

# 반도체소자를 이용한 관전압계의 개발

— The development of tube voltage meter using the semiconductor —

호서대학교 대학원 전기공학과

선종률 · 신대철

## — 국문요약 —

검출능력이 우수하고 가격이 저렴하며 소형으로 제작할 수 있는 반도체검출기 중에서도 광전소자인 포토다이오드를 이용하였는데 이 소자는 특정표면이 입사광에 대하여 반응을 나타내는 소자인데 광 강도가 증가함에 따라 저항이 감소하는 특성을 이용하여 방사선 검출기를 제작하였다.

제작된 측정기는 접속식 측정기에 의해 검사치를 측정하여 기준치를 정하고 기존의 비접속형 측정기를 이용하여 제작된 비접속형 측정기와 정확성을 비교 검토하였다.

비교 결과 3가지 측정기의 모든 측정치가 기준치 범위에 속하였으며 정밀도를 분석하기 위하여 백분율 평균오차의 평균치를 구하였는데 기준측정기의 백분율평균오차의 평균치가 -0.02이고 비교측정기가 -0.22, 제작한 측정기가 0.17이었다.

## I. 서 론

1910년경에 현재 사용하고 있는 열전자 X선관과 변압기식 고전압장치가 개발되면서 X선장치는 비약적인 발전을 하게되었지만 전기적 위험과 방사선 피폭문제는 크게 대두되었다<sup>1)</sup>.

의료장치의 눈부신 발전은 의료계에 큰 공헌을 하고 있는데 특히 의료 방사선장치의 개발은 인체의 생리학, 병리학 상태를 진단 및 치료에 있어서 가장 핵심적인 역할을 하고 있으며 최첨단 방사선 의료장비들의 지속적인 연구 및 개발은 환자의 진료에 그 활용이 더욱 확대될 전망이다<sup>2)</sup>.

따라서 장치발전과 더불어 장비의 급속한 보급으로 인한 품질관리측면에서 볼 때 방사선으로부터 인류가 의료 혜택을 누리기 위하여는 방사선으로 인한 피해는 불가피하다 하겠으나 진단용 X선 장치를 사용함에 있어 효율적 품질관리는 방사선으로부터 위험을 줄일 수 있으며 양질의 정보를 제공받을 수 있을 것이다<sup>3)</sup>.

진단용 X선 시스템에서 여러 가지 요인에 따라 성능저하가 일어나 성능점검의 중요성이 대두되는데 이중에서 가장 중요한 것은 정확한 관전압, 관전류, 조사시간으로서 안정된 출력이 얻어지도록 X선발생장치에 대해 일상 업무로서 보수관리를 해놓을 필요가 있다.

이런 보수관리를 위한 검출기는 방사선 기체전리를 이용한 검출기, 방사선 형광현상을 이용한 검출기, 방사선 화학작용을 이용한 검출기, 사진유제를 이용한 검출기, 비정을 이용한 검출기, 고체적산형 선량계, 반도체 검출기 등이 있다<sup>5)</sup>.

이중에서 반도체 검출기는 전리방사선에 의해 반도체 내에 기체의 이온쌍에 해당하는 전자정공쌍을 생성하여 전리전류를 전극에 모아 측정하는 검출기로서 분해능이 좋고 분해시간이 작아 빠른 신호로서 취급이 가능한 매우 유용한 검출기이다<sup>6)</sup>.

그러므로 본 연구는 검출능력이 우수하고 가격이 저렴하며 소형으로 제작할 수 있는 반도체검출기 중에서도 광전소자인 포토다이오드를 이용하였는데 이 소자는 특

정표면이 입사광에 대하여 반응을 나타내는 소자인데 광 강도가 증가함에 따라 저항이 감소하는 특징을 가지고 있다<sup>7)</sup>.

실험방법으로는 2002년 6월 1일에 설치하여 장치성능 검사에 합격한 640 mA의 원격조작식 투시촬영장치를 이용하였으며, 기준 측정기는 교정기관에서 교정을 정기적으로 받은 접속식 장치로서 현재 검사 측정기관에서 사용중인 측정기를 이용하였다.

비교측정기 또한 교정을 정기적으로 받은 검사 측정기관에서 사용중인 측정기를 사용하였다.

제작된 측정기는 접속식 측정기에 의해 검사치를 측정하여 기준치를 정하고, 기존의 비접속형 측정기를 이용하여 제작된 비접속형 측정기와 정확성을 비교 검토하였다.

본 연구를 통해 측정장비의 연구에 기초가 될 것으로 기대되며 고가이던 관계로 보급이 적었던 상태에서 측정기의 국산화로 이용실태가 증가되어 방사선에 대한 피폭 선량경감과 장치의 유지, 보수, 관리를 목적으로 이 연구를 하게 되었다.

## II. 실험 기기 및 재료

- 1) 진단용 X선 발생장치 : Toshiba KXO-50C, TRF-640-150
- 2) 비교 X선 관전압계 : Victoreen Digital kvp meter 07-473
- 3) 기준 측정장비 : Machlett Dynalyzer III
- 4) Oscilloscope :
- 5) 검출소자 : G 5842 photo diode
- 6) OP-AMP

## III. 선량계의 제작과 성능 평가

방사선 검출에 가장 적합한 반도체 소자를 찾기 위해 cds반도체, 실리콘 p-n접합반도체, 포토반도체, 제너반도체 등을 이용하여 각각의 검출기를 제작하고 방사선 비조사시의 누설전류와 방사선 조사시의 전류를 측정하여 가장 감도가 우수한 반도체 검출기를 선별하였다. 반도체소자는 G5842를 이용하여 X선을 검출하였으며 제작된 전류전압 변환기는 다음과 같이 구성하였다. 아래 회로에 사용된 OP-AMP는 아주 적은 입력전류와 입력오프셋 전압, 온도에 따른 매우 낮은 드리프트전압특성을 가지

Table 1. OP-AMP specification

|                |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| 기본 입력전류        | $\pm 0.8 \sim \pm 2 \text{ pA}$   |
| 오프셋전류          | $\pm 0.5 \sim \pm 1.5 \text{ pA}$ |
| 입력임피던스         | 10~14 $\Omega$                    |
| 입력오프셋전압        | 100~500 $\mu\text{V}$             |
| open-loop-gain | 115~120 dB                        |

며 open-loop gain이 매우 크고 특성이 우수한 op-amp를 사용하였다. 이 소자 포토다이오드의 특성상 매우 낮은 전류가 발생하고 이러한 매우 낮은 전류를 증폭하여 전압으로 변환하기 위해서는 아래와 같이 특성이 우수한 OP-AMP를 사용하여야 정확한 출력을 보장받을 수 있다.

또한 아래의 회로는 포토다이오드에서 검출된 미소전류를 전압으로 증폭 변환하는 회로이다. 이 포토다이오드는 출력전류가 매우 작아서 OP-AMP 두 개를 사용하여 증폭하였다.

출력에서 나오는 전압은 다음과 같이 계산하였다.

$R1 = R2$ 일 경우 출력전압은 다음과 같다.

$$-E0 = (2dei) \times R1 \quad \text{dei ; 다이오드에 흐르는 전류}$$

$$AN0 = E0 \times (R4/R3)$$

$$AN1 = AN0 \times (R8/R7)$$

차단주파수는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$F_{sc} = 1/2 \times 3.14 \times R1 \times C1 \quad C1 = C2 \text{일 경우}$$

이와 같이 출력전압을 두 가지로 한 것은 AN1의 출력 전압이 최대전압을 넘을 경우 AN0의 값을 참조하고 너무 작을 경우는 AN1의 전압을 검출하기 위함이다.

또한 1차 low-pass를 사용하여 포토다이오드와 OP-AMP 자체에서 나오는 고역성분의 노이즈를 제거하였다.

본 X선 선량계는 외부영향에 민감한 장비이므로 포토다이오드와 OP-AMP의 거리를 최단거리를 유지하였으며 누설전류에 의한 영향을 최소화하기 위하여 입력에 누설 전류차단패턴을 추가하였으며 전자파 및 자장, 그리고 온도, 습도의 영향을 줄이기 위하여 차단 증폭단에 실리콘 처리를 하였다.

제작된 선량계는 직접방식에 의한 측정된 파형값과 일치하도록 조정하여 그 파형에 의한 관전압으로 나타나도록 설계하였다.

본 실험은 2002년 6월 1일 충남지역에 설치한 T사의 인버터장치인 640 mA 원격조작식 투시촬영장치를 이용

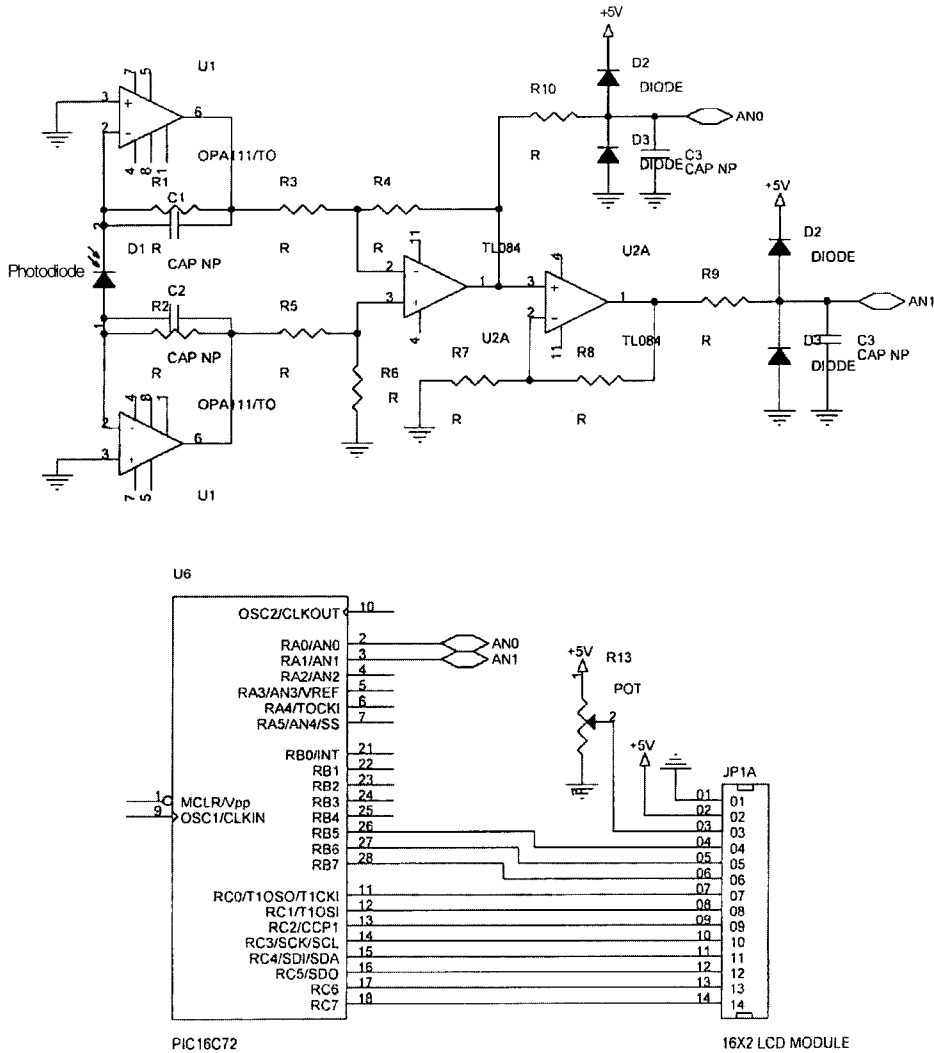


Fig. 1. Fabrication circuit tube voltage meter using the photodiode

하여 실행하였다. 정확한 측정을 위하여 전원전압을 측정하였는데 225 V로서 기준치  $\pm 5\%$  범위에 속하였다. 또한 온도 및 습도는 25℃, 70%로서 기준치  $65 \pm 20\%$  범위에 속하였다<sup>8)</sup>.

1차 적으로 기준값을 구하기 위하여 정기적으로 교정기관에서 교정을 받아 현재 업체에서 사용중인 접속식 측정기인 Machlett Dynalyzer III를 이용하여 관전압을 측정하였다. 측정방법으로는 X선 발생장 치의 X선관에 접속되고있는 X선 고압케이블을 빼고, X선관전압계에 부속되고있는 분지형 접속케이블을 끼워서 X선관과 분압기를 접속하였다. 또한 오실로스코프를 연결하여 파형 측정도 병행하였다.

측정조건은 조사시간은 0.1초로 고정하고 100 mA, 200 mA, 320 mA에서 60 kv, 80 kv, 100 kv를 각각 조사하였다.

백분율 평균오차(PAE)를 구하기 위하여 5회 측정하여 그 측정결과를 얻었다.

다음으로 비교측정기인 Digital kvp meter 07-473과 제작된 선량계를 이용하여 비접속식방법으로 측정하였다. 측정조건은 접속식과 동일하게 측정하여 그 결과를 기록하였다.

#### IV. 선량계의 성능 평가 결과

제작한 선량계의 관전압 정확성을 평가하기 위하여 조사시간 0.1초에서 아래 표와 같이 측정치와 백분율평균오차를 구하였다. 관전압정확성검사의 기준치는 백분율평균오차  $\pm 10\%$ 로 규정<sup>9)</sup>하고 있는데, 그 결과 기준측정기는

Table 2. Tube voltage PAE & average

|       | 100/60 | 100/80 | 100/100 | 200/60 | 200/80 | 200/100 | 320/60 | 320/80 | 320/100 | 평 균   |
|-------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|---------|-------|
| 기준측정기 | +0.2   | -0.1   | -0.1    | -0.2   | -0.1   | -0.1    | +0.2   | 0      | 0       | -0.02 |
| 비교측정기 | -1.8   | -1.5   | -1.2    | -1.5   | +1.5   | +0.4    | +1.7   | 1.1    | -0.7    | -0.22 |
| 제작측정기 | -0.5   | +0.3   | -1.1    | +0.3   | -0.1   | -0.2    | -0.3   | 0.3    | -0.2    | -0.17 |

PAE가 100 mA, 60, 80, 100 kV, 200 mA 60, 80, 100 kV, 320 mA 60, 80, 100 kV에서 각각 +0.2, -0.1, -0.1, -0.2, -0.1, -0.1, +0.2, 0, 0의 측정값을 얻었다. 따라서 100 mA에서 PAE의 평균치는 -0.02로 기준치 범위에 속하였다.

비교측정기에서는 각각 -1.8, -1.5, -1.2, -1.5, +1.5, +0.4, +1.7, +1.1, -0.7의 측정값을 얻어 PAE의 평균치는 -0.22로 기준치 범위에 속하였다.

제작측정기는 PAE가 각각-0.5, +0.3, -1.1, +0.3, -0.1, -0.2, -0.3, 0.3, -0.2로서 그 평균치는 -0.17로서 기준치 범위에 속하였다.

## V. 결 론

반도체 소자를 이용하여 선량계를 제작한 후 정확성실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

3가지측정기의 모든 측정치가 기준치 범위에 속하였으며 정밀도를 분석하기 위하여 백분율평균오차의 평균치를 구하였는데 기준측정기의 백분율평균오차의 평균치가 -0.02이고 비교측정기가 -0.22, 제작한 측정기가 -0.17이었다. 따라서 비교측정기 보다 기준측정장치의 측정값에 가까운 정확한 측정값을 얻어 본 선량계를 신뢰하게 되었으며 좀더 연구를 진행한다면 보다더 정확한 측정치와 성능을 발휘하는 방사선 선량계가 될 것이다. 그러나 실용화하기 위해서는 관전압측정 뿐만 아니라 여러 가지 변수에 따른 추가적인 실험이 입증되어야 하며 또한

관전압, 관전류, 선량 등을 한 측정기로 측정할 수 있는 기능을 갖춘 그런 측정기 개발이 필요하다 사료된다.

본 연구를 통해 측정장비의 연구에 기초가 될 것으로 기대되며 고가이던 관계로 보급이 적었던 상태에서 측정기의 국산화로 이용실태가 증가되어 방사선에 대한 피폭 선량경감과 장치의 유지, 보수, 관리에 기여하기를 기대한다.

## 참 고 문 헌

1. Saxton, H, M : Seventy years of British radiology, Brit. J. Radiol, 46, 872-884, 1973.
2. Manny Roman : Radiology Maintenance-Circle of Quality Assurance, Journal of Clinical Engineering, 413-418, 1993.
3. 선종률 : 진단용 X선장치의 성능 실태 조사연구, 한국방사선 기술학회지, vol. 20, No.2, 44-46, 1997.
4. 김영일 : 진료영상기기QC, 대학서림, 145-147, 1996.
5. 加藤弧次郎 : 診療放射線計測法 第2版, 醫齒藥出版株式會社, 73-74, 1991.
6. N. Tsoul fanidis : Measurement and detection of radiation, Hemisphere, 217-245, 1983.
7. 김영권 외. : 전자공학, 개문사, 68-70, 1986.
8. 김영일 : 진료영상기기 QC, 대학서림, 146-147, 1996.
9. 고신관 외 : 의료용방사선기기학(I · II), 대학서림, 329-331, 2002.

---

## The development of tube voltage meter using the semiconductor

Jong Ryul Seon · Dae Chul Shin

*Dept. of Electrical Engineering Graduate school of Hoseo University.*

According to this study, we can make the radiation check meter which have not supply because of high cost and import barrier and lengthen its life by means of repairing of radiation bomb and equipment.

We can make better medical service.

In my study, I used the photodiode, photoelectron, among semiconductor detectors which have a excellent detect capacity and are low cost and small size.

I set up this equipment in June 1, 2002, used 640 mA remote operative fluorography equipment, which make the grade as capacity test. I used the standard measuring instrument which took proofs from a agency, now it was using in measuring agency. The comparative measuring instrument used in same condition.

I took the standard which was gauged with a connecting measuring instrument.

Using a existing unconnected measuring instrument, I compared the accuracy with new unconnected one.

As a result, three score are within the standard. For the detailed analysis, I took the average of percentage average error.

So standard instrument was -0.02, comparable was -0.22, and new one was -0.17.

New one took a closer measured value with standard than comparable one

In more study, I think to take more accurate value.

I expect that my study will be a base of measuring instrument, with low cost, supply of this instrument increase, I expect to decrease radiation bomb and maintain, repair and manager better.

---

**Key words** : Semiconductor, radiation, detector, dosimeter