

Thermoluminescence Characteristics of Smart Phone Tempered Glass

Jaeyong Je

Department of Radiological Technology, Dong-Eui Institute of Technology

Received: June 22, 2020. Revised: August 01, 2020. Accepted: August 31, 2020.

ABSTRACT

Principles of Radiation Detection and measurement include luminescence, ionization and chemical reactions. In this study, thermoluminescent properties were analyzed by exposure radiation on the glass for protective glass of smart phone. In order to analyze the thermoluminescent characteristics by radiation, 6 MV X-ray 100 cGy was irradiated to the powder annealing at 300 °C by grinding the tempered glass and original tempered glass. As a result of measuring the amount of thermoluminescent respectively irradiated material, the thermoluminescent increased by 3 times in the tempered glass, and when the tempered glass was grinding by powder the thermoluminescence was 2.4 times increased. Based on these results, the liquid crystal protective glass of the smart phone is evaluated as a tracer material to evaluate the radiation exposure and dose of the personal radiation monitoring.

Keywords: Radiation, Thermoluminescent, Tempered glass

I . INTRODUCTION

열형광 물질에 대한 최초의 발견과 과학적인 연구는 1895년 Wiedemann과 Schmit등에 의해 시작되었다.^[1] 열형광 형성 이론은 1945년 Randall과 Wilkins가 1차 발광 차수에 대한 모형을 제시하였고, 1948년 Garlick과 Gibson은 2차 발광 차수에 대한 모형을 제안하고 발전시켰다.^[2-4] 열 형광 물질을 개인의 피폭 선량계로 사용하기 위해서 유효원자번호를 인체조직과 비슷하게 제작하여 사용한다. 열 형광 선량계는 용도에 맞게 구성 물질의 유효원자번호를 선택하여 의학 및 산업 분야 등에서 사용 빈도는 계속 증가하고 있다. 방사선의 사용증가에 따른 개인과 집단의 방사선 피폭으로부터 위험 가능성 또한 증가하고 있다. 이러한 방사선 피폭의 유무와 선량을 측정하기 위한 기술이 지속적으로 개발되고 있고 방사선이 인체에 조사되었을 때 정확한 피폭선량을 평가하는 것도 중요하다. 기존에 개발되었던 열 형광 선량계는 열 형광 물질에 방사

선을 조사한 후 가열하였을 때 빛으로 방출되는 형광량을 방사선의 선량에 비례해서 방출하는 특성을 이용하여 현재 방사선 종사자나 개인 선량계로 많이 사용하고 있다. 열 형광 선량계는 사용 목적에 알맞은 임의의 크기와 형태로 소자화가 가능한 장점을 가지고 있으며^[5,6], 10-6 - 102 Gy로 측정할 수 있기 때문에 선량 범위가 넓다.^[7,8] 또한 열형광 선량계는 조직 등가 물질로 제작하여 개인피폭선량 측정과 환경방사선 측정 등으로 활용도가 매우 높다. 일반적으로는 열 형광 강도를 향상시키기 위하여 활성제를 첨가하거나 열처리 방법을 변경시키는 등의 여러 가지 방법을 사용하여 열 형광 선량계를 제조하고 있다. 그러나 본 연구에서는 열형광의 강도를 향상시키거나 개인의 피폭선량계로 활용하고자 하는 것이 아니라 요즘 대부분의 사람들이 소지하고 있는 스마트폰의 액정 보호를 목적으로 부착하는 강화유리를 구입하여 열 형광특성을 분석하고자 하였다. 강화유리의 방사선 조사 분석을 통하여 방사선 피폭유무에 대한 추적물질로

* Corresponding Author: Jaeyong Je

E-mail: jjy04@dit.ac.kr

Tel: +82-51-860-3533

서의 유용성을 평가하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

온라인과 오프라인에서 판매되고 있는 스마트폰 액정 보호 목적으로 사용되는 두께 0.3 mm 강화유리를 무작위로 구입하고 강화유리의 접착제 부분을 제거하였다. 강화유리를 유리 절단기를 사용하여 5×5 mm로 절단하였다. 강화유리를 파우더 형태로 만들었을 때의 열 형광 특성을 분석하기 위하여 유리를 분쇄하여 300 °C 열처리 하였다. Fig. 1과 같이 준비된 강화유리와 파우더의 트랩된 전자를 없애기 위하여 300 °C까지 가열한 후 선형가속기 [Versa HD, Elekta]를 이용하여 6 MV 엑스선 100 cGy를 시료에 조사하였다.



Smart phone Tempered Glass

Fig. 1. Radiation exposure setup.

엑스선이 조사된 시료는 Fig. 2와 같이 열 형광 리더기 [Hashaw TLD Reader 3500, Thermo, USA]를 이용하여 글로우 곡선을 획득하였다. 측정 조건은 1 5°C/sec의 가온율로 30 - 300 °C까지 측정하였다.

획득한 스마트폰의 강화유리의 글로우 곡선은 Origin program (Version 8.5)을 이용하여 Gaussian fitting하고 글로우 곡선의 면적을 구하여 시료별 면적을 비교 분석하였다.

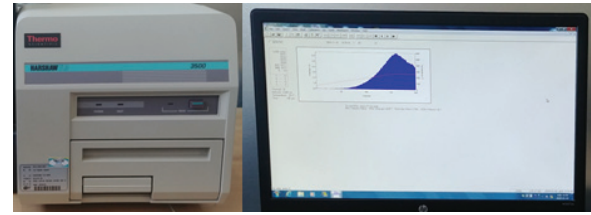


Fig. 2. TLD reader and glow curve acquisition.

III. RESULT

강화유리와 강화유리를 분쇄하여 만든 파우더에 대한 엑스선 조사 유무에 따른 글로우 곡선을 Fig. 3에 나타내었다.

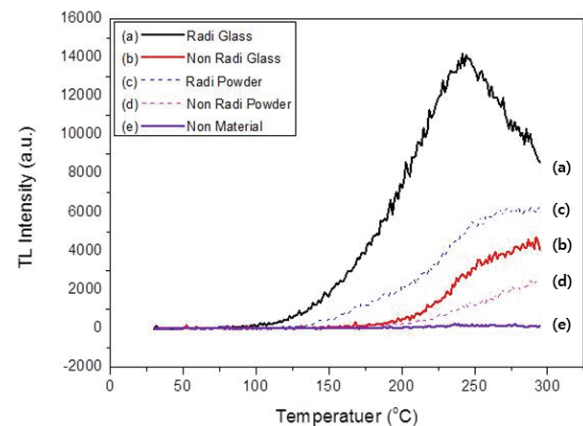


Fig. 3. Acquisition glow curve. glass and powder.

Fig. 3의 글로우 곡선 (a)는 엑스선이 조사된 강화유리이고 (b)는 엑스선이 조사되지 않은 강화유리의 글로우 곡선이다. 획득한 글로우 곡선의 면적을 구하기 위하여 각각의 곡선에 대하여 Gaussian fitting하였다. (c)는 강화유리를 분쇄하여 파우더 형태로 만든 시료에 엑스선을 조사하여 얻은 글로우 곡선이고 (d)는 방사선이 조사되지 않은 파우더의 글로우 곡선이다. 파우더 시료에서 획득한 각각의 글로우 곡선에 대한 면적을 구하기 위하여 Gaussian fitting하였다. (e)는 열 형광 리더기에 시료가 없는 상태에서 측정한 것이다.

Fig. 4는 열 형광 리더기에서 획득한 각각의 글로우 곡선을 Gaussian fitting하여 전체를 나타낸 것이고 Fig. 5와 Fig. 6은 강화유리와 분쇄하여 파우더 형태로 얻은 글로우 곡선을 따로 분리하여 나타내

었다. Fig. 4에서 글로우 곡선의 최대 피크를 나타내는 온도는 (a)에서 247 °C, (b)에서 284 °C, (c)에서 285 °C, (d)에서 294 °C로 나타났다. 즉, 방사선 조사로 인하여 시료 내부의 트랩 위치가 낮은 곳으로 이동하는 결과를 나타내었다. Fig. 5에서 강화유리의 방사선 조사유무에 따른 글로우 곡선을 Gaussian fitting하여 계산한 면적에서 (a)는 13100, (b)는 4260으로 나타났으며 방사선 노출에 의해 약 3배의 증가를 나타냈었다.

Fig. 6에서 강화유리를 분쇄하여 파우더 형태로 만든 후 방사선 조사유무에 따른 글로우 곡선을 Gaussian fitting하여 계산한 면적에서 (a)는 6160, (b)는 2500으로 나타났으며 방사선 노출에 의해 약 2.4배의 증가를 나타내었다.

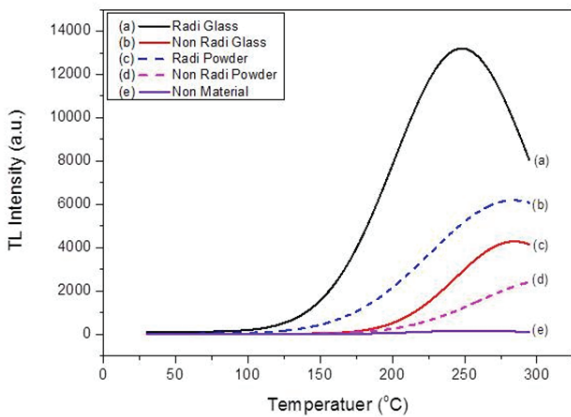


Fig. 4. Result of gaussian fitting total glow curve.

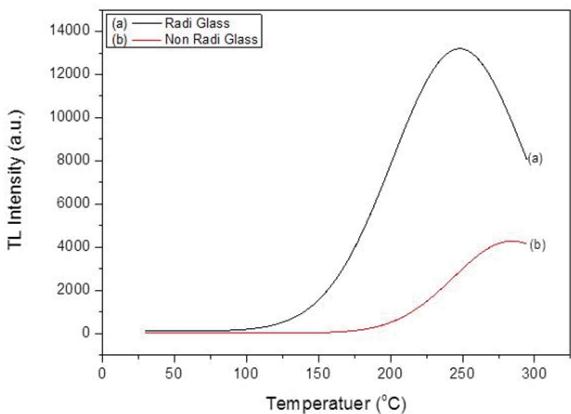


Fig. 5. Result of glass gaussian fitting glow curve.

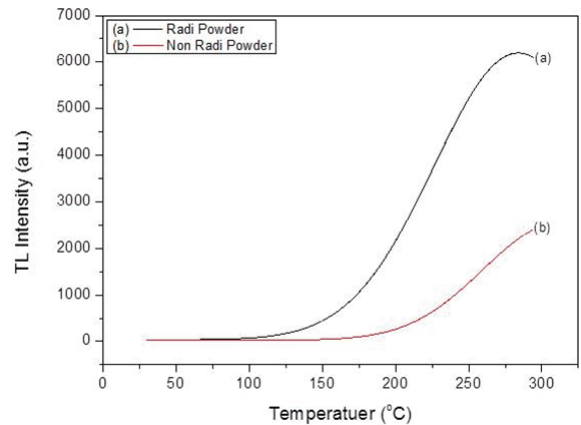


Fig. 6. Result of powder gaussian fitting glow curve.

IV. DISCUSSION

열 형광은 방사선이 조사된 물질에 온도를 가하면 방사선 조사선량에 비례한 형광을 방출한다. 열 형광 특성을 가진 물질에 온도가 증가함에 따라 방사선에 의해서 트랩된 전자의 방출이 증가 하면서 열 형광 강도는 증가하고 트랩에 포획된 전자의 수가 감소하면 열 형광 강도도 감소한다. 스마트폰의 액정을 보호하기 위하여 부착하는 강화유리는 알루미늄 실리케이트 유리를 기반으로 표면 강화한 것이다. 터치스크린용 유리는 강도뿐만 아니라 기본적으로 두께가 얇아야 한다. 쇼트는 가장 얇게는 0.5 mm까지 가공할 수 있다. 대개는 만족스런 강도를 유지하기 위해 0.7 mm 두께 제품을 생산한다고 한다. 쇼트는 ‘센세이션’이라는 브랜드로 이 강화유리를 만든다. 쇼트는 먼저 유리를 가공하기 위해 강한 열을 가한다. 보통 유리는 섭씨 1500 °C 정도에서 녹는데, 쇼트는 1700 °C 이상으로 끌어올려 가공해 기본적인 강도를 높인다고 설명했다. 이를 질산칼륨 용액에 넣으면 유리 속 나트륨이 빠져나오고, 그 자리를 칼륨이 채우게 된다. 이렇게 분자를 섞어 가공하면 유리의 표면과 내부가 서로 반대 방향으로 강한 힘을 받게 된다. 우리는 유리 표면을 평평하다고 보고 있지만 실제 유리는 뒤틀려 있다고 느끼는 셈이다. 이 때문에 이쪽 저쪽으로 휘어도 깨지거나 부서지지 않는 특성을 갖게 된다. 유리를 강화하는 방식은 여러 가지가 있지만, 최근 코닝이 내놓은 ‘고릴라글래스2’도 이와 비슷한 기

술을 적용했다^[9]. Al₂O₃를 기반으로 하는 열 형광체는 이미 Mehta와 Sengupta에 의해 응용 가능성이 확인되었다.^[10] 본 연구에서는 스마트폰 액정의 보호 유리가 방사선 계측용으로 사용하기에는 열 형광 강도가 부족하더라도 방사선 피폭 유무에 대한 추적 물질로서는 기존의 열 형광에 관한 연구 결과를 토대로 볼 때 신뢰할 수 있는 수준으로 판단된다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 선형가속기에서 발생한 6 MV 고에너지 엑스선을 스마트폰 액정 보호로 부착하는 강화유리에 조사하여 열 형광 특성을 분석하였다. 일반적인 저에너지 저선량의 방사선 노출은 개인 및 집단에 대하여 미치는 영향이 적으므로 관심의 대상이 되지 않는다고 본다. 그러나 고에너지 고선량의 방사선은 개인과 집단에 대하여 관리의 대상이 되므로 주의를 필요로 한다. 만약의 방사선사고 시 개인용 피폭선량계를 착용하고 있지 않더라도 소지하고 있는 스마트폰의 강화 유리가 부착되어 있다면 방사선 피폭 유무와 피폭된 방사선량을 분석할 수 있는 추적물질로 판단되어진다.

Reference

- [1] E. Wiedemann, G. C. Schmidt, *Ueber Luminescenz Ann Phys Chem. Neue Folge*, Vol. 54, pp. 604-625, 1895.
- [2] J. T. Randall, M. H. F. Wilkins, "Phosphorescence of various solids", *Proc, Roy, Soc*, Vol. A184, No. 366, 1945.
- [3] G. F. J. Galrick, A.F.Gibson, "The Electron Trap Mechanism of Luminescence in Sulphide and Silicate Phosphors", *Proceedings of the Physical Society*, Vol. 60, No. 6, pp. 574, 1948.
<http://dx.doi.org/10.1088/0959-5309/60/6/308>
- [4] F. E. Williams, H. Eyring, "The mechanism of the luminescence of solids", *Journal of Chemical Physics*, Vol. 15, No. 5, pp. 289, 1947.
<http://dx.doi.org/10.1063/1.1746499>
- [5] M. Oberhofer, A. Scharmann, "Applied Thermoluminescence Dosimetry", Adam Hilger Ltd, Bristol, pp. 271, 1981.

<https://lib.ugent.be/catalog/rug01:000705616>

- [6] R. Chen, Y. Kirsh, "Analysis of Thermally Stimulated Processes", Pergamon Press, Oxford, pp. 159-165, 1981.
- [7] Y. S. Horowitz, *Thermoluminescence and Thermoluminescent Dosimetry*, Vol. 1, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 49-132, 1984.
- [8] T. Kron, A. Elliott, P. Metcalfe, T. Wong, G. Showed, B. Clubb, "X-ray Surface Dose Measurements using TLD Extrapolation", *Medical Physics*, Vol. 20, pp. 703-711, 1993.
<https://doi.org/10.1118/1.597019>
- [9] <http://www.bloter.net/archives/130435>
- [10] S. K Mehta, S. Sengupta, "Annealing characteristics and nature of traps in Al₂O₃ thermoluminescent phosphors", *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 22, No. 5, pp. 863-872, 1977.
<http://dx.doi.org/10.1088/0031-9155/22/5/005>

스마트폰 강화유리의 열형광 특성

제재용

동의과학대학교 방사선과

요 약

방사선 검출 원리에는 형광, 전리, 화학작용 등이 있다. 본 연구에서는 스마트폰 액정 보호용 강화 유리 에 방사선을 조사하여 열형광특성을 분석하였다. 방사선에 의한 열형광특성을 분석하기 위하여 6 MV X-선 100 cGy를 강화유리와 강화유리를 분쇄하여 300 °C 열처리한 파우더에 조사하였다. 방사선이 조사된 각각의 재료에 대한 열형광량을 측정한 결과 강화유리에서 방사선 노출에 따른 열형광은 약 3배 정도 증가하였고, 강화유리를 분말로 만들어 방사선 노출에 따른 열형광은 약 2.4배 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 스마트폰의 액정 보호 유리는 개인과 집단의 방사선 피폭과 선량을 평가하는 추적물질로 평가되어진다.

중심단어: 방사선, 열형광, 강화유리

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	제재용	동의과학대학교 방사선과	교수