



Ministry of Higher Education &  
Scientific Research

University of Baghdad

The Institute of Laser for Postgraduate Studies

# **Preparation and Characterization of Carbon Nanotubes Using Laser Ablation Method For Composite Applications**

A thesis

Submitted to the Institute of Laser for Postgraduate Studies,  
University of Baghdad in partial fulfillment of requirements for the  
degree of Doctor of Philosophy in Laser/ Mechanical Engineering

By

**Ali Zuhair Ridha**

2012

1433

## Abstract

The synthesis of the single-walled carbon nanotubes (SWCNTs) by laser ablation process is catalyst-dependent. The two targets techniques was used instead of one target. The two targets consist of nickel sheet (as catalyst) and graphite (as carbon source) next to each other. The laser beam Q-switched Nd:YAG laser of wavelength 1064nm and pulse duration of 10ns hits two targets simultaneously at the interface between them. The laser ablation process was done in the tube furnace at a temperature 750°C o 1000°C at different Ar flow rates and different laser fluences. The product was collected at quartz plate placed in front of the target. The prepared CNTs were then used to prepare polymer/CNTs nanocomposite. Scanning electron microscope and Raman spectroscopy were used to characterize the produced CNTs. A simulation program was built to simulate the nucleation process of the carbon nanotubes. The simulation is based on the classical nucleation theory and the free energy of carbon nanotubes nucleus.

The results showed that during laser ablation, the diameter of the prepared carbon nanotubes will decrease with increasing temperature from 750°C o 1000°C . The yield of the larger diameter of the SWCNTs will increase with increasing temperature from 850°C o 1000°C . The results also showed that with this technique the production of two types of carbon nanotubes (SWCNTs and MWCNTs) are possible by controlling the temperature of the furnace. There is not effects of changing Ar flow rates on the nanotubes diameter whereas the yield of the SWCNTs will increase and reach maximum value at flow rates of 2 L/min. With increasing the laser fluence, the yield of carbon nanotubes will increase whereas the diameter of nanotubes will decrease until reach to value at which no SWCNTs were produced. Comparison of the experimental and simulation works showed the approximately coincide between them in the behavior. The polymer/CNTs nanocomposite prepared showed some improvement in the mechanical properties i.e. ultimate strength and Young's modulus.



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة بغداد

معهد الليزر للدراسات العليا

# تحضير وتشخيص انابيب الكربون النانوية باستخدام طريقة التذرية بالليزر في تطبيقات المواد المتراكبة

اطروحة

مقدمة الى معهد الليزر للدراسات العليا جامعة بغداد وهي جزء من  
متطلبات نيل درجة الدكتوراه في الليزر / هندسة ميكانيك

من قبل

**علي زهير رضا**

تحت إشراف

**أ.م.د. حسين علي جواد**

**أ.د. احمد علي موسى**

٢٠١٢م

١٤٣٣هـ

الخلاصة

تم في هذا البحث تحضير الانابيب الكربونية احادية الجدار (SWCNTs) بواسطة التذرية بالليزر باستخدام النيكل كمحفز . تم استعمال هدفين الاول صفيحة من النيكل (كمحفز) والثاني هو الكرافيت ( كمصدر للكربون ) الليزر المستخدم هو نيديميوم :ياك محول-النوعية يضرب الهدفان سوية على الحد الفاصل بينهما . عملية التذرية تمت باستخدام حزمة ليزر في فرن انبوبي بدرجة حرارة ( $750^{\circ}\text{C}$  -  $1000^{\circ}\text{C}$ ) وغاز اركون بمعدلات مختلفة وباستخدام شدات مختلفة لليزر داخل انبوب كوارتز . تم تحضير مواد متراكبة نانوية من ال بوليمر مع انابيب الكربون النانوية . تم استعمال المجهر الالكتروني الماسح وطيف رامان لتشخيص انابيب الك اربون المحضرة . تم بناء برنامج لمحاكاة عملية التذرية للانابيب الكربونية . المحاكاة مبنية على اساس النظرية الكلاسيكية للتذرية و التغير في الطاقة الحرة لنويات الانابيب النانوية . اظهرت النتائج انه بزيادة درجة الحرارة من  $750^{\circ}\text{C}$  الى  $1000^{\circ}\text{C}$  تقل اقطار الانابيب النانوية سوف يقل . كما ان زيادة درجة الحرارة من  $850^{\circ}\text{C}$  الى  $1000^{\circ}\text{C}$  تزداد وفرة انابيب الكربون النانوية ذات الاقطار الكبيرة سوف تزداد. باستخدام هذه التقنية تم انتاج نوعين من الانابيب النانوية (احادية الجدار والمتعددة الجدران) وذلك من خلال السيطرة على درجة حرارة الفرن. اظهرت النتائج انه زيادة معدل جريان غاز الاركون اظهر ليس له تأثير على اقطار الانابيب النانوية ولكن يؤدي الى زيادة وفرة الانابيب النانوية احادية الجدار اذ تصل الى اقصى حد عند معد ٢ لتر/دقيقة . بزيادة شدة الليزر سوف تزداد وفر الانابيب النانوية في حين ان اقطار الانابيب النانوية تقل حتى تصل الى حد لا توجد انابيب نانوية احادية الجدار . مقارنة نتائج الجزء العملي والمحاكاة اظهرت تقاربا من ناحية السلوك . اظهرت نتائج الاختبار الميكانيكي للمواد المتراكبة النانوية بوليمر/انابيب نانوية وجود تحسن في الخواص الميكانيكية مثل معامل المرونة والمقاومة القصوى