

Functional Hybrid Nanomaterials for the Future (NanoFun)

Wytwarzanie oraz badanie właściwości nanomateriałów stanowi niezwykle ważną gałąź współczesnej nauki, intensywnie rozwijaną na styku kilku dziedzin. Pośród rozlicznych nanomateriałów dwa cechują się szczególnie szerokim potencjałem aplikacyjnym. Są to nanocząstki metaliczne (MN) oraz nanokryształy nieorganiczne domieszkowane jonami ziem rzadkich (NC). Oba te materiały łączy wysoka stabilność, biokompatybilność oraz możliwość dostrojenia ich właściwości optycznych wedle wymagań już na etapie chemicznej produkcji. Ponadto są to materiały o szerokich możliwościach funkcjonalizacji powierzchni, co tym samym poszerza zakres możliwych zastosowań.

Nanocząstki metaliczne wyróżniają się możliwością wywołania w nich rezonansu plazmonowego, czyli kolektywnych oscylacji gazu elektronowego, w wyniku czego uzyskuje się silne skupienie pola elektromagnetycznego wokół nich. W ten sposób mogą one wywierać znaczący wpływ na występujące w ich otoczeniu emitery, umożliwiając tym samym kontrolę ich emisji – od silnego wzmocnienia jej natężenia, po całkowite wygaszenie. Ponadto materiały tego typu mogą być używane również jako wydajne konwertery energii niesionej przez światło do postaci ciepła. Właściwości optyczne MN wynikają z ich rozmiaru i kształtu, a te mogą być precyzyjnie kontrolowane na etapie syntezy chemicznej. W drugim ze wspomnianych materiałów, nanokryształach domieszkowanych jonami lantanowców, zachodzi z kolei konwersja energii w górę (up-konwersja, UC), czyli proces, w którym energia dwóch zaabsorbowanych fotonów jest potem emitowana w postaci jednego fotonu o większej energii. Sprawia to, że materiały te mogą być aktywowane światłem z zakresu bliskiej podczerwieni, a więc zakresu, dla którego transmisja tkanek biologicznych jest wysoka. To, w połączeniu ze wspomnianą wysoką stabilnością i biokompatybilnością, czyni z NC użyteczne narzędzie dla bioobrazowania i konstrukcji bioczuJNIKÓW umożliwiających bezkontaktowe badania struktur biologicznych. Szczególnym rodzajem UC jest emisja lawinowa, która charakteryzuje się wysoką czułością na zmiany mocy światła wzbudzającego – jej niewielkie zmiany prowadzą to zmian natężenia emisji sięgających kilku rzędów wielkości. Sprawia to, że materiały wykazujące emisję lawinową, przy zachowaniu wszystkich korzyści typowych dla pozostałych upkonwerterów, otwierają nowe możliwości. Z ich wykorzystaniem przeprowadzać można obrazowanie z rozdzielczością znacznie lepszą niż wynikająca z limitu dyfrakcyjnego, wykonywać operacje logiczne na sygnałach optycznych, tworzyć pamięci optyczne, przeprowadzać pomiary temperatury o zwiększonej czułości, i wiele innych.

Wpływ wzbudzeń plazmonowych na parametry emisji lawinowej wciąż pozostaje niezbadany. Wiele wskazuje jednak na to, że połączenie takie będzie korzystne – dzięki nanoskalowej kontroli rozkładu natężenia pola elektrycznego zapewnianej przez odpowiednio zaprojektowane nanostruktury metaliczne możliwa byłaby precyzyjna stymulacja emisji lawinowej zachodzącej w NC. Aby jednak to osiągnąć, poza doбором parametrów spektralnych oddziałujących materiałów, zapewnić należy odpowiednią odległość pomiędzy nimi. Tu rozwiązaniem może być chemiczna modyfikacja powierzchni obu materiałów, zapewniająca ich łączenie w struktury o zadanej geometrii. Co więcej, wytworzenie odpowiednich grup chemicznych pozwala również na specyficzne przyłączanie do takich hybryd kolejnych układów – związków chemicznych bądź biomolekuł.

Celem projektu jest przeprowadzenie badań podstawowych oddziaływań pomiędzy MN i NC wykazującymi emisję lawinową, a także, dzięki zrozumieniu działania takich układów, wytworzenie multifunkcyjnych nanoukładów, umożliwiających bioobrazowanie czy pomiar temperatury, lecz także stanowiących drogę do rozwiązań terapeutycznych oraz fotostymulacji światłem podczerwonym struktur biologicznych czy chemicznych.

