جامعة الموصل

كلية التربية للعلوم الصرفة

توليد النبضات الفوضوية والتحكم بها وتزامنها وتطبيقاتها بأستخدام ليزر ثنائي شبه الموصل مع التغذية الكهروضوئية والضوئية الراجعة

يونس ذنون يونس

أطروحة دكتوراه

الفيزياء/ فيزياء الليزر

بأشراف

الأستاذ

الدكتور أحمد كمال أحمد

الأستاذ

الدكتور قيس عبدالستار النعيمي

1439 هـ

2018م

الملخص

تمت في هذه الاطروحة الدراسة العملية والمحاكاة العددية لاربعة مواضيع تخص التوليد والتحكم والتزامن للاشارات الضوئية الفوضوية . استندت القياسات في هذا البحث على تحليل السلاسل الزمنية لاشارات الفوضى(تحليل الطيف المستند لتحويلات فورير السريعة وتحليل مسار الطور الجذبي وتحليل الفترات مابين النبضات). تم انجاز الجزء العملي من هذه الدراسة في مختبر الليزر التابع للمعهد الوطني للضوئيات INO في مدينة فلورنسا بأيطاليا. الجزء الاول من هذا البحث توليد الاشارات الفوضوية ذات السرعة الواطئة (من عدة هرتز الى اجزاء الملايين من الهرتز) من خلال ثنائي ليزر شبه الموصل مع وجود تغذية كهروضوئية راجعة والقائمة على مبدأ (صيغة الهوموكلينك او الاستقرار الاحادي للمسارالغير كامل)والذي يتم من خلالها التحكم بمناطق التذبذب(التذبذب الدوري والمضاعف وشبه الدوري والفوضى) من خلال تثبيت احد عاملي التحكم (وهما تيار انحياز الليزر وشدة التغذية الكهروضوئية الراجعة) وتغيير الاخر, ويتم توضيح هذا من خلال مخطط التشعب. الموضوع الثاني في هذا البحث يخص توليد النبضات الفوضوية عالية المعدل (من عدة ميكاهرتز الى عدة كيكا هرتز) باستخدام ثنائي ليزر شبه الموصل مع وجود تغدية ضوئية راجعة من حلقة الليف الضوئي, ويتم النحكم بمناطق التذبذب المختلفة(التذبذب الاحادي والمتضاعف وشبه الدوري والفوضى) من خلال تثبيت احد عاملي التحكم (تيار انحياز الليزر وشدة الثغذية الضوئية الراجعة)وتغيير الاخر. وتم التعرف على السلوك العام لمناطق التذبذب المختلفة من خلال تكوين مخطط التشعب. وتم تشخيص حالة ثنائي الاستقرارية لثنائي ليزر شبه الموصل من خلال مخطط التشعب, وتم ايضا قياس العشوائية لمناطق التذبذب المختلفة بأستخدام دالة الانتروبي لشانون, حيث وجد بأنها دالة معتمدة على تيار انجياز الليزر. الموضوع الثالث والاهم في هذه الدراسة كانت اجراء عملية التزامن بين منظومتين فوضويتين من خلال ربطهما ببعض بأحد طريقتي الحقن الضوئي, الحقن الضوئي الثنائي الاتجاه والحقن الضوئي الاحادي الاتجاه. وتم الحصول على حالات التزامن والتزامن المعاكس وتم اثباتها من خلال مقارنة السلاسل الزمنية للاشارات المتزامنة ومن خلال المركبات الترددية لطيفي الاشاراتين المتزامنتين وأيضا من خلال مخططات الترابط (مخططات الطور بين الاشارتين المتزامنتين) . تم قياس عامل الارتباط بين الاشارات المتزامنة ووجد بانه دالة لمتغيرين وهما تيار الانحياز (لكل ليزرمن الليزرين المترابطين بالحقن الضوئي) وكذلك دالة ايضا لشدة الحقن الضوئي بينهما. الموضوع الرابع في هذا البحث يخص بعملية اخفاء او دمج أشارة راديوية احادية التردد بداخل اشارة راديوية فوضوية متولدة من ثنائي ليزر شبه الموصل متعرض لتغذية ضوئية راجعة من مرأة الليف الضوئي, وتم قياس مقدار الاخفاء للاشارة احادية التردد داخل الفوضى من خلال (نسبة مقدار الاشارة الجيبية الى الفوضى) ووجد بان هذه النسبة تكون دالة لتيار انحياز اليزر . وهذه العملية هي طريقة لاخفاء المعلومات المرسلة المستخدمة في التشفير الفوضوي. وجد في هذه الدراسة ان هناك درجة عالية من التطابق بين النتائج العملية ونتائج النمذجة والمحاكاة العددية لكل موضوع من المواضيع الاربعة المذكورة في اعلاه والتي تمت دراستها بشكل تفصيلي .

Abstract

In this thesis four subjects of optical chaotic signals generation, control and synchronization have been investigated experimentally and numerically simulated. The measurements in this work based on time series analysis (signal spectrum or fast Fourier transforms, phase or attractor diagrams, inter-spike interval). The experimental part of this work was carried out at the *laser laboratory of the Institute of National Optics (INO), Florence, Italy*. First subject of this work is generating slow rate (few hertz to sub megahertz range) optical chaotic spiking by semiconductor *laser diode* subjected to *optoelectronic feedback* based on (incomplete Homoclinic form) and governing the oscillation regimes(periodic, quasi-periodic, chaos) by varying one of the control parameters(bias current of the laser and feedback strength) and fixing the other parameter, and vice versa, this was illustrated by the bifurcation diagrams. The second subject is generating fast rate (sub megahertz to multi gigahertz range) optical chaotic spiking by semiconductor laser diode with optical feedback from *fiber loop mirror* and controlling the chaotic regions (periodic, multi-periodic, and chaos) by varying one of the two control parameters (bias current of the laser and feedback strength)while fixing the other one, and vice versa, and whole behavior of system illustrated by the bifurcation diagrams. Efficient chaotic bandwidth of generated chaotic signal was a function bias current of the laser. Optical bistability of semiconductor laser diode with optical feedback has been observed and its hysteric loop determined from the bifurcation diagrams. The randomness of generated chaotic signals was measured by Shannon Entropy function and its value found to increase with raising the bias current. The third subject of this work is the executing synchronization between two optical chaotic oscillators through using two schemes of optical injection, Bidirectional and Unidirectional. The occurrence of synchronization and anti-synchronization was monitored and proved by comparing time series, spectrums, as well as by sketching correlation diagram (phase form) between amplitudes of coupled signals. The quality of synchronization characterized by correlation function, and it was a function of both of semiconductor laser diodes bias currents and optical injection strength. The forth subject of this work is embedding single radio-frequency tone inside chaotic signal generated by semiconductor laser with optical feedback, for hiding purposes; *signal to chaos ratio of* mixed signals was a function of semiconductor laser diodes bias current. In all the four mentioned subjects, there were high degrees of agreements between experimental results and numerical simulation results.

Chaotic Spiking Generation, Control, Synchronization and Applications by Semiconductor laser diode with Optoelectronic and optical feedbacks

A Thesis Submitted

By

Younis Thanoon Younis

To

The council of College of Education For Pure science

University of Mosul In Partial Fulfillment of Requirement for

the Degree of Ph.D.

in

Laser Physics

Supervised By

Professor
Dr. Kais Abdulsattar. Al-Naimee

Professor
Dr. Ahmad Kamal Ahmad

2018 A.D

1439 A.H