



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년12월01일
 (11) 등록번호 10-0871552
 (24) 등록일자 2008년11월25일

(51) Int. Cl.

H01L 27/146 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0024920
 (22) 출원일자 2007년03월14일
 심사청구일자 2007년03월14일
 (65) 공개번호 10-2008-0083973
 (43) 공개일자 2008년09월19일

(56) 선행기술조사문헌
 KR1020070023027 A*
 US2005/0085087 A1*
 US05453157 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

동부일렉트로닉스 주식회사
 서울 강남구 대치동 891-10

(72) 발명자

류상욱
 충북 청주시 상당구 용암동 부영아파트 207-105

(74) 대리인

허용록

전체 청구항 수 : 총 7 항

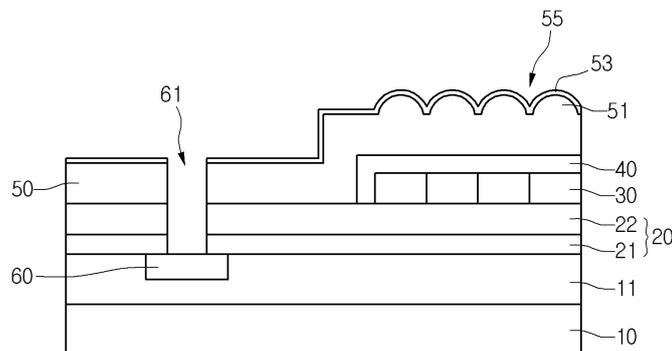
심사관 : 김영진

(54) 이미지 센서의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 이미지센서의 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 화소가 형성된 반도체 기판 상에 금속배선을 포함하는 층간절연막을 형성하는 단계; 상기 층간절연막 상에 컬러필터 및 평탄화층을 형성하는 단계; 상기 평탄화층 상에 제1 절연막을 형성하는 단계; 상기 제1 절연막 상에 마이크로렌즈 마스크를 형성하는 단계; 상기 마이크로렌즈 마스크를 이용하여 상기 제1 절연막을 식각하여 시드 마이크로 렌즈를 형성하는 단계; 상기 시드 마이크로 렌즈 상에 제2 절연막을 형성하는 단계; 상기 제2 절연막 상에 패드 마스크를 형성하여 상기 금속배선을 노출시키는 단계; 상기 패드 마스크를 제거하는 단계를 포함하며, 상기 시드 마이크로 렌즈의 형성 조건은 소스 파워는 27MHz에서 600~1400W 공급되고 바이어스 파워는 2MHz 에서 0~500W 공급되는 것을 특징으로 하는 이미지센서의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도6



특허청구의 범위

청구항 1

화소가 형성된 반도체 기판 상에 패드를 포함하는 층간절연막을 형성하는 단계;
 상기 층간 절연막 상에 컬러필터 및 평탄화층을 형성하는 단계;
 상기 평탄화층 상에 제1 절연막을 형성하는 단계;
 상기 제1 절연막 상에 마이크로렌즈 마스크를 형성하는 단계;
 상기 마이크로렌즈 마스크를 식각 마스크로 이용하여 상기 제1 절연막을 식각하여 시드 마이크로 렌즈로 형성하는 단계;
 상기 시드 마이크로 렌즈 상에 제2 절연막을 형성하는 단계;
 상기 제2 절연막 상에 상기 패드를 노출시키기 위한 패드 마스크를 형성하는 단계;
 상기 패드 마스크를 식각 마스크로 사용하여 상기 제2 절연막 및 제1 절연막을 식각하여 상기 패드를 노출시키는 패드 오픈홀을 형성하는 단계; 및
 상기 패드 마스크를 제거하는 단계를 포함하며,
 상기 시드 마이크로 렌즈를 형성하기 위한 상기 제1 절연막의 식각 조건은 소스 파워는 27MHz에서 600~1400W 공급되고 바이어스 파워는 2MHz에서 0~500W 공급되고,
 상기 패드 오픈홀을 형성하기 위한 상기 제2 절연막 및 제1 절연막의 식각 조건은 상기 시드 마이크로 렌즈를 형성할 때 사용된 상기 제1 절연막의 식각 조건과 동일한 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 패드 마스크의 제거는 O₂가스에 의해 0~50℃에서 제거되는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 시드 마이크로 렌즈를 형성할 때 CF₄ 식각가스와 Ar, He, O₂ 및 N₂ 중 어느 하나의 가스가 공급되는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 층간절연막을 형성한 다음 패시베이션층을 형성하는 단계를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 제1 절연막 및 제2 절연막은 산화막, 질화막 및 산질화막 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 시드 마이크로 렌즈는 2,000~6,000Å의 높이로 형성되는 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 마이크로렌즈 마스크와 제1 절연막의 식각비는 1: 0.7~1.3 인 것을 특징으로 하는 이미지 센서의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <3> 본 발명은 이미지 센서의 제조방법에 관한 것이다.
- <4> 일반적으로, 이미지 센서(Image sensor)는 광학적 영상(optical image)을 전기적 신호로 변환시키는 반도체 소자로써, 크게 전하결합소자(charge coupled device: CCD)와 씨모스(CMOS; Complementary Metal Oxide Silicon) 이미지 센서(Image Sensor)(CIS)로 구분된다.
- <5> 한편, CCD는 구동 방식이 복잡하고, 전력 소비가 클 뿐만 아니라, 다단계의 포토 공정이 요구되므로 제조 공정이 복잡한 단점을 갖고 있으므로, 최근에는 상기 전하 결합 소자의 단점을 극복하기 위한 차세대 이미지 센서로서 씨모스 이미지 센서가 주목을 받고 있다.
- <6> 씨모스 이미지센서는 단위 화소 내에 포토 다이오드와 모스 트랜지스터를 형성시키는 스위칭 방식으로 각 단위 화소의 전기적 신호를 순차적으로 검출하여 영상을 구현한다.
- <7> 이러한 다양한 이미지 센서를 제조함에 있어서, 이미지 센서의 광감도(photo sensitivity)를 증가시키기 위한 노력들이 진행되고 있고 그중 하나가 집광기술이다. 예컨대, CMOS 이미지 센서는 빛을 감지하는 광감지부분과 감지된 빛을 전기적 신호로 처리하여 데이터화하는 로직회로부분으로 구성되어 있는 바, 광감도를 높이기 위해서는 전체 이미지 센서 면적에서 광감지부분의 면적이 차지하는 비율(이를 통상 "Fill Factor"라 한다)을 크게 하려는 노력이 진행되고 있지만, 근본적으로 로직회로 부분을 제거할 수 없기 때문에 제한된 면적 하에서 이러한 노력에는 한계가 있다. 따라서 광감도를 높여주기 위하여 광감지부분 이외의 영역으로 입사하는 빛의 경로를 바꿔서 광감지부분으로 모아주는 집광기술이 많이 연구되고 있다.
- <8> 상기 집광 기술의 대표적인 예가 마이크로 렌즈를 형성하는 것이다.
- <9> 종래기술에 의하면, 이미지센서의 제조과정 중 마이크로렌즈를 형성하는 방법은 일반적으로 화소가 형성된 반도체 기판 상에 최상부 금속배선 및 패시베이션층을 형성한 후 컬러필터와 마이크로 렌즈 형성 공정을 진행한다.
- <10> 상기와 같은 마이크로 렌즈는 감광성 유기물 물질을 노광(expose), 현상(development), 리플로우(reflow)의 순서로 진행하여 반구형의 모양을 최종 형성시킨다. 그러나, 상기 감광성 유기물 물질은 물성 자체가 약하여 패키징 및 범프 등의 후공정에서 마이크로 렌즈가 물리적인 충격에 의해 크랙 등에 의한 손상을 입기 쉽고 감광성 유기물은 상대적인 점성이 강하여 파티클이 흡착될 경우 렌즈의 불량을 유발시키게 된다.
- <11> 이를 방지하기 위해 경도가 높은 산화막이나 질화막 등의 물질을 보호막으로 사용하는 방법이 이용되고 있으며, 아예 무기물 자체를 이용하여 하드 마이크로 렌즈를 구현하기 위한 노력들이 시도되고 있다.
- <12> 하지만, 일반 반도체 소자와는 달리 이미지 센서의 상부에는 250℃ 이상의 열에 취약한 감광성 유기물 물질로 형성되어 있어서, 플라즈마 손상등에 의한 인터페이스 트랩(Interface trap)등을 방지할 수 있는 H₂ 어닐 등의 공정진행이 어려워 패시베이션층을 형성한 후 H₂ 어닐링 공정을 진행하고 있다.
- <13> 따라서 하드 마이크로 렌즈를 형성하더라도 플라즈마 공정에 의해 만들어진 인터페이스 트랩으로 인한 다크 커런트(dark current)가 쉽게 발생한다.
- <14> 도 1에 도시된 바와 같이 플라즈마(Plasma) 공정을 이용할 경우, 플라즈마 자체에서 발생하는 짧은 파장대의 자외선 복사 에너지(UV Radiation)는 반도체 기판(Si)과 산화막(SiO₂) 계면에 트랩 레벨(trap level) 등의 결함을 유발시킨다.
- <15> 플라즈마에서 발생하는 자외선 복사 에너지(UV Radiation)의 파장대(Wavelength)를 분석해보면 250~300nm 대역

의 짧은 UV 영역이 존재하게 되며, 특히 300nm 이하의 파장은 포토다이오드와 접하고 있는 계면에 트랩 레벨을 결함을 유발시켜 이미지 센서의 다크 커런트를 유발하는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<16> 본 발명의 실시예는 무기물 마이크로 렌즈 제작시 수반되는 플라즈마 공정 조건 중 다크 커런트를 억제할 수 있는 공정 조건을 제공하는 데 있다.

발명의 구성 및 작용

<17> 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 이미지센서의 제조방법은 화소가 형성된 반도체 기판 상에 금속배선을 포함하는 층간절연막을 형성하는 단계; 상기 층간절연막 상에 컬러필터 및 평탄화층을 형성하는 단계; 상기 평탄화층 상에 제1 절연막을 형성하는 단계; 상기 제1 절연막 상에 마이크로렌즈 마스크를 형성하는 단계; 상기 마이크로렌즈 마스크를 이용하여 상기 제1 절연막을 식각하여 시드 마이크로 렌즈를 형성하는 단계; 상기 시드 마이크로 렌즈 상에 제2 절연막을 형성하는 단계; 상기 제2 절연막 상에 패드 마스크를 형성하여 상기 금속배선을 노출시키는 단계; 상기 패드 마스크를 제거하는 단계를 포함하며, 상기 시드 마이크로 렌즈의 형성 조건은 소스 파워는 27MHz에서 600~1400W 공급되고 바이어스 파워는 2MHz 에서 0~500W 공급되는 것을 특징으로 한다.

<18> 이하, 본 발명의 실시예에 따른 이미지센서 및 그 제조방법을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

<19> 본 발명에 따른 실시예의 설명에 있어서, 각 층의 "상/위(on/over)"에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, 상/위(On/Over)는 직접(directly)와 또는 다른 층을 개재하여(indirectly) 형성되는 것을 모두 포함한다.

<20> 도 2 내지 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 이미지센서의 제조방법의 공정 단면도이다.

<21> 도 2에 도시된 바와 같이, 반도체 기판(10) 상에는 포토다이오드(미도시)를 포함하는 광감지부가 형성되어 있다.

<22> 상기 포토다이오드를 포함하는 광감지부에 대하여 구체적으로 설명하면, 반도체 기판(10) 상에는 액티브 영역과 필드영역을 정의하는 소자분리막(미도시)이 형성되어 있으며, 각각의 단위화소에는 빛을 수광하여 광전하를 생성하는 포토다이오드가 형성되어 있으며, 상기 포토다이오드에 연결되어 수광된 광전하를 전기신호를 변환하는 트랜지스터(미도시)가 형성되어 있다.

<23> 상기 소자분리막과 포토다이오드를 포함하는 관련소자들이 형성된 이후에, 층간절연막(11)이 반도체 기판(10) 상에 형성되고 이후 층간절연막(11) 상에 금속배선이 형성된다. 이러한 금속배선은 포토다이오드로 입사되는 빛을 가리지 않도록 의도적으로 레이어아웃되어 형성된다.

<24> 이어서, 상기 최종금속배선, 즉 패드(60)를 형성한 이후에 패시베이션층(20)을 더 형성할 수도 있다. 상기 패시베이션층(20)은 습기나 스크래치 등으로부터 소자를 보호하기 위한 것으로 패드(60) 상에 패시베이션층(20)을 형성할 수 있다. 여기서, 상기 패시베이션층(20)은 실리콘 산화막, 실리콘 질화막 및 실리콘 산질화막 중의 어느 하나로 형성될 수도 있으며 또는 하나 이상의 층이 적층된 구조일 수도 있다. 바람직하게 상기 패시베이션층(20)은 TEOS막(21)이 1,000~5,000Å의 두께로 형성되고 질화막(22)이 1,000~10,000Å의 두께로 적층된 구조로 형성될 수 있다.

<25> 한편, 패시베이션층(20)이 형성되지 않고 패드가 형성된 층간절연막(11) 상에 후속공정으로 컬러필터(30)가 형성되어도 무방하며 이는 이미지 센서의 전체적인 높이에 영향을 주게되어 보다 박형의 소형 이미지 센서를 제공할 수도 있다.

<26> 추가적으로 상기 패시베이션층(20) 상에 상기 패드(60)를 오픈하기 위한 1차 패드 오픈 공정을 수행할 수도 있다. 상기 1차 패드 오픈 공정은 패시베이션층(20) 상에 상기 패드(60) 영역에 해당하는 홀을 갖는 포토레지스트 패턴을 형성한 후 이를 마스크로 하여 상기 패시베이션층(20)을 식각함으로써 상기 패드(60)를 오픈시키게 되는 것이며, 상기 1차 패드(60) 오픈 공정을 수행한 후 마이크로 렌즈를 형성하고 다시 2차 패드 오픈 공정을 진행할 수도 있다. 여기서 상기 1차 패드 오픈 공정은 생략가능한 것이며 이하의 설명에서는 상기 1차 패드 오픈 공정은 생략하는 것을 예로 하여 설명하도록 한다.

<27> 그 다음, 상기 패시베이션층(20) 상에 컬러필터(30)가 형성된다. 상기 컬러필터(30)는 컬러 이미지 구현을 위해 3색의 컬러필터(30)로 형성되며, 상기 컬러필터(30)를 구성하는 물질로는 염색된 포토레지스트를 사용하며 각각

의 단위화소마다 하나의 컬러필터(30)가 형성되어 입사하는 빛으로부터 색을 분리해 낸다. 이러한 컬러필터(30)는 각각 다른 색상을 나타내는 것으로 레드(Red), 그린(Green) 및 블루(Blue)의 3가지 색으로 이루어져 인접한 컬러필터(30)들은 서로 약간씩 오버랩되어 단차를 가지게 된다.

- <28> 이를 보완하기 위한 후속공정으로 평탄화층(40)을 컬러필터(30) 상에 형성한다. 후속공정으로 형성될 마이크로렌즈는 평탄화된 표면 상에 형성되어야 하며, 이를 위해서는 컬러필터(30)로 인한 단차를 없애야 하므로, 상기 컬러필터(30) 상에 평탄화층(40)을 형성할 수 있다.
- <29> 그 다음, 상기 컬러필터(30) 상부로 마이크로 렌즈를 형성하기 위한 제1 절연막(50) 및 마이크로렌즈 마스크(70)를 형성한다.
- <30> 상기 제1 절연막(50)은 산화막, 질화막 및 질산화막 중 어느 하나로 형성할 수 있으며, 바람직하게는 약 50~250℃에서 SiO₂와 같은 산화막을 2,000~20,000Å의 두께로 형성한다. 이때, 상기 산화막은 CVD, PVD, PECVD 등으로 형성될 수 있다.
- <31> 상기 마이크로렌즈 마스크(70)는 상기 제1 절연막(50) 상으로 포토레지스트막을 도포한 다음 패터닝하고 리플로우 공정을 통하여 돔 형태의 마이크로렌즈 마스크(70)를 형성할 수 있게 된다. 여기서 상기 마이크로렌즈 마스크(70)는 서로 이격된 상태로 형성된다.
- <32> 도 3에 도시된 바와 같이 상기 마이크로렌즈 마스크(70)가 형성되면 상기 마이크로렌즈 마스크(70)를 식각 마스크로 사용하여 상기 제1 절연막(50)에 대한 식각공정을 진행하여 시드 마이크로 렌즈(51)를 형성한다.
- <33> 상기 제1 절연막(50)에 대한 식각은 상기 마이크로렌즈 마스크(70)를 이루는 포토레지스트막과 상기 제1 절연막(50)을 이루는 산화막에 대하여 1: 0.7~1.3의 식각비로 식각이 수행되도록 할 수 있다.
- <34> 따라서, 상기 시드 마이크로 렌즈(51) 형성을 위한 상기 제1 절연막(50)에 대한 식각은 상기 마이크로렌즈 마스크(70)를 이루는 포토레지스트막이 모두 식각될 때 까지 수행되도록 할 수 있다.
- <35> 상기 제1 절연막(50)의 식각공정은 챔버내에 C_xH_yF_z(x=1, y=0, z=4) 종류의 식각 가스와 Ar, He, O₂ 및 N₂와 같은 불활성 기체를 이용하여 수행되도록 할 수 있다. 바람직하게는 소스 파워는 27MHz의 600~1400W로 인가하고 바이어스 파워는 2MHz의 0~500W로 인가하여 수행하고, 식각가스는 CF₄ 40~120sccm과 O₂ 2~20 또는 Ar 200~900sccm을 사용하여 상기 제1 절연막(50)을 1,000~19,000Å의 두께로 식각하여 시드 마이크로 렌즈(51)를 형성할 수 있으며, 바람직하게는 상기 시드 마이크로 렌즈(51)의 두께는 2,000~6,000Å로 형성시킨다. 특히, 상기 바이어스 파워는 가하지 않도록 하여 챔버 내부에서 발생하는 플라즈마로부터 반도체 기관(10)으로 이동하는 이온의 에너지를 낮추도록 함으로써 상기 제1 절연막(50)의 식각 손상을 감소시킬 수 있게 된다. 이에 의하여 플라즈마 공정에서 발생할 수 있는 반도체 기관(10)의 계면에서 발생하는 트랩 레벨에 의한 다크 커런트가 발생하는 것을 방지할 수 있게 된다.
- <36> 상기와 같은 공정을 통해 도 3에 도시된 바와 같이 상기 컬러필터(30) 상에 돔 형태의 시드 마이크로 렌즈(51)가 형성된다. 이때 상기 시드 마이크로 렌즈(51)는 이웃하는 시드 마이크로 렌즈(51)와 이격된 상태로 형성된다.
- <37> 그 다음, 도 4에 도시된 바와 같이 상기 시드 마이크로 렌즈(51) 상으로 제2 절연막(53)을 증착하여 상기 시드 마이크로 렌즈(51)의 단부가 상호 접하도록 하여 갭리스(gapless) 형태의 마이크로 렌즈(55)를 형성한다.
- <38> 상기 제2 절연막(53)은 상기 제1 절연막(50)과 동일한 물질로 형성될 수 있다.
- <39> 바람직하게는 상기 제2 절연막(53)은 산화막을 50~250℃의 온도에서 500~20,000Å의 두께로 증착하여 형성함으로써 상기 시드 마이크로 렌즈(51)의 단부가 이웃하는 시드 마이크로 렌즈(51)와 접하도록 형성하여 마이크로 렌즈(55) 사이의 간극을 제로갭(zero gap) 수준으로 줄임으로써 이미지 센서의 이미지 품질을 높일 수 있는 효과가 있다.
- <40> 그 다음, 도 5에 도시된 바와 같이 상기 시드 마이크로 렌즈(51) 상에 제2 절연막(53)이 형성되어 갭이 없는 상태가 되면 상기 마이크로 렌즈(55) 위로 상기 패드(60)를 오픈하기 위하여 상기 패드(60) 영역에 해당하는 영역을 노출시키는 패드 마스크(80)를 형성한다. 상기 패드 마스크(80)는 포토레지스트를 패터닝하여 형성하는 것이며, 상기 패드 마스크(80)를 식각 마스크로 사용하여 상기 시드 마이크로 렌즈(51)를 형성할 때 수행했던 식각공정을 이용하여 상기 패드(60) 상부의 제2 절연막(53), 제1 절연막(50) 및 패시베이션층(20)을 제거하여 패드

오픈홀(61)을 형성함으로써 상기 패드(60)를 노출시킬수 있게 된다.

- <41> 즉, 상기 패드 오픈홀(61) 형성은 챔버내에 소스 파워는 27MHz의 600~1400W로 인가하고 바이어스 파워는 2MHz의 0~500W로 인가하여 수행하고, C_xH_yF_z(x=1,y=0,z=4) 종류의 식각 gas와 Ar, He, O₂ 및 N₂와 같은 불활성 기체를 이용하여 수행되도록 할 수 있다.
- <42> 도 6을 참조하여, 상기와 같이 패드 오픈홀(61) 형성에 의해 상기 패드(60)가 노출되면 상기 패드 마스크(80)를 제거한다. 이때 상기 패드 마스크(80)의 제거는 애싱공정을 이용하여 0~50℃의 온도에서 제거할 수 있다. 바람직하게 상기 패드 마스크(80)의 제거는 0℃의 온도, 즉 온도를 전혀 제공하지 않은 상태에서 O₂ 가스를 이용하여 제거하는 것이며 이것은 반도체 기판(10)이 안착되는 하부 전극의 온도를 낮춤으로써 수행할 수 있다. 이러한 포토레지스트막의 제거는 종래에 포토레지스트막을 제거할 때 200℃ 이상에서 수행되던 공정을 본 발명에서는 온도를 제공하지 않고도 수행함으로써 온도에 의해 마이크로 렌즈(55)의 표면 손상을 더욱 방지할 수도 있다.
- <43> 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경할 수 있다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

발명의 효과

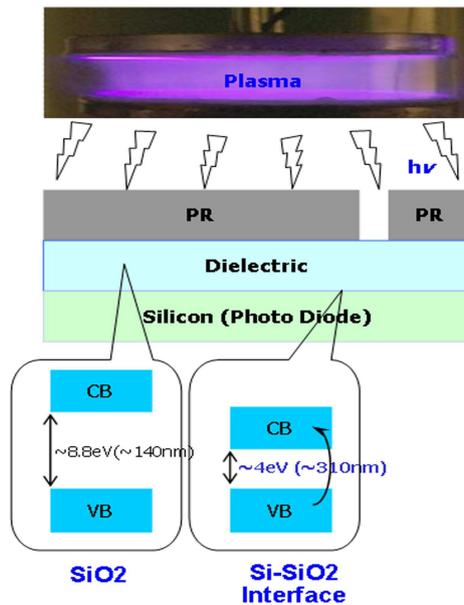
- <44> 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명에 따른 이미지 센서 및 그 제조방법에 의하면 무기물로 하드 마이크로 렌즈를 형성함으로써 후속의 패키지 및 범프 공정 등에 의하여 마이크로 렌즈가 손상되는 것을 방지할 수 있고 또한 마이크로 렌즈 형성할 때 플라즈마 식각 공정에 따른 마이크로 렌즈의 식각손상을 방지하여 플라즈마 공정에 의해 다크 커런트를 방지할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

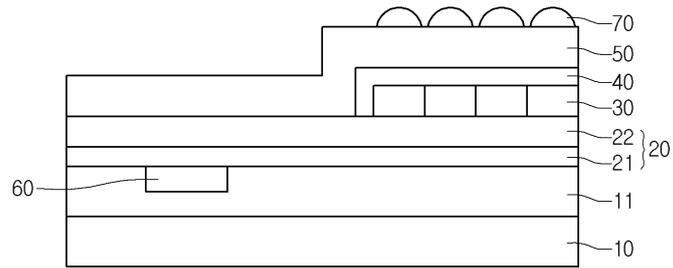
- <1> 도 1은 종래의 이미지센서에 있어서 플라즈마 식각공정에 의해 트랩 레벨이 발생하는 영역을 나타내는 단면도,
- <2> 도 2 및 도 6은 본 발명에 따른 이미지센서의 제조공정을 나타내는 도면이다.

도면

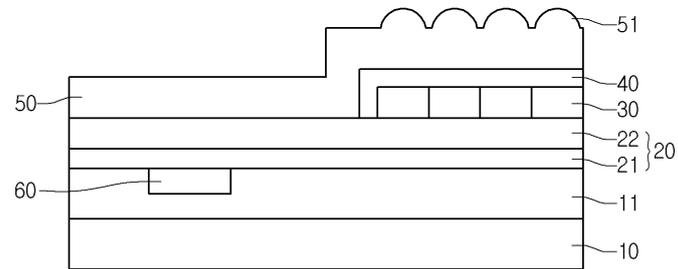
도면1



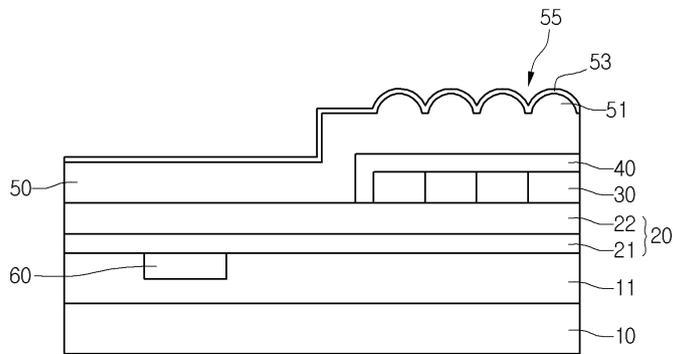
도면2



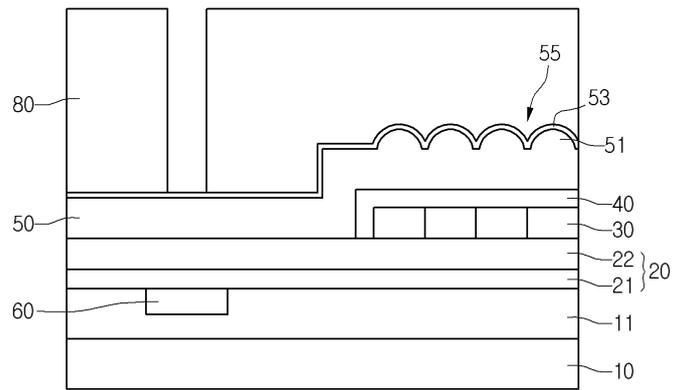
도면3



도면4



도면5



도면6

