

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2014년 2월 13일 (13.02.2014)



(10) 국제공개번호
WO 2014/025089 A1

- (51) 국제특허분류:
H02K 57/00 (2006.01) *F15B 21/00* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/008166
- (22) 국제출원일: 2012년 10월 9일 (09.10.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2012-0085537 2012년 8월 6일 (06.08.2012) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 전남대학교 산학협력단 (INDUSTRY FOUNDATION OF CHONNAM NATIONAL UNIVERSITY) [KR/KR]; 500-757 광주 북구 용봉로 77, Gwangju (KR).
- (72) 발명자: 겸
- (71) 출원인 (US 에 한하여): 강기주 (KANG, Ki Ju) [KR/KR]; 517-913 전라남도 담양군 수북면 공산리 367-11, Jeollanam-do (KR). 이민근 (LEE, Min Geun) [KR/KR]; 579-854 전라북도 부안군 변산면 마포리 289, Jeollabuk-do (KR).

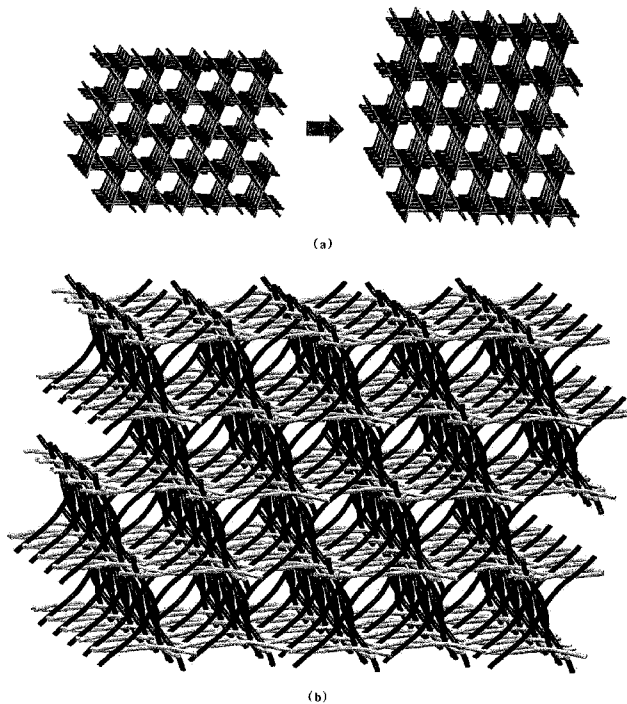
- (74) 대리인: 이숙열 (LEE, Sook Yeol); 137-862 서울 서초구 남부순환로 347 길 60, 4층 돔빌딩, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: THREE-DIMENSIONAL TRUSS ACTUATOR COMPOSED OF WIRES

(54) 발명의 명칭 : 와이어로 구성된 3차원 트러스 구동기

[Fig. 14]



(57) Abstract: Disclosed is an actuator having a three-dimensional truss structure assembled by intersecting continuous wire groups in three or more directions, the wire groups each having spatially predetermined azimuth. The present invention provides an actuator having a three-dimensional truss structure assembled by intersecting continuous wire groups in three or more directions, the wire groups having spatially predetermined azimuth. The wire groups include a first wire group made of a material capable of reacting to an external physical or chemical change, and a second wire group made of a material that does not react. The three-dimensional truss actuator causes a change in the shape of the truss structure by the displacement of the first wire group resulting from the external physical or chemical change.

(57) 요약서: 공간상에서 서로 일정한 방위각을 갖는 3방향 이상의 연속된 와이어 군을 교차하여 조립된 3차원 트러스 형태의 구조를 포함하는 구동기가 개시된다. 본 발명은 공간상에서 서로 일정한 방위각을 갖는 3방향 이상의 연속된 와이어 군을 교차하여 조립 형성된 3차원 트러스 구조체를 포함하는 구동기로서, 상기 와이어 군은 외부의 물리적 또는 화학적 변화에 따라 반응할 수 있는 재료로 이루어진 제1 와이어 군 및 반응하지 않는 재료로 이루어진 제2 와이어 군이 조합되어, 외부의 물리적 또는 화학적 변화에 의하여 상기 제1 와이어 군의 변위를 발생시켜 상기 트러스 구조체의 형태 변화를 일으키는 3차원 트러스 구동기를 제공한다.



공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 와이어로 구성된 3차원 트러스 구동기

기술분야

- [1] 본 발명은 구동기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 3 방향 이상의 복수의 와이어들로 구성되어 3차원 트러스 구조체를 가지며, 주변 환경변화에 의하여 전체 구조체가 형태 변화를 하는 구동기에 관한 것이다.
- [2] 본 발명은 2012년 한국연구재단에서 지원하는 중견연구자 지원사업(도전)의 일환으로 수행된 연구로부터 도출된 것이다.
- [3] [과제관리번호: 2012R1A2A1A01003405, 과제명: 멀티스케일 초경량 금속의 제조법]

배경기술

- [4] 구동기(actuator)는 기계시스템을 구성하는 일부 장치로서 의도에 의하여 변위를 발생시킴으로써 시스템이 원하는 동작을 하도록 하는 요소로서, 변위 형태에 따라 선형(또는 왕복형)과 회전형으로 분류되며, 동력원에 따라 유압식, 공압식, 전기식 등으로 분류될 수 있다. 이러한 구동기에 필요한 조건을 나열하면 다음과 같다. 첫째, 빈번한 기동-정지를 할 수 있어야 한다. 즉, 반복적인 변위 발생이 용이해야 한다. 둘째, 지령 신호에 따라 쉽게 제어할 수 있고, 응답성도 좋아야 한다. 셋째, 운동 부분의 관성이 작으면서 발생하는 힘이나 토크가 커야 한다. 넷째, 가능한 한 소형, 경량이며 보수 작업이 용이해야 한다.
- [5] 최근 전통적인 유압, 공압, 전기모터 대신에 스마트 재료를 사용한 구동기가 각광을 받고 있다. 스마트 재료란 외부 환경변화에 따라 반응할 수 있는 재료를 말하는데, 구체적으로 응력, 온도, 습도, 산도(pH), 전기장, 자기장 등의 외부 환경에 따라 제어가능한 변위가 발생하는 재료가 구동기로 사용될 수 있다. 대표적인 예로, 압전 재료(piezoelectric materials), 자왜 재료(magnetostrictive materials), 형상기억 합금 또는 수지(shape memory alloy or polymer), 산도민감 수지(pH-sensitive polymers), 열전 재료(thermoelectric materials), 전자레올로지 액체(electrorheological(ER) fluid) 등이 있다(Craig A. Rogers, "Intelligent Materials", Scientific American, Vol.9, pp.154-164 (1995)). 스마트 재료를 사용한 구동기는 초소형으로 제조될 수 있고, 센서와 결합하여 지능화하기에 유리하다.
- [6] 구동기는 구조적인 안정성을 도모하고 기구학적인 메카니즘을 통하여 원하는 최종동작의 구현을 위하여 트러스 구조와 결합하여 사용되는 경우가 많다. 도 1은 그 한 예로서 선형 구동기를 삼각형 트러스와 결합하여 회전운동을 발생시키는 장치를 나타내고 있다.
- [7] 트러스 구조는 전통적으로 토목, 건축용 경량, 고강도 구조로서 널리 활용되어 왔다. 최근 트러스의 크기를 대폭 축소하여 트러스 요소의 길이가 수

마이크로미터 내지 수 밀리미터 수준이 되도록 한 구조체가 일종의 다공질 재료로서 우수한 특성을 갖는다고 보고되었다. 즉, 기존의 대표적인 다공질 재료인 발포 재료(porous material)가 불규칙한 아치 또는 원형의 다수의 휘어진 요소로 구성되지만, 트러스 형태를 갖는 새로운 다공질 재료는 무게 대비 기계적 강도와 강성이 월등히 우수하다. 트러스 구조체는 그 단위셀의 형태에 따라 분류될 수 있다. 도 2는 대표적인 트러스 구조인 피라미드(a), 옥테트(b), 카고메(c) 트러스의 단층(single layer) 구조와 카고메 트러스 다층(multi-layer) 구조(d)를 나타낸 것이다. 이상의 트러스로 구성된 재료를 제조하는 방법은 Wadley, Fleck, Evans의 논문(Fabrication and structural performance of periodic cellular metal sandwich structures, Composites Science and Technology Vol.63, pp.2331-2343 (2003))에 정리되어 있다. 단층의 트러스 구조를 갖는 재료는 박판 성형이나 와이어 절곡을 통하여 제조될 수 있으나, 다층의 트러스 구조를 갖는 것은 인베트스먼트 주조로만 제조될 수 있다. 즉, 수지로 트러스 구조를 만들고, 이것을 주형으로 하여 금속을 주조하여 제조하는 방법이다(S. Chiras, D.R. Mumm, N. Wicks, A.G. Evans, J.W. Hutchinson, K. Dharmasena, H.N.G. Wadley, S. Fichter, 2002, International Journal of Solids and Structures, Vol.39, pp.4093~4115).

- [8] 상술한 선행기술들의 문제점을 해결하고자 본 발명자 중 강기주를 포함한 2인은 공간상에서 서로 60도 또는 120도의 방위각을 갖는 6 방향의 연속된 와이어 군을 서로 교차시킴으로써 이상적인 카고메 트러스 또는 옥테트 트러스와 유사한 형태의 3차원 다공질 경량 구조체와 그 제조방법을 개발하였고, 이에 관한 내용은 본 출원인이 보유하고 있는 등록특허 제0708483호에 구체적으로 개시되어 있다.
- [9] 또한, 본 발명자 중 강기주를 포함한 2인은 3차원 다공질 경량 구조체를 더욱 효과적으로 제조할 수 있는 방법으로서, 연속된 와이어를 먼저 나선형으로 성형한 후 이를 회전하여 삽입함으로써 조립하는 나선형 와이어로 직조된 3차원 다공질 경량 구조체와 그 제조방법을 제안하였고, 이에 관한 내용은 본 출원인이 보유하고 있는 등록특허 제1029183호에 구체적으로 개시되어 있다.
- [10] 도 3은 등록특허 제1029183호에서 도 2의 3차원 카고메 트러스와 유사한 형태를 나선형 와이어로 조립한 구조체를 도시한 도면이다. 도 3에 도시된 카고메 트러스와 유사한 형태를 가지면서 나선형 와이어로 구성된 3차원 다층 트러스 구조체는 기계적 물성이 우수하고, 연속 공정에 의해 대량 생산할 수 있는 등 종래에 비해 여러 가지 이점을 가지고 있다.
- [11] 그러나, 상술한 3차원 다층 트러스 구조체를 통상적으로 널리 사용되는 직육면체 형태로 제작하게 되면 가장자리에 존재하는 단위셀의 모양이 온전하지 못하여 미관상 좋지 않고, 기계적 강도 면에서도 불리한 점이 있으며, 뿐만 아니라 와이어 사이의 간섭으로 인해 와이어의 배치 밀도를 높이는 데 한계가 있다.
- [12] 이에, 본 발명자 중 강기주를 포함한 3인은 나선형 와이어로 제작이

가능하면서도 카고메 트러스와 다른 형태를 갖는 새로운 3차원 다공질 경량 구조체의 제조방법을 특허출원 제10-2009-0080085호에서 제안하였다.

참고적으로, 도 4 내지 도 8에 상기 특허출원에서 개시된 구조체를 도시하였으며, 도 9에 도 3, 도 4 내지 도 8의 나선형 와이어로 조립된 다층 트러스 구조체의 단위셀을 도시하였다. 이와 별도로, 본 발명자 중 강기주를 포함한 3인은 나선형 와이어를 조립하여 구성할 수 있으면서도 와이어 교차점에서 단 2개만의 와이어가 만나는 구조를 가짐으로써 보다 작은 나선 반경을 갖는 나선형 와이어로 제작할 수 있는 새로운 3차원 격자 트러스 구조체와 그 제조방법을 특허출원 제10-2010-0059690호에서 제안하였다. 도 10은 그 대표적인 예를 나타내고 있다.

- [13] 도 1에서 설명한 바와 같이 구동기는 트러스 구조와 결합하여 사용하는 경우도 많은 이유는 트러스 구조의 기구학적인 안정성 때문이다. 도 11은 일종의 2차원 트러스 구조를 갖는 구동기를 나타내고 있다(T.J. Lu, J.W. Hutchinson, A.G. Evans, Optimal design of a flexural actuator, Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 49 (2001) 2071-2093). 도 11을 참조하면, 상하부의 면재(face)와 중간 부분(core)의 금속판이 3각 트러스 구조를 이루며 면재 중 하나가 형상기억 합금으로 온도 변화에 따라 전체 구조체가 위로 굽힘변형을 할 수 있음을 보여준다. 여기서 중요한 점은 면재에서 변위가 발생하더라도 중간 부나 다른 한 쪽 면재에 매우 작은 응력이 걸린다는 점이다. 이로써 반복적인 작동을 하더라도 구동기는 구조적으로 안정할 뿐 아니라 강도 측면에서도 문제가 없게 된다. 이와 같은 현상은 Maxwell 법칙에 따라 이 구조가 기구학적으로 결정(kinematically determinated)되고 정역학적으로도 결정(statically determinated)되기 때문이다(Maxwell, J.C., 1864. On the calculation of the equilibrium and stiffness of frames. Philos. Mag. 27, pp.294-299).
- [14] 보다 최근에는 3차원 트러스를 이용하여 구동기를 제작할 수 있음이 알려졌다. 도 12는 그 예를 나타낸 것이다(S.L. dos Santos e Lucato, J. Wang, P. Maxwell, R.M. McMeeking, A.G. Evans, International Journal of Solids and Structures, vol. 41 (2004) pp.3521-3543). 도 12(a)는 상부 면재는 단순박판, 하부 면에는 2차원 카고메 트러스, 중간부는 정사면체 트러스로 구성되어 있음을 나타내고 있고, 도 12(b)는 이러한 트러스 구동기로 가능한 동작의 형태를, 도 12(c)는 실제 제작한 샘플사진으로 하부의 2차원 카고메 트러스를 이루는 트러스 요소 중 수 군데를 선형 모터로 대체한 것을 나타내고 있다. 선형 모터들의 변위를 조절함에 따라 상부 면재가 도 12(b)와 같은 여러 가지 형상으로 변화할 수 있다. 이 구동 시스템은 가벼우며 강성이 높은 트러스 구조체를 복수의 선형 모터의 작동을 통하여 복잡한 3차원적 변형을 발생시킬 수 있다는 점에서 주목을 받았다.
- [15] 그러나, 일부 트러스 요소만을 선형 모터로 대체하는 것은 트러스 셀을 작게 만드는 데 제약을 주고 제조과정이 복잡하며 비용도 많이 든다. 트러스 구조가 아닌 유압, 공압, 전기 모터 등 재래의 구동기는 무거운 단점이 있으며 기존의

스마트 재료 구동기는 구조적 강도가 낮거나 변위가 작은 문제점이 있다. 최근의 에너지 위기와 첨단과학의 발전에 따라 가벼우며 큰 변위를 발생하면서 구조적 강도와 강성이 높고 저렴한 구동기가 요구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [16] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로, 공간상에서 서로 일정한 방위각을 갖는 3 방향 이상의 연속된 와이어 군을 교차하여 조립된 3차원 트러스 형태의 구조를 가지면서, 외부 환경변화에 의해 일부 와이어들의 길이가 변화함에 따라 전체 구조체가 형태 변화를 하도록 하여, 가벼우며 큰 변위를 발생시키면서도 구조적 강도와 강성이 우수하고 저가의 재료로 제작되어 경제적 측면에서도 유리한 구동기를 제공하고자 한다.

과제 해결 수단

- [17] 전술한 기술적 과제를 해결하기 위한 수단으로서 본 발명은, 공간상에서 서로 일정한 방위각을 갖는 3 방향 이상의 연속된 와이어 군을 교차하여 조립 형성된 3차원 트러스 구조체를 포함하는 구동기로서, 상기 와이어 군은 외부의 물리적 또는 화학적 변화에 따라 반응할 수 있는 재료로 이루어진 제1와이어 군 및 반응하지 않는 재료로 이루어진 제2와이어 군이 조합되어, 외부의 물리적 또는 화학적 변화에 의하여 상기 제1와이어 군의 변위를 발생시켜 상기 트러스 구조체의 형태 변화를 일으키는 3차원 트러스 구동기를 제공한다.
- [18] 또한, 상기 3차원 트러스 구조체는 피라미드 트러스 구조체, 카고메 트러스 구조체, 옥테트 트러스 구조체 및 유사 카고메 트러스 구조체로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 3차원 트러스 구동기를 제공한다.
- [19] 또한, 상기 제1와이어 군은 압전 재료(piezoelectric materials), 자왜 재료(magnetostrictive materials), 형상기억 합금 또는 수지(shape memory alloy or polymer), 산도민감 수지(pH-sensitive polymers), 열전 재료(thermoelectric materials) 및 전자레올로지 액체(electrorheological(ER) fluid)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 재료로 이루어진 것을 특징으로 하는 3차원 트러스 구동기를 제공한다.
- [20] 또한, 상기 물리적 또는 화학적 변화는 응력, 온도, 습도, 산도(pH), 전기장, 자기장 및 전자기장으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상의 변화인 것을 특징으로 하는 3차원 트러스 구동기를 제공한다.
- [21] 또한, 상기 형태 변화는 구조체 높이, 전단, 비틀림 및 굽힘으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 변화인 것을 특징으로 하는 3차원 트러스 구동기를 제공한다.

발명의 효과

- [22] 본 발명은 안정적인 구조를 갖는 3차원 트러스 구조체를 기반으로 하여 무게 대비 강도와 강성이 매우 높은 구동기를 제공할 수 있다.

- [23] 또한, 3차원 트러스 구조체를 구성하는 와이어 군의 일부가 스마트 재료로 구성되어 구조체 내를 관통하는 스마트 재료 와이어의 변위에 따라 구조체의 전반적인 형태 변화가 발생하기 때문에 대 변형이 가능한 구동기를 제공할 수 있다.
- [24] 또한, 트러스 구조가 정역학적으로 결정(statically determinated)되며 기구학적으로 결정(kinematically determinated)되는 경우에는 특히 변위가 발생하지 않는 함께 조합된 다른 와이어에는 아주 작은 수준의 변형과 응력밖에 발생하지 않기 때문에 반복적인 구동에도 내구성이 우수한 구동기를 제공할 수 있다.
- [25] 또한, 형상기억 합금 등 다양한 스마트 재료가 와이어 형태로 제작될 수 있으며 와이어를 이용하여 트러스를 제조할 수 있는 다양한 기술이 존재하므로, 이를 기반으로 제조되는 3차원 트러스형 구동기는 비용과 대량생산성 측면에서 매우 유리한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [26] 도 1은 종래 선형 구동기를 삼각형 트러스와 결합하여 회전운동을 발생시키는 장치를 나타낸 도면,
- [27] 도 2는 피라미드, 옥테드, 카고메 트러스의 단층(single layer) 구조와 카고메 트러스 다층(multi-layer) 구조를 나타낸 도면,
- [28] 도 3은 등록특허 제1029183호에서 도 2의 3차원 카고메 트러스와 유사한 형태를 나선형 와이어로 조립한 구조체를 도시한 도면,
- [29] 도 4 내지 도 8은 특허출원 제10-2009-0080085호에서 개시된 구조체를 도시한 도면,
- [30] 도 9는 도3, 도 4 내지 도 8의 나선형 와이어로 조립된 다층 트러스 구조체의 단위셀을 도시한 도면,
- [31] 도 10은 특허출원 제10-2010-0059690호에서 제안한 나선형 와이어를 이용하여 조립되는 와이어 교차점에서 단 2개만의 와이어가 만나는 구조를 갖는 3차원 격자 트러스 구조체의 예를 도시한 도면,
- [32] 도 11은 2차원 트러스 구조를 갖는 구동기를 예시한 도면,
- [33] 도 12는 3차원 트러스를 이용하여 제작된 구동기를 예시한 도면,
- [34] 도 13은 카고메 트러스 단위셀을 나타낸 도면,
- [35] 도 14 내지 도 16은 는 본 발명의 실시예 1 내지 3에 따른 3차원 트러스 구동기의 구조체 변형 과정을 설명하는 도면.

발명의 실시를 위한 형태

- [36] 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참고하여 상세하게 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 또한, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를

"포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

[37]

[38] 본 발명자들은 3차원 트러스 구조체를 기반으로 하여 경량이면서도 무게 대비 강도와 강성이 매우 높은 구동기를 제공하고자 예의 연구를 거듭한 결과, 3 방향 이상으로 보통의 와이어와 스마트 재료 와이어를 함께 사용하여 3차원 트러스 형태의 구조체를 제조하고, 그 중 스마트 재료 와이어에 전기를 가하거나 자기장, 전자기장, 온도, 습도, pH 등의 주변 환경변화를 주어 변위가 발생하게 함으로써 전체 트러스 구조체가 높이 변화, 전단, 비틀림, 굽힘 등의 형태 변화를 하도록 하는 새로운 개념의 구동기를 제작할 수 있음에 착안하여 본 발명에 이르게 되었다.

[39]

따라서, 본 발명은 공간상에서 서로 일정한 방위각을 갖는 3 방향 이상의 연속된 와이어 군을 교차하여 조립 형성된 3차원 트러스 구조체를 포함하는 구동기로서, 상기 와이어 군은 외부의 물리적 또는 화학적 변화에 따라 반응할 수 있는 재료로 이루어진 제1와이어 군 및 반응하지 않는 재료로 이루어진 제2와이어 군이 조합되어, 외부의 물리적 또는 화학적 변화에 의하여 상기 제1와이어 군의 변위를 발생시켜 상기 트러스 구조체의 형태 변화를 일으키는 3차원 트러스 구동기를 개시한다.

[40]

본 발명에서 3 방향 이상의 연속된 와이어 군을 교차하여 조립 형성되는 3차원 트러스 구조체는 전술한 다양한 구조, 예를 들어 피라미드 트러스 구조체, 카고메 트러스 구조체, 옥테드 트러스 구조체 또는 이들과 유사한 구조체일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니고, 와이어로 직조되어 트러스 구조체와 유사한 구조체를 형성하는 것이라면 모두 포함될 수 있다. 이때, 와이어를 먼저 나선형으로 성형한 후 이를 회전하여 삽입시킴으로써 구조체를 조립하여 다공질 구조체를 더욱 효과적으로 제조할 수도 있다.

[41]

본 발명에서 상기 와이어 군은 종래 3차원 트러스 구조체와 다른 조합으로 구성된다. 즉, 와이어 군 중 일부는 와이어와 접촉 또는 비접촉되는 외부의 물리적 또는 화학적 환경변화에 따라 반응할 수 있는 재료인 제1와이어 군으로 구성되며, 나머지 와이어 군은 그 환경변화에 따라 반응하지 않는 일반적인 재료인 제2와이어 군으로 구성된다. 여기서, 와이어 군이라 함은 동일한 방향으로 형성되어 있는 와이어들의 집합을 의미한다.

[42]

상기 제1와이어 군을 이루는 와이어 재료는 전술한 반응 성질을 갖는 이른바 스마트 재료로 이루어진 것이라면 한정되지 않으며, 예를 들어, 압전 재료(piezoelectric materials), 자왜 재료(magnetostrictive materials), 형상기억 합금 또는 수지(shape memory alloy or polymer), 산도민감 수지(pH-sensitive polymers), 열전 재료(thermoelectric materials), 전자레올로지 액체(electrorheological(ER) fluid) 등의 재료가 사용될 수 있다. 또한, 상기 제2와이어 군을 이루는 와이어 재료는 공지의 일반적인 재료, 예를 들어, 금속, 세라믹, 합성수지,

섬유강화합성수지 등의 재료가 사용될 수 있다.

[43] 이와 같은 본 발명에 따른 3차원 트러스 구동기는 보통의 와이어와 스마트 재료 와이어를 함께 사용하여 예를 들어, 등록특허 제0708483호에 구체적으로 개시되어 있는 것과 같은 3차원 카고메 트러스 구조체를 만들고, 그 중 스마트 재료 와이어로 이루어진 와이어 군에 전기를 가하거나 주변 환경변화를 주어 변위를 발생시킴으로써 전체 구조체의 형태 변화를 유도하면서도, 구동을 유발하는 스마트 재료 와이어가 아닌 보통의 와이어 군에는 변형이나 응력이 거의 작용하지 않는 특징을 갖게 된다. 따라서, 트러스 구조의 경량, 고강도 및 고강성을 가지면서 반복적인 작동에도 내구성을 갖게 된다. 여기서, 보통의 와이어와 스마트 재료 와이어는 등록특허 제1028183호, 등록특허 제1155267호, 공개특허 제10-2011-0139543호 등에 개시된 바와 같이 나선 형태로 미리 성형되거나, 등록특허 제1155262호에 개시된 바와 같이 방향에 따라 직선과 나선 형태가 혼용되거나, 등록특허 제0566729호에 개시된 바와 같이 직선 형태만으로 또는 등록특허 제0944326호에 개시된 바와 같이 유연한 상태로 사용될 수 있다.

[44] 이하, 구체적인 실시예를 들어 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 이하의 실시예에서는 편의상 3차원 카고메 트러스에 관하여 설명하나, 동일한 원리를 와이어로 구성된 유사한 트러스나 다른 형태의 트러스 구조체에도 적용할 수 있음은 물론이다. 도 13은 카고메 트러스 단위셀을 나타낸 것이다. 도 13에 나타낸 바와 같이, 카고메 단위셀은 총 6개 방향의 평행한 트러스 요소로 구성되어 있으며, 이 중 ①, ②, ③ 방향은 면내(in-plane) 방향, ④, ⑤, ⑥ 방향은 면외(out-of-plane) 방향을 나타내고 있다.

[45]

[46] 실시예 1

[47] 도 14(a)는 면외 ④, ⑤, ⑥ 방향의 트러스 요소에 해당하는 와이어 군이 스마트 재료로 이루어져 있을 때 전기를 가하거나 환경을 변화시키는 방법으로 균일하게 길이를 인장시킴으로써 전체 트러스 구조체가 변형하는 전/후 형상을 나타내고 있다. 즉, 면외 3 방향의 스마트 와이어가 인장변형을 함으로써 전체 구조체의 높이가 증가(elevation)하는 구동(actuation)이 되었음을 알 수 있다. 한편, 도 14(b)는 등록특허 제1029183호에 개시된 대로 나선 와이어를 직조하여 카고메 트러스와 유사한 구조체를 만들었을 때 상기의 구조체 높이를 증가시키는 구동을 위해서 인장 변형해야하는 스마트 와이어를 검은색으로 나타내고 있다.

[48]

[49] 실시예 2

[50] 도 15(a)는 면외 ④, ⑤, ⑥ 방향의 트러스 요소에 해당하는 와이어 군이 스마트 재료로 이루어져 있을 때 전기를 가하거나 환경을 변화시키는 방법으로 ④, ⑤ 방향의 트러스 요소에 해당하는 와이어 군 길이를 인장시키고, ⑥ 방향의 와이어

군의 길이를 수축시킴으로써 전체 트러스 구조체가 변형하는 전/후 형상을 나타내고 있다. 즉, 면외 3 방향의 스마트 와이어 중 2 방향은 인장변형, 나머지는 한 방향은 수축변형 함으로써 전체 구조체가 옆으로 전단(shear)하는 구동(actuation)이 되었음을 알 수 있다. 한편, 도 15(b)는 등록특허 제1029183호에 개시된 대로 나선 와이어를 직조하여 카고메 트러스와 유사한 구조체를 만들었을 때 도 15(a)와 같은 전단 구동을 위해서 인장과 수축해야 하는 스마트 와이어를 각각 검은색과 회색으로 나타내고 있다.

[51]

[52] **실시예 3**

[53] 도 16(a)는 도 16(b)에 표시된 면내 ①, ②, ③ 방향 중 한 방향의 트러스 요소에 해당하는 와이어 군이 스마트 재료로 이루어져 있을 때 전기를 가하거나 환경을 변화시키는 방법으로 와이어 군 길이를 높이에 따라 다르게 인장 또는 압축시킴으로써 전체 트러스 구조체가 변형하는 전/후 형상을 나타내고 있다. 구체적으로, 단면의 중립면(neutral surface)으로부터의 높이에 비례하게 면내 3 방향 중 한 방향의 와이어를 인장변형 또는 수축변형시킴으로써 전체 구조체가 굽어지는(bending) 구동(actuation)이 되었음을 알 수 있다. 도 16에서는 굽힘 변형이 잘 보이도록 도 13 내지 도 15와 비교할 때 면내에서 약 30도 회전된 시야에서 작도되어 변형이 일어나는 와이어가 수평방향(① 방향)으로 보인다. 한편, 도 16(c)는 등록특허 제1029183호에 개시된 대로 나선 와이어를 직조하여 카고메 트러스와 유사한 구조체를 만들었을 때 상기 구조체의 전단 구동을 위해서 인장 또는 수축해야 하는 스마트 와이어를 검은색으로 나타내고 있다.

[54]

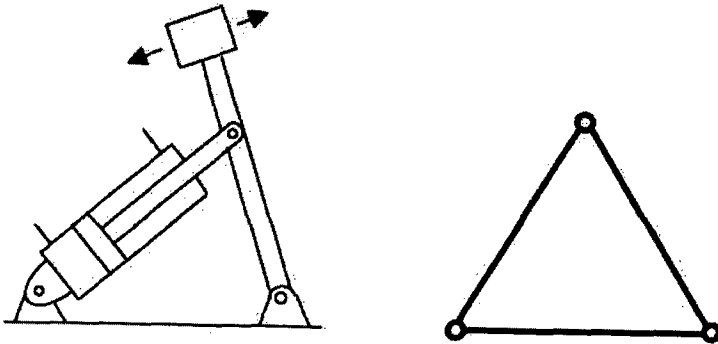
[55] 이상으로 본 발명의 바람직한 실시예를 도면을 참고하여 상세하게 설명하였다. 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[56] 따라서, 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미, 범위 및 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

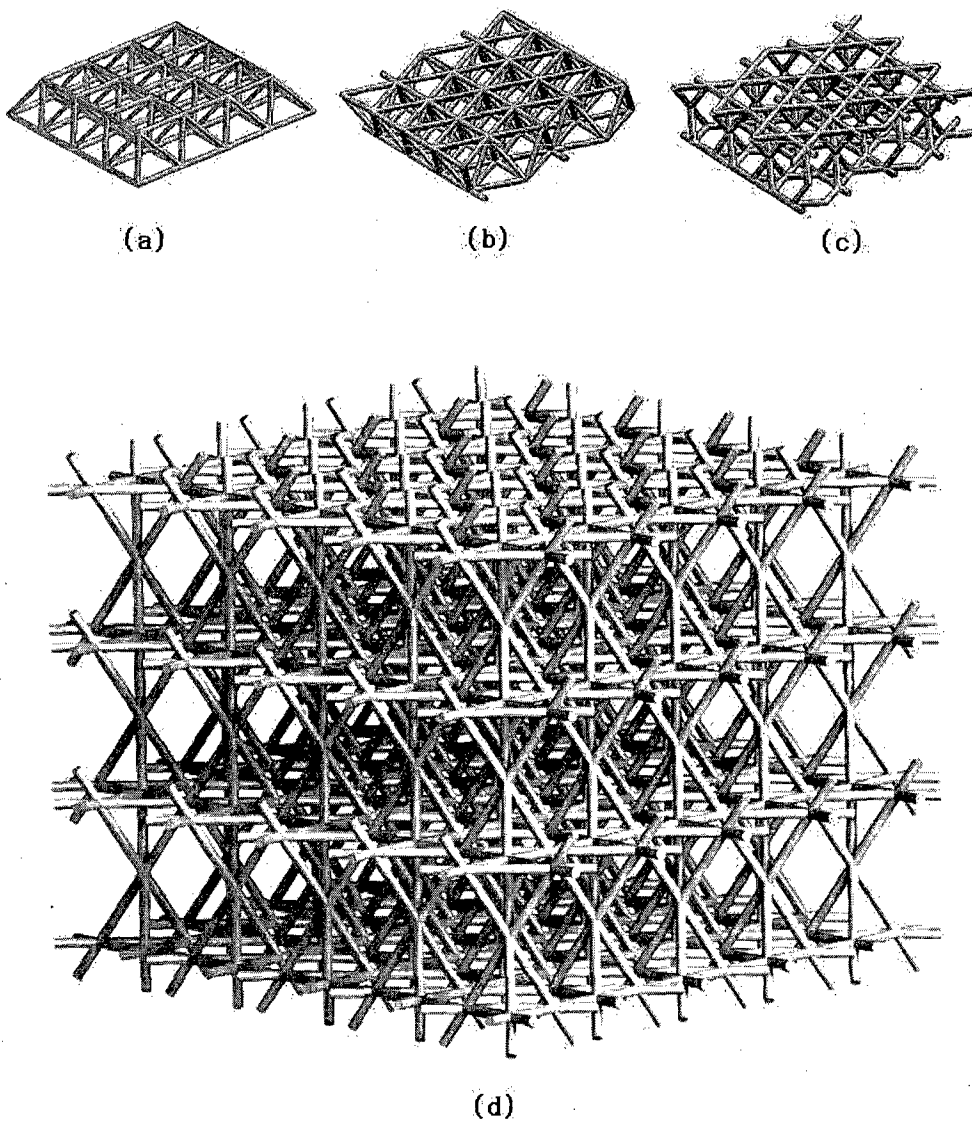
청구범위

- [청구항 1] 공간상에서 서로 일정한 방위각을 갖는 3 방향 이상의 연속된 와이어 군을 교차하여 조립 형성된 3차원 트러스 구조체를 포함하는 구동기로서, 상기 와이어 군은 외부의 물리적 또는 화학적 변화에 따라 반응할 수 있는 재료로 이루어진 제1와이어 군 및 반응하지 않는 재료로 이루어진 제2와이어 군이 조합되어, 외부의 물리적 또는 화학적 변화에 의하여 상기 제1와이어 군의 변위를 발생시켜 상기 트러스 구조체의 형태 변화를 일으키는 3차원 트러스 구동기.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 3차원 트러스 구조체는 피라미드 트러스 구조체, 카고메 트러스 구조체, 옥테드 트러스 구조체 및 유사 카고메 트러스 구조체로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 3차원 트러스 구동기.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 제1와이어 군은 압전 재료(piezoelectric materials), 자왜 재료(magnetostrictive materials), 형상기억 합금 또는 수지(shape memory alloy or polymer), 산도민감 수지(pH-sensitive polymers), 열전 재료(thermoelectric materials) 및 전자레올로지 액체(electrorheological(ER) fluid)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 재료로 이루어진 것을 특징으로 하는 3차원 트러스 구동기.
- [청구항 4] 제1항에 있어서, 상기 물리적 또는 화학적 변화는 응력, 온도, 습도, 산도(pH), 전기장, 자기장 및 전자기장으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상의 변화인 것을 특징으로 하는 3차원 트러스 구동기.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 형태 변화는 구조체 높이, 전단, 비틀림 및 굽힘으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상의 변화인 것을 특징으로 하는 3차원 트러스 구동기.

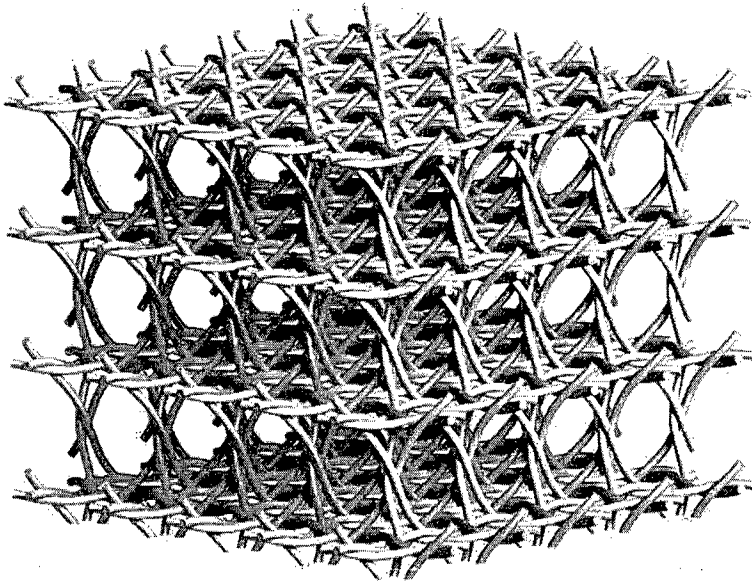
[Fig. 1]



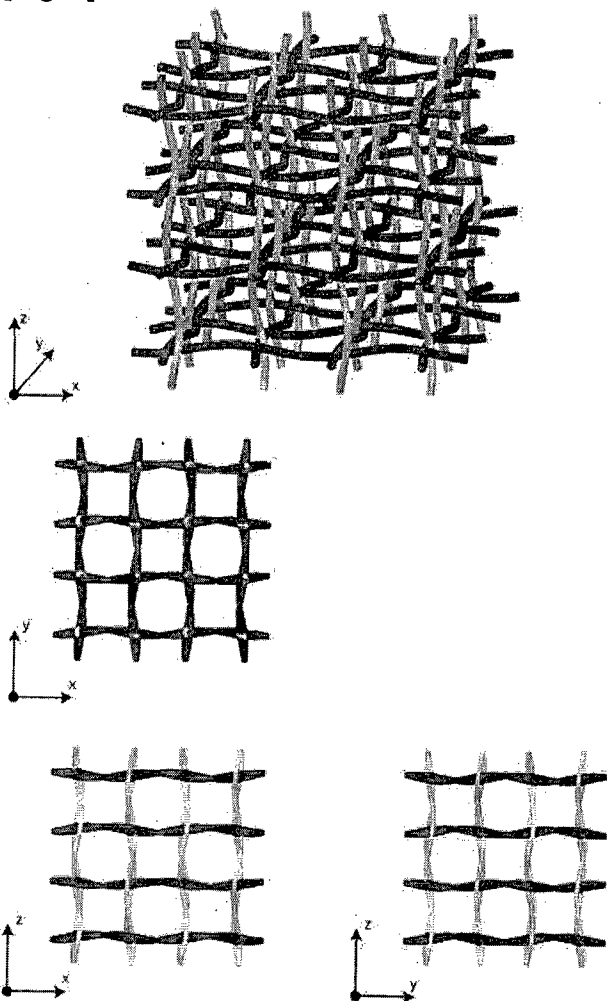
[Fig. 2]



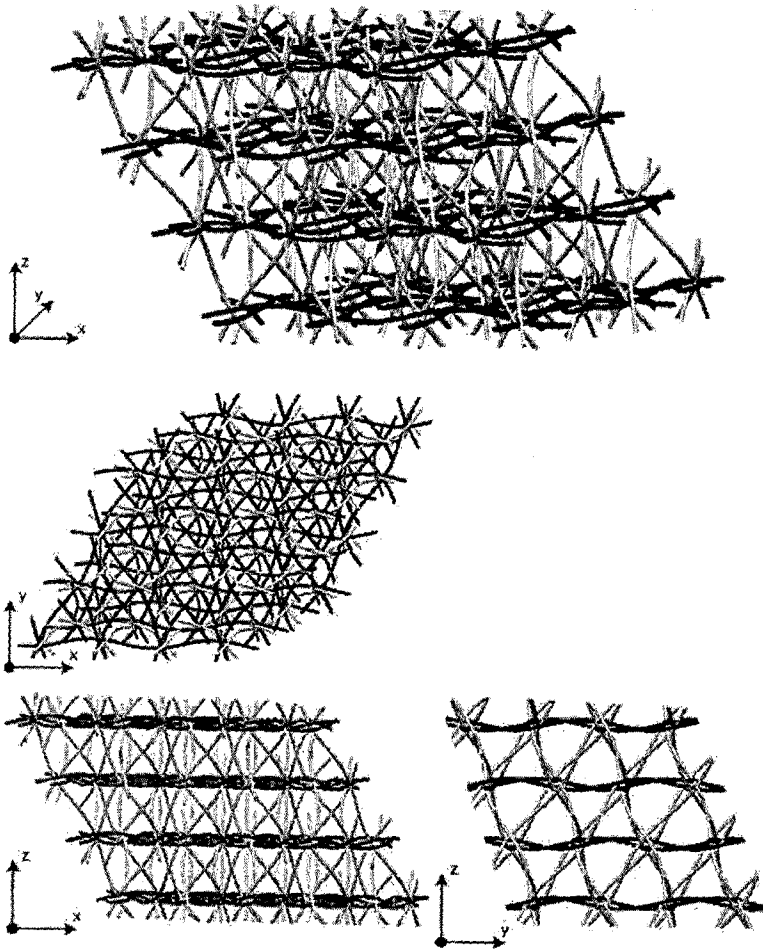
[Fig. 3]



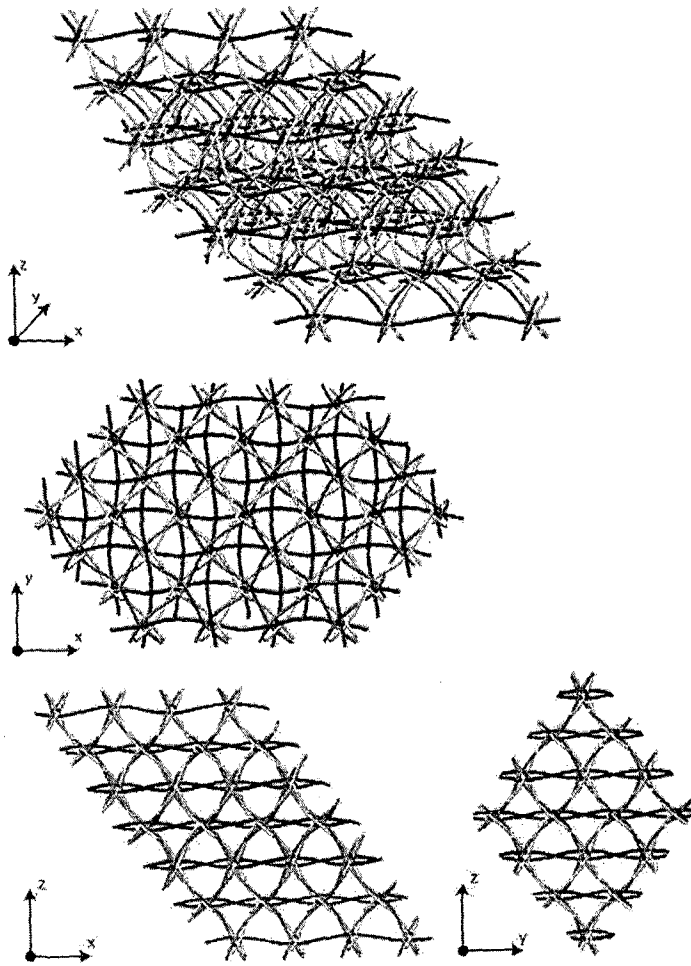
[Fig. 4]



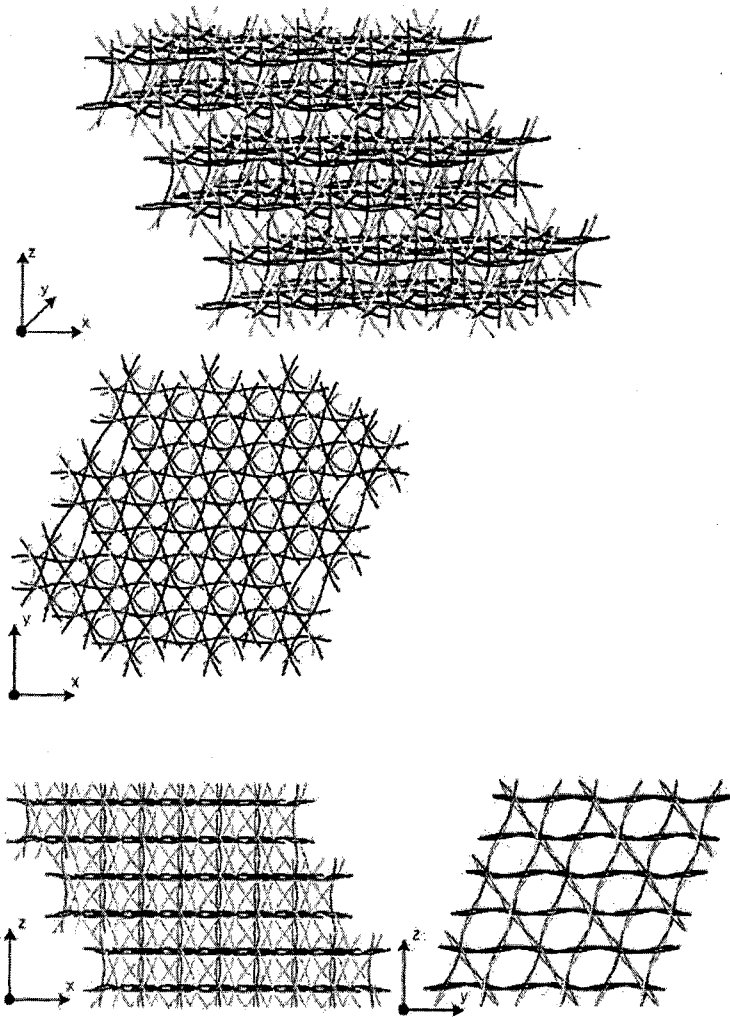
[Fig. 5]



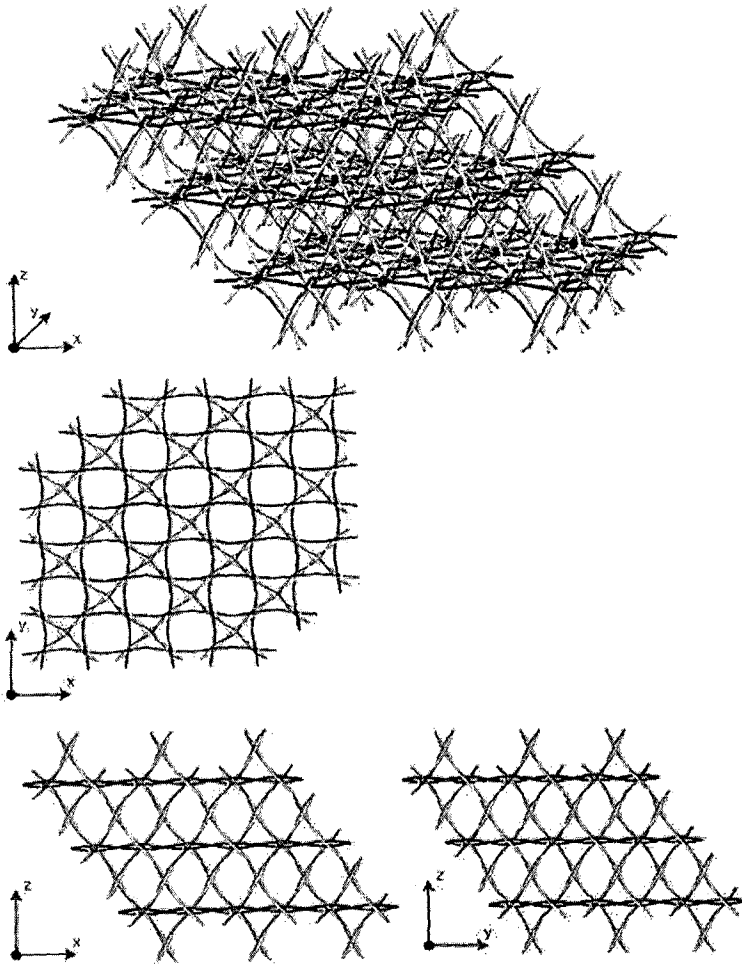
[Fig. 6]



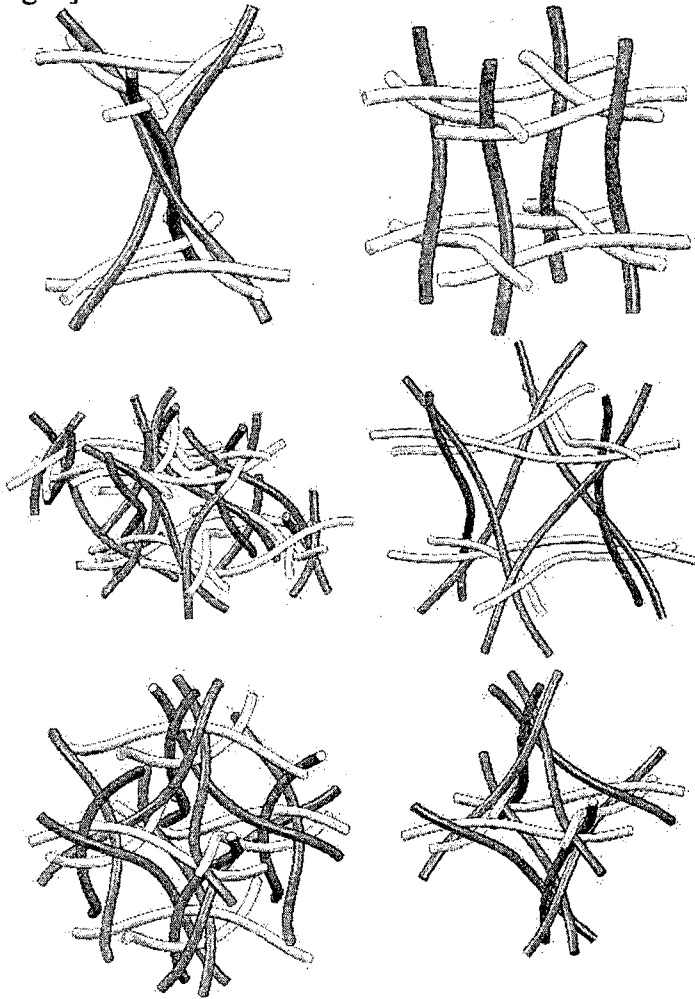
[Fig. 7]



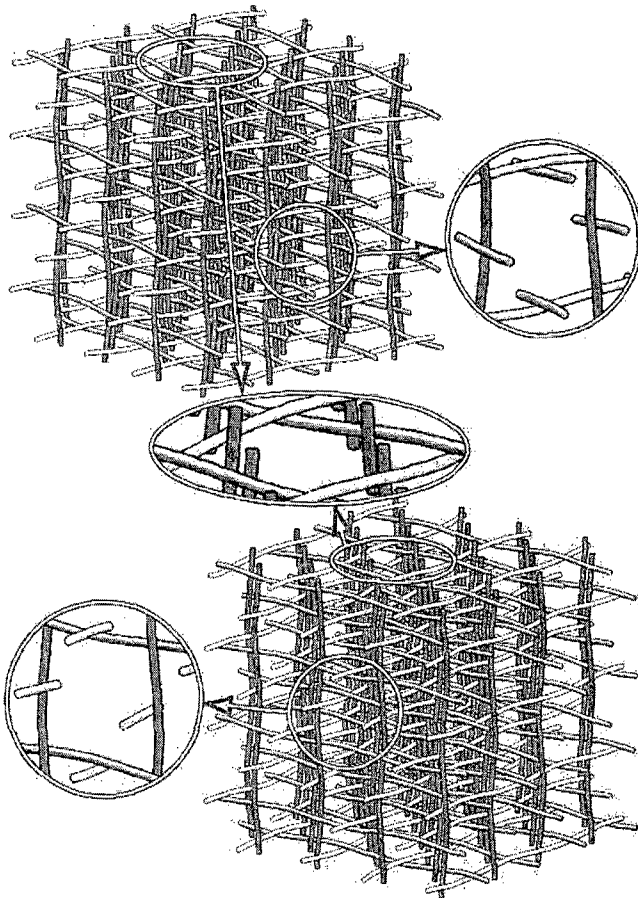
[Fig. 8]



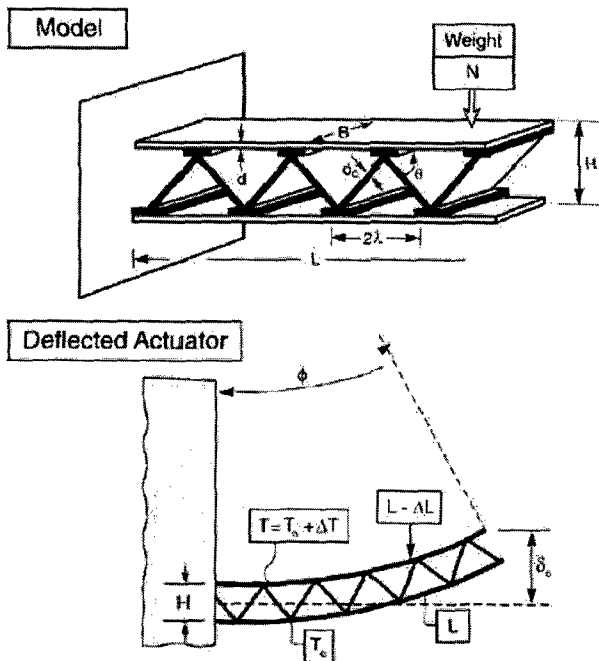
[Fig. 9]



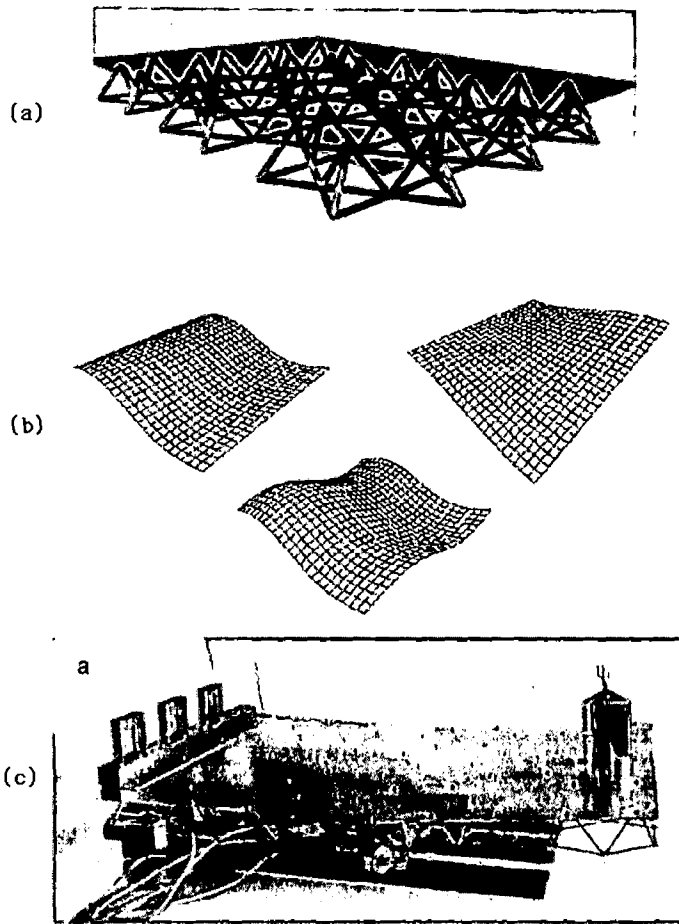
[Fig. 10]



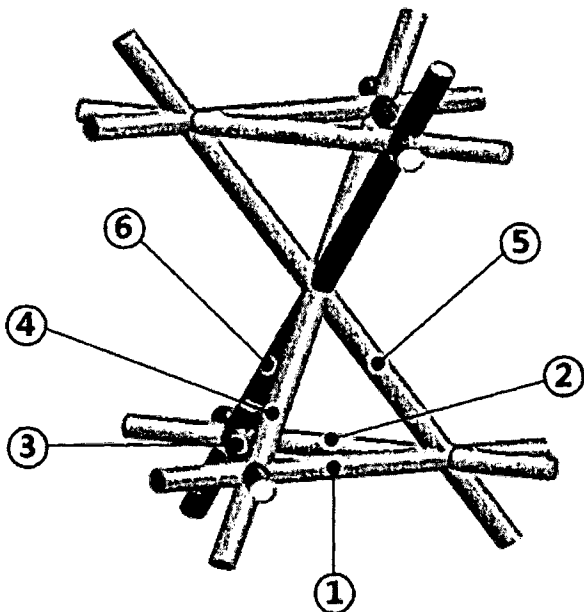
[Fig. 11]



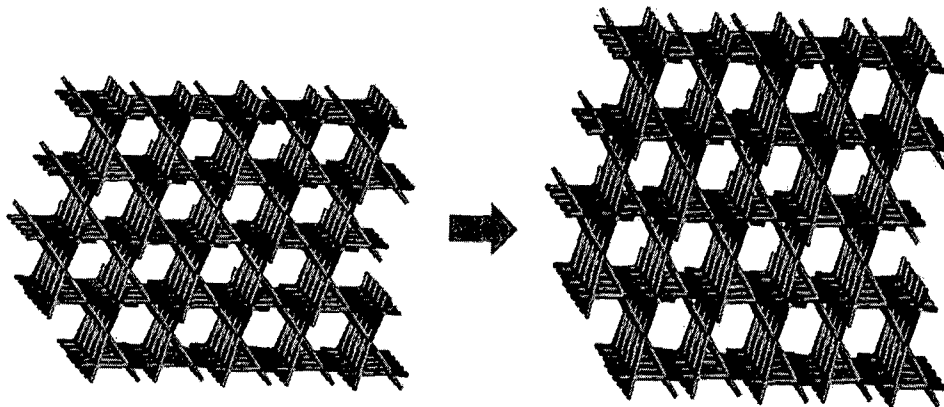
[Fig. 12]



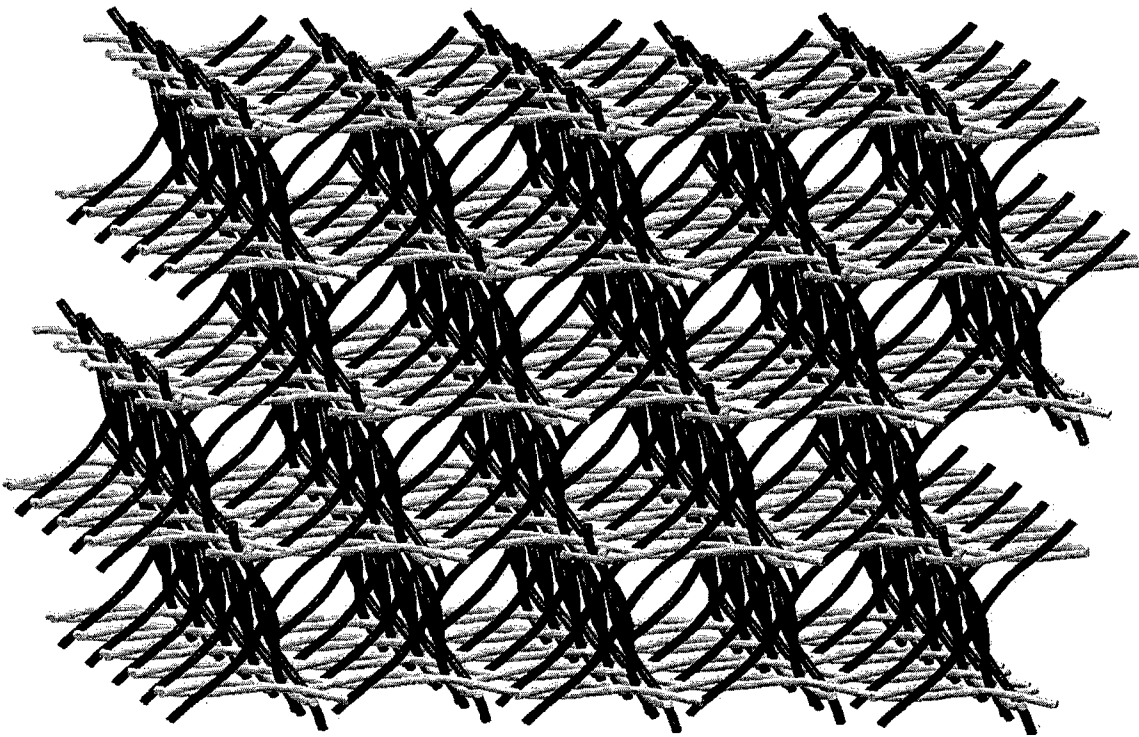
[Fig. 13]



[Fig. 14]

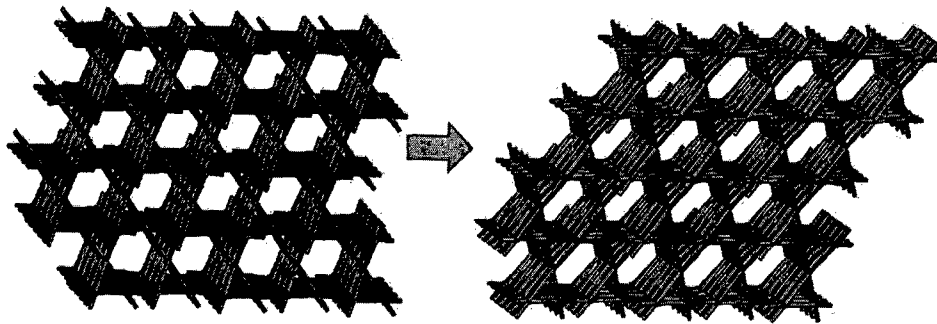


(a)

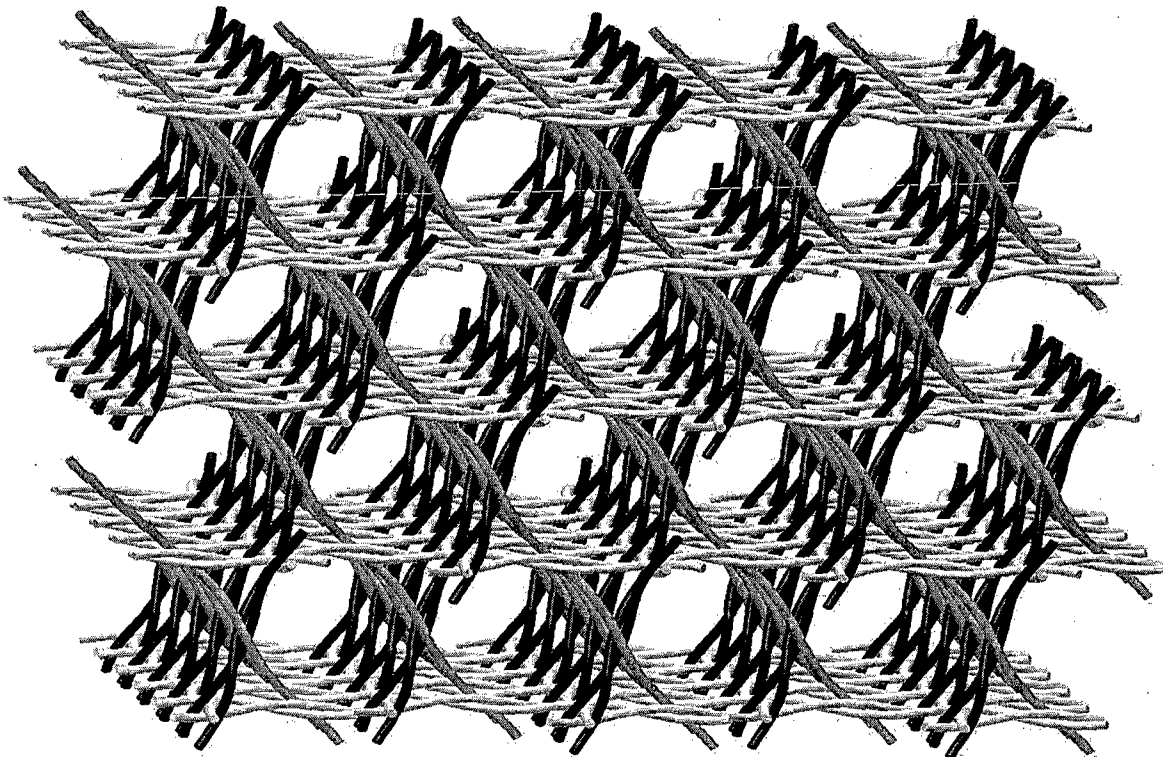


(b)

[Fig. 15]

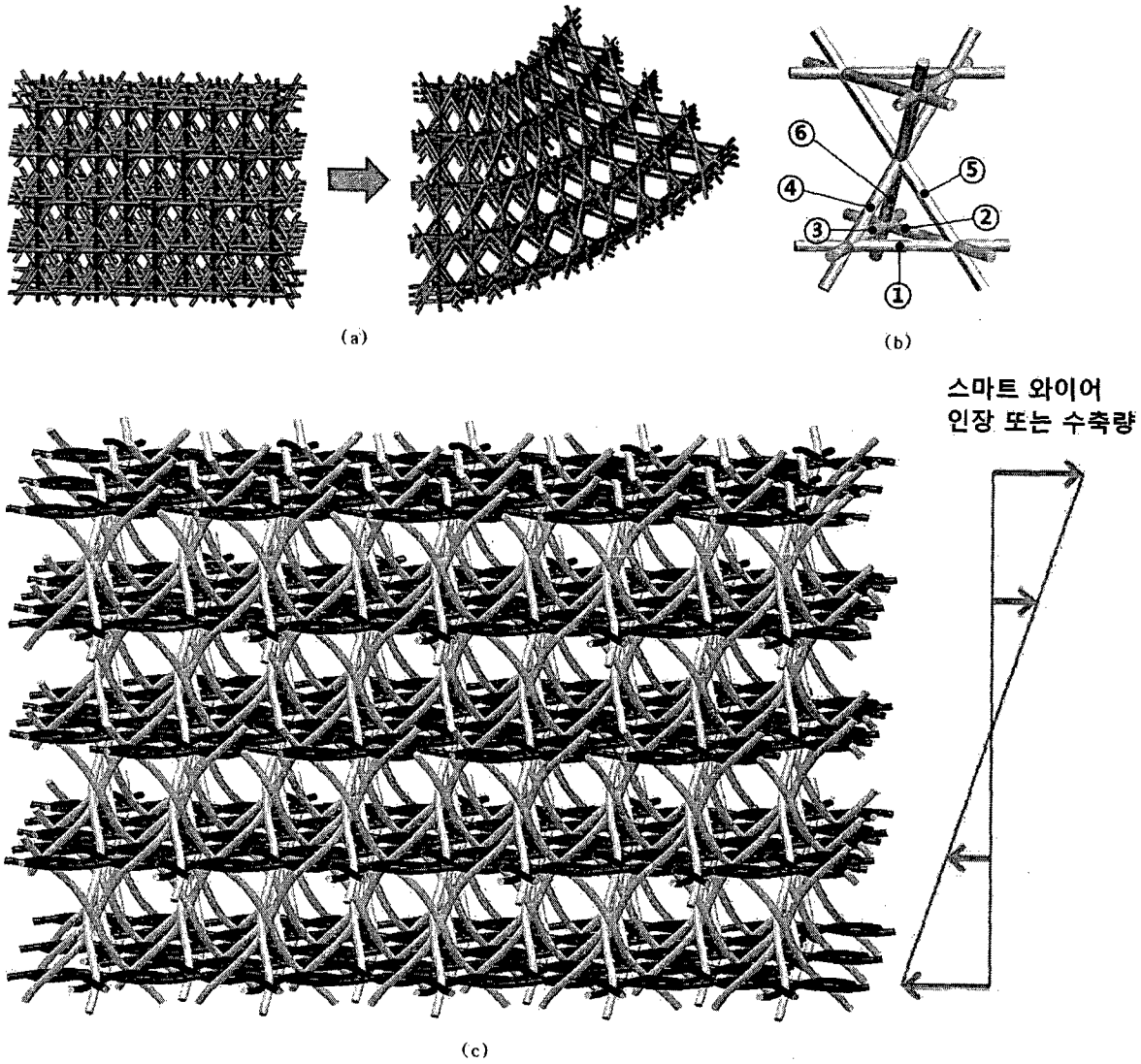


(a)



(b)

[Fig. 16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2012/008166**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H02K 57/00(2006.01)i, F15B 21/00(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02K 57/00; H02N 2/00; H02N 2/18; H02N 1/00; F41H 5/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: 3D truss, actuator, actuator, smart material, environment change, wire

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 7598652 B2 (KORNBLUH, Roy D. et al.) 06 October 2009 See abstract, column 24, lines 51-60, figures 4A-5C, 11A-11B	1-5
A	US 5290400 A (BOBBIO, Stephen M.) 01 March 1994 See abstract, figures 1A-3B	1-5
A	WO 2009-048676 A1 (UNIVERSITY OF VIRGINIA PATENT FOUNDATION et al.) 16 April 2009 See claims 1, 13 and 14	1-5
A	US 6646364 B1 (HORNING, Robert et al.) 11 November 2003 See column 4, line 52-column 6, line 5, figures 4-7	1-5
A	KR 10-0717896 B1 (RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY) 14 May 2007 See abstract, claim 1, figures 4-7	1-5



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 FEBRUARY 2013 (26.02.2013)

Date of mailing of the international search report

26 FEBRUARY 2013 (26.02.2013)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2012/008166

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 7598652 B2	06.10.2009	CN 101095277 A EP 1737564 A2 JP 2007-534520 A US 2006-0192465 A1 US 2008-0075930 A1 US 2010-0007240 A1 US 7598651 B2 WO 2005-089176 A2 WO 2005-089176 A3	26.12.2007 03.01.2007 29.11.2007 31.08.2006 27.03.2008 14.01.2010 06.10.2009 29.09.2005 14.06.2007
US 5290400 A	01.03.1994	US 5912635 A	15.06.1999
WO 2009-048676 A1	16.04.2009	US 2011-0283873 A1 WO 2009-048676 A9	24.11.2011 18.06.2009
US 6646364 B1	11.11.2003	AU 7194401 A EP 1299939 A2 JP 2004-502562 A US 2002-0125790 A1 US 6684469 B2 WO 2002-005413 A2	21.01.2002 09.04.2003 29.01.2004 12.09.2002 03.02.2004 17.01.2002
KR 10-0717896 B1	14.05.2007	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H02K 57/00(2006.01)i, F15B 21/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H02K 57/00; H02N 2/00; H02N 2/18; H02N 1/00; F41H 5/04

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 3차원 트러스, 구동기, 액츄에이터, 스마트 재료, 환경변화, 와이어

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	US 7598652 B2 (ROY D. KORNBLUH 외) 2009.10.06 요약, 칼럼24, 라인51-60, 도면 4A-5C, 11A-11B 참조	1-5
A	US 5290400 A (STEPHEN M. BOBBIO) 1994.03.01 요약, 도면 1A-3B 참조	1-5
A	WO 2009-048676 A1 (UNIVERSITY OF VIRGINIA PATENT FOUNDATION 외) 2009.04.16 청구항 1,13,14 참조	1-5
A	US 6646364 B1 (ROBERT HORNING 외) 2003.11.11 칼럼 4, 라인 52-칼럼 6, 라인 5, 도면 4-7 참조	1-5
A	KR 10-0717896 B1 (재단법인 포항산업과학연구원) 2007.05.14 요약, 청구항 1, 도면 4-7 참조	1-5

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2013년 02월 26일 (26.02.2013)

국제조사보고서 발송일

2013년 02월 26일 (26.02.2013)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



팩스 번호 82-42-472-7140

심사관

박혜련

전화번호 82-42-481-3463



국제조사보고서에서
인용된 특허문헌

공개일

대응특허문헌

공개일

US 7598652 B2

2009.10.06

CN 101095277 A

2007.12.26

EP 1737564 A2

2007.01.03

JP 2007-534520 A

2007.11.29

US 2006-0192465 A1

2006.08.31

US 2008-0075930 A1

2008.03.27

US 2010-0007240 A1

2010.01.14

US 7598651 B2

2009.10.06

WO 2005-089176 A2

2005.09.29

WO 2005-089176 A3

2007.06.14

US 5290400 A

1994.03.01

US 5912635 A

1999.06.15

WO 2009-048676 A1

2009.04.16

US 2011-0283873 A1

2011.11.24

WO 2009-048676 A9

2009.06.18

US 6646364 B1

2003.11.11

AU 7194401 A

2002.01.21

EP 1299939 A2

2003.04.09

JP 2004-502562 A

2004.01.29

US 2002-0125790 A1

2002.09.12

US 6684469 B2

2004.02.03

WO 2002-005413 A2

2002.01.17

KR 10-0717896 B1

2007.05.14

없음