

Axe principal: Nanophotonique et Information Quantique

Axes secondaires :

Physique Quantique et Dispositifs (QUAD)

+

<http://www.mpq.univ-paris-diderot.fr/spip.php?rubrique31>

Laboratoire Matériaux et Phénomènes Quantiques (MPQ)

10 rue A. Domon et L. Duquet, 75013 Paris

+

<http://www.mpq.univ-paris-diderot.fr/>

Contact C'nano de l'équipe

Angela VASANELLI

Responsable d'équipe :

Carlo SIRTORI

carlo.sirtori@univ-paris-diderot.fr

Membres permanents de l'équipe :

Stefano BARBIERI

stefano.barbieri@univ-paris-diderot.fr

Yanko TODOROV

yanko.todorov@univ-paris-diderot.fr

Angela VASANELLI

angela.vasanelli@univ-paris-diderot.fr

Carlo SIRTORI

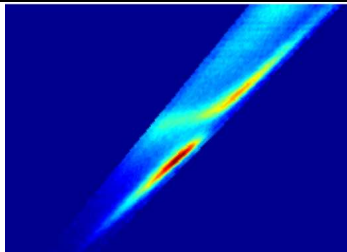
carlo.sirtori@univ-paris-diderot.fr

• **Activités scientifiques de l'équipe :**

- Lasers à cascade quantique
- Emission et détection de rayonnement THz
- Physique des systèmes intersousbande
- Polaritons intersousbandes
- Dispositifs quantiques

- Recherche(s) et résultat(s) obtenu(s) dans les domaines d'actions des nanosciences :

Dispositifs électroluminescents en régime de couplage fort lumière-matière



Spectre d'électroluminescence d'une structure à cascade InAs/AlSb en cavité.

Nous réalisons des dispositifs infrarouges basés sur le couplage fort entre un mode de cavité et une excitation d'un gaz bidimensionnel d'électrons dans un puits quantique. Nous avons réalisé des dispositifs électroluminescents dans l'infrarouge moyen fonctionnant dans ce régime jusqu'à température ambiante. En utilisant des cavités métalliques nous avons également démontré que, grâce à un confinement très sub-longueur d'onde de la lumière, on peut atteindre un régime de couplage ultra-fort, dans lequel l'énergie du couplage est une fraction importante (jusqu'à 50%) de l'énergie de l'excitation.

Modulation intégrée de lasers à cascade quantique

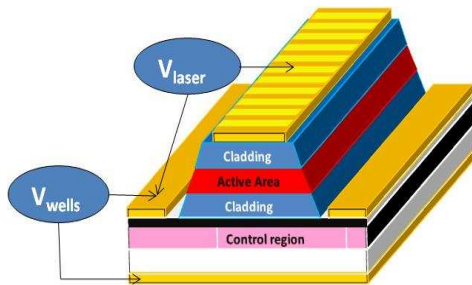
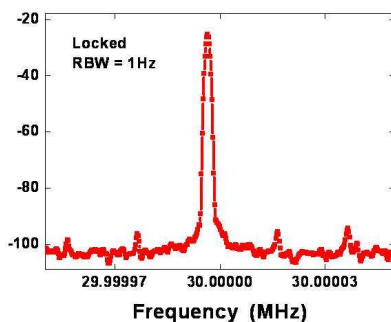


Schéma de l'électromodulateur intégré à un laser à cascade quantique.

Nous concevons et réalisons des nouvelles architectures de dispositifs qui permettent de rajouter aux lasers à cascade quantique dans l'infrarouge moyen des fonctionnalités intégrées. En particulier nous avons intégré dans le laser un modulateur de la puissance émise, à l'aide d'une région qui contient des puits quantiques asymétriques et qui est pilotée par une troisième électrode. La puissance injectée pour la modulation d'amplitude est extrêmement faible par rapport à la variation obtenue de la puissance optique.

Contrôle cohérent de lasers à cascade quantique THz



Spectre à haute résolution montrant la stabilité de fréquence d'un laser à cascade THz verrouillé en phase à un laser fs en fibre.

Nous avons mis en place une technique expérimentale qui permet le contrôle cohérent de la radiation émise par un laser à cascade quantique (QCL) THz. Cette technique permet de contrôler la fréquence d'émission et la phase des modes longitudinaux d'un QCL. Nous avons ainsi démontré le verrouillage de phase d'un mode à 2.7 THz au taux de répétition d'un laser fs avec une stabilité en fréquence en dessous de 1 Hz. Nous avons également mis en évidence le fonctionnement d'un QCL THz en régime de verrouillage de modes actif.

- **Programme de recherche :**

Notre équipe étudie les phénomènes quantiques pour réaliser des dispositifs optoélectroniques avec des nouvelles fonctionnalités. Notre activité de recherche est centrée sur les dispositifs unipolaires intersousbandes, fonctionnant dans l'infrarouge moyen et lointain ($4\mu\text{m} < \lambda < 500\mu\text{m}$). Nos activités couvrent la conception, la réalisation, la caractérisation et la modélisation de systèmes de dimension réduite, permettant un confinement efficace des électrons et des photons. Récemment nous avons aussi démarré une activité de recherche qui vise à mélanger nos dispositifs quantiques avec des technologies bien établies comme les télécoms, les hyperfréquences et la spectroscopie dans le domaine temporel.

Un axe de recherche important de l'équipe est le développement de dispositifs optoélectroniques fonctionnant en régime de couplage fort lumière-matière, dans le but de réaliser des émetteurs et des détecteurs efficaces dans l'infrarouge moyen et lointain.

Notre activité de recherche est fortement liée aux activités technologiques en salle blanche, notamment aux procédés technologiques de fabrication. Notre effort technologique vise actuellement à la réalisation de lasers à cascade quantique avec des fonctionnalités intégrées pour la stabilisation de la longueur d'onde et le contrôle de l'émission de champ lointain. Nous avons également démontré des nouvelles architectures de dispositifs, basés sur trois terminaux, pour des transducteurs électro-optiques fonctionnant à des fréquences de modulation élevées.

- **Références :**

1. P. Jouy, A. Vasanelli, Y. Todorov, L. Sapienza, R. Colombelli, U. Gennser, and C. Sirtori, *Intersubband electroluminescent devices operating in the strong coupling regime*, Phys. Rev. B **82**, 045322 (2010).
2. S. Barbieri, W. Mainault, L. Ding, P. Gellie, P. Filloux, C. Sirtori, T. Akalin, J-F. Lampin, I. Sagnes, H. E. Beere, D. A. Ritchie. *Microwave technology applied to THz quantum cascade lasers*, Proc. SPIE, Vol. 7608, 76080X (2010)
3. W. Mainault, L. Ding, P. Gellie, P. Filloux, C. Sirtori, S. Barbieri, J-F. Lampin, T. Akalin, I. Sagnes, H. E. Beere, D. A. Ritchie. *Microwave modulation of THz quantum cascade lasers: a transmission-line approach*, Appl. Phys. Lett., **96**, 021108 (2010)
4. Todorov Y, Tosetto L, Teissier J, Andrews AM, Klang P, Colombelli R, Sagnes I, Strasser G, Sirtori C, *Optical properties of metal-dielectric-metal microcavities in the THz frequency range*, OPTICS EXPRESS, **18**, 13886 (2010)
5. Y. Todorov, A.M. Andrews, R. Colombelli, S. De Liberato, C. Ciuti, P. Klang, G. Strasser, C. Sirtori, *Ultrastrong Light-Matter Coupling Regime with Polariton Dots*, Phys. Rev. Lett. **105**, 196402 (2010)
6. Gellie P, Barbieri S, Lampin JF, Filloux P, Manquest C, Sirtori C, Sagnes I, Khanna SP, Linfield EH, Davies AG, Beere H, Ritchie D, *Injection-locking of terahertz quantum cascade lasers up to 35GHz using RF amplitude modulation*, Optics Express **18**, 20799 (2010)

7. Barbieri S, Gellie P, Santarelli G, Ding L, Mainault W, Sirtori C, Colombelli R, Beere H, Ritchie D, *Phase-locking of a 2.7-THz quantum cascade laser to a mode-locked erbium-doped fibre laser*, Nature Photonics **4**, 636 (2010)
8. Teissier J, Laurent S, Sirtori C, Debregeas-Sillard H, Lelarge F, Brillouet F, Colombelli R, *Integrated quantum cascade laser-modulator using vertically coupled cavities*, Appl. Phys. Lett. **94**, 211105 (2009)