

Podyktowana względami ekonomicznymi i ekologicznymi konieczność wymiany klasycznego oświetlenia (żarówki wolframowe, żarówki halogenowe) na elektroluminescencyjne diody LED (z ang. *Light-Emitting Diode*) doprowadziła do dynamicznego rozwoju technologii optoelektronicznych, skupiających się na poszukiwaniu coraz bardziej efektywnych półprzewodnikowych źródeł światła. W odróżnieniu od klasycznych żarówek, diody LED przetwarzają prawie w całości energię elektryczną na emisję światła, co powoduje znacznie niższe zużycie energii. Przy zastosowaniu diod elektroluminescencyjnych pobór prądu może zmniejszyć się nawet do 70%. Niższe zużycie energii z kolei przekłada się na niższą emisję CO₂, co sprawia, że przy obecnych zagrożeniach wynikających ze zmian klimatycznych, diody LED są jedyną alternatywą oświetleniową dla współczesnej cywilizacji. Dodatkowo LED-y mają szereg innych właściwości: są przyjazne środowisku (produkowane są bez użycia niebezpiecznej rtęci), wykazują znacznie dłuższy czas eksploatacji (nawet 15 lat), mają wąskie spektrum światła (emitują światło o ściśle określonej długości fali), które czynią je bezkonkurencyjnymi w stosunku do standardowego oświetlenia.

Diody elektroluminescencyjne znano od lat 60-tych XX wieku, jednak ich szerokie zastosowanie stało się możliwe dopiero dzięki opracowaniu diod emitujących światło niebieskie i ultrafioletowe (UV). Źródłem światła w tych diodach jest krystaliczna warstwa azotku galu (GaN). Aby uzyskać intensywne świecenie, warstwa GaN musi być pozbawiona defektów, co wymusza zastosowanie wysokopróżniowych, drogich technik, takich jak MOCVD (ang. *Metal Organic Chemical Vapor Deposition*). Potencjalnym zamiennikiem GaN w diodach LED jest tlenek cynku (ZnO). Składa się na to szereg przyczyn, z których kluczowymi są szeroka i prosta przerwa energetyczna i wysoka energia wiązania ekscytonów (~ 60 meV), prawie 2.5 razy większa niż w GaN, umożliwiającą ich wydajną rekombinację w temperaturze pokojowej lub wyższej (rekombinacja promienista). Dodatkowo, współczynnik załamania światła dla ZnO jest znacząco niższy niż dla GaN, co ułatwia wyjście fotonów z powierzchni materiału. Oba te procesy (wydajna rekombinacja ekscytonów i lepsza ekstrakcja fotonów) przyczyniają się do potencjalnie znakomitych właściwości emisyjnych ZnO w zakresie światła UV. Dodatkowo, ZnO jest nietoksyczny, odporny chemicznie oraz można go wytwarzać za pomocą prostych i tanich metod. Niestety, wydajność emisji światła UV jest utrudniona przez obecność defektów struktury, które zaburzają dynamikę ekscytonów w tym materiale. Defekty wprowadzają dodatkowe stany energetyczne zlokalizowane w obrębie przerwy energetycznej półprzewodnika, które działają jak pułapki nośników energii (elektronów, dziur) przekierowując rekombinację promienistą z zakresu krótkofalowego (UV) do zakresu długofalowego (widzialnego). W rezultacie ZnO emituje światło zielone, pomarańczowe lub czerwone. Problem ten próbuje się rozwiązać poprzez zastosowanie różnorodnych modulatorów (np. materiałów o większej przerwie energetycznej niż ta w ZnO), którymi pokrywa się powierzchnię ZnO (z ang. *coating material*, CM) lub poprzez zastosowanie nanocząstek metalicznych, które generują rezonans plazmowy w wybranym paśmie widma (z ang. *plasmonic metal*, PM). Modulatory takie wprowadzają do systemu optycznego dodatkowe kanały przepływu ładunku lub energii, które mogą przyczynić się zarówno do wzmocnienia jak i wygaszenia emisji UV w ZnO. Metody oparte na wprowadzaniu modulatorów wymagają ciągle udoskonalenia i lepszego zrozumienia podstaw i mechanizmów ich działania. **Celem projektu jest opanowanie procesów przeniesienia ładunku i/lub energii w systemach optycznych opartych na ZnO w celu uzyskanie silnego i stalego wzmocnienia rekombinacji ekscytonowej w ZnO.**

Cel projektu będzie realizowany przez wytwarzania powtarzalnych układów optycznych, w których bazą będą uporządkowane heksagonalnie nanostruktury ZnO otrzymany za pomocą techniki wzrostu warstw atomowych (ALD) wspomaganych matrycą z anodowego tlenku aluminium (AAO). Pierwszym krokiem do wzmocnienia światła UV będzie uporządkowanie nanostruktur ZnO w układy samo-rezonujące (kolektywny czynnik wzmocnienia). Do tych układów optycznych będą kolejno wprowadzane zmienne kontrolowane (modulatory o znanych właściwościach elektronowych, takich jak szerokość przerwy energetycznej, energia poziomu Fermiego i jego położenie w stosunku do pasma przewodnictwa w ZnO oraz o kontrolowanych parametrach geometrycznych, takich jak grubość warstwy modulatora, wielkość nanocząstek metalicznych, itp.) a następnie analizowane będą właściwości luminescencyjne tych układów w funkcji wprowadzonych zmiennych (jednostkowy czynnik wzmocnienia). Poprzez analizę reakcji układu optycznego na wprowadzone modyfikacje możliwa będzie pośrednia obserwacja transferu energii i ładunku na granicach międzyfazowych ZnO-CM-PM. **Podejście zastosowane w projekcie, łączące kolektywne i jednostkowe czynniki wzmacniające w jednym układzie optycznym, będzie stanowiło całkowicie nowatorski wkład w rozwój metod wzmacniania emisji światła UV w zdefektowanych półprzewodnikach szerokopasmowych.** Zrealizowanie założeń projektowych przyczyni się zatem do produkcji efektywnych, ekologicznych i tanich półprzewodnikowych źródeł światła.