

Sylabus predmetu Fotonické kryštály a metamateriály

Juraj Chlpík

Zimný semester 2018/2019

1 Základné pojmy

Klasifikácia prostredí, dĺžkové škály (homogénne prostredie, fotonický kryštál, metamateriál, nehomogénne prostredie), Maxwellove rovnice v materiálovom prostredí, Monochromatická vlna, monochromatická rovinná vlna, vlnový vektor, permitivita a permeabilita prostredia, impedancia prostredia, fázová rýchlosť, grupová rýchlosť, Poyntingov vektor, hustota energie, intenzita žiarenia, Disperzný vzťah, permitivita dielektrika – Lorentzov model, permitivita kovu – Drudeho model, disperzný diagram, svetelný kužel.

2 Rozhranie prostredí

TE, TM polarizácia (s a p polarizácia), riešenie Maxwellových rovníc na rozhraní, vzťahy pre \mathbf{E} , \mathbf{H} na rozhraní, rozklad vektora \mathbf{k} na rovnobežnú a kolmú zložku vzhľadom na rozhranie prostredí, matica prenosu rozhrania pre rôzne polarizácie, matica prenosu homogénneho prostredia, matica prenosu sústavy planparalelných prostredí a rozhraní, amplitúda koeficientu odrazu a prechodu, reflektivita, transmisivita, absorbtancia, Fresnelove koeficienty, Brewsterov uhol, úplný odraz, medzný uhol, tenká planparalelná vrstva – Fabryho-Perotova interferencia, viazaná vlna.

3 Jednorozmerný fotonický kryštál

Definícia 1D PhC, Disperzný diagram fotonického kryštálu, zakázané pásy, kontrast indexov lomu, šírenie svetla pod rôznymi uhlami; Štvrtvlnová multivrstva (quarter stack), poloha zakázaného pásu, šírka zakázaného pásu; Analýza 1D fotonického kryštálu pomocou matice prenosu, podmienka šírenia vlny, hranice zakázaného pásu; Konečný fotonický kryštál, úplný zakázaný pás; Porucha vo fotonickom kryštáli, model interakcie módu poruchy s okolitým poľom – špeciálne riešenie v symetrickom prípade; aplikácie 1D fotonických kryštálov, interferenčné zrkadlá a filtre.

4 Dvojrozmerný fotonický kryštál

Definícia 2D PhC, rôzne usporiadania a tvary elementov; Geometrické vlastnosti 2D PhC, elementárna bunka, reciprokový priestor, 1. Brilluinova zóna štvorcového a šesťuholníkového usporiadania; Hlavná vlnová rovnica fotonického kryštálu (master equation); Disperzný diagram veľmi slabo modulovaného fotonického kryštálu, pásová štruktúra; Vznik zakázaných pásov v rôznych polarizáciách, úplný zakázaný pás v prípade rovnobežného šírenia; Rozklad do rovinných vln (plane waves expansion), Blochova-Floquetova teoréma; Poruchy mriežky bodové, čiarové; konečný 2D fotonický kryštál, využite ako vlnovod; 3D fotonický kryštál.

5 Fotonická vrstva

Definícia a základné parametre fotonickej 2D vrstvy; Difrakcia na periodickej štruktúre, záporný lom; Fotonický planárny vlnovod; Naväzovanie svetla do vlnovodu, leaky módy a guided módy; Meranie geometrických vlastností fotonickej vrstvy pomocou Braggovho spätného odrazu; Meranie leaky módov a ich disperzných diagramov, experimentálna schéma merania, identifikácia Fannovych rezonancií ako leaky módov a Fabryho-Perotových interferencií v 2D spektrách uhlov dopadu a azimutových spektrách; Izofrekvenčné krivky a plochy, záporný lom; aplikácie fotonických vrstiev.

6 Viazané vlny

Evanescentná vlna, podmienka existencie viazanej vlny analýzou matice prenosu, imaginárna zložka vlnového vektora k_z ; planárny vlnovod, optické vlákno, poruchy vo fotonických kryštáloch, hranice fotonických kryštálov; Povrchový plazmón polaritón (SPP) a rezonancia povrchového plazmónu (SPR); Riešenie Maxwellových rovníc na rozhraní dvoch prostredí, podmienka existencie SPP, disperzný vzťah SPP, hĺbka vniku SPR do prostredí, disperzná krivka pre reálny kov, stabilita SPP, rôzne spôsoby excitácie SPP, využitie SPP v biosenzoroch, TIRE; Lokalizované plazmóny na nanočasticiach, aplikácie.

7 Metamateriály

definícia metamateriálu, umelý kov, záporná permeabilita; left-handed materiál, hustota energie a disperzia, vlastnosti left-handed materiálov, záporný index lomu, záporný lom, meranie záporného indexu lomu, planárna vrstva ako šošovka, dokonalá šošovka, zosilnenie evanescentných vln, štruktúra LH materiálov, zneviditeľnenie časti priestoru, magnetická odzva v oblasti optických frekvencií, fotonické kryštály s LH materiálom.