

Holografická paměť v reálném čase

Z. Prokopová, Gymnázium Třebíč, prokops@quick.cz

T. Liepoldová, Gymnázium F.X.Šaldy Liberec, MecNet@seznam.cz

F. Řepka, Gymnázium Jiřího Wolkeru Prostějov

Abstrakt:

V naší práci jsme experimentálně ověřili dvouvlňovou interakci ve fotorefraktivním krystalu BaTiO₃ a využili ji pro holografický záznam. Měřili jsme trvanlivost záznamu v krystalu po dobu 17 hodin. Také jsme provedli vícestránkovou expozici hologramu do krystalu multiplexovanou úhlem a následně jsme zrekonstruovali zaznamenaná binární data.

1 Úvod

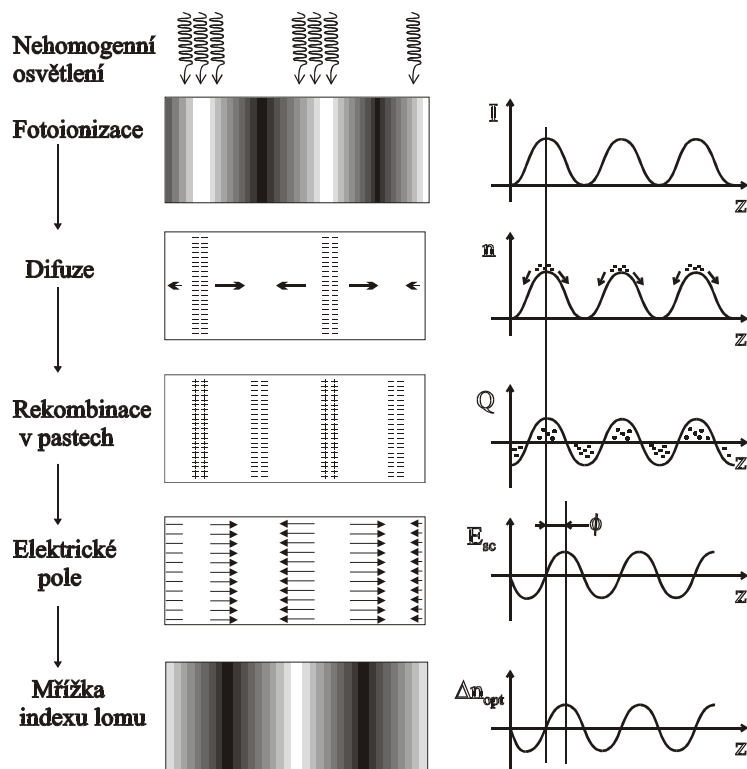
Očekává se, že holografická paměť v budoucnosti nahradí optická média CD a DVD, která dnes slouží k ukládání informací. Současné nosiče využívají pro záznam informace prosté změny materiálu po ozáření fokusovaným laserovým svazkem. Naopak holografické paměti budou pracovat na základě záznamu interferenční struktury. Využití hologramu a jeho selektivity vede k možnosti uložení několika stránek do jednoho místa, a tím podstatně zvýší kapacitu média. Principy a vize realizace holografické paměti se různí. Jednou z cest je fotorefraktivní médium jako záznamový materiál, který nám umožňuje opakovaný zápis dat v reálném čase.

2 Teorie

Fotorefraktivní jev

Fotorefraktivní jev je proces změny indexu lomu uvnitř prostředí. Zejména je pozorován ve feroelektrických materiálech. Uvažujme dvě rovinné monochromatické vlny dopadající do prostředí. V různých místech se vlny sčítají a naopak v jiných místech se odečítají. Vzniká tak periodická modulace intenzity světla. To si můžeme představit jako světlé a tmavé proužky. Fotorefraktivní materiál reaguje na světlé proužky a dochází k excitaci elektronů do vodivostního pásu, ve kterém dále elektrony difundují do tmavých oblastí.

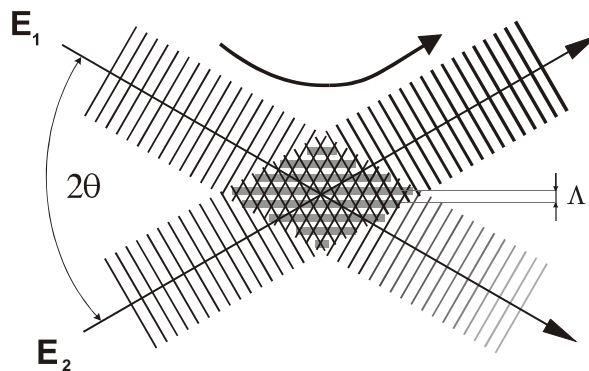
Difuze je obecný fyzikální proces, kdy se nahromaděné částice snaží rovnoměrně rozptýlit. Rozptýlené elektrony jsou ve tmavých oblastech zachyceny do pastí. Po přeskupení vzniká mezi náboji lokální elektrické pole. Toto pole přes Pockelsův elektrooptický jev mění index lomu materiálu. Modulace intenzity optického záření tedy vytváří optický záznam v krystalu, jak je patrné z obrázku 1.



Obrázek 1, vznik fotorefraktivního záznamu

Dvouvlňová interakce

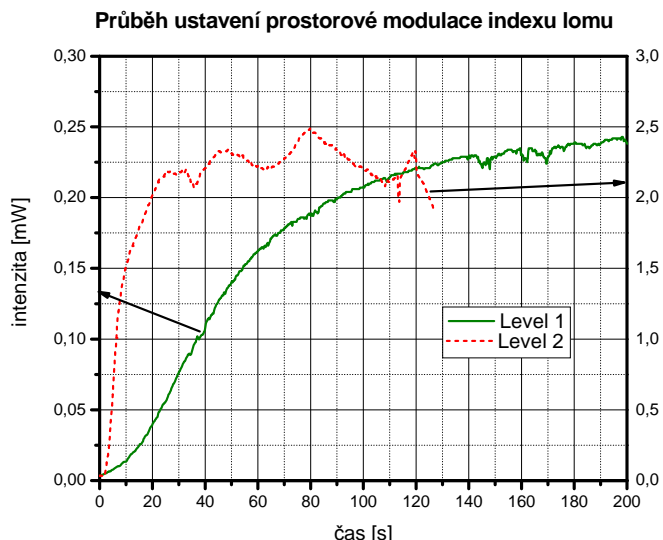
Uvažujme dvě monochromatické rovinné vlny E_1 a E_2 dopadající do fotorefraktivního krystalu. Fotorefraktivní jev moduluje index lomu. Na struktuře Λ modulace materiálu se jeden ze svazků zesiluje. Ze zákona zachování energie vyplývá, že druhý svazek téměř zaniká. Směr přelévání energie mezi svazky udává optická osa materiálu. Vše je znázorněno na obrázku 2.



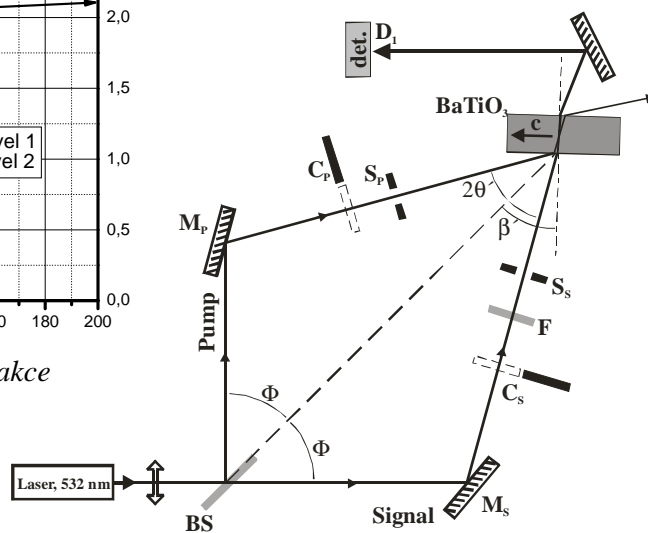
Obrázek 2, dvouvlňová interakce

3 Časový průběh dvouvlňové interakce

Proces postupného utváření modulace fotorefraktivního krystalu $BaTiO_3$ jsme zaznamenali pomocí následujícího experimentu (viz obrázek 4).



Obrázek 3, časový vývoj dvouúhlnové interakce



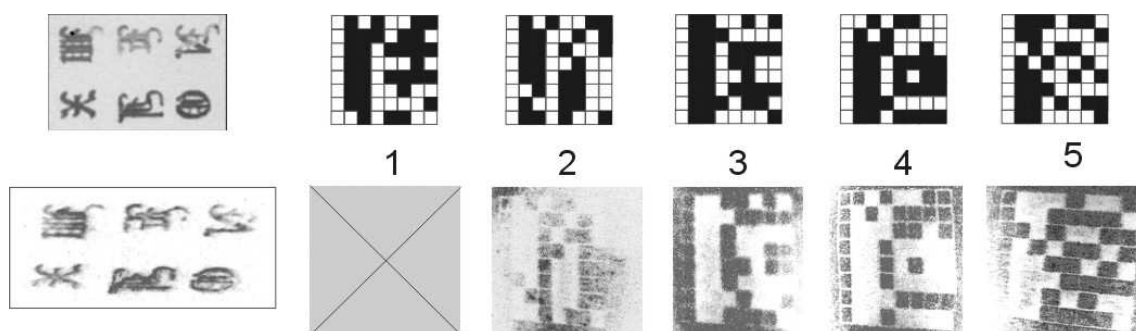
Obrázek 4, experimentální uspořádání

Jako zdroj použijeme laser zelené barvy (532nm), který se na polopropustném zrcadle (BS) dělí na dva svazky (signální a čerpací). Oba svazky jsou usměřovány zrcadly (M_P a M_S) a clonami (S_P a S_S). Signální svazek je navíc redukován filtrem (F). V krystalu se oba svazky kříží a působením fotorefraktivního jevu se signální svazek na výstupu zesiluje (viz. obr. 2). Toto zesílení zaznamenáváme detektorem (det) a je vyneseno v grafu na obrázku 3. Měření jsme provedli pro dvě různé intenzity laseru.

4 Expozice a čtení 2D hologramu

V signální větvi byla následně umístěna čočka, která vytvářela rozbíhavý svazek nasvětlující masku pro expozici. Použité masky jsou vyobrazeny v obrázku 5 na horním řádku. V prvním případě jde o ozdobné písmo, v dalších případech jde o binárně kódovaný text. Signální větev zakončovala čočka zobrazující masku na vzdálené stínítko. Její ohnisko bylo těsně před čelem krystalu.

Na obrázku 5 jsou zachyceny různé masky a jejich obrazy po průchodu krystalem. Hologram ozdobného písma byl exponován v pondělí 16:05 a následně vyčten druhý den v 9:30. Masky 1 – 5 byly zaznamenány do krystalu současně, pouze pod jiným úhlem natočení krystalu (β') – tzv. úhlový multiplex.



Obrázek 5, masky a jejich vyčtené obrazy

5 Shrnutí

Změřili jsme časový průběh dvouvlňové interakce pro dvě různé intenzity. Z grafu na obrázku 3 je patrné, že pro vyšší intenzitu krystal reaguje rychleji. V závěru průběhu obou křivek se projevují parazitní jevy: beamfanning a oscilace na čelech krystalu.

Ověřili jsme, že zapsaný hologram (ozdobné písmo) vydrží v krystalu bez výraznějších změn minimálně 17 hodin.

Provedli jsme současnou expozici pěti stránek (maska 1 – 5) binárně kódované informace, celkem 40 bajtů. Rekonstruované obrazy (vyčtení informace) jsou zachyceny na obrázku 5. Masky č. 1 byla zapsána jako první a čtena jako poslední. Zápis následujících hologramů a jejich čtení výrazně ovlivnil kvalitu této stránky. Pouhým okem byl hologram stále čitelný, avšak nepodařilo se nám jej zaznamenat pomocí digitálního fotoaparátu. Ostatní masky (2 – 5) jsou seřazeny vzestupně dle pořadí záznamu a jejich kvalita se zvyšuje, což podporuje teorii, že zápis a čtení zhoršuje kvalitu již zapsaných hologramů. Z přečtených stránek jsme zpětně sestavili původní řetězec 40 znaků.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT v Praze za možnost účasti na Fyzikálním týdnu, Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za organizaci a Ing. Liboru Seidlovi za výbornou spolupráci a přátelský přístup.

Reference:

Seidl, L.: *Diplomová práce*, ČVUT FJFI KFE 2003

Fiala, P. a Richter I.: *Fyzikální optika*, ČVUT FJFI 2005