

Ernest Rogowicz

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.

„Badanie dynamiki wzbudzeń w półprzewodnikach i ich niskowymiarowych strukturach w bliskiej i średniej podczerwieni”

Półprzewodnikowe układy materiałowe z niewielką frakcją bizmutu i cyny, jak np.: Ga(Sb, Bi) czy GeSn, emitujące w zakresie bliskiej i średniej podczerwieni stanowią w ostatnich latach przedmiot intensywnych badań ze względu na interesujące właściwości fizyczne. Mogą one znaleźć zastosowanie jako części aktywne emiterów światła, przez co mogą stanowić alternatywę lub uzupełnienie dla obecnie wykorzystywanych technologii półprzewodnikowych emitujących we wspomnianych zakresach spektralnych.

Pomimo dużego zainteresowania tego typu układami materiałowymi i znacznej liczby publikacji, demonstrujących ich właściwości optyczne, wciąż wiedza na temat dynamiki relaksacji wzbudzeń optycznych i jej parametrów w tych układach materiałowych jest znikoma. Niniejsza dysertacja ma na celu zapełnienie luki w dostępnej wiedzy. W tym celu wykonano badania studni kwantowych Ga(Sb, Bi)/GaSb, (Ga, In)(Sb, Bi)/GaSb oraz cienkich warstw GeSn przy wykorzystaniu dwóch komplementarnych rozdzielczych w czasie technik spektroskopowych: odbicia przejściowego w konfiguracji pompa-sonda, oraz rozdzielczej w czasie fotoluminescencji. Interpretację procesów dynamicznych wsparto danymi doświadczalnymi pochodzącymi z eksperymentów kwazi-stacjonarnych, takich jak fotoodbicie, fotoluminescencja, spektroskopia Ramana, transmisyjna mikroskopia elektronowa oraz wysokorozdzielcza dyfrakcja promieni X.

Do realizacji badań opisanych w dysertacji zbudowano warsztat eksperymentalny pozwalający na określenie dynamiki wzbudzeń optycznych w materiałach półprzewodnikowych i ich strukturach niskowymiarowych posiadających charakterystyczną przerwę energetyczną układu w zakresie energii odpowiadającym fotonom z bliskiej i średniej podczerwieni. Dodatkowo warsztat ten poszerzono o układ do diagnostyki impulsów laserowych w bliskiej i średniej podczerwieni.

Badania nad studniami kwantowymi Ga(Sb, Bi)/GaSb, (Ga, In)(Sb, Bi)/GaSb pozwoliły na wyznaczenie po raz pierwszy parametrów dynamiki procesów relaksacji wzbudzeń optycznych w tego typu studniach. Dla obu układów materiałowych wyznaczono wewnątrzpasmowy czas relaksacji do stanu podstawowego studni kwantowej oraz czas życia

wzbudzeń optycznych na stanie podstawowym studni. W przypadku układu materiałowego Ga(Sb, Bi)/GaSb zapostulowano brak wpływu rekombinacji bezpromienistej na czas życia wzbudzeń w studni kwantowej z uwagi na brak obserwacji silnej dyspersji czasu wzbudzeń i skalowania się czasu życia z szerokością studni. Postulat ten zweryfikowano negatywnie poprzez doświadczenie wyniesione z badań nad dynamiką wzbudzeń optycznych w studniach kwantowych (Ga, In)(Sb, Bi)/GaSb. W tym układzie materiałowym zaobserwowano silną zależność dyspersyjną czasów życia wzbudzeń, która ulega spłaszczeniu wraz ze zwiększeniem się frakcji bizmutu, co sugeruje rosnącą rolę centrów rekombinacji niepromienistej wraz z rosnącą zawartością Bi.

Natomiast w badaniach nad cienkimi warstwami GeSn stwierdzono, że emisja z warstw GeSn nie musi być związana z przejściem układu od charakteru II-typowego do charakteru I-typowego wraz ze wzrostem frakcji Sn. Wykazano, że obserwowana emisja jest efektywna również dla defektowych stanów zlokalizowanych poniżej przerwy energetycznej GeSn. Po raz pierwszy pokazano, że dynamika nośników ładunku w GeSn ma złożony charakter. Pokazano, iż relaksacja wewnątrzpasmowa w GeSn charakteryzuje się istnieniem co najmniej dwóch kanałów relaksacji: szybkiego, związanego z termalizacją nośników do dna pasm, oraz wolnego, który powiązano z zapostulowaną relaksacją nośników w obrębie przestrzennej fluktuacji przerwy energetycznej układu. Co więcej, wykazano, iż czas życia nośników ładunku dla stanów emitujących (defektowych) jest kontrolowany przez procesy rekombinacji Shockleya-Halla-Reada oraz prawdopodobnie przez rekombinację powierzchniową.