

AlGa_NMn - nowatorski półprzewodnik III-N dla elektroniki nowej generacji - ANGEL

Niedawny postęp technologiczny uwypuklił potrzebę szybszych i bardziej wydajnych urządzeń elektronicznych. W związku z tym coraz więcej uwagi poświęca się rozwijającej się dziedzinie spintroniki i badaniu nowych możliwości istniejących już materiałów, które mają fundamentalne znaczenie dla elektroniki. Urządzenia, które reagują zarówno na słabe pola magnetyczne, jak i elektryczne, przodują w tworzeniu innowacyjnych detektorów, źródeł światła i tranzystorów o wysokiej ruchliwości elektronów. W tym kontekście elektronika spinowa odgrywa kluczową rolę w rozwoju elektroniki nowej generacji. Obecnie rozrzedzane półprzewodniki magnetyczne (DMS) stanowią obiecującą drogę do rozwoju funkcjonalności spintronicznych, które są niezbędne dla rozwoju elektroniki. Heterostruktury domieszkowane metalami przejściowymi (TM) i oparte na półprzewodnikach III-N, w szczególności AlGa_NMn, spełniają wymagania posiadania szerokiej przerwy energetycznej (3.4 eV – 6.2 eV dla AlGa_N – dopasowanej do zawartości % Al.) w porównaniu z GaN (3.4 eV), co jest niezbędne z punktu widzenia elementów elektroniki mocy i urządzeń pracujących w wysokiej temperaturze. Dotychczas tylko nieliczne prace dotyczyły wzrostu struktur AlGa_NMn z wykorzystaniem technik takich jak epitaksja z fazy gazowej z użyciem związków metaloorganicznych (MOVPE), epitaksja z wiązek molekularnych z źródeł gazowych (GSMBE) czy implantacja jonowa. Jednakże, jak dotąd brak jest doniesień o wzroście tego typu struktur z zastosowaniem epitaksji z wiązek molekularnych wspomaganej plazmą (PA-MBE), co stanowi nowatorski i przełomowy aspekt niniejszego projektu.

W ramach projektu „*AlGa_NMn – nowatorski półprzewodnik III-N dla elektroniki nowej generacji*” dążymy do opracowania zaawansowanych struktur półprzewodnikowych na bazie Al_xGa_{1-x}N rozrzedzanych manganem, wzrastanych metodą PA-MBE. Technika ta umożliwia atomowo precyzyjne kontrolowanie składu i domieszkowania w warunkach dalekich od równowagi termodynamicznej, co jest kluczowe dla precyzyjnego kształtowania właściwości materiału w skali nanometrycznej. Projekt zakłada kompleksowe badania właściwości strukturalnych, optycznych, elektrycznych i magnetycznych opracowanych struktur, w celu zrozumienia fundamentalnych mechanizmów fizycznych leżących u podstaw ich zachowania. Poprzez zastosowanie zaawansowanych metod charakteryzacji, w tym SEM, TEM, AFM, XPS, UPS, SIMS oraz HR-XRD do analizy strukturalnej i powierzchniowej, a także PL, CER, PR, magnetometrii SQUID i pomiarów efektu Halla do właściwości funkcjonalnych, jak również metod opartych na promieniowaniu synchrotronowym, takich jak XAFS, ustalimy bezpośrednie korelacje między warunkami wzrostu, cechami atomowymi i mikrostrukturalnymi a makroskopowymi parametrami istotnymi z punktu widzenia działania urządzeń.

Zakładane rezultaty projektu obejmują:

- ❖ określenie optymalnych warunków wzrostu zapewniających jednorodne wprowadzenie Mn do warstw AlGa_N;
- ❖ opracowanie wysokiej jakości warstw epitaksjalnych o właściwościach odpowiednich do integracji ich do tranzystorów HEMT i urządzeń spintronicznych.

Ostatecznie badania przyczynią się do rozwoju nowej klasy rozrzedzonych półprzewodników magnetycznych o szerokiej przerwie energetycznej, które mogą znaleźć zastosowanie w energooszczędnej i wysokowydajnej elektronice oraz umożliwić poprawę funkcjonalności wykraczające poza ograniczenia konwencjonalnych urządzeń opartych wyłącznie na ładunku elektrycznym. **Projekt ANGEL stanowi kluczowy krok w kierunku realizacji skalowalnych technologii spintronicznych i energoelektronicznych nowej generacji.** Poprzez dogłębne badania zamierzamy określić, czy możliwe jest uzyskanie jednorodnych strukturalnie warstw krystalicznych AlGa_N zawierających Mn na poziomie porównywalnym lub lepszym niż w dobrze już zbadanym systemie GaMnN. Równoległym celem jest ocena, czy właściwości strukturalne, elektryczne i magnetyczne struktur AlGa_NMn mogą przyczynić się do poprawy parametrów pracy urządzeń, takich jak zwiększona sprawność czy wydłużona stabilność działania, w szczególności w przypadku urządzeń opartych na Al, w tym tranzystorów HEMT.