Εργασία Φωτονική Τεχνολογία

Όνομα: Γιώργος Χατζηευφραιμίδης

ΑΕΜ:3503

ΑΣΚΗΣΗ 1

A)

To K=22 οπότε το (Κ mod 4)=2.

ΔL=1+2=3

Ο δείκτης διάθλασης είναι 3 και ο συζεύκτης ισούται με 3 τότε έχουμε ότι το α=0,5.

Η ταχύτητα φωτός στο κενό είναι 3\*10^8 m/s .

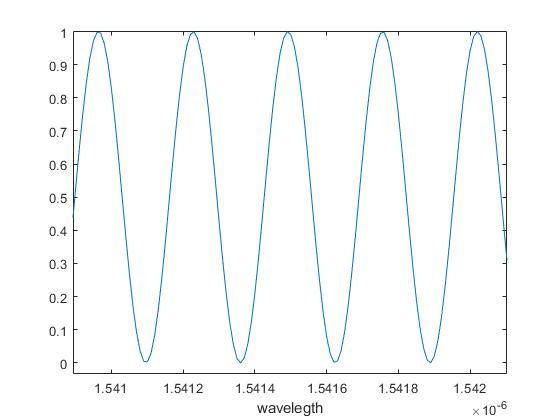
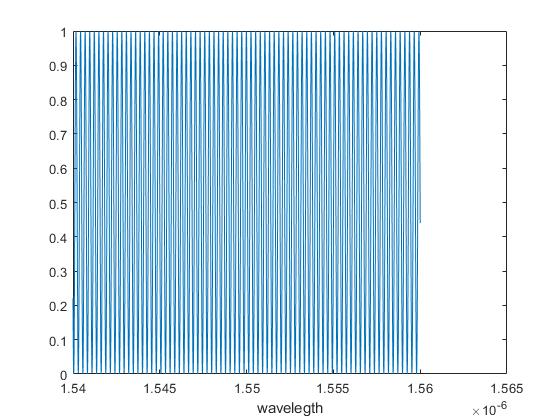
Από την σχέση : λ=c/f <=> f=c/λ , όπου λ το μήκος κύματος που κυμαίνεται από 1540-1560nm και f η συχνότητα .

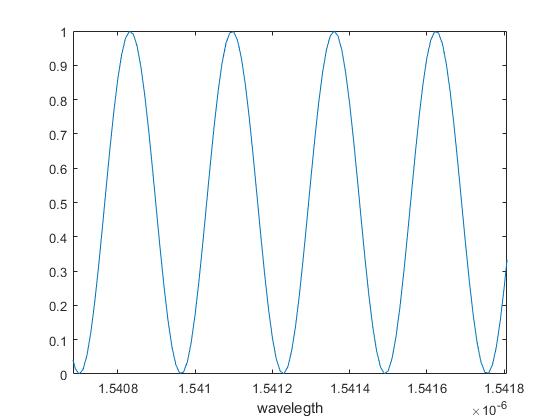
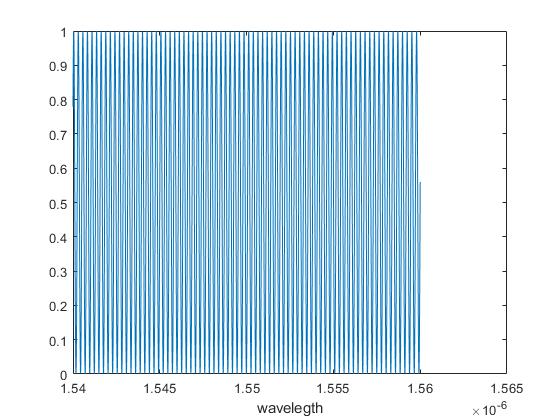
Το οπτικό φίλτρο πυριτίου συνδεσμολογίας Mach-Zehnder έχει δυο εξόδους το T και το R και η συνάρτηση μεταφοράς για το κάθε ένα αντίστοιχα είναι :





Διαγράμματα για TT(f) :



Διαγράμματα για TR(f) : 

Η ελεύθερη φασματική ισχύς (FSR) υπολογίζεται από την φασματική απόσταση δυο κορυφών.

Δτ=ΔL/(c/n) = ΔL\*n/c .

* ΔL: την διαφορά μεταξύ των δυο βραχιόνων
* c: την ταχύτητα του φωτός
* n: ο δείκτης διάθλασης του κυματοδηγού πυριτίου

Οποτε το Δτ= 3\*(10^(-3))\*3/3\*(10^8) = 3 \*10^(-11) s



Άρα FSR=1/ Δτ =1/3\*10^(-11)=3,33\*10^(10) = 33,3 GHz .

Tο φασματικό εύρος ημίσειας ισχύος ΔfFWHM των κορυφών της συνάρτησης μεταφοράς του φίλτρου είναι σύμφωνα με τον τύπο :



Οπότε έχουμε FSR=1/Δτ <=> Δτ=1/FSR => Δτ = 1/1,1 \*10^(-4) => Δτ = 0,91 \* 10^(-4) .

FWHM = ½\*Δτ =>FWHM = 1 / 2\*3\*10^(-11)=1,66\*10^(10)Hz =16,6 GHz .

H λεπτότητα (Finesse) του φίλτρου στη φασματική περιοχή των 1550nm είναι :

F=FSR/FWHM => F = 2 .

Β)

Εφόσον αντικαθιστούμε τον 3db coupler με έναν συζεύκτη διαμορφώνονται δυο α το α1=0.5 και το α2=0,7 ή α2=0,3 αντίστοιχα . Από την ανάλυση των τύπων στις διαφάνειες :





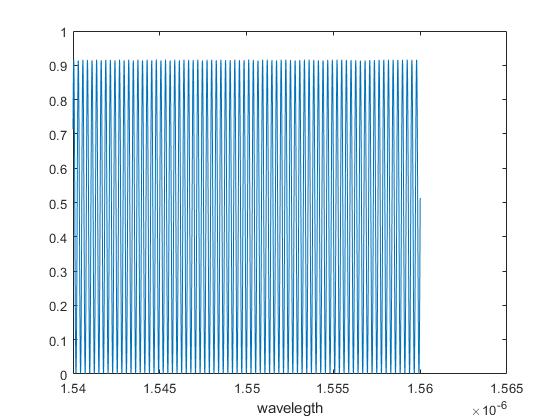
Και για την άλλη έξοδο αντίστοιχα καταλήγουμε στην συνάρτηση μεταφοράς :

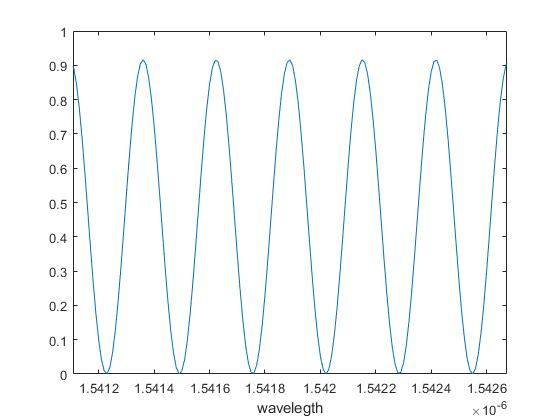
TT(f) = 1- 4\*

TR(f)= 4\*

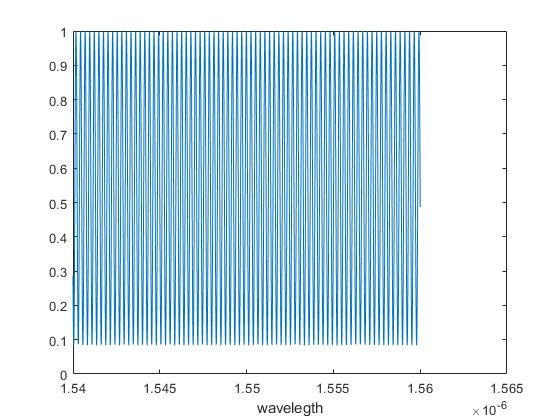
Αλλά με α2=0.3 στο TR(f) .

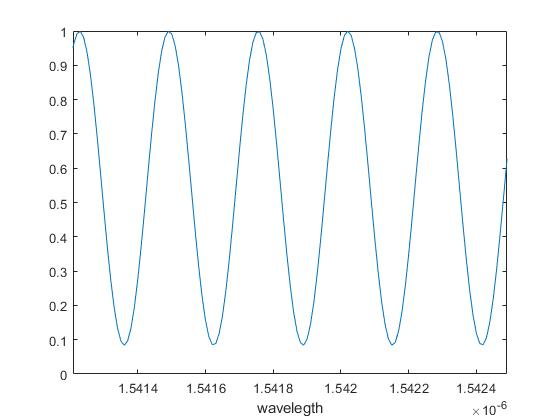
Διαγράμματα για TR(f) :





Διαγράμματα για TT(f) :





Από τις γραφικές παραστάσεις του (α) ερωτήματος και του (β) παρατηρούμε ότι λόγο της διαφορετικής κατανομής στην έξοδο 70/30 έχουμε και διαφορετικά πλάτη .

Υπολογισμός της ελεύθερης φασματικής ισχύς (FSR) από τον τύπο :



Δεν έχουμε διαφορές στο FSR επειδή το Δτ δε αλλάζει αφού τα ΔL , c , n είναι ίδια με το ερώτημα(α) . Συνεπώς έχουμε :

Δτ= 3\*(10^(-3))\*3/3\*(10^8) = 3 \*10^(-11) s

FSR=1/ Δτ =1/3\*10^(-11)=3,33\*10^(10)Hz =33,3GHz

Tο φασματικό εύρος ημίσειας ισχύος ΔfFWHM των κορυφών της συνάρτησης μεταφοράς του φίλτρου είναι σύμφωνα με τον τύπο, ίδιο με του (α) ερωτήματος :

FWHM = 1 / 2 \*Δτ =>FWHM = 1 / 2\*3\*10^(-11)=1,66\*10^(10)Hz =16,6 GHz

H λεπτότητα (Finesse) του φίλτρου στη φασματική περιοχή των 1550nm είναι :

F=FSR/FWHM => F = 2 .

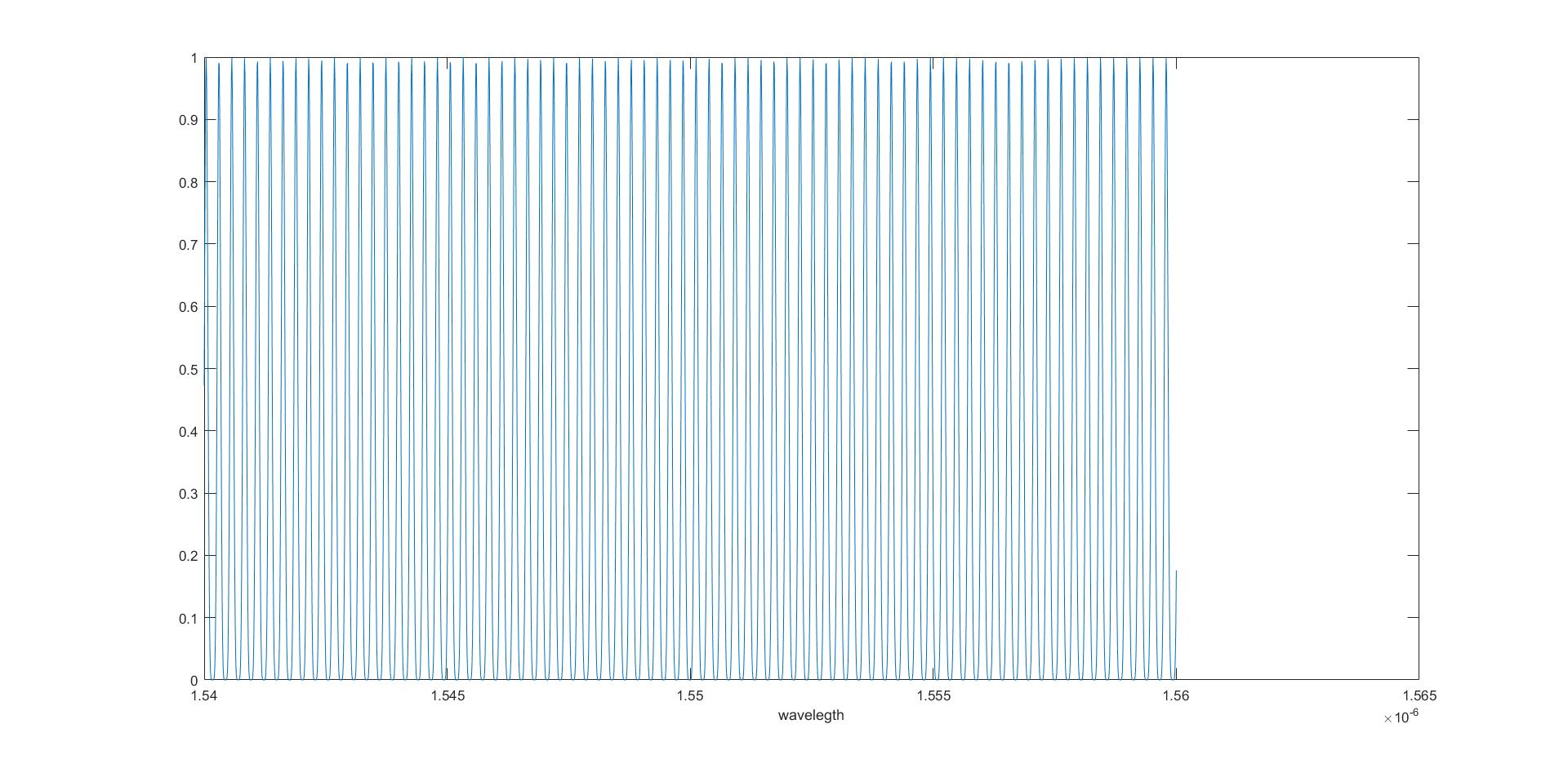
Γ)

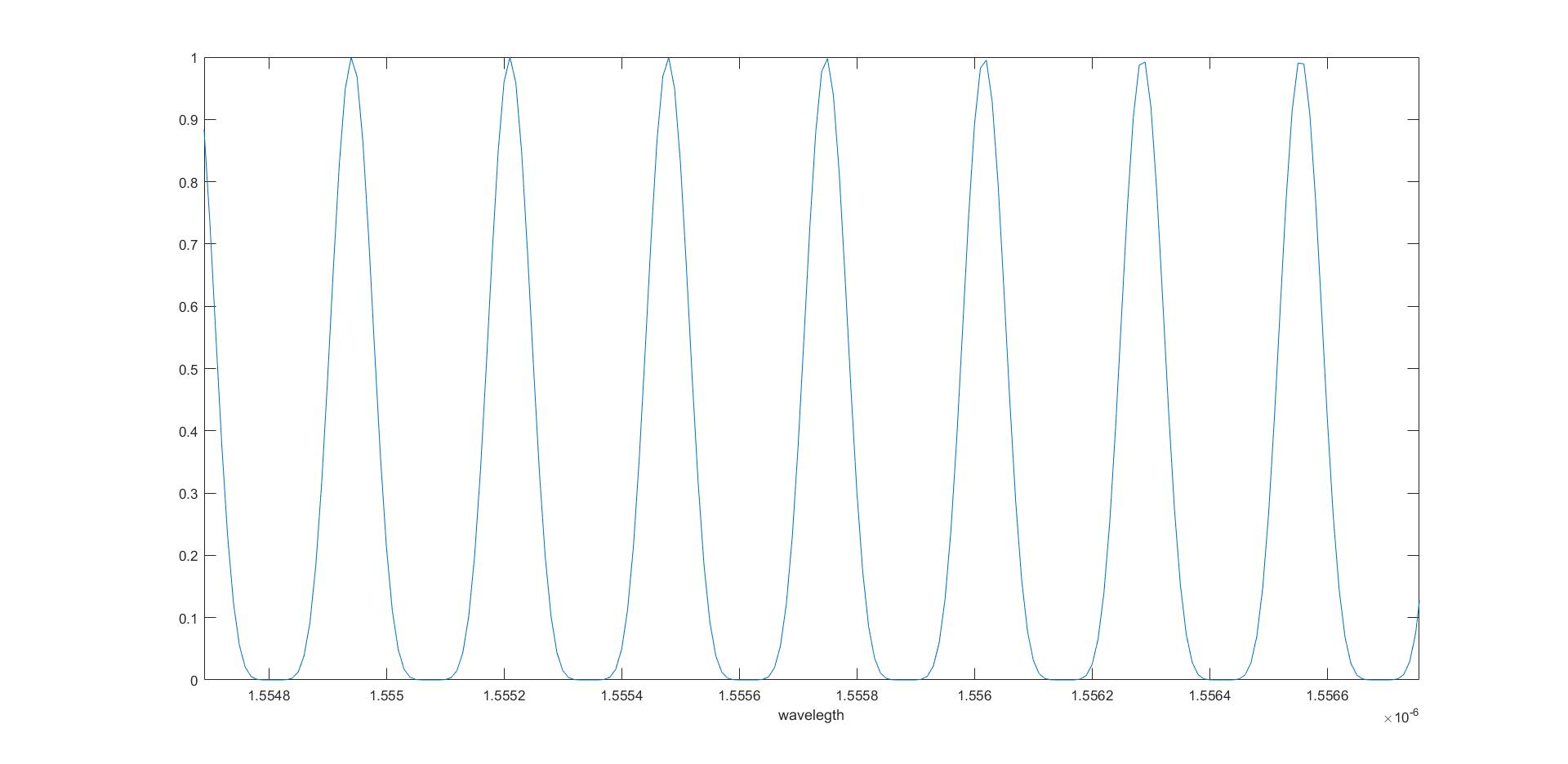
R(f) = (cos(π ))^2 (cos(π ))^2 (cos(π ))^2

T(f) = (sin(π ))^2 (sin(π ))^2 (sin(π ))^2

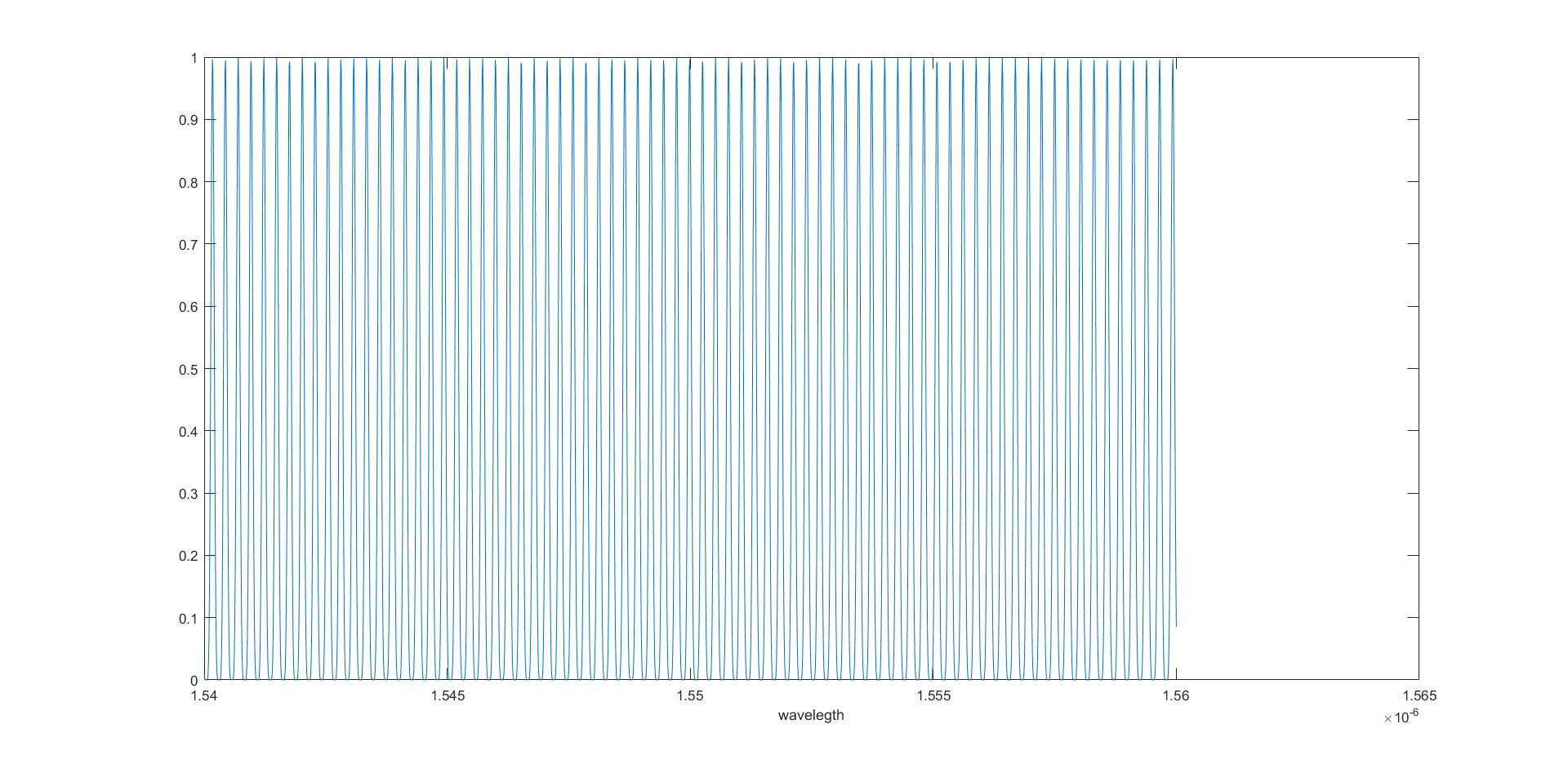
Τα διαγράμματα τις συναρτήσεις μεταφοράς για τις δυο εξόδους της αλυσίδας Mach-Zehnder :

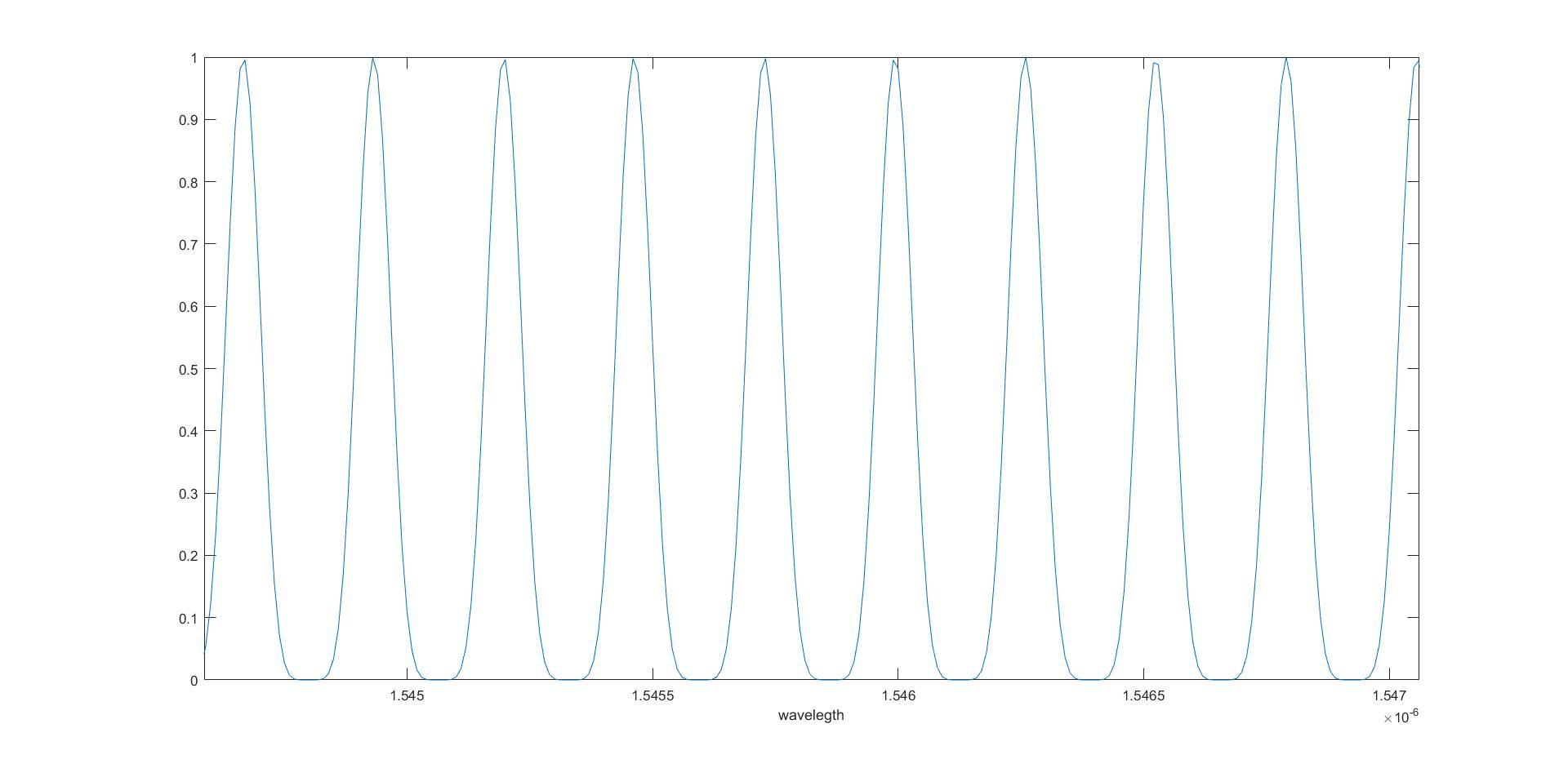
R(f):





T(f):





Η φασματική περιοχή του (FSR) της αλυσίδας Mach-Zehnder :

m=3

* Δτ= 3\*(10^(-3))\*3/3\*(10^8) = 3 \*10^(-11) s

FSR =2^m/ Δτ = 8 / 3 \*10^(-11) = 266,6 GHz

* Εύρος ζώνης ημίσειας ισχύος-FWHM :

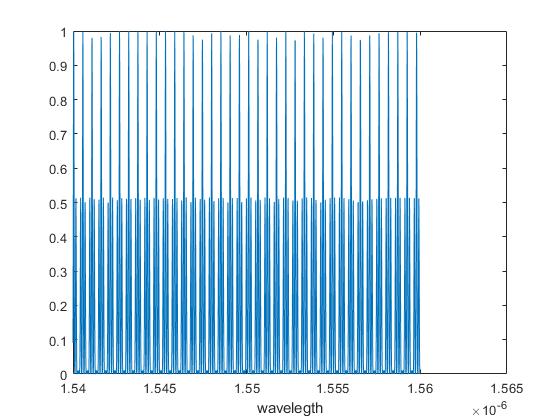
FWHM = 1/2 \* Δτ = 1/ 2 \* 3\*10^(-11) = 16,6 GHz

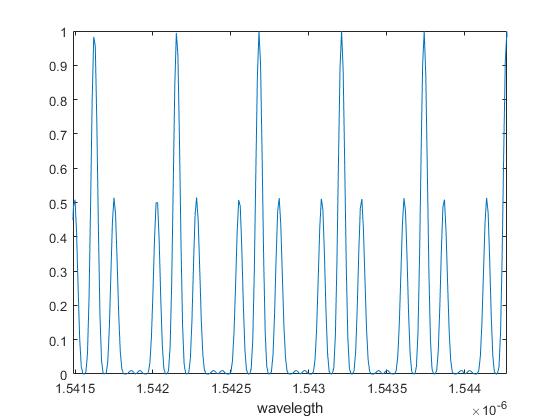
* Λεπτότητα – Finesse :

F = FSR / FWHM = 2^4= 16

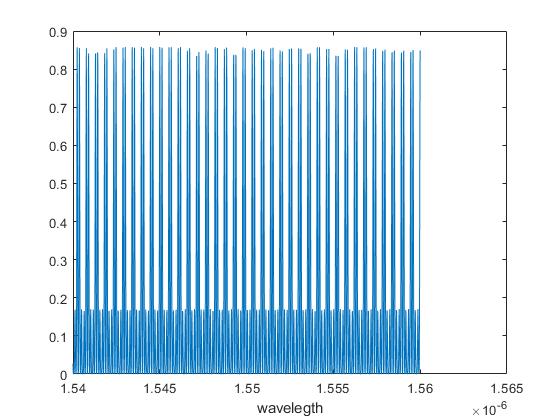
Δ)

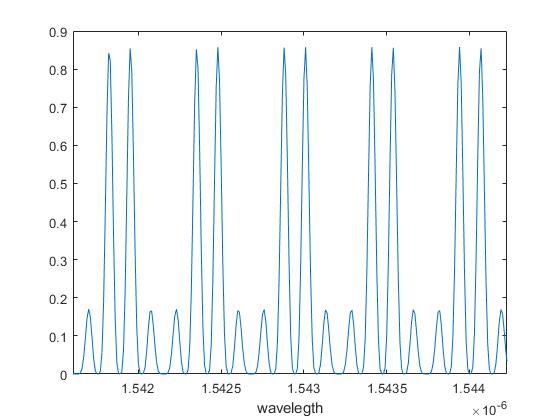
R(f) = (cos(π ))^2 (cos(π )))^2 (cos(π )))^2





T(f) = (sin(π ))^2 (sin(π ))^2 (sin(π ))^2





Η φασματική περιοχή του (FSR) της αλυσίδας Mach-Zehnder :

* m=3
* ΔL=0,75\*10^(-3) m
* Δτ= 3\*(10^(-3))\*3/4\*3\*(10^8) = 0,75 \*10^(-11) s

FSR =2^m/ Δτ = 8 / 0,75\*10^(-11) = 1066GHz

Διαλέγουμε το μέγιστο FSR που είναι το τρίτο στάδιο με ΔL/4 .

* Εύρος ζώνης ημίσειας ισχύος-FWHM :

FWHM = 1/2 \* Δτ = 1/ 2 \* 3\*10^(-11) = 16,6 GHz

Διαλέγουμε το ελάχιστο FWHM σύμφωνα με την θεωρία της αλυσίδας .

* Λεπτότητα – Finesse :

F = FSR / FWHM = 64,21

Άρα έχουμε διαφορετικό FSR σε όλα τα ερωτήματα , διαφορετικό Finesse αλλά ίδιο FWHM .

Κώδικας

clear all

clc

l=[1540:0.01:1560]\*10^(-9);

c=3\*10^8;

f=c./l;

a=0.5;

n=3;

DL=3\*10^(-3);

k=pi\*n\*DL/c;

x=f.\*k;

TR=4\*a\*(1-a)\*(cos(x)).^2;

figure(1)

plot(l,TR);

xlabel('wavelegth');

TT=1-TR;

figure(2)

plot(l,TT);

xlabel('wavelegth');

a\_b1=0.3;

TR\_b=4\*sqrt(a\_b1)\*sqrt(a)\*sqrt(1-a)\*sqrt(1-a\_b1)\*(cos(f\*k)).^2;

figure(3)

plot(l,TR\_b)

xlabel('wavelegth');

a\_b2=0.7;

TT\_b=1-4\*sqrt(a\_b2)\*sqrt(a)\*sqrt(1-a)\*sqrt(1-a\_b2)\*(cos(f\*k)).^2;

figure(4)

plot(l,TT\_b)

xlabel('wavelegth');

Dt=DL\*n/c;

RF\_a1=(cos(pi\*f\*Dt)).^2;

RF\_a2=(cos(pi\*f\*Dt)).^2.\*RF\_a1;

RF\_a3=(cos(pi\*f\*Dt)).^2.\*RF\_a2;

RF=RF\_a3;

figure(5)

plot(l,RF)

xlabel('wavelegth');

TF\_a1=(sin(pi\*f\*Dt)).^2;

TF\_a2=(sin(pi\*f\*Dt)).^2.\*TF\_a1;

TF=(sin(pi\*f\*Dt)).^2.\*TF\_a2;

figure(6)

plot(l,TF)

xlabel('wavelegth');

RF\_b1=(cos(pi\*f\*Dt/2)).^2;

RF\_b2=((cos(pi\*f\*Dt/2\*4)).^2).\*RF\_b1;

RF\_b3=(cos(pi\*f\*Dt/4\*8)).^2;

RF\_b=RF\_b2.\*RF\_b3;

figure(7)

plot(l,RF\_b)

xlabel('wavelegth');

TF\_b1=(sin(pi\*f\*Dt/2)).^2;

TF\_b2=((sin(pi\*f\*Dt/2\*4)).^2).\*TF\_b1;

TF\_b3=(sin(pi\*f\*Dt/4\*8)).^2;

TF\_b=TF\_b2.\*TF\_b3;

figure(8)

plot(l,TF\_b)

xlabel('wavelegth');

**ΑΣΚΗΣΗ 2**

Απώλειες ισχύος μηδενικές οπότε:

L=2π\*R

l : μήκος κύματος για την περιοχή από 1540-1560

: Συντελεστής μετάδοσης ισχύος

Συντελεστής σύζευξης ισχύος

Άρα = 0,9 (90%) και επειδή || + || = 1 => || = 0,1 .

Οπότε |t|=0,316

Συνάρτηση Μεταφοράς :

=T=

R=6\*m

neff=3

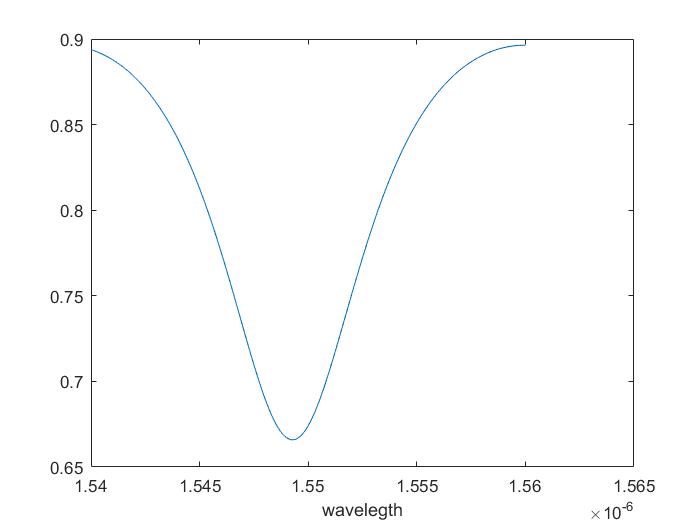
a=1

|t|=0,316

Θ -> σε συνάρτηση με το μήκος κύματος

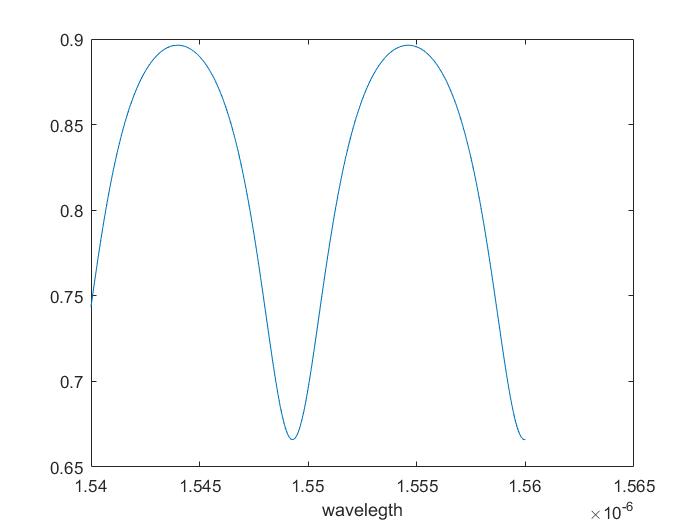
A)

i) R=6\*m



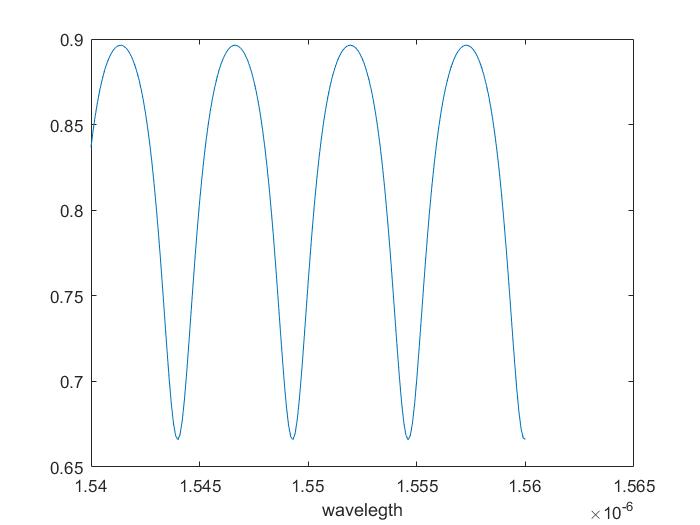
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1ο σημείο | 2ο σημείο | 1ο σημείο( ΔfFWHM) | 2ο σημείο( ΔfFWHM) | FSR | ΔfFWHM | F |
| 1,56\*m | 1,54\*m | 1,546\*m | 1,553\*m | 0,02\*Hz | 7\* | 2,85 |

ii) R=12 m



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1ο σημείο | 2ο σημείο | 1ο σημείο( ΔfFWHM) | 2ο σημείο( ΔfFWHM) | FSR | ΔfFWHM | F |
| 1,544\*m | 1,555\*m | 1,551\*m | 1,558\*m | 0,011\*Hz | 7\* | 1,57 |

iii) R=24\*m



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1ο σημείο | 2ο σημείο | 1ο σημείο( ΔfFWHM) | 2ο σημείο( ΔfFWHM) | FSR | ΔfFWHM | F |
| 1,541\*m | 1,547\*m | 1,55\*m | 1,554\*m | 0,006\*Hz | 4\* | 1,5 |

Καταλαβαινουμε οτι οσο μεγαλύτερη ακτίνα έχουμε τοσο μικρότερο FSR θα εχουμε .

**Κώδικας :**

clear all

clc

l=[1540:0.1:1560]\*10^(-9);

R1=6\*10^(-6);

Neff=3;

L1=2\*pi\*R1;

numerator1=2\*pi\*Neff\*L1;

denominator=l;

U=numerator1./denominator ;

k=sqrt(0.9);

t=sqrt(1-k^2);

a1=0.9;

arithmitis=(a1^2)+(t^2)-(2\*cos(U)\*a1\*t);

paranomasths=1+(a1^2\*t^2)-(2\*a1\*cos(U)\*t);

T= arithmitis./paranomasths ;

figure(1)

plot(l,T)

xlabel('wavelegth');

R2=2\*R1;

L2=2\*pi\*R2;

numerator2=2\*pi\*Neff\*L2;

U2=numerator2./denominator ;

arithmitis2=(a1^2)+(t^2)-(2\*cos(U2)\*a1\*t);

paranomasths2=1+(a1^2\*t^2)-(2\*a1\*cos(U2)\*t);

T2= arithmitis2./paranomasths2 ;

figure(2)

plot(l,T2)

xlabel('wavelegth');

R3=4\*R1;

L2=2\*pi\*R3;

numerator3=2\*pi\*Neff\*L2;

U3=numerator3./denominator ;

arithmitis3=(a1^2)+(t^2)-(2\*cos(U3)\*a1\*t);

paranomasths3=1+(a1^2\*t^2)-(2\*a1\*cos(U3)\*t);

T3= arithmitis3./paranomasths3 ;

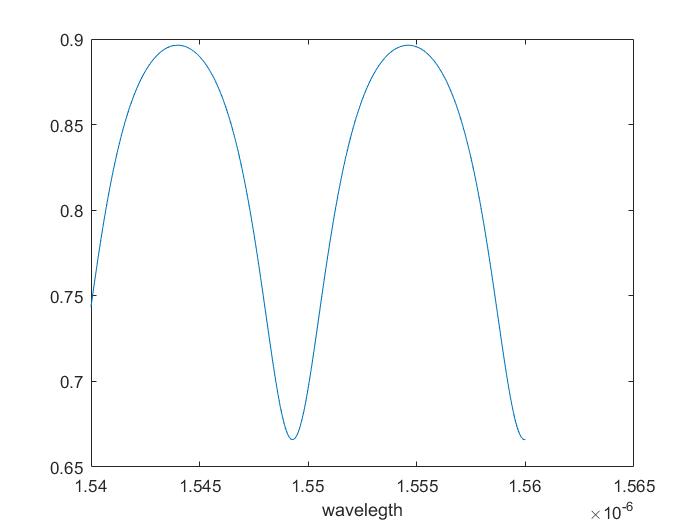
figure(3)

plot(l,T3)

xlabel('wavelegth');

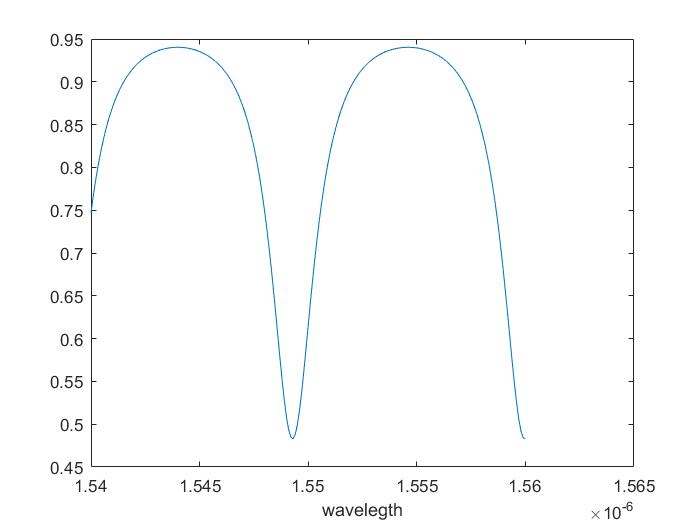
B)

i) Με R=12\*m και λόγο σύζευξης α=90%



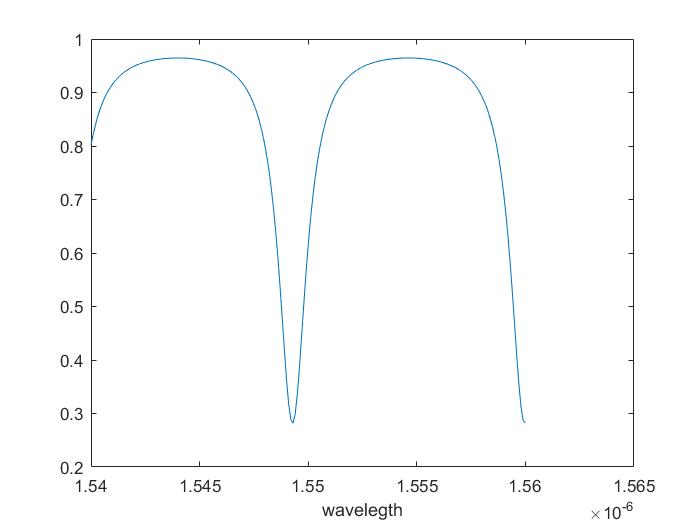
|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1ο σημείο | 2ο σημείο | 1ο σημείο( ΔfFWHM) | 2ο σημείο( ΔfFWHM) | FSR | ΔfFWHM | F |
| 1,555\*m | 1,544\*m | 1,551\*m | 1,558\*m | 0,011\*Hz | 7\* | 1,57 |

ii) Λόγο σύζευξης α=70%



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1ο σημείο | 2ο σημείο | 1ο σημείο( ΔfFWHM) | 2ο σημείο( ΔfFWHM) | FSR | ΔfFWHM | F |
| 1,555\*m | 1,544\*m | 1,55\*m | 1,559\*m | 0,011\*Hz | 9\* | 1,22 |

iii) Λόγο σύζευξης α=50%



|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1ο σημείο | 2ο σημείο | 1ο σημείο( ΔfFWHM) | 2ο σημείο( ΔfFWHM) | FSR | ΔfFWHM | F |
| 1,555\*m | 1,544\*m | 1,55\*m | 1,559\*m | 0,011\*Hz | 9\* | 1,22 |

Αν συγκρίνουμε την i) περίπτωση με την ii) και την iii) παρατηρουμε οτι το φασματικό εύρος ημίσειας ισχύος ΔfFWHM αυξάνεται οσο ο λόγος σύζευξης μειώνεται .

Αν ομως συγκρίνουμε το ii) με το iii) παρατηρούμε οτι ο λόγος του μήκους κύματος που εμφανίζεται ως προς του μήκος κύματος που χάνεται αυξάνεται οσο ο λόγος σύζευξης μειώνεται.

**Κώδικας:**

clear all

clc

l=[1540:0.1:1560]\*10^(-9);

R1=6\*10^(-6);

Neff=3;

a1=0.9;

R2=2\*R1;

L2=2\*pi\*R2;

numerator1=2\*pi\*Neff\*L2;

denominator=l;

U=numerator1./denominator ;

k1=sqrt(0.9);

t1=sqrt(1-k1^2);

arithmitis1=(a1^2)+(t1^2)-(2\*cos(U)\*a1\*t1);

paranomasths1=1+(a1^2\*t1^2)-(2\*a1\*cos(U)\*t1);

T1= arithmitis1./paranomasths1 ;

figure(1)

plot(l,T1)

xlabel('wavelegth');

k2=sqrt(0.7);

t2=sqrt(1-k2^2);

arithmitis2=(a1^2)+(t2^2)-(2\*cos(U)\*a1\*t2);

paranomasths2=1+(a1^2\*t2^2)-(2\*a1\*cos(U)\*t2);

T2= arithmitis2./paranomasths2 ;

figure(2)

plot(l,T2)

xlabel('wavelegth');

k3=sqrt(0.5);

t3=sqrt(1-k3^2);

arithmitis3=(a1^2)+(t3^2)-(2\*cos(U)\*a1\*t3);

paranomasths3=1+(a1^2\*t3^2)-(2\*a1\*cos(U)\*t3);

T3= arithmitis3./paranomasths3 ;

figure(3)

plot(l,T3)

xlabel('wavelegth');