

논문 2002-11-6-01

SrCl₂:Eu²⁺ 형광체의 광발광 및 광자극발광 특성

도시홍*, 서효진*, 김영국**, 김도성***, 김성환****, 김찬중****, 이병화****, 김 완****, 강희동****

**Photostimulated Luminescence and Photoluminescence
of SrCl₂:Eu²⁺ Phosphors**

Sih-Hong Doh*, Hyo-Jin Seo*, Young-Kook Kim**, Do-Sung Kim***,

Sung-Hwan Kim****, Chan-Jung Kim****, Byung-Hwa Lee****,

Wan Kim****, Hee-Dong Kang****

요 약

고상반응법으로 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체를 제작하고, 제작한 형광체의 광자극발광과 광발광 특성을 조사하였다. SrCl₂:Eu²⁺ 형광체의 광발광 및 광자극발광은 Eu²⁺의 5d→4f 천이에 기인되었으며, 355 nm의 광으로 여기시켰을 때 광자극발광과 광발광 스펙트럼의 파장범위는 모두 380~440 nm 이었고, 피이크 파장은 407 nm 이었다. SrCl₂:Eu²⁺ 형광체의 선량의존성은 2.5 mGy~200 mGy 영역에서 우수한 선형성을 나타내었으며, 상온에서 광자극발광의 fading은 20 분에 60%이었다.

Abstract

SrCl₂:Eu²⁺ phosphors were prepared by the solid phase reaction method, and their photostimulated luminescence(PSL) and photoluminescence(PL) characteristics were investigated. The PSL and PL peak of the SrCl₂:Eu²⁺ phosphors are due to the 5d → 4f transition of Eu²⁺ ions in phosphors. The PSL and PL spectrum obtained by the 355 nm excitation was observed in 380~440 nm region with the peak at 407 nm. The dose response of the PSL phosphors were linear within 2.5 mGy ~ 200 mGy of 100 kV X-ray. The fading of the phosphors at room temperature was approximately 60% after 20 min.

1. 서 론

SrCl₂ : Eu²⁺의 광발광(photoluminescence : PL) 에 대한 연구는 이미 발표^(1,2)되어 있지만, SrCl₂ : Eu²⁺의 광자극발광(Photo-stimulated luminescence: PSL)특성은 아

직 발표된바 없다. 광자극발광이란 물질에 1차 여기광으로 X-선, 자외선, 전자선 등의 방사선을 조사한 후, 2차 여기광으로 가시광선이나 적외선을 조사했을 때 2차 여기광 보다 파장이 짧고, 1차 여기광의 자극에 대응한 제3의 광을 방출하는 발광현상이다. 그리고 광자극발광 형광체를 필름 위에 도포한 2차원 방사선 센서를 영상판(image plate : IP)이라 한다.

영상판은 X-선 필름에 비해 감도가 우수하고, 넓은 동적영역(dynamic range)을 가지며, 재사용이 가능하고, 디지털화된 영상을 얻을 수 있어서 진단 X-선 영상, X-선 회절, 단백질 결정학, 투과전자현미경, 오토라디오그래피 등 여러 분야에 폭넓게 활용되고 있다. 특히 1986년 Fuji Photo Film Co.에서 CR(computed

* 부경대학교 물리학과(Dept. of Physics, Pukyong National University)

** 경남대학교 물리학과(Dept. of Physics, Kyungnam University)

*** 대구대학교 과학교육학부(Division of Science Education, Taegu University)

**** 경북대학교 물리학과(Dept. of Physics, Kyungpook National University)

<접수일자 : 2002년 7월 12일>

radiography) system이 개발됨에 따라 광자극발광 형광체에 대한 연구가 더욱 많이 진행되게 되었다^[3-6]. 현재 전세계적으로 KBr:In^[7], KCl:Eu^[8], RbBr:Tl^[9], RbI:Tl^[10] 및 NaCl:Cu^[11] 등과 같은 알카리 할라이드계 형광체, CaS:Eu, Sm, CaS:Ce, Sm, SrS:Eu, Sm, Ca_xSr_{1-x}S:Eu, Sm등의 II-VI족 화합물 형광체^[12-16] 및 Y₂SiO₄:Ce³⁺^[17]와 같은 산화물 형광체 등에 관한 연구가 진행중이며, BaFBr:Eu²⁺ 형광체로 제작한 영상판은 상용화되어 사용되어지고 있다.

본 연구에서는 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체를 제작하고, 제작한 형광체의 광발광과 광자극발광에 대한 발광스펙트럼 및 강도, fading 특성, 선량의 존성 등을 조사하였다.

II. 실 험

1. SrCl₂:Eu²⁺ 형광체 제작

그림 1은 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체를 제작하기 위한 흐름도이다. 이온교환수에서 SrCl₂·6H₂O를 용해한 후 활성제로 EuF₃를 첨가하였다.

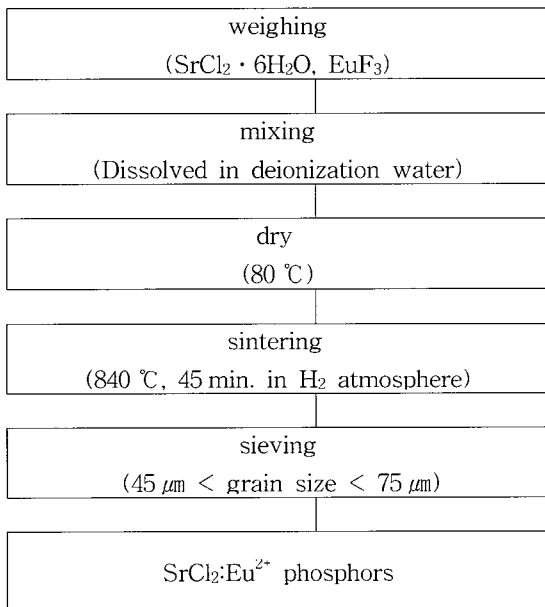


그림 1. SrCl₂:Eu²⁺ 형광체의 제조과정.
Fig. 1. Preparation process of SrCl₂:Eu²⁺ phosphors.

그리고 이 혼합물을 80~90 °C의 온담(溫淡)속에서 마그네틱 스티러(magnetic stirrer)로 약 2시간 정도 습식혼합한 후 80 °C에서 건조한 다음, 고체상태의 혼합물을 수소분위기에서 소결한 후 급냉하였다. 소결된 형광체는 수정 mortar로 분쇄하여 입자크기가 45~75 μm인 분말만 선별하였다.

SrCl₂의 용융점이 약 875 °C 이므로 형광체를 700~870 °C 사이에서 소결하였을 때 광자극발광 강도가 최대가 되는 840 °C를 소결온도로 하였다. 소결은 분말 혼합물을 결정화시킴과 동시에 활성제를 모체 중으로 침투시킴으로써 발광 중심으로서 필요한 전자적, 기하학적 상태를 부여하는 역할을 한다. 그리고, 원료에 존재하는 선천적 격자결함을 소멸시키며, 동시에 F 중심과 같은 발광에 관여하는 후천적 결함을 생성한다. 또한 소결분위기는 형광체의 광자극발광 강도에 중요한 영향을 미친다. 일반적으로 대기 중(산화적 분위기)에서는 p형, 수소 분위기(환원적 분위기)에서는 n형 반도체 또는 그것과 유사한 특성을 가지게 된다. SrCl₂:Eu²⁺형광체의 경우 Eu 이온은 수소분위기에서는 Eu²⁺형으로 도우핑 되지만, 대기 중에서는 Eu²⁺ 뿐만 아니라 Eu³⁺도 도우핑 되므로 본 실험에서는 수소분위기에서 소결하였다. 그리고 소결시간을 20~120 분으로 변화시켰을 때 광자극발광 강도는 소결시간이 45분일 때 최대이었다.

2. 광자극발광 측정

그림 2는 형광체들의 광자극발광 특성을 측정하기 위한 개략도이다. 1차 여기광은 Nd-YAG 레이저(Spectron Laser Sys., SL 800, 3rd harmonics 355 nm, 5 mW)를, 2차 여기광은 He-Ne 레이저(633 nm, 35 mW)를 사용하였다. 그림 2에서 보는 바와 같이 He-Ne 레이저를 초퍼 1에 의해 450 Hz로 변조시키고, lock-in amp는 초퍼 1에 동기 시켰으므로, lock-in amp에서는 He-Ne 레이저에 동기되어 일어나는 발광 (광자극발광)만을 증폭한다. 한편 Nd-YAG 레이저는 10 Hz의 초퍼 2에 동기시켰다. 이 때 초퍼 2와 Nd-YAG 레이저의 발진동기위상이 서로 180° 가 되도록하여 Nd-YAG 레이저 빛과 Nd-YAG 레이저에 의해 형광체에서 나오는 빛(photoluminescence : PL)은 초퍼 2의 날개에 가려져서 분광기(SPEX,

ARC, 22.5 cm)에 입사되지 않도록 하였다. 분광기에서 분광된 광자극발광 신호는 광전자증배관(Hamamatsu, R928)에서 전기적 신호로 변환시킨 후 전류증폭기(Keithley, 427)에서 증폭하였으며, lock-in amp의 출력신호는 컴퓨터에 저장하였다.

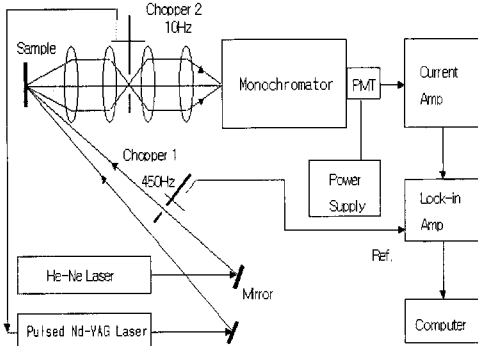


그림 2. 광자극발광 측정 시스템.

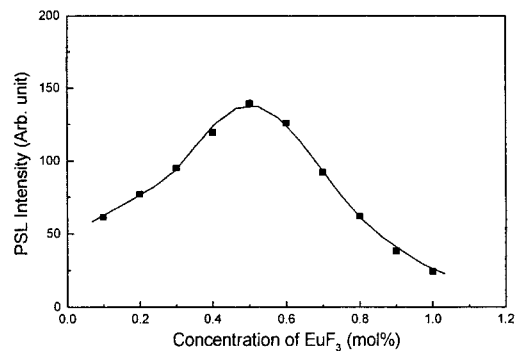
Fig. 2. Schematic diagram of PSL measuring system.

III. 실험결과 및 고찰

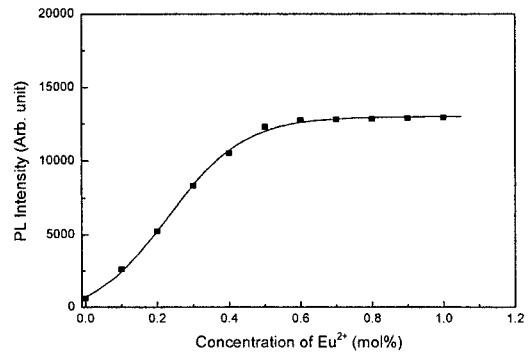
1. Eu²⁺이온농도 변화에 대한 광자극발광 및 광발광 강도

Eu²⁺이온농도를 0.1~1.0 mol% 까지 변화시켰을 때 그림 3의 (a)는 Eu²⁺이온농도에 따른 SrCl₂:Eu²⁺의 광자극발광 강도를, 그림 (b)는 광발광 강도를 나타낸다. 그림 3, (a)에서 보는 바와 같이 Eu²⁺이온의 농도범위가 0.1~0.5 mol% 사이에서 광자극발광 강도는 Eu²⁺이온농도의 증가에 따라 증가하여 Eu²⁺이온농도가 0.5 mol%일 때 최대 광자극발광 강도를 나타내었다. 그리고 0.5 mol% 이상부터는 광자극발광 강도가 감소하였다. 이것은 활성제를 최적농도 이상 첨가하면 일반적인 발광현상에서 나타나는 quenching현상에 기인하여 광자극발광 강도가 감소하는 것으로 생각된다. 그림 (b)에서 보는 바와 같이 Eu²⁺이온을 첨가하지 않은 SrCl₂는 광발광 현상이 일어나지 않았다. 그러나 Eu²⁺이온의 농도를 증가시키면 광발광 강도는 증가하며, 광자극발광 강도가 최대가 되는 Eu²⁺이온농도인 0.5 mol%부터 광발광 강도는 포화되었다.

그림 3.(a)와 (b)에서 Eu²⁺의 이온농도가 0.5 mol% 이상에서 광자극발광 강도가 감소할 때, 광발광 강도가 포화되었다는 것은 1차 여기에 의해 생긴 전도전자들이 F중심에 포획되는 양이 적기 때문에 광자극발광 강도가 감소하였다는 것을 의미한다. 이 결과는 광자극발광 강도의 감소만큼 광발광 강도를 증가시킨다. 그러나 광발광 강도는 광자극발광 강도에 비해 일반적으로 수십배 이상 크므로 광발광 강도는 포화된 현상으로 나타났다고 생각된다.



(a) PSL intensity



(b) PL intensity

그림 3. Eu²⁺이온농도에 따른 SrCl₂:Eu²⁺의 광자극발광 강도와 광발광 강도.

Fig. 3. PSL and PL intensity of SrCl₂:Eu²⁺ as a function of Eu²⁺ concentrations.

2. 광자극발광 및 광발광 스펙트럼

그림 4는 350 nm로 여기시킨 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체의 광발광 스펙트럼이다. 그림 4에서 알 수 있는 바와 같이 SrCl₂:Eu²⁺는 5d→4f 천이에 기인한 넓고 강한 발광을 나타내었으며, 발광 파장범위는 380~440 nm이었고, 피크 파장

은 약 407 nm 이었다. 이 실험 결과는 T. Kobayasi 등⁽²⁾의 실험 결과와 일치하였다.

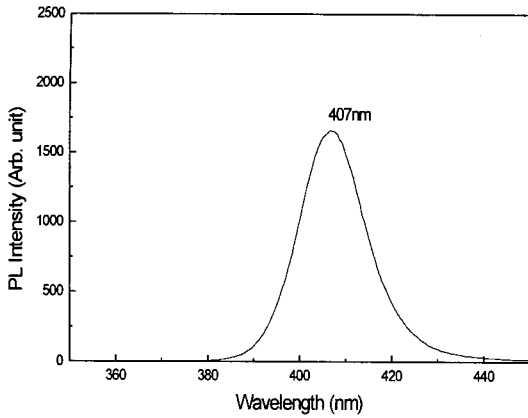


그림 4. $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 의 광발광 스펙트럼.

Fig. 4. PL spectrum of $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$.

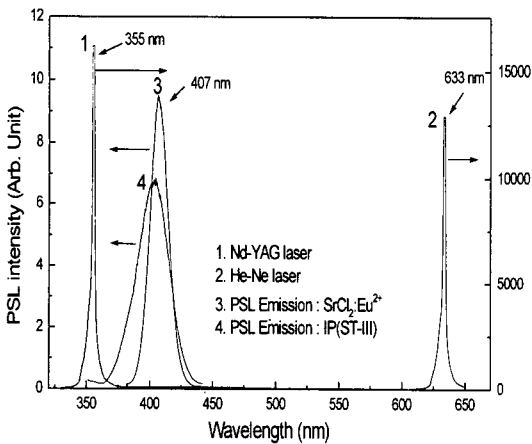


그림 5. $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 형광체와 영상판(ST-III, Fuji Co.)의 광자극발광 및 여기 스펙트럼.

Fig. 5. PSL emission and excitation spectra of $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ phosphor and IP (ST-III, Fuji Co.).

그림 5는 $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 형광체 및 시판하고 있는 영상판(ST-III, Fuji Co.)의 광자극발광 스펙트럼과 1차 여기광(파장 355 nm) 및 2차 여기광(파장 633 nm)의 스펙트럼을 나타낸 것이다. 그림 5에서 보는 바와 같이 $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 형광체 발광파장의 범위는 380~440 nm이었고, 피이크 파장은 407 nm이었다. 이 특성은 $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 의 광발광 특성과 동일하였다. 이것은 SrCl_2

: Eu^{2+} 형광체의 광자극발광은 Eu^{2+} 이온의 $5d \rightarrow 4f$ 천이에 기인되었음을 강하게 암시한다. 시판하고 있는 영상판(ST-III, Fuji Co.)의 광자극발광 스펙트럼의 파장 범위는 360~450 nm이었고, 피이크 파장은 약 405 nm이었다. 그리고 본 실험에서 제조한 $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 형광체의 피이크 파장(407 nm)은 2차 여기광으로 사용되는 He-Ne laser의 파장(633 nm)과 잘 분리되므로 이 형광체를 이용한 영상판(image plate)은 2차 여기광의 영향을 쉽게 제거할 수 있으므로 안정된 X-선 영상을 얻을 수 있다.

3. Fading 특성

그림 6은 $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 를 진단용 X-선 발생장치(DK-525, Dongkang Med. Sys.)를 이용하여 100 kV, 50 mGy의 X-선을 조사한 직후 측정된 광자극발광 강도와 30 °C, 50 °C 및 80 °C의 온도에서 일정시간동안 보관한 후 측정된 광자극발광 강도의 비를 나타낸다.

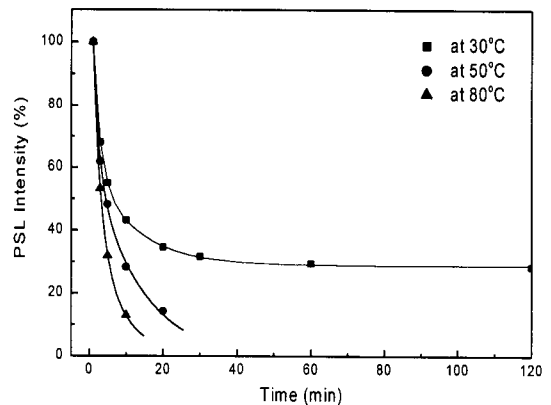


그림 6. $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$ 의 fading 특성.

Fig. 6. Fading characteristics of $\text{SrCl}_2:\text{Eu}^{2+}$.

그림 6에서 보는 바와 같이 광자극발광 강도는 온도가 증가함에 따라 매우 급격히 감소하였다. 이것은 온도가 증가하면 F 중심에 포획된 전자의 이탈확률이 커지기 때문이다. 실온(30 °C)에서의 광자극발광 강도는 약 20 분 경과하였을 때 초기치의 약 60%가 감소하였으며, 이것은 불순물, 격자간 원자 등의 격자결함에 의해 금지대 내에 생성된 얇은 포획 준위에 포획된 전자들의 영향으로 생각된다. 50 °C 및 80 °C의 온도에서 광자극발광 강도는 10분 경과 후 각각 75% 및

85 % 감소하였다. 실온에서의 fading 특성은 X-선 조사 후 20분부터 안정적이었으며 이후 광자극발광 강도의 감쇠율은 거의 없었다.

4. 선량의존성

제작한 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체의 X-선에 대한 선량 의존성을 진단용 X-선 발생장치(DK-525, Dongkang Med. Sys.)를 사용하여 측정하였다. 100kV X-선을 에 조사한 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체의 fading에 의한 효과를 최소화하기 위하여 암실에서 정확하게 1분이 경과한 후 광자극발광 강도를 측정하였다.

넓은 선량 영역에서 광자극발광 강도의 선형성이 좋으면 여러 가지 피사체들에 대한 흡수특성의 차이가 작아도 그 차이를 세밀히 감지할 수 있게 하는 동시에 자동적인 영상처리 시스템을 가능하게 한다. 이러한 형광체의 특성을 어떠한 X-선 영상조건하에서도 언제나 안정된 디지털 영상을 얻을 수 있게 한다. 또한 광자극발광 강도를 디지털화 할 수 있으므로 선형적인 선량의존성을 가진 형광체는 선량계로도 사용할 수 있다.

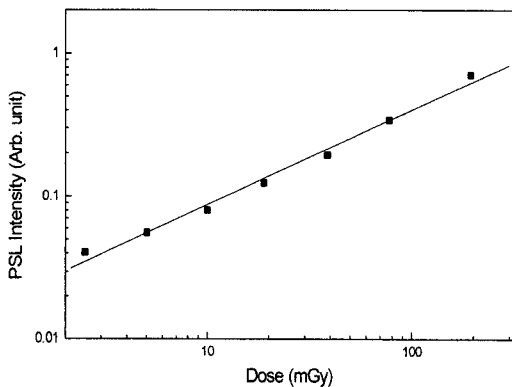


그림 7. SrCl₂:Eu²⁺의 선량의존성.

Fig. 7. Linearity of PSL intensity of SrCl₂:Eu²⁺ to irradiated dose.

그림 7은 제작된 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체의 선량의존성을 나타낸다. 그림 7에서 보는 바와 같이 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체는 약 2.5 mGy ~ 200 mGy 까지 선량 범위에서 선형성을 나타내었다.

III. 결 론

본 연구에서는 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체를 제조하

고, 제조한 형광체의 광자극발광 및 광발광 특성을 조사하였다. 광발광과 광자극발광은 Eu²⁺의 5d→4f 천이에 기인되었다. 그리고 광발광과 광자극발광의 발광파장 범위와 피크 파장은 동일하였으며, 각각 380 ~ 440 nm와 407 nm이었다. 제작된 SrCl₂:Eu²⁺ 형광체의 선량의존성은 2.5 mGy ~ 200 mGy 영역에서 우수한 직선성을 나타내었다. 광자극발광 강도는 보관온도가 높을수록 급격히 감쇠하였으며, 방사선 조사 후 실온에서 20분 경과했을 때 광자극발광 강도는 약 60 % 감쇠하였고, 20분 이후부터는 안정된 현상을 보였다.

※ 본 연구는 한국과학재단에서 지원한 방사선 안전신기술연구센터의 지원을 받아 수행한 연구 결과의 일부입니다.

참 고 문 헌

- [1] U. Caldino, M.E. villafuerte-Castrejon and J. Rubio, "Spectral distribution and decay times of Eu²⁺ luminescence in SrCl₂ particles embedded in the alkali chloride material", Cryst. Latt. Def. and Amorph. Mat., vol. 18, pp. 511 ~ 518, 1989.
- [2] T. Kobayasi, S. Mroczkowski and J. Owen, "Fluorescence lifetime and quantum efficiency for 5d→4f transitions in Eu²⁺ doped chloride and fluoride crystal", J. Lumin., vol. 21, pp. 247 ~ 257, 1980.
- [3] A. Ohnishi, I. Akimoto, K. Kanno, Y. Iwabuchi and N. Mori, "Pulse-annealing study of photo-stimulated luminescence and trapped-hole states in BaFBr:Eu²⁺", J. Lumin., vol. 72(74), pp. 755 ~ 777, 1997.
- [4] P. F. Caricia, R. S. McLean, M. K. Crawford and B. D. Jones, "Photo-stimulable luminescence and imaging in vapor-deposited BaFCl:Eu thin film phosphors", Appl. Phys. Lett., vol. 72(12), pp. 1415 ~ 1417,

- 1998.
- [5] M. Bradford, D. A. Andrews, A. Harrison, S. G. Roden and T. A. King, "Photostimulated luminescence of BaFBr:Eu²⁺", *J. Lumin.*, 72(74), pp. 742~744, 1997.
- [6] W. Chen, M. Su, J. Song, and J. Lin, "Photostimulated luminescence of BaFBr:Eu²⁺ phosphors", *J. Appl. Phys.*, vol. 80(9), pp. 5309~5311, 1996.
- [7] H. Nanto, M. Miyazaki, A. Imai, H. Komori, Y. Douguchi, E. Kusano and A. Kinbara, "New photostimulable phosphor materials for digital radiography", *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, vol. 47(4), pp. 1620~1624, 2000.
- [8] H. Nanto, K. Murayama, T. Usuda, S. Taniguchi, and N. Takeuchi, "Optically stimulated luminescence in KCl:Eu single crystal", *Radiat. Prot. Dosim.* vol. 47, pp. 281~284, 1993.
- [9] H. Von Seggern, A. Meijerink, J. Voigt, and A. Winnacker, "Photostimulation mechanism of X-ray irradiated RbBr:Tl", *J. Appl. Phys.*, vol. 66, pp. 4418~4424, 1989.
- [10] U. Rogulis, C. Dietze, Th. Pawlik, Th. Hangleiter and J.M. Spaeth, "Hole-trapping sites and the mechanism of the photostimulated luminescence of the X-ray storage phosphor RbI:Tl⁺", *J. App. Phys.*, vol. 80(4), pp. 2430~2435, 1996.
- [11] L. D. Merkle and P. K. Bandyopadhyay, "Excited-state absorption by Eu²⁺ in KBr, KCl and NaCl", *Phys. Rev. B*, vol. 39(10), pp. 6939~6948, 1989.
- [12] W. Kong, S. Ahmed, J. Ferguson and R. Solanki, "Violet light emitting SrS/SrCl:Eu thin-film electroluminescent devices", *Appl. Phys. Lett.*, vol. 67(1), pp. 7~9, 1995.
- [13] V. Tabakova, "Emission and decay time studies of Sn²⁺ centers in SrCl₂", *J. Lumin.*, vol. 68, pp.265~269, 1996.
- [14] S. P. Keller, J. E. Mapes and G. Cheroff, "Studies on some infrared stimuable phosphors", *Phys. Rev.*, vol. 108(3), pp. 663~676, 1953.
- [15] Y. Douguchi, T. Sato, M. Miyazaki, A. Imai, E. Kusano, A. Kinbara, S. Nasu, and H. Nanto, "Novel two-dimensional IR image sensor utilizing photostimulated luminescence in II-VI compound phosphor ceramics", *Proceedings of SPIE Advanced Sensors and Monitors for Process Industries and the Environment*, pp. 286-293, 1998.
- [16] H. Nanto, H. Komori, K. Araki, Y. Douguchi, E. Kusano, S. Nasu, and K. Kinbara, "Photostimulated luminescence in CaxSr1-xS:Eu, Sm phosphor ceramics and its application to radiation dosimetry", *Proceedings of SPIE Rare-Earth-Doped Materials and Devices V*, pp. 248~257, 2001.
- [17] M. J. Knitel, P. Dorenbos, C. M. Combes, J. Andriessen and C.W.E. van Eijk, "Luminescence and storage properties of LiYSiO₄:Ce", *J. Lumin.*, vol. 69, pp. 325~334, 1996.

 著 者 紹 介

도 시 흥

1944. 9. 29 생
 1969. 2. 경북대학교 문리대 물리학과 졸업
 (이학사)
 1972. 2. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학석사)
 1988. 8. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학박사)
 1990. 9 ~ 1991. 9 일본 福井大學 객원교수
 1980. 11. - 현재 부경대학교 자연과학대학 물
 리학과 교수

서 효 진

1981. 2. 경북대학교 자연과학대학 물리학과
 졸업(이학사)
 1983. 2. 부산대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학석사)
 1987. 8. 부산대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학박사)
 1991~1992. 영국 Strathclyde 대학 객원교
 수
 현재 부경대학교 자연과학대학 물리학과 교수

김 영 국

1951. 7. 생
 1975. 2. 경북대학교 문리대 물리학과 졸업
 (이학사)
 1977. 2. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학석사)
 1988. 2. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학박사)
 1990. 1 ~ 1991. 2 미국 Lehigh Univ. 교
 환교수
 1980. 12 ~ 현재 경남대학교 물리학과 교수

김 도 성

1955. 11. 1. 생
 1978. 2. 경북대학교 문리대 물리학과 졸업
 (이학사)
 1980. 9. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학석사)
 1987. 2. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학박사)
 1981. 3. - 현재 대구대학교 과학교육학부 교
 수

김 성 환

1967. 11. 5. 생
 1990. 2. 경북대학교 물리학과 졸업(이학사)
 1993. 2. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학석사)
 1997. 2. 경북대학교 대학원 물리학과 박사과
 정 수료
 1997. -현재 대구보건대학 방사선과 조교수

김 찬 중

1974. 12. 26. 생
 2001. 2. 금오공과대학교 자연과학대학 물리학
 과 졸업(이학사)
 2001. 3. - 경북대학교 대학원 물리학과
 (석사과정)

이 병 화

1972. 1. 7. 생
 1999. 2. 안동대학교 물리학과 졸업(이학사)
 2001. 2. 안동대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학석사)
 2002. 3. - 경북대학교 대학원 물리학과(박사
 과정)

김 완

1958. 10. 30. 생
 1982. 2. 경북대학교 문리대 물리학과 졸업
 (이학사)
 1984. 2. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학석사)
 1997. 2. 부경대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학박사)
 1986. 4. - 1997. 6 한국원자력연구소 선임연
 구원
 1997. 10. - 현재 경북대학교 방사선과학연구
 소 연구원

강 희 동

1944. 5. 27. 생
 1966. 2. 경북대학교 문리대 물리학과 졸업
 (이학사)
 1973. 2. 경북대학교 대학원 물리학과 졸업
 (이학석사)
 1980. 3. 프랑스 Paul Sabatier 대학 졸업
 (이학박사)
 1986. 2. - 1989. 3. 한국원자력연구소 책임연
 구원
 1989. 3. - 현재 경북대학교 물리학과 교수, 대
 구지방방사능측정소장, 방사선과학연구소장