



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월20일
(11) 등록번호 10-1275532
(24) 등록일자 2013년06월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 23/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2005-0083542
(22) 출원일자 2005년09월08일
심사청구일자 2010년06월15일
(65) 공개번호 10-2006-0051095
(43) 공개일자 2006년05월19일
(30) 우선권주장
10/946,426 2004년09월21일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003004670 A
JP2003510621 A
JP2004257914 A
KR1020010014319 A

(73) 특허권자
조르단 벨리 세미컨덕터즈 리미티드
이스라엘 미그달 하'에메크 10550 피.오. 박스
1013
(72) 발명자
요킨 보리스
이스라엘 나자렛 일럿 17000 간노트 스트리트
7/6
마조르 이삭
이스라엘 하이파 34980 데이나 헤이그 스트리트
29
라파엘리 짜치
이스라엘 지바트 심시트 유바림 스트리트 44
(74) 대리인
송봉식, 정삼영

전체 청구항 수 : 총 16 항

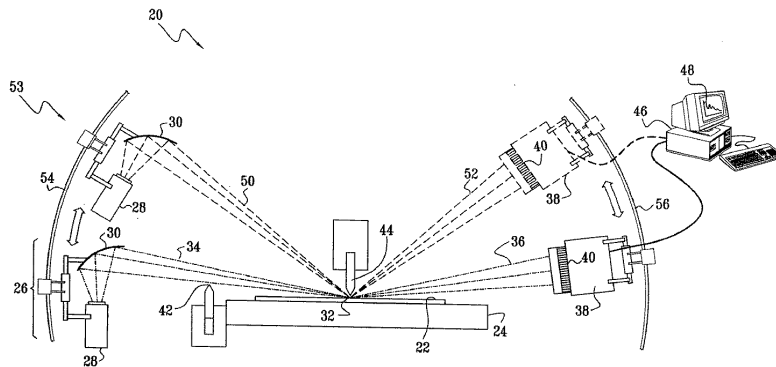
심사관 : 차영란

(54) 발명의 명칭 **표면 층을 갖는 샘플을 분석하기 위한 장치 및 방법**

(57) 요약

X-선의 컨버징 빔을 샘플의 표면을 향해 지향시키도록 된 방사선 소스를 포함하는 샘플을 분석하기 위한 장치가 개시되었다. 적어도 하나의 검출기 어레이는 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도의 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지하고 스캐터링된 X-선에 응답하여 출력신호를 발생시키도록 배치된다. 이 검출기 어레이는, 검출기 어레이가 스침각으로 샘플의 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하는 제1구성과, 샘플의 브래그 각도 근방에서 표면으로부터 회절된 X-선을 감지하는 제2구성을 갖는다. 신호 처리기는 샘플의 표면층의 특성을 결정하기 위해 출력 신호를 처리한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

표면 층을 갖는 샘플을 분석하기 위한 장치에 있어서,

X-선이 스침각에서 표면을 조사하는, 샘플에 대한 제1 소스 위치로부터, 그리고 X-선이 스침각보다 큰 각도에서 표면을 조사하는, 샘플에 대한 제2 소스 위치로부터, X-선의 컨버징 빔을 샘플의 표면을 향해 지향시키도록 조정된 방사선 소스;

엘리베이션 각도의 범위에 대한 엘리베이션 각도의 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지하고 스캐터링된 X-선에 응답하여 출력신호를 발생시키도록 배열된 적어도 하나의 검출기 어레이로서, 이 검출기 어레이는, 방사선 소스가 제1 소스 위치에 있는 동안 상기 검출기 어레이가 스침각에서 샘플의 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하는 제1 검출기 위치와, 방사선 소스가 제2 소스 위치에 있는 동안 샘플의 브래그 각도 근방에서 표면으로부터 회절된 X-선을 감지하는 제2 검출기 위치를 갖는 적어도 하나의 검출기 어레이;

제1 및 제2 소스 위치 사이에서 방사선 소스를 이동시키고 제1 및 제2 검출기 위치 사이에서 적어도 하나의 검출기 어레이를 이동시키도록 연결된 모션 어셈블리; 및

샘플의 표면층의 특성을 결정하기 위해 제1 및 제2 검출기 위치에서의 적어도 하나의 검출기 어레이에 의해 발생된 출력 신호를 수신하여 처리하도록 연결된 신호 처리기를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 방사선 소스는 만곡된 크리스탈 모노크로마토를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 적어도 하나의 검출기 어레이는 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 수신하도록 배열된 복수의 검출기 엘리먼트를 포함하고, 엘리베이션 각도의 범위는 적어도 2° 의 엘리베이션을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 스침각에서 샘플로부터 반사된 X-선은 엘리베이션 각도의 함수로서 강도의 발진 변동을 특징으로 하고, 처리기는 표면층의 특성을 결정하기 위해 발진 변동을 분석하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 신호 처리기에 의해 결정된 특성은 표면층의 밀도, 두께 및 표면 거칠기 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제1항에 있어서, 브래그 각도 근방에서 표면으로부터 회절된 X-선은 제1 및 제2 회절 피크를 특징으로 하고, 처리기는 표면층의 특성을 결정하기 위해 피크의 관계를 분석하도록 된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 신호 처리기에 의해 결정된 특성은 표면층의 조성을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 샘플은 반도체 웨이퍼를 포함하고, 신호 처리기는 웨이퍼상에 형성된 박막층의 퀄리티를 결정하기 위해 출력신호를 분석하도록 조정된 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

표면 층을 갖는 샘플을 분석하는 방법에 있어서, 이 방법은;

샘플에 대한 제1 소스 위치에서 방사선 소스로부터 X-선의 컨버징 빔을 스침각에서 샘플의 표면을 향해 지향시키고, 제1 검출기 위치에서의 적어도 하나의 검출기 어레이를 사용하여 제1 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도의 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 검출함에 의해 샘플의 X-선 반사(XRR) 스펙트럼을 획득하는 단계;

샘플에 대한 제2 소스 위치에서 방사선 소스로부터 X-선의 컨버징 빔을 스침각보다 큰 각도에서 샘플의 표면을 향해 지향시키고, 제2 검출기 위치에서의 적어도 하나의 검출기 어레이를 사용하여 샘플의 브래그 각도 근방에서 제2 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도의 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 검출함에 의해 샘플의 X-선 회절(XRD) 스펙트럼을 획득하는 단계;

제1 및 제2 소스 위치 사이에서 방사선 소스를 이동시키고, 제1 및 제2 검출기 위치 사이에서 적어도 하나의 검출기 어레이를 이동시키는 단계; 및

샘플의 표면층의 특성을 결정하기 위해 XRD 스펙트럼 및 XRR 스펙트럼을 처리하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 컨버징 빔을 지향시키는 단계는 만족된 크리스탈 모노크로마토를 사용하여 X-선을 포커싱하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 적어도 하나의 검출기 어레이는, 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 수신하도록 배열된 복수의 검출기 엘리먼트를 포함하고, 엘리베이션 각도의 범위는 적어도 2° 의 엘리베이션을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제11항에 있어서, XRR 스펙트럼은 엘리베이션 각도의 함수로서 강도의 발진변동을 특징으로 하고, 스펙트럼을 처리하는 단계는 표면층의 특성을 결정하기 위해 발진 변동을 분석하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 표면층의 특성은 표면층의 밀도, 두께 및 표면 거칠기 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제11항에 있어서, XRD 스펙트럼은 제1 및 제2 회절 피크를 특징으로하고, 스펙트럼을 처리하는 단계는 표면층의 특성을 결정하기 위해 피크의 관계를 분석하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 표면층의 특성은 표면층의 조성을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18

제11항에 있어서, 샘플은 반도체 웨이퍼를 포함하고, 스펙트럼을 처리하는 단계는 웨이퍼에 형성된 박막층의 클리타를 결정하기 위해 출력 신호를 분석하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- [0006] 본 발명은 일반적으로 분석계에 관한 것으로 상세히는 X-선을 이용한 박막 분석을 위한 기기 및 방법에 관한 것이다.
- [0007] X-선 반사측정법(XRR;X-ray reflectometry)은 기판에 증착된 박막층의 두께, 밀도 및 표면 특성을 측정하기 위한 공지된 기술이다. 이러한 반사계측기는 전형적으로는 샘플 재료의 전체 외부 반사각 근방에서, 그레이징 입사 즉, 샘플의 표면에 대해 비교적 적은 각도로 X-선의 빔으로 샘플을 조사함에 의해 동작한다. 각도의 함수로서 샘플로부터 반사된 X-선 강도의 측정은 프린지 패턴이 생성되어지게 하는 막층의 특성을 결정하기 위해 분석되는, 간섭 프린지의 패턴을 가져온다.
- [0008] 막 두께를 결정하기 위해 XRR 데이터를 분석하는 방법은, 그 내용이 본 명세서에 참조문헌으로 포함되어 있는, 고미야등에 특허허여된 미국 특허 제 5,740,226호에 설명되어있다. 각도의 함수로서 X-선 반사율을 측정 한 후, 평균 반사율 커브는 프린지 스펙트럼에 피팅된다. 평균 반사율 커브는 막의 감쇠, 배경 및 표면 거칠기를 표현하는 공식에 기초한다. 피팅된 평균 반사율 커브는 프린지 스펙트럼의 발진 성분을 추출하는 데에 사용된다. 이 성분은 막 두께를 알아내기 위해 푸리에 변환된다.
- [0009] 그 내용이 본 명세서에 참조문헌으로 포함되어 있는, 코펠등에 특허허여된 미국 특허 제 5,619,548호는 반사측정기 측정에 기초한 X-선 두께 게이지를 설명하고 있다. 만족된, 반사성 X-선 모노크로마트는 X-선을 샘플의 표면에 포커싱하는 데에 사용된다. 광다이오드 검출기 어레이와 같은 위치-감지 검출기는 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하여 반사각의 함수로서 강도 신호를 산출한다. 각도-종속 신호는 두께, 강도 및 표면 거칠기 등을 포함하는, 샘플상에서의 박막층의 구조에 대한 특성을 결정하기 위해 분석된다.
- [0010] 그 내용이 본 명세서에 참조문헌으로 포함되어 있는, 바튼등에 특허허여된 미국 특허 제 5,923,720호는 만족된 크리스탈 모노크로마트에 기초한 X-선 스펙트로미터를 설명하고 있다. 이 모노크로마트는, 테이퍼된 로그리드 믹 스파이럴 형태를 가지며, 종래기술의 모노크로마토 보다 샘플 표면상에서 더욱 정밀한 초점스폿을 달성하는 것으로 설명되어 있다. 샘플 표면으로부터 반사 또는 회절된 X-선은 위치-감지 검출기에 의해 수신된다.
- [0011] 그 내용이 본 명세서에 참조문헌으로 포함되어 있는, 요킨등에 특허허여된 미국 특허 제 6,512,814호 및 6,639,968호는 샘플에 입사하는 X-선을 차단하기 위해 적절하게 위치조정가능한, 다이내믹 셔터를 포함하는 X-선 반사측정 시스템을 설명하고 있다. 이 셔터는, 시스템의 기타 특징들과 함께, 매우 동적인 범위로 XRR 프린지 패턴을 검출할 수 있게 한다. 이들 특허는 두께, 강도 및 표면 거칠기등을 포함하는 박막 특성을 결정하기 위해 XRR 프린지 패턴의 분석을 위한 개선된 방법을 또한 개시한다. 높은 동적 범위는 샘플의 표면으로부터 상부 박막층 뿐만 아니라 하나이상의 하부 층에 대한 특성을 정확하게 결정할 수 있게한다.
- [0012] XRR은 또한 그 내용이 본 명세서에 참조문헌으로 포함되어 있는, 하야시등에 의한 미국특허출원 공개공보 US

2001/0043668 A1호에 설명된 바와 같이, 반도체 웨이퍼상에서의 제조시 박막층을 검사하기 위해, 증착 퍼니스내에서, 정위치에서 사용될 수 있다. 이 퍼니스에는 그 측벽에 있는 X-선 입사 및 추출 윈도우가 구비되어 있다. 박막이 증착되어 있는 기판은 입사 윈도우를 통해 조사되고, 기판으로부터 반사된 X-선은 X-선 추출 윈도우를 통해 감지된다.

[0013] X-선 회절분석법(XRD; X-ray diffractometry)은 물질의 결정 구조를 연구하기 위한 공지된 기술이다. XRD에서, 샘플은 모노크로마틱 X-선 빔에 의해 조사되고, 회절 피크의 위치 및 강도가 측정된다. 특정 스캐터링각 및 스캐터링된 강도는 연구중인 샘플의 래티스(lattice) 평면과 이 평면을 점유하는 원자에 의존한다. 주어진 파장(λ)과 래티스 평면 간격(d)에 대해, 회절 피크는 X-선이 브래그 조건 $n\lambda = 2d\sin\theta$, 여기서 n 은 산란차수, 을 만족하는 각도(θ)로 래티스 평면에 입사하는 경우에 관측될 것이다. 브래그 조건을 만족하는 각도(θ)는 브래그 각으로서 공지되어 있다. 응력, 고체 용매 또는 기타 결과에 기인한 래티스 평면에서의 왜곡은 XRD 스펙트럼에서 관측가능한 변화를 가져온다.

XRD는 반도체 웨이퍼상에서 산출된 크리스탈층의 특성을 측정하기 위해 사용되어 왔다. 예를들어, 보웬등은 본 명세서에 참조문헌으로 통합되어 있는, "X-Ray metrology by Diffraction and Reflectivity," Characterization and Metrology for ULSI Technology, 2000 International Conference(American Institute of Physics, 2001)"에서 하이-레졸루션 XRD를 이용하여 SiGe 구조에서 게르마늄 농도를 측정하기 위한 방법을 설명하고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0014] 본 발명의 실시예는 샘플에 대한 고속 XRR- 및 XRD-기반 분석을 위한 방법 및 장치를 제공하는 것을 목적으로 한다. 방사선 소스는 X-선의 컨버징 빔을 반도체 웨이퍼와 같은 샘플의 표면을 향해 지향시킨다. 검출기 어레이는 엘리베이션(elevation) 각도의 범위에 걸쳐 엘리베이션 각도의 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지한다. 검출기 어레이는 XRR 및 XRD 구성을 갖는다. XRR 구성에서, 방사선 소스 및 검출기 어레이는 이 검출기 어레이가 스침각(grazing angle)으로 샘플의 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하도록 위치된다. XRR 구성에서, 방사선 소스 및 검출기 어레이는 이 검출기 어레이가 샘플의 브래그 각도 근방에서 표면으로부터 회절된 X-선을 감지하도록 위치된다. 모션 어셈블리는 XRD 구성과 XRR 구성사이에서 방사선 소스 및 검출기 어레이를 시프트시키도록 제공될 수 있다.

[0015] 신호 처리기는 샘플의 표면층 또는 층들의 특성을 결정하기 위해 검출기 어레이에 의해 발생된 출력 신호를 수신하여 처리한다. 이들 특성들은 예로서, 층 두께, 밀도, 조성 및 표면 거칠기등을 포함한다. XRR 및 XRD 측정의 조합은, 반도체 웨이퍼 상의 집적회로 제조 공정에서 형성되는 크리스탈 박막 층과 같은, 크리스탈 표면층의 특징에 대한 완전하고 정확한 화상을 가져오는 데에 특히 유용하다. 본발명의 실시예에 의해 제공된 새로운 시스템 구성은 당업계에 공지된 XRR 시스템 및 XRD 시스템에서는 가능하지 않은 방식으로, XRR 및 XRD 스펙트럼이 정확성을 위해 교차검사되고 고수율로 획득되어질 수 있게 한다.

[0016] 따라서, 본 발명의 실시예에 따라, 표면 층을 갖는 샘플의 분석을 위한 장치가 제공되는 데, 이 장치는;

[0017] X-선의 컨버징 빔을 반도체 웨이퍼와 같은 샘플의 표면을 향해 지향시키도록 된 방사선 소스;

[0018] 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지하고 스캐터링된 X-선에 응답하여 출력신호를 발생시키도록 된 적어도 하나의 검출기 어레이로서, 이 검출기 어레이는, 상기 검출기 어레이가 스침각으로 샘플의 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하는 제1구성과, 샘플의 브래그 각도 근방에서 표면으로부터 회절된 X-선을 감지하는 제2구성을 갖는 적어도 하나의 검출기 어레이; 및

[0019] 샘플의 표면층의 특성을 결정하기 위해 제1 및 제2 구성에서 발생된 출력 신호를 수신하여 처리하도록 연결된 신호 처리기를 포함한다.

[0020] 몇몇 실시예에서, 이 장치는 제1구성과 제2구성 사이에 방사선 소스와 검출기 어레이를 이동시키도록 연결된 모션 어셈블리를 포함한다.

[0021] 다른 실시예에서, 방사선 소스는, 각각이 X-선을 제1 및 제2 구성내의 샘플을 향하여 지향시키도록 위치된 제1 및 제2 방사선 소스를 포함하고, 적어도 하나의 검출기 어레이는 각각이 제1 및 제2 구성내의 스캐터링된 X-선을 수신하도록 위치된 제1 및 제2 검출기 어레이를 포함한다.

[0022] 전형적으로, 방사선 소스는 만곡된(curved) 크리스탈 모노크로마토를 포함한다.

- [0023] 개시된 실시예에서, 적어도 하나의 검출기 어레이는 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 수신하도록 된 복수의 검출기 엘리먼트를 포함하고, 엘리베이션 각도 범위는 적어도 2°의 엘리베이션을 포함한다.
- [0024] 몇몇 실시예에서, 제1 구성의 샘플로부터 반사된 X-선은 엘리베이션 각도의 함수로서 발견하는 강도 변화를 특징으로 하고, 처리기는 표면층의 특징을 결정하기 위해 발견 변동을 분석하도록 되어 있다. 통상적으로, 신호 처리기에 의해 결정된 특징은 표면층의 밀도, 두께 및 표면 거칠기 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0025] 부가적으로 또는 대안으로, 제2 구성의 표면으로부터 회절된 X-선은 제1 및 제2 회절 피크에 의해 특징지어지고, 처리기는 표면층의 특징을 결정하기 위해 피크의 관계를 분석하도록 응용된다. 전형적으로, 신호 처리기에 의해 결정된 특징은 표면층의 조성을 포함한다.
- [0026] 개시된 실시예에서, 샘플은 반도체 웨이퍼를 포함하고, 신호 처리기는 웨이퍼상에 형성된 박막층의 특성을 결정하기 위해 출력신호를 분석하도록 응용된다.
- [0027] 또한 본 발명의 실시예에 따라, 마이크로전자 디바이스를 제작하기 위한 클러스터 톨이 제공되는 데, 이 톨은;
- [0028] 반도체 웨이퍼의 표면상에 박막층을 형성하도록 응용된 증착 스테이션; 및
- [0029] 검사 스테이션을 포함하고, 이 검사 스테이션은,
- [0030] X-선의 컨버징 빔을 웨이퍼의 표면을 향해 지향시키도록 된 방사선 소스;
- [0031] 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 웨이퍼로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지하고 스캐터링된 X-선에 응답하여 출력신호를 발생시키도록 된 검출기 어레이로서, 이 검출기 어레이는, 상기 검출기 어레이가 스침각으로 웨이퍼의 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하는 제1구성과, 웨이퍼의 브래그 각도 근방에서 웨이퍼로부터 회절된 X-선을 감지하는 제2구성을 갖는 검출기 어레이; 및
- [0032] 웨이퍼의 표면층의 특성을 결정하기 위해 제1 및 제2 구성에서 발생된 출력 신호를 수신하여 처리하도록 연결된 신호 처리기를 포함한다.
- [0033] 또한 본 발명의 실시예에 따라, 마이크로전자 디바이스를 제작하기 위한 장치가 추가적으로 제공되는 데, 이 장치는;
- [0034] 반도체 웨이퍼를 수용하도록 응용된 제작 챔버;
- [0035] 제작 챔버내에서 반도체 웨이퍼의 표면상에 박막층을 증착하도록 응용된 증착 디바이스;
- [0036] X-선의 컨버징 빔을 상기 챔버의 웨이퍼의 표면을 향해 지향시키도록 된 방사선 소스;
- [0037] 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 챔버의 웨이퍼로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지하고 스캐터링된 X-선에 응답하여 출력신호를 발생시키도록 된 검출기 어레이로서, 이 검출기 어레이는, 상기 검출기 어레이가 스침각으로 웨이퍼의 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하는 제1구성과, 웨이퍼의 브래그 각도 근방에서 웨이퍼로부터 회절된 X-선을 감지하는 제2구성을 갖는 검출기 어레이; 및
- [0038] 웨이퍼의 표면층의 특성을 결정하기 위해 제1 및 제2 구성에서 발생된 출력 신호를 수신하여 처리하도록 연결된 신호 처리기를 포함한다.
- [0039] 따라서 본 발명의 실시예에 따라, 표면 층을 갖는 샘플의 분석을 위한 방법이 제공되는 데, 이 방법은;
- [0040] 스침각으로 X-선의 컨버징 빔을 샘플의 표면을 향해 지향시키고, 적어도 하나의 검출기 어레이를 사용하여 제1 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지함에 의해 샘플의 X-선 반사(XRR) 스펙트럼을 획득하는 단계;
- [0041] 샘플의 브래그 각도 근방에서 X-선의 컨버징 빔을 샘플의 표면을 향해 지향시키고, 적어도 하나의 검출기 어레이를 사용하여 제2 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지함에 의해 샘플의 X-선 회절(XRD) 스펙트럼을 획득하는 단계; 및
- [0042] 샘플의 표면층의 특성을 결정하기 위해 XRD 스펙트럼 및 XRR 스펙트럼을 처리하는 단계를 포함한다.
- [0043] 본 발명은 첨부도면과 함께, 그 실시예에 대한 하기의 상세한 설명으로부터 더욱 완전히 이해된다.

발명의 구성 및 작용

- [0044] 따라서, 본 발명의 실시예에 따라, 표면 층을 갖는 샘플의 분석을 위한 장치가 제공되는 데, 이 장치는;
- [0045] X-선의 컨버징 빔을 반도체 웨이퍼와 같은 샘플의 표면을 향해 지향시키도록 된 방사선 소스;
- [0046] 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지하고 스캐터링된 X-선에 응답하여 출력신호를 발생시키도록 된 적어도 하나의 검출기 어레이로서, 이 검출기 어레이는, 상기 검출기 어레이가 스침각으로 샘플의 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하는 제1구성과, 샘플의 브래그 각도 근방에서 표면으로부터 회절된 X-선을 감지하는 제2구성을 갖는 적어도 하나의 검출기 어레이; 및
- [0047] 샘플의 표면층의 특성을 결정하기 위해 제1 및 제2 구성에서 발생된 출력 신호를 수신하여 처리하도록 연결된 신호 처리기를 포함한다.
- [0048] 몇몇 실시예에서, 이 장치는 제1구성과 제2구성 사이에 방사선 소스와 검출기 어레이를 이동시키도록 연결된 모션 어셈블리를 포함한다.
- [0049] 다른 실시예에서, 방사선 소스는, 각각이 X-선을 제1 및 제2 구성내의 샘플을 향하여 지향시키도록 위치된 제1 및 제2 방사선 소스를 포함하고, 적어도 하나의 검출기 어레이는 각각이 제1 및 제2 구성내의 스캐터링된 X-선을 수신하도록 위치된 제1 및 제2 검출기 어레이를 포함한다.
- [0050] 전형적으로, 방사선 소스는 만곡된(curved) 크리스탈 모노크로마토를 포함한다.
- [0051] 개시된 실시예에서, 적어도 하나의 검출기 어레이는 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 수신하도록 된 복수의 검출기 엘리먼트를 포함하고, 엘리베이션 각도 범위는 적어도 2°의 엘리베이션을 포함한다.
- [0052] 몇몇 실시예에서, 제1 구성의 샘플로부터 반사된 X-선은 엘리베이션 각도의 함수로서 발전하는 강도 변화를 특징으로 하고, 처리기는 표면층의 특성을 결정하기 위해 발전 변동을 분석하도록 되어 있다. 통상적으로, 신호 처리기에 의해 결정된 특징은 표면층의 밀도, 두께 및 표면 거칠기 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0053] 부가적으로 또는 대안으로, 제2 구성의 표면으로부터 회절된 X-선은 제1 및 제2 회절 피크에 의해 특징지어지고, 처리기는 표면층의 특성을 결정하기 위해 피크의 관계를 분석하도록 응용된다. 전형적으로, 신호 처리기에 의해 결정된 특징은 표면층의 조성을 포함한다.
- [0054] 개시된 실시예에서, 샘플은 반도체 웨이퍼를 포함하고, 신호 처리기는 웨이퍼상에 형성된 박막층의 특성을 결정하기 위해 출력신호를 분석하도록 응용된다.
- [0055] 또한 본 발명의 실시예에 따라, 마이크로전자 디바이스를 제작하기 위한 클러스터 톨이 제공되는 데, 이 톨은;
- [0056] 반도체 웨이퍼의 표면상에 박막층을 형성하도록 응용된 증착 스테이션; 및
- [0057] 검사 스테이션을 포함하고, 이 검사 스테이션은,
- [0058] X-선의 컨버징 빔을 웨이퍼의 표면을 향해 지향시키도록 된 방사선 소스;
- [0059] 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 웨이퍼로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지하고 스캐터링된 X-선에 응답하여 출력신호를 발생시키도록 된 검출기 어레이로서, 이 검출기 어레이는, 상기 검출기 어레이가 스침각으로 웨이퍼의 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하는 제1구성과, 웨이퍼의 브래그 각도 근방에서 웨이퍼로부터 회절된 X-선을 감지하는 제2구성을 갖는 검출기 어레이; 및
- [0060] 웨이퍼의 표면층의 특성을 결정하기 위해 제1 및 제2 구성에서 발생된 출력 신호를 수신하여 처리하도록 연결된 신호 처리기를 포함한다.
- [0061] 또한 본 발명의 실시예에 따라, 마이크로전자 디바이스를 제작하기 위한 장치가 추가적으로 제공되는 데, 이 장치는;
- [0062] 반도체 웨이퍼를 수용하도록 응용된 제작 챔버;
- [0063] 제작 챔버내에서 반도체 웨이퍼의 표면상에 박막층을 증착하도록 응용된 증착 디바이스;
- [0064] X-선의 컨버징 빔을 상기 챔버의 웨이퍼의 표면을 향해 지향시키도록 된 방사선 소스;
- [0065] 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 챔버의 웨이퍼로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지하고 스캐터링된 X-선에 응답하여 출력신호를 발생시키도록 된 검출기 어레이로서, 이 검출기 어레이는, 상기 검출기 어레이가 스침각으로 웨이퍼의 표면으로부터 반사된 X-선을 감지하는 제1구성과, 웨이퍼의 브래그 각도 근

방에서 웨이퍼로부터 회절된 X-선을 감지하는 제2구성을 갖는 검출기 어레이; 및

- [0066] 웨이퍼의 표면층의 특성을 결정하기 위해 제1 및 제2 구성에서 발생된 출력 신호를 수신하여 처리하도록 연결된 신호 처리기를 포함한다.
- [0067] 따라서 본 발명의 실시예에 따라, 표면 층을 갖는 샘플의 분석을 위한 방법이 더 제공되는 데, 이 방법은;
- [0068] 스침각으로 X-선의 컨버징 빔을 샘플의 표면을 향해 지향시키고, 적어도 하나의 검출기 어레이를 사용하여 제1 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지함에 의해 샘플의 X-선 반사(XRR) 스펙트럼을 획득하는 단계;
- [0069] 샘플의 브래그 각도 근방에서 X-선의 컨버징 빔을 샘플의 표면을 향해 지향시키고, 적어도 하나의 검출기 어레이를 사용하여 제2 엘리베이션 각도 범위에 대한 엘리베이션 각도 함수로서 샘플로부터 스캐터링된 X-선을 동시에 감지함에 의해 샘플의 X-선 회절(XRD) 스펙트럼을 획득하는 단계; 및
- [0070] 샘플의 표면층의 특성을 결정하기 위해 XRD 스펙트럼 및 XRR 스펙트럼을 처리하는 단계를 포함한다.
- [0071] 본 발명은 첨부도면과 함께, 그 실시예에 대한 하기의 상세한 설명으로부터 더욱 완전히 이해된다.
- [0072] 도 1은, 본 발명의 일 실시예에 따른, 샘플(22)에 대한 X-선 반사측정법(XRR) 및 X-선 회절분석법(XRD) 측정을 위한 시스템(20)의 개략 측면도이다. 샘플(22)은 샘플의 정확한 위치 및 방향을 조정할 수 있게하는, 모션 스테이지(24)에 탑재된다. X-선 소스(26)는 통상적으로, 샘플(22)상의 소구역(32)을 조사하는, 모노크로마타이징 옵틱(30)을 구비한 X-선 튜브(28)를 포함한다. 샘플(22)로부터 스캐터링된 X-선은 CCD 어레이와 같은 검출기 어레이(40)를 포함하는, 검출기 어셈블리(38)에 의해 수집된다. 간명한 예시를 위해 도면에, 상대적으로 적은 수의 검출기 엘리먼트를 구비한 단일 행의 검출기만 도시되었을 지라도, 어레이(40)는 일반적으로 선형 어레이 또는 매트릭스(2-차원) 어레이로서 배열된, 다수의 엘리먼트를 포함한다. 검출기 어셈블리(38) 및 어레이(40)에 대한 추가 태양은 상기한 미국 특허 제 6,512,814호에 설명되어 있다.
- [0073] 신호 처리기(46)는 주어진 에너지 또는 에너지의 범위에서 각도의 함수로서 샘플(22)로부터 반사된 X-선 광자의 플럭스의 분포(48)를 결정하기 위해, 어셈블리(38)의 출력을 수신하고 분석한다. 통상적으로, 샘플(22)은 영역(32)에서 박막과 같은 하나 이상의 얇은 표면층을 가지고, 따라서 간섭 및/또는 회절의 특징인 구조를 나타내는 엘리베이션 각도의 함수로서 분포(48)가 표면층 및 이들 층간의 인터페이스에 기인한 결과로 된다. 처리기(46)는 하기에 설명하는 분석방법을 사용하여, 층의 두께, 밀도, 조성 및 표면결리터와 같은 샘플의 하나 이상의 표면층에 대한 특성을 결정하기 위해 각도 분포에 대한 특성을 분석한다.
- [0074] 도 1에 도시된 실시예에서, X-선 소스(26) 및 검출기 어셈블리(38)는 X-선 반사측정법(XRR) 구성 및 X-선 회절 분석법(XRD) 구성인 두 개의 동작 구성을 갖는다. XRR 구성은 도면에서 소스(26) 및 검출기 어셈블리(38)가 실선으로 도시되어 있고, 한편 XRD 구성은 소스 및 검출기 어셈블리가 점선으로 도시되어 있다. XRR 구성에서, 소스(26)는 스침각도에서, 통상적으로, 더욱 크거나 작은 범위가 사용될 수 있을지라도, 약 0° 내지 4.5°의 입사각 범위에서, 컨버징 빔(34)으로 영역(32)을 조사한다. 이 구성에서, 어셈블리(38)는 약 0° 내지 내지 적어도 2° 전형적으로는 3° 까지의 엘리베이션 각도(ϕ)의 함수로서, 수직 방향에서 각도 범위에 대해 반사된 X-선의 다이버징 빔(36)을 수집한다. 이 범위는 전체 외부 반사를 위한 샘플의 임계각 이하 및 이상인 각도, ϕ_c , 를 포함한다. (도면의 명확성을 위해, 도면에 도시된 각도 범위는, XRR 구성에서 샘플(22)의 평면 위의 소스(26) 및 검출기 어셈블리(38)의 엘리베이션과 같이, 과장되어 있다).
- [0075] XRD 구성에서, 소스(26) 및 검출기 어셈블리(38)는 샘플(22)의 브래그 각도 근방으로, 더욱 높은 각도로 시프트되어 있다. 이 구성에서, 소스(26)는 브래그 각도에 근접하여 컨버징 빔(50)으로 영역(32)을 조사하고, 검출기 어셈블리(38)는 브래그 각도에 근접한 각도의 범위로 다이버징 빔(52)을 수신한다. 이 예를 위해, 회절 패턴을 생성하는 래티스 평면은 샘플(22)의 표면에 대해 거의 평행하고, 따라서 표면에 대해 빔(50 및 52)에 의해 정의된 입사 및 출사(takeoff) 각도는 브래그 각도와 같다고 가정된다. 이 가정은 실리콘 웨이퍼와 같은 반도체 기판 및 이러한 기판상에서 성장하는 크리스탈 박막 층에 대해 옳다. 대안으로, 소스(26) 및 검출기 어셈블리(38)는 샘플(22)의 표면에 대해 평행하지 않은 래티스 평면으로부터의 회절을 측정하기 위해 상이한 입사 및 출사 각도에 위치될 수 있다.
- [0076] 모션 어셈블리(53)는 XRR 및 XRD 구성사이에 소스(26) 및 검출기 어셈블리(38)를 시프트시킨다. 도 1에 도시된 예에서, 모션 어셈블리(53)는 소스(26) 및 검출기 어셈블리(38)가 각각 병진이동된 트랙(54, 56)을 포함하고, 소스 및 검출기 어셈블리를 영역(32)으로부터 일정 거리로 유지시킨다. 이러한 목적을 위한 기타 적절한 유형

의 모션 어셈블리는 당업자에게 명백할 것이다.

- [0077] 대안으로, 두 개의 개별 X-선 소스 및/또는 두 개의 검출기 어셈블리는 XRR 및 XRD 측정에 대해 사용될 수 있다. 이 경우 모션 어셈블리는 필요치 않을 수 있다. 또다른 대안으로, 단일 X-선 튜브가, XRR 및 XRD 위치 사이에 시프트될 수 있고, 이들 위치는 각각 자신의 고정 옵틱을 구비하고 있는 대안이 있다.
- [0078] 이제 소스(26)의 구성성분을 보면, 튜브(28)는 전형적으로 샘플(22)의 표면에 정확한 포커싱이 될 수 있도록 하기 위해 작은 방사 영역을 갖는다. 예를들어, 튜브(28)는 옥스포드 인스트루먼트사(스코츠 밸리, 캘리포니아)에서 제작된, XTF5011 X-선 튜브를 포함할 수 있다. 시스템(20)의 반사계측 및 산란 측정을 위한 전형적인 X-선 에너지는 약 8.05keV(CuK α)이다. 대안으로, 5.4keV(CuK α)와 같은 기타 에너지가 사용될 수 있다. 시스템(20)에 사용될 수 있는 다수의 상이한 유형의 모노크로마타이징 옵틱(30)은 본 명세서에 그 내용이 참조문헌으로서 통합된 미국 특허 제 6,381,303호에 설명되어 있다. 예를들어, 옵틱은 뉴욕, 알버니 소재의 XOS Inc.가 제조한, Doubly-Bent Focusing Crystal Optic과 같은 만곡된 크리스탈 모노크로마토를 포함할 수 있다. 기타 적절한 옵틱은 상기한 미국 특허 제 5,619,548호 및 5,923,720호에 설명되어 있다. 이중으로 만곡된 포커싱 크리스탈은, 영역(32)내의 일점에 적절하게 포커싱하기 위해, 빔(34 및 50)이 수평 및 수직 방향으로 컨버징하게 한다. 대안으로, 실린더형 옵틱은 빔이 샘플 표면상의 한 라인에 컨버징하도록 빔(34 및 50)을 포커싱하는 데에 사용될 수 있다. 추가의 가능한 광학 구성은 당업자에게 명백할 것이다.
- [0079] XRR 구성에서 시스템(20)은, 본원에 설명된 특징 및 성능의 부가를 갖춘, 상기한 미국 특허 제 6,512,814호에 설명된 XRR 시스템과 유사하다. 이 시스템에서, 다이내믹 나이프 에지(44) 및 셔터(42)는 수직(즉, 샘플(22)의 평면에 수직)방향에서 X-선의 입사빔(34)의 각도 범위를 제한하기 위해 사용될 수 있다. 요약하면, 0° 에 가까운 작은 각도 반사에 대한 최적 검출을 위해, 셔터(42)는 입사빔(34)의 각도 범위 외부로 후퇴하고, 한편 나이프 에지(44)는 영역(32)위에 위치되고 빔의 유효 수직 단면적을 감소시키기 위해 하강된다. 결과적으로, 영역(32)에 입사하는 X-선 스폿의 측방향 치수는 감소된다. 반면에, XRR 구성에서 더욱 약하고, 큰 각도의 반사에 대한 유효한 검출을 위해, 나이프 에지(44)는 빔(34)으로부터 후퇴되고, 셔터(42)는 빔의 작은 각도부를 컷오프하도록 위치된다.(대안으로, 셔터는 반사빔(36)의 작은 각도부를 컷오프하도록 위치된다.)
- [0080] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른, XRR 구성에서 시스템(20)에 의해 포획된 스펙트럼 반사 스펙트럼(60)을 도시하는 개략적인 플롯도이다. 스펙트럼은 빔(36)의 반사된 X-선의 엘리베이션 각도(ϕ)에 대해 플롯으로 도시되었다. 각각의 데이터 포인트는 어레이(40)의 대응 엘리먼트 또는 픽셀에 의해 수신된 카운트의 합에 대응한다. 스펙트럼의 신호/잡음비는 미국 특허 제 6,512,814호에 설명된 기술을 이용하여 상당히 향상되었다. 스펙트럼(60)은 거의 0° 로부터 2.5° 까지 뻗는 양호하게 한정된 프린지 패턴을 도시한다. 스펙트럼은 임계각도(ϕ_c)에서 특징적인 쇼울더(62)를 갖고, 각도의 증가에 따라 발전 패턴으로 강해진다. 스펙트럼(60)에서 쇼울더의 위치는 임계각도 및 샘플(22)의 표면층의 밀도를 결정하기 위해 분석될 수 있는 한편, 발전의 주기 및 진폭은 샘플의 표면층의 두께 및 표면 거칠기를 나타낸다. 스펙트럼(60)에 피팅된 디케이 커브(64)에 의해 지시된 바와 같이, 저차수(low-order) 프린지에 비해 고차수 프린지의 강도는 주로 샘플의 외부 표면의 거칠기에 의해 결정되고, 부차적으로는 샘플상의 막들간의 인터페이스의 거칠기에 의해 결정된다.
- [0081] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른, XRD 구성에서 시스템(20)에 의해 포획될 수 있는 회절 스펙트럼(60)을 도시하는 개략적인 플롯도이다. 이 경우에 스펙트럼은 빔(52)에서의 회절된 X-선의 엘리베이션 각도(ϕ)에 대해 플롯되어 있다. 스펙트럼(70)은 Si 웨이퍼의 표면층에 형성된 약 100nm 두께인 SiGe의 얇은 크리스탈 층으로부터 취해진다. 스펙트럼은 8.05keV(CuK α)에서 Si에 대해 브래그 각도인 약 34.5에서 날카로운, 주 피크(72)를 포함한다. 부 피크(74)도 또한, Ge 원자에 의한 Si 결정 구조의 변형에 기인하여, 관측된다. 피크(72 및 74)사이의 변위($\Delta \phi$)는 SiGe층의 Ge의 농도를 지시한다. 스펙트럼(70)이 충분히 높은 신호/잡음비로 포획된다면, 스펙트럼의 기타 특징은, 층에서의 깊이의 함수로서 그 두께 및 Ge 농도 경사도와 같은, SiGe 층의 기타 파라미터를 추출하기 위해, 분해되어 수학적 모델에 피팅된다. 이러한 유형의 분석에 사용될 수 있는 방법은 본 명세서에 참조문헌으로 통합된, 상기 설명한 Bowen등에 의한 논문 및 Ulyanenkova에 의해 발표된 "Introduction to High Resolution X-Ray Diffraction," Workshop on X-Ray Characterization of Thin Layers(Uckley, May 21-23, 2003)에 설명된다.
- [0082] 상기한 바와 같이, XRR 스펙트럼(60)은 SiGe 층 두께를 결정하기 위해, 그리고 쇼울더(62)의 위치에 의해 지시된 밀도는 Ge 농도를 추정하기 위해 사용될 수 있다. XRR 스펙트럼의 이들 파라미터들은 측정 정밀도를 검증 및 향상시키기 위해 XRD 스펙트럼(70)으로부터 유도된 파라미터와 비교될 수 있다.
- [0083] 또다른 대표적 응용분야로서, 시스템(20)에 의해 포획된 XRR 및 XRD 스펙트럼은 집적회로 제조 동안 반도체 기

관상에 형성된 구리층의 입자 사이즈를 분석하는 데에 사용될 수 있다. 입자 사이즈 특징은 그 전자 이동 특성에 대한 충격때문에 중요하다.

[0084] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른, 반도체 디바이스 제조에 사용하기 위한 클러스터 툴(80)의 개략 평면도이다. 클러스터 툴은 반도체 웨이퍼(90)상에 박막을 증착하기 위한 증착 스테이션(82), 검사 스테이션(84) 및 세정 스테이션과 같은, 당업계에 공지된 바와 같은 기타 스테이션(86, 88)을 포함하는, 복수의 스테이션으로 구성된다. 검사 스테이션(84)은 상기한 바와 같이, 시스템(20)과 유사한 방식으로 구성되어 동작한다. 로봇(88)은 시스템 컨트롤러(92)의 제어하에, 스테이션(82,84,86,...) 사이에서 웨이퍼(90)를 이송한다. 툴(80)의 동작은 컨트롤러(92)에 연결된, 워크스테이션(94)을 이용하여 오퍼레이터에 의해 제어 및 모니터링될 수 있다.

[0085] 검사 스테이션(84)은 XRR 및 XRD에 의해 웨이퍼에 대한 X-선 검사에 사용된다. 이러한 검사는 통상적으로 툴(80)의 증착 스테이션(82) 및 기타 스테이션에 의해 수행된 제조 공정에서 선택된 단계 이전 및/또는 이후에 행해진다. 예시적인 실시예에서, 증착 스테이션(82)은 웨이퍼(90)상에 얇은, 크리스탈 막을 생성하기 위해 이용되고, 검사 스테이션(84)은 상기한 바와 같이, 막의 두께, 밀도 및 조성을 평가하기 위해 XRR 및 XRD를 적용한다. 대안으로, 공정의 몇몇 스테이지에서, 검사 스테이션(84)은 XRR과 XRD 중 어느 하나를 적용할 수 있지만, 적용된 것 외의 다른 것을 적용하지 않는다. 스테이션(84)의 사용은 컨트롤러(92) 가능하게는 워크스테이션(94)을 사용하여, 웨이퍼 제조에서 공정 파라미터의 평가와 편리한 조정 및 공정 편차에 대한 조기 검출을 가능하게 한다.

[0086] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른, 반도체 웨이퍼 제조 및 정위치의(in situ) 검사를 위한 시스템(100)의 개략 측면도이다. 시스템(100)은 업계에 공지된 바와 같이, 웨이퍼(90)상에 박막을 생성하기 위한, 증착장치(104)를 수용하는 진공챔버(102)를 포함한다. 웨이퍼는 챔버(102)내의 모션 스테이지(24)상에 장착된다. 챔버는 통상적으로 상기한 미국 특허출원 공개공보 2001/0043668 A1에 설명된 유형일 수 있는, X-선 윈도우(106)를 포함한다. X-선 소스(26)는, 상기한 방식으로, XRR 또는 XRD 구성 중 하나에, 윈도우(106)중 하나를 통해 웨이퍼(90)상의 영역(32)을 조사한다. 도 1에 도시된 엘리먼트 중 몇몇은 간명함을 위해 도 5에서 생략되었지만, 통상적으로 이 유형의 엘리먼트는 마찬가지로, 시스템(100)에 통합된다.

[0087] 영역(32)으로부터 반사 또는 회절된 X-선은 윈도우(106)중 다른 하나를 통해 검출기 어셈블리(38)내의 어레이(40)에 의해 수신된다. 처리기(46)는 검출기 어셈블리(38)로부터 신호를 수신하고, 상기한 바와 같이, 웨이퍼(90)의 XRR 및/또는 XRD 스펙트럼을 측정함에 의해 챔버(102)내에서 제조시에 있어서 박막층의 특성을 산정하기 위해 신호를 처리한다. 이러한 산정의 결과는 증착 장치(104)를 제어하는 데에 사용될 수 있고 따라서 시스템(100)에 의해 제조된 막은, 두께, 밀도, 조성 및 표면 거칠기와 같은 소망하는 특성을 갖는다.

[0088] 상기한 실시예들이 주로 반도체 웨이퍼의 표면층 특성을 결정하는 것을 다루었다해도, 본 발명의 원리는 X-선 뿐만아니라 기타 이온화 방사선 대역을 사용하여 X-선 기반 분석 및 기타 유형의 방사선-기반 분석의 다른 응용에 마찬가지로 사용될 수 있다. 더욱이, 상기한 XRR 및 XRD 기술과 함께, 시스템(20)은 마찬가지로 기타 방사선-기반 분석 방법을 포함하도록 수정될 수 있다. 예를들어, 시스템은 본 명세서에 참조문헌으로 통합되고 본 특허출원의 양수인에게 양도된, 2003년 2월 12일 출원된 미국특허출원 제 10/364,883호에 설명된 바와 같은, 작은 각도 스캐터링 측정 및/또는 상기한 미국특허 제 6,381,303호에 설명된 바와 같은, X-선 형광 측정을 통합할 수 있다. 대안 또는 추가하여, 시스템(20)은 마찬가지로 본 특허출원의 양수인에게 양도되고 그 개시내용이 본원에 참조문헌으로 통합된, 2004년 7월 30일 출원된 발명의 명칭이 "Enhancement of X-ray reflectometry by measurement of diffuse reflections"인 미국특허출원에 설명된 바와 같이, 확산 XRR 측정을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0089] 따라서 상기한 실시예는 예를들어 설명되었고, 본 발명은 도시되고 설명된 것에 한정되지 않음을 알 수 있다. 그보단, 본 발명의 범위는 상기한 다양한 특징들의 조합 또는 부조합 및 상기한 설명을 읽을 때에 당업자에게 떠오르고 종래기술에 개시되지 않은 상기 조합 또는 부조합에 대한 수정 및 변경을 포함한다.

발명의 효과

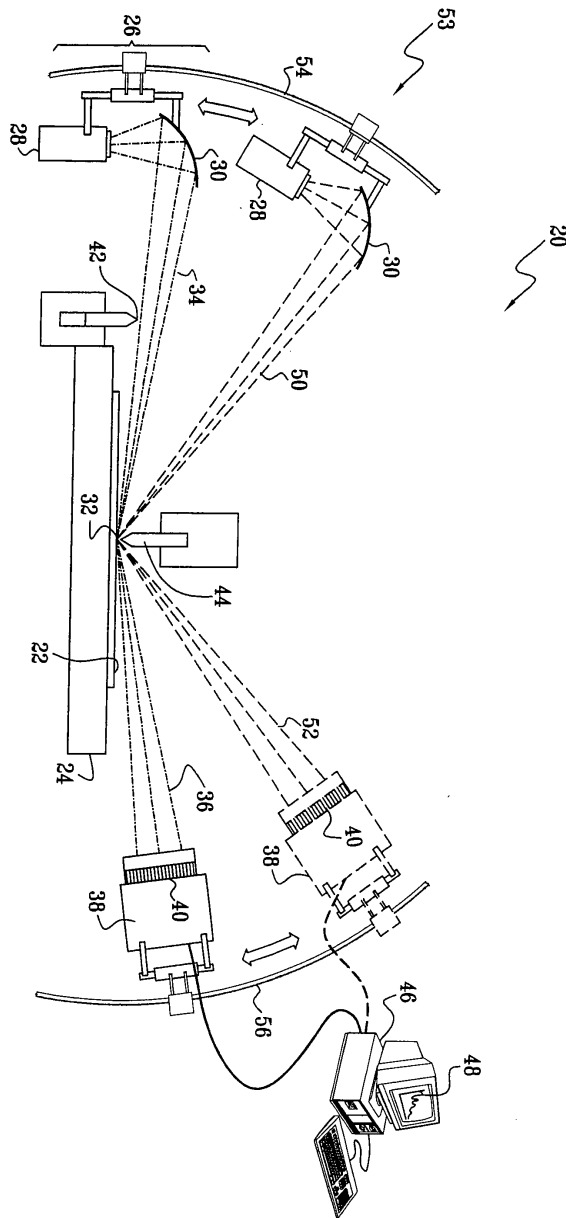
[0090] 상기한 바와 같은 구성에 의해, 본원발명의 XRD 구성과 XRR 구성을 기반으로 하는 XRR 및 XRD 측정의 조합은, 반도체 웨이퍼에 의한 집적회로 제조 공정에서 형성되는 크리스탈 박막 층과 같은, 크리스탈 표면층의 특징에 대한 완전하고 정확한 화상을 나타낼 수 있고 가져올 수 있고 정확한 XRR 및 XRD 스펙트럼이 고수율로 획득되어 질 수 있게 한다.

도면의 간단한 설명

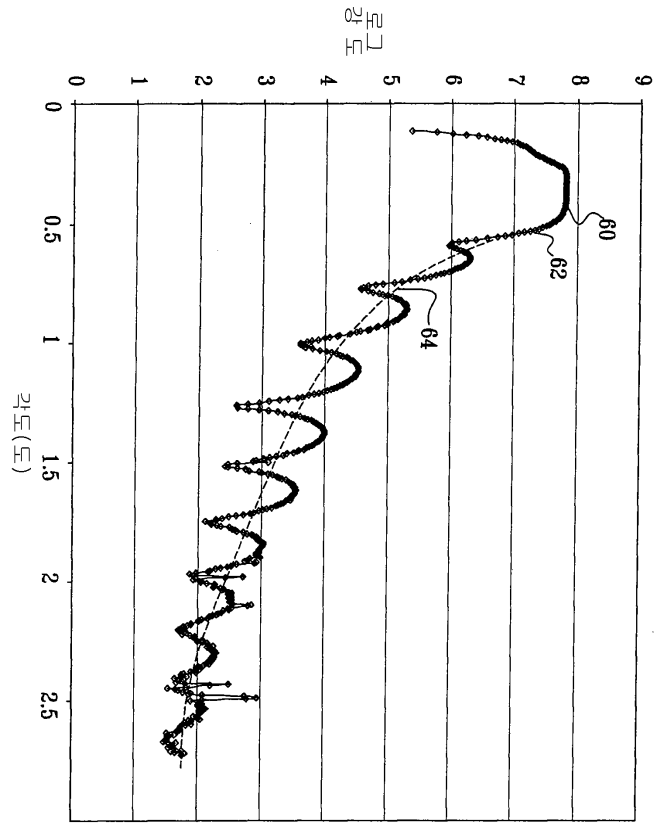
- [0001] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른, X-선 반사측정법(XRR) 및 X-선 회절분석법(XRD) 측정을 위한 시스템의 개략 측면도.
- [0002] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른, XRR 스펙트럼의 개략적인 플롯.
- [0003] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른, XRD 스펙트럼의 개략적인 플롯.
- [0004] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른, 검사 스테이션을 포함하는, 반도체 디바이스 제조를 위한 클러스터 툴의 개략 평면도.
- [0005] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른, X-선 검사 성능을 구비한 반도체 처리실의 개략 측면도.

도면

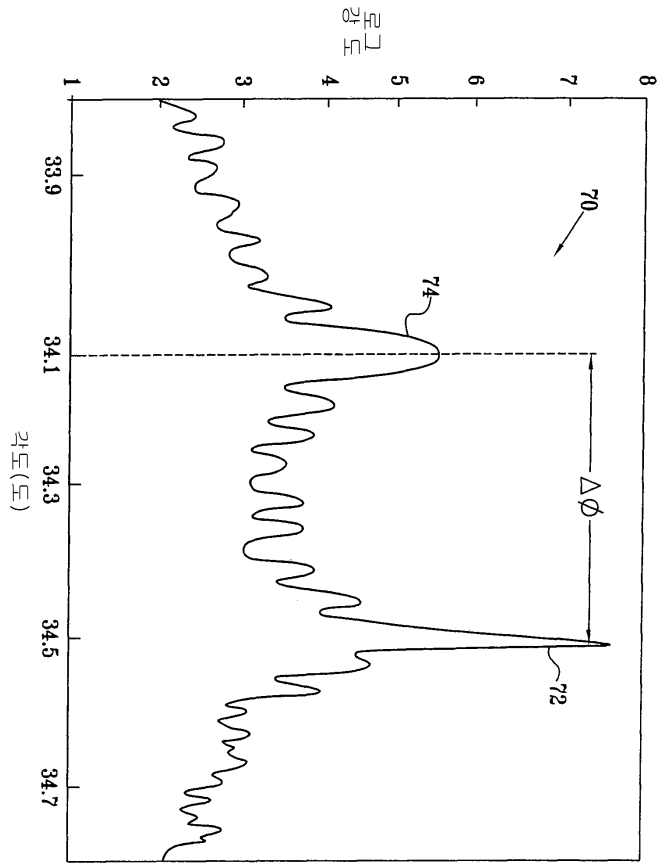
도면1



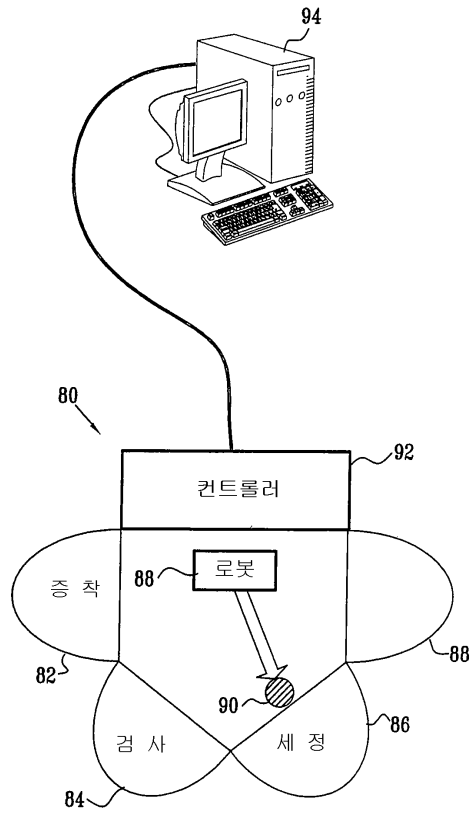
도면2



도면3



도면4



도면5

