

ZAKŁAD OPTYKI
TEMATY PRAC MAGISTERSKICH
W ROKU AKADEMICKIM 2015/2016

Kierunek Fizyka

Modelowanie dynamiki lasera ultraszybkiego

Opiekun: prof. Czesław Radzewicz, dr Tomasz Kardaś

We wnętrzu ultraszybkiego lasera podróżuje ultrakrótki impuls światła. Modulowanie wzmocnienia i strat wnętrza może prowadzić do różnic w energii, widnie i czasie trwania kolejnych impulsów opuszczających wnętrze przez częściowo przepuszczalne lustro końcowe.

W ramach niniejszej pracy poszukiwane będą warunki w których zmiany parametrów impulsu są okresowe (orbity periodyczne) i warunków w jakich stają się one chaotyczne (chaos deterministyczny). Do poszukiwania użyta zostanie współczesna (pisana w C++11) biblioteka do obliczeń równoległych trilinearos.

Modelowanie lasera światłowodowego

Opiekun: prof. Czesław Radzewicz, dr Tomasz Kardaś

We współczesnych laserach światłowodowych ultrakrótkie impulsy oddziałują z laserowymi ośrodkami wzmacniającymi. Ultrakrótki impuls jest ruchomy i najlepiej opisuje się jego ewolucję jako zmianę wraz z przesunięciem w przestrzeni. Za to ewolucję populacji stanów wzbudzonych w ośrodku laserowym najlepiej obserwować jako zmianę w czasie. Pełen opis lasera impulsowego wymaga połączenia dwóch na pozór nie kompatybilnych modeli (impulsu i ośrodka).

Tematem pracy jest rozwiązanie tego problemu poprzez metody interpolacyjne

Modelowanie generacji superkontinuum

Opiekun: prof. Czesław Radzewicz, dr Tomasz Kardaś

Generacja superkontinuum przez skupienie wysokoenergetycznych krótkich impulsów w ośrodku to jeden z najbardziej spektakularnych efektów optyki nieliniowej. W samą generację białego światła zaangażowane są optyczne efekty liniowe: dyfrakcja i dyspersja współczynnika załamania światła; nienilowe: samo ogniskowanie lub inaczej samo modulacja fazy impulsu; a także w ostatniej fazie: fotojonizacja ośrodka.

Praca polegać będzie na implementacji oddziaływania światła z uwolnionymi w procesie fotojonizacji nośnikami ładunku i integracja nowego kodu z rozwijanym w Zakładzie Optyki modelem propagacji ultrakrótkich impulsów. Model napisany jest w języku Matlab.

Laserowa detekcja materii w ilościach śladowych w gazach.

Opiekun: prof. dr hab. Tadeusz Stacewicz.

Oznaczanie śladowych ilości materii w różnych ośrodkach gazowych ma wielkie znaczenie dla wielu dziedzin nauki i techniki, a także medycyny, nauk o Ziemi, ochrony środowiska itp. Metody te, z wykorzystaniem spektroskopii laserowej, rozwijane są w Zakładzie Optyki IFD UW od kilkunastu lat. Stosujemy ultraczułe metody pomiaru absorpcji promieniowania przy wykorzystaniu spektroskopii wieloprześciowej, spektroskopii strat wewnętrznej i spektroskopii fotoakustycznej.

Przewidywane w niniejszej pracy magisterskiej działania, dotyczyć będą detekcji śladowych ilości molekuł H_2O w powietrzu, a także detekcji formaldehydu (który jest markerem chorób nowotworowych) w powietrzu wydychanym z płuc.

Interferometr Macha-Zehndera do niedestruktywnego pomiaru liczby ultrazimnych atomów

Opiekun: dr Mariusz Semczuk

Pomiar liczby atomów uzyskanych w doświadczeniach z zakresu „zimnej fizyki” najczęściej odbywa się przy pomocy obrazowania absorpcyjnego – w uproszczeniu, poprzez zrobienie zdjęcia chmury atomowej wypuszczonej z pułapki (magnetycznej lub optycznej pułapki dipolowej). Pomiar taki jest destruktywny i chmura atomowa zostaje utracona. Mając do dyspozycji zdjęcie absorpcyjne można wyznaczyć liczbę atomów użytych w eksperymencie, gęstość chmury atomowej, jej kształt, a także korelacje będące rezultatem właściwości kwantowych ultrazimnych gazów. W wielu eksperymentach, jak np. przy obserwacji oscylacji Rabiego pomiędzy dwoma stanami spinowymi, cała istotna informacja zawarta jest w liczbie atomów, jednak ograniczenia techniczne z reguły uniemożliwiają wykonanie pomiaru częściej niż około 1 raz na sekundę, co wiąże się z długimi sesjami pomiarowymi. Zwiększa to wymagania co do stabilności układu eksperymentalnego i utrudnia dokładną analizę statystyczną otrzymanych wyników.

Celem pracy magisterskiej będzie zbudowanie aktywnie stabilizowanego interferometru Macha-Zehndera, który będzie użyty do niedestruktywnego pomiaru liczby ultrazimnych atomów potasu i cezu spulapkowanych w optycznej pułapce dipolowej. Wykorzystane zostaną właściwości dyspersyjne światła laserowego przechodzącego przez chmurę atomową, co doprowadzi do zmiany fazy światła w stosunku do wiązki odniesienia. Użyta wiązka laserowa będzie odstrojona od przejścia rezonansowego, dzięki czemu nie będzie wzbudzała przejść w atomach (stąd pomiar niedestrukcyjny), a dzięki zależności drogi optycznej w chmurze atomowej od gęstości chmury i jej długości możliwy będzie pomiar liczby atomów.

Układ zbudowany w pracy magisterskiej będzie unikalny m.in. dzięki pracy na dwóch długościach fali (767 nm i 850 nm) i kompatybilności z układem próżniowym do produkcji ultrazimnych cząsteczek, co doprowadzi do skrócenia o jeden-dwa rzędy wielkości cyklu eksperymentalnego i umożliwi przeprowadzenie eksperymentów, które byłyby zbyt czasochłonne przy użyciu klasycznych metod. Możliwość pomiaru niedestrukcyjnego na dowolnym etapie cyklu eksperymentalnego znacznie poprawi też stosunek sygnału do szumu, istotnie poprawiając jakość otrzymanych wyników

Zbudowany interferometr będzie integralną (i bardzo ważną) częścią nowopowstającego układu eksperymentalnego i przez najbliższe kilka lat będzie

wykorzystywany do spektroskopii fotoasocjacyjnej, pomiaru rezonansów Feshbacha, badania stanów Efimova, a także charakteryzacji układu eksperymentalnego w czasie rzeczywistym. Bardzo prawdopodobne jest powstanie artykułu naukowego opierającego się o przeprowadzone podczas pracy magisterskiej badania. Jednocześnie projekt jest doskonałym wstępem dla zainteresowanych kontynuacją badań podczas doktoratu.

Wzmocnienie ultrakrótkich impulsów laserowych w światłowodach typu LMA

Opiekun: dr hab. Yuriy Stepanenko

Celem pracy będzie zbadanie wzmocnienia ultrakrótkich impulsów promieniowania w światłowodach aktywnych z podwójnym płaszczem o dużej średnicy rdzenia. Część teoretyczna związana będzie z zapoznaniem się z teorią wzmocnienia impulsów w światłowodach aktywnych domieszkowanych jonami Yb pompowanych w płaszcz. Następnym krokiem będzie wykonanie symulacji numerycznych wzmocnienia, które zostaną zweryfikowane eksperymentalnie.

W ramach prac badawczych konieczne będzie zrealizowanie wzmacniacza światłowodowego w pojedynczym przejściu poprzez zespawanie elementów światłowodowych oraz zrealizowanie części elektronicznej obsługującej diody laserowe pompujące ośrodek aktywny.

Dynamika oraz symulacje numeryczne szerokopasmowych

wzmacniaczy parametrycznych

Opiekun: dr hab. Yuriy Stepanenko

Celem pracy będzie zbadanie wzmocnienia ultrakrótkich impulsów promieniowania w niewspółosiowych wzmacniaczach parametrycznych. Jako ośrodek wzmacniający będą wykorzystane różne kryształy nieliniowe typu BBO, BiBO oraz LBO.

W części teoretycznej celem będzie stworzenie modelu numerycznego wzmacniacza, dobranie oraz optymalizacja długości kryształów nieliniowych.

Pracy badawcze będą polegały na ustawieniu układu eksperymentalnego oraz pomiary wzmocnienia, czasu trwania impulsu oraz jego energii.

Optyczna pułapka dipolowa do pułapkowania atomów potasu

Opiekun: dr Mariusz Semczuk

Jedną z najbardziej uniwersalnych metod pułapkowania ultrazimnych atomów opiera się o tzw. optyczne pułapki dipolowe. Dzięki oddziaływaniu wyindukowanego w atomach momentu dipolowego z gradientem natężenia światła w wiązce laserowej, atomy mogą zostać spulapkowane w ognisku wiązki laserowej. Taki potencjał pułapkujący jest z dobrym przybliżeniem harmoniczny i dodatkowo może być niezależny od stanu spinowego atomów poprzez wybór lasera pułapkującego o długości fali znacznie różniącej się od długości fali przejść rezonansowych w atomach. Pozwala to na użycie pól magnetycznych i

elektrycznych do modyfikacji właściwości spulapkowanej chmury niezależnie od potencjału pułapkującego, np. do zmiany długości rozpraszania (a także jej znaku) w okolicach magnetycznych rezonansów Feshbacha czy do wytwarzania spinorowych kondensatów Bosego-Einsteina.

Celem pracy będzie ustawienie układu pułapki dipolowej opierającego się o wąskopasmowy laser wysokiej mocy pracujący na długości fali 1064 nm. Wstępne założenia przewidują pułapkę otrzymaną poprzez skrzyżowanie dwóch wiązek, co wytworzy potencjał pułapkujący o symetrii elipsoidy obrotowej o stosunku osi długiej do krótkiej rzędu 3:1. Konieczne będą również symulacje komputerowe potencjałów pułapkujących, by optymalnie dobrać soczewki do kształtowania wiązek laserowych. W oparciu o symulacje wybrane zostaną także parametry umożliwiające przekształcenie pułapki dipolowej w sieć optyczną (poprzez odpowiedni obrót polaryzacji wiązek), co umożliwi badanie ultrazimnych gazów w zredukowanej geometrii.

Atomy schwymane początkowo w pułapce magneto-optycznej zostaną następnie przeniesione do optycznej pułapki dipolowej, by obniżyć ich temperaturę w procesie odparowywania. Oczekuje się, że trakcie pracy magisterskiej przynajmniej potas zostanie spulapkowany optycznie. W wersji optymistycznej (aczkolwiek realnej do wykonania) powinno być możliwe otrzymanie pierwszego w Polsce kondensatu Bosego-Einsteina rzadkiego izotopu potasu-41.

Zbudowana pułapka będzie integralną częścią nowopowstającego układu doświadczalnego i przez wiele lat będzie używana w eksperymentach, m.in. zmierzających do produkcji ultrazimnych cząsteczek KCs w stanie podstawowym. Projekt umożliwi zapoznanie się z najnowocześniejszymi technikami eksperymentalnymi wykorzystywanymi w badaniach zdegenerowanych gazów kwantowych, tym samym ułatwiając podjęcie studiów doktoranckich w grupach zajmujących się tą tematyką.

Kamery ze wzmacniaczem obrazu i ich zastosowanie w optyce (kwantowej)

Opiekun: dr Radosław Łapkiewicz

W ostatnich latach szybki rozwój technologii umożliwił wkroczenie optyki (kwantowej) na nowy obszar. Kamery czułe na pojedyncze fotony z nanosekundową rozdzielczością czasową umożliwiają rejestrację par fotonów z rozdzielczością przestrzenną. To z kolei pozwala na łączenie efektów kwantowych z obrazowaniem i spektroskopią.

Celem projektu jest uruchomienie, charakteryzacja i wykorzystanie układu detekcji par fotonów z rozdzielczością przestrzenną i nanosekundową rozdzielczością czasową opartego na nowym rodzaju kamery ze wzmacniaczem obrazu. Wymagana będzie także optymalizacja źródła par fotonów do testów kamery. Źródło par fotonów oparte będzie na procesie spontanicznego parametrycznego podziału częstości. Podobne źródła były w ostatnich dekadach wykorzystywane w licznych eksperymentach z optyki i informacji kwantowej.

Wymagam wytrwałości w pracy laboratoryjnej i zrozumienia podstaw optyki kwantowej. Oferuję pracę z najnowocześniejszym (nawet jeszcze niedostępnym komercyjnie) sprzętem dostosowanym do szybkiej detekcji fotonów z rozdzielczością przestrzenną,

uczestnictwo w ambitnym projekcie badawczym i możliwość opanowania wielu technik doświadczalnej optyki (kwantowej).

Absorpcja dwufotonowa światła kwantowego

Opiekun: dr Radosław Łapkiewicz

W procesie spontanicznego parametrycznego podziału częstości (ang. Spontaneous parametric down conversion, SPDC) fotony są emitowane w parach. Suma energii dwóch fotonów z pary jest równa energii fotonu pompy, co oznacza, że przy wąskopasmowej pompie, suma energii jest dobrze zdefiniowana. Dodatkowo, fotony z jednej pary są skorelowane w czasie, a czas korelacji dany jest przez ich czas spójności, który może być bardzo krótki. Umożliwia to efektywną absorpcję dwufotonową przy niskich natężeniach.

W ramach proponowanego projektu zademonstrowana zostanie użyteczność światła wygenerowanego w SPDC w spektroskopii dwufotonowej. W tym celu zostanie zaprojektowane, zbudowane i scharakteryzowane źródło SPDC umożliwiające taką spektroskopię. Źródło będzie pompowane laserem pracy ciągłej o wąskim widmie, a kryształy będą dobrane do szerokowidmowego podziału częstości. W konsekwencji, otrzymamy bardzo wąską antykorelację energii fotonów z par (o szerokości danej przez szerokość widma lasera pompującego) i wąską korelację w czasie (daną przez czas spójności pojedynczych fotonów z par).

Wymagam wytrwałości w pracy laboratoryjnej i zrozumienia podstaw optyki kwantowej. Oferuję uczestnictwo w ambitnym projekcie badawczym i możliwość opanowania najnowszych technik optyki kwantowej.

Konstrukcja strojonego dyspersyjnego spektrometru o wysokiej rozdzielczości

Opiekun: dr Michał Karpiński

Celem pracy będzie skonstruowanie spektrometru wykorzystującego mapowanie widmo-czas w ośrodku o wysokiej dyspersji. Jako ośrodek dyspersyjny wykorzystane zostanie włókno optyczne z siatką Braggowską o zmiennym okresie [Muriel99]. Podczas realizacji projektu zapoznasz się ze spawaniem światłowodów, czasoworozdzielczym zliczaniem pojedynczych fotonów i wykorzystasz te techniki do realizacji spektrometru. Wykonasz również interfejs graficzny w środowisku LabView.

Ponadto zbadasz zagadnienie strojenia temperaturowego spektrometru dyspersyjnego: po zapoznaniu się z literaturą, zaprojektujesz i wykonasz termostaat pozwalający stroić pasmo spektrometru i scharakteryzujesz jego działanie.

[Muriel99] M. A. Muriel, J. Azaña, A. Carballar, *Real-time Fourier transformer based on fiber gratings*, Opt. Lett. **24**, 1 (1999).

Kształtowanie czasowe jednofotonowych impulsów światła

Opiekun: dr Michał Karpiński

Celem projektu jest skonstruowanie układu do kształtowania fazy spektralnej impulsów optycznych przy wykorzystaniu mapowania widmo-czas i szybkiej czasowej modulacji fazy [Thomas10], a następnie zastosowania układu do czasowego kształtowania

impulsów optycznych o energii na poziomie pojedynczych fotonów na impuls. Do realizacji projektu wykorzystasz m.in. techniki szybkiej elektrooptycznej modulacji fazy, dyspersyjnej optycznej transformaty Fouriera, zliczania pojedynczych fotonów. Wykonasz również symulację działania układu w środowisku Matlab lub LabView. Możliwe jest wykorzystanie interferencji kwantowej pojedynczych fotonów do weryfikacji działania układu.

[Thomas10] S. Thomas, A. Malacarne, F. Fresi, L. Potì, J. Azaña, *Fiber-based programmable picosecond optical pulse shaper*, J. Lightwave Tech. **28**, 1832-1843 (2010).

Celem pracy będzie skonstruowanie spektrometru wykorzystującego mapowanie widmo-czas w ośrodku o wysokiej dyspersji. Jako ośrodek dyspersyjny wykorzystane zostanie włókno optyczne z siatką Braggowską o zmiennym okresie [Muriel99]. Podczas realizacji projektu zapoznasz się ze spawaniem światłowodów, czasoworozdzielczym zliczaniem pojedynczych fotonów i wykorzystasz te techniki do realizacji spektrometru. Wykonasz również interfejs graficzny w środowisku LabView.

Ponadto zbadasz zagadnienie strojenia temperaturowego spektrometru dyspersyjnego: po zapoznaniu się z literaturą, zaprojektujesz i wykonasz termostat pozwalający stroić pasmo spektrometru i scharakteryzujesz jego działanie.

[Muriel99] M. A. Muriel, J. Azaña, A. Carballar, *Real-time Fourier transformer based on fiber gratings*, Opt. Lett. **24**, 1 (1999).

Kształtowanie czasowe jednofotonowych impulsów światła

Opiekun: dr Michał Karpiński

Celem projektu jest skonstruowanie układu do kształtowania fazy spektralnej impulsów optycznych przy wykorzystaniu mapowania widmo-czas i szybkiej czasowej modulacji fazy [Thomas10], a następnie zastosowania układu do czasowego kształtowania impulsów optycznych o energii na poziomie pojedynczych fotonów na impuls. Do realizacji projektu wykorzystasz m.in. techniki szybkiej elektrooptycznej modulacji fazy, dyspersyjnej optycznej transformaty Fouriera, zliczania pojedynczych fotonów. Wykonasz również symulację działania układu w środowisku Matlab lub LabView. Możliwe jest wykorzystanie interferencji kwantowej pojedynczych fotonów do weryfikacji działania układu.

[Thomas10] S. Thomas, A. Malacarne, F. Fresi, L. Potì, J. Azaña, *Fiber-based programmable picosecond optical pulse shaper*, J. Lightwave Tech. **28**, 1832-1843 (2010).

Polimery ciekłokrystaliczne i ich zastosowanie do wytwarzania trójwymiarowych mikrostruktur

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna z pogranicza fizyki, chemii i inżynierii materiałowej. Planowane jest opanowanie od podstaw technologii ciekłokrystalicznych polimerów i wykonanie przy ich pomocy mikrostruktur (mechanicznych, fotonicznych) za pomocą dwufotonowej fotolitografii 3D. Konieczny zapał do majsterkowania, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) i gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin).

W zamian oferuję możliwość udziału w pionierskich pracach przy nowej technologii, poznanie współczesnych technik badawczych (mikroskopia elektronowa i optyczna), i przygotowanie świetnej pracy magisterskiej (może być w języku angielskim).

Mikro- i nanostruktury wytwarzane bezpośrednio z metalu przy pomocy dwufotonowej trójwymiarowej fotolitografii

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna z pogranicza fizyki, nanotechnologii i chemii. Przewiduję opanowanie technologii dwufotonowej fotolitografii na urządzeniu Nanoscribe (2 miesiące), przygotowanie preparatów fotoczułych na bazie soli złota (1 miesiąc) oraz wykonanie dwu- (1 miesiąc) i trójwymiarowych (2 miesiące) struktur. Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) oraz gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium (200-300 godzin).

W zamian oferuję możliwość opanowania unikalnej w skali świata technologii, pracę w nowoczesnym laboratorium optycznym, poznanie współczesnych technik badawczych (np. mikroskopia elektronowa), i przygotowanie świetnej pracy magisterskiej (może być w języku angielskim).

Mikrorezonatory pierścieniowe wykonane techniką Direct Laser Writing

Opiekun: dr hab. Piotr Wasylczyk

Ambitna praca doświadczalna. Planowane jest wykonanie przy pomocy techniki trójwymiarowej fotolitografii układów rezonatorów pierścieniowych o rozmiarach rzędu pojedynczych mikrometrów i zbadanie ich zachowania przy wzbudzeniu tzw. whispering gallery modes. Po opanowaniu technologii DWL (4 miesiące) przewiduję etap projektowania i

wykonania struktur (4 miesiące) oraz zbadanie ich właściwości optycznych (4 miesiące). Konieczna cierpliwości i dokładność, znajomość angielskiego (czytanie literatury, przygotowanie publikacji) i gotowość do wyťažonej pracy w laboratorium.

W zamian oferuję możliwość opanowania współczesnych technik fabrykacji (DWL) i charakteryzacji (mikroskopia SEM) w mikroskali i przygotowanie świetnej pracy magisterskiej (może być w języku angielskim).

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 cieczech 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 przemieszczana 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.

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.

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.