

Proiectul Creșterea ratei de decontaminare a fluidului infectat prin canale de rotație sub dispersia radiației ultraviolete C prin metamateriale compozite. **Cifra proiectului** 24.80012.5007.26SE

Acest proiect explorează o interconexiune avansată între procesele cuantice ale împrăstierii Raman multiple, generarea stărilor coerente bimodale și aplicarea lor în tehnologii de decontaminare cu radiații ultraviolete C (UVC). Sunt propuse două tipuri de efecte cooperative fundamentale între fotonii generați în etapele succesive ale laserizării Raman. Primul tip de cooperare apare între fotonii unei singure trepte Raman, conducând la amplificarea coerenței interne a modului optică. Al doilea tip de cooperare implică interacțiunea fotonilor proveniți din trepte diferite ale conversiei Raman multiple, ceea ce conduce la o nouă clasă de stări cuantice coerente. Acestea sunt descrise prin introducerea unui sistem bimodal lanțat, în care operatorii de creare și anihilare ai cvasiparticulelor sunt definiți într-un spațiu Hilbert diferențiat prin frecvențele asociate componentelor anti-Stokes. Acest cadru permite definirea amplitudinilor cuantice și a fazelor pentru stări coerente înlănțuite, relevante pentru procese optice de ordin superior. Fenomenele de cooperare optică, analog împrăstierii Raman în cavitate sau fibră, capătă semnificație în interacțiunea câmpului bimodal cu ansambluri atomice pregătite coerent. Introducerea cvasiparticulelor Raman cu rate fluctuante de generare permite descrierea neliniară și nestaționară a excitației multiphotonice, conducând la un tablou complet al dinamicii cuantice a câmpurilor Raman multiple.

Pe baza acestor principii, este formulat un model semi-clasic în care câmpul UVC este tratat clasic, iar biomoleculele (ADN/ARN) sunt descrise cu formalism cuantic. Modelul propune existența unei „molecule fotonice” – un dublu compus între starea normală și cea de dimer a ADN-ului – generată sub acțiunea câmpului Raman bimodal. Acest compus cuantic metastabil persistă o perioadă după încetarea excitației, conducând la dimerizarea finală printr-un mecanism dependent neliniar de intensitatea radiației. Rezultatele experimentale privind inactivarea agenților patogeni sub UVC pulsate în nanosecunde confirmă existența a două regimuri distincte de decontaminare, corelate cu predicțiile teoriei dimerizării Raman multiple.

Aplicarea acestor concepte cuantice a fost demonstrată într-un studiu privind decontaminarea fluidelor contaminate cu *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* și *Candida albicans*. Metamaterialele analizate – structuri cvasi-periodice din fibre groase combinate cu micro-fibre sau din bile milimetrice reambalate cu particule submilimetrice – cresc suprafața de contact cu microorganismele și intensifică interacția cu radiația UVC. Rezultatele au arătat că eficiența decontaminării depinde puternic de arhitectura metamaterialului, evidențiind rolul suprafeței active în procesele fotonice.

Tehnologic și social, aceste principii au fost integrate în dispozitive de purificare a aerului și fluidelor, care folosesc câmpuri UVC cu proprietăți cooperative pentru a inactiva patogenii aspirați prin tubulaturi și a elibera aer decontaminat în încăperi. Astfel de sisteme pot fi utilizate în spații publice, transport, zone recreative sau HVAC, contribuind semnificativ la reducerea transmiterii patogenilor, mai ales în situații precum pandemii sau incidente biologice.

Conducătorul de proiect N. Enaki

Data: 30/01/2026

LȘ

