

The Study of Energy Compensation Filter Thickness for Each Energy Area of Low Energy X-ray Beam Optimization on Active Electronic Personal Dosimeter

Jung-Su Kim^{1*}, Youn-Hyun Park², Hyun-Sic Chae²

¹Department of Radiologic technology, Daegu Health College

²Sans Frontier Technology Ltd.

Received: August 21, 2022. Revised: October 14, 2022. Accepted: October 31, 2022.

ABSTRACT

Electronic personal dosimeter (EPD) provide real time monitoring and a direct indication of the accumulated dose or dose rate in terms of personal dose. Most EPD do not perform well in low energy photon radiation fields present in medical radiation environments. It has poor responsibility and large error rate for low energy photon radiation of medical radiation environments. This study evaluated to optimal additional filtration for EPD using silicon PIN photodiode detector form 40 to 120 kVp range in medical radiation environments. From 40 to 80 kVp energy range, Al 0.2 mm and Sn 1.0 mm overlapped filtration showed good responsibility to dose rate and from 80 kVp to 120 kVp energy range, Al 0.2 mm and Sn 1.6 mm overlapped filtration showed good responsibility to dose rate.

Keywords: Electronic personal dosimeter, Energy responsibility, Filtration, Low energy X-ray, Silicon photodiode

I. INTRODUCTION

원자력 관련 산업의 발전으로 방사선과 원자력 분야의 종사자들은 개인피폭선량의 측정을 위해 법정선량계인 형광유리선량계나 필름벤티와 같은 피동형 개인피폭선량계를 사용하고 있다. 피동형 개인피폭선량계는 방사선에 노출된 후 판독 과정을 거쳐야 피폭선량을 알 수 있는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점은 전자식 개인피폭선량계와 같은 능동형 개인피폭선량계를 이용하여 보완하고 있다^[1-3]. 대부분의 전자식 개인피폭선량계는 가이거-뮐러관(Geiger-Mueller tube)을 사용하거나 Si 포토다이오드를 사용한다. Si 포토다이오드를 사용하는 개인피폭선량계는 소형의 Si 포토다이오드 (Silicon photodiode)와 전치증폭기, 성형증폭기, 환산회로, 표시창으로 구성된다^[3]. Si 포토다이오드를 사용한 검출기는 기체 전리형 검출기와 유사한 동

작 특성을 가지며 W값이 작아 에너지 분해능이 우수한 특성을 가진다^[4]. Si 포토다이오드를 사용하는 선량계는 방사선 검출 효율을 증가시키기 위해 Si 포토다이오드 전면에 금속 보상필터를 부착하여 측정에너지 대역의 응답 특성을 높이는 형태로 구성된다. 이러한 금속 보상필터의 두께나 재질은 개인피폭선량계의 사용 영역에 따라 다르게 사용하고 있다^[5].

현재 사용하고 있는 전자식 개인피폭선량계는 즉각적인 피폭선량과 선량률 표시가 가능하고 알람기능을 구현하고 있어 원자력 유관 시설의 종사자의 보조선량계로 주로 사용한다^[6]. 전자식 개인피폭선량계의 경우 반감기 30.17년의 ¹³⁷Cs 표준선원의 662 keV 에너지를 이용하여 교정을 실시한다^[7]. 높은 에너지를 이용하여 교정을 시행한 능동형 전자식 개인피폭선량계가 저에너지 X선을 사용하는 의료 환경에서는 사용되지 못하고 주로 원자력

* Corresponding Author: Jung-Su Kim E-mail: rtkjs01@dhc.ac.kr Address: Daegu Health College, 15, Yeongsong-ro, Buk-gu, Daegu, Korea

관련 분야에서 사용된다^[8]. 진단용 X선 검사에 사용하는 X선 에너지는 환자의 두께에 따라 40 kVp에서 140 kVp 미만 에너지대역을 사용한다^[9]. 특히 150 kVp 미만의 낮은 에너지를 사용하는 영상의학 영역에서 사용하기에는 측정 오차가 크기 때문에 사용에 다소 어려움이 있다. 그러므로 본 연구에서는 의료분야의 저에너지 X선 영역에서 방사선관계 종사자의 선량측정을 위해 사용 가능한 능동형 전자식 개인피폭선량계의 개발을 위해 Si 포토다이오드 앞에 부착하는 최적의 금속 에너지 보상필터를 도출하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHOD

본 연구에서는 $8.9 \times 10.1 \times 4.85$ mm의 Si 포토다이오드(Hamamatsu, Japan)를 사용하여 능동형 전자식 개인피폭선량계를 구현하기 위한 기관을 제작하였다. 실험에 사용한 검출기는 Si 포토다이오드에 CsI 신틸레이터에 입힌 것으로 100 keV 이하 X선에 이상적으로 반응하는 검출특성을 가진다^[10].

검출기를 준비된 기관에 부착하였고 빛에도 반응하는 검출기 특성으로 인해 과동작하는 것을 방지하기 위해 주변의 빛을 차광하였으며 LCD 표시창을 이용하여 5V의 전원에서 작동하도록 하였다. 기관에 부착한 Si 포토다이오드를 X선 장치와 마주보게 위치시키고 X선 장치에서 검출기까지 거리는 70 cm로 설정하였다. 일반적 X선 촬영거리 100 cm에서 성인흉부 두께를 30 cm으로 가정하여 실험조

건을 설정하였다. Si 포토다이오드 앞면에 가로, 세로 16 mm의 Al과 Sn 보상필터를 교대로 위치시키고 최적의 응답특성을 나타내는 금속 보상필터의 두께를 확인하기 위한 실험을 진행하였다. 필터는 X선관 쪽에서부터 Sn과 Al 순으로 위치하였다. 실험을 위한 X선 관전압은 진단영역에서 주로 사용하는 40 kVp에서 140 kVp 사이 관전압으로 40 kVp에서부터 20 kVp 간격으로 설정하였으며 실험장비의 과부하를 고려하여 140 kVp는 제외하였다^[11,12]. 관전류량은 10 mAs로 고정하여 각 3회 씩 X선을 조사하고 LCD창에 표시되는 선량률을 측정하였다, X선 조사에 사용한 장비는 진단용 X선장치인 Accuray 603R(DK medical Ltd. Korea) 장치로 E7239X 모델(Toshiba, Japan)의 X선관을 사용하고 있다. 이 X선관의 타깃 각도는 16° 이고 지름 74 mm의 레늄-텅스텐 도포 몰리브덴 재질로 구성되어 있다^[13]. 각 실험에서 Si 포토다이오드 앞면에 부착한 Al과 Sn 보상필터 혼합 두께는 Table 1와 같다. 측정 관전압의 정확성과 조사시간의 정확성을 확인하기 위해 본 연구를 위해 제작한 Si 포토다이오드 전자식 개인피폭선량계와 함께 Unfors 사의 Raysafe Xi 멀티미터(Unfors Raysafe, Sweden)를 비교선량계로 동시에 측정하였다. 측정에 사용한 멀티미터는 2021년 10월 30일 스웨덴 인증 및 적합성평가위원회(Swedish Board for Accreditation and Conformity Assessment)에 의해 보증된 Unfors에 의해 교정되었다. 실험을 위한 장치의 구성은 Fig. 1과 같다.

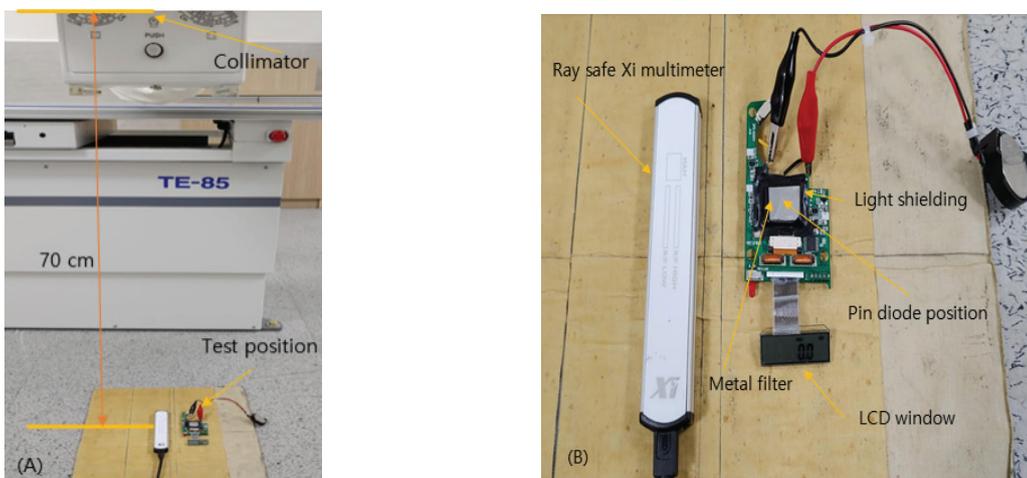


Fig. 1. (A) Configuration of test geometry and (B) sample dosimeter with Raysafe Xi multimeter

Table 1. Additional filtration thickness of Al, Sn

Filtration material	Thickness (mm)
Al	0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0
Al + Sn	0.2+0.2, 0.2+0.4, 0.2+0.6, 0.2+0.8, 0.2+1.0, 0.2+1.2, 0.2+1.4, 0.2+1.6

III. RESULTS

측정한 모든 조건에서 Raysafe 멀티미터의 관전압 측정값은 $\pm 10\%$ 백분율 평균오차 범위 내에서 작동하는 것을 확인 하였다. 이는 실험에 사용한 진단용 X선 장치가 관전압 허용오차를 만족하는 장치임을 알 수 있었다^[4]. Si 포토다이오드 앞면에 Al 0.2 mm 보상필터를 부착한 경우 60 kVp 영역에서 가장 높은 0.684 mSv/h의 평균 선량률을 나타냈고, Al 0.4 mm 보상필터를 부착한 경우 80 kVp 영역에서 가장 높은 0.583 mSv/h의 평균 선량률을 나타냈고 Al 0.6 mm 에서는 100 kVp에서 가장 높은 평균 선량률 0.623 mSv/h, 0.8 mm에서는 80 kVp에서 가장 높은 평균 선량률 0.618 mSv/h, 1.0 mm 보상필터를 부착한 경우 40 kVp에서 가장 높은 평균 선량률 18.532 mSv/h를 나타냈다. Al 보상필터 두께에 따른 선량률의 측정값은 Table 2와 같다. 각 Al 보상필터에 대한 평균 선량률 그래프는 Fig. 2와 같다.

Al과 Sn 보상필터의 두께를 증가시키는 경우 0.2 + 0.4 mm에서는 60 kVp까지 선량률이 증가하다가 이후 감소하는 경향을 보이고 Al + Sn 0.2 + 0.6 mm에서는 80 kVp까지 선량률이 증가하다가 이후 감소하는 경향을 보였다. Al + Sn 0.2 + 1.4 mm 까지 증가시킨 경우 100 kVp까지 선량률이 증가하다가 다시 감소하는 경향을 보였다. Al + Sn 0.2 + 1.6 mm를 사용한 경우 40 kVp에서 80 kVp까지는 응답률이 소폭 증가하다가 80 kVp 부터 120 kVp까지는 큰 수치로 증가하였다. Al과 Sn 보상필터를 동시에 사용한 실험에서 각 보상필터 조건에 대한 측정 결과는 Table 3와 같다. 각 Al + Sn 보상필터에 대한 평균 선량률 그래프는 Fig. 3과 같다.

Al과 Sn 보상필터의 조합을 이용하여 에너지 특성에 따른 응답특성을 확인한 결과 Al 보상필터 만을 사용한 경우 모든 두께에서 40 kVp에서 60 kVp

까지는 응답이 증가하는 경향을 보이지만 60 kVp 이후부터는 응답이 감소하거나 응답이 둔해지는 경향을 보였다.

IV. DISCUSSION

Si 포토다이오드를 사용한 능동형 전자식 개인피폭선량계 개발과정에서 저에너지 X선에 대한 응답 특성 최적화를 위해 실험에서 Al 보상필터 만을 사용한 경우 모든 두께에 대해 40 kVp에서 80 kVp까지는 응답이 증가하는 경향을 보이지만 80 kVp 이후부터는 응답이 감소하거나 응답이 둔해지는 경향을 보였다. 따라서 80 kVp 이상에서는 Al 필터만을 사용해서는 적절한 선량의 측정이 어려운 것으로 생각된다. Al과 Sn 혼합 보상필터를 사용한 경우 Al 0.2 mm + Sn 0.2 mm를 사용한 경우 40 kVp에서는 높은 선량률이 측정되었으나 이후 관전압이 상승 할수록 선량률이 측정되지 않는 것으로 보아 광자가 검출기를 모두 통과하는 것으로 생각된다. Al 0.2 mm에 Sn을 0.8 mm에서부터 0.2 mm 간격으로 증가시켜 1.2 mm까지 증가시킨 경우 100 kVp까지는 증가하던 선량율이 100 kVp 이후 급격히 감소하는 경향을 나타낸 것은 100 kVp에서 120 kVp까지 광자가 Si 포토다이오드를 모두 투과하는 것으로 생각된다. 따라서 40 kVp부터 120 kVp까지 X선의 선량 측정을 위해서는 관전압 영역을 80 kVp 이하 영역과 80 kVp 이상 120 kVp까지 영역으로 나누어 보상필터의 두께를 다르게 적용하는 것이 전자식개인피폭 선량계의 정확성을 높일 수 있을 것으로 생각된다. 이 등의 연구에서 감마선 영역에서 제작된 개인피폭선량계의 0.662 MeV 감마선에 대해 1.0 mm Cu와 Al을 사용하는 것이 가장 좋은 응답특성을 가진다는 연구와 비교하여 본 연구에서는 저에너지 X선에 대해 80 kVp 이하 영역과 이상 영역에서 각기 다른 필터의 두께를 사용하여 응답특성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다^[3].

M. Jung 등의 연구에서 감마선 검출을 위한 Si 포토다이오드 검출에서는 전자생성수율을 고려하여 1.5 mm 두께의 Al 필터 사용하였다^[15]. 40 kVp에서 150 kVp 영역 X선 선량 측정을 위한 본 연구의 Si 포토다이오드에서는 80 kVp 이하 영역에서는 0.4 mm Al 필터를 사용한 경우에서 R² 값이 0.9943으로 가장 우수했고, 80 kVp 이상 영역에서는 0.2 mm Al과 1.6 mm Sn 필터를 사용 영역에서 R² 값이 0.9898로 응답특성이 가장 우수한 것으로 판단

된다. 상용으로 사용되는 전자식 개인선량계에서 137Cs를 이용하여 교정한 경우 16 keV에서 1.5 MeV 에너지 영역에서 ±15%에서 ±30%에 이르는 오차를 허용하고 있다^[16]. 따라서 본 연구의 결과와 함께 추가적인 실험을 통해 각 에너지 영역에 보정 계수를 도출하여 저에너지 X선을 사용하는 진단방사선 영역에서 사용가능한 전자식 개인피폭선량계의 개발을 진행할 예정이다.

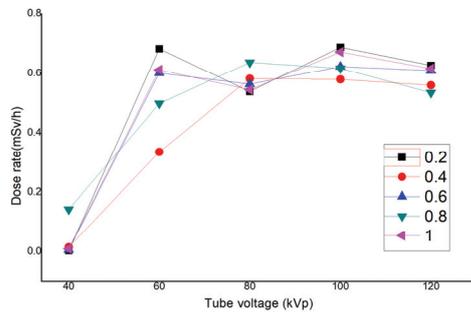


Fig. 2. Dose rate for each Al(mm) filter thickness.

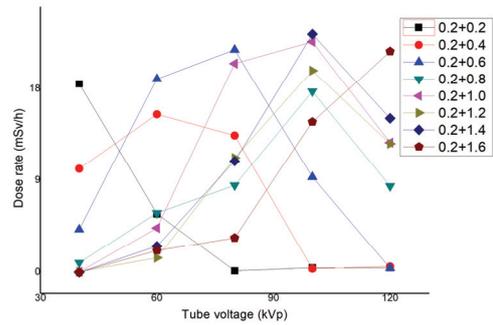


Fig. 3. Dose rate for each Al(mm) and Sn(mm) filter thickness.

Table 2. Measurement value of each tube voltage for Al filtrations

Al thickness (mm)	Tube voltage (kVp)	Exposure (mAs)	Measurement value(mSv/h)			Average (mSv/h)	SD
0.2	40	10	0.011	0	0	0.004	0.006
	60	10	0.604	0.914	0.533	0.684	0.203
	80	10	0.674	0.483	0.46	0.539	0.117
	100	10	0.706	0.607	0.754	0.689	0.075
	120	10	0.607	0.762	0.514	0.628	0.125
0.4	40	10	0.026	0.001	0.019	0.015	0.013
	60	10	0.023	0.507	0.479	0.336	0.272
	80	10	0.413	0.678	0.657	0.583	0.147
	100	10	0.752	0.442	0.547	0.580	0.158
0.6	40	10	0.582	0.591	0.508	0.560	0.046
	60	10	0.001	0.001	0.018	0.007	0.010
	80	10	0.599	0.574	0.632	0.602	0.029
	100	10	0.524	0.466	0.702	0.564	0.123
0.8	60	10	0.766	0.616	0.488	0.623	0.139
	80	10	0.591	0.673	0.566	0.610	0.056
	100	10	0.412	0.009	0.008	0.143	0.233
	120	10	0.549	0.381	0.566	0.499	0.102
1.0	80	10	0.642	0.599	0.672	0.638	0.037
	100	10	0.632	0.73	0.491	0.618	0.120
	120	10	0.64	0.491	0.474	0.535	0.091
	40	10	18.416	18.472	18.707	18.532	0.154
1.6	60	10	5.605	5.947	5.728	5.760	0.173
	80	10	0.015	0.372	0.122	0.170	0.183
	100	10	0.491	0.335	0.566	0.464	0.118
	120	10	0.558	0.355	0.457	0.457	0.102

Table 3. Measurement value of each tube voltage for Al + Sn filtrations

Al+Sn thickness (mm)	Tube voltage (kVp)	Exposure (mAs)	Measurement value (mSv/h)			Average (mSv/h)	SD
0.2+0.2	40	10	18.416	18.472	18.707	18.532	0.154
	60	10	5.605	5.947	5.728	5.760	0.173
	80	10	0.015	0.372	0.122	0.170	0.183
	100	10	0.491	0.335	0.566	0.464	0.118
	120	10	0.558	0.355	0.457	0.457	0.102
0.2+0.4	40	10	5.847	12.197	12.42	10.155	3.732
	60	10	8.316	19.125	19.141	15.527	6.245
	80	10	14.202	12.418	13.676	13.432	0.917
	100	10	0.294	0.33	0.512	0.379	0.117
	120	10	0.406	0.482	0.888	0.592	0.259
0.2+0.6	40	10	4.108	4.531	4.084	4.241	0.251
	60	10	16.38	24.638	16.034	19.017	4.871
	80	10	18.676	18.446	28.478	21.867	5.727
	100	10	8.927	7.616	11.493	9.345	1.972
	120	10	0.261	0.602	0.423	0.429	0.171
0.2+0.8	40	10	0.834	1.14	0.922	0.965	0.158
	60	10	5.208	3.814	8.502	5.841	2.407
	80	10	8.187	8.374	9.022	8.528	0.438
	100	10	17.932	17.221	18.185	17.779	0.500
	120	10	7.625	10.607	7.115	8.449	1.886
0.2+1.0	40	10	0.016	0.021	0.123	0.053	0.060
	60	10	2.423	5.182	5.538	4.381	1.705
	80	10	17.507	26.608	17.446	20.520	5.272
	100	10	19.003	19.264	29.642	22.636	6.068
	120	10	7.903	15.315	14.975	12.731	4.185
0.2+1.2	40	10	0.02	0.08	0.133	0.078	0.057
	60	10	1.407	1.196	1.744	1.449	0.276
	80	10	9.371	8.28	16.041	11.231	4.201
	100	10	19.918	19.668	19.918	19.835	0.144
	120	10	9.969	17.091	10.814	12.625	3.891
0.2+1.4	40	10	0.003	0.003	0.005	0.004	0.001
	60	10	2.618	1.193	3.991	2.601	1.399
	80	10	12.772	6.699	13.246	10.906	3.651
	100	10	19.866	30.457	19.822	23.382	6.127
	120	10	18.063	9.341	17.976	15.127	5.011
0.2+1.6	40	10	0.011	0.004	0.01	0.008	0.004
	60	10	1.677	1.493	3.304	2.158	0.997
	80	10	3.216	3.317	3.718	3.417	0.266
	100	10	12.474	19.273	12.566	14.771	3.899
	120	10	28.309	18.449	18.333	21.697	5.726

V. CONCLUSION

능동형 전자식 개인피폭선량계는 실시간으로 사용자의 방사선 피폭 정도를 알 수 있고 누적이 가능한 장점을 가지고 있어 원자력 분야 방사선 종사자 뿐 아니라 의료분야에서도 그 효용성이 우수하다. 하지만 현재 시판중인 전자식 개인피폭선량계는 의료영역의 저에너지 X선에 대한 응답특성에 있어 오차가 크기 때문에 정확성이 떨어져 의료영역의 저에너지 X선의 피폭선량 모니터링에는 부적절하다.

Si 포토다이오드를 사용한 능동형 전자식 개인피폭선량계의 개발에 있어 저에너지 X선 영역에서 응답특성을 높이기 위해 본 연구에서는 구간별 필터에 대한 응답 특성을 확인하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 40 kVp에서 80 kVp에서는 Al필터를 사용하고 80 kVp에서 120 kVp 구간에서는 Al과 Sn을 혼합한 필터를 배치하고 노이즈 보정과 회로 보정을 시행하는 것이 의료영역에서 저에너지 X선에 대해 개발하고자하는 전자식 개인피폭선량계의 정확성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다. 본 연구는 전자식 개인피폭선량계의 개발 단계에서 노이즈 보정과 회로 보정값을 고려하지 않은 한계가 있으나 저에너지 X선 영역에 대해 응답 선형성을 높이기 위한 방법으로 진단용 X선 에너지 영역에 따른 검출성능 확인을 위한 보상필터 최적화 구성을 평가하였다.

Acknowledgement

본 연구는 2020년도 중소벤처기업부의 산학연 콜라보 R&D 사업의 지원으로 수행되었습니다.(S2893859)

Reference

[1] B. J. Lee, B. H. Kim, S. Y. Chang, J. S. Kim, "Development of Prototype Electronic Dosimeter using the Silicon PIN Diode Detector", *Journal of Radiation Protection and Research*, Vol. 25, No. 4, pp. 197-205, 2000.

[2] U. K. Yi, K. R. Baek, S. G. Kwon, "Implementation of electronic personal dosimeter using silicon PIN

photodiode", *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, Vol. 9, No. 4, pp. 296-303, 2003.
<http://dx.doi.org/10.5302/J.ICROS.2003.9.4.296>

- [3] B. J. Lee, W. N. Lee, B. O. Khang, S. Y. Chang, S. R. Rho, H. S. Chae, "A study on development of a PIN semiconductor detector for measuring individual dose", *Journal of Radiation Protection and Research*, Vol. 28, No. 2, pp. 87-95, 2003.
- [4] S. M. Kwon, J. K. Park, B. S. Kim, "The comparison of angular dependence for optical stimulated luminescence dosimeter(OSLD) and electronic personal dosimeter(EPD) used in Diagnostic Radiology", *Journal of Digital Contents Society*, Vol. 16, No. 3, pp. 463-470, 2015.
<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2015.16.3.463>
- [5] B. J. Lee, W. Lee, G. Cho, S. Y. Chang, S. R. Rho. "Solid-state personal dosimeter using dose conversion algorithm" *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol. 505, No. 1-2, pp. 403-406, 2003.
- [6] N. Kržanovic, M. Živanovic, O. Ciraj-Bjelac, Đ. Lazarevic, S. Ceklic, S. Stankovic, "Performance testing of selected types of electronic personal dosimeters in X-and gamma radiation fields", *Health Physics: the radiation safety journal*, Vol. 113, No. 4, pp. 252-261, 2017.
<http://dx.doi.org/10.1097/HP.0000000000000704>
- [7] KOLAS certificated calcitration laboratory, KOREA LABORATORY ACCREDITATION SCHEME web site. [cited 2022 May. 19]. Available from: <https://www.knab.go.kr/usr/inf/srh/InfoCrrcInsttSearchList.do>
- [8] C. Texier, C. Itié, H. Servière, V. Gressier, t. Bolognese-Milsztajn, "Study of the Photon Radiation Performance of Electronic Personal Dosemeters", *Radiation Protection Dosimetry*, Vol. 96, No. 1-3, pp. 245-249, 2001.
<http://dx.doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a006593>
- [9] J. S. Kim, J. M. Kim, Y. H. Lee, D. N. Seo, I. S. Choi, S. R. Nam, Y. S. Yoon, H. J. Kim, H. L. Min, J. Her, S. G. Han, "National Data Analysis of General Radiography Projection Method in Medical Imaging", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 37, No. 3, pp. 169-175, 2014.

- [10] Hamamatsu web page. [cited 2022 Sept. 06]
Available from:
<https://www.hamamatsu.com/us/en/product/optical-sensors/photodiodes/si-photodiodes/S8559.html>
- [11] L. Andreani, M. Bontempi, P. L. Rossi, L. P. Rignanese, M. Zuffa, G. Baldazzi, "Comparison between a silicon PIN diode and a CsI(Tl) coupled to a silicon PIN diode for dosimetric purpose in radiology", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, Vol. 762, pp. 11-15, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2014.05.072>
- [12] C. Romei, A. Di Fulvio, C. A. Traino, R. Ciolini, D. d'Errico, "Characterization of a low-cost PIN photodiode for dosimetry in diagnostic radiology", *Physica Medica*, Vol. 31, No. 1, pp. 112-116, 2015.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.11.001>
- [13] Toshiba Rotating Anode X-ray Tube Assembly Product Information. [cited 2022 Mar. 20] Available from:
http://www.skphotoray.co.kr/datasheet/XRAYTUBE_E7239X.pdf
- [14] Korean Law of Medical diagnostic equipment radiation safety. [cited 2022 Apr. 26] Available from:
<https://law.go.kr/%EB%B2%95%EB%A0%B9%EC%A7%84%EB%8B%A8%EC%9A%A9%20%EB%B0%A9%EC%82%AC%EC%84%A0%20%EB%B0%9C%EC%83%9D%EC%9E%A5%EC%B9%98%EC%9D%98%20%EC%95%88%EC%A0%84%EA%B4%80%EB%A6%AC%EC%97%90%20%EA%B4%80%ED%95%9C%20%EA%B7%9C%EC%B9%99>
- [15] M. Jung, C. Teissier, P. Siffert, "Dose response simulations of a high sensitivity electronic silicon dosimeter", *Radiation Protection Dosimetr*, Vol. 51, No. 3, pp. 157-167, 1994.
<http://dx.doi.org/10.1093/OXFORDJOURNALS.RPD.A082132>
- [16] Thermo Scientific EPD TruDose Electronic Dosimeter Radiological performance information sheet. [cited 2022 Sept. 03] Available from:
<https://www.thermofisher.com/document-connect/document-connect.html?url=https://assets.thermofisher.com/TF-S-Assets%2FCAD%2Fdatasheets%2Fepd-trudose-specifications.pdf>

능동형 전자식 개인피폭선량계의 저에너지 X선 영역별 최적화를 위한 에너지보상 필터 두께에 대한 연구

김정수^{1*}, 박연현², 채현식²

¹대구보건대학교 방사선학과

²㈜에스에프티테크놀로지

요 약

능동형 전자식 개인피폭선량은 개인의 피폭 선량을 실시간으로 확인할 수 있는 장점을 가진 보조선량계이다. 하지만 국내에 사용되고 있는 다수의 능동형 개인피폭 선량계는 의료기관에서 사용하는 진단방사선 영역에서 큰 오차와 낮은 응답성을 가진다. 이에 본 연구에서는 Si 포토다이오드 검출기를 사용하는 능동형 전자식 개인선량계에서 저에너지 영역의 응답특성을 향상시키기 위한 에너지 보상 두께를 평가하였다. 40 kVp에서 80 kVp 영역에서는 Al 0.2 mm + Sn 1.0 mm 필터에서 우수한 응답특성을 보였고 80 kVp에서 120 kVp 영역에서는 Al 0.2 mm + Sn 1.6 mm 필터에서 우수한 응답특성을 보였다.

중심단어: 전자식 개인피폭선량계, 에너지 응답성, 필터, 저에너지 X선, Si 포토다이오드

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자) (교신저자)	김정수	대구보건대학교 방사선학과	교수
(공동저자)	박연현	㈜에스에프티테크놀로지	연구원
	채현식	㈜에스에프티테크놀로지	대표이사