

Od momentu demonstracji kwantowego lasera kaskadowego w 1994 r. przez grupę prof. Capasso z Bell Labs, przyrządy te przeszły gwałtowny rozwój i stanowią obecnie bardzo szybko rozwijającą się grupę laserów półprzewodnikowych emitujących w zakresie średniej podczerwieni (3.5– 24 μm) jak i w zakresie terahercowym (1,2– 4,9 THz). Kwantowe lasery kaskadowe stanowią nową klasę unipolarnych laserów półprzewodnikowych, których działanie oparte jest na przejściach wewnątrzpasmowych. W odróżnieniu od klasycznych laserów półprzewodnikowych, wykorzystujących przejścia międzypasmowe, długość fali emitowanego przez nie promieniowania praktycznie nie zależy od materiału, z którego są wykonane a jedynie od geometrii jam kwantowych stanowiących ich obszar czynny. Pozwala to na pokrycie szerokiego spektrum, długości fal od bliskiej poprzez średnią do dalekiej podczerwieni za pomocą struktur wytwarzanych na bazie GaAs i InP, materiałów, których technologia jest doskonale opanowana. Lasery kaskadowe są idealnym źródłem promieniowania w układach detekcji zanieczyszczeń gazowych, spektroskopii molekularnej i systemach telekomunikacji w swobodnej przestrzeni w technice wojskowej, medycynie, oraz do wczesnego wykrywania skażeń i substancji biologicznych.

Projekt dotyczy badań nad optymalizacją termiczną kwantowych laserów kaskadowych na zakres dalekiej podczerwieni (10-16 μm) jako przyrządów do zastosowań w spektroskopii molekularnej. Obszar dalekiej podczerwieni (10-16 μm) jest obszarem szczególnie istotnym aplikacyjnie ze względu na obecność w tym zakresie widmowym silnych linii absorbcyjnych wielu istotnych środowiskowo, medycznie i przemysłowo gazów (np. węglowodory, amoniak, tlenek azotu, tlenek diazotu, ozon, dwutlenek siarki).

Głównym czynnikiem ograniczającym rozwój aplikacyjny długofalowych laserów kaskadowych jest ich stosunkowo mała wydajność. Wynika ona, podobnie jak w laserach kaskadowych na zakres średniej podczerwieni, z generacji znacznych ilości ciepła w obszarze aktywnym lasera. Relatywnie wysokie prądy i napięcia progowe mają istotny wpływ na wydajność przyrządów, niezależnie od zastosowanego systemu materiałowego i zakresu długości fal.

Jednakże, dodatkowo dla długofalowych laserów kaskadowych zaobserwowano dodatkowy problem termiczny. Odnotowano, że w przypadku niepokrytych zwierciadeł, ze względu na utlenianie ich powierzchni, absorpcja optyczna występująca na powierzchni zwierciadła jest wielokrotnie większa w dalekiej podczerwieni niż w średniej podczerwieni, co skutkuje znacznie wyższymi przyrostami temperaturami na wyjściowym zwierciadle niż wynikającymi tylko z ciepła Joule'a.

Projekt ten poświęcony jest badaniu mechanizmów grzania i degradacji długofalowych laserów kaskadowych oraz opracowaniu odpowiedniej metodologii optymalizacji zachodzących w tych przyrządach zjawisk termicznych i degradacyjnych.

- Pierwszy szczegółowy cel badawczy dotyczy badania procesów termicznych i mechanizmów degradacji Far - IR QCLs za pomocą spektroskopii termoodbiciowej i obrazowania w podczerwieni.
- Drugi szczegółowy cel badawczy dotyczy optymalizacji technologii wytwarzania poprzez zaprojektowanie, opracowanie i wytworzenie optymalnego falowodu lasera oraz pokryć zwierciadeł pod kątem zwiększenia wydajności laserów emitujących długie fale.

Realizacja tego projektu przyczyni się istotnie do poszerzenia wiedzy nt. zjawisk zachodzących w laserach kaskadowych z zakresu dalekiej podczerwieni, lepszego zrozumienia mechanizmów grzania i degradacji odpowiedzialnych za główne parametry wydajnościowe.

Wynikiem projektu będzie opracowanie technologii wytwarzania zoptymalizowanych długofalowych laserów kaskadowych przeznaczonych do zastosowań w spektroskopii molekularnej.