	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0134853 (43) 공개일자 2012년12월12일
<hr/>		
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) B32B 15/06 (2006.01) B32B 15/08 (2006.01) C22C 1/00 (2006.01) H01M 4/38 (2006.01)	(71) 출원인 연세대학교 산학협력단 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)	
(21) 출원번호 10-2011-0054049	(72) 발명자 이우영 서울특별시 마포구 성산동 601 대림아파트 108-19 이준민 경기도 성남시 수정구 양지동 451번지 102호 이은영 서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 신소재공학과 (신촌동)	
(22) 출원일자 2011년06월03일 심사청구일자 2011년06월03일	(74) 대리인 임상엽, 이창희, 특허법인리온, 고영갑, 김성태, 권정기	

전체 청구항 수 : 총 17 항

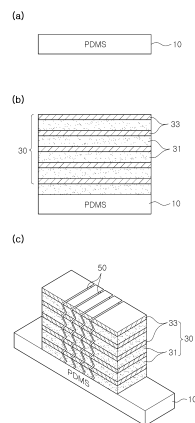
(54) 발명의 명칭 나노 겹을 갖는 수소저장합금의 제조방법, 및 수소저장합금

(57) 요약

나노 겹을 갖는 수소저장합금의 제조방법, 및 수소저장합금이 제공된다.

본 발명은, 탄성기관을 마련하는 제1 공정; 상기 기관상에 Mg 또는 Mg합금의 제1 박막을 형성하는 제2 공정; 상기 제1 박막상에 Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mn 및 Ce중 선택된 1종 이상의 제 2 합금 박막을 형성하는 제3 공정; 상기 제2 공정과 제3 공정을 반복함으로써 상기 탄성기관상에 상기 제2 박막을 최외층으로 하는 다수의 제1 박막-제2 박막의 배열체를 형성하는 제4 공정; 및 상기 탄성 기관에 인장력을 작용시켜 상기 탄성 기관 표면에 형성된 상기 박막 배열체의 표면에서 내부로 다수의 나노 겹을 형성하는 제5 공정;을 포함하는 나노 겹을 갖는 수소저장합금의 제조방법과, 상기 제조방법으로 제조되는 수소저장합금에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2010-8-1810

부처명 학술진흥재단

연구사업명 나노융합 그린에너지 원천기술 개발

연구과제명 나노융합 그린에너지 원천기술 개발

주관기관 연세대학교 산학협력단

연구기간 2009.09.01 ~ 2018.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

탄성 기판을 마련하는 제1 공정;

상기 기판상에 Mg 또는 Mg합금의 제1 박막을 형성하는 제2 공정;

상기 제1 박막상에 Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mn 및 Ce중 선택된 1종 이상의 제 2 합금 박막을 형성하는 제3 공정;

상기 제2 공정과 제3 공정을 반복함으로써 상기 탄성 기판상에 상기 제2 박막을 최외층으로 하는 다수의 제1 박막-제2 박막의 배열체를 형성하는 제4 공정; 및

상기 탄성 기판에 인장력을 작용시켜 상기 탄성 기판 표면에 형성된 상기 박막 배열체의 표면에서 내부로 다수의 나노 갭을 형성하는 제5공정;을 포함하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 인장력의 인가 시에, 상기 박막층은 인장력이 작용한 방향으로 인장되는 동시에, 인장력이 작용한 방향의 수직 방향으로 압축되고, 상기 인장력의 회수 시에, 상기 박막층은 인장력이 회수된 방향으로 다시 압축되는 동시에, 인장력이 회수된 방향의 수직방향으로 다시 인장되는 것에 의해 상기 나노 갭이 형성됨을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 탄성 기판은 0.3~0.7의 프와송 비(poisson's ratio)를 가짐을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 인장력은 상기 탄성기판이 1.05 내지 1.50배로 신장되도록 인가됨을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 탄성 기판을 이루는 탄성 소재는 천연고무, 합성고무, 또는 폴리머인 것을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 합성고무는 부타디엔계 고무, 이소프렌계 고무, 클로로프렌계 고무, 니트릴계 고무, 폴리우레탄계 고무, 및 실리콘계 고무로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나일 수 있고, 상기 실리콘계 고무는 PDMS(polydimethylsiloxane)인 것을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 Mg합금은 Mg와, Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mn 및 Ce중 선택된 1종 이상의 금속의 합금인 것을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 박막 배열체의 전체 두께는 100nm~10 mm인 것을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 9

제 1항에 있어서, 상기 박막 배열체를 이루는 제1 박막과 제2 박막은 그 두께가 각각 1nm ~ 100 μ m범위에 있음을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 10

제 1항에 있어서, 상기 나노 갭은 그 폭이 1nm ~ 10 μ m범위에 있음을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법.

청구항 11

탄성 기관;

상기 탄성 기관상에 형성된 Mg 또는 Mg합금의 제1 박막과, 상기 제1 박막상에 형성된 Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mn 및 Ce중 선택된 1종 이상의 제 2 합금 박막의 반복으로 이루어진, 상기 제2 박막을 최외층으로 하는 다수의 제1 박막-제2 박막의 배열체; 및

상기 박막 배열체의 표면에서 내부로 형성된 다수의 나노 갭;을 포함하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금.

청구항 12

제 11항에 있어서, 상기 탄성 기관은 PDMS기관인 것을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금.

청구항 13

제 11항에 있어서, 상기 Mg합금은 Mg와, Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mn 및 Ce중 선택된 1종 이상의 금속의 합금인 것을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금.

청구항 14

제 11항에 있어서, 상기 박막 배열체의 전체 두께는 100nm~10 mm인 것을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금.

청구항 15

제 11항에 있어서, 상기 박막 배열체를 이루는 제1 박막과 제2 박막은 그 두께가 각각 1nm ~ 100 μ m범위에 있음을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금.

청구항 16

제 15항에 있어서, 상기 박막 배열체를 이루는 제1 박막과 제2 박막은 그 두께가 각각 3nm ~ 100nm범위에 있음을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금.

청구항 17

제 11항에 있어서, 상기 나노 갭은 그 폭이 1nm ~ 10 μ m범위에 있음을 특징으로 하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 그 표면에서 내부로 형성된 다수의 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 현재 주된 연료로 사용되는 화석연료의 경우에 여러 가지 환경문제에 수반하여 자원고갈문제가 대두 되면서 새로운 에너지 자원에 대한 연구가 활발해지고 있다. 이러한 새로운 에너지 자원중 수소는 연소 시 공해를 유발하지 않으며, 중량당 에너지 밀도가 높고 지구의 70%를 차지하는 물을 분해하여 제조할 수 있어 자원이 무한하다는 장점이 있다.

[0003] 그러나 수소는 상온과 상압에서 기체로 존재하기 때문에 체적당 에너지밀도가 낮을 뿐만 아니라 저장과 운반이 불편하다는 문제점이 있다. 따라서 상기 문제점을 해결할 수 있는 수소저장기술을 개발하기 위한 연구가 지속적

으로 이어지고 있다.

[0004] 수소저장기술은 압축기체 저장법, 액체수소 저장법과 수소 저장재를 이용하는 방법 등으로 분류할 수 있으며, 각각 장단점을 가지고 있어 목적에 맞는 연구가 이루어지고 있다. 이들 중 수소 저장재를 이용하는 방법은 저장 밀도가 크며 저장과정에서 에너지 손실이 상대적으로 작을 뿐만 아니라 안전성도 높다는 장점을 가지고 있어, 다양한 방면에 적용하기 위한 연구가 활발히 진행중에 있다.

[0005] 한편 수소 저장재 중에서 마그네슘계 수소저장합금은 중량당 수소저장량이 매우 높고 자원이 풍부하여 경제성이 우수할 뿐만 아니라 경량이라는 장점을 가지고 있다. 그러나 마그네슘계 수소저장합금은 수소와 강한 이온결합을 형성함으로써 안정성이 높아 저온에서 수소 흡,탈착 반응이 느릴 뿐만 아니라 활성화에너지가 높은 단점이 있다. 즉, 순수 마그네슘의 경우 수소 저장에 350도 정도의 높은 온도가 필요하게 되고 시간도 굉장히 오래 걸린다는 단점이 있다.

[0006] 이것을 해결하기 위해, 팔라듐 또는 니켈을 멀티레이어로 하여 수소 저장량이 조금 줄어드는 대신에 낮은 온도와 빠른 반응속도를 얻을 수 있는 기술이 문헌상 보고되고 있으나, 우수한 수소 저장능 및 빠른 반응속도 측면에서 이용에 다소 한계가 있다.

[0007]

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서 본 발명은 상기 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 기관상에 다수의 박막층의 배열체를 형성한 후 상기 기관에 인장 응력을 부여함으로써 상기 금속층에 나노 갭을 형성시켜 우수한 수소 저장능 및 빠른 반응속도를 갖는 수소저장합금 제조방법을 제공함을 그 목적으로 한다.

[0009] 또한 본 발명은 상기 제조방법에 의해 제조된 그 표면에서 내부로 형성된 다수의 나노갭을 수소저장합금을 제공함을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은,

[0011] 탄성 기관을 마련하는 제1 공정;

[0012] 상기 기관상에 Mg 또는 Mg합금의 제1 박막을 형성하는 제2 공정;

[0013] 상기 제1 박막상에 Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mn 및 Ce중 선택된 1종 이상의 제 2 합금 박막을 형성하는 제3 공정;

[0014] 상기 제2 공정과 제3 공정을 반복함으로써 상기 탄성 기관상에 상기 제2 박막을 최외층으로 하는 다수의 제1 박막-제2 박막의 배열체를 형성하는 제4 공정; 및

[0015] 상기 탄성 기관에 인장력을 작용시켜 상기 탄성 기관 표면에 형성된 상기 박막 배열체의 표면에서 내부로 다수의 나노 갭을 형성하는 제5 공정;을 포함하는 나노 갭을 갖는 수소저장합금의 제조방법에 관한 것이다.

[0016] 본 발명에서 상기 인장력의 인가 시에, 상기 박막층은 인장력이 작용한 방향으로 인장되는 동시에, 인장력이 작용한 방향의 수직 방향으로 압축되고, 상기 인장력의 회수 시에, 상기 박막층은 인장력이 회수된 방향으로 다시 압축되는 동시에, 인장력이 회수된 방향의 수직방향으로 다시 인장되는 것에 의해 상기 나노 갭이 형성될 수 있다.

[0017] 본 발명에서 상기 탄성 기관은 0.3~0.7의 프와송 비(poisson's ratio)를 가질 수 있다.

- [0018] 또한 상기 인장력은 상기 탄성기관이 1.05 내지 1.50배로 신장되도록 인가될 수 있다.
- [0019] 본 발명에서 상기 탄성기관을 이루는 탄성 소재는 천연고무, 합성고무, 또는 폴리머 일 수가 있다.
- [0020] 또한 상기 합성고무는 부타디엔계 고무, 이소프렌계 고무, 클로로프렌계 고무, 니트릴계 고무, 폴리우레탄계 고무, 및 실리콘계 고무로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나일 수 있고, 상기 실리콘계 고무는 PDMS(polydimethylsiloxane)일 수 있다.
- [0021] 상기 Mg합금은 Mg와, Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mn 및 Ce중 선택된 1종 이상의 금속의 합금인 것이 바람직하다.
- [0022] 상기 박막 배열체의 전체 두께는 100nm~10 mm인 것이 바람직하다.
- [0023] 박막 배열체를 이루는 제1 박막과 제2 박막은 그 두께가 각각 1nm ~ 100 μ m 범위에 있는 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 3nm ~ 100nm, 그리고 가장 바람직하게는 5nm ~ 15nm범위에 있는 것이다.
- [0024] 상기 나노갭은 그 폭이 1nm ~ 10 μ m범위에 있음이 바람직하다.
- [0025] 또한, 본 발명은,
- [0026] 탄성 기관;
- [0027] 상기 탄성 기관상에 형성된 Mg 또는 Mg합금의 제1 박막과, 상기 제1 박막상에 형성된 Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mn 및 Ce중 선택된 1종 이상의 제 2 합금 박막의 반복으로 이루어진, 상기 제2 박막을 최외층으로 하는 다수의 제1 박막-제2 박막의 배열체; 및
- [0028] 상기 박막 배열체의 표면에서 내부로 형성된 다수의 나노갭;을 포함하는 나노갭을 갖는 수소저장합금에 관한 것이다.

발명의 효과

- [0029] 상술한 바와 같은 구성의 본 발명의 수소저장합금은 나노 갭의 형성에 따라 넓은 표면적으로 수소와의 접촉 면적을 확대할 수 있으므로 우수한 수소 저장능을 나타내며, 아울러 Mg기반 합금이용으로 비교적 저렴한 가격에 제품을 공급할 수 있다.
- [0030] 또한 그 표면에 Pd 등 박막층을 형성함으로써 표면산화물의 형성을 억제할 수 있음과 아울러, 활성화에너지의 감소를 도모할 수 있으므로 보다 낮은 온도에서 수소의 저장이 가능하다.
- [0031] 아울러, co-sputtering공정으로 상기 박막 배열체를 손쉽게 제조할 수 있으므로 경제적인 기술로 평가할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 본 발명의 수소저장합금의 제조공정을 나타내는 공정개략도이다.
- 도 2는 탄성 기관에 인장력을 작용시킬 때, 탄성 기관 및 상기 탄성 기관에 형성된 박막 배열체가 변형되는 양태를 도시한 설명도이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 인장응력 인가방향에 따른 나노 갭 형성패턴을 보여주는 그림이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 이용된 Mg-Pd 박막 배열체가 형성된 PDMS기판을 보여주는 개략도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에서 100℃에서 수소흡수능을 비교예에 대비하여 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시예에서 100℃에서 시간에 따른 수소흡수능을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 첨부도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 수소저장합금의 제조공정을 나타내는 공정 개략도이다.
- [0035] 도 1(a)에 나타난 바와 같이, 본 발명에서는 먼저 탄성 기관(10)을 마련한다. 상기 기관(10)은 인장력을 인가할 때 그 방향으로 신장 될 수 있고, 다시 인장력을 제거하면 본래의 형상으로 회복될 수 있는 탄성 소재로 이루어 질 수 있다.
- [0036] 본 발명에서 상기 탄성 기관(10)을 이루는 탄성 소재로는 인장력을 인가할 때 그 방향으로 신장 될 수 있고, 다시 인장력을 제거하면 본래의 형상으로 회복될 수 있는 어떠한 소재라도 사용 가능한데, 그 예로는 천연고무, 합성고무, 또는 폴리머를 이용하는 것 등이 있다.
- [0037] 상기 합성 고무의 예로는 부타디엔계 고무, 이소프렌계 고무, 클로로프렌계 고무, 니트릴계 고무, 폴리우레탄계 고무, 및 실리콘계 고무중 선택된 1종을 이용할 수 있으며, 바람직하게는 접촉 자유 에너지(interfacial free energy)가 낮아 후속하는 공정에서 기관상에 형성된 박막 배열체를 성형 가공하기 좋고, 내구성이 좋은 실리콘 재 고무 탄성체인 PDMS(polydimethylsiloxane)를 사용할 수 있다. 상기 PDMS 이외에도 폴리이미드(Polyimide)계 고분자 물질, 폴리우레탄(Polyurethane)계 고분자 물질, 플루오로카본(Fluorocarbon)계 고분자 물질, 아크릴(Acrylic)계 고분자 물질, 폴리아닐린(Polyaniline)계 고분자 물질, 폴리에스테르(polyester)계 고분자 물질 등 도 상기 박막 배열체에 인장력을 전달할 수 있다면 탄성을 적절하게 조절하여 사용할 수 있다.
- [0038]
- [0039] 도 2를 참조하면, 탄성 소재에서 흔히 볼 수 있는 바와 같이, 탄성 소재를 종 방향(x 방향)으로 인장할 때, 종 방향의 인장변형을 성분 이외에, 다른 아무런 조건이 없는 한, 탄성 소재는 종 방향으로 늘어남에 따라 횡 방향(y 방향)의 수축이 일어날 것으로 예상된다. 그리고, 상기 횡 방향(y 방향)의 수축변형율은 종 방향 인장변형율과 일정한 비율을 유지하면서 수축하게 된다. 다시 인장된 탄성 소재에 인가된 인장력을 회수하거나, 탄성 소재를 단축방향으로 압축시키는 경우, 횡 방향으로의 인장변형율이 발생하게 되고, 이때 횡 방향 인장변형율과 종 방향 수축변화를 사이에도 인장시와 동일한 일정비를 유지하면서 변형되게 된다. 이러한 횡 방향 인장변형율과 종 방향 수축변화율이 갖는 일정 비의 값을 탄성 소재의 프와송 비(poisson's ratio)라 정의한다.
- [0040] 본 발명에서 상기 탄성기관(10)은 0.2내지 0.8의 프와송 비(poisson's ratio)를 갖는 것이 바람직하고, 0.3 내지 0.7 의 프와송 비(poisson's ratio)를 갖는 것이 더욱 바람직하며, 0.5의 프와송 비(poisson's ratio)를 갖는 것이 가장 바람직하다.
- [0041] 그리고 도 1(b)에 나타난 바와 같이, 상기 기관(10)상에 Mg 또는 Mg합금의 제1 박막(31)을 형성한다. 그리고 상기 제1 박막(31)상에 Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mm 및 Ce중 선택된 1종 이상의 제 2 합금 박막(33)을 형성한다.
- [0042] 계속하여, 본 발명에서는 상기 공정들을 반복함으로써 상기 탄성기관(10)상에 상기 제2 박막(33)을 최외층으로 하는 다수의 제1 박막-제2 박막의 배열체(30)를 형성한다.
- [0043] 즉, 본 발명에서 상기 박막 배열체(30)는 제1 박막(31)과 제2 박막(33)이 다수로 교대 배열되어 있으며, 그 최외층은 표면층의 산화를 방지하기 위하여 제2 박막(33)으로 이루어져 있다.
- [0044] 상기 박막 배열체(30)는 이루는 제1 박막(31)과 제2 박막(33)을 탄성기관(10)상에 형성하는 방법으로는 당업계에서 통상 사용되고 있는 어떠한 방법도 사용 가능하며, 그 예로는 통상 사용되는 스퍼터링(Sputtering), 이베포레이션(Evaporation) 등의 물리적 증착법과, 화학기상법(CVD: chemical vapor deposition), 원자층 증착법(ALD: atomic layer deposition) 등의 화학적 증착법이 사용될 수 있다. 본 발명에서는 상기 탄성 기관(10)상에 제1 박막층(31)과 제2 박막층(33)을 번갈아 형성함으로써 용이하게 박막 배열체(30)에 이를 수 있다.

- [0045] 본 발명에서 상기 제1 박막(31)을 이루는 Mg합금은 Mg와, Ti, Ni, Al, Fe, Pd, Cu, V, Sc, Co, Mm 및 Ce중 선택된 1종 이상의 금속의 합금인 것이 바람직하다.
- [0046] 본 발명에서는 상기 박막 배열체(30)의 전체 두께는 100nm~10 mm로 제한함이 바람직하다. 만일 그 두께가 너무 크면 하층의 탄성 기관의 인장 응력 부여에도 나노갭의 크랙의 형성이 곤란하고, 너무 작으면 수소 저장능이 문제가 되기 때문이다.
- [0047] 또한 본 발명에서는 상기 형성되는 제1 박막(31)층과 제2 박막(33)층의 두께를 각각 1nm ~ 100 μ m 범위에 있는 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 3nm ~ 100nm, 그리고 가장 바람직하게는 5nm ~ 15nm범위에 있는 것이다.
- [0048] 후속하여 본 발명에서는, 도 1(c)와 같이 탄성기관(10)에 인장응력을 부여함으로써 상기 박막 배열체(30)의 표면에서 내부로 나노 갭(50)을 형성하며, 이때, 상기 나노 갭은 100nm 내지 100 μ m의 폭을 갖는 것이 바람직하다.
- [0049] 즉, 상기 탄성기관(10)에 형성된 상기 박막 배열체(30)는 인장력 작용방향으로 인장됨과 동시에 그 수직 방향으로 압축된다. 또한, 상기 탄성 기관(10)에 인가된 인장력을 다시 회수하게 되면, 상기 박막 배열체(30)는 인장력이 회수된 방향으로 압축됨과 동시에, 그 수직방향으로는 다시 인장된다.
- [0050] 따라서, 본 발명은 상기 탄성 기관(10)에 인장력을 부과하는 간단한 방법으로 상기 박막 배열체에 물리적인 스트레인을 부과하며, 이를 통해 단시간에 값싸고 손쉽게 나노 갭을 갖는 박막 배열체(30)를 제조할 수 있다.
- [0051] 다시 말하면, 상기 탄성 기관(10)에 인장력을 부과하는 간단한 방법으로 상기 탄성 기관(10)의 표면에 일체로 형성된 박막 배열체(30)에 물리적인 스트레인을 부과할 수 있고, 물리적인 스트레인이 부과된 상기 박막 배열체(30)에는, 수직으로 교차하여, 나노 갭(11)이 형성되게 된다.
- [0052] 상기 탄성 기관(10)에 작용된 인장력은 상기 박막 배열체(30)에 그대로 전달되기 때문에, 상기 탄성 기관(10)이 갖는 프와송 비(poisson's ratio)에 의해 상기 박막 배열체(30)의 인장방향(x 방향), 또는 그 수축 방향(y 방향)으로의 인장과 수축의 비율이 결정되게 된다.
- [0053] 본 발명에서, 상기 박막 배열체는 인장력이 작용한 x 방향으로 인장됨과 동시에, 인장력이 작용한 방향의 수직 방향인 y 방향으로 수축하게 된다. 따라서, 상기 박막 배열체(30)에 작용하는 물리적인 스트레인, 및 스트레인에 의한 나노 갭(50)의 효율적인 형성을 종합적으로 고려하여 상기 탄성 기관(10)에 작용하는 인장력의 크기를 조절할 필요가 있다.
- [0054] 또한, 상기 탄성 기관(10)에 작용하는 인장력은 상기 탄성 기관의 특성과 상기 탄성 기관의 표면에 일체로 형성된 상기 박막 배열체(30)의 두께, 재질 및 성질 등을 종합적으로 고려하여, 상기 배열체(30)에 균일하게 나노 갭(50)이 형성될 수 있도록, 상기 탄성 기관(10)이 인장되는 것이 바람직하며, 상기 탄성 기관(10)이 1.05 내지 1.50 배로 신장되도록 인가되는 것이 가장 바람직하다.
- [0055] 상기 박막 배열체(30)가 형성된 탄성 기관(10)에 인장력을 인가하게 되면, 상술한 바와 같이, 상기 박막 배열체(30)는 인장력이 인가된 x 방향으로 인장함과 동시에 y 방향으로 수축하여 물리적인 스트레인을 받게 되어 나노 갭(50)을 형성하게 된다. 이때, 단 1회라도 인장력을 인가하더라도 상기 박막 배열체에는 나노 갭(50)이 형성될 수 있으나, 나노 갭(50)이 형성될 때의 방향성 및 균일성을 고려하면, 상기 탄성 기관(10)에 작용하는 인장력은 1회 이상 반복하여 작용하는 것이 바람직하다.
- [0056] 또한, 상기 인장력의 인가는 단순히 하나의 특정 방향으로만 인가될 수 도 있으나, 이에 제한되는 것은 아니며, 도 3에 도시된 바와 같이, 하나 이상의 방향, 예를 들면, 2 방향, 3 방향으로 인장력을 인가하여 상기 박막 배열체에 나노 갭이 형성하는 것을 촉진할 수도 있다.
- [0057] 상기 3 방향으로 인장력이 인가되는 경우에는, 제1방향, 상기 제1방향과 수직을 이루는 제2방향, 및 상기 제1방향 및 상기 제2방향과는 다른 방향을 이루는 제3방향으로 1회 이상 반복하여, 상기 박막 배열체에 작용하는 스트레인을 효과적으로 집중시킬 수 있고, 이를 통해 상기 박막 배열체에 나노 갭을 형성시킬 수 있으며, 이때 상기 인장력이 인가되는 제2방향은 상기 제1방향과 90°의 각도를 갖고, 상기 인장력이 인가되는 제3방향은 상기 제1방향 및 제2방향과 $\pm 0^\circ$ 보다 크거나 $\pm 90^\circ$ 보다 작은 각도를 갖는 경우에 상기 박막 배열체에 작용하는 스

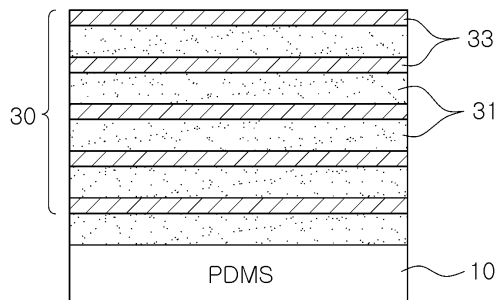
도면

도면1

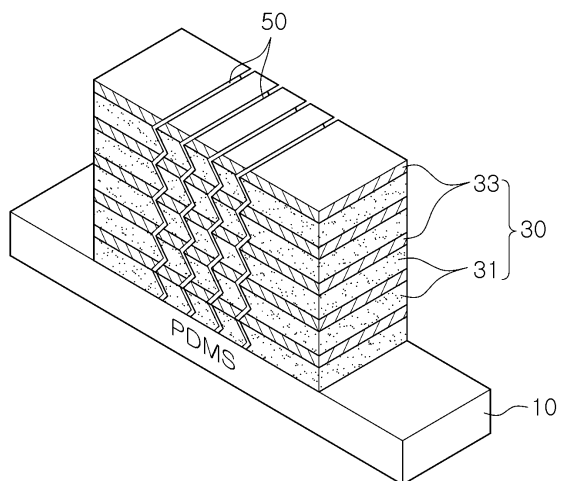
(a)



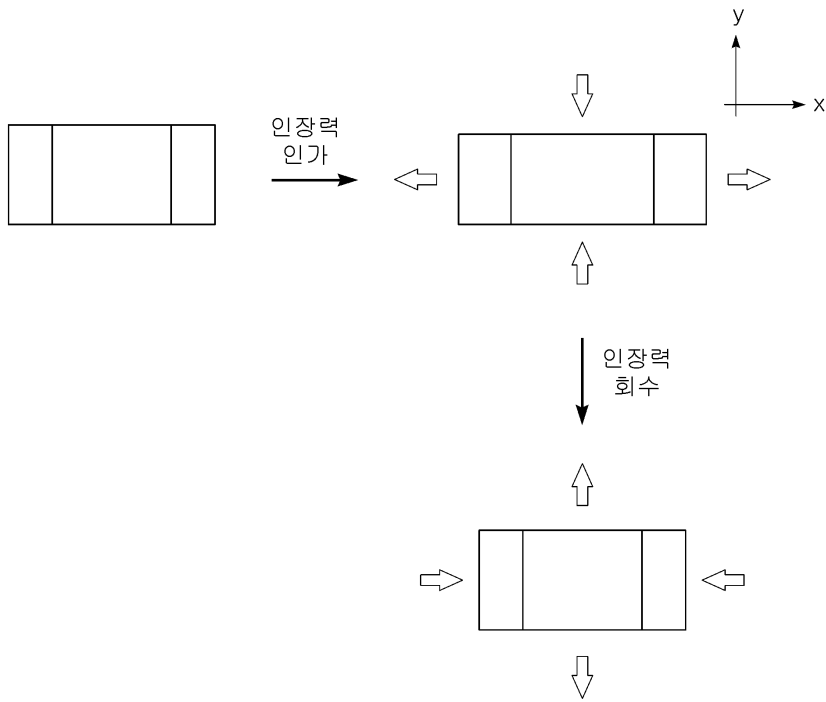
(b)



(c)

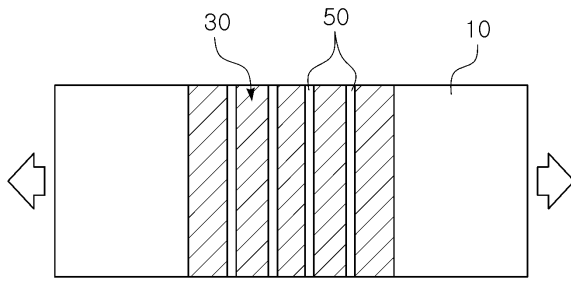


도면2



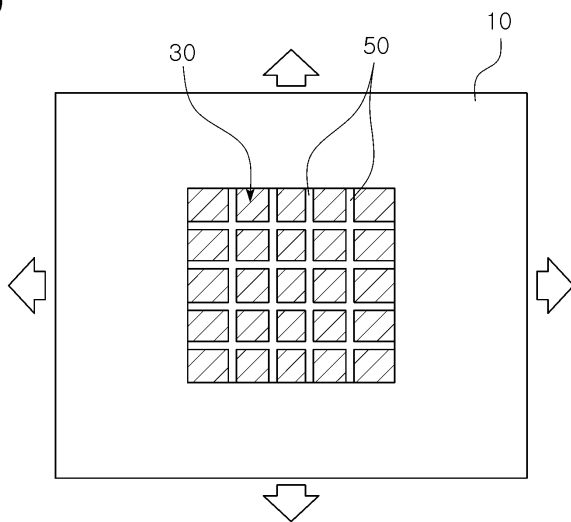
도면3

(a)



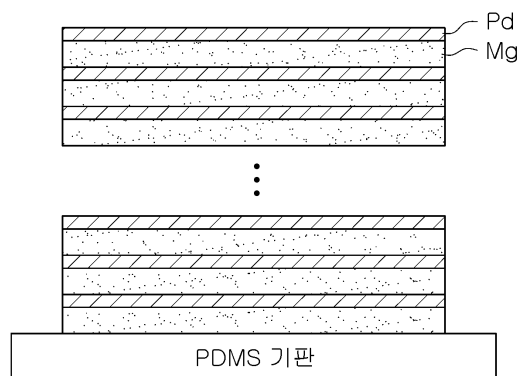
일방향 연신후

(b)

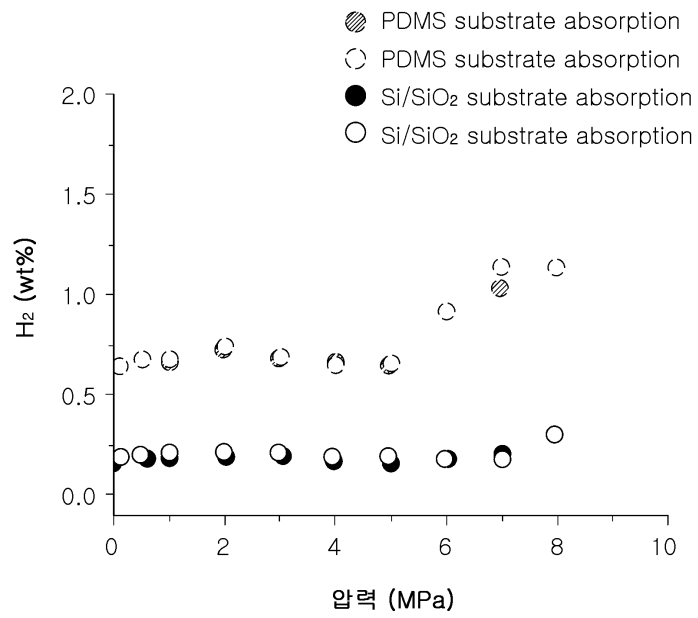


2방향 연신후

도면4



도면5



도면6

