

영상 감지소자에 대하여

奏教英*, 李鍾德*, 朴興俊**, 金忠基**

서울대학교 工科大学 電子工學科*,

韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科**

I. 序 論

영상은 화상정보를 전달하는 매체가 가시광선이면 가시광선, 적외선(IR)이나 X-선이면 비가시광선, 초음파인 경우는 초음파상 등으로 불리어진다. 이러한 영상을 감지하면 감지신호가 만들어져 기록 또는 전송이 가능하고 또 이 신호를 가시화하는 과정에서는 영상의 신호 발생, 계측, 변환, 전송, 처리, 가시화 등의 과정을 거치게 된다. 영상센서(image sensor)는 이 중에서 신호 발생을 가능하게 하여 주는 소자인 것이다. 현재 사용하고 있는 영상 센서는 가시영상 센서와 비가시 영상 센서가 있다.¹⁾

가시영상 센서는 빛이 흑백 또는 칼라필터를 통하여 광 도전체에 들어오면 빛의 파장과 세기에 따라 광도전체에서 발생하는 전자-전공의 발생이 전기적 신호를 주게 되는 촬영관(image pick-up tube)과 전자-전공이 반도체의 PN 접합에서²⁾ 발생하게 하여 이것을 동일 chip에 올려 놓은 MOS³⁾나 CCD⁴⁾ 회로를 이용하여 읽어내게 만든 고체촬영소자(solid state image device)가 있다.

비가시 영상센서는 IR⁵⁾, X-ray⁶⁾, 초음파에 의하여 만들어진 영상을 감지하는 것으로 이중 IR 센서는 실리콘이나 이보다 밴드 갭(band gap)이 작은 반도체인 HgCdTe⁷⁾이나 InSb⁸⁾을 이용하여 만든다.

촬영관은 1948년 Sb₂S₃를 광도전체로 사용하여 RCA에서 출품한 이래 현재에는 주로 광도전체를 무엇을 사용하였느냐에 따라 각 회사, 주로 일본회사를 중심으로 여러 종류가 생산되어 TV카메라, VTR 카메라, 감시용 카메라 등에 쓰여지고 있다. 예를 들면 Matsuda에서는 ZnSe, ZnS, ZnCdTe 계와 PbO를 광도전체로 사용하여 NEWVICON과 PLUMBICON을 각각 내 놓았으며 TOSHIBA에서는 CdSeTe, a-Si 및 Sb₂S₃을 광도전체로 사용한 TOSVICON, Si-VIDICON 및 고감도 VIDICON으로 HITACHI에서는 SeTeAs을 사

용한 SATICON을 제즈 판매하고 있다.

광 도전체를 사용하여 영상신호를 만들고 이 신호를 전자선으로 scanning하여 읽어내는 경우에는 전자선을 발생시켜 가속하고 초점을 만들고 scanning하기 위한 장치가 필요하므로 부피, 무게 및 생산가를 줄이는데는 한계가 있다. 이러한 문제점들을 해결하고 또 영상의 질, 신뢰도를 개선할 수 있는 새로운 방법이 근래에 와서 갑자기 발전한 고체촬영소자(solid state image sensor)이다.

고체촬영소자는 HITACHI와 SANYO가 중심이 되어 발전시킨 MOS X-Y address 방식⁹⁾과 일전과 SONY 등에서 개발한 fram-transfer(FT) CCD¹⁰⁾과 inter-line-transfer(IT) CCD¹¹⁾로 나눌 수 있으며 요즘에는 MOS 형과 CCD 형의 장점을 살려 만든 MOS-CCD 형의 CPD(charge-priming-device)¹²⁾ 형의 개발이 활발히 진행중이다.

반도체를 사용하는 가시영상 소자와 비가시영상 소자는 모두 집적회로의 잇점과 고도로 발달된 집적회로 기술을 사용하여 센서 어레이(array)를 제작하고 이 어레이에 형성되는 영상에 해당되는 전기적 신호를 차례로 읽어내도록 되어 있다. 반도체 chip의 집적도와 비교되는 어레이의 수는 10만개 정도의 감시용 카메라에서 부터 20만개 정도의 VTR 및 TV카메라 용이 상품화 되어 있고 2~3년 이내에 40만개 정도의 고품위 TV¹³⁾에 이용할 수 있는 소자가 만들어 질 전망이다. 여기서는 주로 촬영관, MOS와 CCD를 이용하는 고체영상소자 및 IR센서에 대하여 해설하도록 한다.

II. 배 경

영상센서는 기하학적인 구조와 용도에 따라 1차원 센서(line sensor)¹⁴⁾, 2차원 센서(area sensor), 시간 지연 적분 센서(time delay integration sensor(TDI))¹⁵⁾ 등으로 구분되며, 센서를 구성하는 요소의

층에 따라 단층 센서 및 이중 센서¹⁶ 등으로 구분한다.

1. Photoelement와 읽어 내기 구조

광학적 영상을 전기적 신호로 변환하는 photodetector로는 주로 세가지 종류가 사용되는데 이들은 photoconductor(PC), photo-diode(PD), MIS 또는 photo-gate detector(PGD)이다. PC는 E-beam addressing 방식과 이중 구조 센서에 쓰이며, 청색 반응이 미약한 PGD는 주로 적외선 탐지기로 사용되며, 가시영역에서는 PD가 많이 사용된다. Readout structure는 일정시간 동안 빛에 의해 생성된 전하를 축적한 후 읽어내는 방법을 쓰며, 적분시간은 주어진 시스템 내에서 정해지거나 감도를 높이는 데 적당한 시간이 선택된다. 축적된 전하는 potential well에서 CCD를 따라 전송되거나 MOS switch를 통해 외부로 전달하거나, charge injection device(CID)에서와 같이 bias charge를 이용하여 읽어낸다. E-beam addressing 방식에서는 E-beam에 의해 이루어진 캐피토에 의해 해당부분의 정보가 읽어진다.

2. 영상센서

1) 일차원 센서

PN 접합 광다이오우드와 MOS 또는 CCD readout 회로가 쓰이고 있으며 최근에는 5732 element와 CCD¹⁷⁾를 사용한 예가 발표되었다. 일차원에서는 구조상 읽어내기의 multiplexing과 element수를 늘리는 것이 비교적 쉽기 때문에 분해능을 높이는 것이 용이하다.

2) 이차원 센서

(1) Frame transfer (FT) CCD 영상센서

주로 세개의 register로 구성되어 있으며, 광학적 영상을 전기신호로 바꾸는 조사(illuminated) register, 한 frame의 전기적 신호를 잠시 저장하는 저장(storage) register와 이 register의 신호를 수평방향으로 읽어내는 수평 register이다.¹⁸⁾

FT imager는 3층구조의 다결정 실리콘의 매물층 채널CCD(BCCD)나 2층 또는 1층 구조의 다결정 실리콘을 사용한 CCD(VPCDD)가 많다. One-chip 색영상 소자로는 색필터 array(CFA)의 구성상 제약 때문에 잘쓰이지 않지만 후면조사(back illumination)를 하면 감도와 해상도를 높일 수 있기 때문에 방송용 3-chip color imager나 신호를 읽어낼 때 register-segmentation으로 속도를 높여 고속 frame imager에 사용된다.¹⁹⁾

(2) Interline CCD imager (IT imager)

광학적으로 차폐된 수직 register를 감광소자(detector) 어레이 사이에 두어 한 field 동안에 일시적 저장을 하는 방식이다.

IT imager는 frame readout 방식 또는 field readout 방식으로 작동할 수 있다. 이 방식의 감광소자로는 광다이오우드가 현재 많이 쓰이고 있으며, 광학적 차폐를 위해서는 AI을 많이 쓰고 있어 전면조사(front illumination) 방식이 쓰이고 있다.

One-chip color imager로 실용화 된 것이 있으며, 비교적 다양한 방식의 CFA가 사용되고 있다. 전면의 유효수광 면적이 작은 반면, 작동상 잡음이 적은 것이 장점이다. 최근에는 2층 구조, 즉 CCD register위에 a-Si 같은 감광물질을 전면에 도포하여 전면을 유효수광 면적으로 활용한 영상감지 소자가 발표되어 있다.²⁰⁾

(3) MOS와 CPD image sensor

X-Y addressing 방식의 area sensor로 광다이오우드 어레이와 MOS로 된 독출회로로 구성되어 있다.

이 방식은 low-light-level 성능은 고용량성 출력단에 의해 제한되며, 이에 대한 해결방안으로 제시된 것이 charge priming device(CPD)이다. CPD에서는 수평 scanner에 SCCD 또는 BCCD shift register를 사용하고 광다이오우드와 수평 scanner 사이를 charge priming transfer로 연결하고 있다.²¹⁾

X-Y addressing 방식은 one-chip color imager로 작동할때 다양한 CFA를 사용할 수 있고, 또한 설계상에서 photoelement의 배열에 staggered type 등을 채용할 수 있어 신호처리 과정에서 큰 잇점을 얻을 수 있다.²²⁾

그러나 scanner 작동시 비교적 잡음 level이 높고 읽어 내기 회로 구성상 용량성 결합으로 인한 잡음이 크다. 반면 비교적 유효수광 면적을 넓게 확보할 수 있고 광다이오우드의 수직구조 설계가 용이하여 dynamic range를 크게할 수 있다.

(4) TDI(time delay integration) imager

Low-light-level에서의 성능을 높이고 넓은 dynamic range를 확보하기 위한 특수한 형태의 영상소자이다.

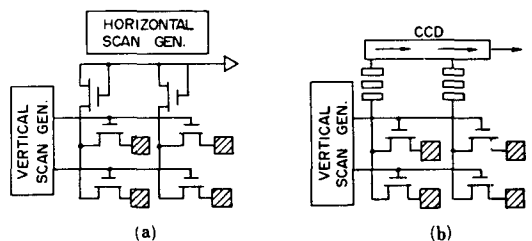
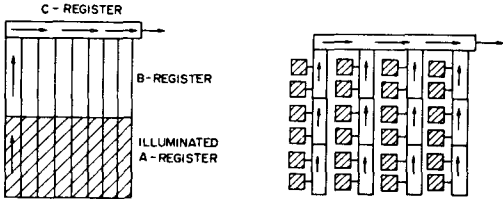


그림 1. (a) MOS형 (b) CPD형



(a) Frame transfer 형 (b) Interline transfer 형

그림 2. CCD형 image 센서

이는 FT CCD 방식과 유사한 구조를 갖고며 화면의 움직임과 sensor element의 움직임을 동기 시킴으로써 등가적으로 화면에 대한 감지시간을 늘리는 방식이다. 1030×128 elements를 갖는 TDI 영상소자가 발표되어 있으며 증폭회로도 동일 칩에 넣고 있다.

3. Photoelement설계

광도전체, 광커패시터, 광다이오우드 등이 사용되며, 전면조사의 경우 광다이오우드가 주로 사용된다. 광다이오우드의 설계에서는 광반응이 눈과 유사하도록 하는 것이 주 목적이 되며, 이를 위하여서는 청색 감도를 높이고 근점 가시영역의 감도를 낮추는 방향으로 설계한다.^[23]

실리콘 다이오우드의 경우 청색 감도를 높이기 위해서 얇은 접합을 사용하며, CCD의 경우 실리콘 기판을 직접 노출시키거나, 얇은 다결정 실리콘 같은 투명전극을 사용한다.^[24]

Dynamic 영역을 크게 하기 위해서는 전체 칩의 암전류를 줄이고, 독출시간 사이에 축적되는 전하의 양을 늘려야 하며, 이를 위해서 double gettinging 이라하는 특수한 제작공정을 사용하거나 높은 도핑을 이용한 고용량성 다이오드를 사용한다.^[25]

4. Anti-blooming

Blooming은 어떤 photoelement에 과도하게 생성된 전하가 근점부근으로 확산되어 반점 모양으로 번지거나 잃어내기 선을 따라 퍼져 화면상에 수직방향의 흰 선으로 나타나는 현상을 말한다.^[26]

CCD 형의 이차원 센서에서는 photodetector 어레이 사이에 과도한 전하가 흘러나갈 수 있는 측면 드레인 (lateral drain)을 두기도 하나 이는 면적 활용면에서 손해가 되며 설계를 복잡하게 한다.^[27]

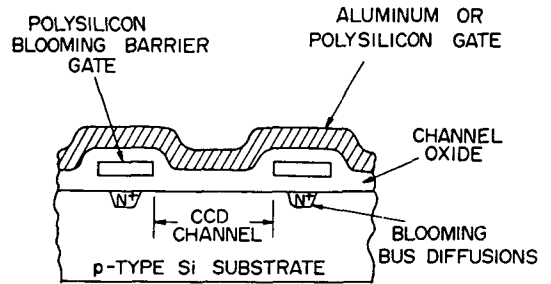
최근에는 수직방향으로, 즉 기판을 통해 전하를 제거하는 방식이 광다이오우드를 사용한 구조에서 사용

되고 있는데 이는 N형 기판에 p-well을 형성하고 이 안에 NP 다이오우드를 제작하는 방식으로 결과적으로 생긴 NPN 바이폴라 트랜지스터의 작용으로 과도한 전하를 제거하는 방식이다.^[28]

이 밖에 높은 도핑을 이용하여 내부적으로 전압장벽을 만들어 각 photo element를 절연시키는 방법 등이 사용되고 있다.^[29]

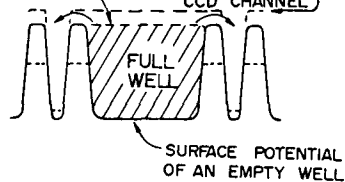
5. Low-light-level operation (L³작동)

영상감지소자가 얼마나 약한 빛으로도 동작할 수 있는냐 하는 것은 소자 자체의 감도와 주변 잡음, 즉 암



(a)

SURFACE POTENTIAL OF FULL WELL SPILLING CHARGE TO THE BLOOMING BUS DIFFUSIONS
 SURFACE POTENTIAL OF ONE OF THE TRANSFER GATES PREVENTING THE BLOOMING OF CHARGE ALONG THE CCD CHANNEL



(b)

그림 3. (a) Lateral anti-blooming 구조를 갖는 소자의 단면도

(b) Blooming 시의 potential well 모양

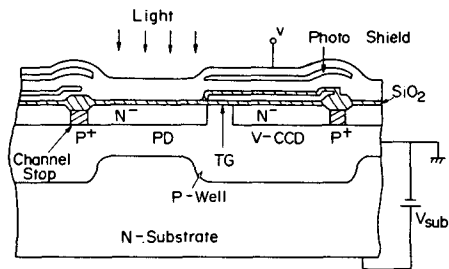


그림 4. Vertical overflow drain 구조를 갖는 CCD형 imager의 단면도

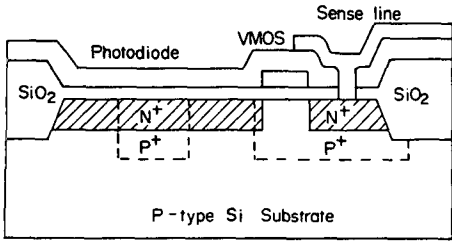


그림 5. P⁺ 층을 사용한 anti-blooming photodiode의 단면도

전류, 전하전달효율(charge transfer efficiency), 증폭기의 잡음 등에 의해 제한된다. 또한 각 architecture에서 채용된 주변회로인 scanner와 설계상에서 생긴 용량성 결합 등에 의해 정해지는 시스템 잡음도 L³작동을 제한하게 된다.

L³ 작동을 높이기 위해서는 photodetector의 감도를 높이고 dynamic range를 극대화 시킬 수 있는 최적화 설계가 필요하며 또한 on-chip 증폭기의 채용이 필요하다.^[30]

6. Noise configuration

잡음은 물질자체의 성질에 의한 열잡음 또는 과도한 조사에 의한 blooming과 carrier의 확산에 의한 smear, 센서의 작동과 설계에 의한 spike 성 잡음, 용량성 결합 잡음, 소자간의 불균일성과 필터의 불균일성에 의한 fixed pattern noise(FPN), 신호처리 과정에서의 왜곡과 이때 포함되는 잡음 등으로 구분될 수 있다.^[31]

Smear나 설계상에 나타난 용량성 잡음은 내부 전압 장벽이나 읽어내기 장치의 개선에 의해 해결할 수 있으며, FPN은 신호처리 과정에서 적분기를 이용하여 줄이고 있다. 신호처리 과정에서 포함되는 잡음은 CFA와 display 장치에 적합한 신호로 만드는데 필요한 과정을 간략히 하여 낮출 수 있다.

7. Color filter array(CFA)

One-chip 색영상 센서에서 사용하는 color coding은 R, G, B를 사용하는 primary 방식, Ye, Cy, G, W를 사용하는 complementary 방식으로 대별된다.^[32]

색필터의 기하학적인 구조는 checkerboard 방식과 stripe 방식으로 구별되며 addressing 부위를 정확히 할 수 없는 E-beam 구조에서는 stripe 필터를 주로 사용한다. 반면 필터를 구성하는 재료에 따라 유기물 필터와 무기물 필터로 구별하기도 하는데 stripe 형은 주로 무기물을 사용한 필터가 많으며, 무기물 필터가 유기물 필터에 비해 색분해능이 월등하다.

CFA의 효율은 필터 물질의 투과성과 독특한 읽어내기 방식에 따라 정해지기 때문에 일반적인 평가는 어렵다. 현재 X-Y addressing 방식과 같이 color coding에 유연성이 큰 구조에서는 complementary 방식을 채용하고 필터 array의 배열에 있어서도 우수열과 기수열로 구분하여 1/2 피치씩 어긋나게 배치하여 수평 방향의 해상도를 높이기도 한다.^[33]

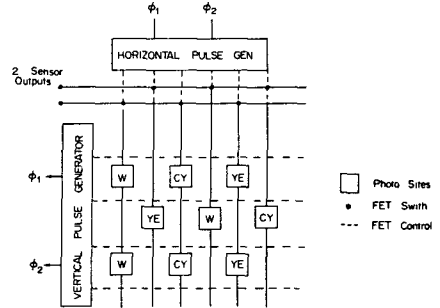


그림 6. Staggered형 필터 배열을 사용한 MOS형 imager

8. 신호처리

신호처리는 정해진 구조 안에서 해상도를 높이고 감도를 향상시키는 과정 뿐만 아니라 일정한 방송 시스템, 즉 NTSC 또는 PAL 방식에 따라 적당한 신호로 조합하거나, display 장치에 따라 적당한 신호로 바꾸는 것을 포함한다. 신호처리 과정에서 포함되는 잡음을 배제하고 출력되는 color 신호를 알맞게 배합하기 위해서는 전단과 연관하여 각기 독특한 방식이 사용되고 있다.

Ⅲ. 가시광 센서(visible sensor)

1. 촬영관

촬영관은 표 1에서 볼 수 있는 바와 같이 여러회사에서 각기 특색있는 광도전체를 이용한 여러가지 이름의 상품으로 시판되고 있다. 그중 SATICON을 예로 들어 원리를 생각해 보기로 한다. SATICON의 구조는 그림 7에 보인 바와같이 비정질 chalcogenide인 Se-Te-As을 광도전체로 사용하였다.

Selenium을 주성분으로 하지만 Se이 장과장에 대하여 비저항이 낮고 열적으로 안정성이 낮기 때문에 이를 개선하기 위하여 graded Te이나 As을 첨가하여 사용한다.^[34]

전자와 정공의 재결합 층으로는 Sb₂S₃ 박막(약 100 nm 두께)을 이용하는데 이층에서는 전자 빔이 들어가

서 만들 수 있는 이차 전자 방출을 억제할 수 있고 광도전막 앞쪽에는 유리판에 전극으로 ITO (indium tin oxide) 또는 SnO₂를 얹고 그 위에 Si₃N₄, Cerium oxide 또는 SiO₂를 두께 5-20nm 정도의 얇은 박막을 만들어 약 50V의 양전압으로 생기는 정공의 주입에 대한 장벽 층을 두어 암전류와 광전류의 비를 높여야 한다.

가장 중요한 부분인 광도전체는 비저항이 1E12 ohm-cm 이상이 되는 것이 필요하며 uA 정도의 전류가 전자 빔의 크기의 면적에서 나와야 전기적 신호로 쓸 수가 있다. 가시광선 전역의 파장에 대하여 감도가 좋아야 하며 잡음 margin을 생각할 때 암전류에 대한 광전류의 비가 10 LUX에서 1000 이상이 되는 것이 필요하다. 잔상은 빛을 차단한 후에 50 msec의 시간이 경과한 후에 5% 이하가 되어야 한다. 이러한 요건을 만족시키는 것이 표 1에서 보는 바와같이 여러가지가 있으나 앞으로 a-Si를 사용하는 것이 바람직하며 a-Si 박막은 PECVD(plasma enhanced chemical vapor deposition)에 의하여 얻는 것이 가장 좋은 것으로 알려져 있다. a-Si는 촬영관에서 뿐만 아니라 앞으로는 고체 촬영관에서도 PN 접합 대신 적층형 광도전막으로 쓰여질 전망이다.

표 1에서는 상품별로 감도, 잔상, 암전류, 해상도, 사용한 광도전막, 광도전막의 사용 파장 범위 등이 나와 있다.

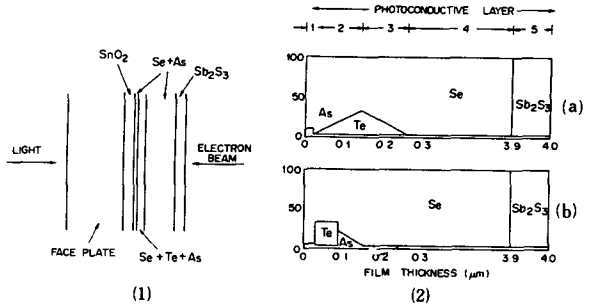


그림 7. SATICON target구조 (1)와 Type A (a) 및 Type B (b) Se, As 및 Te의 두께 및 분포(2)

2. MOS와 CPD 영상센서

MOS 영상센서는 X-Y addressing 방식의 이차원 영상센서로 흑백 카메라 뿐만 아니라 칼라 카메라로 써도 성능이 우수하다. Photoelement로는 광다이오우드가 사용되며 광다이오우드 어레이와 MOS 읽어내기 회로로 이루어져 있다. 구조적으로 이소자는 MOS dynamic RAM과 유사하며 기본적으로 DRAM 공정으로 제작이 가능하다. 물론 최적화 동작을 위해서는 설계와 생산공정에 변화가 요구된다.³⁵⁾

Charge priming device(CPD)는 MOS 영상센서의 수평 scanner를 CCD 형태의 shift register로 변형시킨 것이다. MOS type sensor의 column readout node는 상당히 고용량성 이므로 전하 전달효율을 제한하게 되며, 읽어내기 스위치의 불균일성으로 인해

표 1. 촬영관의 특성비교

품명 특성 (회사)	NEWVICON (MATUSIDA)	COSVICON (MATUSIDA)	PLUMBICON (MATUSIDA)	SATICON (HITACHI)	TOSVICON (TOSHIBA)	CHALNICON (TOSHIBA)	Si-VIDICON (TOSHIBA)
감도 (uA) ¹	0.26	0.15	0.48	0.17	0.34	0.16	0.3
잔상 (%) ²	10	25	2.5	2.5	-	10	6
암전류 (nA) ³	3	20	0.5	0.3-0.6	0.5	3	5
암전류 해상도 ⁴ (TV line)	650	-	750	750-1100	700	700	400
광도전막	ZnSe+CdTe	Sb ₂ S ₃	PbO pbo	Se+Te+As	CdSe+As ₂ S ₃	Cd+Se+Te	Si
감광파장영역 ⁵ (Å)	4,200-9,300	4,000-6,000	3,800-6,000	3,500-5,500	3,500-9,500	3,200-7,500	4,000-9,200
용도	산업용 감시용	Video 카메라용	방송용 카메라	Video 카메라 방송용 카메라	Video 카메라용	Video 카메라용	저조도용 TV 카메라용

- 주: 1. 10LUX에서의 전류
- 2. 노광시의 전류와 빛을 차단하고 50msec 지난 후의 전류비
- 3. 50V에서의 암전류. 단 COSVICON에서는 30V에서의 암전류
- 4. EIAJ (Electronic Industries Association of Japan) Test Chart를 사용한 해상도 측정
- 5. 0.1uA/uW 이상의 전류를 주는 파장영역 또는 상대감도 20%에서의 파장영역
- 6. 위의 data는 25°C 또는 30°C에서 측정하였으며 각 상품의 모델에 따라 다소 차이가 있음.

FPN 잡음이 매우 크다. 고용량의 column 전극에서 저용량의 CCD register로 전하를 이동시키기 위해서는 charge priming transfer 방식을 이용하여 적은 양의 전하를 손실없이 이동시킬 수 있다. Priming charge는 column 전극과 CCD register 간에 있는 charge coupling device에 의해 column register 에 공급되는 바이어스 전하를 말한다.^[36]

X-Y addressing 방식은 FT나 IT 방식과 달리 photoelement를 읽는 순서나 설계상 사각형 배열방식으로 제한되는 것으로 부터 비교적 쉽게 탈피할수 있으므로 다양한 color coding과 element 배열이 가능하여 성능 향상이 되고 있다.

1) Photoelement의 설계 및 Antiblooming mechanism

Photoelement로는 광다이오드를 주로 사용한다. 최근에는 앞에서 언급한 anti-blooming 구조를 사용하면서 빛의 파장에 따른 감도를 사람의 눈의 감도와 유사하게 설계하고 있다.^[37]

광다이오드의 광반응은 well과 기판의 농도, 접합의 깊이에 따라 정해지며, 시스템 전체로 볼 때 색필터와 전면에 형성된 SiO₂와 같은 보호막 물질의 통합적인 결과로 나타난다. 또한 color coding 방식에 따라서 영향을 받는다. 칼라센서용으로는 가시광선쪽의 적외선영역(near-infrared)에서의 감도를 감소시키기 위해서 P+ 층을 N+ 아래 형성하기도 한다. 청색반응을 향상시키기 위해 얇은 N+P 접합을 형성하고, 해상도를 높이고 칩 크기를 줄이는데 따라 다이오드 면적이 줄어 들어도 필요한 포화전류를 유지하고 충분한 antiblooming 효과를 위해서 구조와 각 층의 농도를 최적화한다.^[38]

2) 신호 읽어내는 방식

수직 scanner에 의해 수직 readout선에 나타난 신호

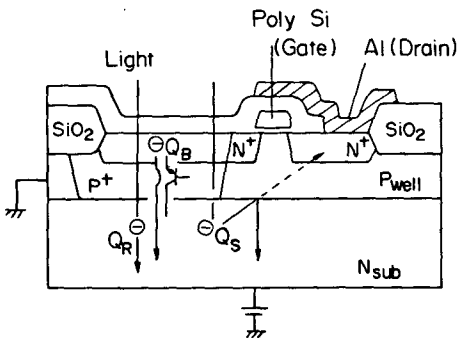


그림 8. 광다이오드의 구조 (N⁺-P⁺ well-N sub)

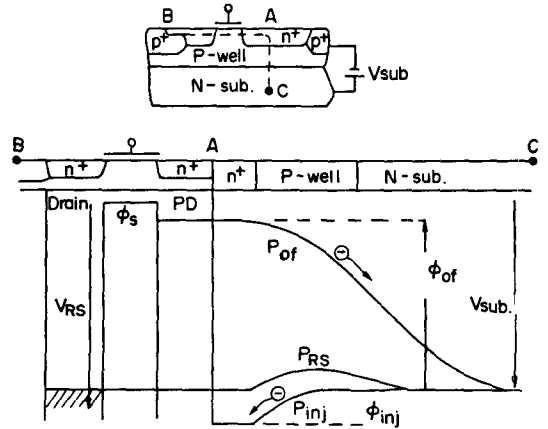
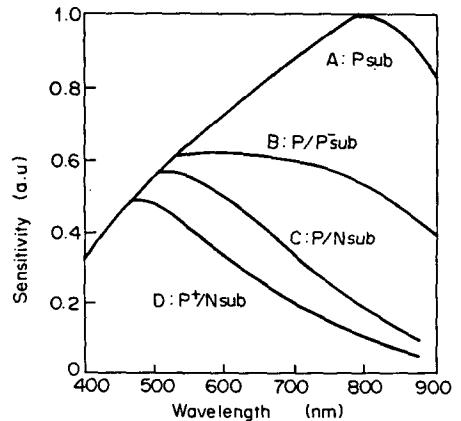


그림 9. N-P-N 광다이오드의 내부전압 분포



- curve A : P⁻기판에 만든 광다이오드
- curve B : P-P⁻ 기판에 만든 광다이오드
- curve C : P well-N기판에 만든 광다이오드
- curve D : P⁺ well-N기판에 만든 광다이오드

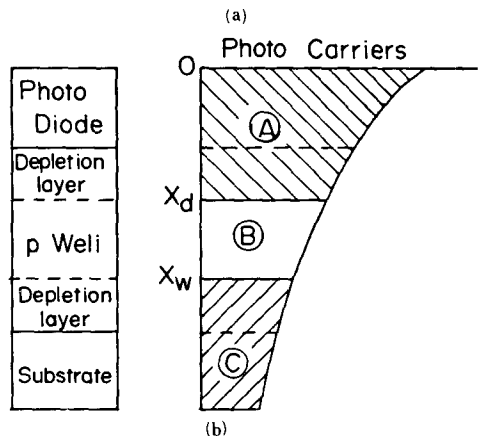


그림 10. (a) 광특성 (spectral response) (b) 광에 의한 전하생성 분포도

호를 수평 scanner가 MOS 스위치를 열어 신호를 읽거나 CCD 수평 shift register로 신호를 옮긴다. Photodiode array를 동시에 두줄씩 읽음으로써 신호 전류 level을 높이는 two-tine reading 방식을 쓰고 있으며, 읽는 다이오드 어레이의 짝을 field마다 바꿈으로써 interlace를 하고 있다.

CPD 방식은 horizontal scanner로 쓰는 CCD (또는 BCCD)와 column line 사이에 charge priming transfer (CPT) 방식을 사용하여 고용량성의 출력단에서 저용량성의 CCD로 전하를 효율적으로 이동시키는 동시에 spike성 잡음과 MOS 스위칭의 불균일성에 의한 FPN을 줄이고 있다.

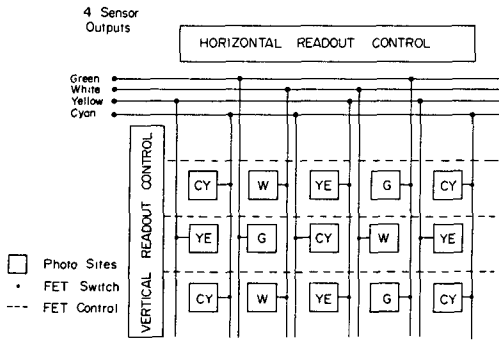


그림 11. 2개의 line을 동시에 읽어내는 MOS X-Y 방식의 배열

3) Fixed pattern noise (FPN)와 smear noise

Fixed pattern noise의 원인은 MOS 형인 경우 세 가지로 분류된다. 필터 어레이의 투과도 변화, 읽어내는 스위치의 spike성 잡음과 소자의 불균일에 의한 변화, 실리콘 판의 결함과 공정에 연관된 결함에 의한 불균일이다.¹³⁹⁾

필터 어레이의 불균일성에 의한 잡음의 변화는 MTF (Modulation Transfer Function) 등에 의해 해석된다. MOS의 스위칭 동작에 의한 spike성 잡음은 하나의 photoelement 신호를 적분함으로써 크게 개선할 수 있으며, 실리콘 기판의 결함과 불균일성에 의한 잡음은 p-well 형성시 발생하는 결함을 반복적인 이온주입과 열처리 과정을 통해 해결하고 있다.¹⁴⁰⁾

Smear 잡음의 원인은 (1) 광다이오드와 수직 신호선 사이의 용량 결합과 (2) 각 층에서 형성된 carrier의 확산, (3) 다층 반사에 의한 광누설이 원인인 것으로 분석되어 있으며 이에 대한 해결책으로는 다음과 같은 것이 있다.¹⁴¹⁾

용량성 결합은 읽어내기선 아래의 p-doping과 광다

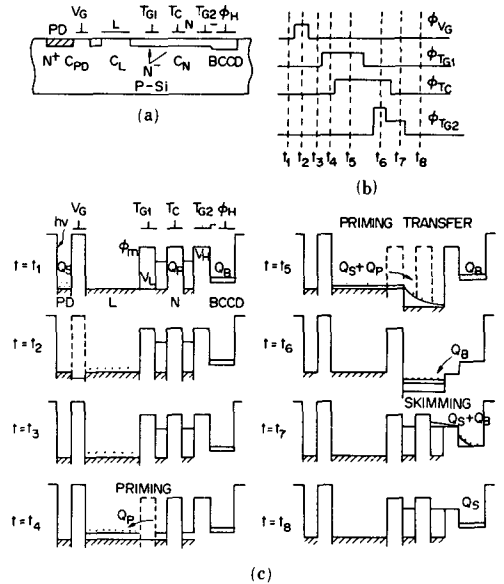


그림 12. Buried channel CPD의 작동시 전압모델
 (a) 소자의 단면도
 (b) 구동 clock의 timing chart
 (c) CPT 작동시 전압의 변화

이오우드의 중첩을 줄임으로써 해결하는데 광다이오드의 P층은 높은 도핑이 요구 되므로 이중 이온주입(double implantation) 방법을 쓰고 있다.

Carrier의 확산은 주로 near-infrared의 빛이 실리콘내로 깊이 투과하여 생기는 성분이 크며 이를 위해서는 near-infrared 차단코팅을 하거나 광다이오드의 설계를 최적화하여 near-infrared부근의 감도를 낮춘다. 즉 다이오드 하부의 도핑을 높여 carrier의 확산거리를 줄인다. 또한 그림 8에서 보는 바와 같은 구조적으로 전위장벽을 형성시키는 방법을 쓰고 있다.

빛의 누설은 광센서 자리 이외에 있는 금속 차단막에 의한 다중 반사에 의한 것으로 분석되어 있다. 광차단막의 반사계수를 줄이는 공정을 사용하거나, 설계상에서 반사각을 줄이는 방법을 쓰고 있다.

4) 칼라 필터 어레이 (CFA)와 신호처리

X-Y addressing 방식의 one-chip 영상센서는 다양한 CFA가 가능하며 checkerboard 형에 국한되지 않고 감도와 신호처리 과정을 간략히 하기 위해서 여러 가지 방식이 고안되어 있다. CFA의 color coding은 R, G, B를 사용하는 primary 방식과 Ye, Cy, G, W를 사용하는 complementary 방식이 있고, 기하학적 구조는 stripe형, checkerboard형, staggered형 등이 있다.

텔레비전에서 R, G, B primary coding 방식을 사용

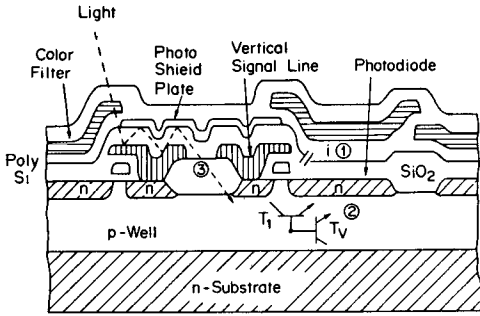


그림 13. Imager의 단면도와 smear 잡음
 ① 광다이오드와 수직 신호선사이의 용량결합
 ② 형성된 carrier의 확산
 ③ 다층반사에 의한 light leakage

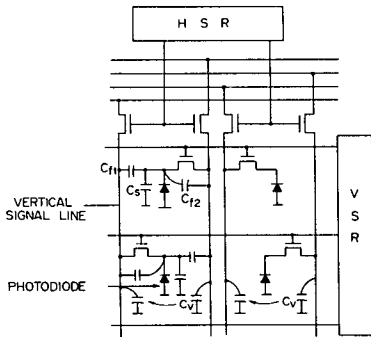


그림 14. 수직 신호선과 광다이오드의 용량성 결합

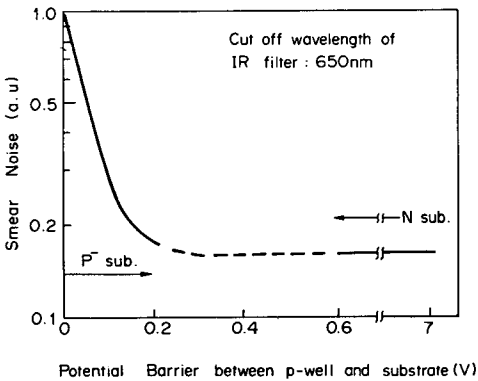


그림 15. Smear 잡음과 전압장벽의 관계

한다고 해서 이것이 가장 유리할 수는 없으며 색신호에 비해 눈이 예민하게 반응하는 휘도 신호의 대역폭을 확보하기 위해서 G element의 수를 늘리거나 W element를 사용하며, 두개의 sensor element를 동시에 읽어낸 two-line reading 방식등이 있다.

CFA와 신호처리 과정은 전체적으로 연관되어 평가되어야 하며 적은 수의 photoelement를 갖고 유효TV line을 증가시키고 해상도와 감도 향상을 위해서는 신호처리 과정에서 발생하는 잡음을 감소시키는 방향으로 설계되어야 한다. 이제까지 발표된 것으로는 checkerboard형과 complementary 방식이 높은 해상도와 감도를 보이는 것으로 평가되고 있다.

Staggered 형은 광어레이를 각 수평선마다 1/2 피치씩 어긋나게 배열하는 방식으로 일정한 수의 photoelement를 사용할 때 수평 해상도가 향상된다.

CFA와 신호 처리는 X-Y addressing 방식의 장점인 multiple reading line과 어레이의 기하학적인 변형을 조합하여 신호처리 과정을 간략히하고 센서의 균형 잡힌 색감도를 이용하는 방법이 연구되어야 한다.^[42]

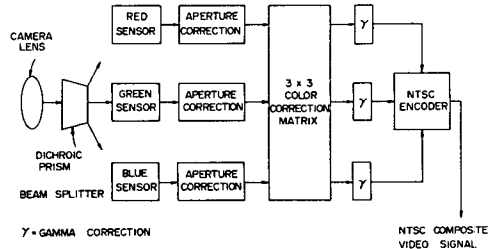


그림 16. Three chip 카메라의 신호처리

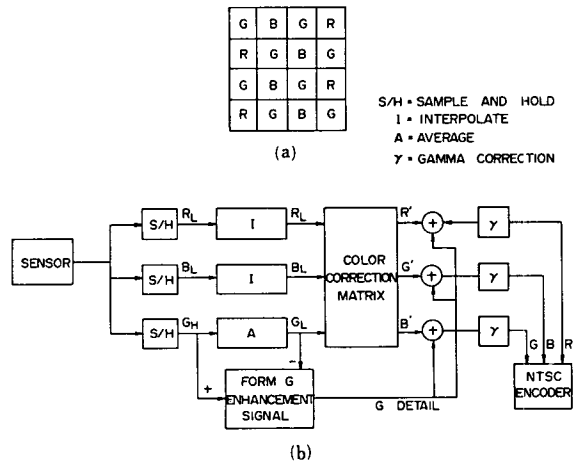


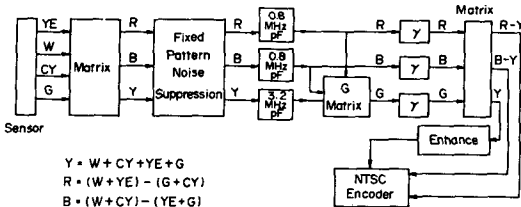
그림 17. (a) Interline 구조 CFA
 (b) KODAK사의 실험용 카메라

3. CCD 가시 영상 감지소자

CCD는 MOS capacitor를 근접시켜 배열하여 analog신호를 하나의 capacitor로부터 다음 capacitor

CY	W	YE	G
YE	G	CY	W
CY	W	YE	G
YE	G	CY	W

(a)



$$Y = W + CY + YE + G$$

$$R = (W + YE) - (G + CY)$$

$$B = (W + CY) - (YE + G)$$

$$\gamma = \text{Gamma Correction}$$

(b)

그림 18. (a) Hitachi사의 보상형 CFA
(b) Hitachi사의 MOS camera

로 이동할 수 있도록 만든 소자를 말한다. MOS gate 아래에 potential well을 형성시켰을때 빛을 받으면 입사된 광자에너지를 흡수하여 minority carrier를 potential well내에 저장할 수 있으므로 CCD는 optical imaging용으로 사용된다.

CCD 영상 감지소자의 동작원리에 대해 알아보자. 빛을 받는 MOS capacitor의 gate로는 금속 전극 대신 빛을 통과할 수 있는 polysilicon을 주로 사용한다.

Deep depletion 상태에 있는 NMOS capacitor에 빛이 비추지면 실리콘에서 광장 에너지를 흡수하여 electron-hole pair를 발생하게 되고 또한 thermal generation에 의한 electron-hole pair도 존재하게 된다. 생성된 electron-hole pair는 실리콘 표면의 전계에 의해 분리되어 전자는 실리콘 표면에 남고 전공은 실리콘 내부로 밀려나므로 표면에는 전자들이 모여 신호전하를 구성한다. 축적된 신호전하는 CCD clocking에 의해 출력에서 감지된다. 한편, 이차원 영상 감지소자는 전하이동 방식에 따라 IT(interline-transfer)와 FT(frame-transfer)의 두가지로 분류된다. 이들의 동작원리를 앞에서 설명한 바이다.

IT방식은 FT 방식에 비해 절반의 면적을 가지고 같은 resolution을 얻을 수 있는 반면에 구조가 복잡하고 clocking 방식 또한 복잡하다는 단점이 있다.

IV. 적외선 영상 감지 소자

1. Introduction

적외선 영상 감지소자란 보이지 않는 적외선 영상을 감지할 수 있게 해주는 일종의 transducer이다. 즉

적외선 영상 감지소자에 적외선이 입사되면 소자는 광전류나 전압을 발생하게 된다. 이를 CRT, Oscilloscope, LCD(액정 평판 표시기)등과 연결을 시켜 display를 하게 되면 적외선 영상을 사람의 눈으로 확인 할 수 있게 된다.

적외선 영상 감지소자는 입력 신호가 background noise보다 훨씬 큰 가시광선 영상 감지소자와 달리 입력 신호가 background noise에 비해 크지 않기 때문에 소자의 설계 및 제작시에 다음 사항들을 고려해야 한다. 적외선 감지 소자의 dynamic range가 커야하며, FPN(fixed pattern noise)를 줄이기 위해 소자의 특성이 균일해야 한다. 그리고 적외선 영상 감지소자는 약한 신호를 받아 출력을 발생시켜야 하므로 소자의 양자효율을 높여야 한다.

한편, 적외선 영상 감지소자는 실리콘, InSb 그리고 HgCdTe 등의 기관위에 제작된다. 실리콘을 기관으로 하는 적외선 영상 감지소자는 실리콘 소자 제작 표준공정으로 만들 수 있으므로 이차원 영상감지소자를 on-chip에 제작가능 하지만 InSb이나 HgCdTe 등에 제작한 소자보다는 양자효율이 떨어지는 단점이 있다.

실리콘을 기관으로 하여 제작하는 적외선 영상 감지소자에 대한 자세한 설명을 IV.2절로, 그리고 InSb(III-V compound)와 HgCdTe(II-VI compound)을 기관으로 하여 제작하는 소자는 IV.3 및 IV.4에서 설명을 하기로 한다.

적외선 영상 감지소자는 측정 가능한 적외선 파장 범위에 따라 SWIR(short wavelength infrared ray; 1-3 um)용 적외선 영상 감지소자와 MWIR(medium wavelength infrared ray; 3-5 um)용 적외선 영상 감지소자로 나누며 FPA(focal plane array)의 형태에 따라 한줄로 적외선 감지소자를 늘어놓은 line sensor와 이차원 retina 구조를 갖는 area sensor로 나눌 수 있다.

2. 실리콘 적외선 영상 감지소자

Silicide schottky barrier를 이용하여 적외선을 감지할 수 있다는 이론이 1973년에 shepherd와 Yang 씨에 의해 제안된 이래 실리콘을 기관으로 하는 적외선 영상 감지소자의 적외선 감지 array로 silicide Schottky diode array가 사용되어 왔다. 그러나 Silicide Schottky barrier diode의 양자효율이 낮기 때문에 이를 개선하기 위한 소자의 구조 및 silicide의 두께에 따른 양자효율의 지가에 대한 연구의 진행으로 현재는 1-2um의 파장범위에서 약 10%의 양자효율을 갖는

적외선 영상 감지소자의 제작이 가능하게 되었다.

적외선 영상 감지소자의 동작원리 및 구조 등에 대해 알아보고 제작된 감지소자에 대한 간단한 소개를 한다. 실리콘을 기판으로 하여 제작된 적외선 영상 감지소자는 적외선이 소자의 후면에서 조광되는 후면 조광 방식으로 동작을 한다. 이러한 소자의 단면구조와 동작원리를 그림19에 도시하였다. 실리콘의 bandgap 보다 작은 광자에너지를 갖는 적외선은 실리콘을 통해 silicide까지 도달하게 되고 silicide에 흡수가 된다. 이때 흡수된 광자에 의해 Schottky 접합 부분에서 carrier가 여기되며 여기된 carrier 중의 일부가 Schottky 장벽을 넘어서 반도체내에서 광전류를 형성하게 된다.

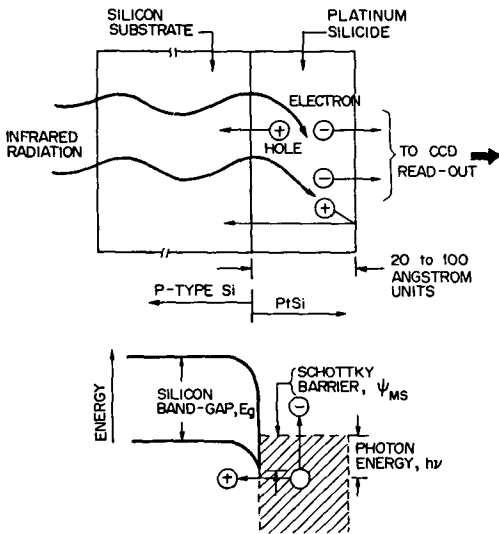


그림19. 실리콘 적외선 영상 감지소자의 단면구조 및 동작원리

이와같이 동작하는 적외선 영상 감지소자의 양자효율을 높이기 위해서는 silicide에서의 적외선 흡수량을 늘려야 하고 또한 입사된 광자에 의해 여기된 carrier가 silicide 내에서의 산란에 의해 여기에너지가 Schottky barrier 에너지보다 작아지기 전에 실리콘으로 넘어가야 한다. 이러한 점을 고려한 적외선 영상 감지소자의 구조가 그림20에 나타내져 있다.⁴³⁾ 그림19에서 알 수 있듯이 실리콘쪽으로 전공이 넘어가게 되면 silicide에는 negative charge가 축적되며 silicide와는 ohmic으로 접촉되어 있는 guard-ring 과

transfer gate에 의해 silicide에 축적되어 있던 전자는 vertical shift register로 옮겨지게 되고 horizontal shift register에 의해 serial하게 감지된다(그림 21 참조).

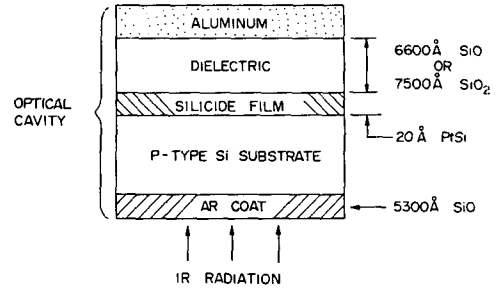


그림20. 양자효율을 높이기위한 감지소자의 구조

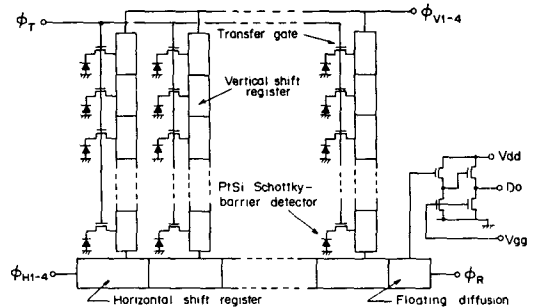


그림21. 이차원 적외선 영상 감지소자의 block diagram

한편, 적외선 영상 감지 system은 적외선을 소자에 집속시켜 주는 적외선 렌즈, 소자를 액체질소 온도에서 동작시키기 위한 Dewar, timing 및 driver 회로와 display용 CRT 등으로 구성된다. 적외선 영상 감지소자의 Schottky 장벽 에너지는 매우 작기 때문에 상온에서 소자를 동작시키면 thermally generate되는 carrier에 의한 효과에 의해 적외선 감지가 어렵게 되므로 액체 질소 온도에서 소자를 동작시킨다.

SWIR용 적외선 영상 감지소자는 Schottky 장벽 에너지가 약 0.34 eV인 palladium silicide schottky diode에 의해 적외선을 감지하며 소자동작 온도는 100°K~120°K이다.⁴⁴⁾

한편, MWIR용으로는 platinum silicide Schottky diode에서 적외선을 감지하게 되며 schottky 장벽 에너지는 약 0.24eV 정도이다.^{45,46)}

적외선 영상 감지소자중 가장 화소가 많은 소자는 1983년 Mitsubishi사에서 제작한 256×256IT(Inter-

line-transfer) 방식의 소자이며 2 μ m의 design rule에 의해 제작되었다.⁴⁷⁾

한편, line sensor type의 적외선 영상 감지소자로는 512 \times 2 화소를 갖는 SWIR용 감지소자이다. 이 감지소자로 얻은 적외선 영상을 그림22에 실었다.⁴⁸⁾



그림22. 512 \times 2 화소의 line sensor에서 얻은 적외선 영상

3. InSb 적외선 영상 감지소자

CID(charge injection device) 기술로 bandgap 에너지가 작은 InSb로 적외선 영상 감지소자를 만들려는 노력이 1978년 부터 시작된 이래 128 \times 128 InSb CID array까지 제작이 되었다.⁴⁹⁾ CID detector는 MIS capacitor를 depletion/inversion이 되게끔 bias를 가해주어 potential well을 만든후 입사된 적외선에 의해 photogenerated된 전하를 축적하였다가 injection에 의해 축적된 전하를 감지하는 방식의 소자를 말한다. 이때 적외선은 소자의 앞쪽에서 조광된다.

이러한 방식으로 동작되는 적외선 영상 감지소자에서 감지된 신호를 readout하는 방식은 ideal mode, conventional charge sharing mode 그리고 SRI (sequential row injection)의 3가지가 있는데 readout 방식에 의해 CID의 구조등이 변하게 된다.⁴⁹⁾ 여기서는 SRI readout 방식의 CID 구조 및 제작에 대해 간략하게 알아본다.

SRI 방식으로 동작되는 소자의 block diagram과 MIS의 potential well을 그림23에 나타내었다. Column과 row MIS array로 구성된 적외선 영상 감지소자

에 row select pulse가 가해지게 되면 column과 row potential well에 축적된 charge에 의해 column voltage가 변하게 된다. 즉 row에서 inject된 charge에 의해 column voltage가 변하므로 inject pulse가 가해지기 전후의 column voltage를 sampling하여 적외선 신호를 읽게 된다. 그림24에서 CID cell의 단면구조와 위에서 본 cell의 구조를 알 수 있는데 gate corner에서의 전장이 크기 때문에 이를 줄이기 위해 보통 둥글게 만든다. 그리고 row gate와 column gate를 중첩시켜 charge transfer barrier 효과가 안 일어나게 한다. 이는 CCD에서 gate overlap을 하는 이유와 같다.

Doping density가 1E14~1E15/cm인 n형 InSb substrate위에 낮은온도(<200 C)에서 CVD oxide를 증착한 후에 얇은 Cr film(<10nm)를 증착후에 column과 fieldplate pattern을 만든다. 다시 CVD oxide와 Cr film을 증착 시킨후에 row gate를 define하여 그림24와 같은 CID cell 구조를 만든다. 적외선이 Cr film을 통과하여 InSb에서 charge를 생성하게 하기 위해 anti-reflection coating을 전면에 해야하며 Cr-film도 얇게 증착시켜야 한다.

보통 InSb 적외선 영상 감지소자는 output Amp.를 실리콘에 제작하여 InSb CID array와 hybrid로 구성된다.

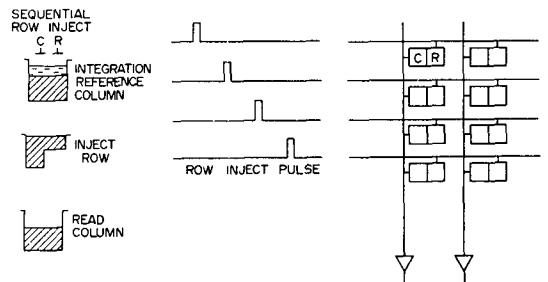


그림23. SRI readout 방식인 InSb CID의 block diagram과 inject pulse에 따른 MIS의 potential well 모양

4. HgCdTe 적외선 영상 감지소자

II-VI compound인 HgCdTe를 기반으로 하는 적외선 영상 감지소자는 앞절에서의 InSb 적외선 영상 감지소자가 실리콘과의 hybrid 형태인 반면에 monolithic으로 만드는 단계까지 연구가 진행되어 있다.

HgCdTe에 MOS를 제작하려는 연구에 n-type 기판을 사용하였는데 여기에는 몇가지 이유가 있었다.^{50,51)}

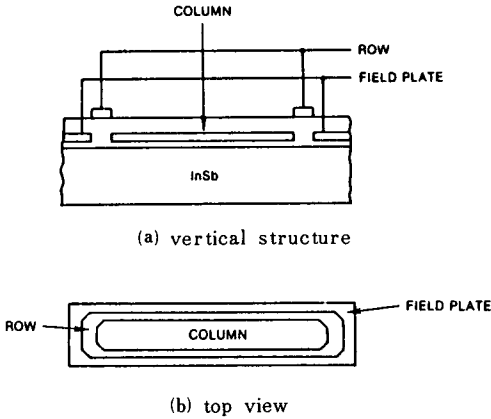


그림24. InSb CID cell 구조

그러나 n⁻ type HgCdTe에 안정된 p⁺-n 접합을 형성할 수 없었다. 한편, p⁻ type HgCdTe에 boron을 implant 하게되면 비교적 안정한 n⁺-p 접합을 만들 수 있어 CCD 뿐만 아니라 CCD 출력회로의 reset transistor 나 output amplifier까지 제작이 가능하여 적외선 영상 감지소자를 on-chip에 제작이 가능하게 되었다.

HgCdTe 적외선 영상 감지소자는 InSb CID 소자와 같은 방식으로 동작하는 것도 있지만 CCD를 이용한 소자도 있다. 4-phase CCD로 동작하는 HgCdTe 적외선 영상 감지소자의 layout과 unit cell의 schematic diagram을 그림25에 실었다.

MIS의 potential well에 축적된 전하를 transfer gate에 의해 CCD로 보내고 clocking에 의해 차례로 감지한 신호를 CCD 출력에서 뽑아낸다.

HgCdTe 적외선 영상 감지소자는 다음과 같은 공정으로 제작된다. CdTe 기판에 VTIE(vapor-transport-interdiffusion epitaxy) 방법으로 HgCdTe epitaxial layer를 성장 시킨다.¹⁵²⁾

Gate insulator로는 photochemically vapor-deposited silicon dioxide가 사용되며 n⁺p diode는 boron을 implant하여 형성한다. 한편, MIS photodetector의 gate로는 6nm정도의 두께를 갖는 titanium을 사용하며 CCD gate와 metal field-plate channel stop으로는 titanium, nickel 그리고 gold를 thermal evaporation하여 형성 시킨다.¹⁵³⁾

HgCdTe 적외선 감지소자는 InSb 적외선 영상 감지소자와 마찬가지로 전면조광 방식이므로 입사된 적외선은 얇은 titanium으로 되어있는 MIS gate를 통과하여 HgCdTe 기판의 potential well 내에서 carrier

를 생성시키지만 CCD나 channel stop 부분은 두꺼운 metal로 되어 있어 적외선이 통과를 못하게 된다. 한편, 동작 온도는 InSb나 실리콘 적외선 영상 감지소자와 마찬가지로 낮은 온도(77°K~120°K)이다.

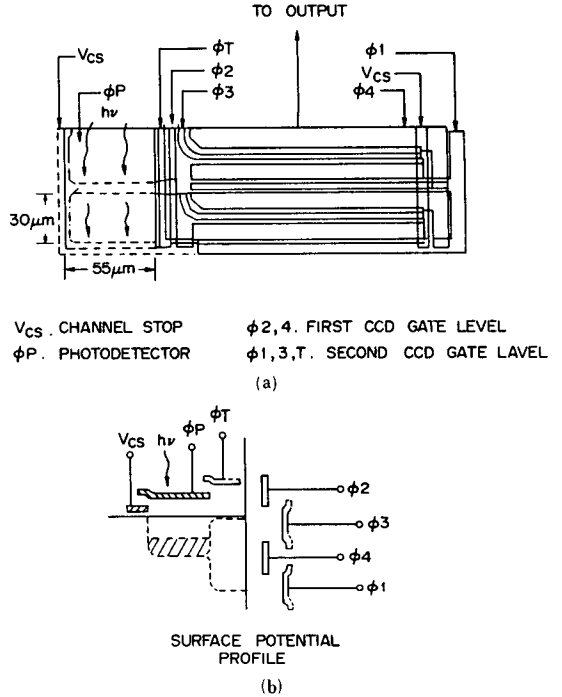


그림25. HgCdTe 적외선 영상 감지소자의 layout 및 unit cell의 schematic diagram

V. 結 論

이상에서 현재 여러나라에서 발전되고 있는 영상 감지 소자에 대하여 알아 보았다. 우리나라에서는 영상 감지 소자에 관한 관심이 거의 없는 상태였으나 지난 몇년 동안에 VTR이 많이 보급됨에 따라 가정용 video camera에 대한 수요를 예상할 수 있게 되었고 이에 따라서 영상 감지소자에 관심을 갖기 시작하게 되었다.

그러나 영상 감지 소자는 산업계, 국방에서도 매우 중요한 위치를 차지하고 있고 앞으로 이러한 응용 분야가 많이 개발 될 것으로 보이므로 영상 감지 소자의 국내 생산도 그리 먼 일은 아닌 것으로 예상된다. 더구나 고체 영상 감지 소자의 제조 공정이 DRAM의 제조 공정과 매우 유사하다는 사실과 우리나라의 DRAM 제조 기술이 최근 급격히 발전하고 있는 점을 생각하

면 국내에서의 영상 감지 소자 분야가 앞으로 크게 발전 할 수 있는 가능성이 충분히 있다고 보인다.

参 考 文 献

- [1] Walter F. Kosonocky, "Visible and infrared solid state image sensor," 1983 IEDM, pp. 1-7.
- [2] G. Weckler, "Operation of p-n junction photodetectors in a photon flux integrating mode," *IEEE J. Solid State Circuits*, vol. SC-2, pp. 65-73, 1967.
- [3] R. Dyck and G. Weckler, "A New self-scanned photodiode array," *Solid State Technology*, pp. 37-42, July, 1971.
- [4] W.S. Boyle and G.E. Smith, "Charge coupled semiconductor devices," *Bell System Tech. J.*, vol. 49, pp. 587, April, 1970.
- [5] W.F. Kosonocky, et al, "Design and performance of 64×128 element PtSi Schottky-barrier infrared charge-coupled device (IR-CCD) focal plane array," *Proc. SPIE* vol. 344, p. 66, 1982.
- [6] M.C. Peckerar, et al, "Deep depletion charge-coupled devices for X-Ray and IR applications," *IEDM Tech. Digest*, pp. 144-146, 1979
- [7] R.A. Chapman, S.R. Borrello, A. Simmons, J.D. Beck, A.J. Lewis, M.A. Kinch, J. Hyneczek, and C.G. Roberts, "Mono-Lithic HgCdTe charge transfer device infrared imaging arrays," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-27, pp. 134-145, 1980.
- [8] M.D. Gibbons, J.M. Swab, W.E. Davern, and R.W. Aldrich, "Performance efficiency of InSb charge injection devices (CID)," *SPIE Proc.*, vol. 203, pp. 158-165, 1979.
- [9] M. Aoki et al, "2/3 Format MOS single-chip color imager," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-29, pp. 745-750, April, 1982.
- [10] C. Sequin and M. Tompsett, "Charge-coupled devices," *Adv. Electron Phys.*, Suppl. 8, 1975.
- [11] A. Furukawa et al, "An interline transfer CCD for a single sensor 2/3" color camera," 1980 *IEDM Tech. Digest*, pp. 346-348.
- [12] S. Terakawa, et al, "A New organization area image sensor with CCD readout through charge priming transfer," *IEEE Electron Device Letters*, vol. EDL-1, pp. 86-88, May, 1980.
- [13] G.A. Beck et al, "High-density frame transfer image sensor," 1982 *Solid-State Device Conf. Proc.*, 1983 JAP, vol. 72, Supl. 22-1, pp. 109-112.
- [14] Technical Data Sheets on RL4096 of EG & G Reticon and CD151 of Fairchild.
- [15] M.G. Farrier and R.H. Dyck, "A large area TDL image sensor for low light level imaging," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-27, pp. 1688-1693, August, 1980.
- [16] T. Tsukada, et al, "Solid-state color imager using an a-Si:H photoconductive film," 1981 *IEDM Tech. Digest*, pp. 479-482.
- [17] L. Yuzuki, N. Kadekodi, A. Clapthor, A. Elhatem, J. Tandon, and A. Ibrahim, "A 5732-Element Linear CCD Image Sensor," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, pp. 1541-1546, 1985.
- [18] M.J.H. Van de Steeg, H.L. Peek, J.G.C. Bakker, J.A. Pals, B.G.M.H. Dillen, and J.M.A.M. Oppers, "A Frame-Transfer CCD Color Imager with Vertical Antiblooming," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, pp. 1430-1439, 1985.
- [19] T. Lee, et al, "A Novel Solid-State Image Sensor for Image Recording at 2,000 Frames per Second," 1981 *IEDM Tech. Digest*, pp. 475-478.
- [20] T. Chikamura, T. Komeda, D. Ishiko, M. Yoshino, M. Nakayama, K. Yano, Y. Aoki, A. Ueno, T. Yamada, and T. Ishihara, "A 1/2-in CCD Image Sensor Overlaid with a Hydrogenated Amorphous Silicon," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, pp. 1495-1499, 1985.
- [21] S. Terakawa, T. Yamada, K. Senda, I. Murozono, Y. Hiroshima, K. Horii, and T. Takamura, "Solid state CPD image sensor for single-chip color cameras," *Nat. Tech. Rep. Japan*, vol. 28, no. 2, pp. 276-286, 1982.
- [22] M. Aoki, "2/3 inch format MOS single-chip color imager," in *ISSCC Dig. Tech. Papers*, pp. 26-27, 1980.

- [23] I. Takemoto, "Spectral response of a solid state imager for a single chip color camera," in *Nat. Conv. Rec. Inst. TV Eng. Japan*, pp. 37-38, July, 1979.
- [24] C. Anagnostopoulos, et al, "Thin Polysilicon Gate Electrodes for Frontside-Illuminated CCD Imagers," 1980 *Custom Integrated Circuits Conf. Proc.*, pp. 78-81, May, 1980.
- [25] M. Nakai, "A MOS imager for a black and white camera," in *Nat. Conv. Rec. Inst. TV Eng. Japan*. pp. 31-32, July, 1979.
- [26] W.F. Kosonocky, et al, "Control of Blooming in Charge-Coupled Imagers," *RCA Review*, vol. 35, pp. 3-24, March, 1974.
- [27] C.H. Sequin, "Interlacing in Charge-Coupled Imaging Devices," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-20, p. 535, June, 1973.
- [28] Y. Ishihara, "Interline CCD image sensor with an anti-blooming structure," in *ISSCC Dig. Tech. Papers*, pp. 168-169, Feb., 1982.
- [29] S. Ohba, "Smear noise for MOS imaging device," in *Conf. Dig. Tech. Papers Inst. Elec. Commun. Eng. Japan*. p. 177, Sept., 1983.
- [30] M. H. White, et al, "Characterization of Surface Channel CCD Image Arrays at Low Light Levels," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. SC-9, pp. 1-12, February, 1974.
- [31] N. Koike et al., "An NPN structure 484×384 MOS imager for a single-chip color camera," in *ISSCC Dig. Tech. Papers*, pp. 192-193, Feb., 1979.
- [32] T. Watanabe, et al, *A CCD Color Separation for IC for Single-Chip Color Imagers*, Int. Conf. on Custom Integrated Circuits, Rochester, NY, May, 1983.
- [33] N. Koike, "Design consideration and performance of an n-p-n structure 484×384 element color MOS imager," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-27, pp. 1676-1681, 1980.
- [34] Y. Hamakawa *Amorphous Semiconductor Techniques & Devices*, Japan Annual Reviews in Electronics, Computer & Telecommunications, OHMSHA, LTD, and North-Holland Pub. Co. 1982.
- [35] K. Watanabe, "The reduction of defects in image sensors by the intrinsic gettering effect," in *J. Appl. Phys.*, p. 770, Oct., 1981.
- [36] S. Terakawa, T. Kozono, Y. Matsuda, K. Senda, T. Yamada, I. Murozono, Y. Hiroshima, K. Horii, T. Takamura, T. Kunii, and H. Mizuno, "A CPD Image Sensor with Buride-Channel Priming Couplers," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, pp. 1490-1495, 1985.
- [37] M. Nakai, H. Ono, K. Watanabe, M. Ozawa, T. Nagano, and I. Takemoto, "Si Substrate for Solid-State Color imagers," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, pp. 1480-1483, 1985.
- [38] H. Ando, S. Ohba, M. Nakai, T. Ozaki, N. Ozawa, K. Ikeda, T. Masuhara, T. Imaide, I. Takemoto, T. Suzuki, and T. Fujita, "Design Consideration and Performance of a New MOS Imaging Device," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, pp. 1484-1489, 1985.
- [40] W.C McColgin and C.V. Stancampiano, "Analysis and Measurement of Pattern Noise in Color-Filter Arrays for Image Sensor," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, pp. 1411-1417, 1985.
- [40] S. Plussin, "Role of sequential annealing, oxidation, and diffusion, upon defect generation in ion-implantation silicon surfaces," *J. Appl. Phys.*, vol. 45, no. 4, Apr., 1974.
- [41] S. Ohba, M. Nakai, H. Ando, K. Takahashi, M. Masuda, I. Takemoto, and T. Fujita, "Vertical Smear Noise Model for MOS Type Color imager," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, pp. 1407-1410, 1985.
- [42] K.A. Parulski, "Color Filters and Processing Alternatives for One-Chip Camera," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, pp. 1381-1389, 1985.
- [43] H. Elabd and W.F. Kosonocky, "Theory and measurements of photoresponse of thin film and Pd₂Si and PtSi Schottky-barrier detectors with optical cavity," *RCA Review*, vol. 43, pp. 569-589, Dec., 1982.
- [44] H. Elabd, T. Villani, and W.F. Kosonocky, "Palladium-silicide Schottky-barrier IR-

CCD for SWIR applications at intermediate temperatures," *IEEE Trans. Electron Devices Lett.* vol. EDL-3, pp. 89-90, Apr., 1981.

[45] M. Kimata, et al, "Platinum silicide Schottky-barrier IR-CCD image sensors," *J. Proc. 13th Conf. Solid State Devices*, (Tokyo, Japan), pp. 231-235, 1981.

[46] R.W. Taylor, et al, "Improved platinum silicide IR-CCD focal plane," *SPIE's Tech. Symp. Los Angeles, CA, Feb. 4-5, 1980.*

[47] M. Kimata, et al, "A 526 × 256 element Si monolithic IR-CCD imager," *ISSCC Dig. Tech. Papers*, pp. 254-255, 1983.

[48] J.R. Tower, et al, "Shortwave infrared 512 × 2 Line sensor for earth resources applications," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, No. 8, pp. 1574-1583, August, 1985.

[49] M.D. Gibbons and S.C.H. Wang, "Status of CID InSb detector technology," *SPIE Proc.*, vol. 443, pp. 151-166, 1983.

[50] A. Lewis and G.C. Roberts, "Long wavelength charge injection devices on HgCdTe," *IEDM Tech. Dig.*, pp. 177-181, Dec., 1981.

[51] M.H. Kalisher and P.E. Herning, "Elemental multiple-source vapor-transport-interdiffusion epitaxy of HgCdTe," *Proc. Electron, Mater, Conf.*, June 20-22, 1984.

[52] T.L. Koch et al, "Monolithic n-channel HgCdTe Linear linear imaging arrays," *IEEE Trans. Electron Devices*, vol. ED-32, no. 8, pp. 1592-1598, Aug., 1985.*

♣ 안 내 ♣

* 本學會의 論文 掲載料 引上을 다음과 같이 알려드립니다.

(1986년 4월 1일 이후 접수논문부터 적용)

가. 논문게재료

단위 : 원

		현행	개정	비고
• 심사료		12,000	20,000	심사비 7,000
• 게재료 : 자비		24,000	30,000	
: 연구지원		48,000	60,000	
계	자비	36,000	50,000	
	연구지원	60,000	80,000	

나. 초과면당 실비

현행 : 28,000원

개정 : 30,000원 (긴급게재료도 동일)