



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0051946
(43) 공개일자 2023년04월19일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>H01L 29/08</i> (2006.01) <i>H01L 29/10</i> (2006.01)
 <i>H01L 29/423</i> (2006.01) <i>H01L 29/93</i> (2006.01)
 <i>H01Q 15/00</i> (2018.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>H01L 29/0847</i> (2013.01)
 <i>H01L 29/1033</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2021-0134949
 (22) 출원일자 2021년10월12일
 심사청구일자 2021년10월12일</p> | <p>(71) 출원인
 울산과학기술원
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(72) 발명자
 김경록
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 장이산
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 특허법인 무한</p> |
|--|---|

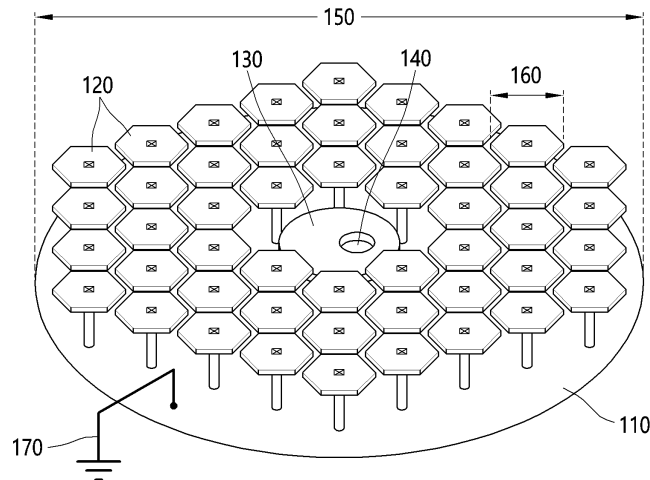
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **트랜지스터-안테나 기반의 검출기**

(57) 요약

일 실시예에 따른 트랜지스터-안테나 기반의 검출기는 소스 영역, 드레인 영역, 게이트 영역 및 소스 영역 상에 배치된 메타표면을 가지는 안테나들을 포함하고, 안테나들은 공진 주파수를 조절하는 버랙터 다이오드에 연결되고, 게이트 영역은, 고리 형태를 가지고, 소스 영역은 고리 형태의 외부에 대응하는 우물 영역의 내부에 위치하고, 드레인 영역은 고리 형태의 내부에 대응하는 우물 영역의 내부에 위치하는 것을 특징으로 합니다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 29/42372 (2013.01)

H01L 29/93 (2013.01)

H01Q 15/008 (2013.01)

(72) 발명자

류민우

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

안상효

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711130893

과제번호 2019R1A2C2010619

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)

연구과제명 과장-에너지 한계극복 초고해상도 실시간 테라헤르츠 이미징이 가능한 신개념 근접

장 플라즈모닉 메가픽셀 테라헤르츠 검출기 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 울산과학기술원

연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

트랜지스터-안테나 기반의 검출기에 있어서,
소스 영역;
드레인 영역;
게이트 영역; 및
상기 소스 영역 상에 배치된 메타표면(metasurface)을 가지는 안테나들을 포함하고,
상기 안테나들은 공진 주파수를 조절하는 버랙터 다이오드(varactor diode)에 연결되고,
상기 게이트 영역은, 고리 형태를 가지고,
상기 소스 영역은 상기 고리 형태의 외부에 대응하는 우물(well) 영역의 내부에 위치하고,
상기 드레인 영역은 상기 고리 형태의 내부에 대응하는 우물 영역의 내부에 위치하는,
검출기.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 버랙터 다이오드는,
상기 안테나들의 커패시턴스를 일괄적으로 조정하여 상기 공진 주파수를 조절하는,
검출기.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 드레인 영역은,
평면 상으로 상기 소스 영역을 감싸는 형태로 형성되는 채널 영역의 외부에 형성되는,
검출기.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 소스 영역은,
원형이고, 실리콘 베이스 일부에 도핑에 의하여 형성되는,
검출기.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 게이트 영역은,
고리 형태의 게이트 메탈이고, 환형의 채널 영역의 상단에 배치되고, 상기 채널 영역과 동일한 형상으로 구성되는,

검출기.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 안테나들은,

버섯 형태의 표면(mushroom-type surface)을 포함하는,

검출기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래 실시예들은 트랜지스터-안테나 기반의 검출기에 관한 기술이다.

배경 기술

[0002] 테라헤르츠(Terahertz; THz) 분광 영상 장치는 비금속 연질 재료에 대한 높은 투과율과 비이온화 에너지를 가지는 직선 특성으로 인해, 의료, 보안 및 품질 관리 시스템에서 상업적으로 큰 수요가 있다. 그러나 분광 테라헤르츠 편광 영상 기술은 전자파의 스펙트럼 정보를 얻는 종래의 테라헤르츠 검출기가 푸리에 변환 적외선 분광법(Fourier transformation infrared spectroscopy; FTIR) 또는 시간 영역 분광법(time-domain spectroscopy; THz-TDS)을 위한 광학 설정을 필요로 하기 때문에 실용화되지 않았다. 이는 분광 이미징 시스템을 위한 다중 픽셀의 확장성을 제한한다. 따라서, 이러한 종래 기술의 한계를 극복하기 위한 연구가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0003] 일 실시예에 따른 트랜지스터-안테나 기반의 검출기는 소스 영역; 드레인 영역; 게이트 영역; 및 상기 소스 영역 상에 배치된 메타표면(metasurface)을 가지는 안테나들을 포함하고, 상기 안테나들은 공진 주파수를 조절하는 버랙터 다이오드(varactor diode)에 연결되고, 상기 게이트 영역은, 고리 형태를 가지고, 상기 소스 영역은 상기 고리 형태의 외부에 대응하는 우물(well) 영역의 내부에 위치하고, 상기 드레인 영역은 상기 고리 형태의 내부에 대응하는 우물 영역의 내부에 위치할 수 있다.

[0004] 상기 버랙터 다이오드는, 상기 안테나들의 커패시턴스를 일괄적으로 조정하여 상기 공진 주파수를 조절할 수 있다.

[0005] 상기 드레인 영역은, 평면 상으로 상기 소스 영역을 감싸는 형태로 형성되는 채널 영역의 외부에 형성될 수 있다.

[0006] 상기 소스 영역은, 원형이고, 실리콘 베이스 일부에 도핑에 의하여 형성될 수 있다.

[0007] 상기 게이트 영역은, 고리 형태의 게이트 메탈이고, 환형의 채널 영역의 상단에 배치되고, 상기 채널 영역과 동일한 형상으로 구성될 수 있다.

[0008] 상기 안테나들은, 버섯 형태의 표면(mushroom-type surface)을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 일 실시예에 따르면, 전계효과 트랜지스터 상에 직접적으로 금속 소재를 얹어서 안테나를 구현할 수 있다.

[0010] 일 실시예에 따르면, 버랙터 다이오드를 통해 옵티컬 밴드갭을 능동적으로 조정할 수 있는 메타표면 트랜테나(Trantenna) 장치를 제공할 수 있다.

[0011] 일 실시예에서 단일 샷 이미징에서 주파수 조정이 가능한 전자기 밴드갭(electromagnetic bandgap; EBG)을 기반

으로 하는 테라헤르츠 분광 이미징을 위한 완전 전자식 소형 능동 픽셀 장치를 제공할 수 있다.

[0012] 일 실시예에 따르면, 모놀리식 트랜지스터-안테나 장치에서 외부 링을 공통 소스로 재구성하여 주파수 조정 및 편광 역다중화 링 게이트 어레이뿐만 아니라 향상된 이미징 픽셀 감도를 갖춘 능동 테라헤르츠 검출기를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 일 실시예에 따른 검출기의 전체적인 구성을 도시하는 도면이다.

도 2는 일 실시예에 따른 검출기의 단면을 도시하는 도면이다.

도 3은 일 실시예에 따른 소스 영역을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 일 실시예에 따른 게이트 영역을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 일 실시예에 따른 검출기의 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 구현될 수 있다. 따라서, 실제 구현되는 형태는 개시된 특정 실시예로만 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 실시예들로 설명한 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0015] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0016] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0017] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0018] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0019] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0020] 도 1은 일 실시예에 따른 검출기의 전체적인 구성을 도시하는 도면이다.

[0021] 본 명세서에서 설명하는 검출기는 테라헤르츠 분광 이미징 픽셀용 버랙터 다이오드 및 버섯형 메타표면과 통합된 플라즈몬 링-FET (field effect transistor) 기반 능동 전자기 밴드갭 안테나 검출기일 수 있다. 본 명세서에서 설명하는 검출기는 트랜지스터-안테나를 기반으로 하고, 트랜지스터-안테나는 트란테나(trantenna)라고도 지칭될 수 있다. 검출기는 플라즈몬 링-FET(plasmonic ring-FET)와 능동적으로 조정 가능한 전자기 밴드갭 (electromagnetic bandgap; EBG) 메타표면의 모놀리식 통합(monolithic integration)을 기반으로 하는 테라헤르츠 분광 영상 장치일 수도 있다. 검출기는 버섯형 메타표면의 전도성 접지면으로 고도로 n++형 도핑된 외부 링 영역을 사용하여 10kV/W 이상의 높은 응답도(RV)를 가지는 고주파 선택적 테라헤르츠 파장 흡수를 실현할 수 있다. 또한 검출기는 분광 이미징 응용 프로그램을 위한 버랙터 다이오드에 의한 커패시턴스 변조를 통해 능동 공진 주파수 조정 및 빔 조정을 수행할 수 있다. 검출기는 단일 샷 이미징에서 주파수 조정 가능한 전자기 밴드갭(EBG)을 기반으로 하는 테라헤르츠 분광 이미징을 위한 완전 전자식 소형 능동 픽셀 장치로서 기능할 수 있다. 검출기는 외부 링을 공통 소스로 재구성하여 주파수 조정 및 편광 역다중화 링 게이트 어레이뿐만 아니라

향상된 이미징 픽셀 감도를 갖출 수 있다.

- [0022] 도 1을 참조하면, 검출기는 소스(source) 영역(110), 드레인(drain) 영역(140), 게이트(gate) 영역(130)을 포함할 수 있다. 또한, 검출기는 소스 영역(110) 상에 배치된 메타표면(metasurface)을 가지는 안테나들(120)을 포함할 수 있다. 안테나들(120)은 소스 영역(110) 상에 메쉬(mesh) 형태로 배열되고, 공진 주파수를 조절하는 버랙터 다이오드(varactor diode)에 연결되며, 버섯 형태의 표면(mushroom-type surface)을 포함할 수 있다.
- [0023] 버랙터 다이오드는 안테나들(120)의 커패시턴스를 일괄적으로 조정하여 공진 주파수를 조절할 수 있다. 또한, 게이트 영역(130)은, 고리 형태를 가지고, 고리 형태의 게이트 메탈이며, 환형의 채널 영역(110)의 상단에 배치되고, 채널 영역(110)과 동일한 형상으로 구성될 수 있다.
- [0024] 검출기는 외부 링(150)을 dc 접지(170)된 공통 소스로 사용할 수 있다. 이를 통해 다양한 어레이의 버랙터 다이오드 및 메탈-비아 버섯 구조를 조정 가능한 EBG 표면으로 사용할 수 있다. 안테나 픽셀의 크기(160)는 기존의 패치 안테나 설계 방식을 기반으로 하는 목표 공진 주파수의 반파장에 의해 결정될 수 있다. 따라서 mm-wave 및 sub-THz의 고밀도 다중 픽셀 통합은 칩의 동일한 영역 내에서 확장할 수 없을 수 있다. 기존 안테나 크기의 한계를 넘는 다중 픽셀 확장성은 동일한 단일 칩 영역의 메가 픽셀 수준 이상의 확장 가능한 픽셀을 기반으로 하는 안테나의 메타표면 공동 설계로 달성될 수 있다. 메타표면은 단위 셀의 크기가 공진 파장보다 작은 메타 원자 구조의 2차원 주기 배열을 인공적으로 설계 및 제작된 것일 수 있다. EBG의 특성은 메타표면의 특징에 기초한, 주기적인 메탈 버섯 구조를 사용하여 설계될 수 있다. 일 실시예에 따른 설계는 28nm CMOS(complementary metal-oxide semiconductor) 파운드리 공정을 통해 수행될 수 있다.
- [0025] 도 2는 일 실시예에 따른 검출기의 단면을 도시하는 도면이다.
- [0026] 도 2를 참조하면, 안테나들(220, 225, 260 및 265)은 소스 영역(240)에 배치되고, 공진 주파수를 조절하는 버랙터 다이오드들(210, 215, 270 및 275)에 연결될 수 있다. 버랙터 다이오드들(210, 215, 270 및 275)은 안테나들(220, 225, 260 및 265)의 커패시턴스를 일괄적으로 조정하여 공진 주파수를 조절할 수 있다.
- [0027] 소스 영역(240)은 고리 형태의 게이트 영역(245)의 외부에 대응하는 우물 영역(235)의 내부에 위치할 수 있다. 게이트 영역(245)의 아래에는 절연체가 배치될 수 있다. 드레인 영역(250)은 고리 형태의 게이트 영역(245)의 내부에 대응하는 우물 영역(235)의 내부에 위치할 수 있다. 드레인 영역(250)은 평면 상으로 소스 영역(240)을 감싸는 형태로 형성되는 채널 영역의 외부에 형성될 수 있다. 게이트 영역(245) 하단의 채널 영역에 전류가 흐를 수 있는데, 전류는 드레인 영역(250)쪽으로 향할수록 크기가 클 수 있다.
- [0028] 소스 영역(240)은 원형이고, 실리콘 베이스(255)의 일부에 도핑에 의하여 형성될 수 있다. 소스 영역(240)의 외부에는 STI(Shallow Trench Isolation)(230)가 둘러싸고 있을 수 있다. STI(230)는 소자 분리를 위한 것으로, 누전을 방지할 수 있다.
- [0029] 도 3은 일 실시예에 따른 소스 영역을 설명하기 위한 도면이다.
- [0030] 도 3을 참조하면, 검출기는 원형의 드레인 영역(350)과 드레인 영역(350)을 감싸는 소스 영역(360)을 포함한다. 소스 영역(360)도 원형으로 구성되나, 드레인 영역(350)의 중심과 소스 영역(360)의 중심은 편심되어 있어, 비대칭성을 극대화한다. 소스 영역(360)도 원형으로 구성되지만, 드레인 영역(350)의 중심과 소스 영역(360)의 중심은 편심되어 있어, 비대칭성을 극대화한다. 이때, 드레인 영역(350)의 직경을 참조번호(320), 채널 영역(370)의 직경을 참조번호(310), 드레인 영역(350)의 외경과 채널 영역(370)의 내경 간의 가장 짧은 거리를 참조번호(340)이라 하는 경우, 참조번호(310)은 참조번호(320), 참조번호(340) 및 참조번호(330)을 합한 값과 동일할 수 있다.
- [0031] 도 4는 일 실시예에 따른 게이트 영역을 설명하기 위한 도면이다.
- [0032] 도 4를 참조하면, 게이트 영역(430)은 채널 영역(420)의 형상과 동일하게 형성되나, 드레인 영역(410)과 오버랩 부분(440), 채널 영역(420)과 오버랩 부분(450)을 포함하여 구성될 수 있다. 이때, 참조번호(440)과 참조번호(450)을 다르게 구성하는 것이 비대칭성을 높이는 장점이 있으나, 드레인 영역(410)과 소스 영역의 형상에 따른 비대칭성에 의해 유사한 크기로 구성되더라도 전체적인 비대칭성에서 무리가 없을 수 있다. 그러나, 참조번호(440)과 참조번호(450)은 0보다 크게 형성되는 것이 비대칭성을 증가시킬 수 있다.
- [0033] 도 5는 일 실시예에 따른 검출기의 성능을 설명하기 위한 그래프이다.
- [0034] 검출기는 트랜지스터를 적용한 EBG 메타표면 개념을 기반으로 고주파 선택성과 함께 고도로 향상된 흡수율을 설계

할 수 있다. 검출기는 각 버섯 셀에 버랙터 다이오드와 같은 커패시턴스 가변 장치가 배치되어 전기 바이어싱(electrical biasing)을 통해 안테나의 스펙트럼 응답을 스캔할 수 있다. 도 5를 참조하면 그래프의 x축은 주파수를 나타내고, y축은 스펙트럼 응답을 나타낼 수 있다. 검출기는 주파수를 나타낼 수 있다. 버랙터 다이오드의 전압 값에 기초하여 스펙트럼 응답과 주파수를 나타내는 그래프의 모양이 변화될 수 있다. 도 5는 전압 값이 각각 0V, 0.2V 및 0.5V일 때의 주파수와 스펙트럼 응답을 나타내는 그래프를 포함할 수 있다. 도 5의 그래프는 아래 식에 기초할 수 있다.

수학식 1

$$f_r = 1/\sqrt{LC}$$

수학식 2

$$C(V) = \frac{C_0}{(\phi + V)^r}$$

위 식에서 f_r 은 공진 주파수를 나타내고, L 은 유도 용량, C 는 축전 용량을 나타낼 수 있다. $C(V)$ 는 가변 축전 용량이고, C_0 는 축전 용량 상수일 수 있다. ζ 는 내부 전위built-in potential이고, η 는 다이오드 커패시턴스의 지수일 수 있다.

검출기는 CMOS 이미지 센서의 바이엘(Bayer) 필터 설계와 같은 주파수 선택 필터 층을 갖는 개별 픽셀 없이 단일 픽셀에 전기적으로 조정 가능한 통합 테라헤르츠 컬러 필터를 가질 수 있다.

위에서 설명한 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 또는 복수의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 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.

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

부호의 설명

110, 240, 360: 소스 영역

120, 220, 225, 260, 265: 안테나

130, 245, 430: 게이트 영역

140, 250, 350, 410: 드레인 영역

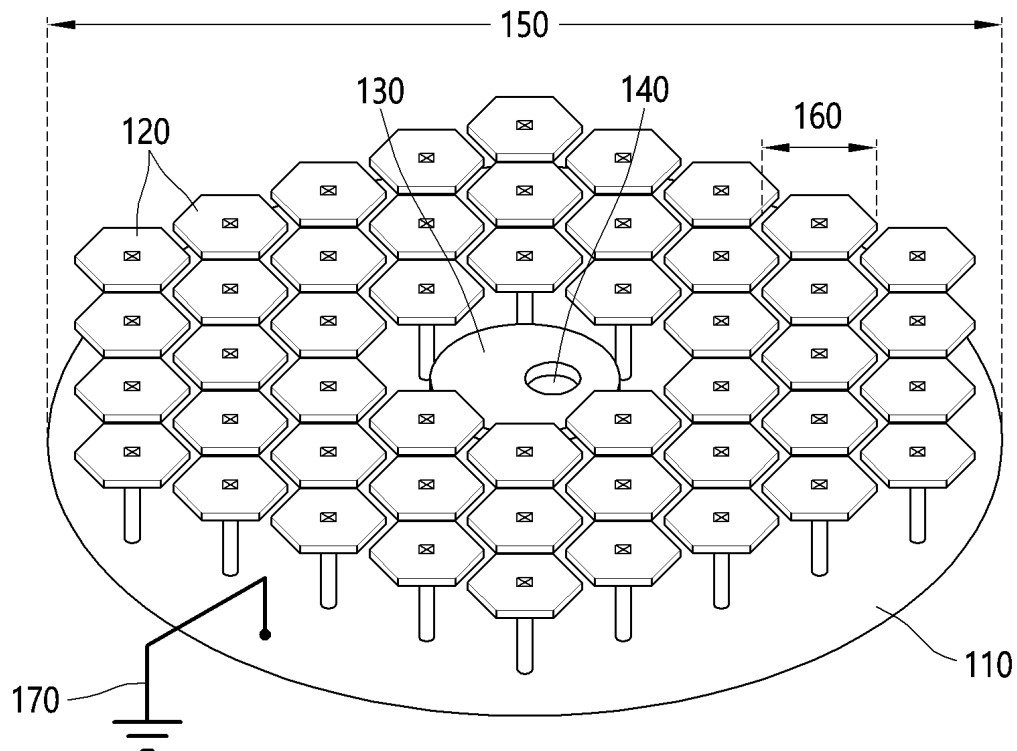
210, 215, 270, 275: 버랙터 다이오드 230: STI

235: 게이트 영역의 외부에 대응하는 우물 255: 실리콘 베이스

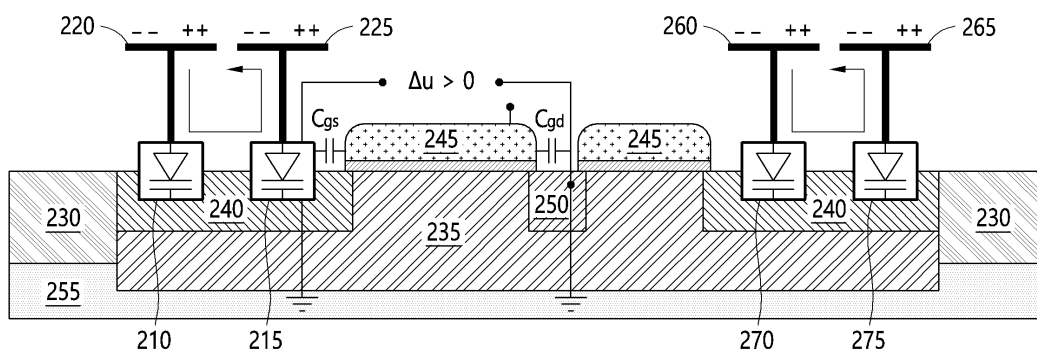
370, 420: 채널 영역

도면

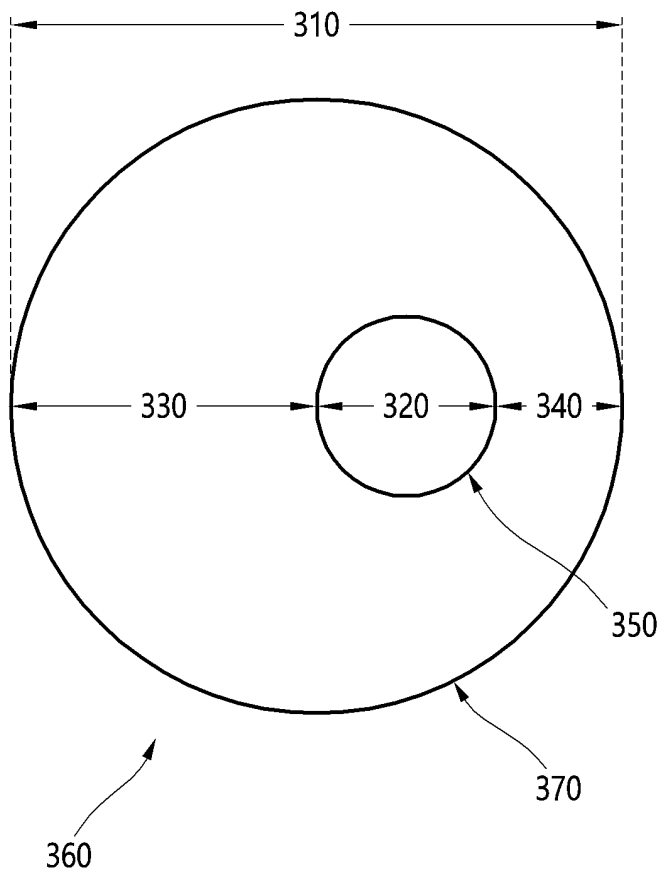
도면1



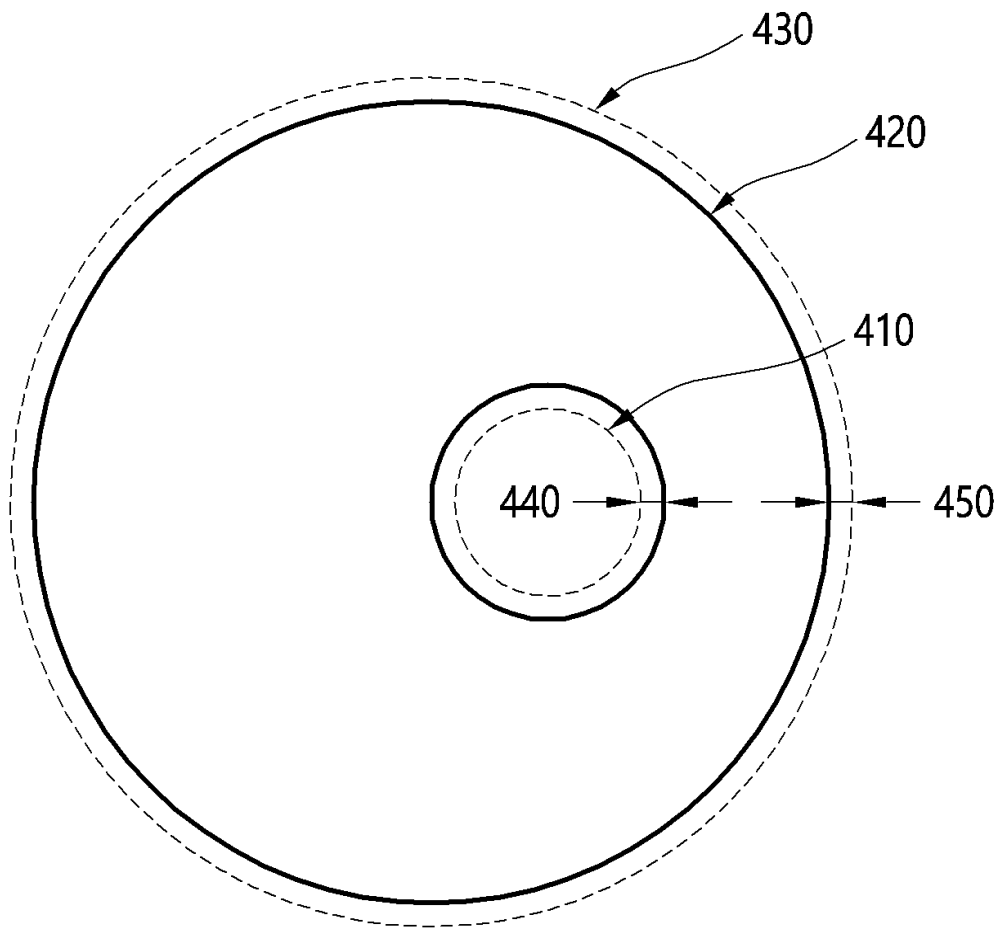
도면2



도면3



도면4



도면5

