Projekt 4.1: Kontrola domieszkowania typu n i p nanodrutów (Al,Ga,In)N krystalizowanych techniką MBE

Promotor: dr hab. Marta Sobańska, prof. IFPAN

Instytut: Instytut Fizyki PAN

Jednostka organizacyjna: ON 4.5

Strona www grupy: https://www.ifpan.edu.pl/instytut-fizyki-pan/oddzialy-naukowe/oddzial-fizyki-i-technologii-nanostruktur-polprzewodnikow-szerokoprzerwowych/on4-5-zespol-wzrostu-mbe-nanostruktur-azotkowych.html

Tło:

Ze względu na quasi-jednowymiarowy kształt nanodrutów elastyczna relaksacja naprężeń sieciowych w takich strukturach jest wyjątkowo wydajna. Dzięki temu, nawet przy wykorzystaniu segmentów z materiałów o bardzo różnych wartościach parametrów sieci lub przy wzroście na podłożach niedopasowanych sieciowo, nanodruty wykazują brak dyslokacji niedopasowania i doskonałą jakość strukturalną. Możliwe jest zatem otrzymywanie skomplikowanych nanostruktur o bardzo wysokiej jakości, nieosiągalnej w strukturach planarnych. Jest to szczególnie istotne w przyrządach optoelektronicznych, w których obecność defektów strukturalnych silnie redukuje wydajność emisji światła. Szczególne nadzieje wiąże się z nanostrukturami półprzewodników azotków metali grupy III, np. azotku galu (GaN) i jego stopami z indem oraz glinem. GaN jest ważnym półprzewodnikiem grupy III-V o prostej i szerokiej przerwie energetycznej (3.4 eV w temperaturze pokojowej), co umożliwia emisję światła w krótkofalowej części widma światła widzialnego. Jednocześnie posiada unikatowe właściwości fizyko-chemiczne, dzięki czemu nanodruty GaN są uważane za najbardziej perspektywiczne elementy przyrządów półprzewodnikowych nowej generacji.

Cel projektu:

Celem projektu jest opracowanie skutecznych metod kontroli wbudowywania domieszki typu n (Si) i domieszki typu p (Mg) do nanodrutów (Al,Ga,In)N wytworzonych metodą epitaksji z wiązek molekularnych z plazmowym źródłem azotu (PAMBE) oraz zastosowanie tej podstawowej wiedzy do optymalizacji struktur złączy p-n opartych na nanodrutach. Osiągając ten cel, student pogłębi ogólne zrozumienie mechanizmów aktywnych podczas wzrostu nanodrutów (Al,Ga,In)N metodą PAMBE, a także zjawisk fizycznych, które ograniczają wydajność wbudowywania domieszki do nanodrutów. Co ważne, student opracuje i przetestuje nowe projekty struktur złączy p-n w nanodrutach w celu zweryfikowania ich ulepszonych właściwości elektrycznych.

Plan studiów doktoranckich uwzględnia wszystkie etapy, począwszy od wzrostu PAMBE dedykowanych struktur nanodrutowych, poprzez ich charakterystykę po wzroście w skali mikro i nano oraz przetwarzanie, aż po końcowe testy elektryczne struktur przyrządów pilotażowych. Różne mody wzrostu MBE (samoorganizacyjny vs. selektywny wzrost), projekty diod p-n (konwencjonalne z domieszkami Si i Mg vs. struktura z gradacją składu w celu wywołania domieszkowania polaryzacyjnego) zostaną porównane przy użyciu parametrów operacyjnych przyrządów jako głównego kryterium, co pozwoli na określenie zależności między strukturą a właściwościami.

Zespoły nanodrutów z azotku metali grupy III będą wytwarzane w Laboratorium Wzrostu MBE Nanostruktur Azotkowych IF PAN przy użyciu systemu Compact 21 PAMBE

przeznaczonego do epitaksji półprzewodników azotkowych. Układ wyposażony jest w szereg narzędzi diagnostycznych do monitorowania wzrostu in situ, dzięki czemu doskonale nadaje się do badań z zakresu materiałoznawstwa. W Instytucie dostępne są również zaawansowane techniki analizy strukturalnej: XRD o wysokiej rozdzielczości, SEM z EDX, EBIC i CL, AFM, a także nowoczesne laboratoria optyczne i elektryczne. Charakterystyka próbek domieszkowanych nanodrutów zostanie przeprowadzona w Łukasiewicz-IMiF w Warszawie za pomocą SIMS i TEM. Kluczowym urządzeniem jest spektrometr CAMECA IMS SC Ultra SIMS, wyposażony w kolumny cezu i tlenu.

Wymagania:
• doświadczenie w pracy w pomieszczeniach typu „clean-room”, krystalizacja cienkich warstw półprzewodnikowych technikami próżniowymi
• tytuł magistra fizyki, inżynierii materiałowej, chemii, elektrotechniki, elektroniki lub pokrewnej dziedziny
• podstawowa znajomość fizyki ciała stałego i półprzewodników będzie atutem
• dobra znajomość języka angielskiego w mowie i piśmie
• wysoka motywacja do pracy naukowej, umiejętności analityczne i dobre zdolności manualne

Finansowanie:
Stypendium: fundusze z projektu 5000 PLN miesięcznie w latach 1-2, 6500 PLN miesięcznie w latach 3-4, przed odjęciem obligatoryjnych składek ZUS (~15%), co daje około 3794 PLN netto/miesiąc w latach 1-2, oraz (po zdaniu egzaminu śródokresowego) około 4932 PLN netto/miesiąc w latach 3-4.

Kontakt: sobanska@ifpan.edu.pl