



Instytut Technologii Elektronowej

Lasery kaskadowe z AlGaAs/GaAs na pasmo średniej podczerwieni (~ 9 μm)

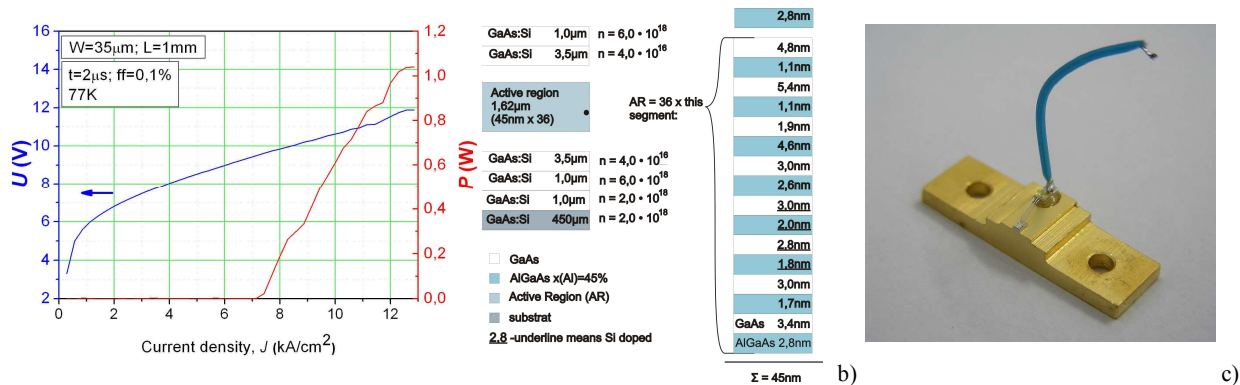
Opis osiągnięcia

Opracowano technologię wytwarzania laserów kaskadowych pracujących w temperaturze -40°C . Tak wysoka temperatura umożliwia pracę lasera z użyciem jedynie chłodziarek Peltier, bez chłodzenia kriogenicznego.

Lasery emitują falę o długości $\lambda=9.4\mu\text{m}$. Maksymalna moc w pikcie wynosi 1W (dla pojedynczego lustra, długość impulsu $t_p=2\mu\text{s}$, współczynnik wypełnienia $ff=0,1\%$, temperatura 80K). Gęstość prądu progowego ma wartość $J_{th}=7\text{kA}/\text{cm}^2$, a sprawność $\eta=0,57\text{W}/\text{A}$ (Rys. 1a). Akcja laserowa utrzymuje się do temperatury -40°C . W temperaturze 80K akcja laserowa utrzymuje się dla impulsów o długości $8\mu\text{s}$ i współczynnika wypełnienia 1%. Niewielki wzrost gęstości prądu progowego w funkcji temperatury charakteryzuje parametr $T_0=277\text{K}$.

Lasery wykonywane są ze struktur epitaksjalnych $\text{Al}_{0,45}\text{Ga}_{0,55}\text{As}/\text{GaAs}$, osadzanych z zastosowaniem technologii epitaksji z wiązek molekularnych (ang. Molecular Beam Epitaxy, MBE).

Obszar aktywny lasera wbudowany jest w obszar podwójnego falowodu plazmonowego (ang. double-plasmon), który uzyskano poprzez zastosowanie zmiennego profilu domieszkowania typu n. Rdzeń falowodu jest nisko domieszkowany krzemem ($4 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$), natomiast w obrębie płaszcza koncentracja wzrasta do $6 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Profil domieszkowania zapewnia skok współczynnika załamania na granicach falowodu o $\Delta n \approx 1$. Obszar aktywny lasera składa się z 36 modułów, z których każdy zbudowany jest z 8 sprzężonych kwantowych studni potencjału $\text{Al}_{0,45}\text{Ga}_{0,55}\text{As}/\text{GaAs}$ (Rys. 1b). Struktura pasma przewodnictwa obszaru aktywnego determinuje diagonalny charakter przejścia promienistego pomiędzy stanem wysokoenergetycznym a stanem podstawowym. Stany te zlokalizowane są w dwu sąsiadujących jamach kwantowych. Depopulację stanu podstawowego zapewnia transfer nośników do trzeciej jamy kwantowej z jednoczesną emisją fononu optycznego.



Rys.1 Laser QCL wykonany w ITE; a) charakterystyka IV i moc optyczna – gęstość prądu, b) schemat heterostruktury, c) zmontowany chip.

W obszarze aktywnym domieszkowane są jedynie fragment iniektora, złożony z dwóch par studnia-bariera. Próg laserowania odpowiada polaryzacji zewnętrznej 48kV/cm.

Struktury laserowe w formie mesy typu „double-trench” pokryte są izolacją elektryczną z Si₃N₄. Szerokość metalizacji ma wartości 25, 35 i 50 μm. Niskooporowy kontakt omowy wykonany jest ze struktury metalicznej (Ni)/AuGe/Ni/Au, całość powierzchni przyrządu pokrywa galwaniczna warstwa złota. Poprzez przełom zdefiniowano rezonatory długościach 0,5, 1 i 2 mm. Chipy laserowe zmontowano na złożonych chłodnicach miedzianych, z zastosowaniem przekładek diamentowych. (Rys. 1c).

Zastosowanie

Obszar średniej podczerwieni 3-12μm jest szczególnie ważny w badaniach spektroskopowych z uwagi na fakt, że w tym obszarze spektralnym znajdują się absorpcyjne linie rotacyjno-wibracyjne bardzo wielu molekuł np: CH₄, CO, CO₂, NH₃, NO, H₂CO. Czyni to lasery kaskadowe idealnym źródłem promieniowania w układach spektroskopii molekularnej, detekcji śladowych zanieczyszczeń gazowych, umożliwiając identyfikację koncentracji molekuł na poziomie pojedynczych ppb. Czyni to je atrakcyjnymi w zastosowaniach w medycynie w badaniach substancji śladowych np. wydychanym powietrzu, jak również we wczesnym wykrywaniu skażeń i substancji biologicznie czynnych.

Ze względu na dużą długość fali, a zatem niską podatność emitowanego promieniowania na rozproszenia we mgłę lasery, kaskadowe są szczególnie predestynowane dla zastosowań w systemach telekomunikacji w swobodnej przestrzeni.

Znaczenie naukowe, ekonomiczne i społeczne

Badania nad laserami kaskadowymi zaowocowały licznymi opracowaniami technologicznymi i publikacjami w czasopiśmie o zasięgu światowym [1, 2]. Zespół zajmujący się tymi przyrządami stanowi grupę liczącą się w tej dziedzinie w Europie i na świecie. W kraju partnerem zespołu jest firma VIGO System S.A. – światowy lider w dziedzinie fotodetektorów średniej podczerwieni. Prowadzone w tej dziedzinie badania pozwalają zespołowi pełnić przewodnią rolę w krajowym projekcie badawczym, angażującym grupę instytucji i firm krajowych.

- [1] K. Kosiel, J. Kubacka-Traczyk, P. Karbownik, A. Szerling, J. Muszalski, M. Bugajski, P. Romanowski, J.Gaca, M. Wójcik, *Microelectronics Journal*, vol. 40, 565 (2009)
- [2] K. Kosiel, M. Bugajski, A. Szerling, J. Kubacka-Traczyk, P. Karbownik, E. Pruszyńska-Karbownik, J. Muszalski, A. Łaszcz, P. Romanowski, M. Wasiak, W. Nakwaski, I. Makarowa, P. Perlin, *Photonics Letters of Poland*, March 2009, vol. 1, 16 (2009)

Źródła finansowania

Badania nad laserami kaskadowymi były finansowane ze środków na działalność statutową ITE oraz z projektów finansowanych przez MNiSW (PBZ-MIN-02/1/2007, 3 T11B 063 30).

Twórcy osiągnięcia

M. Bugajski, K. Kosiel, A. Szerling, J. Kubacka-Traczyk, P. Karbownik, J. Muszalski