

방사선사고 선량평가를 위한 스마트폰 저항, 인덕터 소자의 Thermal Assisted Optically Stimulated Luminescence 감쇄특성분석

김형택^{1*}, 김장렬¹, 이정일¹, 장인수¹, 이승규¹, 김민채^{1,2}

¹한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

²한양대학교, 서울특별시 성동구 왕십리로 222

*kht84@kaeri.re.kr

1. 서론

후쿠시마의 원전 사고, 혹은 최근 증가하고 있는 국제적 테러 행위와 맞물려 방사선 누출 사고나 방사성 물질을 이용한 테러 행위 등은 일반인이 주피해 대상이 된다. 이와 같이 인위적 선량계가 없는 상황에서 사고 이후 방사선 피폭량을 회구적으로 측정 및 평가 하는 기술을 선량 복원 기술이라 한다. 특히 대규모 방사선사고 시 최대한 신속히 개인별 피폭선량을 확인하는 것은, 선량에 따라 적합한 조치를 취해야 하는 환자를 분류하고, 피폭받지 않은 사람들의 추가적인 혼란을 막기 위해 필수적으로 요구되는 기술이다. 스마트폰을 이용한 열형광/광자극발광 (Thermo luminescence / Optically Stimulated Luminescence, TL/OSL) 선량 복원 기술은 대중 대다수가 항시 소유하고 있는 재료를 사용하고, 시료 준비기간이 매우 짧아 신속한 분석이 가능하다는 점에서 개인별 피폭선량 복원을 위한 아주 적합한 기술이다.

스마트폰을 이용한 선량 복원에 사용되는 재료는 저항, 인덕터, IC칩, 액정 등이 있다. 이중 저항과 인덕터는 수집이 용이하고, 검출 선량 하한이 10 mGy 수준으로 낮아 최근 국제적으로 활발히 사용되고 있다. OSL의 경우 신호 추출 시간이 빠르고 신호량이 크며 zero dose signal이 작아 TL에 비해 장점을 가진다. 하지만 시간에 따른 신호 감쇄 (fading)로 인해 fading 보정이 필요하고, 신호의 저하는 불확도를 높이는 요인이 된다. 최근 연구에서는 저항 및 인덕터에 사용되는 $Al_2O_3:C$ 물질의 TL/OSL 측정 이후 Thermally assisted OSL (TA-OSL)를 측정하여 fading이 낮은 매우 안정한 신호를 확보함을 보였다 [1]. 이를 통해 본 연구에서는 저항 및 인덕터의 OSL 측정 이후 측정된 TA-OSL의 감쇄 특성에 대한 분석을 수행하였다.

2. 본론

2.1 TA-OSL

TL과 OSL은 방사선에 의해 defect energy level 에 trap된 전자, 양공들을 열 혹은 광으로 자극하여 발광신호를 추출하는 기술이다. 그러므로 각 신호는 defect의 특성이나, energy level 따라 열 자극에 반응하거나 광 자극에 반응하게 된다. TA-OSL은 OSL이나 TL에 의해 자극되지 않는 deep trap에 갇힌 전자, 양공을 광 자극에 의해 더 높은 energy level로 전이 시킨 뒤 열자극을 통해 신호를 추출하는 것을 말한다. 이러한 deep trap에 갇힌 전자, 양공은 외부 자극에 민감하지 않기 때문에 OSL신호와 달리 fading이 매우 약하게 일어날 것으로 기대 된다.

2.2 실험방법

충분한 신호를 위해 각 시료대 당 10 개의 인덕터와 20개의 저항이 사용되었다. OSL, TA-OSL 측정을 위해 선량 조사용 150 MBq $^{90}Sr/^{90}Y$ beta 조사 장치, 광 자극용 470nm LED 그리고 광 측정용 bialkali EMI 9235QA photo multiplier tube (PMT)가 내장된 Risoe TL/OSL-DA-20 시스템이 사용되었다. PMT 앞부분에는 LED 신호를 차단하기 위해 U-340 Hoya 필터와 Schott BG-39 필터가 사용되었다.

실험은 비교를 위한 OSL단독 측정 샘플과 OSL에 의한 fading을 제거하기 위해 OSL 측정 이후 TA-OSL을 측정한 샘플로 나뉜다. TA-OSL 측정 시 저온 신호를 제거하기 위해 120°C에서 10 초간 예열 후, 2°C/s의 증가율로 400°C까지 측정하였다. Fading 특성 비교를 위해 각 샘플에 조사된 선량은 약 1 Gy이고, 샘플 간 반응도 차이에 따른 element correction factor 보정이 되었다. 또한 fading 신호 측정 간격은 10 분, 1 시간, 10 시간, 3 일, 7 일로 설정 되었다. 이후 각 측정에 대한 선량반응도를 구하기 위해 50-3000 mGy 범위의 선량이 조사되었다.

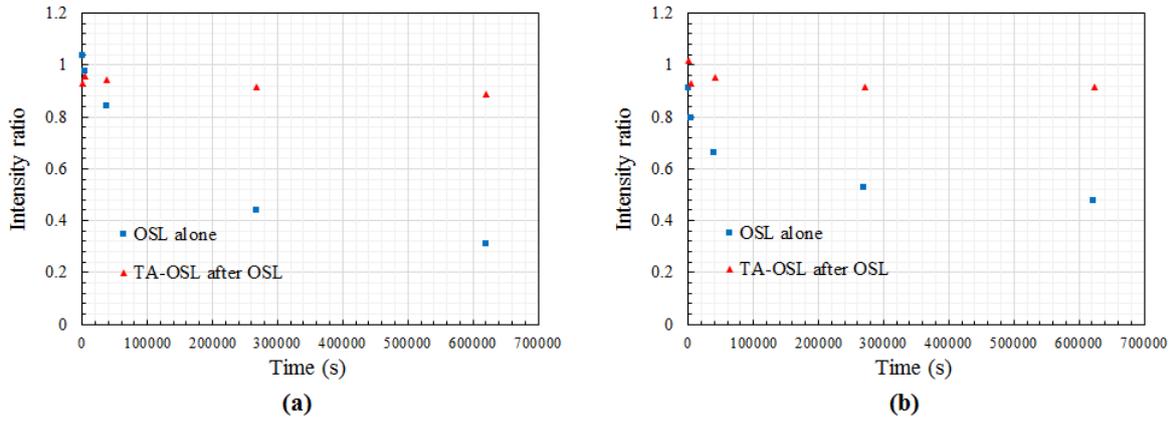


Fig. 1. The fading characteristics of OSL and TA-OSL signal of inductor(a) and resistor(b).

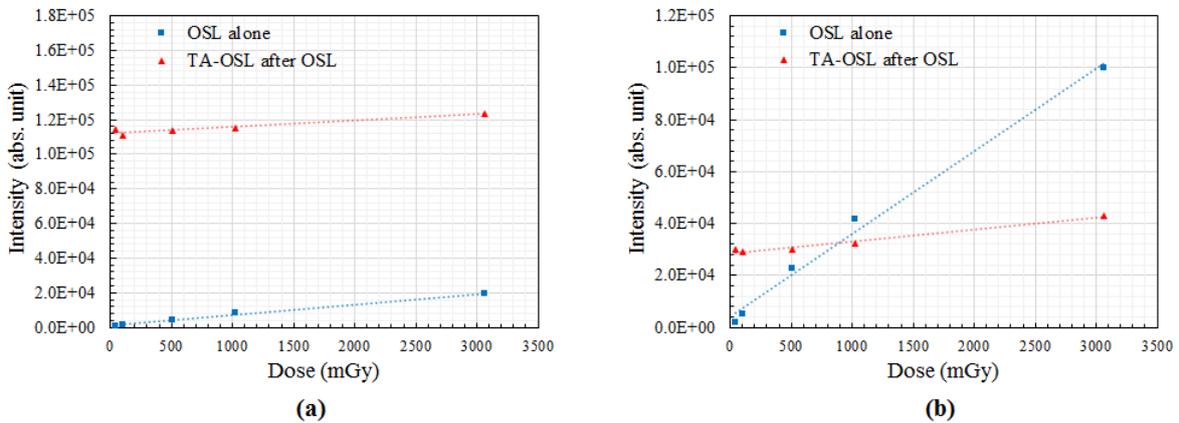


Fig. 2. Dose response of OSL and TA-OSL of Inductor(a) and resistor(b).

2.3 측정결과 및 분석

Fig. 1은 각 소자에 대한 OSL과 TA-OSL신호의 fading 특성을 나타낸다. 인덕터와 저항 대해 7일 경과 후의 OSL 단독 신호는 각각 약 70%, 50%로 크게 감소한 것을 알 수 있다. 하지만 OSL 측정 후 TA-OSL을 측정한 샘플은 약 10% 정도로 감소율이 크지 않은 것을 확인할 수 있다. Fig. 2는 각 소자에 대한 OSL과 TA-OSL신호들의 선량 반응도를 나타낸다. Fig. 2 (a) 인덕터의 OSL 신호는 선형적인 특성을 보인다. OSL이후 측정한 TA-OSL 신호는 마찬가지로 선형적이지만 zero dose에서 값을 가지며 전체적으로 신호가 위로 이동되어 있다. 이는 TA-OSL 측정 시 소자 내 다른 물질과 반응하여 발생하는 photon transfer luminescence (PTL) 현상 혹은 고온에서 흑체 복사에 의한 것으로 추측된다. Fig. 2 (b) 저항의 경우도 인덕터와 동일한 경향을 보인다. 하지만 TA-OSL 선량 반응도가 OSL의 경우보다 크게 떨어진다. 이는 OSL에 의해 대부분의 신호가 추출된 것이라 볼 수 있다.

3. 결론

본 실험으로부터 OSL 측정 후 TA-OSL 측정은 저항과 인덕터 모두에서 fading 효과가 억제됨을 보였다. 이는 TA-OSL 기법을 통해 측정 오차를 줄일 뿐 아니라 장기간 방치된 시료에 대한 측정이 가능함을 의미한다. 또한 TA-OSL은 OSL신호가 추출된 이후 측정 가능하기 때문에 OSL에 의한 선량 판독 후 재 판독의 기회를 제공할 수 있다는 점에서 큰 강점이 있다. 단 선량 반응도에서 확인 할 수 있듯 PTL 혹은 흑체 복사 등에 의한 zero dose 이동 현상을 제거하기 위해서는 측정 시 적합한 필터 선정이 필요하다.

4. 참고문헌

[1] Anuj Soni, et. al., "Characterization of deep energy level defects in $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3\text{:C}$ using thermally assisted OSL", Radiation measurements, Vol. 47, pp. 111-120, 2012.