



- (51) 국제특허분류: *B82B 3/00* (2006.01) *H01J 17/48* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2012/010528
- (22) 국제출원일: 2012년 12월 6일 (06.12.2012)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2011-0142613 2011년 12월 26일 (26.12.2011) KR
- (71) 출원인: 한국표준과학연구원 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) [KR/KR]; 305-340 대전시 유성구 도룡동 1, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 김달현 (KIM, Dal Hyoun); 305-340 대전시 유성구 도룡동 산 25-1, Daejeon (KR). 이확주 (LEE, Hwack Joo); 305-721 대전시 유성구 신성동 하나아파트 102-1301, Daejeon (KR). 안상정 (AHN, Sang Jung); 305-340 대전시 유성구 도룡동 타운하우스 9동 102호, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 권오식 (KWON, Oh-Sig) 등; 302-120 대전시 서구 둔산중로 138번지 주은오피스텔 401호, Daejeon (KR).

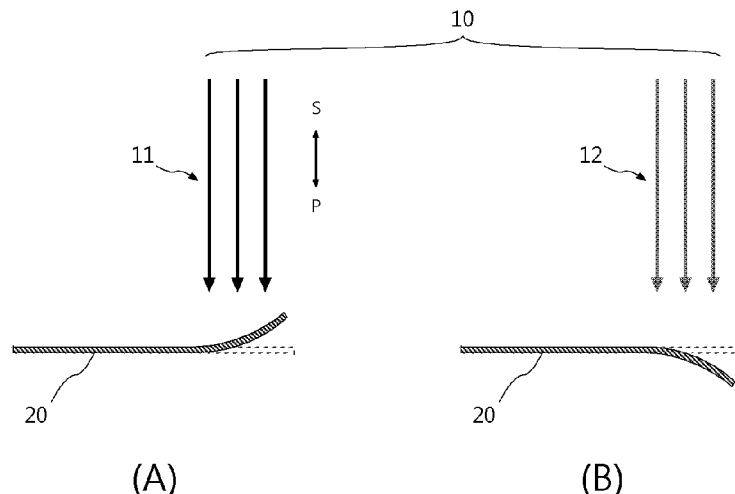
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, 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).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: MOVEMENT-FREE BENDING METHOD FOR ONE-DIMENSIONAL OR TWO-DIMENSIONAL NANOSTRUC-
TURE USING ION BEAM

(54) 발명의 명칭 : 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법



(57) Abstract: The aim of the present invention is to provide a movement-free bending method for a ONE-DIMENSIONAL or a TWO-DIMENSIONAL nanostructure using an ion beam, wherein the ONE-DIMENSIONAL or TWO-DIMENSIONAL nanostructure is bent into a different shape by using an ion beam, such that the bending direction can be altered without necessitating motion such as rotation of the nanostructure. The movement-free bending method for a ONE-DIMENSIONAL or a TWO-DIMENSIONAL nanostructure using an ion beam of the present invention is a bending method in which a nanostructure (20) having a ONE-DIMENSIONAL or a TWO-DIMENSIONAL shape is made to curve by shining an ion beam (10), and involves either control of the bending direction of the nanostructure (20) in accordance with the energy of the ion beam (10), or else control of the bending direction of the nanostructure (20) in accordance with the fatness or thickness of the nanostructure (20).

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



본 발명의 목적은 이온빔을 이용하여 일차원 또는 이차원 나노 구조물을 굽힘 변형시키되, 나노 구조물의 회전 등과 같은 움직임을 필요로 하지 않으면서 굽힘 방향을 바꿀 수 있도록 하는, 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법을 제공함에 있다. 본 발명의 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법은, 이온빔(10)을 조사하여 일차원 또는 이차원 형상의 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 굽힘 방법으로서, 상기 이온빔(10)의 에너지에 따라 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향이 제어되거나, 또는 상기 나노 구조물(20)의 굽기 또는 두께에 따라 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향이 제어되는 것을 특징으로 한다.

명세서

발명의 명칭: 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법에 관한 것이다.
- [2] 나노 기술(nanotechnology)이란 나노 단위(10^{-9})의 세계에서 원자나 분자의 조작을 통한 극미세 소자나 신소재 등을 창출하는 기술을 통틀어 말하는 것이다. 현재 나노 기술은 소자 분야, 재료 분야 등에서의 응용이 널리 이루어지고 있는데, 점차 나노 로봇(nanorobot) 등에 대한 필요 및 관심이 높아지고 있어 나노 단위에서의 물체의 변형에 대한 기술 연구도 활발히 진행되고 있는 실정이다.
- [3] 일반적으로 물체의 변형은 기계적인 힘을 가하여 일으키나, 나노 단위의 세계에서 물체에 기계적인 힘을 가하는 동작 자체나 힘을 가하는 동안 물체를 고정 지지하는 동작 등을 구현하는 것이 상당히 난해한 작업이기 때문에, 일반적인 물체 변형 방법과는 다른 관점에서의 접근이 이루어지고 있다. 그 중 한 가지의 접근 방법이 이온빔을 이용한 변형 방법이다. 일례로 한국특허등록 제0215218호("이온빔 변형법을 이용한 금속팁 필드 에미터 제조 방법", 1999.05.21, 이하 선행기술 1)에서는 이온빔을 금속 에미터에 충돌시켜 금속 에미터 상부가 팁 형상을 갖도록 변형시키는 기술을 개시하고 있다. 선행기술 1에서의 변형은 물체 표면에 대한 면적 단위의 변형으로서, 이러한 방식을 통해 증착이나 에칭 등의 복잡한 공정을 필요로 하지 않고 원하는 형태의 변형을 할 수 있게 된다.

[4]

배경기술

- [5] 상술한 선행기술 1에서의 변형, 즉 면적 단위에서의 변형과는 전혀 다른 관점에서, 일차원 또는 이차원의 나노 구조물을 굽힘 변형하는 데 이온빔을 사용하는 기술에 대한 연구 또한 있어 왔다. 한국특허등록 제0767994호("입자빔을 이용한 나노 크기 물질의 변형 방법 및 그러한 방법을 이용하여 제조되는 나노 공구", 2007.10.11, 이하 선행기술 2)에서는, 나노 크기 물질에 입자빔을 조사하여 나노 크기 물질을 입자빔 방향으로 휘게 만드는 기술이 개시된 바 있다. 특히 상기 선행기술에서는 바 또는 돌출부를 가지는 나노 구조물에 대하여 바 또는 돌출부 형태의 부분이 입자빔에 의하여 굽힘 변형되도록 하는 데 매우 유용하게 사용될 수 있다.
- [6] 그런데, 선행기술 2의 경우 나노 구조물의 굽힘 방향이 입자빔 방향과 같은 방향으로 이루어지게 되므로, 나노 구조물의 굽힘 방향을 바꾸기 위해서는, 입자빔 조사 - 나노 구조물 회전 - ... 과 같은 단계의 반복이 필요하게 된다. 이 때

진공 안에서 미소 크기의 나노 구조물을 회전시키기 위해서는 매우 정밀한 제어가 필요하며 따라서 시간이 많이 소요되고, 또한 그렇게 한다고 해도 더불어 다시 정확히 종전의 위치를 찾아가기가 매우 어려워, 정확하게 원하는 방향으로 굽힘 변형을 일으키도록 하기에 어려움이 있었다.

- [7] 이에 따라 이온빔을 이용하여 나노 구조물을 굽힘 변형할 경우에 있어 나노 구조물을 회전하는 등의 움직임 없이 굽힘 방향을 바꿀 수 있는 기술에 대한 필요성이 높아지고 있다.

[8]

[9] [선행기술문헌]

[10] [특허문헌]

- [11] 1. 한국특허등록 제0215218호("이온빔 변형법을 이용한 금속팁 필드 에미터 제조 방법", 1999.05.21)

- [12] 2. 한국특허등록 제0767994호("입자빔을 이용한 나노 크기 물질의 변형 방법 및 그러한 방법을 이용하여 제조되는 나노 공구", 2007.10.11)

[13]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [14] 따라서, 본 발명은 상기한 바와 같은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 이온빔을 이용하여 일차원 또는 이차원 나노 구조물을 굽힘 변형시키되, 나노 구조물의 회전 등과 같은 움직임을 필요로 하지 않으면서 굽힘 방향을 바꿀 수 있도록 하는, 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법을 제공함에 있다.

[15]

과제 해결 수단

- [16] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법은, 이온빔(10)을 조사하여 일차원 또는 이차원 형상의 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 굽힘 방법으로서, 상기 이온빔(10)의 에너지에 따라 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향이 제어되는 것을 특징으로 한다. 이 때, 이온빔 방향(S)으로 상기 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 에너지를 가지는 고에너지 이온빔(11) 및 이온빔 진행 방향(P)으로 상기 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 에너지를 가지는 저에너지 이온빔(12)을 반복적으로 교환 조사하여 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향 및 형상을 조절하는 것을 특징으로 한다.

- [17] 또는, 이온빔(10)을 조사하여 일차원 또는 이차원 형상의 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 굽힘 방법으로서, 상기 나노 구조물(20)의 굽기 또는 두께에 따라 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향이 제어되는 것을 특징으로 한다. 이 때, 상기 나노 구조물(20)은 상기 이온빔(10) 조사 시 이온빔 방향(S)으로 구부러지는 굽기

또는 두께의 소폭부(N) 및 이온빔 진행 방향으로 구부러지는 굽기 또는 두께의 대폭부(W)를 포함하는 형상으로 형성되어, 상기 소폭부(N) 및 상기 대폭부(W)를 가지는 상기 나노 구조물(20)에 상기 이온빔(10)을 조사하여 상기 나노 구조물(20)의 연장 방향에 대하여 굽힘 방향이 변화하는 형상이 성형되는 것을 특징으로 한다. 또한, 상기 나노 구조물(20)은 그 굽기 또는 두께가 점진적으로 변화하는 형상으로 형성될 수 있다.

[18] 또한, 상기 나노 구조물(20)은 나노 튜브, 나노 와이어, 캔틸레버, 박막 중 선택되는 적어도 하나인 것을 특징으로 한다.

[19] 또한, 상기 이온빔(10) 및 상기 나노 구조물(20) 사이에, 통공(35)이 형성되어 상기 통공(35) 이외의 부분에서 상기 이온빔(10)의 진행을 차단하는 이온빔 차단기(30)가 구비되어, 상기 이온빔 차단기(30)에 의하여 상기 나노 구조물(20)의 일부에만 상기 이온빔(10)이 조사되도록 하는 것을 특징으로 한다. 이 때, 상기 이온빔 차단기(30)는 적어도 하나 이상의 통공(35)이 형성되는 것이 바람직하다. 또한 이 때, 상기 이온빔 차단기(30)의 위치가 가변되는 것이 바람직하다.

[20] 또한, 상기 이온빔(10)의 조사 위치가 가변되는 것이 바람직하다.

[21] 또한, 상기 나노 구조물(20)은 일차원 형상이며, 상기 나노 구조물(20)에 한 쌍의 이온빔(10)을 조사하되, 한 쌍의 상기 이온빔(10)은 각각 상기 나노 구조물(20)의 연장 방향에 대하여 수직하고 서로 직교하도록 형성되는 것을 특징으로 한다.

[22]

발명의 효과

[23] 본 발명에 의하면, 나노 튜브, 나노 와이어, 캔틸레버, 박막 등과 같은 일차원 또는 이차원 나노 구조물에 대하여, 나노 구조물을 이온빔 방향으로 구부러뜨리는 고에너지 이온빔 및 나노 구조물을 이온빔 진행 방향으로 구부러뜨리는 저에너지 이온빔을 반복 사용함으로써, 나노 구조물을 회전하거나 위치를 변경하는 등의 움직임이 없이도 목표한 방향으로 굽힘 변형하여 성형할 수 있도록 하는 큰 효과가 있다. 이와 같이 나노 구조물의 성형 과정에서의 무운동(움직임 없음, motionless)을 실현함으로써, 나노 구조물을 움직이거나 움직인 이후 다시 이온빔 조사 위치를 조정하는 등과 같은 정밀 제어 작업이 원천적으로 생략될 수 있기 때문에, 이러한 작업에 필요한 시간, 인력, 비용 등의 자원이 비약적으로 절약되는 큰 효과가 있다.

[24] 또한 본 발명에 의하면, 나노 구조물의 끝단부 등의 특정 부위에 대한 손상의 염려 없이 성형이 가능하다는 장점이 있다. 뿐만 아니라 본 발명에 의하면, 앞서 설명한 바와 같이 굽힘 등의 성형 작업에 드는 시간 등이 크게 절약되기 때문에, 매우 빠르게 원하는 형태의 나노 구조물을 대량 생산할 수 있게 해 주는 효과 또한 있다.

[25]

도면의 간단한 설명

[26] 도 1은 이온빔 조사에 의하여 나노 구조물이 굽혀진 실험 결과.

[27] 도 2는 이온빔의 에너지 차이에 따른 굽힘 차이.

[28] 도 3은 나노 구조물의 굽기 또는 두께 차이에 따른 굽힘 차이.

[29] 도 4 내지 도 8은 이온빔 차단기를 이용한 굽힘 형상 변화 실시예.

[30] 도 9는 서로 직교하는 한 쌍의 이온빔을 사용한 3차원 공간 상에서의 굽힘 형상 변화 실시예.

[31]

[32] **부호의 설명**

[33] 10: 이온빔 20: 나노 구조물

[34] 11: 고에너지 이온빔 12: 저에너지 이온빔

[35] 30: 이온빔 차단기 35: 통공

[36] 40: 목표 대상물

[37]

발명의 실시를 위한 형태

[38] 이하, 상기한 바와 같은 구성을 가지는 본 발명에 의한 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법을 첨부된 도면을 참고하여 상세하게 설명한다.

[39]

[40] 먼저 도 1을 통해 이온빔의 조사에 의하여 나노 구조물이 구부러뜨려지는 현상에 대하여 설명한다.

[41]

최근의 연구에서 나노 구조물에 이온빔을 조사할 때 이온빔 에너지 및 나노 구조물의 두께 또는 굽기에 따라 구부러뜨려지는 방향이 달라진다는 점이 발견되었다. 즉, 어떤 특정 이온빔 에너지 값보다 큰 에너지를 가지는 이온빔이 나노 니들에 입사할 때에는 상기 나노 니들이 이온빔 방향으로 구부러지고, 특정 이온빔 에너지 값보다 작은 에너지를 가지는 이온빔이 나노 니들에 입사할 때에는 상기 나노 니들이 이온빔 진행 방향으로 구부러지는 현상을 관찰하였다. 본 출원인이 ZnO 나노 니들의 동일 영역에 대하여 이온빔의 가속 전압을 바꾸어 가면서 진행한 실험 결과 사진이 도 1에 도시되어 있다. 도 1에서 원으로 표시된 부분은 각각 시편의 동일한 나노 니들을 나타내는 것으로, 이를 통해 실험 진행에 따른 개별 나노 니들의 형상 변화를 추적할 수 있다. 도 1의 1, 2로 표시된 나노 니들은, 저에너지 이온빔을 조사시킨 도 1(A), (C)에서는 이온빔 진행 방향(도 1의 화살표 방향)으로 구부러지고, 고에너지 이온빔을 조사시킨 도 1(B), (D)에서는 이온빔 방향(도 1의 화살표 반대 방향)으로 구부러지는 양상을 보이는 나노 니들을 대표적으로 표시한 것이다.

[42] 먼저 도 1(A)를 보면, 기관 면과 평행한 나노 니들에 소정 기준 이하의 가속

전압으로 발생시킨 저에너지 이온빔을 입사시켰을 때, 나노 니들의 줄기부(즉 굽은 부분)는 이온빔 진행 방향인 아래쪽으로 구부러지고, 나노 니들의 끝단부(즉 가는 부분)는 이온빔 방향(즉 이온빔 소스 방향)인 위쪽으로 구부러진다는 것을 확인할 수 있다.

[43] 다음으로 도 1(B)를 보면, 도 1(A)와 같이 아래쪽으로 구부러진 나노 니들에 소정 기준 이상의 가속 전압으로 발생시킨 고에너지 이온빔을 입사시켰을 때, 나노 니들 줄기부도 (도 1(A)에서 이온빔 진행 방향인 아래쪽으로 휘어져 있었던 것이) 이온빔 방향으로, 즉 반대 방향으로 휘어짐을 확인할 수 있다. 즉 이로써, 저에너지 이온빔에 의해서 이온빔 진행 방향으로 휘어졌던 나노 구조물이라 하더라도, 여기에 고에너지 이온빔을 조사함으로써 다시 원래의 방향, 즉 이온빔 방향인 반대 방향으로 휘게 만들 수 있음을 최초로 발견한 것이다.

[44] 다시 이 나노 니들에 저에너지 이온빔을 조사하면, 도 1(C)와 같이 줄기부는 이온빔 진행 방향으로, 끝단부는 이온빔 방향으로 다시 휘어짐이 관찰된다. 또다시 이 나노 니들에 고에너지 이온빔을 조사하면, 도 1(D)와 같이 줄기부가 이온빔 방향으로 다시 휘어진다. 즉, 고에너지 이온빔을 이용하여 특정 방향으로 구부러진 나노 구조물에 저에너지 이온빔을 조사함으로써 그 특정 방향과 반대 방향으로 구부릴 수 있으며, 그 반대(저에너지 이온빔 조사 - 고에너지 이온빔 조사)도 가능함이 다시 확인된다.

[45] 상기 실험 결과로부터, 나노 구조물에 이온빔을 조사할 때 나노 구조물의 구부러지는 방향은, (고에너지 이온빔/저에너지 이온빔 실험 결과 차이로부터) 에너지 차이에 따라 또는 (나노 니들의 줄기부/끝단부 실험 결과 차이로부터) 나노 구조물의 굽기 또는 두께 차이에 따라 달라질 수 있음을 알 수 있다.

[46] 앞서 설명한 선행기술 2 등과 같은 기술에서는, 이온빔 등과 같은 입자빔 조사 시 나노 구조물이 입자빔 방향으로 휘어지는 현상만을 이용하였기 때문에, 나노 구조물이 구부러지는 방향을 바꾸고 싶을 경우 나노 구조물을 정밀하게 움직여야 하는 등의 어려움이 있었던 문제가 있었다. 이 때 상기 실험 결과로부터 나노 구조물을 움직이지 않고도 입사시키는 이온빔의 에너지나 나노 구조물의 굽기 또는 두께에 따라 구부러지는 방향을 조절할 수 있다는 점에 착안하여, 본 발명에서는 나노 구조물을 전혀 움직이지 않고도(무운동, motionless) 원하는 방향으로 굽힘 변형을 일으키는 방법을 제시한다.

[47]

[48] 본 발명의 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법은, 이온빔(10)을 조사하여 일차원 또는 이차원 형상의 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 굽힘 방법으로서, 상기 이온빔(10)의 에너지에 따라 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향이 제어되는 것을 특징으로 한다. 보다 구체적으로 설명하자면, 이온빔 방향(S)으로 상기 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 에너지를 가지는 고에너지 이온빔(11) 및 이온빔 진행 방향(P)으로 상기 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 에너지를 가지는 저에너지 이온빔(12)을 반복적으로 교환

조사하여 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향 및 형상을 조절하는 것이다.

- [49] 도 2는 이온빔의 에너지 차이에 따라 굽힘 방향이 차이가 나는 것을 보여 주는 개념도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 나노 구조물(20)에 이온빔(10)을 조사하되, 소정 기준보다 높은 가속 전압에 의해 발생되어 (상대적으로) 높은 에너지를 갖는 고에너지 이온빔(11)을 조사할 때에는 도 2(A)에 도시된 바와 같이 나노 구조물(20)이 이온빔 방향(즉 이온빔 소스(source) 방향, S로 표시)으로 구부러지게 되고, 소정 기준보다 낮은 가속 전압에 의해 발생되어 (상대적으로) 낮은 에너지를 갖는 저에너지 이온빔(12)을 조사할 때에는 도 2(B)에 도시된 바와 같이 나노 구조물(20)이 이온빔 진행 방향(proceed, P로 표시)으로 휘어진다.

- [50] 여기에서 고에너지/저에너지를 나누는 기준은, 이온빔의 이온 종류, 나노 구조물의 재질, (이하 다시 설명되겠으나) 나노 구조물의 두께, 굽기 등의 형상 등에 따라 달라지므로, 어떤 하나의 값으로 결정되는 것은 아니다. 어떤 나노 구조물에 어떤 이온빔을 조사하였을 때 나노 구조물이 이온빔 방향으로 휘어지면 이 때의 이온빔은 '고에너지' 이온빔이 되는 것이고, 나노 구조물이 이온빔 진행 방향으로 휘어지면 이 때의 이온빔은 '저에너지' 이온빔이 되는 것이다. 즉 고에너지/저에너지라는 표현은 (서로에 대하여 비교적 높거나 낮다는) 상대적인 개념이자, (일단 그 이온빔을 조사하였을 때) 나노 구조물이 휘어지는 방향에 따라 결정되는 결론론적인 표현이라 할 수 있다.

- [51] 구체적인 예로, 도 1의 실험에 사용된 이온빔은 Ga 이온빔이며, ZnO 나노 니들의 두께는 대략 10nm이고, 이온빔의 에너지가 5~15keV 정도일 때 나노 니들이 이온빔 진행 방향으로, 30keV 일 때 나노 니들이 이온빔 방향으로 구부러지는 결과를 얻었다. 즉 도 1의 실험에서 '고에너지 이온빔'은 30keV 에너지를 가지는 이온빔이며, '저에너지 이온빔'은 5~15 keV 에너지를 가지는 이온빔이라 할 수 있는 것이다. 물론 이는 하나의 예시일 뿐으로, 나노 니들의 재질이나 굽기, 두께 등이 달라지거나, 이온빔의 종류가 달라질 경우 '고에너지 이온빔'/'저에너지 이온빔'에 해당하는 에너지 값은 당연히 다양하게 달라질 수 있다. 즉 도 1의 실험 조건은 하나의 예시일 뿐으로 이로써 본 발명이 한정되는 것은 아니다.

[52]

- [53] 또한, 본 발명의 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법은, 이온빔(10)을 조사하여 일차원 또는 이차원 형상의 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 굽힘 방법으로서, 상기 나노 구조물(20)의 굽기 또는 두께에 따라 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향이 제어되는 것을 특징으로 한다. 보다 구체적으로 설명하자면, 상기 나노 구조물(20)은 상기 이온빔(10) 조사 시 이온빔 방향(S)으로 구부러지는 굽기 또는 두께의 소폭부(N) 및 이온빔 진행 방향으로 구부러지는 굽기 또는 두께의 대폭부(W)를 포함하는 형상으로 형성되어, 상기 소폭부(N) 및 상기 대폭부(W)를 가지는 상기 나노 구조물(20)에 상기 이온빔(10)을 조사하여 상기 나노 구조물(20)의 연장 방향에 대하여 굽힘

방향이 변화하는 형상이 성형되는 것이다.

- [54] 도 3은 나노 구조물의 굽기 또는 두께 차이에 따라 굽힘 방향이 차이가 나는 것을 보여 주는 개념도이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 소폭부(N)와 대폭부(W)를 가지는 어떤 나노 구조물(20)이 있을 때 여기에 이온빔(10)을 조사하면, 똑같은 이온빔을 조사한다고 해도 상기 나노 구조물(20)의 굽기 또는 두께에 따라서 휘어지는 방향이 달라진다. 도 3을 참조하면, 어떤 이온빔(10)이 굽기 또는 두께가 변화하는 나노 구조물(20)에 조사되면, 상기 나노 구조물(20)의 굽기가 가는 부분, 즉 소폭부(N)에서는 상기 이온빔(10)에 의하여 이온빔 방향(S)으로 구부러지고, 상기 나노 구조물(20)의 굽기가 굽은 부분, 즉 대폭부(W)에서는 동일한 상기 이온빔(10)에 의하여 이온빔 진행 방향(P)으로 구부러지게 된다. 즉, 동일한 이온빔(10)이라 할지라도, 상기 나노 구조물(20)의 굽기에 따라 이 이온빔(10)이 이온빔 방향(S)으로 휘게 하는 고에너지 이온빔으로서 작용할 수도 있고, 반대로 이온빔 진행 방향(P)으로 휘게 하는 저에너지 이온빔으로서 작용할 수도 있는 것이다.
- [55] 앞서 고에너지/저에너지를 나누는 기준과 마찬가지로, 소폭/대폭을 나누는 기준 역시 이온빔의 이온 종류, 나노 구조물의 재질, 이온빔의 에너지 등에 따라 달라지므로, 어떤 하나의 값으로 결정되는 것은 아니다. 어떤 나노 구조물에 어떤 이온빔을 조사하였을 때 나노 구조물이 이온빔 방향으로 휘어지면 이 때의 나노 구조물 굽기 또는 두께는 '소폭'이 되는 것이고, 나노 구조물이 이온빔 진행 방향으로 휘어지면 이 때의 나노 구조물 굽기 또는 두께는 '대폭'이 되는 것이다. 즉 소폭/대폭이라는 표현은, 고에너지/저에너지라는 표현과 마찬가지로, (서로에 대하여 비교적 크거나 작다는) 상대적인 개념이자, (어떤 이온빔을 조사하였을 때) 나노 구조물이 휘어지는 방향에 따라 결정되는 결과론적인 표현이라 할 수 있다.
- [56] 상기 나노 구조물(20)은 또한 그 굽기 또는 두께가 점진적으로 변화하는 형상으로 형성될 수 있다. 특히 도 3(A)에 도시된 바와 같이 끝으로 갈수록 점점 가늘어지는 형상인 경우에, 적절한 수준의 에너지를 가지는 이온빔(10)을 상기 나노 구조물(20)에 조사하면, 도 3(B)에 도시된 바와 같이 대폭부(W)에서는 이온빔 진행 방향(P)으로 휘었다가 소폭부(N)로 갈수록 이온빔 방향(S)로 휘어짐으로써, 결과적으로 갈고리 형상이 만들어지게 된다. 이와 같이 본 발명의 방법을 응용하면, 상기 이온빔(10)의 에너지나 위치 등을 변화시키지도 않았고, 상기 나노 구조물(20) 역시 아무런 움직임이 없었는데도, 도 3에 나타난 것처럼 갈고리 형상과 같은 복잡한 형상도 매우 쉽고 빠르게 만들어낼 수 있다.
- [57]
- [58] 도 2 및 도 3의 설명을 종합하여 요약하면, 나노 구조물에 이온빔을 조사하였을 때, [이온빔 에너지] 및 [나노 구조물의 굽기 또는 두께], 이 두 변수가 나노 구조물의 굽힘 방향에 결정적인 역할을 하는 두 변수라는 것을 알 수 있다. 본 발명에서, 상기 나노 구조물(20)은 나노 튜브, 나노 와이어, 캔틸레버, 박막 등과

같은 일차원 또는 이차원 구조물이다.

- [59] 즉 본 발명의 방법에 따르면, 나노 구조물에 이온빔의 에너지를 적절히 변화시키면서 조사하거나([이온빔 에너지] 변수 조절), 굽기 또는 두께가 변화하는 나노 구조물에 적절한 수준의 에너지를 가지는 하나의 이온빔을 조사하거나([나노 구조물의 굽기 또는 두께] 변수 조절), 또는 굽기 또는 두께가 변화하는 나노 구조물에 이온빔의 에너지도 적절히 변화시키면서 조사하는([이온빔 에너지] 변수 및 [나노 구조물의 굽기 또는 두께] 변수 조절) 방법을 통해, 나노 구조물을 전혀 움직이지 않고도 나노 구조물의 굽힘 방향을 원하는 대로 조절할 수 있다. 따라서 나노 튜브, 나노 와이어, 캔틸레버, 박막 등과 같은 기본 형상을 가지는 나노 구조물에 적절하게 이온빔을 조사하여 줌으로써, 나노 구조물을 전혀 움직이지 않으면서도 설계자가 원하는 다양한 형상을 쉽게 만들 수 있다.

[60]

- [61] 이하에서, 상술한 바와 같이 이온빔 에너지 등을 변화시킴으로써 나노 구조물의 굽힘 방향을 제어하는 본 발명의 방법을 다양하게 응용하는 실시예들에 대하여 설명한다. 특히, 도 4 내지 8에서는 이온빔 차단기(30)를 더 이용함으로써 보다 세밀한 굽힘 형상 변화를 제어할 수 있다.

[62]

도 4에 도시된 바와 같이, 상기 이온빔 차단기(30)는 상기 이온빔(10) 및 상기 나노 구조물(20) 사이에 구비되는 것으로서, 통공(35)이 형성되어 상기 통공(35) 이외의 부분에서 상기 이온빔(10)의 진행을 차단하는 역할을 한다. 이에 따라 상기 이온빔 차단기(30)를 사용하면, 상기 이온빔 차단기(30)에 의하여 상기 나노 구조물(20)의 일부에만 상기 이온빔(10)이 조사되도록 할 수 있다. 물론 상기 통공(35)을 통해 조사되는 상기 이온빔(10)이 고에너지 이온빔(11)이라면 도 4(A)에 도시된 바와 같이 상기 나노 구조물(20)이 이온빔 방향(S)으로 구부러뜨려지며, 상기 통공(35)을 통해 조사되는 상기 이온빔(10)이 저에너지 이온빔(12)이라면 도 4(B)에 도시된 바와 같이 상기 나노 구조물(20)이 이온빔 진행 방향(P)으로 구부러뜨려진다는 것은 마찬가지이다.

[63]

이와 같이 상기 이온빔 차단기(30)를 사용하여 상기 나노 구조물(20)의 원하는 위치 일부에만 상기 이온빔(10)이 조사되도록 할 수 있게 함으로써 다음과 같은 이점을 얻을 수 있다. 종래에는 나노 구조물의 끝부분이 이온빔 방향을 향하게 하도록 하기 위해 나노 구조물의 끝부분까지 이온빔을 조사할 때, 이온빔에 의해서 나노 구조물의 끝부분이 손상되어, 나노 구조물 끝부분의 구조를 유지하고자 하는 경우 문제가 되었다. 그러나 이와 같이 상기 이온빔 차단기(30)를 사용할 경우, 상기 나노 구조물(20)의 끝부분에는 상기 이온빔(10)이 조사되지 않도록 막아 줌으로써 끝부분의 손상을 원천적으로 방지하면서도, 상기 통공(35)을 통해 조사된 상기 이온빔(10)에 의하여 원하는 방향으로 상기 나노 구조물(20)을 구부릴 수 있게 된다.

[64]

- [65] 또한, 상기 이온빔 차단기(30)의 위치가 가변되도록 함으로써 더욱 세밀한 굽힘 형상 변화를 제어할 수 있다. 도 5 및 도 6은, 상기 이온빔(10)의 에너지를 변화시키고, 또한 상기 이온빔 차단기(30)의 위치를 가변시킴으로써, 각각 삼모양(도 5) 및 갈고리 모양(도 6)을 만든 실시예이다.
- [66] 도 5의 실시예를 설명하면 다음과 같다. 먼저 도 5(A)에 도시된 바와 같은 바형태의 나노 구조물(20)에 대하여, 도 5(B)와 같이 상기 이온빔 차단기(30)를 이용하여 특정 위치에만 고에너지 이온빔(11)을 조사한다. 그러면 상기 나노 구조물(20)은 고에너지 이온빔(11)이 조사된 부위에서 이온빔 방향, 도 5를 기준으로 하면 위쪽 방향으로 휘어진다. 다음으로, 도 5(C)와 같이 상기 이온빔 차단기(30)를 상기 나노 구조물(20)의 끝부분 방향으로 이동시켜 상기 통공(35) 위치를 변경한 다음 저에너지 이온빔(12)을 조사한다. 그러면 상기 나노 구조물(20)은 저에너지 이온빔(12)이 조사된 부위에서 이온빔 진행 방향, 즉 아래쪽 방향으로 휘어진다. 마지막으로, 도 5(D)와 같이 상기 이온빔 차단기(30)를 상기 나노 구조물(20)의 끝부분 방향으로 더 이동시켜 상기 통공(35) 위치를 변경한 다음 다시 저에너지 이온빔(12)을 조사한다. 그러면 상기 나노 구조물(20)은 저에너지 이온빔(12)이 조사된 부위에서 이온빔 진행 방향, 즉 아래쪽 방향으로 더 휘어져서, 원하던 모양인 삼모양이 완성되게 된다.
- [67] 도 6의 실시예를 설명하면 다음과 같다. 먼저 도 6(A)에 도시된 바와 같은 바형태의 나노 구조물(20)에 대하여, 도 6(B)과 같이 상기 이온빔 차단기(30)를 이용하여 특정 위치에만 저에너지 이온빔(12)을 조사한다. 그러면 상기 나노 구조물(20)은 저에너지 이온빔(12)이 조사된 부위에서 이온빔 진행 방향, 도 6을 기준으로 하면 아래쪽 방향으로 휘어진다. 다음으로, 도 6(C)와 같이 상기 이온빔 차단기(30)를 상기 나노 구조물(20)의 끝부분 방향으로 이동시켜 상기 통공(35) 위치를 변경한 다음 고에너지 이온빔(11)을 조사한다. 그러면 상기 나노 구조물(20)은 고에너지 이온빔(11)이 조사된 부위에서 이온빔 방향, 즉 위쪽 방향으로 휘어진다. 마지막으로, 도 6(D)와 같이 상기 이온빔 차단기(30)를 상기 나노 구조물(20)의 끝부분 방향으로 더 이동시켜 상기 통공(35) 위치를 변경한 다음 다시 고에너지 이온빔(11)을 조사한다. 그러면 상기 나노 구조물(20)은 고에너지 이온빔(11)이 조사된 부위에서 이온빔 방향, 즉 위쪽 방향으로 더 휘어져서, 원하던 모양인 갈고리 모양이 완성되게 된다.
- [68]
- [69] 도 7은 상기 이온빔 차단기(30)를 이용하여 나노 구조물(20)의 끝단부를 손상시키지 않으면서 상기 나노 구조물(20)의 끝단부가 원하는 위치를 향하도록 맞추는 과정을 도시한 것이다.
- [70] 도 7의 예시처럼 목표 대상물(40)이 있고 상기 나노 구조물(20)의 끝단부가 상기 목표 대상물(40), 특히 상기 목표 대상물(40) 상의 목표 위치(도 7 상에서 구멍)을 정확히 향하도록 하고 싶을 경우를 가정한다. 특히 상기 나노 구조물(20)의 끝단부는 뾰족한 형상으로 되어 있으며, 이 형상을 손상시키지

않게 하는 것이 조건이다. 이 때 도 7(A)에 도시된 바와 같이 최초에는 상기 나노 구조물(20)의 끝단부가 상기 목표 대상물(40)의 목표 위치보다 낮은 위치에 있다고 한다.

[71] 그러면, 먼저 도 7(B)에 도시된 바와 같이 상기 이온빔 차단기(30)를 이용하여 상기 나노 구조물(20)의 끝단부로는 이온빔이 조사되지 않도록 막아준 후, 먼저 고에너지 이온빔(11)을 조사하여 상기 나노 구조물(20)을 이온빔 방향, 즉 위쪽 방향으로 휘어지게 한다. 이 과정에서 상기 나노 구조물(20)의 끝단부가 정확하게 원하는 방향을 향하게 되었다면 여기에서 작업을 완료하면 되겠으나, 너무 많이 휘어지게 되어 이제는 상기 나노 구조물(20)의 끝단부가 상기 목표 대상물(40)의 목표 위치보다 오히려 높은 위치를 향하게 될 수 있다.

[72] 그러면, 다음으로 도 7(C)에 도시된 바와 같이, 역시 상기 이온빔 차단기(30)를 그대로 구비한 채로 이번에는 저에너지 이온빔(12)을 조사하여 상기 나노 구조물(20)을 이온빔 진행 방향, 즉 아래쪽 방향으로 휘어지게 한다.

[73] 이와 같이 고에너지 이온빔(11) 조사(상기 나노 구조물(20)을 위쪽으로 휘어지게 함) - 저에너지 이온빔(12) 조사(상기 나노 구조물(20)을 아래쪽으로 휘어지게 함) 과정을 여러 번 반복 수행함으로써, 최종적으로 도 7(D)에 도시된 바와 같이 상기 나노 구조물(20)의 끝단부가 상기 목표 대상물(40)의 목표 위치를 정확하게 향하도록 할 수 있다. 이 과정에서, 상기 이온빔 차단기(30)에 의하여 상기 나노 구조물(20)의 끝단부는 이온빔을 전혀 맞지 않았으므로, 상기 나노 구조물(20)의 끝단부의 뽀족한 형상은 전혀 손상받지 않게 된다. 뿐만 아니라, 이처럼 고에너지 이온빔(11) 및 저에너지 이온빔(12)의 반복 교환 조사를 통해 상기 나노 구조물(20)의 휘어지는 방향을 원하는 대로 바꿀 수 있어, 상기 나노 구조물(20)을 다른 방향으로 휘기 위하여 상기 나노 구조물(20)에 대하여 이를 회전시킨다거나 하는 움직임을 가할 필요가 전혀 없어, 작업 용이성이 극대화된다. 더불어 이 과정에서 이온빔의 조사 위치를 바꿀 필요도 없기 때문에, 전체적으로 기계적인 움직임을 전혀 필요로 하지 않으면서도 원하는 대로 정밀하게 상기 나노 구조물(20)을 굽힘 변형시킬 수 있게 된다.

[74]

[75] 도 8은 상기 이온빔 차단기(30)의 다른 형상에 대한 실시예이다. 도 8의 실시예에서, 상기 이온빔 차단기(30)는 다수 개의 통공(35)이 형성된다. 도 4 내지 도 7의 실시예에서는 상기 이온빔 차단기(30)에 단일 개의 통공(35)이 형성된 예시를 보여주나, 이와 같이 상기 이온빔 차단기(30)에는 적어도 하나 이상의 통공(35)이 형성될 수 있다.

[76] 도 8에서와 같이 상기 이온빔 차단기(30)에 다수 개의 통공(35)이 형성될 경우, 상기 이온빔 차단기(30)는 움직이지 않고 상기 이온빔(10)의 조사 위치가 가변되도록 함으로써 복잡한 형상을 쉽게 만들 수 있다. 먼저 도 8(A)에 도시된 바와 같은 바 형태의 나노 구조물(20)에 대하여, 도 8(B)과 같이 상기 이온빔 차단기(30)의 안쪽의 통공(35)을 통해 저에너지 이온빔(12)을 조사한다. 그러면

상기 나노 구조물(20)은 저에너지 이온빔(12)이 조사된 부위에서 이온빔 진행 방향, 즉 아래쪽 방향으로 휘어진다. 다음으로, 도 8(C)와 같이 이온빔의 조사 위치를 상기 나노 구조물(20)의 끝부분 방향으로 이동시켜 바깥쪽의 통공(35)을 통해 고에너지 이온빔(11)을 조사한다. 그러면 상기 나노 구조물(20)은 고에너지 이온빔(11)이 조사된 부위에서 이온빔 방향, 즉 위쪽 방향으로 휘어진다. 마지막으로, 도 8(D)와 같이 이온빔의 조사 위치를 상기 나노 구조물(20)의 끝부분 방향으로 더 이동시켜 다시 고에너지 이온빔(11)을 조사한다. 그러면 상기 나노 구조물(20)은 고에너지 이온빔(11)이 조사된 부위에서 이온빔 방향, 즉 위쪽 방향으로 더 휘어져서 갈고리 모양이 완성되게 된다.

[77] 앞서의 도 6 역시 갈고리 모양을 형성하는 과정이었는데, 이 때에는 단일 개의 통공(35)이 형성된 이온빔 차단기(30)를 사용하였으므로 이온빔 차단기(30)를 이동시키는 과정이 필요하였다. 그러나 도 8의 경우에는 상기 이온빔 차단기(30)에 형성된 통공(35)이 다수 개여서, 원하는 통공(35) 위치로 이온빔 조사 위치만 변경시키면 되기 때문에, 이온빔 차단기(30) 위치 변경에 필요한 정밀 제어 등이 필요하지 않게 되어 작업 과정이 보다 쉬워지게 된다. 이온빔 조사 위치 변경이나 에너지 조절은 이온빔 조사 장치에 적절한 위치 변경 프로그램을 입력해 줌으로써 쉽게 구현할 수 있다. 특히 이런 방식을 사용할 때, 다수 개의 통공(35)이 형성된 상기 이온빔 차단기(30)가 마치 성형틀과 같이 작용하게 됨으로써, 동일한 모양의 나노 구조물(20)을 빠르게 대량 제작할 수 있다.

[78] 이와 같이 본 발명에 의하면, 이온빔 차단기(30) 또는 이온빔(10) 조사 위치를 적절히 가변시켜 줌으로써, 원하는 형상을 정확하고 용이하며 신속하게 대량으로 만들 수 있게 된다.

[79]

[80] 도 9는 서로 직교하는 한 쌍의 이온빔을 사용한 3차원 공간 상에서의 굽힘 형상 변화 실시예를 도시하고 있다. 도 9(A)에 도시된 바와 같이 y축 방향으로 연장되는 바 형태의 나노 구조물(20)이 있다고 할 때, 여기에 x축 방향 및 z축 방향으로 한 쌍의 이온빔(10)(고에너지 이온빔(11) 또는 저에너지 이온빔(12)) 적절하게 조사해 주면, 상기 이온빔(10)들의 에너지 등에 따라 상기 나노 구조물(20)이 3차원 공간 상에서 휘어지게 된다.

[81] 이와 같이 상기 나노 구조물(20)은 일차원 형상일 때, 상기 나노 구조물(20)에 각각 상기 나노 구조물(20)의 연장 방향(도 9의 실시예에서는 y축)에 대하여 수직하고 서로 직교하도록 형성되는(도 9의 실시예에서 x축, z축) 한 쌍의 이온빔(10)을 조사하여 줌으로써, 상기 나노 구조물(20)을 3차원 공간 상에서 원하는 방향을 향하도록 만들 수 있다. 물론 도 9의 실시예에서는 한 쌍의 이온빔(10)이 고에너지 이온빔(11) 및 저에너지 이온빔(12)으로 구성되는 것으로 도시되었으나, 한 쌍의 이온빔(10)은 고에너지 이온빔(11)만으로 구성되거나, 저에너지 이온빔(12)만으로 구성될 수도 있는 등, 원하는 대로 얼마든지

다양하게 변경 실시할 수 있음은 당연하다.

[82]

[83] 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 아니하며, 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이다.

[84]

산업상 이용가능성

[85] 본 발명에 의하면, 나노 구조물을 움직이거나 움직인 이후 다시 이온빔 조사 위치를 조정하는 등과 같은 정밀 제어 작업이 원천적으로 생략될 수 있기 때문에, 이러한 작업에 필요한 시간, 인력, 비용 등의 자원이 비약적으로 절약되는 큰 효과가 있다. 또한, 나노 구조물의 끝단부 등의 특정 부위에 대한 손상의 염려 없이 성형이 가능하다는 장점이 있다. 뿐만 아니라, 앞서 설명한 바와 같이 굽힘 등의 성형 작업에 드는 시간 등이 크게 절약되기 때문에, 매우 빠르게 원하는 형태의 나노 구조물을 대량 생산할 수 있게 해 주는 효과 또한 있다.

청구범위

- [청구항 1] 이온빔(10)을 조사하여 일차원 또는 이차원 형상의 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 굽힘 방법으로서, 상기 이온빔(10)의 에너지에 따라 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향이 제어되는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.
- [청구항 2] 제 1항에 있어서, 이온빔 방향(S)으로 상기 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 에너지를 가지는 고에너지 이온빔(11) 및 이온빔 진행 방향(P)으로 상기 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 에너지를 가지는 저에너지 이온빔(12)을 반복적으로 교환 조사하여 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향 및 형상을 조절하는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.
- [청구항 3] 이온빔(10)을 조사하여 일차원 또는 이차원 형상의 나노 구조물(20)을 구부러뜨리는 굽힘 방법으로서, 상기 나노 구조물(20)의 굽기 또는 두께에 따라 상기 나노 구조물(20)의 굽힘 방향이 제어되는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.
- [청구항 4] 제 3항에 있어서, 상기 나노 구조물(20)은 상기 이온빔(10) 조사 시 이온빔 방향(S)으로 구부러지는 굽기 또는 두께의 소폭부(N) 및 이온빔 진행 방향으로 구부러지는 굽기 또는 두께의 대폭부(W)를 포함하는 형상으로 형성되어, 상기 소폭부(N) 및 상기 대폭부(W)를 가지는 상기 나노 구조물(20)에 상기 이온빔(10)을 조사하여 상기 나노 구조물(20)의 연장 방향에 대하여 굽힘 방향이 변화하는 형상이 성형되는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.
- [청구항 5] 제 3항에 있어서, 상기 나노 구조물(20)은 그 굽기 또는 두께가 점진적으로 변화하는 형상으로 형성되는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.
- [청구항 6] 제 1항 또는 제 3항에 있어서, 상기 나노 구조물(20)은 나노 튜브, 나노 와이어, 캔틸레버, 박막 중 선택되는 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.
- [청구항 7] 제 1항 또는 제 3항에 있어서,

상기 이온빔(10) 및 상기 나노 구조물(20) 사이에, 통공(35)이 형성되어 상기 통공(35) 이외의 부분에서 상기 이온빔(10)의 진행을 차단하는 이온빔 차단기(30)가 구비되어,
상기 이온빔 차단기(30)에 의하여 상기 나노 구조물(20)의 일부에만 상기 이온빔(10)이 조사되도록 하는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.

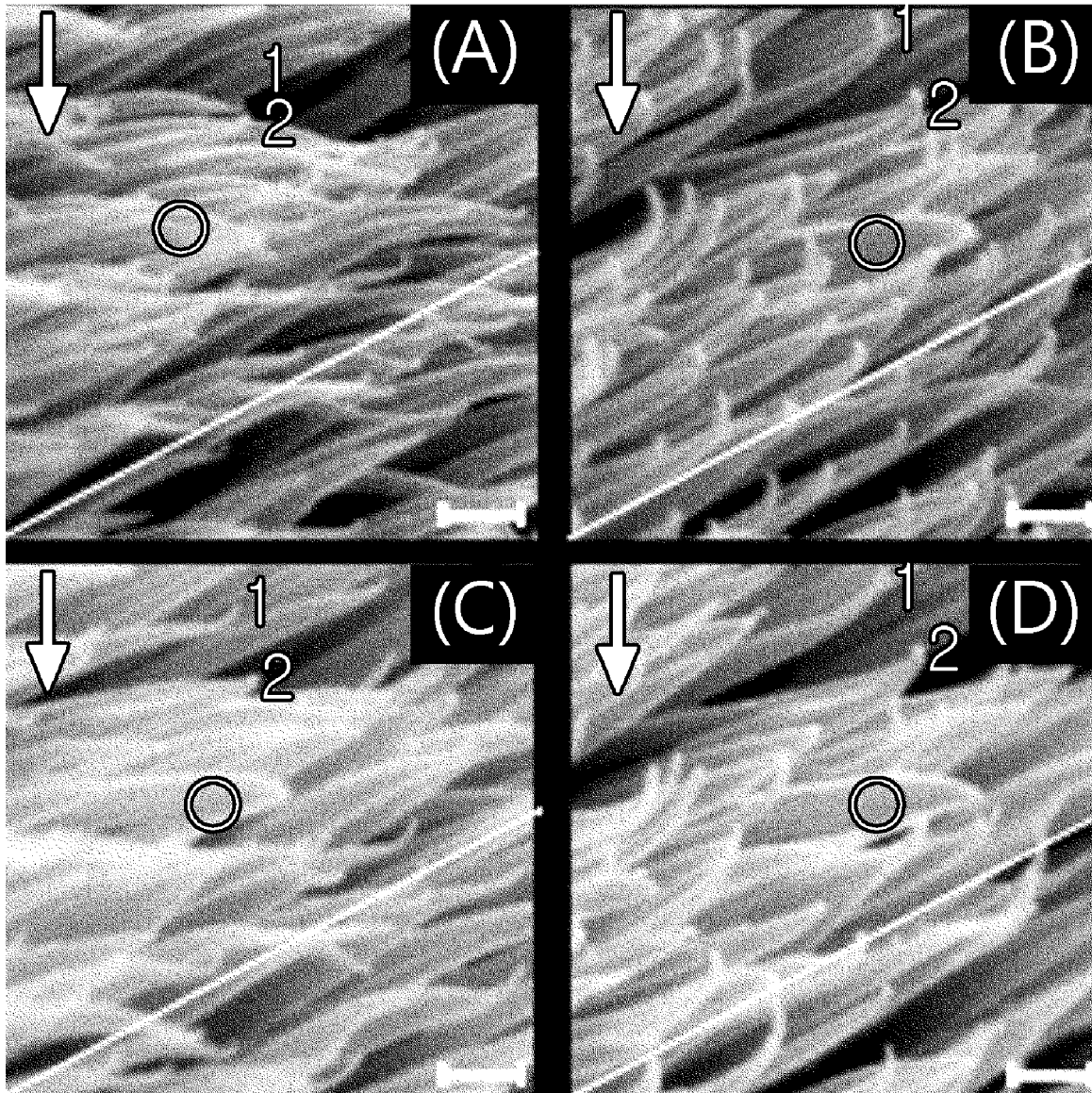
[청구항 8] 제 7항에 있어서, 상기 이온빔 차단기(30)는 적어도 하나 이상의 통공(35)이 형성되는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.

[청구항 9] 제 8항에 있어서, 상기 이온빔 차단기(30)의 위치가 가변되는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.

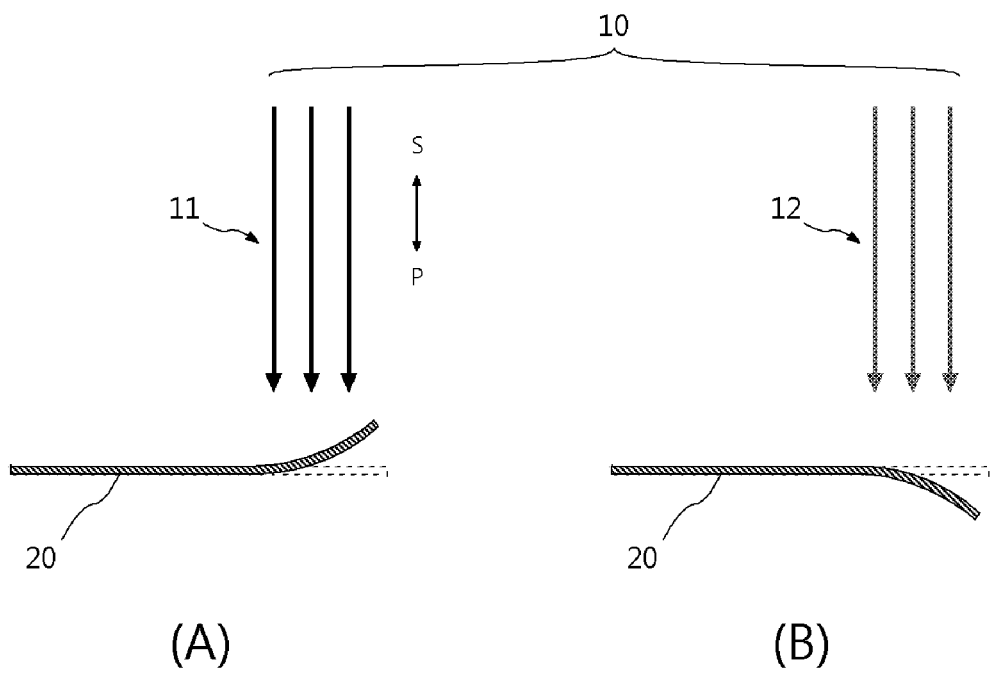
[청구항 10] 제 1항 또는 제 3항에 있어서, 상기 이온빔(10)의 조사 위치가 가변되는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.

[청구항 11] 제 1항 또는 제 3항에 있어서, 상기 나노 구조물(20)은 일차원 형상이며, 상기 나노 구조물(20)에 한 쌍의 이온빔(10)을 조사하되,
한 쌍의 상기 이온빔(10)은 각각 상기 나노 구조물(20)의 연장 방향에 대하여 수직하고 서로 직교하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 이온빔을 이용한 일차원 또는 이차원 나노 구조물의 무운동 굽힘 방법.

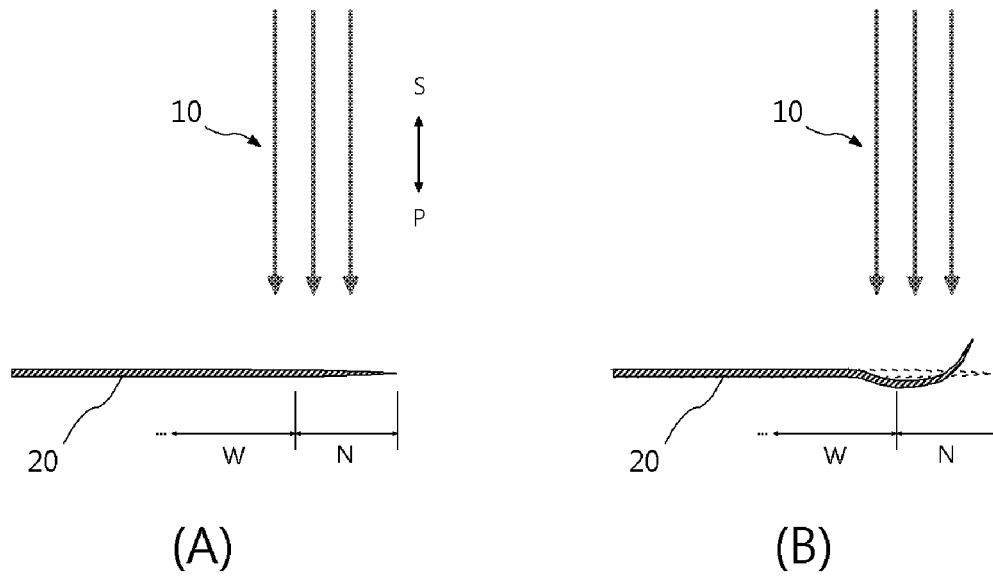
[Fig. 1]



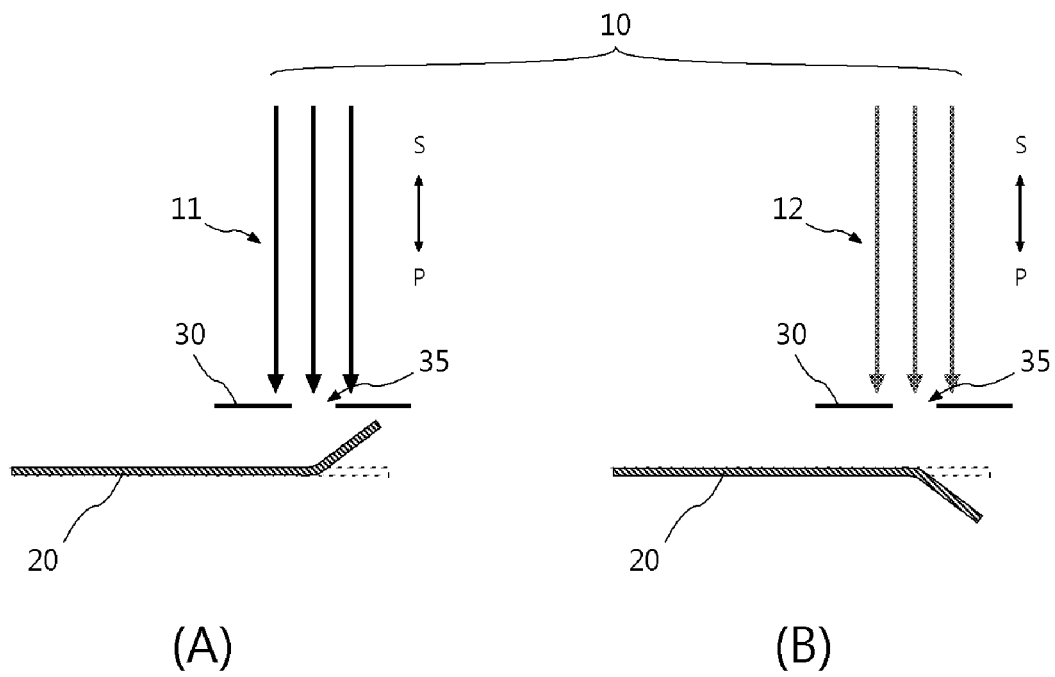
[Fig. 2]



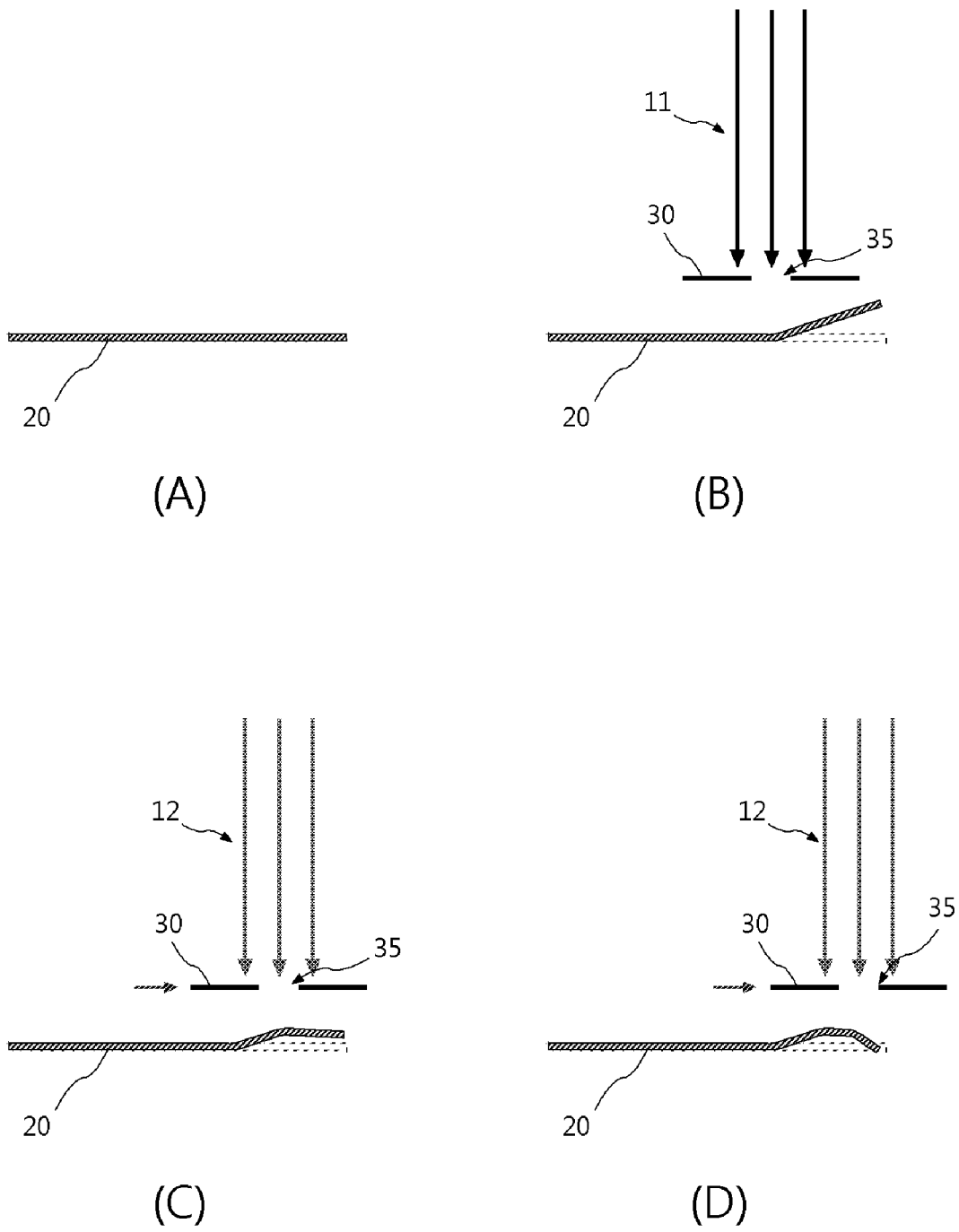
[Fig. 3]



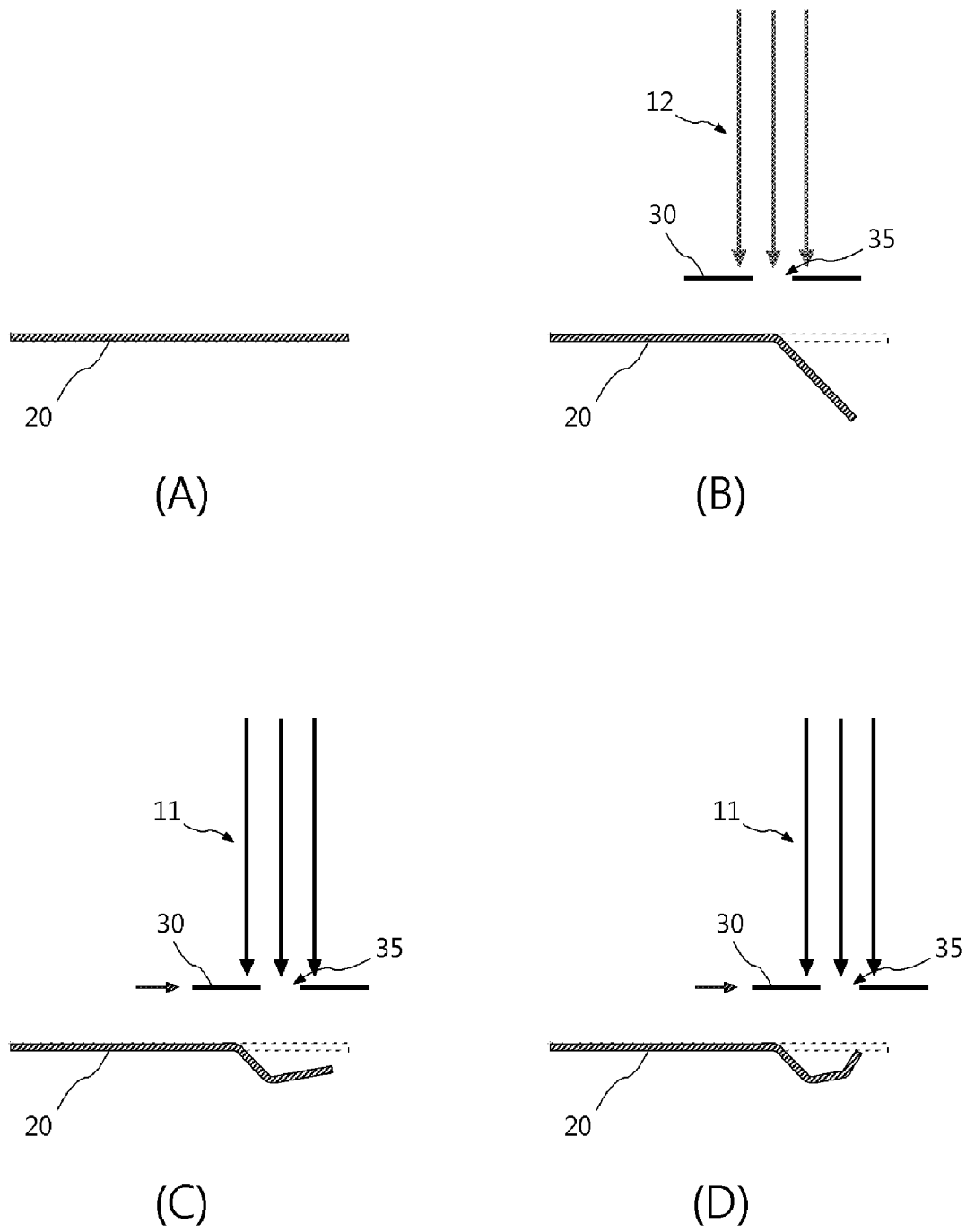
[Fig. 4]



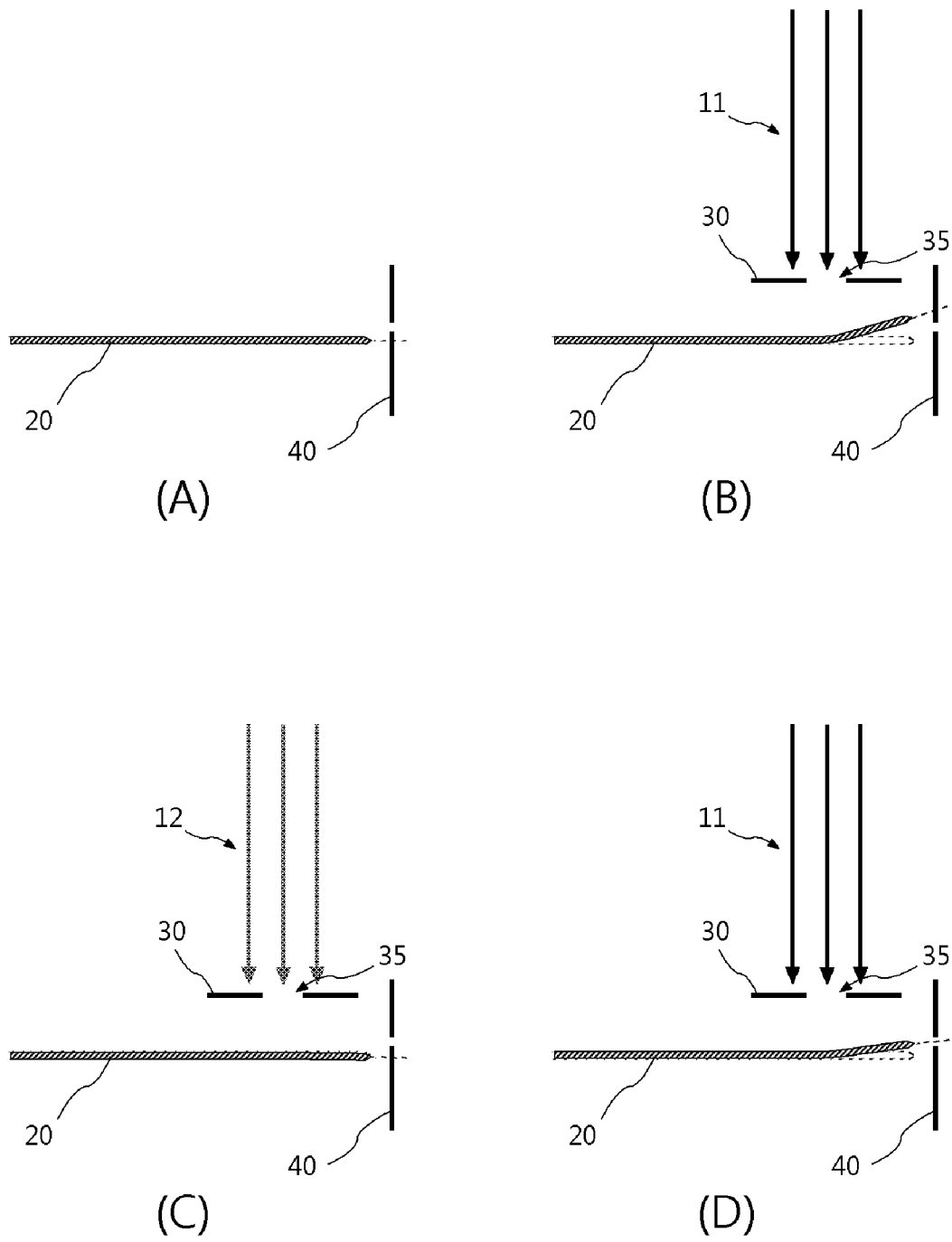
[Fig. 5]



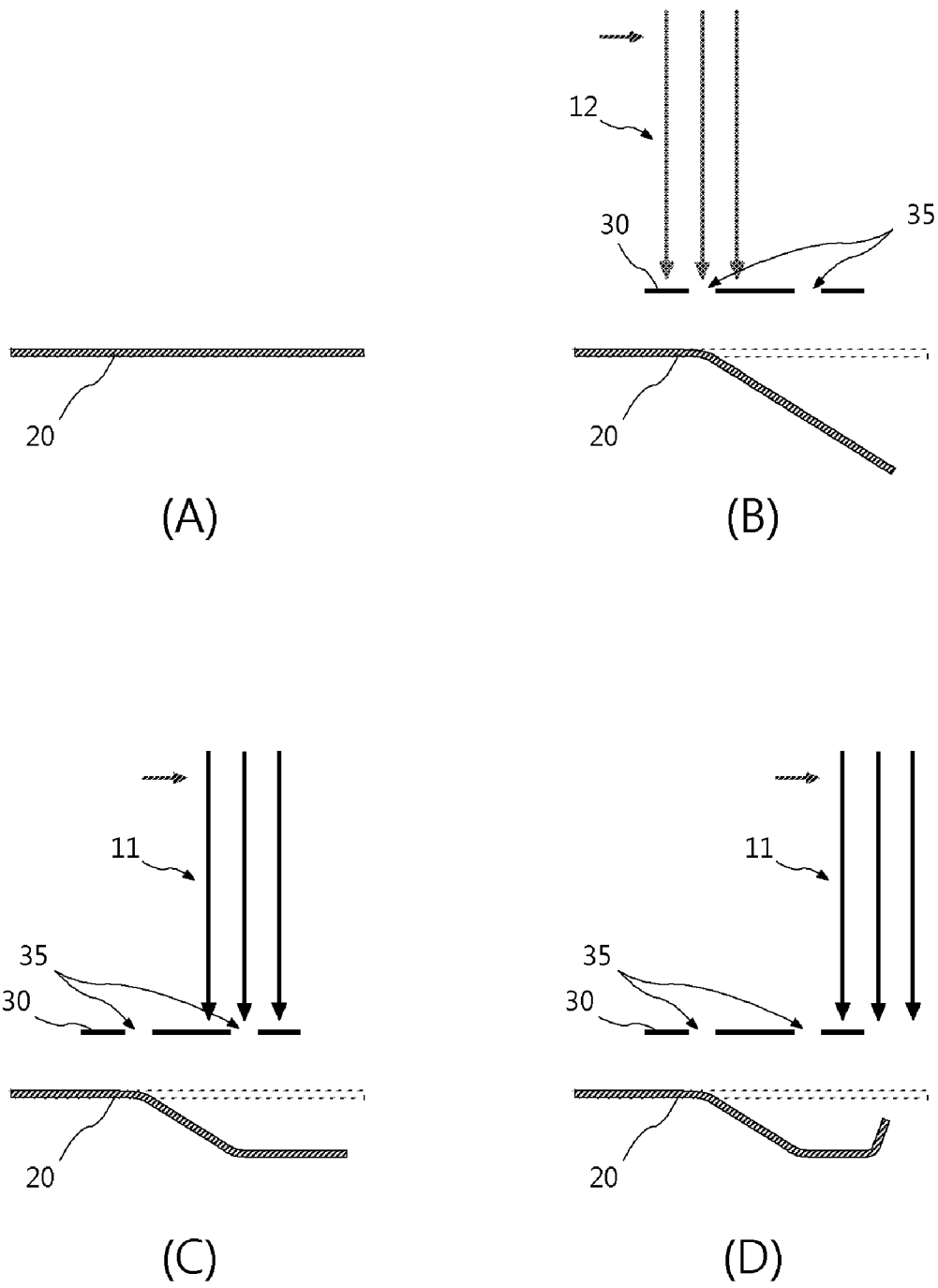
[Fig. 6]



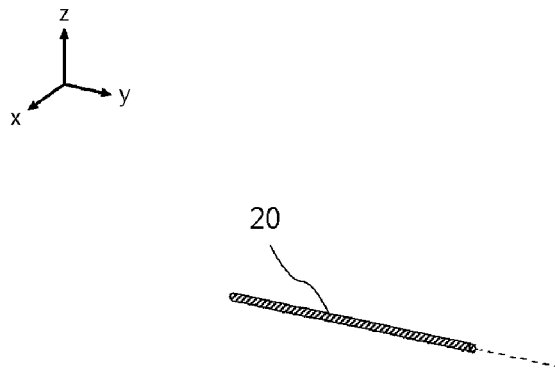
[Fig. 7]



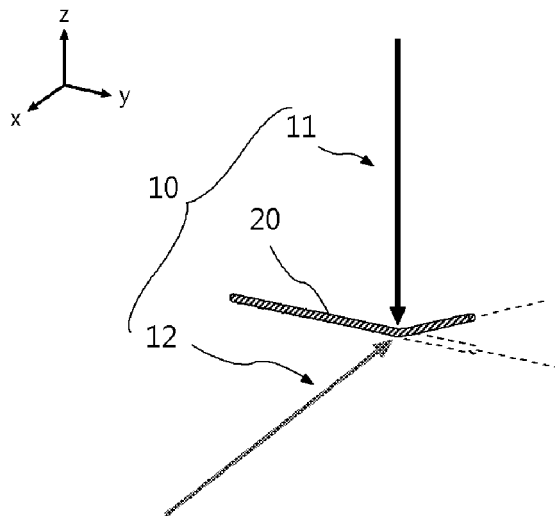
[Fig. 8]



[Fig. 9]



(A)



(B)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2012/010528**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****B82B 3/00(2006.01)i, H01J 17/48(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)

B82B 3/00; B82Y 40/00; B21G 1/00; G01N 13/14; G01Q 70/12; B23K 26/00; G01B 7/34

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

Chinese Utility models and applications: 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: ion-beam, nano, bending

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-0767994 B1 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) 18 October 2007 See abstract; paragraphs [0033], [0050]-[0051]; figures 5-8.	1-11
A	JP 2002-162332 A (CANON INC) 07 June 2002 See abstract; paragraph [0005].	1-11
A	JP 06-114481 A (ADVANTEST CORP) 26 April 1994 See abstract; paragraphs [0005]-[0010]; figure 1.	1-11
A	KR 10-2006-0045876 A (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) 17 May 2006 See abstract; page 5, lines 32-49; figures 5a-5b.	1-11



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

06 MARCH 2013 (06.03.2013)

Date of mailing of the international search report

11 MARCH 2013 (11.03.2013)

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/KR2012/010528

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-0767994 B1	18.10.2007	NONE	
JP 2002-162332 A	07.06.2002	NONE	
JP 06-114481 A	26.04.1994	NONE	
KR 10-2006-0045876 A	17.05.2006	CN 1993609 A	04.07.2007
		CN 1993609 B	10.08.2011
		CN 1993609 C0	04.07.2007
		JP 04-740949 B2	13.05.2011
		JP 2008-508512 A	21.03.2008
		US 2009-0106869 A1	23.04.2009
		US 7703147 B2	20.04.2010
		WO 2006-011714 A1	02.02.2006

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) B82B 3/00(2006.01)i, H01J 17/48(2006.01)i																	
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) B82B 3/00; B82Y 40/00; B21G 1/00; G01N 13/14; G01Q 70/12; B23K 26/00; G01B 7/34 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 중국등록실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) KOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 이온빔, 나노, 굽힘																	
C. 관련 문헌 <table border="1"> <thead> <tr> <th>카테고리*</th> <th>인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재</th> <th>관련 청구항</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-0767994 B1 (한국표준과학연구원) 2007.10.18 요약; 단락[0033], [0050]-[0051]; 도면 5-8 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2002-162332 A (CANON INC) 2002.06.07 요약; 단락 [0005] 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 06-114481 A (ADVANTEST CORP) 1994.04.26 요약; 단락 [0005]-[0010]; 도면 1 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 10-2006-0045876 A (한국표준과학연구원) 2006.05.17 요약; 페이지 5, 라인 32-49; 도면 5a-5b 참조.</td> <td>1-11</td> </tr> </tbody> </table>			카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항	A	KR 10-0767994 B1 (한국표준과학연구원) 2007.10.18 요약; 단락[0033], [0050]-[0051]; 도면 5-8 참조.	1-11	A	JP 2002-162332 A (CANON INC) 2002.06.07 요약; 단락 [0005] 참조.	1-11	A	JP 06-114481 A (ADVANTEST CORP) 1994.04.26 요약; 단락 [0005]-[0010]; 도면 1 참조.	1-11	A	KR 10-2006-0045876 A (한국표준과학연구원) 2006.05.17 요약; 페이지 5, 라인 32-49; 도면 5a-5b 참조.	1-11
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항															
A	KR 10-0767994 B1 (한국표준과학연구원) 2007.10.18 요약; 단락[0033], [0050]-[0051]; 도면 5-8 참조.	1-11															
A	JP 2002-162332 A (CANON INC) 2002.06.07 요약; 단락 [0005] 참조.	1-11															
A	JP 06-114481 A (ADVANTEST CORP) 1994.04.26 요약; 단락 [0005]-[0010]; 도면 1 참조.	1-11															
A	KR 10-2006-0045876 A (한국표준과학연구원) 2006.05.17 요약; 페이지 5, 라인 32-49; 도면 5a-5b 참조.	1-11															
☐ 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 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌																	
국제조사의 실제 완료일 2013년 03월 06일 (06.03.2013)		국제조사보고서 발송일 2013년 03월 11일 (11.03.2013)															
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 82-42-472-7140		심사관 오창석 전화번호 82-42-481-5721 															

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-0767994 B1	2007.10.18	없음	
JP 2002-162332 A	2002.06.07	없음	
JP 06-114481 A	1994.04.26	없음	
KR 10-2006-0045876 A	2006.05.17	CN 1993609 A	2007.07.04
		CN 1993609 B	2011.08.10
		CN 1993609 C0	2007.07.04
		JP 04-740949 B2	2011.05.13
		JP 2008-508512 A	2008.03.21
		US 2009-0106869 A1	2009.04.23
		US 7703147 B2	2010.04.20
		WO 2006-011714 A1	2006.02.02