



La imatge quàntica copsa l'inaccessible

Investigadors de l'ICFO i col·laboradors han demostrat la imatge quàntica fantasma (quantum ghost imaging) guiada per fibra en temps real. La tècnica, publicada a *Optica*, utilitza una fibra òptica per il·luminar mostres que d'altra manera resultarien inaccessible, així com una nova càmera SPAD especialment dissenyada per obtenir imatges en temps real sense necessitat d'equipament extern.

Aquest enfocament esten els beneficis de la imatge quàntica a aplicacions on l'accés directe a la mostra és inviable o potencialment perjudicial, com ara l'endoscopia biomèdica o la inspecció industrial remota.

January 08, 2026

En els darrers anys, els físics quàntics han començat a explorar el potencial de la llum quàntica (per exemple, els fotons entrellacats) per millorar la [imatge òptica](#), augmentant la resolució, la relació senyal-soroll i altres característiques clau.

Un dels exemples més destacats és la **imatge quantica fantasma** (QGI, per les sigles en anglès). En aquesta tècnica, parells de fotons entrellacats, les posicions i els temps d'arribada dels quals estan correlacionats més enllà del règim clàssic, es divideixen en dues trajectòries: un d'ells (el foto idler) il·lumina la mostra i només se'n registra el temps d'arribada, mentre que l'altre (el foto senyal) és detectat directament per una càmera capturant tant la posició com el temps d'arribada. En seleccionar únicament aquelles mesures amb les correlacions temporals esperades, es reconstrueix la imatge de la mostra basada exclusivament en els fotons senyal. Així, la imatge sorgeix a partir de fotons que no han interactuat mai amb la mostra, d'aquí el nom d'**imatge fantasma**.

En una publicació recent a *Optica*, investigadors de l'ICFO, el **Dr. Alexander Demuth** i el **Dr. Robin Camphausen**, dirigits pel **Prof. ICREA de l'ICFO Valerio Pruneri**, juntament amb col·laboradors de la Fondazione Bruno Kessler, a Trento (Itàlia), han ampliat les capacitats de la QGI en demostrar, per primera vegada **imatge quantica guiada per fibra en temps real**. En un [treball previ](#) del grup del Prof. Pruneri, els investigadors ja havien utilitzat una fibra òptica per transmetre correlacions quàntiques espacials. En aquest cas, però, la fibra òptica no només transmet parells de fotons espacialment correlacionats, sinó que també il·lumina amb ells una mostra distant, fet que permet **obtenir imatges de regions que d'altra manera serien inaccessibles**. El mètode presentat és, per tant, **adequat per a l'endoscopia**, una tècnica mínimament invasiva que es fa servir quan el teixit biològic opac oculta l'objecte d'estudi.

A més, els investigadors desenvoluparen una càmera de diodes d'allau de foto únic (SPAD, per les sigles en anglès) personalitzada específicament per a la QGI. El disseny permet correlacionar temporalment les deteccions dels fotons senyal amb els temps d'arribada dels idler directament als píxels de la càmera. Gràcies a la capacitat de correlacionar les mesures al mateix xip, ja **no cal externalitzar aquest processament**, tal com requereixen les tècniques d'avantguarda, cosa que evita la latència i, en conseqüència, permet **obtenir per primera vegada imatges quàntiques en temps real**.

De cara al futur, els investigadors esperen millorar la càmera SPAD per tal que pugui capturar imatges més ràpidament i amb un nombre més gran de píxels, així com generar parells de fotons amb freqüències àmpliament separades. Un avantatge clau de la imatge quantica fantasma en general és que el senyal idler poden tenir freqüències diferents, comenta el Dr. Alexander Demuth, primer autor de l'article. En el nostre experiment, aquesta separació era petita, només servia com a prova de concepte. El següent pas natural és ampliar-la. Idealment, un dels fotons podria situar-se a l'infraroig mitjà, on hi ha pocs sensors d'imatge disponibles, fet que permetria realitzar endoscopia mínimament invasiva en aquest rang de freqüència.

Referència:

Alexander Demuth, Robin Camphausen, Massimo Gandola, Enrico Manuzzato, Alessandro

Tontini, Leonardo Gasparini, Valerio Pruneri, Real-time waveguided quantum ghost imaging, *Optica* (2025).

DOI: <https://doi.org/10.1364/OPTICA.574234>

Agraiments:

Agencia Estatal de Investigacion (CEX2024-001490-S, MICIU/AEI/10.13039/501100011033, MCIN/AEI/10.13039/501100011033/FEDER); Fundacion Cellex (ICFO CELLEX PhD-fellowship); FUNDACIO Privada MIR-PUIG; Centres de Recerca de Catalunya; Ministerio de Economia y Competitividad (MAGICAL: PID2022-137952NB-I00); Ministerio de Ciencia, Innovacion y Universidades (PRTR-C17.I1); H2020 Future and Emerging Technologies (899580, H2020-FETOPEN-2018-2020); HORIZON EUROPE Digital, Industry and Space (101082596).