



INFORMACIÓN OBLIGATORIA QUE DEBE ACOMPAÑAR A LA TESIS

Apellidos y nombre del autor/a: Daniel Chaparro González

Teléfono de contacto del autor/a: 651128575

Dirección de correo electrónico del autor/a: danchagon@gmail.com

Programa de Doctorado: Física

Línea de Investigación: Óptica no lineal

Palabras clave que definen el contenido de vuestra tesis: Láseres, láser en figura de ocho, semiconductores, VCSEL, SOA, generación de pulsos ultracortos, estructuras localizadas, peines de frecuencia, solitones.

Resum

El present treball constitueix un estudi sobre la generació i control de polsos òptics en diferents tipus de làsers de semiconductor i el seu potencial aplicació a sistemes de mesures a distància. En primer lloc, es realitzarà una breu introducció a les tècniques més comunament emprades per a la detecció i realització de mesures a distància mitjançant la llum i es justificaran els beneficis que els làsers de semiconductor poden aportar a aquestes tècniques tant en emissió contínua com en emissió polsada. Seguidament, es descriurà la generació de trens de polsos que té lloc

en un muntatge experimental format per un làser de semiconductor d'emissió superficial en cavitat vertical externa amb emissió a 980 nm a través de dos mecanismes: la reinjecció creuada de polarització en el làser i enganxament de modes mitjançant l'acoblament d'un mirall ressonant d'absorbent saturable. S'estudiarà la possibilitat de controlar el nombre de polsos en aquest tren a través de la modulació elèctrica del corrent d'alimentació del làser, demostrant la possibilitat de generar diferents patrons de polsos mitjançant l'activació i desactivació de la modulació elèctrica. A continuació, es realitzarà una adaptació de l'esmentat muntatge experimental en què el medi propagant per a la llum passarà de ser l'aire a ser fibra òptica. S'estudiarà un primer muntatge de làser en fibra en configuració d'anell unidireccional en què el medi de guany passarà a ser un amplificador òptic de semiconductor amb emissió a 1550 nm i, gairebé exclusivament, en una única polarització. Sota aquest esquema, es perseguirà reproduir la generació de polsos sota els dos mateixos mecanismes exposats prèviament per al sistema emetent a 980 nm i es mostrarà com els polsos obtinguts amb aquest sistema poden ser usats per a realitzar mesures de distàncies. El paper rellevant jugat per l'evolució de la polarització en el seu viatge al llarg de la fibra òptica a la configuració anterior i la dificultat en el control determinista de la mateixa, han de portar a l'exploració de noves topologies per a la configuració experimental del làser en fibra. S'ha desenvolupat una configuració de dos bucles acoblats, coneguda com a *figura de vuit* i formada per fibres mantenedores de la polarització, capaç de generar diferents règims de trens de polsos altament estables, que presenten una durada temporal de l'ordre dels femtosegons, a través de la variació del corrent d'alimentació del làser. Finalment, es descriurà la construcció d'una branca de reinjecció completament òptica afegida al muntatge experimental que permetrà la selecció d'un únic pols del tren i la seva posterior reinjecció en el mateix i es demostrarà, també, la possibilitat d'escriure i/o d'esborrar un pols prèviament escrit. La capacitat d'escriure i esborrar a voluntat múltiples polsos al tren prova la naturalesa dels mateixos com a estructures localitzades i demostra la possibilitat d'usar aquest sistema com un generador òptic de patrons arbitraris de polsos ultracurts.

Resumen

El presente trabajo constituye un estudio sobre la generación y control de pulsos ópticos en diferentes tipos de láseres de semiconductor y su potencial aplicación a sistemas de medidas a distancia. En primer lugar, se realizará una breve introducción a las técnicas más comúnmente empleadas para la detección y realización de medidas a distancia mediante la luz y se justificarán los beneficios que los láseres de semiconductor pueden aportar a dichas técnicas tanto en emisión continua como en emisión pulsada. Seguidamente, se describirá la generación de trenes de pulsos que tiene lugar en un montaje experimental formado por un láser de semiconductor de emisión superficial en cavidad vertical externa con emisión a 980 nm a través de dos mecanismos: la reinyección cruzada de polarización en el láser y enganche de modos mediante el acople a un espejo resonante de absorbente saturable. Se estudiará la posibilidad de controlar el número de pulsos en dicho tren a través de la modulación eléctrica de la corriente de alimentación del láser, demostrando la posibilidad de generar diferentes patrones de pulsos mediante la activación y desactivación de la modulación eléctrica. A continuación, se realizará una adaptación de dicho montaje experimental en el que el medio propagante para la luz pasará de ser el aire a ser fibra óptica. Se estudiará un primer montaje de láser en fibra en configuración de anillo unidireccional en el que el medio de ganancia pasará a ser un amplificador óptico de semiconductor con emisión a 1550 nm y, casi exclusivamente, en una única polarización. Bajo dicho esquema, se perseguirá reproducir la generación de pulsos bajo los dos mismos mecanismos expuestos previamente para el sistema emitiendo a 980 nm y se mostrará cómo los pulsos obtenidos con este sistema permiten ser usados para realizar medidas a distancias. El papel relevante jugado por la evolución de la polarización en su viaje a lo largo de la fibra óptica en la configuración anterior y la dificultad en el control determinista de la misma, llevarán a la exploración de nuevas topologías para la configuración experimental del láser en fibra. Se describirá una configuración de dos bucles acoplados, conocida como *figura de ocho* y formada por fibras mantenedoras de la polarización, capaz de generar diferentes regímenes de trenes de pulsos altamente estables, que presentan una anchura del orden de los femtosegundos, a través de la variación de la corriente de alimentación del láser. Finalmente, se describirá la construcción de una rama de reinyección completamente óptica añadida al montaje experimental que permitirá la selección de un único pulso del tren y su posterior reinyección en el mismo y se demostrará, también, la posibilidad de borrar un pulso previamente escrito. La capacidad de escribir y borrar

a voluntad múltiples pulsos en el tren prueba la naturaleza de los mismos como estructuras localizadas y demuestra la posibilidad de usar dicho sistema como un generador óptico de patrones arbitrarios de pulsos ultracortos.

Abstract

The present work constitutes a study on the generation and control of optical pulses in different kind of semiconductor lasers and their potential application to remote measurement systems. First, a brief introduction to the techniques most commonly used for the realization of remote measurements by light will be made and the benefits with which semiconductor lasers can contribute to these techniques in both continuous and pulsed emission will be justified. Next, it will be described the generation of pulse trains that takes place in an experimental assembly formed by a vertical cavity surface emitting laser with emission at 980 nm in an external cavity configuration through two mechanisms: cross-reinjection of polarization in the laser and mode-locking by coupling the laser to a resonant saturable absorber mirror. The possibility of controlling the number of pulses in the train through the electrical modulation of the laser bias current will be studied and the capacity of generating different pulse patterns by activating and deactivating the electrical modulation will be demonstrated. Next, an adaptation of the mentioned experimental assembly will be carried out in which the propagating medium for light will be changed from being air to optical fiber. A first fiber laser assembly will be studied consisting in a unidirectional ring configuration in which the gain medium will be a semiconductor optical amplifier with emission at 1550 nm and, almost exclusively, in a single polarization. Under this scheme, it will be pursued to reproduce the generation of pulses under the same mechanisms previously exposed for the system emitting at 980 nm and it will be shown how the pulses obtained with this system can be used to perform ranging measurements. The relevant role played by the evolution of the polarization in its trip along the optical fiber in the previous configuration and the difficulty on its deterministic control will lead to the exploration of new topologies for the experimental configuration of the fiber laser. A configuration of two coupled loops, known as a *figure-of-eight* and formed by polarization-maintaining fibers, capable of generating different highly stable pulse train regimes, having a width of the order of femtoseconds, will be described through the variation of the laser bias current. Finally, the construction of a fully optical reinjection branch added to the



experimental assembly will allow the selection of a single pulse of the train and its subsequent reinjection in it will be described, and the possibility of erasing a previously written pulse will also be demonstrated. The ability to write and delete multiple pulses on the train at will proves their nature as temporal localized structures and demonstrates the possibility of using such a system as an all-optical generator of arbitrary ultra-short pulse patterns.

Nombre de vuestro director/a o tutor/a de tesis:

Salvador Balle Monjo

Universidad/Centro de vuestro director/a o tutor/a de tesis:

Universidad de las Islas Baleares

Dirección de correo electrónico de vuestro director/a o tutor/a:

salvador.balle@uib.es

(En el caso de tener más de un director o tutor de tesis, deben especificarse los nombres y las direcciones de correo electrónico de todos ellos)

DIRECTOR DE TESIS

INVESTIGADOR PREDOCTORAL