

Wrocław, dnia 7.06.2022

Mikołaj Badura

imię i nazwisko kandydata


STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

NA TEMAT: „Opracowanie technologii związków półprzewodnikowych na bazie InP do konstrukcji kwantowego lasera kaskadowego”

Kwantowe lasery kaskadowe QCL (ang. *quantum cascade lasers*) należą obecnie do najbardziej zaawansowanych konstrukcyjnie emiterów promieniowania opartych na zjawiskach wewnątrzprasmowych, których rdzeń (obszar aktywny) składa się z setek, a nawet tysięcy warstw o grubościach sub-nanometrowych. Kwantowe lasery kaskadowe stanowią podstawę wielu aplikacji jak: detekcja niebezpiecznych gazów, spektroskopia w podczerwieni, diagnostyka medyczna, łączność optyczna w otwartej przestrzeni, bramki bezpieczeństwa. Przedstawiona rozprawa doktorska odpowiada na wspomniane zapotrzebowanie współczesnego rynku. Omówiono w niej opracowaną technologię krystalizacji elementów składowych lasera QCL, na bazie układu materiałowego InGaAs/AlInAs/InP, stosując metodę epitaksji z fazy gazowej z użyciem związków metaloorganicznych przy obniżonym ciśnieniu LP-MOVPE (ang. *low pressure metalorganic vapour phase epitaxy*).

W pracy opisano badania nad epitaksjalnym wzrostem warstw, wchodzących w skład różnych obszarów lasera kaskadowego. Grube, kilkumikrometrowe warstwy InP domieszkowane krzemem na typ n stanowiły płaszcz falowodu lasera, zapewniając uwięzienie modu podstawowego wewnątrz struktury rdzenia. Zbadano wpływ opracowanych warstw ograniczających InP:Si (*claddingów*), osadzonych techniką LP-MOVPE, na parametry lasera referencyjnego, wykonanego całkowicie metodą epitaksji z wiązek molekularnych MBE (ang. *molecular beam epitaxy*) w zespole prof. Macieja Bugajskiego (obecnie Sieć Badawcza Łukasiewicz Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki w Warszawie). Uzyskano 1,5-krotny spadek prądu progowego oraz wzrost emitowanej mocy optycznej o rząd wielkości, z kilkuset mW do ponad 2,5 W. Zbadano i zdefiniowano parametry krystalizacji supersieci InGaAs/AlInAs. Opracowaną technologię osadzania sub-nanometrowych warstw zastosowano przy krystalizacji rdzenia lasera kaskadowego. Dodatkowo, przedmiotem badań było opracowanie wysokorezystywnych warstw InP kompensowanych żelazem (InP:Fe) do zaawansowanej konstrukcji lasera kaskadowego z zagrzebaną heterostrukturą BH-QCL. Zastosowanie opracowanej technologii w strukturach przyrządowych laserów QCL poprawiło skuteczność odprowadzenia ciepła z obszaru rdzenia, co umożliwiło 50-krotne wydłużenie impulsu zasilającego przy jednoczesnym wzroście emitowanej mocy optycznej.

Wynikiem przeprowadzonych w pracy badań było opracowanie technologii krystalizacji całej struktury epitaksjalnej kwantowego lasera kaskadowego przy użyciu techniki LP-MOVPE. Dodatkowym wkładem Autora rozprawy było opracowanie i wytworzenie zwierciadeł Bragga na średnią podczerwień, na bazie heterostruktury AlAs/GaAs oraz InGaAs/InP. Zostaną one zastosowane w nowatorskiej konstrukcji kwantowego lasera kaskadowego z pionową wnęką rezonansową o emisji powierzchniowej QC-VCSEL (ang. *Quantum-Cascade Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser*), co nie jest możliwe w klasycznej konstrukcji z powodu fundamentalnych wymagań kwantowo-mechanicznych.


.....
podpis doktoranta