

### III Pracownia Półprzewonikowa, Lato 2010

1. Wpływ wygrzewania na własności optyczne nanostruktur półprzewodnikowych

Opiekun: dr hab. Adam Babiński

2. Pomiary absorpcji warstw epitaksjalnych grafenu na SiC.

Opiekun: dr Aneta Drabińska

3. Wpływ pola magnetycznego na rezonans kropki kwantowej

Opiekun: dr hab. A. Golnik / mgr T. Kazimierzczuk

W ćwiczeniu badane będą rezonanse w widmach pobudzania pojedynczych kropek kwantowych CdTe/ZnTe. Znane z wcześniejszych badań własności rezonansów zostały wykorzystane m.in. do wyznaczenia czasu pamięci spinowej pojedynczego atomu manganu. Celem ćwiczenia będzie zbadanie zachowania rezonansu w polu magnetycznym o konfiguracji Voigta.

4. Pomiary rozpraszania ramanowskiego na solach litu

Opiekun: dr hab. Krzysztof Korona

Jonowe baterie litowe należą do zaawansowanych źródeł energii (i jej magazynowania) przeznaczonych dla elektroniki. Materiałem elektrody dodatniej w tego typu bateriach są różne sole litu takie jak:  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LiFePO}_4$ ,  $\text{LiMnPO}_4$  i inne. Ciągłe trwają poszukiwania nowych, coraz lepszych związków chemicznych. W trakcie ćwiczenia badane będą nowe próbki soli litowych przy pomocy rozpraszania ramanowskiego. Rozpraszania ramanowskie występuje, gdy strumień światła przechodząc przez kryształ rozprasza się na drganiach sieci, czyli fononach. Fotony przekazują część energii fononom same zmieniając długość fali. Mierząc widmo rozproszonego światła możemy wyznaczyć energie fononów w badanym kryształ.

5. Oprogramowanie układu do badania efektu Halla

Opiekun: dr hab. Jerzy Łusakowski

Celem ćwiczenia jest napisanie programu w środowisku LabView służącego sterowaniu wielokanałowej karty do pomiarów efektu Halla. Warunkiem przystąpienia do ćwiczenia jest umiejętność programowania w LabView.

6. Fotonapięcie tranzystorów polowych w kwantującym polu magnetycznym

Opiekun: dr hab. Jerzy Łusakowski

Celem ćwiczenia jest wykonanie pomiarów fotonapięcia powstającego między źródłem a drenem tranzystora polowego pod wpływem promieniowania dalekiej podczerwieni. Pomiary prowadzone są w temperaturze ciekłego helu w polu magnetycznym do 10 T. Otrzymane wyniki służą testowaniu niedawno sformułowanej teorii Lifshits - Dyakonova opisującej badany efekt.

7. Kropki kwantowe z pojedynczymi jonami magnetycznymi umieszczone w strukturach fotonicznych

Opiekun: dr Wojciech Pacuski

Celem ćwiczenia jest optyczna charakteryzacja struktur fotonicznych zawierających kropki kwantowe CdTe. Za pomocą pomiarów mikrofotoluminescencji student ma wyznaczyć energię rezonansową i dobroć mikrownęki, a następnie odnaleźć na próbce kropki kwantowe o energii emisji bliskiej energii rezonansowej i zawierające dokładnie jeden jon manganu (co będzie można poznać po charakterystycznym widmie emisji).

8. Efekt Halla i magnetooporność poprzeczna w monokryształach n-GaAs z niewielkimi deformacjami sieci krystalicznej i o metalicznym charakterze przewodnictwa

Opiekun: dr Tomasz Słupiński

Przedmiotem zainteresowania w naszej pracowni jest zjawisko tzw. granicy domieszkowania, czyli efekt polegający na występowaniu ograniczenia koncentracji nośników prądu przy zwiększaniu (w kolejnych procesach technologicznych wzrostu kryształów) koncentracji atomów domieszki z których pochodzą nośniki. Zjawisko jest powszechne we wszystkich półprzewodnikach, ale w żadnym materiale (nawet w krzemie!) nie jest satysfakcjonująco rozumiane. W n-GaAs zostało stwierdzone w naszej pracowni, że pojawianiu się ograniczenia koncentracji nośników towarzyszy występowanie niewielkich trwałych deformacji sieci krystalicznej (mierzonych przy użyciu promieni x). Te niewielkie deformacje sieci krystalicznej wydają się wpływać na rozpraszanie nośników prądu elektrycznego, a więc ujawniają się przy badaniach zjawisk transportu elektrycznego. Ćwiczenie będzie dotyczyło pomiarów zależności oporności elektrycznej od niewielkiego pola magnetycznego (magnetooporność) oraz pomiarów efektu Halla, mierzonych w funkcji temperatury  $T=20-400\text{K}$ . W kryształach wysoko domieszkowanych (o metalicznym przewodnictwie) magnetooporność powinna być zerowa, stosując przybliżenie czasu relaksacji do opisu transportu elektrycznego. Dotychczasowe wyniki pomiarów efektu Halla w takich kryształach pokazały jednak, że przybliżenie czasu relaksacji nie w pełni opisuje obserwowane wyniki. Celem ćwiczenia jest odniesienie takiego przybliżenia również do wyników magnetooporności. Czyli ćwiczenie dotyczy podstaw zjawisk transportu elektrycznego w kryształach, w którym ich opis jest utrudniony poprzez występowanie niewielkich deformacji sieci krystalicznej. Ćwiczenie to jest proponowane w obu turach III-iej pracowni - pomiary dla różnych próbek.

9. Charakteryzacja próbek GaN z nanoklasterami metalicznymi żelaza

Opiekun: dr Jan Suffczyński

Celem ćwiczenia jest zbadanie odbicia i absorpcji próbek azotku galu domieszkowanego żelazem. Przedmiotem badania będą dwa typy próbek z warstwami GaN: z jonami żelaza podstawiającymi kationy sieci krystalicznej oraz z jonami żelaza zgrupowanymi w nanoklastery. Nanokompozyty półprzewodnik szerokoprzerwowy-metal stwarzają nadzieję na wytworzenie źródeł światła białego nowego typu oraz wydajnych izolatorów optycznych wykorzystujących efekt Faradaya. Próbki pochodzą z Uniwersytetu J. Keplera w Linzu (Austria).

10. Charakteryzacja próbek ZnO z nanoklasterami metalicznymi kobaltu

Opiekun: dr Jan Suffczyński

Ćwiczenie polega na wykonaniu pomiarów magnetospektroskopowych (odbicie, absorpcja, ew. emisja) na próbkach tlenku cynku domieszkowanego kobaltem. Przedmiotem badania będą dwa typy próbek: z jonami kobaltu podstawiającymi kationy sieci krystalicznej oraz zgrupowanymi w nanoklastery. Nanokompozyty półprzewodnik szerokoprzerwowy-metal stwarzają nadzieję na stworzenie źródeł światła białego nowego typu oraz wydajnych izolatorów optycznych. Próbki pochodzą z Instytutu Fizyki PAN w Warszawie.

11. Badanie namagnesowania magnetycznych ciekłych kryształów w funkcji pola magnetycznego lub temperatury. Pomiary na magnetometrze typu SQUID (Superconducting Quantum Interference Device)- od 21 października, środy i czwartki (ew. piątki).

Opiekun: dr Jacek Szczytko

Pomiary na magnetometrze typu SQUID (Superconducting Quantum Interference Device) na molekułach ciekłokrystalicznych syntetyzowanych w grupie prof. dr hab. Ewy Góreckiej na Wydziale Chemii UW zawierających jony miedzi (II), niklu (II) lub wanadylu (VO). Dzięki inżynierii chemicznej można stworzyć molekuły z wieloma centrami magnetycznymi, które będą oddalone od siebie o ściśle określoną (wiązaniami chemicznymi) odległość. Pomiar przy współpracy Laboratorium Badań Strukturalnych na Wydziale Chemii UW.

12. Badania anizotropii optycznej zawiesiny nanocząstek kobaltu w polu magnetycznym. Pomiar w konfiguracji Voigta lub Faradaya. - od 14 października, środy i czwartki (ew. piątki).

Opiekun: dr Jacek Szczytko

Pomiar w konfiguracji Voigta lub Faradaya (pole magnetyczne prostopadłe lub równoległe do wiązki światła). Nanocząstki (złota, kobaltu) zostały zsyntetyzowane w grupie prof. dr hab. Ewy Góreckiej z Laboratorium Badań Strukturalnych na Wydziale Chemii UW. Dodatkowo nanocząstki zostały otoczone molekułami organicznymi. Pomiar przy współpracy Laboratorium Badań Strukturalnych na Wydziale Chemii UW.

13. Oprogramowanie LabView dla zautomatyzowanego układu magnetoptycznego

- od grudnia 2009-10-08 Opiekun: dr Jacek Szczytko

Ćwiczenie będzie polegało na zestawieniu układu do pomiarów aktywności optycznej w konfiguracji Voigta i Faradaya i oprogramowaniu urządzeń za pomocą pakietu LabView.

**Tematy ćwiczeń w Laboratorium magnetotransportu elektronowego w mikro i nanostrukturach półprzewodnikowych (LMNP):**

14. Charakterystyka gazu dwuwymiarowego w heterostrukturach tunelowych GaAs/AlAs/GaAs wyhodowanych na kierunku [111]

Opiekunowie: dr Marta Gryglas i dr Jacek Przybytek

Podstawowym „koniem roboczym” współczesnej elektroniki jest gaz dwuwymiarowy (2-dimensional electron gas, 2DEG, patrz: <http://en.wikipedia.org/wiki/2DEG>). Taki układ fizyczny można uzyskiwać na wiele sposobów (porównaj: MOSFET i HEMT, link powyżej) Obiektem prowadzonych przez nas badań jest gaz dwuwymiarowy, który powstaje pod wpływem zewnętrznego pola elektrycznego na interfejsie GaAs/AlAs w heterostrukturach GaAs/AlAs/GaAs hodowanych na kierunku [111] używanych przez nas w badaniach tunelowania rezonansowego. Zmiana zwrotu pola elektrycznego powoduje, że gaz ten jest na jednym, bądź drugim interfejsie. Nominalnie interfejsy są identyczne, ale w badanej strukturze istnieje niewielkie wbudowane pole elektryczne, które tę symetrię zaburza. Zaburzenie tej symetrii powinno prowadzić do tego, że zarówno koncentracja 2DEG po obu stronach bariery AlAs, jak i pojemność różniczkowa struktury nie powinny wyrażać się parzystymi funkcjami napięcia polaryzującego. Celem pomiarów jest wyznaczenie koncentracji elektronów w gazie jak i pojemności różniczkowej w zależności od wartości i zwrotu pola elektrycznego.

15. Badania procesu tunelowania elektronów przez barierę z AlAs w kierunku krystalograficznym [111]

Opiekunowie: dr Jacek Przybytek i dr Marta Gryglas

Ćwiczenie obejmowałoby pomiary charakterystyk prąd-napięcie (także w polu magnetycznym) oraz pomiary fluktuacji prądu tunelowego w wertykalnych heterostrukturach tunelowych GaAs/AlAs/GaAs, wyhodowanych w kierunku krystalograficznym [111]. Badania te są etapem wstępnym programu zmierzającego do obserwacji w tych heterostrukturach tunelowania rezonansowego przez pojedyncze domieszki krzemu umieszczone w barierze AlAs, które to domieszki mają znacznie prostszy układ poziomów energetycznych niż to ma miejsce w dotychczas przez nas badanych strukturach hodowanych na kierunku [100]. Uwaga: Ćwiczenie jest także obiektem zainteresowania studentów w ramach pracowni indywidualnej. Kto pierwszy, ten lepszy!

16. Badania transportu elektronowego w drucie kwantowym

Opiekun: dr Jacek Przybytek

Terra incognita - struktury dotychczas przez nas nie badane. W pomiarach magnetotransportu elektronowego oraz fluktuacji prądu powinno dać się zobaczyć wpływ kwantowania przestrzennego związanego z ograniczeniem poprzecznych rozmiarów półprzewodnika. Temat oparty jest o istniejący układ do pomiarów fluktuacji napięcia i prądu. Ćwiczenie pozwala między innymi na zapoznanie się ze sposobami statystycznej analizy sygnałów czasowych w środowisku Matlab oraz z automatyzacją pomiarów za pomocą interfejsu GPIB-488 w tym środowisku.

**Seria ćwiczeń (nr 17 - 20) związanych z krysztalami GaN i strukturami kwantowymi GaN/AlGaN (Tematy o wspólnym opisie)**

17. Badanie luminescencji struktur kwantowych GaN/AlGaN

Opiekun: prof. dr hab. Roman Stępniewski

18. Badania elektrooptyczne struktur kwantowych GaN/AlGaN

Opiekun: dr Aneta Drabińska

19. Badania fotoelektryczne struktur kwantowych GaN/AlGaN

Opiekun: dr hab. Krzysztof Korona

20. Spektroskopia Ramanowska krysztalów objętościowych GaN (krysztaly z firmy Ammono)

Opiekun: dr hab. Krzysztof Korona

AMMONO Sp. z o. o. jest jedyną firmą na świecie wytwarzającą płytki monokrystalicznego azotku galu (GaN) o wymiarach średnicy powyżej 1 cala i niewygiętej powierzchni. Dzięki podpisanej umowie o współpracy między Uniwersytetem Warszawskim a firmą AMMONO i posiadanej przez nas technologii MOVPE możemy wykorzystywać te podłoża do otrzymywania wysokiej jakości struktur kwantowych na bazie GaN. Proponowane tematy ćwiczeń w ramach III Pracowni poświęcone są wszechstronnym badaniom takich struktur. Niezależnie od prowadzenia badań podstawowych, docelowym kierunkiem tych badań jest uzyskanie struktur użytecznych np. dla wytwarzania biosensorów. Równoległe z wykorzystaniem podłoży z firmy AMMONO prowadzone będą badania porównawcze analogicznych struktur hodowanych na podłożach z szafiru przy wykorzystaniu unikatowej technologii opracowanej przez Krzysztofa Pakułę.

21. Uruchomienie i zestrojenie lasera CO<sub>2</sub> dużej mocy oraz badania charakterystyk transmisyjnych falowodów średniej podczerwieni

Opiekun: dr Krzysztof Karpierz

Elementami ćwiczenia jest zapoznanie się z budową lasera CO<sub>2</sub> dużej mocy oraz z metodami jego justowania. Ćwiczenie polegać będzie na uruchomieniu i zestrojeniu takiego lasera oraz na zbadaniu charakterystyk transmisyjnych falowodów światła podczerwonego w zakresie 9-11 mikrometrów.