

평행평판형 전리함의 두 전극간의 거리에 따른 극성효과 연구

단국대학교 의과대학 치료방사선과학교실

윤형근·신교철

본 연구는 제작된 평행평판형 검출기에서 두 전극간의 거리에 따른 극성효과의 정도를 확인하기 위하여 시행되었다. 개발된 전리함의 극성효과를 측정하기 위하여 평행평판형 전리함의 윗면과 아래 면의 전극에 극성을 바꾸어가며 방사선을 조사하고 그에 의하여 생성된 전하를 측정하여 두 양을 비교하였다. 실험은 두 전극간의 거리가 3, 6, 10 mm 일 때 각각의 명목상 체적이 0.9, 1.9, 3.1 cc인 평행평판형 전리함에 대하여 시행하였다. 조사된 방사선은 6, 10 MV 광자선과 4, 6, 9, 12, 16 MeV의 전자선이며, SSD는 100 cm 이었고, 조사면 크기는 광자선의 경우는 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 이고 전자선의 경우는 $10 \times 10 \text{ cone}$ 을 사용하였으며, 측정점은 최대선량점이고, 선량률은 240 MU/min 으로 하였다. 평행평판형 전리함의 극성의 변환은 평행평판형 전리함의 윗면 즉, 방사선이 입사되는 면의 전극이 (+)극을 갖고 아래 면이 (-)극을 갖는 positive와 방사선이 입사되는 면의 전극이 (-)극을 갖고 아래 면이 (+)극을 갖게 되는 negative 측정으로 시행하였다. 실험결과는 광자선의 경우는 0.5 % 이내의 극성효과를 나타냈고, 전자선의 경우는 1% 에서 3.5% 까지 나타났으며, 높은 에너지를 갖는 16 MeV 전자선의 경우가 다른 에너지의 전자선의 경우 보다 극성효과의 영향이 적음을 알 수 있다.

중심단어 : 극성효과, 평행평판형 전리함

서 론

평행평판형 전리함에서 중요하게 고려되어야 할 사항 중 하나는 극성 효과이다. 극성효과는 평행평판형 전리함의 두 전극에 걸리는 극성이 다를 경우에 평행평판형 전리함으로부터 측정되는 전하의 양이 달라지는 효과이다. 평행평판형 전리함이 방사선 측정을 위해 배치될 때, 방사선 입사방향에 대하여 수직으로 배치되므로 방사선의 입사방향과 전리함내의 전기장의 방향이 나란하게 된다. 이때 방사선이 입사되는 윗면에 있는 전극에 고전압을 걸어주는 경우와 그와는 반대로 아래 면의 전극에 고전압을 걸어 주는 경우는 각각의 전기장의 방향이 방사선에 의해 생성된 이차 전자의 운동에 영향을 주어 그로 인해 생성된 전하의 양도 달라지게 된다^{1,2)}. 일반적으로 상용화된 평행평판형 전리함은 두 전극간의 간격이 수 mm 이내로 매우 작으며 전자선을 주로 측정하기 위하여 제작되었다. 이와 같이 전극간의 간격이 작은 경우에는 극성효과도 크지 않은 것으로 알려져 있

지만, 평행평판형 전리함에서 비교적 큰 체적을 갖도록 두 전극간의 간격을 멀리할 경우에 극성효과의 평가가 다르게 나타날 것이다.^{3,4)} 이에 본 연구에서 평행평판형 전리함의 두 전극간의 간격을 3, 6, 10 mm로 변화시키고 전리함의 윗면과 아래 면의 전극에 극성을 바꾸어가며 방사선을 조사하여 전리함의 극성효과의 정도를 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용된 방사선원은 의료용 선형가속기 (Varian 사 Clinac 1800)로부터 발생하는 6 MV와 10 MV 광자선(photon beam)과 4, 6, 9, 12, 16 MeV의 전자선(electron beam)이다.

개발된 방사선 검출기는 평행평판 전리함으로써 3 mm의 두께를 가진 아크릴이 넣어졌을 때 크기가 $25 \times 26 \times 2.7 \text{ cm}^3$ 이다. 전리함의 전극은 넓이가 $25 \times 26 \text{ cm}^2$ 이고 두께가 1.6 mm인 인쇄회로(PCB; printed circuit board) 두 장을 사용하여 제작하였다. 전리함의 위쪽 인쇄회로에는 중심에 직경이 26 mm인 원판형의 고전압 전극이 있으며 이는 수집전압을 인가하기 위하여 고전압 발생장치와 연결되어 있다. 방사선에 의하여

이 논문은 2002년 2월 20일에 접수하여 4월 15일에 채택됨

통신저자: 윤형근, 충남 천안시 안서동 16-5

단국대학교병원 치료방사선과

Tel : 041)550-6930

이온화된 전하를 수집하기 위하여 아래쪽 인쇄기판은 중심에 직경이 20 mm인 원판형의 수집 전극을 갖고 있으며, 그 주위에 직경이 24 mm의 링(ring) 모양의 보호 전극을 갖고 있다.⁹⁾

평행평판형 전리함은 조사된 방사선에 의하여 이온화가 이루어질 수 있도록 공기로 된 임의공간을 갖고 있어야 하는데 이러한 공간의 형성을 위해서 중심에 구멍이 뚫린 아크릴을 사용했다. 아크릴의 크기는 넓이가 25×26 cm² 이고 두께는 3, 6, 10 mm로 하여 평행평판의 두 전극사이가 각각 3, 6, 10 mm가 되게 하였다. 평행평판형 전리함의 수집전극의 지름이 20 mm 이기 때문에 각각의 두께의 아크릴이 넣어질 때 전리함의 명목상 부피는 0.9, 1.9, 3.1 cc가 되었다(Fig. 1).

전기계는 저 잡음(low-noise), 저 변동(low-drift) 연산 증폭기(OPA128, Burr-Brown Co., USA)를 사용하여 만들어진 것을 사용하였다. 고전압은 9 V 배터리 직렬로 연결하여 만들었다. 다양한 체적을 갖는 전리함에 필요한 포화전압을 조사하기 위해서 스위치를 부착하여 공급되는 전압이 DC 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 V가 될 수 있도록 하였다. 개발된 전리함의 두 전극간의 간격에 따른 극성효과를 측정하기 위해서는 먼저 두 전극간의 간격이 3, 6, 10 mm일 때의 포화전압을 알아야 한다⁵⁻⁸⁾. 각각의 전극간격에 포화전압을 확인하기 위하여 인가전압을 DC 50 V에서부터 증가시켜 가면서 측정되어지는 전하량이 최대 값에 98 %이상이 되는 전압을 찾아냈다(Fig. 2).

구해진 포화전압을 평행평판 전리함의 윗면과 아래면의 전극에 극성을 바꾸어가며 인가한 후 방사선을 조사하고 그에 의하여 생성된 전하를 측정하여 두 양을 비교하였다. 방사선의 조사방법은 두 전극간의 간격이 3, 6, 10 mm의 경우에 대하여 광자선 6, 10 MV와 전

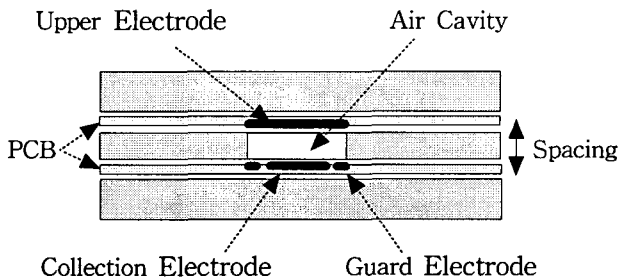


Fig. 1. Schematic diagram of the parallel plate type ionization chamber. (Spacing : 3 mm, 6 mm, 10 mm).

자선 4, 6, 9, 12, 16 MeV를 조사하였으며, 측정조건은 SSD는 100 cm 이었고, 조사면 크기는 광자선의 경우는 10×10 cm² 이고 전자선의 경우는 10×10 cone을 사용하였으며, 측정점은 광자선과 전자선 모두 최대선량점이고, 선량률은 240 MU/min으로 하였다. 전극의 배치는 방사선이 입사되는 면의 전극이 (+)극을 갖고 아래 면이 (-)극을 갖는 positive 배치와, 방사선이 입사되는 면의 전극이 (-)극을 갖고 아래 면이 (+)극을 갖게 되는 negative 배치로 하였다.⁹⁾

결 과

본 연구에서 개발된 평행평판형 전리함은 두 전극간의 간격이 3, 6, 10 mm로 되었을 경우에 최대 수집 효율에 98% 이상의 수집 효율을 얻기 위한 인가전압은, 각각의 간격에 대하여 DC 300, 400, 500 V임을 알 수 있었다(Fig. 3-5).

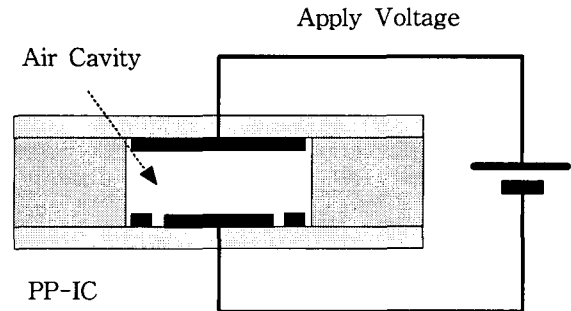


Fig. 2. Equivalent circuit diagram (Positive measurement).

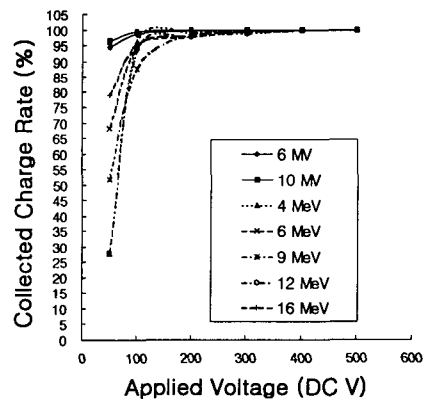


Fig. 3. Saturation voltage of the ionization chamber with a volume of 0.9 cc.

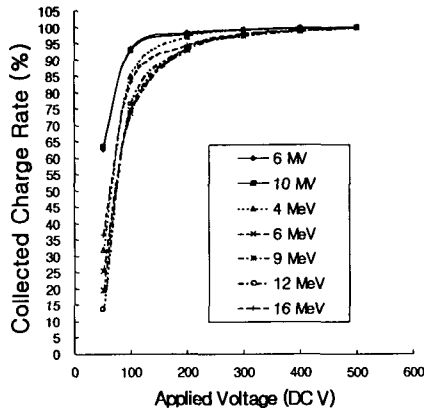


Fig. 4. Saturation voltage of the ionization chamber with a volume of 1.9 cc.

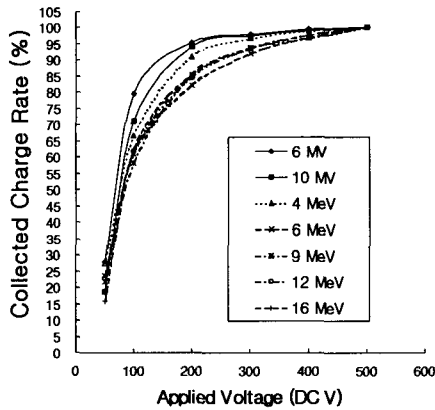


Fig. 5. Saturation voltage of the ionization chamber with a volume of 3.1 cc.

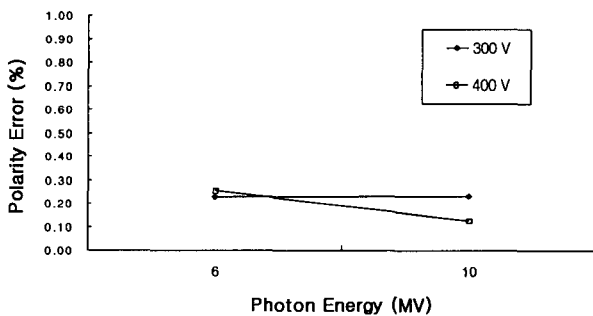


Fig. 6. Polarity effect for photon beam in the ionization chamber with a volume of 0.9 cc.

평행평판형 전리함의 두 전극간의 간격에 따른 극성 효과의 결과는 Fig. 6-10에서와 같이 광자선의 경우는 0.5% 이내의 극성 효과를 나타냈고, 전자선의 경우는 그림 7-11에서와 같이 1% 에서 3.5% 까지로 나타났다.

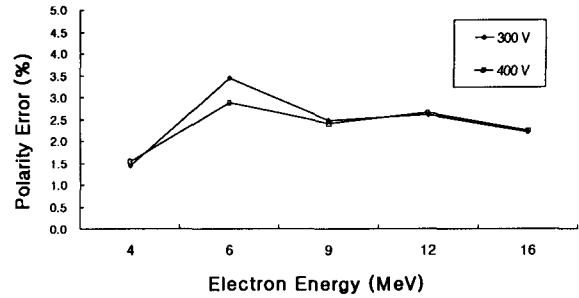


Fig. 7. Polarity effect for electron beam in the ionization chamber with a volume of 0.9 cc.

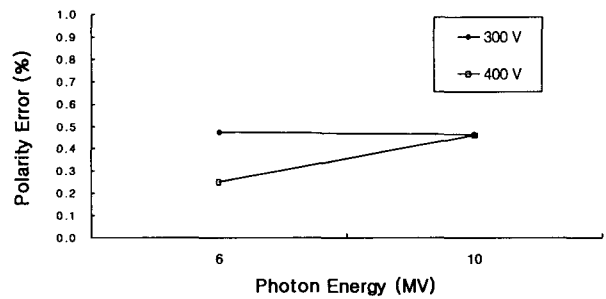


Fig. 8. Polarity effect for photon beam in the ionization chamber with a volume of 1.9 cc.

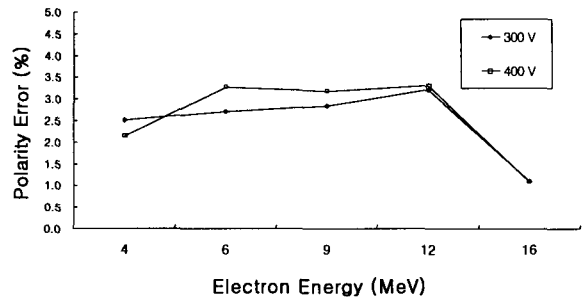


Fig. 9. Polarity effect for electron beam in the ionization chamber with a volume of 1.9 cc.

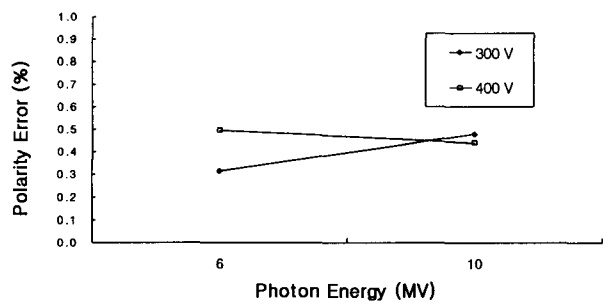


Fig. 10. Polarity effect for photon beam in the ionization chamber with a volume of 3.1 cc.

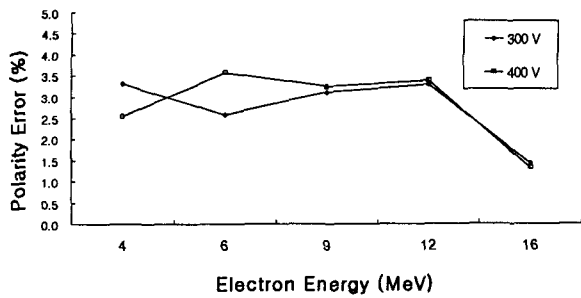


Fig. 11. Polarity effect for electron beam in the ionization chamber with a volume of 3.1 cc.

이와 같은 결과는 입사되는 방사선이 전자선일 경우는 이미 전하를 띄고 있기 때문에 positive 측정보다 negative 측정에서 전기장에 의한 운동량을 부여받기 때문이다.⁹⁾ 그리고 전자선의 경우 입사되는 방사선의 에너지에 따른 극성 효과를 살펴보면 높은 에너지를 갖는 16 MeV 전자선의 경우가 다른 에너지의 전자선의 경우 보다 극성 효과를 덜 받는 것을 알 수 있다.

고안 및 결론

평행평판형 전리함의 경우는 방사선 측정을 위해 전리함이 배치될 때, 방사선의 입사방향에 대하여 수직으로 배치되어 방사선의 입사방향과 전리함내의 전기장의 방향이 나란하게 된다. 이 때문에 극성효과의 영향을 더 받게 된다.

평행평판 전리함에 있어서 극성효과는 두 전극간의 거리가 멀어짐에 따라 약간 증가함을 알 수 있고, 방사선의 종류에 따라서는 전자선의 경우가 광자선의 경우보다 더욱 큰데, 그 이유는 입사하는 전자선은 전하를 띄고 있기 때문으로 사려된다. 그리고 에너지에 따른 극성효과를 살펴보면 에너지가 큰 경우가 작은 경우보다 극성효과의 영향이 적음을 알 수 있다.

이와 같은 결과로 볼 때 전리함을 이용하여 방사선에

의한 절대적인 선량을 측정하고자 할 때는 사전에 이용하고자 하는 전리함에 극성효과 정도의 확인이 필요할 것으로 사료된다. 특히 전자선을 측정하고자 할 경우는 극성효과를 신중히 검토하여야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. T. Hiraoka, K. Hoshino, A. Fukumura, and K. Kawashima: Determination of ion recombination loss by two-voltage method for pulsed radiation beams. *Med. Dosim.* 17(2):77-82 (1992).
2. B.A. Markus: Polarization effect-free graphite double extrapolation chamber for the absolute dosimetry of high energy electrons. *Strahlentherapie* 150(3):307-320 (1975)
3. R. Rosen and E.P. George: Ion distributions in plane and cylindrical chambers. *Phys. Med. Biol.* 20(6):990-1002 (1975)
4. C.R. Ramsey, K.M. Spencer, and A.L. Oliver, Ionization chamber, electrometer, linear accelerator, field size, and energy dependence of the polarity effect in electron dosimetry. *Med. Phys.* 26(2):214-219 (1999)
5. J.R. Greening, D. Sc., and F. Inst. P.: Saturation characteristics of parallel-plate ionization chambers. *Phy. Med. Biol.* 9(2):143-154 (1964)
6. B.G. Fallone and E.B. Podgorsak: Saturation curves of parallel-plate ionization chambers. *Med. Phys.* 10(2):191-196 (1983).
7. R. Rosen and E.P. George: Ion distributions in plane and cylindrical chambers. *Phys. Med. Biol.* 20(6):990-1002 (1975).
8. P.A. Tate: Effect of diffusion on the saturation curve of a plane parallel ion chamber. *Phys. Med. Biol.* 11(4):521-532 (1966)
9. 신교철: 고에너지 광자선과 전자선 측정용 평행평판 전리함의 개발 및 특성. 단국대학교대학원 박사학위논문 (2000).

A Study of Polarity Effect of Parallel Plate Type Ionization Chamber with Different Volume

Hyong Geun Yun, Kyo Chul Shin

Department of Therapeutic Radiology, Dankook University College of Medicine, Chunan, Korea

Exposure measurement data with parallel plate ionization chambers were known to depend on the polarity (k_{pol}) effect. In this work, the polarity effect were investigated for three parallel plate ionization chambers with different volume. The ionization chamber was fabricated using acrylic plate for the chamber medium and printed circuit board for electrical configuration. The various sizes of the sensitive volumes designed so far were 0.9, 1.9, and 3.1 cc. High voltage generator was fabricated using the conventional 9 V batteries to apply the high voltage (300-500 V) to the electrode of the parallel plate ionization chamber. The gap between two electrodes ranged from 3, 6, and 10mm. As the result of our experiment, the polarity effect was within 0.5% in photon beam and 1% to 3.5% in the electron beams. Among electron beams, 16 MeV beam, which had highest energy, showed less polarity effect than electron beams with other energies.

Key words : Polarity effect, Parallel plate ionization chamber