



HAL
open science

Lasers intégrés sur verre encapsulés pour la génération de fréquences millimétriques

Léo Hétier, Lionel Bastard, Jean-Emmanuel Broquin, J. Poëtte

► **To cite this version:**

Léo Hétier, Lionel Bastard, Jean-Emmanuel Broquin, J. Poëtte. Lasers intégrés sur verre encapsulés pour la génération de fréquences millimétriques. Journées Nationales d'Optique Guidée, Jul 2022, Nice, France. hal-04459113

HAL Id: hal-04459113

<https://hal.science/hal-04459113>

Submitted on 15 Feb 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.

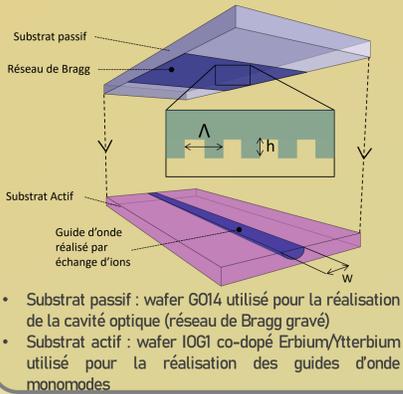
Léo Hetier, Lionel Bastard, Jean-Emmanuel Broquin, Julien Poëtte
Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, Grenoble INP, IMEP-LAHC, 38000 Grenoble, France

Introduction

La technologie d'échange d'ions développée au laboratoire IMEP-LAHC permet d'obtenir des sources lasers intégrées sur verre fonctionnant en bande C et possédant des largeurs de raie inférieures à 5KHz. Cette technologie a permis de générer plusieurs génération de lasers appliquées aux domaines des télécommunications DWDM et des lidars. [1] [2] La cohérence spectrale intrinsèque de ces sources en fait d'excellentes candidates pour la génération de radio fréquences. Les techniques de génération hétérodyne appliquées à ces sources intégrées permettent la génération de battements optique de grande qualité pour la génération de fréquences allant de quelques GigaHertz à 300 GHz en s'affranchissant de tout asservissement, y compris thermique.

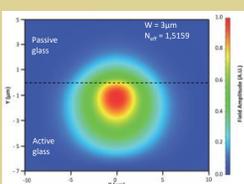
Conception et Réalisation des lasers DFB

Schéma d'un laser :



Guides d'ondes :

Réalisation des guides d'onde par échange d'ions Na+/Ag+



Modélisation du mode optique guidé dans la structure grâce à un logiciel solveur de modes

Dimensionnement du guide grâce à un modèle de diffusion des ions dans le verre

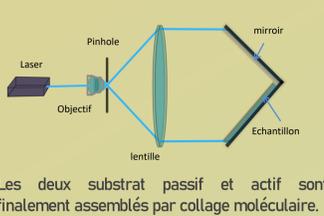
$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{D_B}{1 - \alpha c} \nabla^2 c + \frac{a(\nabla c)^2}{1 - \alpha c} - \frac{E_{ext}}{kT} \nabla c$$

Relation entre concentration des ions et indice de réfraction :

$$Dn(x,t) = \frac{\alpha \lambda(t)}{V_0} \left[DR - \frac{R_0 DV}{V_0} \right]$$

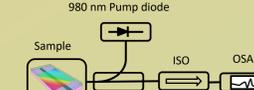
Réseau de Bragg et collage moléculaire :

Un réseau de Bragg est fabriqué par une technique de lithographie par interférences.

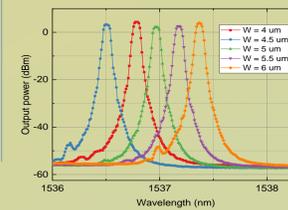


Caractérisations :

Caractérisation optique des lasers



Spectres d'émissions



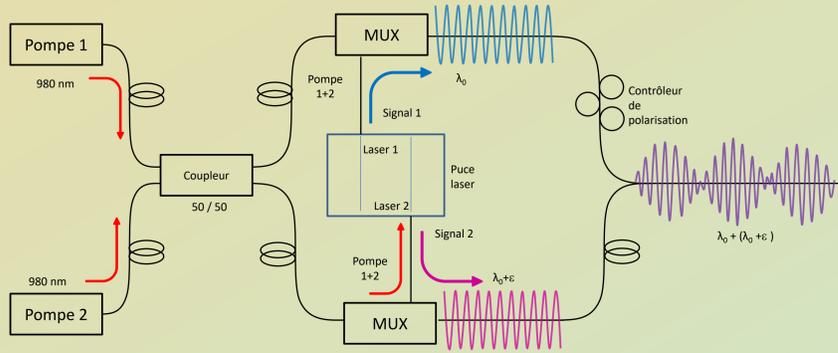
Caractéristique d'émission :

Longueurs d'onde d'émissions attendues et mesurées

Waveguide Width (μm)	Expected Bragg wavelength (nm)	Measured wavelength (nm)
4	1536.42	1536.52 ± 0.05
4.5	1536.83	1536.78 ± 0.05
5	1537.00	1536.95 ± 0.05
5.5	1537.32	1537.19 ± 0.05
6	1537.62	1537.37 ± 0.05

Les longueurs d'onde d'émission mesurées sur les sources lasers sont en accord avec les valeurs prédites le modèle utilisé pour le dimensionnement du laser. Ce modèle prend en compte la diffusion lors de l'échange d'ions, la propagation optique dans la structure, le pompage optique et la modélisation du réseau de Bragg.

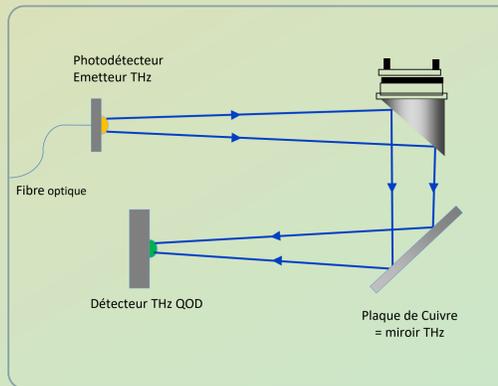
Schéma du montage pour la génération de battements



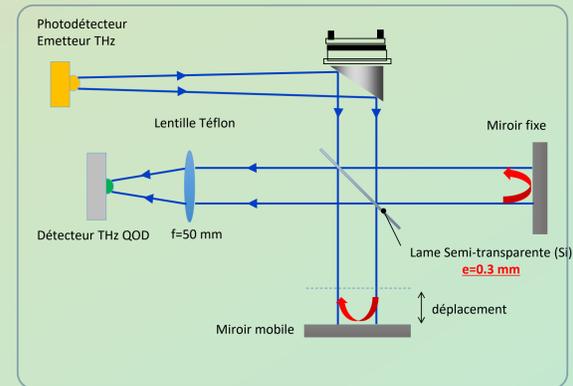
- Le pompage optique à 980nm est composé de deux sources couplées : les deux lasers co-intégrés sur verre sont excités par les mêmes signaux de pompe, dans le but de réduire les variations relatives liées aux fluctuations de pompe.
- Le couplage entre la puce et la fibre optique permet d'utiliser des lasers de part et d'autre de la puce, les lasers pouvant donc être physiquement très proches. Les signaux récupérés sont contra-propagatifs vis-à-vis du pompage grâce à l'utilisation de multiplexeurs 980/1550nm.
- Des boucles de Lefèvre sont placées sur une des deux voies pour contrôler la polarisation et maximiser le battement optique.

Schéma des montages utilisés pour la mesure de fréquences THz

Génération et propagation THz



Michelson THz

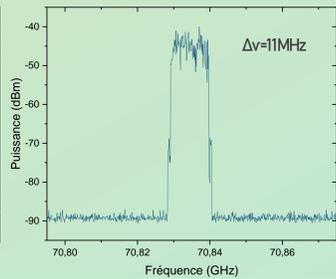
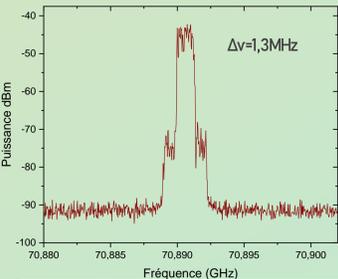
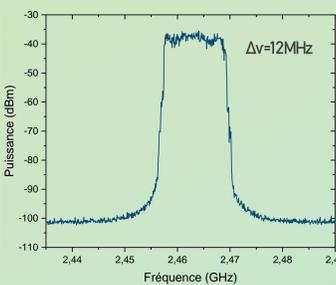
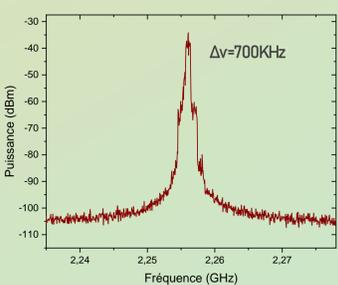


- Le montage Génération et propagation THz est utilisé pour convertir les battements optiques en signaux radio-fréquences millimétriques ou sub-THz, les transmettre en espace libre et enfin les détecter.
- Le Michelson THz permet une mesure directe de la fréquence du signal radio via la mesure de l'interfrange. Le montage utilise une lame de silicium comme séparatrice pour former un interféromètre dont un des miroirs est mobile.

Mesures de la stabilité des battements

Stabilité des battements sur 7 sec.

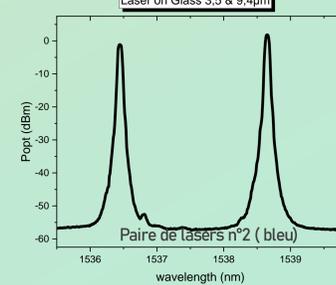
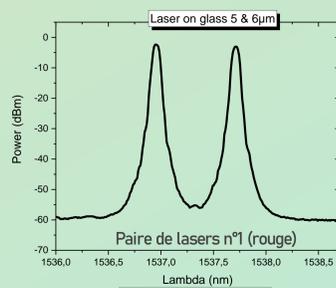
Stabilité des battements sur 15 minutes



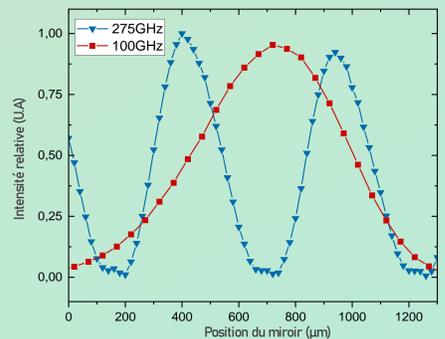
Les battements optiques générés par des lasers encapsulés co-intégrés sur verre présentent de faibles dérives, inférieures à 15MHz sur plusieurs minutes. Ces résultats montrent que ces lasers sont de très bon candidats pour des applications de communications.

Ces stabilités intrinsèques permettent une utilisation simplifiée de ces lasers : Les résultats présentés ont été obtenus sans rétroaction ni asservissement, y compris sans aucune régulation thermique.

Mesures de fréquences millimétriques sur le banc Michelson THz



Mesure de la longueur d'onde Millimétrique



Les mesures relevées sur l'interféromètre THz montrent la bonne génération du signal radio en espace libre. L'excellent accord entre les fréquences déduits des spectres optique et celles issues des mesures du Le Michelson THz valident de génération hétérodyne, y compris à haute fréquences.

	Mesure du spectre optique	Mesure Michelson THz
Paire n°1	99 ± 5 GHz	96 ± 15 GHz
Paire n°2	275 ± 5 GHz	280 ± 10 GHz

Conclusion et perspectives

L'utilisation de lasers DFB co-intégrés sur verre semble être une bonne alternative aux lasers à semi-conducteurs pour les applications de génération d'onde THz par photomélange nécessitant de faible largeur spectrale.

La grande cohérence (largeur de raie < 3KHz) et la grande stabilité du signal produit par ces lasers (~1MHz/7s) en font des candidats de choix pour des applications de transmissions THz de données haut débit sans fils (plusieurs Gbit/s, transmission cohérente) mais aussi pour la spectroscopie THz et notamment la détection de gaz.

Montage expérimental pour la transmission de données

