

## Cel projektu

Celem projektu jest otrzymanie i zbadanie właściwości fizykochemicznych dwufunkcyjnych luminescencyjno-plazmonicznych nanomateriałów typu rdze /powłoka (ang. core/shell), opartych o nanocząstki lantanowców i nanostruktury złota. Materiały takie złożone z luminescencyjnych (wykazujących emisję światła widzialnego po naświetleniu promieniowaniem UV lub IR), nieorganicznych nanokrystalłów (1-100 nm) na bazie jonów lantanowców, otoczonych powłokami krzemionki mającej na swojej powierzchni grupy aminowe lub tiolowe. Zewnętrzna powłoka będzie pokryta nanostrukturami złota wykazującymi efekty plazmoniczne (związane z oddziaływaniem światła na elektrony walencyjne metali). W projekcie zostanie zbadany wzajemny wpływ nanostruktur złota i nanocząstek lantanowców na aktywność plazmoniczną i luminescencyjną. Dzięki właściwościom luminescencyjnym i aktywności plazmonicznej powstałe dwufunkcyjne nanomateriały będą mogły być wykorzystane w multimodalnym obrazowaniu/detekcji.

## Badania podstawowe realizowane w projekcie

Projekt będzie poświęcony syntezie nowych luminescencyjnych nanocząstek na bazie jonów  $\text{Ln}^{3+}$ , pokrywaniu ich powłokami krzemionki modyfikowanymi grupami  $-\text{SH}$  i  $\text{NH}_2$  oraz dekoracji powierzchni, nanocząstkami złota, co będzie prowadziło do utworzenia dwufunkcyjnych luminescencyjno-plazmonicznych nanomateriałów typu rdze /powłoka.

Nieorganiczna faza luminescencyjna będzie oparta o pierwiastki ziem rzadkich, z powodu ich połączonych właściwości spektroskopowych (wielobarwna emisja, długie luminescencyjne czasy życia, duże przesunięcie Stokesa, w zakresie pasma emisyjnego, fotostabilność, etc.). Nowe nanokrystaliczne matryce (proste i złożone fluorki, wanadany, fosforany i tlenki) na bazie jonów  $\text{Ln}^{3+}$  zostaną zsyntetyzowane w celu wyselekcjonowania intensywnie świecących, małych, stabilnych (duży ładunek powierzchniowy) i monodispersyjnych nanocząstek. Wybrane luminescencyjne nanocząstki będą pokryte sfunkcjonalizowanymi powłokami krzemionki o danej grubości, aby zapewnić odpowiedni odległość między nanocząstkami złota i lantanowców. Drugim funkcjonalnym komponentem będzie nanocząstki metali wykazujące efekty plazmoniczne (powierzchniowo wzmocnione rozpraszanie Ramana – SERS). Takie nanocząstki złota będą sprężone z powłokami krzemionki modyfikowanymi grupami tiolowymi i aminowymi (np.  $\text{LnF}_3/\text{SiO}_2/\text{SH}/\text{Au}$ ,  $\text{LnF}_3/\text{SiO}_2/\text{NH}_2/\text{Au}$ ). Otrzymane nanomateriały będą dwufunkcyjne, wykazując jednocześnie właściwości luminescencyjne i aktywność plazmoniczną.

W ramach projektu badane będzie strukturalne powierzchniowe grupy funkcyjne, grubość powłoki, skład i krystaliczność rdzenia, jak również morfologia, rozkład rozmiaru/kształtu i homogeniczność osadzonych na powierzchni nanocząstek złota. Właściwości otrzymanych nanomateriałów będą badane przy użyciu dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego (XRD), transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM), skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM), spektrofluorometrii, spektroskopii UV-Vis i FT-IR, analizy elementarnej, pomiarów właściwości powierzchniowych (wielkość powierzchni właściwej i porowatość), dynamiczne rozpraszanie światła (DLS), itp. Do określenia wielkości cząstek będą wykorzystane pomiary TEM i DLS. Otrzymane nanomateriały luminescencyjno-plazmoniczne będą użyte również jako aktywne podłoża w badaniach powierzchniowo wzmoczonego rozpraszania Ramana (SERS). W celu określenia stopnia wzmocnienia rozpraszania Ramana, wybrane związki organiczne używane jako standardy w takich pomiarach, zostaną zaadsorbowane na powierzchni otrzymanych nanomateriałów. Wyniki pomiarów SERS zostaną porównane z danymi dla obecnie używanych podłoży planarnych. W oparciu o przeprowadzone badania zostanie określony wzajemny wpływ nanocząstek lantanowców i złota na ich właściwości fotofizyczne.

## Powody podjęcia badań

Obecnie jest bardzo mało danych literaturowych dotyczących nanomateriałów luminescencyjno-plazmonicznych opartych o jony lantanowców. Syntezowane dwufunkcyjne nanomateriały będą wykazywały zmienione właściwości spektroskopowe w porównaniu do ich litych analogów. Będzie to złożone z luminescencyjnych nanocząstek lantanowców, pokrytych powłokami krzemionki (sfunkcjonalizowanymi grupami tiolowymi i aminowymi), która będzie dekorowana nanocząstkami złota wykazującymi aktywność plazmoniczną.

Otrzymane nanomateriały luminescencyjno-plazmoniczne będą zastosowane jako aktywne podłoża (nośniki) w badaniach powierzchniowo wzmoczonej spektroskopii Ramana (SERS), mianowicie w identyfikacji struktur związków organicznych zaadsorbowanych na powierzchni takich nanomateriałów. Dwufunkcyjny charakter otrzymanych nanomateriałów pozwoli na wykorzystanie ich w jednoczesnym obrazowaniu luminescencyjnym i detekcji ładunków ilości związków organicznych i struktur biologicznych (obrazowanie multimodalne).

Właściwości takie pozwolą na ułatwienie i skrócenie czasu analiz, co jest kluczowe w wielu naukowych, medycznych i przemysłowych zastosowaniach. Dlatego też, proponowane badania dotyczące syntezy i analizy fizykochemicznej takich innowacyjnych, dwufunkcyjnych nanomateriałów, dostarczą wiele nowych danych eksperymentalnych i będą miały znaczny wkład do aktualnego stanu wiedzy, jak również przyspieszą naukowy i przemysłowy postęp poprzez rozwój inżynierii materiałowej, optoelektroniki, analizy ładunkowej, nanotechnologii i nanomedycyny. Proponowane zaawansowane nanomateriały mogą zostać potencjalnie zastosowane w obrazowaniu multimodalnym, chemii analitycznej, detekcji ładunków ilości substancji lub zanieczyszczeń, kryminalistyce (trudne do podrobienia

zabezpieczenia dokumentów), w terapiach celowanych, jako nowe źródła światła (generowanie światła białego), etc.