



**HAL**  
open science

## Source THz cohérente accordable basée sur des technologies III-V

M Nadrani, A Bartolo, B Chomet, J.-P Guillet, P.-K Lu, M Jarrahi, G Beaudoin, K Pantzas, I Sagnes, S Blin, et al.

► **To cite this version:**

M Nadrani, A Bartolo, B Chomet, J.-P Guillet, P.-K Lu, et al.. Source THz cohérente accordable basée sur des technologies III-V. Journées Nano, Micro et Optoélectronique (JNMO) 2024, Oct 2024, Sète, France. hal-04785184

**HAL Id: hal-04785184**

**<https://hal.science/hal-04785184v1>**

Submitted on 15 Nov 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**SOURCE THZ COHERENTE ACCORDABLE BASEE SUR DES TECHNOLOGIES III-V**

M. NADRANI<sup>1</sup>, A. BARTOLO<sup>1</sup>, B. CHOMET<sup>1</sup>, J.-P. GUILLET<sup>2</sup>, P.-K. LU<sup>3</sup>, M. JARRAHI<sup>3</sup>,  
G. BEAUDOIN<sup>4</sup>, K. PANTZAS<sup>4</sup>, I. SAGNES<sup>4</sup>, S. BLIN<sup>1</sup>, A. GARNACHE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Institut d'Electronique et des Systèmes, Université de Montpellier, CNRS UMR 5214, 34090, Montpellier, France,*

<sup>2</sup>*Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système, Université de Bordeaux, CNRS UMR 5218, 33400, Talence, France,*

<sup>3</sup>*Electrical and Computer Engineering Department, University of California, Los Angeles, CA 90095, USA,*

<sup>4</sup>*Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies, Université Paris-Saclay, CNRS UMR 9001, 91120 Palaiseau, France,*

\* mohamed.nadrani@umontpellier.fr

**RESUME**

Nous présentons une source THz structurée, continue à base des technologies GaAs, accordable par photomélangement à température ambiante, basée sur un laser VECSEL bifréquence, cohérent à 1 μm et des antennes photoconductrices plasmoniques comme photomélangeur.

**1. INTRODUCTION**

La bande TéraHertz (THz) est comprise entre les micro-ondes et l'infrarouge (la bande de fréquences allant de 100 GHz à 10 THz) dans le spectre des ondes électromagnétiques. Ces ondes sont bien connues par leur capacité à traverser plusieurs matériaux diélectriques comme les vêtements, le bois, le plastique avec peu de perturbations (atténuation et/ou réflexion), ce qui les rend idéales pour des applications dans différents domaines comme les télécommunications sans fil à très haut débit [1], l'imagerie, la spectroscopie et la sécurité [2,3].

Cependant l'un des verrous fondamentaux pour la réalisation d'un système THz attractif est la disponibilité de sources et détecteurs adéquates d'où la proposition de développement d'un émetteur THz continu, puissant, cohérent, accordable, à base de semiconducteurs III-V en combinant un laser VECSEL bifréquence (pour Vertical External Cavity Surface Emitting Laser) et une antenne photoconductrice (PC) aux électrodes plasmoniques pour la génération d'une onde THz par photo-mélange.

Dans cette approche, il est envisageable d'avoir deux modes transverses de la famille Laguerre-Gauss, le fondamental et un mode d'ordre supérieur à deux fréquences différentes  $f_1$  et  $f_2$  pour les mêmes paramètres du système. Ces modes étant issus de la même cavité, la majeure partie de leur bruit de fréquence est corrélée, permettant ainsi de générer via l'antenne PC une onde THz cohérente à une fréquence  $\Delta f$  où  $\Delta f = |f_2 - f_1|$ . La figure 1 a) est un schéma du VECSEL pompé

optiquement et montrant la technologie des masques en Chrome (Cr) déposés à la surface de la structure semiconductrice et permettant la sélection des deux modes transverses par les pertes.

Les antennes PC aux électrodes plasmoniques proposent un meilleur rendement en comparaison aux photodiodes UTC "Uni-Traveling Carrier Diode" [4] mais sont limitées à une puissance maximale de -30 dBm pour un pompage à 1 μm [5].

Les antennes PC sont basées sur la photo-absorption de deux faisceaux lasers incidents à une certaine fréquence optique ( $f_1$  et  $f_2$ ) et la génération d'électrons à la différence de fréquence des deux lasers ( $\Delta f$ ). Les porteurs photo-excités seront ensuite accélérés vers les électrodes afin de commander l'antenne et générer un rayonnement THz comme illustré sur la figure 1 b).

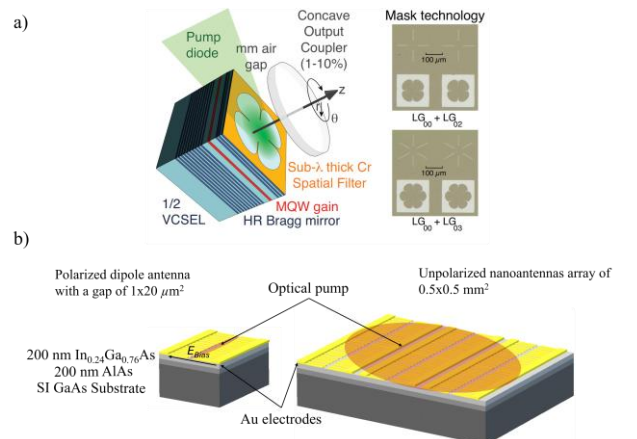


Figure 1 : a) Schéma expérimental du VECSEL bifréquence. b) Schéma des antennes PC plasmoniques.

L'intégration des électrodes plasmoniques améliore le rendement de conversion optique en THz grâce à l'excitation des plasmons, des oscillations collectives du nuage d'électrons à certaines fréquences à l'interface métal-semiconducteur [3].

## 2. DESCRIPTION DE L'ETUDE

Nous caractériserons la source laser bifréquence (la puissance optique et l'accordabilité) ainsi que l'émission THz obtenue avec deux différentes antennes PC, une antenne dipôle polarisée excitée sur une surface de  $1 \times 20 \mu\text{m}^2$  et un réseau de  $0,5 \times 0,5 \text{ mm}^2$  de nano-antennes auto-polarisées. Nous allons discuter les limitations physiques des antennes photoconductrices utilisées et analyser les effets de saturation observés sur la figure 2.

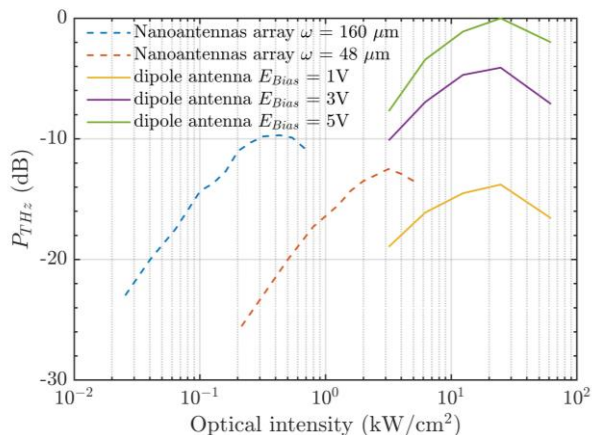


Figure 2 : Puissance THz émise en fonction de la puissance optique à 300 GHz pour différentes antennes.

## 3. CONCLUSIONS

Nous avons démontré un émetteur THz continu, structuré, cohérent à température ambiante, basé sur des technologies III-V et atteignant une puissance maximale de -38 dBm à 300-GHz utilisant des antennes PC plasmoniques et un VECSEL bifréquence accordable.

## 4. FINANCEMENTS

Ce travail a été financé par l'ANR PEPR Electronique, l'ANR SPATIOTERA, le programme d'excellence I-SITE MUSE AAP2021, la région d'Occitanie / Pyrénées-Méditerranée et le fonds européen de développement régional (via la plateforme HERMES).

## 5. REFERENCES

- [1] ZHANG, Hongqi, ZHANG, Lu, WANG, Shiwei, et al. Tbit/s multi-dimensional multiplexing THz-over-fiber for 6G wireless communication. *Journal of Lightwave Technology*, 2021, vol. 39, no 18, p. 5783-5790.
- [2] Kemp, M. C., Taday, P. F., Cole, B. E., Cluff, J. A., Fitzgerald, A. J., & Tribe, W. R. (2003, July). Security applications of terahertz technology. In *Terahertz for military and security applications* (Vol. 5070, pp. 44-52). SPIE.
- [3] JEPSSEN, P. Uhd, COOKE, David G., et KOCH, Martin. Terahertz spectroscopy and imaging—Modern techniques and applications. *Laser & Photonics Reviews*, 2011, vol. 5, no 1, p. 124-166
- [4] BERRY, Christopher W., WANG, N., HASHEMI, Mohammad R., et al. Significant performance enhancement in photoconductive terahertz optoelectronics by incorporating

plasmonic contact electrodes. *Nature communications*, 2013, vol. 4, no 1, p. 1622.

- [5] Blin, S., Paquet, R., Myara, M., Chomet, B., Le Gratiot, L., Sellahi, M., Beaudoin, G., Sagnes, I., Ducourneau, G., Latzel, P., et al. (2017). Coherent and tunable thz emission driven by an integrated iii-v semiconductor laser. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 23(4):1–11.