



Ετήσια έκθεση προόδου PhD

Τσερέμογλου Σταύρος, Σεπτέμβριος 2024

Τίτλος: **Μελέτη και βελτιστοποίηση παραμέτρων απόδοσης φωταύγειας κρυσταλλικών σπινθηριστών, για χρήση σε ανιχνευτικές διατάξεις ιοντίζουσών ακτινοβολιών υβριδικών συστημάτων ιατρικής απεικόνισης** (αρ. απόφασης 1/22-1-2021)

Επιβλέπων Καθηγητής: Νεκτάριος Καλύβας

Συμβουλευτική Επιτροπή: Νεκτάριος Καλύβας, Ιωάννης Βαλαής, Χρήστος Μιχαήλ

Αρχικοί ερευνητικοί στόχοι

- Η πειραματική και θεωρητική μελέτη της απόδοσης φωταύγειας αλογονούχων μονοκρυσταλλικών σπινθηριστών $\text{LaCl}_3:\text{Ce}$ και $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ κάτω από την επίδραση ιοντίζουσών ακτινοβολιών. Ο προσδιορισμός της δυνατότητας χρήσης των σπινθηριστών σε απλά συστήματα ακτίνων-Χ και υβριδικά SPECT/CT και PET/CT. Επιπλέον θα προσδιοριστούν οι συνθήκες, που μεγιστοποιούν την απόδοση και οδηγούν σε μείωση της δόσης ακτινοβολίας στον εξεταζόμενο.
- Αξιολόγηση της αποδοτικότητας των κρυστάλλων μέσω προσδιορισμού παραμέτρων όπως: κβαντική ανιχνευτική απόδοση (QDE), απόδοση ενεργειακής απορρόφησης (EAE), απόλυτη απόδοση φωταύγειας (AE) καθώς και η ανιχνευτική κβαντική απόδοση του σπινθηριστή (DQE). Έλεγχος της συμβατότητας του εξερχομένου φάσματος από τους κρυστάλλους με διάφορους οπτικούς ανιχνευτές, μέσω του παράγοντα φασματικής σύζευξης (SMF), καθώς και της συνολικής απόδοσης φωταύγειας του συστήματος σπινθηριστής-οπτικός ανιχνευτής (Effective Efficiency).
- Επιπλέον, προσαρμογή και εφαρμογή θεωρητικού μοντέλου που περιγράφει τη απορρόφηση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας και τη διάδοση των παραγόμενων οπτικών φωτονίων στους υπό μελέτη κρυστάλλους. Με αυτό το τρόπο θα μελετηθεί το ποσοστό διερχόμενου φωτός μέσα στο υλικό. Η χρήση του μοντέλου μπορεί να προτείνει βέλτιστες παραμέτρους απόδοσης του σπινθηριστή, όπως βέλτιστο πάχος για διαφορετικές ενέργειες ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

Αναφορά προόδου για το έτος 2024

Σε συνέχεια της προηγούμενης έκθεσης προόδου (2023) έγινε η υποβολή, αναθεώρηση μετά από κρίση και τελικά δημοσίευση, των αποτελεσμάτων υπό τη μορφή ερευνητικής δημοσίευσης, της μελέτης της οπτικής απόδοσης των κρυσταλλικών σπινθηριστών $\text{LaCl}_3:\text{Ce}$ και $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ για τον προσδιορισμό του βέλτιστου πάχους, ειδικότερα για εφαρμογές στην τεχνολογία υβριδικής απεικόνισης της πυρηνικής ιατρικής, στο επιστημονικό περιοδικό "Crystals", με τίτλο "Optical Photon Propagation Characteristics and Thickness Optimization of $\text{LaCl}_3:\text{Ce}$ and $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ Crystal Scintillators for Nuclear Medicine Imaging".

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της τρέχουσας χρονιάς, εστίασα στην ολοκλήρωση της διδακτορικής μου διατριβής, με κύριο αντικείμενο την συγγραφή και αναθεώρηση του τελικού κειμένου. Η διδακτορική

διατριβή διαρθρώνεται σε πέντε κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο είναι εισαγωγικό στους σπινθηριστές και αναδεικνύει τη σημασία τους στην ιατρική απεικόνιση. Περιγράφει τις εφαρμογές τους σε συστήματα απεικόνισης όπως PET/CT και SPECT/CT, και παραθέτει τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά των υπό μελέτη κρυστάλλων $\text{LaCl}_3:\text{Ce}^{3+}$ και $\text{LaBr}_3:\text{Ce}^{3+}$. Επίσης, τονίζεται ο σκοπός της διατριβής που είναι η πειραματική και θεωρητική μελέτη της απόδοσης αυτών των σπινθηριστών, για πιθανή τους χρήση σε υβριδικά συστήματα ιατρικής απεικόνισης. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται το θεωρητικό υπόβαθρο της διδακτορικής διατριβής. Η θεωρητική ενότητα της διατριβής καλύπτει τις βασικές αρχές των ιοντιζουσών ακτινοβολιών και των αλληλεπιδράσεών τους με την ύλη, συμπεριλαμβανομένων των πηγών και των συνεπειών τους. Επίσης, εξετάζει τις τεχνολογίες απεικόνισης πυρηνικής ιατρικής, όπως η SPECT και η PET, με ιδιαίτερη έμφαση στις τεχνικές διόρθωσης και στις υβριδικές απεικονιστικές μεθόδους. Τέλος, αναλύει τα φθορίζοντα υλικά και τους σπινθηριστές, εστιάζοντας στη διαδικασία παραγωγής σπινθηρισμού, την απόδοση φωτός, και την ενεργειακή διακριτική ικανότητα. Στο τρίτο κεφάλαιο αναπτύσσεται λεπτομερώς η πειραματική διαδικασία. Περιγράφεται αναλυτικά ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις, στο εύρος των ενεργειών της ακτινοδιαγνωστικής, ενώ παρέχονται οι ορισμοί και οι μαθηματικές σχέσεις που απαιτούνται για τον υπολογισμό των παραμέτρων που εξετάζονται. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρατίθενται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα των παραμέτρων απόδοσης για τους σπινθηριστές $\text{LaCl}_3:\text{Ce}^{3+}$ και $\text{LaBr}_3:\text{Ce}^{3+}$. Γίνεται επίσης σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας με δημοσιευμένα αποτελέσματα για τους μονοκρυστάλλους $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$ (BGO), $\text{Lu}_2\text{SiO}_5:\text{Ce}$ (LSO) και CdWO_4 που χρησιμοποιούνται συνήθως σε πολλά συστήματα ιατρικής απεικόνισης. Επίσης, αξιολογήθηκε η συμβατότητα των εκπεμπόμενων οπτικών φασμάτων με διάφορους οπτικούς ανιχνευτές. Τέλος, προσδιορίστηκαν οι συνθήκες, που μεγιστοποιούν την απόδοση (πάχος κρυστάλλου, θερμοκρασία, συγκέντρωση Δημητρίου) και οδηγούν σε μείωση της δόσης ακτινοβολίας στον εξεταζόμενο. Στο πέμπτο κεφάλαιο συνοψίζονται τα κύρια ευρήματα της διδακτορικής διατριβής. Περιλαμβάνει επίσης προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

Επιπλέον συμμετείχα ως μέλος της ερευνητικής ομάδας σε εργασίες που παρουσιάστηκαν σε διεθνή συνέδρια με θεματολογία σχετική με πειραματική και θεωρητική μελέτη φθορίζοντων υλικών.

Τέλος, στις 17 Μαΐου 2024 πραγματοποίησα ομιλία στο τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής βασισμένη στην ερευνητική μου εργασία με τίτλο "Βέλτιστο πάχος απόδοσης κρυσταλλικών σπινθηριστών $\text{LaCl}_3:\text{Ce}$ και $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ για πιθανή χρήση σε εφαρμογές απεικόνισης Πυρηνικής Ιατρικής", την οποία παρακολούθησαν μέλη ΔΕΠ και φοιτητές του τμήματος.

Δημοσιεύσεις - Συνέδρια

1. Stavros Tseremoglou, Christos Michail, Ioannis Valais, Konstantinos Ninos, Athanasios Bakas, Ioannis Kandarakis, George Fountos and Nektarios Kalyvas. "Optical Photon Propagation Characteristics and Thickness Optimization of $\text{LaCl}_3:\text{Ce}$ and $\text{LaBr}_3:\text{Ce}$ Crystal Scintillators for Nuclear Medicine Imaging". Crystals 2024, 14(1), 24. <https://doi.org/10.3390/cryst14010024>
2. Dionysios Linardatos, Vasileios Ntoupis, Stavros Tseremoglou, Ioannis Valais, Konstantinos Ninos, Athanasios Bakas, Eleftherios Lavdas, Ioannis Kandarakis, George Fountos, and Christos Michail, Influence of temperature (26 to 155 °C range) on the Luminescence efficiency of Cerium Bromide scintillator, Science Talks 2024, 100297. <https://doi.org/10.1016/j.sctalk.2024.100297>
3. Nektarios Kalyvas, Christos Michail, Stavros Tseremoglou, Evangelia Karali, Ioannis Valais, George Fountos, Ioannis Kandarakis, "Thickness optimization of granular phosphor scintillators for use in low activity ionizing radiation spectrometers: The $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$ theoretical paradigm. Abstract No: RAP24-4, International Conference on Radiation Applications (RAP 2024) June 10 to June 12 at the Faculty of Science, University of Granada, Spain.
4. Angeliki Martzakli, Ioannis Valais, Stavros Tseremoglou, Nektarios Kalyvas, George Fountos, Athanasios Bakas, Konstantinos Ninos, Ioannis Kandarakis and Christos Michail, "Luminescence

efficiency of a hygroscopic Cerium-doped Lanthanum Bromide (LaBr₃:Ce) single crystal scintillator: Temperature dependence”, The 4th International Online Conference on Crystals, 18–20 Sep 2024.

ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Νεκτάριος Καλύβας

Ιωάννης Βαλαής

Χρήστος Μιχαήλ

Καθηγητής (ΕΚ)

Καθηγητής

Αναπληρωτής Καθηγητής