

Tytuł wykładu:

Kropki kwantowe w strukturach fonicznych

/czyli

Nanofotonika i kropka (kwantowa)/

Streszczenie wykładu:

Fizyka oddziaływania światło-materia

1. Przegląd zagadnień prezentowanych podczas wykładu. Wnękowa elektrodynamika kwantowa (QCED) – wprowadzenie
 - a. Rezonatory optyczne i złota reguła Fermiego
 - b. Silne i słabe sprzężenie emiter – mod wnęki optycznej
2. Równanie falowe w dielektrycznych strukturach warstwowych
 - a. Rozwiązanie równania Maxwella dla struktury periodycznej
 - b. Półprzewodnikowe wnęki planarne
3. Wnęka planarna na lustrach Bragga
Obliczenia: Widmo odbicia lustra Bragga i mod wnęki planarnej w formalizmie macierzy przejścia (zajęcia interaktywne z wykorzystaniem tabletów)
4. Struktury foniczne i ich wytwarzanie
 - a. Mikropilar, mikrodysk, kryształ foniczny 1D, 2D, 3D
 - b. Rozkład kątowy emisji struktur fonicznych
5. Krótkie wprowadzenie do fizyki półprzewodników
 - a. Ośrodek o strukturze periodycznej – sieć krystaliczna: analogie wynikające z periodyczności
 - b. Struktura pasmowa półprzewodników

Półprzewodnikowa kropka kwantowa jako źródło światła

6. Wprowadzenie do fizyki kropek kwantowych
 - a. Podstawowe pojęcia mechaniki kwantowej przydatne w dalszym wykładzie
 - b. Od związania kwantowego jedno- do trójwymiarowego w półprzewodniku
7. Samozorganizowane półprzewodnikowe kropki kwantowe
 - a. Rodzaje kropek kwantowych
 - b. Półprzewodnikowa kropka kwantowa
8. Spektroskopia półprzewodnikowych kropek kwantowych
 - a. Struktura energetyczna i widmo mikro-fotoluminescencji kropki kwantowej

- b. Dynamika emisji przejść ekscytonowych

Kropka kwantowa w mikrownęce optycznej

- 9. Kropka kwantowa w mikrownęce optycznej: reżim słabego sprzężenia
 - a. Metody uzyskiwania sprzężenia kropka – mod wnęki
 - b. Efekt Purcella i kierunkowanie emisji
- 10. Kropka kwantowa w mikrownęce optycznej: reżim silnego sprzężenia
 - a. Oddziaływanie mod wnęki optycznej – kropka kwantowa
 - b. Oscylacje Rabbiego
- 11. Wpływ otoczenia fotonicznego na nieklasyczne własności emisji kropek kwantowych
 - a. Statystyka fotonów emitowanych przez kropkę kwantową we wnęcie
 - b. Wytwarzanie stanów splątanych fotonów w emisji kropki kwantowej

Praktyczne zastosowania, wyzwania i perspektywy

- 12. Zastosowania praktyczne
 - a. Istniejące zastosowania komercyjne i medyczne
 - b. Pojedyncze fotony z kropek kwantowych w kryptografii kwantowej
- 13. Wyzwania i perspektywy (1)
 - a. Pamięć spinowa w kropkach kwantowych
 - b. Lasery z kropkami kwantowymi jako ośrodkiem aktywnym
- 14. Wyzwania i perspektywy (2)
 - a. Optyczne wnęki plazmonowe i ich kombinacja z wnękami fonicznymi
 - b. Efekt Purcella przy sprzężeniu kropka kwantowa-mod plazmonowy

Literatura:

Confined photon systems, fundamentals and applications, ed. Henri Benisty, Jean-Michel Gerard, Romuald Houdre, John Rarity i Claude Weisbuch, Springer-Verlag, Berlin, 1999
Photonic crystals: molding the flow of light, John D. Joannopoulos, wyd. II, Princeton University Press, 2008
Controlling spontaneous emission dynamics in semiconductor microcavities: an experimental approach, Bruno Gayral, Ann. Phys. Fr. 26 No 2, EDP Sciences, 2001

Podczas wykładu przedstawiane zostaną zagadnienia fizyki sprzężenia światło-materia, przede wszystkim w aspekcie sprzężenia półprzewodnikowej kropki kwantowej z modem optycznym mikrownęki optycznej.

W pierwszej części wykładu omówione zostaną pojęcia podstawowe dla wewnętrznego elektrodynamiki kwantowej. Zaprezentowane zostaną istniejące obecnie periodyczne struktury półprzewodnikowe. Wskazana zostanie analogia pomiędzy strukturą fotoniczną dielektrycznych struktur periodycznych, a strukturą energetyczną kryształu półprzewodnikowego.

Druga część wykładu dotyczyć będzie spektroskopii półprzewodnikowych kropek kwantowych. Wprowadzone zostanie pojęcie kropki kwantowej i omówione jej własności jako emitera.

W trzeciej części wykładu w oparciu o wiedzę zaprezentowaną wcześniej omówiony zostanie wpływ otoczenia fotonicznego na właściwości emisji spontanicznej półprzewodnikowych kropek kwantowych, m. in. na prędkość i własności polaryzacyjne emisji oraz na statystykę emitowanych fotonów.

W ostatniej części wykładu omówione zostaną istniejące zastosowania praktyczne wykorzystujące dyskutowane wcześniej zjawiska oraz przedstawione zostaną perspektywy dalszego rozwoju nanofotoniki.

Wykład będzie bogato ilustrowany wynikami badań naukowych opublikowanych w ostatnich latach. Zajęcia będą zawierać elementy ćwiczeń (do 15-20 % czasu przeznaczonego na cały kurs), podczas których studenci będą przy użyciu elektronicznych tabletów wykonywali samodzielnie proste obliczenia i szkicowali wykresy w celu bezpośredniego zastosowania i zrozumienia poznanych wiadomości. W zamierzeniu kurs umożliwi studentom pogłębienie wiedzy zdobytej podczas przebiegającego równoległe wykładu z Mechaniki Kwantowej i będzie stanowił element przygotowania do wykładu z Elektrodynamiki Klasycznej.

Informacje organizacyjne:

Semestr: zimowy (lub ew. letni)

Wykład dla studentów III roku.

Język wykładu: polski.

Liczba studentów: bez ograniczeń. Optimum: nie więcej niż dwie osoby na jeden tablet.

Wymagania: Od słuchaczy nie są wymagane specjalne umiejętności, poza chęcią poszerzenia wiedzy o fizyce struktur kwantowych i (nano)fotonice. Znajomość elektrodynamiki i mechaniki kwantowej jest pożądana, jakkolwiek niekonieczna. Niezbędne dla kursu minimum pojęć istotnych w tych dziedzinach zostanie wprowadzone w jego trakcie, a sam kurs będzie unikał używania zaawansowanego formalizmu matematycznego.

Przydatne będą tablety z zainstalowanym programem Mathematica, ew. Matlab.

Materiały do wykładu w formie prezentacji będą publikowane na stronie internetowej wykładu.

Jan Suffczyński

Zakład Fizyki Ciała Stałego