

Wraz z rozwojem cywilizacji zaobserwować można wzrost obecności promieniowania jonizującego w różnych obszarach działalności ludzkiej. Wzrost ten wynika z rosnącymi potrzebami coraz doskonalszych metod pomiarowych – detekcji, dozymetrii i obrazowania promieniowania jonizującego, w takich dziedzinach jak: medycyna (radioterapia i radiodiagnostyka), przemysł, ochrona radiologiczna, nauka, bezpieczeństwo. Do głównych metod pomiarowych należą wykorzystujące zjawisko luminescencji. Dotyczy to zwłaszcza tzw. metod biernych – przykładowo, ogromna większość z milionów osób zawodowo narażonych na promieniowanie naturalne, nosi przy tym do ubrania dawkomierze oparte o zjawiska termoluminescencji (TL), optycznie stymulowanej luminescencji (OSL) lub radio-fotoluminescencji (RPL).

Fotoluminescencja (PL), czyli emisja światła przez niektóre substancje pod wpływem wzbudzenia światłem o niżej długości fali, może zachodzić na defektach tworzonych w kryształach przez promieniowanie jonizujące (elektrony, protony, cząstki alfa, itd.). Jeżeli defekty te są stabilne, to oświetlenie następnie kryształ światłem o określonej długości, może spowodować ich wzbudzenie i miejsca, w których nastąpiło oddziaływanie promieniowania z atomami kryształu same zaczęły emitować światło. Obserwując kryształ przy użyciu mikroskopu fluorescencyjnego, można zatem teoretycznie w ten sposób zobaczyć ładunki pozostawione przez cząstki promieniowania. Powyższa idea została niedawno po raz pierwszy (i jak dotychczas jedyny) urzeczywistniona przez badaczy amerykańskich dla kryształów tlenku glinu domieszkowanego węglenem i magnezem, budząc duże zainteresowanie w świecie naukowym i otwierając perspektywę licznych zastosowań w dozymetrii promieniowania. W niniejszym projekcie proponujemy przeprowadzenie badań nad innym materiałem wykazującym stabilną fotoluminescencję – fluorkiem litu (LiF). Przeprowadzone przez nas wstępne badania pokazują, że mógłby on z powodzeniem zostać wykorzystany do mikro-obrazowania ładunków promieniowania jonizującego.

Głównymi problemami w wykorzystaniu fluorescencji kryształów do mikro-obrazowania jest niska z natury intensywność fotoluminescencji pojedynczych ładunków cząstek jonizujących, jak i zawsze obecne silne tło fluorescencji nieradiacyjnej. Dlatego badania ukierunkowane będą na zgromadzenie poprzez prace eksperymentalne nowej i pogłębionej wiedzy na temat fotoluminescencji LiF, pozwalającej na optymalizację własności kryształów LiF oraz opracowanie optymalnej metody pomiarowej, prowadzącej do uzyskania mikroskopowych obrazów fluorescencyjnych rozkładu dawki promieniowania o maksymalnej intensywności, kontraście i rozdzielczości.

Zasadniczym celem projektu stanowi będzie wzrost kryształów LiF prowadzony w różnych warunkach. Zespół dysponuje unikalnym stanowiskiem do wzrostu monokryształów metodą micro-pulling-down, jak również klasycznym metodą Czochralskiego. Metoda micro-pulling-down to stosunkowo nowa technika hodowania kryształów, opracowana w latach 1990-tych. Pozwala ona na uzyskanie w krótkim czasie niewielkich monokryształów w formie włókien lub cienkich prętów i znakomicie nadaje się do badań materiałowych dotyczących np. optymalizacji składu. Wiele uwagi w projekcie poświęcone będzie badaniu wpływu domieszkowania na fotoluminescencję LiF. O kwestii tej niewiele dotychczas wiadomo, a wstępne badania wykazały, że wpływ ten jest bardzo znaczący. Podstawowe badania wytworzonych próbek krystalicznych obejmować będą pomiary fotoluminescencyjnych widm emisyjnych i ekscytacyjnych, widm absorpcyjnych, całkowitej intensywności fotoluminescencji, dla napromienienia różnymi dawkami i rodzajami promieniowania. Fluorescencyjne obrazy mikroskopowe zostaną zarejestrowane dla różnych zakresów ekscytacji i detekcji światła, jak również dla różnych temperatur. Napromienienia zostaną zrealizowane m.in. z wykorzystaniem wiązek protonów z akceleratorów pracujących w IFJ PAN, a także cząstek alfa i neutronów ze źródeł izotopowych.

Zgromadzony materiał eksperymentalny poszerzy wiedzę na temat fizyki centrów barwnych i pozwoli lepiej zrozumieć procesy luminescencyjne zachodzące we fluorku litu. Przewiduje się m.in. poznanie roli domieszkowania w mechanizmie fotoluminescencji LiF oraz scharakteryzowanie zjawisk fotoluminescencyjnych na poziomie mikroskopowym. Bazując na zebranej wiedzy można będzie uzyskać obrazy ładunków cząstek jonizujących naładowanych. Co więcej, wielką zaletą LiF jest obecność izotopu  ${}^6\text{Li}$  (7.5% w naturalnym Li), posiadającego bardzo wysoki przekrój czynny na reakcję z neutronami termicznymi. Stwarza to dodatkowo unikalną możliwość detekcji neutronów z bardzo dużym efektywnością. Dozymetria neutronowa nie posiada jak dotychczas detektorów pasywnych o zbliżonych parametrach. A zatem realizacja projektu doprowadzi do otrzymania unikatowego w skali światowej systemu pomiarowego, opartego na oryginalnej polskiej technologii. Mógłby on perspektywnie być wykorzystany w pomiarach radioterapeutycznych wiązek promieniowania, dozymetrii neutronów, pomiarach promieniowania kosmicznego i innych. Oprócz zastosowania LiF do detekcji ładunków pojedynczych cząstek, wyniki projektu pozwolą na poprawę jakości obrazów uzyskiwanych w zastosowaniu do mikroradiografii. Dzięki spodziewanemu wzrostowi intensywności PL, można będzie np. zmniejszenie stosowanych dawek promieniowania, co może rozszerzyć zakres zastosowań. Trzeba w tym kontekście wymienić potencjalną możliwość wykorzystania kryształów LiF do neutronografii, dzięki zawartości izotopu  ${}^6\text{Li}$ .