

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt. „Właściwości optyczne struktur półprzewodnikowych grupy III-V rozrzedzanych bizmutem”

W rozprawie doktorskiej, której dotyczy niniejsze streszczenie przedstawiono rezultaty badań oraz przeprowadzonych analiz i obliczeń, których celem było poznanie właściwości optycznych nowych związków półprzewodnikowych grupy III-V rozrzedzanych bizmutem. Z tego też względu skupiono się na takich aspektach jak wpływ bizmutu na strukturę pasmową, jego rola w przypadku procesów rekombinacji promienistej i niepromienistej oraz poznanie zależności temperaturowych przejść optycznych dla struktur półprzewodnikowych III-(V,Bi). Materiały te ze względu na swoje właściwości mogą znaleźć zastosowania w zakresie bliskiej oraz średniej podczerwieni. W pracy tej natomiast zbadano takie związki jak: GaSbBi, InPBi, InGaAsBi, InGaSbBi, AlGaSbBi oraz wielokrotne studnie kwantowe GaAsBi/GaAs.

W celu poznania wpływu bizmutu na strukturę pasmową związków półprzewodnikowych grupy III-V, do których jest on wprowadzany, przeprowadzone zostały pomiary optyczne (fotoodbicie i bezkontaktowe elektroodbicie) oraz obliczenia teoretyczne (teoria funkcjonału gęstości oraz model *kp*). Otrzymane wyniki porównano, co pozwoliło na stwierdzenie, że zarówno eksperyment jak i teoria prowadzą do takich samych wniosków jakościowych, tj. tendencji do redukcji przerwy energetycznej oraz wzrostu rozszczepienia spin-orbita przy zwiększaniu zawartości bizmutu. Natomiast w przypadku określenia w sposób ilościowy tych zjawisk ich wielkość zależna jest m.in. od różnicy wartości elektrycznej oraz promieni jonowych bizmutu oraz atomu, za który jest on podstawiany. Stwierdzono także, iż wprowadzanie atomów bizmutu modyfikuje zarówno pasmo walencyjne jak i przewodnictwa. Ponadto w przypadku badań dotyczących wielokrotnych studni kwantowych określono nieciągłości pasm na złączu GaAsBi/GaAs – dla pasma walencyjnego wynosi ona około 55%.

Badania poświęcone wpływowi temperatury na właściwości optyczne związków półprzewodnikowych III-(V,Bi) przeprowadzono przy wykorzystaniu techniki fotoodbicia na układzie eksperymentalnym wyposażonym w kriostat sprzężony z helową chłodziarką. Na podstawie tych pomiarów wyznaczono zależności temperaturowe przerwy energetycznej, przejścia E_{SO} oraz poszerzenia przejść optycznych. W przypadku związków gdzie atomy bizmutu są podstawiane za atomy antymonu stwierdzono, iż wielkość temperaturowej redukcji przerwy energetycznej, w rozważanym zakresie temperatur, jest nieznacznie mniejsza względem obserwowanej dla związków macierzystych – przykładowo dla GaSbBi jest to $\sim 70\text{meV}$ (dla GaSb 82meV). Co więcej rozpatrując wielkość poszerzeń przejść optycznych a mianowicie wyznaczone wartości parametru $\Gamma(0K)$, który utożsamiać można głównie z niejednorodnościami zawartości wykazano, że mieszanie ze sobą GaBi i GaSb

pozwała na otrzymanie związku o lepszej jakości niż ma to miejsce w przypadku mieszania GaBi z GaAs. Wynika to z faktu, iż atomy bizmutu oraz antymonu są bardziej podobne do siebie. Inaczej wygląda sytuacja, gdy atomy bizmutu podstawiane są za arsen. Dla tych materiałów (tj. (In)GaAsBi) wartości poszerzeń przejść optycznych są o rząd większe względem otrzymanych dla GaSbBi, co wynika z oraz równocześnie świadczy o większych niejednorodnościach zawartości. Natomiast w przypadku wielkości temperaturowej redukcji przerwy energetycznej także zaobserwowano jej nieznaczny spadek przy wprowadzaniu bizmutu do materiału macierzystego.

W przypadku badań poświęconych poznaniu właściwości emisyjnych materiałów III-(V,Bi) przeprowadzono pomiary widm fotoluminescencji w funkcji temperatury oraz mocy pobudzenia – dodatkowo dla struktur GaAsBi/GaAs MWQs wykorzystano technikę TRPL tj. czasowo – rozdzielczą fotoluminescencję. Badania te zostały wykonane dla związku GaSbBi oraz wielokrotnych studni kwantowych GaAsBi/GaAs – na ich podstawie zidentyfikowano dwa kanały emisji: (1) dominującą w niskich temperaturach emisję zlokalizowaną zachodzącą przy udziale pasma przewodnictwa oraz akceptorowych stanów defektowych; oraz (2) dominującą w wyższych temperaturach emisję zdelokalizowaną zachodzącą przy udziale pasma przewodnictwa i pasma walencyjnego bądź stanów związanych w studni kwantowej. Ponadto podkreślić tutaj należy, iż rekombinacja zlokalizowana zachodząca w warstwach GaSbBi przestaje być widoczna w niższych temperaturach względem związku GaAsBi.