

Szybkie przesyłanie i przetwarzanie strumieni danych stanowi podstawy współczesnego społeczeństwa, zwanego z tego powodu społeczeństwem informacyjnym. Większość komunikacji odbywa się obecnie kanałami optycznymi, ze światłem pełniącym rolę bitów informacji. Sieć światłowodów optycznych łączy kontynenty, państwa, miasta i pojedyncze domy. Ciągłe rosnąca potrzeba zwiększania szybkości przetwarzania i transferu danych wymaga kolejnego postępu technologicznego – wymiany połączeń elektrycznych pomiędzy poszczególnymi komputerami oraz ich podzespołami, jak np. szynami pamięci, na połączenia optyczne; lub całkowitego zastąpienia urządzeń elektronicznych ich fotonicznymi odpowiednikami, gdzie fotony przejmą rolę elektronów jako nośników informacji. Pomimo faktu, że zintegrowane obwody fotoniczne, czyli podstawowe elementy przyrządów fotonicznych, bazujące na różnych układach materiałowych, są już dostępne, rzeczywisty przełom wymaga wprowadzenia technologii, która byłaby opłacalna ekonomicznie i pozwalała na masową produkcję. Aby spełnić ten warunek, konieczne jest oparcie się na technologii kompatybilnej z bazującą na krzemie platformą produkcyjną CMOS (ang. Complementary Metal-Oxide Semiconductor), wykorzystywaną obecnie do wytwarzania elektronicznych obwodów zintegrowanych, takich jak procesory. Jednakże na przeszkodzie stają tu naturalne własności krzemu – z powodu skośnej przerwy wzbronionej bardzo trudno jest uzyskać w nim emisję światła. Dlatego też konieczne jest wykorzystanie w przyrządzie dodatkowych związków półprzewodnikowych. Najlepszymi kandydatami wydają się być kropki kwantowe, tworzone z pierwiastków grup III-V, takich jak InAs/GaAs lub InAs/InP. Aby zachować umiarkowany koszt przyrządu, proces wytwarzania musi być monolityczny, tzn. nie zawierający etapów łączenia osobno wytworzonych części. Niestety, powoduje to dodatkowe problemy – związki III-V charakteryzują się dużo większą stałą sieci krystalicznej niż krzem, co wprowadza naprężenia podczas wzrostu, prowadząc do niskiej jakości krystalograficznej heterostruktur; dodatkowo istnieje pomiędzy nimi znaczna różnica wartości współczynnika rozszerzalności termicznej, co podczas schładzania struktur wytwarzanych przy zwiększonych temperaturach może prowadzić do ich pęknięcia. Oba czynniki skutkują dużą liczbą defektów obecnych w kropkach III-V wzrastanych na krzemie, ograniczając wydajność ich emisji.

Celem badawczym projektu jest zbadanie własności materiałowych kropek kwantowych III-V na podłożu krzemowym z wykorzystaniem mikroskopii sił atomowych, transmisyjnego mikroskopu elektronowego i dyfrakcji rentgenowskiej w celu określenia ich własności strukturalnych, takich jak jakość krystalograficzna, koncentracja i rodzaj defektów, wartość naprężeń, morfologia i skład chemiczny kropek. Następnie wzajemnie uzupełniające się techniki spektroskopii optycznej posłużą do wyznaczenia ich własności emisyjnych, a zwłaszcza roli defektów, i pozwolą zbadać dynamikę procesów fizycznych zachodzących w tych nowatorskich nanostrukturach. Doświadczenia będą przeprowadzane zarówno na zespołach kropek, dla których odpowiedź układu jest uśredniona po całej populacji kropek, jak i na poziomie pojedynczych kropek, gdzie rejestrowana jest emisja pojedynczych fotonów. Ta ścieżka badań jest istotna z punktu widzenia potencjalnych zastosowań w telekomunikacji kwantowej. Uzyskane wyniki zostaną porównane z modelami teoretycznymi struktury pasmowej badanych materiałów. Badane będą kropki kwantowe wytwarzane z wykorzystaniem dwóch podejść, pośrednich warstw buforujących, uzupełnionych o warstwę filtrującą defekty, która niwelują efekt naprężeń i ograniczają powstawanie defektów w części struktury zawierającej kropki; albo umieszczenie kropek bezpośrednio w matrycy krzemowej, z wykorzystaniem architektury rdzeń-płaszcz, w której defekty gromadzą się na interfejsie pomiędzy płaszczem a matrycą krzemową, pozostawiając emitujący rdzeń niezdefektowanym.

Informacje zebrane podczas projektu pozwolą sprawdzić, czy kropki kwantowe InAs/GaAs(InP), wzrastane lub otoczone krzemem, mogą uzyskać jakość krystalograficzną i własności optyczne zbliżone do kropek III-V wzrastanych na podłożach natywnych, co jest kluczowe dla przyszłych ich zastosowań jako elementów zintegrowanych obwodów fotonicznych. Wszechstronna charakteryzacja optyczna i strukturalna przeprowadzona podczas projektu dostarczy szeregu danych dotyczących słabo zbadanych własności materiałowych badanych kropek kwantowych.