



Institut de physique
Résultat scientifique

Une nouvelle méthode pour caractériser l'efficacité des micro-LED.

En analysant les propriétés de la lumière émise par une diode électroluminescente micrométrique sous l'effet d'un faisceau d'électrons, des chercheurs ont pu quantifier l'influence de la surface sur l'efficacité de ces dispositifs optoélectroniques.

Après plus de 30 ans de développement, les diodes électroluminescentes (Light emitting diodes, LED) à base de nitrures tels que le nitrure de gallium sont largement utilisées pour l'éclairage en général. Les micro-écrans, en réalité virtuelle ou augmentée, représentent désormais un nouveau domaine d'application. Ces technologies d'affichage miniaturisées requièrent des tailles de pixel inférieures à 10 μm , on parle alors de micro-LED (μLED). Pour obtenir une μLED , il est nécessaire de graver le matériau, ce qui génère des défauts. La gravure, en brisant la structure du cristal, crée des liaisons dites « pendantes ». Elles sont alors disponibles pour se lier à n'importe quel atome, à l'origine d'impuretés. Plus la LED est petite, plus ces défauts altèrent le comportement du dispositif car les effets de surface deviennent importants.

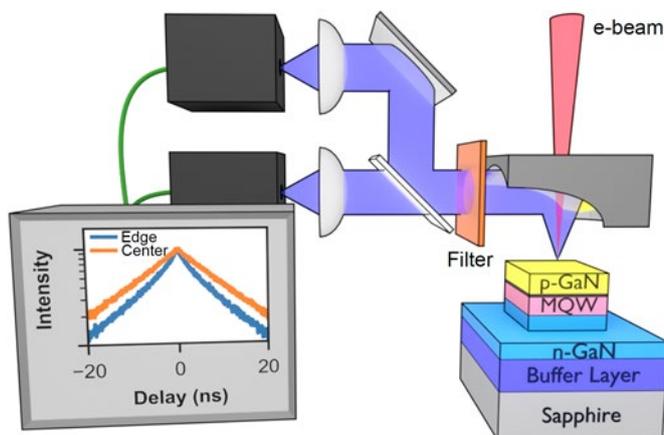
Des technologies dites de passivation existent pour limiter leur influence. Il s'agit d'appliquer sur le flanc de gravure une couche protectrice afin d'occuper les liaisons pendantes. Cependant, la taille réduite des pixels, les artefacts de mesures et la grande diversité des méthodes de passivation rendent difficile la comparaison du gain d'efficacité entre les différentes solutions technologiques. Étudier l'influence de la surface sur l'efficacité des μLED nécessite de combiner une résolution spatiale de quelques dizaines de nanomètres (nm, 10^{-9} m) et une résolution temporelle de quelques dizaines de picosecondes (ps, 10^{-12} s). Ces échelles sont hors d'atteinte par des méthodes optiques conventionnelles.

Afin de remédier à cela, des chercheurs de l'Institut Néel (CNRS), en collaboration avec des chercheurs du CEA-LETI, ont développé une méthode innovante utilisant un microscope électronique à balayage (MEB). Dans un MEB, lorsqu'un électron très énergétique vient interagir avec le matériau étudié, il induit localement une émission de lumière (cathodoluminescence). En analysant cette lumière, caractéristique du matériau sondé, on peut étudier finement ses propriétés optiques (cf. figure). De plus, en utilisant les spécificités de l'interaction électron-matière, il est possible d'étudier le temps de vie des porteurs de charge en fonction de la distance à la surface du pixel. Cela permet de caractériser l'efficacité du matériau à l'échelle nanométrique.

Grâce à ce dispositif, les chercheurs ont étudié des μLED à base de nitrure d'éléments de la colonne III du tableau périodique et ils ont pu quantifier la diminution de l'efficacité aux abords d'un flanc de gravure. En couplant leur méthode expérimentale avec un modèle de diffusion, ils ont non seulement montré qu'une passivation adaptée améliore notablement l'efficacité des μLED mais ils ont aussi quantifié cette amélioration. Ces résultats sont publiés dans la revue *ACS Photonics*.

La mesure de l'efficacité locale des μLED réalisée à la suite des premières étapes de fabrication en salle blanche ouvre de nombreuses perspectives. D'une part, il n'est plus nécessaire de réaliser l'intégralité du coûteux processus technologique pour estimer l'impact d'une passivation de surface. D'autre part, cela donne accès à une métrique qui permet de comparer efficacement les différentes techniques de passivation. Enfin, cette technique, qui fonctionne de l'UV lointain jusqu'au proche infrarouge avec une résolution temporelle de l'ordre de 50 ps et une résolution spatiale de l'ordre de 50 nm, pourra être adaptée dans le futur à d'autres nanostructures.





Légende : la μ LED (couches bleu, rose et jaune) est éclairée par un faisceau d'électrons. Cela génère une lumière (en mauve) analysée par un dispositif interférométrique de Hanbury Brown et Twiss. Les deux boîtes noires enregistrent le temps d'arrivée des photons. L'intensité est maximum lorsque les deux photons arrivent en même temps, une caractéristique propre de la cathodoluminescence. Les deux courbes mettent en évidence que l'intensité est moindre lorsque les photons proviennent du bord (Edge) que du centre (Center), ce qui traduit une moins bonne qualité du matériau.

Référence

Surface Recombinations in III-Nitride Micro-LEDs Probed by Photon-Correlation

Cathodoluminescence. Sylvain Finot, Corentin Le Maoult, Etienne Gheeraert, David Vaufrey, and Gwénoél Jacopin, *ACS Photonics*, publié le 07 décembre 2021.

DOI: [10.1021/acsp Photonics.1c01339](https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.1c01339)

Article disponible sur la base d'archives ouverte [HAL](https://hal.archives-ouvertes.fr/).

Contacts

Gwénoél Jacopin | Chargé de recherche CNRS | NEEL | gwenole.jacopin@neel.cnrs.fr

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