

PWM을 이용한 화재 감지를 위한 자외선 센서의 구동 방법

임병현^{*}, 고낙용^{**}, 황종선^{***}, 김영민^{***},
조선대 대학원 제어계측공학과, ^{**}조선대 제어계측공학과 ^{***}남도대학 전기전자과

Driving Method of Ultraviolet Sensor for Fire alarms using Pulse Width Modulation

Byung-Hyun LIM^{*}, Nak-Yong KO^{**}, Jong-Sun Hwang^{***}, Yeong-Min Kim^{***}

^{**}Dept. of Control & Instrumentation Eng. Chosun Univ.

^{***} Dept. of Electrical and Electronic, Provincial College of Namdo.

Abstract

We propose driving method of Ultraviolet sensor for fire alarms using pulse width modulation that used to fire detector with sensor of private-use detectable light energy as ultraviolet in energy of electromagnetic-wave type radiate from flame, when combustible burn with contain carbon,. Ultraviolet sensor is UV Tron using gas multiplication effect to current discharge and photoelectric effect of metal. To have high sensibility and to gain proper output voltage, it has high responsive performance. This research designed driving circuit with UV sensors and proposed method of false alarm reduced to resemble fire. the result propers the prevention and extinction of fire technique degree, certificated operation of detector.

Key Words : Flame, Detector, Ultraviolet, Pulse Width Modulation, False Alarm,

1. 서론

본 논문에서는 탄소를 함유한 가연물 연소시 발생하는 자외선 형태의 복사 에너지를 효과적으로 감지하기 위하여 불활성 가스를 봉입한 광전관형 자외선 센서의 구동 부분을 펄스 폭 변조(PWM : Pulse Width Modulation)의 방법을 사용하여 각각의 방전 개시 전압(Discharge Starting Voltage) 및 방전 유지 전압(Discharge Sustaining Voltage), 방전 차단 전압(Discharge Stopping Voltage)을 자외선 입사 시에만 방전이 발생되도록 설계하여, 불꽃으로부터 방출되는 약한 자외선에서도 빠르고 안정적인 감지를 위한 구동 회로 방법을 제안하고자 한다.

자외선센서는 인공위성을 이용한 대기권 내의 비행선 및 미사일 발사 탐지 등의 군사 분야, 지구 오존층 감시등의 환경 분야, 그리고 화재 감시 및

핵발전소 등과 같은 고온 환경에서의 물체 감지가 요구되는 산업 분야에서 많이 응용되고 있다. 또한, 보일러의 점화 불꽃 검출, 최근에는 초고압 송전선로의 코로나(Corona) 방전 검지에도 사용되고 있다. 자외선 센서는 크게 외부 광전효과형과 내부 광전효과형으로 나누어지며, 외부 광전효과형은 진공 중에 놓은 금속이나 반도체에 빛이 조사되면 그 표면에서 진공 중에 전자(광전자)를 방출하는 광전효과를 이용하며, 주로 진공관 형태의 광전관이 대표적이다. 내부 광전효과형은 N형 반도체와 금속과의 접촉에 의해서 생기는 장벽층에 빛이 조사되면 전도대 내의 전자나 증만대 내의 정공의 수가 늘어서 도전율이 증가하는 현상인 광도전 효과를 이용하며, 주로 실리콘(Si) 포토다이오드나 질화물(GaN)의 쇼트키, SiC의 포토다이오드 등이 대표적이다. 표1은 대표적인 자외선 센서들의 특성을 나타낸 것이다.^{[1][2][3]}

표 1. 발표된 자외선 센서들의 특성

Table 1. Characteristics of the reported ultraviolet sensors.

Type parameter	내부광전효과형			외부광전효과형
	GaN Schottky	SiC Photodiode	Silicon Photodiode	광전관
spectral range	200~365nm	200~365nm	400~1200nm	185~265nm
peak responsivity	0.18A/W	0.04A/W	0.55A/W	-
response time	118ns	-	0.1 μ s	10 μ s
maximum operation temp.	~300 $^{\circ}$ C	~275 $^{\circ}$ C	~125 $^{\circ}$ C	-20~60 $^{\circ}$ C

내부 광전효과형은 일반적으로 크기가 작고 전력소모가 적으며 응답특성이 양호하고 광범위한 자외선영역(~400nm)을 검출할 수 있으나, 자외선의 감지 거리에 따른 신호의 미약, 태양광이나 실내조명과 같은 간섭 요인에 대해 작동될 수 있으며, 이를 해결하기 위해서는 260nm 이상의 파장에 대해 응답하지 않는 특성의 필터를 사용하여야 하는 단점이 있다.

광전관을 이용한 자외선 검출원리는 DC350[V] 정도의 전압을 전극에 인가하고, 자외선이 광전 음극(Cathode)에 조사되면 광전 효과에 의해 방출된 광전자가 전계에 의해 양극(Anode)로 흡인되고 광전자는 봉입가스 분자와 충돌하여 전리를 일으켜 전자를 발생한다. 이 과정이 반복되어 2차 전자에 의한 +극과 -극에는 전류가 흐르는 폐회로가 구성되어 방전 상태를 이루어 자외선을 검출한다. 일반적으로 한번 방전을 개시하면 더 이상의 자외선 입광이 없어도 연속 방전 상태를 만들게 되는데 이러한 방전 직후 양극간의 전위를 낮춰 방전 유지전압 이하로 전압을 제어하여 방전을 정지시키는 회로가 필요하다. 이러한 각각의 방전 개시, 방전 유지, 방전 차단 전압 제어를 펄스폭 변조의 방법을 이용하여 효과적으로 자외선 파장을 검출하는 방법을 제안하고자 한다.

II. 기초 이론 및 문제 구성

2.1 광전자 방출 및 광전관

빛이란 사람의 눈으로 감지하는 전자파를 일컬으

며 파장은 대략 400~800[μ m]의 범위에 있고 파장의 차이를 우리는 색깔이라 부른다. 빛의 스펙트럼 분포를 아래에 나타내었다.

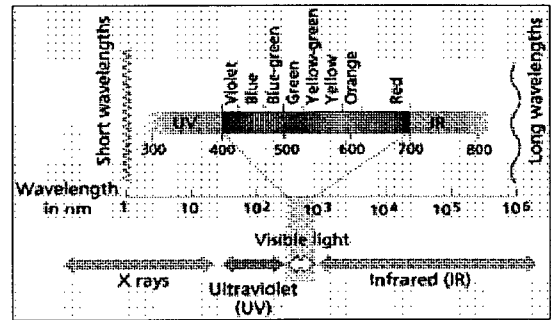


그림 1. 빛의 스펙트럼 분포

Fig. 1. Spectrum Distribution of Light

주파수 [Hz]의 빛은 [Js]를 Frank의 정수라 하면 그 에너지는 [J]이고 이것을 광자라 하며, 빛의 진공중의 속도는 파장 [m]에 상관없이 일정하며 이것을 [m/s]라 하면 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$[m/s] = [2-1]$$

광자 는 빛의 에너지의 최소단위지만 빛의 주파수 , 파장 에 따라 그 값은 다르다. 즉, 빛의 양이 많다는 것은 광자의 수가 많다는 의미이다. 결정의 표면에 닿은 1개의 광자에너지 가 금속 이나 반도체의 1개의 전자의 일함수 [J] 보다 크면 그 전자는 표면으로부터 외부로 방출된다. 이를

광전자, 이 현상을 광전자 방출(Photo Emission) 효과라 한다. 전자의 질량을 $m[\text{kg}]$, 방출된 광전자의 진공 중에서의 속도를 $[m/s]$ 라 하면 광전자는 운동에너지 $[J]$ 을 가지므로 다음의 Einstein의 법칙이 성립된다.

$$[J] \quad [2-2]$$

따라서 $=$ 가 되는 를 로 하면 의 주 파수의 빛에서는 광전자가 방출되는 것과 방출이 되지 않는 것의 한계가 된다. 그러므로 이 주파수를 한계 주파수라 하고 와 아인슈타인의 식에서 구한 파장 를 한계 파장이라 한다.

$$[nm] \quad [2-3]$$

이 한계파장이 아니면 광전자 방출은 일어나지 않는다. 즉, 한계파장 는 광전자 방출이 얻어지는 최대파장이며 광전면의 성질을 가리키는 중요한 양이다.[4][5]

2.2 광전관(UV Tron)

광전관은 기체를 봉입한 자외선을 투과하는 유리관 속에 광전 물질을 부착한 광전 면과 작은 양극을 어떤 간격으로 설치, 유리관 속을 진공 또는 비활성가스를 넣은 전자관을 말한다.

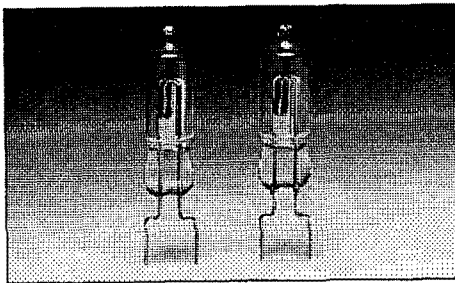


그림 2. 광전관 형태의 자외선센서
Fig. 2. Ultraviolet Sensor(UV Tron)

외부에서 광전 면에 빛이 입사하면 광전자는 입사 광자가 갖고 있는 에너지가 음극의 일함수보다 큰 경우에 음극 면에서 광전자가 방출되며 방출된 광전자는 전계에 이끌려 봉입기체와 충돌하여

전리시키면서 양극으로 몰려 들어가게 되고(작용) 봉입기체의 전리에 따라 생긴 +이온을 전계에 의해 음극으로 향하여 음극 표면에 충돌하여 배의 전자를 음극 면에서 방출시켜 간다. 전계가 강해서 초기 광전자의 수에 비해 양극으로 흘러 들어온 전자의 수가 지수 함수적으로 증대하면 마침내 봉입 기체는 절연 파괴를 일으켜 방전을 개시한다. 이러한 절연 파괴와 함께 광전류의 도통 회로를 형성한다. 광전면에 부착하는 광전 물질은 세슘-은(Ag), 세슘-안티몬(Sd) 등이 사용되며, 이러한 광전관용 자외선 센서는 불꽃의 검출뿐 만 아니라 초고압 송전 선로의 코로나 방전 검출에도 사용되고 있다.

2.3 불꽃의 분광 특성 및 센서 응답 분포

그림 3은 가연물 연소시의 스펙트럼 분포와 내부광전효과형인 SiC Photodiode, 외부 광전 효과형인 GM관의 상대적인 응답 곡선을 보여준다. 일반적으로 SiC Photodiode의 특성이 불꽃의 특성을 거의 포함하지만 태양광이나 실내조명의 영향을 받으므로 특정의 필터를 사용해야만 가능하다. 그림4는 상용화된 광전관의 응답 특성으로 별도의 필터를 사용하지 않고, 태양광이나 텅스텐 조명의 파장에서서 응답하지 않도록 설계되었음을 보여준다.[6][7]

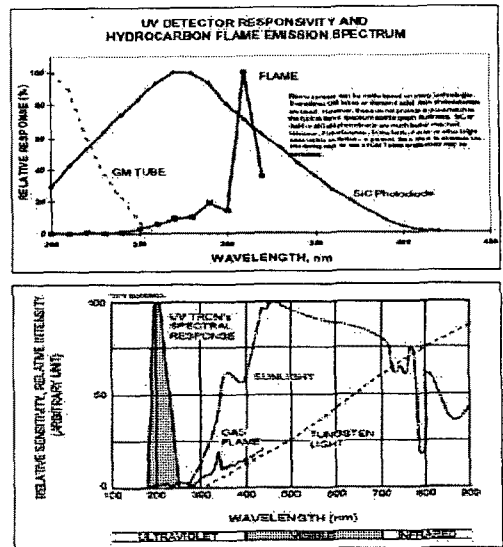


그림 3. 불꽃의 분광 특성
Fig. 3. Flame emission spectrum

III. PWM 구동부 설계 및 적용

3.1 광전관 구동 회로

아래 그림과 같은 블록도를 바탕으로 실험에 필요한 회로를 구성하였다.

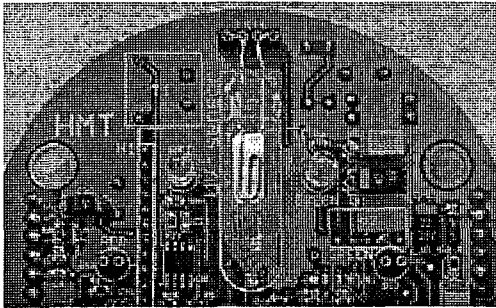
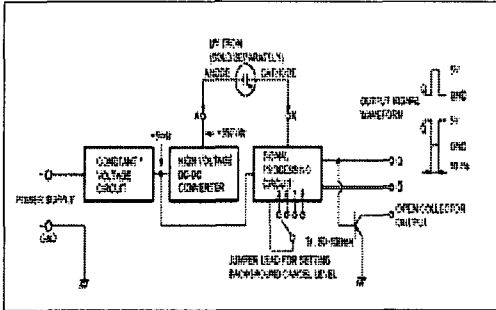


그림 4. 실제 구성 회로 기판
Fig. 4. Designed PCB

IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에 실험을 위해 제안된 방법을 화재를 감지하는 불꽃감지기(flame detector)에 적용하여 실험하였다. 자외선 센서는 하마마츠(Hamamatsu)사의 R2868 광전관형 자외선 센서를 사용하였고, 제안된 방법을 적용하여 방전개시 전압 및 방전유지 전압, 방전 종료 전압을 각각의 PWM의 출력 비율에 맞춰서 센서에 인가하였다. DC350V 전압을 유지하기 위해 소형 트랜스포머와 브릿지 정류회로를 사용하여 센서에 직접 전압을 인가하였다.

그림 5는 PWM 발생 장치로부터 출력되는 50%의 인가 파형을 보여주고 있다. 초기 방전 개시 전압을 설정하기 위하여 비율에 의한 전압 출력을 선택하고자 임의의 비율로 출력시켜서 값을 설정하였다.

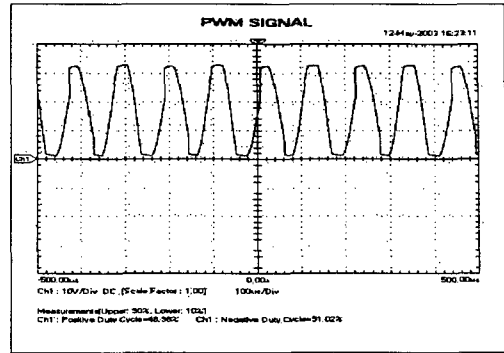


그림 5. PWM 신호 출력 파형
Fig. 5. Pulse of PWM signal

그림6는 트랜스포머를 거친 출력파형을 보여주고 있다. 유도성 소자에 의한 왜형파를 나타내고 있다.

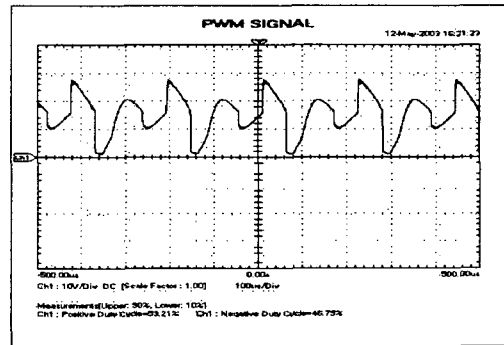


그림 6. PWM 신호 파형
Fig. 6. PWM signal with Transformer

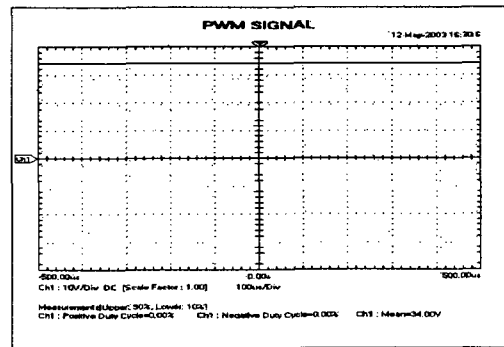


그림 7. 센서 입력 전압
Fig. 7. Sensor input voltage

그림7은 센서의 PWM파형으로 만들어낸 DC 입력전압을 나타내며 그림9는 불꽃 입력시 센서의 출력 파형을 보여주고있다.

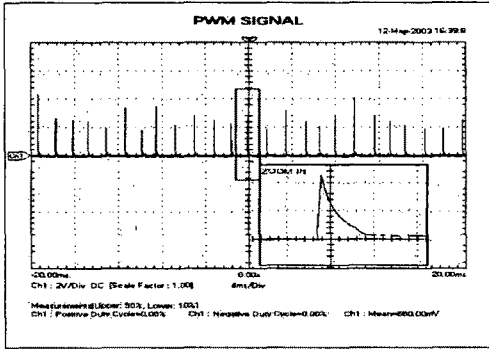


그림 8. 센서 출력 파형
Fig. 8. Sensor output pulse

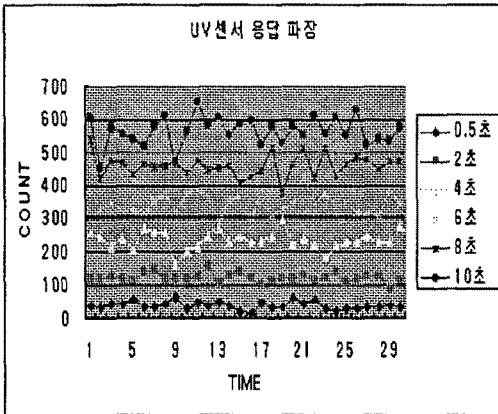


그림 9. UV 센서 응답 파장 수
Fig. 9.. UV sensor respond pulse count

IV. 결 론

본 논문에서는 다양한 종류의 자외선 센서들 중 탄소를 함유한 가연물의 연소시 불꽃의 복사 에너지 특성을 정확히 인식하기 위한 화재·소방 분야에 적용이 가능한 광전관 형태의 자외선 센서를 펄스폭변조(Pulse Width Modulation)를 사용한 구동 방법과 그 특성을 조사하였다. 제안한 방법을 실험적인 연구로 N-Haptane, 유기용제와 같은 가

연성 액체의 불꽃에서 자외선 센서의 출력 파형을 분석하였고, 태양광, 실내 조명등에 적용하여 응답 특성을 분석하였다.

사용한 구동 방법은 전압 비율이 53%일 때, 센서 구동에 적합한 335VDC 전압을 인가할 수 있었고, 260nm 이하의 불꽃의 자외선 복사 에너지를 인식 할 수 있었다. 화재 감지 장치의 실험 기준은 현행 국가 소방검정기술기준(KOFIS 1320)에서 정하고 있는 성능 검사 항목을 적용하였다. 보다 세부적인 회로의 안정적인 특성 개선으로 조기에 화재를 인식하는 화재 방재를 위한 시스템에 적극 활용되었으면 한다.

참 고 문 헌

- [1] S. Strite and H. Morkoc, "GaN, AlN, and InN: A review," J. Vac. Sci Technol. B. No.10(4), pp. 1237-1263, 1992
- [2] J. A. Garrido, E. Monroy, I. Lzpara and E. Munoz, "Photoconductive gain modeling of GaN photoconductors," Semiconductor Science Technology, Vol 12, pp. 563-568, 1998.
- [3] Boston Elctronics Corporation, <http://www.boselec.com/products/detuv.shtml> , 2003.
- [4] 김용혁, 백동현, 최일수, 한국소방학회지, 9권2호 (통권20호), pp29~36, 1995.
- [5] 이승래, 광소자응용기술. 연학사, 1993.
- [6] Nobuyuki Ichikawa, 火災 , Vol 145, No.1, 13, 1995.
- [7] S. M. Skippon & R. T. Short, Fire Safety Journal, 21, 1993.
- [8] Hamamatsu Corporation, Technical Information ET-04-01 , 1991.
- [9] EN54, Part 10, Fire Detection And Fire Alarm Systems, Part 10 : Flame Detectors-Point Detectors, 1996.
- [10] 행자부 고시 제2001-19호, 감지기의 형식 승인 및 검정 기술 기준 (2001)