

SAGCM APD 에서의 가드링 형태에 따른 I-V 특성 연구

I-V Characteristics of SAGCM APD by Varing Guard-Ring Depth

현경숙, 백영미

세종대학교 광공학과

e-mail : ksyhun@sejong.ac.kr

본 논문은 초고속 광통신용 검출기로 사용되고 있는 InP / InGaAs Avalanche Photodiode (APD)에 대한 연구로서 구조 변화에 따른 APD의 특성에 대해 연구하였다. 채택된 APD의 기본 구조는 Separated Absorption, Grading, Charge and Multiplication (SAGCM)^[1]구조로 u-InP 의 두께 3.5 μm 에 ~2.9 μm 만큼 Zn diffusion 하였으며, u-InGaAs 의 흡수층 두께는 0.8 μm 로 하였다. charge sheet 층의 도핑 농도는 $\sim 3.5 \times 10^{12}/\text{cm}^2$ 이고, 전극 구조는 back side illumination type이다. 부유 가드링 (Floating Guard ring)을 채택한 SAGCM구조에서 가드링의 유무 그리고 가드링과 P⁺ 영역과의 깊이 차이 등에 따라 여러 가지 구조로 구분하였으며, 결정 성장은 MOCVD (metal organic chemical vapor deposition) 으로 하였다. KEITHLEY 236 source measure unit을 사용해 여러 가지 구조로 제작된 소자의 광전류 - 전압, 암전류 - 전압 그래프를 얻을 수 있었으며, 광원은 HP사의 83438A model로 Er-doping amplified spontaneous emission source를 사용한 1.53 μm ~ 1.55 μm 파장대를 사용하였다. 그림 1은 활성 영역을 식각 후 Zn diffusion을 2.9 μm 한 구조를 도식화 한 그림이다. 그림 2는 그림 1 구조에서 활성영역을 2800 Å 식각 후 diffusion한 구조에서 얻은 I-V 그래프이다. 그림 3은 가드링 영역을 식각한 후 2.9 μm 만큼 Zn diffusion한 구조를 도식화한 그림이다. 그림 4는 그림 3 구조에서 가드링 영역을 2800Å 식각한 후 Zn diffusion한 구조에서 얻은 I-V 그래프이다. 측정된 데이터를 바탕으로 각 구조의 특징을 추출할 수 있었으며, 제대로 동작하는 구조에 대한 해석을 하였다. 그림 2.와 그림 4.와 같이 제대로 동작하는 소자의 I-V 그래프는 7 ~ 20 V 사이에서 InGaAs punch-through 전압과 25 ~ 29 V 사이에서 항복전압을 보여주었고, 암전류는 수 nA이며, 1.55 μm 의 빛이 입사하였을 때 제대로 된 이득 곡선을 갖고 있었다. 위 결과는 좁은 증폭층을 가진 APD에서 구현된 결과로서 avalanche build up time의 감소와 층돌이온화계수 비율의 증가가 예상되며, 초고속 광 검출기에 사용이 가능하리라 예상된다.^[2] 또한 위 측정 결과를 토대로 활성영역을 2800Å 식각후 Zn diffusion한 소자 구조를 모델링하여 특성을 추출할 수 있는 전산모사 방법을 완성하였다. 그림 5. 는 시뮬레이션을 통해 얻은 I-V 그래프이다. 이때 시뮬레이션은 Silvaco사의 전산모사 소프트웨어로 수행하였으며, 소자의 증폭층의 두께 (MLW)와 charge sheet 농도를 변수로 지정하고, 각 변수들에 대한 항복전압 (breakdown voltage)과 punch-through 전압의 값 측정을 통해 제작 변수들에 따라 APD의 성능이 얼마나 영향을 받는지에 대한 시뮬레이션 데이터를 제시하였다. (그림 6)

참고문헌

1. L. E. Tarof, et al., IEEE Photon. Tech. Lett., 5, 672(1992).
2. K. S. Hyun, et al., SPIE 2003, 25-31 Jan, Sau Jose, CA, p. 425(2003)

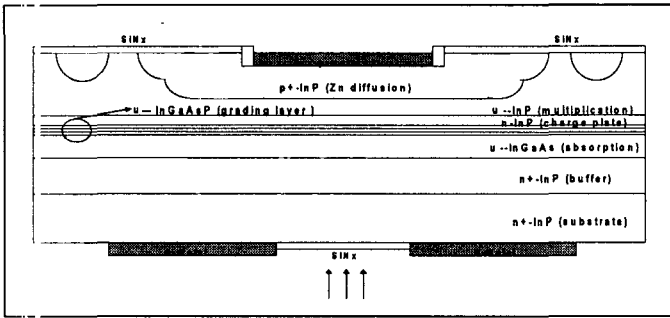


그림 1. 활성영역을 식각한 APD 구조

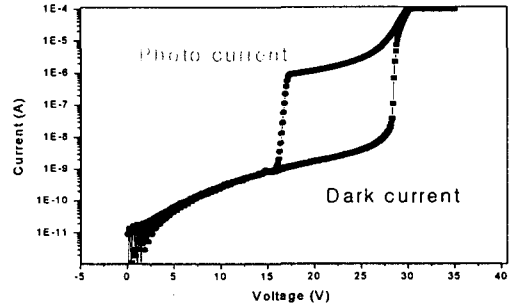


그림 2. 활성영역을 2800Å 식각한 구조의 I-V 그래프

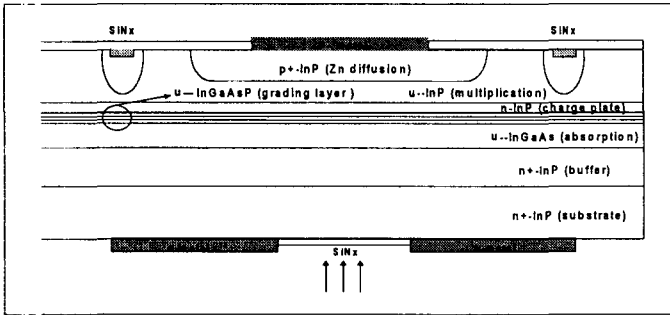


그림 3. 가드링 영역을 식각한 APD 구조

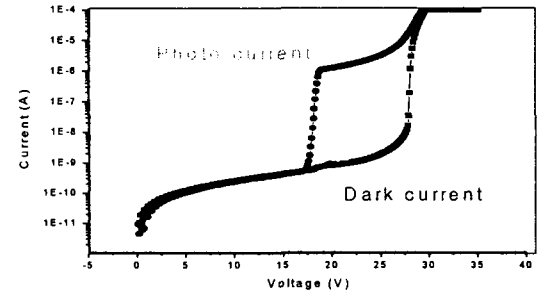
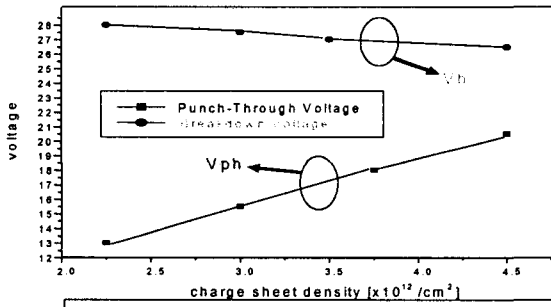
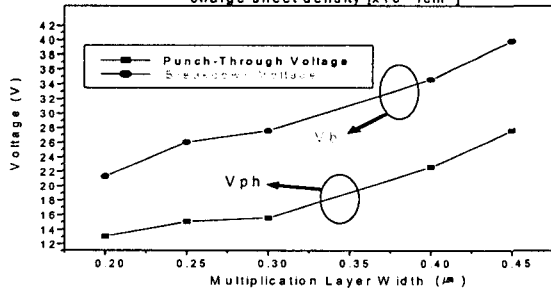


그림 4. 가드링 영역을 2800Å 식각한 구조의 I-V 그래프



(a)



(b)

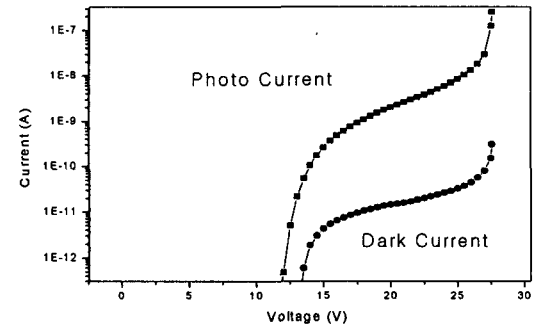


그림 5. 그림2의 전산모사

그림 6. (a) Charge sheet 농도변화에 따른 V_{ph} , V_b
(b) 증폭층 두께 변화에 따른 V_{ph} , V_b