

Laserowanie z pojedynczych i sprzężonych podwójnych mikrownęk polarytonowych wykonanych z tellurków i selenków

STRESZCZENIE

Laserowanie polega na nieliniowym wzmocnieniu światła w ośrodku aktywnym umieszczonym we wnętrzu rezonansowej. Zadania realizowane w ramach pracy doktorskiej skupiają się na efektach laserowania z półprzewodnikowych mikrownęk polarytonowych wykonanych ze związków II-VI układu okresowego. Silne sprzężenie fotonu i pary elektron-dziura prowadzi do powstania kwazicząstki o podwójnej naturze, zwanej polarytonem ekscytonowym. Mikrownęki z materiałów półprzewodnikowych z grup II-VI pozostają zdecydowanie mniej zbadane w porównaniu do ich odpowiedników z grup III-V. Ze względu na większą siłę oscylatora ekscytonu w związkach półprzewodnikowych II-VI ich użycie jako materiału aktywnego otwiera szereg nowych możliwości dla zastosowań w optoelektronice.

W ogólności można zaobserwować trzy reżimy laserowania w emisji z układu studni kwantowej sprzężonej z półprzewodnikową mikrownęką optyczną. Laserowanie polarytonowe w silnym sprzężeniu światła z materią powstaje w wyniku stymulowanego rozpraszania mikrownękowych polarytonów ekscytonowych do stanu podstawowego. W wyższych gęstościach mocy pobudzania, gdy w związku z efektami dekoherencji zostaje utracone silne sprzężenie, możliwe jest uzyskanie laserowania fotonowego, za które odpowiadać mogą dwa mechanizmy: stymulowana rekombinacja ekscytonów lub, w granicznym przypadku dużych mocy pobudzania, stymulowana rekombinacja plazmy elektronowo-dziurowej. Jak dotąd, niezależnie od wybranych materiałów, co najwyżej jeden lub dwa z wymienionych reżimów obserwowane były dla jednej struktury. Dzięki odpowiedniemu doborowi materiałów i przemyślanemu zaprojektowaniu struktury mikrownęki badania prowadzone w ramach pracy doktorskiej wykazały obecność wszystkich trzech reżimów laserowania dla jednej struktury. Potwierdzono je przez obserwację trzech progów laserowania w emisji z pułapek fotonicznych w mikrownęce optycznej na bazie selenków i tellurków z pojedynczą studnią kwantową $\text{CdSe}/(\text{Cd,Mg})\text{Se}$. Pozwoliło to na ustalenie niewyznaczonej wcześniej relacji między trzema różnymi reżimami laserowania.

Badania laserowania polarytonowego rozszerzono również na układ dwóch sprzężonych półprzewodnikowych mikrownęk optycznych ze studniami kwantowymi na bazie związków telluru. Sprzężenie światło-materia w układzie tego typu prowadzi do powstania czteropoziomowego systemu polarytonowego. Zaobserwowano w nim kondensację Bosego-Einsteina i laserowanie polarytonowe z dwóch najniższych gałęzi polarytonowych. Pomiary spektroskopowe z rozdzielczością czasową wykazały złożoną dynamikę procesów

odpowiadających za transfer wzbudzenia między rezerwuarem nośników wykreowanych światłem i poziomami polarytonowymi. W szczególności pokazano, że kondensaty polarytonowe, z których następuje emisja, nie koegzystują w czasie. Budowanie populacji kondensatu na wyższej gałęzi polarytonowej następuje po radiacyjnym zaniku kondensatu, który został wytworzony na gałęzi niższej. Co więcej, obecności kondensatu na wyższej gałęzi polarytonowej towarzyszy zjawisko zdegenerowanego w energii parametrycznego rozpraszania polarytonów ekscytonowych do niższej energetycznej gałęzi polarytonowej. Systematyczne pomiary przeprowadzone dla podwójnej mikrownęki i modelowanie teoretyczne pozwoliły zrozumieć i opisać mechanizm odpowiedzialny za dynamikę kondensatu w tym wielopoziomowym systemie polarytonowym.

Realizacja zadań prezentowanych w niniejszej pracy jest istotna z punktu widzenia przydatności materiałów grupy II-VI w badaniach wpływu mikrostrukturalizacji na lokalizację i laserowanie z mikrownęk półprzewodnikowych oraz w zastosowaniach praktycznych, np. do budowy urządzeń polarytronicznych.