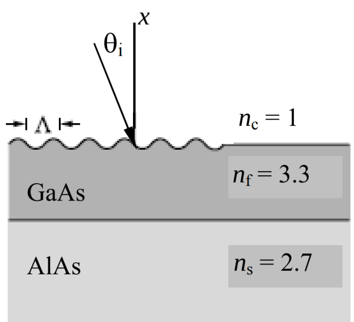
PNAN — projekt fotoniczny

Michał Krawczak

30 maja 2017

1 Temat projektu

Dany jest falowód planarny o współczynnikach załamania $n_f = 3.3$, $n_s = 2.7$ i $n_c = 1$. Na powierzchni warstwy falowodowej GaAs wykonano siatkę dyfrakcyjną pierwszego rzędu ($m = 1$). Długość fali świetlnej w próżni wynosi $\lambda = 1\mu m$.



(a) Znajdź stałe propagacji dla modów TE falowodu.

(b) Znajdź okres siatki Λ dla przypadku gdy fala świetlna padająca pod kątem $\theta_i = 60°$ sprzęga się z modem falowodowym zerowego rzędu TE_0. Grubość warstwy falowodowej wynosi $d = 0.6\mu m$.

(c) Jaka jest liczba fal dyfrakcyjnych dla tej siatki, które mogą pobudzić mody podłożowe i mody wolnej przestrzeni? Znajdź w sposób analityczny kierunki propagacji (określone przez kąty θ) dla tych fal.

(d) Przedstaw graficzne rozwiązanie zad. c) posługując się diagramem dopasowania fazowego.

2 Rozwiązanie

(a) Dla grubości warstwy falowodowej równej $0.6\mu m$ mogą propagować się dwa mody TE:

$\beta_0 = 20.29136\frac{1}{\mu m}$ oraz $\beta_1 = 18.94405\frac{1}{\mu m}$

Kąty propagacji tych modów wynoszą odpowiednio:

$\theta_0 = 78.1329°$ oraz $\theta_1 = 66.0145°$

Odpowiedni kod Matlab został zamieszczony w 3.1.

(b) Obliczona wartość $\Lambda_{siatki} = 4.23121 \cdot 10^{-7}$. Dla tej stałej siatki mod falowodowy propaguje się pod kątem $\theta_0 = 78.1329°$.

Odpowiedni kod Matlab został zamieszczony w 3.1.

(c) Niech θ_m^i będzie kątem rozchodzenia się modu rzędu m w ośrodku i (gdzie $i = c$ oznacza pokrycie, a $i = s$ — podłoże). Zgodnie z [1], kąt ten spełnia równanie:

$$\frac{\omega}{c} \cdot n_i \cdot \sin(\theta_m^i) + \frac{2\pi m}{\Lambda} = \frac{\omega}{c} n_c$$

W celu analitycznego wyznaczenia wartości θ_m^i, posłużmy się przekształceniem:

$$\frac{\omega}{c} \cdot n_i \cdot \sin(\theta_m^i) = \frac{\omega}{c} n_c - \frac{2\pi m}{\Lambda}$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} n_i \cdot \sin(\theta_m^i) = \beta_0 - \frac{2\pi m}{\Lambda}$$

$$\sin(\theta_m^i) = \left(\frac{\beta_0 - \frac{2\pi}{\Lambda} m}{\frac{2\pi}{\lambda} n_i} \right)$$

$$\theta_m^i = \arcsin\left(\frac{\beta_0 - \frac{2\pi}{\Lambda} m}{\frac{2\pi}{\lambda} n_i} \right)$$

Podstawiając zadane lub obliczone wcześniej wartości β_0, n_c, n_s, λ i Λ, otrzymujemy:

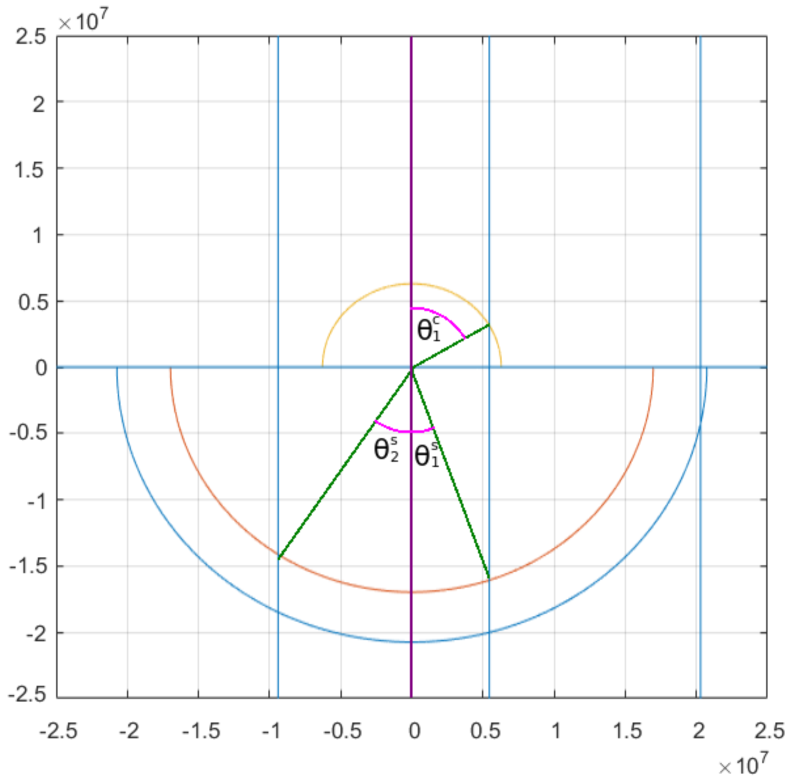
$\theta_1^c = 60.000°$

$\theta_1^s = 18.7069°$

$\theta_2^s = -33.6850°$

Odpowiedni kod Matlab został zamieszczony w 3.2.

(d) Graficzne rozwiązanie zad. c) można wykreślić wg metody opisanej w [1]. Należy wykreślić półokręgi o promieniach równych $\frac{2\pi n_i}{\lambda}$, gdzie $i \in \{c, s, f\}$ oraz pionowe proste dla wartości x równych $\beta_0 + m \cdot \frac{2\pi}{\Lambda}$, $m \in \mathbb{Z}$. Otrzymane punkty przecięć należy połączyć z początkiem układu współrzędnych; kąty ich przecięcia z osią OY są równe kątom rozchodzenia odpowiednich modów. Rezultat jest przedstawiony na rys. 1.



Rysunek 1: Graficzne wyznaczenie kątów propagacji modów podłożowych i wolnej przestrzeni.

3 Załącznik – użyte kody Matlab

3.1 Wyznaczenie stałych propagacji i stałej siatki

```
nc = 1;    ns = 2.7;     nf = 3.3;
d  = 0.6e-6;
lambda = 1e-6;
k0 = 2 * pi / lambda;
teta = 60;
start = k0 * ns;
stop = k0 * nf;
b = linspace(start, stop, 10000);
p = sqrt(b.^2 - k0^2 * nc^2);
h = sqrt(b.^2 - k0^2 * ns^2);
q = sqrt(k0^2 * nf^2 - b.^2);
m=1;
A = atan(h./q) + atan(p./q) + m * pi - d * q;
[wartosc,numer]=min(abs(A))
beta=b(numer)
stala_siatki = (2*pi*lambda)/(beta*lambda - 2*pi*ns*sind(teta))
```

3.2 Wyznaczenie kątów propagacji modów podłożowych i wolnej przestrzeni

```
lambda = 1e-6;
stala_siatki = 4.2311e-07;
ns = 2.7;
nc = 1;
beta0 = 2.0291e+07;
m = 1;

x1 = (beta0 - (2*pi*m)/stala_siatki)/(((2*pi)/lambda)*nc)
b1 = asind(x1)
x2 = (beta0 - (2*pi*m)/stala_siatki)/(((2*pi)/lambda)*ns)
b2 = asind(x2)
```

Literatura

[1] J. Petykiewicz, *Podstawy fizyczne optyki scalonej*, PWN, Warszawa, 1989.