

Rezumatul activității și a rezultatelor obținute în proiect în anul 2023

Cooperativitate cuantică între emițători (nuclee, atomi, puncte cuantice, molecule, biomolecule, meta materiale) și aplicarea acestora în informatică, bio-fotonică avansată optogenetică

Cifrul proiectului 20.80009.5007.01

În limba Romana.

S-a posibilități noi de cooperare neliniară dintre diferite specii de emițători cuantici la emisia și absorbția fotonilor și fononilor. Aceste modele neliniare de cooperare solicită introducerea unor noi parametri de ordine la tranzițiile de fază induse de tip emisie laser în care pătratul intensității de câmp, pătratul polarizării speciilor de emițători în interacțiune, pătratul de spin total și moment magnetic iau în considerație caracterul colectiv al componentelor fiecărei specii. Acești noi parametri de ordine capătă amplitudine și fază bine determinată și pot fi utilizați în studiul de mai departe a structurii moleculelor (biomoleculelor) în procesul interacțiunii radiației cu sistemele de neechilibru (ce include și țesuturi celulare).

O arhitectură nouă de echipamente de decontaminare se bazează pe aplicarea unor efecte moderne de manipulare optică și cooperativă pentru inactivarea agenților patogeni (virusi, bacterii, ciuperci) și compuși chimici periculoși. Una dintre ele constă în stabilirea rezistenței și inactivării selective a acelorași agenți patogeni luând în considerare dependența de eficiența decontaminării în funcție de frecvența duratei pulsului de lumină. Alte efecte sunt legate de utilizarea pensetei optice în zona cu radiații mai mari (în cazul pulsurilor UVC în special) și acțiunii centrifuge asupra particulelor de rotație (patogen, aerosoli, etc). Ultima manipulare se bazează pe diferența de valoare dintre indicele de refracție optică al agenților patogeni și purtătorii acestora (picături, aerosoli) care conform efectului Ashkin este atras în zona de radiație de intensitate mai mare. Al doilea efect constă în manipularea agenților patogeni încapsulați în picături și aerosoli folosind efectul de accelerare al particulelor din fluide cu deficite de densitate mai mici/mari decât cel fluid. Noi posibilități de interacțiune cooperativă neliniară între diferite specii de biomolecule în procesul de emisie și absorbție a fotonilor au fost luate în considerare pentru îmbunătățirea eficienței echipamentelor de inactivare a agenților patogeni.

Acest model neliniar de cooperare necesită introducerea de noi parametri de ordine și este legat de tranziții de fază induse în interacțiunea materie-laser în care pătratul intensității câmpului, pătratul de polarizare a speciei emițătoare în interacțiune ia în considerare caracterul colectiv al componentelor fiecărei specii de biomolecule. Acești parametri de ordin nou obțin amplitudine și o fază bine determinată și ar putea fi utilizați ca parametru de control în studiul ulterioare al structurii biomoleculelor și al dimerizării sau dezintegrării acestora în procesul de interacțiune a radiațiilor cu sistemele de neechilibru (care include țesuturile celulare). Această direcție unește în ansamblu două tipuri de efecte de cooperare între emițători. Primul este legat de sistemele dipol-active ale emițătorilor cuantici (molecule sau biomolecule). Cel de-al doilea tip de emițători cuantici cuplați pot fi considerați micro-/nano-rezonatoare, constând din elemente optice cu structuri sferice, de formă toroidală, fibre sau alte structuri topologice cu dimensiuni geometrice proporționale cu lungimile de undă staționare generate în acestea. Elementele acestor structuri fiind relativ mari în comparație cu emițătorii atomici (moleculari), permit cuplarea rezonantă cu primul grup prin zona câmpurilor evanescente de lângă suprafața fiecăruia dintre ei. Pentru aceasta am folosit aplicația metamaterialelor pentru a ne bucura de notorietatea în zilele noastre în decontaminarea fluidelor, detectarea agenților patogeni. În comparație cu echipamentele anterioare, intenționăm să combinăm radiația de impuls cu procedura de reambalare a elementelor mai mici, printre unul mare, care include metamaterialele (constituite din sfere sau fibre) pentru promovarea îmbunătățirii depoluării împotriva agenților patogeni (microbi și virusi). Se demonstrează că suprafața totală a metamaterialelor în contact cu fluidele/suprafața contaminate este semnificativ mărită în comparație cu structurile obișnuite.

În engleză

There are new possibilities for nonlinear cooperation between different species of quantum emitters in the emission and absorption of photons and phonons. These cooperative nonlinear models require the introduction of new order parameters to laser emission-induced phase transitions in which the square of the field strength, the square of the polarization of the interacting emitter species, the square of the total spin and magnetic moment take into account the collective character of the components each species. These new order parameters acquire a well-determined amplitude and phase and can be used in the further study of the structure of molecules (biomolecules) in the process of the interaction of radiation with non-equilibrium systems (including cellular tissues).

A new architecture of decontamination equipment is based on the application of modern optical and cooperative manipulation effects for the inactivation of pathogens (viruses, bacteria, fungi) and dangerous chemical compounds. One of them consists in establishing the resistance and selective inactivation of the same pathogens taking into account the dependence of the efficiency of decontamination according to the frequency of the duration of the light pulse. Other effects are related to the use of optical tweezers in the area with higher radiation (in the case of UVC pulses in particular) and the centrifugal action on rotating particles (pathogen, aerosols, etc.). The last manipulation is based on the difference in value between the optical refractive index of pathogens and their carriers (droplets, aerosols) which, according to the Ashkin effect, is attracted to the area of higher intensity radiation. The second effect is to manipulate pathogens encapsulated in droplets and aerosols using the acceleration effect of particles in fluids with lower/higher density deficits than the fluid. New possibilities of non-linear cooperative interaction between different species of biomolecules in the process of emission and absorption of photons have been taken into account to improve the efficiency of equipment for the inactivation of pathogens.

This cooperative nonlinear model requires the introduction of new order parameters and is related to phase transitions induced in the matter-laser interaction where the square of the field strength, the square of the polarization of the interacting emitting species takes into account the collective nature of the components of each biomolecule species. These new-order parameters obtain a well-determined amplitude and phase and could be used as a control parameter in the further study of the structure of biomolecules and their dimerization or disintegration in the process of radiation interaction with non-equilibrium systems (which includes cellular tissues). This direction broadly unites two types of cooperation effects between emitters. The first is related to dipole-active systems of quantum emitters (molecules or biomolecules). The second type of coupled quantum emitters can be considered micro-/nano-resonators, consisting of optical elements with spherical, toroidal-shaped structures, fibers or other topological structures with geometric dimensions proportional to the stationary wavelengths generated in them. The elements of these structures being relatively large compared to the atomic (molecular) emitters, allow resonant coupling with the first group through the area of the evanescent fields near the surface of each of them. For this we used the application of metamaterials to enjoy the notoriety nowadays in fluid decontamination, pathogen detection. Compared to previous equipment, we intend to combine pulse radiation with the repackaging procedure of smaller elements among a large one, which includes metamaterials (consisting of spheres or fibers) to promote improved decontamination against pathogens (microbes and viruses). It is demonstrated that the total surface area of the metamaterials in contact with the contaminated fluids/surface is significantly increased compared to regular structures.