

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



Effect of Temperature Variation on the Performance of Liquid-Filled Photonic Bandgap Fiber

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**

**By
Tahreer Safa'a Mansour Al-Falah**

**B.Sc.1998
M.Sc.2001**

1430AH

2009 AD

ABSTRACT

The present work focuses on the study of the tunability of HC-PCF infiltrated with liquids at different temperatures. The previous published works have been carried out using solid core PCF to build tunable filter. Infiltration of liquids in a HC-PCF means a refractive index contrast will change and consequently will affect the transmission properties of the fiber.

Five liquids (distilled water, n-hexane, methanol, ethanol and acetone) have been injected in the HC-PCF replacing the air. The linear transmission spectra for these liquids were measured using a spectrophotometer at different sets of temperatures. The non linear transmission spectra were also obtained for these liquids using a z-scan technique. The nonlinear refractive index (n_2), and the nonlinear absorption coefficient (β) were obtained for silica / Liquid at a set of temperatures. Heating of liquids was done by a heater wrapped around the fiber and a precise temperature controller builds with accuracy about ($\pm 1C^\circ$).

Three different laser wavelengths (Nd:YAG , He:Ne and green) have been utilized to modulate the spectral position of the bandgaps in a HC-PCF infiltrated with aforementioned liquids. The transmission spectra were recorded before and after filling the HC-PCF with all five liquids as a function of temperature. The change in transmission properties of the fiber is investigated by CCD camera.

We have studied near field patterns over the photonic bandgap wavelength range. The transmission bands of filled fibers have shifted to shorter wavelengths (blue shift) and then shifted to longer wavelength (red shift) when these liquids subjected to heat. For both (blue and red) shifts the results are consistent with scaling index law predictions.

The original pass band of the fiber extended over the region (1005 to 1165) nm. This bandgap shifted to about(564.865 – 660.414) nm, (567.99 – 664.0711)nm, (574.186 – 671.312)nm, and (580.300 – 678.461)nm for silica/distilled water , (435.173 – 504.454)nm, (443.220 – 513.782)nm ,and (458.843 - 531.893)nm for silica/n-hexane, (500.523- 580.208)nm, (509.845 – 591.014)nm and (527.920 – 611.968)nm, for silica/methanol , (497.397 – 576.585)nm, (507.274 – 588.034)nm and (526.389 – 610.192)nm for silica/ethanol and (507.193 – 585.027)nm, (519.724 – 599.654)nm , (531.913 – 613.877)nm for silica/acetone with above temperature sets .

The thermal tuning sensitivity ,19cell HC-PCF after infiltration at different sets of temperatures, of the spectral position of the bandgap equal 0.32nm/C^o for distilled water, 0.80825 nm/C^o for n-hexane, 1.87 nm/C^o for methanol, 0.989 nm/C^o for ethanol and finally 1.264 nm/C^o for acetone. The minimum sensitive filter is achieved when filling all the holes of 19 cell HC-PCF with distilled water and maximum sensitivity when filling with methanol at different sets of temperature



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بغداد

معهد الليزر للدراسات العليا

تأثير تغيير درجة الحرارة على خصائص الليف البصري الفوتوني البلوري المملوء بالسائل

رسالة مقدمة إلى

معهد الليزر للدراسات العليا

جامعة بغداد

لاستكمال متطلبات نيل درجة

دكتوراه فلسفة في الليزر/الالكترونية واتصالات

من قبل

تحريير صفاء منصور الفلاح

بكالوريوس 1998

ماجستير 2001

2009 م

1430 هـ

الخلاصة

ليف القلب المجوف البلوري قد جذب الانتباه في السنوات الاخيرة المنصرمة. الليف البلوري ينقل الضوء بطريقتين الاولى تعتمد على الانعكاسية الداخلية الكلية المحفزة والتي تشابه طريقة الانتقال الضوء في الليف البصري العادي وهذا النوع من الليف البلوري يكون قلبه صلد والثانية تعتمد على مبدا حزمة الفراغ البلورية وهذا النوع من الليف يسمى بالقلب المجوف البلوري والذي سمح لنا بحقن العديد من السوائل داخل القلب وفجوات القشرة وبذلك يتم بناء اجهزة اليف المنغم بالسيطرة على طريقة تسخين هذه السوائل.

يركز البحث الحالي على دراسة التنعيم في الليف البلوري المجوف القلب المحقون بعدة سوائل مسخنة بمختلف درجات الحرارة والتي تعبر اول دراسة من نوعها في حقن الليف ذي القلب المجوف لكون الدراسات السابقة قد حقنت الليف ذي القلب الصلد. عند الحقن تتغير معامل الانكسار والتي تؤثر دورها على خصائص النفاذية لهذا الليف.

خمس سوائل استعملت في هذا البحث والتي هي لخمسة (الماء المقطر , الهكسان المتسلسل , الميثانول , الايثانول والاسيتون) والتي حقنت بالليف البصري باستبدالها فجوات الهواء فيه. وقد استخرج طيف الامتصاص الاخطي بواسطة تقنية المسح على المحور الثالث باستخدام ليزر بمختلف درجات الحرارة باستخراج معامل الانكسار اللاخطي ومعامل الامتصاص اللاخطي . تغيير الطور للتضمين الذاتي الطور. تسخين السوائل تم من خلال مسخن ملفوف حول الليف وبناء منظومة تتحكم بدرجات الحرارة بدقة . ($\pm 1C^{\circ}$)

وقد تم اثاره الليف بليزر النديميوم ياك ذي طاقة 78mW وليزر الهليوم نيون ذي طاقة 1mW وليزر اخضر ذي طاقة 1mW في مراحل مختلفة من عمليات التعيير. طيف النفاذية لهذا الليف سجل قبل وبعد الحقن بهذه السوائل كدالة للحرارة والذي فحص تغير خصائص هذا الطيف بواسطة ال كاميرا الحرارية.

حزمة النفاذية للليف ازيحت نحو الاطوال الموجية القصيرة عند الحقن بهذه المواد وعند تسخينها بعد ذلك ازيحت نحو الاطوال الموجية الطويلة. حزمة المرور الاصلية للليف كانت (1005- 1165)نانومتر وازيحت الى (564.865 – 660.414), (574.186 – 671.312), (580.300 – 678.461), (567.99 – 664.0711) نانومتر في حالة السليكا/الماء المقطر والى (435.173 – 504.454) , (443.220 – 513.782) (458.843 - 531.893) نانومتر في حالة السليكا/هكسان والى (500.523-

حزمة النفاذية للليف ازيحت نحو الاطوال الموجية القصيرة عند الحقن بهذه المواد وعند تسخينها بعد ذلك ازيحت نحو الاطوال الموجية الطويلة .حزمة المرور الاصلية للليف كانت-1005 (1165 نانومتر وازيحت الى (564.865 – 660.414), (574.186 – 671.312), (580.300 – 678.461) , (664.0711 – 567.99)) نانومتر في حالة السليكا /الماء المقطر والى ((435.173 – 504.454) , (443.220 – 513.782) (531.893 - 458.843)) نانومتر في حالة السليكا /هكسان والى (580.208- 500.523),(527.920 – 611.968), (509.845 – 591.014)) نانومتر في حالة السليكا/ميثانول وفي حالة السليكا / الايثانول ازيحت الى (497.397 – 576.585), (507.274 – 588.034), (526.389 – 610.192)) نانومتر والسليكا / اسيتون كانت الازاحة (507.193 – 585.027) , (519.724 – 599.654) , (531.913 – 613.877), (مختلف درجات الحرارة .

واخيرا استخرجت حساسية التنعيم للمرشح الطيفي المنغم والذي حقن بالسوائل الخمسة أنفة الذكر والتي كانت كالآتي 0.32 nm/C° حالة السليكا /الماء المقطر , $0.80825 \text{ nm/C}^\circ$ سليكا/هكسان , 1.87 nm/C° سيلكا/ميثانول , 0.989 nm/C° سليكا / الايثانول , 1.264 nm/C° سليكا / اسيتون وكانت اقل حساسية للمرشح في حالة الحقن بالماء المقطر واعلى شيء في حالة الحقن بالميثانول لمختلف درجات الحرارة.