

Globalnie pH jest jednym z najczęściej mierzonych parametrów chemicznych, a szklane elektrody pH są powszechnie stosowanym punktem odniesienia ze względu na ich niezawodność, precyzję i szeroki zakres pomiaru. Pomimo niskiego kosztu i szybkiego czasu reakcji, elektrody szklane posiadają też wady takie jak rozmiar, sztywność i podatność na pola zewnętrzne, co ogranicza ich przydatność w niektórych zastosowaniach. Metody optyczne stają się skutecznymi alternatywami w rozwiązywaniu wyzwań związanych z pomiarami pH, zwłaszcza na poziomie nanometrycznym i w obrazowaniu rozkładu pH. Wady elektrod szklanych, obejmujące kruchość i konieczność stosowania roztworów do przechowywania, skłoniły naukowców do poszukiwania alternatywnych optycznych urządzeń do pomiarów pH. Czujniki oparte na FRET, zwłaszcza te wykorzystujące nanocząstki optycznie aktywne (UCNPs), wykazują potencjał w pomiarze lokalnych zmian w kluczowych parametrach biologicznych. UCNPs, emitujące fotony o wyższej energii po ekspozycji na fotony o niższej energii, oferują zalety, takie jak odporność na fotowysielanie i detekcja bez zakłóceń tła. Charakterystyczna wielokolorowa emisja UCNPs umożliwia pomiary ratiometryczne, eliminując błędy związane z fluktuacjami intensywności pobudzenia lub koncentracji nanocząstek, co czyni je solidnym i dokładnym wyborem do różnorodnych zastosowań w dziedzinie czujników.

Jednakże, pomimo że FRET odgrywa kluczową rolę w emisji, potencjalny efekt reabsorpcji fotonów (PR) w nanocząstkach optycznie aktywnych stanowi wyzwanie. PR zachodzi, gdy foton emitowany przez jedną UCNP jest absorbowany przez barwnik na innej nanocząstce, prowadząc do zmniejszonej emisji i zasłaniania prawdziwej odpowiedzi FRET. To wyzwanie wynika z losowego rozmieszczenia jonów emisyjnych w całej objętości UCNP, z których tylko frakcja znajduje się blisko powierzchni, uczestnicząc w procesie FRET. Wiele obecnych czujników pomija tę złożoność, polegając na procesach resorpcji o mniejszej czułości.

Zaproponowane w projekcie obiecujące rozwiązanie obejmuje zastosowanie struktur typu rdzeń-powłoka. Umieszczając wszystkie jony donora w powłoce, zwiększona zostaje wydajność transferu energii FRET, a jednocześnie zmniejszone zjawisko reabsorpcji promieniowania. Głównym celem projektu jest zrozumienie mechanizmów transferu energii zachodzących w sensorach typu rdzeń-powłoka. Poprzez badanie różnych architektur (czyli rozmieszczenia jonów w powłokach materiału) i stężeń jonów domieszkujących, przeprowadzona zostanie dokładna analiza potencjalnych dróg transferu energii. Celem jest zwiększenie czułości czujników pH opartych na FRET poprzez redukcję jednoczesnego występowania procesu PR. Umieszczenie wszystkich jonów donora w odległości FRET ma zapewnić kompletny transfer energii do barwnika. Postawiona hipoteza zakłada, że poprzez zastosowanie odpowiedniej struktury rdzeń-powłoka, potencjalnie z umieszczeniem wszystkich jonów donora w powłoce, efektywność FRET może zostać znacznie zwiększona, a proces PR zminimalizowany. Struktury rdzeń-powłoka nie tylko zwiększają wydajność czujników opartych na FRET, ale także otwierają możliwości wielofunkcyjności, rewolucjonizując projektowanie nanomateriałów.

Drugim celem projektu jest stworzenie nanocząsteczek multisensorowych do lokalnego pomiaru pH i temperatury lub dwóch różnych parametrów jednocześnie. Zaproponowane dwa podejścia obejmują wprowadzenie optycznie aktywnych jonów jako donorów dla różnych barwników, umożliwiając jednoczesne obserwacje dwóch emisji. Drugi scenariusz zakłada skonstruowanie multisensora dwukierunkowego, reagującego na temperaturę i pH, poprzez zastosowanie struktury rdzeń-powłoka z jonami reagującymi na temperaturę w rdzeniu i jonami kompatybilnymi z emisją w powłoce. Ta strategia nie tylko zwiększy praktyczne zastosowania, ale także zwiększy zrozumienie podstawowego projektowania multisensorów.