

InP HEMT 의 변조된 1.55 μm 광신호 검출 특성Photodetection of 1.55 μm modulated lightwave in InP HEMT강효순^{*1}, 최창순¹, 최우영¹, 손주혁², 장경철³, 서광석³¹연세대학교 전기전자공학과, ²서울시립대학교 물리학과, ³서울대학교 전기공학부

E-mail: hkang@yonsei.ac.kr

Abstract: We investigate the photodetection characteristics of InAlAs/InGaAs/InP High-Electron-Mobility-Transistor (InP HEMT). The experimental results show that the photoresponse strongly depends on drain bias of the InP HEMT. InP HEMT which can detect 10GHz modulated lightwave is expected to be utilized as a photodetector in InP-based MMIC.

I. Introduction

최근 정보의 양이 많아지고, 주파수 사용 대역이 높아짐에 따라 고주파 신호를 손실이 적은 광섬유를 통하여 전송을 하는 microwave photonics system에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1,2]. 무선 통신 시스템에서 carrier 주파수가 높아지게 되면 요구되는 antenna station의 수가 많아지게 된다. 이에 따라 광소자와 마이크로파 소자를 단일 칩에 집적시키기 위한 노력이 진행 중에 있다. InAlAs/InGaAs/InP HEMT는 고주파에서 동작할 뿐만 아니라 광통신 시스템에서 쓰이는 1.55 μm 광 신호를 검출할 수 있는 장점이 있다. 또한 MMIC process를 사용하면 InP 기판에 증폭기나 발진기와 집적이 가능하게 되어 antenna station을 작고 간단하게 만들 수 있다. 본 연구에서는 InP HEMT를 사용하여 1.55 μm 파장의 변조된 빛을 검출하고, 주파수 특성 및 bias 조건에 따른 광 검출 특성을 살펴보았다.

II. Device Structures & Experimental Setup

그림 1 은 실험에 사용된 InP HEMT의 epitaxial 구조를 보여준다. 1.55 μm 빛은 In_{0.53}Ga_{0.47}As 채널 층에서만 흡수되며, 이것이 photocurrent를 야기시킨다. Gate metal은 T-shaped gate를 사용 하였고, 소자의 gate length는 0.25 μm , gate width는 50 μm 이다.

본 연구의 실험에서는 반도체 레이저 다이오드를 직접 변조하고, 이를 lensed fiber를 이용하여 광 주입하였다. 그런데 HEMT의 gate metal 및 passivation에 의한 반사로 인하여 실제 빛이 들어가는 양은 매우 작게 되므로 EDFA를 사용하여 광 신호를 증폭하였

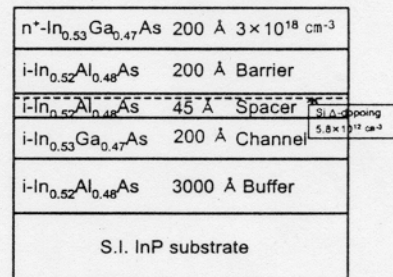
다. 이때, HEMT의 drain단에서 검출되어 나오는 신호의 주파수 성분을 spectrum analyzer로 측정하였다.

III. Result and Discussion

InP HEMT에 빛이 들어가면 photovoltaic 효과와 photoconductive 효과 의해 drain 전류가 증가하는 현상이 보고된 바 있다[2].

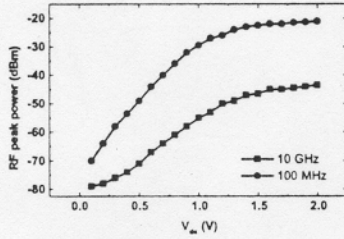
Photovoltaic 효과는 빛의 흡수에 의해 생성된 전자-정공들이 내부 전위차를 발생시키고, 결과적으로 gate에 순방향 전압을 가하는 것과 동일한 효과를 미치는 것을 말한다. 이 때문에 drain 전류의 양이 증가하게 된다. Photoconductive 효과는 빛의 흡수에 의해 전자-정공이 채널 층에 생성되고, 그 결과로 conductivity 증가하여 drain 전류가 증가하는 현상을 가리킨다.

변조된 빛에 대한 InP HEMT의 광검출 특성은 drain bias 조건에 민감한 것을 실험적으로 확인하였다. 그림 2 는 drain 전압에 따른 변조된 광신호의 photoresponse를 보여

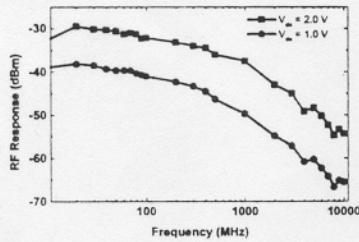


[그림 1] InP HEMT의 epitaxial layer structure

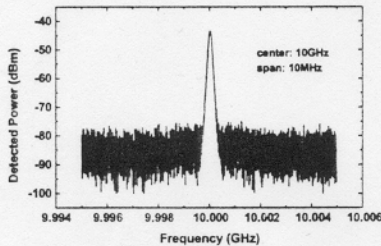
준다. 그림 2 에서 보는 바와 같이 drain 전압에 대한 photoresponse는 InP HEMT의 I_d - V_d 특성과 비슷한 경향을 보인다. 이것은 빛의 흡수로 유도된 drain 전류 역시 drain 전압이 증가함에 따라 나타나는 velocity saturation과 channel pinch-off 현상을 나타내는 것으로 해석할 수 있다. 그런데 gate 전



[그림 2] Drain 전압에 대한 photoresponse ($V_{gs} = -0.8V$)



[그림 3] Optical modulation frequency Response ($V_{ds} = 1V, 2V, V_{gs} = -0.8V$)



[그림 4] 10GHz 변조된 광신호 Spectrum (RF input power: 10dBm)

압에 따른 InP HEMT의 photoresponse는 거의 변화가 없는 것을 실험적으로 관찰 하였는데, 이는 고주파로 변조된 광신호의 검출에서는 photoconductive 효과에 의한 전류가 주요하기 때문이라고 추측된다[3]. 만약 photovoltaic 효과가 주요하다면 빛에 의해 인가된 내부 전위차와 함께 gate 전압 또한 광검출 특성을 변화시킬 것이다.

그림 3 은 광 변조 주파수 응답(optical modulation frequency response)을 나타낸다. 그림 3 에서 볼 수 있는 바와 같이 주파수 응답 특성은 drain bias 조건에 따라서 각기 다르며, 높은 drain 전압에 대해 주파수 응답이 높은 것을 볼 수 있다. 이는 그림 2 에서 drain 전압이 높은 경우에 photoresponse가 큰 것과 연관 지어 생각해 볼 수 있다. 또한 그림 3 은 고주파로 감에 따라 photoresponse가 감소하는 특징을 보여준다. 그림 4 는 10GHz로 변조된 빛을 광검출한 RF spectrum을 보여준다. 그림 3 에서 확인한 바와 같이 변조 주파수가 올라감에 따라 photoresponse가 감소하지만, 그림 4 에서 검출된 10GHz 신호는 SNR이 40dB 이상 유지되는 것으로 보아 고주파 대역에서 InP HEMT를 광수신기로써 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

IV. Conclusion

InP HEMT 를 이용하여 파장 1.55 μm 대역의 변조된 광신호를 검출해 보았고, Drain 과 gate 의 bias 에 대한 photoresponse 특성을 살펴 보았다. InP HEMT 의 광 변조 주파수 응답의 특성 곡선으로부터 주파수가 증가함에 따라 photoresponse 가 감소하는 것을 관찰하였다. 그러나 10GHz 광검출 spectrum 을 분석한 결과 noise-level 이 매우 낮은 것을 확인하였고, 이를 고려할 때 InP HEMT 는 고주파에서 광수신기로 동작하는데 문제가 없을 것으로 보인다.

REFERENCE

1. A. J. Seeds, et al., *IEEE MTT*, vol 50, pp.877, 2002.
2. S. Iezekiel, et al., *MWP 2000*, pp. 55, 2000.
3. Y. Takashi, et al. *IEEE TED*, vol 46, pp2271, 1999.