

## Modelowanie kinetyki nośników ładunku i spinu w układach sprzężonych nanostruktur półprzewodnikowych

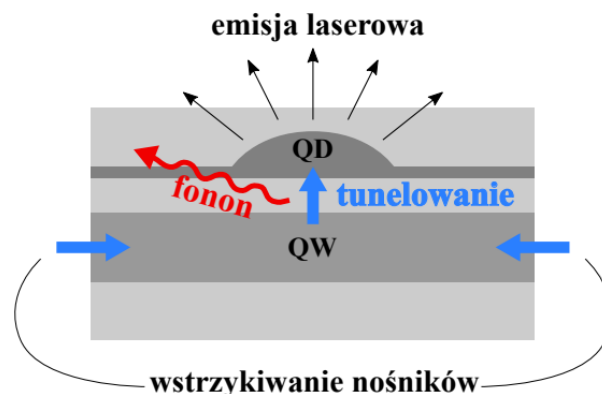
Adam Mielnik-Pyszczorski, Politechnika Wrocławska

W ramach pracy doktorskiej budowany jest teoretyczny opis oraz programy komputerowe do symulacji dynamiki elektronów oraz dziur w nanostrukturach półprzewodnikowych. Układy takie są intensywnie badanych w ostatnich latach oraz znajdują liczne zastosowania zarówno w eksperymentalnych badaniach podstawowych, jak i urządzeniach aplikacyjnych. Obiecujące są ich możliwe zastosowania w nanoelektronice, laserach o dużej szybkości modulacji (przełączania), kwantowych urządzeniach optycznych, detektorach, spintronice, czy też obliczeniach kwantowych (komputer kwantowy).

Jednym z przykładów urządzeń opartych o sprzężone nanostruktury są lasery zwane *Quantum Dot Laser* (QDL), w których element luminescencyjny stanowią kropki kwantowe. Przyrządy takie są pożądane szczególnie w zastosowaniach telekomunikacyjnych ze względu na swoje zalety. Kropki kwantowe posiadają niewielką objętość, wystarczy więc mały prąd zasilający, aby je naładować i uzyskać emisję laserową. Ze względu na silne zlokalizowanie nośników ładunku charakteryzują się także wysoką stabilnością temperaturową oraz wąską linią spektralną (wysoka monochromatyczność). Jednakże wykorzystanie QDL jest ograniczone ze względu na niską wydajność czasową wstrzykiwania nośników do kropek. Z tego powodu nie było możliwe uzyskanie lasera o dużej szybkości modulacji (częstotliwości pracy). W celu rozwiązania tego problemu zaproponowano wykorzystanie studni kwantowych, które łatwo pobudzać optycznie lub elektrycznie, w roli rezerwuaru nośników. Niedawne eksperymenty rzeczywiście pokazują wzrost wydajności wstrzykiwania nośników do obszaru aktywnego QDL wzbogaconego przez studnie kwantowe. Szybkość modulacji lasera zależy od wewnętrznej dynamiki elektronowej na poziomie kwantowym, w opisie której specjalizuje się grupa badawcza, do której należę.

Rozpatrywana w pracy doktorskiej struktura studni i pojedynczej kropki stanowi uproszczony schemat wspomnianego lasera i służy zbadaniu procesów iniekcji nośników oraz opracowaniu odpowiedniego modelu teoretycznego dla sprzężonych nanostruktur o różnej liczbie efektywnych wymiarów przestrzennych. Głównym założeniem tego projektu jest rozwinięcie opisu transferu nośników poza ograniczone modele dostępne w literaturze.

Wierzę, że moje badania przyczynią się do zrozumienia jakie procesy fizyczne odpowiadają za relaksację elektronów w opisywanych układach półprzewodnikowych oraz umożliwią zrozumienie dostępnych danych eksperymentalnych, dając tym samym wskazówki do dalszej optymalizacji rzeczywistych urządzeń. Ponadto, przygotowywane w ramach pracy doktorskiej narzędzia stworzą zaawansowany warsztat badawczy, który będzie można wykorzystać do modelowania bardzo popularnych zagadnień wykorzystania spinu nośników w obliczeniach kwantowych.



**Rys.** Układ studni i kropki kwantowej. Wstrzykiwanie nośników następuje do obszaru studni. Następuje ich tunelowa relaksacja do kropek kwantowych, skąd zachodzi emisja laserowa.