논문 2004-41SD-9-7

선형 중·원적외선 이중대역 동시 검출기배열을 위한 신호취득회로의 설계

(Design of readout circuit for linear two-color infrared detector array)

김 철 범*, 우 두 형*, 강 상 구*, 이 희 철**

(Chul-Bum Kim, Doo-Hyung Woo, Sang-Gu Kang, and Hee-Chul Lee)

요 약

HgCdTe 64×2 중원적외선 이중대역 동시검출기를 위한 포화전류차단 회로를 갖는 BDI입력방식의 신호취득회로(ROIC)를 설계하였다. 제안된 포화차단 회로를 통해서 중적외선 신호가 포화되면 원적외선 신호도 왜곡이 일어나던 기존의 문제점을 해결함으로써 120K정도 더 넓은 온도 영역의 물체까지 측정할 수 있는 범위를 확보하고 중적외선 검출기에서 발생하는 dead pixel에 의해 원적외선 검출기의 성능은 영향받지 않는 특성을 보였다. 회로 제작에 사용한 공정은 0.6um 2-poly 3-metal Hynix CMOS 공정이었다. 측정결과 중적외선 신호와 원적외선 신호가 동시에 처리되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 측정된 잡음의 크기는 상온에서 53uV로서 동작온도 77K의 값으로 환산시켜 보았을 때 27uV로 ROIC의 특성이95% BLIP 조건을 만족함을 알 수 있었다.

Abstract

A new readout circuit(ROIC) for linear HgCdTe 64×2 two-color Infrared (IR) detector is described. This circuit is based on the buffered direct injection(BDI) technology with high injection efficiency. By using saturation current isolation circuit, the proposed ROIC removed the problems that LWIR(Long Wavelength InfraRed) signal distort when MWIR(Middle Wavelength InfraRed) signal saturates so that new ROIC has larger measurable temperature range about 120K than that of previous circuit and it is also tolerant for dead pixel in MWIR detector. The designed circuit was fabricated using0.6um 2-poly 3-metal CMOS process. We measured that the designed circuit outputs MWIR signal and LWIR signal simultaneously and saturation current isolationcircuit also operates well. Next, measured noise was about 53uV at room temperature and it can be assumed that designed circuit can satisfy nearly 95% BLIP condition at 77K.

Keywords: dualband, IR, readout, measurable range, dead pixel

I. 서 론

적외선 소자는 주로 군사적 목적으로 이용되며 많은 발전을 이루어 왔다. 일반적으로 많이 사용되는 야간탐지 목적외에도 미사일 탐색기(missile seeker), 위성용 감시장치 등의 목적으로도 많이 사용된다.

적외선은 대기투과도가 높은 3~5μm대역을 중적외선(MWIR), 8~12μm 대역을 원적외선(LWIR) 영역으로 나뉘며, 고온(700~800K)의 물체는 주로 중적외선을 방출하고 저온 (250~350K)의 물체는 주로 원적외선을 방출하게 된다. 따라서, 관찰하는 물체의 온도에 따라 방출되는 적외선 파장이 달라진다.

한편, 적외선 검출기는 크게 광자형 검출기(photon detector)와 열형 검출기 (thermal detector)로 구분하며, 광자형 검출기는 감지도가 우수한 장점이 있고 파장에 따라 선택적인 특성을 갖는 반면 열형 검출기는 감지도는 광자형 검출기보다 낮지만 주파수에 선택적인 특성을 보이지 않고 낮은 가격에 제작할 수 있다는 장점이 있다.[1]

최근에는 이중대역(two-color) 동시검출기에 대한 연

* 학생회원, ** 정회원, 한국과학기술원 전자전산학과
(Dept. of Electrical Engineering & Computer Science, KAIST)
접수일자: 2004년3월17일, 수정완료일: 2004년8월26일

구가 활발히 진행되고 있다. 이중대역 동시검출기는 중적외선 대역을 감지하는 검출기와 원적외선 대역을 감지하는 검출기를 차례로 쌓아 제작하는 형태로 동시에 두 대역의 신호를 얻는 검출기이다. HgCdTe물질을 이용한 검출기와 QWIP(Quantum Well Infrared Photode-tector)을 이용한 방식이 보고되고 있다.[3] 이와 같은 다중대역 동시검출기를 사용하게 되면 물체의 정확한 온도를 알 수 있을 뿐 아니라 두가지 대역의 신호를 처리함으로써 목표물과 방해물을 정확히 구별하여 인식하는 응용에 사용될 수 있다.[2] 예를 들면, 유도탄의 탐색기처럼 미사일과 미사일로부터 발사되는 플레어(flair)를 구분해 내는 데 사용될 수 있다. 이와 같이 이중대역 검출기를 이용하여 다양한 영상처리를 구현한 회로가 보고되고 있다.[4]

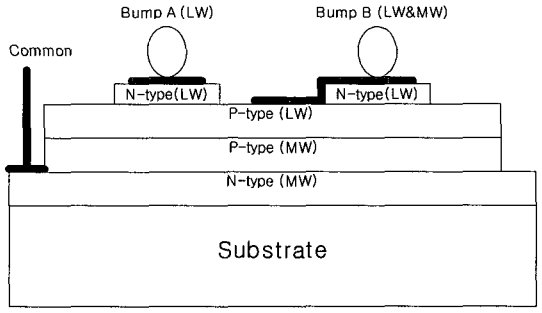
본 연구에서는 HgCdTe물질을 이용한 선형 64×2 이중대역 검출기를 위하여 신호취득회로를 설계하였고 포화전류차단 회로를 추가하여 동시검출기가 측정 가능한 온도 범위를 늘리는 효과를 얻고 동시에, 중적외선 검출기의 dead-pixel로부터 원적외선 검출기의 성능을 보호하는 효과를 얻을 수 있었다.

II. 중원적외선 이중대역 동시검출기를 위한 회로 설계

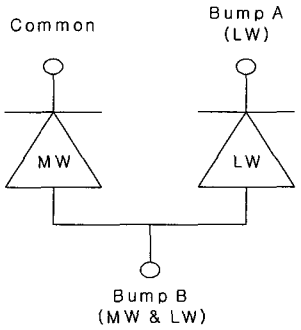
일반적으로 제작되는 HgCdTe물질을 이용한 중원적외선 이중대역 동시검출기는 기판으로부터 적외선이 입사되고 상대적으로 파장이 짧은 중적외선 검출기 위에 원적외선 검출기를 쌓아서 제작하는 것이 일반적인 방법이다. 왜냐하면, 중적외선 검출기는 원적외선을 통과시키는 필터 역할을 하기 때문이다. 일반적으로 기판위에 p-type MW layer, n-type LW layer, n-type MW layer, p-type LW layer의 순서대로 성장된 PNnp 형태의 2-color적외선 검출기가 보고된다.[5],[6]

본 연구에서 목표로 하는 중원적외선 이중대역 동시검출기는 NPpn 형태의 2-color검출기로서 그 구조와 등가 회로를 그림 1에 나타내었다.

위의 구조에서 알 수 있듯이 Bump A로부터는 원적외선 신호가 출력되고, Bump B로부터는 중적외선 신호와 원적외선 신호가 더해져서 출력된다. 따라서, 이러한 구조의 검출기를 사용하면 동시에 중적외선 신호와 원적외선 신호를 읽어낼 수 있게 된다. 이러한 구조의 동시검출기에 적합한 회로구조로써 BDI (Buffered Direct Injection)입력 방식을 사용한 회로가 알려져 있다.[7],[8]



(a)



(b)

그림 1. 중원적외선 이중대역 동시검출기의 (a) 소자 구조 (b) 전기적 등가회로

Fig. 1. (a) Structure of MWIR & LWIR 2 color detector (b) Equivalent circuit.

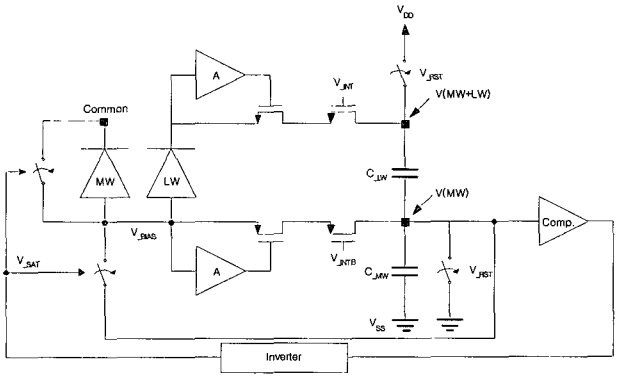


그림 2. BDI를 사용한 2-color 동시검출기 신호취득회로

Fig. 2. Readout circuit using BDI for two-color IR detector.

그림 2에 위 구조의 회로를 나타내었다.

그림 2의 회로는 BDI입력방식을 선정함으로써 검출기에 안정적인 바이어스를 가해줄 수 있고, 입력저항이 작아서 주입효율이 높은 장점이 있다.[8] 또한, 콘덴서로 루프를 형성시킴으로써 원적외선 신호전류 성분만 루프를 돌면서 콘덴서 C_{LW} 를 discharging시키고, 중적외선 신호전류는 그라운드에 묶인 콘덴서 C_{MW} 를charging 시킴으로써 간단하게 중적외선 신호와 원적외선 신호가 합해진 신호로부터 둘을 분리해 낼 수 있다. 그러나, 이

와 같은 구조에서는 중적외선 신호가 적분시간 내에 포화될 경우 루프가 끊어져서 회로가 동작하지 않음으로써 원적외선 신호도 얻을 수 없게 된다, 따라서 이러한 문제를 해결하기 위한 포화전류차단 회로가 필요하게 된다.

Ⅲ. 포화전류차단 회로를 포함한 신호취득 회로의 설계 및 잡음 분석

위에서 제안되었던 회로의 문제점을 살펴보기 위해서 중적외선 신호와 원적외선 신호가 각각 포화되었을 때 회로의 동작이 어떻게 변하는지에 대해서 살펴보고 문제점을 해결하기 위한 포화전류차단 회로의 설계방법과 잡음 분석 결과를 살펴보도록 하자.

우선, 원적외선 신호가 포화되었다고 가정하였을 때의 동작을 살펴보면, pre-charging되어 있던 C_{LW} 의 전하가 빠져나가다가 원적외선 신호전류를 흘려주던 경로를 제공하던 NMOS의 소스-드레인 전압(VDS)이 0V가 될때까지 콘덴서의 전압이 감소하게 된다. 전류 경로를 제공하던 NMOS가 꺼지면 원적외선 검출기는 전류를 흘러줄 경로가 존재하지 않으므로 전류를 발생시키지 못하게 된다. 하지만, 끊어지는 전류경로가 중적외선 신호 전류경로와는 무관하므로, 원적외선 신호가 포화되어도 중적외선 신호에 영향을 끼치지는 못한다. 비슷한 방법으로 중적외선 신호가 포화되었을 때를 가정하면, 초기에 완전히 방전되어 있던 C_{MW} 에 신호가 charging되다가 마찬가지로 경로를 형성시키고 있는 PMOS의 소스-드레인(VDS)가 0이 될때까지 콘덴서의 전압이 증가하게 된다. PMOS가 꺼지면, 중원적외선 신호 모두 흘러갈 신호경로가 끊어지게 되고, 따라서 중적외선 신호가 포화되면 중적외선 신호뿐 아니라, 원적외선 신호도 더 이상 integration이 되지 않는 문제가 발생한다. 그림 3에 중적외선 신호의 포화로 인해 원적외선 신호가 왜곡되는 현상을 시뮬레이션한 결과를 나타내었다.

따라서, 중적외선 신호에 대해서는 회로의 최대 스윙을 고려한 기준 전압을 두고 신호가 포화되는지를 감지하여 포화되면 중적외선 신호를 회로내로 흘리지 않고 bypass시키는 방법을 추가하여 신호취득회로를 설계하는 것이 필요하다.

그림 4에 포화전류차단회로를 추가한 신호취득회로를 나타내었다. 우선, 중적외선 신호의 포화 level을 비교기를 통해 감지한다. 비교기의 기준 전압은 그림 4의

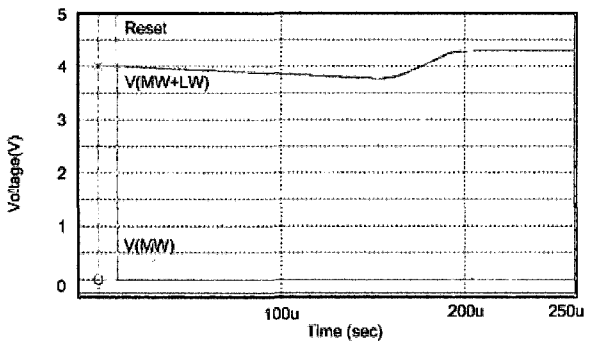


그림 3. 중적외선 신호가 포화되었을 때 출력
Fig. 3. Output voltage when the MWIR signal saturates.

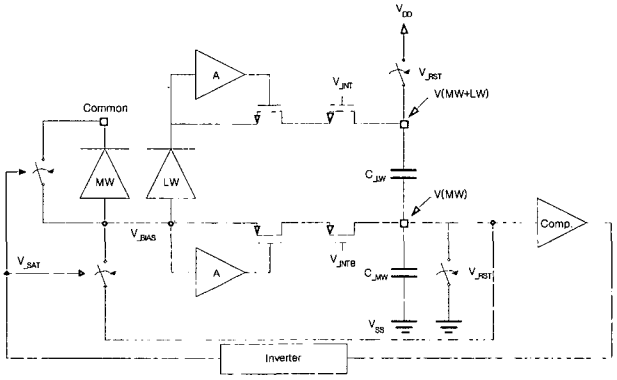


그림 4. 포화전류차단회로를 포함한 신호취득회로
Fig. 4. Readout circuit with the saturation prevention circuit.

V_{BIAS}값을 사용한다. 이유는 일반적으로 제작되는 HgCdTe물질의 다이오드는 영바이어스 점 혹은 약한 역바이어스에서 동작시키게 된다. 따라서 검출기의 바이어스 값인 V_{BIAS}값을 비교기의 기준 전압 입력으로 주어서 중적외선 신호가 포화전압을 넘어서는지를 감지할 수 있다. 한편, V_{MW} 이 V_{BIAS} 을 넘어서면 V_{MW}전압을 V_{BIAS} 으로 고정시켜 주어야한다. 만약 V_{MW} 이 V_{BIAS} 을 넘어서게 되면 꺼졌던 MOS는 역방향으로 켜지고 V_{MW} 이 V_{BIAS} 보다 작아지게 되고 비교기의 출력이 다시 천이된다. 그러므로 비교기가 적분시간동안 계속 꺼졌다 켜졌다를 반복하게 되고 이는 원적외선 전압에도 영향을 끼치게 된다. 따라서 비교기내에 100mV 정도의 offset을 의도적으로 만들어 주어서 V_{MW}의 전압이 V_{BIAS} 의 전압보다 커지기 전에 포화된 중적외선 전류를 차단하고 V_{MW} 를 V_{BIAS}값으로 고정시켜 주도록 한다. 또한 제안된 회로에서 필요한 비교기는 클럭을 사용하는 방법으로 구현하게 되면 매우 빠른 클럭신호가 필요하게 되므로 아래의 그림 5와 같은 구조로 연속적으로 포화 level을 감지할 수 있는 구조로 설계하였다.

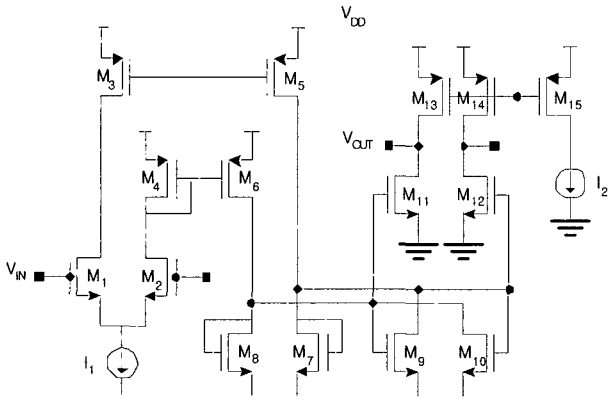


그림 5. 설계한 비교기
Fig. 5. Designed comparator.

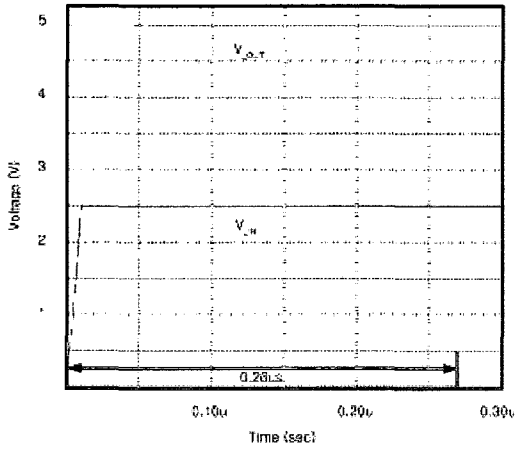


그림 6. 비교기의 시뮬레이션 결과
Fig. 6. Simulation result of the comparator.

M_1의 입력으로 $V_{_MW}$ 를 연결하고 M2의 입력으로 $V_{_BIAS}$를 연결하였다. 따라서, M_4의 W/L비를 M_3의 W/L비보다 작게 조정함으로써 비교기의 offset을 100mV 정도로 얻을 수 있었다.

출력단의 구조를 살펴보면 I_2를 통해서 출력 전압이 pre-charging되어 있다가 M_7~M_{10}으로 구성되어 있는 latch가 동작하게 되면 빠른속도로 출력전압이 떨어지게 된다. 따라서 위 구조에서는 falling time은 빠르지만 rising time은 느리다. 따라서 포화 level을 넘을 때 high신호를 내는 출력을 얻기 위해서는 비교기의 출력 전압에 inverter하나를 통과시켜야 한다.

그림 6은 기준 전압(Reference Voltage)을 2.5V로 하였을때의 시뮬레이션 결과이다.

위 시뮬레이션을 통해 설계한 비교기의 응답속도는 0.26μs를 얻었고, 주어진 콘덴서 용량인 2.5pF을 감안하였을 때 중적외선 신호가 상온의 신호보다20배 정도 커졌을 때까지 포화 level을 감지할 수 있을만큼 충분히 빠른 속도로 설계되었다.

다음으로 비교기를 통해 생성된 $V_{_SAT}$신호가 중적외선 검출기 양단을 단락시켜 생성된 전류를 bypass시켜서 common 단자를 통해 포화 전류를 외부 전압원으로 흘려 보내게 된다. 또한, 끊어진 경로외에 추가적인 전류 경로를 만들어주기 위해서 원적외선 전류가 흐를 수 있게 하는 새로운 경로를 $V_{_SAT}$ 신호에 동작하는 스위치를 통해 만들어주게 된다.

또한, 그림 4에서 확인할 수 있듯이 $V_{_INT}$, $V_{_INTB}$ 신호에 동작하는 유닛 셀의 적분 시간을 조절할 수 있는 스위치를 회로 내에 두어 광량에 따라 적분시간을 달리 할 수 있도록 설계하였다. 구현된 회로에서 적분시간은 최대250μs최소 100μs에서 동작할 수 있다. 적분시간을 100μs로 동작시키기 위해서는 150μs의 시간동안 64개 픽셀의 신호를 읽어내기 위해서 각각의 픽셀에 대해서 2μs내에 신호를 읽어내야 한다. 따라서 유닛셀에 사용되는 버퍼의 동작속도는 2μs보다 빨라야 한다. 위에서 설명한 포화전류차단회로와 적분시간 조절 스위치를 사용해서 측정가능한 온도범위가 크게 향상되었다. 온도에 따른 photon flux의 양을 아래의 식 (1) 을 통해 구할 수 있다.

$$Q=\frac{1}{4(F/\#)^2+1}\int_{\lambda_1}^{\lambda_2}\frac{1.885\times10^{23}}{\lambda^4\left[\exp(14388/\lambda T_B)-1\right]} \quad (1)$$

[F/#: system f number, λ: wavelength,
TB: background temperature]

다음으로 식 (2)에서 식 (1)을 통해 구해진 photon flux로부터 전류의 양을 계산할 수 있다.

$$I_{\det}=q\cdot A\cdot FF\cdot\eta\cdot Q \quad (2)$$

[q: electron charge capacity, A: detector area,
FF: fill factor, η: quantum efficiency, Q: photon flux]

회로에 사용한 콘덴서의 용량 (중적외선 콘덴서 4.5pF, 원적외선 콘덴서 18pF)을 통해 동작 가능한 온도범위를 표 1에 계산하였다.

표 1에서 알 수 있듯이 원적외선 신호의 포화없이 측정 가능한 최대온도범위는 120K정도까지 늘어나는 결과를 얻을 수 있는 것으로 계산됐다. 또한, 기존의 회로에서는 중적외선 검출기가 dead pixel이 되어 단락회로처럼 동작하게 되면 원적외선 신호는 open되어 원적외선 검출기도 dead pixel로 나타나게 된다. 그러나, 본 연구에서 제안한 포화전류 차단 회로를 사용하면, 중적외

표 1. 회로방식에 따른 측정가능한 온도 변화
Table 1. Operable temperature range for classification of circuit scheme.

	회로①	회로 ②	회로③
온도①	244K	244K	244K
온도②	323K	359K	344K
온도③	323K	359K	443K

※ 회로 ① : 기본회로, 회로 ② : 기본회로 + 적분시간 조절,
회로 ③ : 회로 ② + 포화전류차단 회로
온도 ① : 측정가능한 최소온도,
온도 ② : 중원적외선 모두 포화없이 측정가능한 최대온도,
온도③ : 원적외선의 포화없이 측정가능한 최대온도

선 검출기에서 dead pixel이 발생하더라도 원적외선 신호는 얻어낼 수 있는 효과를 얻을 수 있다.

다음으로, 회로의 잡음 성분에 대해서 살펴보기로 한다. 적용하려는 회로는 선형 검출기 배열에 사용되므로, 이차원 배열보다 면적에 제약이 덜하므로 유닛셀 버퍼를 차동증폭기로 사용하였다. 저전력을 위해 동작시간 동안에만 차동증폭기 버퍼에 전류가 가해지도록 하였다. 목표로 하는 100μm*100μm 면적의 검출기에서 발생하는 photon 잡음의 크기는 식 (3)으로부터 구할 수 있고, 중적외선 소자와 원적외선 소자에 대해서 각각139μV, 124μV로 계산되었다.

$$v_n = i_n \times \frac{1}{\sqrt{2T_{\text{int}}}} \times \frac{T_{\text{int}}}{C_{\text{int}}} \tag{3}$$

[i_n: noise current, T_{int} : integration time,
C_{int} : integration capacitance]

그러므로 95% BLIP (Background Limited Infrared Photodetector) 조건을 만족시키기 위해서는 회로 전체의 잡음은 28.5μV보다 작아야 함을 알 수 있었다. 시뮬레이션을 통해 회로 각단의 잡음을 계산해 보았다. 유닛셀에서 발생하는 잡음 성분은 5.49μV, 유닛셀 버퍼에서 발생하는 잡음 성분은 10.73μV, 최종 출력 버퍼에서 발생하는 잡음 성분은 21.87μV로 측정되었다. 따라서, 77K에서 HSPICE를 통해 시뮬레이션 한 결과 전체 잡음은 24.76μV로 계산되었다.

Ⅳ. 측정 결과

이상에서 설계한 회로를 Hynix 2-poly 3-metal 0.6μm CMOS공정을 통해 제작하였다. 제작된 회로를 잘라서 40pin DIP에 패키징하여 오실로스코프와 노이즈 측정을 위해 제작된 시스템을 통해 측정하였다.

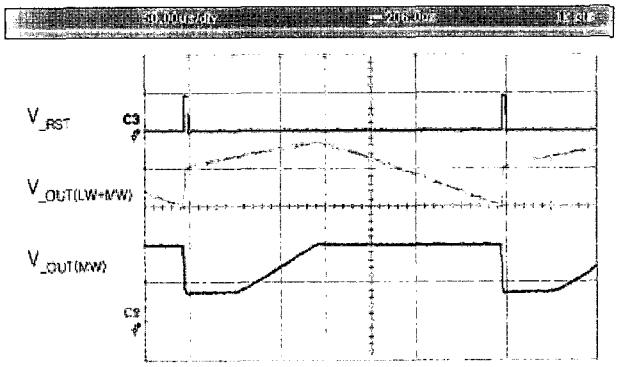


그림 7. 포화전류 차단회로의 동작
Fig. 7. Operation of the saturation prevention circuit.

우선 포화전류차단회로의 동작을 살펴보기 위해서 중적외선 신호를 포화시키고 원적외선 신호를 측정하였다. 실제로 검출기가 동작하는 조건은 원적외선 검출기와 중적외선 검출기가 모두 영바이어스에서 동작하므로 중,원적외선 검출기 모두 같은 바이어스에서 동작하지만 검출기를 회로에 접합시키지 않고 회로상으로 양단의 전압이 0V인 전류원을 만드는 것이 불가능하므로 원적외선 검출기와 중적외선 검출기의 바이어스를 1V 정도 차이나게 잡았다. 아래 그림 7에 포화전류차단회로의 동작을 측정한 결과를 나타내었다.

그림 7의 결과는 하나의 unit pixel의 신호취득 회로를 54602B 오실로스코프로 측정한 결과이다. $V_{_RST}$, $V_{_OUT(MW+LW)}$, $V_{_OUT(MW)}$ 는 각각 reset전압, 중·원적외선 신호가 더해진 전압, 중적외선 신호 전압이다. 따라서 원적외선 신호만을 구하려면 $V_{_OUT(MW+LW)}$와 $V_{_OUT(MW)}$의 차이를 구하여야 한다. 가로축은 50μs/div이고, 세로축은 $V_{_RST}$는 5V/div, $V_{_OUT(MW+LW)}$, $V_{_OUT\ (MW)}$는 모두 1V/div이다.

위 측정결과는 중적외선 신호는 60nA, 원적외선 신호는 216nA 조건에서의 결과이다. 300K에서 중적외선 신호는 18nA, 원적외선 신호는 145nA이므로 측정조건은 300K보다 높은 온도, 즉 중적외선 신호는 포화되고 원적외선 신호는 포화되지 않는 범위의 신호가 들어온 상태로 가정하고 측정하였다. 그 결과 그림에서처럼 중적외선 신호는 포화되어도 원적외선 신호는 포화되지 않고 동작하였다. 중적외선 신호가 포화됨에 따라 원적외선 신호에 왜곡을 발생시키지 않는지를 관찰하기 위해서 $V_{_OUT(MW+LW)}$ 에서 $V_{_OUT(MW)}$을 뺀 결과가 일정한지를 관찰하였고 이를 통해 왜곡없이 정상동작하는 것

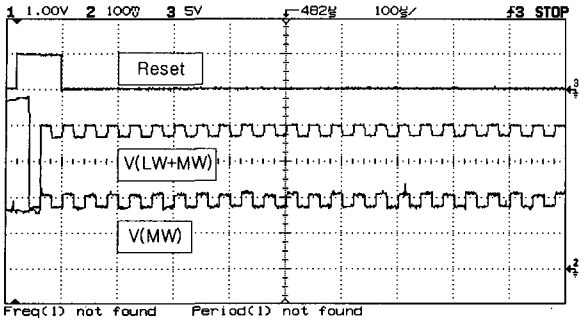


그림 8. 신호취득 회로배열의 동작특성
Fig. 8. Characteristic of the ROIC array.

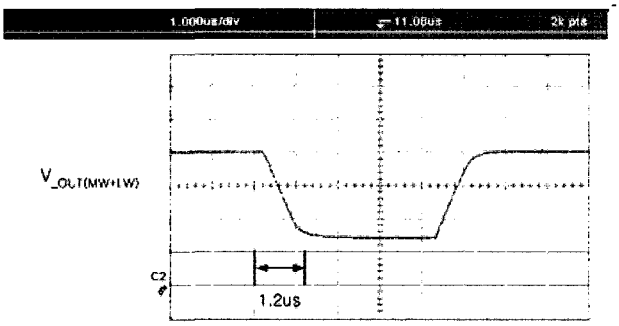


그림 9. 유닛셀 버퍼의 동작속도
Fig. 9. Operation speed of the unitcell buffer.

을 알 수 있었다. 한편, 리셋 전압이 high가 되고나서 바로 중적외선 신호전압이 증가하는 특성이 그림에서는 나타나지 않는데 그 이유는 원적외선 신호 출력에 NMOS버퍼를 사용해서 MOS소자가 켜질 때까지 필요한 offset전압이상으로 신호가 커지지 않으면 출력 전압이 버퍼의 offset전압으로 출력되기 때문에 그렇다.

다음으로 shift register신호와 신호취득회로 배열의 동작을 측정하였다.

그림 8에 나타낸 동작특성은 적외선 검출기와 신호취득회로(ROIC)를 hybrid bonding을 하고 측정한 결과가 아니라 회로에 빛을 주사시켰을 때 출력단자에서 보이는 pn접합을 통해 photo-generated된 전류를 감지한 결과이다. 따라서, 신호의 폭이 일반적인 신호의 스윙폭보다 작게 관찰되는 것을 알 수 있다. 특히, 중적외선 기생 신호의 경우에는 원적외선 기생신호보다 매우 작아서 voltage/div 를 100mV로 두고 관찰하였다. 따라서 앞서 그림 7에서 1V가량으로 크게 발생한 오프셋이 0~5V full 스윙을 위해 제작된 버퍼에서는 무시할 만큼 작은 값이 관찰됨을 알 수 있다. 이상의 결과로부터 설계한 회로의 디지털 회로 부분도 잘 동작하고 유닛셀들이 제대로 동작하는 것을 알 수 있다.

다음으로 회로의 동작속도 조건은 결정하는 유닛셀

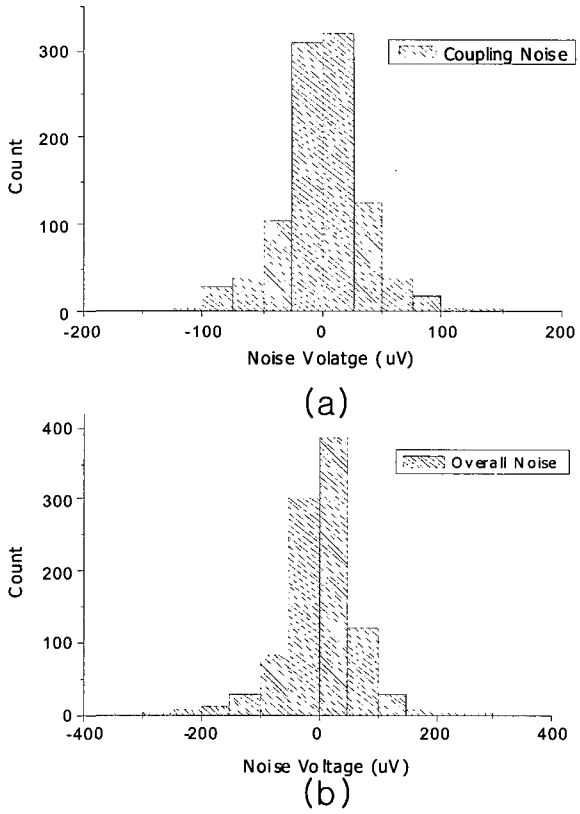


그림 10. 잡음 히스토그램 (a)측정 시스템 잡음 (b)측정시스템과 회로의 잡음
Fig. 10. Noise histogram(a)noise of measurement system (b)noise of overall circuit & measurement system.

버퍼의 동작속도를 측정하였다.

그림 9는 상온에서 1μs/div, 1V/div로 두고 오실로스코프로 관찰한 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이 동작속도는 대략 1.2μs로 관찰되었다. 이는 실제 회로의 동작온도인 77K에서 생각하면 0.6μs정도로 예측할 수 있고, 앞서 제시된 동작속도를 충분히 만족시키는 결과를 얻었다.

마지막으로 회로에서 발생하는 잡음을 측정하였다. 입력을 ground에 두고 출력 신호를 121배 증폭하여 샘플링하고 측정하였다. 사용된 측정 시스템은 저잡음 op-amp 두단을 이용해서 노이즈를 증폭하고 샘플링하여 디지털 값으로 출력해주는 방식을 사용하였다. clock신호는 Altera FPGA칩을 통해 넣어주고, 출력은 data acquisition board를 통해 컴퓨터로 읽어들였다. 이 시스템의 대역폭은 대략 10MHz정도이다. 아래 그림 10에 측정한 잡음을 증폭기의 이득으로 나누어 환산한 결과값을 히스토그램으로 나타내었다.

그림 10의 (a)는 측정시스템으로부터 커플링되는 잡음이고, (b)는 시스템잡음과 회로잡음이 더해진 값이다.

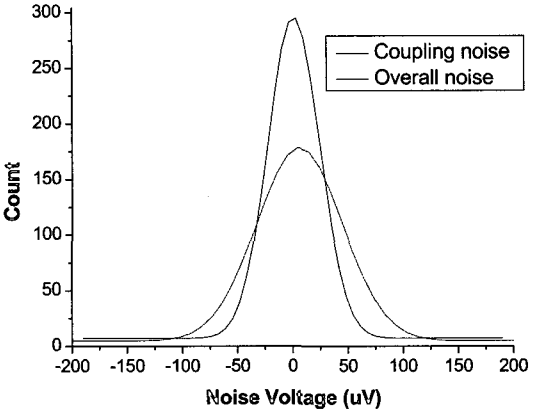


그림 11. 정규분포곡선으로 맞추어본 측정된 noise 분포
Fig. 11. Measured noise distribution fitted to gaussian distribution.

위의 히스토그램들로부터 표준편차를 통해 구해진 시스템 커플링 잡음값과 회로 성분 잡음값은 각각 40.48μV, 53.14μV로 측정되었다. 그림 11은 위의 결과를 정규분포로 피팅하여 구한 그림이다. 실제로 정확한 잡음 측정을 위해서는 위의 잡음측정 시스템을 이용하고 회로를 저온 용기에 넣고 77K에서 관찰하여야 하지만 저온용기에서 발생하는 잡음과 저온용기와 시스템을 연결하는 케이블로부터 발생하는 잡음이 회로에서 측정되는 잡음보다 커서 정확한 측정을 실행할 수 없었다. 그래서, 위의 상온에서 측정된 잡음 결과를 동작온도인 77K의 결과값으로 환산해본 결과 27.0μV로 계산되었다. 그러므로, 앞서 계산을 통해 예상해보았던 결과와 거의 유사한 결과를 얻음으로써 목표로 했던 95% BLIP 조건을 만족시킴을 측정을 통해 검증할 수 있었다.

V. 결론 및 추후과제

요즈음 활발히 연구되고 있는 2-color 적외선 검출기용 신호취득회로를 설계하였다. BDI 입력구조 방식을 채택함으로써 100%에 가까운 높은 주입효율을 갖는 특성을 얻었고, 낮은 광량과 높은 광량에 따라 다르게 적분시간을 조절할 수 있는 두 가지 모드를 제안하였고, 이를 만족시키기 위한 회로의 동작속도 조건을 만족시켰다. 또한 포화전류 차단회로를 추가하여 회로가 동작하는 온도 범위를 70K정도에서 최대 200K까지 확장할 수 있었다. 그리고 중적외선 검출기의dead pixel로부터 원적외선 신호를 보호할 수 있는 특성도 얻을 수 있었다. 마지막으로 회로의 잡음이 95% BLIP조건을 만족시킬 정도로 충분히 작은 것을 측정을 통해서 관찰할 수 있었다. 다만, 부족한 점은 제안된 회로를 통해서 넓혀진 측정 가능한 온도영역에서 중적외선 신호는 포화된 상태로 있기 때문에 원적외선 신호로만 물체를 식별해야한다는 것이다. 따라서, 측정 가능한 온도영역을 넓히는 것 뿐 아니라, dynamic range를 늘이는 연구도 병행하여 진행되어야 할 것이다. 더불어, 영상처리기능을 아날로그적으로 처리하는 회로들도 부가적으로 들어가면 더 우수한 성능을 보이는 스마트 신호취득 회로가 될 것이다.

참 고 문 헌

[1] R. A. Wood, "Micromachined bolometer arrays achive low-cost imaging", Laser Focus World, (1993) June, pp 101-106
[2] A Rogalski, "Infrared detectors : status and trends", Progress in Quantum Electronics 27 (2003) pp. 59-210
[3] Sarath D. Gunapala, and *et all*, "640x486 Long-wavelength two-color GaAs/AlGaAs quantum well infrared photodetector(QWIP) focal plance array camera", IEEE Transaction on electron devices, vol. 47, no. 5(2000), May, pp. 963-971
[4] Paul L. Mccarley, "Neuroseek dual-color image processing infrared focal plane array", Procee-dings of SPIE 3360,(1998) pp. 13-27
[5] M.B. Reine, "HgCdTe photodiodes for IR detec-tion: a review", Proceedings of SPIE 4288, (2001) pp. 266-277
[6] W.E. Tennant, M. Thomas, L.J. Kozlowski, W.V. McLevige, D.D. Edwall, M. Zandian, K. Spariosu, G. Hildebrandt, V. Gil, P. Ely, M. Muzilla, A. Stoltz, J. H. Dinan, "A novel simultaneous unipolar multispectral integrated technology app-roach for HgCdTe IR detectors and focal plane arrays", Journal of Electronic Materials 30 (2001) pp. 590-594
[7] Allen W. Hairston and Andover, "Double direct injection dual band sensor readout input circuit", US Patent 5523570, 1994.
[8] P. Norton, "Infrared image sensors", Optical Engineering, vol. 30, no. 11, pp. 1649-1660, 1991.

저 자 소 개

김 철 범(학생회원)
2001년 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 졸업 (공학사)
2003년 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 졸업(공학석사)
2003년～현재 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 박사과정
<주관심분야: 반도체, 신호취득회로>

강 상 구(학생회원)
1998년 전남대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
2000년 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 졸업 (공학석사)
2000년～현재 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 박사과정
<주관심분야: 메모리, 신호취득회로>

우 두 형(학생회원)
1999년 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
2001년 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 졸업 (공학석사)
2001년～현재 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 박사과정
<주관심분야: LCD, 신호취득회로>

이 희 철(정회원)
1978년 서울대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1986년 동경공업대학 전자공학과 졸업 (공학석사)
1989년 동경공업대학 전자공학과 졸업 (공학박사)
1989년～현재 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 교수
<주관심분야: 적외선 소자, 신호취득회로, 메모리 반도체>