하나 이상의 파라미터들을 측정된 샘플 파라미터들로서 보고하고,
 상기 분석 프로세서를 사용하여, 상기 예측된 그레이스케일과 상기 웨이퍼 상의 측정된 그레이스케일 사이의 차이에 기초하여 레지듀얼 신호를 계산하고,
 미래의 결함 검출을 위해 상기 계산된 레지듀얼 신호를 상기 컴퓨터 관독가능 메모리에 저장함으로써,
 상기 그레이스케일 이미지의 각각의 이미지들에서 레지듀얼 신호를 결정하는 것인, 향상된 검사 도구 시스템.

청구항 15

제11항에 있어서,
 상기 분석 프로세서는 또한, 상기 컴퓨터 관독가능 메모리로부터의 웨이퍼 정보를 임포트하고 상기 임포트된 웨이퍼 정보에 기초하여 상기 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지들에서 레지듀얼 신호를 결정하도록 구성되는 것인, 향상된 검사 도구 시스템.

청구항 16

제15항에 있어서,
 상기 웨이퍼 정보는 GDSII 포맷으로 된 것인, 향상된 검사 도구 시스템.

청구항 17

제11항에 있어서,
 상기 제어 프로세서는 또한, 상기 전자 이미지 캡처 디바이스로 하여금 상기 웨이퍼가 수정된 후에 웨이퍼의 추가적인 그레이스케일 이미지 세트를 캡처하도록 구성되고,
 상기 분석 프로세서는 또한,
 상기 추가적인 그레이스케일 이미지 세트 내의 상기 이미지들의 조합에 기초하여 상기 추가적인 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지들에서 레지듀얼 신호를 결정하고;
 상기 추가적인 그레이스케일 이미지 세트 내의 각각의 이미지로부터 상기 추가적인 그레이스케일 이미지 세트 내의 각각의 이미지의 상기 레지듀얼 신호를 감산하고;
 상기 그레이스케일 이미지 세트들 사이의 차이들에 기초하여 상기 웨이퍼에서의 결함을 식별하도록 구성되는 것인, 향상된 검사 도구 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2015년 3월 16일에 출원되고 현재 계류중인 미국 가출원 62/133,959에 대한 우선권을 주장하며, 그 내용은 여기에 참조로 포함되어 있다.

[0002] 본 개시는 계측 도구와 같은 검사 도구의 검사 감도를 개선하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 웨이퍼 검사 시스템은 반도체 제조업체가 집적 회로(IC) 칩 수율을 높이고 유지하는데 도움을 준다. IC 산업은 제조 프로세스 중에 발생하는 결함을 검출하기 위해 검사 시스템을 사용한다. 그 주된 목적은 프로세스가 제어 하에 있는지 여부를 모니터링하기 위함이다. 프로세스가 확립된 규범의 범위를 벗어나는 경우, 시스템은 IC 제조 프로세스의 관리자가 수정할 수 있는 문제 및/또는 문제의 원인을 나타내야 한다. 일부 중요한 검사 시스템 특성은 결함 검출 감도 및 웨이퍼 처리량이다. 감도와 처리량이 결합되어 감도가 높아지면 대개 처리량이 낮아진다. 이 관계에 대한 물리적 경제적 이유가 있다.

[0004] 감도와 처리량의 상대적인 값은 검사 시스템의 기능에 따른다. 이 시스템을 위한 3개의 일반적인 기능 요구사항이 있다: 첫째, 프로세스 개발에서; 둘째, 프로세스 라인의 모니터링에서; 셋째, 스테이션의 모니터링에서의, 결함의 검출 및 분류이다. 프로세스 개발에서, 작은 결함 및 더 넓은 범위의 결함 유형을 캡처하기 위해 낮은 처리량을 허용할 수 있다. 그러나, 생산 라인 또는 스테이션의 모니터링에서, 소유 비용(cost-of-ownership) 및 처리량에 있어서 상대적으로 중요성이 커진다. 이 경우에, 물론, 감도는 수율 제한 결함을 캡처하는데 적합해야 한다.

[0005] 반도체 제조 산업의 진화는 수율 관리, 특히 계측 및 검사 시스템에 대한 요구가 증가하고 있다. 웨이퍼 사이즈가 증가하는 동안 임계 치수(critical dimension)는 줄어들고 있다. 경제는 고수익, 고부가가치 생산을 달성하는 데 소요되는 시간을 줄이기 위해 업계를 주도하고 있다. 따라서, 수율 문제를 검출하여 해결하는데 걸리는 총 시간을 최소화하는 것이 반도체 제조사에 대한 투자 수익을 결정한다.

[0006] 따라서, 검사 시스템은, 결함을 발견하는 독립형(stand-alone) "도구"로부터 결함 검출, 결함 분류, 결과 분석, 및 수정 조치 추천의 기능을 수행하는 보다 완벽한 솔루션의 일부로 진화하고 있다.

[0007] 기존 시스템 및 방법이 반도체 웨이퍼의 자동 결함 검사에 사용되었다. 그러나, 선행 기술의 시스템 및 방법의 검사 파라미터는 고처리량 환경에서 다소 제한적이다. 예컨대, 코팅된 필름 두께 또는 웨이퍼에 걸친 프로세스 균일성 같은 파라미터는 시간 소모적이며 계산상으로 고비용이다.

[0008] 현재 시스템은 적색, 녹색 및 청색 LED 조명의 모든 가능한 조합 하에서 반도체 웨이퍼의 그레이스케일 이미지를 캡처한다. 그레이스케일 이미지는 현재 반도체 웨이퍼의 자동 결함 검출 또는 웨이퍼 대 웨이퍼 프로세스 변동(G-view)을 검출하는 데 사용된다.

발명의 내용

[0009] 본 개시의 일 실시형태는 검사 도구로 웨이퍼 내의 결함을 식별하기 위한 방법이다. 상기 방법은 검사 도구의 전자 이미지 캡처 디바이스를 사용함으로써 웨이퍼의 그레이스케일 이미지 세트를 캡처하는 단계를 포함한다. 그레이스케일 이미지 세트는, 청색 파장 광으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제1 그레이스케일 이미지를 캡처하는 단계, 적색 파장 광으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제2 그레이스케일 이미지를 캡처하는 단계, 및 녹색 파장 광으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제3 그레이스케일 이미지를 캡처하는 단계에 의해 캡처될 수 있다. 일 실시형태에서, 상기 방법은 청색, 적색, 또는 녹색 파장 광의 조합으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 하나 이상의 추가 그레이스케일 이미지들을 캡처하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0010] 상기 방법은 그레이스케일 이미지 세트를 컴퓨터 판독가능 메모리에 저장하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 방법은, 컴퓨터 판독가능 메모리와 통신하는 프로세서를 사용하여, 그레이스케일 이미지 세트 내의 이미지들의 조합에 기초한 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지들에서의 레지듀얼 신호(residual signal)을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 레지듀얼 신호는, 프로세서를 사용하여, 검사 도구를 사용한 결함 검출의 엄격한 수학적 모델을 구축하는(building) 단계; 프로세서를 사용하여, 공지의 표준 그레이스케일 이미지 세트(VLSI 박막 표준 이미지 세트 등)에 기초하여 하나 이상의 모델 파라미터들을 결정하는 단계; 프로세서를 사용하여, 하나 이상의 모델 파라미터들을 사용하여 웨이퍼의 모델 - 모델은 디자인 값들 또는 이전에 측정된 값들(모델 파라미터들 등)에 기초한 - 을 구축하는 단계; 프로세서를 사용하여, 웨이퍼의 모델 및 엄격한 수학적 모델을 사용함으로써 그레이스케일 신호들을 예측하는 단계; 웨이퍼로부터 측정된 그레이스케일 신호들과 예측된

그레이스케일 신호들 사이에서 최적 매치(best match)가 발견될 때까지 웨이퍼의 모델의 하나 이상의 파라미터들을 조정하는(adjusting) 단계; 프로세서를 사용하여, 최적 매치 모델들에 대응하는 하나 이상의 파라미터들을 측정된 샘플 파라미터들로서 보고하는 단계; 프로세서를 사용하여, 웨이퍼 상의 측정된 그레이스케일과 예측된 그레이스케일 사이의 차이들에 기초하여 레지듀얼 신호를 계산하는 단계; 및 미래의 결함 검출을 위해 계산된 레지듀얼 신호를 컴퓨터 판독가능 메모리에 저장하는 단계에 의해 결정될 수 있다.

- [0012] 상기 방법은, 프로세서를 사용하여, 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지로부터 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지의 레지듀얼 신호를 감산하는(subtracting) 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 방법은 프로세서를 사용하여, 감산된 그레이스케일 이미지 세트에 기초하여 상기 웨이퍼의 결함을 식별하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 방법은 아날로그-투-디지털 컨버터를 사용하여 이미지 캡처 디바이스에 의해 캡처된 그레이스케일 이미지 세트를 컨버팅하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 방법은 웨이퍼 정보를 컴퓨터 판독가능 메모리로 임포트하는(importing) 단계를 더 포함할 수 있으며, 그레이스케일 이미지 세트의 이미지들 각각에서 레지듀얼 신호를 계산하는 단계는 또한 임포트된 웨이퍼 정보에 기초한다. 웨이퍼 정보는 GDSII 포맷으로 될 수 있다. 웨이퍼 정보는 프로세서에 의해 자동적으로 임포트될 수도 있다.
- [0016] 상기 방법은, 검사 도구의 전자 이미지 캡처 디바이스를 사용하여, 웨이퍼가 수정된 후에 웨이퍼의 추가 그레이스케일 이미지 세트를 캡처하는 단계; 컴퓨터 판독가능 메모리와 통신하는 프로세서를 사용하여, 추가 그레이스케일 이미지 세트 내의 이미지들의 조합에 기초하여 추가 그레이스케일 이미지 세트의 이미지들 각각의 레지듀얼 신호를 결정하는 단계; 프로세서를 사용하여, 추가 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지로부터 추가 그레이스케일 이미지의 각 이미지의 레지듀얼 신호를 감산하는 단계; 및 프로세서를 사용하여, 그레이스케일 이미지 세트들 사이의 차이들에 기초하여 웨이퍼의 결함을 식별하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 본 개시의 일 실시형태는 향상된 검사 도구 시스템으로 기술될(described) 수 있다. 상기 시스템은 제어 프로세서 및 제어 프로세서와 전자 통신하는 전자 이미지 캡처 디바이스를 포함할 수 있다. 상기 시스템은 상이한 파장의 광을 발광하도록 각각 구성된 복수의 발광 다이오드들을 더 포함할 수 있다. 복수의 발광 다이오드들은 제어 프로세서와 전자 통신할 수 있다.
- [0018] 상기 시스템은 이미지 캡처 디바이스와 전자 통신하는 컴퓨터 판독가능 메모리 및 컴퓨터 판독가능 메모리와 전자 통신하는 분석 프로세서를 더 포함할 수 있다. 일 실시형태에서, 상기 시스템은 컴퓨터 판독가능 메모리에 저장하기 위해 그레이스케일 이미지 세트를 컨버팅하도록 구성된 아날로그-투-디지털 컨버터를 더 포함할 수 있다.
- [0019] 제어 프로세서는 복수의 발광 다이오드들이 청색, 적색, 및 녹색 파장 광으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제1, 제2, 및 제3 그레이스케일 이미지를 캡처하게 지시하도록(instruct) 구성될 수 있다.
- [0020] 제어 프로세서는 또한 전자 이미지 캡처 디바이스가 웨이퍼의 그레이스케일 이미지 세트를 캡처하게 지시하도록 구성될 수 있다. 캡처된 세트의 각 이미지는 복수의 발광 다이오드들에 의해 웨이퍼의 적어도 일부가 조명되는 동안 이루어질 수 있다. 제어 프로세서는 또한 컴퓨터 판독가능 메모리에 그레이스케일 이미지 세트를 저장하도록 구성될 수 있다. 제어 프로세서는 또한 복수의 발광 다이오드들이 청색, 적색, 및 녹색 파장 광의 조합으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 결합된 광 하에서 추가 그레이스케일 이미지를 캡처하게 지시하도록 구성될 수 있다.
- [0021] 분석 프로세서는 그레이스케일 이미지 세트 내의 이미지들의 조합에 기초하여 컴퓨터 판독가능 메모리로부터 검색된 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지들에서의 레지듀얼 신호를 결정하도록 구성될 수 있다. 분석 프로세서는, 분석 프로세서를 사용하여, 검사 도구를 사용한 결함 검출의 엄격한 수학적 모델을 구축하는(building) 단계; 분석 프로세서를 사용하여, 공지의 표준 그레이스케일 이미지 세트에 기초하여 하나 이상의 모델 파라미터들을 결정하는 단계; 분석 프로세서를 사용하여, 하나 이상의 모델 파라미터들을 사용하여 웨이퍼의 모델 - 모델은 디자인 값들 또는 이전에 측정된 값들에 기초함 - 을 구축하는 단계; 분석 프로세서를 사용하여, 웨이퍼의 모델 및 엄격한 수학적 모델을 사용함으로써 그레이스케일 신호들을 예측하는 단계; 웨이퍼로부터 측정된 그레이스케일 신호들과 예측된 그레이스케일 신호들 사이에서 최적 매치(best match)가 발견될 때까지 웨이퍼의 모델의 하나 이상의 파라미터들을 조정하는(adjusting) 단계; 분석 프로세서를 사용하여, 최적 매치 모델들에 대응하는 하나 이상의 파라미터들을 측정된 샘플 파라미터들로서 보고하는 단계; 분석 프로세서를 사용하여, 웨이퍼의

이퍼 상의 측정된 그레이스케일과 예측된 그레이스케일 사이의 차이들에 기초하여 레지듀얼 신호를 계산하는 단계; 및 미래의 결함 검출을 위해 계산된 레지듀얼 신호를 컴퓨터 판독가능 메모리에 저장하는 단계에 의해 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지들에서의 레지듀얼 신호를 결정할 수 있다.

[0022] 분석 프로세서는 또한 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지로부터 그레이스케일 이미지의 각 이미지의 레지듀얼 신호를 감산하고, 감산된 그레이스케일 이미지 세트에 기초하여 웨이퍼에서의 결함을 식별하도록 구성될 수 있다. 분석 프로세서는 또한 컴퓨터 판독가능 메모리로부터 웨이퍼 정보를 임포트하고 임포트된 웨이퍼 정보에 추가적으로 기초하여 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지들에서의 레지듀얼 신호를 결정하도록 구성될 수 있다. 웨이퍼 정보는 GDSII 포맷으로 될 수 있다.

[0023] 제어 프로세서는 또한 전자 이미지 캡처 디바이스가 웨이퍼가 수정된 후에 추가 그레이스케일 이미지 세트를 캡처하게 지시하도록 구성될 수 있다. 이러한 실시형태에서, 분석 프로세서는 또한 추가 그레이스케일 이미지 세트에서의 이미지들의 조합에 기초하여 추가 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지들에서의 레지듀얼 신호를 결정하고, 추가 그레이스케일 이미지 세트에서의 각 이미지로부터 추가 그레이스케일 이미지 세트에서의 각 이미지의 레지듀얼 신호를 감산하고, 그레이스케일 이미지 세트들 사이의 차이들에 기초하여 웨이퍼 내의 결함을 식별하도록 구성될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 본 개시의 특징 및 목적의 완전한 이해를 위해, 첨부 도면과 결합된 이하의 상세한 설명에 대한 참조가 이루어진다.

- 도 1은 본 개시의 시스템 또는 방법을 사용하여 웨이퍼 상의 결함의 검출을 예시하는 도면이다.
- 도 2는 본 개시의 시스템 또는 방법을 사용하여 웨이퍼 대 웨이퍼로부터의 프로세스 드리프트(process drift)의 검출을 예시하는 도면이다.
- 도 3a 내지 도 3c는 본 개시의 시스템 또는 방법을 사용하여 반도체 웨이퍼의 적색 조명된(도 3a), 녹색 조명된(도 3b), 및 청색 조명된(도 3c) 예시적 그레이 레벨 이미지이다.
- 도 4a는 본 개시의 시스템 또는 방법을 사용하여 측정된 두께의 웨이퍼 맵(wafer map)을 나타낸 다이어그램이다.
- 도 4b는 도 4a 및 도 4c에서 캡처된 데이터의 비교를 나타낸 다이어그램이다.
- 도 4c는 계측 도구를 사용하여 측정된 두께의 웨이퍼 맵을 나타낸 다이어그램이다.
- 도 5a 내지 도 5c는 본 개시의 시스템 또는 방법을 사용하여 두께 변화로부터의 신호가 감소된 후에 적색, 녹색, 및 청색 채널들의 레지듀얼 신호를 나타낸 다이어그램이다.
- 도 6은 본 개시의 시스템 또는 방법에서 사용되는 예시적 이미징 디바이스이다.
- 도 7은 본 개시의 예시적 실시형태를 나타낸 플로우차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 청구된 주제가 특정 실시형태에 의해 설명될 것이지만, 여기에 설명된 모든 장점 및 특징을 제공하지 않는 실시형태를 포함하는 다른 실시형태도 본 개시의 범위 내에 있다. 본 개시의 범위를 벗어나지 않으면서 다양한 구조적, 논리적, 프로세스 단계 및 전자적 변경이 이루어질 수 있다.

[0026] 여기에 개시된 시스템 및 방법의 실시형태들은 샘플 파라미터들의 정량적 모니터링을 가능하게 하고 향상된 검사 성능을 제공한다. 상기 시스템은 보다 신뢰성 있고 측정가능한 각 파장에 대한 웨이퍼 상에서의 각 포인트에 대한 양을 생성한다. 이것은 가능한 애플리케이션들을 증가시키고 결과를 향상시킨다. 검사 도구에서 샘플 파라미터들을 추출하면 프로세스 파라미터 드리프트를 검출하는 데 도움이 되어 반도체 제조업체가 예방 또는 수정 조치를 취할 수 있다.

[0027] 여기에 사용된 바와 같이, 용어 "웨이퍼"는 일반적으로 반도체 또는 비반도체 물질로 형성된 기판을 지칭한다. 이러한 반도체 또는 비반도체 물질의 예는 단결정 실리콘, 갈륨 비소, 인화 인듐, 사파이어 및 유리를 포함하지만, 이것들에 한정되지 않는다. 이러한 기판은 일반적으로 반도체 제조 설비에서 발견 및/또는 프로세싱될 수 있다.

- [0028] 웨이퍼는 기판 상에 형성된 하나 이상의 층들을 포함할 수 있다. 예컨대, 이러한 층들은 포토 레지스트, 유전체 물질, 도전성 물질, 및 반도체 물질을 포함할 수 있지만, 이것들에 한정되지 않는다. 다수의 상이한 타입의 이러한 층들은 공지되어 있고, 여기에 사용된 용어 웨이퍼는 이러한 모든 타입의 층들을 포함하는 웨이퍼를 포함하는 것으로 의도된다.
- [0029] 웨이퍼 상에 형성된 하나 이상의 층들은 패터닝(patterning)되거나 패터닝되지 않을 수 있다. 예컨대, 웨이퍼는 각각 반복적으로 패터닝된 피쳐들 또는 주기적 구조체들을 가진 복수의 다이들을 포함할 수 있다. 이러한 물질의 층들의 형성 및 프로세싱은 궁극적으로 완성된 디바이스들을 얻게 할 수 있다. 다수의 상이한 타입의 디바이스들이 웨이퍼 상에 형성될 수 있고, 여기에 사용된 용어 웨이퍼는 공지된 임의의 타입의 디바이스가 제조되는 웨이퍼를 포함하는 것으로 의도된다.
- [0030] 개시된 시스템 및 방법의 실시형태들은 수학적으로 엄격한 방식으로 기존의 데이터로부터 정보를 추출한다. 일 실시형태에서, 도 6의 시스템의 명시야 채널(bright field channel)(603)로부터의 그레이스케일 신호는, 미리 결정된 조명 광원, 즉 적색, 녹색 및 청색 LED의 임의의 조합으로 웨이퍼의 일부 또는 전체 웨이퍼 영역에 걸친 스캔을 통해 얻어진다. 도 6의 시스템은 이전 데이터 분석을 사용하여 캘리브레이션된다(calibrated). 캘리브레이션 프로세스(calibration process)는 시스템이 VLSI 박막 표준과 같은 공지의 표면 구조를 갖는 하나 이상의 웨이퍼를 스캔할 때 그레이스케일 신호를 분석함으로써 수행될 수 있다. 이 캘리브레이션 프로세스는 도 6의 시스템의 엄격한 수학적 모델을 위한 모든 파라미터들을 찾는다. 테스트 중인 웨이퍼에 대한 데이터 분석 동안, 웨이퍼상의 구조체들을 엄격하게 모델링하는 것에 추가하여, 캘리브레이션 프로세스로부터 미리 결정된 파라미터들을 갖는 모델이 사용된다. 도 6의 엄격하게 모델링된 샘플 및 시스템의 결과들은 예측된 그레이스케일 신호들이다. 예측된 그레이스케일 신호들은 시스템에 의해 측정된 그레이스케일 신호와 비교된다. 예측된 신호와 측정된 신호 사이의 최적 매치는 필름의 두께, 물질의 광학 상수 및/또는 일부 패터닝된 피쳐들의 임계 치수(CD: critical dimension)와 같은 테스트 중인 샘플들의 파라미터를 조정함으로써 얻어진다. 최적 매치를 부여하는 파라미터들은 측정 결과로서 보고된다.
- [0031] 일 실시형태에서, 엄격한 모델링 방법이 도 6에 도시된 것과 같은 자동 광학 검사 디바이스에 적용된다. 상기 방법이 검사 시스템의 성능을 향상시킴에 따라, (도 3a 내지 도 3c에 예시된 바와 같은) 그레이스케일 신호는 점점 정밀하게 된다. 그레이스케일 데이터를 엄격하게 분석 또는 모델링함으로써, 본 개시의 실시형태들은 광학 검사 디바이스로부터의 그레이스케일 데이터를 사용하여 박막 스택의 두께와 같은 샘플 파라미터들을 측정할 수 있다. 도 4a는 여기에 개시된 캘리브레이션 및 데이터 분석 프로세스들을 통해 본 개시의 시스템 및 방법을 사용하여 결정되는 반도체 웨이퍼의 두께를 나타낸다. 도 4c는 잘 확립된 정확도이지만 시간 소모적인 계측 도구에 의해 결정되는 동일한 반도체 웨이퍼의 두께를 나타낸다. 도 4b는 2개의 방법으로부터 결과를 대각선상에 도시(plotting)함으로써 계측 도구와 비교하여 현재 개시된 시스템 및 방법의 정확도를 예시한다. 명확함을 위해, 이들 사이의 차이는 도 4b에 사각형으로 도시되어 있다.
- [0032] 다른 실시형태에서, 원래의 그레이스케일 이미징에 엄격한 모델링 방법을 적용함으로써 결함 검출 감도가 증가될 수 있다. 일 실시예에서, 도 3a 내지 도 3c의 이미지들과 같은 예시적인 명시야 RGB 그레이스케일 이미지가 캡처될 수 있다. RGB 그레이스케일 이미지는 적색, 녹색, 또는 청색 광에 의해 조명되는 웨이퍼 또는 웨이퍼의 일부의 그레이스케일 이미지들의 세트가 될 수 있다. 이 세트에서의 각 이미지는 상이한 컬러의 광 하에서 캡처된 이미지에 대응할 수 있다. 이미징된 웨이퍼에 걸친 그레이스케일 변화의 주요 성분(component)은 부분적으로 웨이퍼의 필름 두께 변화에 기인한다. 필름 두께 변화에 의해 야기된 신호를 수학적으로 제거한 후에, 도 5a 내지 도 5c에 도시된 바와 같은 레지듀얼 신호가 발견될 수 있다.
- [0033] 예컨대, 도 5a 내지 도 5c 내에 도시된 3개의 주요 데이터 성분들이 있다: (a) 반지름 범위 110-150mm 사이의 링(ring) 내의 비정상적인 피쳐(feature)는 특히 좌측 상단 범위에서 필름의 광학적 특성을 정상 값과 다르게 행동하게 하는 프로세스 불균일성이고; (b) 링 타입 및 수평 스트립 타입 피쳐는 예시적인 실시형태에서 공지된 하드웨어 제한이며; (c) (b)에서 설명한 하드웨어 서명을 제거한 후에, 이미지는 약한 신호를 가진 결함을 하위 디지털화된 수(sub digitized-count)로 나타낸다(reveal). 따라서, 시스템의 결함 검출 감도는 주요 두께 변화 성분들을 제거한 후에 향상될 것이다.
- [0034] 다른 실시형태에서, 동일 웨이퍼 상에서 그러나 웨이퍼 프로세스 동안의 상이한 시간에 취득된 그레이스케일 이미지들의 다수의 세트들을 수집 및 분석함으로써 본 개시의 능력이 확장될 수 있다. 예컨대, 그레이스케일 이미지들의 하나의 세트는 각각의 필름 층 성막 프로세스 후에 캡처될 수 있다. 일 실시형태에서, 그레이스케일 이미지의 세트는 프리-리소그래피 층(pre-lithography layer), ARC 층, 및 포토 레지스트 층 이후에 취해질

(take) 수 있다. 패턴을 현상(developing)한 후에 그레이스케일 이미지들의 다른 세트가 취해질 수 있다. 그레이스케일 이미지들의 모든 세트가 함께 분석되는 경우, 패턴닝된 구조체의 CD 값뿐만 아니라 모든 필름들의 두께가 측정될 수 있다. 또한, 원래의 RGB 그레이스케일 이미지들의 세트들로부터의 필름 두께 및 CD 변화로 인한 주요 신호 성분들을 제거한 후에, 프로세스 변화들 및 작은 결함들이 고감도로 모든 프로세스 단계들에서 검출될 수 있다.

[0035] 다른 실시형태에서 필름 스택 및/또는 패턴닝된 구조체 정보는 엄격한 분석에 임포트될 수 있다. 예컨대, 관심 위치에서의 스택 및/또는 패턴닝된 구조체 정보는 GDSII 파일 또는 다른 적절한 타입의 파일로부터 임포트될 수 있다. 정보는 자동적으로 또는 수동적으로 임포트될 수 있다. 필름 스택들 및/또는 패턴닝된 구조체들은 광의 입사, 입사각 및 방위각, 수치적 애퍼처(numerical aperture), 파장, 편광 등에 대해 상이한 응답을 가질 수 있다. 다이 또는 필드 내에서, 웨이퍼 내에서, 그리고 웨이퍼들 사이의 고유한 필름 스택들 및/또는 패턴닝된 구조체들의 변형은 웨이퍼 제조 프로세스의 변화들을 반영할 수 있다. 이러한 변화들은, 스마트 이미지 분석 등의 알고리즘 및/또는 시스템을 엄격하게 모델링하는 알고리즘을 적용함으로써, 검출되고 분리 및/또는 디커플링될(decoupled) 수 있다. 예컨대, 도 3a 내지 도 3c의 두께 변화를 통한 그레이스케일 변화의 주 성분들이 감소된 후에, 잔여 그레이스케일 변화는 도 5a 내지 도 5c에 도시된 바와 같이 결정될 수 있다. 도 5a에서의 외측 링(outer ring)은, 높은 레지듀얼을 나타내고, 필름 광학 특성이 웨이퍼 프로세스 동안 다른 영역과 상이하기 때문에 식별될 수 있다. 이것은 재료의 특성 변화를 유발하고 두께 변화에 따른 주요 그레이스케일 변화를 제거하지 않고는 검출되지 않는 프로세스 도구 결함일 수 있다. 프로세스 또는 프로세스 도구들에 관한 더 많은 타입의 결함들을 발견하기 위해 동일한 알고리즘이 적용될 수 있다.

[0036] 도 6은 웨이퍼의 그레이스케일 이미지들을 캡처하기 위해 사용되는 한가지 타입의 하드웨어의 다이어그램이다. 도 6은 조명 스펙트라(illumination spectra)에 대한 최대 유연성이 요구되는 웨이퍼 검사 시스템의 실시형태를 예시한다. 도 6에 도시된 웨이퍼 검사 시스템은 웨이퍼(600), 대물 렌즈들, 터릿(turret), 명시야 조명 장치(bright-field illuminator)(607), 조명 릴레이 광학 장치(609), 자동 포커스 유닛(611), 빔스플리터(beamsplitter), 튜브 렌즈(tube lens), 리뷰 카메라(review camera)(601), 및 암시야 조명 장치(613)를 포함한다. 공간 분리를 달성하기 위해, 검출기(603 및 605)의 시야는 오버랩없이 대물 렌즈의 시야 내에 맞춰져야(fit) 한다. 라인스캔(linescan) CCD 또는 TDI(time delay and integration) CCD 센서들의 사용은 이러한 센서들이 길고 얇은 풋프린트(footprint)들을 가지기 때문에 이러한 목표를 용이하게 달성하게 한다. 그러나, 명시야 및 암시야 검출기들은 라인스캔 CCD 또는 TDI CCD 센서들에 한정되지 않고, 임의의 다른 적합한 센서로 대안적으로 구현될 수 있다. TDI 검출기를 사용하는 것이 예시적 실시형태 중 하나이지만, TDI 검출기들을 사용하면 다수의 장점들이 있다. TDI 검출기를 사용함으로써, 도 6에 도시된 바와 같은 시스템은 그레이스케일 신호를 취하면서 연속적으로 이동하는 검출 시야에 대해 웨이퍼의 스캔을 구동할 수 있고, 웨이퍼 사이즈에 의해서만 제한되는 길이를 갖는 스왈스(swaths)를 출력할 수 있다. 이것은 측정으로부터 PSD(Power-Spectral-Density)가 요구될 때 중요할 수 있다. PSD는 측정된 양(quantity)의 푸리에 변환이다. 하나의 측정으로부터 측정된 PSD의 넓은 범위의 공간 주파수 범위를 커버하기 위해, 고주파수 말단(end)을 연장하는 작은 픽셀 사이즈의 사용 및 저주파 말단을 연장하는 긴 측정 길이가 바람직할 수 있다. 픽셀 사이즈에 대한 전체 스캔의 비(ratio)는 스캔 방향을 따른 픽셀들의 전체 수를 제공한다. TDI의 경우, 이것은 1,000,000보다 클 수 있고(예컨대, 0.3 마이크로 픽셀 사이즈의 300 mm 길이 라인), 이는 한 번의 TDI 스캔 중에 6배의 공간 주파수 범위를 제공한다. 대조적으로, 스트로브 기술에 있어서, 이 비는 반도체 산업의 자동 광학 검사 도구의 경우 일반적으로 2,000 미만인 검출기에서의 픽셀의 수에 의해 제한된다. 이는 TDI 방식이 한 번의 측정에서 500배 초과하는 넓은 공간 주파수 커버리지 범위를 제공할 수 있음을 의미한다. TDI 사용의 다른 이점으로는 더 빠르고 더 높은 해상도가 있다.

[0037] 대물 렌즈에 의해 집광된 반사 광 및 산란 광은 튜브 렌즈에 의해 실제 이미지들로 컨버징된다(converged). 일 실시형태에서, 명시야 및 암시야 이미지들은 프리즘 형상의 양면 거울에 의해 적절한 검출 채널들로 분리될 수 있다. 그러나 명시야와 암시야 이미지들을 분리하는 데 사용될 수 있는 다른 다수의 적합한 광학 성분들이 있다.

[0038] 일 실시형태에서, 암시야 이미지는 암시야 검출기(605) 상에 직접 포커싱된다. 명시야 측에서, 명시야 광의 대부분은 명시야 검출기(603) 상에 포커싱된다. 그러나, 명시야 광의 작은 부분은 큐브 빔스플리터(cube beamsplitter)에 의해 스플릿 오프되어(split off) 리뷰 카메라(601)에 디렉팅될(directed) 수 있다. 리뷰 카메라(601)는 검사 중인 견본의 컬러 이미지들을 획득하는데 사용될 수 있다. 어떤 경우에는, 이미징 요건에 따라 이미지 배율을 조정하기 위해, 추가적인 광학 엘리먼트가 빔스플리터와 리뷰 카메라(601) 사이에 배치될 수

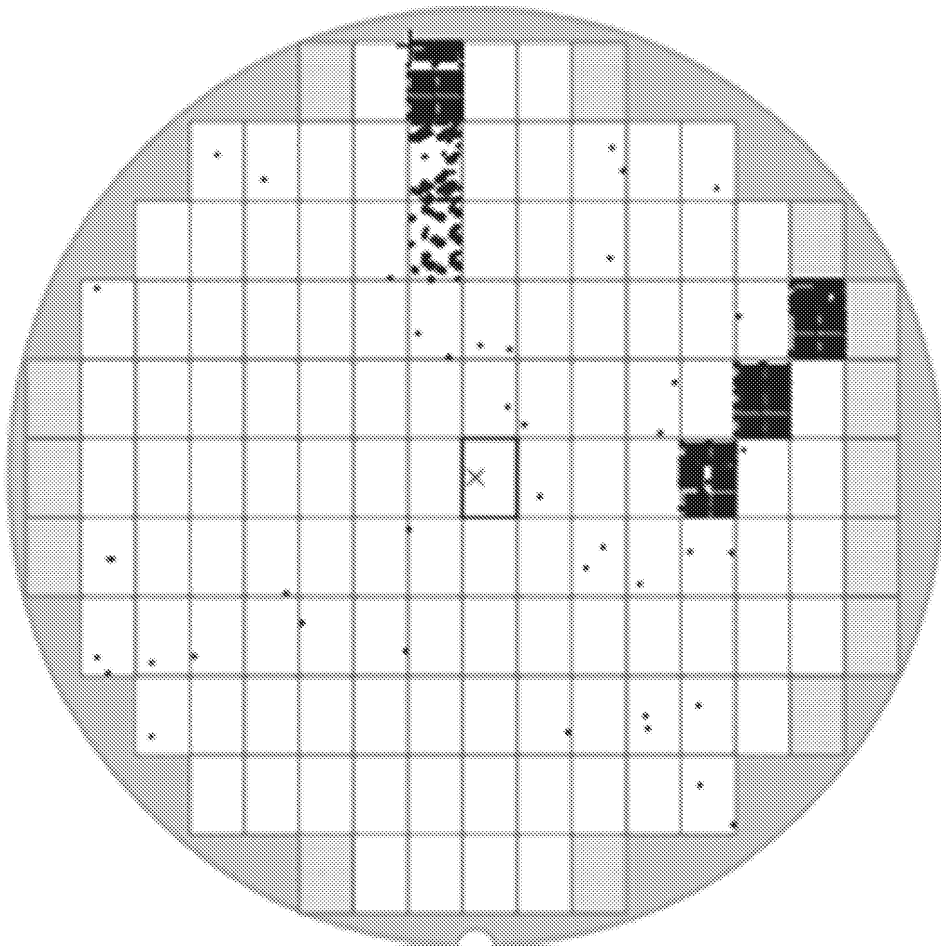
있다.

- [0039] 빔스플리터, 광학 엘리먼트, 및 리뷰 카메라(601)는 본 발명의 모든 실시형태들에 포함되지 않을 수 있다. 제거 되면, 양면 거울로부터의 명시야 이미지는 명시야 검출기(603) 상에 직접 포커싱될 수 있다. 빔스플리터, 광학 엘리먼트, 및 리뷰 카메라(601)가 광시야 검사를 포함하는 다른 실시형태들에 추가될 수 있다는 것도 주목할 필요가 있다.
- [0040] 명시야 및 암시야 검출기들로부터의 출력 신호들은 추가 프로세싱을 위해 컴퓨터(미도시)로 전달될 수 있다. 2개의 채널들이 공간적으로 분리되기 때문에, 명시야 및 암시야 검출기들은 실질적으로 동시에 웨이퍼의 명시야 및 암시야 이미지들을 획득할 수 있다. 이것은 결합이 결정되기 전에 검출기 출력 신호들이 결합될 수 있게 함으로써 (한 번에 하나의 모드만 제공할 수 있는 시스템에 비해) 처리량을 향상시키고 보다 넓은 범위의 결합들에 대한 감도를 증가시킨다. 명시야 및 암시야 결합들 외에도, 명시야 차이 대 암시야 차이 결정 공간에서만 검출될 수 있는 결합을 찾아내기(locate) 위해 출력 신호들이 결합될 수 있다.
- [0041] 2개의 검출기들로부터의 출력 신호들은 추가 프로세싱을 위해 하나 이상의 컴퓨터 시스템들(미도시)에 공급될 수 있다. 예컨대, 출력 신호들은 프로세서(미도시)에 공급될 수 있다. 프로세서는 송신 매체(미도시)에 의해 2개의 검출기들에 연결될 수 있다. 송신 매체는 당업계에 공지된 임의의 적합한 송신 매체를 포함할 수 있다. 또한, 프로세서는 아날로그-투-디지털 컨버터와 같은 하나 이상의 전자 컴포넌트들(미도시)에 의해 검출기에 연결될 수 있다. 이러한 방식으로, 프로세서는 검출기들로부터의 출력 신호들을 수신하도록 구성될 수 있다.
- [0042] 일부 실시형태들에서, 프로세서는 견본 상의 하나 이상의 결합들을 검출하기 위해 출력 신호들을 사용하도록 구성될 수 있다. 결합들은 견본 상의 관심있는 임의의 결합들을 포함할 수 있다. 또한, 프로세서는 당업계에 공지된 임의의 다른 검사 관련 기능들(예컨대, 결합 위치 결정, 결합 분류, 결합 맵핑 등)을 수행하도록 구성될 수 있다. 프로세서는 퍼스널 컴퓨터 시스템, 메인프레임 컴퓨터 시스템, 워크스테이션, 이미지 컴퓨터, 병렬 프로세서, 또는 당업계에 공지된 임의의 다른 프로세싱 디바이스를 포함하는 다양한 형태를 취할 수 있다. 일반적으로, 용어 "컴퓨터 시스템"은 메모리 매체로부터의 명령어들을 실행하는 하나 이상의 프로세서들을 가진 임의의 디바이스를 포괄하도록 광범위하게 정의될 수 있다. 프로세서는 견본 상의 결합들을 검출하기 위해 일반적으로 출력 신호들 및 당업계에 공지된 임의의 방법 및/또는 알고리즘을 사용하도록 구성될 수 있다.
- [0043] 도 7은 본 발명의 일 실시형태의 플로우차트이다. 이 특정 실시형태는 검사 도구의 전자 이미지 캡처 디바이스를 사용함으로써 웨이퍼의 그레이스케일 이미지 세트를 캡처하는 단계(701)를 포함하는 방법이다. 그레이스케일 이미지 세트는, 청색 파장 광으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제1 그레이스케일 이미지를 캡처하는 단계(703), 적색 파장 광으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제2 그레이스케일 이미지를 캡처하는 단계(705), 및 녹색 파장 광으로 웨이퍼의 적어도 일부를 조명하여 제3 그레이스케일 이미지를 캡처하는 단계(707)에 의해 캡처될 수 있다.
- [0044] 상기 방법은 아날로그-투-디지털 컨버터를 사용하여 이미지 캡처 디바이스에 의해 캡처된 그레이스케일 이미지 세트를 컨버팅하는 단계(709)를 더 포함할 수 있다. 상기 방법은 그레이스케일 이미지 세트를 컴퓨터 판독가능 메모리에 저장하는 단계(711)를 더 포함할 수 있다.
- [0045] 상기 방법은, 컴퓨터 판독가능 메모리와 통신하는 프로세서를 사용하여, 그레이스케일 이미지 세트 내의 이미지들의 조합에 기초한 그레이스케일 이미지 세트의 각각의 이미지들에서의 레지듀얼 신호(residual signal)을 결정하는 단계(713)를 더 포함할 수 있다. 레지듀얼 신호는, 프로세서를 사용하여, 검사 도구를 사용한 결합 검출의 엄격한 수학적 모델을 구축하는(building) 단계(715); 프로세서를 사용하여, 공지의 표준 그레이스케일 이미지 세트(VLSI 박막 표준 이미지 세트 등)에 기초하여 하나 이상의 모델 파라미터들을 결정하는 단계(717); 프로세서를 사용하여, 하나 이상의 모델 파라미터들을 사용하여 웨이퍼의 모델 - 모델은 디자인 값들 또는 이전에 측정된 값들(모델 파라미터들 등)에 기초함 - 을 구축하는 단계(721); 분석 프로세서를 사용하여, 웨이퍼의 모델 및 엄격한 수학적 모델을 사용함으로써 그레이스케일 신호들을 예측하는 단계(723); 웨이퍼로부터 측정된 그레이스케일 신호들과 예측된(723) 그레이스케일 신호들 사이에서 최적 매치(best match)가 발견될 때까지 웨이퍼의 모델의 하나 이상의 파라미터들을 조정하는(adjusting) 단계(725); 프로세서를 사용하여, 최적 매치 모델들에 대응하는 하나 이상의 파라미터들을 측정된 샘플 파라미터들로서 보고하는 단계(727); 프로세서를 사용하여, 웨이퍼 상의 측정된 그레이스케일과 예측된 그레이스케일 사이의 차이들에 기초하여 레지듀얼 신호를 계산하는 단계(729); 및 미래의 결합 검출을 위해 계산된 레지듀얼 신호를 컴퓨터 판독가능 메모리에 저장하는 단계(731)에 의해 결정될(713) 수 있다.

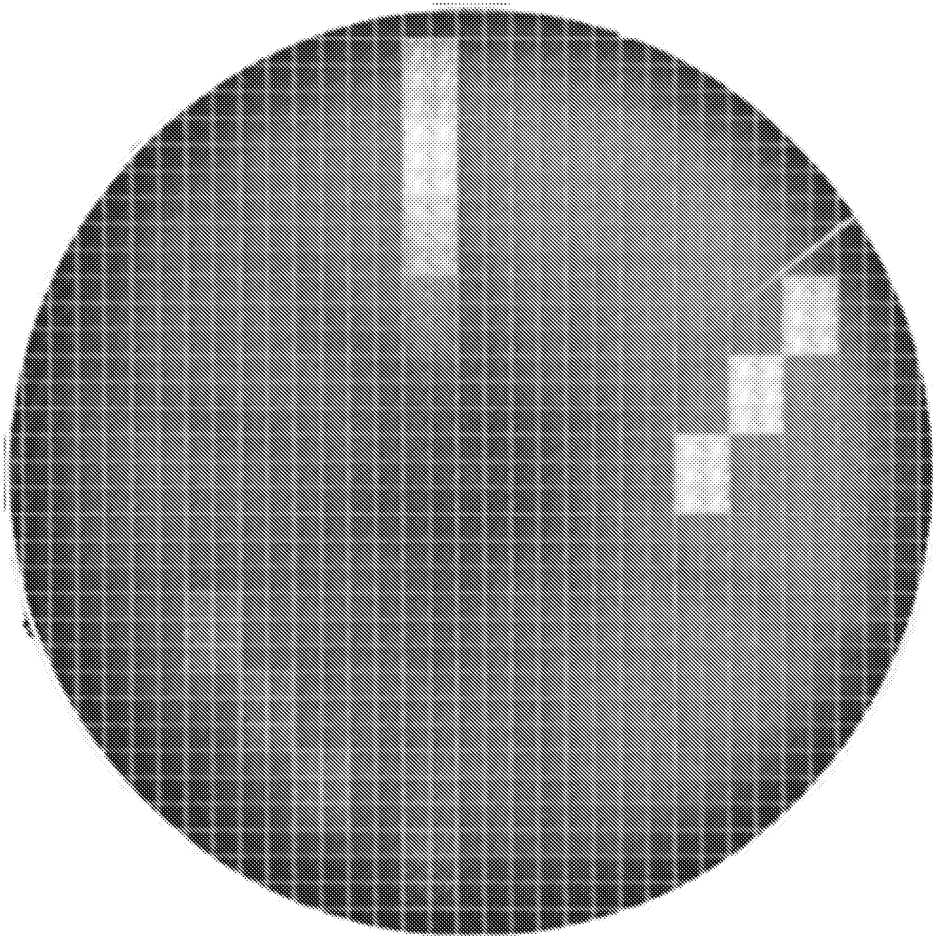
- [0046] 상기 방법은 웨이퍼 정보를 컴퓨터 판독가능 메모리로 임포트하는(importing) 단계(719)를 더 포함할 수 있으며, 그레이스케일 이미지 세트의 이미지들 각각에서 레지듀얼 신호를 계산하는 단계는 또한 임포트된 웨이퍼 정보에 기초한다. 웨이퍼 정보는 GDSII 포맷으로 될 수 있다. 웨이퍼 정보는 프로세서에 의해 자동적으로 임포트될(719) 수도 있다. 상기 방법은, 프로세서를 사용하여, 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지로부터 그레이스케일 이미지 세트의 각 이미지의 레지듀얼 신호를 감산하는(subtracting) 단계(733)를 더 포함할 수 있다. 상기 방법은 프로세서를 사용하여, 감산된 그레이스케일 이미지 세트에 기초하여 상기 웨이퍼의 결함을 식별하는 단계(735)를 더 포함할 수 있다.
- [0047] 청구된 주제가 특정 실시형태에 의해 설명될 것이지만, 여기에 설명된 모든 장점 및 특징을 제공하지 않는 실시 형태를 포함하는 다른 실시형태도 본 개시의 범위 내에 있다. 본 개시의 범위를 벗어나지 않으면서 다양한 구조적, 논리적, 프로세스 단계 및 전자적 변경이 이루어질 수 있다.
- [0048] 여기에 개시된 시스템 및 방법의 실시형태들은 샘플 파라미터들의 정량적 모니터링을 가능하게 하고 향상된 검사 성능을 제공한다. 상기 시스템은 보다 신뢰성 있고 측정가능한 각 파장에 대한 웨이퍼 상에서의 각 포인트에 대한 양을 생성한다. 이것은 가능한 애플리케이션들을 증가시키고 결과를 향상시킨다. 검사 도구에서 샘플 파라미터들을 추출하면 프로세스 파라미터 드리프트를 검출하는 데 도움이 되어 반도체 제조업체가 예방 또는 수정 조치를 취할 수 있다.
- [0049] 일부 실시형태들에서, 여기에 개시된 검사 시스템들은 프로세스 도구에 물리적으로 연결되지 않은 "독립형 도구들" 또는 도구들로서 구성될 수 있다. 다른 실시형태들에서, 여기에 개시된 검사 시스템들은 유선 및 무선 부분들을 포함할 수 있는 송신 매체에 의해 프로세스 도구(미도시)에 연결될 수 있다. 프로세스 도구는 리소그래피 도구, 에칭 도구, 성막 도구, 연마 도구, 플레이팅 도구, 세정 도구, 또는 이온 주입 도구 등의 당업계에 공지된 임의의 프로세스 도구를 포함할 수 있다. 프로세스 도구는 클러스터 도구 또는 공통 핸들러에 의해 연결된 다수의 프로세스 모듈들로서 구성될 수 있다. 대안적으로, 여기에 개시된 검사 시스템들은 전술한 바와 같은 프로세스 도구에 통합될 수 있다. 일부 경우에, 여기에 개시된 시스템들에 의해 수행된 검사의 결과들은 피드백 제어 기술, 피드포워드 제어 기술 및/또는 인 시투(in situ) 제어 기술을 사용하여 프로세스 또는 프로세스 도구의 파라미터를 변경하는데 사용될 수 있다. 프로세스 또는 프로세스 도구의 파라미터는 수동적으로 또는 자동적으로 변경될 수 있다.
- [0050] 본 개시의 실시형태들은 예방 조치를 허용하기 위해 초기 단계에서 검사 도구로부터의 샘플 파라미터가 추출되고 프로세스 파라미터 드리프트가 검출되도록 허용할 수 있다. 이렇게 함으로써, 검사 도구의 가치는 상당한 비용없이 증가될 수 있다.
- [0051] 본 개시가 하나 이상의 특정 실시형태에 관하여 설명되었지만, 본 개시의 다른 실시형태가 본 개시의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 이루어질 수 있음이 이해될 것이다. 따라서, 본 개시는 첨부된 청구 범위 및 그것의 합리적인 해석에 의해서만 제한되는 것으로 간주된다.

도면

도면1

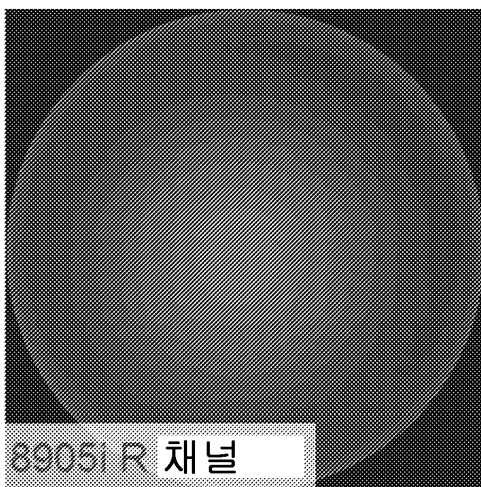


도면2

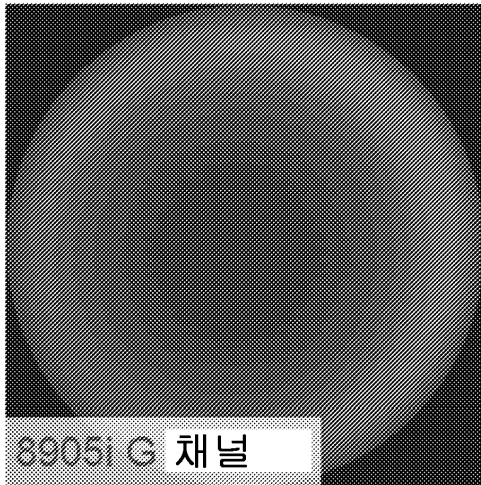


(종래 기술)

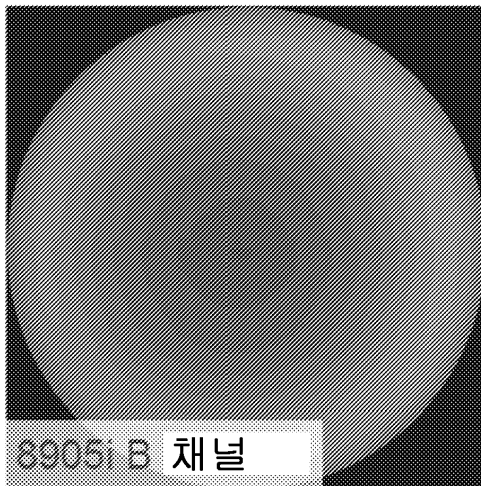
도면3a



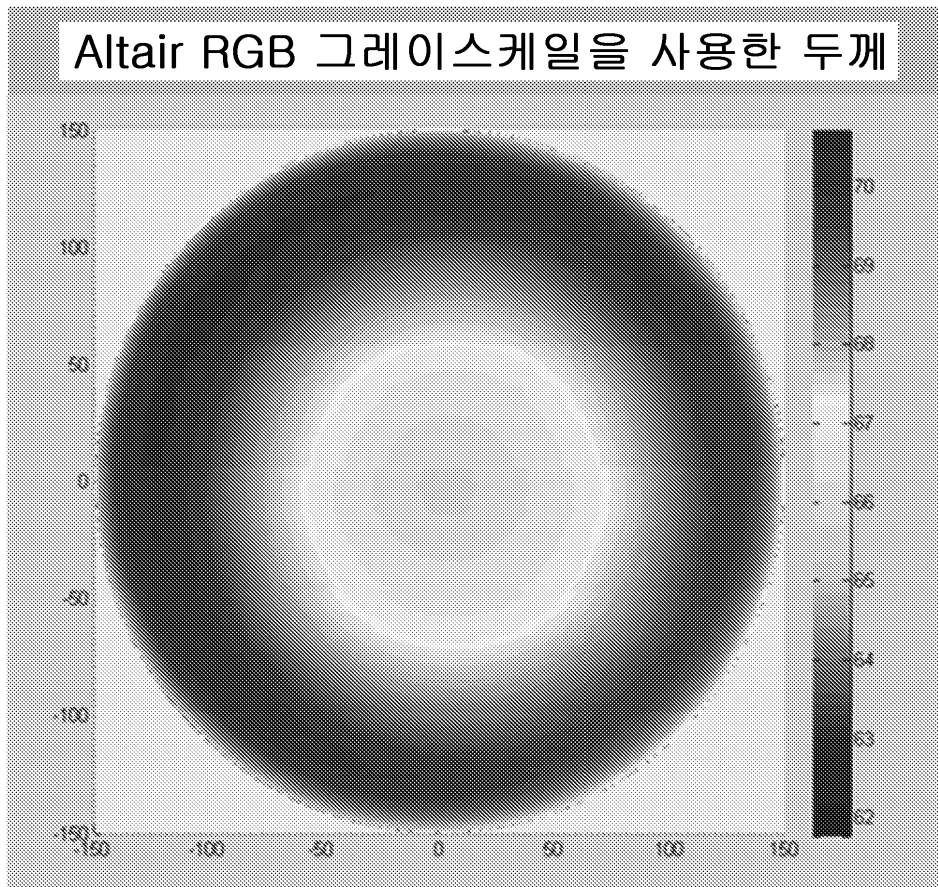
도면3b



도면3c



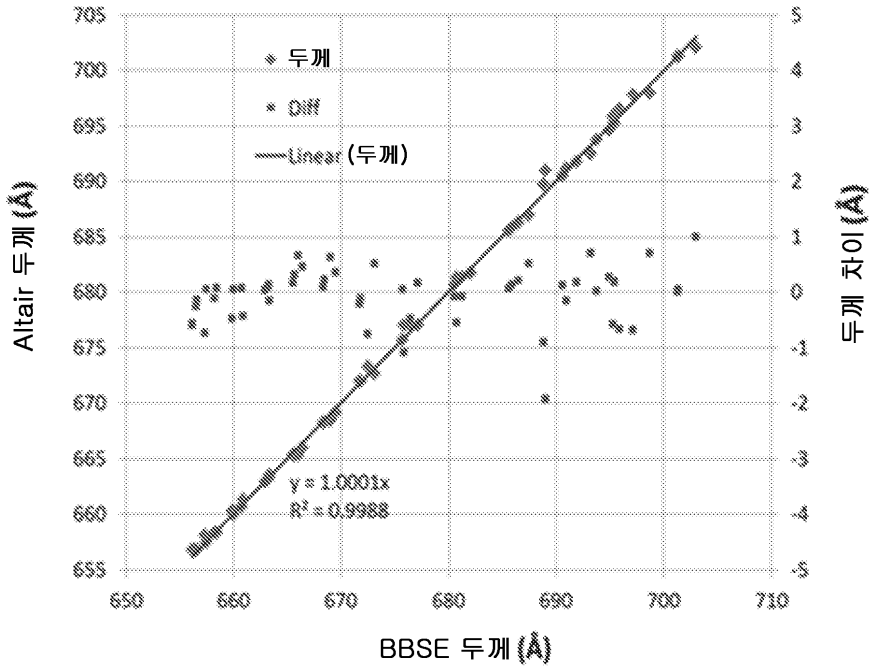
도면4a



도면4b

새 방법 vs 계측의 상관관계

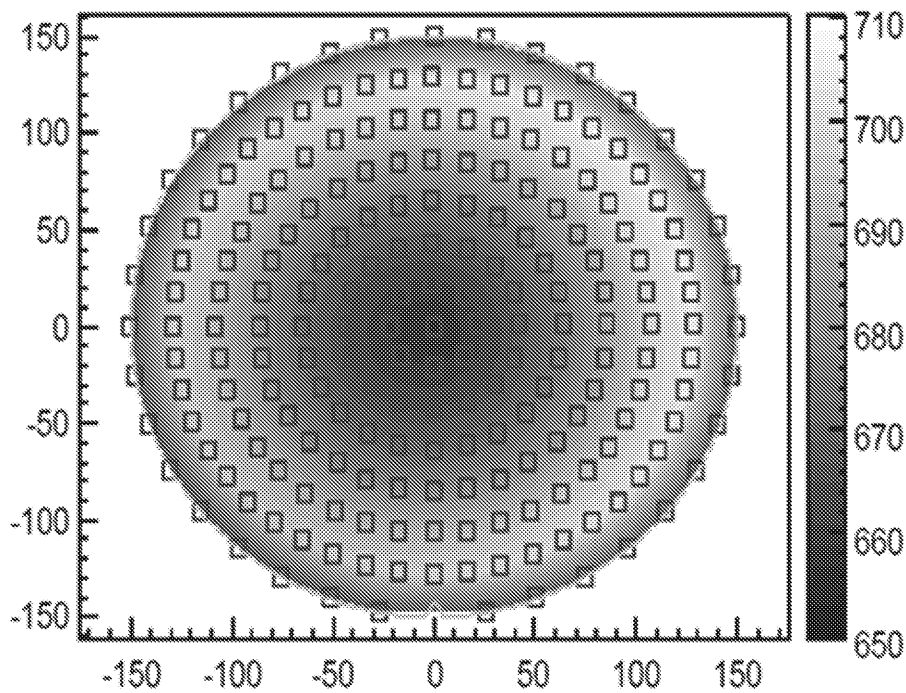
Altair vs BBSE 두께 상관관계



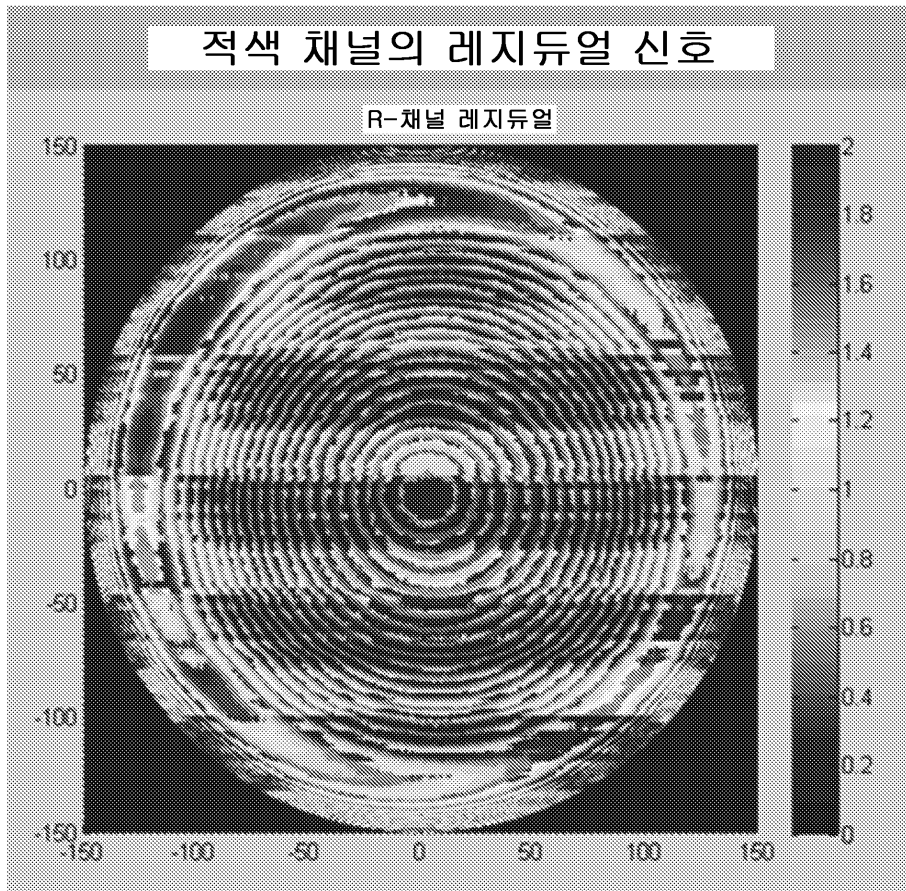
도면4c

계측 도구를 사용한 두께

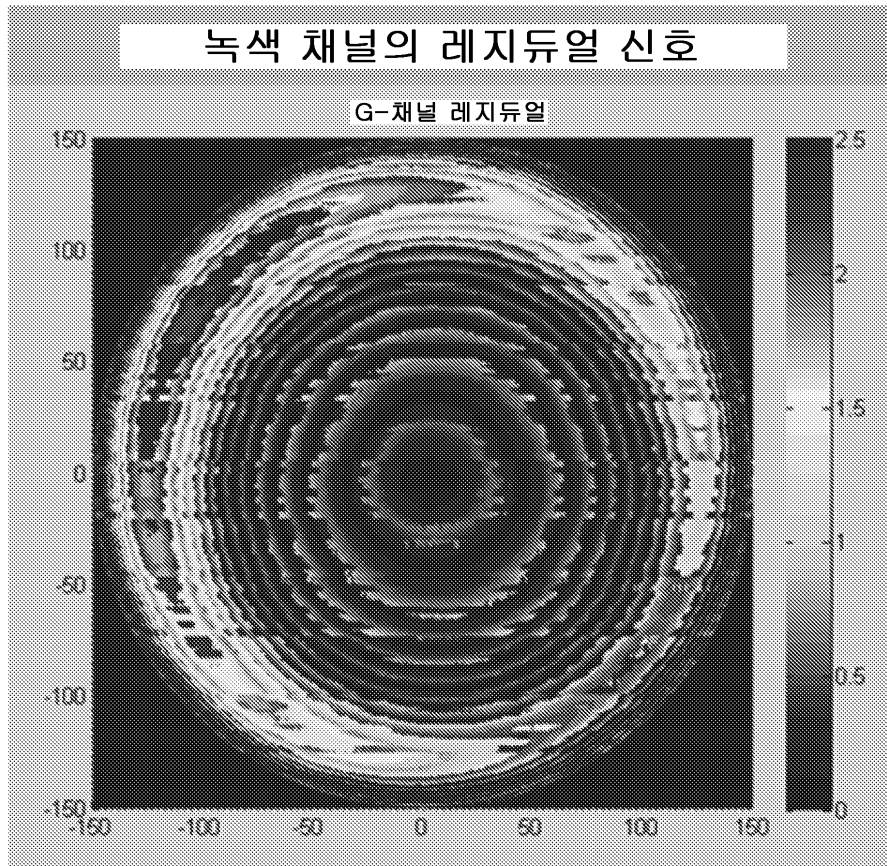
두께 (Å)



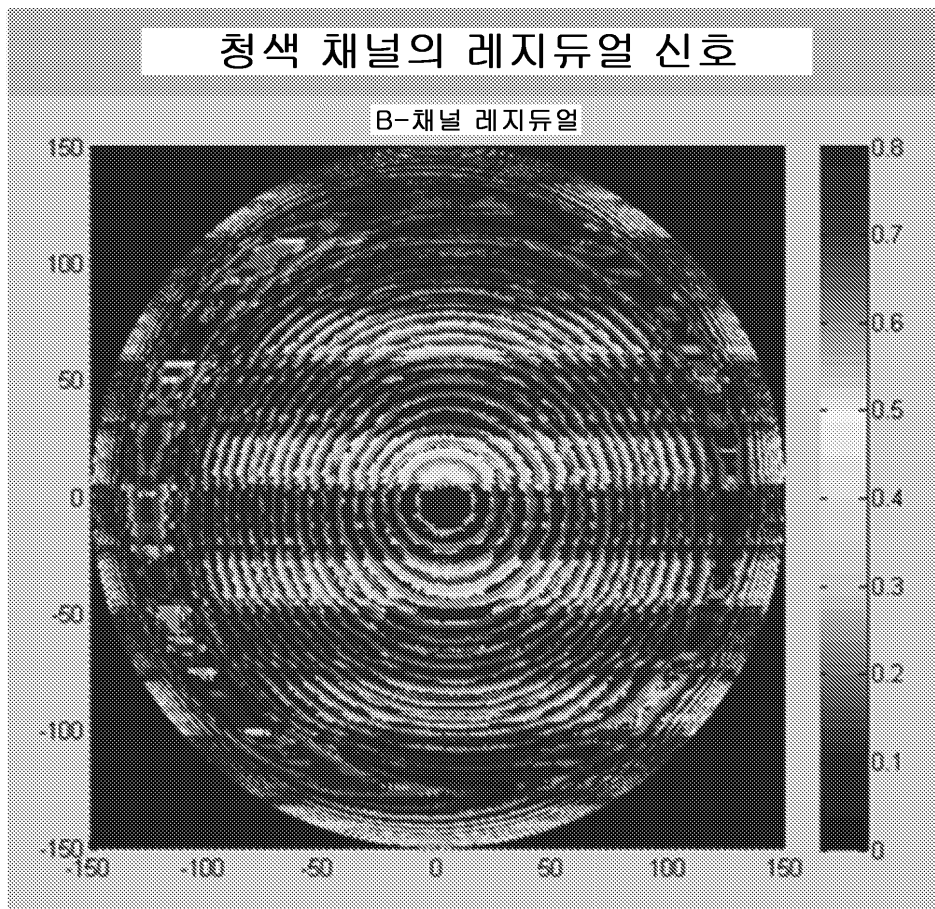
도면5a



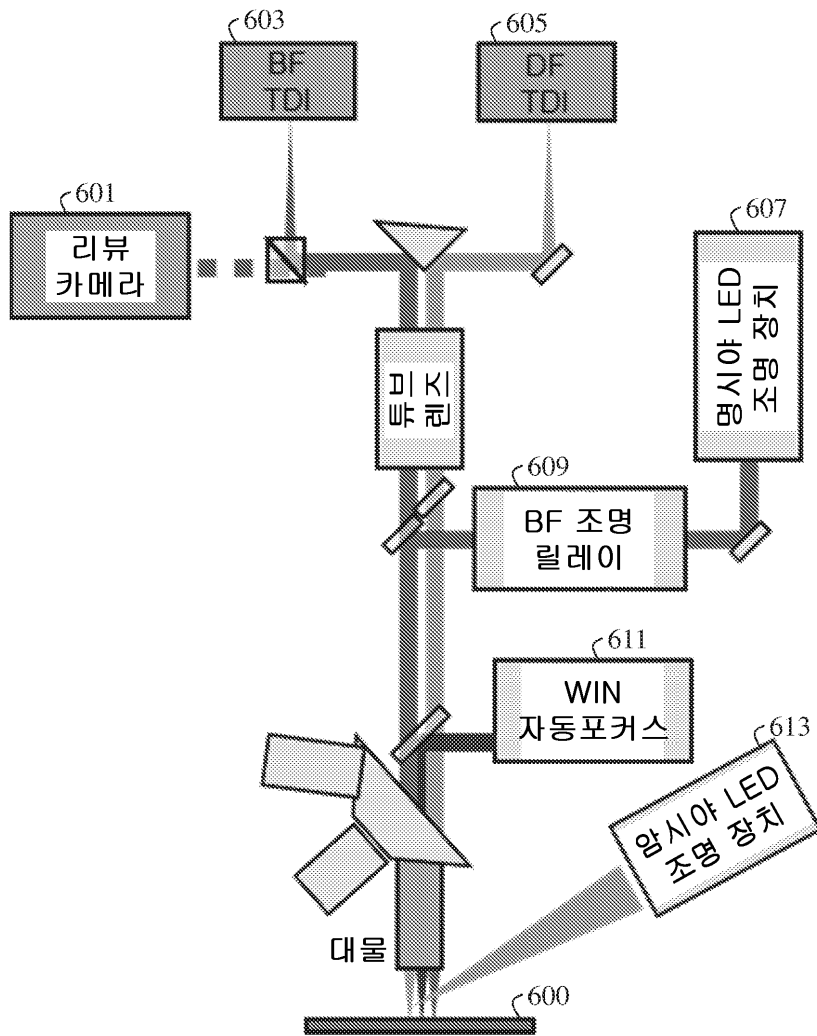
도면5b



도면5c



도면6



도면7

