



INSTYTUT TECHNOLOGII ELEKTRONOWEJ

Al. Lotników 32/46, 02-668 Warszawa

<http://www.ite.waw.pl>

tel. +48 22 5487700; fax: +48 22 8470631; email: office@ite.waw.pl

Warszawa, 14 grudnia 2011

Trzykrotny wzrost mocy laserów kaskadowych

Lasery kaskadowe to najmłodsza odmiana laserów półprzewodnikowych, znajdująca się dopiero na progu komercjalizacji. W Instytucie Technologii Elektronowej w Warszawie opracowano technologię produkcji laserów kaskadowych, pracujących w zakresie średniej podczerwieni, o mocy w impulsie trzykrotnie przewyższającej dotychczasowe konstrukcje. Nowe urządzenia otwierają drogę do obiecujących zastosowań przemysłowych i medycznych.

Instytut Technologii Elektronowej (ITE) w Warszawie opracował technologię produkcji i zbudował prototypy kwantowych laserów kaskadowych rekordowej mocy. Nowe urządzenia, wykonane z arsenku galu domieszkowanego glinem, emitują impulsy promieniowania podczerwonego. W temperaturze pokojowej moc impulsu sięga kilkudziesięciu miliwatów, a w warunkach chłodzenia kriogenicznego – nawet pięciu watów. Wartości te są trzykrotnie większe od najlepszych rezultatów osiągniętych na świecie dla tego układu materiałowego i tej konstrukcji.

Kwantowe lasery kaskadowe (Quantum Cascade Lasers, QCL) to periodyczne struktury złożone z wielu (nawet kilkuset) warstw półprzewodnikowych tworzących tzw. supersieć. Grubość warstw supersieci zmienia się w starannie zaprojektowany sposób i zazwyczaj wynosi kilka nanometrów. W ITE warstwy są wykonywane z arsenku galu z domieszkami glinu (GaAs/AlGaAs). Do ich osadzania używa się epitaksji z wiązek molekularnych.

Lasery QCL w szczególny sposób wykorzystują mechanizmy przewodnictwa w materiałach półprzewodnikowych.

Według pasmowej teorii przewodnictwa, jeśli elektrony w półprzewodniku mają małą energię, o wartościach w zakresie nazywanym pasmem podstawowym (walencyjnym), to są związane z atomami półprzewodnika. Jeśli energia elektronów zwiększy się do wartości z zakresu pasma przewodnictwa, elektrony odrywają się od atomów i stają się, obok dziur, nośnikami ładunku w materiale.

W tradycyjnych laserach półprzewodnikowych światło laserowe jest emitowane, gdy elektrony z pasma przewodnictwa w półprzewodniku rekombinują z pustymi, nieobsadzonymi stanami w paśmie walencyjnym. Długość fali promieniowania emitowanego przez laser półprzewodnikowy zależy zatem od wielkości przerwy wzbronionej między pasmami walencyjnym a przewodnictwa.

„Skonstruowanie lasera półprzewodnikowego emitującego fale ściśle określonej długości nie jest łatwe”, mówi prof. dr hab. Maciej Bugajski z ITE. „Najpierw trzeba znaleźć materiał o odpowiedniej przerwie energetycznej. To może być trudne lub nawet niemożliwe. A gdy już go mamy, to i tak początek drogi, bo zwykle trzeba od podstaw wymyślać całą technologię jego obróbki”.

W kwantowych laserach kaskadowych energia emitowanego promieniowania nie zależy od materiału, lecz od geometrii supersieci – czyli od układu i grubości periodycznych warstw półprzewodnikowych. Elektron wstrzyknięty do pierwszego okresu supersieci tuneluje w górny obszar pasma przewodnictwa. Chwilę później przeskakuje na niższy poziom, wciąż znajdujący się w paśmie przewodnictwa (przejście wewnątrzpasmostowe). Podczas przeskoku dochodzi do emisji fotonu. Następnie elektron tuneluje w górny obszar pasma przewodnictwa kolejnego okresu supersieci i proces się powtarza. Odstęp między stanem wzbudzonym a podstawowym w ramach pasma przewodnictwa można zmieniać regulując m.in. grubość warstw supersieci.

Specyfika laserów QCL powoduje, że względnie łatwo zaprojektować strukturę półprzewodnikową emitującą fale elektromagnetyczne określonej długości. Lasery kaskadowe skonstruowane w ITE mogą działać w średniej podczerwieni (fale długości od 9 do 10 mikronów). „Średnia podczerwień jest bardzo atrakcyjnym obszarem fal elektromagnetycznych. Wynika to z faktu, że wiele związków chemicznych pochłania promieniowanie właśnie z tego zakresu”, mówi prof. Bugajski.

W Polsce pierwsze lasery QCL zostały wyprodukowane w 2009 roku właśnie w Instytucie Technologii Elektronowej. Opracowano je w ramach ogólnopolskiego projektu „Zaawansowane technologie dla półprzewodnikowej optoelektroniki podczerwieni”, którego koordynatorem był ITE. W projekcie uczestniczył m.in. Instytut Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej, gdzie powstał prototypowy detektor gazowego amoniaku. Urządzenie, obecnie wyposażone w nowe lasery kaskadowe z ITE i detektory podczerwieni firmy VIGO System S.A. wyprodukowane we współpracy z ITE, wykrywa amoniak w stężeniach od kilkudziesięciu cząsteczek na miliard.

Kwantowe lasery kaskadowe są znane zaledwie od kilkunastu lat. Budzą duże zainteresowanie, ponieważ umożliwiają budowę przenośnych detektorów wykrywających śladowe ilości substancji chemicznych, np. metanu w kopalniach czy niebezpiecznych gazów w przemyśle chemicznym. Obiecujące są także zastosowania medyczne. Lasery QCL w detektorach pomagałyby wykrywać nawet śladowe obecności markerów chorobowych w powietrzu wydychanym przez pacjenta. Ponieważ promieniowanie podczerwone przenika przez ludzkie ciało, pojawia się też możliwość bezpiecznego prześwietlania pacjentów z rozdzielczością lepszą od uzyskiwanej w ultrasonografii.

Instytut Technologii Elektronowej (ITE) w Warszawie prowadzi badania w dziedzinie elektroniki i fizyki ciała stałego oraz opracowuje, wdraża i upowszechnia nowoczesne mikro- i nanotechnologie w fotonice oraz mikro- i nanoelektronice. Instytut zajmuje się optoelektronicznymi detektorami i źródłami promieniowania, nowoczesnymi laserami półprzewodnikowymi, mikro- i nanosondami pomiarowymi, detektorami promieniowania jądrowego, mikrosystemami oraz czujnikami do zastosowań interdyscyplinarnych, a także specjalizowanymi układami i systemami scalonymi typu ASIC. W celu ułatwienia przemysłowi i jednostkom naukowo-badawczym dostępu do potencjału technologicznego, konstrukcyjnego i pomiarowego, w Instytucie utworzono Centrum Nanofotoniki, Centrum Nanosystemów i Technologii Mikroelektronicznych oraz Laboratorium Technologii Wielowarstwowych i Ceramicznych.

KONTAKTY:

Prof. dr hab. **Maciej Bugajski**
Instytut Technologii Elektronowej
tel. +48 22 5487915
email: bugajski@ite.waw.pl

POWIĄZANE STRONY WWW:

<http://www.ite.waw.pl/>
Strona Instytutu Technologii Elektronowej w Warszawie.

<http://press.ite.waw.pl/>
Serwis prasowy Instytutu Technologii Elektronowej w Warszawie.

MATERIAŁY GRAFICZNE:

ITE111214b_fot01s.jpg

HR: http://press.ite.waw.pl/images/2011/ITE111214b_fot01.jpg

W Instytucie Technologii Elektronowej w Warszawie zbudowano kwantowe lasery kaskadowe rekordowej mocy. Zdjęcie mikroskopowe przedstawia fragment struktury półprzewodnikowej lasera. Kolory sztuczne. (Źródło: ITE)