



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년07월06일
(11) 등록번호 10-1046539
(24) 등록일자 2011년06월29일

(51) Int. Cl.

G01H 11/04 (2006.01) G01L 1/12 (2006.01)

G01B 7/24 (2006.01) B82Y 40/00 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2004-7020796

(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년05월28일

심사청구일자 2008년05월28일

(85) 번역문제출일자 2004년12월20일

(65) 공개번호 10-2005-0016602

(43) 공개일자 2005년02월21일

(86) 국제출원번호 PCT/SE2003/000871

(87) 국제공개번호 WO 2004/001353

국제공개일자 2003년12월31일

(30) 우선권주장

0201927-1 2002년06월20일 스웨덴(SE)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020010042428 A

KR1020010074943 A

JP평성09152372 A

전체 청구항 수 : 총 18 항

(73) 특허권자

코비알 디바이스 에이비

스웨덴 헬싱보그 에스-254 66 제바스가탄 8

(72) 발명자

세델토드

스웨덴 바레드 에스-237 31 란스만스바덴 12

(74) 대리인

장훈

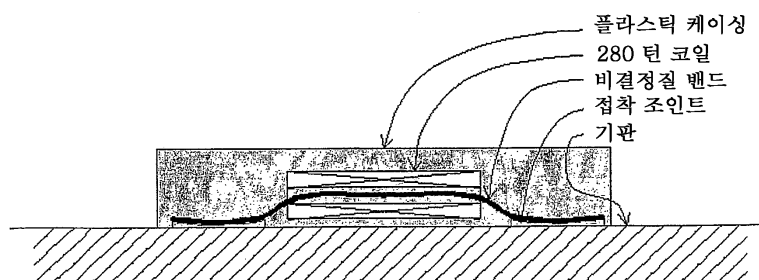
심사관 : 송병준

(54) 센서

(57) 요약

본 명세서에서는 예를들어 기계와 같은 존재하는 제품 장치내의 하드웨어 설계 및 구성에 대한 중요한 파트들을 실시 간으로 일시적인 내부 재료 진동의 검출을 통해 영구적 상태 편차를 감지 및 나타내고 및/또는 이전에 설치된 인프라구조의 모니터링하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 높은 내구성 및 비교적 높은 자기 변형 가진 하나 이상의 적어도 대략 20 μ m 두께 비결정질 또는 나노결정 밴드 엘리먼트들은 적절한 파트에 제공되는데, 밴드 엘리먼트 또는 엘리먼트들은 각각 다중 턴 코일에 의해 적어도 부분적으로 감겨지고, 상기 적절한 파트에서 임의의 선택적인 상태 편차가 발생하는 것과 같은 원자 이동들(진동)은 밴드 엘리먼트/엘리먼트들에 전달된다. 편차는 상기 원자 이동에 비례하여 코일에서 명확하게 측정하고 검출할 수 있는 자기 흐름 변화(dB/dt)를 발생시키거나, 코일/코일들에서 유사하게 측정할 수 있고 검출할 수 있는 인덕턴스 변화를 발생시킨다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

물체의 영구적 상태에 관하여 상기 물체의 파트에 야기되는 편차(deviation)를 표시 및 감지하는 방법으로서, 상기 표시 및 감지는 실시간으로 소위 음향 방출(acoustic emission)이라 불리는 일시적 내부 재료 진동에 기초하며, 편차 의존성 엘리먼트(deviation dependent element)는 적어도 하나의 다중-턴 코일(multi-turn coil)에 의해 적어도 부분적으로 감겨지는, 상기 방법에 있어서,

- a. 적어도 하나의 밴드 형성 엘리먼트(band formed element)는 서스펜딩된 방식(suspended manner)으로 상기 파트에 인가되고, 상기 밴드 형성 엘리먼트의 한 단부(end)는 고정되어, 상기 파트에 관하여 반대편 단부의 자유로운 흔들림(free swinging)을 허용하고,
- b. 상기 밴드 형성 엘리먼트는 비결정질 및 나노결정질 재료, 또는 비결정질 재료 또는 나노결정질 재료로 형성되고,
- c. 상기 밴드 형성 엘리먼트는 픽업 코일을 통해 직류를 인가함으로써 및 영구적 자석을 사용함으로써, 또는 픽업 코일을 통해 직류를 인가함으로써 또는 영구적 자석을 사용함으로써 자화 바이어스(bias magnetization)에 의해 영향을 받고,
- d. 상기 편차는 상기 밴드 형성 엘리먼트내의 내부 원자 이동들(진동)을 야기함으로써 상기 밴드 형성 엘리먼트에 전달되고,
- e. 상기 편차는 상기 원자 이동에 비례하는 상기 다중-턴 코일내의 검출가능한 자기 흐름 변화(dB/dt), 또는 상기 다중-턴 코일내의 검출가능한 인덕턴스 변화를 발생시키는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

두 개의 밴드 형성 엘리먼트들이 사용되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 방법

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상술한 "b"에 따른 상기 재료는 결정 온도에 근접하게 낮은 온도에서 자기 열 처리(magnetic heat treatment)되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 방법.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상술한 "b"에 따른 상기 비결정질 재료는 강자기 재료가 선택되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 방법.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

투자율은 $5000 < \mu < 200000$ ppm 사이에서 선택되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 방법.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

자기 변형은 $5 < \lambda_{\text{sat}} < 40$ ppm 사이에서 선택되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 방법.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 비결정질 재료는 적어도 하나의 밴드 형성 엘리먼트를 형성하도록 절단되고, 그 길이방향 신장

(longitudinal extension)은 선택된 롤링 방향을 가로질러 선택되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 유리 슬라이드에 부착된 상기 적어도 하나의 밴드 형성 엘리먼트는 40kHz 내지 1MHz의 주파수 범위내의 감도(sensitivity)를 드러내게 되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 방법.

청구항 9

물체의 영구적 상태에 관하여 상기 물체의 파트에 야기되는 편차를 표시 및 감지하는 장치로서, 상기 표시 및 감지는 실시간으로 소위 음향 방출(acoustic emission)이라 불리는 일시적 내부 재료 진동에 기초하며, 편차 의존성 엘리먼트는 적어도 하나의 다중-턴 코일에 의해 적어도 부분적으로 감겨지는, 상기 장치에 있어서,

- a. 적어도 하나의 밴드 형성 엘리먼트는 서스펜딩된 방식으로 상기 파트에 인가되고, 상기 밴드 형성 엘리먼트의 한 단부는 고정되어, 상기 파트에 관하여 반대편 단부의 자유로운 흔들림을 허용하고,
- b. 상기 밴드 형성 엘리먼트는 비결정질 및 나노결정질 재료, 또는 비결정질 재료 또는 나노결정질 재료로 형성되고,
- c. 상기 밴드 형성 엘리먼트는 픽업 코일을 통해 직류를 인가함으로써 및 영구적 자석을 사용함으로써, 또는 픽업 코일을 통해 직류를 인가함으로써 또는 영구적 자석을 사용함으로써 자화 바이어스에 의해 영향을 받고,
- d. 상기 편차는 상기 밴드 형성 엘리먼트내의 내부 원자 이동들(진동)을 야기시킴으로써 상기 밴드 형성 엘리먼트에 전달되며,
- e. 상기 편차는 상기 원자 이동에 비례하여 상기 다중-턴 코일내의 검출가능한 자기 흐름 변화(dB/dt), 또는 상기 다중-턴 코일내의 검출가능한 인덕턴스 변화를 발생시키는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

두 개의 밴드 형성 엘리먼트들이 사용되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상술한 "b"에 따른 상기 재료는 결정 온도에 근접하게 낮은 온도에서 자기 열 처리(magnetic heat treatment)되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 장치.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

적어도 20 μm 두께의 하나 이상의 비결정질 또는 나노 결정질의 자기적 열 처리된 밴드 형성 엘리먼트들이 사용되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 장치

청구항 13

제 9 항에 있어서,

연관된 상기 다중-턴 코일을 가진 상기 적어도 하나의 밴드 형성 엘리먼트는 탄성적으로 변형할 수 있는 에폭시 중합체(epoxy polymer)로 둘러싸이는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 장치.

청구항 14

제 9 항 또는 제 12 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 밴드 형성 엘리먼트 및 상기 적어도 하나의 다중-턴 코일은 영구적 상태 편차들이 표시되는 상기 물체에 접촉되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 장치.

청구항 15

제 9 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 재료의 방향 의존 특성들(directional dependent properties)의 결과로서, 상기 적어도 하나의 밴드 형성 엘리먼트의 롤링 방향에 관하여 선택된 검출 방향의 방위(orientation)에 따라 그 감도가 상이한 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 장치.

청구항 16

제 9 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

연관된 상기 다중-턴 코일들을 가진 상기 적어도 하나의 밴드 형성 엘리먼트는 감도 및 검출도를 각각 증가시키기 위하여 접속된 브리지 및 증폭기인 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 장치.

청구항 17

제 9 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서,

유리 파손 지시기로써 실현되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 장치.

청구항 18

제 1 항에 있어서,

적어도 20 μm 두께의 하나 이상의 비결정질 또는 나노 결정질의 자기적 열 처리된 밴드 형성 엘리먼트가 사용되는 것을 특징으로 하는, 편차 표시 및 감지 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 산업의 기존제 제조 장비에서 원형 검사(prototype testing)같은 하드웨어 설계 및 구성을 위해 중요한 파트들에서 실시간으로 일시적 내부 재료 진동의 검출을 통해 영구적 상태 편차들을 표시하고 감지하며 및/또는 모니터링하여, 이에 의해 이전에 구성된 인프라구조를 유지하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 컴퓨터들에 대한 점점 강력한 메모리들의 발전 이상으로 마이크로전자제품들 영역에서 최근의 발전들은, 설계 측면에서 제품들의 크기에 대한 중요 크기를 측정하기 위하여 의도된 가속계들, 굴곡/변형 지시기들, 음향 방사에 대한 지시기들 등 같은 마켓에서 발생하는 여러 형태의 트랜스듀서들 또는 센서들이 구성면에서 과도하게 복잡하여, 결과적으로 현대 하드웨어 설계가 요구하는, 특히 현대 소프트웨어가 허용하는 범위까지 애플리케이션을 위하여 과도하게 공간 소모적이고 비싼 것을 수반한다.

발명의 상세한 설명

[0003] 그러므로, 본 발명의 주요 목적은 이전에 상상할 수없는 트랜스듀서 또는 센서 구조들이 실현될 수 있는 극히 간단하여 공간이 절약되고, 동시에 이전에 가능했던 것보다 넓은 범위들에서 상당히 큰 감도 및 정확도를 가진 측정을 제공하고, 게다가 이전에 거의 검출할 수 없는 크기들의 측정이 가능하게 하는 측정 트랜스듀서 엘리먼트 또는 센서 및 장치를 실현하는 것이다. 본 발명의 다른 목적은 검출 물체에 대해 가지는 크기가 영향을 주지 않을 수 있는 작은 고유 질량을 가진 센서 장치를 실현하는 것이다.

[0004] 상기된 아웃라인된 목표들은 하기 방법 및 장치에 의해 달성되고, 상기 장치는 적절한 파트에 높은 투자율 및 비교적 높은 자기 변형(magnetostriction)을 제공하는 하나 이상의 적어도 약 20 μm 두께의 비결정질 또는 나노 결정질 밴드 엘리먼트들로 구성되고, 상기 밴드 엘리먼트들은 바람직한 재료 구조를 달성하기 위하여 자기 열처리(magnetic heat treatment)에 의해 처리되고, 상기 밴드 엘리먼트들은 다중 턴 코일들에 의해 적어도 부분적으로 감겨지고, 밴드 엘리먼트/엘리먼트들에 전송되는, 선택적 상태 편차를 발생시키는 원자 이동은 상기 원자 이동들에 비례하여 코일에서 코일의 명백한 측정 가능하고 검출 가능한 자기 흐름 변화(dB/dt)를 발생시키거나, 또는 코일/코일들에서 유사하게 측정 가능하고 검출 가능한 인덕턴스 변화를 발생시킨다.

[0005] 본 발명은 첨부 도면을 참조하여 이후 보다 상세히 기술될 것이다.

실시예

[0021] 유리 파손 센서로서 애플리케이션

[0022] 기능 원리

[0023] 트랜스듀서 또는 지시기는 극히 높은 투자율(permeability), $5,000 < \mu < 200,000$ 을 제공할 수 있는 특성을 가지며, 동시에 임의의 합금 구성에 대하여 비교적 높은 자기 변형 $5 < \lambda_{sat} < 40\text{ppm}$ 을 가지는 특성을 가진 비결정질 강자기 재료로 구성된다. 전체적으로, 이것은 매우 높은 마그네토 엘라스틱 관계(magneto-elastic relationship)를 가진 재료를 제공하고, 따라서 센서 재료로서 적합하다.

[0024] 22 μm 두께의 비결정질 시트로부터 잘려지고 그후 선택적 재료상에 접촉되는 대략 3*10mm 밴드를 사용함으로써, 재료에서의 스트레칭이 검출될 수 있다. 비결정질 재료는 롤링 방향에 대해 다른 방향으로 잘려짐으로써 다른 특성들을 제공할 수 있고, 본 발명의 경우 롤링 방향의 길이방향 및 횡방향이 사용된다.

[0025] 재료 파라미터들은 결정 온도 이하에 밀접한 온도들과 자기장들에서 재료를 열처리함으로써 변형될 수 있다. 유리 및 일반적인 음향 방식을 깨트리는 경우, 자속 변화는 도 1 및 도 2를 참조하여 밴드 둘레에 다중 턴 코일이 감겨지는 것을 검출한다.

[0026] 이론

[0027] 고주파 신호들을 검출하기 위하여, 플로우 변화(flow change)를 검출하기 위한 단순히 바람직하고 간단하며, 밴드에 대한 변형 크기에 비례하는 것을 가정한다. 이것은 자화되지 않은 밴드가 스트레치 변화의 자속 변화를 제공하지 않기 때문에, 자기적으로 잘 정의된 초기 상태가 달성되는 것을 의미한다.

[0028] 자화된 기본 상태를 달성하기 위하여, 본래 지구 자기 상태는 30-60 μT (20-40A/m)가 충분하지만, 다른 한편 지시기가 장착되고 캘리브레이트(calibrate)될 때 지구 자기장의 방향 및 크기를 모니터할 것을 필요로 하는 것에 실용적이 않다.

[0029] 만족스러운 초기 상태를 달성하기 위한 두가지 방법이 있다 :

[0030] 픽업 코일을 통해 약간의 자기 캡슐화 및 직류.

[0031] 영구 자석을 사용한 약간의 자기 캡슐화 및 자화 바이어스.

[0032] 필드 크기는 자력이 0.2-0.7T이도록 하여야 하고, 이것은 밴드에서의 필드의 자기화(magnetize)는 2-56A/m 크기 정도이어야 하는 것을 내포한다. 필드의 크기는 이하의 수학적식으로 계산될 수 있다.

$$B$$
$$H = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu}$$

[0033]

[0034] 여기서, H는 자기장이고, B는 자속 밀도이고, 자유 공간에 대한 투자율은 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{Vs/Am}$ 이고, 이 경우 비결정질 밴드에 대한 상대적 투자율은 μ 이다.

[0035] 측정 신호는 스트레칭/압축으로 인해 밴드의 자속 변화를 검출함으로써 얻어진다. 선형 경우에 대해, 다음 관련된 수학적식은 하기 함수이다.

$$\Delta B = d \cdot \Delta \sigma + \mu_0 \cdot \mu \cdot \Delta H$$

[0036]

[0037] 여기서, σ 는 기계적 응력을 기술하고 d는 마그네토 엘라스틱 관계 계수이다. 점두사 Δ 는 본래 값으로부터의 변화를 기술한다. 재료 파라미터(d)는 자기 포화에서 자기장에 의해 분할된 일정한 기계적 응력 $\Delta \sigma = 0$ 에서 최

$$\Delta \sigma$$

$$\Delta \lambda = \frac{\Delta \sigma}{E^H} + d \cdot \Delta H$$

대 마그네토로스트릭션을 취함으로써 근사화될 수 있고, 상기 자기 포화는 E^H 이기 때문에

$$\frac{\lambda_{\max}}{H_{\max}} = d$$

이고, $\lambda_{\max} = 35 \cdot 10^{-6}$ 및 $H_{\max} = 200A/m$ 이고, 관계 팩터 $d = 1.75 \cdot 10^{-7} m/A$ 를 제공하고, 모든 타
입의 마그네토 엘라스틱 관계에 대해 매우 높은 값을 가진다.

[0038] 예상될 수 있는 출력 신호는 자기 변화 및 기계적 응력에 비례한다.

$$U(t) = N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$$

[0039]

[0040] 여기서 N은 픽업 코일에서 턴들(turns)의 수이고 A는 비결정질 밴드의 단면 영역이다. $\Delta H = Q$ 을 가정하
면, 다음 수학적식을 얻는다 :

$$\begin{cases} \Delta \sigma = \Delta \lambda \cdot E^H \\ \Delta B = d \cdot \Delta \sigma \end{cases}$$

[0041]

[0042] 여기서 E^H 는 일정한 자기장의 탄력성 모듈이다. 주파수 평면으로의 변이 및 상기 수학적식들의 이용은 다음과 같
다 :

$$\hat{U} = |N \cdot A \cdot \omega \cdot d \cdot \Delta \lambda \cdot E^H|$$
 여기서 ω 는 라우/초의 각주파수(angular frequency)이다. 약세트 기호는 크기
값을 나타낸다. 탄력성의 모듈이 100GPa 크기 정도인 것을 가정하면, 100,000kHz에서 센서의 스트레칭은 도 4
및 도 5의 중심을 살펴보면 P1_2의 경우에 대해 0,0025ppm 정도의 크기이어야 한다.

[0043]

[0044] 측정 결과들

[0045] 유리 슬라이드에 접착된 초기 실험들은 주파수 범위 40 kHz-1MHz에서 진동이 검출되는 것을 도시한다.

[0046] 다음 비교 검사들은 수행된다 :

[0047] 테이블 1, 지시기의 설명

[0048]

센서	밴드 방향	턴수	코멘트들	스태틱 언로딩 투자 율[mH]
P1_1	횡방향	280	두꺼운 접착 조인트	158
P1_2	횡방향	280		60
P1_3	길이방향	280	두꺼운 플라스틱 캡 솔화	32

[0049] 검사는 유리 슬라이드의 모서리가 파손되고 출력 신호가 대략 100 배의 크기와 정합된 것에서 수행되었다.

[0050] 도 3은 센서들(P1_1, P1_2 및 P1_3)에 대한 다른 스트레칭의 인던텐스 변화를 도시한다. 여기서 횡방향으로 잘
려진 밴드들을 가진 P1_1 및 P1_2가 가장 높은 마그네토 엘라스틱 관계를 가지는 것이 명백하다. 이들 두개의
샘플들은 상당히 높은 투자율을 디스플레이한다. 이것은 유사한 여기의 신호 레벨들이 P1_1 및 P1_2에 대해 더
높은 유리 파손 실험들에서 도시된다. P1_2는 P1_1 및 P1_3과 비교하여 상당히 넓은 밴드 신호 스펙트럼을 나
타낸다. 이것은 보다 큰 접착 품질에 의해 설명된다. 테이블 1 참조.

[0051] 실제 스태틱 측정으로 일반적인 가속도계의 개선된 제 1 원형 애플리케이션

[0052] 기능 원리

[0053] 트랜스듀서 또는 지시기는 극히 높은 투자율 $5,000 < \mu < 200,000$ 을 제공하고 동시에 임의의 합금 구성들에 대하여

비교적 높은 자기 베타형 $5 < \lambda_{\text{sat}} < 40$ ppm을 가지는 특성을 가진 비결정질 강자기 재료로 구성된다. 전체적으로, 이것은 매우 높은 마그네토 엘라스틱 관계를 가진 재료를 제공하고, 그러므로, 센서 재료로서 극히 안정하다. 트랜스듀서 또는 지시기는 $3 \cdot 16 \cdot 0.022\text{mm}$ 의 두께의 비결정질 밴드들로 구성된다. 밴드들은 고정 블록에 접착된다. 도 1 참조. 고정 블록에서, 코일은 각각의 밴드 주변에 감겨진다. 코일들은 하프브리지에 연결된다. 도 2 참조. 양 밴드들의 유사한 변화는 신호를 제공하지 않는 방식으로 코일들을 연결함으로써 온도 및 다른 대칭적인 혼란들에 대한 높은 정도의 비민감성은 달성될 수 있다. 두개의 비결정질 밴드들 및 중간 플라스틱 밴드로 구성된 "빔"의 구부리는 중에, 하나의 밴드의 스트레칭은 얻어지고 동시에 다른 밴드에서 압축으로 얻어진다. 코일로부터의 출력 신호는 반대, 즉 스트레칭중 인덕턴스(투자율) 증가 및 압축력 감소를 나타낸다.

[0054] 굴곡 빔의 단부에 배치된 반응 질량부(reaction mass)(도 14 참조)는 가속도, 빔 길이 및 질량에 비례하는 굴곡 모멘트를 제공한다. 이것은 거의 최대 가속도로 가속도계를 적용하는 가능성을 제공한다. 주파수 성능은 빔의 경도 및 반응 질량의 질량에 의해 실제로 결정된다.

[0055] 이론

[0056] 이 트랜스듀서 또는 지시기가 실제 스테틱 측정을 하기 때문에, 측정 원리는 자속 변화 결과로서 유도된 텐션들을 바탕으로 하지 않는다. 이 경우, 밴드의 상대적 투자율이 가속도계의 예상된 밴드 폭보다 대략 10 배 높은 주파수를 가져야 하는 반송파를 사용하여 측정된다.

[0057] 이런 선형성과 관련하여, 다음 링크된 수학식은 다음 함수이어야 한다 :

[0058]
$$\Delta B = d \cdot \Delta \sigma + \mu_0 \cdot \mu \cdot \Delta H$$

[0059] 여기서 H는 자화 필드이고, B는 자속 밀도이고, 자유 공간에 대한 투자율은 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{Vs/Am}$ 이고, 이 경우 비결정질 밴드에 대한 상대적 투자율은 μ 이다.

[0060] σ 는 기계적 텐션을 기술하고 d는 마그네토 엘라스틱 관계 계수이다. 접두사 Δ 는 본래 값으로부터의 변화를 기술한다. 재료 파라미터(d)는 자기 포화에서 자기장에 의해 분할된 일정한 기계적 응력 $\Delta \sigma = 0$ 에서 최대 자기

$$\Delta \lambda = \frac{\Delta \sigma}{E^H} + d \cdot \Delta H \quad \frac{\lambda_{\text{max}}}{H_{\text{max}}} = d$$

변형을 취함으로써 근사화될 수 있고, 상기 자기 포화는 이기 때문에 이고,

$\lambda_{\text{max}} = 35 \cdot 10^{-6}$ 및 $H_{\text{max}} = 200\text{A/m}$ 이고, 관계 팩터 $d = 1.75 \cdot 10^{-7} \text{m/A}$ 를 제공하고, 모든 타입의 마그네토 엘라스틱 관계에 대해 매우 높은 값을 가진다. 바람직한 측정 크기는 스트레칭의 함수로서 투자율이다. 잘 정의된 자기 상태가 달성된다, 즉 일정하고 공지된 자화 필드를 가진다는 것을 가정하면, 자속 밀도의 변화는 상기 수학식들의 변형으로서 다음과 같이 표현된다.

[0061]
$$\Delta B = d \cdot E^H \cdot \Delta \lambda$$

[0062] 여기서, 자속의 변화는 대략 $1.75 \cdot 10^4 \text{T}$ 일 $E^H = 100\text{GPa}$ 인 비례 상수 $d \cdot E^H$ 를 가진 밴드의 스트레칭과 비례한다.

[0063] 코일들이 하프브리지에 접속되고 우리가 하나의 밴드에 10ppm의 스트레칭을 가지며 다른 밴드에 10ppm의 압축을 가지는 것을 가정한다. H 필드가 상수로 가정되고 B 필드의 변화가 투자율의 변화 및 자연적으로 코일의 인덕터스에 비례하기 때문에, 이것은 밸런싱 브리지로부터의 출력 신호는 다음을 암시한다.

[0064]
$$\Delta U = 1.75 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 10^{-6} = 0.35 \text{ V}$$

[0065] 이것은 증폭될 필요가 없는 너무 강력한 출력 신호이다.

[0066] 측정 결과들

[0067] 각각의 코일 800 턴들을 가지며, 8,2 mH를 제공한다. 하프 브리지에는 4,4V 및 19,3kHz 크기의 사인 전압이 공급된다. 코일들이 직렬로 접속되기 때문에, 이것은 브리지 임피던스가 10kΩ정도로 유지되고, 이것은 연산 증폭기에 의해 구동되기에 우수하다.

[0068] 트랜스듀서들의 캘리브레이션(calibration)을 위하여, 9.81의 지구 중력이 이용된다. 이것은 35mV/G의 감도를 제공한다. 트랜스듀서들은 선형 영역이 ±14G와 같은 대략 ±0.5C인 것을 내포하는 대략 1V에서 포화된다. 하기 수학적식으로 계산될 수 있는 응답 주파수는 도 3에 도시된 임펄스 응답을 연구함으로써 대략 80Hz 정도 까지 측정된다.

$$f_{res} = \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot 2\pi$$

[0069]

[0070] 가속계 검사 장치의 측정

[0071] 어느 정도의 주파수 응답까지 선형성을 검사하기 위하여, 측정들은 가속계 검사 장치에서 수행된다.

[0072] 도 4, 도 5, 도 6 및 도 7에 공통인 특징은 비교적 큰 출력 신호 변화들을 가진 곡선이 기준 가속계로부터의 출력 신호를 나타내는 것이고, 똑같이 큰 출력 신호 변화들을 가진 다른 곡선은 원형 가속계로부터의 신호를 도시하고, 거의 실선인 연속적인 곡선은 정확하게 맞아야 하는 분석적으로 시뮬레이트된 가속도를 나타낸다. G의 y축 가속도 및 초의 x축 시간에 대한 축의 스케일이 있다. 대략 1,5 기간들은 제공된다.

[0073] 가속계들로부터의 출력 신호와 시뮬레이트된 가속도와 관련 사항을 비교함으로써, 주파수 응답은 전개될 수 있고, 도 8에 도시된다.

[0074] 개발된 가속계는 14G의 예상된 선형성 제한까지 우수한 선형성을 나타낸다. 80Hz의 공진 주파수에 주파수들이 접근할때까지 임의의 형태의 주파수 의존성을 가정할 이유가 없다. 도 8의 11Hz에서 경사는 포화에 도달되었다는 사실에 의해 설명될 수 있다.

[0075] 음향 방사용 센서의 개발된 제 1 원형 애플리케이션

[0076] 기능 원리

[0077] 트랜스듀서 또는 지시기는 극히 높은 투자율 $5,000 < \mu < 200,000$ 을 제공하고 동시에 임의의 합금 구성들에 대하여 비교적 높은 자기 변형 $5 < \lambda_{sat} < 40$ ppm을 가지는 특성을 가진 비결정질 강자기 재료로 구성된다. 전체적으로, 이것은 매우 높은 마그네토 엘라스틱 관계를 가진 재료를 제공하고, 그러므로, 센서 재료로서 극히 안정하다. 트랜스듀서 또는 지시기는 $3 \cdot 16 \cdot 0.022\text{mm}$ 의 두께의 비결정질 밴드들로 구성된다. 밴드는 그 사이에 절연 플라스틱 밴드를 가진 두개의 턴들로 감겨진다. 밴드가 단락 제 2 권선으로서 기능하기 때문에, 밴드의 다른 스트라타(strata)가 서로 전기 접촉하지 않는 것은 매우 중요하다. 최종 액티브 실린더는 얇은 접착 조인트와 측정 물체상에 접착되고 다른 측면상에서 용기 모양 플라스틱 보빈의 바닥에 접촉된다. 플라스틱 보빈의 바닥에서, 측면 표면상에 1,000턴 코일이 감겨지는 동안 반응 질량부가 고정된다. 이런 트랜스듀서 원리는 단지 하나의 코일만이 있기 때문에 다이내믹 사이클들을 검출하기 위하여 가장 적당하다. 하프 브리지(코일들이 다르게 동작한다. 즉 다른 코일이 대응하게 음의 신호를 제공하는 동안 양의 가속동안 하나의 코일은 양의 출력 신호를 제공한다)에 결합된 두개의 코일들을 사용함으로써, 코일들과 관련하여 대칭적으로 발생하는 모든 전류들(에어 본 전자기 파들 등)의 효과들 및 외부에 의해 발생된 진동, 전체적 현상(열, 자기장 등)는 감소/제거될 것이다.

[0078] 플라스틱 보빈의 바닥에 고정된 반응 질량부(도 14 참조)는 가속도 및 질량에 비례하는 액티브 실린더상 반응력을 제공한다. 이것은 거의 최대 가속도 및 공진 주파수에 가속도계를 채택할 가능성을 제공한다. 주파수 성능은 실린더의 경도뿐 아니라 반응 질량의 질량에 의해 실질적으로 결정된다.

[0079] 이론

[0080] 고주파 신호들을 검출하기 위하여, 자속 변화를 바람직하고 간단히 검출하는 것이 바람직하고 밴드의 변형 크기에 비례하는 것을 가정한다. 이것은 자화되지 않은 밴드가 스트레치 변화의 자속 변화를 제공하지 않기 때문에 자기적으로 잘 정의된 초기 상태가 얻어지는 것을 내포한다. 자화된 기본 상태를 달성하기 위하여, $30\text{--}60 \mu\text{T}$ (20-40A/m)의 지구 자기장이 본래 충분하지만 다른 한편 트랜스듀서 또는 지시가 장착되고 캘리브레이트될때

지구 자기장의 방향 및 크기를 모니터할 필요성에 대해 실용적이지 않다. 만족스러운 초기 상태를 달성하기 위한 두가지 방법이 있다 :

[0081] 픽업 코일을 통해 약간의 자기 캡슐화 및 직류.

[0082] 영구 자석을 사용한 약간의 자기 캡슐화 및 자화 바이어스.

[0083] 필드 크기는 자력이 0.2-0.7T이도록 하여야 하고, 이것은 밴드의 자기 필드가 2-56A/m 크기 정도이어야 하는 것을 내포한다. 필드의 크기는 일반적으로 다음 수학적식로부터 계산될 수 있다.

$$H = \frac{B}{\mu_0 \cdot \mu}$$

[0084]

[0085] 여기서, H는 자기장이고, B는 자속 밀도이고, 자유 공간에 대한 투자율은 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{Vs/Am}$ 이고, 이 경우 비결정질 밴드에 대한 상대적 투자율은 μ 이다. 측정 신호는 스트레칭/압축으로 인해 밴드의 자속 변화를 검출함으로써 얻어진다. 선형성 경우에 대해, 다음 관련된 수학적식은 하기 함수이다.

[0086]
$$\Delta B = d \cdot \Delta \sigma + \mu_0 \mu \cdot \Delta H$$

[0087] 여기서, σ 는 기계적 응력을 기술하고 d는 마그네토 엘라스틱 관계 계수이다. 접두사 Δ 는 본래 값으로부터의 변화를 기술한다. 재료 파라미터(d)는 자기 포화에서 자기장에 의해 분할된 일정한 기계적 응력 $\Delta \sigma = 0$ 에서 최

$$\Delta \lambda = \frac{\Delta \sigma}{E^H} + d \cdot \Delta H$$

대 자기 변형을 취함으로써 근사화될 수 있고, 상기 자기 포화는 E^H 이기 때문에

$$\frac{\lambda_{\max}}{H_{\max}} = d$$

이고, $\lambda_{\max} = 35 \cdot 10^{-6}$ 및 $H_{\max} = 200 \text{A/m}$ 은 팩터 $d = 1.75 \cdot 10^{-7} \text{m/A}$ 를 제공하고, 모든 타입의 마그네토 엘라스틱 관계에 대해 매우 높은 값을 가진다.

[0088] 예상될 수 있는 출력 신호는 자기 변화 및 기계적 응력에 비례한다.

$$U(t) = N \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$$

[0089]

[0090] 여기서, N은 픽업 코일의 턴수이고 A는 비결정질 밴드의 단면 영역이다. $\Delta H = 0$ 을 가정하면, 다음 수학적식을 얻는다 :

$$\begin{cases} \Delta \sigma = \Delta \lambda \cdot E^H \\ \Delta B = d \cdot \Delta \sigma \end{cases}$$

[0091]

[0092] 여기서 E^H 는 일정한 자기장의 탄력성 모듈이다. 주파수 평면으로의 변이 및 상기 수학적식들의 이용은 다음과 같다 :

$$\hat{U} = N \cdot A \cdot \omega \cdot d \cdot \Delta \lambda \cdot E^H$$

[0093]

[0094] 여기서 ω 는 로우/초의 각주파수이다. 악세트 기호는 의도된 크기 값을 나타낸다.

[0095] 측정 결과들

[0096] 측정된 코일은 650 턴을 가지며, 3.2mH의 인덕턴스를 제공한다. 공진 주파수는 하기와 같이 계산된다.

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

[0097]

[0098] 탄성 모듈이 100GPa인 것을 가정하면, 액티브 실린더의 높이는 3mm이고 단면 영역은 $2 \cdot 3 \cdot \pi \cdot 0,022\text{mm}^2$ 및 반응 질량은 4그램은 대략 10kHz의 공진 주파수를 제공한다. 도 2는 이것은 큰 철 블랭크에 장착되고 햄머 블로우로 여기될 때 트랜스듀서로부터 50 배 증폭된 출력 신호를 나타낸다.

[0099] 도 15의 시간에 따른 주파수 분석은 대략 5kHz의 신호가 광대역을 발생시키고, 그후 8kHz 및 60kHz에서 구별되는 피크가 있다는 것을 도시한다. 8kHz 신호가 트랜스듀서 공진이고, 60kHz 신호가 종래 음향 방사로 불리고, 즉 예를들어 재료 변형에서 에너지의 과도 릴리스인 것이 가능하다. 5kHz 이하의 광대역 신호 내용은 검사 몸체상 진동을 구성한다.

도면의 간단한 설명

[0006] 도 1은 밀리미터 종이에서 촬영된 음향 방사 센서를 도시하는 도면.

[0007] 도 2는 음향 방사를 검출하기 위한 센서의 개략도.

[0008] 도 3은 인덕턴스 변화 측정을 위한 양 및 음의 스트레칭시 로드의 함수로서 출력 신호를 도시하는 도면.

[0009] 도 4는 각각의 트랜스듀서 P1_1(a, 상부), P1_2(b, 중앙) 및 P1_3(c, 바닥)로부터의 타임 신호.

[0010] 도 5는 P1_1, P1_2 및 P1_3(각각 a. 상부, b. 중앙 및 c. 바닥)에 대한 유리의 파손중 출력 신호들에서의 주파수 스펙트라를 도시하는 도면.

[0011] 도 6은 비결정질 재료를 바탕으로 하는 가속도계의 가능한 실현의 개략도.

[0012] 도 7은 가속도계와 상기 가속도계로부터의 신호 처리 원리의 관계를 도시하는 도면.

[0013] 도 8은 Y 축에서 신호가 (mV)의 출력 신호이고 X 축이 타임 축인 경우 가속도계에 대한 임펄스 응답을 도시하는 도면.

[0014] 도 9는 1.7Hz에서 가속도계 측정 결과를 도시하는 도면.

[0015] 도 10은 3.0Hz에서 수행된 측정 결과를 도시하는 도면.

[0016] 도 11은 4.4Hz에서 수행된 측정 결과를 도시하는 도면.

[0017] 도 12는 10.94Hz에서 수행된 측정 결과를 도시하는 도면.

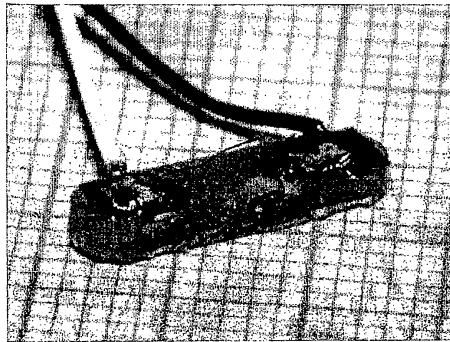
[0018] 도 13은 기준 가속도계에 대한 상대적 주파수 응답 및 생성된 가속도계 타입을 도시하는 도면.

[0019] 도 14는 비결정질 재료를 바탕으로 가속도계 또는 AE 센서(AE=음향 방사)의 가능한 실현을 개략적으로 도시하는 도면.

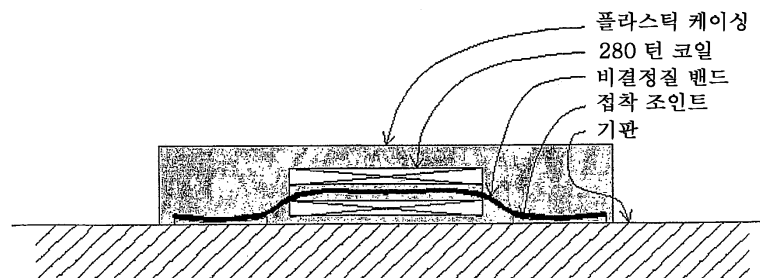
[0020] 도 15는 일시 탈출시 AE 센서의 출력 신호를 도시하는 도면.

도면

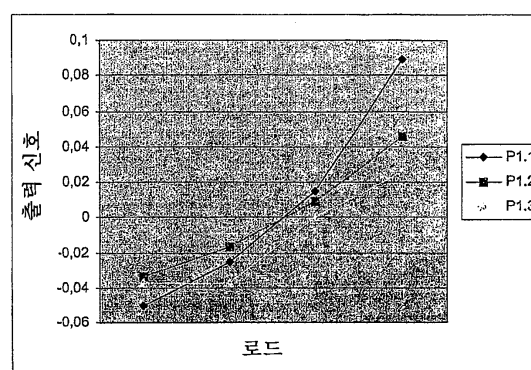
도면1



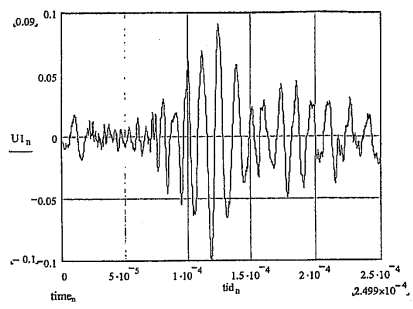
도면2



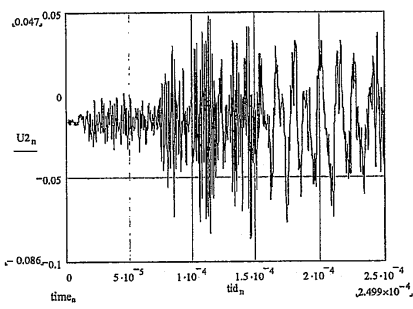
도면3



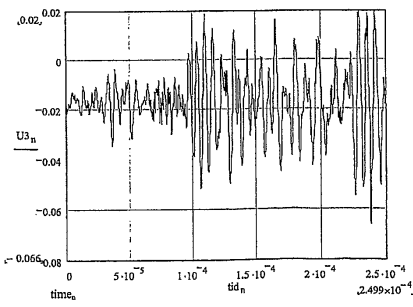
도면4a



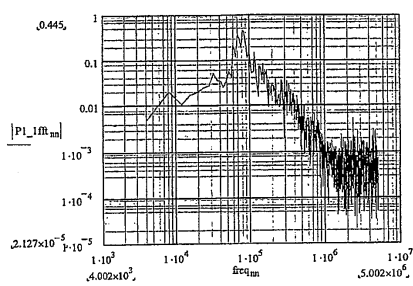
도면4b



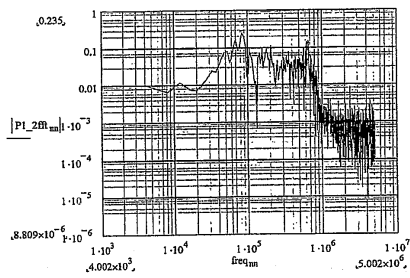
도면4c



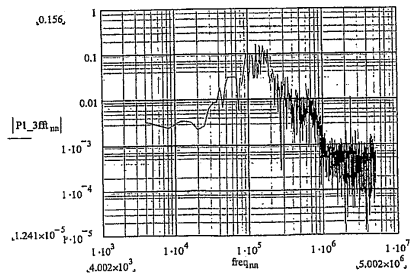
도면5a



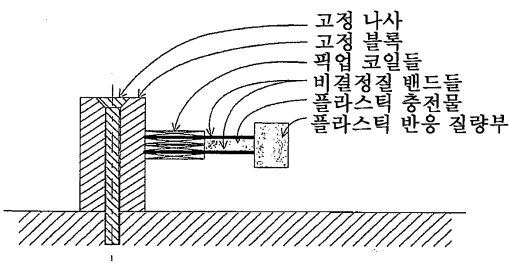
도면5b



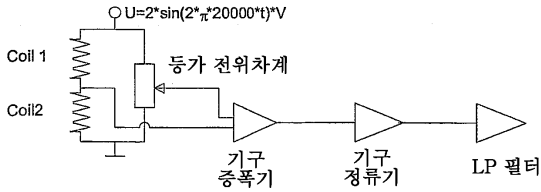
도면5c



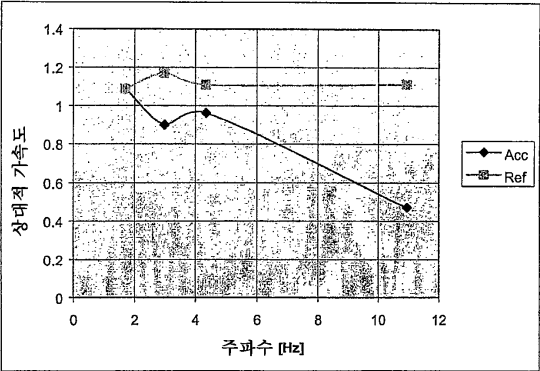
도면6



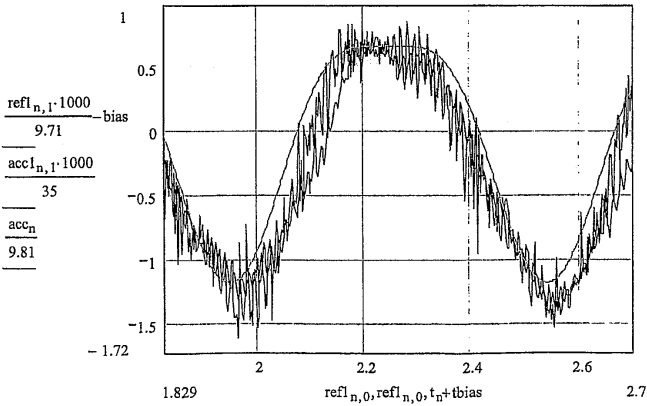
도면7



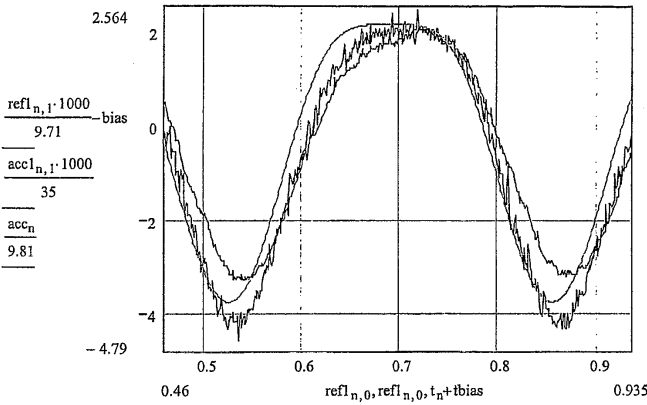
도면8



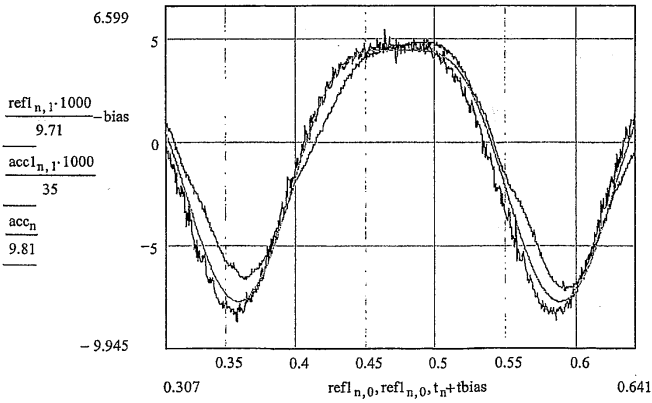
도면9



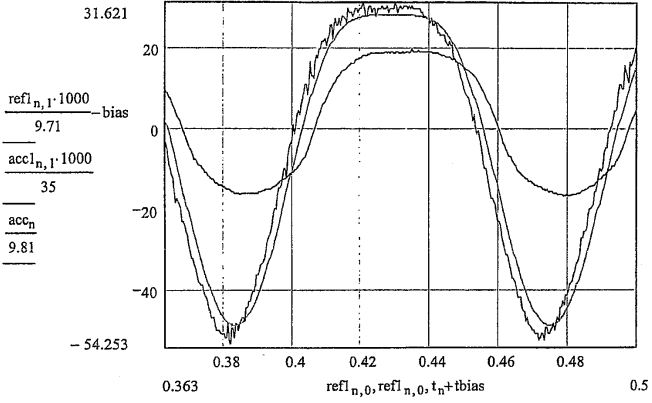
도면10



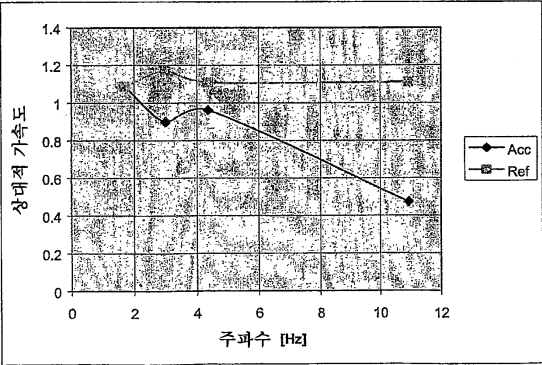
도면11



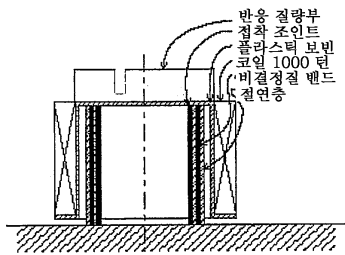
도면12



도면13



도면14



도면15

