

**UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN BUCUREȘTI FACULTATEA DE
ȘTIINȚE APLICATE
SPECIALIZAREA: INGINERIE FIZICĂ**

PROIECT DE DIPLOMĂ

**CONTROLUL PROPAGĂRII LUMINII ÎN STRUCTURI
FOTONICE AVANSATE**

COORDONATOR ȘTIINȚIFIC

Ș. I. Dr. Ing. Liliana PREDA

ABSOLVENT

Denisa Thea BUTCĂ

Universitatea Politehnica Bucuresti-Facultatea de Stiinte Aplicate

Butca Thea Denisa

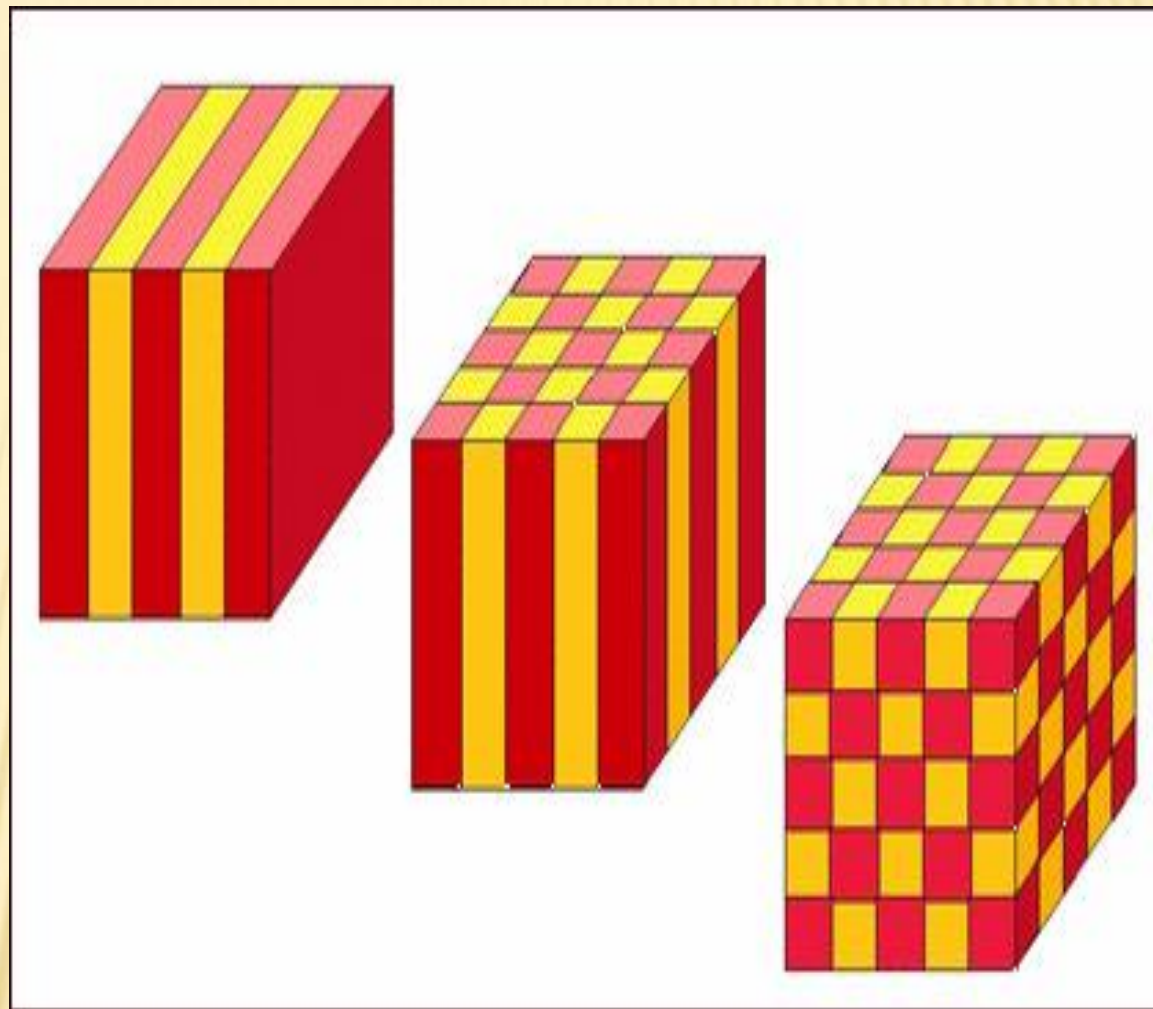
Licenta iulie 2014

CUPRINS

❑ 1. Introducere.....	3
❑ 2. Studii teoretice asupra structurii cristalelor fotonice.....	5
❑ 3. Cristale fotonice	18
❑ 4. Cristale fotonice 2D.....	29
❑ 5. Simularea și analiza propagării undelor electromagnetice prin structuri periodice.....	36
❑ Concluzii	52

Scopul lucrării:

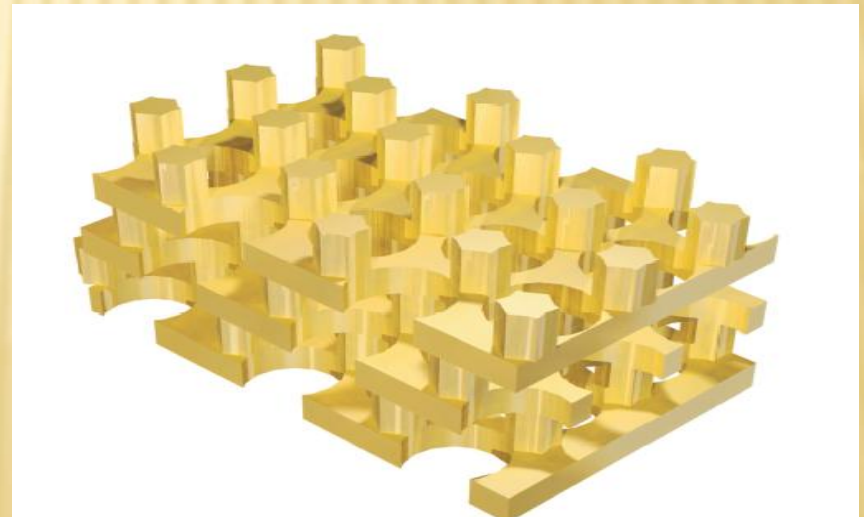
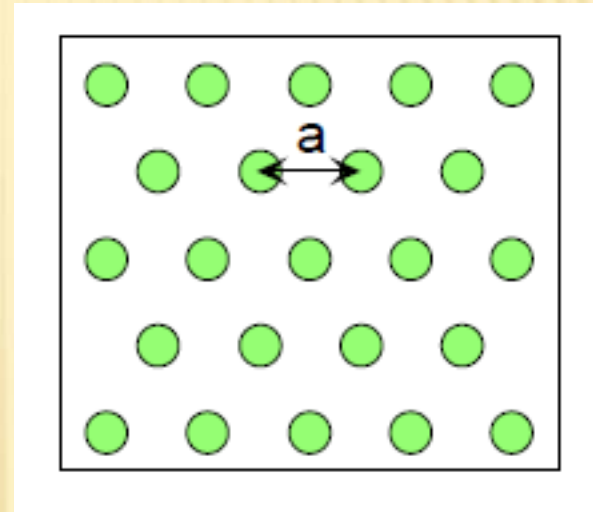
□ Propagarea câmpului electromagnetic în domeniul 1-3 μm , într-un cristal fonic bidimensional.



CRISTALE FOTONICE

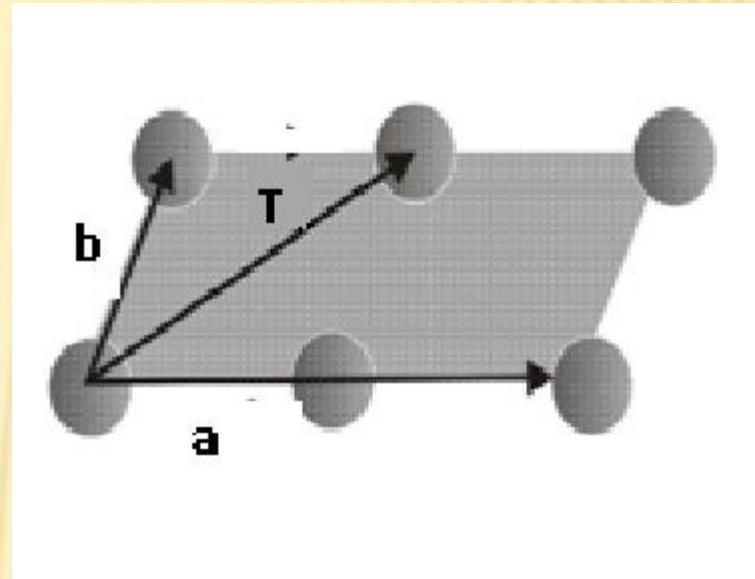
❑ Cristalele fotonice:

- ❖ structuri dielectrice periodice
- ❖ bandă interzisă
- ❖ celule unitate
- ❖ structura cristalină rămâne invariantă la translația



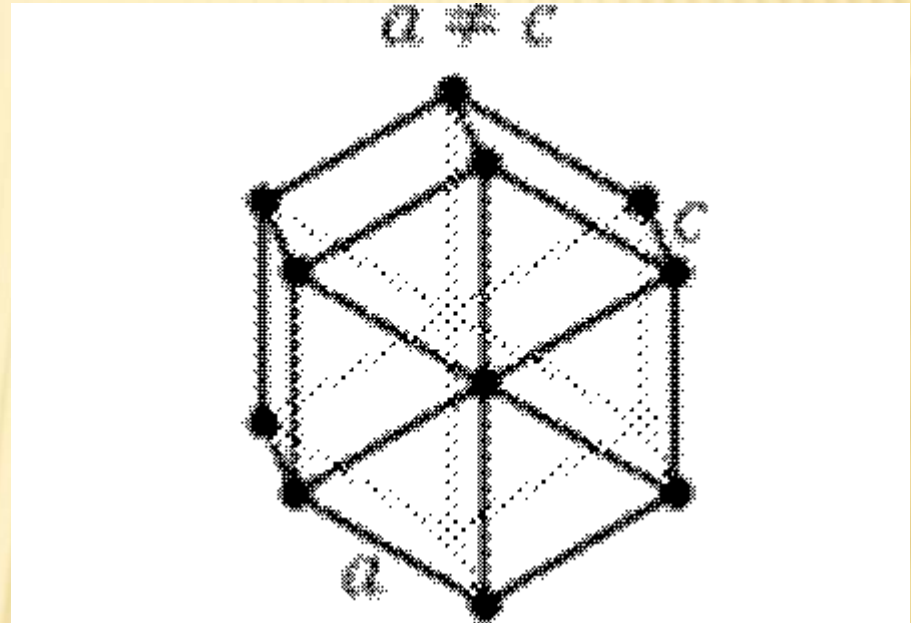
REȚELE BIDIMENSIONALE

- Rețea=aranjament periodic regulat de puncte în spațiu
- Rețele oblice și rețele speciale:
 - ❖ pătratică
 - ❖ hexagonală
 - ❖ dreptunghiulară primitivă și centrată



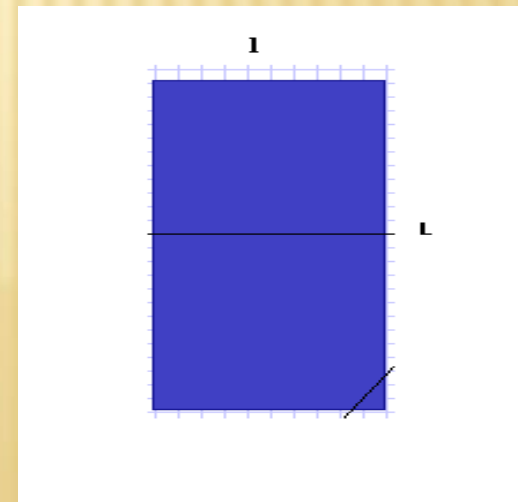
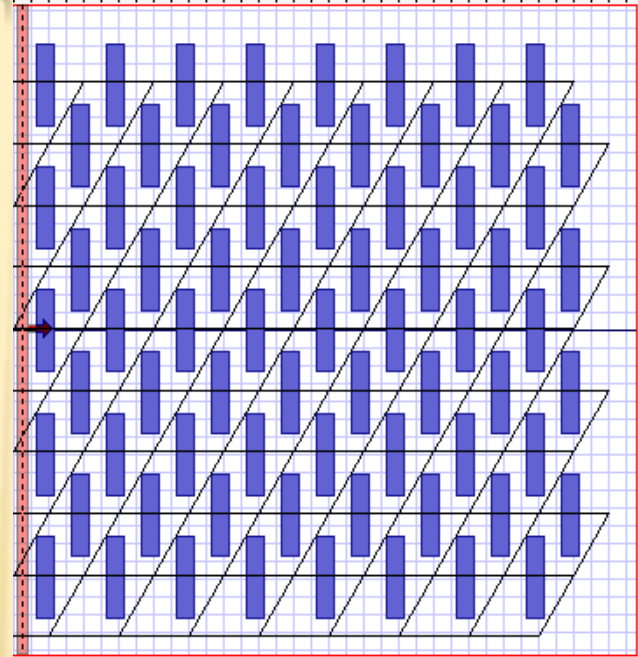
REȚEA HEXAGONALĂ 2D DE REFACUT

- ❖ Celula convențională
- ❖ O prismă dreaptă cu baza romb cu unghiul de 60°



REZULTATELE SIMULĂRII PROPAGĂRII RADIAȚIEI ELECTROMAGNETICE PRIN STRUCTURI PERIODICE

- ❖ Rețea cristalină, hexagonală, de dreptunghiuri în aer
- ❖ Dimensiunile rețelei: $11 \times 11 \mu\text{m}$
- ❖ Sursa de radiație incidentă, gaussian, modulată, cu $\lambda = 1.55 \mu\text{m}$
- ❖ Elementul unitate, formă dreptunghiulară,
- ❖ $N_1 = 2.9$



SIMULAREA ȘI ANALIZA PROPAGĂRII LUMINII PRIN STRUCTURI PERIODICE

❑ OptiFDTD:

- ❖ metodă de rezolvare numerică ,bazata pe metoda diferentelor finite in timp;
- ❖ rezolvă ecuațiile Maxwell;

❑ Ecuatii Maxwell:

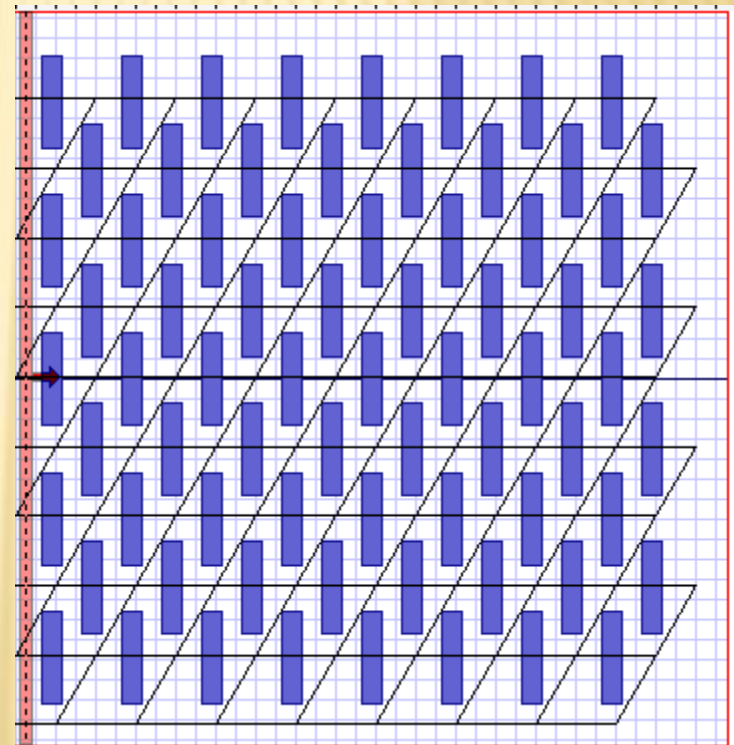
1. $\nabla \cdot \mathbf{B}(\mathbf{r},t)=0$
2. $\nabla \cdot \mathbf{D}(\mathbf{r},t)=\rho$
3. $\nabla \times \mathbf{E}(\mathbf{r},t)+ \partial \mathbf{B}(\mathbf{r},t)/\partial t=0$
4. $\nabla \times \mathbf{H}(\mathbf{r},t)- \partial \mathbf{D}(\mathbf{r},t)/\partial t=\mathbf{J}(\mathbf{r},t)$

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho = 0 \\ \mathbf{J} = 0 \end{array} \right.$$

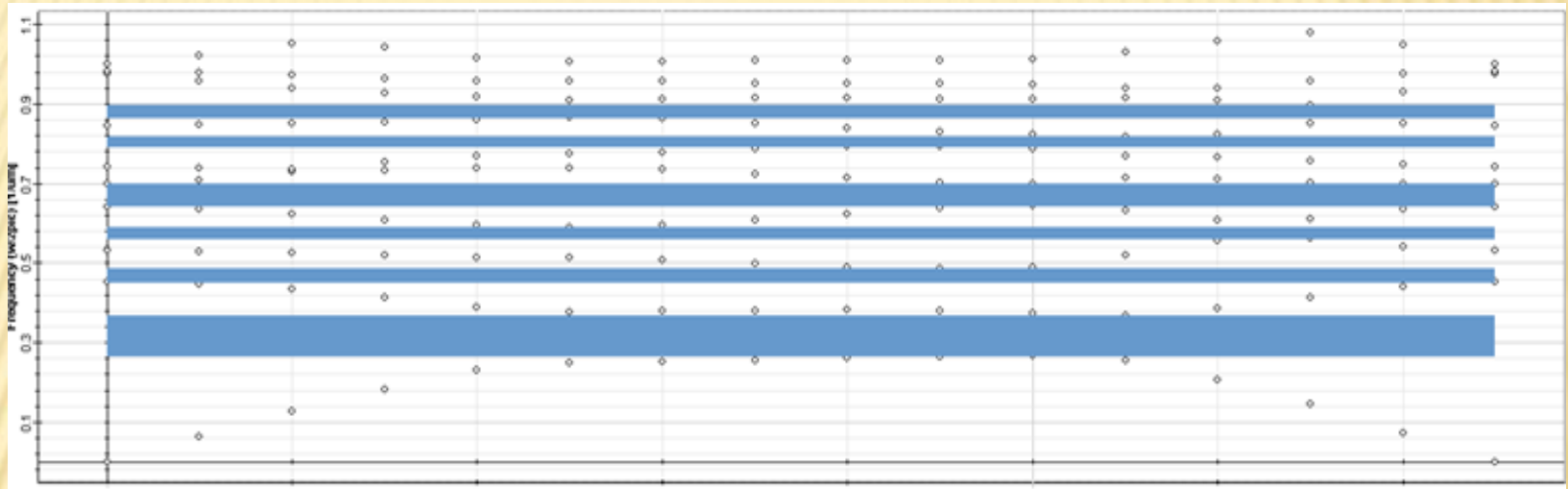
OPTIFDTD

□ Pașii de rezolvare :

1. se definesc proprietățile materialului
2. Se definește profilul ghidului de undă
3. Se setează proprietățile inițiale ale domeniului de simulare
4. Se construiește structura de cristal fonic

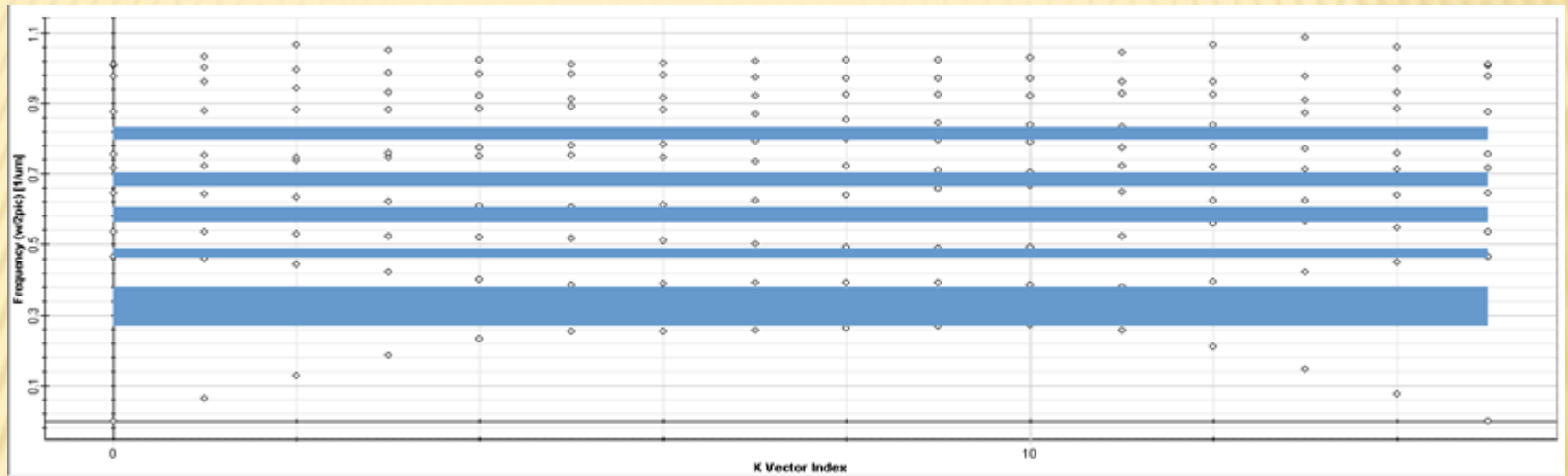


Lățime=1.3 μ m, Lungime=1.40 μ m



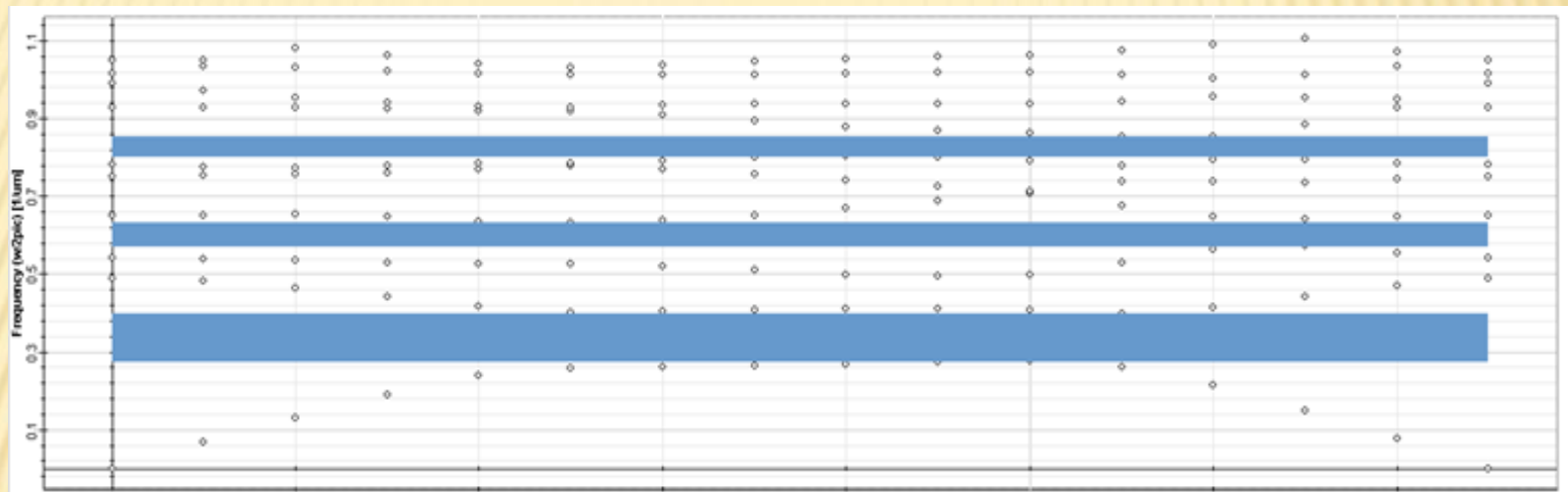
L(μ m)	Nr.BI	Lărgimea BI(1/ μ m)	Frecvența centrală a BI(1/ μ m)	Lărgime BI(%)
1.4	1	0.100927	0.317875	31.75
	2	0.0324048	0.4686315	6.91
	3	0.0271289	0.5760165	4.71
	4	0.0533612	0.6720255	7.94
	5	0.0236502	0.8064625	2.93
	6	0.0296723	0.8816165	3,37

Lățime=1.3 μm , Lungime=1.33 μm



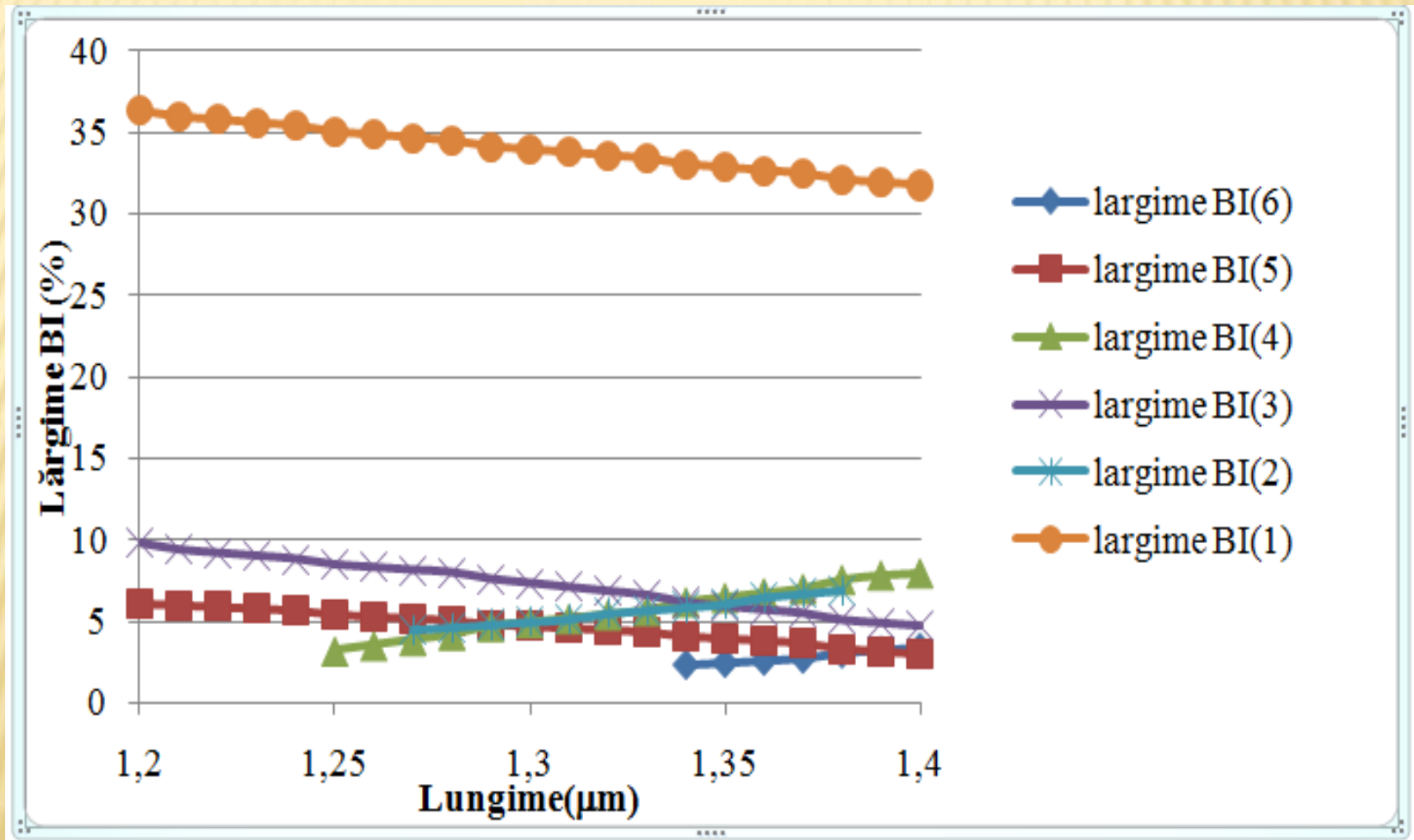
$L(\mu\text{m})$	Nr.BI	Lărgimea BI(μm)	Frecvența centrală a BI($1/\mu\text{m}$)	Lărgime BI(%)
1.33	1	0.108404	0.324511	33.41
	2	0.0244405	0.476067	5.13
	3	0.0387038	0.585889	6.61
	4	0.0387945	0.6850595	5.66
	5	0.0351085	0.814498	4.31

Lățime=1.3 μm , Lungime=1.2 μm

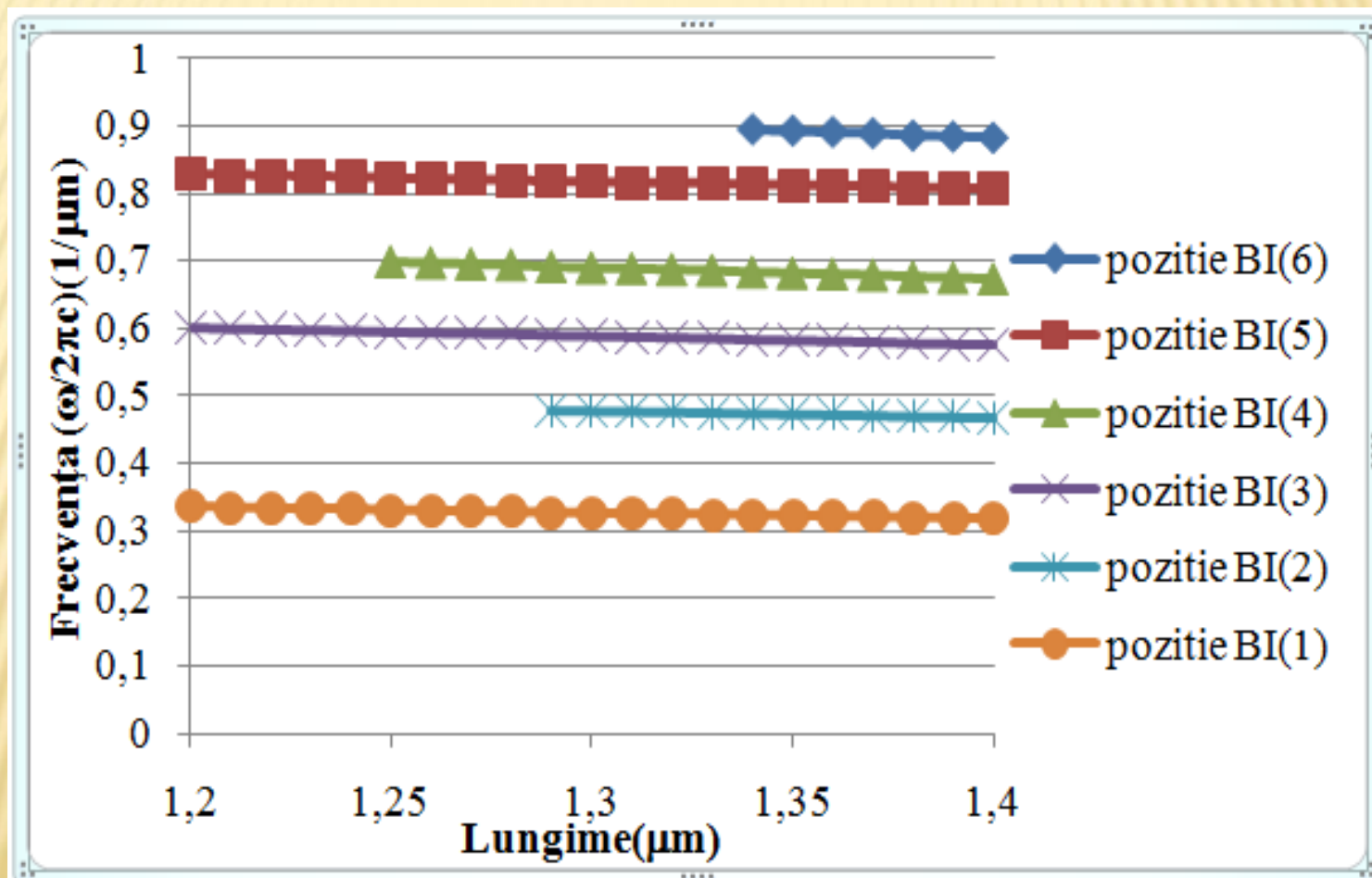


$L(\mu\text{m})$	Nr.BI	Lărgimea BI($1/\mu\text{m}$)	Frecvența centrală a BI($1/\mu\text{m}$)	Lărgime BI(%)
1.2	1	0.122561	0.336947	36.37
	2	0.0588706	0.6024625	9.77
	3	0.0503855	0.828411	6.08

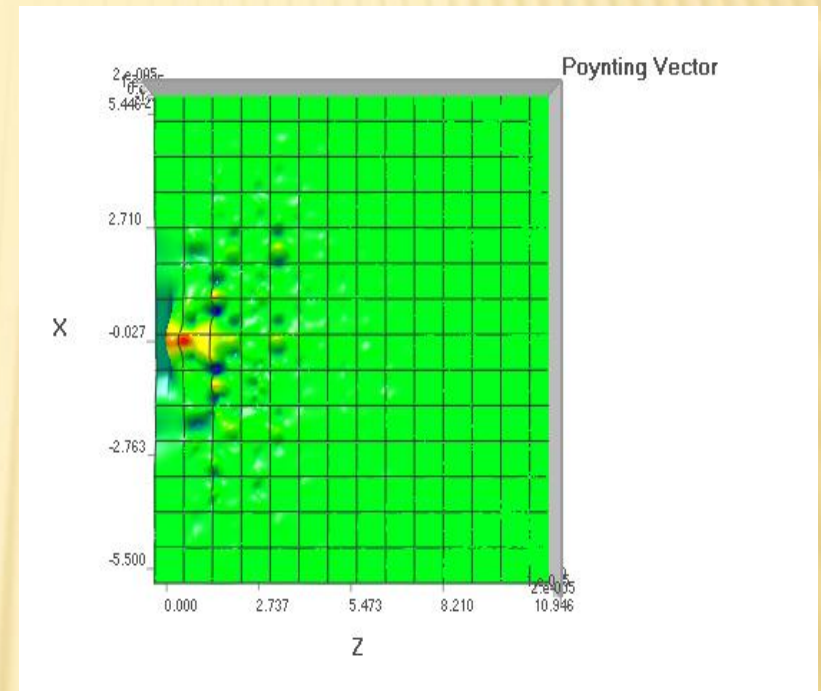
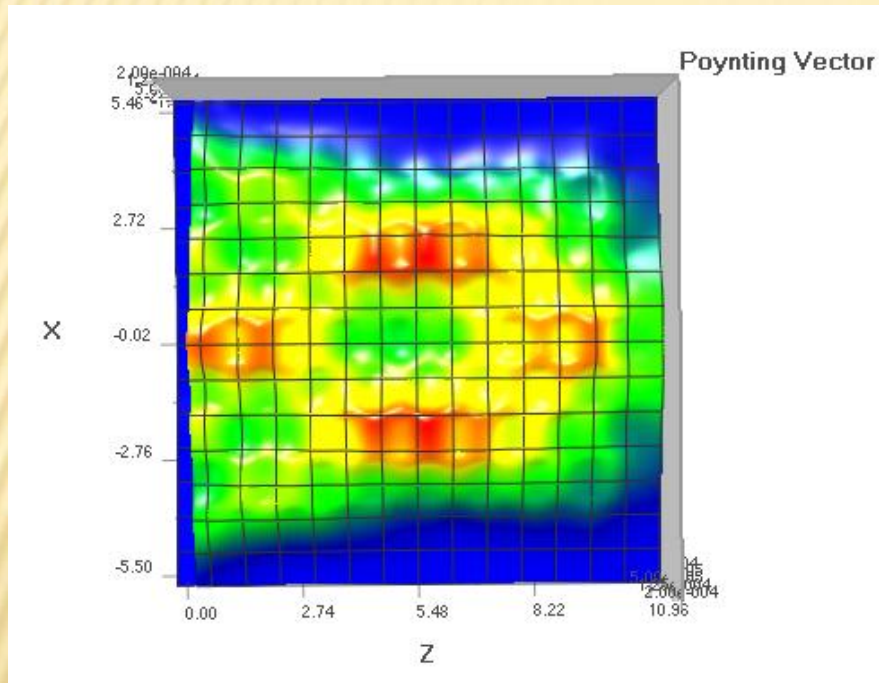
Dependența lărgimii BI funcție de lungimea elementului unitate pentru o lățime de $1.3 \mu\text{m}$



Dependența frecvenței centrale a BI funcție de lungimea elementului unitate pentru o lățime de $1.3\ \mu\text{m}$



Propagarea câmpului electromagnetic printr-un cristal fonic



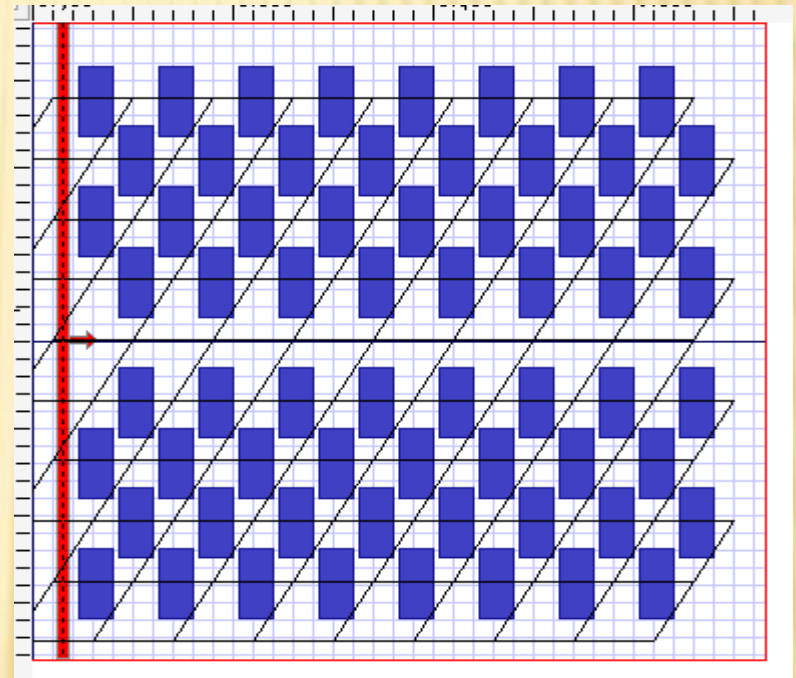
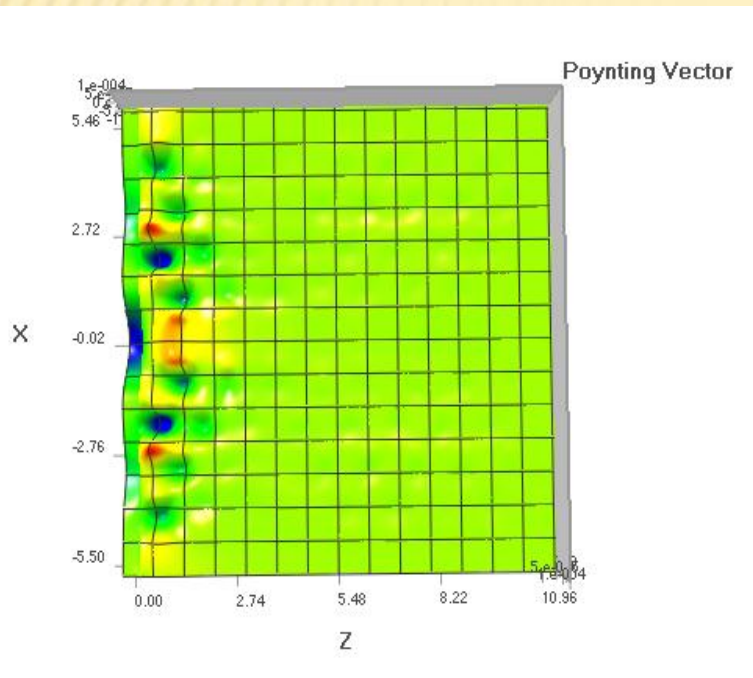
✗ $\lambda = 1.33 \mu\text{m}$

✗ $\omega = 0.75 \mu\text{m}$

$\lambda = 1.55 \mu\text{m}$

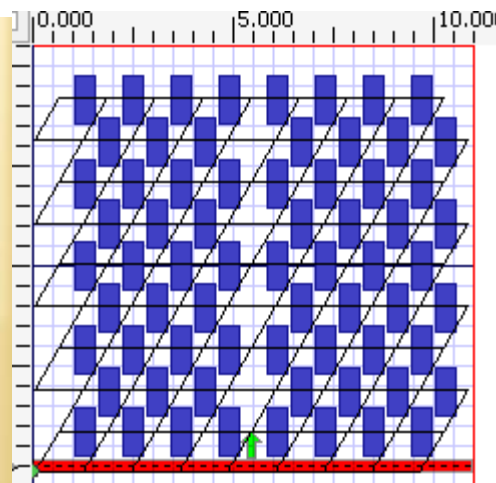
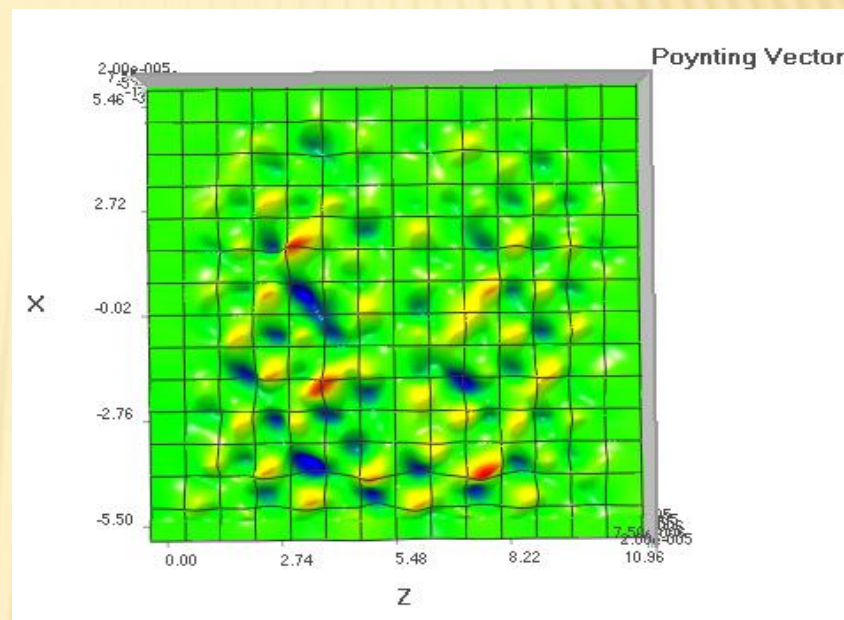
$\omega = 0.5 \mu\text{m}$

Propagarea câmpului electromagnetic la $\lambda = 3.12\mu\text{m}$



Propagarea câmpului electromagnetic la $\lambda = 3.12\mu\text{m}$

- ❖ Structură anizotropă
- ❖ Propagarea câmpului este în direcția OX.
- ❖ Propagarea în direcția OZ este practic blocată de structură.



CONCLUZII

- ❖ În această lucrare ne-am propus investigarea modului de propagare a luminii printr-un cristal fonic format din structuri bidimensionale prismatice drepte, cu indice de refracție de 2,9 μm în aer.
- ❖ Configurația optimă este dată de o structură de cristale fonice hexagonală, cu dimensiunile elementului unitate de 1,4 μm și 1.3 μm .
- ❖ Pentru această situație s-a obținut o bandă fonică interzisă largă, de aproximativ 36% , centrată pe o lungime de undă de 3.3 μm și o serie de alte 5 BI mai înguste poziționate în domeniul 3,3 μm și 1 μm .
- ❖ Gradul de acoperire cu BI pentru domeniul 1-3,3 μm este de 34%.
- ❖ În urma investigațiilor structura poate fi folosită ca și strat reflectorizant.