

STRESZCZENIE

Motywacją wyboru tematyki badań przedstawionych w niniejszej rozprawie było powszechne dążenie zarówno producentów, jak i użytkowników do zwiększenia temperatury pracy detektorów podczerwieni. Badania te dotyczyły technologii zaawansowanych przyrządów, jakimi są międzypasmowe detektory kaskadowe z absorberami wykonanymi z supersieci II rodzaju.

Struktury kaskadowe stanowią alternatywę dla konwencjonalnych przyrządów detekcyjnych z pojedynczym absorberem. W międzypasmowym przyrządzie kaskadowym elektrony muszą być kilkakrotnie wzbudzone przez padające fotony, aby mogły dotrzeć do kontaktu. Chociaż jest to sprzeczne z intuicją, taki rodzaj transportu jest korzystny zarówno w technologii konwersji energii, jak i detekcji promieniowania. W szczególności, międzypasmowa architektura kaskadowa jest przydatna do poprawy właściwości optoelektronicznych przyrządów o wąskiej przerwie energetycznej działających w warunkach wysokotemperaturowych. Dzięki dużej szybkości działania mogą stanowić nową ścieżkę rozwoju przyrządów telekomunikacyjnych bazujących na systemach kwantowych.

Celem rozprawy była teoretyczna i eksperymentalna analiza wpływu technologii i konstrukcji międzypasmowych detektorów kaskadowych na ich wysokotemperaturowe parametry detekcyjne.

W pracy pokazano w jaki sposób standardowe równania transportu półprzewodników objętościowych można rozszerzyć na przyrządy wielostopniowe wykonane z supersieci. Teorię tą zastosowano następnie w celu poprawy parametrów detekcyjnych, którą można uzyskać dzięki zastosowaniu wielostopniowej struktury kaskadowej. W pracy przeanalizowano dwie architektury detektorów kaskadowych: z identycznymi stopniami kaskady oraz z absorberami z zmienną grubością, dobraną tak, aby zapewnić jednakowe wydajności kwantowe w każdym stopniu kaskady. Optymalizując liczbę stopni w kaskadzie w zależności od wartości współczynnika absorpcji i grubości absorbera pokazano, że detektory wielostopniowe mogą osiągnąć wysoką czułość przy jednoczesnym zapewnieniu szybkiej reakcji czasowej. Architektura kaskadowa okazała się również przydatna do poprawy czułości detektorów pracujących w wysokich temperaturach, w szczególności, jeśli wydajność kwantowa jest ograniczona niską wartością długości drogi dyfuzji nośników. Uzyskane

teoretycznie osiągi analizowanych przyrządów kaskadowych były weryfikowane z danymi literaturowymi.

W części doświadczalnej przedstawiono budowę oraz wyniki pomiarów parametrów optycznych i elektrycznych międzypasmowych detektorów kaskadowych wykonanych z warstw epitaksjalnych osadzonych w Center for High Technology Materials w Albuquerque oraz School of Electrical and Computer Engineering w Norman. Detektory te miały absorbery zbudowane z supersieci II rodzaju InAs/GaSb. Przeanalizowano zarówno detektory z kaskadami o równej, jak i zmiennej grubości absorberów w kolejnych stopniach. Długofalowe granice czułości badanych detektorów znajdowały się zarówno w obszarze średniej jak i dalekiej podczerwieni. Zidentyfikowano mechanizmy ograniczające osiągi parametrów badanych przyrządów. Prądy ciemne wszystkich struktur ograniczone były przez efekty upływności powierzchniowej. Czułość oraz wykrywalność znormalizowana przyrządów wielostopniowych w temperaturze pokojowej okazała się wyższa niż konwencjonalnych przyrządów jednostopniowych. Wykazano, że detektory wielostopniowe wykorzystujące cienkie absorbery mają dużo większe wartości R_0A w długofalowym zakresie promieniowania podczerwonego od detektorów pojedynczych, co pozwala na zachowanie wymaganych parametrów detekcyjnych w zakresie temperatur od 230 K do 380 K. Daje to bezpośredni dowód na przydatność tych detektorów w systemach wymagających zwiększonej temperatury pracy.

Zidentyfikowane ograniczenia parametrów międzypasmowych detektorów kaskadowych mają charakter niefundamentalny i mogą być wyeliminowane poprzez udoskonalanie technologii wzrostu struktury i procesów technologicznych związanych z formowaniem przyrządu.