

Šíření světla v nanostrukturách

W. Bureš, V. Minárik

18wojtek8@gmail.com, minarikvojta@gmail.com

Abstrakt:

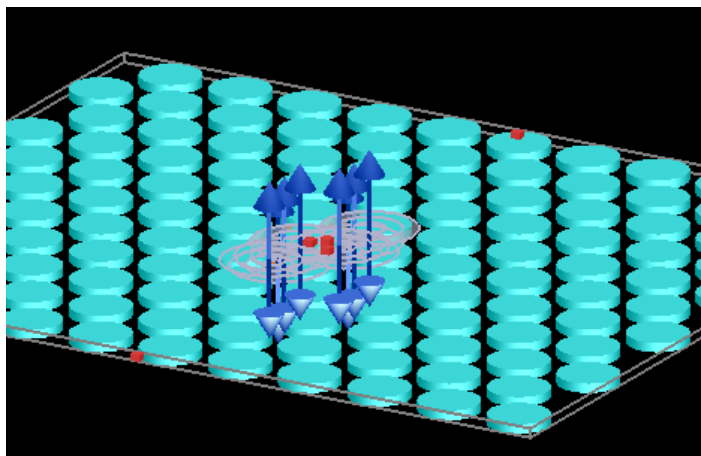
Práce ukazuje efekty nehomogenních prostředí na světlo na nanometrové úrovni. Cílem je ukázat, jak světlo interaguje s hmotou v závislosti na jeho polarizaci a vlnové délce.

1 Úvod

Fotonický krystal je optická nanostruktura, v níž se periodicky mění index lomu světla. To ovlivňuje šíření elektromagnetického záření v závislosti na samotném krystalu i parametrech tohoto záření. Existují jak přírodní fotonické krystaly (například v některých motýlích křídlech, kde způsobují jejich barevnost), tak uměle vytvořené. [1][2]

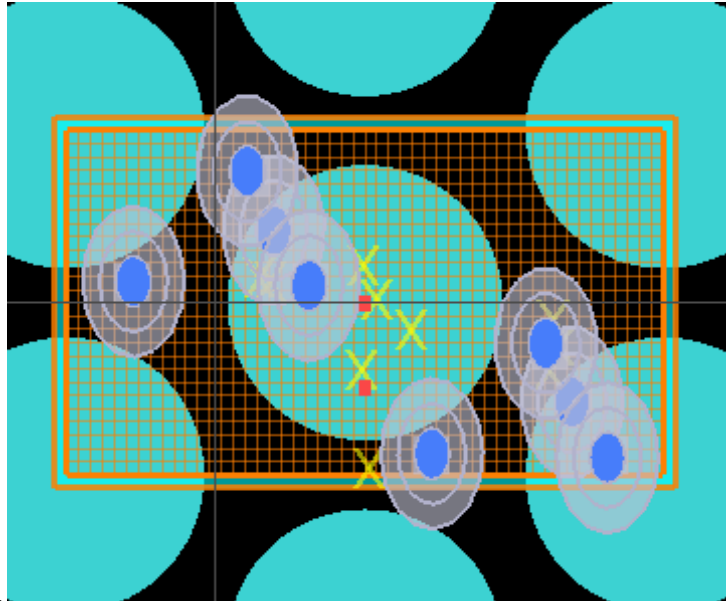
2 Světlo ve fotonickém krystalu

Pro simulaci používali jsme počítačový program Ansys Lumerical[3]. Ten pomocí metody FDTD[4][5] (finite-difference time-domain) vypočítává chování elektromagnetického záření ve daném scénáři, vyžaduje tedy specifikovat výpočetní oblast a model prostředí. Zde jsme definovali krystal hexagonální mřížky o periodě $0.5 \mu\text{m}$ s kruhovými elementy poloměru $0.2 \mu\text{m}$. Index lomu je $n_1 = 2$ pro prostor mezi elementy a $n_2 = 1$ pro elementy samotné. Model krystalu je vidět na obrázku 1.



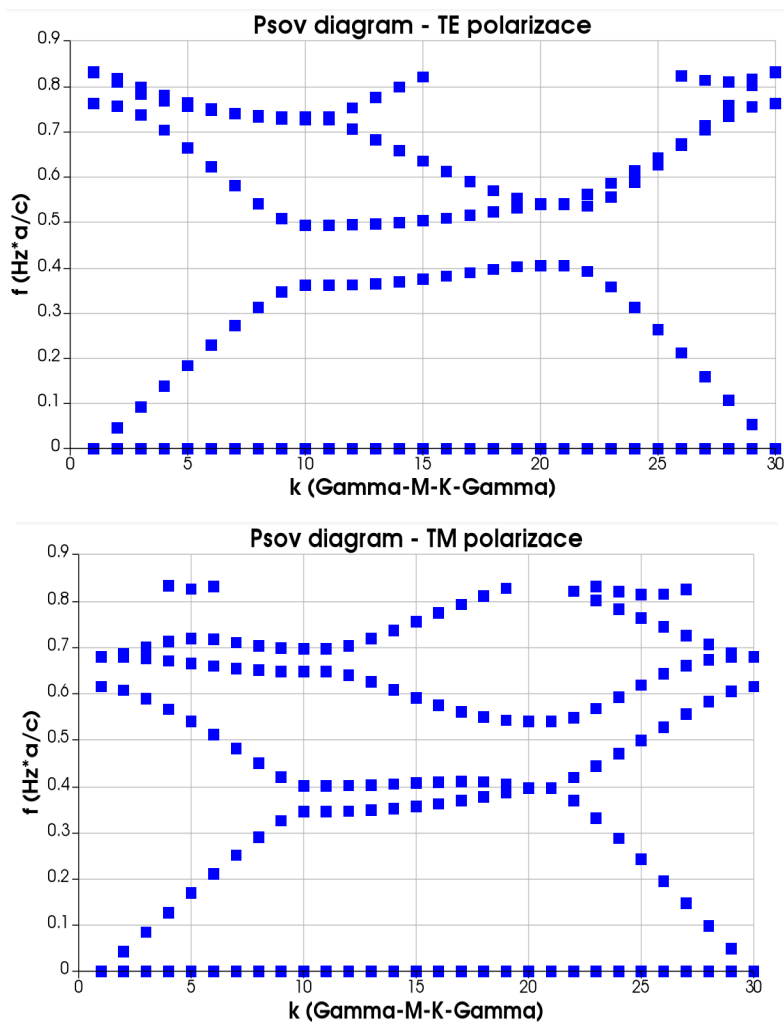
Obrázek 1: výpočetní model

Pro samotnou výpočetní oblast byla využita elementární buňka struktury pro nejefektivnější výsledek a to pouze v 2D řezu. Její ohraničení lze vidět na obrázku 2.



Obrázek 2: vymezení výpočetní oblasti

3 Výsledky



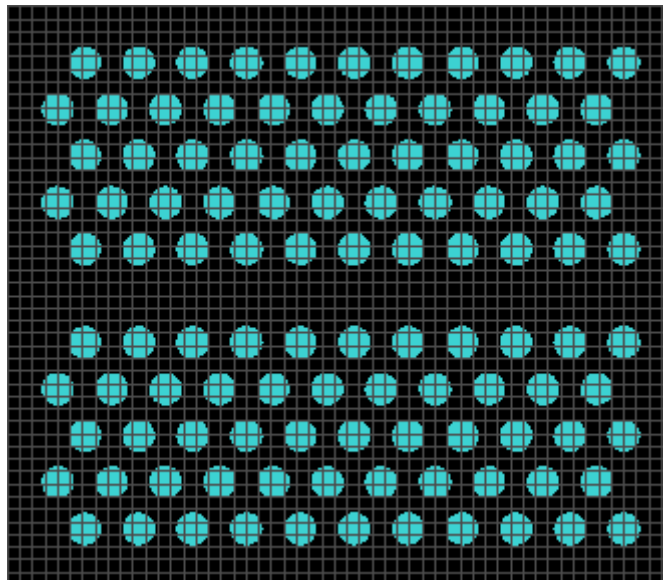
Obrázky 3 a 4: možnosti směrů šíření elmg. vln v krystalu

Obrázky 3 a 4, které jsou výsledkem simulace, ukazují, v jakých směrech se může v krystalu záření o dané vlnové délce šířit. Při TE polarizaci vzniká dokonce i zakázaný pás (pásová mezera), která znamená, že se v krystalu toto záření nemůže šířit vůbec. Veličina “a” je perioda krystalu, c/Hz se rovná vlnové délce, tudíž se v této konfiguraci nebudou šířit vlnové délky v intervalu (1;1,25) μm .

Tato simulace byla provedena pouze v ploše, ne v prostoru, což znamená, že zde může vznikat rozdíl oproti reálnému scénáři, jinak by se choval jako nekonečný. Výpočetní síť není nekonečně hustá (byla zkoumána konvergence úlohy), tady se může objevit další nepřesnost.

4 Shrnutí

Fotonické krystaly se často vyskytují v přírodní podobě, a to například v nerostech či živých organismech. Mohou způsobovat zbarvení drahokamů či dříve zmíněných motýlích křídel. V umělé podobě mohou mít například využití v podobě vlnovodů pro integrovanou fotoniku. Ty naruší od klasického optického vedení mohou vést světlo materiálem s nižším refrakčním indexem, než má okolí.



Obrázek 5: vlnovod tvořený fotonickým krystalem

Poděkování

Děkujeme garantům Pavlu Kwiecienovy, Ivanu Richterovi a Milanu Burdovi za úvod, pomoc a vedení našeho miniprojektu. Děkujeme také organizačnímu výběru za umožnění Týdne Vědy na Jaderce, kde jsme se mohli seznámit s tímto projektem.

Reference

- [1] Photonic crystal. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Photonic_crystal
- [2] JOANNOPOULOS, John D. *Photonic crystals: molding the flow of light*. 2nd ed. Princeton: Princeton University Press, 2008. ISBN 978-0-691-12456-8.
- [3] Ansys/Lumerical FDTD [online]. [cit. 2023-06-20]. Dostupné z: <https://www.lumerical.com/>
- [4] KANE YEE, Yee. Numerical solution of initial boundary value problems involving maxwell's equations in isotropic media. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*. 1966, 14(3), 302-307. ISSN 0018-926X. Dostupné z: doi:10.1109/TAP.1966.1138693
- [5] TAFLOVE, Allen. *Computational electrodynamics: the finite-difference time-domain method*. Boston: Artech House, 1995. ISBN 08-900-6792-9.