



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년06월15일  
(11) 등록번호 10-0963555  
(24) 등록일자 2010년06월07일

(51) Int. Cl.  
G01N 3/08 (2006.01) G01N 29/00 (2006.01)  
G01N 3/18 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2008-0101503  
(22) 출원일자 2008년10월16일  
심사청구일자 2008년10월16일  
(65) 공개번호 10-2010-0042378  
(43) 공개일자 2010년04월26일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020050022875 A  
JP03993561 B2  
JP2004028793 A  
JP08313422 A

(73) 특허권자  
한국기계연구원  
대전 유성구 장동 171번지  
(72) 발명자  
현승민  
대전광역시 유성구 장동 171 한국기계연구원 나노  
기계연구본부  
박정민  
대전광역시 유성구 장동 171 한국기계연구원 나노  
기계연구본부  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인 엘엔케이

전체 청구항 수 : 총 5 항

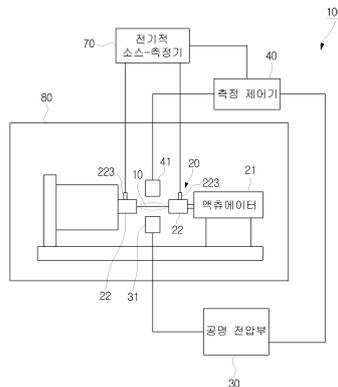
심사관 : 정경훈

(54) 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치

(57) 요약

본 발명은 반도체, NEMS에 구조물로 사용되는 박막 또는 와이어 시편의 기계적 물성과 전기적 특성을 밀폐된 공간에서 동시 측정하기 위한 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치에 관한 것으로, 이를 위해 시편의 양측을 클램핑하여 액츄에이터의 작동에 의해 시편에 인장을 가하는 고정수단과, 상기 시편의 저면에 이격되어 시편에 자유공명을 발생시킬 수 있도록 하부전극을 통해 공명전압을 발진시키는 공명전압부와, 상기 시편의 상부에 이격되어 시편의 자유공명 진폭을 상부전극을 통해 검출하여 계측하는 측정제어기와, 상기 고정수단에 클램핑된 시편에 다양한 세기를 갖는 전류 및 전압을 가하여 기계적 변형에 따른 전기적 특성을 측정하는 전기적 소스-측정기를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**김재현**

대전 유성구 장동 171 한국기계연구원 나노기계연구본부

**이학주**

대전 유성구 장동 171 한국기계연구원 나노기계연구본부

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NM6420

부처명 교육과학기술부

연구사업명 21세기 프론티어 사업

연구과제명 10nm급 측정 원천 기술 개발

주관기관 한국기계연구원

연구기간 2008.04.01~2009.03.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

반도체, NEMS에 구조물로 사용되는 박막 또는 와이어 시편의 기계적 물성과 전기적 특성을 동시에 측정하기 위한 시험장치에 있어서,

상기 시편(10)의 양측을 클램핑하여 액츄에이터(21)의 작동에 의해 시편(10)에 인장을 가하는 고정수단(20);과,  
상기 고정수단(20)에 클램핑된 시편(10)에 다양한 세기를 갖는 전류 및 전압을 가하여 기계적 변형에 따른 전기적 특성을 측정하는 전기적 소스-측정기(70);와,

상기 시편(10)의 저면에 이격되어 시편(10)에 자유공명을 발생시킬 수 있도록 하부전극(31)을 통해 공명전압을 발진시키는 공명전압부(30);와,

상기 시편(10)의 상부에 이격되어 시편(10)의 자유공명 진폭을 상부전극(41)을 통해 검출하여 측정하는 측정제어기(40);와,

상기 고정수단(20)에 클램핑된 시편(10)에 다양한 세기를 갖는 전류 및 전압을 가하여 기계적 변형에 따른 전기적 특성을 측정하는 전기적 소스-측정기(70);를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치 .

### 청구항 2

반도체, NEMS에 구조물로 사용되는 박막 또는 와이어 시편의 기계적 물성과 전기적 특성을 동시에 측정하기 위한 시험장치에 있어서,

상기 시편(10)의 양측을 클램핑하여 액츄에이터(21)의 작동에 의해 시편(10)에 인장을 가하는 고정수단(20);과,

상기 시편(10)의 저면에 이격되어 시편(10)에 자유공명을 발생시킬 수 있도록 하부전극(31)을 통해 공명전압을 발진시키는 공명전압부(30)와,

상기 시편(10)의 상부에 이격 배치되어 시편(10)의 표면에 레이저를 발진시키는 레이저발진기(50)와,

상기 시편(10)의 표면에 반사된 레이저를 수광하여 시편(10)의 자유공명에 따른 진폭을 검출하는 포토다이오드 검파기(60)와,

상기 포토다이오드검파기(60)와 연결되어 시편(10)의 자유공명을 측정하는 측정제어기(40)와,

상기 고정수단(20)에 클램핑된 시편(10)에 다양한 세기를 갖는 전류 및 전압을 가하여 기계적 변형에 따른 전기적 특성을 측정하는 전기적 소스-측정기(70);를 포함하여 이루어지는 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치 .

### 청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 시험장치는 챔버(80) 내에 설치되며, 상기 챔버(80)는 진공상태인 것을 특징으로 하는 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치 .

### 청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 고정수단(20)은 액츄에이터(21)와, 상기 액츄에이터(21)에 고정되어 시편(10)의 양측을 클램핑하는 클램프(22)로 구성되는 것을 특징으로 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치 .

**청구항 5**

제 4항에 있어서,

상기 클램프(22)에는 시편(10)을 냉각 또는 가열할 수 있도록 펠티어소자(23)가 더 부착되는 것을 특징으로 하는 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치 .

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**기술분야**

- [0001] 본 발명은 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계
- [0002] 전기 물성 측정 시험장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 밀폐된 진공상태에서 클램핑된 시편에 열과 인장을 가하고, 시편이 가지고 있는 고유주파수에 동조하여 자유공명될 수 있도록 공명전압을 발진시켜 시편의 공명에 따른 진폭을 계측하여 기계적 물성(응력)과, 전기적 특성을 파악할 수 있는 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치 에 관한 것이다.

**발명의 내용**

**해결 하고자하는 과제**

- [0003] 종래에는 반도체 소자, NEMS에 구성 구조물로 사용되는 박막 시편의 기계적 물성(응력)을 파악하기 위해서 실리콘위에 마이크로 스케일의 박막 시편을 증착한 후 온도 변화를 주고, 이러한 온도 변화에 상응한 박막 시편의 응력을 측정하였다.
- [0004] 다른 방법은 실리콘을 에칭하여 노출되는 마이크로 스케일의 자유지지 박막 시편에 인장 변화를 주고, 이러한 인장 변화에 상응한 금속 시편의 응력을 로드셀을 사용하여 측정하였다.
- [0005] 이러한 방식은 나노 스케일의 시편의 기계적 성질을 정밀하게 측정할 수가 없고, 특히 높은 온도에서는 측정에 어려움이 있다. 또한 기존의 방식으로는 시편의 기계적/열적 변형을 구분하여 측정하는데 어려운 문제점이 있었다.

**과제 해결수단**

- [0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 감안하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 밀폐된 진공상태에서 클램핑된 시편에 열과 인장을 가하고, 시편이 가지고 있는 고유주파수에 동조하여 자유공명될 수 있도록 공명전압을 발진시켜 시편의 공명에 따른 진폭을 계측하여 기계적 물성(응력)과, 전기적 특성을 파악할 수 있는 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치를 제공하는데 있다.
- [0007] 더 나아가 본 발명의 목적은, 시편의 양측을 클램핑하여 액츄에이터의 작동에 의해 시편에 인장을 가하는 고정 수단과, 상기 시편의 저면에 이격되어 시편에 자유공명을 발생시킬 수 있도록 하부전극을 통해 공명전압을 발진시키는 공명전압부와, 상기 시편의 상부에 이격되어 시편의 자유공명 진폭을 상부전극을 통해 검출하여 계측하는 측정제어기와, 상기 고정수단에 클램핑된 시편에 다양한 세기를 갖는 전류 및 전압을 가하여 기계적 변형에 따른 전기적 특성을 측정하는 전기적 소스-측정기를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치를 제공하는데 있다.
- [0008] 또한 본 발명의 목적은, 상기 시편의 양측을 클램핑하여 액츄에이터의 작동에 의해 시편에 인장을 가하는 고정 수단과, 상기 시편의 저면에 이격되어 시편에 자유공명을 발생시킬 수 있도록 하부전극을 통해 공명전압을 발진시키는 공명전압부와, 상기 시편의 상부에 이격 배치되어 시편의 표면에 레이저를 발진시키는 레이저발진기와,

상기 시편의 표면에 반사된 레이저를 수광하여 시편의 자유공명에 따른 진폭을 검출하는 포토다이오드검파기와, 상기 포토다이오드검파기와 연결되어 시편의 자유공명을 계측하는 측정제어기와, 상기 고정수단에 클램핑된 시편에 다양한 세기를 갖는 전류 및 전압을 가하여 기계적 변형에 따른 전기적 특성을 측정하는 전기적 소스-측정기를 포함하여 이루어지는 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치를 제공하는데 있다.

**효 과**

[0009] 본 발명에 따른 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치에 따르면, 밀폐된 진공상태에서 클램핑된 시편에 열과 인장을 가하고, 시편이 가지고 있는 고유주파수에 동조하여 자유공명될 수 있도록 공명전압을 발진시켜 시편의 공명에 따른 진폭을 계측하여 기계적 물성(응력)과, 전기적 특성을 파악할 수 있는 장점이 있다.

**발명의 실시를 위한 구체적인 내용**

[0010] 이하에서는 본 발명에 따른 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치에 관하여 첨부되어진 도면과 함께 더불어 상세히 설명하기로 한다.

[0011] 도 1은 본 발명의 따른 제 1 실시예에 따른 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치의 구성도이고, 도 2는 도 1에서 발체된 클램프를 도시한 구성도이다.

[0012] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명은 반도체 소자, NEMS(nano electromechanical system)에 구성물로 사용되는 박막 시편의 기계적 물성(응력)과 전기적 특성을 측정하기 위한 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치(100)에 관한 것이다.

[0013] 보다 상세하게는 밀폐된 진공상태 공간에서 클램핑된 시편에 열과 인장을 가하고, 시편이 가지고 있는 고유주파수에 동조하여 자유공명될 수 있도록 공명전압을 발진시켜 시편의 공명에 따른 진폭을 계측하여 기계적 물성(응력)과, 전기적 특성을 파악할 수 있는 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치(100)에 관한 것이다.

[0014] 이러한 본 발명의 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치(100)는 3 부분으로 구성되는데, 이는 시편(10)을 클램핑하여 기계적 변형을 가하는 고정수단(20)과, 상기 시편이 동조하여 자유공명될 수 있도록 공명전압을 발생시키는 공명전압부(30)와, 자유공명하는 시편(10)의 공명 진폭을 계측하는 측정제어기(40)와, 상기 고정수단(20)에 클램핑된 시편(10)에 다양한 세기를 갖는 전류 및 전압을 가하여 기계적 변형에 따른 전기적 특성을 측정하는 전기적 소스-측정기로 구성된다.

[0015] 상기에서 시편은 금속박막 또는 절연체로 이루어지는 박막 또는 와이어 형태로 구성되지만, 본 실시예에서는 금속박막을 실시예로 한다.

[0016] 여기서 고정수단(20)은 시편(10)의 양측을 클램핑하여 액츄에이터(21)의 작동에 의해 다양한 세기로 시편(10)에 인장을 가하는 기능을 한다.

[0017] 이러한 고정수단(20)은 액츄에이터(21)와, 상기 액츄에이터(21)에 고정되어 시편(10)의 양측을 클램핑하는 클램프(22)로 구성된다. 따라서 상기 시편(10)으로 다양한 세기의 힘을 가하여 시편(10)에 인장을 줄 수 있는 구조이다.

[0018] 한편 상기 클램프(22)에는 시편(10)에 열을 가하거나 냉각할 수 있는 펠티어소자(23)가 결합되어 있는 구조이다.

[0019] 여기서 펠티어소자(23)는 세라믹절연층을 사이에 두고 P형 반도체와 N형 반도체 전체가 직렬로 이루어져 구성된다. 이 때 세라믹절연층과, P형 반도체 및 N형 반도체의 사이에는 열전달을 위해 전도층이 형성되어 있는 구조이다.

[0020] 이러한 펠티어소자(23)는 냉각면과 발열면이 바뀌게 되는 구성인데 이는 전압이 흐르는 방향에 따른 펠티어소자의 전자 및 정공의 흐름도 바뀌게 되어 결과적으로 열을 방출하고 흡수하는 냉각면과 가열면을 선택적으로 조절

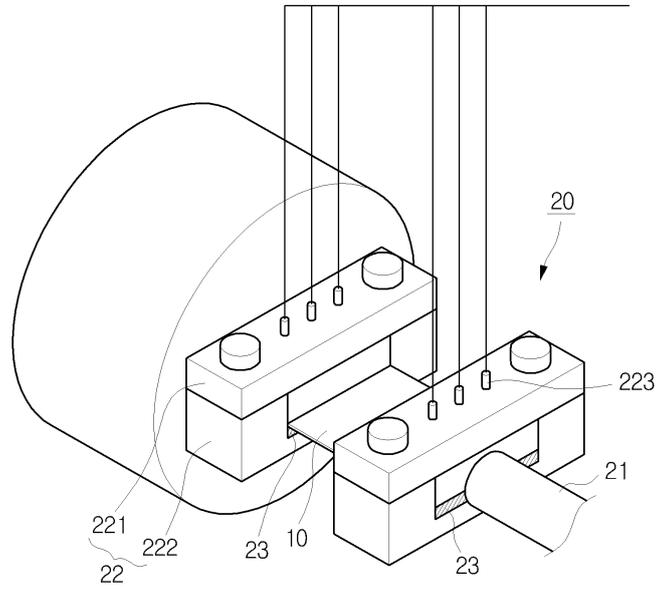
할 수 있는 구조이다.

- [0021] 한편 각 클램프(22)는 상호 분리구성되어 시편(10)을 안정적으로 고정할 수 있도록 볼팅 결합되는 하부고정대(222)와 상부고정대(221)로 구성된다.
- [0022] 이 때 상기 각 상부고정대(221)에는 전기적 소스-측정기(70)를 통해 시편(10)에 전류 및 전압을 가할 수 있도록 전기적 소스-측정기(70)와 연결되는 다수의 전극핀(223)이 연결되는 구조이다.
- [0023] 여기서 전극핀(223)은 시편(10)과 밀착되며, 중앙의 돌출부위는 상부고정대(221)의 상부면으로 노출되어 전기적 소스-측정기(70)와 연결될 수 있도록 구성된다.
- [0024] 그리고 공명전압부(30)는 시편(10)의 저면에 이격 배치되어 하부전극(31)을 통해 공명전압을 발진시키는 기능을 한다.
- [0025] 이러한 공명전압부(30)는 시편이 가지고 있는 고유주파수와 동일 주파수를 갖는 전압을 발진시켜 시편의 동조 현상에 따른 자유 공명을 촉진시키는 기능을 한다.
- [0026] 아울러 측정제어기(40)는 상기 시편의 상부에 이격되어 시편의 자유 공명에 의한 진폭을 상부전극(레이저변위기)을 통해 용량형(capacitance) 방식으로 계측하여 시편의 기계적 물성(응력)을 파악하고, 상기 전기적 소스-측정기와 연결되어 전기적 특성을 파악하는 기능을 한다.
- [0027] 한편 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치(100)는 챔버(80) 내에 설치되며, 상기 챔버(80) 내에는 진공 상태인 구조이다. 이는 공명 현상시 발생할 수 있는 air damping 현상과 대기중의 빛의 간섭을 피하고, 정확한 측정을 위함이다. 따라서 상기 챔버(80)는 외부의 빛이 차단되도록 불투명 재질인 것이 바람직하다.
- [0028] 이하에서는 제 1실시예에 따른 공명현상을 이용한 나노/마이크로 스케일의 박막의 기계 전기 물성 측정 시험장치의 작동관계를 설명하기로 한다.
- [0029] 먼저 펠티어소자(23)를 통해 소망하고자 하는 온도로 시편(10)을 가열하거나 냉각한다.
- [0030] 그리고 전기적 소스-측정기를 통해 시편(10)에 소망하고자 하는 전류 및 전압을 가한다.
- [0031] 이후 액츄에이터(21)를 통해 소망하고자 하는 힘으로 시편(10)에 인장을 가하여 시편(10)에 내부 응력이 생기도록 한다.
- [0032] 그리고 공명전압부(30)를 통해 하부전극(31)으로 시편(10)에 공명전압을 발진시켜 시편(10)이 공명전압의 주파수에 동조하여 자유공명 되도록 한다.
- [0033] 이 후 측정제어기(40)에 연결된 상부전극(레이저변위기)(41)을 통해 자유공명하는 시편(10)의 진폭을 계측하여 다양한 온도 및 전류 및 전압의 통전량에 따른 시편의 기계적물성(응력)을 파악한다.
- [0034] 여기서 응력계산 원리는 다음과 같다.
- [0035] 먼저 시편이 2 dimension으로 정의 되는 플레이트 구조일 때
 
$$f_{mn} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sigma_c}{\rho} \left[ \left( \frac{m}{a} \right)^2 + \left( \frac{n}{b} \right)^2 \right]}$$
- [0036] 위 식에서 f는 공명 주파수,  $\sigma$ 는 자유지지 박막의 잔류응력이다.  $\rho$ 는 박막의 밀도, a와 b는 자유지지 박막의 가로와 세로의 치수, m과 n은 공명의 모드 (주로 m=1, n=1)이다. 공명 주파수와 시편의 밀도, 치수들을 측정하면 위 수식에 의해서 응력을 구할 수 있다.
- [0038] 그리고 시편이 1 dimension으로 정의 되는 strip 구조일 때
 
$$f = \frac{n}{L} \sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$$
- [0039] 위 식에서 f는 공명 주파수,  $\sigma$ 는 자유지지 박막의 잔류응력이다.  $\sigma$ 는 박막의 밀도, L 자유지지 박막의 길이,
- [0040]

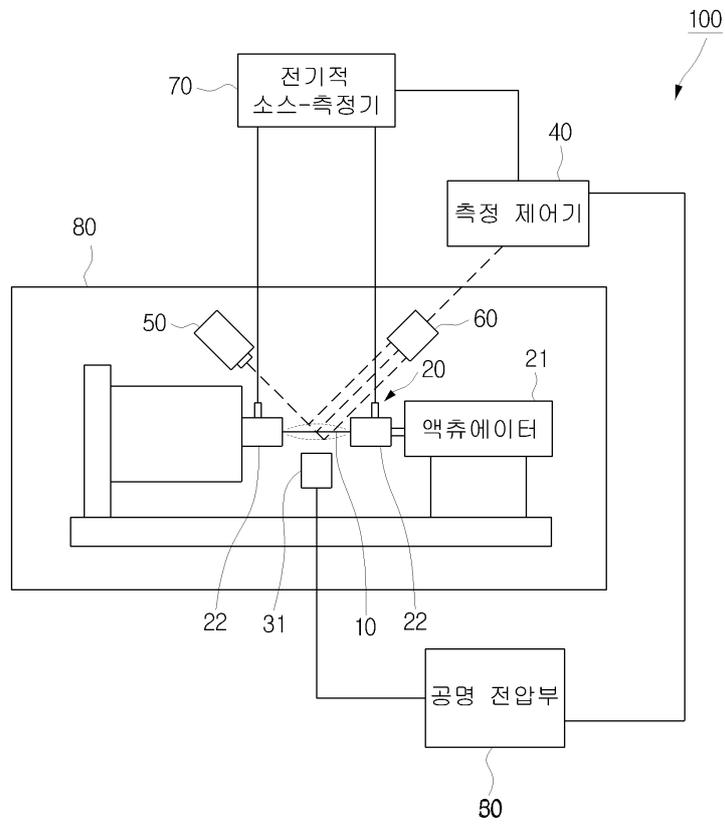




도면2



도면3



도면4

