

## **Monolityczna integracja nadprzewodników i półprzewodników na platformie azotkowej.**

Azotki z grupy III-N takie jak GaN, AlN, InN tworzą rewolucyjną rodzinę półprzewodnikową porównywalną do krzemu. Rozwój azotkowych urządzeń elektronicznych i optoelektronicznych sprawia, że GaN staje się podstawowym półprzewodnikiem w wielu zastosowaniach: począwszy od emiterów światła do tranzystorów wysokoczęstotliwościowych. Z drugiej strony azotek niobu jest jednym z najważniejszych technologicznie klasycznych nadprzewodników. Należy on również do rodziny azotków i używany był w wielu przyrządach takich jak nadprzewodzące obwody wysokoczęstotliwościowe, magnetometry SQUID, złącza Josephsona, detektory pojedynczych fotonów dla kwantowej telekomunikacji i astronomii. NbN dla tych zastosowań наносzony był metodą magnetronowego napyłania na różnych podłożach. Ostatnio pokazano, że możliwe jest epitaksjalne nanoszenie warstw GaN, AlN oraz NbN w jednym epitaksjalnym procesie metodą epitaksji z wiązek molekularnych (PAMBE z ang. Plasma Assisted Molecular Beam Epitaxy) na podłożach SiC. Azotek niobu krystalizuje w strukturze heksagonalnej (NbN, Nb<sub>2</sub>N) lub kubicznej (NbN). Stałe sieci fazy kubicznej i heksagonalnej NbN są bardzo bliskie stałej sieci AlN, co powinno umożliwić epitaksjalny wzrost wysokiej jakości heterostruktur III-N/NbN dla urządzeń takich jak: obwody do manipulacji na q-bitach oparte o złącza Josephsona w komputerach kwantowych, nadprzewodzące bezstratne mikrofalowe rezonatory, lasery na złączach Josephsona czy nadprzewodzące detektory pojedynczych fotonów. Są to elementy potrzebne do zbudowania nowych systemów dla kwantowej informacji. Dużym przełomem byłaby możliwość połączenia własności półprzewodników z tymi cechami które oferują nadprzewodniki na jednej platformie epitaksjalnej. Z tego powodu dla przyszłych zastosowań niezwykle istotna będzie epitaksjalna integracja nadprzewodnikowego NbN z półprzewodnikami azotkowymi III-N w ramach jednej technologii epitaksji z wiązek molekularnych (PAMBE).

W ramach tego Projektu proponujemy zbadanie mechanizmu wzrostu warstw NbN na wysokiej jakości podłożach GaN oraz AlN metodą PAMBE. Do tej pory nie ma doniesień na temat epitaksji PAMBE na takich podłożach. Wzrost NbN głównie wykonywany będzie w warunkach bogatych w azot na podłożach o dużej dezorientacji (tj. dużym kącie ścięcia między płaszczyznami atomowymi i powierzchnią kryształu) rzędu 2-7 stopni. Kontrola wzrostu na poziomie pojedynczych warstw atomowych w metodzie PAMBE sprawia, że międzypowierzchnia nadprzewodnik-półprzewodnik NbN/III-N powinna być atomowo gładka. Wpłynie to w istotny sposób na działanie wszystkich nadprzewodnikowych urządzeń. W ramach Projektu zbadamy również możliwość wytwarzania stopów GaNbN i supersieci NbN/III-N. Zbadanie parametrów wytwarzanych warstw NbN oraz wertykalnych złącz Josephsona pozwoli na określenie podstawowych parametrów takich jak temperatura przejścia do nadprzewodnictwa w NbN czy droga dyfuzji par Coopera w azotkach.

Wertykalna integracja nadprzewodników z półprzewodnikami umożliwi zbudowanie nowych systemów dla kwantowej informacji: komputerów kwantowych, detektorów pojedynczych fotonów, emiterów splątanych fotonów dla kwantowej kryptografii. Pozwoli także na badanie nowych efektów fizycznych w których istotną rolę odgrywają nowe quasi-cząstki takie jak fermiony Majorany.