

IPPT Reports on Fundamental Technological Research

3/2013

Agata Roszkiewicz

GENERACJA PLAZMONÓW
POLARYTONÓW POWIERZCHNIOWYCH
NA STRUKTURACH PERIODYCZNYCH

Rozprawa Doktorska
Promotor: prof. dr hab. Wojciech Nasalski

Instytut Podstawowych Problemów Techniki
Polska Akademia Nauk

Warszawa 2013

Spis treści

Spis rysunków.....	11
1. Wprowadzenie.....	19
1.1. Rys historyczny.....	19
1.2. Zastosowania plazmonów polarytonów	20
1.3. Jednokierunkowa propagacja plazmonów polarytonów.....	23
2. Motywacja i zakres pracy	29
3. Cel pracy	31
4. Podstawy teoretyczne.....	33
4.1. Równania Maxwella i warunki brzegowe	33
4.1.1. Warunki brzegowe	34
4.2. Energia pola elektromagnetycznego i równanie ciągłości	35
4.2.1. Fala zanikająca.....	36
4.3. Model Drudego	36
4.4. Sieć odwrotna i pierwsza strefa Brillouina.....	37
4.4.1. Kryształy fotoniczne	39
4.5. Plazmony polarytony powierzchniowe	40
4.5.1. Plazmony	40
4.5.2. Polarytony	40
4.5.3. Plazmony polarytony powierzchniowe (Surface plasmon polaritons, SPP).....	40
4.5.4. Długość drogi propagacji.....	44
4.5.5. Głębokość wnikania.....	44
4.5.6. Stosunek składowych pola elektrycznego SPP	46
4.5.7. Plazmony powierzchniowe (Surface Plasmons, SP).....	46
4.5.8. Czy istnieją plazmony o polaryzacji TE?.....	47
4.5.9. Zlokalizowane plazmony powierzchniowe (Localized surface plasmons, LSP).....	48
4.6. Rezonansowe warunki wzbudzenia.....	48
4.7. Anomalie Rayleigha (Wooda).....	52
4.8. Wiązki optyczne.....	53
4.8.1. Wiązka Gaussa.....	54
4.8.2. Wiązki Hermite'a-Gaussa typu „elegant”.....	54

5. Modelowanie numeryczne.....	57
5.1. Ścisła metoda fal sprzężonych (RCWA).....	57
5.1.1. Dyfrakcja fali płaskiej.....	58
5.1.2. Dyfrakcja wiązki optycznej.....	63
5.2. Model fenomenologiczny.....	65
5.3. Efektywny współczynnik załamania.....	66
6. Wpływ asymetrii struktury na kierunek propagacji energii.....	67
6.1. Geometria zagadnienia.....	68
6.2. Optymalizacja struktury.....	69
6.3. Struktury symetryczne względem płaszczyzny YZ.....	72
6.4. Asymetria horyzontalna struktury.....	74
6.5. Wpływ pionowego przesunięcia granicy dielektryka.....	78
6.6. Stała propagacji.....	81
6.7. Tolerancja kierunkowości na zmiany parametrów struktury.....	82
6.7.1. Zależność od współczynnika załamania.....	83
6.7.2. Zależność od grubości warstw.....	85
6.7.3. Zależność od okresu i długości fali.....	88
6.7.4. Zależność od współczynnika wypełnienia.....	90
6.8. Wnioski.....	92
7. Analiza modów cząstkowych struktury.....	95
7.1. Mody struktury warstwowej dielektryk-metal-dielektryk (IMI).....	97
7.2. Mody jednowymiarowej jednowarstwowej struktury periodycznej.....	102
7.2.1. Zależność od grubości i współczynnika wypełnienia siatki.....	106
7.2.2. Zależność od okresu i parametrów materiałowych.....	125
7.3. Sprzężenie pomiędzy warstwami.....	131
8. Fizyczne podstawy kierunkowości.....	137
8.1. Dyspersja dla warstw jednorodnych w kierunku x.....	138
8.2. Dyspersja dla warstw periodycznych w kierunku x.....	141
9. Konkluzje.....	147
10. Elementy wkładu oryginalnego.....	151
11. Summary.....	155
Bibliografia.....	157