

DÉVELOPPER UNE DIODE ÉLECTROLUMINESCENTE À SPIN (SPIN-LED) À BASE DE BOÎTES QUANTIQUES POUR DES APPLICATIONS EN SPIN-OPTOÉLECTRONIQUE

DEVELOP QUANTUM DOT BASED SPIN LIGHT EMITTING DIODE (SPIN-LED) FOR SPIN-OPTOELECTRONIC APPLICATIONS

Etablissement **Université de Lorraine**

École doctorale **C2MP - CHIMIE MECANIQUE MATERIAUX PHYSIQUE**

Spécialité **Physique**

Unité de recherche **IJL - INSTITUT JEAN LAMOUR**

Encadrement de la thèse **Yuan LU**

Co-Encadrant **Xavier DEVAUX**

Financement du 01-09-2025 au 31-08-2028 origine **Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche**

Employeur **UNIVERSITE DE LORRAINE**

Début de la thèse le **1 septembre 2025**

Date limite de candidature (à 23h59) **5 mai 2025**

Mots clés - Keywords

diode électroluminescente à spin, boîte quantique, polarisation circulaire, spin-optoélectronique

spin-LED, quantum dot, circular polarization, spin-optoelectronics

Description de la problématique de recherche - Project description

La modulation directe et à haute vitesse de la polarisation circulaire de la lumière pourrait ouvrir la voie à une nouvelle technologie de communication en levant l'un des principaux obstacles des télécommunications optiques. Une approche prometteuse consiste à injecter un courant polarisé en spin à partir d'un injecteur de spin ferromagnétique et à contrôler électriquement sa magnétisation afin de moduler la polarisation circulaire en sortie. Forts de notre avancée récente dans le contrôle électrique de la polarisation circulaire dans une diode électroluminescente à spin (spin-LED) [Nature 627, 783 (2024)], nous recherchons un(e) doctorant(e) motivé(e) pour poursuivre le développement des spin-LEDs à boîtes quantiques (QDs) pour des applications spin-optoélectroniques de nouvelle génération.

Direct high-speed modulation of the circular polarization of light could pave the way for a new communication technology by addressing one of the key bottlenecks in optical telecommunications. A promising approach to achieve this is by injecting a spin-polarized current from a ferromagnetic spin injector and electrically controlling its magnetization to modulate the output circular polarization. Building on our recent breakthrough in electrically controlling circular polarization in a spin light-emitting diode (spin-LED) [Nature 627, 783 (2024)], we are seeking a motivated PhD candidate to further develop quantum dot (QD) spin-LEDs for next-generation spin-optoelectronic applications.

Thématique / Contexte

Direct high-speed modulation of circularly polarized light could enable a new generation of communication technologies by overcoming a key bottleneck in optical telecommunications. One promising strategy to achieve this involves injecting a spin-polarized current from a ferromagnetic spin injector and electrically controlling its magnetization to modulate the circular polarization of the emitted light.

Recently, we demonstrated—for the first time—electrical modulation of circular polarization in a quantum dot-based spin-LED operating at room temperature and under zero magnetic field. However, to meet the requirements for practical applications, a deeper understanding of spin injection and modulation mechanisms, along with continuous improvement of device performance, is essential.

Objectifs

The objective of the thesis is to grow spin-LED structure (including spin injector and emitter), fabricate device, and characterize the spin-LED optoelectronic characters.

Méthode

The main tasks of the PhD student will be as below:

- 1) Participate the growth of III-V semiconductor LED structure in a III-V MBE;
- 2) Characterize QD morphology by atomic force microscopy, optical properties by photoluminescence, and analyze chemical and structural information by high-resolution transmission electron microscopy;
- 3) Device fabrication and measure circular polarization by polarization-resolved electroluminescence.

Références bibliographiques

[1] P. A. Dainone, N. F. Prestes, P. Renucci, A. Bouché, M. Morassi, X. Devaux, M. Lindemann, J.-M. George, H. Jaffrès, A. Lemaitre, B. Xu, M. Stoffel, T. Chen, L. Lombez, D. Lagarde, G. Cong, T. Ma, P. Pigeat, M. Vergnat, H. Rinnert, X. Marie, X. Han, S. Mangin, J.-C. Rojas-Sanchez, J.-P. Wang, M. C. Beard, N. C. Gerhardt, I. Žutić & Y. Lu*, "Controlling the helicity of light by electrical magnetization switching", Nature 627, 783-788 (2024).

Précisions sur l'encadrement - Details on the thesis supervision

Dr. Xavier Devaux, specialist of transmission electronics microscopy, will co-supervise the research of PhD. He will also help to characterize the interface structure and chemistry of spin LED.

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherche

The team "Nanomaterials and Optics" (team 104) of the Institut Jean Lamour (IJL) is internationally recognized for its expertise in semiconductor spintronics. The development of spin-LEDs will benefit from a recent acquired III-V MBE and the platform TUBE, a 70 m long, ultra-high vacuum interconnected system. The device will be fabricated in the MiNaLor cleanroom.

Objectifs de valorisation des travaux de recherche du doctorant : diffusion, publication et confidentialité, droit à la propriété intellectuelle,...

To valorise the results of thesis, we will publish them in the leading scientific journals. To enlarge the influence to the spin-optoelectronics community, we will also encourage the PhD candidate to attend conferences to present our results in talks or posters (such as E-MRS, SPIE, Intermag or JMMM).

Complément sur le sujet

<https://nanooptospin.ijl.cnrs.fr/spintronics-with-semiconductors/> (<https://nanooptospin.ijl.cnrs.fr/spintronics-with-semiconductors/>)

Profil et compétences recherchées - Profile and skills required

Le candidat doit avoir une bonne connaissance en physique de la matière condensée, en particulier dans le domaine des semi-conducteurs. La créativité, la rigueur et le goût pour le travail en équipe sont des qualités qui seront fortement appréciées. De bonnes compétences en communication (en français et en anglais) sont également requises.

Documents à fournir:

1. Un CV à jour,
2. Les bulletins de notes de M1 et M2 ou de 4A et 5A pour les ingénieurs,
3. Une lettre de candidature de l'étudiant expliquant sa motivation pour le sujet (nécessité d'avoir un engagement signé)
4. Lettres de recommandation (facultatif)

The candidate should have a good knowledge in condensed matter physics particularly in semiconductor. Creativity, rigor, and taste for teamwork are qualities that will be highly appreciated. Good communication skills (French and English) are also required.

Documents required:

1. An up-to-date CV,
2. The academic transcripts for M1 and M2 or for the 4th and 5th years for engineering students,
3. A cover letter from the student explaining their motivation for the subject (requirement for a signed commitment),
4. Letters of recommendation (optional).