

Dlaczego wykrywanie metanu? Wykrywanie i analiza poziomu zawartości metanu w wydychanym powietrzu jest istotnym narzędziem do monitorowania stanu zdrowia pacjenta. Dodatkowo, detekcja metanu ma również duże znaczenie w przemyśle, gdzie można wykrywać niepożądane nieszczelności. Podczas gdy normalna zawartość metanu w powietrzu atmosferycznym kształtuje się na poziomie 1900 cząsteczek na miliard, pokazano, że koncentracja metanu w wydychanym powietrzu (dla zdrowej osoby) wynosi 3000–8000 cząsteczek na miliard. Wyższe wartości mogą wskazywać na problemy z florą bakteryjną w jelitach. Obecnie przyrządy do wykrywania metanu w znaczącej większości działają w średniofalowym (3–5 μm) zakresie promieniowania podczerwonego. W proponowanym przez nas podejściu będziemy próbowali zbadać możliwość wykrywania metanu w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego, ze względu na występowanie charakterystycznych linii absorpcyjnych metanu dla długości fali $\sim 8 \mu\text{m}$. Co więcej, w długofalowym zakresie nie obserwuje się silnych interferencji z liniami absorpcyjnymi innych związków w szczególności H_2O i CO_2 . Dodatkowo, dwa główne mechanizmy rozpraszające promieniowanie, procesy Rayleigha i Mie są ograniczone w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego w stosunku do zakresu średniofalowego. Oczekujemy, że rozwój technologii materiałów objętościowych $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ ($\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$) i ich supersieci (II rodzaju) w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego pozwoli opracować strukturę detekcyjną charakteryzującą się wysoką szybkością działania i pracującą w temperaturach równych lub wyższych temperaturze pokojowej. Szacowania teoretyczne wskazują, że korzystne własności supersieci jako nowego materiału mogą być z powodzeniem wykorzystane w strukturach, których specjalna konstrukcja pozwala zwiększyć temperaturę pracy. Detektory z unipolarną barierą ograniczającą transport nośników w paśmie przewodnictwa dają taką możliwość.

Głównym celem projektu są badania nad fundamentalnymi zjawiskami fotoelektrycznymi determinującymi szybkość działania i nie ograniczającymi wykrywalności detektora. Dodatkowo, zajmiemy się projektowaniem architektury detektora, numerycznym modelowaniem zjawisk i wzrostem struktur barierowych pracujących w temperaturze $\geq 300 \text{ K}$ z materiałów $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ (objętościowy) w pierwszym etapie projektu i supersieci-II rodzaju InAs/GaSb i $\text{InAs}/\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ w drugim etapie przy wykorzystaniu techniki epitaksji z wiązek molekularnych. Ponadto, w prezentowanym projekcie skupimy się na próbie określenia długofalowej barierowej struktury detekcyjnej i opracowaniem jej technologii na bazie materiałów z grupy $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ pracującej w temperaturze pokojowej lub wyższej charakteryzującej się krótkimi stałymi czasowymi i wysoką wykrywalnością. Opracowane detektory planujemy użyć do wykrywania metanu w systemie detekcyjnym pracującym w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego. Projekt będzie miał duże znaczenie poznawcze w rozwoju zarówno teorii i technologii nowego typu barierowych detektorów podczerwieni charakteryzujących się wysokimi szybkościami odpowiedzi bez ograniczania wykrywalności i w możliwej implementacji tych detektorów do systemu do wykrywania metanu w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego. Dwa parametry detektorów - szybkość działania i wykrywalność konkurują ze sobą, co oznacza, że maksymalizacja wykrywalności ogranicza szybkość działania i odwrotnie. Wierzmy, że struktury barierowe pozwolą nam zaprojektować wysokotemperaturowy i długofalowy detektor charakteryzujący się wykrywalnością $\geq 10^9 \text{ cmHz}^{1/2}/\text{W}$ ($T = 300 \text{ K}$). Dodatkowo, wykrywalność będzie zwiększana poprzez zastosowanie soczewki immersyjnej z GaAs , co pozwoli maksymalizować szybkość działania.

Badania w projekcie będą obejmowały:

- 1) oszacowanie osiągow detektora barierowego pracującego w długofalowym zakresie do detekcji metanu;
- 2) symulacje numeryczne - projektowanie barierowej struktury detekcyjnej z materiałów $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ (objętościowy) i supersieci-II rodzaju InAs/GaSb i $\text{InAs}/\text{InAsSb}$;
- 3) osadzanie opracowanych struktur barierowych z materiałów $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$ (objętościowy) i supersieci-II rodzaju InAs/GaSb i $\text{InAs}/\text{InAsSb}$ techniką epitaksji z wiązek molekularnych i wstępna charakteryzacja materiału;
- 4) *processing* detektorów barierowych z materiałów $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ objętościowych i supersieci-II rodzaju InAs/GaSb i $\text{InAs}/\text{InAsSb}$ (*processing* - formowanie soczewki imersyjnej z GaAs);
- 5) charakteryzacja detektorów: pomiary szybkości działania i wykrywalności, czułości, charakterystyk I - V i C - V ;
- 6) testy detektorów w systemie do detekcji metanu pracującym w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego.