

## Streszczenie rozprawy

Tematem badań prowadzonych w ramach rozprawy jest modelowanie indukowanej fononami kinetyki nośników ładunku oraz spinu w układach sprzężonych nanostruktur półprzewodnikowych. Szczególną uwagę poświęciłem układom struktur o różnym wymiarze przestrzennym. Układy tego typu posiadają szerokie możliwości aplikacyjne, lecz są także wymagające pod względem teoretyczno-numerycznym.

Rosnące zainteresowanie nanoukładami półprzewodnikowymi stworzyło potrzebę dostarczenia pełnego teoretycznego opisu dynamiki nośników zlokalizowanych wewnątrz nich, która jest zdeterminowana przez charakterystyki strukturalne układu oraz przez oddziaływanie nośników z fononami. Głównym celem mojej pracy doktorskiej jest wypracowanie narzędzi oraz opisanie zagadnienia dynamiki nośników w sprzężonych strukturach o różnej wymiarowości. Przykładem takiego układu jest laser oparty o kropki kwantowe, wzbogacony warstwami studni kwantowych zwiększających wydajność wstrzykiwania nośników do obszaru aktywnego. Przygotowany warsztat badawczy posłużył do wyznaczenia i scharakteryzowania procesów relaksacyjnych ładunku w układzie studnia-kropka oraz procesów typu spin-flip w kropkach kwantowych.

W moich badaniach dążyłem do połączenia zaawansowanych metod wyznaczania stanów kwantowych w sprzężonych nanostrukturach z opisem dynamiki przez pełną kinetykę kwantową, aby stworzyć całościową metodę modelowania fononowych procesów relaksacyjnych w nanostrukturach półprzewodnikowych. Problem stanowi odmienna natura struktur o różnej liczbie wymiarów przestrzennych, z czego wynika złożoność numeryczna zagadnienia. Dlatego w trakcie pracy rozwinąłem wydajne metody wyznaczania funkcji falowych w modelu  $\mathbf{k} \cdot \mathbf{p}$  i efektywnym modelu dla układów o symetrii osiowej oraz wykozystałem obliczenia równoległe MPI. Ewolucję czasową zadaną układem równań różniczkowych wyznaczyłem z użyciem biblioteki numerycznej PETSc w autorskim programie.

Głównymi wynikami rozprawy są: zbadanie wpływu odkształceń na nośniki pasma przewodnictwa w układzie studnia-kropka; wypracowanie wydajnych metod obliczania sprzężenia elektron–fonon przy gęstej dyskretyzacji kontinuum; budowa złożonego modelu kinetyki kwantowej i jego szczegółowa analiza; uzyskanie zgodności czasu wstrzykiwania nośników do kropki z wynikami eksperymentalnymi; wyprowadzenie spinowego równania masy efektywnej; oraz zbadanie głównych kanałów fononowej dekoherencji spinu w kropkach samorosnących.