

APD의 다이내믹 레인지 향상을 위한 전력 공급기

Power supply for the enhancement of dynamic range of APD

김만호¹⁾, 최택진^{*2)}, Boris Fursa¹⁾, 이광복²⁾,
 부천대학교 광전자 연구소¹⁾, (주)에어넷²⁾
 mhkim@hangil.bucheon.ac.kr

APD(avalanche photo diode)는 수광된 빛에 의해 생성된 캐리어를 강한 역바이어스 전압(40 ~ 400V)으로 가속시켜 avalanche 증배를 일으켜 큰 current를 얻을 수 있도록 제작된 소자이다. APD는 P-N 포토 다이오드에 비하여 수십~수백배의 높은 반응도(responsivity)를 얻을 수 있으며 응답 시간이 매우 짧다는 장점이 있는 반면 불규칙한 전류에 의해 만들어지는 내부 잡음 레벨이 높으며 온도에 민감하다는 단점을 갖고 있다.

본 논문에서는 APD의 광수신기의 다이내믹 레인지를 증가시키고, 온도 변화에 대해 안정된 동작 상태를 유지하도록 전력 공급기 및 그 전력 공급 방법을 제안하고자 한다. 이것은 특히 자유 공간상에서의 광신호 송수신을 염두에 둔 애플리케이션이다.

일반적인 전원 공급기의 다이어그램은 그림1과 같다. 이런 일반적인 scheme에서는 입력되는 광신호가 증가하여 APD에 전류가 많이 흐르게 되면 저항에서의 전압 강하가 증가하기 때문에 어느 순간에는 APD가 더 이상 avalanche 모드로 동작하지 못하게 되고, 결과적으로 수신기의 다이내믹 레인지가 제한되게 된다. 새로이 제안하는 scheme에서는 current limiting circuit의 한 부분에 zener diode를 사용하여 전압이 APD의 avalanche 모드 동작을 위한 최소 레벨 이하로 떨어지는 것을 막고 APD의 최대 소모 전력량 (maximum power dissipation) 이상의 전류를 일시적으로 흘릴 수 있게 하여 수신기의 다이내믹 레인지를 향상시킬 수 있다.

온도가 증가하면 APD의 최대 소모 전력량은 감소하게 되는데, (그림3에서 $P_{max,b} \rightarrow P_{max,a}$) 보통의 전력 공급기를 사용하는 경우 동작의 안정성 확보를 위해 APD의 최대 소모 전력량이 작을 때를 기준으로 전력을 공급하고 높을 때는 마진으로 남겨 두어야 한다. 반면 제안하는 전력 공급기에서는 APD에 공급되는 전력이 current limiting circuit에 의해 온도에 따라 변화하여 항상 APD의 최대 소모 전력량에 가깝게 함으로써 수신기의 다이내믹 레인지를 향상시키고 있다.

APD의 이득(gain) M 은 다음과 같은 수식으로 주어진다. [1]

$$M = \frac{1}{1 - \left(\frac{v_d}{V_{BR}} \right)^n}$$

v_d : bias voltage

V_{BR} : breakdown voltage

n : experimentally determined constant (>1)

V_{BR} 은 온도에 따라 변화하며 온도 1°C 변화에 의한 V_{BR} 의 변화량으로 APD의 온도 계수가 정의된다. V_{BR} 이 변함에 따라 이득도 변하며 온도가 증가하면 APD의 이득은 감소하게 되는데, 제안하는 전력 공급기에서는 온도가 높아지면 voltage controller 측에서 더 높은 전압을 발생시켜 온도 증가에 따른 APD의 이득 감소를 보상하도록 되어 있다. 이 voltage controller는 트랜지스터의 base-emitter 전압의 온도에 따른 변화를 증배시켜 전달할 수 있도록 구성되어 있고, thermal sensor나 microprocessor 등을 사용하지 않고 트랜지스터, 다이오드, 저항 등으로만 구성하여 단가가 낮고 간단한 회로 구성으로 고장이 적다는 장점을 갖고 있다.

이상에서 제안하는 APD용 전력 공급기를 통해 최대 $1.0 \text{ V}/^{\circ}\text{C}$ 까지 APD의 온도 계수를 보상할 수 있으며 광수신기의 다이내믹 레인지를 향상시킬 수 있다.

[참고문헌]

- [1] M. M. Liu, Principles and Applications of Optical Communications (Irwin, 1996) 205
- [2] 손영선외, 광통신공학 (광문각, 서울, 1995) 제7장
- [3] 김만호, 애벌란치 포토다이오드용 전력 공급기 및 그 전력공급방법, 특허출원 제 10-2000-68952호 대한민국 특허청, 2000년 11월)

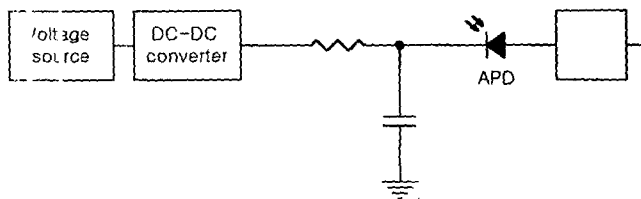


그림1. 전형적인 광수신기의 scheme

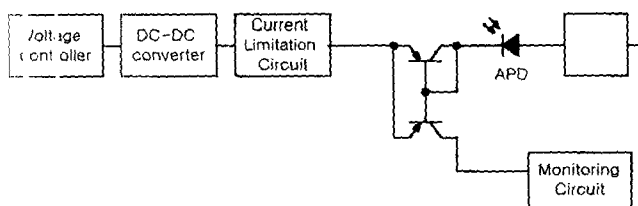


그림2. 온도 상수를 보상하고 다이내믹 레인지를 개선한 광수신기의 scheme

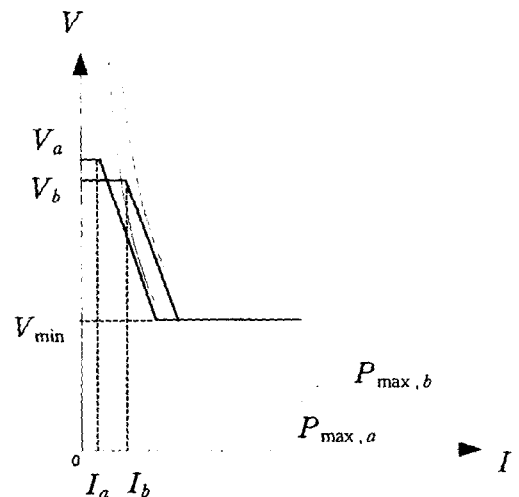


그림3. 온도에 따른 APD의 최대 소모 전력과, 제안된 전력 공급기의 전력 특성