Ministry of Higher Education
and Scientific Research
University of Baghdad
Institute of Laser for Postgraduate Studies

PCFs Structure Studies For Effective High Power Laser and DNA Efficient Biosensor

A Thesis

Submitted to the Institute of Laser for Postgraduate Studies, University of Baghdad in Partial Fulfillments for the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Laser/Electronics and Communication Engineering

By
Riyadh Mwad Naife
B.Sc. Electronic and communication Engineering 2002
M.Sc. Electronic Engineering 2005

Supervised by
Prof. Dr. A. Hadi Al-Janabi

1434 AH **2013 AD**

Abstract

Photonic crystal fiber found a lot of applications in science and technology. Among these promising applications are sensing and as an active medium for high power lasers.

Recently, the thermo-optic effect, which causes refractive index change in the active optical fibers, emerged as one of the most limiting factors to power scaling of fiber lasers. The thermally-induced refractive index gradient in the fiber cross-section jeopardizes the extreme guiding properties required to obtain a single-mode propagation in ultra Large Mode Area (LMA) fibers, eventually causing the rise of mode instabilities. The resilience to thermal effects for different rod-type double cladding Photonic Crystal Fiber (PCF) designs, namely the 19-cell core, the distributed modal filtering and the large-pitch PCFs, have been compared through numerical simulations. The single-mode properties of each fiber have been obtained for different heating conditions. The causes of the different behaviors have been investigated, providing a detailed overview of the influence of thermo-optical effects on the guiding properties of LMA PCFs, as well as some guidelines for the design of LMA PCFs for high-power applications.

The newly emerged field of PCF 's applications is the biosensing. Biophotonic represents a very attractive and promising field of interest for biosensing applications. The realization of a DNA biosensor based on a microstructured optical fiber (MOF) Bragg grating has been demonstrated. In this thesis the microchannels surface of the MOF has been functionalized with peptide nucleic acid (PNA) in order to capture DNA strands, and then oligonucleotide-functionalized gold nanoparticles (ON-AuNPs) were used to increase the shift of the signal. Wavelength shift of the high order mode in the reflected spectra, due to the PNA - DNA and DNA - ON-AuNPs bindings, proved the occurred fiber hybridization. Several experiments have been carried out using identical DNA concentrations and the same

modulations have been observed, proving the reproducibility of the results. Measurements have also been made using mismatched DNA solution, containing a single nucleotide polymorphism, demonstrating the high selectivity of the sensors. A comparison between the results of the MOFs is presented, demonstrating the feasibility of using such an approach in biosensing.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
معهد الليزر للدراسات العليا

دراسة تركيب الالياف البلورية الفوتونية لليزرات ذات القدرة العالية الفعالة والاستشعار الاحيائي الكفوء ل دي ان اي

رسالة مقدمة إلى
معهد الليزر للدراسات العليا
جامعة بغداد
لاستكمال متطلبات نيل درجة
دكتوراه فلسفة في الليزر/هندسة الكترونية واتصالات

من قبل
رياض مواد نايف
بكالوريوس هندسة الكترونية واتصالات ٢٠٠٢-ماجستير هندسة الكترونية ٢٠٠٥

بأشراف
أ.د عبد الهادي مطشر الجنابي

1434هـ 2013 م

الخلاصة

وجدت الالياف البلورية الفوتونية العديد من التطبيقات في مجالات العلوم والتكنولوجيا. من بين هذه التطبيقات هي الاستشعار وامكانية استخدامها لوسط فعال لليزرات القدرة العالية.

ظهر حديثا ، ان التاثير الحراري الضوئي ، والذي يسبب تغير معامل انكسار الوسط الفعال في الالياف البصرية ، يعتبر احدى اهم العوامل التي تحد من زيادة قدرة الالياف الليزرية.

ان التدرج في معامل الانكسار في المقطع العرض لليف البصري الناتج من الحرارة يبين اهمية الخصائص الموجهة المطلوبة للحصول على انتقال موجي احادي النمط في الالياف ذات المساحة الكبيرة الاحادية النمط (LMA) والذي يؤدي الى عدم استقرارية النمط. ان المرونة في تاثيرات الحرارة لمختلف تصاميم الالياف الفوتونية البلورية ذات الغلاف المضاعف ونوع القضيب والتي تسمى القلب ذات ١٩- خلية و مرشح التركيب المنتشر و الالياف البلورية الفوتونية ذات مسافة الخطوة الكبيرة استخدمت للمقارنة فيما بينها خلال المحاكات العددية . لقد تم الحصول على خواص احادي النمط لكل ليف لظروف حرارية مختلفة .ان السبب في اختلاف السلوكيات قد تم التحقق منه معطيا فكرة واضحة عن التاثير الحراري الضوئي لخصائص الموجهة في الالياف البلورية الفوتونية ذات المساحة الكبيرة الاحادية النمط (LMA PCFs)و بعض الخطوط العريضة لتصميم الالياف البلورية الفوتونية ذات المساحة الكبيرة الاحادية النمط (LMA) PCFs في تطبيقات القدرة العالية.

من التطبيقات الحديثة للالياف البلورية الفوتونية ايضا هي الاشتشعار الاحيائي . ان الفوتونيات الاحيائية تمثل مجال واعدا جدا وذي اهمية لتطبيقات الاشتشعار الاحيائي . ان بناء وتصميم جهاز الاستشعار البيولوجي لل DNA يعتمد على الياف بصرية ذات تراكيب صغيرة جدا و محزز حيود من نوع براك قد تم اثباته. ان سطوح الثقوب الصغيرة لالياف بصرية ذات تراكيب دقيقة قد تمت معاملتها بالحمض النووي من نوع (PNA) حيث سيتم لصقه بشريط الحمض النووي من نوع (DNA) وفيما بعد تضاف مادة نانوية من الذهب (ON-AuNPs) كي تزيد من تكبير الاشارة الناتجة. ان التغير في الطول الموجي في النمط ذات الرتبة العالية في الطيف المنعكس نتيجة ترابط ال PNA - DNA و DNA - ON-AuNPs يثبت لنا حصول التهجين في الليف.اجريت العديد من التجارب بتراكيز متطابقة من الحمض النووي (DNA) و تم الحصول على نفس التغير مبينا امكانية ا ستنساخ النتائج. تم الحصول على قراءات

باستخدام محلول حامض نووي (DNA) غير متطابق (يحتوي على النوكليوتيد واحدة متغايرة الشكل) مظهرا انتقائية عالية لجهاز الاشتشعار . تمت المقارنة بين النتائج له ذا النوع من الالياف البصرية ذات التراكيب الصغيرة مبينا امكانية استخدام هكذا منهج في قياسات الاشتشعار الاحيائي.