

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Obecnie trudno sobie wyobrazić gospodarkę dowolnego rozwiniętego kraju bez laserów półprzewodnikowych, głównie laserów złączowych. Właściwie są one niezbędne we wszystkich obszarach nauki i nowoczesnej techniki. Ponadto korzystamy z nich powszechnie w różnych dziedzinach życia codziennego.

Dwie główne konfiguracje laserów złączowych wykazują zupełnie odmienne własności. Lasery o emisji krawędziowej emitują wiązkę promieniowania o stosunkowo wysokiej mocy ale o wysoce niezadowolających własnościach, z których najbardziej dotkliwymi są bardzo rozbieżna wiązka promieniowania oraz praca na wielu modach podłużnych. Z kolei lasery o emisji powierzchniowej (lasery VCSEL — *vertical-cavity surface-emitting lasers*) emitują wiązkę bardzo mało rozbieżną, o kołowym przekroju, nie wykazującą astygmatyzmu i zwykle ograniczoną do modu podstawowego. Niestety spektralny zakres emisji komercyjnie dostępnych laserów VCSEL ogranicza się do wąskiego wycinka w okolicach 1 μm . Ponadto dużą wadę tych laserów stanowi konieczność stosowania wielowarstwowych zwierciadeł Bragga, przez co miniaturowa struktura laserowa jest z obu stron otoczona przez znacznie grubsze zwierciadła laserowe. Zwierciadła Bragga utrudniają także odprowadzenie ciepła z lasera i przepływ prądu oraz absorbują jego promieniowanie. Duży postęp w tej dziedzinie stanowi zastosowanie w ostatnich latach w zwierciadłach laserów VCSEL relatywnie cienkich struktur HCG (*high-contrast grating*), o współczynniku załamania zmieniającym się skokowo w kierunku prostopadłym do kierunku emisji promieniowania.

Standardowe lasery złączowe wykorzystują promienistą rekombinację elektronów z pasma przewodnictwa i dziur z pasma walencyjnego, przez co energia emitowanego przez nie promieniowania jest ściśle związana z szerokością przerwy energetycznej. Stąd długość jego fali jest ograniczona przez dostępność odpowiednich materiałów półprzewodnikowych. Ostatnio jednakże pojawiła się nowa klasa laserów półprzewodnikowych, nazywanych kwantowymi laserami kaskadowymi. Emisja promieniowania następuje w nich w wyniku przeskoków elektronów między poziomami odpowiednio zaprojektowanej studni kwantowej, a stąd długość fali emitowanego promieniowania jest w nich niezależna od użytych materiałów a jest zdefiniowana konstrukcyjnie przez m.in. wymiary powyższej studni.

Obecnie światowa telekomunikacja jest głównie oparta na wykorzystaniu sieci światłowodowych. Jednakże jej przyszłość będzie z pewnością związana z telekomunikacją optyczną w wolnej przestrzeni ograniczoną głównie przez absorpcję w atmosferze. Najbardziej odpowiednim dla tej komunikacji jest użycie promieniowania odpowiadającego szerokiemu oknu w absorpcji atmosfery w okolicy 8–14 μm . W przypadku laserów półprzewodnikowych, promieniowanie o tej długości fali może być emitowane jedynie przez kwantowe lasery kaskadowe, jednakże lasery te emitują promieniowanie z krawędzi struktury o sporej rozbieżności i dość szerokim spektrum, co ogranicza możliwości ich wykorzystania.

Celem niniejszego projektu badań jest zaprojektowanie zupełnie nowej konfiguracji lasera półprzewodnikowego, który wykazywałby jednocześnie zalety lasera o emisji powierzchniowej oraz kwantowego lasera kaskadowego. Powszechnie uważa się, że nie można zbudować kwantowego lasera kaskadowego o emisji powierzchniowej. Nasze prace badawcze pozwoliły nam jednak na znalezienie zupełnie nowego rozwiązania tego problemu nie branego do tej pory pod uwagę. **Główna zastosowana nowość konstrukcyjna polega na umieszczeniu struktury lasera kaskadowego w zwierciadłach HCG lasera VCSEL. Spodziewamy się, że taki laser, tak jak laser VCSEL, emitowałby wiązkę z powierzchni struktury o znikomej rozbieżności promieniowania jednomodowego na modzie podstawowym, oraz, tak jak kwantowy laser kaskadowy, umożliwiłby emisję promieniowania o dowolnej konstrukcyjnie narzuconej długości fali.** Ponadto przewidywane zastosowanie zwierciadeł HCG spowodowałoby także znaczną redukcję grubości lasera, a co za tym idzie — sporą oszczędność stosowanych materiałów. Co więcej, proponowana struktura umożliwiłaby wytwarzanie obecnie niedostępnych dwuwymiarowych matryc laserowych emitujących promieniowanie z zakresu średniej podczerwieni.

Obecnie główne przewidywane zastosowania proponowanego lasera dotyczyłoby telekomunikacji w wolnej przestrzeni, a także w spektroskopii i zdalnej detekcji np. ozonu w atmosferze. Jednakże trudno już teraz przewidywać wszystkie inne możliwe zastosowania takiego nowego lasera o zupełnie nowych własnościach.

Proponowane badania zostaną przeprowadzone na drodze teoretycznej w oparciu o kompletną komputerową symulację działania laserów półprzewodnikowych typu VCSEL. Zostanie ona wykonana z wykorzystaniem modelu numerycznego opracowanego przez Zespół Fotoniki w Instytucie Fizyki Politechniki Łódzkiej (IFPŁ).