



**HAL**  
open science

## Caractérisation de photocommutateurs en LT-GaAs pour le photomélangé à partir de lasers en optique intégrée

Anne-Laure Perrier, Guy Vitrant, Jean-François Roux, Jean-Louis Coutaz,  
Lionel Bastard, Jean Emmanuel Broquin

► **To cite this version:**

Anne-Laure Perrier, Guy Vitrant, Jean-François Roux, Jean-Louis Coutaz, Lionel Bastard, et al..  
Caractérisation de photocommutateurs en LT-GaAs pour le photomélangé à partir de lasers en optique  
intégrée. journées nationales d'optique guidée, Nov 2003, Valence, France. hal-01816025

**HAL Id: hal-01816025**

**<https://hal.science/hal-01816025v1>**

Submitted on 18 Jun 2018

**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.

# CARACTERISATION DE PHOTOCOMMUTATEURS EN LT-GaAs POUR LE PHOTOMELANGE A PARTIR DE LASERS EN OPTIQUE INTEGREE

Anne-Laure PERRIER<sup>1</sup>, Guy VITRANT<sup>1</sup>, Jean-François ROUX<sup>2</sup>, Jean-Louis COUTAZ<sup>2</sup>,  
Lionel BASTARD<sup>1</sup>, Jean Emmanuel BROQUIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IMEP – ENSERG - BP257 - 38016 Grenoble - France

<sup>2</sup> LAHC - Université de Savoie - 73376 Le Bourget du Lac - France  
mel: vitrant@enserg.fr

## RESUME

Les ondes Terahertz connaissent un engouement important. Nous étudions ici la possibilité de réaliser des sources compactes basées sur des micro-lasers réalisés en optique intégrée sur verre et émettant à 1.55 $\mu$ m. En ce qui concerne le détecteur nous nous intéressons aux photo-commutateurs "conventionnels" en LT-GaAs. Nous montrons que, de façon a priori surprenante, ces photodétecteurs ont encore une efficacité significative et même un temps de réponse inférieur à 100ps à des longueurs d'onde plus grande que le gap. Notre conclusion est donc qu'ils pourraient sans doute être utilisés dans l'infra-rouge lointain, en particulier en association avec les microlasers intégrés sur verre.

## MOTS CLES :

*Microlasers intégrés, optique intégrée sur verre, photomélange, photo-commutateur, LT-GaAs, ondes Terahertz.*

## 1. INTRODUCTION

Le domaine des ondes térahertz (1 THz = 10<sup>12</sup> Hz) s'étend des hyperfréquences millimétriques jusqu'à l'infrarouge lointain. Il rencontre actuellement un engouement très important en recherche appliquée car il permet d'entrevoir de nombreuses applications prometteuses : imagerie médicale et dentaire, détection de polluants et gaz, caractérisation de gènes, capteurs et imageurs pour la sécurité, radars à très haute résolution, télécommunications, etc.

Cette plage de rayonnement électromagnétique fourmille donc d'applications potentiellement prometteuses. Si elle n'a pas été exploitée précédemment, c'est essentiellement parce que les technologies ne sont pas encore matures et restent largement à développer. En particulier le photomélange constitue une voie prometteuse pour la réalisation de sources compactes et faciles à utiliser, en association avec l'optique intégrée. Le principe consiste à superposer 2 ondes lumineuses de fréquences différentes  $\omega_1$  et  $\omega_2$  dans un photodétecteur rapide. Ce photodétecteur quadratique génère un rayonnement de fréquence  $\omega_{HF} = \omega_1 + \omega_2$ .

L'objectif de ce travail est d'utiliser des microlasers intégrés fonctionnant à 1.55 $\mu$ m. L'obtention de photodétecteurs rapides aux longueurs d'onde des microlasers intégrés n'est pas une chose aisée. Dans cette communication, nous montrons que les photodétecteurs en LT-GaAs qui fonctionnent bien à 800nm peuvent aussi être utilisés à des longueurs d'ondes situés dans l'infra-rouge.

## 2. LES MICROLASERS INTEGRES

L'IMEP est engagé dans le développement de microlasers en optique intégrée pour des applications dans le domaine des télécommunications. Basés sur l'émission stimulée dans des verres dopés à l'Erbium, la longueur d'onde d'émission est évidemment dans la plage de gain de l'Erbium, c'est à dire aux environ 1500nm. Un schéma de principe de ces microlasers intégrés est donné sur la Fig.1. Ces microlasers présentent des avantages essentiels pour l'objectif visé, à savoir la génération de rayonnement THz par photomélange:

- une très grande stabilité: le verre présente une faible dépendance de son indice avec la température. Ceci doit permettre d'obtenir une très grande stabilité de la longueur d'onde d'émission.
- une très grande pureté spectrale: la très grande qualité optique des composants d'optique intégrée permet une propagation sur plus d'un centimètre. C'est cette "grande" longueur de propagation sous le réseau qui permet d'obtenir des raies d'émission laser extrêmement fines. Des largeurs de l'ordre du kHz sont atteintes.
- l'intégration: l'optique intégrée permettra de réaliser des circuits comprenant les 2 sources de fréquences  $\omega_1$  et  $\omega_2$  espacées de plusieurs centaines de GHz ainsi que le coupleur.

La Fig. 2 illustre le potentiel de ces microlasers. On y voit la raie d'émission de plusieurs microlasers de différentes longueurs d'ondes qui ont été réalisés sur le même substrat. Il faut remarquer que ces microlasers permettent d'obtenir des fréquences de battement qui s'étendent jusqu'à 1 THz. Ces résultats ont été décrits plus en détails dans des publications récentes [1].

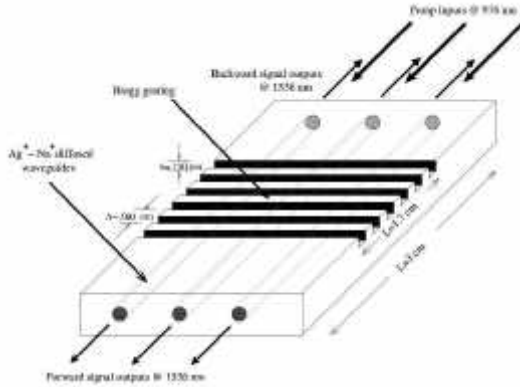


Fig. 1 Schéma des microlasers en optique intégrée

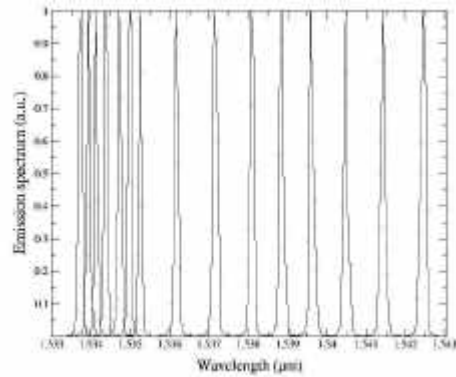


Fig. 2 Raies d'émission de différents microlasers intégrés sur le même substrat. La plage couverte correspond à 1 THz!

Des premières expériences de battement à "basse" fréquence ont été réalisées. Le photomélange est alors réalisé dans une photodiode rapide et le signal hyperfréquence est observé sur un analyseur de spectre (voir Fig. 3). Cette instrumentation est limitée à des fréquences assez basses (40 GHz) mais permet une observation directe du signal de battement. Pour ce faire, il faut des longueurs d'ondes d'émission très proches l'une de l'autre. Dans l'attente de la fabrication de lasers dédiés à cette application, nous avons utilisé un microlaser intégré bimode plutôt que 2 lasers différents. Toutefois cette situation n'est pas idéale en raison de fluctuations d'énergie d'un mode à l'autre et l'utilisation de 2 microlasers différents serait préférable. Une mise en œuvre à des fréquences de battement plus élevées ne devrait pas poser de problèmes fondamentaux. En particulier on a vu Fig. 2 que la plage couverte par les microlasers était largement suffisante. Elle nécessitera toutefois des photodétecteurs plus rapides et des techniques de détection plus sophistiquées. L'objet de la partie suivante est précisément d'étudier cette question essentielle des photodétecteurs ultra-rapides.

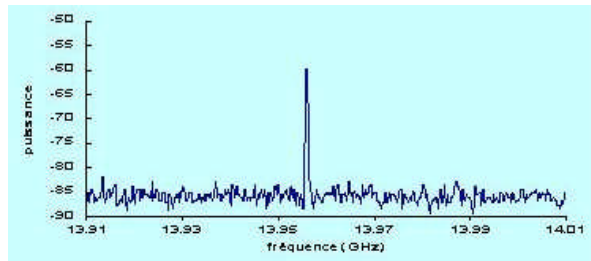


Fig. 3 : Onde Hyperfréquence générée par photomélange à partir de microlasers intégrés sur verre.

### 3. LES PHOTOCOMMUTATEURS RAPIDES

Le LT-GaAs (Low Temperature Grown GaAs) permet de réaliser des photo-commutateurs ultra-rapides avec des temps de réponse sub picoseconde [2]. Ces dispositifs sont constitués d'une fine couche d'épaisseur 1 micron épitaxiée sur un substrat de GaAs dans des conditions particulières, notamment de température. Le matériau présente alors de nombreux sites de recombinaison, ce qui permet de raccourcir la durée de vie des porteurs et d'obtenir des temps de réponse très rapides. Le potentiel de ces dispositifs pour le photomélange est clairement établi pour une utilisation à une longueur d'onde optique de 800 nm, en-dessous du gap. La question se pose de l'utilisation possible à des longueurs d'ondes supérieures, et pourquoi pas à 1500 nm.

Pour cela nous avons mesuré la sensibilité de ces dispositifs en fonction de la longueur d'onde. Nous avons tracé cette sensibilité (mesurée en mV/mW) sur la Fig. 4. La Fig. 4a (à gauche) correspond à un dispositif LT-GaAs/GaAs alors que la Fig. 4b (à droite) a été obtenue avec un dispositif identique mais sans la couche de LT-GaAs. Il sert de référence. On remarque plusieurs éléments intéressants:

- en dessous du gap ( $\lambda < 870$  nm) la sensibilité du photo-commutateurs en LT-GaAs est bien inférieure à celle du photo-commutateur de référence. Ceci est dû au fait que la durée de vie des porteurs est considérablement réduite.
- au dessus du gap, on observe quand même un signal notable. Il est même légèrement plus élevé avec le LT-GaAs qu'avec le GaAs. Ce signal peut être attribué à l'absorption de la lumière mettant en jeu les niveaux des pièges du

matériau, niveaux situés au milieu de la bande interdite. Cette propriété est encourageante pour une utilisation à des longueurs d'ondes dans l'infra-rouge.

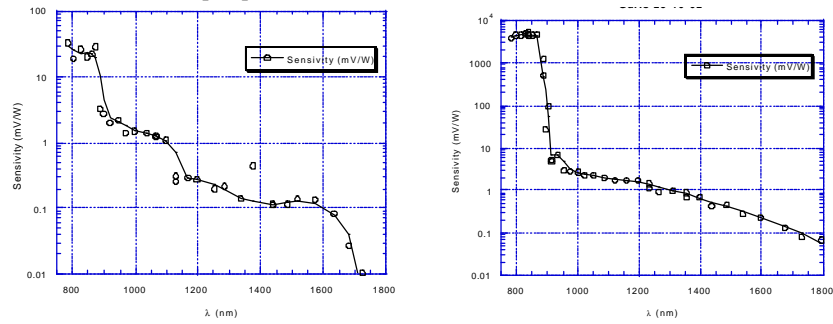


Fig. 4 : Sensibilité en mV/W des photocommutateurs éclairés à une longueur d'onde variable entre 800 et 1700nm. (a) à gauche pour le LT-GaAs épitaxié sur GaAs. (b) à droite pour un substrat de GaAs seul.

Nous avons alors essayé d'obtenir des informations sur le temps de réponse en fonction de la longueur d'onde. Un OPO (Oscillateur Paramétrique Optique) femtoseconde aurait permis d'atteindre le THz tout en étant accordable. N'ayant pas de telle source à notre disposition, nous nous sommes tournés vers un OPO "nanoseconde" pompé par un laser YAG Q-switché. L'idée de l'expérience est d'utiliser la modulation temporelle de l'impulsion laser (Fig. 5a), modulation produite par les battements entre tous les modes longitudinaux de la cavité laser. Cette technique nous permet d'atteindre des fréquences de modulation de l'ordre de 15GHz (Fig. 5b).

Les résultats sont illustrés sur la figure 5c. On voit sur la colonne de droite le signal issu des photo-commutateurs en LT-GaAs à 2 longueurs d'onde respectivement situées en-dessous et au-dessus du gap. L'adaptation hyperfréquence du circuit n'est pas parfaite et celui-ci montre clairement une fréquence de réjection autour 8GHz. Néanmoins l'existence d'un signal jusqu'à 15GHz est un point important. Encore plus important est que ce signal existe aux 2 longueurs d'ondes ce qui laisse envisager une utilisation possible de ces photocommutateurs à des fréquences encore plus élevées et à des longueurs d'onde infra-rouge moins énergétiques que le gap du LT-GaAs.

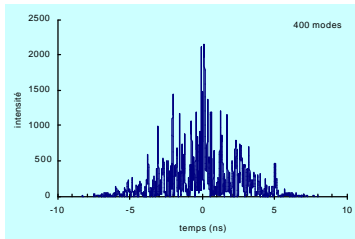


Fig 5a: impulsion laser modulée à haute fréquence

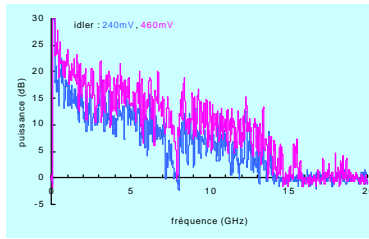


Fig 5b: spectre en fréquence après détection de l'impulsion laser.

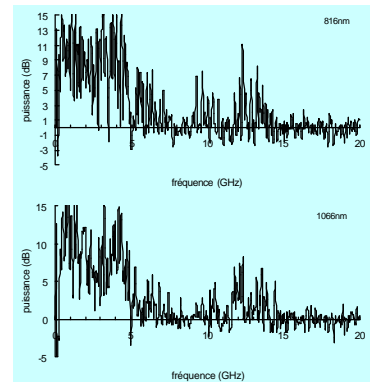


Fig5c: signal issu des photo-commutateurs à 800 et 1066nm

#### 4. CONCLUSION

Nous avons effectué une caractérisation de photo-commutateurs en LT-GaAs en fonction de la longueur d'onde qui montre que ces dispositifs pourraient être utilisés dans l'infrarouge. En particulier nous avons vu que les microlasers réalisés en optique intégrée sur verre sont très prometteurs pour être utilisés comme sources optiques pour la génération TeraHertz par photomélangage dans ces photo-commutateurs en LT-GaAs.

#### REFERENCES

- [1] S. Blaize, L. Bastard, C. Cassagnetes et J.E. Broquin "Multiwavelengths DFB waveguide laser array in Yb/Er codoped phosphate glass substrate", IEEE Photonic Techn. Lett., 15, pp. 516-518, 2003.
- [2] A. Krotkus, K. Bertulis, M. Kaminska, K. Korona, A. Wolos, J. Siegert, S. Marcinkevicius, J.F. Roux et J.L. Coutaz, "Be-doped low-temperature-grown GaAs material for optoelectronic switches", IEE Proc.. Optoelectron, 149, p. 111, 2002.