

ZAKŁAD OPTYKI
TEMATY PRAC MAGISTERSKICH
W ROKU AKADEMICKIM 2015/2016

Kierunek: Inżynieria Nanostruktur

Badania reakcji chemicznych na powierzchniach metodami optyki nieliniowej

Opiekun: dr Piotr Fita

Powierzchnie oddzielające dwie fazy skondensowane stanowią środowisko wielu ważnych reakcji chemicznych. Na powierzchniach zachodzi na przykład tak powszechne zjawisko jak korozja, a wpływ na zachowanie komórek organizmów żywych mają procesy zachodzące na granicy błony komórkowej i środowiska. Jedną z metod badania własności powierzchni i międzypowierzchni jest generacja drugiej harmonicznej światła. Ze względu na symetrię druga harmoniczna światła nie powstaje w ośrodku izotropowym, a jedynie tam, gdzie symetria środkowa jest złamana, czyli w cienkiej warstwie na granicy ośrodków. Dzięki temu można uzyskać bardzo selektywne informacje o stężeniu i własnościach cząsteczek zaadsorbowanych na powierzchni cieczy.

Celem pracy magisterskiej jest zbudowanie układu pomiarowego, w którym wiązka ultrakrótkich impulsów światła laserowego pada na badaną powierzchnię cieczy. Wygenerowane fotony drugiej harmonicznej (od kilku do kilkuset fotonów na impuls) zbierane są za pomocą układu optycznego i poddawane detekcji w czułym detektorze (zdolnym do rejestracji pojedynczych fotonów). Natężenie drugiej harmonicznej rejestrowane jest w funkcji długości fali i kierunku polaryzacji światła padającego, co pozwala uzyskać informację o wpływie własności środowiska na poziomy energetyczne cząsteczki oraz o ich orientacji. Po uruchomieniu układu pomiarowego zostanie on wykorzystany w oryginalnych badaniach naukowych, np. do śledzenia przebiegu reakcji chemicznych z udziałem katalizatora w sytuacji, gdy substraty znajdują się w różnych fazach.

Wyniki doświadczeń posłużą do zweryfikowania istniejących modeli działania katalizatorów w takich układach.

Optyczne badania ultraszybkich procesów w cząsteczkach organicznych

Opiekun: dr Piotr Fita

Wiele reakcji chemicznych zachodzi pod wpływem światła – absorpcja fotonu przez reagujące cząsteczki dostarcza energii potrzebnej do zapoczątkowania szeregu procesów fotochemicznych, prowadzących do powstania nowych cząsteczek. Poznanie tych procesów może pozwolić na kontrolowanie przebiegu reakcji, w szczególności reakcji prowadzących do zamiany energii świetlnej na energię chemiczną lub elektryczną i mogących stanowić

podstawę działania metod terapeutycznych (terapia fotodynamiczna nowotworów) lub nowych źródeł energii (organiczne baterie słoneczne).

Procesy decydujące o przebiegu tych reakcji często zachodzą w czasach rzędu femto- i pikosekund dlatego wymagane są specjalne metody ich badania, w których wykorzystuje się źródła ultrakrótkich impulsów laserowych. W metodach tych próbkę cząsteczek chemicznych wzbudza się impulsem światła o czasie trwania rzędu 100 fs a inny impuls, opóźniony w stosunku do pierwszego, monitoruje przebieg procesu. Zmieniając czas pomiędzy impulsami w przedziale od zera do kilkuset pikosekund można odtworzyć przebieg badanej reakcji.

Celem pracy magisterskiej będzie zbudowanie odpowiedniego układu pomiarowego, wykorzystującego dostępne źródła ultrakrótkich impulsów laserowych i zbadanie dynamiki reakcji takich jak przeniesienie protonu i elektronu w cząsteczkach organicznych.

Pomiar absorpcji dwufotonowej światła w cieczach za pomocą detekcji fotoakustycznej

Opiekun: dr Piotr Fita

W pracy magisterskiej wykorzystany będzie tzw. efekt fotoakustyczny, który polega na wzbudzeniu fali akustycznej w ośrodku modulowaną wiązką światła (np. w postaci ciągu impulsów laserowych). Poprzez detekcję fali akustycznej za pomocą odpowiedniej sondy (mikrofonu lub hydrofonu) można wykrywać bardzo słabą absorpcję światła: absorpcja światła powoduje lokalne nagrzewanie ośrodka, co skutkuje zmianą jego gęstości, prowadzącą do wzbudzenia fali akustycznej. Ponieważ jest to technika bez tła (brak absorpcji odpowiada zerowej amplitudzie fali akustycznej), pozwalająca na zastosowanie detekcji fazoczułej, skutecznie eliminującej szumy, możliwe jest osiągnięcie bardzo wysokiej czułości. Dzięki temu detekcja fotoakustyczna może zostać użyta do badania bardzo słabej absorpcji dwufotonowej, to jest procesu, w którym dwa fotony są jednocześnie absorbowane przez cząsteczkę, w sytuacji, gdy energia jednego fotonu jest zbyt mała by dokonać wzbudzenia elektronowego.

Pierwszym etapem przygotowania pracy magisterskiej będzie zbudowanie układu pomiarowego pozwalającego na badanie absorpcji światła w roztworach barwników organicznych i jego optymalizacja pod kątem maksymalnej czułości. Następnie układ ten zostanie wykorzystany do pomiaru absorpcji dwufotonowej w wybranych cząsteczkach. Ponieważ w ramach pracy konieczne będzie samodzielne wykonanie hydrofonu i komórki pomiarowej od studenta oczekiwana jest sprawność w drobnych pracach mechanicznych i znajomość podstaw elektroniki.

Zjawiska nieliniowe w ośrodkach optycznie niejednorodnych

Opiekun: dr Piotr Fita

W ośrodkach niejednorodnych, takich jak np. emulsje i zawiesiny, wiele cząsteczek znajduje się na granicy dwóch faz (na powierzchni kropelek, nanocząstek), gdzie złamana jest symetria inwersyjna. Dzięki temu w ośrodkach takich mogą zachodzić procesy nieliniowe drugiego rzędu, w szczególności generacja drugiej harmonicznej światła i rozpraszanie hiper-Rayleigha, w których fotony wyemitowane lub rozproszone mają dwa razy większą energię niż fotony padające na ośrodek.

Praca magisterska ma charakter doświadczalny i obejmuje zbudowanie układu pomiarowego pozwalającego na detekcję światła rozproszonego lub wyemitowanego przez cząsteczki zaadsorbowane na granicy faz w zawiesinie nanocząstek, emulsji lub roztworze miceli. Ze względu na bardzo małe natężenia światła, które trzeba rejestrować, jednym z wyzwań będzie zbudowanie układu pomiarowego o odpowiednio dużej czułości i niewrażliwego na światło docierające z otoczenia. Uruchomiony i scharakteryzowany układ pomiarowy zostanie wykorzystany w oryginalnych badaniach naukowych.

Optyczny mikroskop skanujący

Opiekun: dr Piotr Fita

W optycznych mikroskopach o najwyższej rozdzielczości wykorzystuje się silnie zogniskowaną wiązkę światła laserowego (lub kilka wiązek), która za pomocą urządzenia skanującego przemiatana jest przez obrazowaną próbkę. Czuły detektor punktowy rejestruje światło wyemitowane lub rozproszone na próbce. Dzięki wykorzystaniu różnych procesów prowadzących do emisji światła (fluorescencja wzbudzona jedno- lub dwufotonowo, generacja drugiej lub trzeciej harmonicznej) lub jego rozpraszania (np. rozpraszanie Ramana) możliwe jest badanie różnych własności próbki z rozdzielczością przestrzenną.

Celem pracy magisterskiej jest zbudowanie i scharakteryzowanie mikroskopu skanującego pracującego w trybie zbierania fluorescencji lub generacji drugiej harmonicznej i wykorzystanie go do obrazowania nanocząstek i materiałów biologicznych. Z tego względu podczas wykonywania pracy magisterskiej wymagana będzie bliska współpraca z grupami zajmującymi się syntezą nanocząstek i biologiami.