

PROPUESTA DE TESIS DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA

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/a: **ROZAS, Guillermo**

Teléfono: **4847**

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

Título máximo alcanzado del director/a (Doctor, Magister, otros) : **Doctor en Física**

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

¿Propone Co-director/a? **NO**

Datos Co-director:

Teléfono:

Dirección electrónica del co-director/a (ingresar una sola dirección):

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

Cargo docente en el IB:

Justificación de la necesidad del codirector/a:

Lugar de realización de la tesis - Identificar claramente el lugar donde se desarrollará el trabajo de tesis.:
Laboratorio de Fotónica y Optoelectrónica, Gerencia de Física, CAB

DESTINO DE LA PROPUESTA

Si selecciona Continuidad de un Proyecto Integrador, se trata de una propuesta en curso o recientemente terminado en el IB, en cuyo caso suministre referencias adicionales sobre el mismo:

Continuidad de un Proyecto Integrador

DETALLE TÉCNICO DE LA PROPUESTA

Área principal de formación del plan de tesis (ver anexo sobre áreas principales de formación):

APF4: Automatización, control y telecomunicaciones

APF5: Otra

Motivación - Breve descripción del contexto de la propuesta.(Máximo 300 palabras):

El interés en el rango espectral del infrarrojo medio (MIR) en aplicaciones de espectroscopía, telecomunicaciones 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). 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 controlar por diseño la energía de emisión y hacerla arbitrariamente baja. Esto los hace muy buenos candidatos para láseres en los rangos MIR y FIR.

La existencia de ventanas de transparencia atmosférica en el MIR da lugar a una aplicación directa de estos láseres: comunicaciones de espacio libre. La combinación de longitudes de onda

suficientemente cortas como para lograr modulaciones de muy alta frecuencia, pero a la vez suficientemente largas como para disminuir los efectos de la dispersión por condiciones atmosféricas adversas (en especial alrededor de 4 μ m y 10 μ m), crea las condiciones ideales para aplicaciones de altas tasas de transferencia en distancias relativamente cortas (1-10km), tanto en superficie como espaciales (superficie-satélite).

El diseño del láser debe considerar el dispositivo en forma global y no sólo la imagen estática aislada. La realimentación dinámica con el campo electromagnético confinado y la emisión óptica estimulada son fundamentales en el funcionamiento del láser, y deben ser incluidas en cualquier simulación realista del sistema. Por otro lado, la forma en que se aplican los potenciales externos (lógica de excitación) es importante para determinar la eficiencia máxima del láser, normalmente limitada por efectos térmicos y de transporte. Para ello es fundamental el aporte de un/a ingeniero/a con conocimientos en temáticas de física de dispositivos semiconductores, electromagnetismo en medios materiales, y sistemas ópticos, con una sólida formación tanto teórica como experimental.

Objetivos - Breve descripción de los logros esperables como consecuencia de la ejecución de la propuesta. (Máximo 100 palabras):

- diseñar y caracterizar láseres QCL en el rango MIR, optimizando el sistema para obtener las mejores prestaciones posibles (potencia, eficiencia y temperatura de trabajo) a longitudes de onda objetivo específicas de interés (~10 μ m para Telecomunicaciones, ~16 μ m para separación de isotópica de uranio)

- combinar las herramientas de cálculo electrónico y electromagnético disponibles actualmente para acoplarlas en una herramienta de simulación y diseño global del láser

- explorar el desarrollo de aplicaciones de comunicaciones ópticas en espacio libre utilizando láseres QCL fabricados en el CAB, incluyendo la caracterización de distancias de propagación óptimas, protocolos de comunicación, tasas de transferencia, etc.

Cronograma tentativo - Descripción de cronograma de trabajo sugerido separado por semestres. Tener en cuenta que:

- En caso de que el maestrando deba cursar un Plan de Formación Inicial, este debe cumplimentarse en los primeros 18 meses de la Maestría

- El Plan de Formación Superior con un mínimo de 540 horas debe cumplimentarse en los primeros 18 meses de la Maestría

- La defensa de la tesis debe realizarse luego de acumular al menos 600 horas de tareas de investigación y/o desarrollo en un plazo no superior a 12 meses luego de finalizado el Plan de Formación Superior.

(Máximo 300 palabras):

El programa de trabajo básico está centrado en el diseño, optimización y caracterización de dispositivos semiconductores emisores de luz, con una orientación preferencial en aplicaciones nucleares y en el área de telecomunicaciones. El trabajo combina aspectos teóricos y experimentales, con una fuerte interrelación entre ellos a fin de desarrollar las herramientas apropiadas a este tipo de estructuras. El/La maestrando/a realizará modelados numéricos de los estados electrónicos y el transporte en sistemas de pozos cuánticos acoplados, diseño de estructuras basadas en multicapas semiconductoras, y mediciones experimentales de caracterización óptica y electrónica de estructuras crecidas por epitaxia de haces moleculares.

Siendo esta propuesta la continuidad de un Proyecto Integrador en curso, se propone tentativamente el siguiente cronograma para los primeros tres semestres:

Primer semestre:

- modelar y optimizar QCLs en el rango 10-12 μ m, incluyendo tanto las propiedades de transporte como la guía de ondas

- realizar mediciones de emisión óptica y propiedades eléctricas (curvas I-V) en láseres QCL en el

rango 10-12um fabricados a partir de dichos diseños, tanto en continuo como resueltas en tiempo - en base a los experimentos y el modelo, proponer modificaciones de las estructuras semiconductoras que optimicen las propiedades de los láseres (potencia, eficiencia eléctrica)

Segundo semestre:

- iterar el ciclo "modelado -> fabricación -> caracterización" sobre el diseño del láser a fin de optimizar sus propiedades para longitudes de onda cada vez mayores, con el objetivo de alcanzar 16um (longitud de onda de interés de CNEA)

Tercer semestre:

- explorar el desarrollo de aplicaciones de comunicaciones ópticas en espacio libre utilizando láseres QCL fabricados en el CAB, incluyendo la caracterización de distancias de propagación óptimas, protocolos de comunicación, tasas de transferencia, etc.

Justificación de APF5 - La aceptación de una propuesta con APF5 queda supeditada a la evaluación del CAMI que tendrá en cuenta:

- 1) la experiencia del director/a de tesis en el tema propuesto
- 2) la justificación escrita en este casillero (Máximo 300 palabras):

Si bien la temática de la propuesta de Maestría se enmarca en el área de telecomunicaciones, ninguna de las materias indicadas en el PFS del APF 4 son relevantes a la temática del trabajo.

Esta propuesta se ubica en la intersección de la física y óptica de semiconductores, sus aplicaciones tecnológicas, y las telecomunicaciones. El objetivo principal es la investigación aplicada en la física y la ingeniería de dispositivos emisores y detectores de luz, especialmente láseres de cascada cuántica, que permita desarrollar productos innovadores con aplicaciones tanto en la industria nuclear como en telecomunicaciones. Para ello se requiere de físicos/as e ingenieros/as que, aportando desde sus formaciones particulares, hablen un lenguaje común. Se propone por lo tanto una APF alternativa que forme a el/la futuro/a magíster en las siguientes temáticas de relevancia actual:

- nuevas tecnologías para la generación y detección de luz
- fotónica on-chip
- comunicaciones ópticas
- simulación física realista de dispositivos semiconductores
- transferencia de conocimientos científicos y de tecnología

Se indica a modo orientativo un ejemplo de PFS basado en materias dictadas previamente o por dictar este año en el IB:

- Introducción al lenguaje Python orientado a ingenierías y física (64)
- Introducción al Cálculo Numérico en Procesadores Gráficos (64)
- Fotónica en Sistemas de Microondas (64)
- Diseño Avanzado de Filtros de Microondas (64)
- Óptica No Lineal (64)
- Propiedades ópticas (128)
- Física de láseres (64)

Información adicional que desee incluir:

Esta propuesta de Maestría es la continuación de un Proyecto Integrador de Ingeniería en Telecomunicaciones en la misma temática, el cual está siendo realizado por la alumna Agustina Pizarro.

El trabajo será realizado dentro de un proyecto orientado al desarrollo de QCLs en el infrarrojo medio, y estará orientado al modelado, diseño y caracterización experimental de estructuras de cascada cuántica y láseres fabricados en el CAB. Existirá, además, una cercana interacción con el

grupo del CAB encargado del crecimiento y procesamiento de las muestras, y con el grupo que desarrolla los modelos teóricos utilizados.

El proyecto general 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 (industria nuclear, energías renovables, nanotecnología, telecomunicaciones). Si bien en partes de ese rango existen láseres comerciales, ciertas longitudes de onda de interés para CNEA no están disponibles. Por otro lado, siendo una tecnología estratégica, sería ideal que el desarrollo de los mismos sea realizado dentro del país.

RECURSOS PARA LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA

- Solicita beca CNEA para Maestría

Entidad que financia la beca:

Duración de la beca:

TEMA PRIORITARIO

¿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**