




2021 추계학술대회

2021년 11월 26일(금)~27일(토) 송도 컨벤시아(인천)

주최 : 사단법인 대한전자공학회

후원 : 해동과학문화재단, 삼성전자, 삼성전기, SK브로드밴드, 전자정보연구정보센터, 구미전자정보기술원, SIT테크놀로지, 이스트시큐리티, 시스메이트, 에스에스앤씨, 테크엘케이, 스프링클라우드, 인천대학교 현장맞춤형실전문제연구단, 인천대학교 사물인터넷빅데이터연구센터,  인천관광공사
Incheon Tourism Organization

행사 안내

❖ 등록데스크 11월 26일(금) 송도 컨벤시아 1층 회의실 로비

❖ 최우수논문상 세션

시간	세션명	좌장명	장소
14:30~16:00	최우수논문상	정방철(충남대학교)	113호(1층)

❖ 학부생 논문 경진대회 세션

시간	세션명	좌장명	장소
13:20~16:00	학부생 논문경진대회	노 송(인천대학교)	114호(1층)

❖ 일반 구두세션

시간	세션명	좌장명	장소
09:00~10:00	통신	김영담(충남대)	118호(1층)
09:00~10:00	반도체1	김원종(ETRI)	106호(1층)
09:00~10:00	반도체2	유호영(충남대학교)	107호(1층)
09:00~10:00	반도체3	구민석(인천대학교)	108호(1층)
09:00~10:00	반도체4	강영근(한국교통대학교)	109호(1층)
09:00~10:00	컴퓨터1	강문식(강릉원주대학교)	116호(1층)
09:00~10:00	컴퓨터2	김명선(한성대학교)	117호(1층)
13:20~14:20	컴퓨터3	강윤희(백석대학교)	111호(1층)
13:20~14:20	컴퓨터4	한상욱(삼성전자)	113호(1층)
13:20~14:20	컴퓨터5	황성운(가천대학교)	115호(1층)
09:00~10:00	신호처리1	황도식(연세대학교)	113호(1층)
09:00~10:00	신호처리2	송병철(인하대학교)	114호(1층)
09:00~10:00	신호처리3	강석주(서강대학교)	115호(1층)
09:00~10:00	시스템 및 제어	박준민(충남대학교)	111호(1층)
09:00~10:00	산업전자	동성수(용인예술과학대학교)	110호(1층)
09:00~10:00	New Emerging Area	노 송(인천대학교)	105호(1층)

반도체2

좌장 유호영(충남대학교)

01. 네트워크-온-칩에서 데이터 무결성 검증을 위한 패킷 인증기 GEP-108
 - ▶ 이기현, 한태희(성균관대학교)
02. 양자내성암호를 위한 Crystals-Kyber 하드웨어 가속기 구현 GEP-125
 - ▶ 김성재, 엄용준, 이한호(인하대학교)
03. HLS를 이용한 Lattice 기반 양자내성암호의 FPGA 구현 GEP-126
 - ▶ 엄용준, 김성재, 이재윤, 김영기, 이정현, 정주희, 허유진, 이한호(인하대학교)
04. Adaptive 경로 지정 알고리즘을 위한 혼잡도 예측기 기반의 Lookahead 기법 GEP-128
 - ▶ 심재은, 한태희(성균관대학교)
05. SAR ADC with Split-Capacitor Array DAC based on Optimally Tunable Foreground-Calibration GEP-170
 - ▶ 한상준, 김병호(한양대학교)

반도체3

좌장 구민석(인천대학교)

01. Time-To-First-Spike 방식으로 인코딩된 스파이킹 뉴럴 네트워크의 뉴런 회로 설계 GEP-027
 - ▶ 고두용, 오성빈, 이종호(서울대학교)
02. 인공신경망을 이용한 Work Function Variation (WFV), Random Dopant Fluctuation (RDF)가 유발하는 5nm FinFET의 전기적 특성 변화 예측 GEP-031
 - ▶ 김지환, 이재준, 이진웅, 임재혁, 신창환(성균관대학교)
03. RC 필터를 이용한 28Gbps PAM-4 누화 잡음 보상 회로 GEP-032
 - ▶ 김태훈, 채민균, 박홍준(포항공과대학교)
04. Spacer의 물질에 따른 nanowire feedback-FET의 성능 변화 GEP-045
 - ▶ 이준한, 신창환(성균관대학교)

반도체4

좌장 강명곤(한국교통대학교)

01. 3-Way Toom-Cook 정수 곱셈과 고속 모듈러 축약 기반의 고성능 ECC 프로세서 GEP-098
 - ▶ 양현준, 신경욱(금오공과대학교)
02. Multilevel RRAM의 온도와 시간에 따른 Retention 특성 연구 GEP-152
 - ▶ 구현호, 심원보(서울과학기술대학교)

03. Multilevel RRAM에서의 Array Size와 Read Voltage에 따른 Read Disturb의 영향 GEP-153

- ▶ 공성환, 심원보(서울과학기술대학교)

04. Single-Photon Avalanche Diode의 Fill Factor 최적화 GEP-112

- ▶ 하원용(연세대학교, 한국과학기술연구원), 최우영(연세대학교), 이명재(한국과학기술연구원)

05. 머신러닝을 이용한 실리콘 광다이오드의 구조설계 최적화에 관한 연구 GEP-145

- ▶ 오세인, 김기현(전북대학교)

11월 26일(금) 09:00~10:00

116호(1층)

컴퓨터1

좌장 강문식(강릉원주대학교)

01. ROS를 이용한 축사 환경 스마트팜 데이터 수집 시스템 구성 GEP-156

- ▶ 박진성, 김상철(전북대학교)

02. 3-D PCA Bayes Rule 기반 Head pose Estimation 방법 GEP-236

- ▶ 이경민, 김기연, 서주완, 이원형, 인치호(세명대학교)

03. 비주기적인 캐시 미스 특성을 가지는 Prime-Probe 은닉 채널 공격 GEP-003

- ▶ 최승현, 정의영(연세대학교)

11월 26일(금) 09:00~10:00

117호(1층)

컴퓨터2

좌장 김명선(한성대학교)

01. 아토믹 스왑 기술 및 동향 연구 GEP-016

- ▶ 박하영, 최해웅, 이홍노(광주과학기술원)

02. 여객 수하물 보안검색을 위한 비전 트랜스포머 기반 One Stage Detector 객체 검출에 관한 연구 GEP-044

- ▶ 정지욱, 송윤신, 채승훈, 이수열(한국전자통신연구원)

03. Vision Transformer 를 활용한 안전신문고 이미지 분류에 관한 연구 GEP-093

- ▶ 신승미, 황중윤(핸디소프트)

04. 픽셀 드랍을 이용한 레이블을 사용하지 않는 전이 기반 적대적 공격 VBP-011

- ▶ 김윤지, 조승주, 권명준, 김창익(한국과학기술원)

11월 26일(금) 13:20~14:20

111호(1층)

컴퓨터3

좌장 강윤희(백석대학교)

01. 원근 변환 기법을 통한 적대적 이미지의 전이성 향상 VBP-012

- ▶ 김희선, 권명준, 변준영, 김창익(한국과학기술원)

02. 탄성 변환을 이용한 적대적 예제의 전이성 향상 VBP-017

- ▶ 손민지, 권명준, 조승주, 김창익(한국과학기술원)

Single-Photon Avalanche Diode의 Fill Factor 최적화

*하원용^{1,2}, 최우영¹, 이명재²

¹연세대학교 전기전자공학부

²한국과학기술연구원 차세대반도체연구소

e-mail : jamesha@kist.re.kr, wchoi@yonsei.ac.kr, mj.lee@kist.re.kr

Optimization of the Fill Factor of a Single-Photon Avalanche Diode

*Won-Yong Ha^{1,2}, Woo-Young Choi¹, and Myung-Jae Lee²

¹Department of Electrical Electronic Engineering, Yonsei University

²Post-Silicon Semiconductor Institute, Korea Institute of Science and Technology

Abstract

The fill factor (FF) is one of the important parameters determining the performance of single-photon avalanche diode (SPAD) based sensor arrays. By comparing the guard-ring width of a SPAD, the FF can be maximized with an optimized guard ring without any degradation of the noise performance, dark count rate (DCR). We clearly demonstrate that the 1 μm GR improves the device FF by 23.5% compared to the 2 μm GR with achieving the similar level of DCR.

I. 서론

최근 single-photon avalanche detector (SPAD)가 매우 큰 효율 및 direct time of flight 측정을 가능케하는 디지털 특성으로 인해 light detection and ranging (Lidar) 및 biomedical 분야에서 큰 각광을 받고 있다 [1], [2]. 이러한 SPAD를 CMOS 공정을 이용하여 구현할 경우, 대량 및 저비용 생산과 더불어 다른 전자 소자들과 같은

칩에서 쉽게 집적 시킬 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다 [3].

SPAD는 일반적으로 premature edge breakdown 현상을 방지하기 위해 junction의 가장자리에 guard ring (GR) 구조를 형성해줘야 하는데, 이로 인해 전체 소자에서 active area가 차지하는 비율인 fill factor(FF)가 감소하게 된다. 따라서 GR의 사이즈를 최소화하는 것이 필요하지만 GR의 사이즈를 감소시키면 leakage current에 의해 SPAD의 dark count rate(DCR)이 증가하는 문제가 발생한다. 따라서 본 논문에서는 4가지 각기 다른 사이즈의 GR을 제작, 측정 및 비교 분석하여, SPAD의 DCR 특성을 유지하면서 SPAD의 FF를 최적화하였고, 이를 통해 약 23.5%의 FF 향상이 가능함을 검증하였다.

II. 본론

본 논문에서는 그림 1와 같이 P-well/Deep N-well junction 및 virtual GR 기반의 SPAD 구조를 기반으로, GR의 사이즈를 0.5, 1, 1.5, 2 μm 로 하여 4가지 각기 다른 소자를 제작, SPAD의 전압에 따른 암전류 특성, 발광 특성 및 DCR을 측정 및 비교 분석하였다.

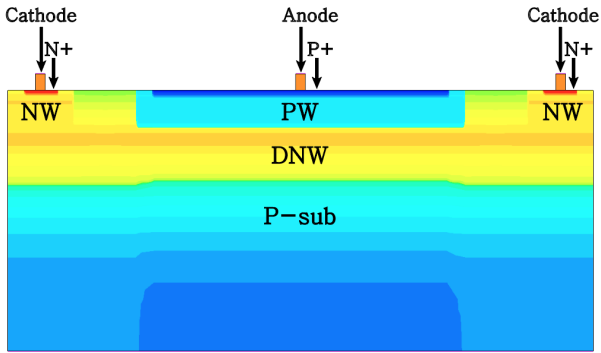
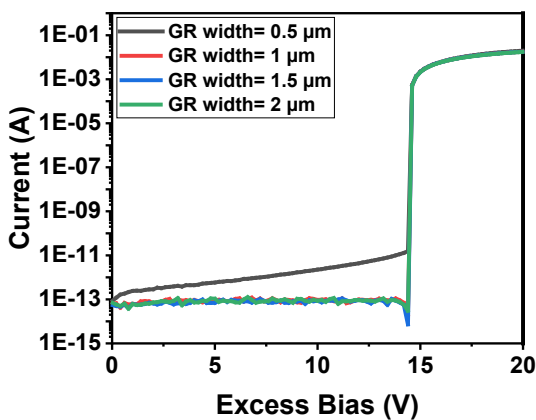


그림 1. SPAD 단면

2.1 전압에 따른 암전류 특성 평가



2. SPAD 단면

그림 2의 전류-전압 특성에서 볼 수 있듯이, SPAD의 GR 사이즈가 1, 1.5, 2 μm 일 때는 암전류가 breakdown 전 0.1 pA 정도로 매우 낮게 유지된다. 하지만, 0.5 μm GR의 경우 전압에 따라 암전류가 증가하여 breakdown voltage 부근에서는 약 100배 큰 값을 보인다.

2.2 발광 특성 평가

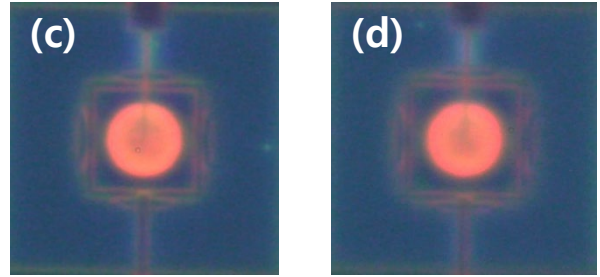
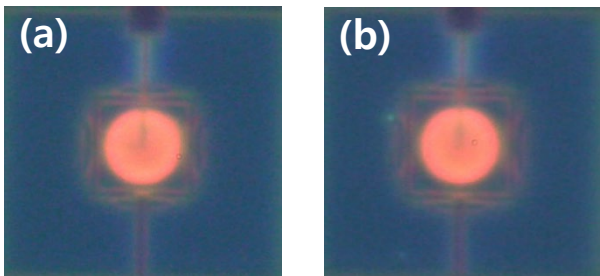
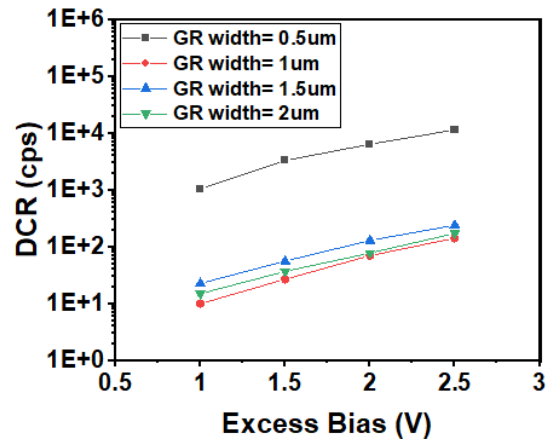


그림 일때 SPAD의 LET 비교: (a) 0.5 μm GR, (b) 1 μm GR, (c) 1.5 μm GR, (d) 2 μm GR

SPAD 동작 시 avalanche breakdown으로 증폭된 수많은 carrier들의 일부가 recombination 되며 빛을 방출하게 되고, 이와 같은 특성을 이용해 avalanche breakdown이 일어나는 영역을 확인하는 것이 가능하다. 그림 3에서 보듯이, GR 사이즈에 상관없이 모든 SPAD가 premature edge breakdown 현상없이 junction에서 균일한 avalanche breakdown을 가지는 것을 확인할 수 있다.

2.3 노이즈 특성 평가



4. SPAD의 DCR 비교

그림 4는 excess bias에 따른 4가지 SPAD의 DCR 값을 보인다. GR의 사이즈가 1, 1.5, 2 μm 인 경우 DCR 값은 유의미한 차이 없이 유사한 값을 보이지만, GR 사이즈를 0.5 μm 로 감소시킬 경우 DCR 값이 약 100배가량 크게 증가됨을 알 수 있다. 이는, 그림 2에서 보았듯이 GR 사이즈가 충분하지 않을 경우 leakage current로 인해 소자의 노이즈가 증가되기 때문이다.

III. 결론

효율 향상을 위해 SPAD의 FF를 최대한 향상시키는 것은 매우 중요한 일이다. 하지만, FF를 향상시키기

위해서 GR의 사이즈를 줄일 경우 소자의 노이즈가 매우 크게 악화될 수 있다. 본 논문에서는 노이즈 성능 열화없이 소자의 FF를 최적화하였고, 이를 통해 FF를 약 23.5% 향상시킬 수 있었다.

참고문헌

- [1] F. Zappa and A. Tosi, "MiSPIA: microelectronic single-photon 3D imaging arrays for low-light high-speed safety and security applications," *Adv. Phot. Count. Tech. VII*, vol. 8727, pp. 87270L, May 2013, doi: 10.1117/12.2018661.
- [2] S. Mandai, M. W. Fishburn, Y. Maruyama, and E. Charbon, "A wide spectral range single-photon avalanche diode fabricated in an advanced 180 nm CMOS technology," *Opt. Express*, vol. 20, no. 6, p. 5849, Nov. 2012, doi: 10.1364/oe.20.005849.
- [3] D. Shin, B. Park, Y. Chae, and I. Yun, "Structure variation effects on device reliability of single photon avalanche diodes," *Microelectron. Reliab.*, vol. 76-77, pp. 610-613, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.microrel.2017.07.050.