

„Prawo Moore’a” określające postęp w elektronice i mówiące, że ilość tranzystorów w mikroprocesorach podwaja się co 2 lata mogło być dotychczas stosowane dzięki miniaturyzacji – zmniejszaniu elementów tranzystorów (obecnie o rozmiarach ok. 10nm). Niestety, zbliżamy się do osiągnięcia limitu upakowania elementów na powierzchni – wkrótce ograniczeniem staną się rozmiary atomów, dlatego poszukuje się alternatywnych sposobów na zwiększenie upakowania przestrzennego ale jednocześnie zmniejszenie potrzebnej mocy i redukcję wydzielanego ciepła. Jedną z idei jest wykorzystanie właściwości magnetycznych materiałów do przesyłania i magazynowania informacji – użycie nie tylko ładunków elektronów (elektronika), ale także ich spinów (spintronika). Naturalne jest zatem poszukiwanie sposobu, który łączyłby ze sobą **właściwości półprzewodnikowe z ferromagnetycznymi** oraz jednocześnie umożliwiał zwiększenie gęstości przetwarzania informacji. W swojej rozprawie doktorskiej prowadzę badania nad takimi właśnie nanostrukturami przestrzennymi.

Celem mojej pracy jest strukturalna analiza nanodrutów typu rdzeń-otoczka, które posiadają właściwości magnetyczne (zawierają atomy manganu). Geometria nanodrutów zapewnia duży stosunek powierzchni aktywnej do całej objętości w porównaniu np. z materiałami warstwowi. Tego typu nanodruły mają ogromny potencjał do zastosowania w elektronice lub spintronice i w łatwy sposób mogą zostać zintegrowane z krzemowymi technologiami. Zwykle nanodruły o dużej gęstości powierzchniowej rosną, prostopadle do podłoża np. w procesie epitaksji z wiązek molekularnych (MBE), na czubku posiadają złotą kroplę pełniącą rolę katalizatora podczas wzrostu rdzeni. Okazuje się, że nanodruły, które badam są unikatowe ze względu na strukturę krystaliczną rdzeni – GaAs nie występuje w formie blendy cynkowej (naturalna struktura), ale krystalizowany w geometrii nanodrutów może tworzyć sieć heksagonalną (wurcyt), przy zastosowaniu odpowiednich warunków epitaksjalnego wzrostu

W swojej pracy będę badać dwa podtypy nanodrutów: **rdzeń + wiele otoczek, jedną z których buduje (Ga,Mn)As** oraz **rdzeń + otoczka magnetyczna (MnAs, MnGa)**, dobrze znany rozcieńczony półprzewodnik ferromagnetyczny (DFS) o temperaturze Curie ( $T_c$ )  $\sim 190K$  (temp. powyżej, której ferromagnetyk traci swoje własności magnetyczne). W celu podwyższenia  $T_c$  i umożliwienia uzyskania właściwości ferromagnetycznych w temperaturze pokojowej zaproponowano wysokotemperaturowe wygrzewanie skutkujące powstawaniem w matrycy GaAs heksagonalnych wydzielen MnAs o  $T_c > 40^\circ C$ , w wyniku rozpadu spinodalnego (Ga,Mn)As. Właściwości takich nanostruktur o geometrii wurcytowych nanodrutów nie są jeszcze zbadane i zrozumiałe, głównie przez wzgląd na konfigurację krystalograficzną wurcytowego GaAs. W swojej pracy zamierzam odnieść się do analogicznych nanostruktur o symetrii blendy cynkowej w geometrii warstw.

Metoda badawcza, która zostanie użyta w moim eksperymencie to **transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM)**, pozwalająca na obrazowanie próbki w czasie rzeczywistym z rozdzielczością atomową. TEM jest potężnym urządzeniem o wszechstronnych możliwościach badawczych, a techniki bazujące na TEM’ie są nieustająco intensywnie ulepszone i rozwijane. Taką techniką jest m.in. **wygrzewanie in-situ**, które będę wykorzystywać do obserwacji zmian w strukturze wewnątrz i na granicach powłok pojedynczych nanodrutów pod wpływem temperatury. Zamierzam też sprawdzić, jak zmieniają się materiały budujące nanodruły pod wpływem temperatury i pola magnetycznego, wykorzystując do tego tryb mikroskopii Lorentza, który umożliwia zmianę wartości i kierunku pola magnetycznego w obszarze badanej próbki. W przypadku nanodrutów z wieloma otoczkami, wygrzewanie ex-situ skutkowało powstaniem superparamagnetycznych obiektów. Spodziewam się, że po zajściu przemiany fazowej w silnym polu magnetycznym (soczewki obiektywu mikroskopu) uda się uporządkować momenty magnetyczne nanowydzielen i otrzymać materiał o własnościach ferromagnetyka.

Dzięki użyciu holografii elektronowej oraz techniki DPC (Differential Phase Contrast) będę w stanie **skorelować strukturę atomową nanodrutów z ich właściwościami magnetycznymi**, co nie jest – możliwe do zbadania przy użyciu innych metod. Ponadto, z racji występowania związków intermetalicznych nanodruły prawdopodobnie będą przejawiać własności magneto-plazmonowe, które chcielibyśmy sprawdzić podczas analizy widm strat energii elektronów (EELS) oraz widm emitowanego światła (katodoluminescencji w TEM).