



Institut de physique
Actualité scientifique

Contrôler l'émission de micro-lasers avec des métasurfaces

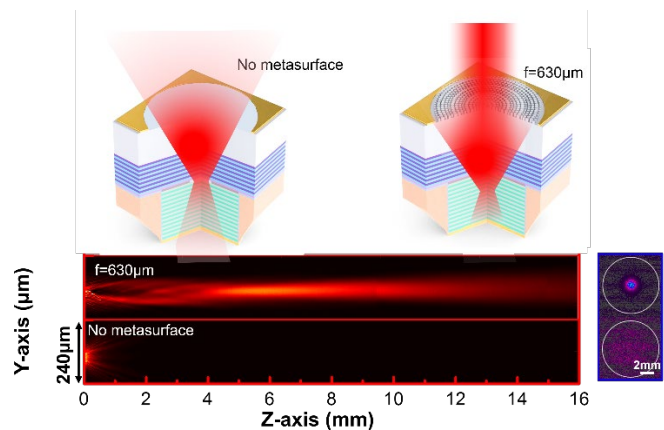
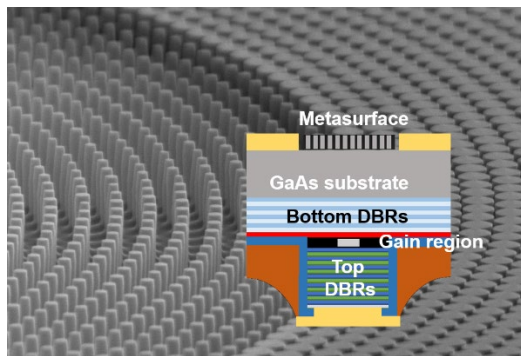
Les chercheurs ont développé une nouvelle méthode de contrôle de la qualité des faisceaux des micro-lasers appelés VCSELS. Ils ont intégré à leur fabrication une métasurface, c'est-à-dire une surface nano-structurée qui permet de mettre en forme à façon le front lumineux. Cette technologie s'étend à des matrices de VCSELS et pourrait profiter notamment aux dispositifs ultra-compacts d'imagerie, par exemple les systèmes LiDARs.

Présents dans les objets du quotidien tels que les souris d'ordinateur ou les téléphones portables et dans les technologies de communication par fibre optique, les lasers dits VCSELS (lasers à émission de surface à cavité verticale) sont des dispositifs micrométriques où un empilement vertical de couches semi-conductrices d'épaisseur nanométrique, sur lesquelles la lumière se réfléchit, confine et amplifie la lumière sein d'une microcavité. Le faisceau laser est émis sous forme de cône par la face arrière de l'empilement (figure). Les VCSELS ont l'avantage de consommer peu d'énergie et de former des dispositifs compacts en s'intégrant facilement, par exemple sous forme de matrices bidimensionnelles sur des puces. Le contrôle des propriétés optiques du faisceau laser issu d'un VCSEL, notamment sa divergence, est un enjeu important pour les applications et on est amené à modifier profondément la structure réfléchissante ou à introduire des composants supplémentaires tels que des microlentilles. Cette approche est efficace pour améliorer la qualité du faisceau mais elle est très intrusive, elle nécessite un alignement particulier pour chaque dispositif et risque d'affecter les autres performances du laser, en particulier la longueur d'onde et la puissance émise.

Des physiciens du Centre de recherche sur l'hétéroépitaxie et ses applications (CRHEA, CNRS), en collaboration avec le laboratoire III-V à Palaiseau (III-V Lab), l'Université des Technologies de Beijing, et l'Université Ludwig Maximilian à Munich, ont conçu une nouvelle méthode de contrôle de la qualité du faisceau lumineux d'un VCSEL en proposant l'intégration monolithique sur sa face arrière d'une métasurface (figure). Cette structure nanométrique ultrafine permet en effet de sculpter à façon le front lumineux à des échelles en dessous de la longueur d'onde en introduisant les déphasages adéquats. Ces résultats sont publiés dans la revue *Nature Nanotechnology*.

Les chercheurs exploitent ainsi les extraordinaires capacités des métasurfaces pour façonner à volonté le profil d'un faisceau laser émis par un VCSEL sans en modifier la cavité et en conservant toutes ses performances. Au-delà d'un VCSEL unique, les chercheurs ont étendu cette méthode à des matrices de VCSELS. La compatibilité des métasurfaces avec les processus de fabrication CMOS rend prometteuse leur intégration dans les dispositifs optoélectroniques ultra-compacts, ce qui pourrait profiter à un vaste domaine d'applications, notamment l'imagerie LIDAR et la formation ou la reconnaissance d'images.





À gauche : en gris, image de microscopie électronique d'une métasurface montrant des nano-piliers d'une hauteur de 500 nm disposés de façon circulaire. La distance entre deux piliers est de 260 nm. En couleur, schéma d'un VCSEL: l'empilement des couches réflectrices (DBR: Distributed Bragg Reflectors) se fait à partir du substrat de GaAs qui constitue la face arrière par laquelle la lumière est émise et sur laquelle est gravée la métasurface. Dans un nano-pilier, la lumière est confinée, ce qui entraîne une augmentation de l'indice de réfraction effectif et un déphasage introduit par le nano-pilier directement lié à son rayon.

À droite : effet de l'intégration d'une métasurface sur un VCSEL : l'émission sans métasurface présente une ouverture angulaire typique de 30°. Avec une métasurface dont le rayon des nano-piliers est calculé pour créer des déphasages analogues à ceux d'une lentille de 630 µm, le faisceau est collimaté. La métasurface couvre toute l'étendue du faisceau lumineux (240 µm) pour limiter les effets de diffraction. En haut: représentation schématique du VCSEL et de l'effet de collimation, en bas: mesures de l'intensité laser se propageant en sortie du VCSEL jusqu'à 1.6 cm. La section des faisceaux en champ lointain est représentée à droite pour une distance de 10 cm.

Bibliographie

Metasurface intergrated vertical cavity surface emitting lasers for programmable directional lasing emmissions. Yi-Yang Xie, Pei-Nan Ni, Qiu-Hua Wang, Qiang Kan, Gauthier Briere, Pei-Pei Chen, Zhuang-Zhuang Zhao, Alexandre Delga, Hao-Ran Ren, Hong-Da Chen, Chen Xu et Patrice Genevet, *Nature Nanotechnology*, le 13 janvier 2020.

DOI:10.1038/s41565-019-0611-y

Lire l'article sur la base d'archives ouvertes [arXiv](https://arxiv.org/abs/1901.06111).

Contacts

Patrice Genevet | Chargé de recherche au CNRS, Centre de recherche sur l'hétéroépitaxie et ses applications | patrice.genevet@crhea.cnrs.fr

Communication CNRS-INP | inp.com@cnrs.fr