IRAMIS : Institut Rayonnement Matlère de Saclay

Saclay

NIMBE/LICSEN

Etude des propriétés opto-électroniques des excitons piégés dans les dispositifs à base de nanotubes de carbone

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil NIMBE/LICSEN

Candidature avant le 31/03/2023

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact FILORAMO Arianna
+33 1 69 08 86 35
arianna.filoramo@cea.fr

Résumé

Dans ce projet nous considèrerons l'étude des propriétés optiques des dispositifs à nanotubes triés en chiralité. Ici, nous nous intéresserons à une réduction drastique de la distribution en chiralité pour étudier ensuite les caractéristiques des état excitoniques piégés.

Sujet détaillé

Les nanotubes de carbone mono-paroi présentent des propriétés électroniques remarquables, qui ont fait l'objet d'études intensives aussi bien en recherche fondamentale que pour leurs applications en nanoélectronique. Plus récemment, avec le développement d'une meilleure maitrise du matériau d'autres perspectives et champs d'applications se sont ouverts. C'est notamment le cas en optique et en optoélectronique où les nanotubes de carbone constituent un matériau de choix.

Plus spécifiquement, les nanotubes de carbone présentent des transitions optiques dont l'énergie varie en fonction de leur diamètre et de leur chiralité et qui se situent généralement dans le proche infrarouge [1, 2]. Cette caractéristique combinée à leurs propriétés électriques exceptionnelles fait que les dispositifs optoélectroniques à base de nanotubes de carbone suscitent beaucoup d'intérêt [3 - 5].

Dans ce projet nous considèrerons l'étude des propriétés optiques des dispositifs à nanotubes triés en chiralité [6-14]. Ici, nous comptons tout d'abord nous intéresser à une réduction drastique de la distribution en chiralité pour étudier ensuite l'influence et les caractéristiques des état excitoniques piégés par fonctionnalisation. En effet, la compréhension des propriétés optiques/optoélectroniques de ces systèmes est primordiale pour réaliser des dispositifs performants à température ambiante (par exemple des photo-détecteurs, LEDs performantes, sources de photon unique, etc.) et pour les intégrer et les utiliser dans une plateforme photonique silicium [15-18]. Ici, l'intégration dans une plateforme photonique sera faite en collaboration avec le C2N à Saclay et les propriétés optiques non-linéaires de ces systèmes seront étudiées à l'institut d'optique de Bordeaux.

Références :
[1] S. M. Bachilo et al. Science 298, 2361 (2002) ; [2] O'Connell M. J. et al., Science 297, 593 (2002) ;
[3] Freitag et al., NanoLetter 6, 1425 (2006) ; [4] Mueller et al., NatureNanotech. 5, 27 (2010) ; [5] S.Wang et al. Nano Letter 11, 23 (2011);
[6] Nish, A. et al. Nat. Nanotechnol. 2, 640 (2007) ; [7] Chen, F. et al. Nano Lett. 7, 3013 (2007) ; [8] Nish, A. et al. Nanotechnology 19, 095603 (2008) ; [9] Hwang, J.-Y. et al., J. Am. Chem. Soc. 130, 3543-3553 (2008) ; [10] Gaufrès E. et al., Appl. Phys. Lett. 96, 231105 (2010) ; [11] Gao, J. et al. Carbon 49, 333 (2011) ; [12] Tange M. et al. ACS Appl. Mater. Interfaces 4, 6458 (2012) ; [13] Sarti F. et al Nano Research 9, 2478 (2016) ; [14] Balestrieri M. et al Advanced Functional Materials 1702341 (2017) ; [15] Margulis Vl.A. et al. Physica B 245, 173 (1998) ; [16] Arestegui O.S. Optical Materials 66, 281 (2017)
[17] Chu H. et al. Nanophotonics 9(4): 761 (2020) ; [18] Song B. et al. ACS Photonics 7, 2896 (2020)

Mots clés

Physique, Chimie, Science des matériaux

Compétences

Techniques de caractérisation de nano-objets (AFM, MEB), micro/nano fabrication, mesures de transport, spectroscopie optique et spectroscopie d'électroluminescence, manipulation de nano-objets

Logiciels

LabVIEW

Study of opto-electronic properties of trapped excitons in carbon nanotube devices

Summary

Here will consider the study of the optical properties of chirality sorted nanotube devices. First, we will be interested in a drastic reduction of the distribution in chirality. Then, we will study the characteristics of the trapped excitonic states.

Full description

Thanks to their outstanding electrical, mechanical and chemical characteristics, carbon nanotubes have been demonstrated to be very promising building blocks for future nanoelectronic technologies. More recently, with the development of a better control of the material, other perspectives and fields of application have opened up.

This is particularly the case in optics, optoelectronics and photonics. Here, carbon nanotubes have attracted more attention because of their typical fundamental optical transition in the NIR [1-2] in a frequency range of interest for the telecommunications. This characteristic, combined with their exceptional electrical properties, has led to a great deal of interest in optoelectronic devices based on carbon nanotubes [3, 4, 5].

Here, we will perform optical and opto-electronic studies onto semiconducting nanotubes that we will extract from the pristine mixture by a method based on selective polymer wrapping [6-14]. In particular, we aim to reduce the distribution in chiralitiy to study the influence and characteristic of the trapped excitons by chemical functionalisation. Indeed, the comprehension of the related phenomena is extremely important to obtain performant devices at room temperature (photodetectors, LED, single photon sources, etc.) and to integrate them in a photonic platform [15-18].
Specifically, the integration within the photonic platform will be done in the framework of a collaborative project with C2N in Saclay while the non-linear optical studies will be performed at the Optics Institute of Bordeaux.

References:
[1] S. M. Bachilo et al. Science 298, 2361 (2002) ; [2] O'Connell M. J. et al., Science 297, 593 (2002) ;
[3] Freitag et al., NanoLetter 6, 1425 (2006) ; [4] Mueller et al., NatureNanotech. 5, 27 (2010) ; [5] S.Wang et al. Nano Letter 11, 23 (2011);
[6] Nish, A. et al. Nat. Nanotechnol. 2, 640 (2007) ; [7] Chen, F. et al. Nano Lett. 7, 3013 (2007) ; [8] Nish, A. et al. Nanotechnology 19, 095603 (2008) ; [9] Hwang, J.-Y. et al., J. Am. Chem. Soc. 130, 3543-3553 (2008) ; [10] Gaufrès E. et al., Appl. Phys. Lett. 96, 231105 (2010) ; [11] Gao, J. et al. Carbon 49, 333 (2011) ; [12] Tange M. et al. ACS Appl. Mater. Interfaces 4, 6458 (2012) ; [13] Sarti F. et al Nano Research 9, 2478 (2016) ; [14] Balestrieri M. et al Advanced Functional Materials 1702341 (2017) ; [15] Margulis Vl.A. et al. Physica B 245, 173 (1998) ; [16] Arestegui O.S. Optical Materials 66, 281 (2017)
[17] Chu H. et al. Nanophotonics 9(4): 761 (2020) ; [18] Song B. et al. ACS Photonics 7, 2896 (2020)

Keywords

Physic, Chemistry, Material science

Skills

AFM, SEM, Micro and nanofabrication, transport measurements, optical spectroscopy, optoelectronics, nano-object manipulation

Softwares

LabVIEW