

높은 Responsivity와 광결합 공차를 가지는 면입사형 p-i-n 광검출소자의 설계 및 제작

Design and Fabrication of Side-Illuminated p-i-n Photodetectors with High Responsivity and Coupling Tolerance

이도영*, 강화영, 전병욱, 양승기, 이은화, 김태진, 장동훈, 김태일
삼성전자 TN총괄 통신연구소 N/W연구팀 광전자 Lab.
*rheedy@samsung.com

We have fabricated a side-illuminated p-i-n photodetectors with evanescently-coupled waveguides for surface hybrid integration in low-cost modules. We adopted WGPD of evanescently-coupled type to have high responsivity and coupling tolerance, and to avoid any reliability problem. This proposed photodetectors have a high responsivity of 1.10 A/W at a wavelength of 1.55 μm . The 1dB coupling tolerance to cleaved fiber and photodetectors is $\pm 3.5 \mu\text{m}$ in the vertical direction and $\pm 11 \mu\text{m}$ in the horizontal direction.

최근 실리카 planar lightwave circuit (PLC) platform 기술은 레이저소자와 광수신소자를 passive alignment 기술을 이용하여 저가형 optical hybrid module을 구현하는데 적용되고 있다. 도파로형 구조 (또는 side-illuminated형)의 p-i-n 광수신소자는 렌즈나 기타 다른 optical component 없이 PLC와 쉽게 광결합이 가능하므로, 저가형 광모듈을 가능하게 한다. 도파로형 구조의 p-i-n 광수신소자는 coupling lenses 없이 fiber 또는 PLC와 높은 광결합효율을 확보하기 위해서는 두꺼운 흡수층을 가져야 한다. 그러나, 기존의 도파로형 광수신소자의 경우, 두꺼운 흡수층을 가지기 어려운 점을 가지고 있다.⁽¹⁾ 따라서, 본 연구에서는 1.3 μm 와 1.55 μm 에서 높은 responsivity와 coupling tolerance를 가지는 것과 신뢰성문제를 고려한 면입사형 p-i-n WGPD 구조의 설계 및 제작에 관한 연구를 수행하였다.

본 연구에서의 WGPD는 높은 responsivity와 coupling tolerance를 가지는 것을 목적으로 evanescently-coupled waveguide 구조를 가지며, waveguide영역과 소자영역이 분리되어 있는 구조를 채택하였으며, 본 소자의 waveguide 구조 설계는 Beam Propagation Method (BPM)를 사용하였다. 입사되는 빛의 파장은 1.55 μm , beam의 FWHM은 7 μm 의 조건으로 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과, InP층과 1.05 μm InGaAsP 층을 교대로 적층하여 15 pair로 구성된 waveguide 구조의 총 두께를 $\sim 7 \mu\text{m}$ 로 최적화하였으며, 이러한 waveguide 구조로 입사된 빛이 multimode 형태로 focus, guiding되어 waveguide 상부의 흡수층으로 이동하는 시뮬레이션 결과를 그림 1에서 보이고 있다. 위 최적화된 waveguide 구조는 소자의 길이가 350 μm 이상에서 2 % 이하의 loss를 가지고, coupling tolerances는

vertical 방향으로 $\pm 1 \mu\text{m}$, lateral 방향으로 $\pm 5 \mu\text{m}$ 의 특성을 가지도록 설계되었다.

본 실험에서는 BPM을 통하여 최적화된 에피구조를 n+-InP 기판 위에 유기금속 화학기상증착법(MOCVD)으로 성장하였고, waveguide영역의 폭은 $40 \mu\text{m}$, 길이는 $400 \mu\text{m}$ 로 PN 접합 영역의 폭은 $20 \mu\text{m}$, 길이는 $350 \mu\text{m}$ 로 두 번의 건식식각을 통하여 mesa 형태로 제작하였으며, Zn diffusion과 RTA를 통하여 PN 접합을 형성하였다. 이렇게 제작된 WGPD의 경우 -10 V 의 역전압하에서 $< 0.1 \text{ nA}$ 의 낮은 암전류 값을 보였으며, AR coating을 수행한 상태에서 $1.55 \mu\text{m}$ 빛에 대한 DC responsivity는 -5 V 의 역전압하에서 $1.0 \sim 1.1 \text{ A/W}$ 의 높은 responsivity 값을 보였다. 이러한 WGPD 칩과 cleaved fiber와의 1dB coupling tolerance는 그림 3에서와 같이 vertical 방향으로 $\pm 3.5 \mu\text{m}$, horizontal 방향으로 $\pm 11 \mu\text{m}$ 의 특성을 가지는 확인하였다. 따라서, 본 연구에서 제작된 WGPD는 optical fiber 또는 PLC와 PD의 렌즈나 기타 다른 optical component 없이 passive alignment를 가능하게 하여 저가형 모듈제작을 용이하게 하였다.

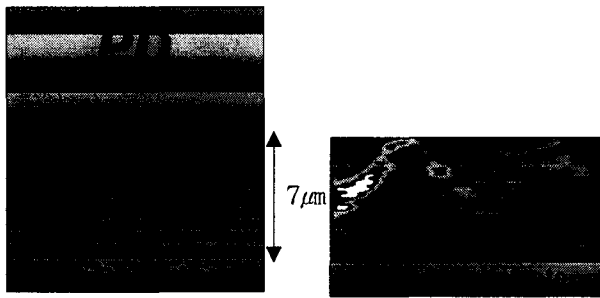


그림 1. 본 WG PD의 에피구조

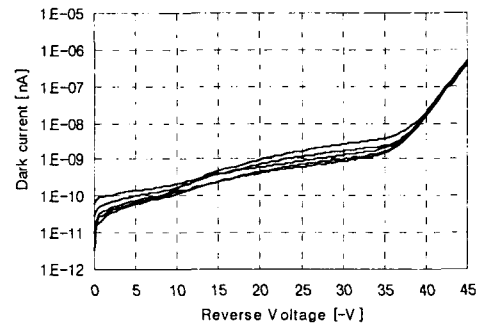


그림 2. I-V 특성

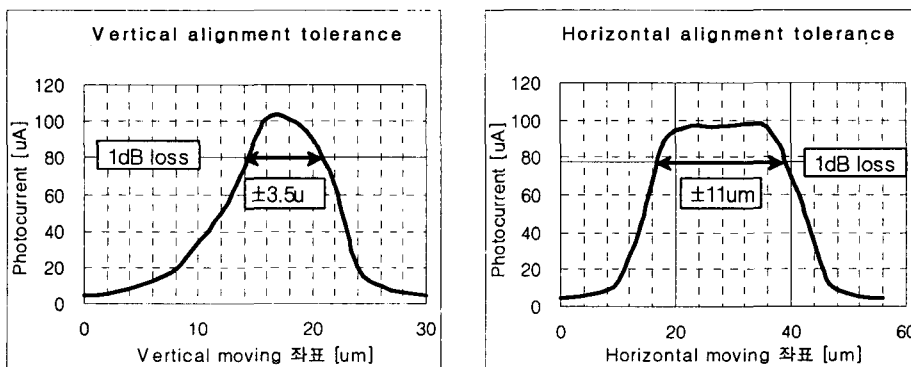


그림 3. 본 WG PIN PD와 cleaved fiber와의 coupling tolerance

참고문헌

1. Vincent Magnin, et al., IEEE J. Lightwave technol., vol. 20, No. 3, 477-488, 2002