

ΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΑΓΩΓΗ

Όνομα: Γιώργος Χατζηευφραιμίδης

ΑΕΜ:3503

ΑΣΚΗΣΗ 1

A)

Το $K=22$ οπότε το $(K \bmod 4)=2$.

$$\Delta L=1+2=3$$

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

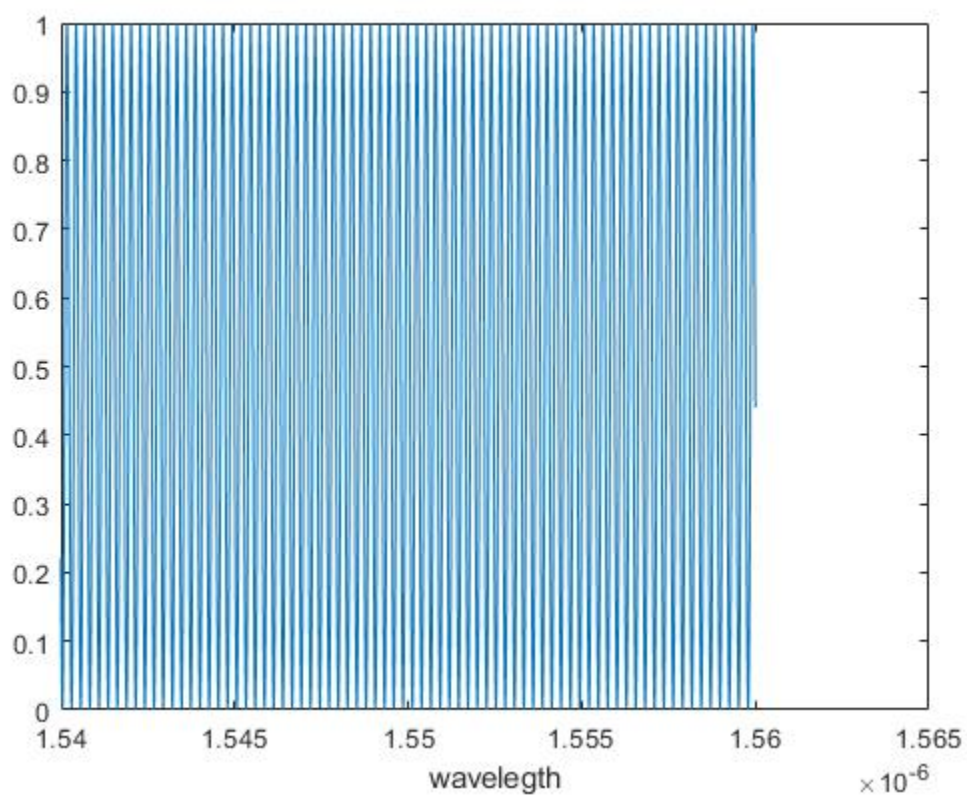
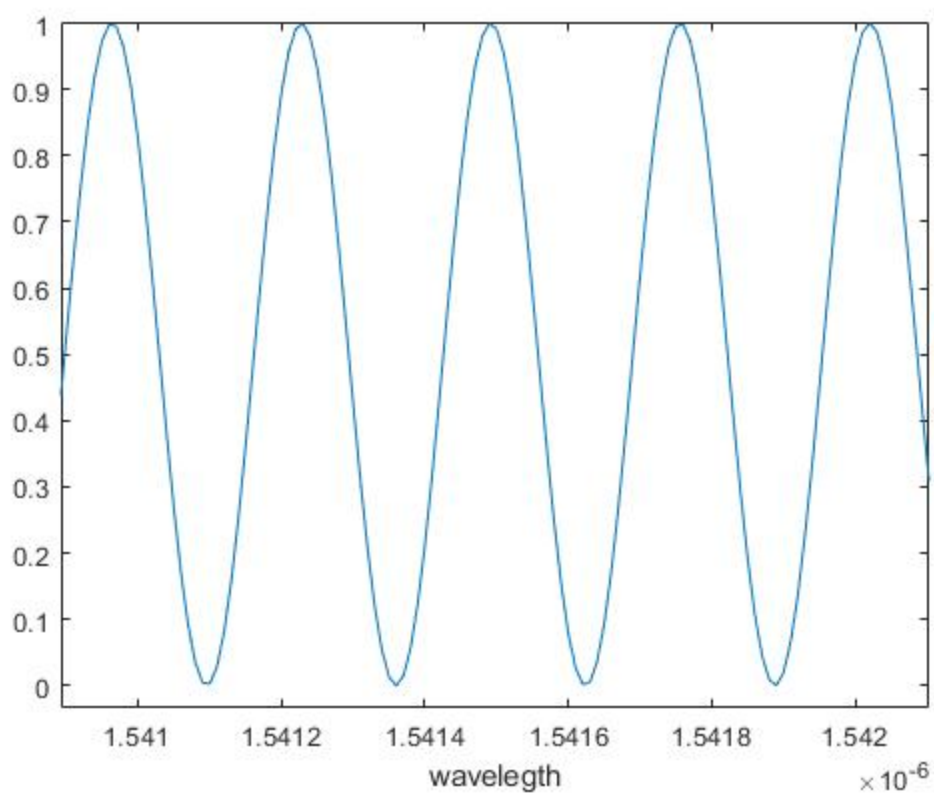
Η ταχύτητα φωτός στο κενό είναι $3 \cdot 10^8$ m/s .

Από την σχέση : $\lambda=c/f \Leftrightarrow f=c/\lambda$, 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 :

$$T^T(f) = 1 - 4 \cdot a \cdot (1 - a) \cdot \cos^2 \left(\pi \cdot f \cdot \frac{n}{c} \cdot \Delta L \right)$$

$$T^R(f) = \left| \frac{E^R}{E^{in}} \right|^2 = 4 \cdot a \cdot (1 - a) \cdot \cos^2 \left(\pi \cdot f \cdot \frac{n}{c} \cdot \Delta L \right)$$



B)

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

$$\Delta\tau = \Delta L / (c/n) = \Delta L \cdot n / c .$$

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

$$\text{Οποτε το } \Delta\tau = 3 \cdot (10^{-3}) \cdot 3/3 \cdot (10^8) = 3 \cdot 10^{-11} \text{ s}$$

$$\text{FSR} = \Delta f_{\max} = \frac{1}{\Delta\tau}$$

$$\text{Άρα } \text{FSR} = 1 / \Delta\tau = 1 / 3 \cdot 10^{-11} = 3,33 \cdot 10^{10} \text{ Hz} .$$

Το φασματικό εύρος ημίσειας ισχύος Δf_{FWHM} των κορυφών της συνάρτησης μεταφοράς του φίλτρου είναι σύμφωνα με τον τύπο :

$$\text{FWHM} = 2 \cdot f_{1/2} = \frac{1}{2 \cdot \Delta\tau}$$

$$\text{Οποτε έχουμε } \text{FSR} = 1 / \Delta\tau \Leftrightarrow \Delta\tau = 1 / \text{FSR} \Rightarrow \Delta\tau = 1 / 3,33 \cdot 10^{10} \Rightarrow \Delta\tau = 0,91 \cdot 10^{-11} .$$

$$\text{FWHM} = 1 / \Delta\tau \Rightarrow \text{FWHM} = 1 / 0,91 \cdot 10^{-11} = 1,66 \cdot 10^{11} \text{ Hz} .$$

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

$$F = \text{FSR} / \text{FWHM} \Rightarrow F = 2 .$$

Γ)

Η διαφορά θερμοκρασίας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \left(\frac{dn}{dT} \right)_{Si} \Delta T L_H \quad (1)$$

- L_H : το μήκος του φωτονικού κυματοδηγού , $L_H = 0,5 \text{ mm} = 0,5 * 10^{-3} \text{ m}$.
- $\Delta\phi$: ολίσθηση φάσης , $\Delta\phi = \pi / 2$.
- λ : μήκος κύματος , $\lambda = 1550 \text{ nm} = 155 * 10^{-8} \text{ m}$.
- dn/dT : Θερμο-οπτικός συντελεστής πυριτίου , $dn/dT = 2 * 10^{-4} \text{ K}^{-1}$.

Από τύπο (1) έχουμε :

$$(1) \Rightarrow \Delta T = (\Delta\phi * \lambda) / 2 * \pi * (dn/dT) * L_H = \pi * 155 * 10^{-8} / 2 * 2 * \pi * 2 * 10^{-4} * 0,5 * 10^{-3} = 3,875$$

Οπότε η διαφορά θερμοκρασίας : $\Delta T = T - T_0 = 3,875$

Οι διάφορες ανάμεσα στο (α) και στο Θερμο-οπτικό φαινόμενο την βλέπουμε από τα διαγράμματα και από την διαφορές στη φασματική περιοχή FSR :

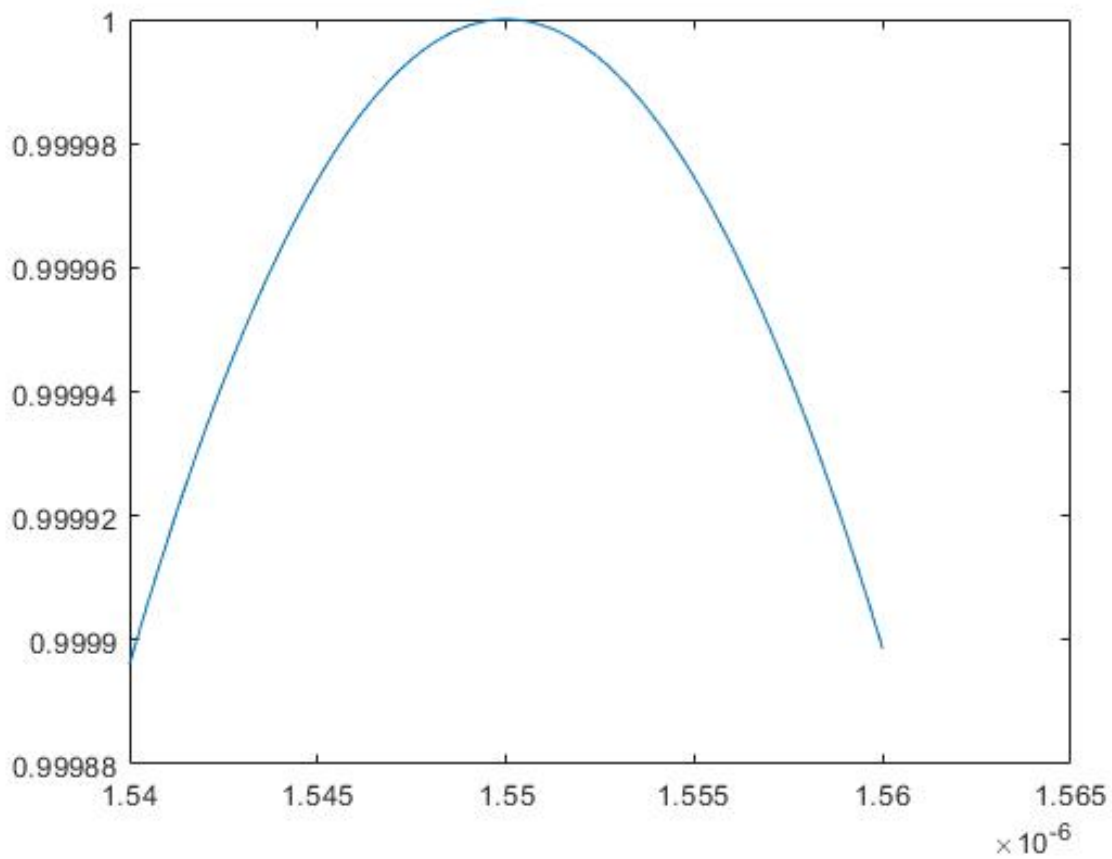
Η ελεύθερη φασματική ισχύς (FSR) υπολογίζεται από την φασματική απόσταση δυο κορυφών.

$$\Delta\tau = \Delta L / (c/n) = \Delta L * n / c \quad (2)$$

- $\Delta L = 0,5 \text{ mm} = 0,5 * 10^{-3} \text{ m}$
- $c = 3 * 10^8 \text{ m/s}$
- $n = 3$

$$(2) \Rightarrow \Delta\tau = 0,5 * 10^{-3} * 3 / 3 * 10^8 = 0,5 * 10^{-11} \text{ s} .$$

$$\text{Άρα } FSR = 1 / \Delta\tau = 1 / 0,5 * 10^{-11} = 2 * 10^{11} \text{ Hz} .$$



Οπότε βλέπουμε την διαφορά αναμεσά στα δυο FSR το FSR του (α) είναι $3,33 \cdot 10^{10} < 2 \cdot 10^{11}$.Στο (α) ερώτημα έχουμε πολλά συνημίτονα επειδή έχουμε μικρότερο FSR .

Κώδικας Άσκησης 1

```
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;
TR=4*a*(1-a)*(cos(f*k)).^2;
```

```

figure(1)
plot(1,TR);
xlabel('wavelegth');

TT=1-TR;
figure(2)
plot(1,TT);
xlabel('wavelegth');

lo=1550*((10)^(-9));
DL_second=lo/(2*n);
k_second=pi*n*DL_second/c;
TR_second=4*a*(1-a)*(cos(f*k_second)).^2;

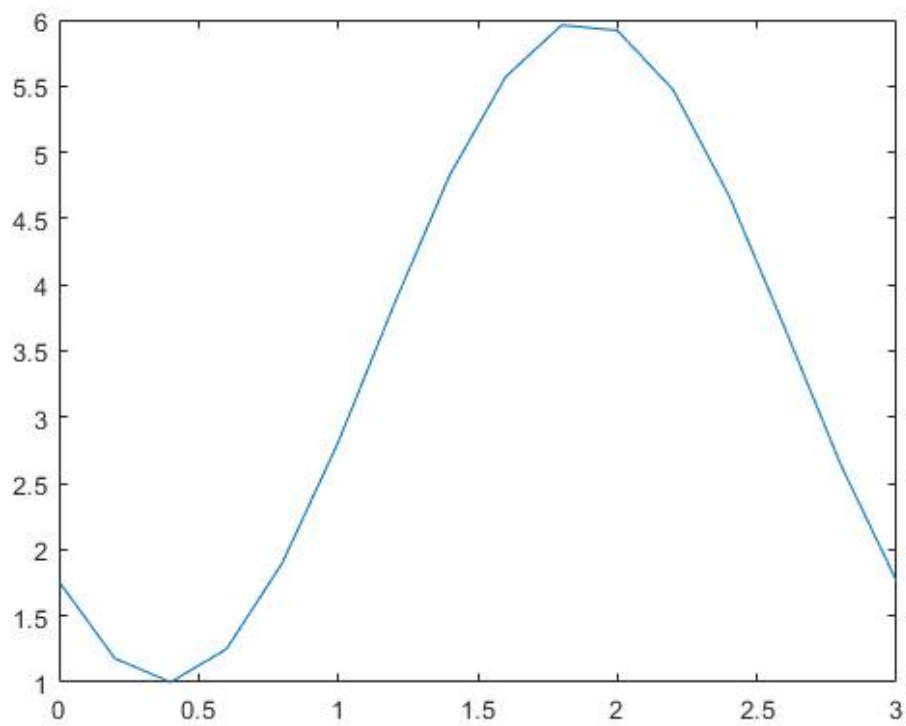
figure(3)
plot(1,TR_second);

TT_second=1-TR_second;
figure(4)
plot(1,TT_second)

```

ΑΣΚΗΣΗ 2

DC (V)	P (mW)	
0	1.76	
0.2	1.18	
0.4	1	Ελάχιστη
0.6	1.25	
0.8	1.9	
1	2.81	
1.2	3.85	
1.4	4.83	
1.6	5.57	
1.8	5.96	Μέγιστη
2	5.92	
2.2	5.47	
2.4	4.67	
2.6	3.67	
2.8	2.64	
3	1.76	



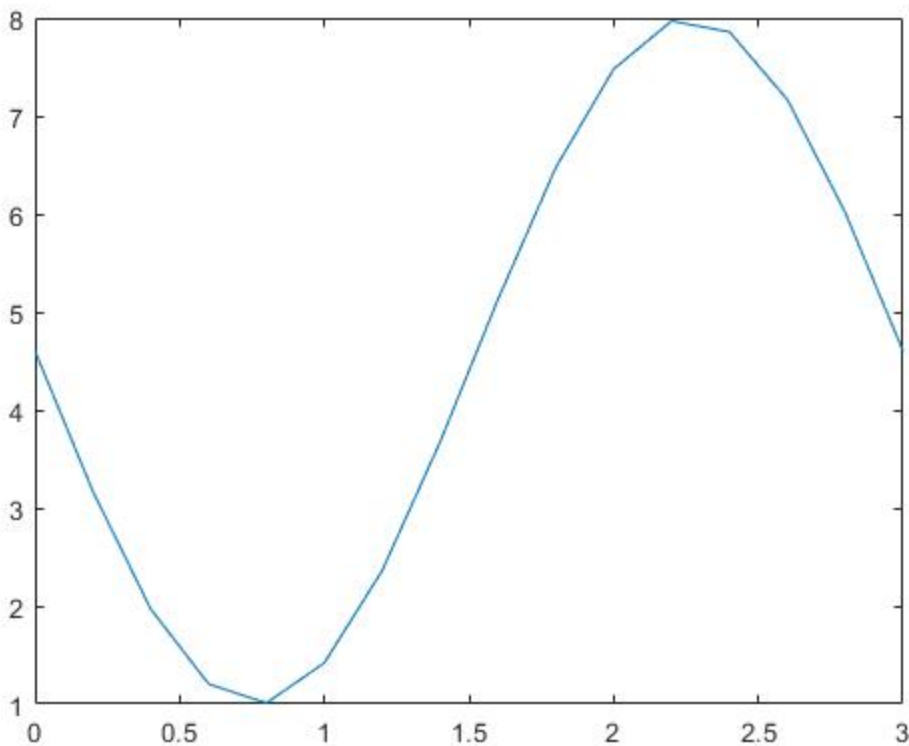
Πρέπει να πολωθεί σε τάση 0,4V για να εξέρχεται η ελάχιστη δυνατή ισχύς.

Η τάση πόλωσης είναι η διαφορά τάσης μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής ισχύος εξόδου δηλαδή $V_{\pi}=1,8-0,4=1,4V$.

Ο λόγος σβέσης είναι ο λόγος μέγιστης προς ελάχιστη ισχύ δηλαδή $10 \cdot \log(5,96/1)=7,75db$.

a	1	
b	7	
ϕ_0	-0.8	rad
V_{π}	3	V

DC (V)	P (mw)	
0	4.602198	
0.2	3.170392	
0.4	1.968486	
0.6	1.204303	
0.8	1.009975	Ελάχιστη
1	1.419104	
1.2	2.360949	
1.4	3.672654	
1.6	5.127416	
1.8	6.473691	
2	7.478697	
2.2	7.96866	
2.4	7.858859	
2.6	7.168282	
2.8	6.016334	
3	4.602198	



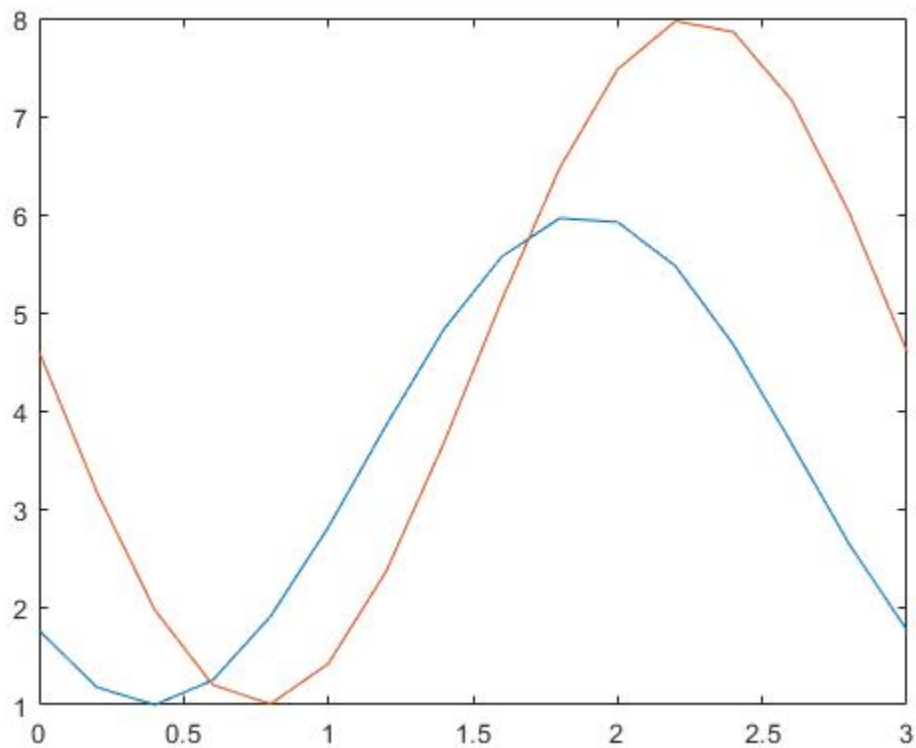
Πρέπει να πολωθεί σε τάση 0,8V για να εξέρχεται η ελάχιστη δυνατή ισχύς . Απαιτεί περισσότερη τάση πόλωσης για την ελάχιστη δυνατή ισχύ από την α περίπτωση .

Η τάση πόλωσης είναι η διαφορά φάσης μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής ισχύος εξόδου δηλαδή $V_p = 2,2 - 0,8 = 1,4V$. Ιδια τάση πόλωσης με την α περίπτωση .

Ο λόγος σβέσης είναι ο λόγος μέγιστης προς ελάχιστη ισχύ δηλαδή $10 \cdot \log(7,96/1,01) = 8,96db$.

Καλύτερο από τον λόγο σβέσης από την α περίπτωση .

DC (V)	P1 (mw)	P2(mW)
0	1.76	4.602198
0.2	1.18	3.170392
0.4	1	1.968486
0.6	1.25	1.204303
0.8	1.9	1.009975
1	2.81	1.419104
1.2	3.85	2.360949
1.4	4.83	3.672654
1.6	5.57	5.127416
1.8	5.96	6.473691
2	5.92	7.478697
2.2	5.47	7.96866
2.4	4.67	7.858859
2.6	3.67	7.168282
2.8	2.64	6.016334
3	1.76	4.602198



Κώδικας Άσκησης 2

```
clear all  
clc
```

```
DC=[0:0.2:3];  
P=[1.76 1.18 1 1.25 1.9 2.81 3.85 4.83 5.57 5.96 5.92 5.47 4.67 3.67 2.64  
1.76];
```

```
figure(1)  
plot(DC,P)
```

```
a=1;  
b=7;  
fo=(-0.8);  
Vp=3;  
y=DC./Vp;  
Po=a+ b*(sin(fo+pi*y)).^2;  
figure(2)  
plot(DC,Po)
```

```
figure(3)  
plot(DC,P,DC,Po)
```