

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Dynamiczny model lasera VCSEL przeznaczonego do systemów optycznego przesyłu danych na małe odległości

Gwałtowny rozwój Internetu, który zaczął się pod koniec lat dziewięćdziesiątych XX wieku, możliwy był w dużym stopniu dzięki rozwojowi systemów optycznego przesyłu danych. W uproszczeniu systemy takie działają w ten sposób, że źródło światła zasilane jest modulowanym prądem, co powoduje emisję przez nie modulowanego światła – większej wartości prądu odpowiada większa moc emitowanego światła. Jeżeli ograniczyć się do sytuacji, gdzie wykorzystywane są dwie wartości prądu (i tym samym mocy emitowanego światła), otrzymujemy układ zmieniający elektrycznie zakodowany ciąg zer i jedynek na taki sam ciąg zakodowany optycznie. Emitowane światło przesyłane jest światłowodem, na którego końcu znajduje się fotodetektor, który zmienia sygnał optyczny z powrotem na sygnał elektryczny. Po co zmienia się sygnał elektryczny na optyczny, jeśli na końcu dokonuje się odwrotnej zmiany, skoro sygnał elektryczny można również przesyłać z prędkością światła za pomocą miedzianych kabli? Przesyłanie impulsów miedzianymi kablami, używane od dawna do przesyłu informacji, okazuje się gorsze od optycznego przesyłu informacji, przy dużej szybkości transmisji (czyli dużej częstotliwości modulacji prądu) lub większych odległościach. Wynika to z niezerowego oporu elektrycznego miedzianych kabli oraz pasywnych pojemności i indukcyjności elektrycznych. Wpływ tych ostatnich jest tym większy im większa jest częstotliwość zmian prądu. Dodatkowo zewnętrzne pole elektromagnetyczne (mogące pochodzić na przykład z sąsiedniego kabla) indukuje prąd zakłócający przesyłaną informację. Światło transmitowane światłowodem nie podlega zakłóceniom zewnętrznym (oraz samo ich nie wywołuje), nie dotyczą go problemy związane z pojemnością i indukcyjnością (choć mogą pojawiać się problemy wynikające z dyspersji w światłowodzie), a tłumienie sygnału optycznego (spadek jego mocy na jednostkę odległości przesyłu) jest dla niektórych długości fali znacznie mniejsze niż tłumienie sygnału elektrycznego i osiąga minimum dla długości fali 1550 nm. Jakkolwiek zjawiska związane z pojemnością elektryczną nie dotyczą wyemitowanego światła, wpływają jednak na przepływ prądu przez emiter światła i powodują zniekształcenie sygnału optycznego w porównaniu z pierwotnym sygnałem elektrycznym.

W praktyce jako źródła światła do przesyłu informacji na duże odległości używane są lasery półprzewodnikowe specjalnego typu (lasery DFB) emitujące falę o długości zbliżonej do 1550 nm. Generalnie lasery półprzewodnikowe są źródłami światła o rekordowej sprawności, minimalnych rozmiarach (każdy z wymiarów jest zazwyczaj poniżej 1 mm) i można je łatwo modulować sygnałem elektrycznym.

Wraz z rozwojem Internetu zaczęły pojawiać się tak zwane centra danych (ang. *data centers*). Są to miejsca, gdzie zgromadzone są tysiące komputerów, wymieniających ze sobą (i światem zewnętrznym) informacje. Do przesyłania informacji na małe odległości, jakie dzielą komputery w centrach danych oraz nawet elementy wewnątrz jednego komputera, można użyć przewodów miedzianych lub systemów optycznych. Systemy światłowodowe używane do transmisji na duże odległości nie są dobre w takich zastosowaniach z powodu wysokiej ceny laserów DFB. Do połączenia między sobą tysięcy komputerów potrzeba ogromnej liczby laserów, więc ich cena musi być jak najniższa, ale muszą również charakteryzować się bardzo wysoką sprawnością i możliwością szybkiej modulacji. Można natomiast wykorzystać światło o innej długości fali, gdyż dystanse przez nie pokonywane są ograniczone i nawet zwiększone tłumienie w światłowodzie nie musi stanowić problemu. Naturalnym kandydatem stają się półprzewodnikowe lasery VCSEL (ang. *vertical-cavity surface-emitting laser*) emitujące fale o długości z przedziału około 800–1100 nm. Tego typu lasery w masowej produkcji są bardzo tanie i wymagają minimalnego prądu zasilania. Do tego dla tych długości fali dostępne są tanie detektory krzemowe, które są odbiornikami sygnałów optycznych. Systemy optyczne oparte na laserach tego typu systematycznie wypierają miedziane przewody w opisywanych zastosowaniach. Poprawa dwóch parametrów laserów jest szczególnie istotna dla dalszego rozwoju systemów optycznego przesyłu informacji na małe odległości: osiągalna szybkość modulacji i energetyczna sprawność przesyłu informacji (czyli ile energii wydziela się w postaci ciepła na jeden przesłany bit). Szybkość modulacji lasera ograniczona jest między innymi przez pojemności elektryczne w jego strukturze i fakt, że od powstania fotonu do jego wyemitowania mija pewien losowy czas.

Celem projektu jest stworzenie odpowiednich modeli komputerowych i ich wykorzystanie do symulacji laserów VCSEL prowadzące do głębszego zrozumienia zjawisk fizycznych utrudniających zwiększanie szybkości modulacji takich laserów oraz poprawa ich sprawności i w rezultacie zaprojektowanie konstrukcji mających znacząco lepsze parametry od obecnie istniejących.