(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0011617
(43) 공개일자 2015년02월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0086796
(22) 출원일자 2013년07월23일
심사청구일자 2013년07월23일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 국제캠퍼스 내 (서천동, 경희대학교)
(72) 발명자
최재우
서울 송파구 송파대로 567, 510동 307호 (잠실동, 주공아파트)
(74) 대리인
특허법인가산

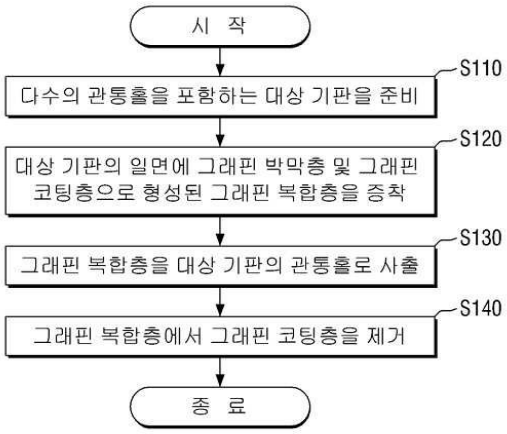
전체 청구항 수 : 총 29 항

(54) 발명의 명칭 **그래핀 패턴 형성 방법과, 이에 의해 제조된 그래핀 패턴을 갖는 전자 소자 및 양자 소자**

(57) 요 약

그래핀 패턴 형성 방법과, 이에 의해 제조된 그래핀 패턴을 갖는 전자 소자 및 양자 소자가 제공된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법은, 다수의 관통홀을 포함하는 대상 기판을 준비하는 단계; 상기 대상 기판의 일면에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하는 단계; 상기 그래핀 복합층을 상기 대상 기판의 관통홀로 사출하는 단계; 및 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

다수의 관통홀을 포함하는 대상 기판을 준비하는 단계;

상기 대상 기판의 일면에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하는 단계;

상기 그래핀 복합층을 상기 대상 기판의 관통홀로 사출하는 단계; 및

상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 그래핀 복합층을 증착하는 단계는, 상기 그래핀 복합층을 증착하기 전 상기 대상 기판의 일면에 물을 공급하여 적층하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 관통홀로 사출하는 단계는, 상기 물에 압력을 가해 상기 관통홀을 통해 상기 물을 상기 대상 기판으로부터 탈수하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 관통홀로 사출하는 단계는, 상기 물에 열을 가해 상기 물을 상기 대상 기판으로부터 제거하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 관통홀로 사출하는 단계는, 상기 그래핀 복합층을 기체로 가압하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 관통홀로 사출하는 단계는, 상기 그래핀 복합층이 상기 대상 기판의 관통홀을 통과하여 캐비티(cavity)를 형성하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 캐비티는, 일단이 뾰족한 팁 형상이거나, 또는 둥근 타원 형상인, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 그래핀 코팅층을 제거하는 단계는, 상기 그래핀 코팅층을 화학처리 또는 열처리하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 그래핀 코팅층이 제거된 상기 그래핀 박막층 위에 기능성 물질을 증착하는 단계를 더 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 10

지지 기판 위에 다수의 관통홀을 포함하는 제1 대상 기판을 준비하는 단계;

상기 제1 대상 기판의 일면에 물을 공급하여 적층하는 단계;

상기 제1 대상 기판에 적층된 물 위에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하는 단계;

상기 지지 기판을 이동시켜, 상기 관통홀을 통해 물을 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 제1 대상 기판의 관통홀로 사출하는 단계; 및

상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 지지 기판은, 다수의 관통홀을 포함하는 제2 대상 기판인, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 물을 공급하여 적층하는 단계는, 상기 제1 및 제2 대상 기판에 물을 공급하여 적층하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 그래핀 복합층을 증착하는 단계는, 상기 제1 및 제2 대상 기판에 적층된 물 위에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 관통홀로 사출하는 단계는, 상기 제1 및 제2 대상 기판 중 적어도 하나를 이동시켜, 제1 및 제2 대상 기판의 관통홀을 통해 물을 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 제1 및 제2 대상 기판의 관통홀로 사출하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 15

제 10항에 있어서,

상기 관통홀로 사출하는 단계는, 상기 지지 기판을 상하로 이동시키는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 16

제 10항에 있어서,

상기 관통홀로 사출하는 단계는, 상기 그래핀 복합층이 상기 대상 기판의 관통홀을 통과하여 캐비티(cavity)를 형성하는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 17

제 16항에 있어서,

상기 캐비티는, 일단이 뾰족한 팁 형상이거나, 또는 둥근 타원 형상인, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 18

제 10항에 있어서,

상기 그래핀 코팅층이 제거된 상기 그래핀 박막층 위에 기능성 물질을 증착하는 단계를 더 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 19

제 10항에 있어서,

상기 그래핀 코팅층은 소수성(hydrophobic) 물질로 이루어진 코팅층인, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 20

제 1항 내지 제 19항 중 어느 한 항의 방법에 의해서 제조되며, 상기 관통홀을 통과하여 형성되는 그래핀 캐비티를 포함하는 패턴 기판;

상기 패턴 기판에 전압을 가하는 전원; 및

상기 전원과 패턴 기판 사이를 연결하는 스위치를 포함하는, 전자 소자.

청구항 21

제 20항에 있어서,

상기 패턴 기판은, 상기 스위치의 ON에 의해 상기 그래핀 캐비티가 팽창되며, 상기 스위치의 OFF에 의해 상기 그래핀 캐비티가 수축되는, 전자 소자.

청구항 22

제 21항에 있어서,

상기 패턴 기판은, 상기 팽창에 의해 유체가 상기 그래핀 캐비티로 유입되며, 상기 수축에 의해 유체가 상기 그래핀 캐비티에서 유출되는, 전자 소자.

청구항 23

제 20항에 있어서,

상기 패턴 기판의 일측에 배치되어 상기 그래핀 캐비티에 의해 개폐되는 유체 주입구를 더 포함하는, 전자 소자.

청구항 24

제 23항에 있어서,

상기 유체 주입구는, 상기 스위치의 ON에 의해 상기 그래핀 캐비티가 팽창되어 입구가 폐쇄되고, 상기 스위치의 OFF에 의해 상기 그래핀 캐비티가 수축되어 입구가 개방되는, 전자 소자.

청구항 25

제 1항 내지 제 19항 중 어느 한 항의 방법에 의해서 제조되며, 상기 관통홀을 통과하여 형성되는 그래핀 캐비티를 포함하는 패턴 기판;

상기 패턴 기판에 자기장을 가하는 자기장 인가부;

상기 패턴 기판의 그래핀 캐비티 각각에 전압을 가하는 복수의 전원; 및

상기 그래핀 캐비티 각각과 각 전원 사이를 연결하는 복수의 스위치를 포함하며,

상기 패턴 기판은, 상기 관통홀 사이의 일면에 증착된 그래핀이 제거되어 각 그래핀 캐비티가 인접 그래핀 캐비

티와 단속되고,

상기 각 그래핀 캐비티는 내부에 스핀을 가진 입자를 적어도 하나 포함하는, 양자 소자.

청구항 26

다수의 관통홀을 포함하는 한 쌍의 대상 기판을 준비하는 단계;

상기 한 쌍의 대상 기판 사이를 부도체층으로 연결하여 내부 공간을 형성하는 단계;

상기 내부 공간에 물을 공급하는 단계;

상기 한 쌍의 대상 기판에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하는 단계;

상기 내부 공간 내의 물을 외부로 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 한 쌍의 대상 기판의 관통홀로 사출하는 단계;

상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거하는 단계; 및

상기 관통홀 사이의 일면에 증착된 그래핀이 제거되어 각 그래핀 캐비티가 인접 그래핀 캐비티와 단속되는 단계를 포함하는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 27

제 26항에 있어서,

상기 한 쌍의 대상 기판은, 각 관통홀이 지그재그로 배치되는, 그래핀 패턴 형성 방법.

청구항 28

제 26항 또는 제 27항 중 어느 한 항의 방법에 의해서 제조되며, 상기 각 그래핀 캐비티의 내부에 스핀을 가진 입자를 적어도 하나 포함하는 한 쌍의 패턴 기판;

상기 패턴 기판에 자기장을 가하는 자기장 인가부;

상기 패턴 기판의 그래핀 캐비티 각각에 전압을 가하는 복수의 전원; 및

상기 그래핀 캐비티 각각과 각 전원 사이를 연결하는 복수의 스위치를 포함하는, 양자 소자.

청구항 29

제 28항에 있어서,

상기 한 쌍의 패턴 기판은, 상기 각 그래핀 캐비티에 포함되는 입자가 서로 상이한, 양자 소자.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 그래핀 패턴 형성 방법과, 이에 의해 제조된 그래핀 패턴을 갖는 전자 소자 및 양자 소자에 관한 것으로, 보다 상세하게는 수십 nm 크기의 작은 구멍을 통과할 수 있는 그래핀의 특성을 이용하여 다양한 구조의 그래핀 패턴을 형성하고, 이를 이용하여 다양한 구조의 그래핀 패턴을 갖는 전자 소자 및 양자 소자를 구현할 수 있는 그래핀 패턴 형성 방법과, 이에 의해 제조된 그래핀 패턴을 갖는 전자 소자 및 양자 소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 탄소 원자 한 층의 2차원 물질인 그래핀은 발견된 이래 여러 가지 새롭고 우수한 물성으로 인하여 많은 주목을 받고 있다. 특히, 2010년 노벨 물리학상이 단원자층 그래핀을 최초로 분리한 가임과 노보셀로프 두 사람에서 수여됨으로써 전 세계의 연구자들뿐만 아니라 일반인들의 많은 관심을 끌고 있다.

[0003] 그래핀은 단일의 원자층으로 구성된 매우 얇은 결정체로써, 이미 잘 알려진 그래핀의 특성을 이용한 응용 기술

에 대한 많은 연구가 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 그래핀은 지금까지 알려진 물질 중에 가장 얇으면서도, 전기나 열을 가장 잘 전도할 수 있을 뿐 아니라 가장 강하면서도 유연한 물질이다. 이 같은 그래핀의 우수한 특성을 활용하여, 구조 재료로 사용되거나, Si 전자 소자를 대체할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 그래핀은 플렉서블 디스플레이와 터치 패널 등 차세대 디스플레이 분야와 태양 전지 등의 에너지 산업분야, 스마트 윈도우, RFID 등 다양한 전자 산업 분야에서 신소재로 활용도가 확대되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국공개특허 10-2012-0009323호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 단일 원자층으로 구성된 그래핀의 특성으로 인해, 그래핀은 매우 작은 힘에 의해서도 쉽게 휘어지거나 펼쳐지는 성질과, 그 휘어지는 정도가 수 nm 정도에서부터 가능하다. 또한, 그래핀과 다른 물질을 이중층 이상의 다중층 구조로 적층한 경우, 그래핀의 형상 구조를 자유자재로 조절할 수 있다. 그리고, 그래핀은 물체의 표면과 그래핀 사이에 작용하는 반데르발스 힘(van der Waals force)에 의해 쉽게 물체의 표면에 증착되며, 기판의 형상에 따라 그래핀의 형상도 변하게 되어 다양한 그래핀 패턴을 가지는 기판을 구현할 수 있다. 그리고, 그래핀과 기판 사이에 작용하는 힘은 반데르발스 힘으로 상대적으로 작은 힘이어서, 그래핀과 기판 사이에 물과 같은 물질이 옆으로 스며들어감에 따라 그래핀을 기판으로부터 분리하는 것도 가능하다. 특히, 그래핀은 수십 nm 크기 이상의 작은 구멍을 통과할 수 있으며, 이를 이용하여 끝이 뾰족한 콘 형태 그래핀 구조나 끝이 타원형 또는 원형인 그래핀 구조를 가질 수 있다.

[0006] 따라서, 기판에 형성된 홀에 그래핀을 사출시켜 그래핀 패턴을 형성시키는 방법을 통해, 다양한 그래핀 패턴의 제작이 용이하고, 이를 이용하여 다양한 종류의 소자를 구현하고자 한다.

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 기판에 형성된 홀에 그래핀을 사출시켜 다양한 구조의 그래핀 패턴을 형성할 수 있는 그래핀 패턴 형성 방법과, 이에 의해 제조된 그래핀 패턴을 갖는 전자 소자 및 양자 소자를 제공하는 것이다.

[0008] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, 그래핀의 물에 대한 소수성(hydrophobic) 성질을 이용하여 기판에 형성된 홀에 그래핀을 사출시켜 그래핀의 통과를 정확히 조절할 수 있는 그래핀 패턴 형성 방법과, 이에 의해 제조된 그래핀 패턴을 갖는 전자 소자 및 양자 소자를 제공하는 것이다.

[0009] 그리고, 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는, 기판에 형성된 홀에 그래핀을 사출시켜 형성되는 기판의 다양한 그래핀 패턴 구조를 이용하여 그래핀만의 독특한 소자를 구현할 수 있는 그래핀 패턴 형성 방법과, 이에 의해 제조된 그래핀 패턴을 갖는 전자 소자 및 양자 소자를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법은, 다수의 관통홀을 포함하는 대상 기판을 준비하는 단계; 상기 대상 기판의 일면에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하는 단계; 상기 그래핀 복합층을 상기 대상 기판의 관통홀로 사출하는 단계; 및 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거하는 단계를 포함한다.

[0012] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법은, 지지 기판 위에 다수의 관통홀을 포함하는 제1 대상 기판을 준비하는 단계; 상기 제1 대상 기판의 일면에 물을 공급하여 적층하는 단계; 상기 제1 대상 기판에 적층된 물 위에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하는 단계; 상기 지지 기판을 이동시켜, 상기 관통홀을 통해 물을 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 제1 대상

기판의 관통홀로 사출하는 단계; 및 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거하는 단계를 포함한다.

[0013] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 전자 소자는, 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예 또는 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법에 의해서 제조되며, 관통홀을 통과하여 형성되는 그래핀 캐비티를 포함하는 패턴 기판; 상기 패턴 기판에 전압을 가하는 전원; 및 상기 전원과 패턴 기판 사이를 연결하는 스위치를 포함한다.

[0014] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 양자 소자는, 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예 또는 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법에 의해서 제조되며, 관통홀을 통과하여 형성되는 그래핀 캐비티를 포함하는 패턴 기판; 상기 패턴 기판에 자기장을 가하는 자기장 인가부; 상기 패턴 기판의 그래핀 캐비티 각각에 전압을 가하는 복수의 전원; 및 상기 그래핀 캐비티 각각과 각 전원 사이를 연결하는 복수의 스위치를 포함하며, 상기 패턴 기판은, 상기 관통홀 사이의 일면에 증착된 그래핀이 제거되어 각 그래핀 캐비티가 인접 그래핀 캐비티와 단속되고, 상기 각 그래핀 캐비티는 내부에 스핀을 가진 입자를 적어도 하나 포함한다.

[0015] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법은, 다수의 관통홀을 포함하는 한 쌍의 대상 기판을 준비하는 단계; 상기 한 쌍의 대상 기판 사이를 부도체층으로 연결하여 내부 공간을 형성하는 단계; 상기 내부 공간에 물을 공급하는 단계; 상기 한 쌍의 대상 기판에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하는 단계; 상기 내부 공간 내의 물을 외부로 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 한 쌍의 대상 기판의 관통홀로 사출하는 단계; 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거하는 단계; 및 상기 관통홀 사이의 일면에 증착된 그래핀이 제거되어 각 그래핀 캐비티가 인접 그래핀 캐비티와 단속되는 단계를 포함한다.

[0016] 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자 소자는, 상기 과제를 달성하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법에 의해서 제조되며, 각 그래핀 캐비티의 내부에 스핀을 가진 입자를 적어도 하나 포함하는 한 쌍의 패턴 기판; 상기 패턴 기판에 자기장을 가하는 자기장 인가부; 상기 패턴 기판의 그래핀 캐비티 각각에 전압을 가하는 복수의 전원; 및 상기 그래핀 캐비티 각각과 각 전원 사이를 연결하는 복수의 스위치를 포함한다.

[0017] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따르면, 기판에 형성된 홀에 그래핀을 사출시켜 다양한 구조를 가진 그래핀 패턴을 형성할 수 있다.

[0019] 또한, 기판에 형성된 홀에 그래핀을 사출시켜 형성되는 기판의 다양한 그래핀 패턴 구조를 이용하여 그래핀만의 독특한 소자를 구현할 수 있다.

[0020] 그리고, 다양한 구조의 그래핀 패턴을 이용하여 전자 소자 개발부터, 광전자 소자, 디스플레이, 기계 소자, 나노 로봇, 생의학 응용, 약물 합성 및 전달, 화합물 합성, 양자 정보 프로세서, 양자 컴퓨터 기술 등에 응용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법의 순서도이다.

도 2a는 복수의 관통홀을 포함한 기판의 상면도이다.

도 2b는 도 2a의 기판의 정단면도이다.

도 3은 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제1 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

도 4는 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제2 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

도 5a는 도 3 및 도 4의 공정에 의해 끝이 뾰족하게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이다.

도 5b는 도 3 및 도 4의 공정에 의해 끝이 둥글게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이다.

도 6a는 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제3 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

도 6b는 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제4 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

도 7은 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제5 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

도 8a는 도 6 및 도 7의 공정에 의해 끝이 뾰족하게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이다.

도 8b는 도 6 및 도 7의 공정에 의해 끝이 둥글게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법의 순서도이다.

도 10은 도 9의 그래핀 패턴 형성 방법의 제1 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

도 11은 도 9의 그래핀 패턴 형성 방법의 제2 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

도 12는 도 9의 그래핀 패턴 형성 방법의 제3 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

도 13a는 도 10 내지 도 12의 공정에 의해 끝이 뾰족하게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이다.

도 13b는 도 10 내지 도 12의 공정에 의해 끝이 둥글게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이다.

도 14a는 도 10 내지 도 12의 공정에 의해 끝이 뾰족하게 사출 형성된 그래핀 패턴에 기능성 물질을 증착한 것을 도시한 단면도이다.

도 14b는 도 10 내지 도 12의 공정에 의해 끝이 둥글게 사출 형성된 그래핀 패턴 에 기능성 물질을 증착한 것을 도시한 단면도이다.

도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자 소자의 구성도이다.

도 16a는 도 15의 전자 소자의 ON 상태를 도시한 도면이다.

도 16b는 도 15의 전자 소자의 OFF 상태를 도시한 도면이다.

도 17a는 도 15의 전자 소자를 응용한 응용 전자 소자의 ON 상태를 도시한 도면이다.

도 17b는 도 15의 전자 소자를 응용한 응용 전자 소자의 OFF 상태를 도시한 도면이다.

도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자 소자의 구성도이다.

도 19a 및 도 19b는 도 18의 양자 소자의 ON 상태를 도시한 도면이다.

도 20은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법의 순서도이다.

도 21은 도 20의 그래핀 패턴 형성 방법의 제1 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

도 22는 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자 소자의 구성도이다.

도 23은 도 22의 양자 소자의 ON 상태를 도시한 도면이다.

도 24는 도 22의 양자 소자의 그래핀 캐비티에 포함되는 입자의 상태를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 게시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 게시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.

[0023] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0024] 이하, 본 발명에 대하여 첨부된 도면에 따라 보다 상세히 설명한다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법의 순서도이다. 또한, 도 2a는 복수의 관통홀을 포함한 기판의 상면도이며, 도 2b는 도 2a의 기판의 정단면도이다.

[0026] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법은, 다수의 관통홀을 포함하는 대상 기판을 준비하고(S110), 대상 기판의 일면에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고(S120), 그래핀 복합층을 대상 기판의 관통홀로 사출하고(S130), 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거한다(S140). 즉, 구멍이 뚫린 기판에 그래핀을 증착하고 사출하여 기판에 그래핀 패턴을 형성한다. 이때, 그래핀 박막층 위의 그래핀 코팅층은 단일 원자층으로 구성된 그래핀을 좀 더 쉽게 다루도록 한다. 일례로, 그래핀 코팅층으로 PMMA(아크릴)를 이용할 수 있고, 그래핀 코팅층의 두께는 1 마이크로미터 정도에서, 수십 nm까지 조절이 가능하다. 또한, 그래핀이 통과할 수 있는 구멍(hole)의 크기는 그래핀에 의해 결정되기보다 그래핀 위에 증착되는 PMMA 또는 다른 종류의 유기물의 두께에 의해 결정된다.

[0027] 여기에서, 대상 기판(110)은 다수의 관통홀(112)을 포함하는 기판을 의미하며, 본 명세서에서 대상 기판(110)은 관통홀(112)을 포함하는 기판의 의미로 사용된다. 도 2a 및 도 2b에 도시한 바와 같이, 관통홀(112)은 사각형, 원형, 삼각형 등 여러 모양으로 형성될 수 있다. 이외에도, 도 2a 및 도 2b에 도시하지 않았지만, 별 모양, 타원형 등 다른 모양으로 형성될 수 있음은 당업자에게 자명하다 할 것이다. 또한, 그래핀 박막층은 그래핀으로 이루어진 얇은 층을 의미하며, 그래핀 코팅층은 그래핀과 다른 물질로 이루어진 얇은 층을 의미한다. 예를 들어, 그래핀 코팅층은 PMMA(아크릴)로 이루어질 수 있으며, 이외에도 다른 여러 물질들이 그래핀 코팅층을 이룰 수 있음은 당업자에게 자명하다 할 것이다.

[0028] 이하에서는, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법의 다양한 실시예를 공정 단계별로 살펴보도록 한다.

[0029] 도 3은 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제1 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다. 또한, 도 4는 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제2 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다. 그리고, 도 5a는 도 3 및 도 4의 공정에 의해 끝이 뾰족하게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이며, 도 5b는 도 3 및 도 4의 공정에 의해 끝이 둥글게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이다.

[0030] 도 3을 참조하면, 다수의 관통홀(112)을 포함하는 대상 기판(110)을 준비하며((a)), 상기 대상 기판(110)의 일면에 그래핀 박막층(120) 및 그래핀 코팅층(130)으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고((b)), 상기 그래핀 복합층을 상기 대상 기판(110)의 관통홀(112)로 사출한 후((c)), 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층(130)을 제거한다((d)). 이때, 그래핀은 수 nm 이하의 크기가 작은 구조에도 쉽게 순응하여 달라 붙으며, 마이크로 이하의 작은 구멍인 관통홀(112)에도 순응하여 잘 달라붙는 성질을 이용한다. 대상 기판(110)의 표면에 그래핀이 부착됨으로써, 그래핀의 우수한 기계적 화학적 특성에 의해 표면의 산화 보호막으로 사용될 수 있고, 그래핀의 촘촘한 결정 구조에 의해 물질이 그래핀을 통과할 수 없으므로, 물질의 확산 보호막 등으로 사용될 수도 있다.

[0031] 여기에서, 그래핀 복합층을 대상 기판(110)의 관통홀(112)로 사출하는 경우, 그래핀 복합층을 기체로 가압할 수 있다. 즉, 대상 기판(110)의 상부에서 기체로 압력을 가하여 그래핀 복합층이 관통홀(112)을 통과하여 사출될 수 있는 힘을 제공한다. 이때, 기체의 압력을 적절히 조절하여 관통홀(112)을 통과하여 사출되는 그래핀의 모양을 변화시킬 수 있다. 사출된 그래핀의 크기는 관통홀(112)의 크기 및 사출 정도에 따라 변하게 된다.

[0032] 또한, 그래핀 복합층을 대상 기판(110)의 관통홀(112)로 사출하는 경우, 그래핀은 관통홀(112)을 완전히 통과할 수도 있으며, 그래핀 복합층이 대상 기판(110)의 관통홀(112)을 통과하여 캐비티(cavity)를 형성할 수 있다. 이를 통해, 끝이 뾰족한 탄소 나노튜브나 콘(cone) 형태 구조, 끝이 구형(sphere-type)을 가지게 하는 등 다양한 구조를 형성할 수 있다. 즉, 캐비티(125)는 일단이 뾰족한 팁 형상이거나, 또는 둥근 타원 형상으로 형성될 수 있다. 물론, 캐비티(125)의 형상이 다른 형상으로 형성될 수도 있음은 당업자에게 자명하다 할 것이다.

[0033] 그리고, 그래핀 복합층에서 그래핀 코팅층(130)을 제거하는 경우, 그래핀 코팅층(130)을 화학처리 또는 열처리하여 그래핀 복합층에서 그래핀 코팅층(130)을 제거할 수 있다. 예를 들어, 그래핀 코팅층(130)이 PMMA인 경우에, 아세톤을 이용한 화학처리하여 PMMA를 그래핀 박막층(120)으로부터 제거하거나, 또는 진공 중에서 열처리하여 PMMA를 그래핀 박막층(120)으로부터 제거할 수 있다.

[0034] 도 4를 참조하면, 다수의 관통홀(112)을 포함하는 대상 기판(110)을 준비하며((a)), 상기 대상 기판(110)의 일면에 물(H20)을 공급하여 적층하고((b)), 상기 대상 기판(110)의 일면에 적층된 물(H20) 위에 그래핀 박막층(120) 및 그래핀 코팅층(130)으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고((c)), 상기 그래핀 복합층을 상기 대상 기판(110)의 관통홀(112)로 사출한 후((d)), 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층(130)을 제거한다((e)).

[0035] 여기에서, 물(H20) 위에 그래핀 박막층(120) 및 그래핀 코팅층(130)으로 형성된 그래핀 복합층을 두는 것은, 매

우 가벼워 상대적으로 쉽게 수면 위에 뜨는 그래핀의 성질을 이용한 것이다. 예를 들어, 그래핀 코팅층(130)으로 PMMA를 사용하면, 그래핀/PMMA의 그래핀 복합층이 물 위에 뜬다. 이때, 그래핀은 물에 접하고 있으며, PMMA는 수면 밖을 향하게 된다. 비록, 그래핀이 소수성(hydrophobic) 성질을 띠고 있지만, 그래핀과 PMMA 사이에 전하 이동이 있어 그래핀이 상대적으로 쉽게 극성을 띠게 되어, 그래핀은 친수성(hydrophilic) 성질을 가진 것처럼 행동한다.

[0036] 또한, 그래핀 복합층을 대상 기판(110)의 관통홀(112)로 사출하는 경우, 물에 압력을 가해 상기 관통홀(112)을 통해 물을 흐르게 하여 대상 기판(110)으로부터 물을 빠르게 탈수시킨다. 즉, 물에 압력을 가해 관통홀(112)을 통해 물을 빠르게 뽑아 낼 수 있다. 또한, 그래핀 복합층을 대상 기판(110)의 관통홀(112)로 사출하는 경우, 물에 열을 가해 상기 물을 대상 기판(110)으로부터 제거할 수 있다. 이때, 대상 기판(110) 및 그래핀 복합층의 열에 의한 손상을 방지하기 위해, 열은 적외선 램프 등을 이용하여 가할 수 있으며, 다른 방식으로 열을 가할 수도 있음은 당연하다 할 것이다.

[0037] 전술한 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법으로 대상 기판(110)에 그래핀을 증착하는 경우, 그래핀의 사출 정도에 따라 대상 기판(110)을 통과하여 형성되는 그래핀의 모양은 변하게 된다. 사출된 그래핀의 크기는 관통홀(112)의 크기 및 사출 정도에 따라 변한다. 여기에서, 대상 기판(110)의 관통홀(112)을 통과하여 형성되는 그래핀의 내부를 캐비티(125)라 하자. 이러한 캐비티(125)는 일단이 뾰족한 팁 형상이거나, 또는 둥근 타원 형상으로 형성될 수 있다.

[0038] 먼저, 도 5a에서, 그래핀을 길고 뾰족하게 사출할 경우, 뾰족한 팁(Tip)이 형성된다. 이때, 그래핀을 극소량의 물질을 주입하는 장치 및 주사기와 같은 약물 투여 장치로 활용할 수 있다. 뾰족한 팁(Tip) 모양으로 형성된 캐비티(125)는 그 크기가 나노 크기(nano size)까지 조절이 가능하므로, 나노 주사기(Nano Needle)로 활용이 가능하다. 즉, 극도로 작은 양을 주입하는 장치로 활용이 가능하여, 생의학 어플리케이션(Biomedical Application) 뿐만 아니라, 극소량의 화학 공정, 일례로 원자 단위 도는 단일 분자 단위의 화학 공정을 다루는 장치 등에도 활용이 가능할 것이다. 예를 들어, 그래핀 나노 니들 어레이(Graphene Nano Needle Array)를 이용하여, 극미량의 반응 물질을 기초로 신속하고 정확하게 많은 종류의 반응 특성을 조사하고, 정밀하게 극소량을 합성하고 분석할 수 있다.

[0039] 또한, 뾰족한 팁(Tip) 모양으로 형성된 캐비티(125)로 Field Emission Emitter로 활용할 수도 있다. 종래의 나노 튜브를 이용한 Field Emitter는 기판에 직접 그래핀을 성장시키거나 나노 튜브 페이스트(nano tube paste)를 기판에 증착하여 제조하였다. 그러나, 나노 튜브를 직접 기판에 성장 시, 기판 위에 촉매층을 패턴하고, 고온에서 성장해야 하며, 또한 나노 튜브의 성질을 자유자재로 조절할 수 없었다. 그리고, 나노 튜브 페이스트를 이용한 경우, 페이스트에 섞인 나노 튜브 대부분이 페이스트에 함몰되거나 기판에 수평으로 누워 있어 그래핀을 세우는 과정이 필요하며, 이에 효율이 매우 낮고 나노 튜브와 금속 전극 사이의 접촉도 매우 불량하여 장기 수명을 요하는 Field Emitter로 활용하는데 많은 문제가 있었다.

[0040] 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법에 의해 뾰족한 팁(Tip) 모양으로 형성된 캐비티(125)를 기초로 하여 Field Emitter로 개발하면, 그래핀 나노팁을 가진 Field Emitter가 된다. 이렇게 개발된 그래핀 나노팁 Field Emitter는 상온에서 그 공정이 이루어지고, 그래핀 나노팁의 크기 및 모양, 그리고 분포도를 조절할 수 있어 Field Emitter로 매우 적합한 특성을 가지게 된다. 또한, 뾰족한 팁(Tip) 모양으로 형성된 캐비티(125) 부분인 그래핀 나노팁(Graphene Nano Tip)이 나노팁으로 형성되지 않은 나머지 부분의 그래핀과 화학적 공유 결합으로 연결되어 있어 전기 전도성 및 열 전도성이 뛰어나다.

[0041] 특히, 도 5a에서, 그래핀 나노팁 위에 금속을 증착할 수 있는데, 나노팁의 효율성과 안정성을 더욱 강화시키기 위해, 그래핀 나노팁의 후면에서 금속을 증착할 수도 있다. 또한, 필요시, 그래핀 나노팁의 그래핀층을 제거하고, 기능성 물질을 증착하여 나노팁의 형상을 이루는 기능성 나노팁을 형성할 수도 있다.

[0042] 그리고, 도 5a에 도시한 모양으로 형성된 그래핀 나노팁은 전하를 주입하는 전극 장치로 활용할 수도 있다. 이러한 그래핀 나노팁은 끝이 뾰족하므로, 필드 강화 효과(field enhancement effect)로 낮은 전압에서도 쉽게 전하를 주입할 수 있어 그래핀 반도체 소자나 유기물 발광 소자 등에 적용할 수 있다.

[0043] 다음으로, 도 5b에서, 그래핀을 둥글게 사출할 경우, 캐비티(125)는 관통홀(112)의 크기와 사출 정도에 따라 nm 크기(e.g., 플러린의 크기)에서부터 mm 이상의 크기까지 형성될 수 있다. 구 형상에 가깝게 둥글게 형성된 이러한 캐비티(125)를 일명 그래핀 캡슐(Graphene Capsule)이라 하자. 이러한 그래핀 캡슐은 여러 용도로 응용이 가능하다.

[0044] 예를 들어, 그래핀 캡슐을 원자나 분자를 보관하는 nm 크기의 용기로 활용할 수 있다. 또한, 약(medicine)을 포함하는 캡슐로 활용하고, 이를 특정 위치로 약물 전달(Drug Delivery)을 위한 장치로 이용할 수 있다. 이때, 그래핀 캡슐의 크기는 nm에서 mm까지 조절이 가능하며, 이는 기존 플러린이나 나노 튜브에 의해서도 달성할 수 없다. 그리고, 그래핀 캡슐 안에서 특정 화학반응을 몇 개의 원자나 분자들에 의해 반응을 일으키게 하는 케미컬 리액터(Chemical Reactor)로 활용할 수도 있다. 그리고, 약물 전달(Drug Delivery) 시에, 특정 장소에서 반응을 일으키도록 조절하여 바이오 리액터(Bio Reactor)로 활용할 수 있다. 즉, 종래의 약물 주입 방법은 약물을 필요 이상으로 과다하게 주입하여 건강에 역효과를 줄 수 있지만, 특정 약물을 문제가 되는 특정한 위치에 약물 전달(Drug Delivery)하여, 반응을 유도할 수 있으며, 약물을 전달하는 과정에서는 안정적인 분자로 전달하고, 원하는 위치에서 서로 반응하게 하여 필요한 약을 생성하게 할 수 있다. 따라서, 표적 질병 치료(Targeted Disease Treatment)가 가능하다. 특히, 독성이 있는 약을 치료에 이용할 경우, 인체에 유해한 성분으로 직접 주입하는 대신에, 인체에 무해한 성분들로 목적지에 전달하고, 각 성분들을 그래핀 캡슐에서 반응시켜 약물을 합성함으로써 더욱 안전하게 환자를 치료할 수 있다. 또한, 목적지에 도달한 그래핀 캡슐을 외부에서 광학적 또는 전자기적 자극에 의해 개폐함으로써, 약물 전달의 시기 및 반응 속도 등을 외부에서 조절할 수 있다.

[0045] 그리고, 그래핀 캡슐을 이러한 보관 용기, 케미컬 리액터(Chemical Reactor), 바이오 리액터(Bio Reactor) 외에, 원자 펌프 또는 분자 펌프(Atomic or Molecular Pump), 액츄에이터(Actuator)로 활용할 수 있고, 이를 이용하여 빛이 산란하게 하거나 투과하게 하는 디스플레이로 활용할 수도 있다. 또한, 그래핀 캡슐에 특정 입자를 주입하고, 전자기적으로 상호 작용시켜 전자 소자, 스위칭 소자 등으로 활용하거나, 양자 소자 등으로 활용할 수 있다.

[0046] 도 6a는 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제3 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이며, 도 6b는 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제4 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이고, 도 7은 도 1의 그래핀 패턴 형성 방법의 제5 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다. 또한, 도 8a는 도 6 및 도 7의 공정에 의해 끝이 뾰족하게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이며, 도 8b는 도 6 및 도 7의 공정에 의해 끝이 둥글게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이다.

[0047] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 다수의 관통홀(112)을 포함하는 대상 기판(110)을 준비하며((a)), 상기 대상 기판(110)의 일면에 그래핀 박막층(120) 및 그래핀 코팅층(130)으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고((b)), 상기 그래핀 복합층을 상기 대상 기판(110)의 관통홀(112)로 사출한 후((c)), 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층(130)을 제거하고((d)), 상기 그래핀 코팅층(130)이 제거된 상기 그래핀 박막층(120) 위에 기능성 물질(140)을 증착한다((e)). 이때, 기능성 물질(140)을 증착할 때, 도 6a에 도시한 바와 같이 기능성 물질(140)이 관통홀(112) 전체에 증착되거나, 도 6b에 도시한 바와 같이 기능성 물질(140)이 관통홀(112)을 통과하여 증착될 수 있다. 또한, 기능성 물질(140)을 그래핀 박막층(120) 위에 증착하는 경우, 원하는 소자 구조 및 특성에 맞게 기능성 물질(140)을 증착할 수 있으며, 이러한 기능성 물질(140)은 제한이 없음은 당업자에게 자명하다 할 것이다.

[0048] 또한, 도 7을 참조하면, 다수의 관통홀(112)을 포함하는 대상 기판(110)을 준비하며((a)), 상기 대상 기판(110)의 일면에 물(H20)을 공급하여 적층하고((b)), 상기 대상 기판(110)의 일면에 적층된 물(H20) 위에 그래핀 박막층(120) 및 그래핀 코팅층(130)으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고((c)), 상기 그래핀 복합층을 상기 대상 기판(110)의 관통홀(112)로 사출한 후((d)), 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층(130)을 제거하고((e)), 상기 그래핀 코팅층(130)이 제거된 상기 그래핀 박막층(120) 위에 기능성 물질(140)을 증착한다((f)). 여기에서, 소수성(hydrophobic)의 성질을 가진 그래핀 코팅층(130)에 의해 분극된 그래핀 박막층(120)이 친수성(hydrophilic)의 성질을 띠어, 그래핀이 아래를 향하게 되고, 물이 증발하거나 관통홀(112)을 통해 흐르면서 그래핀의 대상 기판(110)의 표면에 반데르발스 힘에 의해 증착된다.

[0049] 도 8a 및 도 8b를 참조하면, 그래핀을 길고 뾰족하게 사출하여 뾰족한 팁(Tip) 모양의 캐비티(125)가 형성되거나, 또는 그래핀을 둥글게 사출하여 구형 모양의 캐비티(125)가 형성된다. 이때, 그래핀은 매우 얇고 쉽게 구겨지고 펴질 수 있으며, 마이크로미터 이하의 크기의 구멍(hole)도 쉽게 통과할 수 있을 정도로 얇게 접히는 성질을 이용한 것이다. 그래핀은 나노미터 크기까지 접히며, 이상적으로는 수 nm 크기의 구멍(hole)을 통과할 수 있다. 그래핀이 작은 구멍(hole)을 통과하는 정도는 전기 화학적 또는 유체 역학적으로 조절 가능하다. 그리하여, 도 8a에 도시한 바와 같이, 그래핀 팁(Graphene Tip)이 형성되거나, 또는 도 8b에 도시한 바와 같이, 그래핀 캡슐(Graphene Capsule)이 형성될 수 있다. 특히, 기능성 물질(140)을 캐비티(125)의 내부, 즉 그래핀 박막층(120)의 후면에 증착함으로써, 그래핀 팁 또는 그래핀 캡슐의 형상을 유지하는 유지력을 제공할 수 있다.

[0050] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법의 순서도이다.

[0051] 도 9를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법은, 지지 기판 위에 다수의 관통홀을 포함하는 제1 대상 기판을 준비하며(S210), 상기 제1 대상 기판의 일면에 물을 공급하여 적층하고(S220), 상기 제1 대상 기판에 적층된 물 위에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고(S230), 상기 지지 기판을 이동시켜, 상기 관통홀을 통해 물을 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 제1 대상 기판의 관통홀로 사출하고(S240), 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거한다(S250). 즉, 구멍이 뚫린 기판에 그래핀을 증착하고 사출하여 기판에 그래핀 패턴을 형성하며, 구멍이 뚫린 기판을 지지하는 기판을 이동시켜 그래핀을 구멍을 통해 뽑아낼 수 있다.

[0052] 여기에서, 전술한 대상 기판(110)과 마찬가지로, 제1 대상 기판(210)은 다수의 관통홀(212)을 포함하는 기판을 의미하며, 본 명세서에서 제1 대상 기판(210)은 관통홀(212)을 포함하는 기판의 의미로 사용된다. 또한, 지지 기판(205)은 제1 대상 기판(210)을 하부에서 지지하는 역할을 하는 기판을 의미한다.

[0053] 이하에서는, 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법의 다양한 실시예를 공정 단계별로 살펴보도록 한다.

[0054] 도 10은 도 9의 그래핀 패턴 형성 방법의 제1 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이며, 도 11은 도 9의 그래핀 패턴 형성 방법의 제2 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이고, 도 12는 도 9의 그래핀 패턴 형성 방법의 제3 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다. 또한, 도 13a는 도 10 내지 도 12의 공정에 의해 끝이 뾰족하게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이며, 도 13b는 도 10 내지 도 12의 공정에 의해 끝이 둥글게 사출 형성된 그래핀 패턴을 도시한 단면도이다. 그리고, 도 14a는 도 10 내지 도 12의 공정에 의해 끝이 뾰족하게 사출 형성된 그래핀 패턴에 기능성 물질을 증착한 것을 도시한 단면도이며, 도 14b는 도 10 내지 도 12의 공정에 의해 끝이 둥글게 사출 형성된 그래핀 패턴 에 기능성 물질을 증착한 것을 도시한 단면도이다.

[0055] 도 10을 참조하면, 지지 기판(205) 위에 다수의 관통홀(212)을 포함하는 제1 대상 기판(210)을 준비하며((a)), 상기 제1 대상 기판(210)의 일면에 물(H2O)을 공급하여 적층하고((b)), 상기 제1 대상 기판(210)에 적층된 물(H2O) 위에 그래핀 박막층(220) 및 그래핀 코팅층(230)으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고(((c)), 상기 지지 기판(205)을 이동시켜, 상기 관통홀(212)을 통해 물(H2O)을 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 제1 대상 기판(210)의 관통홀(212)로 사출하고((d)), 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거한다((e)).

[0056] 이때, 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법은 전술한 본 발명의 일 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법과 달리 지지 기판(205)이 하부에서 지지하며, 지지 기판(205)이 이동을 함으로써 그래핀의 사출을 더 정확히 조절할 수 있다. 즉, 그래핀의 관통홀(212) 통과를 조절하기 위하여, 제1 대상 기판(210)의 아래에 움직일 수 있는 지지 기판(205)을 두어 그래핀이 먼저 지지 기판(205)에 닿게 하고, 접촉이 이루어진 뒤에 지지 기판(205)을 서서히 움직여 그래핀을 사출한다. 원하는 만큼, 그래핀을 사출한 뒤, 지지 기판(205)은 제거하거나 다른 용도로 사용될 수 있다.

[0057] 여기에서, 지지 기판(205)이 이동을 함으로써, 물(H2O)이 관통홀(212)을 통해 흘러 나가게 되고, 반데르발스 힘에 의해 그래핀 박막층(220)이 기판의 표면을 따라 달라 붙고, 관통홀(212)을 통과하여 그래핀에 의해 캐비티(225)가 형성된다. 이러한 물의 성질을 이용한 그래핀 증착을 위해, 그래핀 코팅층(230)은 소수성(hydrophobic) 물질로 이루어지는 것이 바람직하다. 예를 들어, 그래핀 코팅층(230)이 PMMA로 이루어지는 경우, 그래핀 및 PMMA의 이중층(double layer) 구조에서 그래핀이 물 위에 배치되고, 그래핀 위에 PMMA가 배치된다. 물론, 그래핀 복합층은 이중층뿐만 아니라, 상중층 이상의 다중층 구조로 배치될 수도 있고, 물 대신에 다른 액체를 이용하여 그래핀 코팅층을 친수성(Hydrophilic) 물질로 형성할 수 있다. 예를 들어, HPO/G(Hydrophobic/Graphene), HPI/G(Hydrophilic/Graphene), HPO/G/HPO(Hydrophobic/Graphene/Hydrophobic), HPI/G/HPI(Hydrophilic/Graphene/Hydrophilic), HPO/G/HPI(Hydrophobic/Graphene//Hydrophilic) 등 다양한 구조를 가지는 그래핀 복합층을 형성할 수 있다.

[0058] 또한, 일반적으로, 물의 증발을 촉진하기 위해, 지지 기판(205)은 상하로 이동하는 것이 바람직하나, 이에만 제한되지 않으며, 지지 기판(205)은 좌우로 이동하거나 다른 방향으로 이동할 수도 있음은 물론이다. 특히, 지지 기판(205)의 상하 이동 시, 지지 기판(205)의 이동 길이는 수 ㎜ 정도인 것이 바람직하다.

[0059] 일례로, 도 11에서, 지지 기판(205) 위에 다수의 관통홀(212)을 포함하는 제1 대상 기판(210)을 준비하며((a)), 상기 제1 대상 기판(210)의 일면에 물(H2O)을 공급하여 적층하고((b)), 상기 제1 대상 기판(210)에 적층된 물(H2O) 위에 그래핀 박막층(220) 및 그래핀 코팅층(230)으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고(((c)), 상기 지지

기판(205)을 상하로 수차례 왕복 이동시키고((d)), 상기 상하 이동에 의해 관통홀(212)을 통해 물(H20)을 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 제1 대상 기판(210)의 관통홀(212)로 사출하고((e)), 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거한다((f)). 이때, 지지 기판(205)을 상하로 왕복 이동시키는 횟수를 적절히 조절하여 관통홀(212)을 통과하여 형성되는 캐비티(225)의 모양 및 크기를 조정할 수 있다. 여기에서, 그래핀 코팅층(230)이 제거된 그래핀 박막층(220) 위에 기능성 물질(240)을 증착할 수 있음은 전술한 바와 같으므로 생략하도록 한다.

[0060] 그리고, 지지 기판(205)을 관통홀(212)을 가진 기판으로 대신할 경우, 즉 지지 기판(205)이 제2 대상 기판(215)일 경우, 패턴 형성의 효율을 증대시킬 수 있다.

[0061] 일례로, 도 12에서, 제 다수의 관통홀(212)을 포함하는 제1 대상 기판(210) 및 제2 대상 기판(215)을 준비하며((a)), 상기 제1 및 제2 대상 기판(210, 215)의 일면에 물(H20)을 공급하여 적층하고((b)), 상기 제1 및 제2 대상 기판(210, 215)에 적층된 물(H20) 위에 그래핀 박막층(220) 및 그래핀 코팅층(230)으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고(((c)), 상기 제1 및 제2 대상 기판(210, 215) 중 적어도 하나를 상하로 수차례 왕복 이동시키고((d)), 상기 상하 이동에 의해 관통홀(212)을 통해 물(H20)을 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 제1 및 제2 대상 기판(210, 215)의 관통홀(212)로 사출하고((e)), 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층을 제거한다((f)).

[0062] 즉, 관통홀(212)을 가진 두 기판(210, 215)을 서로 마주보게 배열하고, 두 기판(210, 215) 위에 물(H20)을 적층하고, 그래핀 복합층을 올려 대상 기판(210, 215) 중 하나를 이동시키거나, 두 대상 기판(210, 215) 모두를 반대 방향으로 이동시켜 그래핀을 사출한다. 이때, 물에 압력을 가해서 그래핀을 관통홀(212)을 통해서 뽑아 내거나 물 대신에 기체로 압력을 가하여 사출할 수도 있음은 전술한 바와 같다. 그래핀의 사출 정도에 따라 사출되는 캐비티(225)의 모양은 변하게 된다. 두 대상 기판(210, 215) 모두 관통홀(212)을 가지고 있어, 그래핀의 사출이 두 대상 기판(210, 215) 모두에서 일어나므로, 사출의 효율을 더욱 높이게 된다. 또한, 대상 기판(210, 215)을 두 개만 배치하는 것이 아니라, 세 개 이상을 배치하여 그래핀을 사출할 수도 있다. 그리고, 두 대상 기판(210, 215)을 배치할 때, 두 대상 기판(210, 215)의 관통홀(212)을 서로 이격하여 배치하는 것이 바람직하다. 여기에서, 그래핀 코팅층(230)이 제거된 그래핀 박막층(220) 위에 기능성 물질(240)을 증착할 수 있음은 전술한 바와 같으므로 생략하도록 한다.

[0063] 전술한 본 발명의 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법으로 대상 기판들(210, 215)에 그래핀을 증착하는 경우, 그래핀의 사출 정도에 따라 대상 기판들(210, 215)을 통과하여 형성되는 그래핀의 모양은 변하게 된다. 즉, 사출된 그래핀의 크기는 관통홀(212)의 크기 및 사출 정도에 따라 변하며, 이렇게 형성된 캐비티(225)는 일단이 뾰족한 팁 형상이거나, 또는 둥근 타원 형상으로 형성될 수 있음은 전술한 바와 같다.

[0064] 도 13a 및 도 13b를 참조하면, 그래핀을 길고 뾰족하게 사출하여 뾰족한 팁(Tip) 모양의 캐비티(125)가 형성되거나, 또는 그래핀을 둥글게 사출하여 구형 모양의 캐비티(225)가 형성되며, 그래핀 팁 또는 그래핀 캡슐 형태의 캐비티(125)의 구체적 기능 및 역할은 전술한 바와 같으므로 생략하도록 한다.

[0065] 또한, 도 14a 및 도 14b를 참조하면, 그래핀 팁 또는 그래핀 캡슐 형태의 캐비티(225) 내에 기능성 물질(240)을 증착하여 여러 용도로 사용할 수 있음은 전술한 바와 같으므로 생략하도록 한다.

[0066] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자 소자의 구성도이다. 또한, 도 16a는 도 15의 전자 소자의 ON 상태를 도시한 도면이며, 도 16b는 도 15의 전자 소자의 OFF 상태를 도시한 도면이다. 그리고, 도 17a는 도 15의 전자 소자를 응용한 응용 전자 소자의 ON 상태를 도시한 도면이며, 도 17b는 도 15의 전자 소자를 응용한 응용 전자 소자의 OFF 상태를 도시한 도면이다.

[0067] 도 15를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 전자 소자는, 본 발명의 실시예들에 따라 제조된 관통홀을 통과하여 형성되는 그래핀 박막층(20)으로 둘러싸인 그래핀 캐비티(25)를 포함하는 패턴 기판(10)에 전압을 가하는 전원(30) 및 전원(30)과 패턴 기판(10) 사이를 연결하는 스위치(40)를 포함한다. 여기에서, 패턴 기판(10)은 전술한 본 발명의 실시예들에 따라 제조되어, 그래핀 박막층(20)이 관통홀을 통과하여 형성되는 그래핀 캐비티(25)를 포함하는 기판을 의미한다.

[0068] 이러한 전자 소자를 이용하여 그래핀 액츄에이터(Graphene Actuator) 또는 분자 레벨(molecular level)의 펌프를 구현할 수 있다. 그래핀은 단일 원자층으로 구성되어 있으나, 강한 공유 결합과 파이 결합으로 원자나 분자가 그래핀을 가로질러 통과할 수 없다. 이러한 특성을 이용하여 Diffusion Barrier로 활용할 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 그래핀은 화학적으로 매우 안정적이어서 원자나 분자를 가두어 두는 용기로 적합하다. 그리고,

그래핀의 신축성을 이용하여 그래핀을 Electro-Mechanical Actuator로 활용할 수 있으며, 원자나 분자를 이동시키는 원자 펌프 또는 분자 펌프를 구현할 수 있다.

[0069] 구체적으로, 도 16a 및 도 16b를 참조하면, 패턴 기판(10)은 스위치(40)의 ON에 의해 그래핀 캐비티(25)가 팽창되며, 스위치(40)의 OFF에 의해 상기 그래핀 캐비티(25)가 수축된다. 즉, 그래핀을 펴고 오므라지게 정전기적으로 조절이 가능하다. 또한, 이를 이용하여 그래핀 캐비티(25)에 기체나 액체를 주입하고 방출할 수 있다. 도 16a에서, 스위치(40)의 ON에 의해 그래핀 캐비티(25)가 팽창되어 외부의 기체 또는 액체가 그래핀 캐비티(25) 내부로 들어올 수 있다. 역으로, 도 16b 에서, 스위치(40)의 OFF에 의해 그래핀 캐비티(25)가 수축되어 내부의 기체 또는 액체가 그래핀 캐비티(25) 외부로 나갈 수 있다. 즉, 패턴 기판(10)은 그래핀 캐비티(25)의 팽창에 의해 유체가 상기 그래핀 캐비티(25)로 유입되며, 그래핀 캐비티(25)의 수축에 의해 유체가 상기 그래핀 캐비티(25)에서 유출된다. 이러한 그래핀 캐비티(25)의 팽창 및 수축 특성을 이용하여 그래핀 캐비티(25)를 채우고 비우는 방법으로 빛의 산란을 증가시키거나 감소시키는 장치로 활용하여, 광 스위치 또는 디스플레이를 개발할 수 있을 것이다.

[0070] 또한, 도 17a 및 도 17b를 참조하면, 패턴 기판(10)의 일측에 유체 주입구를 배치하여 그래핀 캐비티(25)의 팽창 및 수축을 통해 상기 유체 주입구의 개폐를 조절할 수 있다. 도 17a에서, 유체 주입구는 스위치(40)의 OFF에 의해 그래핀 캐비티(25)가 수축되어 입구가 개방된다. 역으로, 도 17b 에서, 유체 주입구는 스위치(40)의 ON에 의해 그래핀 캐비티(25)가 팽창되어 입구가 폐쇄된다. 이러한 구조를 통해 일명 그래핀 펌프(Graphene Pump)를 구현한다. 그래핀 펌프는 극소량의 기체나 분자의 이동을 조절할 수 있다. 이러한 그래핀 펌프는 튜브, 피부, 혈관에 직접 장착하여 활용할 수 있다. 이러한 그래핀 펌프의 작동 원리는 정전기 현상을 이용한다.

[0071] 예를 들어, 그래핀 펌프가 튜브의 벽면에 장착된 경우를 고려하면, 그래핀이 차지하는 부피는 무시할 정도이며, 기체나 액체 등 유체의 흐름에 영향을 거의 주지 않는다. 도 17b 에 도시한 바와 같이, 스위치(40)가 ON된 경우, 그래핀의 표면에 형성되는 정전기로 인해 충전된 전하간에 척력이 작용하여 그래핀 캐비티(25)가 부풀어 오른다. 부풀어 오른 그래핀 캐비티(25)는 유체 주입구를 막고, 부피의 증가로 내부에 있는 기체 또는 액체는 화살표 방향인 오른쪽으로 밀려 나가게 된다. 이로써, 기체 또는 액체의 펌프 역할을 수행한다.

[0072] 이러한 그래핀 펌프는 진공 펌프에서부터 기체 또는 액체를 전달하는 장치, 극소량의 원자나 분자를 이동시키는 장치로 활용 가능하다. 특히, 심혈관에 부착하여 생화학적 펌프로도 활용이 가능하다. 전술한 바와 같이, 그래핀 캐비티는 생화학적 반응로 또는 화학적 반응로도 활용이 가능하므로, 이를 그래핀 펌프와 연결하여 다양한 종류의 반응로를 구현할 수 있다 할 것이다.

[0073] 특히, 작은 튜브나 혈관에 고정되었을 때는 펌프로 작동되는 것 외에, 고정되지 않고 독립적으로 놓여 있을 때 마치 액체 속을 유영하는 잠수함이나 기체 속을 나는 로켓과 같이 이동할 수 있다. 즉, 액체나 기체를 흡입 및 배출하는 동작을 반복함으로써 일명 그래핀 잠수함(Graphene Submarine), 일명 그래핀 로켓(Graphene Rocket)이 된다. 일명, 나노 기술(nano technology)의 구현이 가능하다.

[0074] 일례로, 혈관을 따라 자유자재로 이동하는 경우, 일부의 그래핀 캐비티(25)는 약물을 전달하는 용기로 사용하고, 또 일부의 그래핀 캐비티(25)는 병원균을 포획하여 가두는 용기로 사용하고, 또 일부의 그래핀 캐비티(25)는 추진체로 사용할 수 있다. 그리하여, 그래핀 캐비티(25)의 여러 기능의 유기적인 조합을 통해 원하는 위치의 원하는 병원균을 죽일 수 있다. 예를 들어, 추진체의 역할을 하는 그래핀 캐비티(25)에 의해 약물을 전달하는 용기로 사용하는 그래핀 캐비티(25)와 병원균을 포획하여 가두는 용기로 사용하는 그래핀 캐비티(25)를 병원균이 위치하고 있는 곳으로 이동시키고, 병원균을 포획하여 가두는 용기로 사용하는 그래핀 캐비티(25)로 병원균을 포획하여 약물을 전달하는 용기로 사용하는 그래핀 캐비티(25)로부터 약물을 전달받아 병원균을 처리할 수 있다. 또한, 추진체의 역할을 하는 그래핀 캐비티(25)에 의해 병원균을 포획하여 가두는 용기로 사용하는 그래핀 캐비티(25)를 병원균이 위치하고 있는 곳으로 이동시키고, 병원균을 포획하여 가두는 용기로 사용하는 그래핀 캐비티(25)로 병원균을 포획한 후, 다시 추진체의 역할을 하는 그래핀 캐비티(25)에 의해 그래핀 캐비티(25)를 안전한 위치로 이동시키고, 안전한 위치에서 약물을 전달하는 용기로 사용하는 그래핀 캐비티(25)로부터 병원균을 포획하여 가두는 용기로 사용하는 그래핀 캐비티(25)에 약물을 전달하여 병원균을 처리할 수도 있다. 이외에도 여러가지 방식으로 그래핀 펌프를 이용하여 활용할 수 있으며, 당업자에 의해 예측 가능한 여러 실시예들도 본 발명의 범위에 속한다 할 것이다.

[0075] 도 18은 본 발명의 일 실시예에 따른 양자 소자의 구성도이다. 또한, 도 19a 및 도 19b는 도 18의 양자 소자의 ON 상태를 도시한 도면이다.

[0076] 도 18을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 양자 소자는, 본 발명의 실시예들에 따라 제조된 관통홀을 통과하여 형성되는 그래핀 박막층(20)으로 둘러싸인 그래핀 캐비티(25)를 포함하는 패턴 기판(10)에 자기장을 가하는 자기장 인가부(50), 패턴 기판(10)의 그래핀 캐비티(25) 각각에 전압을 가하는 복수의 전원(30) 및 그래핀 캐비티(25) 각각과 각 전원(30) 사이를 연결하는 복수의 스위치(40)를 포함하며, 이때, 패턴 기판(10)은 관통홀 사이의 일면에 증착된 그래핀이 제거된 영역(17)을 가져 각 그래핀 캐비티(25)가 인접 그래핀 캐비티(25)와 단속되고, 각 그래핀 캐비티(25)는 내부에 스핀을 가진 입자(P)를 적어도 하나 포함할 수 있다. 즉, 그래핀 캐비티(25)에 스핀을 가진 전이금속이나 희귀원소를 주입하고, 자기장을 가해 스핀을 정렬(align)하고, 각 그래핀 캐비티(25)에 전압을 가해 그래핀 캐비티(25)들 간에 정전기 상호작용으로 인력 및 척력이 작용하게 조절할 수 있다. 정전기 상호작용으로 그래핀 캐비티(25)의 거리가 가까워지거나 멀어져 각 그래핀 캐비티(25)에 포함된 스핀들 간의 상호작용이 조절될 수 있다. 이러한 양자 소자를 메모리, 논리 소자, 센서, 양자 컴퓨터 등에 활용할 수 있다.

[0077] 그래핀은 화학적으로 안정된 구조를 가지고 있으며, 그래핀 캐비티(25)의 크기는 사출되는 구멍(hole)의 크기와 사출 정도에 따라 조절이 가능함은 앞에서 살펴 보았다. 이때, 각 그래핀 캐비티(25) 사이의 거리는 패턴 기판(10)에 포함된 관통홀의 거리로 조절할 수 있다.

[0078] 그래핀 캐비티(25)의 크기가 나노미터 정도이고, 각각의 거리가 마이크로미터 정도이면, 양자 소자의 구조는 마치 플러린과 유사하게 되고, 각 그래핀 캐비티(25) 사이의 상호작용은 전자기적으로 조절 가능하다. 즉, 각 그래핀 캐비티(25)를 외부에서 전자기적으로 조절할 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 양자 소자로 구현할 수 있고, 이러한 양자 소자를 양자 정보 프로세서 또는 양자 컴퓨터의 기초로 활용할 수 있다.

[0079] 일례로, 도 19a 및 도 19b를 참조하면, 그래핀 캐비티(25) 내부에 특정 원자나 분자 또는 플러린, 엔도플러린(endofullerene)을 주입하여 그래핀 캐비티(25)에 양자 정보를 저장할 수 있고, 저장된 양자 정보는 외부 환경으로부터 고립되어 양자 정보를 오랫동안 보관할 수 있다. 또한, 각 그래핀 캐비티(25)의 양자 정보는 외부의 자기장 또는 각 그래핀 캐비티(25)에 연결된 전원(30-1, 30-2, 30-3, 30-4)으로 초기화가 가능하다. 특히, 스핀(spin)을 가진 전이금속이나 희귀금속 원자를 직접 그래핀 캐비티(25)에 주입하면, 각 그래핀 캐비티(25)가 엔도플러린(endofullerene)처럼 행동하게 할 수 있다.

[0080] 또는 이미 플러린 안에 특정한 스핀을 가진 원자를 포함한 엔도플러린(endofullerene)을 주입하여 각 엔도플러린이 하나의 양자 비트(quantum bit)로 사용될 수 있다. 이때, 그래핀 캐비티(25)에 갇힌 양자 비트는 외부와 격리될 수 있어, 양자 정보를 장시간 동안 유지할 수 있게 하며, 외부 신호에 의해 게이트가 가능하다. 그리하여, 외부 신호에 의해, 그래핀 캐비티(25) 안의 양자 비트들끼리 양자적 상호 작용을 할 수 있으며, 그 결과를 외부에서 각 그래핀 캐비티(25)에 연결될 수 있는 전극으로 확인하거나 빛을 이용하여 광학적으로 양자 정보를 리드(read)할 수 있다.

[0081] 따라서, 각 그래핀 캐비티(25)의 양자 정보 초기화가 가능하고, 각 그래핀 캐비티(25) 내에 긴 시간동안 양자 정보를 보관하고, 각 그래핀 캐비티(25) 간의 양자 정보 프로세스가 진행되도록 하여 그 결과를 읽을 수 있다.

[0082] 도 19a에서, 각 그래핀 캐비티(25) 내의 양자 정보를 자기장에 의해 초기화하고, 각 그래핀 캐비티(25)에 연결된 전원(30-1, 30-2, 30-3, 30-4)에 의해 양자 비트 간의 상호작용을 조절하여 양자 정보 프로세서로 이용할 수 있다. 즉, 스핀을 가지고 있는 원자를 포함한 그래핀 캐비티(25)의 배열은 양자 정보 프로세서로 활용 가능하여, 양자 컴퓨터 및 메모리 및 양자 정보 프로세서 등으로 개발할 수 있다.

[0083] 도 20은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법의 순서도이다. 또한, 도 21은 도 20의 그래핀 패턴 형성 방법의 제1 실시예를 공정 단계별로 나타낸 단면도이다.

[0084] 도 20 및 도 21을 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법은, 다수의 관통홀(312)을 포함하는 한 쌍의 대상 기판(310, 315)을 준비하고(S310), 상기 한 쌍의 대상 기판(310, 315) 사이를 부도체층(350)으로 연결하여 내부 공간을 형성하며(S320), 상기 내부 공간에 물(H20)을 공급하고(S330), 상기 한 쌍의 대상 기판(310, 315)에 그래핀 박막층(320) 및 그래핀 코팅층(330)으로 형성된 그래핀 복합층을 증착하고(S340), 상기 내부 공간 내의 물을 외부로 흐르게 하여 상기 그래핀 복합층을 상기 한 쌍의 대상 기판(310, 315)의 관통홀(312)로 사출하고(S350), 상기 그래핀 복합층에서 상기 그래핀 코팅층(33)을 제거한 후(S360), 상기 관통홀(312) 사이의 일면에 증착된 그래핀이 제거되어 각 그래핀 캐비티(325)가 인접 그래핀 캐비티(325)와 단속되는 단속 영역(317)을 형성한다(S370). 여기에서, 한 쌍의 대상 기판(310, 315)은 각 관통홀(312)이 지그재그로 배치되는 것이 바람직하나, 이에만 제한되지 않고, 다른 방식으로 배치될 수도 있음은 당업자에게 자명

하다 할 것이다.

[0085] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 그래핀 패턴 형성 방법은 단층으로 이루어진 그래핀 캐비티(325)에서 각 구멍(hole) 간의 거리로 인한 고밀도 양자 비트를 구현하기 어려운 제약에서 벗어나, 구멍(hole)이 뚫린 한 쌍의 대상 기판(310, 315) 사이에 스페이서(spacer)의 역할을 하는 부도체층(350)을 두어 이중층으로 이루어진 그래핀 캐비티(325)를 형성할 수 있다. 일반적으로, 구멍(hole) 간의 거리는 마이크로미터 정도가 되는데, 양자 커플링(coupling)을 형성하기에는 그래핀 캐비티(325)의 거리가 클 수 있고, 각 그래핀 캐비티(325)를 전기적으로 연결하기 위한 전극이 밀집되어 구현하는데 어려움을 해결할 수 있다. 이때, 스페이서(spacer)의 역할을 하는 부도체층(350)은 한 쌍의 대상 기판(310, 315) 중 아래의 대상 기판에 증착하여 얻을 수 있다.

[0086] 도 22는 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자 소자의 구성도이다. 또한, 도 23은 도 22의 양자 소자의 ON 상태를 도시한 도면이다. 그리고, 도 24는 도 22의 양자 소자의 그래핀 캐비티에 포함되는 입자의 상태를 도시한 도면이다.

[0087] 도 22를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자 소자는, 본 발명의 또 다른 실시예에 따라 제조된 관통홀을 통과하여 형성되는 그래핀 박막층(20)으로 둘러싸인 그래핀 캐비티(25)를 포함하며, 상기 그래핀 캐비티(25) 각각에 입자(P)를 포함하는 한 쌍의 패턴 기판(10, 15), 상기 한 쌍의 패턴 기판(10, 15)을 연결하는 부도체층(60), 상기 패턴 기판(10, 15)에 자기장을 가하는 자기장 인가부(50), 상기 패턴 기판(10, 15)의 그래핀 캐비티(25) 각각에 전압을 가하는 복수의 전원(30) 및 상기 그래핀 캐비티(25) 각각과 각 전원(30) 사이를 연결하는 복수의 스위치(40)를 포함한다. 즉, 그래핀 캐비티(25)에 스핀을 가진 전이금속이나 희귀원소를 주입하고, 자기장을 가해 스핀을 정렬(align)하고, 각 그래핀 캐비티(25)에 연결된 전원(30)을 이용하여 각 큐비트(qubit)를 조절한다. 각 큐비트 간의 상호작용을 정전기에 의해 조절하며, 각 그래핀 캐비티(25)는 관통홀을 통과하여 사출 형성된다.

[0088] 하나의 패턴 기판만을 이용할 경우에는 그래핀 캐비티(25) 간의 거리가 멀어 각 큐비트 간의 양자 커플링이 미약하게 이루어져 양자 프로세스의 효율이 떨어질 수 있으나, 도 23에 도시한 바와 같이, 본 밟명의 다른 실시예에 따른 양자 소자는 큐비트 간 상호작용이 강하게 일어나고, 대용량 집적 어레이(array)로 이용할 수 있다. 이때, 상부와 하부에서 사출된 그래핀은 거의 접촉할 수 있을 정도로 가까이 접근하도록 부도체층(60)의 두께를 조절하는 것이 바람직하다. 그래핀 캐비티(25) 간의 거리가 짧을수록 상호작용이 강화되고, 전기적으로 외부에서 각 그래핀 캐비티(25)를 조절하기 용이하며, 양자 커플링을 증대시킬 수 있다.

[0089] 도 23에 도시한 바와 같이, 각 그래핀 캐비티(25)는 큐비트(Qubit, Quantum Bit)의 역할을 하고, 큐비트 간의 상호작용은 스핀(spin) 간의 상호작용에 의해 이루어지며, 각 큐비트 정보는 각 그래핀 캐비티(25)에 연결된 전극으로 형성된다. 이를 통해, 고밀도 양자 비트를 가진 양자 정보 프로세서나 양자 컴퓨터를 구현할 수 있다. 이러한 방법으로 형성된 양자 컴퓨터는 기존의 양자 컴퓨터보다 대용량으로 구현이 가능하다. 즉, 1차원 배열뿐만 아니라 2차원 배열이 가능하여 대용량 양자 컴퓨터를 구현하는데 용이하다.

[0090] 여기에 더해, 각 그래핀 캐비티(25)에 단일 원자, 단일 분자, 단일 플러린, 단일 엔도플러린을 주입하는 대신에 다종 다양한 입자를 각 그래핀 캐비티(25)에 주입할 수도 있다. 도 24에 도시한 바와 같이, 패턴 기판(10)은 각 그래핀 캐비티(25)에 주입되는 입자(P)가 서로 상이할 수 있다. 예를 들어, 상부 패턴 기판(10)과 하부 패턴 기판(15) 모두 그래핀 캐비티(25)에 A 입자 또는 B 입자가 주입(a 도면 or b 도면)될 수 있을 뿐만 아니라, 상부 패턴 기판(10)에 A 입자가 주입되고, 하부 패턴 기판(15)에 B 입자가 주입되어 서로 다른 입자가 주입(c 도면)될 수 있다. 또한, 상부 패턴 기판(10)과 하부 패턴 기판(15) 모두 그래핀 캐비티(25)에 복수개의 입자가 주입(d 도면 or e 도면)될 수 있으며, 마찬가지로 서로 다른 복수개의 입자가 주입(f 도면)될 수도 있다. 물론, 하나의 그래핀 캐비티(25)에 복수개의 입자가 주입되는 경우, 동일한 입자가 주입될 수 있을 뿐만 아니라, 서로 다른 입자가 주입될 수도 있음은 당업자에게 자명하다 할 것이다. 각 그래핀 캐비티(25)에 다종 다양한 입자를 주입함에 의해, 다양한 종류의 양자 정보 프로세서를 개발할 수 있다.

[0091] 전술한 본 발명의 여러 실시예들에 따라, 전자 소자, 디스플레이 소자, 기계 소자, 나노 로봇, 생의학 응요, 약물 전달, 약물 합성, 화합물 합성, 양자 정보 프로세서, 양자 컴퓨터 기술 등 여러 분야에 응용이 가능하다.

[0092] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0093] 110: 대상 기판

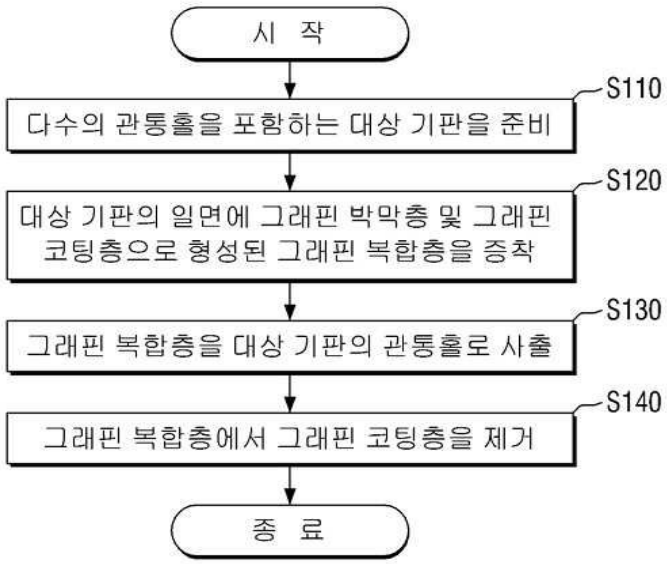
120: 그래핀 박막층

130: 그래핀 코팅층

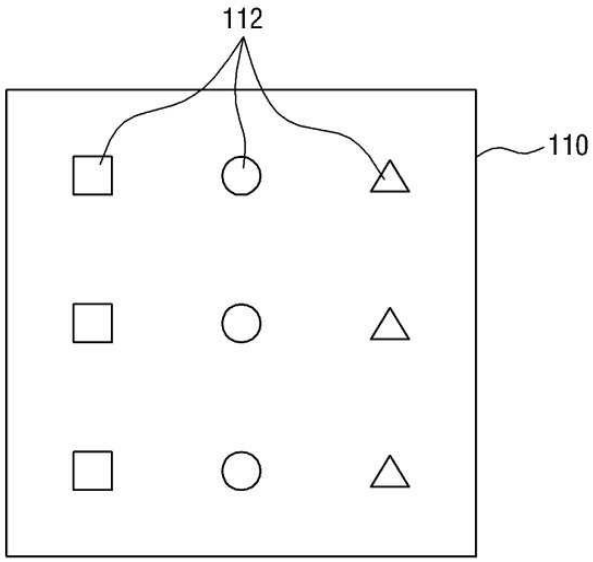
140: 기능성 물질

도면

도면1



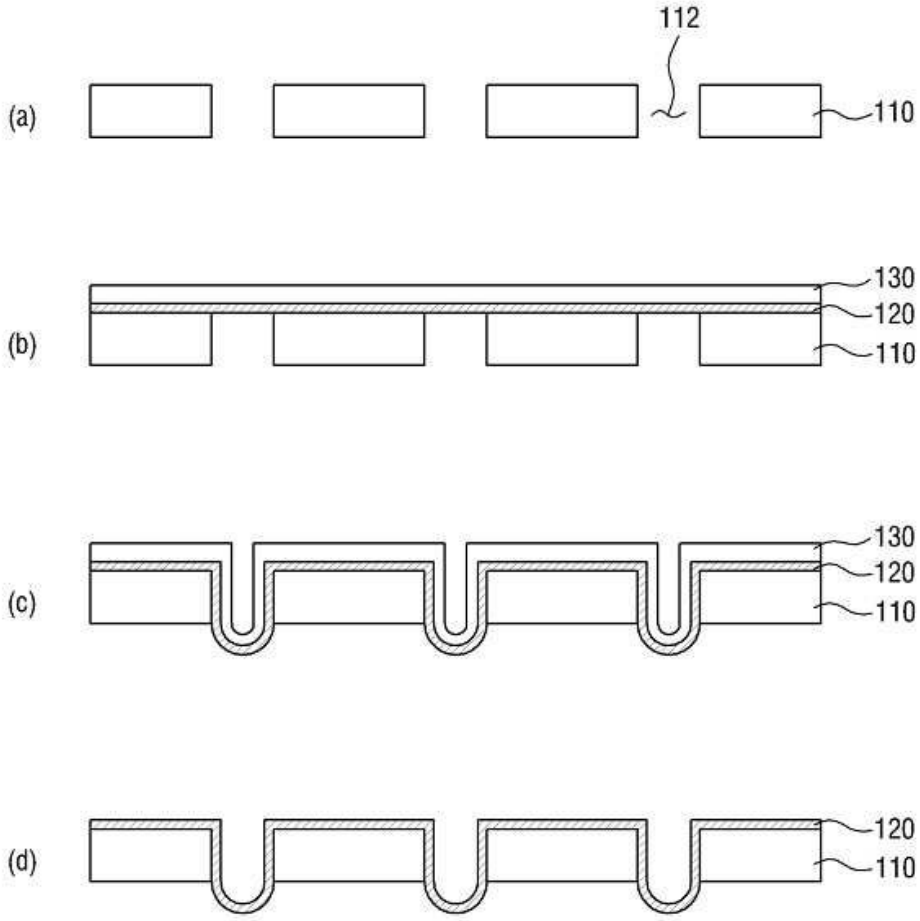
도면2a



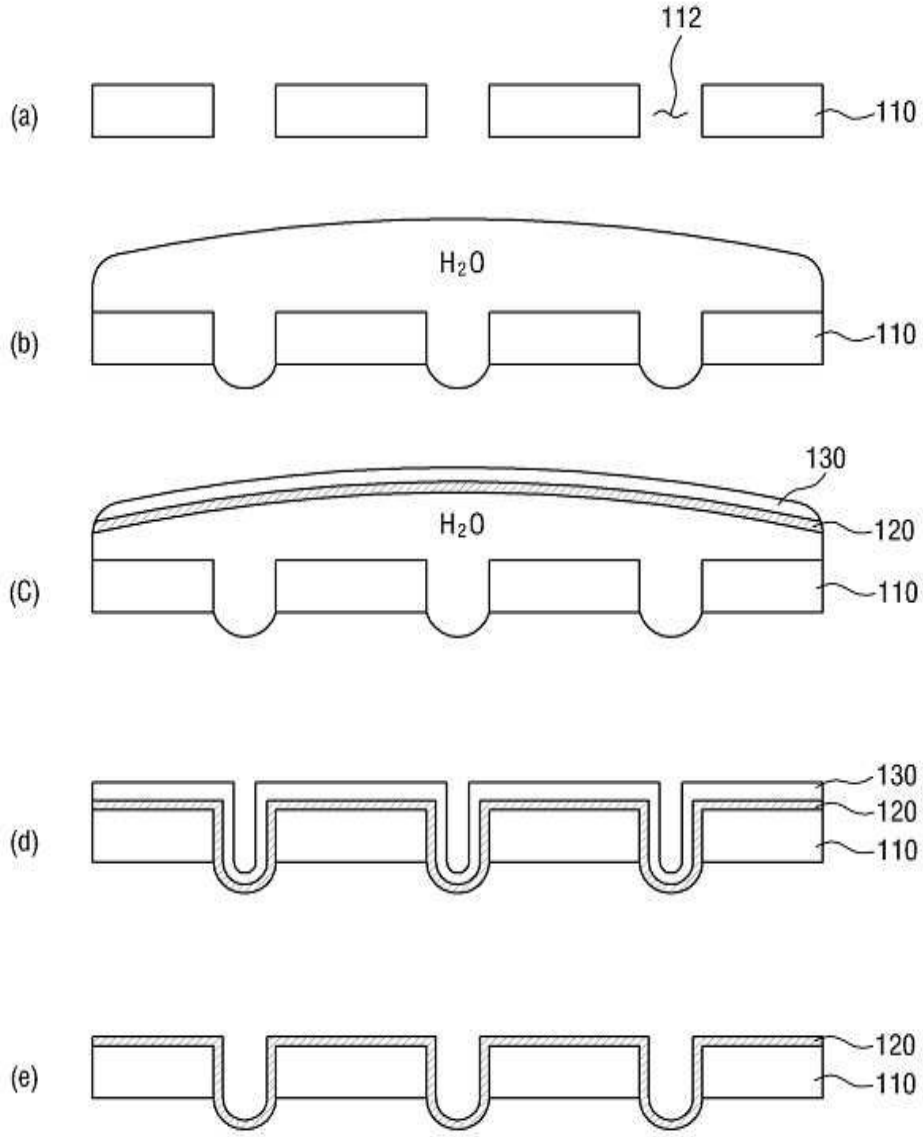
도면2b



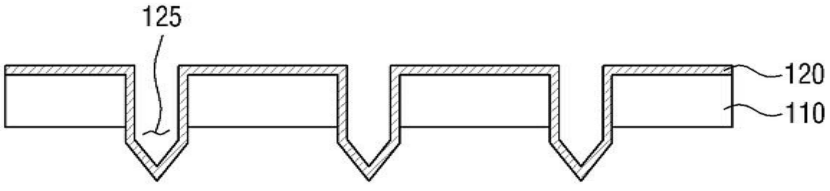
도면3



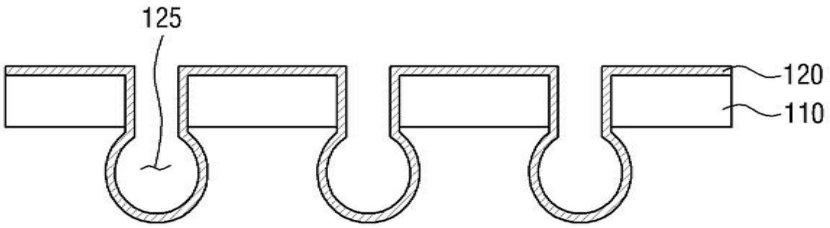
도면4


112
(a)
110
H_2O
(b)
110
130
H_2O
120
(C)
110
130
120
(d)
110
120
(e)
110

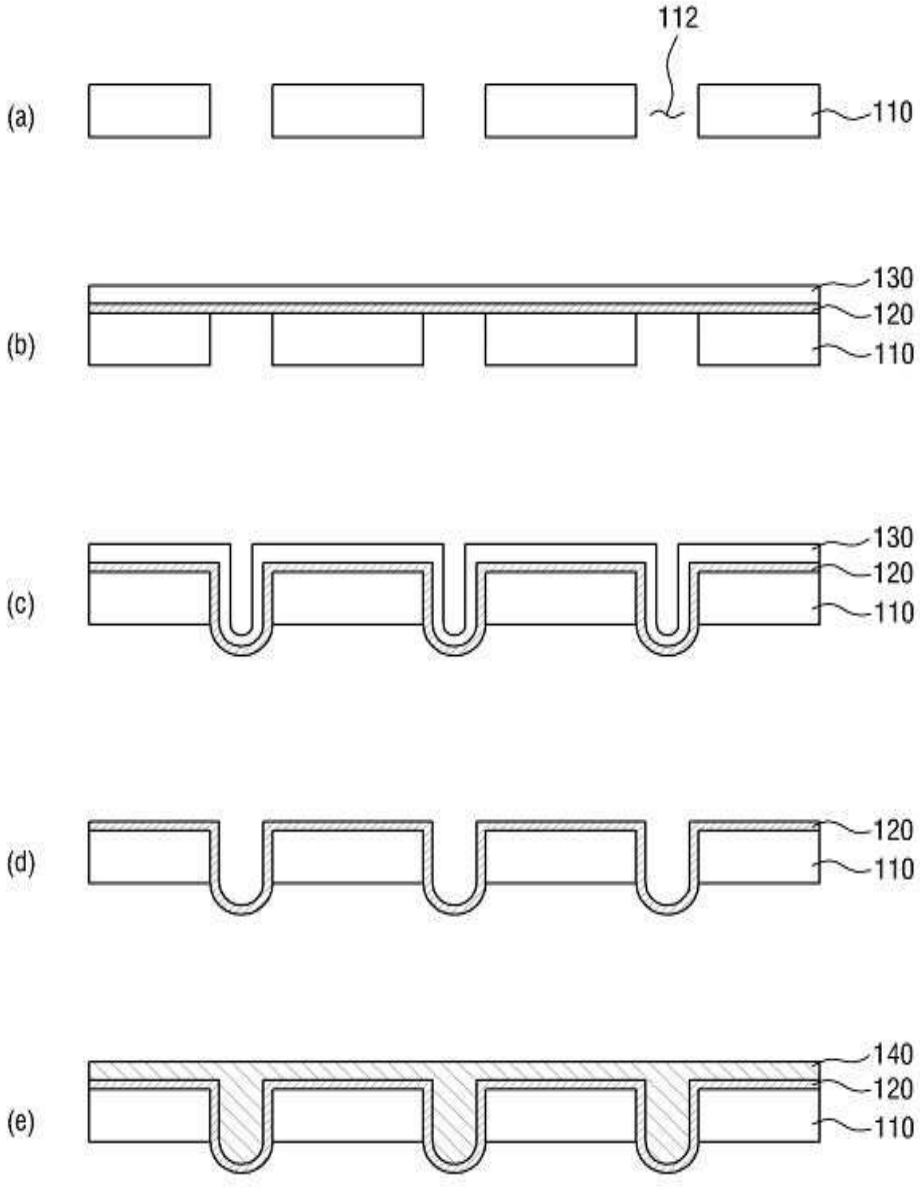
도면5a


125
120
110

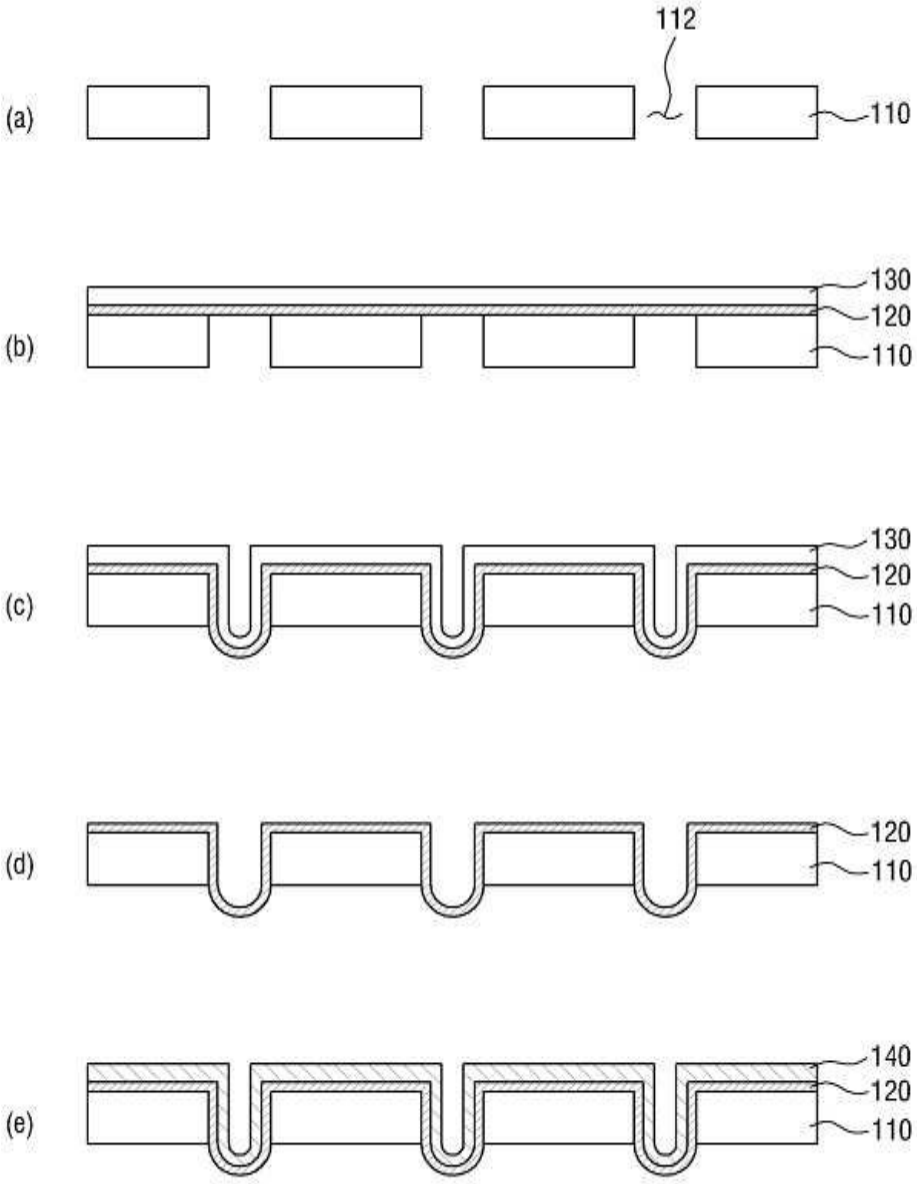
도면5b


125
120
110

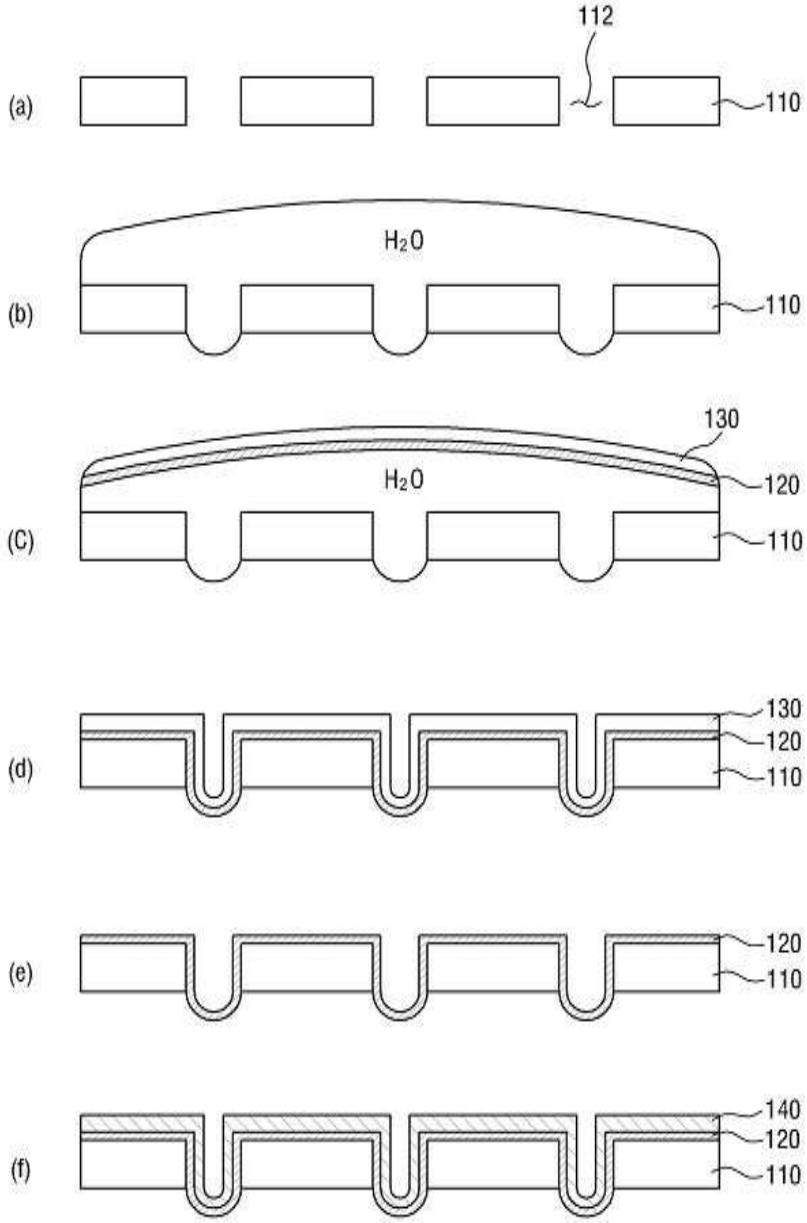
도면6a


112
(a)
110
130
(b)
120
110
130
(c)
120
110
120
(d)
110
140
(e)
120
110

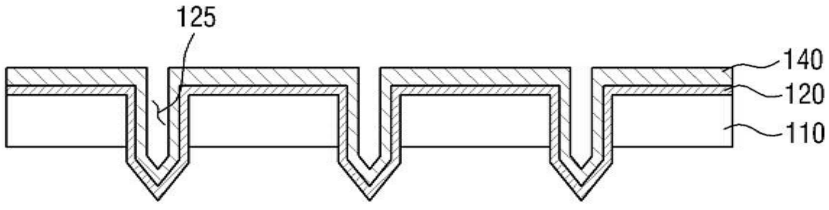
도면6b



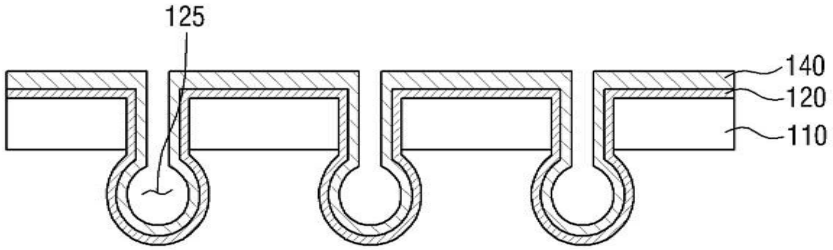
도면7


112
(a)
110
H2O
(b)
110
130
H2O
120
(C)
110
130
(d)
120
110
(e)
120
110
140
(f)
120
110

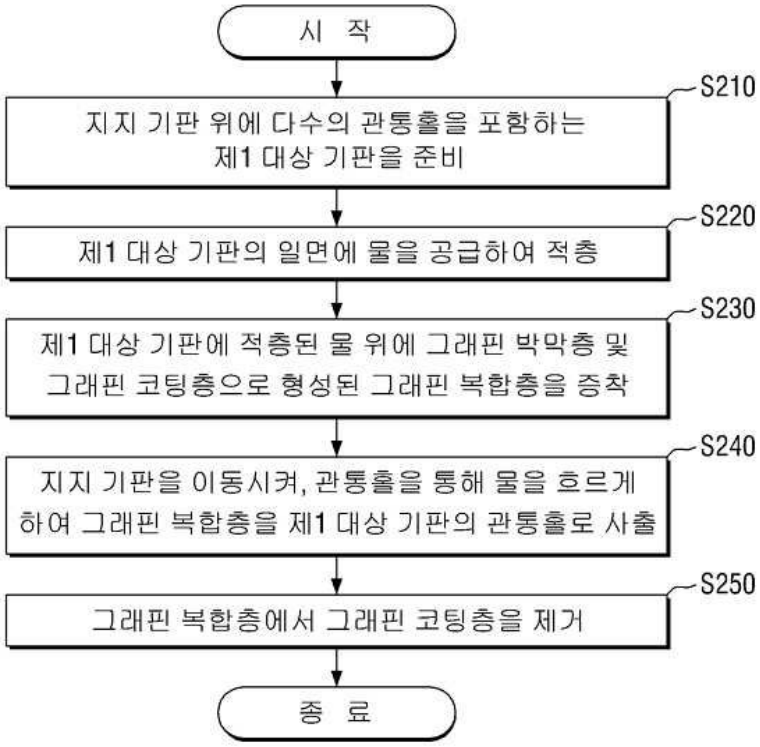
도면8a


125
140
120
110

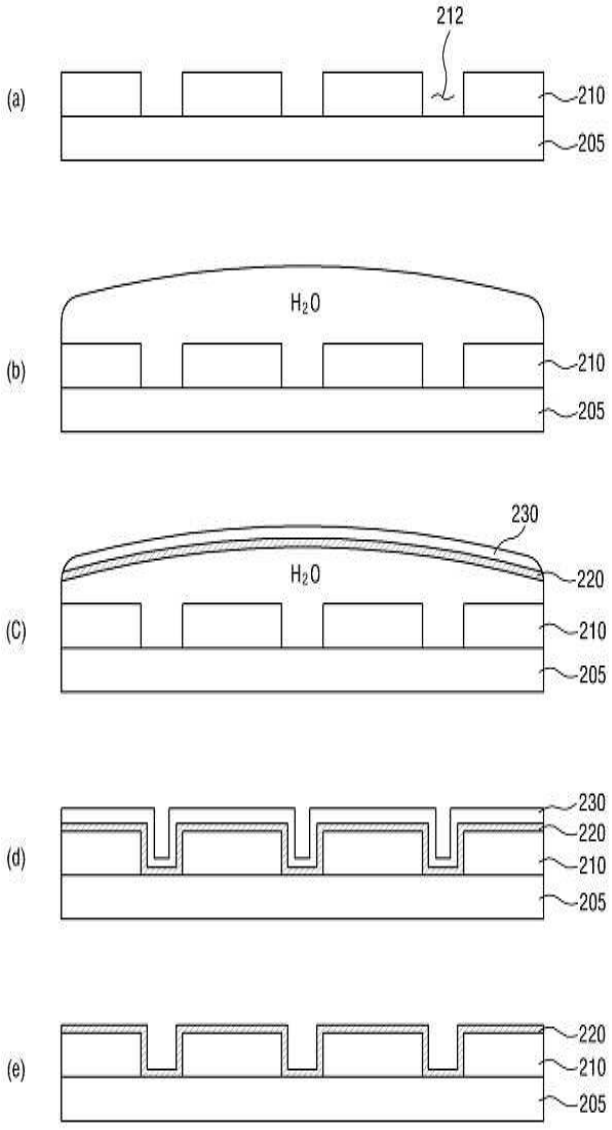
도면8b


125
140
120
110

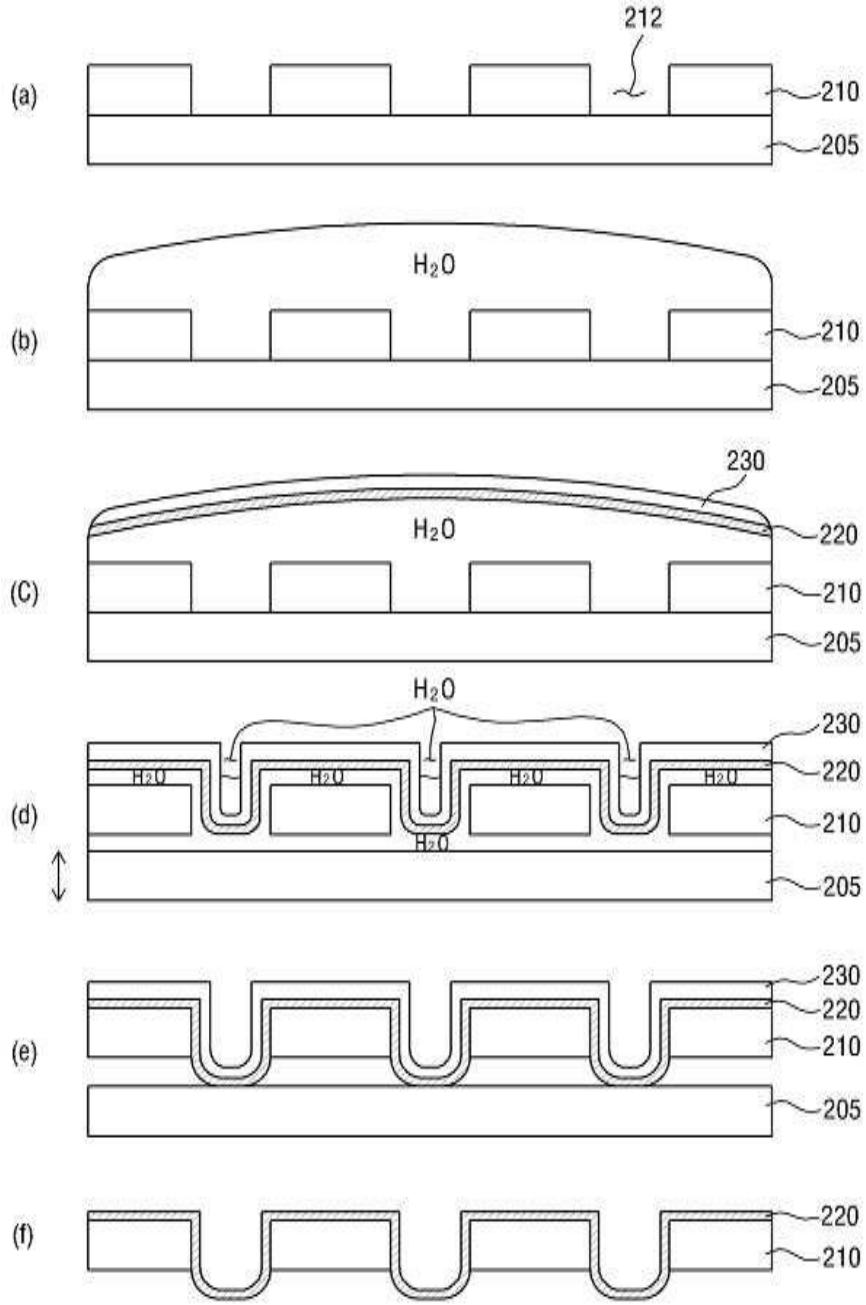
도면9


시 작
S210
지지 기판 위에 다수의 관통홀을 포함하는 제1 대상 기판을 준비
S220
제1 대상 기판의 일면에 물을 공급하여 적층
S230
제1 대상 기판에 적층된 물 위에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착
S240
지지 기판을 이동시켜, 관통홀을 통해 물을 흐르게 하여 그래핀 복합층을 제1 대상 기판의 관통홀로 사출
S250
그래핀 복합층에서 그래핀 코팅층을 제거
종 료

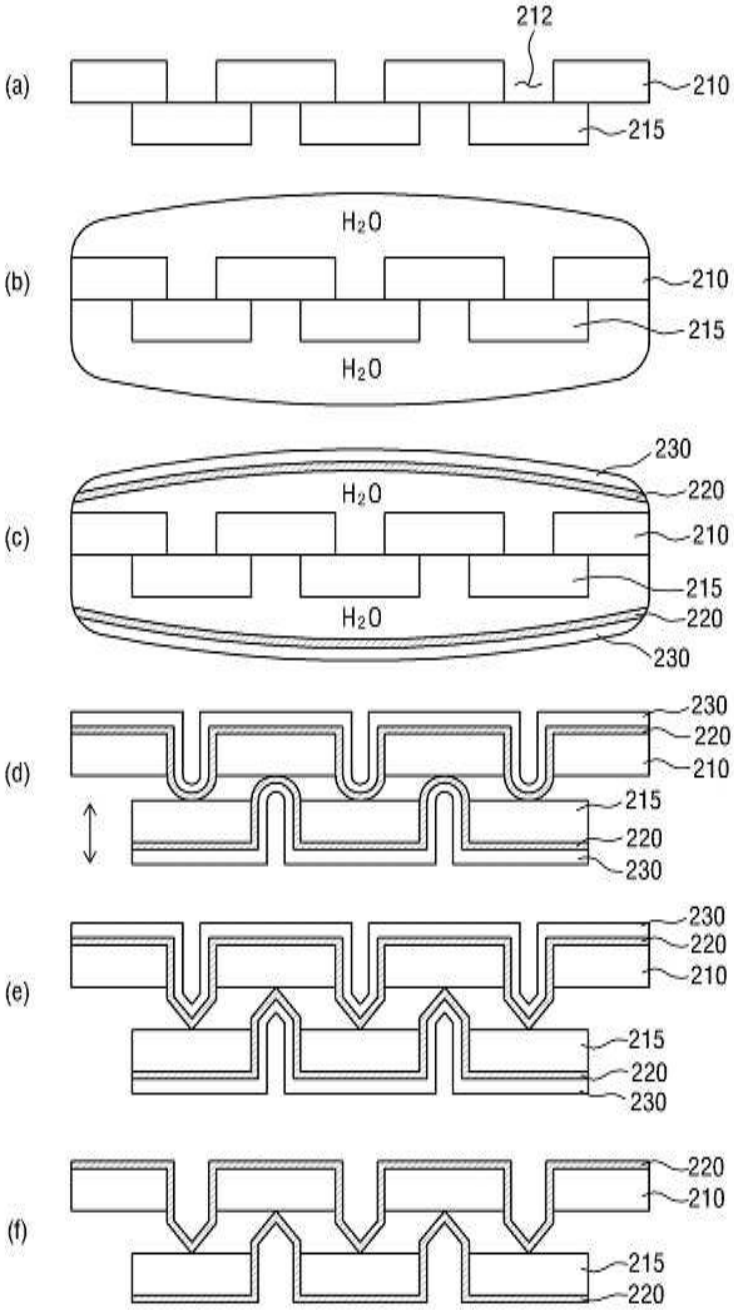
도면10


(a)
212
210
205
(b)
H_2O
210
205
(C)
230
H_2O
220
210
205
(d)
230
220
210
205
(e)
220
210
205

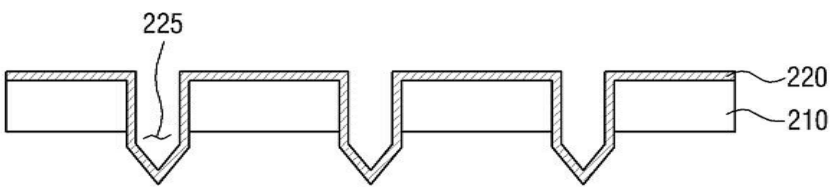
도면11


212
(a)
210
205
H_2O
(b)
210
205
230
H_2O
220
(C)
210
205
H_2O
230
H_2O
H_2O
H_2O
H_2O
220
(d)
210
H_2O
205
230
220
(e)
210
205
220
(f)
210

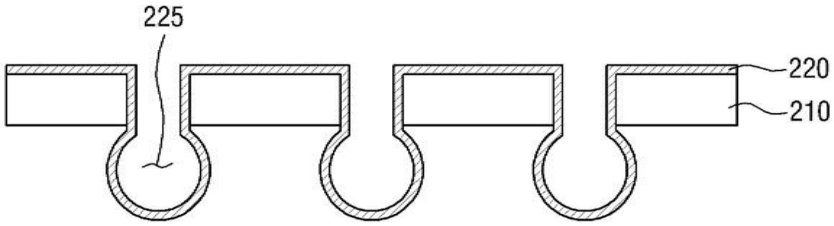
도면12


(a)
212
210
215
(b)
H2O
210
215
H2O
(c)
230
H2O
220
210
215
H2O
220
230
(d)
230
220
210
215
220
230
(e)
230
220
210
215
220
230
(f)
220
210
215
220

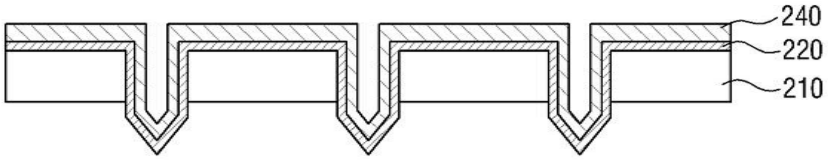
도면13a


225
220
210

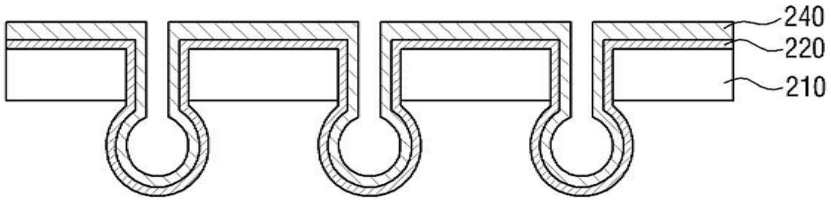
도면13b



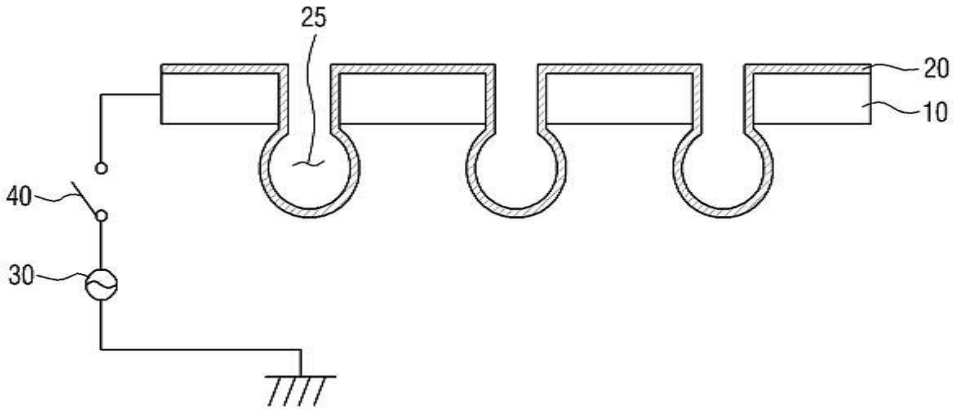
도면14a



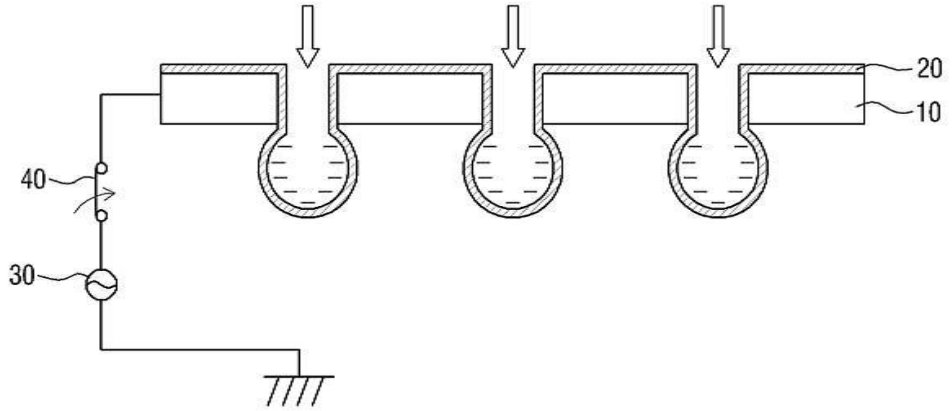
도면14b



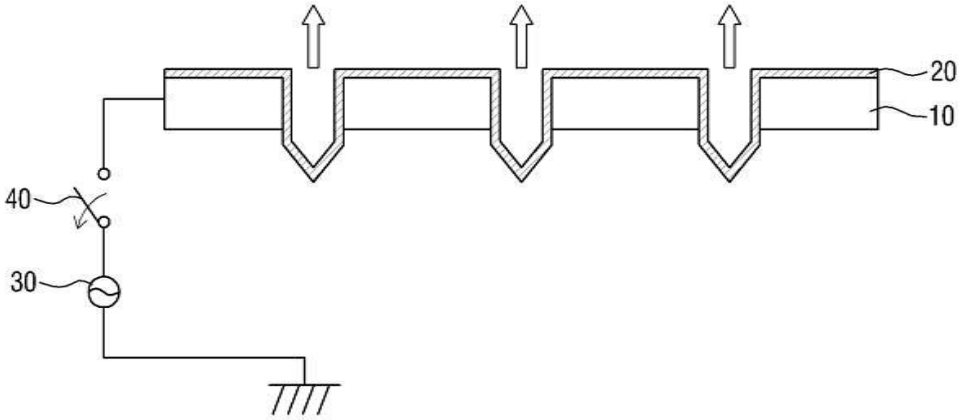
도면15



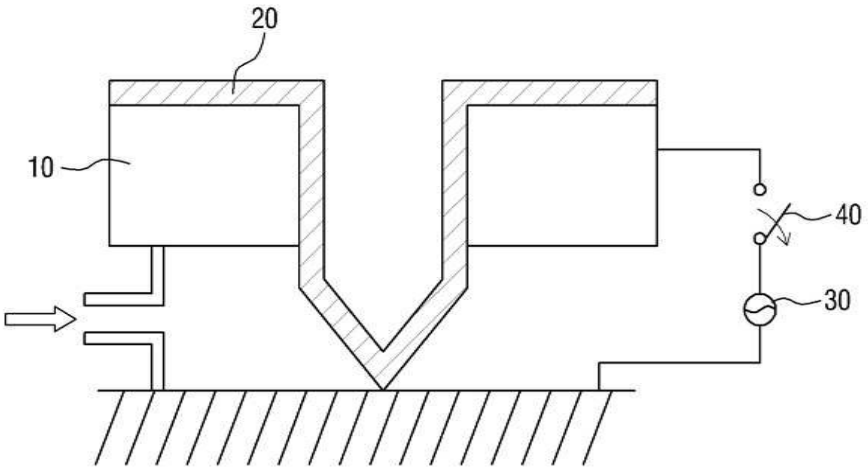
도면16a



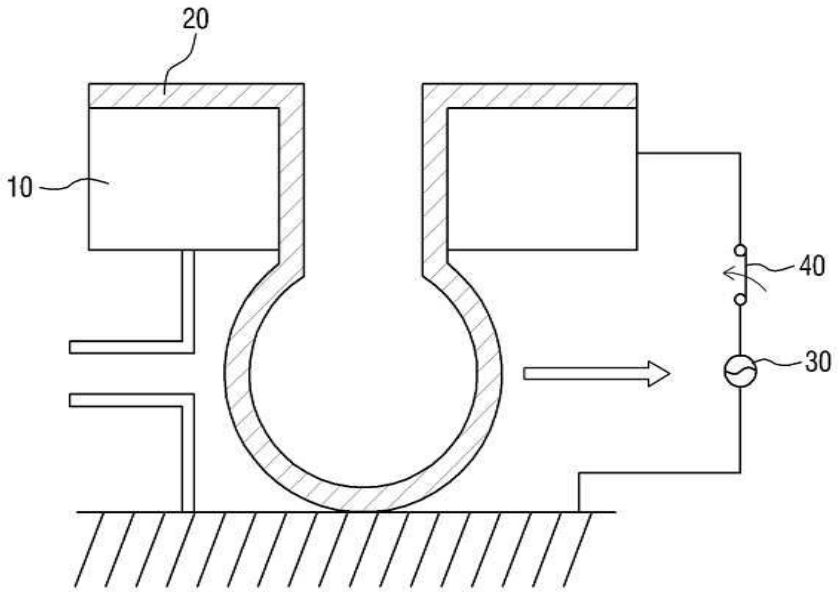
도면16b



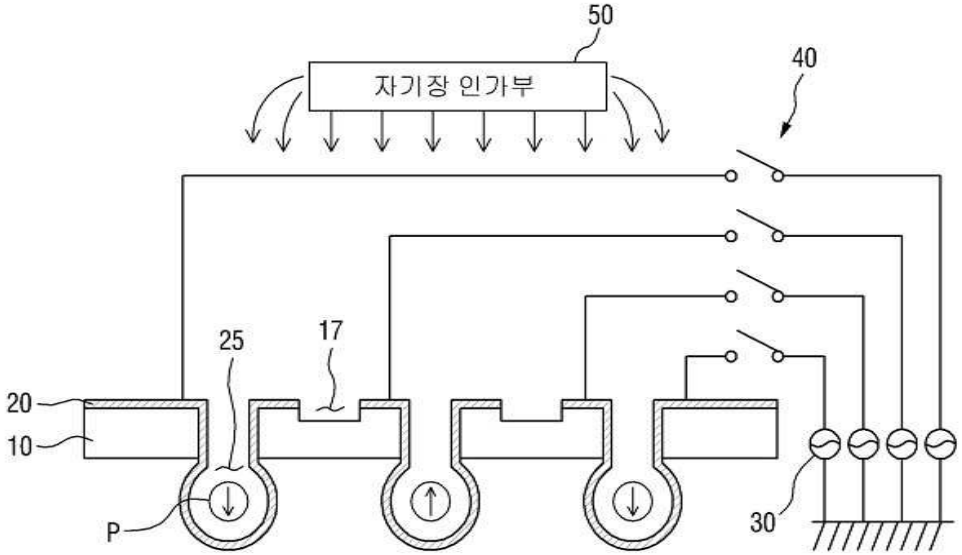
도면17a



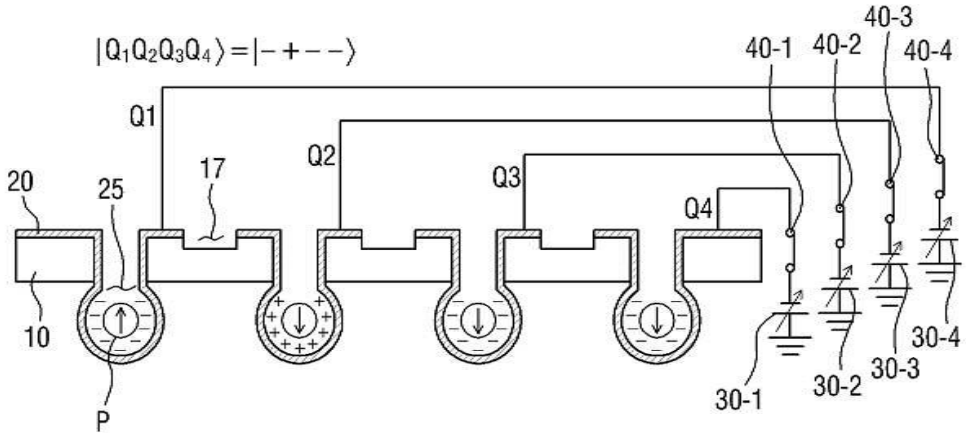
도면17b



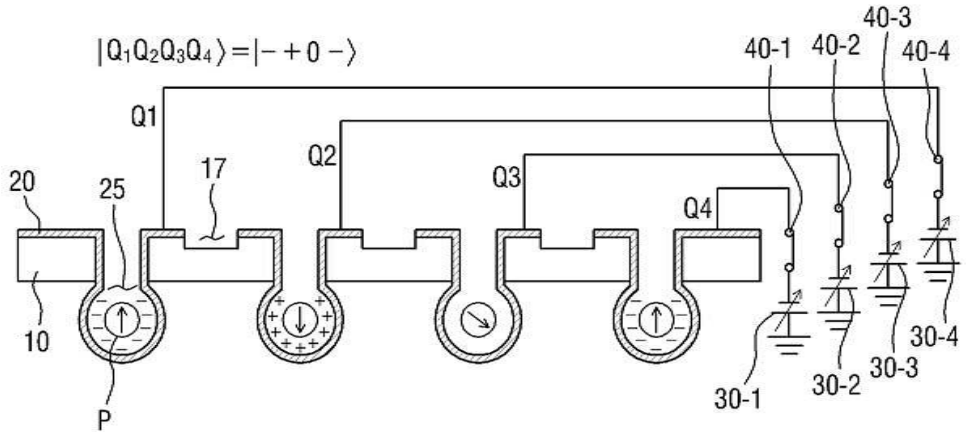
도면18


50
자기장 인가부
40
25
17
20
10
P
30

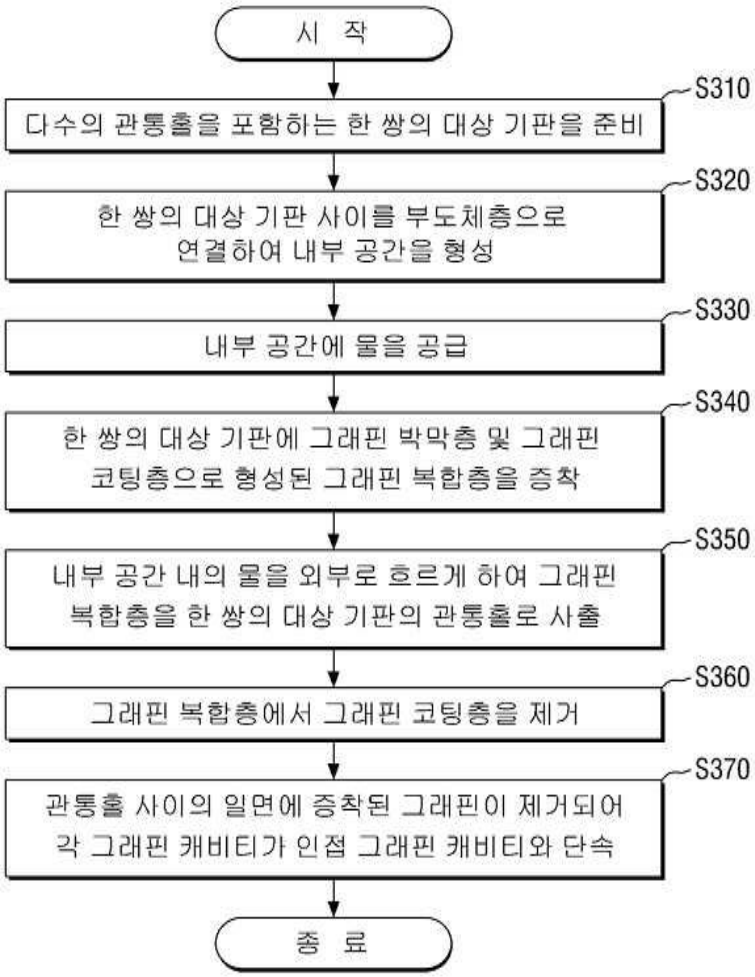
도면19a


$|Q_1Q_2Q_3Q_4\rangle = |-+--\rangle$
40-1
40-2
40-3
40-4
Q1
Q2
Q3
Q4
20
25
17
10
P
30-1
30-2
30-3
30-4

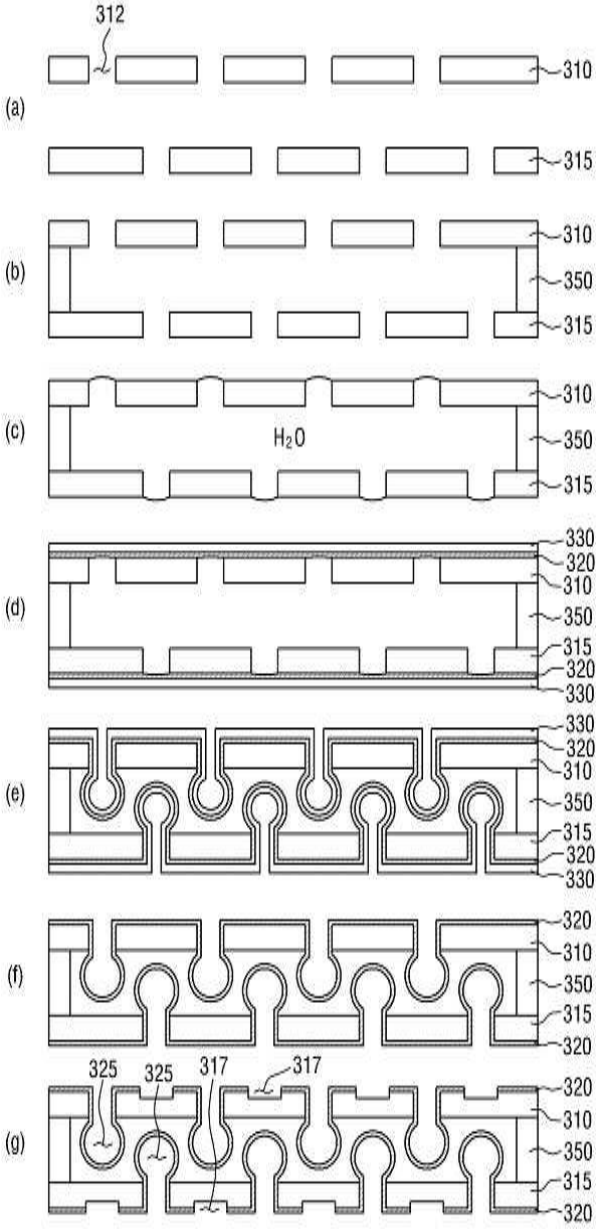
도면19b


|Q1Q2Q3Q4〉=|− + 0 −〉
Q1
Q2
Q3
Q4
20
25
17
10
P
40-1
40-2
40-3
40-4
30-1
30-2
30-3
30-4

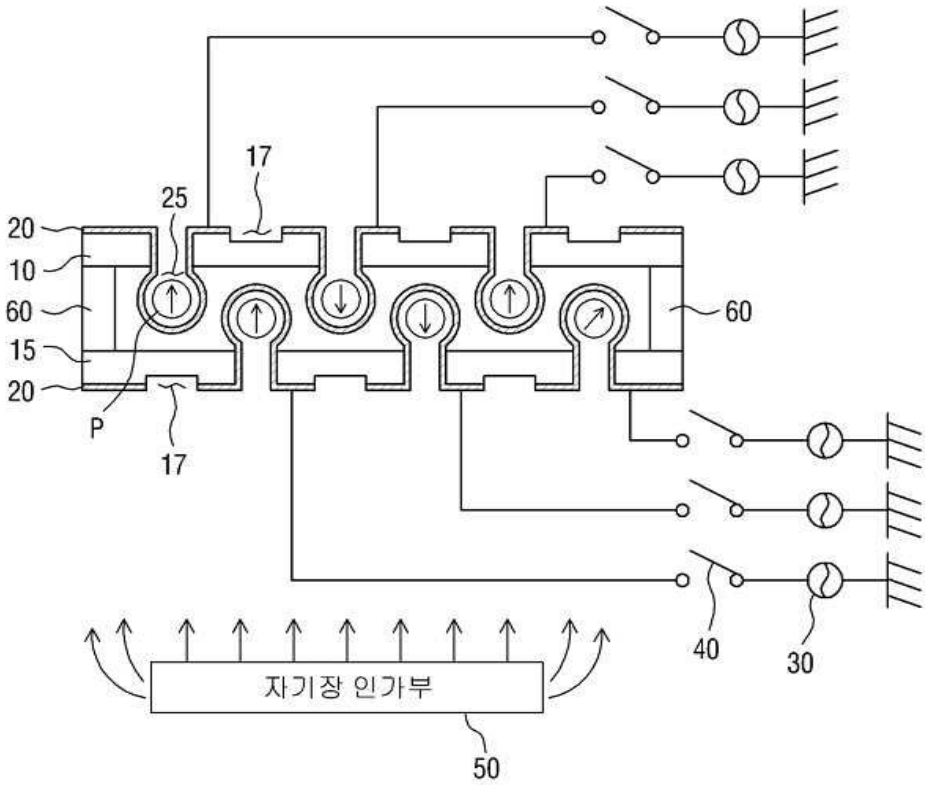
도면20


시 작
S310
다수의 관통홀을 포함하는 한 쌍의 대상 기판을 준비
S320
한 쌍의 대상 기판 사이를 부도체층으로 연결하여 내부 공간을 형성
S330
내부 공간에 물을 공급
S340
한 쌍의 대상 기판에 그래핀 박막층 및 그래핀 코팅층으로 형성된 그래핀 복합층을 증착
S350
내부 공간 내의 물을 외부로 흐르게 하여 그래핀 복합층을 한 쌍의 대상 기판의 관통홀로 사출
S360
그래핀 복합층에서 그래핀 코팅층을 제거
S370
관통홀 사이의 일면에 증착된 그래핀이 제거되어 각 그래핀 캐비티가 인접 그래핀 캐비티와 단속
종 료

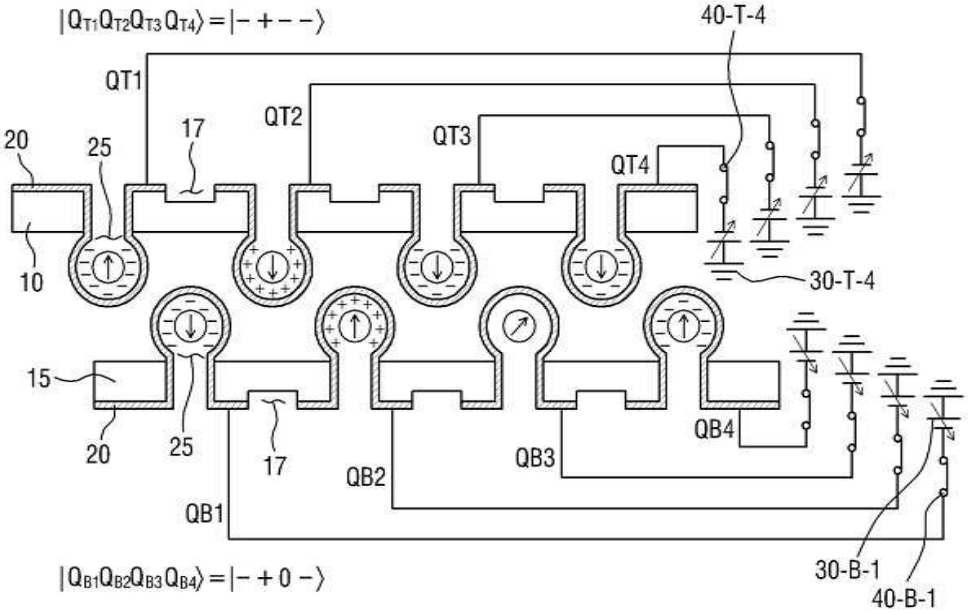
도면21


312
310
(a)
315
310
(b)
350
315
310
(c)
H2O
350
315
330
320
310
(d)
350
315
320
330
330
320
310
(e)
350
315
320
330
320
310
(f)
350
315
320
325
325
317
317
320
310
(g)
350
315
320

도면22


17
25
20
10
60
15
20
P
17
60
40
30
자기장 인가부
50

도면23


$|Q_{T1}Q_{T2}Q_{T3}Q_{T4}\rangle = |- + - -\rangle$
40-T-4
QT1
QT2
QT3
QT4
17
20
25
10
30-T-4
15
20
25
17
QB2
QB3
QB4
QB1
$|Q_{B1}Q_{B2}Q_{B3}Q_{B4}\rangle = |- + 0 -\rangle$
30-B-1
40-B-1

도면24

