



Photodétecteurs infrarouge par absorption à deux photons

Two photon absorption for infrared photodetectors

Soutenance de thèse – Maxence Dauphin

Jeudi 02 juin 2022 à 14h30

Salle Gay Lussac, École Polytechnique, 91120 Palaiseau

Devant le jury composé de :

Angela VASANELLI	Professeure, Université Paris Diderot	Rapporteur
Yann BOUCHER	Maître de conférences, École nationale d'ingénieurs de Brest (ENIB)	Rapporteur
Delphine MARRIS-MORINI	Professeure, Université Paris-Saclay, Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N)	Examinatrice
Thierry GROSJEAN	Directeur de recherche, CNRS, FEMTO-ST Institute	Examinateur
Baptiste FIX	Ingénieur de recherche, ONERA	Examinateur
Sylvie PAOLACCRIERA	Responsable Innovation, Agence de l'innovation défense	Invitée
Julien JAECK	Maître de Recherche, ONERA	Invité
Riad HAIDAR	Directeur de Recherche, ONERA, École polytechnique	Directeur de thèse

Résumé :

Au cœur des problématiques liées à la température de fonctionnement des détecteurs infrarouge, ce manuscrit introduit une nouvelle jeune filière technologique : les photodétecteurs employant l'absorption à deux photons. L'objectif est de proposer une rupture visant à réaliser de la détection infrarouge à température ambiante. L'enjeu est de réduire le bruit d'obscurité par l'utilisation de matériaux à grande énergie de gap plutôt que par cryogénie. Cette évolution introduit de nouvelles problématiques, car l'efficacité du mécanisme d'absorption à deux photons est trop faible pour générer seule un photocourant détectable. De plus, elle présente le risque d'être concurrencée par d'autres mécanismes d'absorption d'énergie inférieure au gap. C'est pourquoi nous proposons l'utilisation de nanostructures afin d'y remédier : il s'agit de structures sub-longueur d'onde, capables de confiner et concentrer la lumière dans un matériau. Ainsi, l'intensité lumineuse est exaltée sur plusieurs ordres de grandeurs, introduisant par conséquent un gain sur le photocourant généré. L'objectif de cette thèse est d'établir le potentiel de cette jeune filière pour la détection infrarouge, discussion divisée en quatre sections.

Au croisement de plusieurs thématiques telles que la détection infrarouge, l'optique non linéaire, et les nanostructures, un premier chapitre d'introduction générale permet d'en concilier l'ensemble. Les problématiques liées à l'absorption à deux photons y sont présentées, amenant finalement à employer les nanostructures comme solution. Je propose une méthodologie de conception au cours du second chapitre qui permet d'optimiser une structure pour l'absorption à deux photons. Versatile et accordable, elle est ensuite mise en oeuvre sur plusieurs configurations de détection. Le troisième chapitre présente les caractérisations des photodiodes réalisées. J'y détaille les difficultés expérimentales rencontrées au cours des mesures, nécessitant l'emploi d'un banc spécifique. Les résultats obtenus sur les échantillons ont amené beaucoup de discussions, inspirant la création

d'une dernière génération. Dans une dernière section, je discute d'une perspective de transition des photodiodes vers des puits quantiques. En effet, il a récemment été montré que le coefficient d'absorption à deux photons non-dégénéré gagne un voire deux ordres de grandeurs en comparaison du semiconducteur massif. Ce gain uniquement lié au matériau, et compatible avec les nanostructures, a motivé l'écriture d'un chapitre théorique discutant des enjeux d'une telle transition.

Mots clés : Nanophotonique, Optoélectronique, Infrarouge, Nanostructure, Absorption à deux photons