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

Photonic Crystal Fiber for Chemical Vapor detection

A thesis submitted to the Institute of Laser for Postgraduate Studies / University of Baghdad in Partial fulfillments for the requirements for the degree of doctorate of philosophy in Laser Physics

By

Alaa H. Ali Al-Kamali

B.Sc.1999
M.Sc.2005

1432 AH 2012 AD

Abstract

In this research, we have designed and construct an optical system to sense the chemical vapor of organic materials depending on the overlap of laser modes via Michelson interferometer technique.

A part of the optical path of the Michelson interferometer setup is a hollow core photonic crystal fiber (HC-PCF). The built device has the capability of sensing for long distances. The diode laser pump probe beam was transported via a multi mode fiber to enhance the collection efficiency.

Three laser diode modules with different wavelengths (785.37, 811.65 and 855.87 nm) have been used which cover the lower attenuation range at the negative and positive dispersion. Five types of chemical liquids (Butanal, Ethanol, Hexane, Methanol and Propane), were used as a pollutant source. All of these chemical liquids and their vapor have a high transparency for Vis and NIR spectrum. Different concentrations (Butanal 92,9% , Ethanol 92,04% , Hexane 92,9% , Methanol 91,83% and Propane with 93.33%) were used as pollutant material. A special vacuum chamber has been designed and constructed where the HC-PCF was inserted inside the vacuum chamber. With the aid of vacuum system, we can control the rate of chemical vapours.

We start to record the results of the optical system to study it is ability for sensing the spectrum shift as a result to the rate of chemical vapours. Two different lengths of HC-PCF (5 cm and 8 cm) were tested.

The detection limits of our device associated with the maximum shifts were 28.2 nL/cm^3 without the HC-PCF and 2.82 nL/cm^3 with the HC-PCF at 811.65 nm that inserted inside the interferometer setup. The limits of detection of a sensor are determined by the minimal detectable shift and the sensitivity and it was more than ten times greaten with HC-PCF.

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة بغداد
معهد الليزر للدراسات العليا

الألياف الفوتونية البلورية لكشف أبخرة المواد الكيمياوية

الأطروحة مقدمة إلى معهد الليزر للدراسات العليا / جامعة بغداد كاستكمال جزئي لمتطلبات نيل درجة دكتوراه فلسفة في فيزياء الليزر

مقدمة من قبل
علاء حسين علي الكمالي

٢٠١٢ ميلادي

١٤٣٢ هجري

الخلاصة

تم خلال هذا البحث تصميم وبناء منظومة بصرية للكشف عن أبخرة المواد الكيمياوية العضوية بالاعتماد على مبدأ التداخل البصري لأنماط أشعة الليزر باستخدام تقنية مايكلسن، حيث تم توظيف هذه المنظومة لغرض دراسة المعلمات التصميمية لاستخدام الألياف الفوتونية البصرية ذات القلب المجوف كحاوية لتفاعيل الشعاع مع المادة الكيمياوية.

تم استخدام الليف الفوتوني المجوف كجزء أساسي من منظومة التداخ ل البصري حيث وضع على مسار شعاع المجس، أن المنظومة البصرية المستخدمة كانت نموذج لدراسة أمكانية الكشف عن بعد حيث أستخدم ليف بصري متعدد الأنماط لغرض نقل الشعاع المار عبر الليف البصري الفوتوني وإرجاعه إلى منظومة التداخل البصري مع شعاع المرجع.

تم استخدام ثلاث أنواع من الليزر شبه الموصل بأطوال موجية مختلفة (785.37, 811.65 و 855.87 نانوميتر) والتي تقع ضمن حدود منطقة الاوطأ خسارة وضمن حدود التشتت السالب في الطيف البصري للأشعة المارة عبر الليف الفوتوني, كذلك تم استخدام خمسة أنواع مختلفة من المركبات الكيمياوية المتطايرة (بيوتان، أيثانول، هكسان، ميثانول و البروبان) حيث تم تصميم وبناء منظومة فراغ لغرض توليد نسب معلومة من أبخرة المواد الكيمياوية وحقنها داخل الليف الفوتوني تصل لغاية (2,82 نانوليتر / سم^3), والتي كان لها أعلى مستوى من النفاذية ضمن الطيف البصري المستخدم (منطقة تحت الحمراء القريبة) وكانت كالأتي (بيوتان 92,9%، أيثانول 92,04%، هكسان 92,9%، ميثانول 91,83% و البروبان 93,33%).

تم تسجيل النتائج والتي تبين قدرة المنظومة البصرية للتحسس عن أبخرة المواد الكيمياوية والتي يعبر عنها بمقدار الإزاحة البصرية للنمط المركزي لطيف الليزر المستخدم كدالة لمقدار لنسبة الأبخرة داخل حاوية الفراغ، تم إضافة الليف البصري الفوتوني المجوف في الجزء الثاني من البحث، حيث تم استخدام طولين (5 سم) و (8 سم) لدراسة هذه التقنية في الكشف والإحساس للمركبات الكيمياوية.

بينت نتائج البحث أن قدرة المنظومة البصرية بدون استخدام الألياف الفوتونية تتوقف عن التحسس عند نسب من الأبخرة الكيمياوية تصل لحدود (28,25 – 14,1 نانوليتر /سم^3) والتي تعتمد على نسبة الامتصاصية لشعاع الليزر, كانت أفضل النتائج من الإزاحة الطيفية عند أبخرة الميثانول بنسبة امتصاص (8,17%) والايثانول بنسبة امتصاص (7,96%).

باستخدام الألياف البصرية الفوتونية مجوفة القلب تم ملاحظة زيادة قدرة المنظومة البصرية للتحسس بمقدار عشرة أضعاف حيث تم تسجيل إزاحة في الطيف البصري لنسب من أبخرة مواد كيمياوية تصل لغاية (2,82 نانوليتر/سم^3) لمادة الميثانول عند الطول الموجي 811.65 نانوميتر.