

## MAX1932를 리용한 InGaAs사태빛2극소자의 역편의조종에 대한 연구

김춘근, 장봉렬, 지금혁

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《나라의 과학기술을 세계적수준에 올려세우자면 발전된 과학기술을 받아들이는것과 함께 새로운 과학기술분야를 개척하고 그 성과를 인민경제에 적극 받아들여야 합니다.》  
(《김정일선집》 증보판 제11권 138~139페이지)

일반적으로 단일포톤검출에 리용되는 사태빛2극소자는 사태전압근방의 역편의전압에서 동작하기때문에 역편의전압을 정확하게 보장하는것은 단일포톤의 검출특성에 큰 영향을 준다.

본문에서는 MAX1932를 리용하여 InGaAs사태빛2극소자의 역편의조종을 실현하는 한 가지 방법을 제기하고 역편의조종부를 설계제작하였으며 그 특성을 밝혔다.

### 1. MAX1932에 의한 역편의조종방법

단일포톤검출에 리용되는 사태빛2극소자(APD)는 그것의 동작원리로부터 주어진 사태전압조건에서 입구에 들어오는 빛량을 검출한다. 이 사태전압은 APD의 재료에 따라 다르며 일반적으로 규소사태빛2극소자(Si-APD)의 경우에 100~200V, 인디움갈리움비소사태빛2극소자(InGaAs-APD)의 경우에 40~70V정도이다.[1, 2]

APD를 리용한 빛량자검출에서 검출감도와 암전류는 중요한 특성파라미터이며 이것들은 다 역편의전압의 영향을 많이 받는다.

지금까지 APD의 역편의전압조종에는 일반적으로 반도체3극소자나 정밀연산증폭기들을 리용하였다.[3] 이 경우에 조종범위가 작고 사태전압탐색을 수동으로 진행하였으며 중요하게는 APD를 위한 보호기능이 없기때문에 이러한 방법은 소자가 동작과정에 쉽게 파괴될수 있는 위험성을 내포하고있다.

MAX1932는 수자식PWM조종과 반결합고리에 있는 RC 또는 LC려파기에 의하여 매우 낮은 출구맥동과 잡음을 가진 가변형고전압을 발생시키며 출구전류한계를 검출하여 파전류상태를 보호할수 있는 전용화된 집적소자이다. 그림 1에 MAX1932의 응용회로를 보여주었다.

일반적으로 승압변압기를 리용할 때 출구보호를 위하여 소비전류를 측정하지만 MAX1932는 급격한 사태조건에서 APD를 보호하기 위하여 파전류한계를 직접 측정한다. 또한 출구전압은 외부저항이나 내부의 8bit 수자-상사변환부(DAC) 또는 외부DAC, 그밖의 다른 전압원에 의하여 설정되며 중요하게는 출구전압범위와 편차를 외부저항들에 의하여 독립적으로 설정할수 있다.

MAX1932의 출구전압범위는 4.5~90V이고 파전류보호기능을 가지고있으므로 InGaAs-

APD의 역편의조종용으로 매우 적합하다.

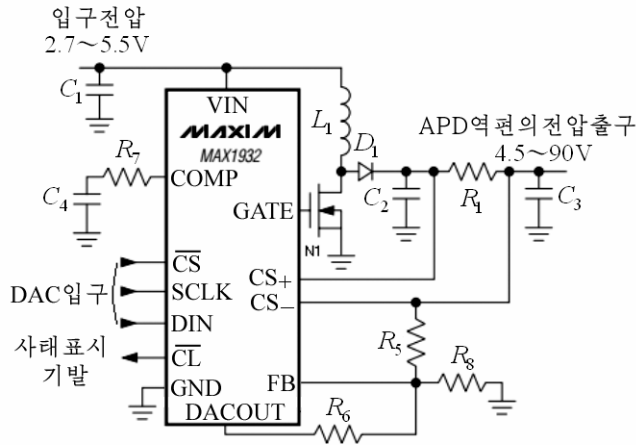


그림 1. MAX1932의 일반적인 응용회로

## 2. MAX1932를 리용한 InGaAs사태빛2극소자의 역편의조종부의 설계

MAX1932를 리용한 InGaAs-APD의 역편의조종부를 그림 2와 같이 구성하였다.

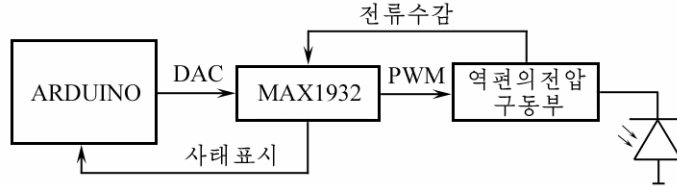


그림 2. MAX1932를 리용한 InGaAs-APD의 역편의조종부의 구성도

그림 2에서 보는바와 같이 역편의조종부는 ARDUINO(MEGA2560)와 MAX1932, 역편의전압구동부로 구성되어 있다.

ARDUINO는 출구전압값에 해당하는 수자신호를 SPI통신방식으로 출력한다. 이때의 시간선도를 그림 3에 보여주었다.

또한 MAX1932에서 출력되는 사태발생기발 신호상태를 검색하다가 신호가 검출되면 보다 낮은 출구전압에 해당하는 수자신호를 출력하고 상태를 음성정보신호로 알려준다.

SPI통신방식으로 입력되는 수자신호는 먼저 MAX1932의 8bit D/A변환기에서 수자-상사변환되며 이때 상사전압출구는 다음의 식에 의하여 결정된다.

$$V_o = d \times \left( \frac{1.25V}{256} \right) + \left( \frac{1.25V}{256} \right) \quad (1)$$

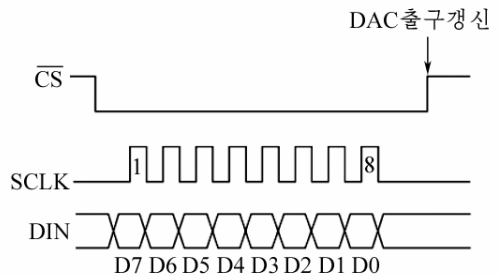


그림 3. SPI통신의 시간선도

여기서  $d$  는 8bit수자자료이다.

이 변환된 상사신호는 외부귀환회로를 거쳐 다시 MAX1932에 입력되어 출구전압안정에 리용된다.

역편의전압구동부는 NMOS마당효과소자와 선류, 고주파2극소자, 편의조종 및 전류수감용저항, 려파기들로 구성되어있다. 출구전압범위는 이 요소들의 배치와 특성값들에 의하여 결정된다.

그림 1의 전류수감저항  $R_1$  과 출구전압범위설정을 위한 편의저항  $R_5$ ,  $R_6$ ,  $R_8$  은 다음의 식들에 의하여 결정하였다.

$$R_1 = \frac{2V}{I_L} \quad (2)$$

$$R_6 \geq \frac{1.25V}{50\mu A} \quad (3)$$

$$R_5 = (V_{\min} - V_{\max}) \frac{R_6}{1.25V} \quad (4)$$

$$R_8 = \frac{1.25V \times R_5}{V_{\min}} \quad (5)$$

여기서  $I_L$  은 출구한계전류,  $V_{\min}$  은 최소출구전압,  $V_{\max}$  는 최대출구전압이다.

### 3. 실험 및 결과분석

출구전압이 60V인 경우 MAX1932의 Gate단자의 PWM파형과 부하전류에 따르는 출구전압의 변화특성을 그림 4와 5에 보여주었다.

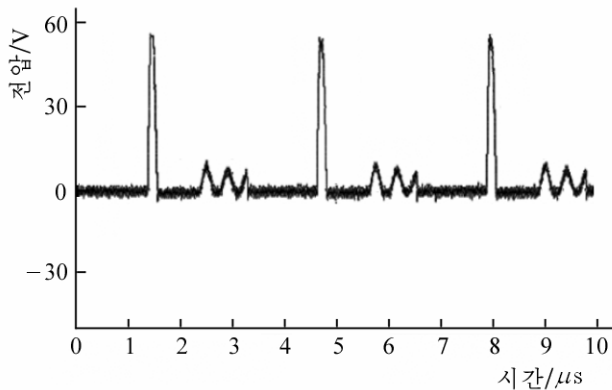


그림 4. MAX1932의 Gate단자의 PWM파형

일반적으로 전류한계저항은 출구려파기로 동작하는데 이 저항의 값에 따라 출구잡음과 맥동이 얼마간 줄어들게 된다. 그러나 역편의전압을 더 안정시키기 위하여서는 그 뒤에 LC려파기를 더 추가하여야 한다.

MAX1932는 이론적으로 0.5%의 출구정확도를 가지고있다. 그러나 리용한 요소값들의 정확성과 온도 등의 영향으로 하여 전체적인 출구전압의 오차는 커지게 된다. 그러므로 오차를 최대로 줄이기 위하여서는 출구전압에 미치는 모든 영향을 고려하여 요소값들을

잘 선택하는것이 매우 중요하다.

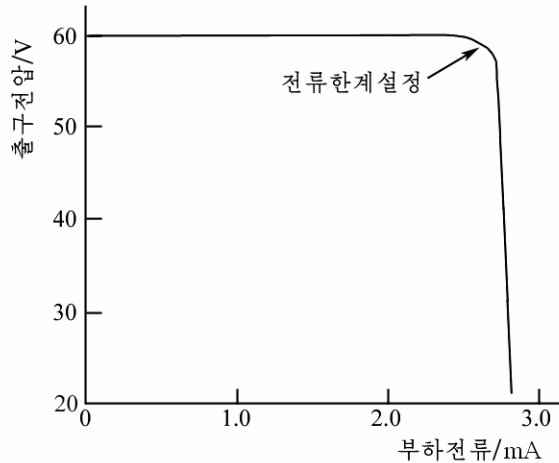


그림 5. 부하전류에 따르는 출구전압의 변화특성

론문에서 설계제작한 역편의조종부의 특성을 표에 주었다.

표. 설계제작한 역편의조종부의 특성

| 출구전압조종범위/V | 최대전류/mA | 전압조종정밀도/mV | 입구전압/V | 출구전압요동/mV |
|------------|---------|------------|--------|-----------|
| 5~60       | 50      | 220        | 5      | 1         |

설계제작한 역편의조종부를 InGaAs-APD소자(EXT-40N-50)의 역편의조종에 리용하였다. ARDUINO를 리용하여 역편의전압을 10V로부터 200mV간격으로 증가시키면서 측정한 결과 소자의 사태전압은 46.8V이다. 즉 설계제작한 역편의조종부가 소자의 사태전압을 정확히 측정하였을뿐만아니라 이 역편의조종부가 자기의 특성으로부터 InGaAs-APD의 안정성을 높이는데서 우월하다는것을 알수 있다.

## 맺 는 말

MAX1932를 리용하여 InGaAs-APD의 역편의조종을 실현하는 한가지 방법을 제기하고 역편의조종부를 설계제작하였다. 실험을 통하여 설계제작한 역편의조종부의 특성을 밝혔으며 이 방법이 InGaAs-APD의 안정성을 높이는데서 대단히 우월하다는것을 확증하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] Xudong Jiang et al.; Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 21, 3, 1, 2015.
- [2] A. Tosi et al.; Rev. Sci. Instrum. 83, 1, 104, 2012.
- [3] M. D. Eisaman et al.; Rev. Sci. Instrum, 82, 7, 101, 2011.

주체108(2019)년 8월 5일 원고접수

## **Study on the Reverse Bias Control of InGaAs Avalanche Photo Diode Using MAX1932**

*Kim Chun Gun, Jang Pong Ryol and Ji Kum Hyok*

We proposed one method to implement the reverse bias control of InGaAs Avalanche Photo Diode (APD) using MAX1932, designed reverse bias control unit and made experiments.

By experiments, we found its characteristics and verified that this method was an effective one in advancing the stability of InGaAs-APD.

Key words: APD, MAX1932