



HAL
open science

La perception numérique - Projet ciblé COMPTERA: COMPosants électroniques pour l'imagerie TERAhertz

Carlo Sirtori, Laurent Dussopt, Juliette Mangeney, Stefano Barbieri, Frédéric
Teppe, Patrick Mounaix

► To cite this version:

Carlo Sirtori, Laurent Dussopt, Juliette Mangeney, Stefano Barbieri, Frédéric Teppe, et al.. La perception numérique - Projet ciblé COMPTERA: COMPosants électroniques pour l'imagerie TERAhertz. Lancement et première journée scientifique annuelle du PEPR Électronique, Mar 2023, Poitiers, France. hal-04388092

HAL Id: hal-04388092

<https://hal.science/hal-04388092>

Submitted on 11 Jan 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.

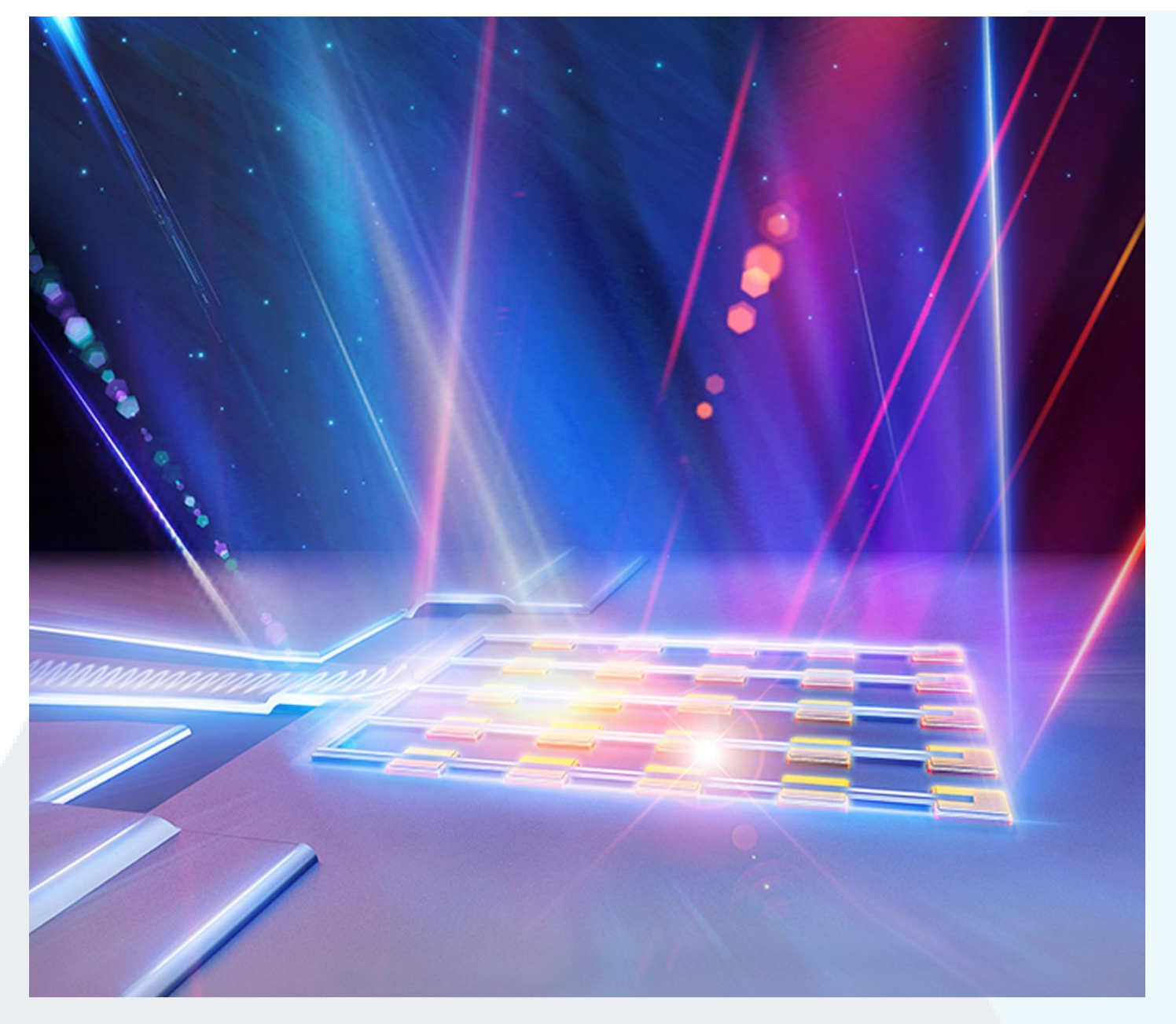
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Contacts: Carlo Sirtori (LPENS), Laurent Dussopt (CEA-LETI), Juliette Mangeney (LPENS), Stefano Barbieri (IEMN), Frédéric Teppe (L2C), Patrick Mounaix (IMS).

Objectif : Faire de l'imagerie TeraHertz grâce à des composants photoniques semi-conducteurs intégrés sur silicium

Défi : Développer des **détecteurs à haute sensibilité** adaptés aux différentes gammes de longueurs d'onde du **domaine THz**.

Applications: contrôle non destructif, sécurité, détection de gaz, contrôle environnemental, environnement à visibilité réduite, etc..



Résumé:
COMPTERA vise le développement de composants avancés pour les futurs systèmes d'imagerie multispectrale en gamme THz (0,3-30 THz) qui feront appel à des technologies très variées à la frontière de l'électronique et de l'optoélectronique, en particulier des détecteurs à haute sensibilité adaptés à chaque gamme de longueurs d'onde (notamment micro-bolomètres, détecteurs à effet de champ, photodétecteurs unipolaires à multi-puits quantiques). Une partie de ces capteurs ultra-sensibles sera ensuite intégrée à des systèmes d'imagerie adaptés à la démonstration de leurs performances.

	Année 1					Année 2				Année 3				Année 4			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	
T0 - Coord.																	
T1 - Spécif.			★ J1		▲ L1												
T2 - Détecteurs						★ J2		▲ L2		★ J3		▲ L3					
T3 - Systèmes														★ J4		▲ L4	

★ Jalons ▲ Livrables

Détecteurs et modulateurs très large bande (IEMN, LPENS) (8-10 μm – 30-37 THz)

- Bande spectrale: fenêtre atmosphérique 8-10 μm (30-37THz)
- Bande RF visée: >100GHz
- Senseur: photo-détecteur multi-puit quantique AlGaAs/GaAs
- Architecture: matrice d'antennes MIR avec accès coplanaire intégré
- Type de détection: hétérodyne
- Responsivité visée: ~1A/W à T=250K

Images MEB des dispositifs fabriqués

Bande passante du modulateur

Rectification signal (dBm) vs Frequency (Hz)

$f_{-3dB} > 10$ GHz

M. Haki et al., ACS Photon. 8, 464 (2021)
D. Palaferri et al., Nature 556 (2018)
H. Dely, T. Bonazzi et al., Laser & Photon. Rev. 16 (2022)

Détecteurs bolométriques THz (CEA-LETI)

- Bandes: 400 GHz et 650 GHz
- Senseur: diode silicium refroidie
- Sensibilité: < 1 pW
- Temps de réponse: < 50 ms

Objectifs Comptera:

- Fabrication sur la Plateforme Silicium 200 mm (Léti)
- Démonstration d'une matrice de détecteurs

Applications d'imagerie: CND, sécurité, vision en environnement dégradé, ...

Coefficient de courant en température (TCC) d'une diode silicium planaire

Absorption d'un détecteur dans la bande 400 GHz.

Vue 3D d'un détecteur

Ces travaux ont été initiés dans les thèses de J. Blond (2017-2021) et A. Fournol (2020-2023) (thèses CEA-DGA).
Ref.: A. Fournol, et al., "Cooled Bolometer Design for High-Sensitivity THz Passive Imaging," IRMMW THz-2022.

Détecteurs THz à haute pureté spectrale à base de nanocristaux (LPENS)

- Projet exploratoire : étude des propriétés THz de larges nanocristaux de HgTe, de la dynamique des porteurs chauds, du photo-transport, du couplage à une cavité THz

Large absorption intrabande THz

Cavité Tamm THz à Q élevé

FTIR

THz-TDS

Q=230

Collaboration: Emmanuel Lhuillier (INSP)

Détecteurs FET (L2C)

- Bandes: 300-600 GHz
- NEP : 2 pW/Hz^{0.5}
- Sensibilité: 3000 V/W @ T = 300K

Insertion en environnement aqueux

Spectroscopie

Imagerie en milieu aqueux Agronomie

Capteur Biocompatible
Bas cout
Haute vitesse

Broadband terahertz imaging with highly sensitive silicon CMOS detectors. F. Schuster, D. Coquillat, H. Videler, M. Sakowitz, F. Teppe, L. Dussopt, B. Giffard, T. Skotnicki, and W. Knapp, OPTICS EXPRESS 19, 8, 7827, 11 (2011)

Experimental evidence for long-distance electrodynamic intermolecular forces, M. Lechelon, Y. Meriguet, M. Gori, S. Ruffenach, I. Nardecchia, E. Fiorani, D. Coquillat, F. Teppe, S. Mailfert, D. Marguet, P. Ferrer, L. Varani, J. Sturgis, J. Torres, and M. Pettini, SCIENCE ADVANCES, 8, 7, (2022)

Systèmes d'imagerie THz (IMS)

Traitements d'images et de données

Acquisition → Pre-processing → Raw Data → Reconstruction → Data Analysis → Post processing → Visualization/Analysis/Measures

Scanner basse fréquence multispectral

Imageur temps réel haute fréquence

"Terahertz Nondestructive Testing with Ultra-Wideband FMCW Radar", Sensors, 23(1), p. 187, 2023.

Exemples de projections (a), sinogrammes (b) et photographie (c) de la triple feuille.

Reconstruction 3D
Restitution du squelette

Skeletonization and 3D Rendering with real time Terahertz tomography, Optics continuum, under press

Applications

- ✓ Non destructive testing
- ✓ Biomedical
- ✓ Defense and security
- ✓ Agrifood industry
- ✓ Art conservation

Holographie
Diffractive imaging