

**Nr umowy:** UMO-2020/37/N/ST5/01975

**Tytuł:** Wpływ temperatury na fotoluminescencję kryształów fluorku litu

### **Cel projektu**

Celem projektu jest optymalizacja własności fotoluminescencyjnych kryształów fluorku litu (LiF) pod kątem wykorzystania ich jako detektory promieniowania jonizującego, a także w celu lepszego zrozumienia aspektów temperaturowych fizyki centrów barwnych. Powyższe cele realizowane będą przez przeprowadzenie systematycznych badań nad wpływem obróbki termicznej na centra barwne w kryształach LiF i związaną z nimi emisję fotoluminescencji.

Fluorek litu jest dobrze znanym materiałem luminescencyjnym i optycznym badanym i stosowanym w praktyce od kilku dekad. Jedno z najbardziej interesujących zjawisk obserwowanych w LiF jest związane z centrami barwnymi (CC) powstającymi w wyniku działania promieniowania jonizującego i ich fotoluminescencją (PL). Promieniowanie jonizujące wytwarza w LiF centra F (wakancje anionowe wiążące elektrony), które agregują i tworzą bardziej złożone defekty. Wśród nich wyjątkowo interesujące są centra barwne  $F_2$  i  $F_3^+$ , które wykazują bardzo silną emisję PL. Fotoluminescencja indukowanych promieniowaniem centrów barwnych we fluorku litu została zastosowana m.in. do obrazowania, w laserach i w dozymetrii wysokodawkowej. Ostatnio, fotoluminescencja centrów  $F_2/F_3^+$  w LiF została z powodzeniem wykorzystana do mikroskopowego obrazowania śladów pojedynczych cząstek jądrowych (technika nazywana Fluorescencyjną Detekcją Śladów Cząstek Jądrowych, FNTD).

Technika FNTD wykorzystuje fotoluminescencję centrów barwnych wytworzonych w kryształach przez promieniowanie jonizujące. Centra te, podczas ekscytacji światłem o odpowiedniej długości fali, emitują fotony, co umożliwia zobaczenie śladu cząstki przy użyciu mikroskopu fluorescencyjnego. Pierwszym, i przez długi czas jedynym, materiałem wykorzystywanym jako fluorescencyjny detektor śladów cząstek jądrowych był tlenek glinu domieszkowany węglem i magnezem ( $Al_2O_3:C,Mg$ ). Dopiero niedawno dzięki pracy zespołu w IFJ PAN w Krakowie udało się uzyskać wysokiej jakości fluorescencyjne obrazy śladów cząstek jądrowych przy zastosowaniu kryształów fluorku litu. Dzięki detektorom śladowym LiF możliwe jest obrazowanie śladów ciężkich jonów takich jak hel, węgiel, neon, krzem i żelazo. Detektory te mogą także być używane do detekcji i pomiarów dawek promieniowania neutronowego lub do określenia energii cząstek alfa oddziałujących z kryształem. Kryształy fluorku litu zostały także wykorzystane do zarejestrowania śladów promieniowania kosmicznego na orbicie Ziemi.

Chociaż ta technika niewątpliwie ma ogromny potencjał, jej dużym problemem jest niski stosunek sygnału do szumu. Nawet dla najjaśniejszych śladów, np. śladów jonów żelaza, szum stanowi około 20% maksymalnej wartości intensywności śladu. Zwiększenie stosunku

sygnału do szumu oraz intensywności fotoluminescencji jest niezwykle ważne, ponieważ mogłoby umożliwić obrazowanie śladów dotychczas niewidocznych, co pozwoliłoby na rozwinięcie nowych zastosowań tej techniki. Wydaje się, że najbardziej osiągalnym sposobem na poprawę stosunku sygnału do szumu jest obróbka termiczna kryształów LiF.

Na koncentracje różnych centrów barwnych w LiF znaczący wpływ ma temperatura. Pod wpływem obróbki termicznej, niektóre centra barwne rozpadają się, podczas gdy inne oddziałują ze sobą tworząc nowe rodzaje. Wszystko to wpływa na kształt widma PL oraz na intensywność fotoluminescencji. Efekty temperaturowe obserwowane były na każdym etapie procesu (przed, w trakcie i po napromienianiu, a także podczas pomiaru fotoluminescencji). Chociaż takie zależności zostały zauważone już dawno, do tej pory zaskakująco mało prac na ten temat zostało opublikowanych. Co więcej, wyniki publikowanych dotychczas badań są często sprzeczne, a także ograniczają się do wysokich dawek promieniowania, i w związku z tym mogą nie odnosić się do efektów obserwowanych przy niskich dawkach. Te efekty są dla nas najistotniejsze, ponieważ naszą główną motywacją jest detekcja luminescencji wygenerowanej przez pojedyncze cząstki jądrowe.

W ramach projektu planujemy zbadać wpływ temperatury na każdym etapie procesu napromieniania i odczytu (przed napromienieniem, podczas napromieniania, po napromienianiu i podczas pomiarów PL). Zamierzamy zmierzyć widma absorpcyjne, widma emisyjne PL i widma ekscytacyjne PL, a także zarejestrować i zanalizować mikroskopowe obrazy śladów cząstek jądrowych w różnych oknach spektralnych. We wszystkich eksperymentach zmieniane będą, nie tylko temperatura, ale także czas trwania obróbki termicznej oraz szybkość grzania i chłodzenia. Zamierzamy także sprawdzić, czy obserwowane efekty są uniwersalne, czy zależą od specyficznych właściwości kryształów. Aby to ustalić, planujemy wykorzystać w naszych badaniach kryształy wyprodukowane przy użyciu różnych metod, różnych parametrów wzrostu, materiałów startowych itd.