

Absorpcja dwufotonowa bimetalicznych nanoprętów plazmonicznych - studia systematyczne

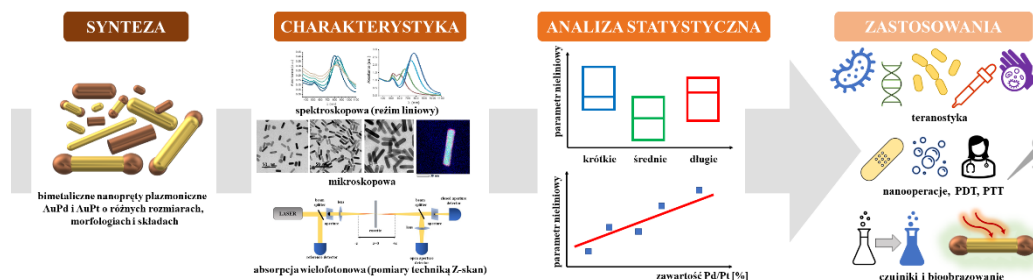
Nina Tarnowicz-Staniak

Nanocząstki to miniaturowe obiekty, których rozmiary nie przekraczają 100 nm, a dzięki swoim wyjątkowym właściwościom chemicznym i fizycznym interesują naukowców już od wielu lat. Do jednych z najczęściej badanych rodzajów nanostruktur należą nanocząstki plazmoniczne, tj. takie, w których elektrony swobodne oscylują wokół nieruchomych rdzeni atomowych. Nanocząstki plazmoniczne mogą być zbudowane z metali różnego rodzaju, np. złota lub srebra. Mogą mieć również różne kształty, np. sferyczny, prętopodobny, czy trójkątny. Ponadto mogą być na różne sposoby modyfikowane, np. poprzez pokrycie ich innym metalem jak pallad czy platyna. Wreszcie nanocząstki plazmoniczne mogą oddziaływać w unikalny sposób ze światłem, co jest przyczyną użytecznych zjawisk oraz mnóstwa zastosowań w chemii, biologii, fizyce i medycynie.

Naświetlanie materiału ultrakrótkimi impulsami laserowymi o wysokiej intensywności jest przyczyną tzw. nieliniowych efektów optycznych, ponieważ polaryzacja materiału nie jest już dłużej liniowo zależna od amplitudy padającego pola elektrycznego. Jednym z możliwych procesów nieliniowych, który znajduje swoje zastosowania w badaniach biomedycznych, jest absorpcja dwufotonowa (ang. 2PA). Można ją opisać jako akt jednoczesnej absorpcji dwóch fotonów skutkujący przejściem pomiędzy dwoma stanami rzeczywistymi. Fakt, iż każdy z dwóch fotonów dostarcza jedynie połowy energii niezbędnej do przejścia ma istotne konsekwencje, takie jak możliwość spowodowania absorpcji indywidualnie w bardziej odpowiednim zakresie spektralnym, czyli promieniowaniem o większej długości fali. Mając na względzie fakt, iż nanocząstki złota wykazują zależność od kształtu i rozmiaru właściwości optyczne, które można projektować już na etapie ich chemicznej syntezy, można spowodować zajście 2PA w zakresie bliskiej podczerwieni, co jest wysoce korzystne dla wszelkich zastosowań biomedycznych. Promieniowanie podczerwone, szczególnie w tzw. oknie biologicznym, nie jest szkodliwe dla tkanek i umożliwia głębszą penetrację materiału. Ponadto, 2PA przekłada się na inne ważne zjawiska, takie jak emisja światła, generacja ciepła, czy indukowanie i wzmocnienie innych korzystnych procesów. Wszystkie powyższe aspekty umożliwiają wykorzystanie nanocząstek złota jako środków w teranostyce, bioobrazowaniu, nanooperacjach, czy terapiach fototermicznych i fotodynamicznych.

Tymczasem - pomimo iż nanocząstki złota oddziałują silnie ze światłem laserowym - w literaturze brakuje spójnego i systematycznego opisu wpływu ich morfologii i rozmiaru na 2PA reprezentowaną przez przekrój czynny na absorpcję dwufotonową. Ponadto, dane dotyczące nieliniowych właściwości optycznych nanostruktur złota wydają się być niekompletne i nieusystematyzowane. Także wiedza dotycząca 2PA nanostruktur bimetalicznych składających się z rdzenia Au oraz innego metalu jest bardzo ograniczona. Tymczasem struktury takie są szczególnie interesujące ze względu na ich poszerzone właściwości przydatne w medycynie.

Stąd też niniejszy projekt naukowy ma na celu stworzenie spójnego opisu zjawiska 2PA plazmonicznych nanocząstek bimetalicznych AuPd i AuPt o kształcie prętopodobnym, różniących się składem, morfologią i ogólnymi parametrami geometrycznymi. Prętopodobny kształt nanostruktur został wybrany ze względu na możliwość dwóch modów oddziaływania światło-nanocząstka, a także niezawodność i dobrą powtarzalność protokołów syntezy. W ramach projektu określimy jak rozmiar plazmonicznego rdzenia Au, zawartość Pd lub Pt w powłoce, a także modyfikacje prętopodobnego kształtu wpływają na nieliniowe właściwości nanostruktur. Cel ten zostanie osiągnięty w kilku krokach. Po pierwsze w sposób systematyczny zostaną zsyntezowane nanopręty złota o różnych rozmiarach. Następnie zostaną one poddane modyfikacji drugim metalem (Pd lub Pt), po czym nastąpi zobrazowanie otrzymanych struktur technikami mikroskopowymi oraz ich spektroskopowa charakterystyka w reżimie liniowym. Centralna część badań będzie skupiona na pomiarach przekrojów czynnych na absorpcję dwufotonową z wykorzystaniem unikalnego układu do techniki Z-skan dostępnego w naszym laboratorium. Końcowa część będzie poświęcona modelowaniu statystycznemu uzyskanych danych w celu znalezienia relacji pomiędzy nieliniowymi właściwościami optycznymi nanostruktur a ich immanentnymi parametrami. W efekcie zostaną zmierzone kompletne widma absorpcji dwufotonowej badanych próbek w szerokim zakresie spektralnym. Dane końcowe będą stanowić szczegółową bazę zaprezentowaną na naszej stronie internetowej biophotonics.pwr.edu.pl, aby ułatwić wstępną selekcję nanostruktur plazmonicznych o ściśle zdefiniowanym zjawisku absorpcji dwufotonowej dla celów bio- i nanomedycznych.



Rys. Schematyczna reprezentacja podstawowego założenia niniejszego projektu naukowego.