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

# Refractive Index Scaling In Hollow Core Photonic Crystal Fiber

*A Thesis Submitted to the Institute of Laser for Postgraduate Studies, University of Baghdad in partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Science in Laser/ Physics*

*BY*

**Dalya Hussein Abbass**

(*B. SC. 2007*)

*)10 AD* *1431 AH*

# ABSTRACT

In this work, simulation study of the frequency shift of photonic bandgaps due to refractive index scaling using liquids filled hollow-core photonic crystal fibers was presented. The results confirm a simple scaling law for bandgaps in fibers in which the low index medium is varied. Photonic bandgap structure for both TE and TM modes of a 2D photonic crystal with triangular lattice of air holes embedded in silica background material was studied using Plane Wave Expansion (PWE) method to find the width of photonic bandgap finger in photonic crystal states diagram. The effect of cladding hole spacing Λ and hole diameter d on wavelength transmission and bandgap frequency was presented using different types of hollow core photonic crystal fibers (HC19-1060, HC7-1060, HC19-1550, HC7-1550, HC7-633 "red", HC7-580 "yellow" and HC7-440 "blue"). Also different liquids with different refractive indices (distilled water, n-hexane, methanol, ethanol and acetone) were used to change the effective index scaling and index contrast of the cladding. The effect of increasing temperature of the liquid (20-100 $^0$C for water and 20-70 $^0$C for other liquids ) infiltrated hollow core fiber on the bandgap width and transmission properties has been computed. The results showed that the photonic bandgap width depends on the refractive index of liquids filled photonic crystal fibers, also on liquids temperatures. The results showed that maximum photonic bandgap width at 0.0243 has appeared with filling HC7-1060 PCF with methanol at 70 $^0$C at a corresponding refractive index 1.3057. The present study shows a significant sensitivity dependence of the photonic bandgap structure on the type of liquid filling (i.e. sensitive to the refractive index of the infiltrated liquid). The high sensitivity makes the HC-PCF useful for many applications like biochemical sensing and tunable photonic devices.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
معهد الليزر للدراسات العليا

# تدرج معامل الانكسار في قلب مجوف لليف بلوري فوتوني

رسالة مقدمة إلى
معهد الليزر للدراسات العليا
جامعة بغداد
كأستكمال جزئي لمتطلبات نيل درجة
ماجستير علوم في الليزر/الفيزياء

من قبل
داليا حسين عباس

١٤٣١ هـ ٢٠١٠ م

# الخلاصة

في هذا البحث, دراسه نظريه في حقل بصريات الالياف البلوريه الفوتونيه لتغييير التردد لفجوه النطاق والذي يحدث نتيجه لتدرج معامل الانكسار بأمرار سائل يملئ التجويف الموجود بداخل الالياف الفوتونيه البلوريه. النتائج تؤكد وجود صيغه بسيطه لتدرج فجوه النطاق في الليف البصري عندما يتغير الوسط الاقل معامل انكسار. استخدمت طريقه توسيع الموجه المستويه (PWE) لدراسه التركيب الفوتوني لكلا النمطين الكهربائي- TE والمغناطيسي- TM لبلوره فوتونيه ثنائيه الابعاد متكونه من شبيكه مثلثه الشكل من ثقوب هوائيه موزعه داخل ماده السيليكا ولايجاد عرض هذه الفجوه "finger" داخل تركيب المستويات الفوتونيه البلوريه. تأثير المسافه بين مركزي ثغرتين Λ وقطر الثغره d في غلاف الليف البلوري على عبورترددات فجوه النطاق وضح باستخدام أنواع مختلفه من الالياف الفوتونيه البلوريه المجوفه (HC19-1060, HC7-1060, HC19-1550, HC7-1550, HC7-633 "red", HC7-580 "yellow" and HC7-440 "blue") وايضاً بحقن هذه الالياف بمختلف السوائل المختلفه بمعامل انكسارها (الماء المقطر, هكسان, ميثانول, ايثانول, اسيتون) لتغير التدرج بمعامل الانكسار المؤثر بغلاف الليف البلوري. وضح تأثير زياده درجه حراره السوائل ( ٢٠-١٠٠ م° للماء المقطر ومن ٢٠-٧٠ م° لبقيه السوائل) الماره خلال قلب الليف الفوتوني البلوري على عرض فجوه النطاق وخصائص عبور الاطوال الموجيه. النتائج اوضحت ان عرض فجوه النطاق الفوتوني تعتمد على معامل انكسار السوائل التي تملاء الليف البصري الفوتوني, ايضا على درجه حراره السائل. النتائج بينت ان اكبر عرض لفجوه النطاق الفوتوني هي 0.0243 وقد ظهرت بملئ الليف البلوري الفوتوني HC7-1060 بسائل الميثانول الذي درجه حرارته ٧٠ م° و معامل انكساره 1.3057. الدراسه المقدمه اوضحت حساسيه فجوه النطاق الفوتوني لاعتمادها على نوع سائل الملئ (بعباره اخرى التحسس لمعامل انكسار السوائل المستخدمه داخل الليف), الحساسيه العاليه تجعل من الليف البلوري الفوتوني المجوف مفيد في العديد من التطبيقات مثل المتحسسات الاحيائيه- الكيميائيه واجهزه الترشيح الفوتونيه.