

OPTOÉLECTRONIQUE QUANTIQUE

La source de photon unique sur silicium

Des chercheurs du CEA-Irig et des universités de Montpellier et de Marseille obtiennent un atome artificiel qui émet dans le silicium des photons uniques. Cette première mondiale ouvre la voie à de nombreuses applications pour les technologies quantiques.

PAR AUDE GANIER

Un composant optoélectronique capable d'émettre dans une direction bien définie, chaque fois qu'on le désire, une impulsion lumineuse faite... d'un seul et unique photon ? Connus sous le nom de « source de photon unique », ce système fait l'objet de recherches dans de nombreux laboratoires depuis une vingtaine d'années. Il n'avait jamais été réalisé sur du silicium, alors qu'il promet de nombreuses applications en cryptographie quantique, métrologie, simulation ou calcul quantique.

Des atomes artificiels

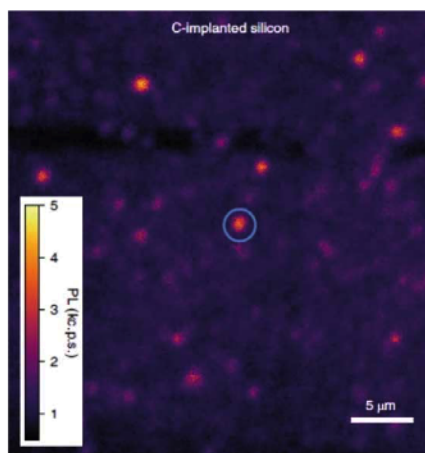
Comment produire un photon unique ? Les composants optoélectroniques usuels (diodes laser, diodes électroluminescentes) en sont incapables. Il a donc fallu inventer de nouvelles sources, en s'inspirant d'un système modèle, l'atome isolé. « *Lorsqu'il est excité, cet atome "à deux niveaux" émet un seul photon en se relaxant ; et n'émet un autre photon que s'il est excité à nouveau* », explique Jean-Michel Gérard du CEA-Irig. La communauté a étudié de nombreux systèmes solides, baptisés atomes artificiels, suffisamment petits pour que leurs états quantiques prennent des énergies discrètes, comme pour les états d'un atome isolé. L'un d'eux est la « boîte quantique », aujourd'hui commercialisée, qui donne de bonnes sources de photons uniques. Mais elle est inefficace lorsqu'elle est fabriquée à base de silicium ou germanium.

Un autre atome artificiel très étudié est un défaut ponctuel du diamant, le centre « NV ».

D'où l'idée des chercheurs d'aller regarder dans le tableau de Mendeleïev les voisins de cet élément carbone... pour y trouver, juste en dessous, le silicium. Ils ont ainsi décidé de considérer ses défauts ponctuels comme de potentiels atomes artificiels. Répertoriés depuis les années 60, ceux-ci n'avaient jamais été étudiés au niveau du défaut unique.

Le centre G du silicium

« *Notre étude a principalement porté sur le "centre G", défaut ponctuel constitué par deux atomes de carbone voisins associés à un atome interstitiel de silicium qui présente une raie d'émission à 1,28 μm , bien adaptée pour les communications sur fibre optique ou sur puce silicium* », indique le spécialiste. En implantant des atomes de carbone dans un substrat commercial de SOI (silicium sur isolant), ils ont fabriqué des défauts suffisamment espacés pour isoler la fluorescence de centres G isolés. Heureuse surprise : le centre G s'est révélé être une source de photons uniques très efficace ! Ce résultat ouvre la voie à l'intégration de ces sources au sein de circuits photoniques sur silicium, comme ceux du CEA-Leti, et bientôt au passage à l'échelle de la photonique quantique. ●



« Lorsqu'il est excité, l'atome isolé émet un seul photon en se relaxant ; et n'émet un autre photon que s'il est excité à nouveau. »

Jean-Michel Gérard, du CEA-Irig

CI-contre

Visualisation des centres G isolés, sources de photons uniques.

CEA-Leti

Institut des micro et nanotechnologies et de leur intégration dans les systèmes (Grenoble).

CEA-Irig

Institut de recherche interdisciplinaire de Grenoble.