(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0091146
(43) 공개일자 2014년07월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01P 7/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0002371
(22) 출원일자 2013년01월09일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김덕환
경기 고양시 일산동구 노루목로 80, 303동 1601호 (장항동, 호수마을3단지아파트)
송인상
경기 오산시 양산로398번길 58-5, 107동 1701호 (양산동, 늘푸른오스카빌)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인무한

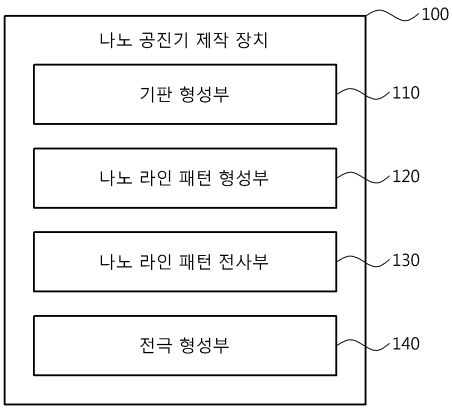
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **레이저 간섭 리소그래피를 이용한 나노 공진기 제작 장치 및 방법**

(57) 요 약

레이저 간섭 리소그래피를 이용한 나노 공진기 제작 장치 및 방법이 개시된다. 나노 공진기 제작 방법은 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제1 기판에 나노 라인 패턴을 형성하는 단계; 게이트 전극을 포함하는 제2 기판에 상기 나노 라인 패턴을 전사(transcription)하는 단계; 및 제2 기판에 전사된 나노 라인 패턴의 일측에 소스 전극을 형성하고, 타측에 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

신제식

경기 화성시 영통로26번길 24, 304동 904호 (반월동, 반달마을푸르지오아파트)

박호수

경기 용인시 기흥구 삼성2로 97, 기숙사 (농서동, 삼성종합기술원)

이재성

서울특별시 성북구 안암동5가 1번지

주병권

서울특별시 성북구 안암동5가 1번지

특허청구의 범위

청구항 1

자기장을 발생시키는 적어도 하나의 게이트 전극; 및

레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 형성되어 소스 전극과 드레인 전극을 연결하며 상기 자기장에 따라 공진하는 나노 라인 패턴

를 포함하는 나노 공진기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴은,

제1 기판의 상부 실리콘 층 위에 형성된 감광층에 레이저를 노광(exposure)하여 형성되고, 게이트 전극을 포함한 제2 기판에 전사되는 나노 공진기.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴은,

상기 상부 실리콘 층에서 노광된 레이저에 따라 감광층이 제거된 영역을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)하여 형성되는 나노 공진기.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴은,

감광층에 레이저를 노광하기 위한 거울의 각도에 따라 선폭과 간격이 결정되는 나노 공진기.

청구항 5

레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제1 기판에 나노 라인 패턴을 형성하는 단계;

게이트 전극을 포함하는 제2 기판에 상기 나노 라인 패턴을 전사(transcription)하는 단계; 및

제2 기판에 전사된 나노 라인 패턴의 일측에 소스 전극을 형성하고, 타측에 드레인 전극을 형성하는 단계

를 포함하는 나노 공진기 제작 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴을 형성하는 단계는,

제1 기판에 형성된 감광층에 레이저를 노광(exposure)하여 빛의 간섭 현상에 따른 나노 라인 패턴 어레이를 형성하는 단계; 및

상기 제1 기판을 식각하여 상기 제1 기판에 상기 나노 라인 패턴 어레이에 대응하는 나노 라인 패턴을 형성하는 단계

를 포함하는 나노 공진기 제작 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴 어레이는,

상기 감광층이 상기 레이저에 반응하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격에 대응하는 영역이 제거된 형상인 나노 공진기 제작 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴을 형성하는 단계는,

제1 기판의 상부 실리콘 층을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)하여 상기 상부 실리콘 층에서 감광층이 제거된 영역을 제거하는 나노 공진기 제작 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴 어레이를 형성하는 단계는,

감광층에 레이저를 노광하기 위한 거울의 각도를 제어하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격을 제어하는 나노 공진기 제작 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

하부 실리콘 층, 산화막층, 및 상부 실리콘 층을 포함하는 제1 기판에서 산화막층을 습식 식각하는 단계

를 더 포함하는 나노 공진기 제작 방법.

청구항 11

제6항에 있어서,

소스 전극과 드레인 전극 간의 거리에 기초한 나노 라인 패턴의 크기에 따라 제1 기판에 식각 감광층을 형성하는 단계;

제1 기판에서 식각 감광층이 형성되지 않은 영역을 식각하는 단계; 및

식각된 제1 기판에서 식각 감광층을 제거하고, 레이저 파장에 반응하는 감광 물질을 사용하여 레이저 감광층을 형성하는 단계

를 더 포함하는 나노 공진기 제작 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 식각하는 단계는,

제1 기판을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)하여 제1 기판에서 식각 감광층이 형성되지 않은 영역을 제거하는 나노 공진기 제작 장치.

청구항 13

제5항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴을 전사하는 단계는,

PDMS(polydimethylsiloxane) 스탬프를 이용하여 제1 기판에서 분리한 나노 라인 패턴을 제2 기판에 전사하는 나노 공진기 제작 장치.

청구항 14

제5항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴을 전사하는 단계는,

나노 라인 패턴의 일측을 제2 기판에 형성된 소스 전극에 대응하는 소스 지지대 위에 전사하고, 나노 라인 패턴의 타측을 드레인 전극에 대응하는 드레인 지지대 위에 전사하는 나노 공진기 제작 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 전극을 형성하는 단계는,

소스 지지대에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 소스 전극을 형성하고, 드레인 지지대에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 드레인 전극을 형성하는 나노 공진기 제작 장치.

청구항 16

제5항 내지 제15항 중 어느 한 항의 방법을 실행하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터에서 판독 할 수 있는 기록 매체.

청구항 17

레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제1 기판에 나노 라인 패턴을 형성하는 라인 패턴 형성부;

게이트 전극을 포함하는 제2 기판에 상기 나노 라인 패턴을 전사(transcription)하는 나노 라인 패턴 전사부; 및

제2 기판에 전사된 나노 라인 패턴의 일측에 소스 전극을 형성하고, 타측에 드레인 전극을 형성하는 전극 형성부

를 포함하는 나노 공진기 제작 장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 라인 패턴 형성부는,

제1 기판에 형성된 감광층에 레이저를 노광(exposure)하여 빛의 간섭 현상에 따른 나노 라인 패턴 어레이를 형성하는 패턴 어레이 형성부;

상기 제1 기판을 식각하여 상기 제1 기판에 상기 나노 라인 패턴 어레이에 대응하는 나노 라인 패턴을 형성하는 패턴 형성부

를 포함하는 나노 공진기 제작 장치.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 나노 라인 패턴 어레이는,

상기 감광층이 상기 레이저에 반응하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격에 대응하는 영역이 제거된 형상인 나노 공진기 제작 장치.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 패턴 어레이 형성부는

감광층에 레이저를 노광하기 위한 거울의 각도를 제어하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격을 제어하는 나노 공진

기 제작 장치.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 이하의 일실시예들은 나노 공진기 제작 장치 및 방법에 관한 것으로 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 나노 공진기를 제작하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] RF NEMS(Nano Electro Mechanical System)은 나노 스케일(Nano scale)의 소자를 제작하는 기술이다.

[0003] 공진기(resonator)에서 나노 스케일의 소자를 사용할 경우, 스케일의 축소에 반비례하여 증가하는 동작주파수 경향에 따라 RF MEMS (Micro Electro Mechanical System) 기술에 비해 더 많은 주파수 레인지(range)를 이용할 수 있다.

[0004] 그러나, 종래의 RF NEMS 기술은 전자선 리소그래피를 이용하여 나노 소자를 생성하고 있으므로, 나노 사이즈를 가지는 라인 패턴을 생성하기 위해서는 라인 패턴에 대응하는 마스크를 필요로 하였다.

[0005] 따라서, 마스크 없이 나노 라인 패턴을 생성하고, 생성한 나노 라인 패턴을 이용하여 나노 공진기를 제작하는 방법이 요구된다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0006] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 장치는 자기장을 발생시키는 적어도 하나의 게이트 전극; 및 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 형성되어 소스 전극과 드레인 전극을 연결하며 상기 자기장에 따라 공진하는 나노 라인 패턴을 포함할 수 있다.

[0007] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법은 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제1 기판에 나노 라인 패턴을 형성하는 단계; 게이트 전극을 포함하는 제2 기판에 상기 나노 라인 패턴을 전사(transcription)하는 단계; 및 제2 기판에 전사된 나노 라인 패턴의 일측에 소스 전극을 형성하고, 타측에 드레인 전극을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법의 나노 라인 패턴을 형성하는 단계는 제1 기판에 형성된 감광층에 레이저를 노광(exposure)하여 빛의 간섭 현상에 따른 나노 라인 패턴 어레이를 형성하는 단계; 및 상기 제1 기판을 식각하여 상기 제1 기판에 상기 나노 라인 패턴 어레이에 대응하는 나노 라인 패턴을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법의 나노 라인 패턴 어레이는 상기 감광층이 상기 레이저에 반응하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격에 대응하는 영역이 제거된 형상일 수 있다.

[0010] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법의 나노 라인 패턴을 형성하는 단계는 제1 기판의 상부 실리콘 층을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)하여 상기 상부 실리콘 층에서 감광층이 제거된 영역을 제거할 수 있다.

[0011] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법의 나노 라인 패턴 어레이를 형성하는 단계는 감광층에 레이저를 노광하기 위한 거울의 각도를 제어하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격을 제어할 수 있다.

[0012] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법은 하부 실리콘 층, 산화막층, 및 상부 실리콘 층을 포함하는 제1 기판에서 산화막층을 습식 식각하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법은 소스 전극과 드레인 전극 간의 거리에 기초한 나노 라인 패턴의 크기에 따라 제1 기판에 식각 감광층을 형성하는 단계; 제1 기판에서 식각 감광층이 형성되지 않은 영역을 식각하는 단계; 및 식각된 제1 기판에서 식각 감광층을 제거하고, 레이저 파장에 반응하는 감광 물질을 사용하여 레이저 감광층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0014] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법의 식각하는 단계는 제1 기판을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion

etching)하여 제1 기판에서 식각 감광층이 형성되지 않은 영역을 제거할 수 있다.

[0015] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법의 나노 라인 패턴을 전사하는 단계는 PDMS(polydimethylsiloxane) 스탬프를 이용하여 제1 기판에서 분리한 나노 라인 패턴을 제2 기판에 전사할 수 있다.

[0016] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법의 나노 라인 패턴을 전사하는 단계는 나노 라인 패턴의 일측을 제2 기판에 형성된 소스 전극에 대응하는 소스 지지대 위에 전사하고, 나노 라인 패턴의 타측을 드레인 전극에 대응하는 드레인 지지대 위에 전사할 수 있다.

[0017] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법의 전극을 형성하는 단계는 소스 지지대에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 소스 전극을 형성하고, 드레인 지지대에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 드레인 전극을 형성할 수 있다.

[0018] 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 장치는 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제1 기판에 나노 라인 패턴을 형성하는 라인 패턴 형성부; 게이트 전극을 포함하는 제2 기판에 상기 나노 라인 패턴을 전사(transcription)하는 나노 라인 패턴 전사부; 및 제2 기판에 전사된 나노 라인 패턴의 일측에 소스 전극을 형성하고, 타측에 드레인 전극을 형성하는 전극 형성부를 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 장치의 구조를 도시한 도면이다.

도 2는 일실시예에 따른 기판 형성부의 동작 일례이다.

도 3은 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 형성부를 도시한 도면이다.

도 4는 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 형성부의 동작 일례이다.

도 5는 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 전사부의 동작 일례이다.

도 6은 일실시예에 따른 전극 형성부의 동작 일례이다.

도 7은 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법을 도시한 도면이다.

도 8은 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 형성 방법을 도시한 도면이다.

도 9는 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 전사 방법을 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0021] 도 1은 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 장치의 구조를 도시한 도면이다.

[0022] 도 1을 참고하면, 나노 공진기 제작 장치(100)는 기판 형성부(110), 나노 라인 패턴 형성부(120), 나노 라인 패턴 전사부(130), 및 전극 형성부(140)를 포함할 수 있다.

[0023] 기판 형성부(110)는 나노 공진기의 기판이 되는 제2 기판을 형성할 수 있다. 구체적으로, 기판 형성부(110)는 제2 기판에 게이트(gate) 전극을 형성하고, 나노 라인 패턴(nano line pattern)이 결합될 지지대를 형성할 수 있다. 예를 들어, 제2 기판은 실리콘(Si), 유리(glass), PI(polyimide), 및 PET(polyethylene terephthalate) 중 적어도 하나를 이용하여 제작된 플랙서블(flexible) 기판일 수 있다.

[0024] 이때, 기판 형성부(110)는 유브이 리소그래피를 사용하여 제2 기판에 전극 패턴을 형성시키고 형성된 패턴에 금속을 증착하여 제2 기판 위에 게이트 전극을 형성할 수 있다.

[0025] 또한, 기판 형성부(110)는 리소그래피를 이용하여 제2 기판에 패터닝을 하고, 패터닝된 영역에 절연층 물질인 sio2를 사용하여 지지대들을 형성할 수 있다. 이때, 지지대들의 높이는 게이트 전극보다 높을 수 있다. 또한, 지지대들은 소스 전극에 대응하는 소스 지지대와 드레인 전극에 대응하는 드레인 지지대로 구성될 수 있다.

[0026] 나노 라인 패턴 형성부(120)는 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제1 기판에 나노 라인 패턴을 형성할 수 있다. 이때, 제1 기판은 하부 실리콘 층, 산화막층, 및 상부 실리콘 층을 포함할 수 있다. 예를 들어 제1 기판은 SOI(Silicon On Insulator) 기판일 수 있다.

[0027] 나노 라인 패턴 형성부(120)의 상세 구성 및 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제1 기판에 나노 라인 패턴을

형성하는 과정은 이하 도 3과 도 4를 참조하여 상세히 설명한다.

[0028] 나노 라인 패턴 전사부(130)는 제1 기판에 형성된 나노 라인 패턴을 기판 형성부(110)가 형성한 제2 기판에 전사(transcription)할 수 있다.

[0029] 구체적으로, 나노 라인 패턴 전사부(130)는 PDMS(polydimethylsiloxane) 스탬프를 이용하여 제1 기판에서 나노 라인 패턴을 분리하고, 분리된 나노 라인 패턴을 제2 기판에 전사할 수 있다. 이때, 나노 라인 패턴 전사부(130)는 제1 기판에서 산화막층을 습식 식각하여 나노 라인 패턴이 형성된 상부 실리콘 층이 분리되기 쉬운 상태가 되도록 할 수 있다.

[0030] 이때, 나노 라인 패턴 전사부(130)는 나노 라인 패턴의 일측을 제2 기판에 형성된 소스 지지대 위에 전사하고, 나노 라인 패턴의 타측을 드레인 지지대 위에 전사할 수 있다.

[0031] 전극 형성부(140)는 제2 기판에 전사된 나노 라인 패턴의 일측에 소스 전극을 형성하고, 타측에 드레인 전극을 형성할 수 있다.

[0032] 구체적으로 전극 형성부(140)는 소스 지지대에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 소스 전극을 형성하고, 드레인 지지대에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 드레인 전극을 형성할 수 있다.

[0033] 그리고, 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 장치(100)가 제작한 나노 공진기는, 자기장을 발생시키는 게이트 전극; 및 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 형성되어 소스 전극과 드레인 전극을 연결하며 자기장에 따라 공진하는 나노 라인 패턴을 포함할 수 있다.

[0034] 도 2는 일실시예에 따른 기판 형성부의 동작 일례이다.

[0035] 단계(210)에서 기판 형성부(110)는 제2 기판(200)에 게이트(gate) 전극(211)을 형성할 수 있다.

[0036] 구체적으로, 기판 형성부(110)는 유브이 리소그래피를 사용하여 제2 기판(200)에 전극 패턴을 형성시키고 형성된 패턴에 금속을 증착하여 제2 기판 위(200)에 게이트 전극(211)을 형성할 수 있다.

[0037] 단계(220)에서 기판 형성부(110)는 제2 기판(200)에 소스 전극에 대응하는 소스 지지대(221)와 드레인 전극에 대응하는 드레인 지지대(222)를 형성할 수 있다. 이때, 소스 지지대(221)와 드레인 지지대(222)의 위치는 도 2와 반대로 형성될 수도 있다.

[0038] 구체적으로 기판 형성부(110)는 리소그래피를 이용하여 제2 기판에 패터닝을 하고, 패터닝된 영역에 절연층 물질인 sio2를 사용하여 소스 지지대(221)와 드레인 지지대(222)를 형성할 수 있다.

[0039] 이때, 소스 지지대(221)와 드레인 지지대(222)의 높이는 도 2에 도시된 바와 같이 게이트 전극(211)보다 높을 수 있다.

[0040] 도 3은 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 형성부를 도시한 도면이다.

[0041] 도 3을 참고하면, 나노 라인 패턴 형성부(120)는 감광층 형성부(310), 패턴 어레이 형성부(320) 및 패턴 형성부(330)를 포함할 수 있다.

[0042] 감광층 형성부(310)는 레이저 간섭 리소그래피에 사용되는 레이저 파장에 반응하는 감광 물질을 사용하여 제1 기판에 감광층을 형성할 수 있다. 예를 들어 레이저 간섭 리소그래피에 사용되는 레이저의 파장은 256nm일 수 있다.

[0043] 구체적으로 감광층 형성부(310)는 소스 전극과 드레인 전극 간의 거리에 따라 나노 라인 패턴의 크기를 결정하고, 나노 라인 패턴의 크기에 따라 제1 기판에 식각을 위한 식각 감광층을 형성할 수 있다.

[0044] 다음으로 감광층 형성부(310)는 제1 기판을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)하여 제1 기판에서 식각 감광층이 형성되지 않은 영역을 제거할 수 있다.

[0045] 그 다음으로 감광층 형성부(310)는 식각된 제1 기판에서 식각 감광층을 제거하고, 레이저에 대응하는 레이저 감광층을 형성할 수 있다.

[0046] 패턴 어레이 형성부(320)는 감광층 형성부(310)가 형성한 감광층에 레이저를 노광(exposure)하여 빛의 간섭 현

상에 따른 나노 라인 패턴 어레이를 형성할 수 있다.

[0047] 이때, 나노 라인 패턴 어레이는 감광층이 상기 레이저에 반응하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격에 대응하는 영역이 제거된 형상일 수 있다.

[0048] 또한, 패턴 어레이 형성부(320)는 감광층에 레이저를 노광하기 위한 거울의 각도를 제어하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격을 제어 할 수 있다.

[0049] 패턴 형성부(330)는 나노 라인 패턴 어레이가 형성된 제1 기판을 식각하여 제1 기판에 나노 라인 패턴 어레이에 대응하는 나노 라인 패턴을 형성할 수 있다.

[0050] 구체적으로, 패턴 형성부(330)는 제1 기판의 상부 실리콘 층을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)하여 상부 실리콘 층에서 감광층이 제거된 영역을 제거할 수 있다. 이때, 감광층이 제거된 영역은 나노 라인 패턴 어레이와 대응하며, 나노 라인 패턴의 선폭과 간격에 대응하는 영역일 수 있다. 또한, 상부 실리콘 층에서 감광층이 남아 있는 영역은 감광층이 반응 이온 식각에 대한 보호막 역할을 하므로 식각되지 않을 수 있다.

[0051] 즉, 패턴 형성부(330)는 제1 기판의 상부 실리콘 층 중에서 레이저가 노광된 부분만 식각함으로써, 상부 실리콘 층을 나노 라인 패턴으로 형성할 수 있다.

[0052] 도 4는 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 형성부의 동작 일례이다.

[0053] 단계(410)에서 감광층 형성부(310)는 소스 전극과 드레인 전극 간의 거리에 따라 나노 라인 패턴의 크기를 결정하고, 나노 라인 패턴의 크기에 따라 제1 기판(400)에 식각을 위한 감광층(411)을 형성할 수 있다. 이때, 제1 기판(400)은 상부 실리콘 층(401), 산화막층(402), 및 하부 실리콘 층(403)을 포함할 수 있다.

[0054] 단계(420)에서 감광층 형성부(310)는 상부 실리콘 층(401) 중 단계(410)에서 감광층(411)이 형성되지 않은 영역을 식각할 수 있다. 예를 들어, 감광층 형성부(310)는 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)을 이용하여 상부 실리콘 층(401)을 식각할 수 있다. 이때, 단계(410)에서 감광층(411)이 형성된 영역은 감광층(411)이 반응 이온 식각에 대한 보호막 역할을 하므로 식각 되지 않을 수 있다. 따라서, 상부 실리콘 층(401)은 감광층(411)에 대응하는 영역만 식각되지 않을 수 있다.

[0055] 그리고, 감광층 형성부(310)는 도 4에 도시된 바와 같이 상부 실리콘 층(401)에서 감광층(411)에 대응하는 영역만 남으면, 감광층(411)을 제거할 수 있다.

[0056] 단계(430)에서 감광층 형성부(310)는 단계(420)에서 남은 상부 실리콘 층(401)위에 레이저 파장에 반응하는 감광 물질을 사용하여 감광층(431)을 형성할 수 있다.

[0057] 단계(440)에서 패턴 어레이 형성부(320)는 단계(430)에서 형성한 감광층(431)에 레이저를 노광(exposure)하여 빛의 간섭 현상에 따른 나노 라인 패턴 어레이(441)를 형성할 수 있다. 이때, 패턴 어레이 형성부(320)는 감광층(431)에 레이저를 노광하기 위한 거울의 각도를 제어하여 나노 라인 패턴 어레이(441)에 형성되는 나노 라인 패턴의 선폭과 간격을 제어 할 수 있다.

[0058] 또한, 나노 라인 패턴 어레이(441)는 레이저와 접촉한 영역이 레이저에 반응하여 제거된 감광층(431)일 수 있다.

[0059] 단계(450)에서 패턴 형성부(330)는 상부 실리콘 층(401)을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)하여 나노 라인 패턴 어레이(441)에 대응하는 나노 라인 패턴(451)을 형성할 수 있다.

[0060] 이때, 나노 라인 패턴 어레이(441)에서 감광층(431)이 남은 영역의 밑에 위치한 상부 실리콘 층(401)은 감광층(431)이 반응 이온 식각에 대한 보호막 역할을 하므로 식각 되지 않을 수 있다. 반면, 나노 라인 패턴 어레이(441)에서 레이저와 접촉하여 감광층(431)이 제거된 영역 영역의 밑에 위치한 상부 실리콘 층(401)은 반응 이온 식각에 의하여 식각될 수 있다.

[0061] 따라서, 상부 실리콘 층(401)은 도 4에 도시된 바와 같이 나노 라인 패턴 어레이(441)에 대응하는 나노 라인 패턴(451)으로 형성될 수 있다.

[0062] 도 5는 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 전사부의 동작 일례이다.

[0063] 단계(510)에서 나노 라인 패턴 전사부(130)는 나노 라인 패턴(501), 산화막층(502) 및 하부 실리콘 층(503)을 포함하는 제1 기판(500)을 습식 식각할 수 있다. 이때, 나노 라인 패턴(501)은 상부 실리콘 층이 나노 라인 패턴 어레이에 따라 식각되어 형성된 패턴일 수 있다.

[0064] 구체적으로 나노 라인 패턴 전사부(130)는 산화막층(502)을 습식 식각하여 제거할 수 있다.

[0065] 단계(520)에서 나노 라인 패턴(501)는 단계(510)에서 산화막층(502)가 제거됨에 따라 하부 실리콘층(200)으로 가라앉을 수 있다. 즉, 나노 라인 패턴(501)과 결합된 산화막층(502)이 제거됨에 따라 나노 라인 패턴(501)이 제1 기판(500)에서 분리되기 용이한 상태가 될 수 있다.

[0066] 단계(530)에서 나노 라인 패턴 전사부(130)는 PDMS(polydimethylsiloxane) 스탬프(531)를 이용하여 제1 기판(500)에서 나노 라인 패턴(501)을 분리시킬 수 있다.

[0067] 단계(540)에서 나노 라인 패턴 전사부(130)는 PDMS 스탬프(531)를 이용하여 단계(530)에서 분리한 나노 라인 패턴(501)을 제2 기판(200)에 전사시킬 수 있다. 이때, 나노 라인 패턴 전사부(130)는 나노 라인 패턴의 일측을 제2 기판에 형성된 소스 지지대 위에 전사하고, 나노 라인 패턴의 타측을 드레인 지지대 위에 전사할 수 있다.

[0068] 도 6은 일실시예에 따른 전극 형성부의 동작 일례이다.

[0069] 단계(610)에서 나노 라인 패턴 전사부(130)는 PDMS 스탬프(531)를 이용하여 나노 라인 패턴(501)을 제2 기판(200)에 전사시킬 수 있다. 이때, 나노 라인 패턴 전사부(130)는 나노 라인 패턴의 일측을 제2 기판에 형성된 소스 지지대(221) 위에 전사하고, 나노 라인 패턴의 타측을 드레인 지지대(222) 위에 전사할 수 있다.

[0070] 단계(620)에서 전극 형성부(140)는 소스 지지대(221)에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 소스 전극(621)을 형성하고, 드레인 지지대(222)에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 드레인 전극(622)을 형성하여 나노 공진기를 제작할 수 있다.

[0071] 이때, 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 장치(100)가 제작한 나노 공진기는, 자기장을 발생시키는 게이트 전극(211); 및 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 형성되어 소스 전극(621)과 드레인 전극(622)을 연결하며 자기장에 따라 공진하는 나노 라인 패턴(501)을 포함할 수 있다.

[0072] 도 7은 일실시예에 따른 나노 공진기 제작 방법을 도시한 도면이다.

[0073] 단계(710)에서 나노 라인 패턴 형성부(120)는 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제1 기판에 나노 라인 패턴을 형성할 수 있다.

[0074] 레이저 간섭 리소그래피를 이용하여 제1 기판에 나노 라인 패턴을 형성하는 과정은 이하 도 8을 참조하여 상세히 설명한다.

[0075] 단계(720)에서 나노 라인 패턴 전사부(130)는 게이트 전극을 포함하는 제2 기판에 단계(710)에서 형성한 나노 라인 패턴을 전사(transcription)할 수 있다. 이때, 제2 기판은 기판 형성부(110)가 형성한 기판이며, 소스 지지대와 드레인 지지대를 포함할 수 있다.

[0076] 이때, 나노 라인 패턴 전사부(130)는 나노 라인 패턴의 일측을 제2 기판에 형성된 소스 지지대 위에 전사하고, 나노 라인 패턴의 타측을 드레인 지지대 위에 전사할 수 있다.

[0077] 단계(730)에서 전극 형성부(140)는 단계(720)에서 제2 기판에 전사된 나노 라인 패턴의 일측에 소스 전극을 형성하고, 타측에 드레인 전극을 형성할 수 있다.

[0078] 구체적으로 전극 형성부(140)는 소스 지지대에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 소스 전극을 형성하고, 드레인 지지대에 전사된 나노 라인 패턴의 위에 드레인 전극을 형성할 수 있다.

[0079] 도 8은 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 형성 방법을 도시한 도면이다. 이때, 도 8의 단계(810) 내지 단계(850)는 도 7의 단계(710)에 포함될 수 있다.

[0080] 단계(810)에서 감광층 형성부(310)는 소스 전극과 드레인 전극 간의 거리에 기초한 나노 라인 패턴의 크기에 따

라 제1 기판에 식각 감광층을 형성할 수 있다.

[0081] 단계(820)에서 감광층 형성부(310)는 단계(810)에서 일부 영역에 식각 감광층이 형성된 제1 기판을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)하여 제1 기판에서 식각 감광층이 형성되지 않은 영역을 제거할 수 있다.

[0082] 단계(830)에서 감광층 형성부(310)는 단계(820)에서 식각된 제1 기판에서 식각 감광층을 제거하고, 레이저 파장에 반응하는 감광 물질을 사용하여 레이저 감광층을 형성할 수 있다.

[0083] 단계(840)에서 패턴 어레이 형성부(320)는 단계(830)에서 형성된 감광층에 레이저를 노광(exposure)하여 빛의 간섭 현상에 따른 나노 라인 패턴 어레이를 형성할 수 있다. 이때, 나노 라인 패턴 어레이는 감광층이 레이저에 반응하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격에 대응하는 영역이 제거된 형상일 수 있다.

[0084] 이때, 패턴 어레이 형성부(320)는 감광층에 레이저를 노광하기 위한 거울의 각도를 제어하여 나노 라인 패턴의 선폭과 간격을 제어할 수 있다.

[0085] 단계(850)에서 패턴 형성부(330)는 단계(830)에서 나노 라인 패턴 어레이가 형성된 제1 기판을 식각하여 제1 기판에 상기 나노 라인 패턴 어레이에 대응하는 나노 라인 패턴을 형성할 수 있다.

[0086] 구체적으로 패턴 형성부(330)는 제1 기판의 상부 실리콘 층을 반응 이온 식각(RIE: Reactive Ion etching)하여 상기 상부 실리콘 층에서 감광층이 제거된 영역을 제거할 수 있다. 이때, 감광층이 제거된 영역은 나노 라인 패턴 어레이와 대응하며, 나노 라인 패턴의 선폭과 간격에 대응하는 영역일 수 있다. 또한, 상부 실리콘 층에서 감광층이 남아 있는 영역은 감광층이 반응 이온 식각에 대한 보호막 역할을 하므로 식각되지 않을 수 있다.

[0087] 즉, 패턴 형성부(330)는 제1 기판의 상부 실리콘 층 중에서 레이저가 노광된 부분만 식각함으로써, 상부 실리콘 층을 나노 라인 패턴으로 형성할 수 있다.

[0088] 도 9는 일실시예에 따른 나노 라인 패턴 전사 방법을 도시한 도면이다. 이때, 도 9의 단계(910) 내지 단계(930)는 도 7의 단계(720)에 포함될 수 있다.

[0089] 단계(910)에서 나노 라인 패턴 전사부(130)는 제1 기판에서 산화막층을 습식 식각할 수 있다.

[0090] 단계(920)에서 나노 라인 패턴 전사부(130)는 PDMS(polydimethylsiloxane) 스탬프를 이용하여 단계(910)에서 산화막층이 습식 식각되어 하부 실리콘 층과 분리되기 쉬워진 나노 라인 패턴을 분리할 수 있다.

[0091] 단계(930)에서 나노 라인 패턴 전사부(130)는 단계(920)에서 분리한 나노 라인 패턴을 제2 기판에 전사할 수 있다.

[0092] 이때, 나노 라인 패턴 전사부(130)는 나노 라인 패턴의 일측을 제2 기판에 형성된 소스 전극에 대응하는 소스 지지대 위에 전사하고, 나노 라인 패턴의 타측을 드레인 전극에 대응하는 드레인 지지대 위에 전사하는 나노 공진기 제작 장치.

[0093] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0094]

[0095] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다

른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0096]

[0097] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

[0098] 100: 나노 공진기 제작 장치

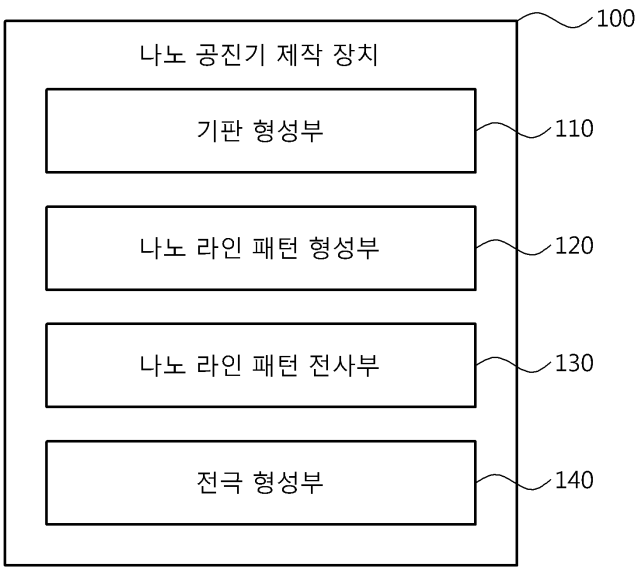
120: 나노 라인 패턴 형성부

130: 나노 라인 패턴 전사부

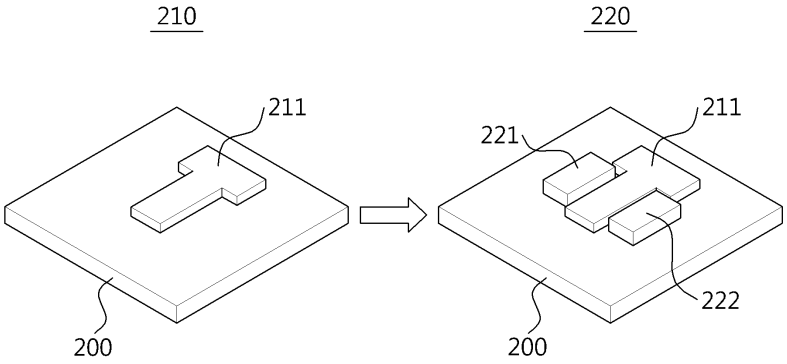
140: 전극 형성부

도면

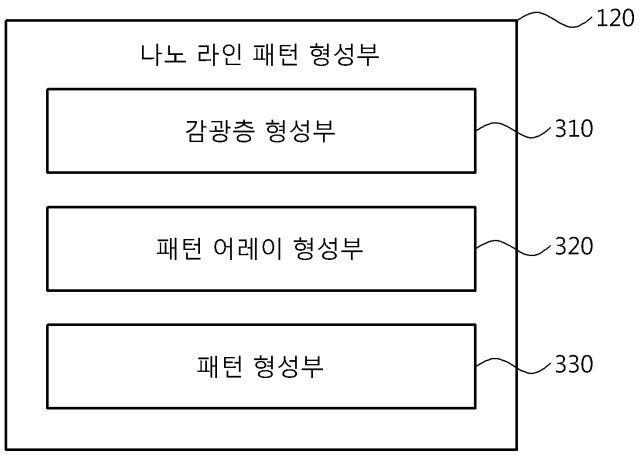
도면1



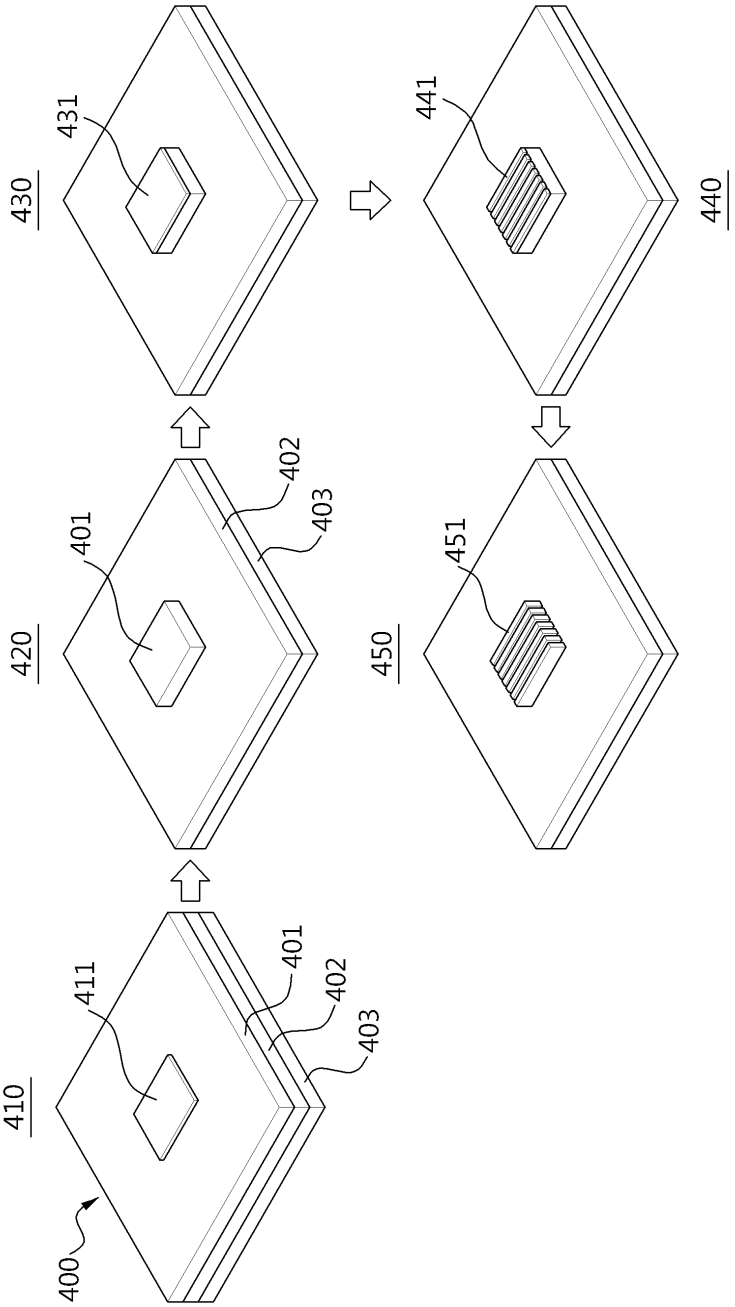
도면2



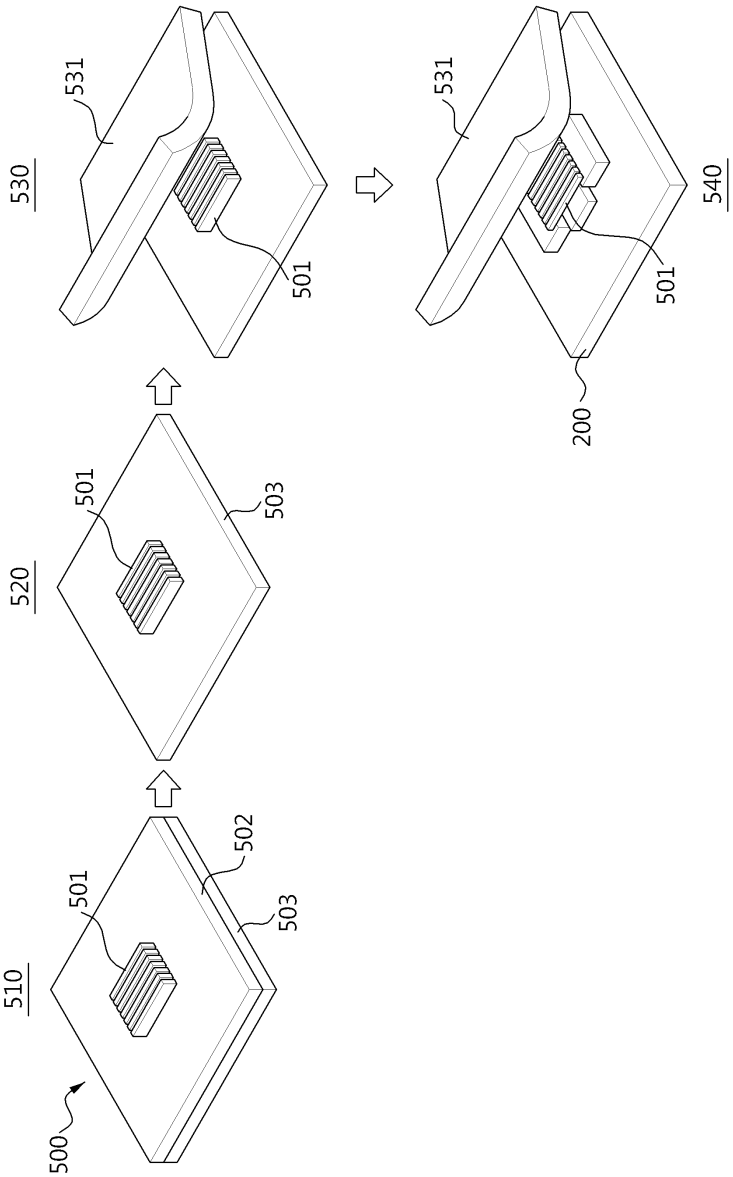
도면3



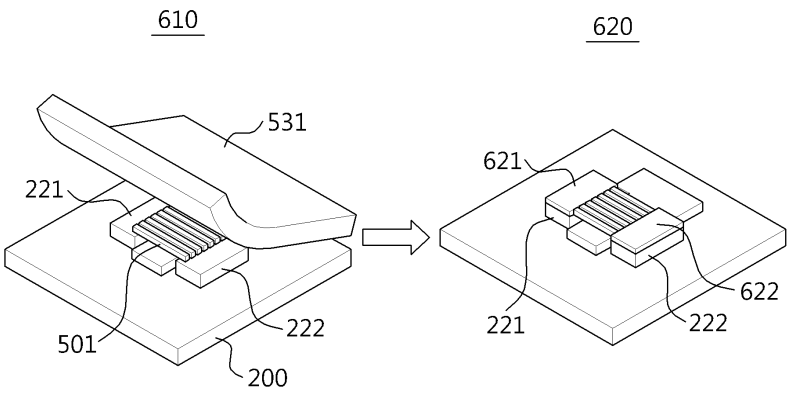
도면4



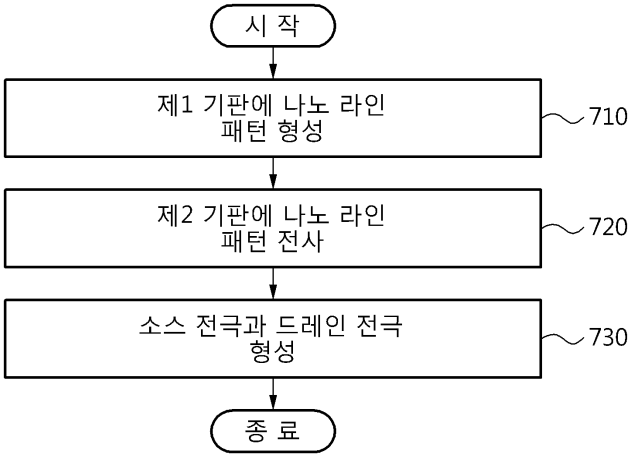
도면5


530
531
501
540
531
501
200
520
501
503
510
501
502
503
500

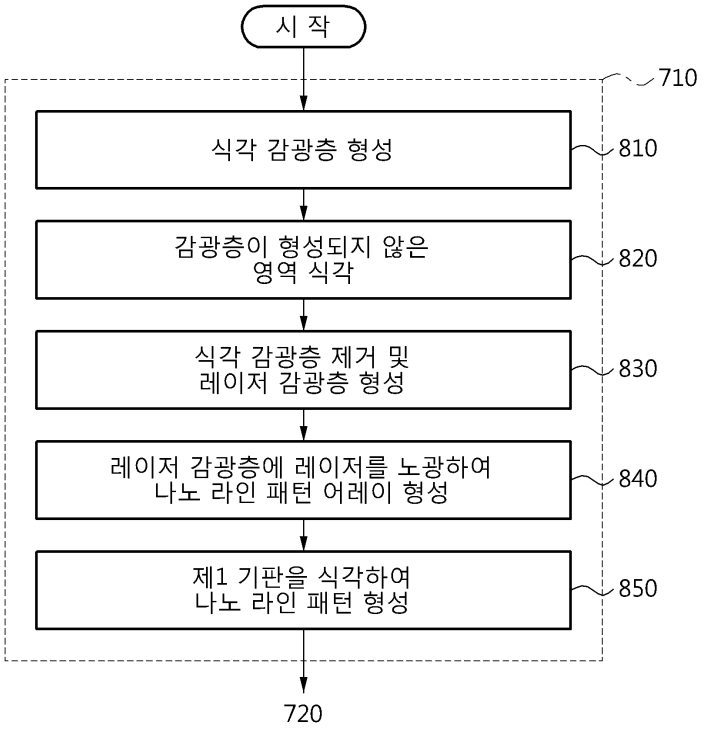
도면6


610
620
531
221
501
222
200
621
622
221
222

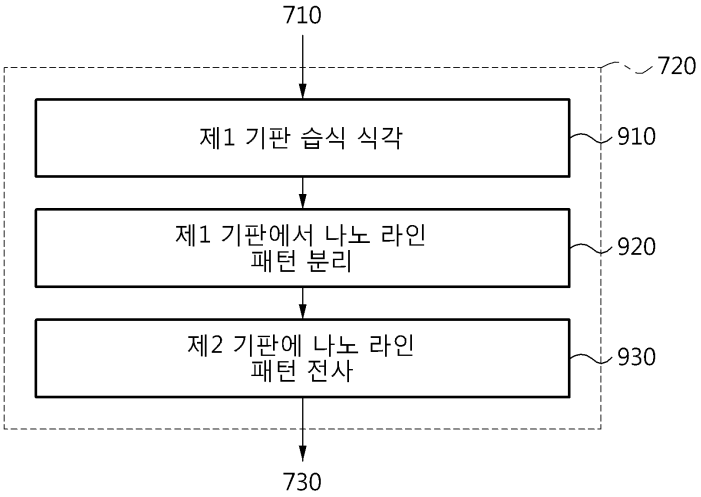
도면7


시 작
제1 기판에 나노 라인 패턴 형성
710
제2 기판에 나노 라인 패턴 전사
720
소스 전극과 드레인 전극 형성
730
종 료

도면8


시 작
710
식각 감광층 형성
810
감광층이 형성되지 않은 영역 식각
820
식각 감광층 제거 및 레이저 감광층 형성
830
레이저 감광층에 레이저를 노광하여 나노 라인 패턴 어레이 형성
840
제1 기판을 식각하여 나노 라인 패턴 형성
850
720

도면9


710
720
제1 기판 습식 식각
910
제1 기판에서 나노 라인
패턴 분리
920
제2 기판에 나노 라인
패턴 전사
930
730