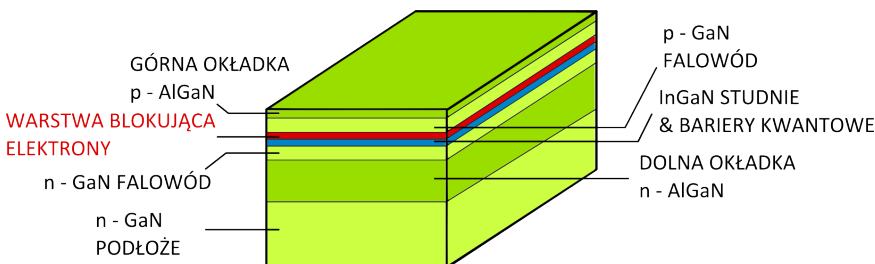


Cel projektu

Półprzewodnikowe diody laserowe (ang. LD – laser diodes) mają niezwykle szerokie i różnorodne pole zastosowań (przechowywanie danych, detektory, spektroskopia, itd.). Aby poprawić jakoś wykorzystujących je urządzeń, niezbędna jest optymalizacja struktury lasera. Głównym celem tego projektu jest zwiększenie wydajności lasera poprzez modyfikację warstwy odpowiedzialnej za zmniejszenie ucieczki elektronów z obszaru aktywnego, zwanej EBL (ang. EBL – electron blocking layer). W ramach projektu zaprojektujemy i wytworzymy serie azotkowych diod laserowych o nowej strukturze EBLu i zbadamy jego wpływ na dynamikę procesów transportu nośników. Warstwa blokująca ucieczkę elektronów jest umieszczona blisko warstwy aktywnej od strony warstwy o przewodnictwie typu p, jak pokazano na rysunku 1.



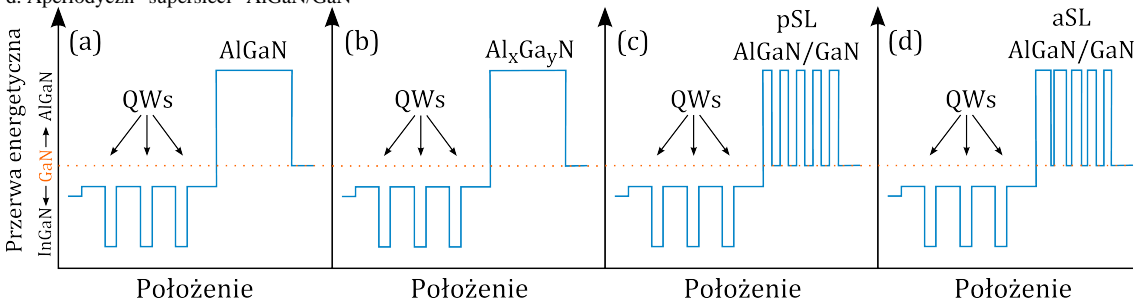
Rys. 1 Schemat struktury epitaksjalnej azotkowej diody laserowej.

W azotkowych przyrządach optoelektronicznych istnieje duża dysproporcja w ilości wolnych dziur i elektronów, wynikająca z samokompensacji akceptorów, ich wysokiej energii jonizacji oraz niżej ruchliwości i wyższej masy dziur. W rezultacie często występują problemy z niewystarczającą ilością wolnych dziur i ich niewydajnym wstrzykiwaniem do studni kwantowych. Biorąc pod uwagę ucieczkę elektronów z obszaru aktywnego, skutkuje to wzrostem rekombinacji niepromienistej i spadkiem mocy optycznej przyrządu. Rolą EBLu jest zminimalizowanie tych szkodliwych efektów i poprawa podstawowych parametrów lasera. Tradycyjnie warstwa blokująca elektrony ma postać cienkiej warstwy AlGaIn (rys. 2a). W ramach tego projektu porównamy efektywność takiej warstwy z trzema innymi konstrukcjami EBLu (rys. 2b, 2c, 2d):

b. Cienką warstwę AlGaIn z gradientowym składem Al

c. Periodyczną supersieć AlGaIn/GaN

d. Aperiodyczną supersieć AlGaIn/GaN



Rys. 2 Uprozczone schematy struktury pasmowej dla zaproponowanych warstw blokujących elektrony.

Badania podstawowe zaproponowane w projekcie:

W ramach tego projektu wykonane zostaną badania podstawowe dotyczące:

- Mechanizmów transportu nośników w różnych strukturach azotkowych, a w szczególności:

a) Wpływu wewnętrznych naprężeń i ładunku polaryzacyjnego wynikających z niedopasowania sieciowego warstw na transport dziur

b) Wpływu temperatury na ucieczkę elektronów z obszaru aktywnego azotkowych diod laserowych

c) Wpływu struktury pasmowej warstwy blokującej elektrony na transport nośników (wstrzykiwanie dziur i blokowanie elektronów)

- Efektywność domieszkowania na typ p różnych struktur warstwy blokującej elektrony

W projekcie zaproponowane są eksperymenty, których analiza pozwoli na lepsze zrozumienie wymienionych zagadnień. Zaprojektowane i wytworzone struktury laserowe zostaną scharakteryzowane w dwóch etapach. W pierwszym etapie określona zostanie jakoś niesprocesowanych struktur laserowych za pomocą różnych technik mikroskopowych (TEM, EBIC-SEM). Wyznaczony zostanie także poziom domieszkowania na typ p przy użyciu techniki SIMS.

W drugim etapie charakteryzacji zależność mocy optycznej od prądu dla sprocesowanych przyrządów posłuży do wyznaczenia podstawowych parametrów laserów, jak prąd progowy i sprawność różniczkowa. Zbadana zostanie także stabilność termiczna diod laserowych. Zaproponowane pomiary umożliwią wyznaczenie efektywności wstrzykiwania dziur i termicznej ucieczki elektronów ze studni kwantowych, a tym samym skuteczności działania różnych struktur EBLu.

Powody podjęcia danej tematyki badawczej

Warstwa blokująca elektrony jest istotnym elementem diody laserowej, mającym bezpośredni wpływ na ilość radiacyjnej i nieradiacyjnej rekombinacji nośników w strukturze. Obecnie warstwa blokująca elektrony jest dobrze zoptymalizowana dla diod elektroluminescencyjnych, które działają w znacznie niższym zakresie prądów niż diody laserowe. Dlatego jest to konieczne do osiągnięcia akcji laserowej skutkującej większym prądem ucieczki, co wymaga znacznie lepiej działającej warstwy blokującej elektrony. Dodatkowym wyzwaniem jest konstrukcja EBLu nie zaburzająca ograniczenia optycznego w obszarze aktywnym.

Liczne próby optymalizacji warstwy blokującej elektrony zostały opisane przez różne grupy badawcze. W celu zmniejszenia wewnętrznych naprężeń i wydajniejszego domieszkowania na typ p zaproponowano wiele konstrukcji EBLu. Całkiem wydajna, a przez to często stosowana, stała się warstwa blokująca elektrony z gradientowym bądź skokowym profilem składu Al. Udowodniono także, że czterokładnikowy EBL z AlInGaIn zapewnia lepsze ograniczenie elektronów w obszarze aktywnym lasera. Eksperymentem z EBLem w postaci wielu barier kwantowych wykazały, że wykorzystując je przyrządy charakteryzują się nie tylko lepszymi parametrami, lecz także wyszły stabilności termicznej.

Mimo opisanych prób optymalizacji, wciąż pozostaje wiele niejasności dotyczących działania EBLu, co wskazuje na potrzebę lepszego zrozumienia jego wpływu na procesy transportu nośników. Według badań, niewielka modyfikacja struktury i domieszkowania warstwy skutkuje znaczącymi zmianami w podstawowych parametrach lasera. Wciąż optymalizowane struktury laserowe wymagają nowego podejścia do warstwy blokującej elektrony, które zostanie zrealizowane w tym projekcie, dzięki wciąż ulepszającym procesom wzrostu i badaniom struktur.