Ⅱ-Ⅵ족 광도전체를 사용한 X-선량 검출에 대한 연구

남상희, 조승열, 최준영, 강영수, *은충기
인제대학교 보건대학 의용공학과, 인재대학교 의과대학 방사선교실

The study of X-ray detection using Ⅱ-Ⅵ group photoconductor

S. H. Nam S. Y. Cho, J. Y. Choi, Y. S . Kang, *C. K. Eun

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

ABSTRACT

As the fundamental study of designing x-ray dosimeter , we measured the voltage variation of CdS, Ⅱ-Ⅵ group semiconductor compound, by mAs variation. We obtained data in the condition of 50, 70 kVp, by increasing the tube current as 1, 2, 2.5, 3.2, 4, 5, 10, 20, 32, 50 and 80 mAs. The output time of CdS was increased as mAs increased. We figured the slope value of 50kVp as 0.0088 and 0.0081 of 70 kVp. And by regression method, we obtained the standard deviation of time, Y axis, at 50 and 70kVp as 0.00268 and 0.00333. The result of this study is so important to design x-ray dosimeter.

1. 서 론

임상에서 진단 및 치료에 사용되어지는 방사선의 효용은 기기의 발전과 더불어 과속화 되어 왔으며 더불어 방사선의 방어 역시 환자의 안전과 방사선사의 안전을 위해 기기적으로나 정기적인 점검을 통해 신중을 기하게 되었다. 특히 방사선기기의 노후에 대한 신중한 주의는 방사선 방어의 측면이나 진단 및 치료의 질적인 발전을 기할수 있을 것이다. 임상에서 사용되는 방사선기기의 점검의 경우 대개 X-ray 선량을 검출한다. 즉 기기의 조건과 선량계가 계측한 비교하는 것이다. 따라서 보다 정확한 선량계의 요구는 당연한 것이다. 본 실험실에서는 광도전 현상을 이용하여 X-ray dosimeter 의 설계에 대한 기초적인 실험을 행하였다. X-ray 의 조사에 있어서 관전압 (kVp), 관전류 (mA), 조사시간 (sec) 의 3가지의 조건의 정확한 검출은 선량계의 필수 조건이 된다. 3 가지의 조건에서 우선적으로 본 실험실에서는 관전압에 대한 실험을 행하였고 본 논문은 관전류와 조사시간의 곱으로 표현되어 지는 선량 (mAs) 에 대한 실험을 Ⅱ-Ⅵ 족의 반도체 화합물인 CdS[1]를 통해 행하였다.

2. X-선량

X-선량 관전류와 조사시간의 곱에 비례한다. mAs가 두배로 증가하면 target에 충돌하는 전자의 수가 두 배로 증가하게 된다. 그래서 방출되는 X-선량도 두배로 증가하게 된다.[2] X-선 기계의 출력강도는 roentgen(R), 혹은 miliroentgen(mR)으로 표시하며, X-선량이라 한다. 다른 말로 방사선 조사라고도 하는데 X-선량, X-선 강도 대신에 사용한다. 이들 모두 같은 의미이며 roentgen으로 측정된다. Roentgen, rad, rem 의 단위들 사이에는 미묘한 차이가 있다. rad(Gy)는 흡수된 energy 의 단위이며, 환자에게 조사된 방사선 선량을 나타낸다. 그리고 rem (Sv)은 단지 직업적 조사에만 적용될 수 있다. 진단방사선학에서 이들 단위는 같은 값을 가지고 있는데 이러한 현상으로 인해 때때로 부정확하게 사용될 수도 있다. Roentgen (C/kg)은 X-선의 양으로 인해 공기중에 만들어진 이온쌍의 수로 측정한다. 공기의 전리는 선속에서 X-선의 수가 증가함에 따라 증가한다. roentgen으로 측정된 X-선의 양과, X-선의 수 사이의 관계는 꼭 같지는 않다. 이러한 실효 X-선 에너지의 범위에서는 중요한 것이 아니다. 그러므로 우리는 '이용선속에서의 X-선의 수는 방사선량이다' 라고 가정할 수가 있다.[1]

3. Material and Method

3.1 Material

본 실험실에서 사용한 CdS는 현재 진행되고 있는 digital radiography sensor 의 개발에 사용되어지는 여러종류의 물질 중의 하나이며 사용되어진 CdS의 특성에 대해서는 현재 연구중

에 있다. digital radiography sensor 와 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 ~10^5배 이상 클수록 좋으며, 둘째 광전도 셀의 회로내 셀의 출력 신호와 민감한 표면위에 입사된 빛의 세기 사이의 관계인 감도 (γ)는 0.8 이상[3]이여야 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 최대허용소비전력이라고 하고 소모전력으로 나타내는데 이와같은 최대허용소비전력 값은 80 ㎽ 이상되어야 한다[4]. 본 실험실에서 설계한 회로에 사용된 CdS의 구조를 그림 1에 나타내었다.

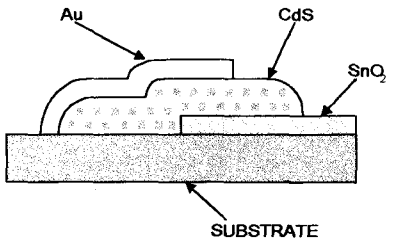

그림 1. 실험에 사용된 CdS의 구조

3.2 Method

실제 출력되어지는 전압은 CdS 의 특성에 기인하는 전압의 변화로 표시되어 진다. 그림 2. 와 같이 전체적인 system을 구성한 다음 관전류를 100 mA로 고정을 하고 조사시간인 sec 를 변화하여 mAs의 변화를 주었다. 사용되어진 X-ray 발생기는 Shimadazu TR-500-125 Radio-Tex cx-s를 사용하였다. 표 1. 은 실험에서 사용되어진 조건표이다. 표 1에서 보는 바와 같이 계산에 의한 선량보다 실제적으로 조사되어 지는 선량이 작다. 이같은 이유는 이론적으로 kVp 만 조절하여 X-선의 강도를 2배로 높이려면 kVp를 41% 증가시켜야 한다. 그러나 임상적으로는 그렇게 될 수가 없다. kVp 가 증가하면 X-선의 투과성도 증가하기 때문에 환자에게 흡수되는 양은 더 적어진다. 따라서 방사선의 양을 일정하게 하여 일정한 농도를 얻으려면 kVp를 15 % 증가시키고 반드시 mAs를 1/2로 줄여야한다.[5] 즉 임상진단에 알맞은 선량을 얻기위한 방사선기기 자체의 control 로 보아야 한다. 이러한 현상은 방사선기기 마다 다를수도 있다. 표 1. 과 같은 실험조건에 대해서 5번의 X-ray 조사을 실시했으며 획득한 data를 통해 data 분석을 하였다.

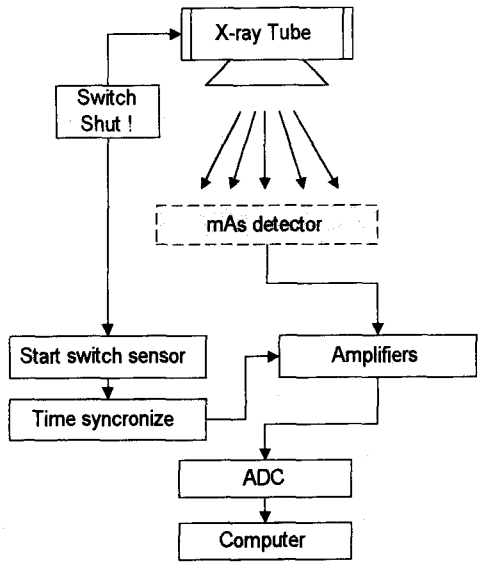

그림 2. System 계략도

표 1. 실험조건표

50 kVp			70 kVp		
mA	Sec	Obtain data(mAs)	mA	Sec	Obtain data(mAs)
100	0.01	1	100	0.01	1
100	0.02	2	100	0.02	2
100	0.025	2	100	0.025	2
100	0.032	3	100	0.032	3
100	0.04	3	100	0.04	3
100	0.05	4	100	0.05	4
100	0.1	9	100	0.1	9
100	0.2	18	100	0.2	18
100	0.32	27	100	0.32	32
100	0.5	42	100	0.5	50
100	0.8	65	100	0.8	69

4. Data 분석

표 1. 의 실험조건에 따른 실험을 통하여 획득되어진 data는 CdS의 저항변화에 기인하는 전압의 변화와 시간축으로 나타내었고 각 조건에 따른 시간변화와 mAs 의 그래프를 나타내었다. 그림 3. 과 4 는 50, 70 kVp에서 선량에 대한 출력의 그래프를 나타내고 있다. 그림 3.과 4에서 나타난 바와 같이 적은 선량에서는 출력의 전압변화가 뚜렷하게 나타나지 안고 있으며 switch control에서 발생하는 noise 에 기인하는 파형을 관찰할 수가 있다. 또 10 mAs에서 80mAs 의 까지의 변화에서는 mAs 의 증가에 따라 data 가 시간의 축으로 넓게 분포하면서 출력전압의 변화량이 증가하고 있는 것이 보인다. 이것은 CdS의 동작시간이 길어짐으로 인해 X-ray 의 흡수를 더욱 많이 하고 있다는 것을

의미한다고 볼수 있다. 여기서 50 kVp와

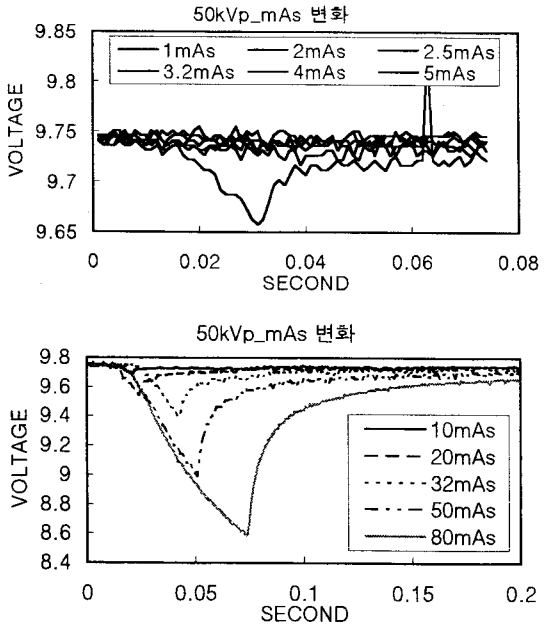

그림 3. 50 kVp에서의 조건별 출력파형

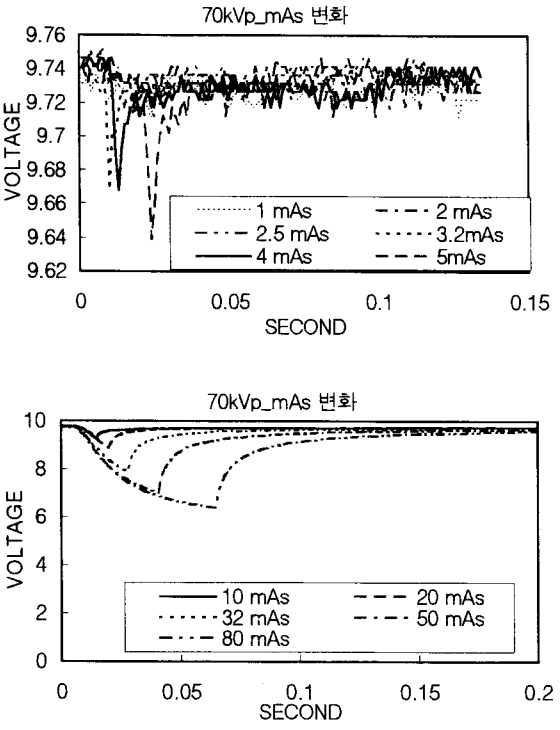

그림 4. 70 kVp에서 조건별 출력파형

70kVp에서 변화의 추이가 잘 나타나고 있는 10 mAs에서 80 mAs 의 변화 그래프에서 data의 변화가 시작되고 있는 지점 다시말해 CdS의 반응이 시작되는 지점과 출력전압의 변화가 최대인 점까지 시간을 표 2.에 나타내었다.

표 2. mAs 변화와 Time

50 kVp		70 kVp	
Obtain data (mAS)	Time (sec)	Obtain data (mAS)	Time (sec)
9	0.008	9	0.007
18	0.016	18	0.014
27	0.02	32	0.023
42	0.033	50	0.035
65	0.058	69	0.058

표 2.에서 보는 바와같이 mAs 가 증가할수록 CdS의 data에서 최대반응점 까지의 시간이 증가하는 것을 볼수가 있으며 50kVp와 70kVp에서의 다소 시간의 차이가 있지만 0.001 초의 단위로 data를 획득한 점을 고려할 때 문제가 되지 않는다고 볼수 있고 이같은 현상을 회로상의 정확한 동기에 의해 제거 될 수가 있으리라 본다.

5. 결 과

실험을 통한 data 분석에서 mAs의 증가에 따라 사용한 CdS의 반응시간이 증가함을 알수 있었다. 이러한 CdS반응 시간과 mAs 의 관계를 그래프로 나타내면 그림 5.와 같다. 그림 5에서 50kVp의 경우 약 0.0088의 선형추세와 회귀분석에 의해 예측한 y축 즉 시간값의 표준오차를 각 x에 대하여 구하였을 때 0.00268 이라는 얻

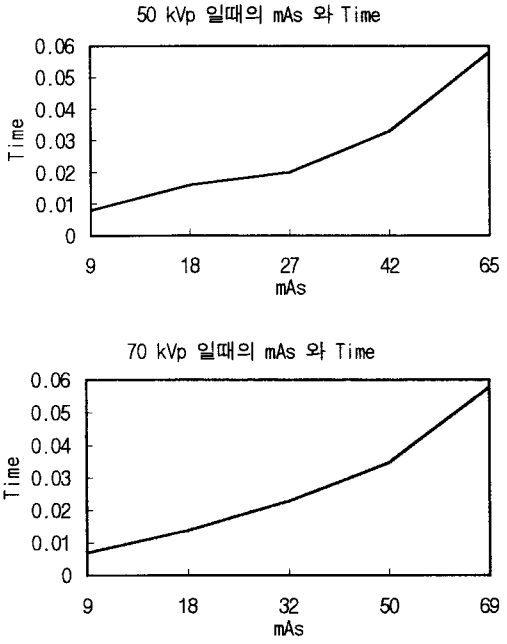

그림 5. 50, 70 kVp 일때의 mAs 와 time과의 관계

었으며 70kVp의 경우 각각 0.0082의 선형추세와 0.00333 의 회귀분석을 통한 시간값의 표준오차를 구하였다.

6. 결론 및 토의

Ⅱ-Ⅵ족의 반도체 화합물인 CdS를 통하여 본 실험실에서는 우선적으로 kVp의 실험을 통하여 X-ray dosimeter 의 가능성을 확인하였고 이러한 가능성을 바탕으로 mAs의 증가와 CdS의 반응에 대한 실험을 하게 되었다. 그 결과로 mAs 증가에 따라 CdS의 반응시간이 증가한다는 사실과 그에 따른 선형추세와 회귀분석을 통한 시간축의 표준오차를 구하였으며 낮은 선량에서의 CdS를 반응하게 할수 있는 회로의 설계를 요구하게 되었다. 본 실험의 결과는 앞으로 X-ray dosimeter 설계를 가정할 경우 기초가 되는 data를 제공한 실험이며 앞으로 보다 구체적인 실험을 통하여 임상에서의 방사선 노출에 대한 안전과 방사선기기의 정확한 점검을 가능하게 해줄 우수한 X-ray dosimeter의 설계를 가능하게 할것이다.

Reference

1. R. H. Bube, Photoconductivity of solids (Wiley, New York, 1960)
2. 南尙熙, "放射線 物理學" 螢雪出版社 1991
3. W. Budde, Physial Deectors of Optical Radiation in Optical Radiation Measurement, Academic, New York, vol4, pp. 218-224, 1983
4. Hamamatsu Photonics K. K., CdS photo-conductive Cells, Hamamatsu, pp. 2-6 1985.
5. Stewart C. Bushong, "Radiologic Science for Technologists" The C.V.Mosby company Modby, 1984