

Streszczenie Rozprawy Doktorskiej

Synteza, charakterystyka i funkcjonalizacja koloidalnych nanocząstek półprzewodnikowych wykazujących aktywność nieliniowo optyczną

mgr inż. Katarzyna Celina Nawrot

Promotor: Dr hab. inż. Marcin Nyk, profesor PWR

Niniejsza rozprawa odnosi się do nanomateriałów półprzewodnikowych i wpływie ich struktury na oddziaływania ze światłem, w szczególności na optyczne nieliniowe procesy trzeciorzędowe. Przedstawia również możliwości ich funkcjonalizacji w celu wzmocnienia, wprowadzenia lub zniwelowania wybranych właściwości fizykochemicznych przy jednoczesnym zachowaniu pożądaných cech.

Część eksperymentalna obejmuje syntezę, charakteryzację i funkcjonalizację kropek kwantowych z siarczku kadmu oraz nanopłytek z selenku kadmu o różnych grubościach. Na powierzchni hydrofilowych kropek kwantowych z siarczku kadmu osadzone zostały nanostruktury złota w celu zwiększenia efektywności separacji ładunku, która następuje po wzbudzeniu światłem powstałego nanoukładu. Następnie zbadane zostały możliwości wykorzystania oddzielonych elektronów i pozostałych dziur odpowiednio w reakcjach redukcji i utleniania. Stężenie prekursora złota użytego w procesie zostało zoptymalizowane w taki sposób, aby pomimo zwiększenia efektywności separacji ładunku, zachować właściwości nieliniowo optyczne, otrzymując przekrój czynny na dwufotonową absorpcję o wartości 15.8×10^3 GM. W ten sposób opracowano wielofunkcyjny nanomateriał, który może służyć jako modelowy układ w zastosowaniach teranostycznych, który łączy właściwości terapeutyczne, np. możliwość użycia w terapii fotodynamicznej z uwagi na generację wolnych rodników, oraz diagnostyczne, w tym przypadku możliwość obrazowania poprzez wzbudzanie próbki w zakresie bliskiej podczerwieni, w tzw. biologicznym oknie transmisji.

Nanopłytki z selenku kadmu o trzech różnych grubościach i poddane charakterystyce optycznej, która pozwoliła na określenie zależnej od grubości energii wiązania ekscytonowego przy pomocy nowej metody łączącej spektroskopię absorpcyjną z fotoakustyczną. 5,5-wartwowe nanopłytki o wartości przekroju czynnego na dwufotonową absorpcję równej 8.0×10^4 GM zostały wykorzystane jako modelowy materiał do funkcjonalizacji pozwalającej na zastosowanie do celów biologicznych, szczególnie w bioobrazowaniu. W celu hydrofilizacji powierzchni oraz obniżenia cytotoksycznego działania jonów kadmu, nanopłytki zostały zamknięte w nanonośnikach

polimerowych. Metoda pozwoliła na zachowanie właściwości nieliniowo optycznych, tj. dwufotonową absorpcję (przekrój czynny oszacowany na 2.0×10^8 GM) i dwufotonowo wzbudzaną emisję, co w praktyce zbadano przy pomocy mikroskopu dwufotonowego. 4,5-warstwowe nanopłytki zostały wykorzystane w badaniach wpływu domieszkowania jonami metali na właściwości nieliniowo optyczne. Uzyskano przekroje czynne na dwufotonową absorpcję sięgające 5.44×10^6 GM oraz 1.33×10^7 GM, w przypadku domieszkowania odpowiednio jonami srebra i miedzi. Domieszkowanie jest więc podejściem pozwalającym na wzmocnienie właściwości nieliniowo optycznych bez zwiększania objętości nanocząstki.

Przytoczone wyżej przykłady przedstawiają funkcjonalizację jako obiecującą grupę metod poprawy parametrów nanocząstek półprzewodnikowych. Szczególna uwaga została zwrócona na nieliniowe właściwości optyczne i rzeczywiście uzyskano wyjątkowo wysokie wartości przekrojów czynnych na dwufotonową absorpcję oraz intensywną dwufotonowo wzbudzaną emisję, sugerując zastosowanie tego typu układów w mikroskopii wielofotonowej czy do szyfrowania. Ponadto, jeden materiał może zostać wzbogacony o więcej niż jedną funkcję, co umożliwia wykorzystanie go w tak wyspecjalizowanych dziedzinach jak teranostyka, złożone systemy przeciw fałszowaniu czy zaawansowane systemy fotowoltaiczne.