

## Dual X-ray imaging 검출기용 섬광체 최적화 시뮬레이션

송한결 · 김대동 · 김광현\*

중원대학교 의료공학부

원자력기초공동연구소 (BAERI)

E-mail: radkim@jwu.ac.kr

중심어 : Dual X-ray imaging, Low energy, High energy, spectrum, 필터, Monte Carlo 시뮬레이션

### 서론

Dual X-ray imaging은 서로 상이한 투과력을 가진 Low energy X-ray와 High energy X-ray 스펙트럼을 동시에 사용하여 X-ray beam hardening 효과를 줄이고 서로 투과하는 두께가 다르므로 더욱 선명한 영상을 얻을 수 있는 장점이 있어 골밀도, 성장판, 체지방 검사 등 다양한 의료영상 분야에 적용 가능하다. 기존의 Dual X-ray imaging은 회전하는 필터를 사용하여 저에너지 및 고에너지 엑스레이 스펙트럼을 분리하거나 조사시에 두 가지 다른 크기의 에너지를 사용하는 방법을 사용하였고 전자의 방법은 필터가 이동하므로 불확정성을 가지고 있으며 두 가지 에너지를 사용하는 후자의 방법은 장비의 부피와 제작단가가 상승하여 보급되기 힘들며 실제 사용되고 있는 장비들은 동일한 조건에서도 불규칙한 결과를 갖는다 [1, 2, 3]. 본 연구의 선행 연구결과 엑스레이발생장치 앞단에 Er(에르븀), Cu(구리), Rh(로듐)의 필터 조합으로 저에너지 및 고에너지 엑스레이 스펙트럼의 생성과 병렬구조의 콜리메이터 및 이에 상응하는 선형 엑스레이검출기의 구성을 통해 스캔방식의 dual X-ray imaging 장치의 개념설계를 통해 기존 상용화 장치에서 보다 X-ray beam hardening을 약 40% 이상 줄일 수 있는 결과를 얻었으며 [4], 본 연구에서는 이의 제작 전단계로 기 설계된 필터를 통해 분리된 엑스레이는 빔의 강도가 감소되어 최종 획득하고자 하는 전기적 신호가 미약할

것으로 예상되어 저에너지 및 고에너지 스펙트럼에 적합한 섬광체 결합형 검출기의 신호를 최대화하기 위해 각 섬광체의 기하학적 구조 최적화를 수행하였다.

### 재료 및 방법

해당 연구에서 고려한 섬광체는 엑스레이 흡수에 따른 섬광발생량이 높은 CsI (TI)로 하였으며, 적용된 엑스레이 에너지는 골밀도, 성장판, 체지방 검사 등에 일반적으로 사용하고 있는 100 kVp 엑스레이 스펙트럼을 사용하였으며, 이때 Er 0.5 mm 필터를 통해 획득된 저에너지 엑스레이 스펙트럼과 Rh 0.4 mm와 Cu 0.8 mm로 구성된 필터를 통해 획득된 고에너지 엑스레이 스펙트럼에 대해 CsI (TI) 섬광체를 대상으로 각각 최적화를 수행하였다. CsI (TI) 섬광체 최적화순서는 먼저 저에너지 및 고에너지 엑스레이 스펙트럼에 대해 섬광체가 최대 흡수에너지를 갖는 섬광체의 두께를 구한 다음 이 두께를 기준으로 흡수된 엑스레이 에너지에 의해 생성된 섬광의 양 (54,000개/MeV)을 고려하였고, 섬광체에 조사된 엑스레이는 다중에너지를 갖는 스펙트럼을 갖고 저에너지 방사선의 경우 섬광체의 표면에서 대부분의 방사선이 흡수되는 현상을 고려하기 위해 기준 두께를 갖는 섬광체를 수직방향으로 10층 분할하여 각 층에 흡수된 에너지, 각 층의 흡수에너지에 따라 생성된 섬광의 양, 각층에서 생성된 섬광의 센서에서의 수광율등을 동시에 고려하였다. 이때 섬광체 하단에 위치한 센서의 크기는 약 0.32 cm x 0.14 cm

픽셀이라 가정하였으며, 엑스레이의 발생 및 흡수등은 MCNPX code를 이용하였고, 센서에서 섬광의 수광율은 DETECT97 code를 이용한 컴퓨터 모사를 실시하였다.

## 결과 및 분석

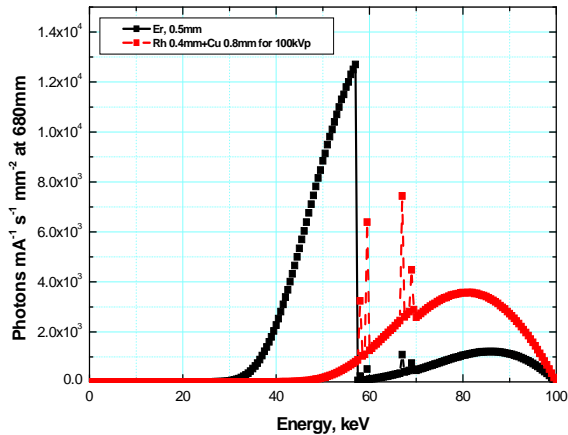


Fig 1. 100 kVp 엑스레이에 대한 Er 0.5 mm (저에너지스펙트럼) 및 Rh 0.4 mm + Cu 0.8 mm (고에너지 스펙트럼) 필터를 통해 획득된 엑스레이 스펙트럼.

상기 Fig. 1.은 저에너지대 고에너지비가 1.9:1로서 X-ray beam hardening 영향이 가장 낮은 필터 조합으로 얻은 스펙트럼 모사 결과이며, 이 스펙트럼 결과를 이용하여 저에너지 검출기용 섬광체와 고에너지 검출기용 섬광체를 각각 최적화를 수행하였다. 본 연구에서는 섬광체에서의 방사선흡수율과 빛의 수광율을 trade-off하는 기존 방식을 이용하여 저에너지 엑스레이용 섬광체 두께는 2.8 mm로, 고에너지 엑스레이용 섬광체 두께는 3.1 mm를 각각 얻었다. 그러나 상기 “재료 및 방법”에서와 같은 엑스레이 에너지별 섬광체내의 흡수에너지 및 위치를 고려하고 해당 위치에서 발생한 섬광 수광율의 가중치를 고려한 결과 Fig. 2. 및 Fig. 3.과 같은 결과를 얻었다.

## 결론

본 연구를 통해 기존 trade-off 방식에서 획득한 각각의 섬광체 두께보다 더 얇은 섬광체에서 광센서

에 기여할 수 있는 섬광의 양이 많음을 확인하였으며, CsI (TI)의 최적 두께는 저에너지 및 고에너지 엑스레이 스펙트럼에 대해 2 mm에서 최대 섬광량을 기록하였다. 이와 같은 결과를 활용하여 향후 기존 trad-off 방식에서 최적화된 섬광체 두께와 새롭게 유도된 섬광체 두께에 대해 전기적 신호획득을 통해 검증할 계획이다.

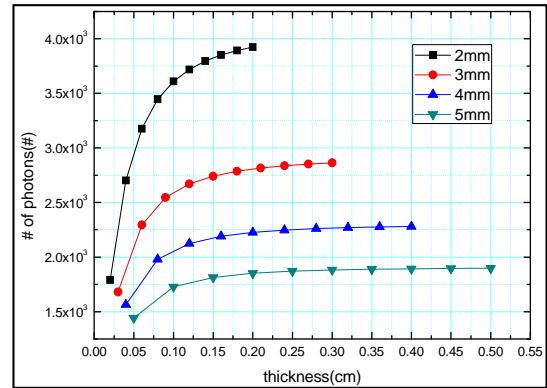


Fig 2. 저에너지 엑스레이 스펙트럼에 대한 CsI (TI) 섬광체의 두께별 최대 생성 섬광량.

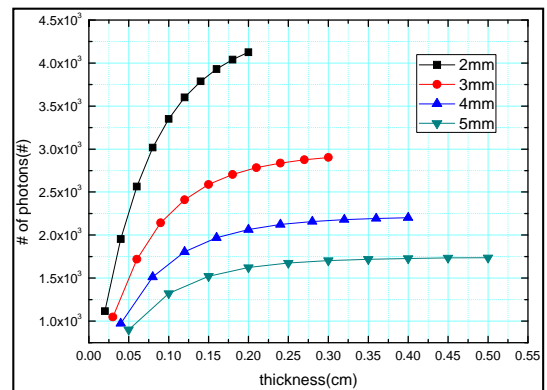


Fig 3. 고에너지 엑스레이 스펙트럼에 대한 CsI (TI) 섬광체의 두께별 최대 생성 섬광량.

## 참고 문헌

1. Reid DM, Lanham SA, McDonald AG. Osteoporosis, pp. 575-575 1990;2.
2. Gundry CR, Miller CW, Ramos E, Moscona A, Stein JA, Mazess RBOsteoporosis, Radiology, pp 539-541, 1990.
3. Genant HK, Jour. of Bone Miner. Res., pp 1503-1514. 1994;9.
4. . K.H.Kim, IEEE TNS, 57(4) pp. 2155-2158.