



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0082668  
(43) 공개일자 2018년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01Q 10/06 (2010.01) G01Q 20/00 (2010.01)

G01Q 60/42 (2010.01) G01Q 90/00 (2010.01)

(52) CPC특허분류

G01Q 10/065 (2013.01)

G01Q 20/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0002932

(22) 출원일자 2017년01월09일

심사청구일자 2017년01월09일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

파크시스템스 주식회사

경기도 수원시 영통구 광교로 109 4층 (이의동, 나노소자특화팹센터)

(72) 발명자

서용호

서울특별시 양천구 목동서로 280, 801동 301호 (신정동, 목동신시가지아파트)

임티살 악타르

서울특별시 광진구 능동로 21 295-101

조상준

대전광역시 유성구 엑스포로 448, 506동 1401호 (전민동, 엑스포아파트)

(74) 대리인

특허법인이상

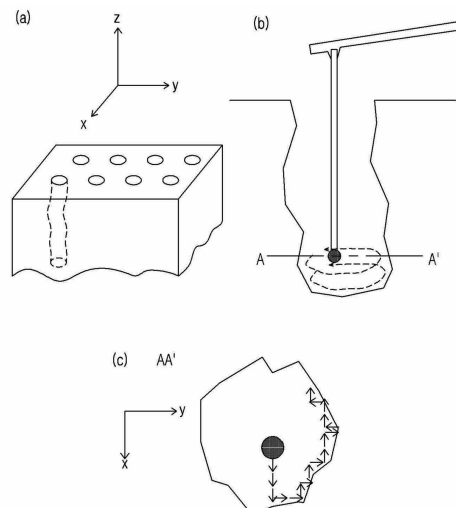
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법

## (57) 요약

AFM을 이용한 3차원 스캔 방법이 제공된다. 이는 3차원 구조의 벽면이 발견될 때까지 XY면 상에서 일방향으로 탐침을 이동시키는 과정과, 벽면이 발견되면 해당 3차원 구조의 벽면을 따라 탐침을 스텝 이동시키면서 형상을 스캔하는 과정을 포함한다. 스텝 이동마다 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향에 대한 벽면 유무를 체크한 후 체크된 벽면의 유형에 따라 XY면 상의 정해진 방향으로 탐침을 이동시킨다. 또한 벽면을 찾고 있을 때 벽면을 발견하지 못한 경우 그 전 단계의 진행 방향으로 계속 전진한다. 나아가 탐침이 방향을 잃어버릴 경우 그 전에 기록된 벽면의 위치 정보로부터 가장 가까운 벽면을 찾아간다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

**G01Q 60/42** (2013.01)

**G01Q 90/00** (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415146045 (10051701)

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 나노융합산업핵심기술개발

연구과제명 30nm 이하 나노소자용 인라인 3D-AFM

기 여 율 1/1

주관기관 (주)파크시스템스

연구기간 2015.06.01 ~ 2018.05.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

AFM을 이용한 3차원 스캔 방법으로서:

(I) 3차원 구조의 벽면이 발견될 때까지 XY면 상에서 일방향으로 탐침을 이동시키는 과정; 및

(II) 벽면이 발견되면 해당 3차원 구조의 벽면을 따라 탐침을 스텝 이동시키면서 형상을 스캔하는 과정;을 포함하고,

상기 스텝 이동마다 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향에 대한 벽면 유무를 체크한 후, 체크된 벽면의 유형에 따라 XY면 상의 정해진 방향으로 탐침을 이동시키는 것인, AFM을 이용한 3차원 스캔 방법.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 벽면 유무를 체크한 후 벽면이 없는 방향으로 상기 탐침을 스텝 이동시키는 것인, AFM을 이용한 3차원 스캔 방법.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 벽면 유무의 체크는 해당 체크 지점에서 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향으로 1 스텝 전후진하여 탐침의 벽면 터치 유무로 판단하는 것인, AFM을 이용한 3차원 스캔 방법.

#### 청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 탐침의 스텝 이동은 시계방향 및 반시계방향 중 어느 하나로 수행하는 것인, AFM을 이용한 3차원 스캔 방법.

#### 청구항 5

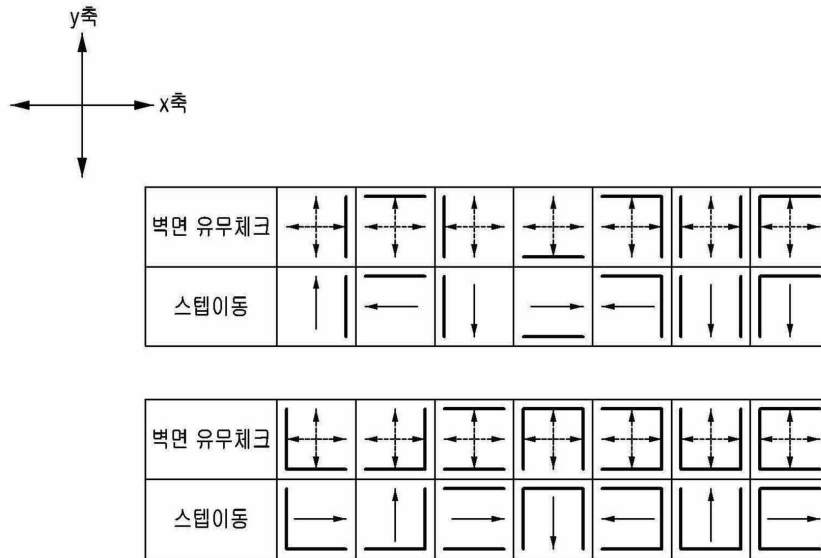
청구항 3에 있어서,

상기 벽면 유무 체크 시에 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향에서 모두 벽면이 없는 경우에는 이전에 스캔하여 기록된 벽면 중 가장 가까운 벽면을 찾아가는 것인, AFM을 이용한 3차원 스캔 방법.

#### 청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 벽면 유무의 체크 후 다음 표에 의하여,



탐침의 이동 방향을 결정하여 이동시키는 것인, AFM을 이용한 3차원 스캔 방법.

## 청구항 7

청구항 2에 있어서,

상기 3차원 구조의 발견 지점으로 탐침이 복귀한 후 탐침을 Z방향으로 스텝 이동시킨 후 상기 과정 (II)를 수행하는 것인, AFM을 이용한 3차원 스캔 방법.

## 발명의 설명

## 기 술 분 야

[0001] 본 발명은 3차원 스캔 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 AFM(ATOMIC FORCE MICROSCOPY)를 이용한 벡터 방식의 3차원 스캔 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 반도체 디바이스가 고집적화될수록 3차원의 스택 구조를 가지게 된다. 3차원 구조의 반도체 소자에서는 통상 수백 나노미터의 직경과 마이크로미터 스케일의 깊이를 가지는 비아홀을 통해 층간 접속이 이루어진다. 이와 같은 3차원 소자의 스캔이 반도체 산업에서는 중요한 이슈가 되고 있다.

[0003] 3차원 소자의 비아홀을 주사형 전자 현미경(SEM)이나 투과형 전자 현미경(TEM)을 이용하여 스캔하려면, 시료를 잘라서 영상을 얻어야 한다. 또한 광학 현미경을 이용하는 것은 비아홀에 대한 간접적인 정보만을 얻을 수 있다. 지금까지는 CD(critical dimation) AFM을 이용하는 것이 비아홀 패턴에 대한 영상을 획득하기 위한 유일한 비파괴 검사 방법이라고 할 수 있다.

[0004] 그러나, 기존의 AFM을 이용한 스캔 방법은 나노 분해능이 가능하고 어느 정도 3차원 형상을 측정할 수는 있으나, 3D-IC와 같이 중형비가 매우 높은 시료를 측정하는 것은 가능하지 않다. 또한 기존의 AFM은 래스터(raster) 스캔 방식만을 사용하기 때문에 거칠기가 높은 시료의 표면을 스캔하는데 걸리는 매우 오래 걸리는 문제점이 있다. 따라서 새로운 스캔 방식이 필요하다.

## 선행기술문헌

## 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 미국특허출원 2004/0031315 A1

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 종래 기술의 문제점을 감안한 것으로서, 3차원 구조의 IC 소자가 가지는 비아홀 또는 돌출된 나노 구조물들을 비파괴상태로 측정할 수 있는 스캔 방법을 제공한다.

[0007] 본 발명은 또한 시료의 형상에 따라서 진행할 방향을 바꾸는 벡터 방식의 스캔 방법을 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법을 제공하며, 이는: (I) 3차원 구조의 벽면이 발견될 때까지 XY면 상에서 일방향으로 탐침을 이동시키는 과정; 및 (II) 벽면이 발견되면 해당 3차원 구조의 벽면을 따라 탐침을 스텝 이동시키면서 형상을 스캔하는 과정;을 포함하고, 상기 스텝 이동마다 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향에 대한 벽면 유무를 체크한 후, 체크된 벽면의 유형에 따라 XY면 상의 정해진 방향으로 탐침을 이동시킨다.

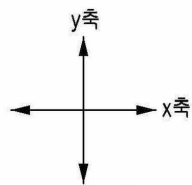
[0009] 상기 벽면 유무를 체크한 후 벽면이 없는 방향으로 상기 탐침을 스텝 이동시키는 것일 수 있다.

[0010] 상기 벽면 유무의 체크는 해당 체크 지점에서 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향으로 1 스텝 전후진하여 탐침의 벽면 터치 유무로 판단할 수 있다.

[0011] 상기 탐침의 스텝 이동은 시계방향 및 반시계방향 중 어느 하나로 수행할 수 있다.

[0012] 상기 벽면 유무 체크 시에 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향에서 모두 벽면이 없는 경우에는 이전에 스캔하여 기록된 벽면 중 가장 가까운 벽면을 찾아가는 것일 수 있다.

[0013] 상기 벽면 유무의 체크 후 다음 표에 의하여,



|         | 1형 | 2형 | 3형 | 4형 | 5형 | 6형 | 7형 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|
| 벽면 유무체크 |    |    |    |    |    |    |    |
| 스텝이동    |    |    |    |    |    |    |    |

|         | 8형 | 9형 | 10형 | 11형 | 12형 | 13형 | 14형 |
|---------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 벽면 유무체크 |    |    |     |     |     |     |     |
| 스텝이동    |    |    |     |     |     |     |     |

[0014]

[0015] 탐침의 이동 방향을 결정하여 이동시킬 수 있다.

[0016] 상기 3차원 구조의 발견 지점으로 탐침이 복귀한 후 탐침을 Z방향으로 스텝 이동시킨 후 상기 과정 (II)를 수행할 수 있다.

## 발명의 효과

[0017] 본 발명에 따르면, AFM을 이용한 3차원 스캔 방법이 제공된다. 이는 반도체 소자 등과 같이 3차원 스택 구조를 가지는 대상물의 형상을 비파괴적으로 스캔할 수 있다. 특히, 스텝 이동 마다 4방향에서 벽면 유무를 체크하고 기록하고 그를 바탕으로 정해진 이동방향으로 스텝 이동을 함으로써 비아홀이나 돌출부 같은 3차원 구조의 형상을 정확하게 측정할 수 있다. 또한, 본 발명의 방법에 따른 알고리즘은 이전 진행 방향을 지속하여 이동하여 벽면을 찾고, 벽면을 잃어버렸을 경우에 이전 벽면의 위치 정보로부터 가장 가까운 벽면을 찾아가는 방식을 채택함으로써 다양한 형상에 대응할 수 있다. 이러한 본 발명의 스캔 방법은 기존의 방식보다 빠르고 정확하게 형상을 스캔할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법에 채용될 수 있는 탐침에 대한 전자현미경 사진이다.  
 도 2의 (a), (b), 및 (c)는 본 발명을 이용한 비아홀 스캔 방법을 설명하기 위해 도시한 도면이다.  
 도 3은 본 발명의 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법에서 벽면의 유무를 체크하는 과정을 나타낸 플로우 차트이다.  
 도 4 내지 7은 본 발명의 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법에서 탐지된 벽면의 유형에 따라 탐침의 이동 방향을 결정하는 과정을 도시한 플로우 차트이다.  
 도 8은 본 발명의 방법에 따른 알고리즘과 기존의 알고리즘을 이용하여 시행된 시뮬레이션 결과물을 각각 보여준다.  
 도 9는 본 발명의 스캔 방법에 따른 알고리즘을 이용한 홀부에 대한 스캔 시뮬레이션 결과를 보여준다.  
 도 10과 11은 본 발명의 스캔 방법에 따른 알고리즘을 이용한 돌출부에 대한 스캔 시뮬레이션 결과를 보여준다.  
 도 12 내지 도 18은 본 발명의 방법 따라 스캔된 AAO(Anodized Aluminum Oxide) 샘플의 이미지와 그 결과를 보여준다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0020] 먼저 간략히 설명하면, 본 발명은 3차원의 스택 구조를 가지는 반도체 소자의 형상을 스캔하는 방법을 제공한다. 특히, 본 발명은 AFM을 이용하여 비파괴적인 방식으로 반도체 고집적회로 소자가 가지는 깊은 비아홀이나 돌출구조와 같은 3차원 구조의 형상을 측정하여 기록하기에 적합한 새로운 알고리즘을 제시한다. 이를테면, 최초 3차원 구조의 벽면을 찾고 난 후, 해당 지점부터 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향에서 1 스텝 이동 범위 내 벽면 유무를 체크하고 XY면 상에서 정해진 방향으로 탐침을 스텝 이동시키면서 해당 3차원 구조를 스캔한다. 벽면에 터치될 때 캔틸리버 진동의 진폭의 변화가 발생하고 이를 통해 벽면 유무를 판단할 수 있다. 이러한 벽면 유무 체크는 스텝 이동마다 이루어지며, 그에 따라 탐침은 해당 3차원 구조의 벽면을 따라 이동하면서 형상을 스캔하게 된다. 본 발명은 또한 벽면 유무의 유형에 따라 정해진 탐침 이동 방향을 제시한다. 나아가, 4방향 모두에서 벽면이 발견되지 않을 경우, 즉 탐침의 진행방향을 잃어버렸을 경우에는 이전에 기록된 가장 가까운 벽면을 찾아가도록 한다. 해당 3차원 구조에 대한 하나의 XY 면상의 스캔이 완료되면 Z방향으로 스텝 이동하여 상술한 XY면상의 스캔을 반복한다. 이러한 본 발명의 방법은 일정한 속도로 움직이는 래스터 방식이 아닌, 시료의 형상에 따라서 진행할 방향을 결정하여 스캔이 이루어지는 벡터 방식을 포함하는 알고리즘을 채택한 스캔 방법이다.

[0021] 도 1은 본 발명의 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법에 채용될 수 있는 탐침에 대한 전자현미경 사진이다.

[0022] 본 발명에서 이용되는 탐침은 예를 들어 도 1에 도시한 바와 같이 텅스텐을 식각하여 만든 금속 탐침에 CNT를 부착한 상태에서 전자빔으로 용접하여 제조할 수 있다.

[0023] 본 발명에서는 먼저 3차원 벽면을 찾는 과정을 수행한다. 이는 예를 들어 비아홀이나 돌출기둥의 벽면이 최초로 탐지될 때까지 탐침을 이동시킨다. 탐침은 이동 시에 탐침 대상물의 표면과 근접한 상태에서 이동한다. 최초 벽면을 찾는 과정에서의 이동 역시 스텝 이동일 수 있고, 벽면이 나타날 때까지 직전 진행 방향으로 계속 진행할

수 있다.

- [0024] 이렇게 직진 진행 방향을 계속 진행하는 경우는, 위에서 설명한 바와 같이 최초로 3차원 벽면을 찾기 위한 때나, Z방향의 이동한 후 또는 Z방향의 위치 변화가 있고 난 후 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향에서 벽면이 발견되지 않을 때 적용될 수 있다.
- [0025] 도 2의 (a), (b), 및 (c)는 본 발명에 따른 비아홀 스캔 방법을 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- [0026] 비아홀의 경우 먼저 탐침을 바닥에 있어서 대략 중심 위치에 위치시킨 후 상부(Z축 방향)로 단계적으로 상승시키면 비아홀 벽면을 스캔할 수 있다. 물론 역으로 비아홀의 상부부터 -Z방향으로 높이를 단계적으로 낮춰가면서 스캔을 진행할 수도 있다.
- [0027] 바닥이 탐침에 터치되면, 해당 XY 면상에서 최초 벽면을 찾기 위한 이동을 수행한다. 예를 들어 도 2의 (c)에 도시한 바와 같이, +X 방향으로 1 스텝씩 이동시키며 벽면이 나타날 때까지 직진 진행 방향인 +X 방향의 스텝 이동을 계속한다. 이는 예를 들어, 도 3에 도시한 프로우차트와 같은 과정을 적용할 수 있다.
- [0028] 도 3은 본 발명의 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법에서 벽면의 유무를 체크하는 과정을 나타낸 플로우 차트이다. 도 4 및 5는 본 발명의 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법에서 탐지된 벽면의 유형에 따라 탐침의 이동 방향을 결정하는 과정을 도시한 플로우 차트이다.
- [0029] 먼저 도 3을 참조하여 벽면의 유무를 체크하는 과정을 설명한다. 벽면의 유무의 체크는 어느 지점에서 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향 각각에서 1 스텝 범위 이내에 벽면이 존재하는지 여부를 체크(탐지)하는 것이다.
- [0030] 따라서, +X, +Y, -X 및 -Y의 각각의 방향마다 1 스텝 전진 후 다시 후진하여 탐침이 벽면에 터치 되었는지 여부에 따라 해당 방향에 벽면이 있는지 여부를 체크하고, 그 결과를 각각 제1 변수(variable)에 저장한다. 전후진 동안 터치가 되면 진폭의 변화가 있으며, 이는 해당 방향에 벽면이 존재한다는 것을 의미한다.
- [0031] 이렇게 4방향에 대하여 벽면이 있는지 여부를 탐지하여 그 지점에서 탐지된 벽면의 유형에 따라서 도 4 내지 6에 도시한 바와 같은 스텝 이동을 수행하고, 이동된 지점에서 또 다시 도 3에 도시된 바와 같은 벽면의 유무 체크 과정을 반복 수행한다.
- [0032] 구체적으로 설명하면, 도 4 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 먼저 단계 4010에서 제1변수를 읽어드린다.
- [0033] 이어, 단계 4011a 내지 단계 4024a에서 탐지한 벽면 유형에 따라 단계 4011a 내지 단계 4024b로 진행하여 정해진 방향으로 1 스텝 이동한다. 탐지된 벽면의 유형에 따라 이동방향을 정함에 있어서, 바람직하게는 탐침 이동의 기본 방향은 예를 들어 돌출부에 대해서는 시계 방향을 따르고, 홀부에 대해서는 반시계방향을 따르는 것일 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0034] 이를 테면, 단계 4011a과 같이 탐지된 벽면이 +X 방향에만 존재하는 1형일 경우에, 단계 4011b의 단계로 진행하여 +Y 방향으로 탐침을 1 스텝 이동하고, 이어 단계 4011c로 이동하여 그 위치 정보를 제2변수에 저장한 다음, 이동한 지점에서 도 3에 도시한 벽면 유무 체크 과정을 수행하고 그 결과를 제1변수에 저장한다(단계 4032).
- [0035] 탐지된 벽면이 +X 방향에만 존재하는 것이 아닐 경우, 단계 4012a로 진행하여 탐지된 벽면이 +Y 방향에만 존재(2형)하는지 여부를 판단한다. +Y 방향에만 벽면이 존재하는 경우, 단계 4012b로 진행하여 정해진 방향, 즉 -X 방향으로 탐침을 1 스텝 이동하고, 이어 단계 4012c로 진행하여 그 위치 정보를 제2변수에 저장한 다음, 이동한 지점에서 도 3에 도시한 벽면 유무 체크 과정을 수행하고, 그 결과를 제1변수에 저장한다(단계 4032).
- [0036] 이와 같은 방식으로 탐지된 벽면이 1형 내지 14형 중 어느 유형에 속하는지에 따라 정해진 방향으로 탐침을 1 스텝 이동하고, 또한 그 위치에서 다시 도 3에 도시한 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향 각각에 벽면이 존재하는지를 체크하는 과정을 수행하고, 그 결과를 제1변수에 기록한다.
- [0037] 탐지된 벽면의 유형과 그에 따른 스텝 이동 진행 방향에 대하여 도면을 참조하여 설명한다. 1형은 +X 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 +Y 방향이다. 2형은 +Y 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 -X 방향이다. 3형은 -X 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 -Y 방향이다. 4형은 -Y 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 +X 방향이다. 5형은 +X와 +Y 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 -X 방향이다. 6형은 -X와 +X 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 -Y 방향이다. 7형은 -X와 +Y 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 -Y 방향이다. 8형은 -Y와 -X 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 +X 방향이다. 9형은 -Y와 +X 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 +Y 방향이다. 10형은 -Y와 +Y 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 +X 방향이다. 11형은 -X, +Y 및 +X 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 -Y 방향이다. 12형은 -Y, +Y, 및 +X 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 -X 방향



이다. 13형은 -Y, -X 및 +X 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 +Y 방향이다. 14형은 -Y, -X, 및 +Y 방향에만 벽면이 존재하며 이동방향은 +X 방향이다.

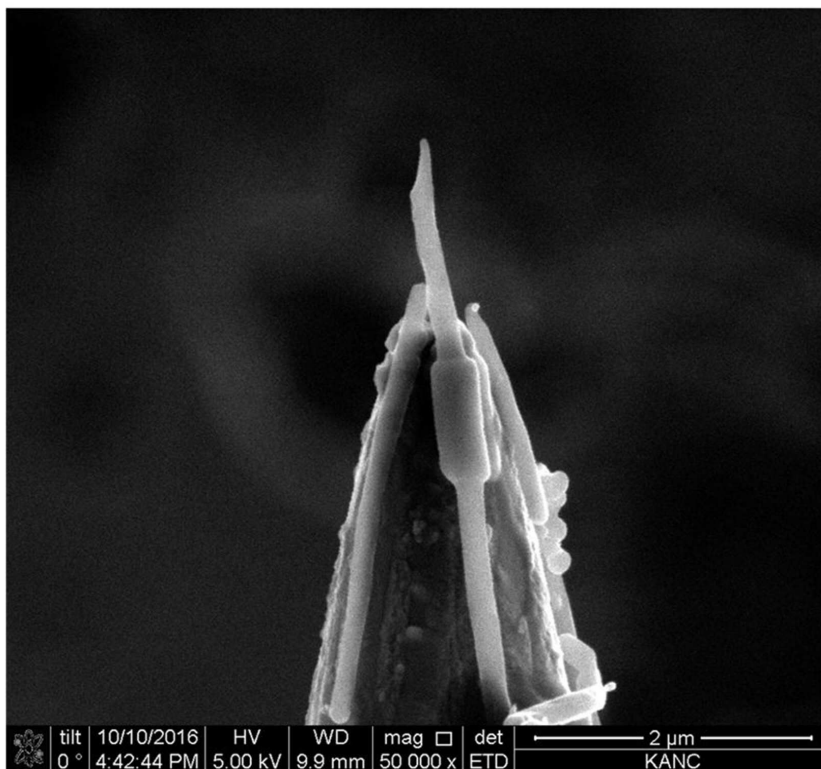
- [0038] 탐지된 벽면의 유형은 상술한 바와 같이 1형 내지 14형을 포함할 수 있고, 각 유형에 대하여 탐침의 이동방향이 정해진다.
- [0039] 탐지된 벽면의 유형이 전혀 존재하지 않는 경우에 도 7에 도시된 단계 4025로 진행하여 저장된 이전 제2변수를 읽어 들인 후, 단계 4026a 내지 단계 4029a를 진행한다. 이 경우는 탐지된 벽면이 없을 경우이며, 소위 탐침이 길을 잃었다고 할 수 있다. 이때는 이전에 기록된 제2변수에서 가장 가까운 벽면을 찾아 가는 것이다.
- [0040] 이를 위해서 도 7에 도시한 바와 같이 먼저 단계 4026a로 진행하여 이전에 +X 방향에 벽면이 존재하는지 여부를 판단하고, 존재할 경우 단계 4026b로 진행하여 +X 방향으로 탐침을 1 스텝 이동한다.
- [0041] 이런 식으로 단계 4026a 내지 단계 4029a에서 이전 기록이 +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향 중 어느 방향에 벽면이 있었는지를 파악한 후, 그와 연결된 다음 단계(단계 4026b 내지 단계 4029b) 중의 하나로 진행하여 직전에 벽면이 있던 방향으로 탐침을 1 스텝 이동한다. 이어, 단계 4032로 진행하여 도 3에 도시한 벽면 유무 체크 과정을 수행한다.
- [0042] 만일, +X, +Y, -X 및 -Y의 4방향 모두에 벽면이 없는 경우 단계 4030으로 진행하여 3차원 구조에 관한 해당 XY면에 대하여 완전한 스캔이 완료되었는지 여부를 판단한다. 이는 해당 3차원 구조의 벽면을 처음 발견한 지점으로 복귀하였을 때일 수 있다.
- [0043] 만일, 단계 4030에서 해당 XY면에 대하여 완전한 스캔이 완료되지 않았다고 판단되면, 단계 4032로 복귀하여 벽면 유무 체크 과정을 수행하게 된다. 해당 XY면에 대하여 완전한 스캔이 완료되었을 경우에는 단계 4031로 진행하여 +Z 방향으로 탐침을 1 스텝 이동하여 새로운 XY면에 대하여 스캔을 시작하게 된다.
- [0044] 도 8은 본 발명의 방법에 따른 알고리즘과 기존의 알고리즘을 이용하여 시행된 시뮬레이션 결과물을 보여준다. 도 8에서 좌측 상부가 기존 알고리즘을 이용한 결과물이고, 우측 상부가 본 발명의 방법에 따른 알고리즘을 이용한 결과물이다. 하부에 배치된 형상물에 대하여 위 2가지 알고리즘을 이용하여 스캔 시뮬레이션을 하였으며, 밝은 부위는 돌출부를 나타내고 어두운 부분은 홈부를 나타낸다.
- [0045] 도 8에서 알 수 있는 바와 같이 본 발명에 따른 알고리즘을 이용한 테스트 결과물이 매우 정확하게 원형을 반영하였다.
- [0046] 본 발명에 따르면, 우선 4방향에 대하여 벽면의 유무를 체크하고 그 결과를 제1변수에 저장한다. 만일 벽면이 어느 방향에서 탐지되었다면, 탐침은 홈에 대해서는 반시계방향 그리고 돌출부에 대해서는 시계방향의 회전을 수행하도록 이동하게 될 수 있다. 각각의 스텝 이동은 제2변수에 저장된다. 탐침이 아무런 벽도 탐지하지 못한 경우, 제2변수로부터 이전 값을 읽어 들어서 이전 벽면(가장 가까운 벽면)이 있던 방향으로 탐침이 이동한다.
- [0047] 도 9는 본 발명의 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법에 따른 알고리즘을 이용한 홈부에 대한 스캔 시뮬레이션 결과를 보여준다.
- [0048] 도면에서 밝은 부분은 돌출부를 나타내고, 어두운 부분은 홈부를 나타낸다. 탐침이 중앙 부분에서 스캔을 시작하여 X축 방향으로 이동하여 벽면을 탐지한다. 일단 벽면이 탐지되고 나면, 홈의 둘레면을 따라 반시계방향으로 회전을 수행한다. 1회전이 완료되면, Z축 방향으로 1 스텝 이동한 후 다시 새로운 스캔을 위해 홈 둘레면을 따라 회전한다. 이러한 과정은 탐침이 홈부를 벗어날 때까지 계속된다.
- [0049] 도 10과 11은 본 발명의 스캔 방법에 따른 알고리즘을 이용하여 수행한 돌출부에 대한 스캔 시뮬레이션 결과를 보여준다. 도시한 바와 같이 돌출부에 대하여는 시계방향의 회전을 수행하면서 거의 완벽한 스캔 결과를 보여주었다.
- [0050] 도 12는 본 발명의 방법 따라 스캔된 AAO(Anodized Aluminum Oxide) 샘플의 이미지와 그 결과를 보여준다. 샘플은 표면에 홈부와 돌출부를 가지는 것으로, 원으로 표시(밝은 부위)된 부위(돌출부)를 스캔 하기 위해, 스텝 사이즈를 x축과 y축 각각 20nm로 하였다. 도면에서 알 수 있는 바와 같이 돌출부 스캔을 위한 회전이 잘 완료되었음을 보여준다.
- [0051] 도 13은 본 발명의 방법에 따라 스캔된 AAO 샘플의 이미지와 그 결과를 보여준다. 도 13에서는  $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ 의 스캔 영역을 보여주며, 여기서는 3.8nm의 스텝 사이즈를 이용하여 돌출부를 스캔하였다. 도면에서 알 수 있는 바와 같이, 도 13에서의 예가 보다 더 명확하고 세밀한 정보를 얻을 수 있다는 것을 보여준다.



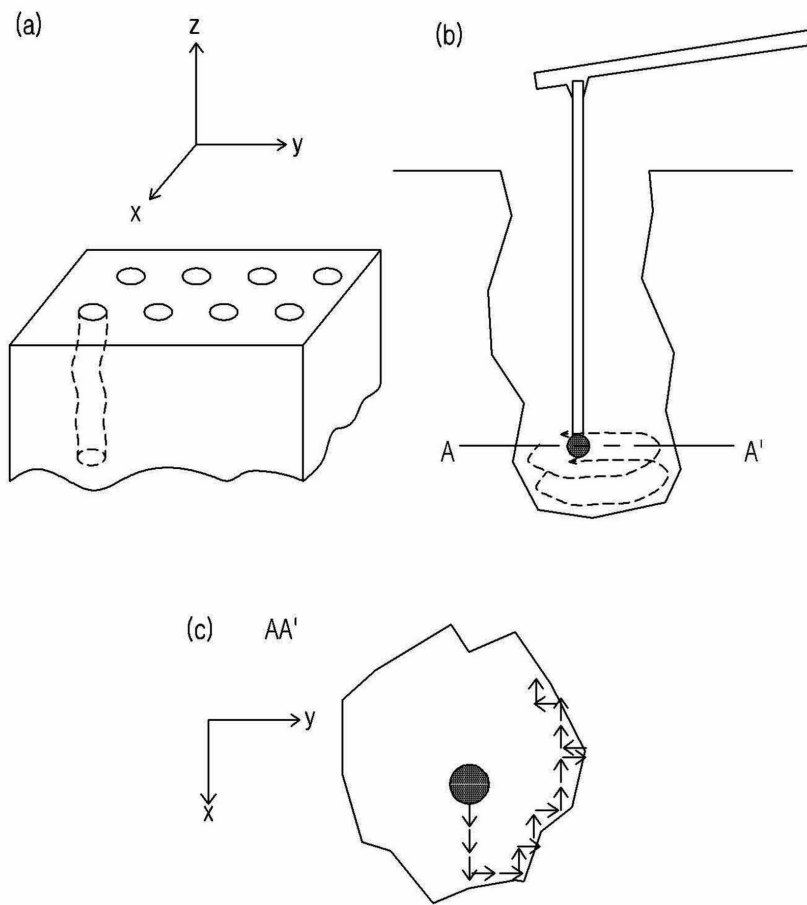
- [0052] 도 14는 본 발명의 방법에 따라 스캔된 AAO 샘플의 이미지와 그 결과를 보여준다. 도 14에서는 홀부에 대한  $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$ 의 스캔 영역을 나타낸다. 홀에 탐침을 삽입시킨 후 진폭을 모니터링하면서 가능한 바닥에 근접하도록 하였다. 탐침이 바닥에 도달한 이후에 스캔 동작이 개시되었다. 우측도면에서 보여지는 바와 같이, 3.8nm에 이르는 작은 스텝 사이즈를 이용한 스캔을 통하여, 홀부의 내측 라인 프로파일을 확인할 수 있었다.
- [0053] 도 15과 도 16은 본 발명의 방법에 따라 스캔된 AAO 샘플의 이미지와 그 결과물로서, 3.8nm 스텝 사이즈를 이용하여 돌출부를 각각 다른 높이로 2회전 스캔한 것과 3회전 스캔한 것의 결과를 보여준다.
- [0054] 도 17은 도 15의 2회전 스캔의 결과물에 대한 측면도이다. 홀부에 탐침을 삽입하여 다른 높이로 내부 벽면을 따라 돌면서 2회전하여 얻어진 결과를 3차원으로 나타낸 도면이다.
- [0055] 도 18은 본 발명의 AFM을 이용한 3차원 스캔 방법에 따라 비아홀의 내부 구조를 스캔한 결과를 보여준다. +Z 방향으로 1 스텝(1.316nm)씩 이동하였다. 0.01V의 스텝일 때 Z값은 -4.49 V에서 -4.38 V로 변경되었으며, 총 12회전의 스캔이 성공적으로 수행되었다.
- [0056] 이상, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해서 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명하다 할 것이다.

## 도면

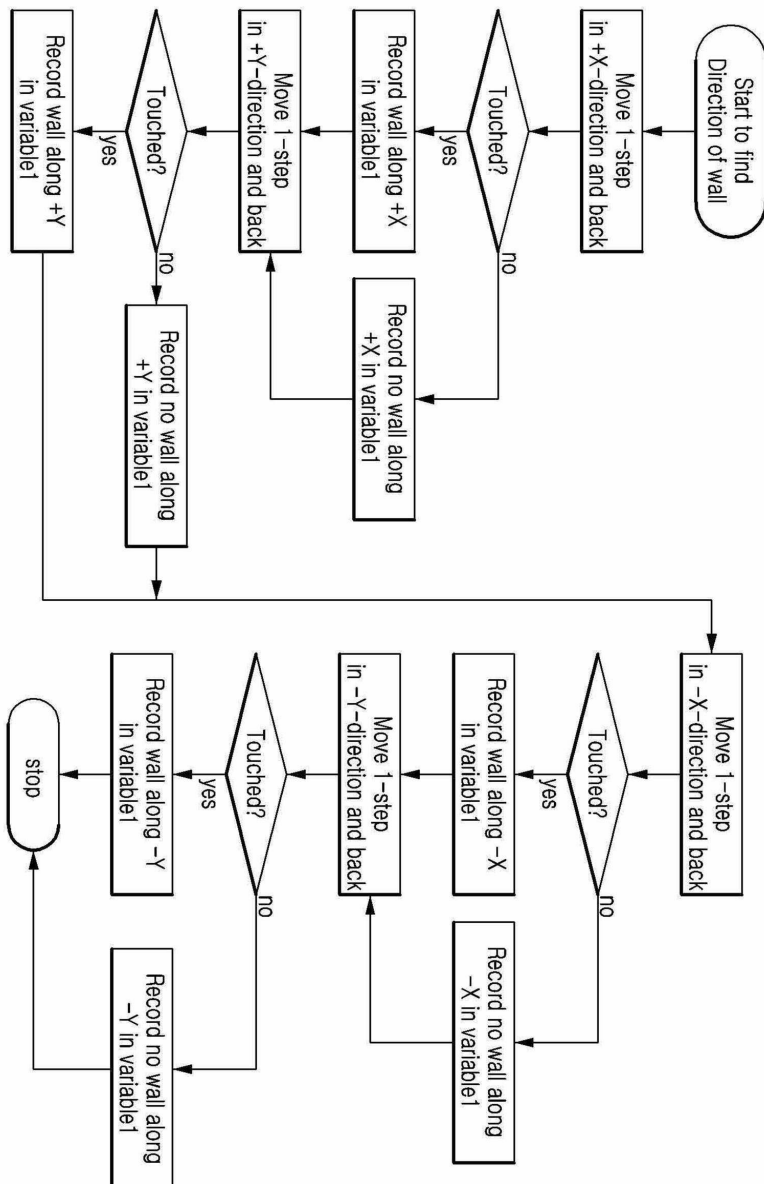
### 도면1



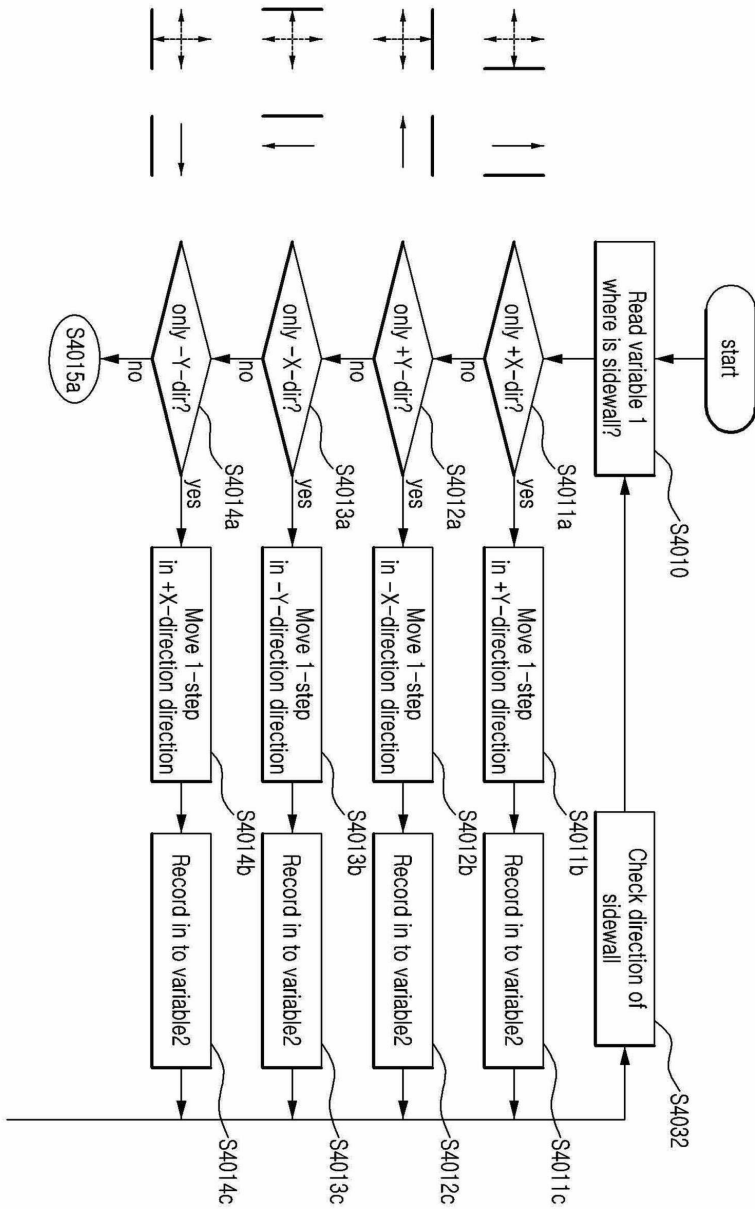
도면2



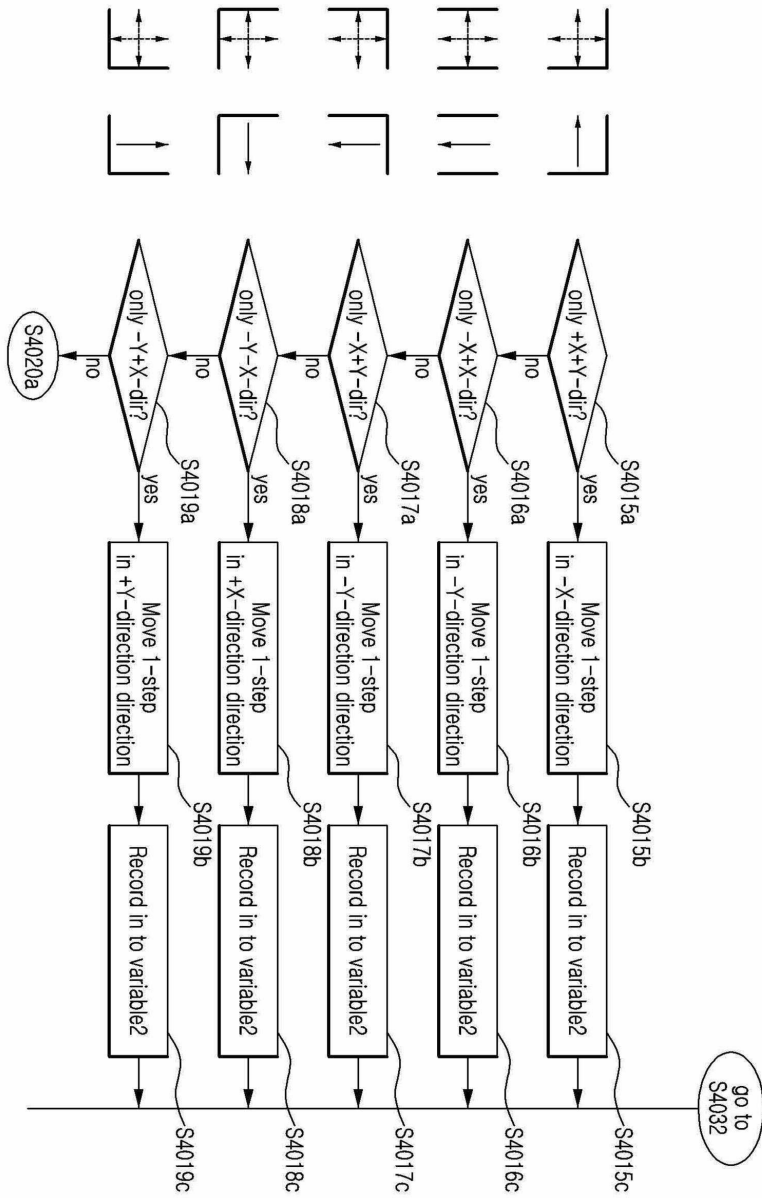
도면3



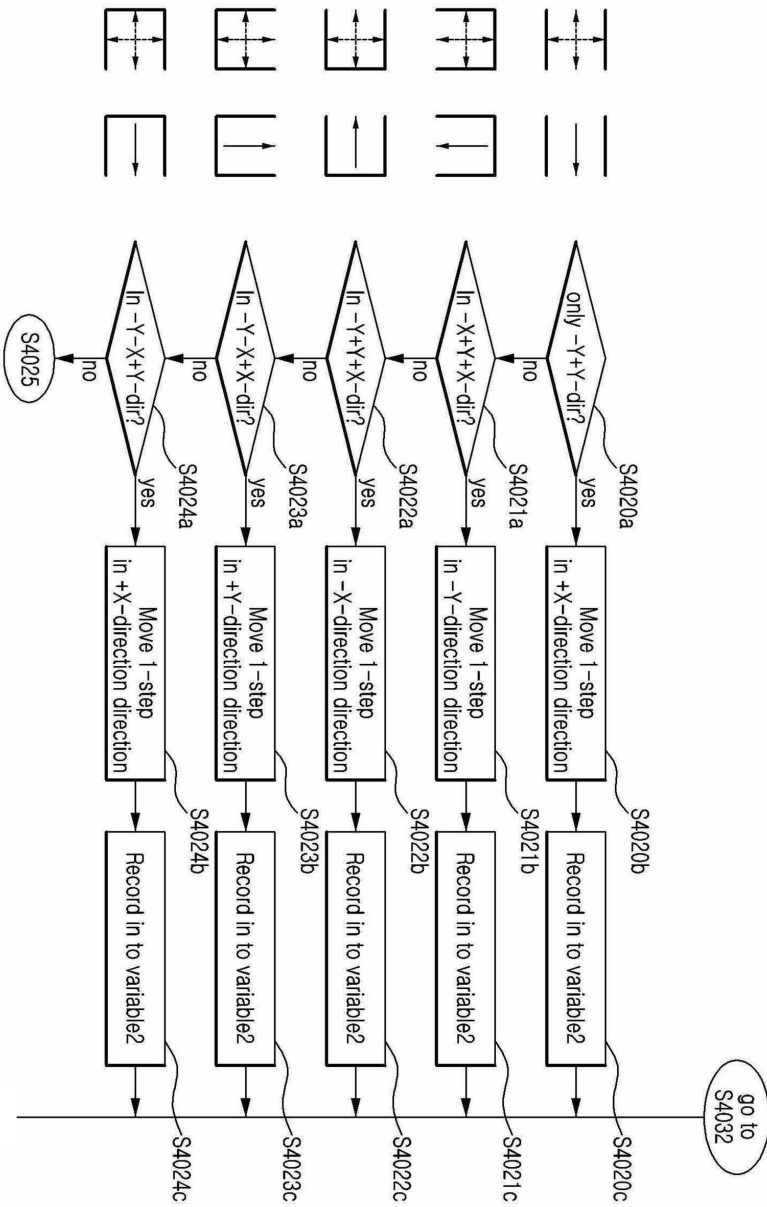
도면4



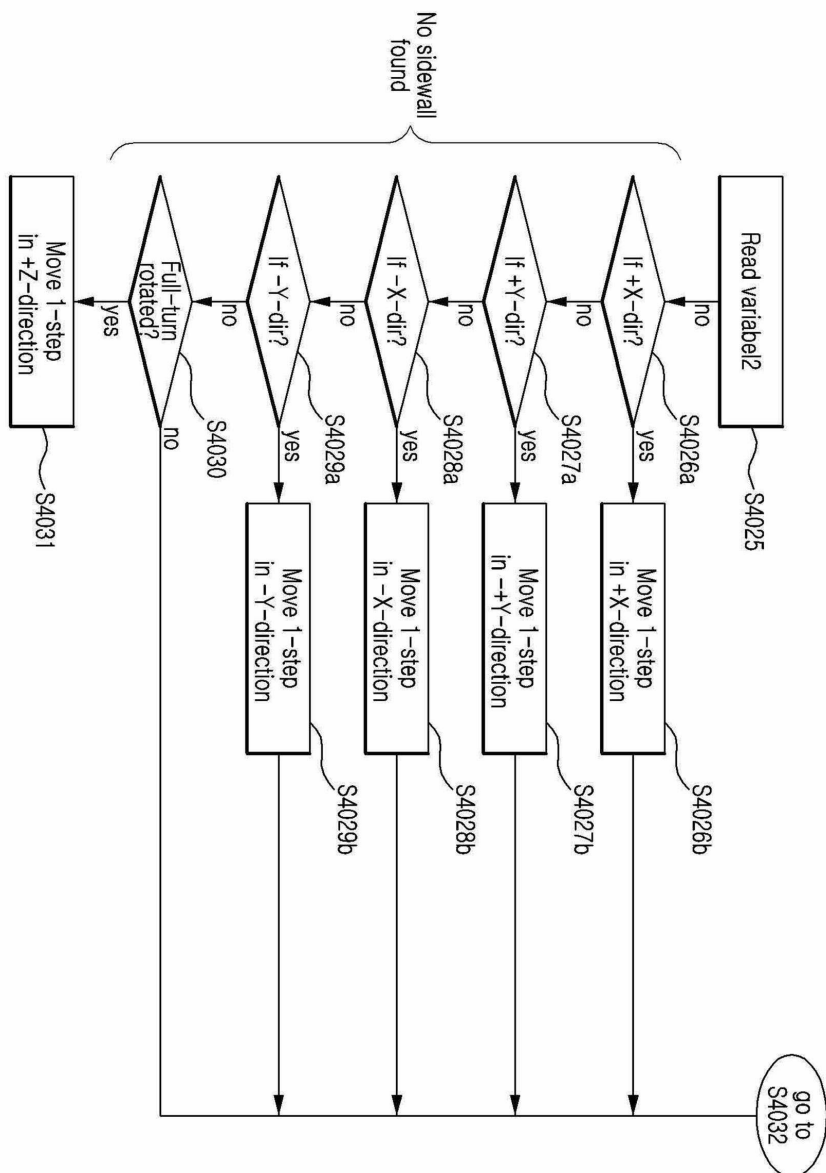
도면5



도면6

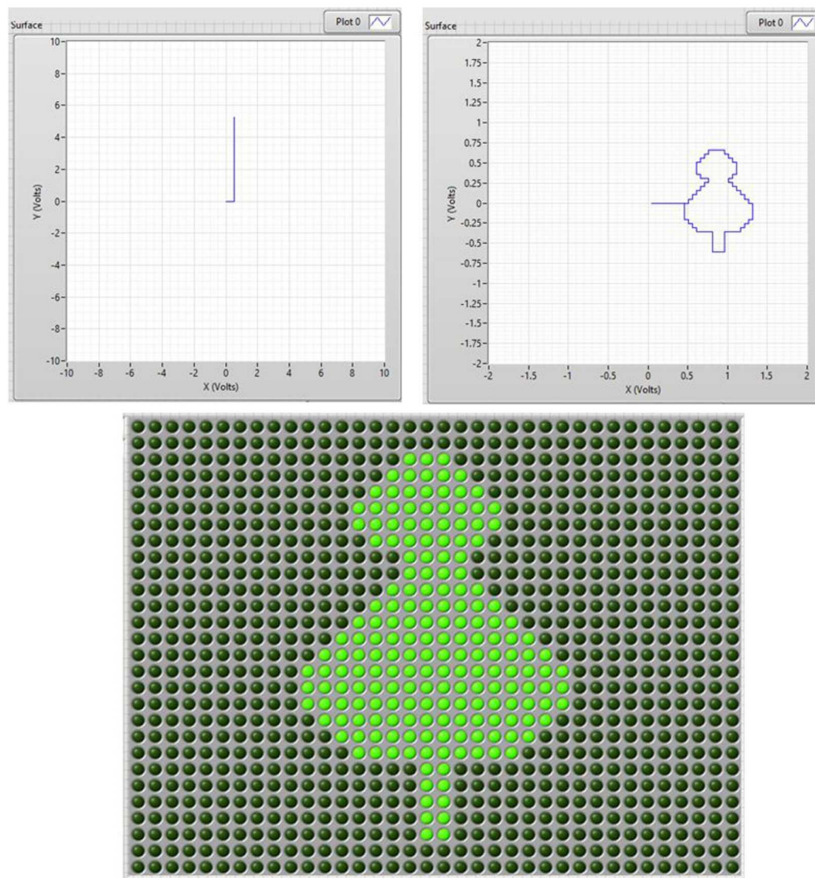


도면7

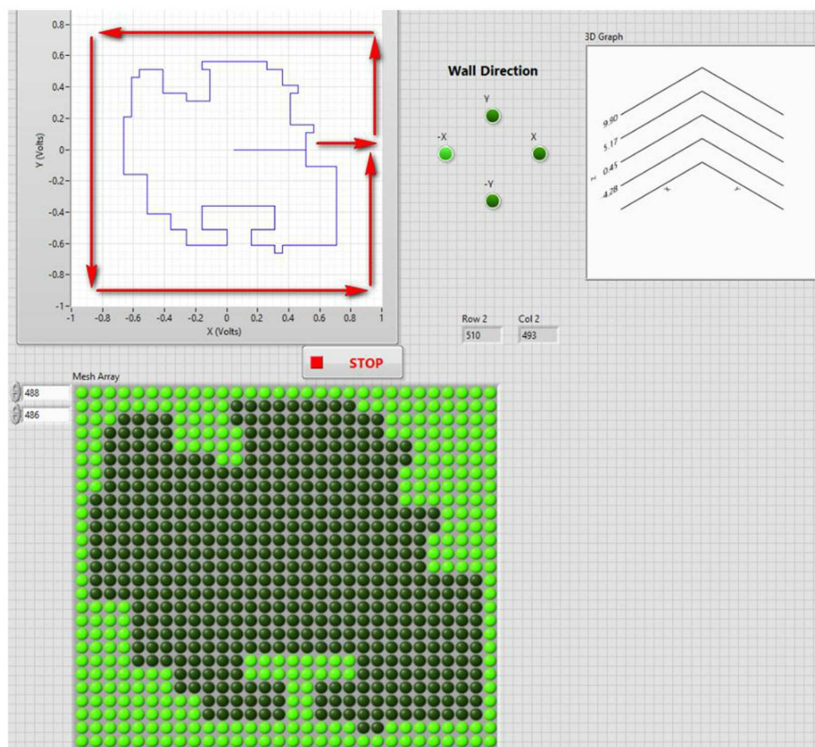




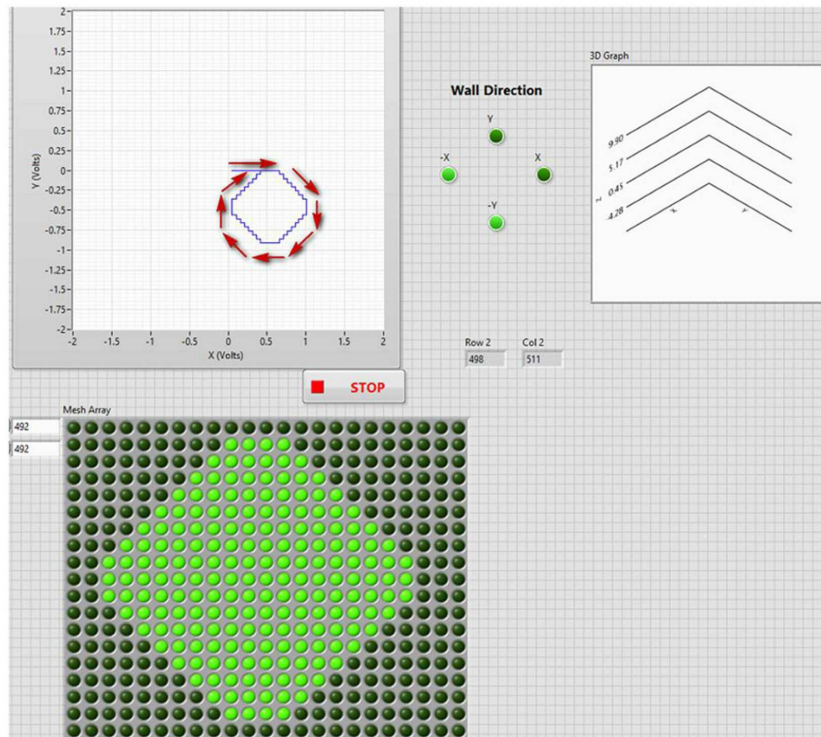
도면8



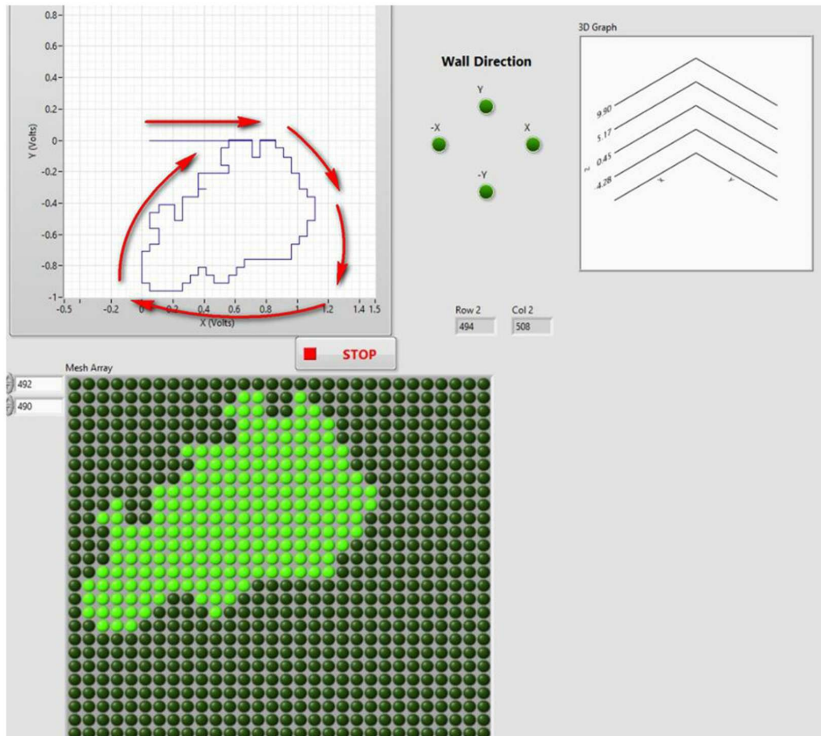
도면9



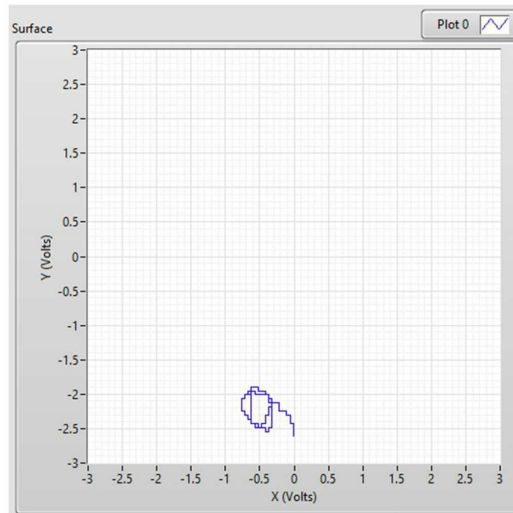
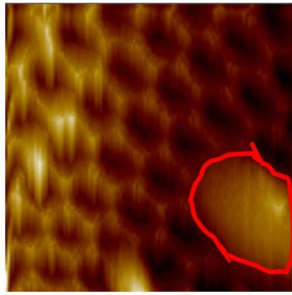
도면10



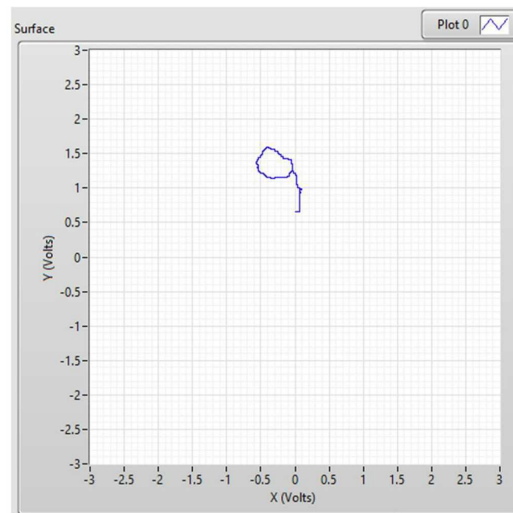
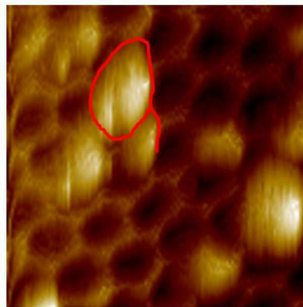
도면11



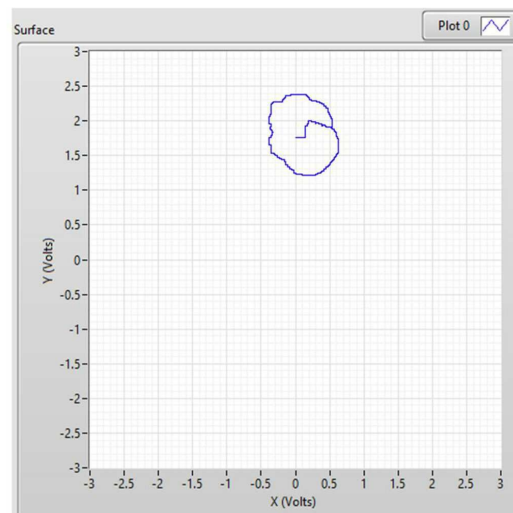
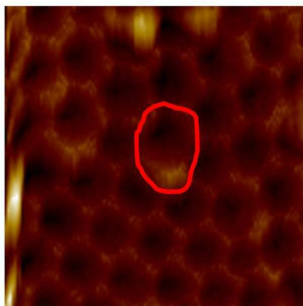
도면12



도면13

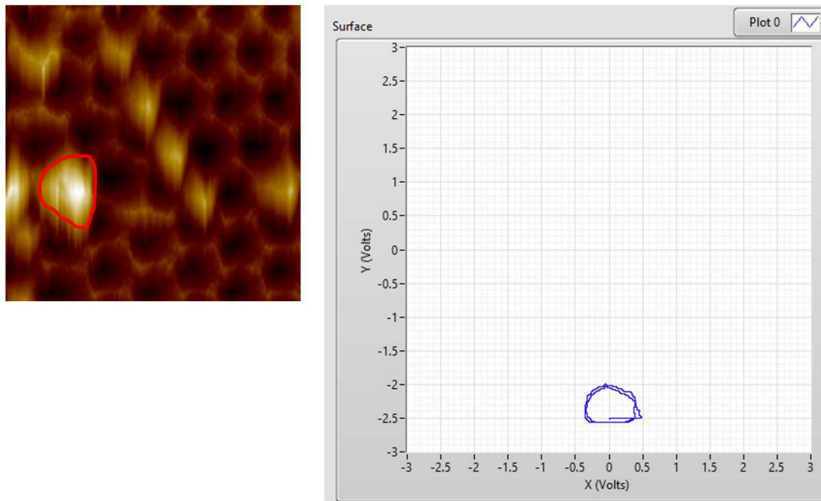


도면14

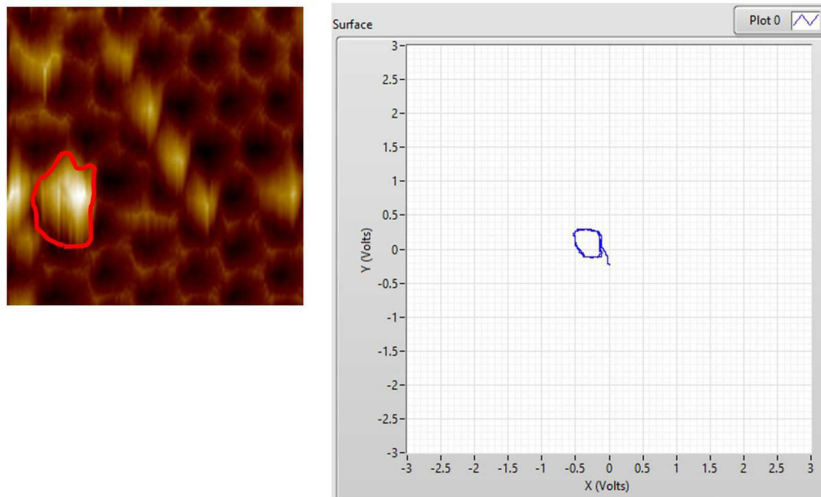




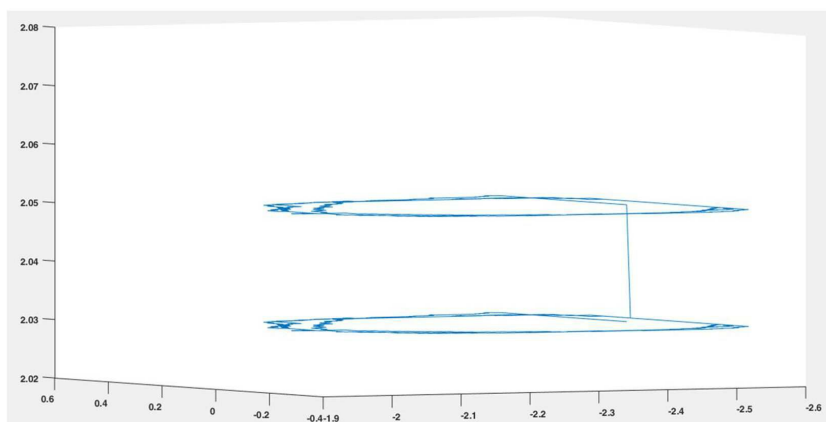
도면15



도면16



도면17



도면18

