دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق- الکترونیک

بررسی و شبیه‌سازی دی‌مالتی‌پلکسر بلور فوتونی به روش تفاضل محدود در حوزه زمان برای کاربرد در مخابرات نوری

توسط:

علیرضا محمودی

استاد راهنما:

دکتر محمدعلی منصوری بیرجندی

تابستان ۱۳۹۲

Archive of SID

www.SID.ir

چکیده

هدف از پایان نامه، نحوه شبیه‌سازی عملکرد افزاره‌های فوتونی با استفاده از روش عددی تفاضل محدود در حوزه زمان (FDTD[1]) بر پایه نرم‌افزار متلب[2] می‌باشد. روش FDTD، رایج‌ترین ابزار تحلیل در بلورهای فوتونی است و سایر روش‌های تحلیلی یا عددی دیگر را با آن می‌سنجند. به نحوی که می‌توان ادعا کرد در حال حاضر، تقریباً هیچ روش دیگری به غیر از FDTD بکار نمی‌رود. بلورهای فوتونی بدلیل دارا بودن کاربردهای بالقوه از مناسب‌ترین گزینه‌ها برای طراحی و ساخت مدارهای مجتمع نوری[3]به شمار می‌روند. به همین منظور، کلیه مراحل گسسته‌سازی و نوشتن کدهای متلب برای پیاده‌سازی این روش، بر روی بلورهای فوتونی درج شده است. برای نمونه، چند ادوات فوتونی پرکاربرد که در مدارهای مجتمع نوری بکار میروند، از جمله موجبر، خم ۹۰ درجه، تقسیم‌کننده توان، و مالتی پلکسر/ دی‌مالتی‌پلکسر سه کاناله شبیه‌سازی شده‌اند. ساختار بلور فوتونی در تمام نمونه‌ها، میله‌های دی‌الکتریک در بستر هوا با آرایش استوانه ای شکل از جنس سیلیکون انتخاب شده است. با استفاده از این روش، ساختار نوار باند بلورهای فوتونی نیز استخراج و منحنی‌های پاشیدگی آن به نمایش گذاشته شده است. در حل مسایل الکترومغناطیسی به روش FDTD در فضای نامحدود، به شرایط مرزی مناسب نیازمندیم، که گسترش فضا تا بی‌نهایت را شبیه‌سازی کند. در این پایان نامه از مدل ABC با لایه‌های کاملا تطبیق یافته[4] (PML)، برنجر[5]، این شرایط را فراهم نموده ایم همچنین از یک منبع به صورت یک پالس زمانی کوتاه جهت انجام شبیه سازی استفاده شده، و برای محاسبه طیف توان خروجی از مجموع بردار پویین‌تینگ روی دهانه خروجی استفاده کرده‌ایم و زمان اجرای برنامه ۳۰۰۰۰ پله زمانی می باشد.

Archive of SID

1 Finite Difference Time Domain (FDTD)

2 MATLAB

3 Photonic Integrated Circuits

4 Perfectly Matched Layer: PML

5 J. Berenger

www.SID.ir

Table of Contents

Contents

Table of Contents II

List of Figures VI

Chapter One: An Introduction to Photonic Crystals 1

1 .1.Introduction and the thesis motivation 2

1 .2. The history of photonic crystals 2

1.3. The features of photonic crystals 8

1.4. The photonic band gaps 8

1.5. The most important parameters 9

1.5.1. Dimensions 12

1.5.2. Symmetry 12

1.5.3.Lattice constant (*a*) 12

1.5.4. Periodicity 13

1.5.5. Fill Factor 13

1.5.6. Refractive Index Contrast 13

1.5.7. Scalability 13

1.6. Analysis of photonic crystals 14

1.7. Photonic crystal's band diagram 16

1.8. Different kinds of photonic crystal structures 17

1.8.1.One dimensional photonic crystals 18

1.8.2. Two dimensional photonic crystals 18

1.8.3. Three dimensional photonic crystals 19

1.9.Photonic crystals with defects 20

1-10. Dispersion diagram 22

Archive of SID

www.SID.ir

1.11. Conclusion 23

Chapter Two: Finite Difference Time Domain (FDTD) Method 25

2.1. Introduction 26

2.1.1.Analytical methods 26

2.1.2.Semi analytical methods 27

2.1.3. Numerical methods 27

2.2.An Introduction to FDTD 28

2.3. Maxwell's equations in FDTD 29

2.3.1. Maxwell's equations: 29

2.3.2.Maxwell's equations in nondispersive media 30

2.3.3.The Yee algorithm 32

2.3.4.FDTD stability 39

2.4. Absorbing boundary conditions 40

2.5. FDTD method algorithm 56

2.5. Advantages and disadvantages of FDTD method 56

2.5.1.Advantages 57

2.5.2.Disadvantages 57

Chapter three: Dispersion Diagram and Band Gap 58

3.1. Dispersion diagram of a photonic crystal 59

3.2. Complete and incomplete band gap 62

3.3. Plane wave expansion method 65

3.3.1.Analysis of one-dimensional photonic crystals by use of plane wave expansion method 69

3.3.2. Investigation of two-dimensional photonic crystals 72

3.4.Summarization 76

Archive of SID

www.SID.ir

Chapter Four: Photonic Crystal Demultiplexer 79

4.1. Introduction 80

4.2. Photonic crystal waveguide 80

4.3. Photonic crystal bend shape filter 82

4.4. Photonic Crystal 2 to 1 Power Divider 84

4.5. Photonic crystal filter 85

4.5.1. Reflective filters based on the coupling between a waveguide and cavity 86

4.5.2. Photonic crystal add-drop filter 87

4.6. Photonic crystal demultiplexer 88

4.7. General aspects of simulations 91

4.7.1. General aspects 91

4.7.2.PML simulation and it's results 92

4.7.3. Calculation of power transmission coefficient 93

4.7.4. Investigation of the written code 94

Chapter Five: Conclusions and Suggestions 97

5.1. Conclusions 98

5.2. Suggestions 98

Appendix 100

I.**Matlab source codes** 100

i.Two dimension waveguide 101

ii. 90 degree waveguide 112

iii. Power divider 123

iv. Demultiplaxer 144

v.Band Gap 156

Archive of SID

www.SID.ir

Greek alphabet…….……161

References.....162

Archive of SID

www.SID.ir