

Laboratoire 1

Caractérisation de sources optiques à semi-conducteurs

GEL-4203 / GEL-7041 Optoélectronique

Automne 2022

Objectifs :

- Maîtriser l'opération d'une diode électroluminescente et d'une diode laser ;
- Caractériser expérimentalement ces deux composants optoélectroniques et en comparer les performances avec les données du fabricant ;
- Observer et caractériser les effets des variables d'opération sur ces composants ;
Pouvoir expliquer ces effets en s'appuyant sur la théorie du cours.

1 Introduction

Ce laboratoire a pour but de caractériser expérimentalement deux sources optiques à semi-conducteur : une diode super-luminescente (SLED) et une diode laser à rétroaction répartie (DFB) et de mesurer l'impact du courant et de la température sur leur fonctionnement. L'étudiant sera en mesure de se familiariser avec les concepts vu en classe, mais aussi d'avoir un premier contact avec les équipements utilisés pour caractériser les performances de ces diodes.

2 Montage et matériel

La figure 1 montre un schéma du montage expérimental utilisé pour les mesures de la SLED, le montage sera le même pour la DFB. Afin d'alimenter la diode SLED et la diode DFB, un contrôleur de diode laser est utilisé. Ce contrôleur permet aussi d'asservir la diode en température à l'aide d'un système de refroidissement thermoélectrique (TEC) équipé sur le boîtier. Une fois les diodes alimentées en courant, leur sortie optique est connectée à un analyseur de spectre optique (OSA) qui mesure la puissance optique sur une plage de longueur d'onde. Il est ainsi possible de vérifier en temps réel l'impact de la température et du courant d'alimentation sur les performances optiques des composants.

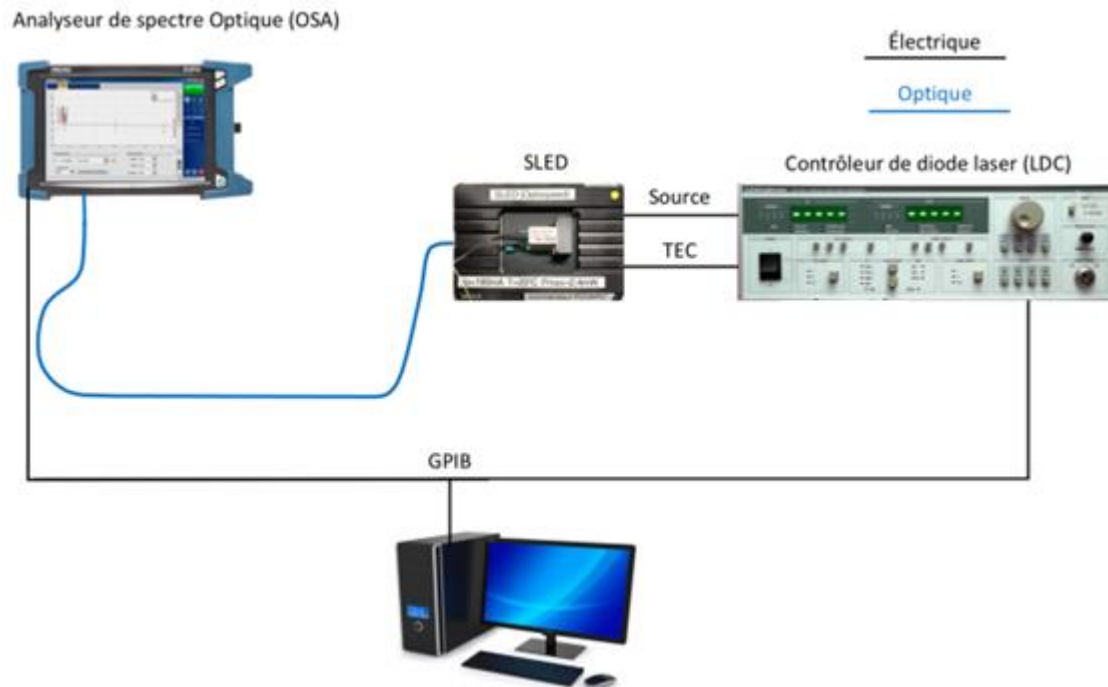


Figure 1. Schéma du montage

Contrôleur de diode laser ILX LDC-3900

L'ILX est une source de courant à 4 canaux permettant de contrôler indépendamment le courant d'alimentation de la source optique (section *Laser*) ainsi que la température du système de refroidissement thermoélectrique (section *TEC*). L'affichage permet aussi de connaître la tension d'alimentation de la source en fonction du courant.

Diode super-luminescente Optospeed SLED

Une diode super-luminescente est une source optique à semi-conducteur qui émet par le côté (contrairement à une DEL). Le phénomène de superluminescence, aussi appelé émission spontanée amplifiée, se produit lorsqu'un milieu de gain est pompé de sorte à créer une inversion de population des porteurs de charge. Dans le cas de la SLED, on applique une tension directe (*forward bias*) sur la jonction PN pour produire cette inversion de population et le taux des recombinaisons est proportionnel au courant électrique traversant la jonction. On se retrouve alors avec une grande concentration d'électrons dans la bande de conduction qui, lorsqu'il y a recombinaison électron-trou, produisent l'émission spontanée qui constitue le rayonnement de la SLED. Ce rayonnement est donc incohérent, provenant de la nature aléatoire du phénomène d'émission spontanée, et s'étale sur une large bande spectrale de par l'abondance des niveaux d'énergie occupés dans le semi-conducteur.

Diode laser à rétroaction répartie (DFB)

La seconde source à semi-conducteur étudiée est la diode laser à rétroaction répartie (DFB). Le principe d'opération de la diode laser DFB est une extension de celui de la diode SLED. En effet, la diode laser fait intervenir de fines corrugations tout au long du milieu de gain, formant en quelque sorte un réseau de Bragg qui introduit des réflexions secondaires réparties sur toute la longueur, d'où le nom. Les réflexions multiples qui en découlent produisent une cavité résonante pour un grand nombre d'ondes stationnaires (modes). Comme la cavité est formée d'un réseau de Bragg, elle agit donc aussi comme un filtre, permettant d'augmenter la qualité du rayonnement de deux façons :

1. Les réflexions permettent un plus grand temps de vie des photons dans la cavité, produisant ainsi l'émission stimulée qui offre une plus grande puissance optique en sortie.
2. Le filtrage inhérent du milieu produit un gain sélectif sur la bande de fréquence des photons émis. Ce sont les photons qui participent à la réflexion qui sont favorisés dans l'amplification offrant une bande spectrale beaucoup plus étroite.

Analyseur de spectre optique (OSA) EXFO FTBx

L'OSA est un instrument permettant de mesurer la puissance optique en fonction de la longueur d'onde sur une large bande spectrale. Afin d'obtenir cette mesure, l'OSA emploie un filtre passe-bande ajustable centré sur chaque longueur d'onde de mesure. La valeur affichée est la puissance normalisée à la sortie du filtre en dBm. La largeur de bande du filtre utilisé pour l'acquisition du spectre est donnée par le paramètre RBW (resolution bandwidth) au bas de l'écran. Il est possible d'estimer la densité spectrale de puissance (PSD) en divisant la puissance par rapport à la largeur de bande du filtre. Les données d'acquisition peuvent être exportées en format texte et sauvegardées sur une clé USB en appuyant sur le bouton « Report... » et en sélectionnant le format « .txt ».

3 Questions pré-laboratoire

- Quelle est la différence fondamentale entre une SLED et un DFB, et comment cette différence affecte-t-elle les performances optiques de ces sources ?
- Le courant d'alimentation fournie à la SLED est largement supérieur à celui utilisé pour le DFB. Pourquoi ?
- En quoi la température affecte-t-elle les propriétés des matériaux semi-conducteurs ? Quelles sont vos prédictions quant à l'influence de la température sur la puissance de sortie des deux sources à l'étude ?

4 Manipulations

***** ATTENTION : Le rayonnement infra-rouge des sources optiques n'est pas visible, mais peut tout de même être dommageable pour vos yeux. Assurez-vous de ne jamais pointer les sources directement dans les yeux! *****

1. Caractérisation de la diode SLED

- Ajuster la commande de l'ILX sur le bon canal pour fournir le courant source nominal et la température nominale d'opération de la SLED (voir sur le boîtier de la SLED).
- Ajuster la plage de longueur d'onde de l'OSA de sorte à observer le spectre d'émission de la SLED dans son ensemble. Sauvegarder cette acquisition.
- Noter la valeur de RBW pour vos mesures. Mesurer les caractéristiques du spectre d'émission (voir questions) ainsi que la tension fournie par l'ILX pour des courants d'alimentation allant de 0 mA à 200 mA par incréments de 20 mA, et ce pour deux températures d'opération de 10 et 20 °C.

2. Caractérisation de la diode laser DFB

- S'assurer que la SLED est éteinte. Ajuster la commande de l'ILX pour fournir le courant source nominal et la température nominale d'opération de la diode DFB (voir sur le boîtier).
- Ajuster la plage de longueur d'onde de l'OSA de sorte à observer le spectre d'émission du DFB dans son ensemble. Sauvegarder cette acquisition.
- Réduire la plage de longueur d'onde pour ne voir que quelques pics secondaires de part et d'autre du pic central. Sauvegarder cette acquisition.
- Noter la valeur de RBW. Mesurer les caractéristiques du spectre d'émission (voir questions) ainsi que la tension fournie par l'ILX pour des courants d'alimentation allant de 0 mA à 40 mA par incréments de 5 mA pour les mêmes températures d'opération qu'en 1.

5 Instructions pour le rapport

Vous devez produire un bref rapport qui présente vos résultats et quelques explications. Faites seulement une section « résultats et discussion » où vous présentez des graphiques et fournissez les réponses aux questions suivantes.

1. Caractérisation de la diode SLED (45 pts)

- Présenter l'acquisition du spectre d'opération nominale ainsi que les paramètres utilisés et comparer avec les données du fabricant fournies en annexe.

- Quelle est la puissance totale mesurée (en dBm **et** en mW) ? Comment cette valeur se compare-t-elle à la valeur attendue ? Expliquer.
 - Quelle est la longueur d'onde centrale ? À quelle bande interdite (en eV) correspond-elle ?
 - De quel matériau est fait la SLED ?
 - (b) Tracer les courbes V-I pour chaque température sur un même graphique. Qu'en déduisez-vous ?
 - Tracer les courbes P-I pour chaque température sur un même graphique. Qu'en déduisez-vous ?
 - Quel est l'impact de la température sur la puissance optique émise ? Sur la résistance de la jonction ? Sur la longueur d'onde centrale ?
2. Caractérisation de la diode laser DFB (45 pts)
- (a) Présenter le spectre d'opération nominal et les paramètres utilisés.
 - Quelle est la puissance totale mesurée (en dBm **et** en mW) ? Pourquoi cette puissance est-elle différente de celle observée pour la SLED ?
 - Quelle est la longueur d'onde centrale ?
 - Quelle est la largeur à mi-hauteur ?
 - Quel est le rapport de suppression des lobes secondaires (SLSR) ?
 - Quel est l'intervalle spectral libre (FSR) de la cavité laser ?
 - (b) Présenter sur un même graphique les relations P-I mesurées pour chaque température d'opération. Commenter.
 - Quel est le courant seuil pour chaque température ?
 - Estimer l'efficacité (*wall-plug* efficiency) du laser. Faites l'approximation que toute la puissance électrique est injectée dans la diode et que l'entièreté de la puissance optique est perçue par l'OSA. Tracer cette efficacité en fonction du courant injecté.
 - Comment la longueur d'onde centrale et l'intervalle spectral libre varient-ils en fonction de la température ? Pourquoi ?
 - Comment expliquez-vous l'allure du spectre DFB, notamment la région centrale ?

6 Annexe

