

Image not found

Científics de la EPFL construeixen el primer biosensor autoil·luminat

Enginyers han aprofitat la física quàntica per a detectar la presència de biomolècules sense necessitat d'una font de llum externa, superant un dels majors obstacles a l'hora d'utilitzar biosensors òptics en entorns d'atenció mèdica i monitoratge ambiental.

June 26, 2025

Els biosensors òptics utilitzen ones de llum com a sonda per a detectar molècules i són essencials per al diagnòstic mèdic precís, la medicina personalitzada i el monitoratge ambiental. El seu rendiment millora dràsticament si poden enfocar ones de llum a escala nanomètrica (prou petita com per detectar proteïnes o aminoàcids, per exemple) mitjançant estructures nanofòtoniques que concentren la llum en la superfície d'un xip diminut. No obstant això, la generació i detecció de llum per part d'aquests biosensors nanofòtonics requereix equips voluminosos i costosos que limiten considerablement el seu ús en diagnòstics ràpids o en centres d'atenció immediata.

Lavors, com es crea un biosensor basat en llum sense una font de llum externa? La resposta és: amb física quàntica. Aprofitant un fenomen quàntic anomenat efecte túnel inelàstic d'electrons, investigadors del [Laboratori de Sistemes Bionanofòtonics](#) de l'Escola Politècnica Federal de Lausana (EPFL) han creat un biosensor que només requereix un flux constant d'electrons -en forma de voltatge elèctric aplicat- per a il·luminar i detectar molècules simultàniament.

¿Si considerem que un electró es comporta com una ona, en lloc d'una partícula, aquesta ona té una baixa probabilitat de travessar una barrera aïllant extremadament prima mentre emet un foto de llum. El que hem fet és crear una nanoestructura que forma part d'aquesta barrera aïllant i, alhora, augmenta la probabilitat d'emissió de llum. ¿Com? explica l'investigador del Laboratori de Sistemes Bionanofòtonics, en Mijail Mash

Detecció d'una billonèsima de gram

En resum, la nanoestructura que va dissenyar l'equip crea les condicions ideals perquè un electró, en ascendir a través d'ella, creui una barrera d'òxid d'alumini i arribi a una capa ultrafina d'or. En el procés, l'electró transfereix part de la seva energia a una excitació col·lectiva anomenada plasmó, que emet un foto. Aquest disseny garanteix que la intensitat

l'espectre d'aquesta llum canvia en resposta al contacte amb biomolècules, la qual cosa resulta en un mètode potent per a la detecció extremadament sensible, en temps real i sense marcadors

Les proves van demostrar que el nostre biosensor autoil·luminat pot detectar aminoàcids i polímers en concentracions de picograms (una bil·lionèsima part d'un gram), rivalitzant amb els sensors més avançats disponibles actualment, afirma Hatice Altug, directora del Laboratori de Sistemes Bionanofòtics. El treball s'ha publicat a [Nature Photonics](#) en col·laboració amb la ETH de Zuric, la Universitat de Yonsei (Corea) i el **Professor ICREA i del ICFO Javier Garcia de Abajo**. Segons el professor: "En eliminar la necessitat de llum externa, hem fet un pas sòlid cap a la integració de dispositius plasmons".

Una metasuperfície de doble propòsit

La innovació de l'equip rau en la doble funcionalitat que han desbloquejat: la capa d'or de la seva nanoestructura és una metasuperfície, cosa que significa que presenta propietats especials que creen les condicions necessàries per a la tunelització quàntica i també que controlen l'emissió de llum resultant. Aquest control és possible gràcies a la disposició de la metasuperfície en una malla de nanofil·ls d'or, que actuen com 'nanoantenes' que concentren la llum en els volums nanomètrics necessaris per a detectar biomolècules de manera eficient.

L'efecte tunel inelàstic d'electrons és un procés de molt baixa probabilitat, però si es produeix de manera uniforme sobre una àrea molt extensa, es poden recollir suficients fotons. Aquí és on hem centrat la nostra optimització, cosa que ha resultat ser una nova estratègia molt prometedora per a la biodetecció, afirma Jihye Lee, primera autora de l'article i investigadora del Laboratori de Sistemes Bionanofòtics, ara enginyera a Samsung Electro

ics. A més de ser compacta i sensible, la plataforma quàntica de l'equip, fabricada al [Centre de microneotecnologia](#) de la EPFL, és escalable i compatible amb els mètodes de fabricació de sensors. Es requereix menys d'un mil·límetre quadrat d'àrea activa per a la detecció, la qual cosa crea una possibilitat interessant per als biosensors portatils, a diferència de les configuracions de sobretaula actuals

El nostre treball ofereix un sensor totalment integrat que combina la generació i detecció de llum en un sol xip. Amb possibles aplicacions que abasten des del diagnòstic immediat fins a la detecció de contaminants ambientals, aquesta tecnologia representa una nova frontera en els sistemes de detecció d'alt rendiment, resumeix Ivan Sinev, investigador del Laboratori de Sistemes Bionanofoto

Referència:

Jihye Lee, et. al., Plasmonic biosensor enabled by resonant quantum tunneling, Nature Photonics (2025).

El contingut d'aquesta notícia ha estat creat per la EPFL.