

Lato 2017 III Pracownia Półprzewodnikowa

Temat	Opiekun	Opis
Pomiary czasowo-rozdzielcze nanostruktur azotkowych	<i>dr hab. Krzysztof Korona</i>	Ćwiczenie będzie polegało na zmierzeniu czasowo-rozdzielonej fotoluminescencji przy użyciu kamery smugowej, a następnie na analizie otrzymanych danych. Badane mogą być nanostruktury typu GaN/AlGaIn lub GaInN/GaN (studnie kwantowe, nanodrut, kropki kwantowe itp).
Badanie własności optycznych heterostruktur złożonych z grafenu i heksagonalnego azotku boru (BN)	<i>dr Igor Własny, dr hab. Andrzej Wysmolek, prof. UW</i>	Heterostruktury oparte na materiałach dwuwymiarowych cieszą się rosnącym zainteresowaniem zarówno środowiska naukowego jak i przemysłu. Struktury te wykorzystywane są m.in. do transportu spinowego czy też w układach tunelowych. Istotnym problemem jest dokładne poznanie charakteru oddziaływań między grafenem i heksagonalnym azotkiem boru i poznanie zmian właściwości tych materiałów pod jego wpływem. W ramach ćwiczenia warstwy oraz heterostruktury zbudowane z grafenu i heksagonalnego azotku boru zostaną wytworzone za pomocą metody eksfoliacyjnej. Następnie wytworzone próbki zostaną poddane badaniom za pomocą techniki spektroskopii ramanowskiej oraz mikroskopii sił atomowych. Wyniki uzyskane dla pojedynczych warstw jak i heterostruktur zostaną ze sobą porównane, co pozwoli na oszacowanie wpływu oddziaływania między pojedynczymi warstwami heksagonalnego azotku boru oraz grafenu na charakterystyki fononowe tych materiałów. Literatura: D.S. Abergel, J.R. Wallbank, X. Chen, M. Mucha-Kruczynski, V. Fal'ko, New Journal of Physics 15 (2013); E. E. Vdovin, A. Mishchenko, M. T. Greenaway, M. J. Zhu, D. Ghazaryan, A. Misra, Y. Cao, S. V. Morozov, O. Makarovskiy, T. M. Fromhold, A. Patané, G. J. Slotman, M. I. Katsnelson, A. K. Geim, K. S. Novoselov, L. Eaves, Physical Review Letters 116 (2016) 186603.
Pomiary magnetoluminescencji mikrowętek półprzewodnikowych	<i>dr Barbara Piętka</i>	Fizyka mikrowętek półprzewodnikowych jest szczególnie interesująca z powodu odkrycia kondensatu Bosego - Einsteina i stanu nadciełego polarytonów. Polaryton jest kwazicząstką powstającą w półprzewodniku w wyniku silnego sprzężenia modu fotonowego mikrowętki 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 badań kondensatu Bosego - Einsteina i obserwacji efektów nieliniowych.
Badania EPR grafenu	<i>dr Aneta Drabińska</i>	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.

Lato 2017 III Pracownia Półprzewodnikowa

Temat	Opiekun	Opis
<p>Wzbudzenia plazmy elektronowej w studniach kwantowych CdTe/CdMgTe</p>	<p><i>dr hab. Jerzy Eusakowski</i></p>	<p>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.</p>
<p>Badania optyczne struktur kwantowych wbudowanych w nanodrutu GaN</p>	<p><i>dr hab. Andrzej Wyszomolek, prof. UW</i></p>	<p>Struktury kwantowe (studnie kwantowe, kropki kwantowe) wbudowane w nanodrutu GaN dają duże nadzieje na wykorzystanie w jako nanoźródła w obszarze ultrafioletu, w tym również źródła pojedynczych fotonów na potrzeby kryptografii kwantowej. Takie złożone nanostruktury są również bardzo obiecujące z punktu widzenia nanosensorów czy też ogniw słonecznych. Nanodrutu z wbudowanymi studniami, czy też kropkami kwantowymi są też bardzo interesujące z punktu widzenia zrozumienia procesów rekombinacji promienistej w nich zachodzących. W ramach ćwiczenia proponowane są badania z wykorzystaniem spektroskopii ramanowskiej oraz mikroluminescencji na grupach oraz pojedynczych nanodrutach GaN, w szerokim zakresie temperatur, z różnymi energiami pobudzenia (w zakresie UV-VIS). Literatura: J. Kierdaszuk P. Kazmierczak A. Drabińska K. Korona, A. Wołos, M. Kaminska, A. Wyszomolek, I. Pasternak, A. Krajewska, K. Pakula, Z.R. Zytkeiwicz, Physical Review B 92 (2015) 195403.</p>
<p>Epitaksja i badanie właściwości optycznych struktur niskowymiarowych zbudowanych z półprzewodników II-VI</p>	<p><i>dr Wojciech Pacuski</i></p>	<p>Ćwiczenie jest związane z laboratorium MBE (Molecular Beam Epitaxy epitaksja z wiązek molekularnych). Celem ćwiczenia jest wytworzenie i zbadanie właściwości optycznych próbek półprzewodnikowych. Przedmiotem badań będą studnie kwantowe, kropki kwantowe lub mikrowęki optyczne zbudowane z półprzewodników z grupy II-VI (np. ZnTe, ZnSe, CdTe, CdSe). Student weźmie udział w pracach przy MBE, we wstępnych pomiarach odbicia i transmisji nowych struktur, oraz w niskotemperaturowych pomiarach fotoluminescencji struktur kwantowych. Wnioski będą przydatne przy planowaniu nowych procesów wzrostu. Wybrane, najciekawsze próbki zostaną użyte do dalszych badań w laboratorium ultraszybkiej magnetospektroskopii. Laboratorium MBE mieści się w bud. IFD przy ul. Pasteura 7.</p>

Lato 2017 III Pracownia Półprzewodnikowa

Temat	Opiekun	Opis
Fotoluminescencja nanokrystalicznych warstw ZnO domieszkowanych jonami metali przejściowych	<i>dr Jan Suffczyński</i>	Przedmiotem badań prowadzonych w ramach ćwiczenia są nanokrystaliczne warstwy ZnO domieszkowane jonami takimi jak: żelazo, nikiel, wanad, mangan, kobalt. W wyniku specjalnie dobranych warunków wzrostu część wprowadzonych jonów magnetycznych podstawia pozycje kationowe materiału podstawowego. Z punktu widzenia ewentualnych zastosowań spintronicznych istotne jest stwierdzenie czy jony sprzęgają się poprzez oddziaływanie wymienne z nośnikami pasmowymi, a także określenie stanu ładunkowego jonów. Aby uzyskać odpowiedź na te pytania wykonane zostaną pomiary zintegrowanej i rozdzielonej czasowo fotoluminescencji, także w polu magnetycznym. Badane próbki pochodzą z Narodowego Laboratorium w Gizie.
Badanie emisji ciemnego ekscytonu w płaszczyźnie w kropce kwantowej CdTe/ZnTe	<i>dr hab Piotr Kossacki</i>	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).
Rentgenowskie badania dyfrakcyjne wielowarstw grafenowych na podłożu SiC - stała sieci struktury grafenowej	<i>dr hab Grzegorz Kowalski, Pracownia Rentgenowska ZFCS</i>	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.
Badania namagnesowania nanocząstek up-konwertujących	<i>dr hab. Jacek Szczytko</i>	Nanocząstki up-konwertujące (NaYF ₄ z Er ³⁺ , Yb ³⁺ i Gd ³⁺ oraz Gd ₂ O ₃ :Er ³⁺ , Yb ³⁺ i Y ₃ Al ₅ O ₁₂ :Er ³⁺ , Yb ³⁺) stanowią nową klasę materiałów wykorzystywanych w biologii i medycynie do obrazowania wnętrza komórek i badania zachodzących w nich procesów biochemicznych. Zsyntetyzowane w IF PAN nanocząstki zostaną poddane pomiarom namagnesowania w magnetometrze SQUID. W ramach pracowni studentka lub student wykona pomiar i dopasowując krzywe teoretyczne do wyników pomiarów wyznaczy koncentrację jonów magnetycznych Yb, Er, Gd.

Lato 2017 III Pracownia Półprzewodnikowa

Temat	Opiekun	Opis
<p>Spektroskopia impedancyjna struktur półprzewodnikowych</p>	<p><i>prof. Michał Baj</i></p>	<p>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. Pomiar elektryczny wykonany dla prądu przemiennego umożliwia 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 częstości do około 200 kHz.</p>
<p>Wzrost metodą MBE i charakteryzacja heterostruktur GaAlSb/InAs oraz supersieci GaSb/InAs</p>	<p><i>dr Tomasz Szupięński</i></p>	<p>Półprzewodniki GaSb, AlSb i InAs tworzą tzw. grupę związków o stałej sieci 6.1 Angstrema, która oferuje możliwości tworzenia heterostruktur o interesujących własnościach energetycznych, m.in. ze względu na ustawienie pasm energetycznych typu broken-gap. Supersieci o krótkim okresie budowane z tych związków posiadają minipasma elektronowe i dziurowe o absorpcji międzypasmowej w zakresie średniej podczerwieni - długości fali kilku do kilkunastu mikrometrów. Jest to wykorzystywane do budowy detektorów podczerwieni konkurencyjnych wobec stosowanych materiałów II-VI z rtęcią. Celem ćwiczenia jest otrzymanie metodą epitaksji z wiązek molekularnych (MBE) heterostruktur GaAlSb/InAs oraz supersieci GaSb/InAs o krótkim okresie oraz ich podstawowa charakteryzacja strukturalna, (mikroskop elektronowy SEM, mikroskop sił atomowych AFM), elektryczna (pomiar transportowy) i ew. optyczna. Będzie to w dużej części praca przy technologii MBE.</p>
<p>Własności optyczne dwusiarczku molibdenu (MoS₂)</p>	<p><i>dr hab. Adam Babiński, prof. UW i mgr Katarzyna Gołasa</i></p>	<p>Dwusiarek molibdenu jest materiałem półprzewodnikowym podobnym do grafenu. Posiada heksagonalną strukturę z silnymi wiązaniami kowalencyjnymi wewnątrz warstw S-Mo-S i słabymi wiązaniami van der Waalsa pomiędzy tymi warstwami. Taka budowa tego materiału umożliwia stosunkowo łatwe rozdzielanie warstw poprzez mechaniczną eksfoliację oraz uzyskiwanie pojedynczych warstw, których własności różnią się od własności materiałów objętościowych. Pojedyncza warstwa MoS₂ mogłaby skutecznie uzupełniać grafen w zastosowaniach wymagających cienkich i transparentnych półprzewodników, dlatego też badania podstawowych własności pojedynczych warstw MoS₂ niosą ogromny potencjał z punktu widzenia własności materiałów półprzewodnikowych. Celem proponowanej pracy jest charakteryzacja optyczna cienkich warstw MoS₂ w szerokim zakresie temperatur.</p>

Lato 2017 III Pracownia Półprzewodnikowa

Temat	Opiekun	Opis
Badania izolatorów topologicznych przy użyciu spektrometru EPR	<i>dr Agnieszka Woloś</i>	Ćwiczenie będzie polegało na udziale w pomiarach próbek izolatorów topologicznych przy użyciu spektrometru EPR oraz na opracowaniu danych pomiarowych. Izolatory topologiczne stanowią kwantową fazę materii. Badać będziemy topologiczne materiały czteroskładnikowe domieszkowane dodatkowo metalami przejściowymi (Mn, Fe, Cr).
Badania struktur hybrydowych grafen/TaS ₂	<i>dr hab. Andrzej Wyszomolek, prof. UW, prof. dr hab. Roman Stępniewski</i>	Kryształy 2D, w tym dichalkogenki metali przejściowych (TMDC) skupiają na sobie bardzo intensywne zainteresowanie naukowców z całego świata. Spowodowane to jest wyjątkowymi właściwościami pojedynczych warstw tych materiałów, ale również możliwości budowania złożonych struktur kwantowych z nakładanych na siebie kolejnych warstw tych materiałów. W ramach pracy licencjackiej proponowane są badania dwusiarczku tanalu (TaS ₂) oraz jego oddziaływania z grafenem. TaS ₂ wykazuje przejścia fazowymi pierwszego rodzaju związane z falami gęstości ładunku (CDW), wyraźnym przejściem izolator-metal oraz relatywnie wysoką wartością sprzężenia spin-orbita. Połączenie grafenu z TMDC daje unikalną możliwość stworzenia układu, który umożliwi generację i manipulowanie spinowo rozróżnialnymi nośnikami ładunku. Osobno TaS ₂ oraz grafen nie są w stanie spełnić wymagań stawianych urządzeniom spintronicznym, natomiast w połączeniu są realnym kandydatem do budowy materiału hybrydowego, który może stać się podstawą systemów komputerowych nowej generacji. Żeby zrealizować te idee, należy najpierw w sposób wyczerpujący rozpoznać zjawiska, które występują na złączu grafen oraz TaS ₂ . W ramach ćwiczenia proponowane są badania ramanowskie oraz z wykorzystaniem mikroskopii sil atomowych (AFM), skaningowej mikroskopii tunelowej (STM) struktur grafen/TaS ₂ . Planowane jest rozszerzenie badań na struktury hybrydowe z TaSe ₂ oraz innymi kryształami TMCD. Literatura: G. Liu, B. Debnath, T.R. Pope, T.T. Salguero, R.K. Lake, A.A. Balandin, Nature Nanotechnology 11 (2016) 845.

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

Lato 2017 III Pracownia Półprzewodnikowa

Temat	Opiekun	Opis
<p>Badania grafenu płatkowego i jego pochodnych</p>	<p><i>dr hab. Andrzej Wysmolek, prof. UW, prof. dr hab. Roman Stepniewski</i></p>	<p>Grafen płatkowy i jego pochodne uzyskiwane z grafitu metodami fizyko-chemicznymi ma wiele potencjalnych zastosowań, szczególnie tam, gdzie zdefektowanie jest raczej zaletą niż wadą. Płatkowy tlenek grafenu oraz zredukowany tlenek grafenu (w założeniu grafen) może być wykorzystany w zastosowaniach np. do przewodzących tuszy, przezroczystych i przewodzących elektrod w ogniwach słonecznych, elektrod w bateriach, superkondensatorach, biosensorach selektywnie reagujących na zewnętrzne bodźce chemiczne w gazach i cieczach. Właściwości optyczne i elektryczne grafenu płatkowego i jego pochodnych są przedmiotem intensywnych badań. Ciągle jeszcze wiele procesów zachodzących w tym materiale jest niewyjaśnionych. Ćwiczenie obejmowałoby badania optyczne (efekt Ramana, luminescencja, odbicie w świetle spolaryzowanym) pojedynczych płatków oraz struktur warstwowych odkładanych na różnych podłożach (np. na Si, szkle, GaN, BN), które mogłyby być wykorzystane np. do pomiaru wilgotności, czy też detekcji gazów. Niezależnie od znaczenia aplikacyjnego badania te są bardzo interesujące z punktu widzenia zrozumienia podstawowych procesów zachodzących w grafenie płatkowym, tlenku grafenu i zredukowanym tlenku grafenu. Literatura: J. Binder, J.M. Urban, R. Stepniewski, W. Strupinski, A. Wysmolek, <i>Nanotechnology</i> 27 (2015); Y. Shin, M. Lozada-Hidalgo, J.L. Sambricio, I.V. Grigorieva, A.K. Geim, C. Casiraghi, <i>Applied Physics Letters</i> 108 (2016) 221907.</p>
<p>Technologia wzrostu i właściwości optyczne warstw epitaksjalnych azotku boru</p>	<p><i>prof. dr hab. Roman Stepniewski, dr hab. Andrzej Wysmolek, prof. UW</i></p>	<p>Azotki stanowią grupę związków chemicznych będących podstawą wielu najnowocześniejszych urządzeń optoelektronicznych takich jak efektywne źródła światła białego (Nagroda Nobla z fizyki 2014), lasery emitujące w zakresie światła niebieskiego i ultrafioletu czy tranzystory mocy pracujący w zakresie GHz. Azotek boru jest najmniej zbadanym materiałem w tej grupie. Właściwości strukturalne i optyczne tego materiału są przedmiotem intensywnych badań. Wyjaśnienia wymaga rola defektów i domieszek w procesach rekombinacji promienistej tych materiałów. Ćwiczenie obejmowałoby uczestnictwo w procesach wzrostu warstw BN i związków mieszanych $Al_{1-x}B_xN$ z wykorzystaniem technologii MOVPE oraz badania optyczne (efekt Ramana, luminescencja, odbicie, absorpcja) otrzymanych warstw. Celem badań będzie poznanie fundamentalnych procesów zachodzących w tych materiałach i ich znaczenia dla możliwości zastosowania BN w optoelektronice. Literatura: Y. Stehle, H.M. Meyer, R.R. Unocic, M. Kidder, G. Polizos, P.G. Datskos, R. Jackson, S.N. Smirnov, I.V. Vlassiuk, <i>Chem. Matter.</i> 27 (2015) 8041.</p>