

PROPUESTA DE TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS FÍSICAS

DATOS GENERALES DE LA PROPUESTA

Título de la propuesta: **Diseño y caracterización de láseres de cascada cuántica en el infrarrojo medio**

Apellido y Nombres del director: **ROZAS, Guillermo**

Teléfono: **4847**

Dirección electrónica del director (ingresar una sola dirección): **guillermo.rozas@ib.edu.ar**

Cargo IB: **Jefe de Trabajos Prácticos, Área Ciencias**

¿Propone codirector? : **NO**

Datos Co-director:

Dirección electrónica del codirector (ingresar una sola dirección):

Título máximo alcanzado del codirector (Doctor, Magister, otros) :

Cargo docente del codirector en el IB (no excluyente):

Justifique brevemente el rol del Codirector:

Lugar de realización: **Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica, Gerencia de Física, CAB**

DETALLE TÉCNICO DE LA PROPUESTA

Orientación:

Materia Condensada

Breve descripción: **El interés en el rango espectral del infrarrojo medio (MIR), especialmente importante en aplicaciones de espectroscopía y sensado remoto, ha impulsado durante los últimos años la demanda de fuentes potentes, compactas y sintonizables en este rango, en particular de láseres de cascada cuántica (QCLs). En un láser semiconductor convencional la luz emitida es generada por la recombinación radiativa de electrones de la banda de conducción y huecos de la banda de valencia. En contraste, un QCL es un dispositivo unipolar basado en transiciones electrónicas de una subbanda de conducción confinada a otra en un sistema de pozos cuánticos acoplados, permitiendo en principio controlar por diseño la energía de emisión y hacerla arbitrariamente baja, lo cual los hace muy buenos candidatos para láseres en los rangos MIR y FIR.**

Para que un QCL emita luz, y lo haga de forma eficiente, deben conjugarse correctamente aspectos tanto del diseño como de la fabricación de la estructura semiconductor. La unidad emisora básica de un QCL está formada por una etapa de inyección, una región activa que emite la luz, y una etapa de colección. Esta unidad básica, compuesta típicamente por 3 a 9 pozos cuánticos acoplados, se repite periódicamente de forma tal que, al aplicar un potencial externo, la energía de la etapa de colección de una unidad coincide con la de inyección de la siguiente, permitiendo el transporte de electrones a lo largo de la superred. La ganancia óptica es el resultado de una cuidadosa ingeniería de los estados confinados, sus tiempos de vida media, tasas de dispersión y probabilidades de túnel, que genera la inversión de población entre las dos subbandas láser dentro de la región activa. Esta complejidad hace de los QCLs uno de los desafíos máximos de la manipulación por diseño de estados electrónicos en heteroestructuras y de la tecnología de dispositivos semiconductores.

En vista de los numerosos parámetros implicados y del balance preciso necesario para su

funcionamiento, se requiere de una estrecha correlación entre las propiedades reales de las estructuras una vez fabricadas con las simulaciones de sus propiedades electrónicas, ópticas y de transporte. El alumno realizará caracterizaciones experimentales ópticas y electrónicas de estructuras crecidas por epitaxia de haces moleculares, y participará del desarrollo de los algoritmos de cálculo necesarios y de su implementación en códigos computacionales, contribuyendo a retroalimentar la relación cálculo-experimento. Existirá, además, una cercana interacción con el grupo del CAB encargado del crecimiento y procesamiento de las muestras.

El trabajo combina aspectos teóricos y experimentales, con una fuerte interrelación entre ellos a fin de desarrollar las herramientas de simulación y caracterización apropiadas a este tipo de heteroestructuras, y las capacidades técnicas diseñarlas y fabricarlas.

Para el modelado y diseño se tratará con modelos descriptos en la literatura basados en la aproximación de funciones envolventes, con resolución autoconsistente de las ecuaciones de Schrödinger y Poisson. El transporte será considerado a través de modelos de tasa de dispersión. El reto mayor será la implementación numérica en forma eficiente de los algoritmos, desarrollando internamente los programas de cálculo necesarios.

La caracterización de los dispositivos requiere del estudio de sus propiedades ópticas y de transporte eléctrico. Se utilizarán en general tres técnicas básicas: curvas de corriente-voltaje, electro- y fotoluminiscencia, y transmitancia en el infrarrojo medio, tanto en estado estacionario como resueltas en tiempo. Estas técnicas serán acompañadas por experimentos de espectroscopía Raman y elipsometría para obtener parámetros estructurales de las muestras, necesarias para calibrar la relación entre modelado y crecimiento. Las mayores exigencias pasarán por adecuar el equipamiento a los requerimientos de caracterización de este tipo de heteroestructuras, y entender los resultados obtenidos a la luz de las correspondientes simulaciones.

Metodología principal: **Experimental**

Metodología secundaria: **Computacional**

Información adicional: Este trabajo estará enmarcado dentro del proyecto global de CNEA en el área de separación isotópica por láser, con el objetivo puntual de producir fuentes de luz en el rango 8-20 μ m. En particular, el desarrollo de este tipo de fuentes de luz es considerado prioritario dentro del Plan Estratégico 2015--2025 de investigación y desarrollo de CNEA, el cual contempla la creación de una línea de estudio y desarrollo de láseres de cascada cuántica (QCL) y fotodetectores infrarrojos de pozos cuánticos (QWIP), con aplicación directa en sus áreas de interés (industria nuclear, energías renovables, nanotecnología, telecomunicaciones).

El trabajo se propone dominar nacionalmente los conocimientos fundamentales de la física presente en nanoestructuras con transiciones inter-subbanda, y el diseño, fabricación y mejora de dispositivos semiconductores que emitan eficientemente en longitudes de onda de interés para CNEA y la industria nacional en general. Si bien en partes de ese rango existen láseres comerciales, ciertas longitudes de onda de interés para CNEA (en particular 16 μ m) no están disponibles. Por otro lado, siendo una tecnología estratégica, sería ideal que el desarrollo de los mismos sea realizado dentro del país.

¿Propone que el tema sea considerado para suplemento de beca por tema prioritario? **SÍ**

Justifique porqué su propuesta debe ser considerada como tema prioritario: **Este trabajo estará enmarcado dentro del proyecto global de CNEA en el área de separación isotópica por láser, con el objetivo puntual de producir fuentes de luz en el rango 8-20 μ m. En particular, el desarrollo de este tipo de fuentes de luz es considerado prioritario dentro del Plan Estratégico 2015--2025 de investigación y desarrollo de CNEA, el cual contempla la creación de una línea de estudio y desarrollo de láseres de cascada cuántica (QCL) y fotodetectores infrarrojos de pozos cuánticos (QWIP), con aplicación directa en sus áreas de interés (industria nuclear, energías renovables, nanotecnología).**

El trabajo se propone dominar nacionalmente los conocimientos fundamentales de la física presente

en nanoestructuras con transiciones inter-subbanda, y el diseño, fabricación y mejora de dispositivos semiconductores que emitan eficientemente en longitudes de onda de interés para CNEA y la industria nacional en general. Si bien en partes de ese rango existen láseres comerciales, ciertas longitudes de onda de interés para CNEA (en particular 16 μ m) no están disponibles. Por otro lado, siendo una tecnología estratégica, sería ideal que el desarrollo de los mismos sea realizado dentro del país.

Existe ya un pedido formal por parte del Proyecto LASIE para el desarrollo de un láser de 16 μ m, relevante para la separación isotópica de uranio. El/la becario/a se insertaría dentro del grupo de trabajo que está trabajando en este desarrollo. La CNEA ya cuenta en las instalaciones de Salas Limpias del CAB con un sistema en el estado del arte de crecimiento epitaxial de dispositivos semiconductores. Los conocimientos y diseños que se generen en el marco de este trabajo serían probados en dispositivos fabricados con esta instalación única en Argentina.

Indique Gerente o Jefe de Departamento que avala su petición: Dr. Mariano Gómez Berisso, Gerente de Física, CAB