

Popularnonaukowe streszczenie projektu

Nanofotonika jest obecnie gwałtownie rozwijającą się interdyscyplinarną dziedziną nauki, głównie ze względu na unikalne właściwości optyczne struktur falowodowych z nanocząstkami, uzyskiwane na skutek ich oddziaływania z fotonami. Najbardziej zaawansowane układy znajdujemy we współcześnie stosowanych strukturach falowodowych, których powstanie warunkują, obok wspomnianych właściwości optycznych, wysokie wymagania stabilności termicznej materiałów. Konstruowanie zatem takich materiałów wymaga interdyscyplinarnego podejścia łączącego inżynierię materiałową oraz fotonikę. Jednym z podstawowych kierunków badań w tym obszarze jest połączenie zalet materiałów domieszkowanych jonami ziem rzadkich (RE) z właściwościami metali szlachetnych tj. srebro (Ag^+) czy złoto (Au^+). Nowym obszarem badawczym, będącym przedmiotem projektu, jest modyfikacja właściwości spektroskopowych światłowodów uzyskiwana poprzez ko-domieszkowanie ich cząstkami metali o rozmiarach nanometrycznych. Głównym celem wprowadzania nanocząstek metali szlachetnych do szklanego rdzenia jest możliwość kształtowania sygnału luminescencji w zakresie widzialnym, możliwa do osiągnięcia na drodze transferu energii pomiędzy nanocząstkami metali, a pierwiastkami ziem rzadkich oraz na skutek wzmocnienia pola elektrycznego w obrębie jonów RE, wywołanego powierzchniowym rezonansem plazmonowym. Prace dotyczące mechanizmów oddziaływania nanocząstek metali szlachetnych na właściwości luminescencyjne szkieł aktywnych są obecnie tematem badań wielu ośrodków naukowych na całym świecie. W efekcie prowadzą one do nowych możliwości w produkcji urządzeń optoelektronicznych, w tym źródeł oraz sensorów światłowodowych wykorzystywanych obecnie w medycynie, optyce i nanofotonice. Celem naukowym projektu jest analiza właściwości luminescencyjnych szkieł fotonicznych i światłowodów pod kątem określenia mechanizmów oddziaływania nanocząstek metali szlachetnych (Ag^+ , Au^+) z pierwiastkami lantanowców oraz określenie właściwości optycznych tych materiałów mających szczególny wpływ na kształtowanie widma luminescencji. W efekcie zostaną określone dwa komplementarne zjawiska zachodzące w szklach i światłowodach mające szczególny wpływ na ich właściwości emisyjne. Jednym z nich jest transfer energii pomiędzy nanocząstkami metali, a jonami ziem rzadkich a drugim wzmocnienie luminescencji na drodze zmian lokalnego pola w otoczeniu domieszki jonu ziem rzadkich wywołane powierzchniowym rezonansem plazmonowym oddziaływujących ze sobą nanocząstek metalicznych. W ramach badań zaplanowano opracowanie stabilnych termicznie szkieł o różnej energii fononów o parametrach termicznych i optycznych pozwalających na formowanie z nich włókien światłowodowych. Należy tu podkreślić, że zostanie spełniony warunek wysokiej stabilności termicznej (brak krystalizacji) proponowanych szkieł co zapewni eliminację wpływu efektów krystalicznych na badane mechanizmy w szklach. Kolejnym etapem badań jest domieszkowanie opracowanych szkieł światłowodowych domieszkowanych jonami metali szlachetnych (Ag^+ , Au^+) oraz analiza ich właściwości luminescencyjnych. Dopelnieniem badań będzie określenie i opis warunków procesu formowania nanocząstek metodą obróbki termicznej. Wkładem w zbiór badań podstawowych będzie analiza struktury wytworzonych szkieł, prowadząca do otrzymania nanocząstek metalicznych oraz kształtowania ich właściwości w kontrolowanym procesie obróbki termicznej, prowadząca do optymalizacji właściwości luminescencyjnych matrycy. Ponadto dobór odpowiedniego składu chemicznego szkła rdzeniowego oraz koncentracji domieszek (jony ziem rzadkich + metal szlachetny) umożliwi formowanie nanocząstek metalicznych poprzez obróbkę termiczną, której jest poddawany światłowodów bezpośrednio w już procesie jego wyciągania. Proponowane zagadnienia stanowią nowatorski charakter badań z zakresu optoelektroniki i nanofotoniki, u podstaw których leży wyjaśnienie zależności wpływających na kształtowanie sygnału luminescencji poprzez kontrolę wzmocnienia lokalnego pola domieszki (LFE- local field enhancement) oraz transferu energii pomiędzy cząstkami metali, a pierwiastkami lantanowców. W ramach projektu będą wytworzone aktywne włókna optyczne zawierające nanocząstki metaliczne, a ich właściwości będą porównane z parametrami wytworzonych szkieł (właściwości szkieł i włókien są zawsze różne ze względu na zjawiska falowodowe). Motywacją do podjęcia tematyki projektu jest opracowanie włókien aktywnych ko-domieszkowanych nanocząstkami metali oraz wyjaśnienie złożonego charakteru oddziaływania nanocząstek metali z jonami lantanowców. Mając na uwadze fakt, że brak jest jednoznacznego opisu czynników odpowiedzialnych za efekt kształtowania i kontrolowania widma luminescencji w światłowodach, istotne jest wyjaśnienie tych mechanizmów, w odniesieniu do rodzaju matrycy szklistej oraz jej wpływu na zjawisko powierzchniowego rezonansu plazmonowego, a więc modyfikację właściwości emisyjnych pierwiastków ziem rzadkich. Realizacja projektu wniesie nowe elementy w zakresie opisu zjawisk odpowiedzialnych za optymalizację sprawności emisji promieniowania optycznego w światłowodach ko-domieszkowanych jonami lantanowców oraz nanocząstkami metalicznymi. Autor projektu jest przekonany, że stworzenie całościowego opisu badań podstawowych zapewni bazę do złożenia międzynarodowego projektu dotyczącego wykorzystania nowych funkcjonalizowanych nanomateriałów szklanych w aplikacjach medycznych.