



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0105715
(43) 공개일자 2019년09월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 49/04 (2006.01) H01L 27/146 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 49/0418 (2013.01)
H01L 27/1469 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0026121
(22) 출원일자 2018년03월06일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김국주
경기도 성남시 분당구 성남대로 449, A동 408호
(정자동, 로얄팰리스)
이강택
서울특별시 양천구 목동서로 221, 1011호 (목동, 굿모닝타운)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인가산

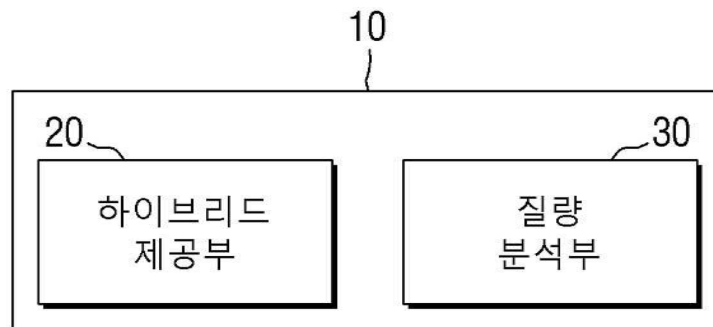
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 질량 분석 장치, 질량 분석 방법 및 반도체 웨이퍼의 분석 방법

(57) 요약

국부적인 저분자량 피분석물의 분석이 가능한 질량 분석 장치, 질량 분석 방법 및 반도체 웨이퍼의 분석 방법이 제공된다. 질량 분석 장치는, 유기물을 포함하는 반도체 웨이퍼가 배치되는 플레이트, 반도체 웨이퍼 상의 소정의 영역에, ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하는 하이브리드 제공부, 및 레이저 탈착/이온화 질량 분석법(LDI-MS)을 이용하여, 소정의 영역에서 유기물을 검출하는 질량 분석부를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

엄기주

서울특별시 서대문구 연세로 50, 제1공학관 457호
(신촌동, 연세대학교)

윤철상

서울특별시 서대문구 신촌로7길 12, 202호 (창천동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017R1A2B4007534

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 전자소자용 고분자 박막 내 비구형 나노입자 배향 제어 기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 연세대학교

연구기간 2017.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014R1A2A1A11051436

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 차세대 디바이스 응용을 위한 고분자 나노하이브리드 박막 내 입자 분산 공정 개발

기 여 율 1/2

주관기관 연세대학교

연구기간 2014.11.01 ~ 2017.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

유기물을 포함하는 반도체 웨이퍼가 배치되는 플레이트;

상기 반도체 웨이퍼 상의 소정의 영역에, ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하는 하이브리드 제공부; 및

레이저 탈착/이온화 질량 분석법(LDI-MS)을 이용하여, 상기 소정의 영역에서 상기 유기물을 검출하는 질량 분석부를 포함하는 질량 분석 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 ZnO-그래핀 하이브리드는, 나노입자형 ZnO(ZnO nanoparticle) 및 환원된 산화그래핀(rGO)을 포함하는 질량 분석 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 ZnO-그래핀 하이브리드는, 상기 ZnO-그래핀 하이브리드 100 중량%에 대하여, 1.5 중량% 내지 6 중량%의 상기 환원된 산화그래핀을 포함하는 질량 분석 장치.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 유기물은 1000 Da 이하의 분자량을 갖는 질량 분석 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 하이브리드 제공부는, 상기 소정의 영역에, 상기 ZnO-그래핀 하이브리드가 분산된 현탁액을 제공하는 질량 분석 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 하이브리드 제공부는, 상기 소정의 영역의 단위 면적(0.0225 cm^2) 당 2 ng 내지 2000 ng의 상기 ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하는 것을 포함하는 질량 분석 장치.

청구항 7

피분석물(analyte)을 포함하는 기판이 배치되는 플레이트;

상기 피분석물과 흡착되는 ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하여, 상기 기판 상에 혼합 시료를 형성하는 하이브리드 제공부;

상기 피분석물을 이온화시키는 광을 조사하여, 이온화된 피분석물을 생성하는 광 조사부;

상기 이온화된 피분석물을 검출하여, 상기 피분석물의 질량 데이터를 생성하는 이온 검출부를 포함하는 질량 분석 장치.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 피분석물은 고체상의 유기물을 포함하는 질량 분석 장치.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 하이브리드 제공부는 마이크로 피펫(micropipette)을 포함하는 질량 분석 장치.

청구항 10

유기물을 포함하는 반도체 웨이퍼를 제공하고,

상기 반도체 웨이퍼 상의 소정의 영역에, ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하고,

레이저 탈착/이온화 질량 분석법(LDI-MS)을 이용하여, 상기 소정의 영역에서 상기 유기물을 검출하는 것을 포함하는 반도체 웨이퍼의 분석 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 질량 분석 장치, 질량 분석 방법 및 반도체 웨이퍼의 분석 방법에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 레이저 탈착/이온화 질량 분석법(LDI-MS)을 이용하는 질량 분석 장치, 질량 분석 방법 및 반도체 웨이퍼의 분석 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 장치의 제조 공정에서 발생하는 오염원의 분석은 반도체 장치의 성능 및 수율 향상을 위해 중요한 요소가 된다. 그러나, 반도체 장치가 점점 고집적화됨에 따라, 반도체 장치의 제조 공정에서 반도체 웨이퍼 등에 국부적으로 잔류하는 오염원을 분석하는데 어려움이 있다.

[0003] 국부적으로 잔류하는 오염원을 분석하기 위해, 매트릭스-보조 레이저 탈착/이온화 질량 분석법(MALDI-MS) 등이 이용될 수 있다. MALDI-MS는 피분석물(analyte)의 분해 없이 기화 및 이온화가 가능한 방법으로서, 일반적으로 분자량이 크고 열에 불안정한 생체 고분자나 합성 고분자에 대해 이상적으로 적용할 수 있는 방법으로 알려져 있다. 그러나, MALDI-MS는 매트릭스에 의한 간섭으로 1000 Da 이하의 저분자량 피분석물을 분석하는데 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 반도체 웨이퍼 상에 국부적으로 잔류하는 저분자량 오염원의 분석이 가능한 질량 분석 장치 및 반도체 웨이퍼의 분석 방법을 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는 국부적인 저분자량 피분석물의 분석이 가능한 질량 분석 장치 및 질량 분석 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는 제품 신뢰성이 향상된 반도체 패키지를 제조할 수 있는 반도체 패키지의 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치는, 유기물을 포함하는 반도체 웨이퍼가 배치되는 플레이트, 반도체 웨이퍼 상의 소정의 영역에, ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하는 하이브리드 제공부, 및 레이저 탈착/이온화 질량 분석법(LDI-MS)을 이용하여, 소정의 영역에서 유기물을

검출하는 질량 분석부를 포함한다.

[0009] 상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치는, 피분석물(analyte)을 포함하는 기관이 배치되는 플레이트, 피분석물과 흡착되는 ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하여, 기관 상에 혼합 시료를 형성하는 하이브리드 제공부, 피분석물을 이온화시키는 광을 조사하여, 이온화된 피분석물을 생성하는 광 조사부, 이온화된 피분석물을 검출하여, 피분석물의 질량 데이터를 생성하는 이온 검출부를 포함한다.

[0010] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 반도체 웨이퍼의 분석 방법은, 유기물을 포함하는 반도체 웨이퍼를 제공하고, 반도체 웨이퍼 상의 소정의 영역에, ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하고, 레이저 탈착/이온화 질량 분석법(LDI-MS)을 이용하여, 소정의 영역에서 유기물을 검출하는 것을 포함한다.

[0011] 상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 방법은, 피분석물(analyte)을 포함하는 기관을 제공하고, 기관 상에, 피분석물과 흡착되는 ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하여 혼합 시료를 형성하고, 피분석물을 이온화시키는 광을 조사하여 이온화된 피분석물을 생성하고, 이온화된 피분석물을 검출하여 피분석물의 질량 데이터를 생성하는 것을 포함한다.

[0012] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치의 블록도이다.

도 2a, 도 2b 및 도 3은 도 1의 하이브리드 제공부를 설명하기 위한 도면들이다.

도 4 내지 도 6은 도 1의 질량 분석부를 설명하기 위한 도면들이다.

도 7은 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치를 설명하기 위한 개략도이다.

도 8은 비교예 1 내지 비교예 3, 실험예 1 내지 실험예 3에 대한 각각의 레이저 탈착/이온화 질량 분석 스펙트럼을 도시한다.

도 9는 실험예 2, 실험예 4 내지 실험예 6에 대한 각각의 레이저 탈착/이온화 질량 분석 스펙트럼을 도시한다.

도 10은 피분석물의 농도에 따른 실험예 2에 대한 레이저 탈착/이온화 질량 분석 스펙트럼을 도시한다.

도 11은 도 10의 신호 대 잡음비(signal-to-noise ratio)를 도시한다.

도 12는 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 13은 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 반도체 웨이퍼의 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하에서, 도 1 내지 도 7을 참조하여, 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치를 설명한다.

[0015] 도 1은 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치의 블록도이다. 도 2a, 도 2b 및 도 3은 도 1의 하이브리드 제공부를 설명하기 위한 도면들이다. 도 4 내지 도 6은 도 1의 질량 분석부를 설명하기 위한 도면들이다.

[0016] 도 1 내지 도 6을 참조하면, 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치(10)는 하이브리드 제공부(20) 및 질량 분석부(30)를 포함한다.

[0017] 질량 분석 장치(10)의 각 구성(예를 들어, 하이브리드 제공부(20) 및 질량 분석부(30)) 및 이들의 하위 구성은, 전적으로 하드웨어이거나, 또는 부분적으로 하드웨어이고 부분적으로 소프트웨어일 수 있다. 예를 들어, 질량 분석 장치(10)의 각 구성은, 의도된 기능을 수행하기 위한 소자, 및 이러한 소자를 구동하고 이러한 소자에 의해 얻어진 데이터를 처리 및/또는 가공하기 위한 소프트웨어를 모두 포함하는 것일 수 있다. 또한, 질량 분석 장치(10)의 각 구성 및 이들의 하위 구성은, 반드시 하나의 물리적인 장치로 한정되는 것은 아니며, 의도된 기능을 달성하도록 함께 사용되는 복수 개의 부품의 조립체 또는 집합체를 지칭하는 것일 수 있다.

- [0018] 하이브리드 제공부(20)는 기판(120) 상에 ZnO-그래핀 하이브리드(130; ZnO-Graphene hybrid)를 제공할 수 있다. 예를 들어, 도 2a에 도시된 것처럼, 하이브리드 제공부(20)는 마이크로 피켓(140)을 이용하여 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공할 수 있다.
- [0019] 몇몇 실시예에서, ZnO-그래핀 하이브리드(130)는 현탁액(suspension) 형태로 제공될 수 있다. 예를 들어, 하이브리드 제공부(20)는, 분산매(136)에 ZnO-그래핀 하이브리드(130)가 분산된 현탁액을 제공할 수 있다. 분산매(136)는 예를 들어, 탈이온화수를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0020] 기판(120)은 반도체 웨이퍼를 포함할 수 있다. 기판(120)은 예를 들어, 벌크 실리콘 또는 SOI(silicon-on-insulator)를 포함할 수 있다. 기판(120)은 실리콘 기판일 수도 있고, 또는 다른 물질, 예를 들어, 실리콘게르마늄, 안티몬화 인듐, 납 텔루르 화합물, 인듐 비소, 인듐 인화물, 갈륨 비소 또는 안티몬화 갈륨을 포함할 수도 있다. 또는, 기판(120)은 베이스 기판 상에 에피층이 형성된 것일 수도 있다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니고, 기판(120)은 질량 분석 장치에 사용되는 다양한 기판을 포함할 수도 있다.
- [0021] 기판(120)은 플레이트(110) 상에 배치될 수 있다. 플레이트(110)는 고정될 수 있으나, 필요에 따라 가동될 수도 있다. 예를 들어, 플레이트(110)는 상하좌우 방향으로 움직일 수 있고, 회전할 수도 있다. 이에 따라, 플레이트(110) 상의 기판(120)은 가동될 수 있다.
- [0022] 기판(120)은 피분석물(122)을 포함할 수 있다. 후술되는 것처럼, 피분석물(122)은 질량 분석 장치(10)의 분석 대상이 된다. 피분석물(122)은 기판(120)의 일부 영역 상에 존재할 수 있다. 예를 들어, 기판(120)은 피분석물(122)이 존재하는 제1 영역(R1) 및 피분석물(122)이 존재하지 않는 제2 영역(R2)을 포함할 수 있다.
- [0023] 몇몇 실시예에서, 피분석물(122)은 유기물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 피분석물(122)은 방향족 탄화수소 화합물 또는 지방족 탄화수소 화합물을 포함할 수 있다. 또한, 몇몇 실시예에서, 피분석물(122)은 저분자량 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 피분석물(122)은 1000 Da 이하의 분자량을 갖는 저분자량 유기물을 포함할 수 있다. 또한, 몇몇 실시예에서, 피분석물(122)은 고체상의 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 피분석물(122)은 고체상의 유기물을 포함할 수 있다.
- [0024] ZnO-그래핀 하이브리드(130)는 ZnO(132) 및 그래핀(134)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 하이브리드 제공부(20)는 ZnO(132)와 그래핀(134)이 혼합된 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공할 수 있다.
- [0025] 몇몇 실시예에서, ZnO-그래핀 하이브리드(130)는 나노입자형 ZnO(ZnO nanoparticle) 및 환원된 산화그래핀(reduced graphene oxide, rGO)을 포함할 수 있다. 예를 들어, ZnO(132)는 나노입자형 ZnO일 수 있고, 그래핀(134)은 환원된 산화그래핀일 수 있다. 상기 나노입자형 ZnO는 예를 들어, 나노로드형 ZnO(ZnO nanorod)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0026] 도 2a에 도시된 것처럼, ZnO(132)는 그래핀(134)에 부착될 수 있다. 예를 들어, 수소 결합(hydrogen bonding) 및/또는 배위 결합(coordination bonding)과 같은 분자 간 결합에 의해, ZnO(132)는 그래핀(134)에 부착될 수 있다.
- [0027] 이하에서, 하기 실험예 및 비교예를 참조하여, 몇몇 실시예에 따른 ZnO-그래핀 하이브리드를 구체적으로 설명한다. 그러나, 하기 실험예들은 본 발명의 기술적 사상을 설명하기 위한 것일 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상이 이들에 제한되는 것은 아니다.
- [0028] [실험예 1]
- [0029] 나노입자형 ZnO
- [0030] Zn(OAc)₂ · 2H₂O(7.38 g)를 60 °C에서 메탄올에 용해시켜 용액을 형성하였다. 이어서, 메탄올(16.25 mL)에 용해된 KOH(3.7 g)를 상기 용액에 혼합하고, 60 °C에서 자기 교반하여 5 일 동안 반응시켰다. 이어서, 생성된 입자를 원심 분리(3000 rpm, 15 분)를 통해 분리하고, 메탄올 및 탈이온수로 세척하고, 50 °C에서 진공 건조시켰다. 이에 따라, 나노입자형 ZnO를 제조하였다.
- [0031] 산화그래핀
- [0032] 자기 교반 하에서, NaNO₃(0.38 g) 및 흑연 분말(0.5 g)이 담긴 플라스크에 H₂SO₄(37.5 mL)를 서서히 첨가하였다. 30 분 후, KMnO₄(2.25g)를 천천히 첨가하고 실온에서 5 일 동안 계속 교반하였다. 이어서, 희석된 H₂SO₄ (5 질량 %, 70 ml)를 실온에서 첨가하고, 이를 90 °C에서 2 시간 동안 교반한 후, H₂O₂(3 ml)를 첨가하고 실온에서 2 시

간 동안 교반하였다. 이어서, 6000 rpm에서 10 분간 원심 분리하고, H_2SO_4 (3 중량%), H_2O_2 (0.5 중량%) 및 HCl (3 중량%)의 혼합물로 세척하였다. 이에 따라 생성된 생성물을 pH가 중성이 될때까지 탈이온화수로 반복적으로 세척하였고, 40 °C에서 밤새 진공 건조시켰다. 이에 따라, 산화그래핀을 제조하였다.

[0033] ZnO-그래핀 하이브리드

[0034] 탈이온화수(65 mL)와 에탄올(32.5 mL)의 혼합물에 상기 산화그래핀이 첨가된 현탁액에, 상기 나노입자형 ZnO(0.5 g)를 첨가하여 ZnO-산화그래핀 혼합물을 형성하였다. 이때, 상기 ZnO-산화그래핀 혼합물 100 중량%에 대하여, 2 중량%의 상기 산화그래핀을 이용하였다. 이어서, 상기 ZnO-산화그래핀 혼합물을 실온에서 2 시간 동안 교반하면서 테프론 라이닝된 오토클레이브(Teflon-lined autoclave) 용기에 넣었다. 이어서, 온도를 상승켜 180 °C에서 12 시간 동안 유지시켰다. 이에 따라, 상기 산화그래핀은 환원된 산화그래핀(rGO)으로 전환될 수 있다. 이어서, 생성된 침전물을 여과에 의해 분리하고 원심 분리(3000 rpm, 20 분) 및 탈이온화수에서 재분산시켰다. 이어서, 생성물을 50 °C에서 진공 건조시켜 분말 형태의 ZnO-그래핀 하이브리드를 제조하였다.

[0035] [실험예 2]

[0036] 실험예 1에서, 상기 ZnO-산화그래핀 혼합물 100 중량%에 대하여, 상기 산화그래핀의 함량을 4 중량%로 변경한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 ZnO-그래핀 하이브리드를 제조하였다.

[0037] [실험예 3]

[0038] 실험예 1에서, 상기 ZnO-산화그래핀 혼합물 100 중량%에 대하여, 상기 산화그래핀의 함량을 8 중량%로 변경한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 ZnO-그래핀 하이브리드를 제조하였다.

[0039] [비교예 1]

[0040] 실험예 1과 달리, 나노입자형 ZnO만을 제조하였다. 다만, 실시예 1과 동일하게 나노입자형 ZnO를 제조하였다.

[0041] [비교예 2]

[0042] 실험예 1과 달리, 환원된 산화그래핀만을 제조하였다. 나노입자형 ZnO를 첨가하지 않은 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 환원된 산화그래핀을 제조하였다.

[0043] 도 3은 ZnO(도 3의 A), 그래핀(도 3의 B) 및 ZnO-그래핀 하이브리드(도 3의 C)의 TEM 이미지 및 사진을 도시한다.

[0044] 도 3에 도시된 것처럼, 제조된 ZnO-그래핀 하이브리드(130)에서, ZnO(132)는 하이브리드화에 따른 변형 없이 그래핀(134)에 성공적으로 부착되어 하이브리드화될 수 있다. 예를 들어, ZnO(132)는 나노로드 형상의 변형 없이 그래핀(134)에 부착될 수 있다. 또한, 하이브리드화에 따라, 흰색의 ZnO(132)는 검은색의 ZnO-그래핀 하이브리드(130)로 변할 수 있다.

[0045] 하이브리드 제공부(20)는 기관(120)의 소정의 영역에 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공할 수 있다. 예를 들어, 도 2a에 도시된 것처럼, 하이브리드 제공부(20)는 기관(120)의 제1 영역(R1) 상에 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공할 수 있다.

[0046] 이에 따라, 도 2b에 도시된 것처럼, 제1 영역(R1) 상의 피분석물(122)은 ZnO-그래핀 하이브리드(130)에 흡착되어 혼합 시료(150)를 형성할 수 있다. 예를 들어, 하이브리드 제공부(20)는, 피분석물(122) 상에 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 현탁액 형태로 제공할 수 있다. 이어서, 피분석물(122) 및 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 건조하여, 혼합 시료(150)를 형성할 수 있다.

[0047] 피분석물(122)이 유기물을 포함하는 경우에, 피분석물(122)은 ZnO-그래핀 하이브리드(130)의 그래핀 부분과, 예를 들어, π - π 결합 및/또는 수소성 결합을 형성할 수 있다. 이에 따라, 피분석물(122)은 ZnO-그래핀 하이브리드(130)에 용이하게 흡착될 수 있다.

[0048] 질량 분석부(30)는 레이저 탈착/이온화 질량 분석법(LDI-MS)을 이용하여 피분석물(122)을 검출할 수 있다. 예를 들어, 질량 분석부(30)는 기관(120)의 소정의 영역에서 질량 분석을 수행할 수 있다.

[0049] 도 4에 도시된 것처럼, 질량 분석부(30)는 예를 들어, 광 조사부(210), 입구(205), 광학계(220), 이온 검출부(230) 및 이미징부(240)를 포함할 수 있다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니고, 질량 분석부(30)는 레이저 탈착/이온화 질량 분석법을 수행하는 다양한 구성을 포함할 수 있다.

- [0050] 광 조사부(210)는 기관(120)의 소정의 영역에 광(L)을 조사할 수 있다. 예를 들어, 도 4에 도시된 것처럼, 광 조사부(210)는 기관(120)의 제1 영역(R1) 상의 혼합 시료(150)에 광(L)을 조사할 수 있다. 광 조사부(210)는 기관(120) 상에 광(L)을 집속시키기 위한 하나 이상의 광학 부재를 포함할 수 있다. 예를 들어, 광 조사부(210)는 고체형 야그 고체형 야그(YAG; Yttrium Aluminum Garnet) 레이저 광원을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0051] 광 조사부(210)는 피분석물(122)을 이온화시킬 수 있다. 혼합 시료(150)는 조사된 광(L)으로부터 에너지를 흡수할 수 있고, 흡수된 에너지는 에너지 전달 과정을 통해 피분석물(122)에 전달될 수 있다. 몇몇 실시예에서, 광(L)은 300 nm 내지 400 nm의 파장을 갖는 펄스 레이저(pulsed laser)를 포함할 수 있다. 예를 들어, ZnO-그래핀 하이브리드(130)는 조사된 광으로부터 에너지를 흡수할 수 있다.
- [0052] 도 5에서, 나노입자형 ZnO를 포함하는 비교예 1, 실험예 1 내지 실험예 3은, 약 300 nm 내지 약 400 nm의 파장에서 강한 흡수를 나타낸다. 참고적으로, 도 5는 비교예 1, 비교예 2, 실험예 1 내지 실험예 3에 대한 UV-Vis (ultraviolet-visible spectrometry) 흡수 스펙트럼을 도시한다. 이와 달리, 나노입자형 ZnO를 포함하지 않는 비교예 2는 약 300 nm 내지 약 400 nm의 파장에서 강한 흡수를 나타내지 못한다. 이를 통해, 나노입자형 ZnO는 약 300 nm 내지 약 400 nm의 파장의 광을 강하게 흡수함을 알 수 있다.
- [0053] 또한, 비교예 1과 비교할 때, 실험예 1 내지 실험예 3은 보다 높은 광 흡수를 나타낸다. 도시된 것처럼, 약 355 nm 이상의 광에 대해, 실험예 1 내지 실험예 3은 적색 편이 현상을 나타낸다. 즉, ZnO-그래핀 하이브리드를 포함하는 실험예 1 내지 실험예 3은, ZnO만을 포함하는 비교예 1보다 더 높은 광 흡수를 나타낸다. 이러한 현상은 환원된 산화그래핀의 함량이 높을수록 심화됨을 확인할 수 있다. 이를 통해, ZnO-그래핀 하이브리드(130)는 그래핀과 하이브리드화되지 않은 ZnO보다 높은 광 흡수율을 나타냄을 알 수 있다.
- [0054] 또한, ZnO-그래핀 하이브리드(130)는 흡수된 에너지를 전달할 수 있다. 예를 들어, ZnO-그래핀 하이브리드(130)의 그래핀 부분은 흡수된 에너지를 피분석물(122)로 전달할 수 있다. 이에 따라, 피분석물(122)은 ZnO-그래핀 하이브리드(130)로부터 탈착 이온화되어 이온화된 피분석물(160)을 형성할 수 있다.
- [0055] 참고적으로, 도 6은 비교예 1, 비교예 2, 실험예 1 내지 3에 대한 포토루미네선스(PL; photoluminescence) 스펙트럼을 도시한다. 도 6에서, ZnO-그래핀 하이브리드를 포함하는 실험예 1 내지 실험예 3은, ZnO만을 포함하는 비교예 1보다 약한 포토루미네선스를 나타낸다. 또한, 포토루미네선스의 강도는 산화그래핀의 함량이 높을수록 심화됨을 확인할 수 있다. 이를 통해, ZnO-그래핀 하이브리드는 조사된 광으로부터 흡수된 에너지를 전달할 수 있음을 알 수 있다.
- [0056] 몇몇 실시예에서, ZnO-그래핀 하이브리드(130)는, ZnO-그래핀 하이브리드(130) 100 중량%에 대하여, 약 1 중량% 내지 약 7 중량%의 그래핀(134)을 포함할 수 있다. 그래핀(134)의 함량이 약 1 중량% 미만인 경우에, ZnO-그래핀 하이브리드(130)는 피분석물(122)에 충분한 에너지를 전달하지 못할 수 있다. 그래핀(134)의 함량이 약 7 중량%를 초과하는 경우에(즉, ZnO(132)의 함량이 작은 경우에), ZnO-그래핀 하이브리드(130)는 피분석물(122)을 충분히 이온화시키기 위한 에너지를 흡수하지 못할 수 있다.
- [0057] 바람직하게는, ZnO-그래핀 하이브리드(130)는, ZnO-그래핀 하이브리드(130) 100 중량%에 대하여, 약 1.5 중량% 내지 약 6 중량%의 그래핀(134)을 포함할 수 있다.
- [0058] 입구(205)는 이온화된 피분석물(160)을 수용할 수 있다. 예를 들어, 광 조사부(210)에 의해 형성된 이온화된 피분석물(160)은 입구(205)를 통과할 수 있다.
- [0059] 광학계(220)는 이온화된 피분석물(160)을 가속시킬 수 있다. 또한, 광학계(220)는 검출하고자 하는 이온을 선별할 수도 있다. 광학계(220)는 하나 이상의 정전 렌즈를 포함할 수 있다. 예를 들어, 광학계(220)는 전기장을 인가하며, 이온화된 피분석물(160)을 통과시키기 위한 홀(hole)을 갖는 전극을 포함할 수 있다.
- [0060] 몇몇 실시예에서, 광학계(220)는 이온 검출부(230)에 인접한 영역에 더 배치되어, 이온화된 피분석물(160)을 감속시킬 수도 있다.
- [0061] 이온 검출부(230)는 이온 표류 영역(DR) 내에서 비행하는 이온화된 피분석물(160)을 검출하여, 피분석물(122)의 질량 데이터를 생성할 수 있다. 예를 들어, 광학계에 의해 가속된 이온화된 피분석물(160)은 소정의 길이를 갖는 이온 표류 영역(DR) 내에서 비행할 수 있다. 이온 표류 영역(DR) 내에서, 이온화된 피분석물(160)의 각각의 이온은 질량 대 전하비(m/z)에 따라 분리된다. 이에 따라, 이온이 이온 검출부(230)에 도달하는 시간을 이용하여, 해당 이온의 질량 대 전하비를 특정할 수 있고, 피분석물(122)의 질량 데이터를 생성할 수 있다.

- [0062] 도시된 것과 달리, 몇몇 실시예에서, 이온 검출부(230)는 반사 모드(reflection mode)로 배치될 수도 있다. 예를 들어, 질량 분석부(30)는 이온 진행 방향에 배치되는 디플렉터(deflector, 미도시)를 더 포함할 수 있다. 상기 디플렉터는, 이온 표류 영역(DR) 내에서 비행하는 이온화된 피분석물(160)을 이온 검출부(230)가 배치되는 방향으로 반사시킬 수 있다.
- [0063] 이미징부(240)는 이온 검출부(230)와 연결될 수 있다. 이미징부(240)는 이온 검출부(230)로부터 생성된 질량 데이터를 이용하여, 질량 이미지를 제공할 수 있다. 예를 들어, 이미징부(240)는, 질량 대 전하비에 따라 분리된 이온들의 세기를 질량 스펙트럼(mass spectrum) 형태로 제공할 수 있다.
- [0064] 몇몇 실시예에서, 이미징부(240)는 소정의 질량 범위 내의 이온들만을 선별하여 질량 이미지를 제공할 수도 있다.
- [0065] 이미징부(240)는 예를 들어, 개인용 컴퓨터(PC; personal computer)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0066] 도 7은 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치를 설명하기 위한 개략도이다. 설명의 편의를 위해, 도 1 내지 도 6을 이용하여 설명한 것과 중복되는 부분은 간략히 설명하거나 생략한다.
- [0067] 도 7을 참조하면, 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치는 플레이트(110), 기관(120), 마이크로 피펫(140), 광 조사부(210), 입구(205), 광학계(220), 이온 검출부(230), 이미징부(240) 및 챔버(300)를 포함할 수 있다.
- [0068] 챔버(300)는 내부에 공간을 갖는 통 형상일 수 있다. 예를 들어, 챔버(300)는 원통 형상 또는 사각통 형상일 수 있다.
- [0069] 챔버(300)는 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공하고 질량 분석을 수행하는 공간을 제공할 수 있다. 예를 들어, 플레이트(110), 기관(120), 입구(205), 광학계(220), 이온 검출부(230)는 챔버(300) 내에 배치될 수 있다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니고, 필요에 따라 플레이트(110), 기관(120), 입구(205), 광학계(220) 및 이온 검출부(230) 중 일부는 챔버(300) 바깥에 배치될 수도 있다.
- [0070] 몇몇 실시예에서, 플레이트(110)는 챔버(300) 내에서 가동될 수 있다. 챔버(300) 내에서 가동되는 플레이트(110)는 기관(120)을 가동시킬 수 있다. 예를 들어, 플레이트(110)를 가동시킴으로써 기관(120) 상의 소정의 영역에 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공할 수 있다. 또는, 플레이트(110)를 가동시킴으로써 기관(120) 상의 소정의 영역에 대한 질량 분석을 수행할 수 있다.
- [0071] 몇몇 실시예에서, 챔버(300)는 도어부(310)를 포함할 수 있다. 도어부(310)를 통해, 기관(120)은 챔버(300) 내로 삽입되거나 챔버(300) 외로 배출될 수 있다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니고, 챔버(300)는 챔버(300) 내에 기관(120)을 배치하거나 제거하기 위한 다른 개폐 구조를 포함할 수도 있다.
- [0072] 몇몇 실시예에서, 챔버(300)는 진공 챔버일 수 있다. 예를 들어, 챔버(300)는 압력 조절부(320)를 포함할 수 있다. 압력 조절부(320)는 챔버(300) 내부에 진공 상태를 형성하고 유지할 수 있다. 또한, 압력 조절부(320)는 챔버(300) 내부의 불순물을 배기할 수도 있다. 압력 조절부(320)는 예를 들어, 진공 펌프를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0073] 몇몇 실시예에서, 챔버(300)는 온도 조절부(330)를 포함할 수 있다. 온도 조절부(330)는 챔버(300) 내부의 온도를 조절할 수 있다. 예를 들어, 온도 조절부(330)는 진공 상태가 형성된 챔버(300) 내부를 가열시키거나 냉각시킬 수 있다. 예를 들어, 온도 조절부(330)는 플레이트(110)를 가열시키거나 냉각시킬 수 있다.
- [0074] 이하에서, 하기 실험예 및 비교예를 참조하여, 몇몇 실시예에 따른 혼합 시료를 구체적으로 설명한다. 그러나, 하기 실험예들은 본 발명의 기술적 사상을 설명하기 위한 것일 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상이 이들에 제한되는 것은 아니다.
- [0075] [실험예 1]
- [0076] 하기 피분석물에 ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하여 혼합 시료를 제조하였다. 상술한 것처럼, 본 실시예에서는, ZnO-산화그래핀 혼합물 100 중량%에 대하여, 2 중량%의 산화그래핀을 이용하여 ZnO-그래핀 하이브리드를 제조하였다.
- [0077] 피분석물
- [0078] 아세톤(acetone) 및 IPA(isopropylalcohol)를 이용하여 실리콘(Si) 웨이퍼를 연속적으로 초음파 세척하고, 0.5

% HF 용액에 10 분 이상 담가 실리콘 산화막을 제거하였다. 이어서, 실리콘 웨이퍼를 탈이온화수로 세척하고, 진공에서 30 분 동안 건조시켰다. 아세톤 내의 B[a]P(benzo[a]pyrene) 저장액(1 mg/mL)을 아세톤/탈이온화수 혼합물(60:40, volume/volume)로 희석시켜 B[a]P 용액을 제조하였다. 마이크로 피펫을 이용하여, 제조된 B[a]P 용액(2 μ L)을 실리콘 웨이퍼 위에 놓고 진공 건조시켰다. 이를 통해, 1.7×10^{16} C atoms/cm²의 표면 농도를 갖는 피분석물을 제조하였다. 피분석물의 표면 농도(C atoms/cm²)는, 실리콘 웨이퍼 상의 0.0225 cm²의 단위 면적으로 계산되었다.

[0079] 혼합 시료

[0080] 마이크로 피펫을 사용하여, 피분석물이 건조된 실리콘 웨이퍼의 소정의 영역에, 탈이온화수에 분산된 ZnO-그래핀 하이브리드(10 ng/ μ L) 현탁액 2 μ L를 첨가하였다. 즉, 20 ng의 ZnO-그래핀 하이브리드를 첨가하였다. 이어서, 30 분 동안 진공 건조시켜 혼합 시료를 제조하였다.

[0081] [실험예 2]

[0082] 실험예 1에서, 상기 ZnO-산화그래핀 혼합물 100 중량%에 대하여, 상기 산화그래핀의 함량을 4 중량%로 변경한 것을 제외하고는, 실시예 2와 동일하게 혼합 시료를 제조하였다.

[0083] [실험예 3]

[0084] 실험예 1에서, 상기 ZnO-산화그래핀 혼합물 100 중량%에 대하여, 상기 산화그래핀의 함량을 8 중량%로 변경한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 혼합 시료를 제조하였다.

[0085] [실험예 4]

[0086] 실험예 2에서, ZnO-그래핀 하이브리드의 농도를 1 ng/ μ L로 변경한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 혼합 시료를 제조하였다. 즉, 2 ng의 ZnO-그래핀 하이브리드를 이용하였다.

[0087] [실험예 5]

[0088] 실험예 2에서, ZnO-그래핀 하이브리드의 농도를 100 ng/ μ L로 변경한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 혼합 시료를 제조하였다. 즉, 200 ng의 ZnO-그래핀 하이브리드를 이용하였다.

[0089] [실험예 6]

[0090] 실험예 2에서, ZnO-그래핀 하이브리드의 농도를 1000 ng/ μ L로 변경한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 혼합 시료를 제조하였다. 즉, 2000 ng의 ZnO-그래핀 하이브리드를 이용하였다.

[0091] [비교예 1]

[0092] 실험예 1에서, 상기 ZnO-그래핀 하이브리드를 상기 나노입자형 ZnO로 변경한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 혼합 시료를 제조하였다.

[0093] [비교예 2]

[0094] 실험예 1에서, 상기 ZnO-그래핀 하이브리드를 상기 환원된 산화그래핀으로 변경한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 혼합 시료를 제조하였다.

[0095] [비교예 3]

[0096] 실험예 1과 달리, 상기 피분석물만으로 혼합 시료를 제조하였다.

[0097] 이하에서, 도 8 내지 도 11을 참조하여, 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치의 성능을 설명한다.

[0098] 도 8은 비교예 1 내지 비교예 3, 실험예 1 내지 실험예 3에 대한 각각의 레이저 탈착/이온화 질량 분석 스펙트럼을 도시한다.

[0099] 도 8을 참조하면, ZnO-그래핀 하이브리드를 이용하는 실험예 1 내지 실험예 3은, 질량 분석 스펙트럼에 강한 신호를 나타낸다. 이와 달리, ZnO만을 이용하는 비교예 1, 환원된 산화그래핀만을 이용하는 비교예 2, 및 피분석물만을 이용하는 비교예 3은, 질량 분석 스펙트럼에 신호를 거의 나타내지 않는다. 이를 통해, ZnO-그래핀 하이브리드를 이용하여 저분자량 피분석물을 용이하게 분석할 수 있음을 알 수 있다.

- [0100] 또한, 실험예 1 및 실험예 3과 비교할 때, 실험예 2는 질량 분석 스펙트럼에서 보다 강한 신호를 나타낸다. 이를 통해, 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치에서, ZnO-산화그래핀 혼합물 100 중량%에 대하여, 약 2 중량% 내지 약 8 중량%의 산화그래핀을 이용하여 제조된 ZnO-그래핀 하이브리드가 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다.
- [0101] 도 9는 실험예 2, 실험예 4 내지 실험예 6에 대한 각각의 레이저 탈착/이온화 질량 분석 스펙트럼을 도시한다.
- [0102] 실험예 2, 실험예 4 내지 실험예 6은 모두 질량 분석 스펙트럼에 신호를 나타낸다. 이를 통해, 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치에서, 단위 면적(0.0225 cm^2) 당 약 2 ng 내지 2000 ng의 ZnO-그래핀 하이브리드를 이용할 수 있다.
- [0103] 도 9를 참조하면, 실험예 4 내지 실험예 6과 비교할 때, 실험예 2는 질량 분석 스펙트럼에서 보다 강한 신호를 나타낸다. 이를 통해, 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치에서, 단위 면적(0.0225 cm^2) 당 약 20 ng의 ZnO-그래핀 하이브리드가 보다 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다. 예를 들어, 단위 면적(0.0225 cm^2) 당 약 10 ng 내지 약 100 ng의 ZnO-그래핀 하이브리드가 보다 우수한 성능을 나타낼 수 있다.
- [0104] 도 10은 피분석물의 농도에 따른 실험예 2에 대한 레이저 탈착/이온화 질량 분석 스펙트럼을 도시한다. 도 11은 도 10의 신호 대 잡음비(signal-to-noise ratio)를 도시한다. 참고적으로, 도 10 및 도 11의 표면 농도(S; Surfaceconcentraion)는, 상기 피분석물의 표면 농도를 나타낸다.
- [0105] 도 10 및 도 11을 참조하면, 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치는, $0.025 \times S$ 내지 $1 \times S$ 의 표면 농도를 갖는 피분석물에 대해서도 신호를 나타낸다(여기서, S는 $1.7 \times 10^{16} \text{ C atoms/cm}^2$).
- [0106] 이에 따라, 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치는 매우 낮은 표면 농도의 피분석물을 검출할 수 있다. 예를 들어, 질량 분석 장치는 반도체 웨이퍼의 오염원을 분석할 수 있다. 이러한 경우에, 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 장치는, $5 \times 10^{14} \text{ C atoms/cm}^2$ 내지 $10 \times 10^{14} \text{ C atoms/cm}^2$ 의 표면 농도의 오염원도 분석이 가능할 수 있다.
- [0107] 이하에서, 도 2a, 도 2b, 도 3 및 도 12를 참조하여, 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 방법을 설명한다.
- [0108] 도 12는 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 설명의 편의를 위해, 도 1 내지 도 11을 이용하여 설명한 것과 중복되는 부분은 간략히 설명하거나 생략한다.
- [0109] 도 2a 및 도 12를 참조하면, 피분석물(122)을 포함하는 기관(120)을 제공한다(S10).
- [0110] 몇몇 실시예에서, 피분석물(122)은 1000 Da 이하의 분자량을 갖는 저분자량 유기물을 포함할 수 있다. 또한, 몇몇 실시예에서, 피분석물(122)은 고체상의 유기물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 피분석물(122)은 고체상 방향족 화합물 및 고체상 지방족 화합물 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0111] 도 2a, 도 2b 및 도 12를 참조하면, 피분석물(122)과 흡착되는 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공한다(S12). 이에 따라, 혼합 시료(150)가 형성될 수 있다.
- [0112] 몇몇 실시예에서, ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공하는 것은, 예를 들어, 마이크로 피펫(140)을 이용할 수 있다. 몇몇 실시예에서, ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공하는 것은, 현탁액 형태로 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공하는 것을 포함할 수 있다.
- [0113] 몇몇 실시예에서, 피분석물(122)과 흡착되는 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공한 후에, 혼합 시료(150)를 건조시키는 것을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 피분석물(122)에 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공하여 형성된 혼합 시료(150)를 진공 건조시킬 수 있다.
- [0114] 도 3 및 도 12를 참조하면, 레이저 탈착/이온화 질량 분석법(LDI-MS)을 이용하여, 피분석물(122)을 분석한다(S14).
- [0115] 레이저 탈착/이온화 질량 분석법을 이용하여 피분석물(122)을 분석하는 것은 예를 들어, 도 3의 질량 분석부(30)를 이용하여 수행할 수 있다. 이에 따라, 국부적인 저분자량 피분석물의 분석이 가능한 질량 분석 방법이 제공될 수 있다.
- [0116] 이하에서, 도 2a, 도 2b, 도 3 및 도 13을 참조하여, 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 질량 분석 방법을 설명한다.

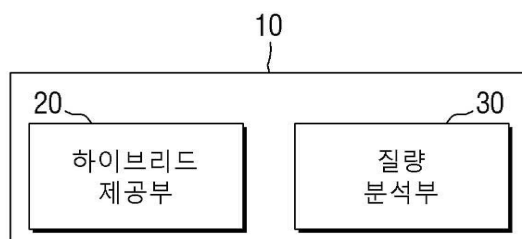
- [0117] 도 13은 본 발명의 기술적 사상의 몇몇 실시예에 따른 반도체 웨이퍼의 분석 방법을 설명하기 위한 순서도이다. 설명의 편의를 위해, 도 1 내지 도 12를 이용하여 설명한 것과 중복되는 부분은 간략히 설명하거나 생략한다.
- [0118] 도 13을 참조하면, 반도체 웨이퍼를 제공한다(S20).
- [0119] 예를 들어, 도 2a의 기관(120)은 반도체 웨이퍼를 포함할 수 있다. 몇몇 실시예에서, 기관(120) 상의 피분석물(122)은 고체상의 유기물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 피분석물(122)은 반도체 웨이퍼 상에 국부적으로 잔류하는 저분자량의 유기물 오염원일 수 있다.
- [0120] 이어서, 반도체 웨이퍼 상에 ZnO-그래핀 하이브리드를 제공한다(S22).
- [0121] 몇몇 실시예에서, 상기 ZnO-그래핀 하이브리드를 제공하는 것은, 나노입자형 ZnO 및 산화그래핀을 혼합하여 ZnO-산화그래핀 혼합물을 형성하고, 상기 ZnO-산화그래핀 혼합물을 환원시키는 것을 포함할 수 있다.
- [0122] 몇몇 실시예에서, 상기 ZnO-산화그래핀 혼합물은, 상기 ZnO-산화그래핀 혼합물 100 중량%에 대하여, 약 2 중량% 내지 약 8 중량%의 상기 산화그래핀을 포함할 수 있다. 이에 따라, ZnO-그래핀 하이브리드(130) 100 중량%에 대하여, 약 1 중량% 내지 약 7 중량%의 그래핀(134)을 포함하는 ZnO-그래핀 하이브리드(130)가 제조될 수 있다.
- [0123] 몇몇 실시예에서, ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공하는 것은, 단위 면적(0.0225 cm²) 당 2 ng 내지 2000 ng의 ZnO-그래핀 하이브리드(130)를 제공하는 것을 포함할 수 있다.
- [0124] 이어서, 레이저 탈착/이온화 질량 분석법(LDI-MS)을 이용하여, 피분석물(122)을 분석한다(S24).
- [0125] 이에 따라, 예를 들어, 반도체 웨이퍼 상에 국부적으로 잔류하는 저분자량의 유기물 오염원이 분석될 수 있다.
- [0126] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

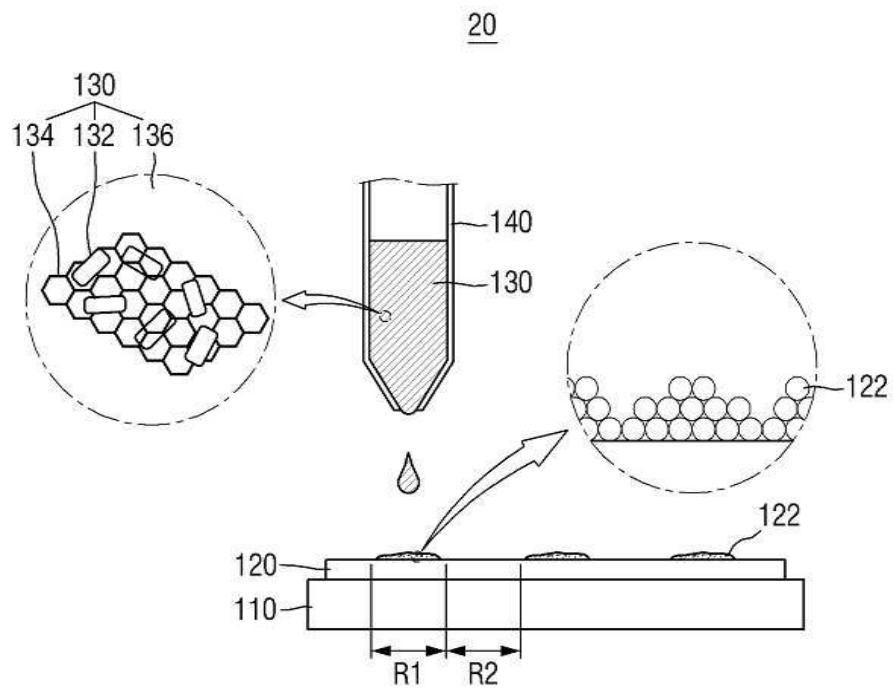
- [0127] 10: 질량 분석 장치 20: 하이브리드 제공부
30: 질량 분석부 110: 플레이트
120: 기관 122: 피분석물
130: ZnO-그래핀 하이브리드 140: 마이크로 피펫
150: 혼합 시료 160: 이온화된 피분석물
205: 이온 입구 210: 광 조사부
220: 광학계 230: 이온 검출부
240: 이미징부

도면

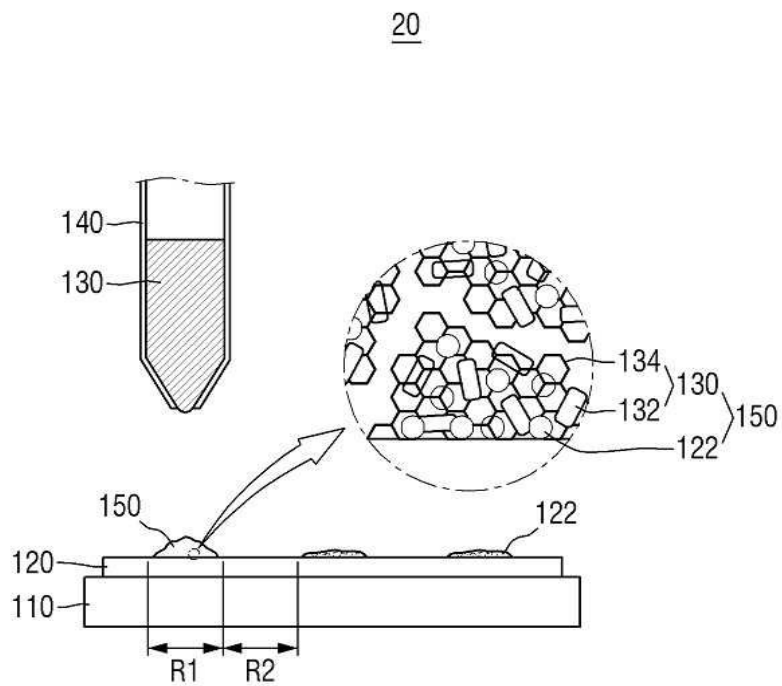
도면1



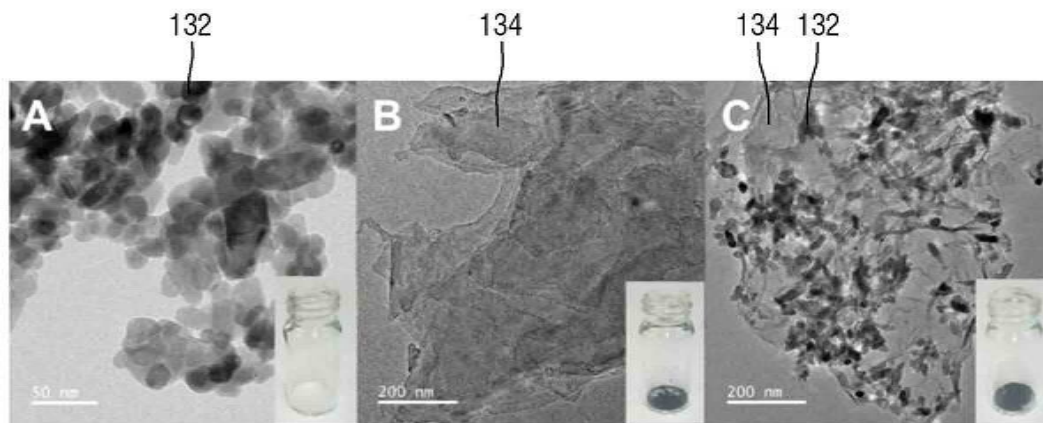
도면2a



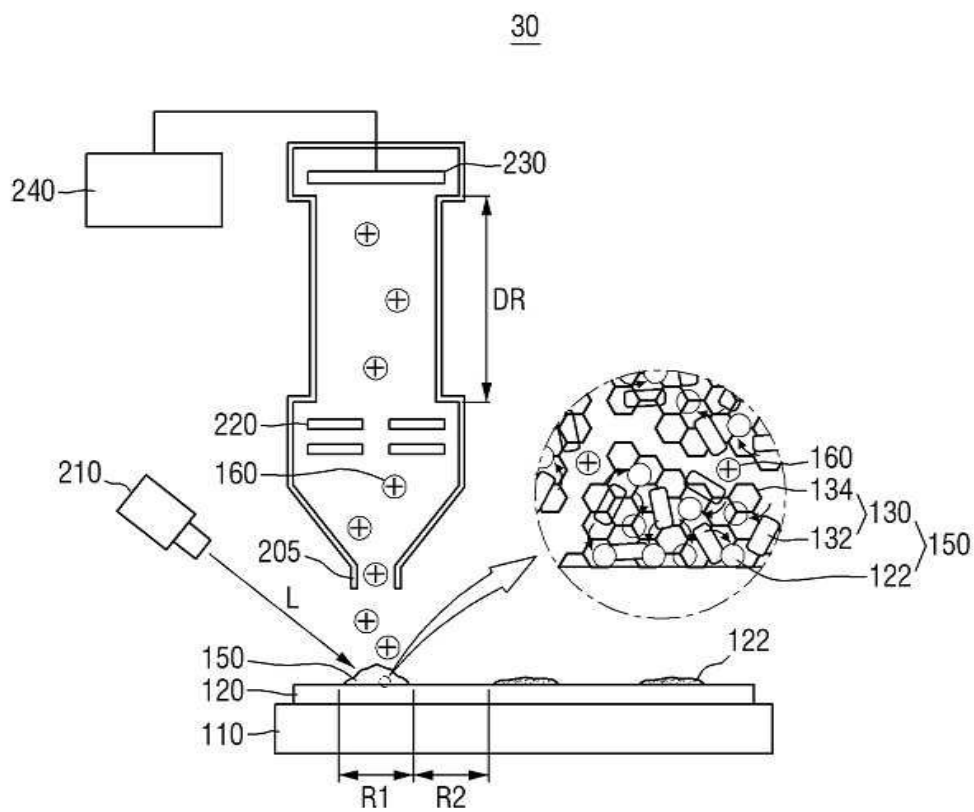
도면2b



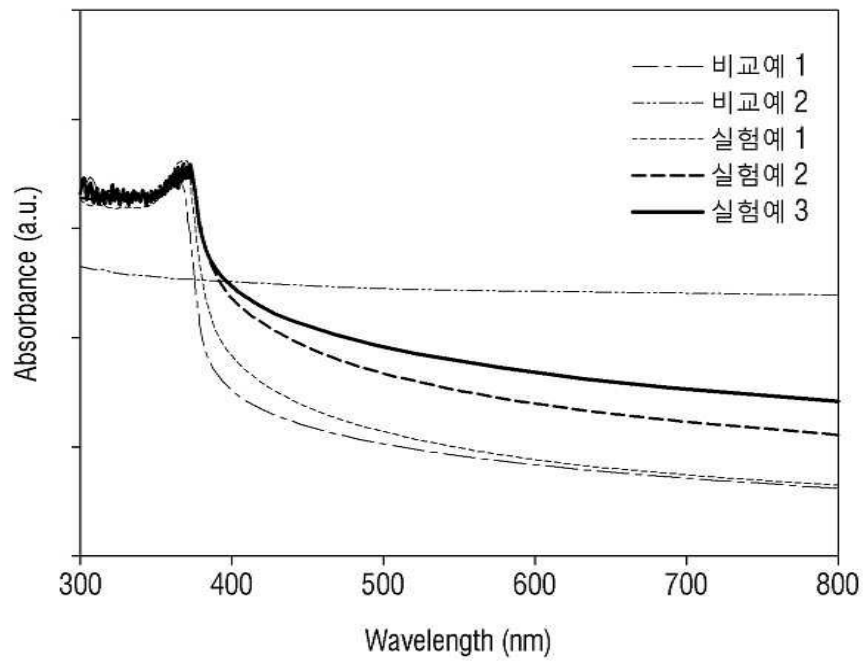
도면3



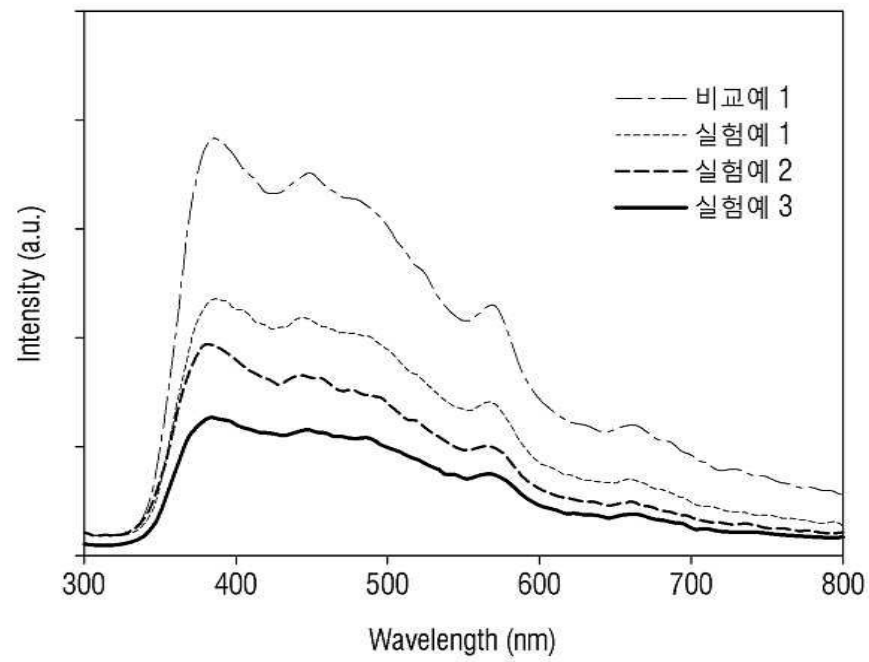
도면4



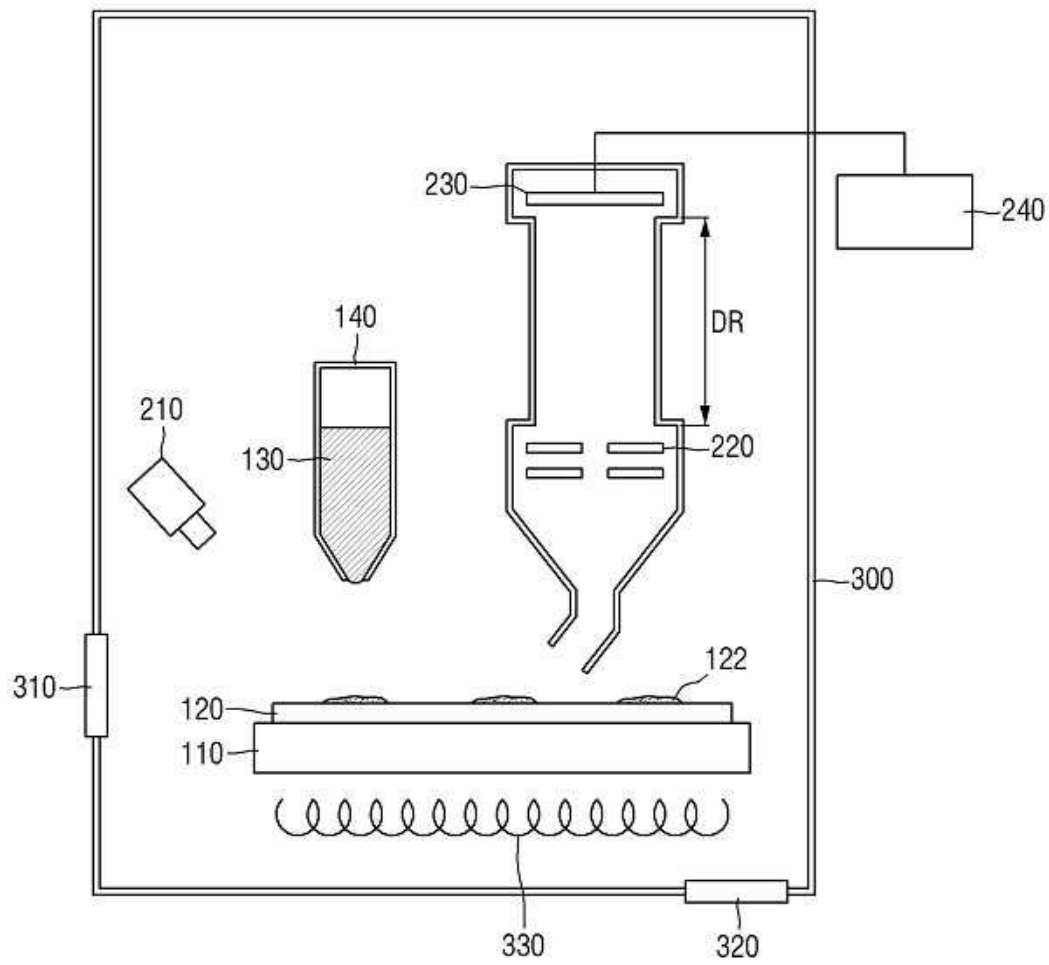
도면5



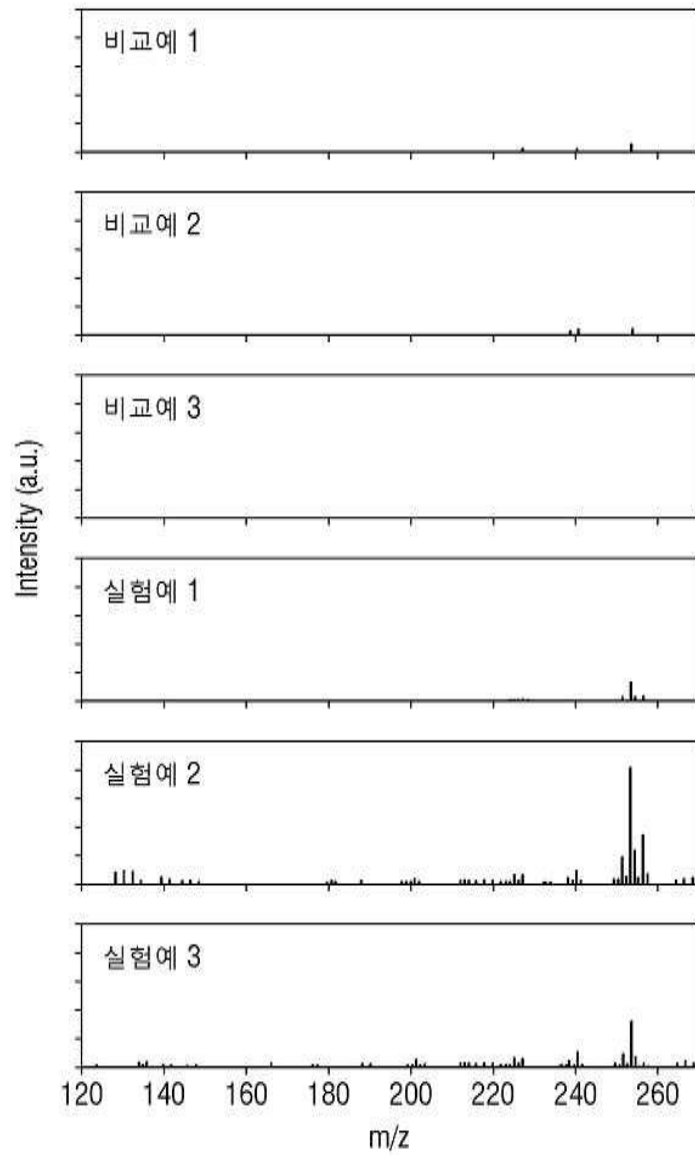
도면6



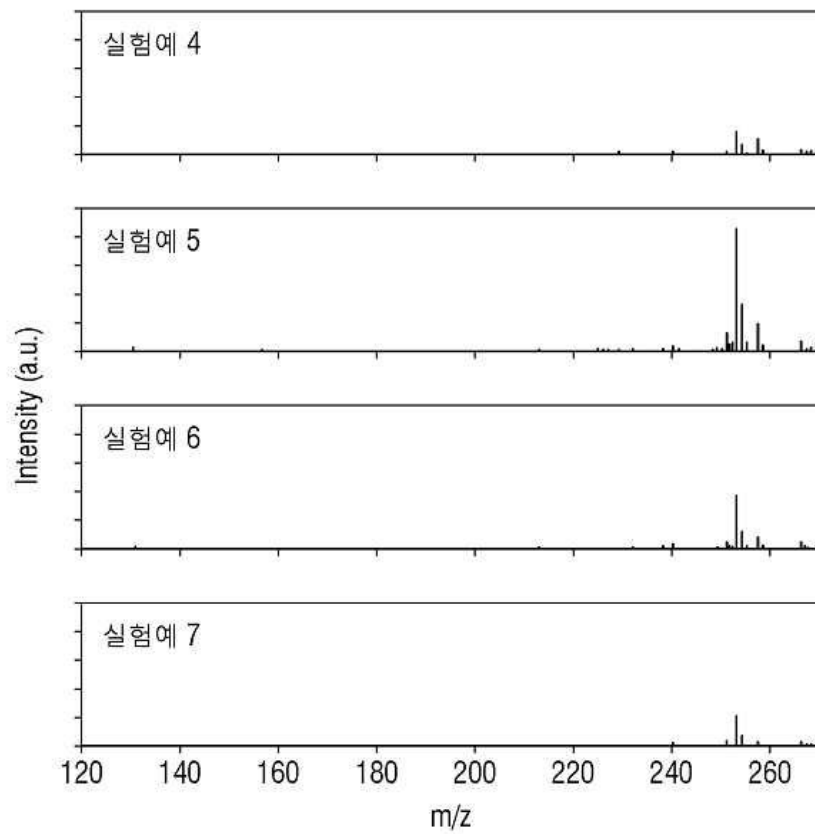
도면7



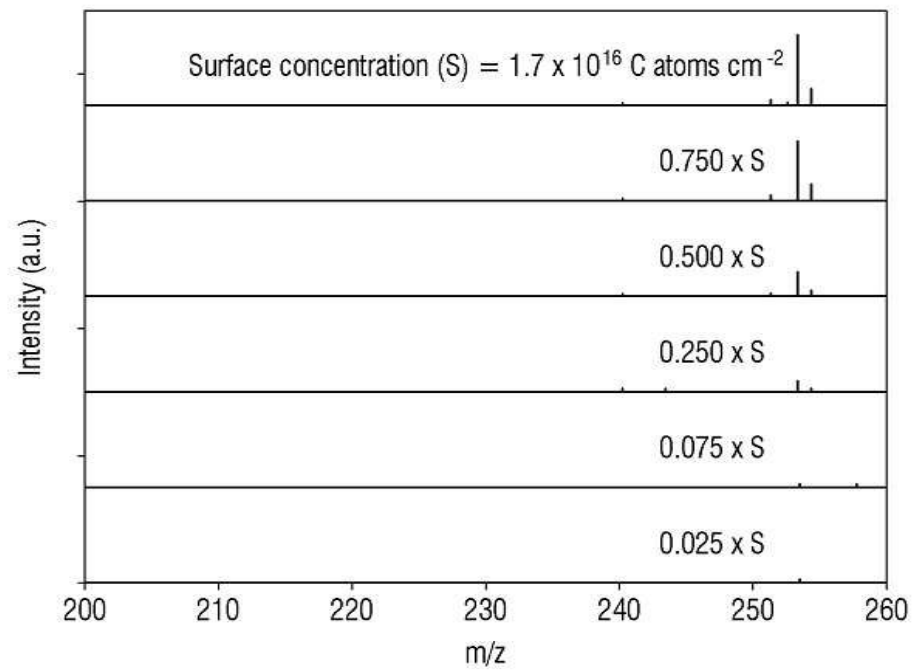
도면8



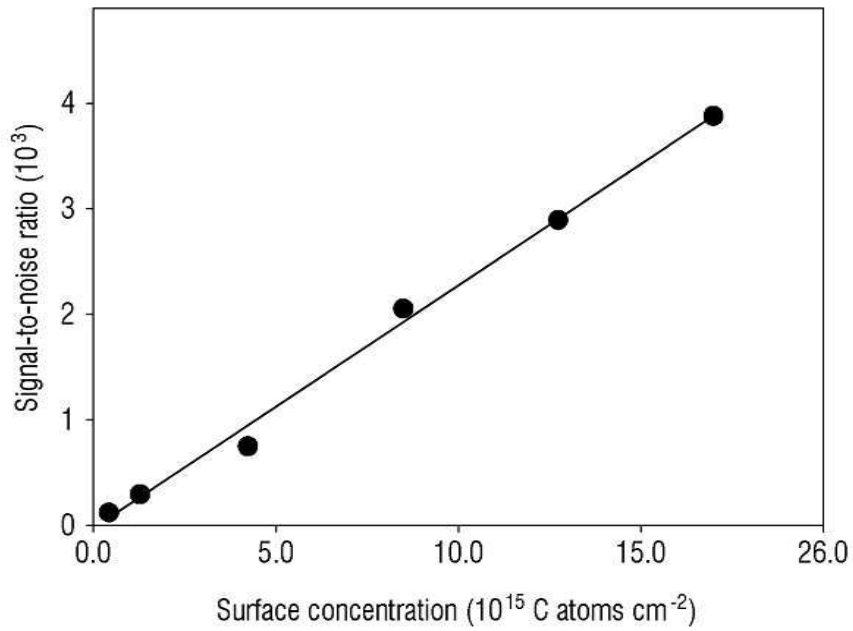
도면9



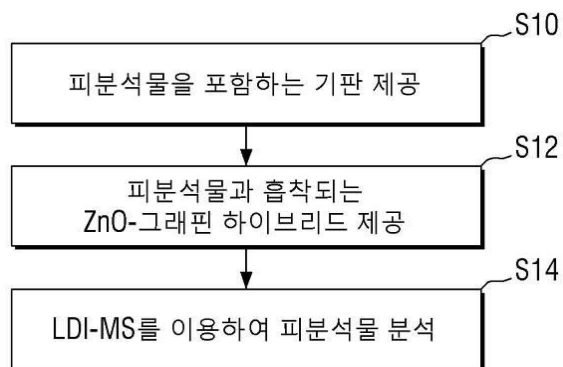
도면10



도면11



도면12



도면13

