

Streszczenie w j. polskim

Niniejsza praca doktorska dotyczy syntezy oraz fizykochemicznej charakteryzacji luminoforów nieorganicznych, domieszkowanych jonami lantanowców (w szczególności Pr^{3+} , Tm^{3+} , Gd^{3+} , Yb^{3+} i Nd^{3+}), a także weryfikacji ich skuteczności w potencjalnych zastosowaniach biologicznych. Materiały te, otrzymane w formie koloidalnych nanocząstek lub proszków mikrokryształów, zostały zaprojektowane tak, aby emitować promieniowanie zarówno w zakresie ultrafioletu (UV), jak i bliskiej podczerwieni (NIR). Te zakresy spektralne są niezwykle ważne, jeśli chodzi o zastosowania biomedyczne, ponieważ są wykorzystywane np. w nieinwazyjnym bioobrazowaniu *in vivo*, dezynfekcji promieniowaniem UV oraz terapii fotodynamicznej.

W ramach badań wykorzystano różne strategie mające na celu poprawę właściwości luminescencyjnych otrzymywanych materiałów w zakresach UV i NIR, aby zwiększyć ich efektywność w potencjalnych zastosowaniach biomedycznych. Materiały zostały zsyntetyzowane w kontrolowanych warunkach, przy użyciu takich metod jak termiczny rozkład prekursorów w mieszaninach surfaktantów o wysokiej temperaturze wrzenia, metoda hydrotermalna oraz synteza w stanie stałym. Dzięki nim nanocząstki i mikrokryształy wykazywały pożądaną strukturę krystaliczną, morfologię oraz skład chemiczny, co zostało potwierdzone przy pomocy odpowiednio dyfrakcji rentgenowskiej (XRD), mikroskopii elektronowej (SEM, TEM) oraz spektroskopii rentgenowskiej (EDS). Właściwości luminescencyjne zbadano za pomocą spektroskopii fotoluminescencyjnej, koncentrując się na emisji w zakresie UV i NIR oraz pomiarze czasów życia luminescencji.

W ramach badań opracowano i zoptymalizowano serię nanocząstek $\beta\text{-NaYF}_4\text{:Pr}^{3+}, \text{Yb}^{3+}$ oraz $\text{LiYF}_4\text{:Pr}^{3+}, \text{Yb}^{3+}$, które pod wpływem wzbudzenia falą o długości 447 nm wykazywały intensywną emisję w zakresie UV, będącą skutkiem kombinacyjnej konwersji energii fotonów w górę. Uzyskane promieniowanie z zakresu UV-C było wystarczająco silne, aby uszkodzić podwójne nici DNA. Z kolei klasyczna Stokesowska emisja w zakresie NIR, zachodząca przy wzbudzeniu laserem o długości fali 980 nm i osiągająca maksimum przy około 1320 nm, umożliwiła skuteczne obrazowanie kanału zęba, pokrytego tkanką mięśniową. Następnie, w celu zwiększenia intensywności emisji w UV, zastosowano domieszkowanie innym jonem lantanowca, również emitującym w UV, tj. Gd^{3+} , oraz zsyntetyzowano nanostruktury typu rdzeń@powłoka. Te modyfikacje w znaczący sposób poprawiły emisję w zakresie UV-C, pochodzącą z jonów Pr^{3+} , oraz ograniczyły występowanie wygaszania luminescencji poprzez oddziaływanie z defektami powierzchniowymi. Po transferze z fazy organicznej do fazy

wodnej, materiały te w postaci koloidalnych zawiesin okazały się skutecznymi dezynfektantami emitującymi promieniowanie z zakresu UV pod wpływem promieniowania z zakresu widzialnego, zdolnymi do unieszkodliwiania ludzkich wirusów. Ponadto, aby zminimalizować występowanie niepożądanych procesów migracji energii, zaprojektowano i zsyntetyzowano nanostruktury typu rdzeń z wielowarstwową powłoką, w których optycznie aktywne jony były względem siebie rozdzielone. Takie podejście pozwoliło na maksymalizację intensywności emisji w obu regionach UV i NIR, co jest istotne przy zastosowaniach teranostycznych. Następnie, zbadano mikrokryształy współdomieszkowane $\beta\text{-NaYF}_4\text{:Tm}^{3+},\text{Pr}^{3+}$. Dzięki połączeniu takiej pary lantanowców uzyskano wzmocnienie emisji zarówno w zakresie UV, jak i NIR, w porównaniu do materiału domieszkowanego jedynie jonami Tm^{3+} , co było skutkiem efektywnego transferu energii pomiędzy poziomami energetycznymi tych jonów. Na koniec przeprowadzono badania krystalicznych proszków $\text{Y}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ domieszkowanych jonami Pr^{3+} , które po domieszkowaniu jonami Tm^{3+} oraz Yb^{3+} okazały się być skuteczne w zwalczaniu bakterii oraz grzybów, jednocześnie stanowiąc bezpieczniejszą alternatywę dla konwencjonalnych metod dezynfekcji UV.

Przedstawione badania wprowadzają innowacyjne strategie na zwiększenie intensywności luminescencji koloidalnych nanocząstek oraz mikrokryształów w formie proszków domieszkowanych jonami lantanowców, emitujących w zakresie promieniowania UV i NIR. Ich skuteczne zastosowanie w testach funkcjonalnych, obejmujących m.in. obrazowanie *in vivo* z wykorzystaniem promieniowania NIR oraz unieszkodliwianie wirusów, bakterii i grzybów promieniowaniem UV generowanym pod wpływem promieniowania z zakresu widzialnego, potwierdza ich wysoki potencjał do praktycznych zastosowań biomedycznych.