

Ντούνης Βασίλειος



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Προτεινόμενος τίτλος Διδακτορικής Διατριβής και γλώσσα εκπόνησης:

Μελέτη απόδοσης φωταΐφειας φθοριωχών υδραεληθικών
σπινθηριστών για χρήση σε ανιχνευτικές διατάξεις
ιατρικών απεικονιστικών συστημάτων.

Γλώσσα εκπόνησης: Ελληνική

Τεκμηριωμένη επιστημονική πρόταση και προσχέδιο Διδακτορικής Διατριβής

(Προσθέστε σελίδες ανάλογα με τις ανάγκες της πρότασης ή επισυνάψτε αυτόνομο κείμενο).

Επιβραβεύεται αυτοαξιόμο κείμενο

Μελέτη απόδοσης φωταύγειας Φθοριούχων κρυσταλλικών σπινθηριστών, για χρήση σε ανιχνευτικές διατάξεις ιατρικών απεικονιστικών συστημάτων.

Οι σπινθηριστές είναι υλικά που όταν απορροφούν ακτινοβολία εκπέμπουν οπτικά φωτόνια. Τα υλικά αυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά στα ιατρικά απεικονιστικά συστήματα ιοντιζουσών ακτινοβολιών γιατί η χρήση τους μειώνει την απαιτούμενη ακτινοβολία των ιατρικών εξετάσεων, επομένως μειώνει και τη δόση ιοντίζουσας ακτινοβολίας του εξεταζομένου [1-4]. Οι φθοριούχοι μονοκρύσταλλοι έχουν ένα ευρύ φάσμα εκπομπής από την ορατή υπεριώδη ακτινοβολία (UV) έως την υπέρυθη περιοχή (IR). Επομένως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες εφαρμογές όπως το υλικό παραθύρου για λιθογραφία, ως υλικό ξενιστή (Hostmaterial) για λέιζερ μικρού μήκους κύματος, ως υλικό ξενιστή για χειρουργικά λέιζερ οφθαλμών καθώς και για υλικά σπινθηρισμού [5, 6].

Ειδικότερα οι μονοκρύσταλλοι Φθοριούχου Δημητρίου (CeF_3) έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε εφαρμογές θερμοδομετρίας με απόδοση φωταύγειας περισσότερο από 46% από εκείνη του μονοκρυστάλλου BGO με μήκος κύματος εκπομπής στο κοντινό υπεριώδες (300-340nm) [7]. Σε παρόμοιες εφαρμογές έχουν χρησιμοποιηθεί οι μονοκρύσταλλοι Φθοριούχου Μολύβδου (PbF_2) για την κατασκευή θερμοδομέτρων ολικής απορόφησης σε πειράματα φυσικής υψηλών ενεργειών [8]. Οι μονοκρύσταλλοι Φθοριούχου Βαρίου (BaF_2) έχουν χρησιμοποιηθεί σε ανιχνευτές ταχείας απόκρισης σε πειράματα χρονικής καταγραφής φωτονίων- γ και σε ανιχνευτές ακτίνων-X [9, 10].

Ωστόσο, η ανάπτυξη μονοκρυστάλλων φθορίου απαιτεί ελεγχόμενο περιβάλλον σε υγρασία και θερμοκρασία και οι περισσότερες μέθοδοι παραγωγής τους είναι αρκετά περίπλοκες. Αυτό είναι ένα σημαντικό σημείο για την παραγωγή μονοκρυστάλλων [11, 12].

Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η πειραματική και θεωρητική μελέτη της απόδοσης φωταύγειας Φθοριούχων μονοκρυσταλλικών σπινθηριστών, BaF_2 , PbF_2 και CeF_3 κάτω από την επίδραση ιοντιζουσών ακτινοβολιών. Η μελέτη θα προσδιορίσει τη δυνατότητα χρήσης των σπινθηριστών σε απλά συστήματα ακτίνων-X και υβριδικά SPECT/CT και PET/CT, σε θερμοδομετρία (calorimetry) ακόμα και σε πειράματα φυσικής υψηλών ενεργειών κλπ. [13, 14]. Επιπλέον θα προσδιοριστούν οι συνθήκες, που μεγιστοποιούν την απόδοση και οδηγούν σε μείωση της δόσης ακτινοβολίας στον εξεταζόμενο.

Κύριες κατευθύνσεις της παρούσας διατριβής

Θα γίνει αξιολόγηση της αποδοτικότητας των κρυστάλλων μέσω προσδιορισμού παραμέτρων όπως: απόδοση απορρόφησης φωτονίων (QDE) και της ενέργειας τους (EAE), ολική απόδοση φωταύγειας (AE), η οπτική απολαβή του σπινθηριστή (DOG), καθώς και η απόδοση φωταύγειας του σπινθηριστή σε ακτίνες-X (XLE). Επίσης θα ελεγχθεί η συμβατότητα του εξερχομένου φάσματος από τους κρυστάλλους με διάφορους οπτικούς ανιχνευτές, μέσω του παράγοντα φασματικής σύζευξης (SMF), καθώς η συνολική απόδοση φωταύγειας του συστήματος σπινθηριστής-οπτικός ανιχνευτής (EffectiveEfficiency).

Ο προσδιορισμός των παραπάνω παραμέτρων θα πραγματοποιηθεί μέσω θεωρητικών μεθόδων και πειραματικών μετρήσεων, στο εύρος των ενεργειών της ακτινοδιαγνωστικής και σε διάφορες δόσεις ακτινοβολίας. Η μέτρηση της απόδοσης θα γίνει μέσω σφαίρας ολοκλήρωσης ή ισοδύναμης πειραματικής τεχνικής [15-21].

Αναφορές

- [1] M. J. Weber, "Scintillation: Mechanisms and new crystals," *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*, vol. A527, pp. 9–14, 2004.
- [2] J. M. Boone, in *Handbook of Medical Imaging Vol. 1, Physics and Psychophysics*, ed. By J. Beutel, H.L Kundel, R.L. Van Metter (SPIE Press, Bellingham, 2000), pp 36-57.
- [3] G. G. Blasse and B.C. Grabmaier, *Luminescent Materials* (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 1994)
- [4] P. Lecoq, A. Gektin and M. Korzhik, *Inorganic Scintillators for Detector Systems, Physical Principles and Crystal Engineering*, 2nd ed.; Springer: Switzerland, 2017
- [5] Yoshikawa Laboratory, Research Laboratory on Advance Crystal Crystal Engineering in IMR and NICHe, <http://yoshikawa-lab.imr.tohoku.ac.jp/application/application-e.html>
- [6] S. Kurosawa, T. Yanagida, Y. Yokota and A. Yoshikawa, *Crystal Growth and Scintillation Properties of Fluoride Scintillators*, *IEEE Trans. Nucl. Scie*, 59 (5), 2012, pp. 2173-2176
- [7] P. Lecoq, M. Schussler and M. Schneegans, *Progress and prospects in the development of new scintillators for future high energy physics experiments*, *NIMA*, Vol. 315 (1–3), 1992, pp 337-343, [https://doi.org/10.1016/0168-9002\(92\)90725-J](https://doi.org/10.1016/0168-9002(92)90725-J)
- [8] R. Mao, L. Zhang, and R.-Y. Zhu, *A Search for Scintillation in Doped Cubic Lead Fluoride Crystals*, *IEEE Trans. Nucl. Scie*, 57 (6), 2010, pp. 3841-3845
- [9] H. Han, Z. Zhang, X. Weng, J. Liu, X. Guan, K. Zhang and G. Li, *Development of a fast radiation detector based on barium fluoride scintillation crystal*, *Review of Scientific Instruments* 84, 073503 (2013); <https://doi.org/10.1063/1.4812789>.
- [10] R. Shendrik and E. Radzhabov, *Absolute light yield measurements on SrF₂ and BaF₂ doped with rare earth ions*, *IEEE Trans. Nucl. Scie.*, 6 (1), 2012, pp. 1-5
- [11] P. Lecoq, *Development of new scintillators for medical applications*. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A*.2016, 809, 130–139.
- [12] C. Van Eijk, *Inorganic scintillators in medical imaging*. *Phys. Med. Biol.* 2002, 47, R85–R106.
- [13] D. Grigoriev, F. Danovich, F.V. Shlegel and Y. Vasiliev, *Development of crystal scintillators for calorimetry in high energy and astroparticle physics*. *J. Insf.* 2014, 9, C09004.
- [14] M. Rutherford, D. Chapman, T. White, M. Drakopoulos, A. Rack and D. Eakins, *Evaluating scintillator performance in time-resolved hard X-ray studies at synchrotron light sources*. *J. Synchrotron. Radiat.* 2016, 23, 685–693.
- [15] I.G. Valais et al., *Luminescence efficiency of Gd₂SiO₅: Ce scintillator under X-ray excitation*, *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 52 (2005) 1830.
- [16] I.G. Valais et al., *Luminescence properties of (Lu,Y) ₂SiO₅:Ce and Gd₂SiO₅:Ce single crystal scintillators under X-ray excitation for use in medical imaging systems*, *IEEE Trans. Nucl. Sci.* 54 (2007) 11.

- [17] I.G. Valais, Systematic study of the light emission efficiency and the corresponding intrinsic physical characteristics of single crystal scintillators, doped with the trivalent cerium (Ce^{3+}) activator, in wide energy range (from 20 kV–18 MV) for medical applications, Ph.D. Thesis, University of Patras (2008).
- [18] E. Roncali, M.A. Mosleh-Shirazi and A. Baddano, Modelling the transport of optical photons in scintillation detectors for diagnostic and radiotherapy imaging, *Phys. Med. Biol.* 62 (2017) R207–R235.
- [19] D. Nikolopoulos, N. Kalyvas, I.G. Valais, X. Argyriou, E. Vlamakis, E. T. Sevvos, and I. Kandarakis, A semi-empirical Monte Carlo based model of the Detector Optical Gain of Nuclear Imaging scintillators. *J. Instrum.* 2012, 7, P11021.
- [20] N. Kalyvas, I.G. Valais, C. Michail, G. Fountos, I. Kandarakis and D. Cavouras. A theoretical study of CsI:Tl columnar scintillator image quality parameters by analytical modeling. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.* 2015, 779, 18–24.
- [21] G. Saatsakis, N. Kalyvas, C. Michail, K. Ninos, A. Bakas, C. Fountzoula, I. Sianoudis, G.E. Karpetas, G. Fountos, I. Kandarakis, I.G. Valais and G. Panayiotakis, Optical Characteristics of ZnCuInS/ZnS (Core/Shell) Nanocrystal Flexible Films Under X-ray Excitation *Crystals*, 9, 2019, 343 doi:10.3390/cryst9070343.