

Sensory optyczne znajdują wiele zastosowań w różnych dziedzinach życia. Mogą być wykorzystane w czujnikach ruchu lub w detekcji gazów. W większości przypadków detektor składa się ze źródła światła oraz czujnika, który obserwuje zmiany emitowanego promieniowania (np. w natężeniu światła lub długości fali) i na tej podstawie dokonuje detekcji. W niektórych zastosowaniach szczególnie istotne są małe rozmiary detektora. Tymczasem dwuelementowe sensory (źródło światła + detektor) wymagają zazwyczaj dodatkowych elementów optycznych oraz odpowiedniej kalibracji, co znacznie komplikuje ich budowę. W moim projekcie proponuję nową konstrukcję sensora optycznego, który składa się tylko z jednego elementu: lasera półprzewodnikowego, który jest jednocześnie źródłem światła i detektorem.

W proponowanym projekcie chcę pokazać, że możliwe jest zaprojektowanie laserów półprzewodnikowych, które są czułe na zmiany zachodzące w otoczeniu, mogą być wykorzystane jako detektory cieczy i gazów. Obecność cieczy lub gazu w otoczeniu lasera powoduje zmianę dobroci wnęki rezonansowej lasera, a w konsekwencji zmianę parametrów progowych lasera oraz jego charakterystyki prądowo-napięciowej. Wówczas, poprzez pomiar prądu i napięcia, możliwe jest wysnucie wniosków o obecności cieczy lub gazu w pobliżu lasera. W taki sposób na pewno mogą zostać wykorzystane lasery VCSEL z górnym zwierciadłem typu HCG, niemniej jednak chciałabym również zbadać możliwość wykorzystania innych konstrukcji laserów.

Lasery VCSEL (Vertical-cavity surface-emitting lasers) są to lasery półprzewodnikowe w których promieniowanie emitowane jest w kierunku prostopadłym do płaszczyzny obszaru czynnego. W porównaniu z innymi konstrukcjami laserów półprzewodnikowych, lasery VCSEL cechują się bardzo dobrymi parametrami emitowanej wiązki oraz niższymi kosztami produkcji.

Zwierciadła HCG (high refractive index contrast gratings) to siatki dyfrakcyjne, które są wykonane z materiału o wysokim kontraście współczynnika załamania światła (znacznie wyższym niż współczynnik załamania otoczenia). Parametry geometryczne (a zwłaszcza okres siatki) zwierciadeł HCG są mniejsze niż długość fali, dla jakiej zaprojektowane jest zwierciadło, w próżni. Odpowiednio zaprojektowane siatki HCG mogą zapewniać bardzo wysoką (bliksą 100%) odbijalnością. Można również zaprojektować je w taki sposób, żeby były szczególnie czułe na zmiany zachodzące w otoczeniu zwierciadła (np. zmiany współczynnika załamania światła otoczenia lub zmiany współczynnika absorpcji).

Wykonane przeze mnie wstępne obliczenia pokazują, że laser VCSEL z monolitycznym zwierciadłem HCG może być wykorzystany jako jednoelementowy detektor metanu. Obliczenia zostały przeprowadzone przy wykorzystaniu modelu komputerowego, który został stworzony w Zespole Fotoniki PŁ. Model ten pozwala na badanie zjawisk termicznych, elektrycznych, wzmocnieniowych i optycznych, które zachodzą w laserze. Model optyczny jest trójwymiarowym modelem wektorowym, który pozwala na analizowanie właściwości zwierciadeł HCG oraz całej konstrukcji lasera VCSEL.

W moim projekcie chciałabym przeanalizować różne konstrukcje zwierciadeł HCG pod kątem czułości na zmiany zachodzące w otoczeniu. Przeanalizuję również właściwości różnych obszarów czynnych, które mogą być wykorzystane w laserach VCSEL. Rozważę różne konstrukcje obszarów czynnych opartych na studniach i kropkach kwantowych. Zaprojektuję obszar czynny oraz zwierciadło HCG, które pozwolą na stworzenie możliwie najczulszego sensora. Zaprojektowane przeze mnie struktury laserów półprzewodnikowych będą mogły być wykorzystane jako detektory gazów lub cieczy. Będą mogły być wykorzystane również do badania właściwości cieczy, np. krwi. Obecnie wiele badań krwi opiera się na pomiarach jej właściwości optycznych – np. badanie poziomu glukozy, zawartości hemoglobiny czy utlenienia krwi. Proponowane przeze mnie urządzenia mogłyby znaleźć liczne zastosowania między innymi w tym obszarze.