



Pomiary czasowo-rozdzielcze nanostruktur azotkowych.

Ćwiczenie będzie polegało na zmierzeniu czasowo-rozdzielonej fotoluminescencji przy użyciu kamery smugowej, a następnie na analizie otrzymanych danych. Badane mogą być nanostruktury typu GaN/AlGaN lub GaInN/GaN (studnie kwantowe, nanodrut, kropki kwantowe itp).

Opiekun dr hab. Krzysztof Korona

Badanie właściwości ciał stałych w podczerwieni.

Ćwiczenie będzie polegało na określeniu właściwości ciał stałych (półprzewodników, warstw metalicznych) w zakresie dalekiej podczerwieni. Ćwiczenie pozwoli na poznanie jak opis parametrów materiałów przekłada się na opis właściwości optycznych. Student pozna zasadę działania i obsługi spektrometru fourierowskiego.

Opiekun dr hab. Andrzej Witowski

Skaningowa spektroskopia magnetoptycznego efektu Kerra.

Od niedawna Zakład Fizyki Ciała Stałego posiada nowoczesny przyrząd badawczy do skaningowych pomiarów spektroskopowych z mikronową rozdzielczością: mikroskop konfokalny firmy Attocube. Jednym z możliwych zastosowań tej aparatury są skaningowe pomiary magnetoptycznego efektu Kerra (MOKE - ang. Magneto-Optical Kerr Effect), tzn. zmiany stanu polaryzacji światła odbitego od próbki z dalekozasięgowym porządkowaniem momentów magnetycznych. Pomiary MOKE mogą służyć np. badaniu struktury domenowej ferromagnetyków czy spektroskopii kolektywnych wzbudzeń spinowych (rezonans ferromagnetyczny). W ramach ćwiczenia student wraz z opiekunem będą budować i testować układ do skaningowych pomiarów magnetoptycznego efektu Kerra z wykorzystaniem mikroskopu konfokalnego oraz dostępnych przyrządów optycznych i polaryzacyjnych.

Opiekun dr Konrad Działkowski

Pomiary magnetoluminescencji mikrownęk półprzewodnikowych.

Fizyka mikrownęk półprzewodnikowych jest szczególnie interesująca z powodu odkrycia kondensatu Bosego - Einsteina i stanu nadciekłego polarytonów. Polaryton jest kwazicząstką powstającą w półprzewodniku w wyniku silnego sprzężenia modu fotonowego mikrownęki i ekscytonu umieszczonego w studni kwantowej. Celem ćwiczenia jest zbadanie widma emisji polarytonów w przestrzeni rzeczywistej i w przestrzeni pędów. Pomiary będą przeprowadzone w niskich temperaturach i w polu magnetycznym. Pomiary będą zmierzały w kierunku rozbudowy układu eksperymentalnego do badania oddziaływania polarytonów z niskoenergetycznym promieniowaniem THz.

Opiekun dr Barbara Piętko

Badania EPR grafenu.

Ćwiczenie będzie polegało na zbadaniu własności magnetycznych warstw grafenu otrzymanego z rozpadu SiC oraz grafenu epitaksjalnego wyhodowanego w ITME. Badania będą prowadzone przy użyciu techniki spektroskopowej Elektronowego Rezonansu Paramagnetycznego.

Opiekun dr Aneta Drabińska

Wzbudzenia plazmy elektronowej w studniach kwantowych CdTe/CdMgTe

Celem ćwiczenia jest wykonanie pomiarów i analiza wyników fotonapięcia i/lub fotoprądu pojawiającego się w próbkach wykonanych na studniach kwantowych CdTe/CdMgTe pod wpływem promieniowania dalekiej podczerwieni (częstości THz). Pomiary prowadzone są w temperaturze ciekłego helu i silnym polu magnetycznym (do 16 T). Źródłem promieniowania THz jest laser molekularny pompowany laserem CO₂. Badane próbki będą także scharakteryzowane za pomocą pomiarów magnetooporu i analizy oscylacji Shubnikova-deHaasa. Podstawowym wzbudzeniem plazmy w częstościach THz, które będzie analizowane jest rezonans cyklotronowy.

Opiekun dr hab. Jerzy Lusakowski

Spektroskopia ramanowska struktur grafenowych na SiC.

Grafen (pojedyncza, płaska warstwa węglowa o strukturze plastra miodu) jest bardzo obiecującym kandydatem do zastosowań w nowoczesnej elektronice. Materiał ten kryje w sobie wiele zagadek i stanowi bardzo interesujący obiekt badań. W Zakładzie Fizyki Ciała Stałego badamy głównie grafen hodowany na podłożach z węgla krzemu, przy wykorzystaniu sublimacji oraz metody epitaksji z fazy gazowej (CVD) z użyciem poropanu. Mimo tego, że w pracy nad grafenem zaangażowanych jest wiele laboratoriów na świecie, materiał ten kryje ciągle wiele tajemnic. Jednym z otwartych pytań jest np. mechanizm wzrostu warstw grafenowych oraz wpływ podłoża na własności grafenu. Ma to ogromne znaczenie dla zastosowań grafenu w elektronice, takich jak np. biosensory, które stanowią jeden z obiektów badań prowadzonych w ZFCSt. W ramach ćwiczenia oprócz wykorzystania spektroskopii ramanowskiej mogą być zastosowane takie techniki jak transmisja optyczna czy też techniki mikroskopowe, w tym mikroskopia sił atomowych.

Opiekun dr hab. Andrzej Wysmolek, prof. UW lub prof. Roman Stępniewski

Spektroskopia optyczna niskowymiarowych struktur azotkowych.

Badanie azotków i struktur azotkowych (GaN, AlGaN i inne) jest prowadzone w Zakładzie Fizyki Ciała Stałego we współpracy z licznymi laboratoriami w Polsce i za granicą od wielu lat. Obecnie w ramach współpracy z firmą Ammono pojawiła się możliwość otrzymywania najwyższej jakości struktur azotkowych o obniżonej wymiarowości (studnie kwantowe, kropki kwantowe, mikrownęki itp.). Jest to możliwe dzięki rozpoczętej w ZFCSt, a rozwiniętej w tej firmie unikatowej technologii wzrostu objętościowego azotku galu (największe kryształy objętościowe GaN na świecie!). W ramach ćwiczenia przewiduje się pomiary mikroluminescencji oraz efektu Ramana wysokiej jakości niskowymiarowych struktur azotkowych hodowanych na podłożach objętościowych GaN.

Opiekun dr hab. Andrzej Wysmolek, prof. UW lub prof. Roman Stępniewski

Zasilanie emisji mikrownęki poprzez kropkę kwantową

Mikrownęki fotoniczne umożliwiają wydajną ekstrakcję światła z kropek kwantowych. Układ w którym fotonowy mod własny mikrownęki zasilany jest poprzez pojedynczą kropkę kwantową stanowi interesujący system pozwalający poznać mechanizmy oddziaływania pomiędzy kropką i wnęką. W ćwiczeniu, dzięki pomiarom fotoluminescencji takiego układu w funkcji temperatury i mocy pobudzania, możliwe będzie ilościowe opisanie badanych zjawisk.

Opiekun: mgr Tomasz Jakubczyk

Plazmoniczna modyfikacja emisji nanostruktur półprzewodnikowych.

Wykorzystanie efektów plazmonowych pozwoliło m. in. na wzmocnienie rozpraszania Ramana o rzędy wielkości. Celem ćwiczenia jest zbadanie wpływu obecności modu plazmonowego związanego w warstwie metalicznej ułożonej na powierzchni próbki na emisję ekscytonową z półprzewodnikowych nanostruktur kwantowych: kropek lub studni kwantowych. W ramach ćwiczenia wykonywane będą pomiary spektroskopowe, w tym odbicia i luminescencji na próbkach, których powierzchnia pokryta jest warstwą aluminium, srebra lub złota. Badane próbki pochodzą z laboratorium MOVPE na Uniwersytecie Keplera w Linzu lub z MBE na Uniwersytecie Warszawskim.

Opiekun dr Jan Suffczyński

Badania dynamiki ekscytonowej warstw GaN:Fe i ZnO:Co.

Przedmiotem badań prowadzonych w ramach ćwiczenia są warstwy GaN domieszkowanego jonami żelaza oraz ZnO domieszkowanego jonami kobaltu. W wyniku specjalnie dobranych warunków wzrostu część wprowadzonych jonów magnetycznych podstawia pozycje kationowe materiału podstawowego, a część z nich formuje nanometrowych rozmiarów wytrącenia w strukturze kryształu. Z punktu widzenia ewentualnych zastosowań spintronicznych i oświetleniowych ważne jest sprawdzenie, w jaki sposób jony zgrupowane w wytrącenia sprzęgają się z ekscytonami. Celem ćwiczenia jest wykonanie pomiarów rozdzielonej czasowo fotoluminescencji i określenie wpływu wprowadzonej domieszki magnetycznej na siłę oscylatora i czas życia ekscytonu. Badane próbki pochodzą z Uniwersytetu Keplera w Linzu lub z IF PAN w Warszawie.

Opiekun dr Jan Suffczyński

Własności optyczne zdeformowanych warstw GaN.

W ramach ćwiczenia badane są warstwy GaN wzrastane epitaksjalnie na nietypowym kierunku krystalograficznym (11-22). Wstępne pomiary wykonywane w niskiej temperaturze (2K) wykazały zaskakującą obecność ostrych linii w widmie emisji badanych warstw, wykazujących wiele cech właściwych dla emisji z pojedynczych kropek kwantowych. Zgodnie ze wstępną interpretacją za obecność ostrych linii w widmie odpowiadają nanometrowych rozmiarów inkluzje GaN-u o kubicznej strukturze krystalicznej w GaN o strukturze wurcytu, zapewniające trójwymiarowy potencjał wiążący nośniki. Celem ćwiczenia jest weryfikacja tej hipotezy poprzez pomiary mikrofotoluminescencji (także w polu magnetycznym i z rozdzielczością polaryzacyjną).

Opiekun dr Jan Suffczyński

Oś łatwa namagnesowania warstwy półprzewodnika półmagnetycznego GaMnAs.

Arsenek galu z manganem jest modelowym półprzewodnikiem dla spintroniki. Atomy Mn wbudowane w sieć GaAs dostarczają nie tylko swobodnych nośników, ale są również źródłem momentów magnetycznych. Dla zawartości Mn powyżej 1% materiał ten w odpowiednich warunkach staje się ferromagnetykiem – zatem wykazuje uporządkowanie magnetyczne dalekiego zasięgu. Uporządkowaniu ulegają zarówno jony magnetyczne (Mn), jak i spiny swobodnych nośników. Stąd GaMnAs może stanowić dobre źródło spinowo spolaryzowanych elektronów(dziur), co potrzebne jest w urządzeniach spintronicznych. Kierunek uporządkowania namagnesowania (oś łatwa) zależy od wielu czynników, od grubości warstwy, jej naprężeń, również – jak donoszą prace – od temperatury.

W posiadaniu proponującego ćwiczenie jest warstwa GaMnAs, w której oś łatwa obraca się dla temperatury między 4K a 15K, z leżącej w płaszczyźnie do prostopadłej. Celem ćwiczenia będzie wyznaczenie temperatury, w której to następuje.

Opiekun dr Marta Gryglas-Borysiewicz, mgr Piotr Juszyński

Badanie emisji ciemnego ekscytonu w płaszczyźnie w kropce kwantowej CdTe/ZnTe

Najnowsze badania magnetospektroskopowe samoorganizowanych kropek kwantowych CdTe/ZnTe wskazują, że ciemny ekscyton może pełnić bardzo istotną rolę w tworzeniu się wysokich kompleksów ekscytonowych. Jego czas życia w zerowym polu magnetycznym jest bardzo długi w porównaniu z czasami rekombinacji jasnych kompleksów ekscytonowych. Rozważania teoretyczne wskazują, że jego emisja powinna być silnie ukierunkowana w płaszczyźnie kropki. W trakcie eksperymentu zbadana zostanie taka emisja dla kilku kropek kwantowych pobudzanych nierezonansowo przy pomocy lasera impulsowego o niskiej częstotliwości repetycji impulsów (4 MHz).

Opiekun dr hab Piotr Kossacki

Rentgenowskie badania dyfrakcyjne wielowarstw grafenowych na podłożu SiC - stała sieci struktury grafenowej

Wykonanie – na dyfraktometrze rentgenowskim pomiaru dyfrakcyjnego wielowarstwy grafenowej na podłożu SiC.

Orientacja podłoża metodą Lauego.

Oszacowanie stałej sieci wielowarstwy grafenowej w kierunku osi heksagonalnej "c" na podstawie prawa Bragga

Literatura :

1. Podstawy dyfrakcji promieni rentgenowskich - B.D.Cullity
2. X-ray diffraction procedures - H.P.Klug L.E.Alexander

Opiekun dr hab Grzegorz Kowalski, Pracownia Rentgenowska ZFCS

Przeprowadzenie pomiarów tensora oporności grafenu.

Dzięki swoim własnościom elektrycznym i mechanicznym grafen jest uważany za perspektywiczny materiał dla przezroczystych przyrządów elektronicznych wykonywanych na elastycznych podłożach, dla elektroniki wysokiej częstotliwości, a także baterii czy sensorów. W celu projektowania struktur grafenowych o coraz lepszych własnościach, konieczne jest zrozumienie mechanizmów oddziaływania pojedynczych warstw atomów węgla zarówno z innymi takimi warstwami, jak i z podłożem, na którym się one znajdują. Jednym z istotnych kroków na drodze do zrozumienia tych mechanizmów jest wyznaczenie tensora oporności opisującego mechanizmy przewodzenia ładunku, co stanowi przedmiot tego ćwiczenia. Obiektem badań będą próbki grafenu wyhodowane w Polsce, na których zostaną wykonane pomiary tensora oporności w funkcji temperatury (od pokojowej do 2 K) i pola magnetycznego (od 0 do 12 T).

Opiekun dr Marta Gryglas-Borysiewicz

Spektroskopia impedancyjna struktur półprzewodnikowych.

Znaczna część współczesnych elektronicznych przyrządów półprzewodnikowych bazuje na heterostrukturach, złożonych z warstw różnych materiałów półprzewodnikowych. Jeśli na górze takiej kanapki zrobione zostaną kontakty elektryczne, a górna warstwa nie przewodzi prądu elektrycznego, lub kontakty są wysokooporowe, to prąd elektryczny pomiędzy takimi kontaktami nie popłynie, pomimo tego, że we wnętrzu może znajdować się materiał wysokoprzewodzący. Pomiary elektryczne wykonane dla prądu przemiennego umożliwiają dotarcie do takich przewodzących warstw i wyznaczenie ich własności elektrycznych. Głównym celem pracy będzie zbadanie własności galwanomagnetycznych warstw azotków galu i indu (oporność i efekt Halla) w zakresie częstotliwości do około 200 kHz.

Opiekun prof. Michał Baj

Warstwy GaSb - epitaksja z wiązek molekularnych (MBE) i podstawowa charakteryzacja.

Antymonek galu GaSb jest reprezentantem półprzewodnikowych związków III-V o węższej przerwie energetycznej (0.7 eV). Razem ze związkami AlSb i InAs tworzy on tzw. grupę związków o stałej sieci 6.1 Angstrema, która oferuje możliwości tworzenia heterostruktur o interesujących strukturach energetycznych. Celem ćwiczenia jest udział w jednych z pierwszych wzrostów GaSb w naszym laboratorium epitaksji z wiązek molekularnych (MBE), w tym w ustalaniu warunków technologii dla GaSb, oraz wykonanie podstawowej charakteryzacji przy użyciu mikroskopu optycznego, mikroskopu AFM oraz technik elektrycznych (pomiar oporności właściwej i efektu Halla w funkcji temperatury $T=25-300\text{K}$).

Laboratorium MBE mieści się w bud. IFD przy ul. Pasteura 7.

Opiekun dr Tomasz Ślupski, tomsu@fuw.edu.pl, tel. (22) 55-46864

Zaliczenie i ocena ćwiczenia nie są zależne od sukcesu naukowego w/w przedsięwzięcia, ale od zaangażowania studenta w podjęte zadanie. Formalnym kryterium zaliczeniowym będzie raport z przeprowadzonego ćwiczenia.

dr B. Piętka