

# X-ray dosimeter 개발을 위한 II-VI 족 화합물 반도체의 kVp 변화에 따른 특성연구

\*은충기, 조승열, 남상희

\*인제대학교 의과대학 방사선교실, 인제대학교 보건대학 의용공학과

## The study of characteristics of II-VI group chemical semiconductor by the kVp variation to development X-ray dosimeter

\*C. K. Eun, S. Y. Cho, S. H. Nam

\*Department of Radiology Class, College of Medicine, Inje University  
Department of Biomedical Engineering, College of Health, Inje University

### ABSTRACT

In exposing x-rays, we can adjust three variables of kVp, mA and sec. The kVp is one of main factors affecting x-ray quality-penetrability. And miliampere-seconds is directly proportional to x-ray quantity. In this paper, we detected voltage variation of CdS, II-VI group semiconductor compounds, by kVp as the fundamental experiments of designing x-ray dosimeter. We exposed x-ray on the material from 40 to 100 kVp by increasing 2kVp using Shimadazu TR-500-125 Radio-Tex cx-s x-ray machine. We fixed miliampere-seconds to 100mA and 0.2 sec. After acquiring the raw data, we plotted the graph of kVp and voltage variation and figured slope value of 0.093 by regression. The standard deviation of voltage to kVp was 0.22. For the future study, the mAs variation study will be needed to investigate the connections between kVp and mAs in order to design x-ray dosimeter.

### 1. 서 론

X-ray은 빛과 성질이 같은 전자기 방사선 (electronmagnetic radiation) 으로 다만 파장이 대단히 짧을 뿐이며 X-ray와 연관된 광파장은  $10^7 \sim 10^{-16} m$  이다. 이 넓은 범위의 값은 우리에게 잘 알려진 여러 종류의 전자파 방사선을 대부분 포함한다.[1] X-ray 파장에 대한 국제단위는 (SI unit) nanometer을 사용한다.[2] 본 실험실에서는 II-VI 족 화합물 반도체[3]인 CdS를 사용하여 X-ray dosimeter 개발에 대한 연구를 행하였다. CdS는 II-VI 족 화합물 반도체는 광도전체이며 일반적으로 고감도이면서 대면

적으로 제작이 용이한 소결형이 가장 많이 쓰여지고 있다. 이러한 CdS는 응답속도가 느리기는 하지만 작고 가벼우며 아주 높은 감도를 나타내며 분광감도가 시감도와 비슷하기 때문에 카메라의 노출계, 가로등의 자동점멸기, 광전릴레이 등에 사용되고 있다. 그러나 CdS는 단파장 영역에서 광전도형 광검출에 있어 빛의 흡수계수가 커서 광흡수에 의한 광전도 효과가 주로 표면층에서 생기기 때문에 결정 표면에서의 재결합, 개스의 흡착등이 문제가 되어 이를 유용하게 검출하는 것이 쉽지 않다.[3] 즉 CdS의 경우 X-ray dosimeter 로 사용할 경우 에너지 의존성이 높은 것을 의미하게 된다.[4] 따라서 CdS를 이용한 X-ray dosimeter에 대한 연구는 CdS 자체의 광도전 현상을 이용하여 X-ray 조사량을 상대적인 전압값으로 출력하였다. X-ray 조사에 있어 kVp, mA, sec의 3가지 조건들은 각각 투과력과 X-ray 선량을 의미하게 된다. 본실험실에서는 우선적으로 kVp대한 CdS의 광도전 현상을 파장에 대한 전압으로 나타내었으며 mA와 sec에 대하여서도 실험을 행하였다. 그러나 본 논문에서는 X-ray dosimeter가 검출해야할 조건중 kVp 에 대한 반응을 CdS를 통해 나타내었다.

### 2. 제동복사선과 파장

저지 X-선, 백색선 ( White-ray ) 또는 연속 스펙트럼 ( Continous spectrum ) 이라고 한다. 열과 X-선의 생성은 전자들과 양극 원자들과의 상호작용에 의해 생긴다. 전자가 운동에너지를 잃은 경우 양극 원자의 핵과 상호작용하게 된다. 이 상호작용에서 전자의 운동에너지는 전자기 에너지로 전환된다. 양극의 원자를 통과하는 전자는 원자의 핵에 가까워지면, 전자가 음전하이 되고 핵이 양전하의 때문에 정전기적 인력이 존재한다. 그래서 음극으로부터 발생한 전자가 원자 핵 근방을 지남에 따라 쿨롱의 힘에 의해 편향

감속되면서 전자가 가지고 있는 운동에너지의 일부를 방출한다. 이렇게 방출된 에너지를 제동복사선 혹은 저지선이라고 부른다. 진단에 사용되는 대부분 X-선들은 제동복사선이다. 제동복사선의 파장 관계에 대해 알아보면 고속의 전자가 target 물질의 원자핵 근방에 급격히 감속되어 편향시 잃어버린 에너지가 광자에너지로 방출되는 것이며 연속 스펙트럼으로 발생하고 filter를 증가시키면 최단파장에는 영향이 없으나 투과력이 있는 균등 X-선에 가까워진다. 그리고 관전압을 변화시키면 Daune의 법칙에 의하여 최단파장과 최강도 또는 곡선의 크기와 형태에 영향을 미치며 출력 X-선 강도는 그 제공만큼 증가할 것이며 최단파장과 최대강도는 단파장측을 이동하게 된다. 전자에서 광량자로 변환되는 에너지는 극히 작은 값에서 크게는 전자의 전에너지가 광량자로 변환되는 경우에 이르는 여러 단계가 있다. 변환되는 에너지가 크게 되면 감소된 전압은 작게되고 파장  $\lambda$ 가 그 조건하에서 발생할 수 있는 최단파장으로 된다. De Broglie 물질파의 식에서

$$\lambda_0 = \frac{12.4}{E} \times 10^{-10} [m]$$

$$= \frac{12.4}{E [kVp]} [A]$$

X-선관으로부터 발생하는 최단파장은 관전압의 파고치에만 의하여 결정되며 최단파장을 A 단위로 나타낼 때 이에 전압 파고치의 kVp 단위로써 나타낸 것을 곱하면 상수 12.4 로 된다. 이것을 Duane-Hunt's 법칙이라고 한다.[1] 즉 관전압을 바꾸면 최단파장이 변하고 최단파장은 초점 물질의 종류와 관계없으며 전자파의 일종이라 하겠다.

### 3. Material and Method

#### 3.1 Material

본 실험실에서 사용한 CdS는 현재 진행되고 있는 digital radiography sensor의 개발에 사용되어지는 여러종류의 물질 중의 하나이며 사용되어진 CdS의 특성에 대해서는 현재 연구중에 있다.

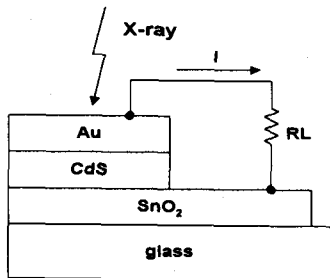


그림 2. CdS 구동을 위한 구조

digital radiography sensor와 같이 특수한 목적의 광도전체의 제한된 특성이 아닌 일반적으로 광전도체로써 좋은 특성을 갖기 위해서는, 첫째 광전도 셀이 광전류 (pc) 대 암전류 (dc)의 비 즉, pc/dc 값이  $\sim 10^5$ 배 이상 클수록 좋으며, 둘째 광전도 셀의 회로내 셀의 출력 신호와 민감한 표면위에 입사된 빛의 세기 사이의 관계인 감도 ( $\gamma$ )는 0.8 이상[5]이어야 하며, 셋째 빛 조사에 의한 전류 대 전압 관계에서 광전도 셀은 어느 공급전압과 빛 조사 전류내에서는 선형적인 관계를 유지하지만 그점을 넘어서면 선형적인 관계가 깨져 편향되는데 이 한계값을 최대허용소비전력 이라고 하고 소모전력으로 나타내는데 이와같은 최대허용소비전력 값은 80 mW 이상 되어야 한다.[6] 본 실험은 CdS에 의해 출력측의 부하에 분배되어지는 전압을 data 로 사용하여 관전압인 kVp 에 대한 그래프로 나타내었다.

#### 3.2 Method

서론에서 언급한 바와 같이 CdS 는 에너지 의존성이 높다. 설계한 회로에서 Bias 전압을 10[V]로 공급하였으며 부가적인 회로로서는 offset voltage control 과 X-ray가 조사되어지는 동시에 computer에서 저장할수 있도록 start switch sensor 회로를 설계하였다. 그림 1 은

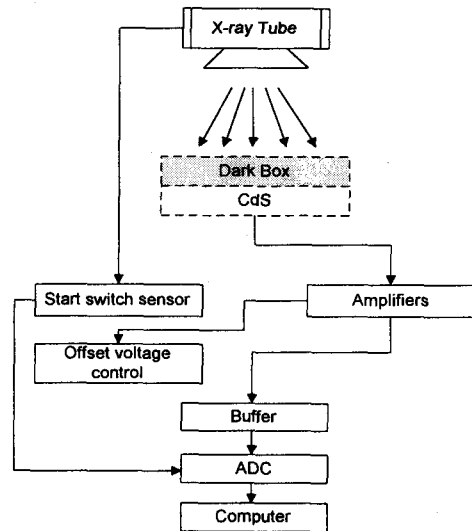


그림 1. System 계략도

설계한 system의 전체적인 계략도 이다. 그림 1과에서 나타낸 CdS 는 glass 위에 SnO<sub>2</sub>를 층을 형성하여 제작한 것이다. 또 인가되는 전압의 손실을 최대한 줄이기 위해서 Au층을 Top에 형성하였다. CdS의 구동을 위한 구조를 그림 2에서 나타내었다. 이렇게 구성된 회로에 관전류를 100mA 조사시간 0.2sec 로 고정된 다음

kVp를 40 에서 100 kVp 까지 kVp 간격을 2 kVp로 하여 data를 각 조건별로 10회씩 획득하였다. X-ray를 조사함과 동시에 start switch sensor를 함께 동작을 하여 data의 저장시 발생되는 data 손실을 대비함과 동시에 불필요한 data의 저장을 방지하였다. 저장시간은 1sec로 하였고 X-ray 발생기는 Shimadazu TR-500-125 Radio-Tex cx-s를 사용하였다.

#### 4. Data 분석

이러한 과정으로 획득되어진 각조건의 10회의 data를 평균하였고 이 평균한 값을 그래프로 나타내었다. 그림 2는 10kVp 간격으로 측정된 data 중에서 각각의 평균값과 가장 근사한 값에 대하여 kVp 와의 관계를 나타내고 있다.

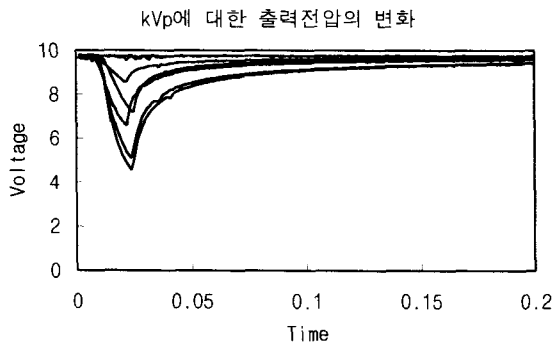


그림 2. kVp 변화 ( step 10 kVp )에 대한 출력전압의 변화

각각의 조건 40, 50, 60, 70, 80, 100 kVp에 대하여 표준편차는 아래 표 1과 같다.

표.1 kVp와 표준편차

kVp	40	50	60	70	80	90	100
표준 편차	0.01	0.02	0.09	0.16	0.18	0.13	0.02

그림 2와 같은 형식을 각 data, 즉 2kVp 간격의 출력 전압들에 적용하였고 또한 선형추세를 구하였다. 표.1 에서 보는 바와같이 40, 50, 100 kVp에서는 표준편차가 적은 편이나 나머지 부분에서는 표준편차가 크다. 이는 낮은 관전압과 아니면 높은 관전압에서의 CdS의 반응에 대한 안정성이 높다고 말할수 있다. 이러한 현상은 사용한 X-ray 발생기의 연속적인 사용으로 인한 X-ray 발생 자체의 오차 일수도 있다.

#### 5. 결 과

II-VI 반도체 화합물인 CdS 는 X-ray의 관전압인 kVp 의 변화에 대하여 반응을 나타내었

으며 결과는 출력되어진 전압의 변화량으로 나타내었다. 그림 3에서 보여지는 그래프에서 선형추세는 0.093으로 나타났다. 즉 kVp 에 대한 비례적인 상수가 0.093이라고 말할수 있다. X-ray 선량의 절대적인 계측이 아닌 상대적인 계측일 경우 이 상수는 중요한 의미를 갖는다.

kVp에 대한 전압변화량

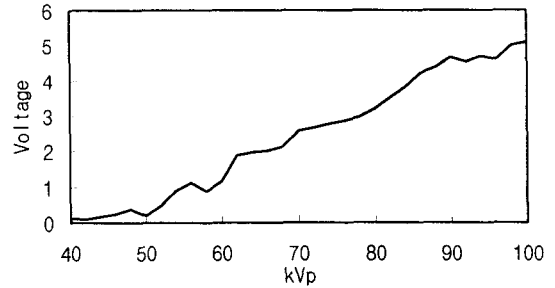


그림 3. kVp 변화 ( step 2 )에 따른 출력 전압 변화량

또 회귀분석에 의해 예측한 Y값의 즉 변화된 출력전압의 표준오차를 각 kVp에 대하여 구했을 때의 표준오차는 0.220984로 약 0.22라는 값을 얻었다. 그림 3에서 보여지는 값은 Data를 software적인 filter를 거치지 않았고 noise 역시 회로적으로만 control 하였을 뿐이다.

#### 6. 결론 및 토의

X-ray dosimeter로의 II-VI 족 화합물 반도체의 응용에 대한 연구로 행하여진 실험에서 kVp에 대하여 0.093의 선형추세를 얻어내었으며 0.22의 표준오차를 data분석을 통해 알 수 있었다. 이러한 실험을 바탕으로 hardware를 통한 noise대책과 software적인 data보정을 통한 보다 선형적인 값을 획득할 수 있을것이라고 생각된다. 본 실험에서 kVp의 변화에 대하여 II-VI족 화합물 반도체의 도전특성에 기인하는 출력전압의 변화량을 확인할수 있었으며, 이것으로 II-VI족의 반도체 화합물로 X-ray dosimeter를 설계할수 있는 가능성을 보여 주었다. 또한 관전류인 mA와 조사시간 (sec) 의 data에 대한 연관성의 분석을 통하여 실제적인 X-ray dosimeter의 설계를 가능하게 할 것이다.

#### Reference

1. 南尙熙, "放射線 物理學" 螢雪出版社 1991
2. Cullity, B. d., 1990, Element of X-ray Diffraction Sec. Ed, 한풍회 역
3. R. H. Bube, Photoconductivity of solids (Wiley, New York, 1960)
4. 金昌均, "放射線計測學" 新先出版社 1984
5. W. Budde, Physial Deectors of Optical

Radiation in Optical Radiation Measurement,  
Academic, New York, vol4, pp. 218-224,  
1983

6. Hamamatsu Photonics K. K., CdS photo-  
conductive Cells, Hamamatsu, pp. 2-6  
1985.