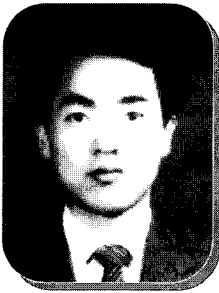
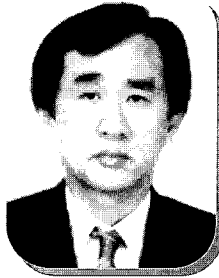


초전형 적외선 Sensor용 CMOS Readout IC의 제작 및 분석



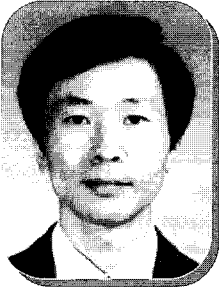
◦ 강대석 ◦
금오공과대
전자공학부 박사과정



◦ 송성해 ◦
금오공과대
전자공학부 부교수



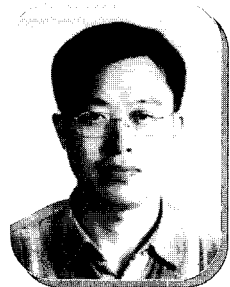
◦ 신경욱 ◦
금오공과대
전자공학부 부교수



◦ 박재우 ◦
금오공과대
전자공학부 부교수



◦ 윤동한 ◦
금오공과대
전자공학부 부교수



◦ 한명수 ◦
(주)KEC 종합연구소
선임연구원

1. 서론

물체에서 복사되는 적외선 에너지를 검출하여 이를 영상신호로 바꾸어 화면에 표시하는 적외선 열 영상 시스템은, 군사용에 제한적으로 이용되어왔다. 그러나 최근 반도체 기술의 발달과 군사기술의 민간산업으로의 이양 정책에 따라서, 산업용에서 환경감시용에 이르기까지 다양하다. 적외선 열 영상 시스템은 미약한 열 신호를 감지하여 전기적 신호를 발생시키는 적외선 검출기, 검출기에서 발생된 전기적 신호를 처리하는 readout 회로, 그리고

영상 구현을 위한 신호처리 시스템 등으로 구성된다[1-4].

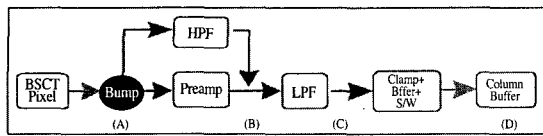
비냉각 적외선 영상 시스템의 핵심 부품은 초전형 BSCT ($(Ba_{0.6}Sr_{0.4}Ca_{0.1})TiO_3$) 적외선 sensor와 CMOS ROIC (ReadOut IC)의 결합체인 hybrid module이다. Hybrid 구조는 박막형에 비하여 상대적으로 높은 fill factor를 보인다. 상온 동작의 열 영상 system은 대부분 8~12- μm 의 원적외선 sensor로서 인체 및 원거리 탐지에 유리하고, 소비전력이 작다. 미소한 열 신호의 변화를 감지하기 위하여 BSCT sensor와 ROIC의 impedance matching과 high gain 구현이 필수적이며, 또한 320×240 화소의 구동을 위한 저 전력 회로설계

기술이 필요하다. 제작된 IRFPA module을 적용한 proto형 test system에서 readout 동작 및 광반응 특성을 고찰하였다.

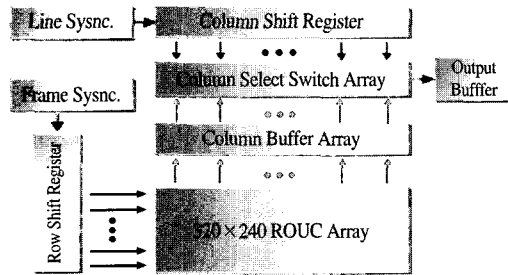
2. 실험 및 고찰

2.1 ROIC 및 sensor array 설계

초전형 적외선 sensor는 배경온도와 피사체 온도를 frame단위로 readout하여서 각각의 단위 화소별로 상대적인 차이를 영상 신호 원으로 출력된다. 설계된 ROIC는 320×240 ROIC (ReadOut Unit Circuit) 배열과 순차적인 화소 선택을 위한 column 선택 switch로 구성된다. 각 ROIC에는 저주파 잡음 제거를 위한 HPF (High Pass Filter)와 tunable LPF (Low Pass Filter), 400배의 높은 이득 구현을 위한 preamplifier 그리고 SNR (signal-to-noise ratio) 증대를 위한 clamp 회로가 내장되었다. 설계된 ROIC는 그림 1과 같다.



(a) ROIC의 구성.



(b) 320×240 ROIC full chip.

그림 1. 320×240 ROIC의 구성.

상온 동작에서 우려되는 열 잡음의 감소와 SNR의 증대를 위하여 강유전체인 BSCCT 화소의 배열을 mesa형으로 분리하여 설계하였다. 화소들의 분리는 보다 높은 광 효율을 얻기 위하여 laser scribe 방식과 hybrid 공정으로 구현된다. 각 ROIC는 수십 μV ~수 mV의 입력에 대하여, 90%의 fill-factor, $5 \times 10^8 \text{-cm}^2/\text{Hz}^2/\text{W}$ 의 탐지도, 15000-V/W의 반응도를 갖도록 설계 목표하였다.

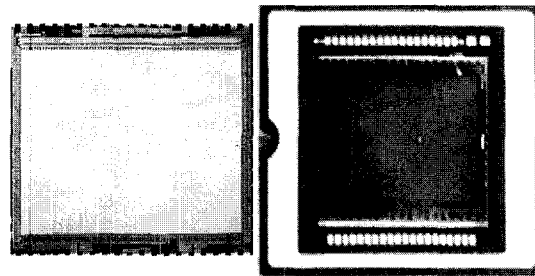
열림과 닫힘에서 검출된 두 frame의 신호는 ROIC의 뒷 단에서 차 전압으로 처리되고 30-Hz의 영상 화면율을 만족하게 된다. 이것은 BSCCT 재료의 시상수가 16-ms인 점을 감안하여 설계하였다. 초전형 재료인 BSCCT는 capacitive mode로 동작하므로 발생된 신호가 정점에 이르는 순간 ROIC는 발생된 신호를 sampling하고, 안정적인 동작을 위하여 다음 신호를 읽어내기 전에 변화되기 이전의 bias level로 clamp한다. 클램프 동작은 2행 단위로 이루어지며, 이

를 위한 제어신호는 digital 제어블록의 row decoder에서 생성된다. ROIC 배열에서 출력되는 신호는 column 선택 switch를 통해 단일 출력으로 변환되어 출력 buffer로 전달되므로 그 출력 단은 ROIC 배열의 크기에 비례하는 부하용량을 갖는다. 이를 구동하기 위해 큰 전류구동 능력을 갖는 buffer를 column 선택 switch 앞단에 삽입하였다. Column buffer는 cascode 구조로 설계되었으며, 소비 전력을 최소화하기 위하여 해당 column의 신호가 출력되는 동안만 동작하도록 설계하였다.

설계된 ROIC는 transistor, capacitor 및 저항을 포함하여 1,033,000개의 소자로 구성되며, chip 면적은 $18.1\text{-mm} \times 15.4\text{-mm}$ 이다. ROIC chip의 동작 특성을 검증하기 위해 HSPICE를 사용하였고, 30-Hz의 정현파를 입력 신호로 인가하여 출력신호를 관찰하였다.

2.2 Chip 제작 및 분석

설계된 ROIC는 $0.65\text{-}\mu\text{m}$ 2P3M N-Well CMOS 공정으로 제작하였으며, impedance matching 및 HPF 구현에 필요한 $10^3\text{-}\Omega$ 의 고저항 polysilicon 공정을 추가하였다. 그림 2 (a)와 (b)는 각각 제작된 ROIC chip과 package에 조립된 IRFPA 사진이며, 편의상 적외선 window를 제거한 상태를 보여 주고 있다. Package에는 동작온도의 안정을 유지하도록 TEC (Thermo Electric Cooler)를 내장하였다.



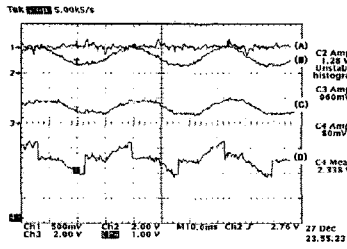
(a)

(b)

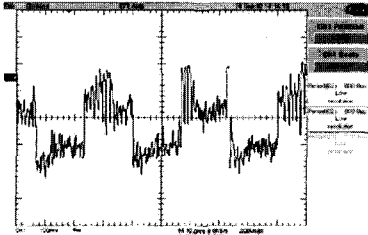
그림 2. 제작된 320×240 ROIC chip.

그림 3은 제작된 chip의 측정 결과이다. 그림 3 (a)는 각 ROIC에 삽입된 clamp 회로의 효과를 보여준다. 검출된 신호 크기와 밀접한 관계를 갖는 preamplifier의 DC bias level을 안정적으로 유지시키기 위하여 삽입된 clamp 회로는, LPF (Low Pass Filter)를 통과한 신호에 약간의 왜곡이 생기더라도, SNR을 크게 향상시키는 결과를 가져온다. 각각의 ROIC는 수십 μV ~수 mV의 입력에 대하여, 98%의 fill-factor, $5 \times 10^8 \text{-cm}^2/\text{Hz}^2/\text{W}$ 의 탐지도, 15000-V/W의 반응도를 보였다. 그림 3 (b)는 proto 형의 IR test system에서 측정된 BSCCT 320×240 IRFPA의 광 반응 신호를 frame 단위로 구한 것이며, 상측 파형과 하측 파형은 각각 chopper가 닫힘과 열림의 교번되는 신호 값이다.

그림 4는 제작된 BSCCT 320×240 IRFPA의 열 영상인데, 화소 불



(a) BSCT ROUC의 신호 응답 특성.



(b) BSCT 320×240 IRFPA의 frame 신호.

그림 3. 제작된 ROIC의 주파수 응답 특성.

균일 보정의 이전의 것이다. 가로줄 무늬는 60-Hz의 전원 잡음으로서 영상 board의 bias단의 수정으로 제거 가능한 것으로 분석되었다.

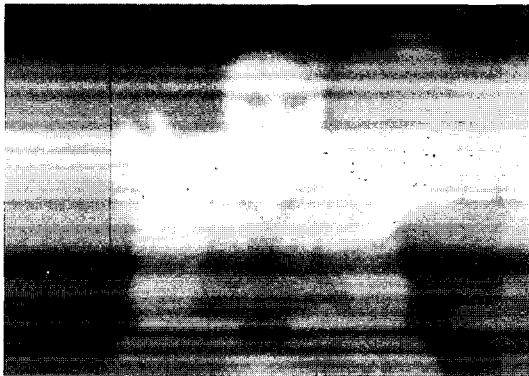


그림 4. 제작된 BSCT 320×240 IRFPA의 열 영상.

3. 결론

비냉각 적외선 영상 system의 핵심인 BSCT 320×240 IRFPA를 hybrid방식으로 구현하였다. 설계 제작된 hybrid module은 유전율, 광 반응도 그리고 화소의 operability 측면에서 설계 목표와 잘 근사하였다. 열 영상 구현에서 나타난 줄무늬는 불안정한 전원 잡음에 의한 것으로서 대책이 가능한 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 민간검용기술과제의 지원 연구비로 수행되었고, 회로설계의 CAD Tool은 반도체설계교육센터(IDECE)에서 부분 지원하였습니다.

참고 문헌

- [1] H. W. Neal and R. Kyle, "Texas instruments uncooled infrared system", *TI Technical Journal*, p. 11, Sept.-Oct., 1994.
- [2] *Uncooled Infrared Imaging Arrays and Systems*, Academic Press, 1997.
- [3] D. E. Wittler, H. R. Beratan, B. M. Kulwicki, and A. Ami, "Pyroelectric materials for uncooled IR detectors", *TI Technical Journal*, p. 19, Sept.-Oct., 1994.
- [4] J. F. Belcher and R. A. Owen, "Uncooled infrared detector processing", *TI Technical Journal*, p. 27, Sept.-Oct., 1994.

저 자 약 력

성 명 : 강대석

❖ 학 력

- 1987년 광운대 전자재료공학과 공학사
- 1998년 금오공과대 전자공학과 공학석사
- 2002년 금오공과대 전자공학과 박사과정

❖ 경 력

- 1986년 - 2002년
(주)KEC 종합연구소

성 명 : 송성해

❖ 학 력

- 1975년 광운대 응용전자공학과 공학사
- 1978년 경음의숙대 전기공학과 공학석사
- 1981년 경음의숙대 전기공학과 공학박사

❖ 경 력

- 1981년 ETRI (반도체본부)
- 1984년 삼성전자(주) 반도체 연구소
- 1989년 경음의숙대(방문연구원)
- 2002년 - 현재
금오공과대 전자공학부 부교수

성 명 : 신경욱

❖ 학 력

- 1984년 항공대 전자공학과 공학사
- 1986년 연세대 대학원 전자공학과 공학석사
- 1990년 연세대 대학원 전자공학과 공학박사

❖ 경 력

- 1990년 한국전자통신연구소(선임연구원)
- 1995년-1996년 University of Illinois at Urbana-champaign(방문교수)
- 2002년-현재 금오공과대 전자공학부 부교수

- 1992-1995년 금오공과대 대학원원장
- 1980-현재 국제기능올림픽 경복위원회 기술위원장
- 1987-현재 국제기능올림픽 국제심사위원 심사위원
- 1985-1996년 구미상공회의소 연구위원
- 1991-1996년 중부지역공업단지관리공단 기술자문위원장
- 1994-현재 산학연 운동본부 산학연협동연구소 구미지역본부장
- 1998-현재 중소기업청 경영기술 지원단 기술지원단원
- 1999-현재 금오공과대 창업보육센터소장
- 1992-현재 국회 환경 포럼 정책 자문위원
- 2002년 현재 금오공과대 전자공학부 교수

성 명 : 박재우

❖ 학 력

- 1978년 서울대 공과대학 전자공학과 공학사
- 1980년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
- 1994년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

❖ 경 력

- 1981년-1986년 금오공과대 전자계산소장
- 1983년-1985년 금오공과대 교무처장
- 1986년-1987년 미 North Carolina State University 교환교수
- 1991년-1993년 금오공과대 응용전자기술연구소장
- 1991년-1996년 중부지역공업단지관리공단 산업기술연구조합 기술자문위원장 및 책임연구원
- 1999년-2000년 금오공과대 도서관장
- 2000년-2002년 금오공과대 대학원장
- 2002년 현재 금오공과대 전자공학부 교수

성 명 : 한명수

❖ 학 력

- 1990년 동국대 물리학과 이학사
- 1993년 동국대 대학원 물리학과 이학석사
- 1997년 동국대 대학원 물리학과 이학박사

❖ 경 력

- 1997년-현재 (주)KEC 종합연구소 선임연구원

성 명 : 윤동한

❖ 학 력

- 1968년 광운대 전자공학 공학사
- 1980년 명지대 대학원 전자공학 공학석사
- 1988년 명지대 대학원 전자공학 공학박사

❖ 경 력

- 1983-1987년 금오공과대 학생처장