

Studentima doktorskih studija

Teme za doktorske disertacije u Centru za fotoniku, Instituta za fiziku

Teme za doktorske teze su iz oblasti **nelinearne i kvantne optike, nelinearne mikroskopije, holografije, biofizike i interakcije svetlosti i materije.**

1. Kvanta optika

Elektromagnetno indukovana transparentnost (EIT) u pari Rb

Eksperimentalno i teorijski se proučavaju kvantno mehanički procesi u atomu Rb koji se manifestuju preko elektromagnetno indukovane transparentnosti (EIT), spektralno uzane oblasti u kojoj je sredina, u ovom slučaju Rb atom, transparentna za rezonantnu lasersku svetlost. Sadržaj istraživanja je primena vremenski razloženih impulsa lasera, čije se frekvencije podešavaju oko odgovarajućih atomskih prelaza, radi generisanja što uži EIT rezonanci. Cilj istraživanja je da se ustanove uslovi za minimalnu brzinu dekohorencije, odnosno za ultra uzane EIT rezonance. Primena istraživanja je za kompaktne, potpuno optičke (bez mikrotalasnog zračenja) atomske satove odn primarne etalona frekvencije.

Četvorostruko mešanje talasa (four way mixing) u pari K

Eksperimentalno i teorijski se istražuje nelinearni proces četvorostrukog mešanja elektromagnetnih talasa u pari kalijuma. Sadržaj istraživanja se sastoji u određivanju optimalnih parametara (frekvencije lasera, gustina atoma, oblik radialnih moda laserkog snopa), za nekoliko atomskih šema, koji omogućavaju maksimalno vreme zarobljavanja ulaznog probnog impulsa i impulsa novo nastalih fotona (conjugate), storenih mešanjem tri fotona u pari K. Cilj je da se ostvare uslovi za što duže vreme zarobljavanja impulsa uz što manju deformaciju ulaznog oblika impulsa. Cilj istraživanja je i ispitivanje uslova da šum u razlici signala probe i konjugovanog snopa bude ispod nivoa kvantnog šuma, tj da postoji relativna stisnutost amplitude (squeezed light). Primene rezultata je u optičkim baferima i optičkim prekidačima.

2. Nelinearna optika

Kontrola svetlosti pomoću kompleksne fotonske rešetke

Predložena tema kombinovala bi fundamentalne koncepte strukturnih dielektričnih materijala, fotonskih kristala, kao potencijalnih kandidata za unapređeno procesuiranje informacija sa jedinstvenom osobinom lokalizacije svetlosti kao efekta interakcije svetlost-materija. Za efektivno procesuiranje informacija fotonski kristali su veoma pogodni jer

obezbeđuju kontrolu svetlosti u svim njenim karakteristikama. Ova tema pokriva veoma aktuelno polje fotonike kroz dva pristupa. Prvo, eksperimentalna realizacija kompleksnih fotonskih struktura kako bi se omogućili uslovi za kontrolu difrakcije svetlosti i lokalizacije u optički indukovanim fotonskim rešetkama. Drugo, prostiranje i lokalizacija svetlosti izučavale bi se u istim sistemima pomoću teorijskih modela i numeričkih simulacija, kako bi se poredili rezultati sa eksperimentom, a takođe predvideli očekivani efekti u eksperimentu.

3. Nelinearna mikroskopija i biofizika

Razvoj multifunkcionalnog optičkog mikroskopa

Radi se na usavršavanju postojećeg nelinearnog mikroskopa zasnovanog na dvo-fotonskoj florescenciji i drugom harmoniku radi povećanja funkcionalnosti i prijemne u biologiji i medicini. Ovi nelinearni procesi nastaju nakon osvetljavanja bioloških uzorka femtosekundnim laserom. Sadržaj istraživanja su dalji razvoj mikroskopa za 1) bioimidžing visoke rezolucije pomoću trećeg harmonika, i 2) primenu metoda kvantitativne optičke mikroskopije koje omogućavaju merenje na biološkim sistemima na mikroskopskom nivou. Deo istraživanja je u razvoju i primeni elemenata optičkog mikroskopa za manipulaciju bioloških uzoraka metodama optičkih pinceta, i ultra precizno lasersko upisivanje na kompleksnim biološkim sistemima, kao što su ljuspice leptira.

Razvoj digitalnog holografskog mikroskopa

Predmet istraživanja su mogućnosti primene digitalne holografije i holografske mikroskopije u biomedicini. Osnovna karakteristika je manipulacija fazom optičkog talasa, koja je inherentna holografiji i omogućava posmatranje nemodifikovanih bioloških uzoraka, bez upotrebe boja. **Cilj** je razvoj digitalnog holografskog mikroskopa za analizu transparentnih i reflektivnih, bioloških i nebioloških uzoraka. **Sadržaj istraživanja** će obuhvatati modifikaciju postojećeg uređaja za lasersko ispisivanje i generisanje matričnih holograma, i njegovo pretvaranje u multifunkcionalni sistem za ispisivanje i mikroskopiju. Značajan deo razvoja će uključivati unapredjenje softvera za rekonstrukciju digitalnih holograma, uz primenu paralelnog računarskog procesiranja. Posebno će se istraživati mogućnosti primene digitalne holografije za analizu entomoloških struktura.

Funkcionalizacija biofotoničkih struktura insekata sa primenom u optičkoj zaštiti dokumenata

Predmet istraživanja su fotonske strukture insekata (krilne ljuspice Lepidoptera i Coleoptera, kao i oklop insekata). Njihova obojenost je rezultat fizičkih efekata (difrakcije, interferencije, rasejanja) na nanometarskim strukturama. Zbog prirode bioloških procesa rezultujući optički efekti su jedinstveni poput otiska prsta i kompleksni kao hologram. Ove dve osobine čine biološke strukture veoma pogodnim za zaštitu dokumenata. **Cilj** je da se realizuje praktična tehnika za lasersku modifikaciju, mikromanipulaciju i nanošenje bioloških struktura na supstrat i njihovu primenu u zaštiti dokumenata. **Sadržaj istraživanja** će

obuhvatati: istraživanje biofotoničkih struktura insekata i analizu njihovog stepena kompleksnosti, unapredjenje postojećeg femtosekundnog laserskog uređaja za mikro-sečenje, razvoj tehnike dielektroforetske mikromanipulacije, kao i razvoj tehnologije integracije struktura u supstrat. Biće razvijani i kriptografski algoritmi za identifikaciju i autentifikaciju bioloških obeleženih dokumenata.

4. Interakcija svetlosti i materije

Površinske i sub-površinske modifikacije višeslojnih tankih slojeva izazvane femtosekundnim laserskim zračenjem

Interakcija femtosekundnog laserskog zračenja sa čvrstim telom izazvaće površinsku i zapreminsku modifikaciju uz formiranje određenih mikrostruktura na površini i u sub-površinskom sloju sa izmenjenim hemijskim sastavom, optičkim i električnim osobinama. Proučavanje površinske modifikacije bi obuhvatilo određivanje praga oštećenja/ablacije višekomponentnih sistema za jedno- i višeimpulsno ozračivanje, uz precizno objašnjenje mehanizma formiranja nastalih površinskih mikrostruktura. Analiza zapreminske modifikacije višeslojnih sistema obuhvatila bi određivanje promena faznog sastava zbog topljenja unutar i izvan interakcione zone usled termičke difuzije. Primenom i prilagođavanjem dvo-temperaturnog modela za interakciju femtosekundnog laserskog zračenja sa višeslojnim sistemima trebalo bi objasniti kompleksnost različitih kristalnih stanja i defekata u sub-površinskom sloju višekomponentnog sistema.