

Thèse de Doctorat

Den God Frez PALESSONGA

*Mémoire présenté en vue de l'obtention du
grade de Docteur de l'Université de Nantes
sous le sceau de l'Université Bretagne Loire*

École doctorale : Sciences et Technologies de l'Information et Mathématiques

Discipline : Optoélectronique, micro-onde (section CNU 28 et 63)

Spécialité : Physique

Unité de recherche : Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes, UMR CNRS 6164

Soutenance prévue le 29 septembre 2017

Elaboration et caractérisation de composites polymères incorporant des nanoparticules en vue de la réalisation des composants opto-hyperfréquences à hautes performances

JURY

Président du jury

M.

Rapporteurs :

Elhadj DOGHECHE, Professeur des universités, IEMN, Université de Valenciennes
Laurent LEBRUN, Professeur des universités, LGEF, INSA Lyon

Examineurs :

Abdel Hadi KASSIBA, Professeur des universités, IMMM, Université du Maine
Christophe GALINDO, Responsable du service technologies, THALES Systèmes Aéroportés

Directeur de Thèse :

Hongwu LI, Professeur des universités, IETR, Université de Nantes

Co-directeur de Thèse :

Benoît GUIFFARD, Professeur des universités, IETR, Université de Nantes

Co-encadrant de Thèse :

Mohammed EL GIBARI, Maître de conférences, IETR, Université de Nantes

Thèse de Doctorat

Den God Frez PALESSONGA

Elaboration et caractérisation de composites polymères incorporant des nanoparticules en vue de la réalisation des composants opto-hyperfréquences à hautes performances

Elaboration and characterization of polymeric materials loaded with nanoparticles aiming at realizing high performances microwave photonic components

Résumé

Grâce à une très bonne adaptation de vitesse entre signaux hyperfréquences et ondes optiques dans les matériaux polymères et au progrès dans la synthèse de chromophores de forte hyperpolarisabilité, les polymères électro-optiques offrent la possibilité de réaliser des composants opto-hyperfréquences bas coût avec une large bande passante et un faible signal de commande. Les travaux de cette thèse s'inscrivent dans le contexte général de la recherche sur les composants opto-hyperfréquences à base de polymères et dans le cadre particulier du projet régional ADC PolyNano visant l'étude et la réalisation d'un convertisseur analogique-numérique. Celui-ci est constitué d'un déflecteur sous forme de guide à fuite dont le cœur est en polymère électro-optique chargé avec des nanoparticules. Les travaux de cette thèse ont porté sur deux volets, l'élaboration ainsi que la caractérisation optique, hyperfréquence et électro-optique d'un matériau hybride constitué par l'association de matériaux organiques (polymère électro-optique) avec des matériaux inorganiques (nanoparticules de carbure de silicium (SiC) et de dioxyde de titane (TiO₂)). Le dépôt des films minces hybrides a été effectué à partir de suspensions de qualité contrôlée. L'étude de l'influence des nanoparticules sur les propriétés hyperfréquences et optiques a montré la possibilité d'augmenter la bande passante des composants opto-hyperfréquences à réaliser à base de polymère électro-optique. Par exemple, avec le PMMA-DR1 chargé de 1% de nanoparticules TiO₂ et une longueur typique d'interaction électro-optique de 2 cm, la bande passante de modulation atteindrait 258 GHz si elle n'était pas limitée par des pertes hyperfréquences des électrodes de commande utilisées.

Mots clés

Chromophore, nanoparticules SiC et TiO₂, matériaux organique/inorganiques, polymère électro-optique, polymère hybride, propriétés électro-optiques, propriétés hyperfréquences, propriétés optiques, orientation des chromophores, génération de second harmonique, diffusion dynamique de la lumière.

Abstract

Thanks to a very good velocity matching between millimeter and optical waves in polymeric materials and progress in the synthesis of high hyperpolarizability chromophores, electro-optic polymers offer the possibility to realize low-cost microwave photonic components with a very broad bandwidth and a very low driving signal. This thesis is included in the general context of the research about microwave photonic components based on polymers and in the particular context of the ADC PolyNano project. The objective of this project is the study and the realization of analog to digital converter with a deflector based on electro-optic polymer loaded with nanoparticles. In order to realize high performances microwave photonic components, the work mainly focused on two subjects, elaboration as well as optical, microwave and electro-optic characterizations of hybrid polymers based on organic materials (electro-optic polymer) and inorganic materials (silicon carbide nanoparticles (SiC) and titanium dioxide nanoparticles (TiO₂)).

The hybrid thin films were deposited by spin coating from controlled nanoparticles suspensions. The study of the influence of nanoparticles loading on microwave and optical properties of polymers showed the possibility to increase the modulation bandwidth of microwave photonic components based on electro-optic polymer. The bandwidth could be very large. For example, with 1wt% of TiO₂ nanoparticles in PMMA-DR1 and a typical length of electro-optic interaction of 2 cm, the modulation bandwidth would achieve 258 GHz if it was not limited by microwave losses.

Key Words

Chromophores, SiC and TiO₂ nanoparticles, organic/inorganic materials, electro-optic polymer, hybrid polymer, electro-optic properties, microwave properties, optical properties, poling, second-harmonic generation, dynamic light scattering.