



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0013567
(43) 공개일자 2008년02월13일

(51) Int. Cl.

H01L 27/146 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0075255

(22) 출원일자 2006년08월09일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자

신승훈

경기 용인시 기흥구 농서동 삼성전자(주)기흥공장
철쭉동 216호

권두원

경기 성남시 분당구 정자동 두산위브파빌리온
B-922

(74) 대리인

권혁수, 송윤호, 오세준

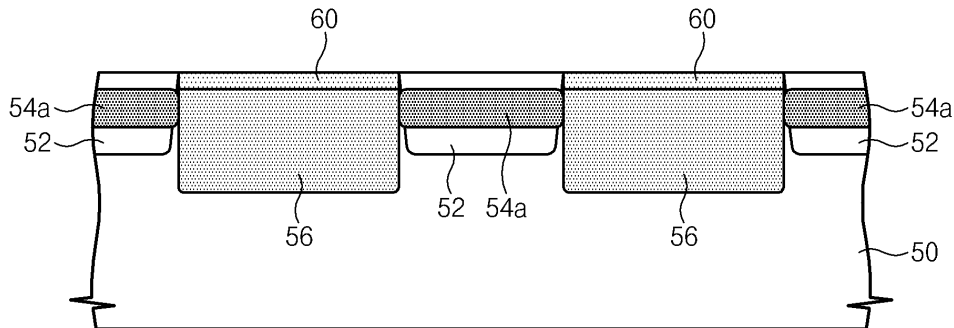
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 이미지 센서 및 그 제조 방법

(57) 요약

이미지 센서 및 그 제조 방법이 제공된다. 이 이미지 센서는 확산 격리층을 구성하는 p형 불순물의 확산을 억제할 수 있는 제 3의 불순물을 포함한다. 반도체 기판에 형성되어 복수개의 픽셀 영역들을 분리하는 소자분리 영역 및 상기 소자분리 영역에 형성된 확산 격리층을 포함한다. 상기 픽셀 영역에 제 1 도전형의 포토 다이오드가 형성된다. 소자분리 구조를 형성하는 단계는 상기 반도체 기판에 제 2 도전형의 불순물 및 제 3의 불순물을 도우핑하는 단계를 포함한다. 제 3의 불순물은 제 2 도전형의 불순물이 확산되는 것을 방지하여 NPD영역의 농도 구배 및 체적이 변화되는 정도를 제한한다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

반도체 기판에 형성되어 복수개의 픽셀 영역들을 분리하는 소자분리 영역;
상기 소자분리 영역에 형성된 확산 격리층; 및
상기 픽셀 영역에 형성된 제 1 도전형의 포토 다이오드를 포함하되,
상기 확산 격리층은 제 2 도전형의 불순물 및 제 3의 불순물이 도우핑된 것임을 특징으로 하는 이미지 센서

청구항 2

청구항 1에 있어서,
상기 제 3의 불순물은 7족 원소인 것을 특징으로 하는 이미지 센서.

청구항 3

청구항 2에 있어서,
상기 제 3의 불순물은 붕소인 것을 특징으로 하는 이미지 센서.

청구항 4

청구항 1 내지 3 중 어느하나의 항에 있어서,
상기 제 2 도전형 불순물은 붕소인 것을 특징으로 하는 이미지 센서.

청구항 5

청구항 1에 있어서,
상기 픽셀 영역에는,
상기 제 1 도전형의 포토 다이오드 및 상기 제 1 도전형의 포토 다이오드 상에 형성된 제 2 도전형의 포토 다이오드가 형성된 것을 특징으로 하는 이미지 센서.

청구항 6

청구항 1에 있어서,
상기 소자분리 영역에 형성된 소자분리 구조를 포함하되,
상기 소자분리 구조는 상기 확산 격리층 및 트렌치 소자 분리막을 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서.

청구항 7

반도체 기판에 픽셀 영역을 정의하는 단계;
상기 픽셀 영역을 획정하는 소자분리 구조를 형성하는 단계; 및
상기 픽셀 영역에 제 1 도전형의 포토 다이오드를 형성하는 단계를 포함하되,
상기 소자분리 구조를 형성하는 단계는 상기 반도체 기판에 제 2 도전형의 불순물 및 제 3의 불순물을 도우핑하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,
상기 제 3의 불순물은 7족 원소인 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 제 3의 불순물은 불소인 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조 방법.

청구항 10

상기 소자 분리 구조를 형성에서,

상기 반도체 기판에 트렌치 소자분리막을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <4> 본 발명은 이미지 센서 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 더 구체적으로는 암전류 및 효율이 개선된 이미지 센서 및 그 제조 방법에 관한 것이다.
- <5> 이미징 기술은 CCD(charge coupled device) 이미지 센서 및 CMOS 이미지 센서로 크게 구분되고 있다. CCD 이미지 센서는 노이즈의 영향이 적고 우수한 영상을 얻을 수 있는 이점을 가진다. 그러나, 허용 가능한 전하 전달 효율을 달성하기 위하여 상당한 전력이 소모되고 부가적인 지원 회로가 필요하다. 이에 비해, CMOS 이미지 센서는 CMOS 제조 공정에 의해 주변회로와 집적이 용이하고 전력 소모가 적은 이점을 가진다.
- <6> 이미지 센서의 픽셀 어레이는 행 및 열 방향으로 배열된 픽셀로 구성되고, 각 픽셀은 빛을 감지하여 전하를 축적하는 수광 소자로서 포토 다이오드를 구비하고 있다.
- <7> 포토 다이오드는 p형의 웰 또는 기판 내에 n형 확산층(이하 NPD) 및 p형 확산층(PPD)이 적층된 구조를 가지고, 각 픽셀은 소자분리막에 의해 분리되어 픽셀 간의 간섭이 방지된다.
- <8> 이미지 센서는 수광된 빛에 반응하여 영상을 전기적 신호로 변화하는 것으로써, 포토다이오드는 외부에서 입사되는 빛에만 반응하여 전하를 축적할 수 있어야 한다. 그러나, 포토다이오드에 입사되는 빛이 없을 때에도, 여러가지 원인에 의해 전하가 축적되거나, 전하가 축적된 것과 같은 신호가 외부로 출력되는 암전류 현상이 발생될 수 있다.
- <9> 트렌치 소자분리막은 기판에 스트레스 및 손상을 가져올 수 있으며, 현수 결합(dangling bonds) 및 손상된 결합(broken bonds)이 소자분리막과 경계를 이루는 픽셀 부분에 존재할 수 있다. 이러한 현수 결합 및 손상된 결합은 암전류의 원인이 될 수 있으며, 암전류 성분이 포토 다이오드에 유입되는 경우 이미지 센서의 특성이 악화된다.
- <10> 도 1은 종래기술에 따른 이미지 센서의 픽셀 및 소자분리막을 나타낸 단면도이다.
- <11> 도 1을 참조하면, 이미지 센서는 반도체 기판(10)에 소자분리막(12)이 형성되어 픽셀 영역을 한정하고, 상기 픽셀 영역에 NPD(16) 및 PPD(18)이 접합을 이루며 형성되어 있다.
- <12> 상기 소자분리막(12)은 트렌치 소자분리 기술을 이용하여 형성된 트렌치 소자분리막이다. 수광 효율의 증대를 위하여 상기 NPD(16)은 저농도의 p형 웰 또는 에피택시얼층 내에 형성되고, 상기 NPD(16) 및 PPD(18)은 각각 n형 확산층 및 p형 확산층으로 형성된다.
- <13> 이미지 센서에서 상기 소자분리막(12)과 상기 기판(10)의 계면, 즉, 상기 소자분리막(12)의 측벽 및 바닥을 한정하는 기판(10)의 계면에 격자 결함이 존재하여, 암전류의 원인이 된다. 이를 개선하기 위하여 종래에는 소자분리막(12) 격자 결함을 치유할 수 있는 불순물을 주입하여 암전류를 억제하였다. 이 때, 상기 불순물은 픽셀을 분리하는 효과를 가져야 하므로, 상기 NPD(16)와 같은 n형 불순물이어서는 안되며 p형 불순물로 형성되어야 한다.
- <14> 도시된 것과 같이, 종래에는 상기 소자분리막(12)이 형성된 부분에 확산 격리층(14)이 형성되고, 상기 확산 격리층(14)은 p형 불순물이 도우핑된 것이다. 예컨대, 상기 확산 격리층(14)은 붕소(boron)이 도우핑된 것이다.

<15> 그러나, 종래의 구조에서, 이미지 센서의 제조과정의 열공정에 의해 불순물이 확산되어 NPD영역이 침범될 수 있다. 이로 인하여 NPD의 영역이 축소되거나 농도가 변형되어 입사광의 파장 및 세기에 대한 전하의 축적 정도를 나타내는 포토 다이오드의 포화 특성이 열화되는 문제가 있어 이미지 센서의 감도에 영향을 미친다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<16> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 암전류 개선 또는 픽셀간의 격리를 위한 p형 불순물이 포토 다이오드 영역에 확산되어 포토 다이오드의 포화 특성이 열화되는 것이 억제된 이미지 센서 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

<17> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은 확산 격리층을 구성하는 p형 불순물의 확산을 억제할 수 있는 제 3의 불순물을 포함하는 이미지 센서 및 그 제조 방법을 제공하는데 있다. 이 이미지 센서는 반도체 기판에 형성되어 복수개의 픽셀 영역들을 분리하는 소자분리 영역 및 상기 소자분리 영역에 형성된 확산 격리층을 포함한다. 상기 픽셀 영역에 제 1 도전형의 포토 다이오드가 형성된다.

<18> 본 발명에서, 상기 확산 격리층은 제 2 도전형의 불순물 및 제 3의 불순물로 이루어진 것이 특징이다. 상기 제 3의 불순물은 상기 제 2 도전형의 불순물이 확산되는 것을 억제하기 위한 것으로서, 불소와 같은 7족 원소일 수 있다.

<19> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 이미지 센서의 제조 방법은 반도체 기판에 픽셀 영역을 정의하고, 상기 픽셀 영역을 획정하는 소자분리 구조를 형성하는 것을 포함한다. 상기 픽셀 영역에 제 1 도전형의 포토 다이오드를 형성한다.

<20> 본 발명에서, 상기 소자분리 구조를 형성하는 단계는 상기 반도체 기판에 제 2 도전형의 불순물 및 제 3의 불순물을 도우핑하는 단계를 포함한다. 상기 제 2 도전형의 불순물로서 붕소가 상기 기판 내에 도우핑될 수 있고, 상기 제 3 불순물은 상기 제 2 도전형의 불순물이 확산되는 것을 억제하기 위한 것으로서, 불소와 같은 7족 원소일 수 있다.

<21> 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 도면들에 있어서, 층 및 영역들의 두께는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 층이 다른 층 또는 기판 "상"에 있다고 언급되어지는 경우에 그것은 다른 층 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제3의 층이 개재될 수도 있다. 또한, 어느 구성부분이 다른 구성부분에 인접한다고 언급되어지는 경우에 그것은 다른 구성부분과 직접 접촉되거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성부분이 개재되어 이격될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

<22> 도 2 및 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 이미지 센서 및 그 제조 방법을 설명하기 위한 것으로서, 픽셀 영역의 포토 다이오드 및 픽셀들을 분리하는 소자분리막의 일부를 나타낸 단면도이다.

<23> 도 2를 참조하면, 반도체 기판(50)에 픽셀 영역을 분리하는 소자분리 영역을 정의한다. 상기 소자분리 영역에 트렌치 소자분리 기술을 적용하여 소자분리막(52)을 형성한다. 상기 반도체 기판(50)은 p형 기판 또는 p형 기판에 형성된 p웰 이거나, p형 기판 또는 p웰 상에 형성된 저농도의 p형 에피택시얼층일 수 있다.

<24> 상기 픽셀 영역에 포토 다이오드가 형성된다. 상기 포토 다이오드는 상기 기판에 n형 불순물을 주입하여 형성된 NPD(16)를 포함한다. 픽셀 영역들 간의 NPD(16)는 상기 소자분리막(52) 및 p형의 불순물 확산영역에 의해 서로 격리될 수 있다. 상기 NPD(16) 상에 p형 불순물을 주입하여 PPD(18)를 더 형성할 수도 있다. 상기 PPD(18)은 상기 포토 다이오드가 형성된 픽셀 영역의 표면을 소정의 포텐셜로 고정하여 암전류의 발생을 억제하는 기능을 할 수 있다.

<25> 상기 반도체 기판 상에 마스크 패턴(60)을 형성한다. 상기 마스크 패턴(60)은 상기 소자분리막(52)이 노출된 오프닝(62)을 가진다. 상기 마스크 패턴(60)을 이온 주입 마스크로 사용하여 상기 반도체 기판에 불순물을 주입하여 확산 격리층(54)을 형성한다.

- <26> 상기 확산 격리층(54)은 상기 반도체 기판 내에 p형의 불순물을 주입함으로써 형성할 수 있다. 예컨대, 상기 p형의 불순물은 붕소(Boron)일 수 있다.
- <27> 상기 확산 격리층(54)은 픽셀 간의 NPD(56)을 분리하는 기능을 함과 동시에, 상기 소자분리막(52)과 계면을 이루는 기판의 격자 결함을 치유하는 기능을 한다. 상기 확산 격리층(54)은 격자 결함으로 인한 NPD(56)에 암전류 성분이 생성되는 것을 막아 주기 위하여, 상기 NPD(56)과 상기 소자분리막(52)의 거리가 소정 거리 이하인 부분에는 상기 확산 격리층(54)이 형성되는 것이 바람직하다.
- <28> 도 3을 참조하면, 상기 마스크 패턴(60)을 이온주입 마스크로 사용하여 상기 확산 격리층(54)에 제 3의 불순물을 주입하고, 상기 마스크 패턴(60)을 제거한다. 그 결과, 상기 소자분리막(52)과 중첩되고, p형의 불순물 및 제 3의 불순물이 확산된 확산 격리층(54a)이 상기 반도체 기판(50)에 형성된다. 상기 제 3의 불순물은 n형의 불순물 및 p형의 불순물 어느 하나에도 해당되지 않는 원소로서, 붕소와 같은 7족 원소이다. 예컨대, 상기 확산 격리층(54a)은 반도체 기판에 붕소 및 불소가 확산된 것일 수 있다.
- <29> 결과적으로, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 이미지 센서는 반도체 기판에 픽셀 영역을 정의하는 소자분리 영역과, 상기 픽셀 영역 내에 형성된 n형 포토다이오드(56)를 포함한다. 상기 소자분리 영역에는 트렌치 소자분리 기술을 적용하여 형성된 소자분리막(52)과, 불순물이 주입된 확산 격리층(54a)이 형성되어 있다.
- <30> 상기 확산 격리층(54a)은 p형 불순물 및 제 3의 불순물을 포함하며, 상기 제 3의 불순물은 n형 및 p형의 어느 하나의 도전형도 가지지 않는 원소로서, 예컨대 붕소와 같은 7족원소일 수 있다. 상기 제 3의 불순물은 확산 격리층의 p형 불순물이 지속적이거나 일시적으로 열확산되는 것을 억제하여 p형 불순물이 NPD로 확산되어 NPD의 농도구배 및 점유 영역에 영향을 미치는 것을 막아주는 기능을 한다.
- <31> 도 4 및 도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 이미지 센서 및 그 제조 방법을 설명하기 위한 것으로서, 픽셀 영역의 포토 다이오드 및 픽셀들을 분리하는 소자분리막의 일부를 나타낸 단면도이다.
- <32> 도 4를 참조하면, 반도체 기판(50)에 픽셀 영역을 분리하는 소자분리 영역을 정의한다. 상기 반도체 기판(50)은 p형 기판 또는 p형 기판에 형성된 p웰 이거나, p형 기판 또는 p웰 상에 형성된 저농도의 p형 에피택시얼층일 수 있다.
- <33> 상기 픽셀 영역에 포토 다이오드가 형성된다. 상기 포토 다이오드는 상기 기판에 n형 불순물을 주입하여 형성된 NPD(16)를 포함한다. 픽셀 영역들 간의 NPD(16)는 p형의 불순물 확산영역에 의해 서로 격리될 수 있다. 상기 NPD(16) 상에 p형 불순물을 주입하여 PPD(18)를 더 형성할 수도 있다. 상기 PPD(18)은 상기 포토 다이오드가 형성된 픽셀 영역의 표면을 소정의 포텐셜로 고정하여 암전류의 발생을 억제하는 기능을 할 수 있다.
- <34> 상기 반도체 기판 상에 마스크 패턴(60)을 형성한다. 상기 마스크 패턴(60)은 상기 소자 분리 영역이 노출된 오프닝(62)을 가진다. 상기 마스크 패턴(60)을 이온 주입 마스크로 사용하여 상기 반도체 기판에 불순물을 주입하여 확산 격리층(54)을 형성한다.
- <35> 상기 확산 격리층(54)은 상기 반도체 기판 내에 p형의 불순물을 주입함으로써 형성할 수 있다. 예컨대, 상기 p형의 불순물은 붕소(Boron)일 수 있다.
- <36> 상기 확산 격리층(54)은 상기 NPD(56) 및 상기 PPD(60)가 형성된 이후에 형성될 수도 있고, 상기 NPD(56) 및 상기 PPD(60)를 형성하기 전에 미리 형성하여 포토 다이오드가 형성될 영역을 정의할 수 있다.
- <37> 도 5를 참조하면, 상기 마스크 패턴(60)을 이온주입 마스크로 사용하여 상기 확산 격리층(54)에 제 3의 불순물을 주입하고, 상기 마스크 패턴(60)을 제거한다. 그 결과, p형의 불순물 및 제 3의 불순물이 확산된 확산 격리층(54a)이 상기 반도체 기판(50)에 형성된다. 상기 제 3의 불순물은 n형의 불순물 및 p형의 불순물 어느 하나에도 해당되지 않는 원소로서, 붕소와 같은 7족 원소이다. 예컨대, 상기 확산 격리층(54a)은 반도체 기판에 붕소 및 불소가 확산된 것일 수 있다.
- <38> 결과적으로, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 이미지 센서는 반도체 기판에 픽셀 영역을 정의하는 소자분리 영역과, 상기 픽셀 영역 내에 형성된 n형 포토다이오드(56)를 포함한다. 상기 소자분리 영역에는 불순물이 주입된 확산 격리층(54a)이 형성되어 있다.
- <39> 상기 확산 격리층(54a)은 p형 불순물 및 제 3의 불순물을 포함하며, 상기 제 3의 불순물은 n형 및 p형의 어느 하나의 도전형도 가지지 않는 원소로서, 예컨대 붕소와 같은 7족원소일 수 있다. 상기 제 3의 불순물은 확산 격리층의 p형 불순물이 지속적이거나 일시적으로 열확산되는 것을 억제하여 p형 불순물이 NPD로 확산되어 NPD의

농도구배 및 점유 영역에 영향을 미치는 것을 막아주는 기능을 한다.

- <40> 도 6은 깊이에 따른 붕소의 농도 구배를 나타낸 그래프로서, 붕소만 도우핑된 기판과 붕소 및 불소가 도우핑된 기판의 관계를 보여주는 그래프이다.
- <41> 이 그래프는 동일한 농도로 붕소가 도우핑된 기판에 소정 시간 열처리를 가한 후 이차이온질량분석기(SIMS; Secondary Ion Mass Analyzer)를 이용하여 붕소의 도우핑 프로파일을 분석한 그래프이다.
- <42> 도 6을 참조하면, 종래기술과 같이 붕소만 도우핑 시료(선 ①)는 깊이에 따른 농도구배가 약하여 이온주입된 영역 밖으로 확산 깊이가 깊은 것을 알 수 있다. 이에 비해, 본 발명과 같이 붕소 및 불소가 함께 도우핑 시료(선 ②)는 이온주입된 영역 밖으로 상대적으로 적은 확산 정도를 나타냄을 알 수 있다.
- <43> 이 그래프는 깊이에 따른 확산 정도를 보여주고 있으나, 이온의 확산이 전 방향으로 진행되기 때문에 측방향의 확산도 이 그래프를 통하여 추론할 수 있다. 즉, 종래기술과 같이 붕소만 도우핑된 확산 격리층은 공정 과정의 열처리 및 열 확산에 의해 NPD영역까지 본 발명에 비해 상대적으로 넓게 확산되는 것이 예측 가능하다. 따라서, 본 발명에 따른 확산 격리층은 종래기술에 비해 상대적으로 확산이 제한되어 NPD영역을 침범하는 정도가 미미해질 수 있다.

발명의 효과

- <44> 상술한 것과 같이 본 발명에 따르면, NPD영역의 농도 구배 및 체적이 확산 격리층에 의해 변화되는 정도가 종래 기술에 비해 제한되어 포토다이오드의 포화 특성 및 감도가 향상될 수 있다.
- <45> 포토다이오드의 포화 특성은 동일 세기의 빛이 포토다이오드에 입사되었을 때 축적되는 전하량에 관련된 것으로서, 포화 특성이 우수하다는 것은 포토다이오드의 감도가 향상된 것을 의미한다.

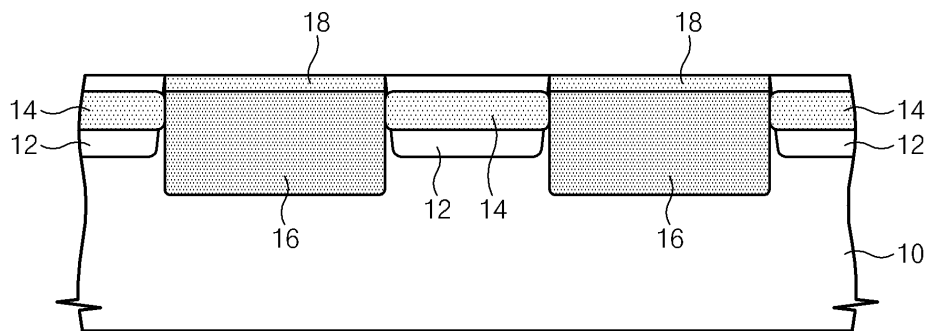
도면의 간단한 설명

- <1> 도 1은 종래기술에 따른 이미지 센서의 일부를 나타낸 단면도.
- <2> 도 2 및 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 이미지 센서 및 그 제조 방법을 설명하기 위한 단면도.
- <3> 도 4 및 도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 이미지 센서 및 그 제조 방법을 설명하기 위한 단면도.

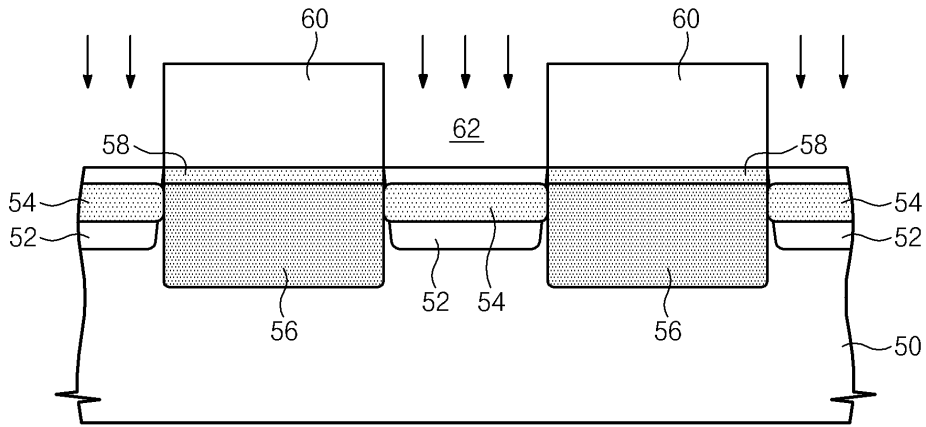
도면

도면1

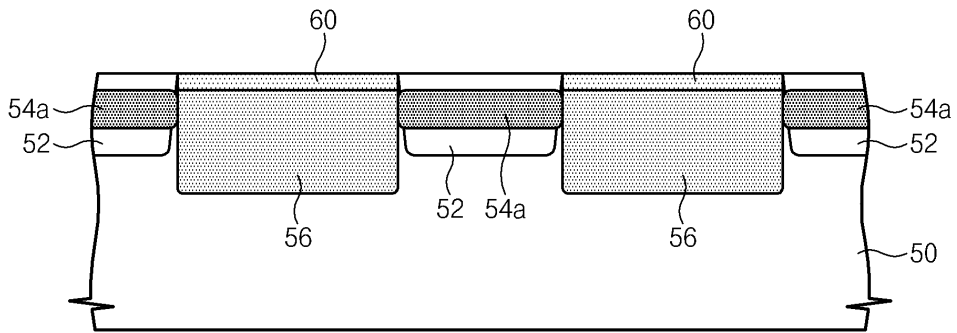
(종래 기술)



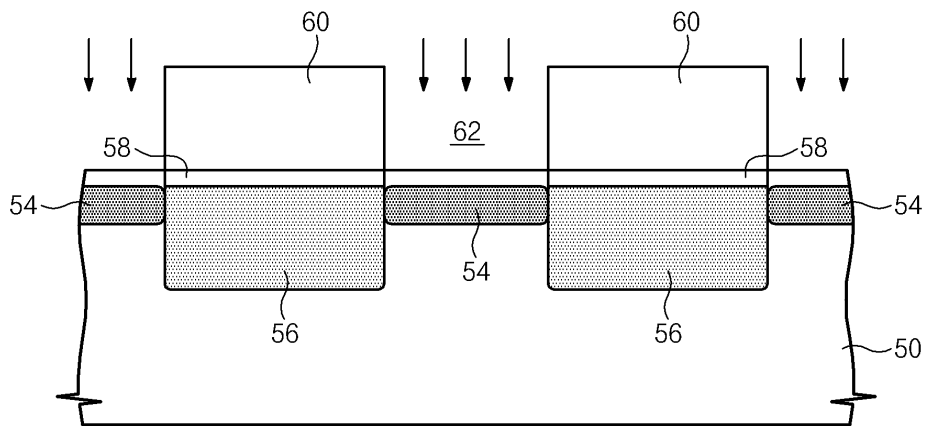
도면2



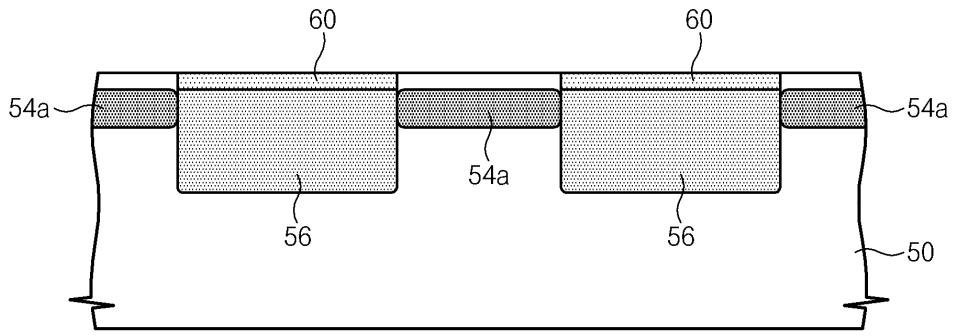
도면3



도면4



도면5



도면6

