

Głównym celem projektu są badania efektu lawinowego i próba potwierdzenia możliwości uzyskania wzmocnienia prądowego na poziomie > 50 i szumu nadmiarowego < 2 w testowych przyrządach (na bazie materiałów z grupy III-V) optymalizowanych na długofalowy zakres promieniowania podczerwonego (długość fali odcięcia, $\lambda_c \geq 8 \mu\text{m}$) chłodzonych 4- ($T > 190 \text{ K}$) i 2- stopniowymi chłodziarkami termoelektrycznymi. Badania będą obejmowały próbę ustalenia architektury detektora lawinowego i opracowania technologii wytwarzania długofalowej detekcyjnej struktury lawinowej, w szczególności wzrost warstw III-V (objętościowy InAsSb i supersieci II-rodzaju InAs/GaSb, InAs/InAsSb), który będzie prowadzony na podłożach GaAs (technologia MBE) oraz *processing* warstw i przyrządów. W ramach realizacji projektu planujemy odpowiedzieć na pytanie - czy możliwe jest uzyskanie wzmocnienia prądowego na poziomie > 50 w wysokotemperaturowych warunkach pracy (HOT - *higher operating temperature*) i jakie czynniki muszą być spełnione i które z nich mają decydujący wpływ na efekt lawinowy w analizowanych materiałach i wysokotemperaturowych fotodiodach długofalowych. Należy podkreślić, że wyższe osiągi detektora lawinowego pracującego w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego (wzmocnienie) można uzyskać poprzez dobór właściwego materiału, wprowadzenie odpowiednich zmian w architekturze detektora, w szczególności w obszarze aktywnym i obszarze powielania lawinowego oraz poprawie procedury wzrostu i *processingu*.

Dlaczego materiały III-V dla długofalowych wysokotemperaturowych detektorów lawinowych? Grupa związków III-V pozwala pokryć najbardziej istotny zakres promieniowania podczerwonego w zakresie od 1.3 do 16 μm . Istniejąca asymetria pomiędzy masami efektywnymi elektronów i dziur w pasmach przewodnictwa i walencyjnym pociąga za sobą asymetrię we współczynnikach jonizacji odpowiednio elektronów i dziur. Wysoki współczynnik wzmocnienia i niski poziom szumu można uzyskać w przypadku zainicjowania powielania lawinowego przez jeden rodzaj nośników - elektrony lub dziury. Obecnie, najwyższe osiągi w przypadku detektorów lawinowych pracujących w długofalowym zakresie uzyskuje się dla temperatur $T = 77 \text{ K}$. Wierzmy, że symulacje numeryczne pozwolą wybrać odpowiedni materiał i zaprojektować optymalny długofalowy detektor lawinowy pracujący bez chodzenia kriogenicznego. W kolejnym etapie realizacji projektu będą wyznaczone parametry technologiczne konieczne do osadzania zaprojektowanych struktur. Następnie zaprojektowane detekcyjne struktury lawinowe będą osadzone techniką MBE (na podłożach GaAs), co pozwoli przygotować analizę porównawczą konkurencyjnych do siebie technologii warstw epitaksjalnych materiałów III-V. W kolejnym etapie, osadzone heterostruktury będą charakteryzowane przy pomocy klasycznych metod wykorzystywanych w technice podczerwieni. Parametry elektryczne i optyczne lawinowych struktur detekcyjnych będą wyznaczone i szacowane. Wyniki charakteryzacji detektorów lawinowych zostaną wykorzystane w procesie optymalizacji i poprawy ich osiągnięć poprzez wprowadzenie zmian w architekturze przyrządów (geometrii obszaru aktywnego, obszaru powielania, warstw kontaktowych, warstw przejściowych pod kątem składu chemicznego i domieszkowania). Struktury lawinowe są użyteczne przy wykrywaniu sygnałów optycznych o małej mocy, gdzie wymagana jest wysoka szybkość działania, wysoka czułość i wydajność kwantowa.

Detektory lawinowe można wykorzystać w systemach LIDAR/LADAR i do bezprzewodowej łączności optycznej, gdzie zakres długofalowy jest bardziej korzystny niż krótko- i średniofalowy. Dodatkowo dwa dominujące efekty rozpraszania: Rayleigha and Mie są ograniczone w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego. Pomimo wielu potencjalnych zastosowań, gdzie detektory lawinowe mogą znaleźć zastosowanie, jednym z fundamentalnych ograniczeń jest konieczność chłodzenia tych detektorów do temperatury ciekłego azotu. Aby spełnić warunki SWAP (*size weight and power*) należy zwiększyć temperaturę pracy detektora lawinowego do poziomu 4- i 2- stopniowej chłodziarki termoelektrycznej.

Zadania zaplanowane do realizacji w projekcie są zadaniami nowymi i oryginalnymi w stosunku do obecnie realizowanych. Zwiększenie długości fali odcięcia do zakresu długofalowego (8 μm) i ograniczenie chłodzenia ciekłym azotem pozwoli zwiększyć zakres potencjalnych zastosowań detektorów lawinowych - szczególnie tam gdzie chłodzenie LN₂ trudno zastosować.