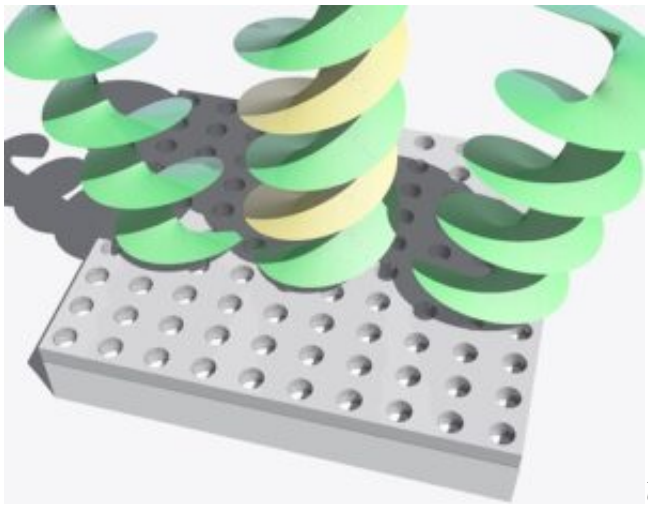
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Un gruppo di ricerca del Cnr-Isasi, in collaborazione con il Lawrence National Laboratory di Berkeley (California), ha realizzato un microdispositivo in grado di creare "vortici di luce": potrà essere sfruttato per applicazioni nelle telecomunicazioni ottiche e quantistiche, nella crittografia e nella manipolazione di nanoparticelle. I risultati dello studio sono pubblicati su Advanced Optical Materials



Una rappresentazione grafica del cristallo fotonico e dei tre vortici emergenti

Roma, 28 agosto 2023 - Ricercatori dell'Istituto di scienze applicate e sistemi intelligenti del Consiglio nazionale delle ricerche di Napoli (Cnr-Isasi), con la collaborazione della Molecular Foundry - Lawrence National Laboratory di Berkeley (California), hanno ideato una nanostruttura per la manipolazione della luce che può essere usata nei sistemi ottici di telecomunicazione, nella crittografia, nella manipolazione di particelle e in altre tecnologie laser e quantistiche.

Il dispositivo è descritto in uno studio pubblicato sulla rivista Advanced Optical Materials: si tratta di un cristallo fotonico, una nanostruttura, cioè, che sfrutta i fotoni - le particelle della luce - per trasmettere una determinata informazione.

“Tra le loro molteplici proprietà, i cristalli fotonici possono supportare particolari configurazioni del campo elettromagnetico in cui la luce, anziché propagarsi nello spazio rimane “confinata” all’interno del cristallo”, spiega Gianluigi Zito (Cnr-Isasi), coordinatore della ricerca condotta sperimentalmente da Edoardo De Tommasi e Silvia Romano presso i laboratori di nanofotonica dell’Istituto, e con il supporto teorico e computazionale di Vito Mocella e Fabrizio Sgrignuoli.

“Tale configurazione è nota come “stato legato nel continuo”, o Bound state in the continuum (BIC): la cosa interessante per le applicazioni quantistiche che sfruttano la luce è il fatto che a tali stati può essere associata una carica topologica mediante la quale comunicare una determinata informazione”.

È a partire da queste premesse che il team è riuscito a realizzare un dispositivo in grado di manipolare la luce attraverso “vortici di luce”, cioè dei fasci di fotoni generati dalla carica topologica che, illuminando opportunamente il cristallo, si “avvitano” un numero di volte ben definite.

“Ci sono casi in cui un’onda luminosa può “avvitarsi” su sé stessa: questo è uno dei modi in cui possiamo visualizzare un vortice di luce. Tali vortici vengono solitamente generati attraverso sistemi macroscopici, troppo grandi per un potenziale utilizzo pratico, quali lamine opportunamente ingegnerizzate o ologrammi: questo dispositivo invece, è un chip dalle dimensioni migliaia di volte più piccole, prodotto attraverso gli standard di fabbricazione della nanoelettronica”.

Il dispositivo realizzato è in grado di generare vortici di luce caratterizzati da un distinto numero e “verso” di avvolgimenti del fronte d’onda, a seconda delle condizioni di illuminazione. “Questi vortici possono trovare applicazione nella manipolazione di nanoparticelle, consentendone la rotazione in maniera controllata, o nelle telecomunicazioni, dato che al numero di avvitamenti del fronte d’onda è associata una specifica informazione. Avere un unico dispositivo al quale correlare informazioni diverse, a seconda di come venga interrogato dalla luce, potrebbe potenziare in maniera decisiva i sistemi ottici di telecomunicazione, inclusi quelli crittografici”, aggiunge Edoardo De Tommasi (Cnr-Isasi).

Il cristallo fotonico è stato realizzato attraverso un raffinato processo di nano-litografia a fascio elettronico in grado di “scavare” un pattern regolare su uno strato ultrasottile di nitruro di silicio: il team italiano, con la collaborazione dei colleghi della Molecular Foundry, ha progettato e dimensionato il cristallo fotonico in maniera tale da generare vortici di luce il cui numero di avvolgimenti e verso dipende dall’angolo di incidenza e dallo stato di polarizzazione del fascio di luce con cui si illumina il dispositivo, sfruttando le proprietà topologiche dello “stato legato nel continuo”.

“Ulteriori applicazioni di questo dispositivo sono possibili per impartire proprietà quantistiche in sistemi combinati con svariati nano materiali, di grande impiego oggigiorno nei chip fotonici” conclude Zito (Cnr-Isasi).