단일광자 아발란치 다이오드의 근적외선 효율 향상

육세영 [1,2], 엄도윤 [1,2], 최우영 [2], 이명재 [1*]

[1] 한국과학기술연구원 차세대반도체연구소

[2] 연세대학교 전기전자공학부

[*]Email: mj.lee@kist.re.kr

Abstract—본 연구에서는 근적외선 영역에서 높은 광검출 효율을 달성하기 위해 후면조사형 단일광자 아발란치 다이오드에 최적화된 산란 패턴을 적용하였고, 이를 통해 근적외선 대역에서 약 2 배에 가까운 효율 향상을 성공적으로 검증하였다.

Keywords—근적외선, 단일광자 아발란치 다이오드(SPAD), 산란 패턴, 효율.

I. Introduction

단일광자 아발란치 다이오드 (single-photon avalanche diode; SPAD)는 breakdown voltage 이상의 강한 역전압이 가해졌을 때, 입사광으로 생성된 electron-hole pair 를 impact ionization 을 통해 증폭시켜 단일 광자 단위의 빛 검출이 가능한 초고효율 광센서이다. 단일광자 아발란치 다이오드의 대표적인 응용 분야인 time of flight (ToF) 센서 그리고 라이다 (light detection and ranging; LiDAR) 에서는 근적외선 (near infrared; NIR) 영역의 빛을 사용하며, 이에 따라 단일광자 아발란치 다이오드 역시 근적외선 영역에서 높은 효율 특성이 요구되나 CMOS 공정으로 제작된 실리콘 기반 소자는 근적외선 효율이 매우 떨어진다는 한계점을 가지고 있다. 본 연구에서는 고성능 후면조사형 단일광자 아발란치 다이오드에 산란 패턴을 적용해서 근적외선 효율이 매우 크게 증가시킬 수 있음을 성공적으로 검증했다.

II. Structure

소자의 구조는 다음과 같다. P-well 과 deep N-well 을 통해 10 μm 의 main junction 을 구성하였으며 2 μm 의 virtual guard ring 이 premature edge breakdown 을 막기 위해 적용되었다. 산란 패턴은 grid 형태로 설계, 제작되었으며, 패턴의 pitch 는 비교 검증을 위해 0.3 μm 부터 0.8 μm 까지 0.1 μm 의 간격을 가지고 있다.

III. Measurement

산란 패턴의 적용에 따라 근적외선 영역에서 단일광자 아발란치 다이오드의 검출 효율(photon detection probability; PDP)이 크게 증가함이 측정되었고, 특히 산란 패턴의 pitch 가 0.5 μm 일 경우 약 2 배에 가까운 매우 큰 향상이 가능함을 명확히 검증하였다.

IV. Conclusion

산란 패턴을 적용, 최적화함으로써 단일광자 아발란치 다이오드의 근적외선 효율이 크게 향상될 수 있음을 검증하였다. 본 연구에서 제시하는 CMOS 공정 기반 실리콘 단일광자 아발란치 다이오드의 검출 효율 향상 기법은 고성능 ToF 센서 및 라이다 구현에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

Acknowledgment

This work was supported by the Korea Institute of Science and Technology (KIST) Institution Program (Grant No. 2E32942) and Korea Evaluation Institute of Industrial Technology (KEIT) grant funded by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE, Korea) (RS-2022-00155891).