



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0066010
(43) 공개일자 2020년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 29/036 (2006.01) G01H 11/00 (2006.01)
G01N 15/10 (2006.01) G01N 21/55 (2014.01)
G01N 29/12 (2006.01) B82Y 35/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01N 29/036 (2013.01)
G01H 11/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0153015
(22) 출원일자 2018년11월30일
심사청구일자 2018년11월30일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이상욱
서울특별시 영등포구 여의동로3길 10, 501동 1407호 (여의도동, 여의도자이)
신동훈
경기도 과천시 공원마을2길 42, 302호 (문원동)
최준희
서울특별시 성북구 인촌로 44, 502호(안암동3가)
(74) 대리인
리엔목특허법인

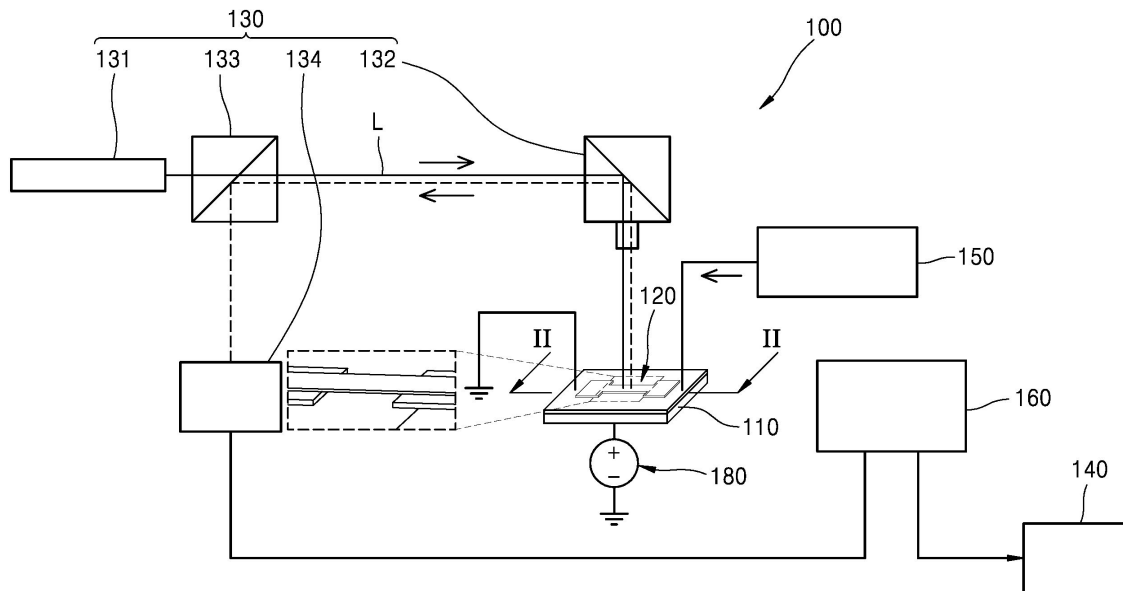
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 나노역학 측정시스템 및 나노역학 측정방법

(57) 요약

본 발명은 나노역학 측정시스템 및 나노역학 측정방법을 개시한다. 본 발명은, 개구부를 구비한 진동부와, 상기 진동부에 연결되며, 적어도 일부분이 상기 개구부에 부양되도록 배치되며, 측정입자가 안착하는 공진부와, 상기 공진부에 빛을 조사하며, 상기 공진부의 진폭을 측정하는 측정부와, 상기 측정부와 연결되며, 상기 측정부에서 측정된 상기 공진부의 공명 진폭의 변화를 근거로 상기 측정입자의 질량을 측정하는 제어부를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

G01N 21/55 (2013.01)

G01N 29/12 (2013.01)

B82Y 35/00 (2013.01)

G01N 2015/1043 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2-2015-2362-000-3

부처명 한국연구재단

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업(학술진흥)(2015)-중견연구-핵심연구-후속연구지원(개인)(이관)

연구과제명 탄소만으로 이루어진 나노 전자, 나노 전기역학 시스템 개발

기 여 율 3/10

주관기관 한국연구재단

연구기간 2015.12.01 ~ 2018.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2-2016-1960-000-2

부처명 한국연구재단

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 국제협력사업(2016)-국제기관간MOU지원사업-글로벌연구협력지원사업-FWF-NKFIH Lead

Agency

연구과제명 일-이차원 나노구조 이중접합체의 외부 자극에 대한 인시츄 물성 연구

기 여 율 4/10

주관기관 한국연구재단

연구기간 2017.01.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2-2016-1381-000-2

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 지식경제부

연구사업명 산업기술혁신사업-국제공동기술개발사업

연구과제명 대면적 그래핀 기판을 이용한 저비용, 고품위의 III-V 나노선 발광소자 개발

기 여 율 3/10

주관기관 한국산업기술진흥원

연구기간 2016.04.01 ~ 2019.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

개구부를 구비한 진동부;

상기 진동부에 연결되며, 적어도 일부분이 상기 개구부에 부양되도록 배치되며, 측정입자가 안착하는 공진부;

상기 공진부에 빛을 조사하며, 상기 공진부의 진폭을 측정하는 측정부; 및

상기 측정부와 연결되며, 상기 측정부에서 측정된 상기 공진부의 공명 진폭의 변화를 근거로 상기 측정입자의 질량을 측정하는 제어부;를 포함하는 나노역학 측정시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 진동부와 연결되며, 상기 진동부가 기 설정된 진동수로 진동하도록 신호를 입력하는 신호인가부;를 포함하는 나노역학 측정시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 신호인가부는 상기 진동부에 전기신호 또는 물리적신호 중 하나를 입력하는 나노역학 측정시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 측정부는,

레이저 빔을 생성하는 레이저생성부;

상기 레이저생성부에서 방출되는 상기 레이저 빔을 상기 측정부 측으로 절곡시키는 굴절부;를 포함하는 나노역학 측정시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 측정부는,

상기 레이저생성부에서 생성된 상기 레이저 빔은 통과시키며, 상기 레이저 빔 중 적어도 일부가 상기 측정부에 서 반사된 후 상기 굴절부에 의해 절곡된 상기 레이저 빔을 절곡시키는 선택적투과부; 및

상기 선택적투과부에서 절곡된 상기 레이저 빔을 감지하는 신호감지부;를 더 포함하는 나노역학 측정시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 측정부에 연결되며, 상기 측정부의 전압을 기 설정된 전압으로 유지시키는 전압유지부;를 더 포함하는 나노역학 측정시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제어부와 상기 측정부 사이에 배치되며, 상기 측정부에서 측정된 상기 공진부의 진동수를 변조하는 신호변조부;를 더 포함하는 나노역학 측정시스템.

청구항 8

진동부에 신호를 인가하여 공진부의 진동수를 기 설정된 진동수를 갖도록 진동시키는 단계;

상기 공진부에 측정입자를 배치하는 단계;

측정부에서 상기 공진부의 공명 진폭의 변화를 감지하는 단계;

상기 공진부의 공명 진폭의 변화를 근거로 상기 측정입자의 질량을 측정하는 단계;를 포함하는 나노역학 측정방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 기 설정된 진동수는 상기 공진부의 공명 진폭 중 피크치로부터 비정형을 형성하는 부분의 가장 작은 상기 공진부의 공명 진폭 중 가장 작은 진폭 사이의 진동수인 나노역학 측정방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 진동부에 인가되는 신호는 전기 신호 또는 물리적신호 중 하나인 나노역학 측정방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 장치 및 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 비대칭 역학적 공명 거동을 이용한 초고감도 나노역학 측정시스템 및 나노역학 측정방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재까지 나노 역학 소자를 이용한 질량 및 전자기장 변화 측정의 방법은 나노 역학 진동부에 질량 및 전자기장 변화량에 따라 역학적 공명진동수가 변화하는 정도를 이용한 것이었다. 즉, 초기에 m_0 의 질량을 가지고 f_0 의 진동수로 공명 진동을 하는 나노 또는 마이크로 진동부 위에 질량을 더하여 진동부 전체의 무게가 $m_0 + \delta m$ 이 되면 늘어난 진동부의 질량에 의해 진동수가 $f_0 - \Delta f$ 만큼 낮아지게 된다. 진동부의 진동수 변화에 대응하는 질량변화는 일반적으로 아래의 식과 같은 관계를 가지고 있다.

$$\delta m = -\frac{2M_{eff}}{f_0} \delta f$$

[0004] 이 식을 해석하면 진동부의 공명 진동수 (f_0)가 높을수록, 공중에 매달려 있는 물질의 질량과 관련된 진동부의 유효질량 (M_{eff})이 작을수록, 작은 진동수 변화(δf)를 잘 감지할수록, 즉 진동수 공진 피크(peak)가 날카롭게 되도록 진동부의 품질상수 (quality factor, Q)값이 클수록 더 미세한 질량변화를 측정할 수 있게 된다. 기존의 연구는 질량 측정 감도를 높이기 위해 유효질량, 품질상수, 공진진동수를 최적화하는 방법에 집중하여 왔다. 그러나 이러한 정통적인 방법으로 질량 측정 변화 및 측정 감도를 더 높이기에는 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시예들은 나노역학 측정시스템 및 나노역학 측정방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면은, 개구부를 구비한 진동부와, 상기 진동부에 연결되며, 적어도 일부분이 상기 개구부에 부양되도록 배치되며, 측정입자가 안착하는 공진부와, 상기 공진부에 빛을 조사하며, 상기 공진부의 진폭을 측정

하는 측정부와, 상기 측정부와 연결되며, 상기 측정부에서 측정된 상기 공진부의 공명 진폭의 변화를 근거로 상기 측정입자의 질량을 측정하는 제어부를 포함하는 나노역학 측정시스템을 제공할 수 있다.

[0007] 또한, 상기 진동부와 연결되며, 상기 진동부가 기 설정된 진동수로 진동하도록 신호를 입력하는 신호인가부를 포함할 수 있다.

[0008] 또한, 상기 신호인가부는 상기 진동부에 전기신호 또는 물리적신호 중 하나를 입력할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 측정부는, 레이저 빔을 생성하는 레이저생성부와, 상기 레이저생성부에서 방출되는 상기 레이저 빔을 상기 측정부 측으로 절곡시키는 굴절부를 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 상기 측정부는, 상기 레이저생성부에서 생성된 상기 레이저 빔은 통과시키며, 상기 레이저 빔 중 적어도 일부가 상기 측정부에서 반사된 후 상기 굴절부에 의해 절곡된 상기 레이저 빔을 절곡시키는 선택적투과부와, 상기 선택적투과부에서 절곡된 상기 레이저 빔을 감지하는 신호감지부를 더 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 측정부에 연결되며, 상기 측정부의 전압을 기 설정된 전압으로 유지시키는 전압유지부를 더 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 제어부와 상기 측정부 사이에 배치되며, 상기 측정부에서 측정된 상기 공진부의 진동수를 변조하는 신호변조부를 더 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 측면은, 진동부에 신호를 인가하여 공진부의 진동수를 기 설정된 진동수를 갖도록 진동시키는 단계와, 상기 공진부에 측정입자를 배치하는 단계와, 측정부에서 상기 공진부의 공명 진폭의 변화를 감지하는 단계와, 상기 공진부의 공명 진폭의 변화를 근거로 상기 측정입자의 질량을 측정하는 단계를 포함하는 나노역학 측정방법을 제공할 수 있다.

[0014] 또한, 상기 기 설정된 진동수는 상기 공진부의 공명 진폭 중 피크치로부터 비정형을 형성하는 부분의 가장 작은 상기 공진부의 공명 진폭 중 가장 작은 진폭 사이의 진동수일 수 있다.

[0015] 또한, 상기 진동부에 인가되는 신호는 전기 신호 또는 물리적신호 중 하나일 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 실시예들은 공명 거동을 통하여 미세한 입자의 질량을 측정하는 것이 가능하다. 또한, 본 발명의 실시예들은 미세한 질량의 변화를 정밀하고 정확하게 측정하는 것이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노역학 측정시스템을 보여주는 개념도이다.

도 2는 도 1의 II-II선을 따라 취한 단면도이다.

도 3은 도 1에 도시된 나노역학 측정시스템의 제어흐름을 보여주는 블록도이다.

도 4는 도 1에 도시된 나노역학 측정시스템에서 사용되는 진동수와 공명 진폭 사이의 관계를 보여주는 그래프이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노역학 측정시스템을 보여주는 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 한편, 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의

구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노역학 측정시스템을 보여주는 개념도이다. 도 2는 도 1의 II-II선을 따라 취한 단면도이다. 도 3은 도 1에 도시된 나노역학 측정시스템의 제어흐름을 보여주는 블록도이다. 도 4는 도 1에 도시된 나노역학 측정시스템에서 사용되는 진동수와 공명 진폭 사이의 관계를 보여주는 그래프이다.
- [0020] 도 1 내지 도 4를 참고하면, 나노역학 측정시스템(100)은 측정입자(P)의 질량을 측정할 수 있다. 이때, 측정입자(P)는 질량이 작은 입자일 수 있다. 예를 들면, 측정입자(P)는 아미노산, 가스입자 등을 포함할 수 있다.
- [0021] 나노역학 측정시스템(100)은 진동부(110), 공진부(120), 측정부(130), 제어부(140), 신호인가부(150), 전압유지부(180), 신호변조부(160) 및 접지부(170)를 포함할 수 있다.
- [0022] 진동부(110)는 외부로부터 신호가 인가되어 진동할 수 있다. 예를 들면, 진동부(110)는 외부로부터 입력되는 전기신호 또는 물리적신호 중 하나를 근거로 작동할 수 있다. 이때, 전기신호는 외부로부터 입력되는 전압, 전류 등과 같은 전기적 신호를 포함할 수 있다. 물리적신호는 음파, 탄성력 등과 같이 진동부(110)에 물리적인 힘을 등을 가하여 진동부(110)를 진동시키는 모든 신호를 포함할 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위하여 진동부(110)에는 전기신호가 입력되는 경우를 중심으로 상세히 설명하기로 한다. 이러한 진동부(110)는 피에조 세라믹 등과 같이 외부 신호가 인가되는 경우 변위가 가변함으로써 진동을 생성하는 장치 등을 포함할 수 있다.
- [0023] 공진부(120)는 진동부(110) 상에 배치될 수 있다. 이때, 진동부(110)에는 개구부(111)가 형성될 수 있으며, 공진부(120)의 적어도 일부는 진동부(110)의 개구부(111)에 부양하도록 배치될 수 있다. 특히 공진부(120)는 브릿지(Bridge) 형태로 형성되어 개구부(111)가 형성된 진동부(110) 부분에 연결될 수 있다. 이러한 경우 공진부(120)의 2부분은 진동부(110)에 고정되어 진동부(110)의 작동 시 진동할 수 있다. 이때, 공진부(120)는 MEMS 진동기 등과 같이 외부의 작은 신호에도 진동이 가능한 나노 진동기 또는 마이크로 진동기 형태일 수 있다.
- [0024] 상기와 같은 공진부(120)는 다양한 형태로 형성될 수 있다. 예를 들면, 공진부(120)는 일 평면을 형성하도록 'I'자 형상으로 형성될 수 있다. 다른 실시예로써 공진부(120)는 'ㄷ'자 형태로 형성되며, 측정입자(P)가 배치되는 평면과 진동부(110)에 고정되는 공진부(120) 부분이 서로 다른 평면에 배치되는 것도 가능하다. 이때, 공진부(120)는 상기에 한정되는 것은 아니며, 진동부(110)에 연결되어 진동부(110)의 작동 시 진동할 수 있는 모든 형태를 포함할 수 있다. 또한, 상기와 같은 진동부(110)는 SiN을 포함하는 박판(thin plate) 형태로 형성될 수 있다.
- [0025] 측정부(130)는 공진부(120)의 진동을 감지할 수 있다. 이때, 측정부(130)는 다양한 장치를 포함할 수 있다. 예를 들면, 측정부(130)는 레이저 빔(L)을 통하여 공진부(120)의 진동을 감지할 수 있다. 다른 실시예로써 측정부(130)는 초음파를 통하여 공진부(120)의 진동을 감지하는 것도 가능하다. 또 다른 실시예로써 측정부(130)는 빛을 조사하여 공진부(120)의 진동을 감지하는 것도 가능하다. 또 다른 실시예로써 측정부(130)는 네트워크 분석기를 포함할 수 있다. 이러한 경우 측정부(130)는 공진부(120)의 양단에 전극을 형성하고, 이러한 전극과 네트워크 분석기를 연결하여 공진부(120)에 전기신호를 인가하여 공진부(120)의 진동 시 공명 진폭 및 진동수를 측정하는 것이 가능하다. 또 다른 실시예로써 측정부(130)는 진동부(120)의 캐패시턴스를 측정하는 장치를 포함할 수 있다. 이러한 경우 측정부(130)는 진동부(120)에 연결되는 부분과 외부에 연결되는 부분 사이의 캐패시턴스를 측정할 수 있다. 특히 진동부(120)에 연결되는 부분과 외부에 연결되는 부분 사이의 캐패시턴스는 진동부(120)의 진동시 가변할 수 있으며, 측정부(130)는 이러한 캐패시턴스의 변화량을 근거로 진동부(120)의 공명 진폭 및 진동수를 감지하는 것이 가능하다. 이때, 측정부(130)는 상기에 한정되는 것은 아니며, 측정부(130)의 진동을 감지하는 모든 장치 및 모든 구조를 포함할 수 있다. 다만, 이하에서는 설명의 편의를 위하여 측정부(130)가 레이저 빔(L)을 통하여 공진부(120)의 진동을 감지하는 경우를 중심으로 상세히 설명하기로 한다.
- [0026] 측정부(130)는 다양한 위치에 배치될 수 있다. 예를 들면, 측정부(130)는 공진부(120)의 일면에 대해서 수직인 방향에 배치될 수 있다. 다른 실시예로써 측정부(130)는 공진부(120)로부터 이격되도록 배치되는 것도 가능하다.
- [0027] 상기와 같은 측정부(130)는 공진부(120)에 레이저 빔(L)을 조사하여 측정부(130)에서 반사되어 오는 레이저 빔(L)을 감지할 수 있다. 측정부(130)는 레이저생성부(131), 굴절부(132), 선택적투과부(133) 및 신호감지부(134)를 포함할 수 있다.
- [0028] 레이저생성부(131)는 레이저 빔(L)을 생성하여 외부로 방출할 수 있다. 굴절부(132)는 레이저생성부(131)에서 생성된 레이저 빔(L)을 공진부(120) 측으로 절곡시킬 수 있다. 이때, 굴절부(132)는 마이크로스코프 또는 미러 등을 포함하여 레이저 빔(L)의 경로를 변경할 수 있다. 선택적투과부(133)는 레이저생성부(131)와 굴절부(132)

사이에 배치될 수 있다. 이때, 선택적투과부(133)는 레이저생성부(131)에서 방출된 레이저 빔(L)을 통과시킬 수 있으며, 공진부(120)에서 반사된 레이저 빔(L)이 굴절부(132)에 의해 절곡되면 이를 반사시킬 수 있다. 예를 들면, 선택적투과부(133)는 하프미러를 포함할 수 있다. 신호감지부(134)는 선택적투과부(133)에서 반사된 레이저 빔(L)을 감지할 수 있다. 예를 들면, 신호감지부(134)는 포토디텍터(Photo detector)를 포함할 수 있으며, 신호감지부(134)는 레이저 빔(L)을 감지함으로써 공진부(120)의 진동을 감지할 수 있다. 특히 신호감지부(134)는 공진부(120)의 진동 시 공진부(120)의 진동에 따른 변위의 변화를 감지할 수 있다. 이때, 신호감지부(134)는 공진부(120)의 진동수와 공진부(120)의 변위의 변화를 감지하는 것도 가능하다. 다만, 이하에서는 설명의 편의를 위하여 신호감지부(134)가 공진부(120)의 변위 변화를 측정하는 경우를 중심으로 상세히 설명하기로 한다.

[0029] 제어부(140)는 신호감지부(134)에서 감지된 결과를 근거로 공진부(120)에 배치된 측정입자(P)의 질량(또는 무게)을 판별(측정 또는 산출)할 수 있다. 이때, 제어부(140)는 다양한 형태일 수 있다. 예를 들면, 제어부(140)는 회로기판을 포함할 수 있다. 이러한 경우 제어부(140)는 다른 장치들과 함께 별도의 케이스 등에 수납되어 하나의 장치를 형성할 수 있다. 다른 실시예로써 제어부(140)는 다른 장치들과 별도로 구비된 컴퓨터, 노트북, 휴대폰, PDA, 휴대용 단말기 등을 포함할 수 있다.

[0030] 상기와 같은 제어부(140)는 신호감지부(134)에서 감지된 공진부(120)의 진동을 통하여 측정입자(P)의 질량을 측정할 수 있다. 예를 들면, 신호감지부(134)에서 공진부(120)의 진동을 측정하면, 제어부(140)는 공진부(120)의 시간에 따른 진동의 변위 변화, 시간 등을 통하여 공진부(120)의 진동수, 공명 진폭을 측정할 수 있다. 특히 신호감지부(134)는 실시간으로 공진부(120)의 진동을 인지함으로써 공진부(120)의 진동수 및 공명 진폭을 인지하는 것이 가능하다. 이때, 공명 진폭은 공진부(120)가 기준점을 중심으로 기준점으로부터 가변하는 변위를 의미할 수 있다. 이러한 경우 기준점은 공진부(120)가 진동하지 않을 때, 공진부(120)가 설치되는 진동부(110)의 일면일 수 있다. 다른 실시예로써 기준점은 공진부(120)가 진동하지 않을 때 측정입자(P)가 안착하는 공진부(120)의 일면일 수 있다. 또 다른 실시예로써 기준점은 공진부(120)가 진동하지 않을 때, 진동부(110)가 설치되는 면일 수 있다.

[0031] 신호인가부(150)는 진동부(110)와 연결되어 진동부(110)에 신호를 인가할 수 있다. 이때, 신호인가부(150)는 진동부(110)에 교류 형태의 전압 또는 전류를 인가하는 전원을 포함할 수 있다.

[0032] 전압유지부(180)는 공진부(120)와 연결되어 공진부(120)를 기 설정된 전압으로 유지시킬 수 있다. 이러한 경우 전압유지부(180)는 직류 형태일 수 있으며, 전압유지부(180)는 공진부(120)를 0V로 유지시킬 수 있다.

[0033] 신호변조부(160)는 신호감지부(134)에서 감지된 신호(또는 진동수)를 변조하여 제어부(140)로 전송할 수 있다. 이때, 신호변조부(160)는 신호감지부(134)에서 감지된 신호의 노이즈를 제거할 수 있는 로크인 앰프(Lock-in Amplifier)를 포함할 수 있다.

[0034] 접지부(170)는 진동부(110)의 일부를 그라운드와 접지시킬 수 있다. 이러한 경우 접지부(170)는 진동부(110)를 그라운드에 접지시키는 모든 형태를 포함할 수 있다. 예를 들면, 접지부(170)는 진동부(110)가 안착하는 스테이지 형태일 수 있다. 다른 실시예로서 접지부(170)는 진동부(110)를 외부의 그라운드와 연결시키는 단자를 포함할 수 있다.

[0035] 한편, 상기와 같은 나노역학 측정시스템(100)의 작동 방법을 살펴보면, 제어부(140)는 진동부(110)가 진동하도록 신호인가부(150)를 제어할 수 있다. 신호인가부(150)에서 신호가 입력되면, 진동부(110)가 진동할 수 있다. 이러한 경우 신호인가부(150)는 진동부(110)가 일정한 진동수로 진동하도록 진동부(110)에 신호를 입력할 수 있다. 이때, 진동부(110)의 진동에 따라서 공진부(120)에서 공명이 발생하여 공진부(120)가 진동할 수 있다. 이러한 경우 전압유지부(180)는 공진부(120)의 기준 전압을 0V로 유지시킴으로써 진동부(110)를 통하여 공진부(120)에 전압이 발생하거나 정전기 등에 의하여 영향을 받는 것을 방지할 수 있다.

[0036] 상기와 같이 공진부(120)가 진동하는 경우 공진부(120)의 진동수는 도 4에 개시되어 있는 바와 같이 비정형 구간을 가질 수 있다. 즉, 일반적으로 진동하는 물체는 진동수가 점점 커짐에 따라 공명 진폭이 점점 커지다가 공명 진폭의 피크치를 지난 후 다시 공명 진폭이 작아질 수 있다. 이때, 일반적인 공명 진폭은 공명 진폭의 피크치를 중심으로 양측이 서로 대칭이 되거나 유사해질 수 있다. 그러나 신호인가부(150)에서 진동부(110)에 인가되는 신호의 크기가 일정 값을 초과하거나 일정 기준을 벗어난 경우 도 4에 도시된 바와 같이 공진부(120)의 공명 진폭은 공진부(120)의 공명 진폭 중 피크(Peak)치를 중심으로 양측이 대칭이 되지 못할 수 있다. 이러한 현상의 모델은 비선형 흔들리 모델 중 더핑 흔들리(Duffing oscillator)일 수 있다. 이때, 공명 진폭 중 피크치(A1)를 중심으로 피크치(A1)의 오른쪽 부분은 입력되는 진동수가 조금만 변하는 경우에도 공명 진폭이 급격히

변하는 구간이 발생할 수 있다. 이러한 구간을 비정형 구간으로 볼 수 있으며, 이러한 비정형 구간은 공명 진폭의 피크치(A1)부터 정상적 진동수 그래프를 그리는 부분(A2, 또는 기울기가 가변하는 부분, 공명 진폭이 더 이상 급격하게 변하지 않게 되는 부분)까지로 정의될 수 있다. 즉, 비정형 구간은 공명 진폭의 피크치(A1)에 해당하는 제1 진동수(f_1)와 공명 진폭이 더 이상 급격하게 변하지 않는 부분(A2)의 제2 진동수(f_2) 사이일 수 있다.

[0037] 제어부(140)는 진동부(110)가 상기와 같은 비정형 구간의 범위 내(도 4에서 f_1 이상이면서 f_2 이하인 범위)에 있는 진동수 중 하나의 진동수로 진동하도록 신호인가부(150)를 제어할 수 있다. 이때, 이러한 진동수는 제어부(140)에 기 설정된 진동수(도 4의 f_1 과 f_2 사이의 임의의 진동수)일 수 있다. 또한, 제어부(140)는 기 설정된 진동수로 진동부(110)가 계속해서 진동하도록 신호인가부(150)를 제어할 수 있다. 다른 실시예로써 제어부(140)는 공진부(120)가 기 설정된 진동수로 적어도 한번 이상 진동하도록 신호인가부(150)를 제어하는 것도 가능하다. 이때, 제어부(140)는 진동부(110)가 기 설정된 진동수로 진동하도록 한 후 신호감지부(134)에 감지된 신호를 근거로 공진부(120)의 제1 공명 진폭을 측정할 수 있다.

[0038] 상기와 같이 공진부(120)가 진동하는 경우 또는 공진부(120)가 정지된 상태에서 공진부(120) 상에 측정입자(P)를 안착할 수 있다. 측정입자(P)는 공진부(120)에 안착되어 공진부(120) 전체의 질량을 가변 시킬 수 있다.

[0039] 상기와 같이 측정입자(P)가 공진부(120)에 안착하면, 제어부(140)는 진동부(110)가 기 설정된 진동수를 가지면서 진동하도록 신호인가부(150)를 제어할 수 있다. 이러한 경우 신호인가부(150)는 진동부(110)에 상기에서 설명한 것과 동일한 신호를 인가할 수 있다.

[0040] 진동부(110)가 진동하는 경우 진동부(110)의 진동은 공진부(120)에 전달되어 진동할 수 있다. 이때, 공진부(120)는 측정입자(P)에 의하여 진동하는 전체 질량이 가변함으로써 공진부(120)의 공명 진폭은 제2 공명 진폭이 될 수 있다.

[0041] 신호감지부(134)는 공진부(120)의 진동을 감지하여 제어부(140)로 전송할 수 있다. 이때, 신호변조부(160)는 신호감지부(134)에서 감지된 신호의 세기 등을 변조하고, 노이즈 등을 제거하여 제어부(140)로 전송할 수 있다.

[0042] 제어부(140)는 제1 공명 진폭과 제2 공명 진폭 사이의 차를 통하여 측정입자(P)의 질량을 측정할 수 있다. 예를 들면, 상기와 같이 측정입자(P)가 공진부(120) 상에 배치되는 경우 제2 공명 진폭은 제1 공명 진폭보다 작을 수 있다. 이때, 상기와 같이 측정입자(P)가 배치되어 공진부(120)와 측정입자(P)의 전체 질량이 증가하면 도 4의 그래프는 좌측으로 시프트될 수 있다. 이러한 경우 도 4는 공진부(120) 자체의 진동수와 진폭 사이의 관계를 나타낸 그래프이다. 그러나 상기와 같이 측정입자(P)의 질량으로 인하여 도 4의 그래프가 시프트되는 정도는 아주 미미하므로 공진부(120)만 진동하는 경우의 그래프와 측정입자(P)를 공진부(120)에 안착할 때의 그래프가 서로 유사하거나 거의 동일한 것으로 볼 수 있다. 이때, 신호감지부(134)에서 감지된 공명 진폭을 통하여 산출된 공명 진폭 사이의 차를 근거로 추가된 측정입자(P)의 질량을 파악하는 것이 가능하다. 즉, 상기에서 같이 비정형 구간에서는 공진부(120)에 측정입자(P)가 안착됨으로써 발생하는 전체 질량의 변화에 따라서 공명 진폭의 변화가 크므로 작은 질량 변화에 대해서도 공명 진폭 사이의 차를 측정하는 것이 수월해진다. 이때, 공명 진폭 사이의 차에 따른 질량 변화량은 도 4에 도시된 그래프를 따라 움직인다고 가정할 수 있다. 뿐만 아니라 공명 진폭 사이의 차에 따른 질량 변화량은 실험으로 측정될 수 있으며, 공명 진폭 사이의 차에 따른 질량 변화량 사이의 관계는 테이블 형태로 정리되어 제어부(140)에 기 설정된 상태일 수 있다. 따라서 제어부(140)는 상기와 같은 공명 진폭 사이의 차를 산출하는 경우 측정입자(P)의 질량을 산출하는 것이 가능하다. 특히 상기와 같은 경우 질량 변화량에 따른 그래프의 이동 정도는 상기와 같은 실증된 데이터를 근거로 좀 더 정확하게 보정되는 것이 가능하다. 이러한 경우 측정입자(P)가 공진부(120)에 안착함으로써 발생하는 질량 변화량과 공명 진폭의 변화량 사이의 관계는 좀 더 정밀해질 수 있으므로 공명 진폭의 변화량을 측정하여 질량 변화량을 정확하고 정밀하게 산출할 수 있다.

[0043] 제어부(140)는 상기와 같이 측정된 측정입자(P)의 질량을 외부로 알리는 것이 가능하다. 이때, 나노역학 측정시스템(100)은 별도의 알림부(190)를 포함할 수 있으며, 알림부(190)는 소리, 이미지 등을 통하여 측정입자(P)의 질량을 알릴 수 있다.

[0044] 따라서 나노역학 측정시스템(100) 및 나노역학 측정방법은 간단한 구조를 통하여 측정입자(P)의 질량을 측정하는 것이 가능하다. 특히 나노역학 측정시스템(100) 및 나노역학 측정방법은 작은 질량 변화에도 진폭의 변화량이 많은 비정형 구간을 활용함으로써 작은 질량의 측정입자(P)의 질량을 정확하게 측정하는 것이 가능하다.

[0045] 나노역학 측정시스템(100) 및 나노역학 측정방법은 질량이 작은 측정입자(P)의 질량을 측정하는 것이 가능하다.

- [0046] 또한, 나노역학 측정시스템(100) 및 나노역학 측정방법은 진동수의 변화를 통하여 질량을 감지하는 것이 아닌 공명 진폭의 변화를 감지하여 측정입자(P)의 질량을 측정함으로써 작은 질량 변화에도 민감하게 반응함으로써 입자가 작은 측정입자(P)의 질량을 측정하는 것이 가능하다.
- [0047] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노역학 측정시스템을 보여주는 개념도이다.
- [0048] 도 5를 참고하면, 나노역학 측정시스템(200)은 진동부(210), 공진부(220), 측정부(230), 제어부(240), 신호인가부(250) 및 신호변조부(260)를 포함할 수 있다. 이때, 진동부(210), 공진부(220), 측정부(230), 제어부(240) 및 신호변조부(260)는 상기 도 1 내지 도 4에서 설명한 것과 동일 또는 유사하게 형성될 수 있으므로 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0049] 신호인가부(250)는 진동부(210)와 연결되어 진동부(210)에 물리적 신호(또는 역학적 신호)를 입력할 수 있다. 예를 들면, 일 실시예로써 신호인가부(250)는 진동부(210)에 에프엠(FM) 신호를 입력할 수 있다. 이러한 경우 진동부(210)는 피에조 세라믹을 포함할 수 있으며, 에프엠 신호에 의하여 진동할 수 있다. 다른 실시예로써 신호인가부(250)는 진동부(210)에 직접 진동을 인가하는 것도 가능하다. 이러한 경우 신호인가부(250)는 모터와 캠 등을 포함하거나 실린더 등을 포함하여 진동부(210)에 진동을 입력하는 것도 가능하다.
- [0050] 상기과 같은 경우 나노역학 측정시스템(200)은 상기에서 설명한 것과 동일 또는 유사하게 작동할 수 있다. 예를 들면, 신호인가부(250)에서 진동부(210)에 신호를 인가하면 진동부(210)가 진동하면서 공진부(220)를 진동시킬 수 있다. 이때, 공진부(220)는 상기에서 설명한 것과 같이 비정형 구간의 진동수를 갖도록 진동할 수 있다. 또한, 진동부(210)는 외부의 그라운드와 접지됨으로써 외부의 정전기 등으로 인하여 신호인가부(250)에서 인가되는 신호의 변형을 방지할 뿐만 아니라 공진부(220)의 이상 거동을 방지할 수 있다.
- [0051] 이후 측정입자(P)를 공진부(220)에 배치한 후 상기과 동일한 진동수로 진동부(210)를 진동시키면서 레이저생성부(231)에서 생성된 레이저 빔(L)을 선택적투과부(233)를 투과시킨 후 굴절부(232)를 통하여 공진부(220)로 조사할 수 있다. 이후 공진부(220)에서 반사된 레이저 빔(L)을 굴절부(232) 및 선택적투과부(233)를 통하여 신호감지부(234)로 안내할 수 있다. 신호감지부(234)는 입사된 레이저 빔(L)을 통하여 공진부(220)의 공명 진폭을 감지할 수 있다.
- [0052] 제어부(240)는 상기의 결과를 근거로 공명 진폭의 차를 비교하여 측정입자(P)의 질량을 측정할 수 있다. 이때, 측정입자(P)의 질량을 측정하는 방법은 상기에서 설명한 것과 동일 또는 유사하므로 이하에서는 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0053] 따라서 나노역학 측정시스템(200) 및 나노역학 측정방법은 간단한 구조를 통하여 측정입자(P)의 질량을 측정하는 것이 가능하다. 특히 나노역학 측정시스템(200) 및 나노역학 측정방법은 작은 질량 변화에도 진폭의 변화량이 많은 비정형 구간을 활용함으로써 작은 질량의 측정입자(P)의 질량을 정확하게 측정하는 것이 가능하다.
- [0054] 나노역학 측정시스템(200) 및 나노역학 측정방법은 질량이 작은 측정입자(P)의 질량을 측정하는 것이 가능하다.
- [0055] 또한, 나노역학 측정시스템(200) 및 나노역학 측정방법은 진동수의 변화를 통하여 질량을 감지하는 것이 아닌 공명 진폭의 변화를 감지하여 측정입자(P)의 질량을 측정함으로써 작은 질량 변화에도 민감하게 반응함으로써 입자가 작은 측정입자(P)의 질량을 측정하는 것이 가능하다.
- [0056] 비록 본 발명이 상기 언급된 바람직한 실시예와 관련하여 설명되었지만, 발명의 요지와 범위로부터 벗어남이 없이 다양한 수정이나 변형을 하는 것이 가능하다. 따라서 첨부된 특허청구의 범위에는 본 발명의 요지에 속하는 한 이러한 수정이나 변형을 포함할 것이다.

부호의 설명

- [0057] 100, 200: 나노역학 측정시스템
110, 210: 진동부
111: 개구부
120, 220: 공진부
130, 230: 측정부
131, 231: 레이저생성부

132, 232: 굴절부

133, 233: 선택적투과부

134, 234: 신호감지부

140, 240: 제어부

150, 250: 신호인가부

160, 260: 신호변조부

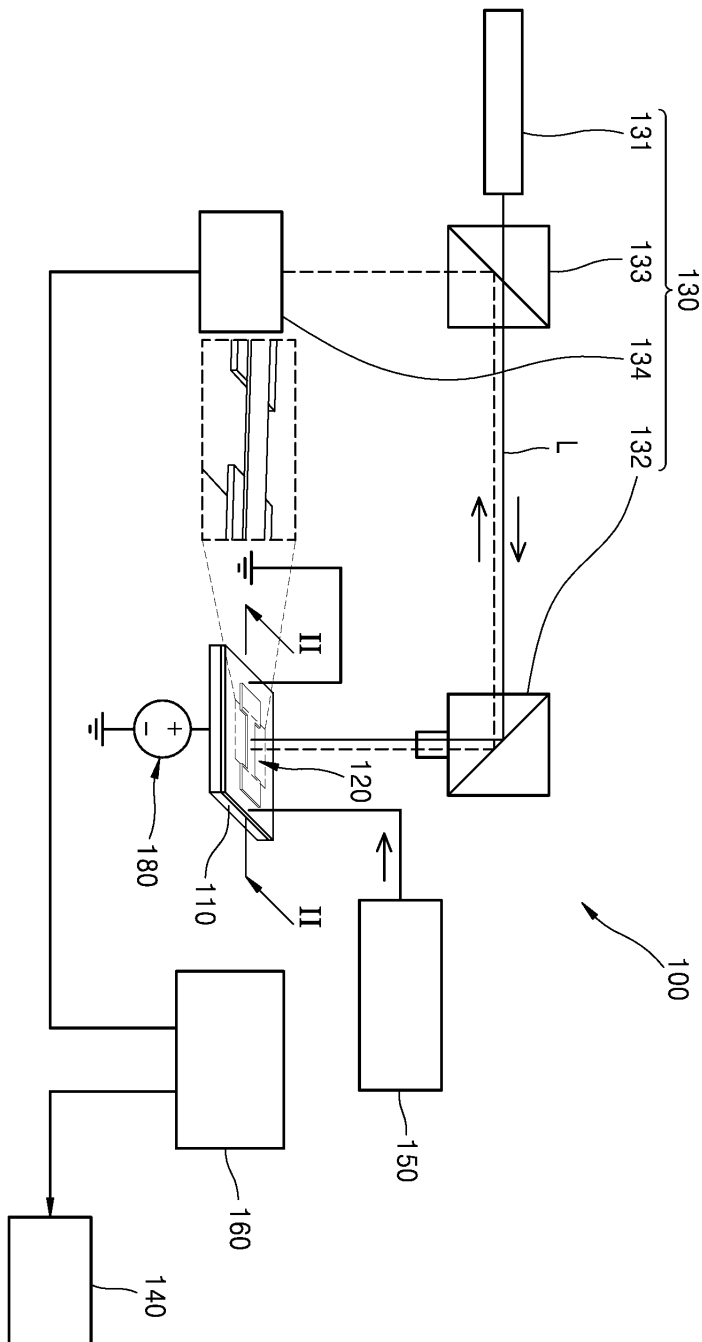
170: 접지부

180: 전압유지부

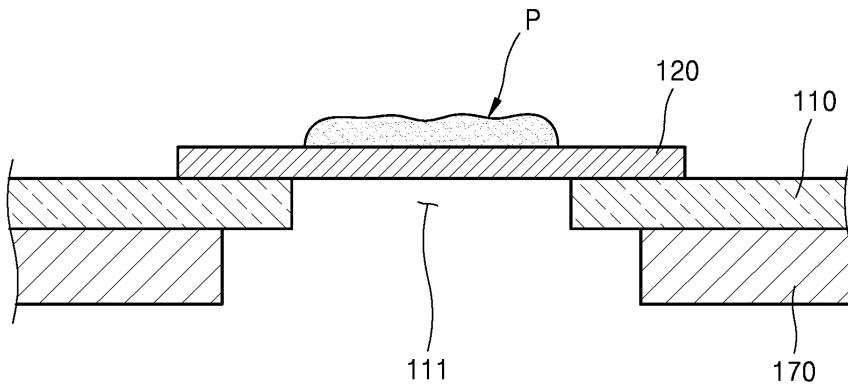
190: 알람부

도면

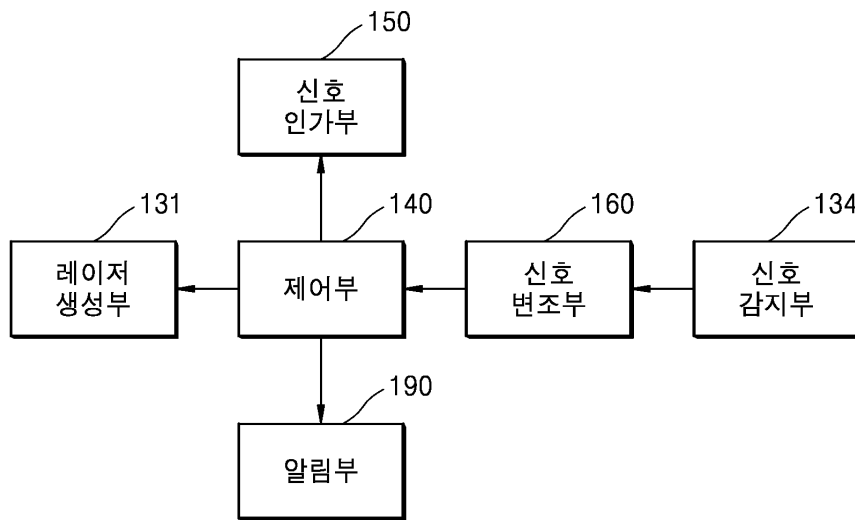
도면1



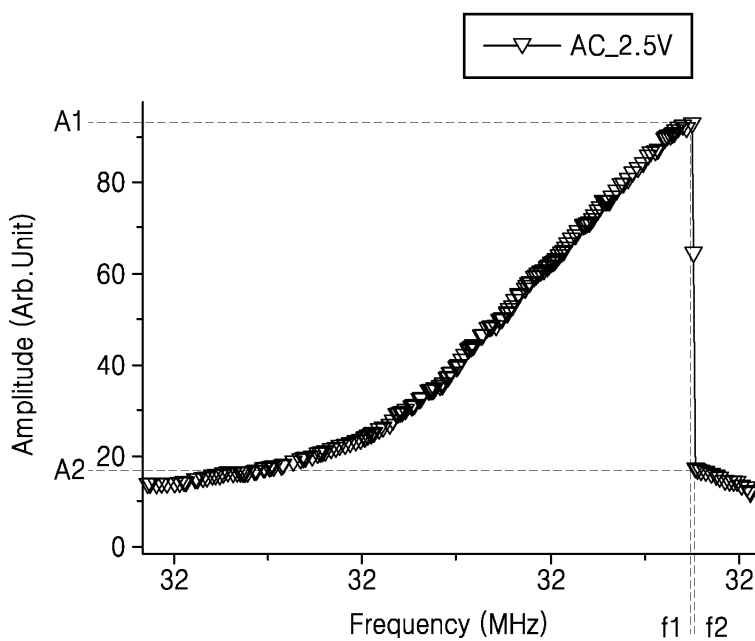
도면2



도면3



도면4



도면5

