

Materiały domieszkowane jonami pierwiastków z grupy lantanowców, ze względu na szczególną strukturę poziomów energetycznych, charakteryzują się unikalnymi właściwościami, takimi jak obecność licznych wąskich spektralnie pasm absorpcyjnych i emisyjnych (w szczególności w zakresie widzialnym oraz w zakresie bliskiej podczerwieni), długie czasy życia stanów wzbudzonych, bardzo wysoka fotostabilność oraz brak efektu „migania”. To wszystko sprawia, że nanomateriały tego typu uważane są za świetną alternatywę dla innych szeroko stosowanych emiterów takich jak barwniki organiczne czy kropki kwantowe w zastosowaniach w nanosensoryce, bioobrazowaniu czy optycznym przetwarzaniu sygnałów.

W ostatnich latach w nanomateriałach domieszkowanych lantanowcami udało się wykazać dodatkowo możliwość zaobserwowania fascynującego zjawiska – tzw. emisji lawinowej. Jej cechą charakterystyczną jest nieliniowa relacja pomiędzy mocą wzbudzającą próbkę a obserwowanym natężeniem emisji. Oznacza to, że po przekroczeniu pewnej krytycznej mocy progowej nawet niewielkie dalsze zmiany tej mocy przekładają się na wielokrotnie (nawet kilkuset krotnie) większe zmiany natężenia emisji. Ta dysproporcja, leżąca w ogromnych zmianach natężenia emisji w odpowiedzi na bardzo subtelne zmiany światła wzbudzającego, może być wykorzystana w szczególności do super-rozdzielczego obrazowania takich nanoobjektów, tzn. obrazowania z rozdzielczością lepszą, niż wynikałoby z limitu dyfrakcyjnego. Podejście to ma jednak istotne ograniczenie – aby uzyskać wspomniany efekt konieczne jest użycie do wzbudzenia próbek światła laserowego o bardzo dużej mocy (nawet rzędu MW w przeliczeniu na każdy cm^2 oświetlanej powierzchni), co istotnie podnosi koszty takiego rozwiązania i co gorsza może prowadzić do uszkodzenia badanych preparatów.

Z drugiej strony znane i szeroko stosowane są w ostatnich latach metaliczne nanostruktury (w szczególności złote i srebrne), w których pod wpływem odpowiedniego wzbudzenia światłem zaobserwować można kolektywne oscylacje gazu elektronów swobodnych (tzw. zlokalizowany powierzchniowy rezonans plazmonowy). Jednym z efektów tego zjawiska jest silne zagęszczenie pola elektrycznego wokół takich materiałów, mogące prowadzić w konsekwencji do efektywniejszego wzbudzania znajdujących się w takim zagęszczonym polu emiterów i intensywniejszej ich emisji. Należy jednak pamiętać, że rezultaty takiego oddziaływania bardzo silnie zmieniają się wraz z odległością pomiędzy plazmonowo aktywną nanocząstką a emiterem, optimum osiągając dla separacji między nimi wynoszącej około 5-15 nm.

Celem tego projektu jest połączenie obu wspomnianych typów nanomateriałów – nanokryształów wykazujących emisję lawinową oraz plazmonowo aktywnych metalicznych nanocząstek. Spodziewanym efektem ich połączenia jest obniżenie progu lawinowej emisji nanokryształów w sytuacji, kiedy znajdują się w zasięgu wzmocnionego pola elektrycznego występującego wokół nanocząstki metalicznej. Pozwoliłoby to na uzyskanie dostępu do pełni korzyści płynących z zastosowania lawinujących nanokryształów w super-rozdzielczym obrazowaniu przy znacznym obniżeniu koniecznej do tego mocy światła wzbudzającego.

Planowane jest zbadanie tego zjawiska w dwojaki sposób. W pierwszym podejściu mieszane ze sobą będą nanomateriały obu rodzajów, lecz różniące się właściwościami optycznymi. Brak kontroli odległości pomiędzy oddziałującymi nanocząstkami obu typów umożliwi zaobserwowanie całego przekroju możliwych rezultatów tych oddziaływań próbek i dokonanie ich opisu. Pozwoli to również na szybkie przekrojowe badania wielu konfiguracji, aby określić kombinacje nanomateriałów dające największe nadzieje na realizację zaplanowanych działań. Wytypowane w ten sposób zostaną wykorzystane w dalszych badaniach, w których metodami chemicznej modyfikacji powierzchni zostaną na nich wytworzone komplementarnie do siebie pasujące chemiczne „haczyki”, umożliwiające trwałe związanie nanocząstek plazmonowo aktywnych z nanokryształami wykazującymi emisję lawinową. Jednocześnie pozwoli to też na zachowanie pomiędzy elementami wytworzonej nanostruktury hybrydowej stałej odległości, zoptymalizowanej dla osiągania jak najsilniejszego obniżenia progu lawinowej emisji, czyniąc z nich gotowe platformy dla zastosowań w bioobrazowaniu i nanofotonice.