

KARBON NANOBORULARIN ANALİZİ

R.Q. ABASZADƏ

Azərbaycan MEA-nın H.M. Abdullayev adına Fizika İnstitutu,
Az-1143, Bakı şəhəri, H.Cavid pr. 131.E-mail: abaszada@gmail.com r.abaszada@physics.science.az

Təqdim olunan məqalə karbon nanoborunun və qadoliniumla aşqarlanmış karbon nano-borunun analizinə həsr olunmuşdur. Elektrik qövsü metodu ilə alınmış karbon nanoboru və on faizli qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoboru düzbucaqlı paraleopiped formasına salınmışdır. Daha sonra onların Rentgen-faza analizi və Raman səpilməsi metodları ilə tədqiq edilmişdir. Karbon nanoborunun mexaniki xassələrinin dəyişməsi ilə rentgen-faza və raman səpilməsi analizlərində nəzərə çarpacaq dəyişikliklər baş verir. Bu da sp^2 hibridləşməsinin zəifləməsi ilə izah edilə bilər.

Açar sözlər: Karbon nanoboru, qadolinium, rentgen-faza analizi, raman səpilməsi, elektrik qövsü metodu.

PACS: 42.55.Ye, 61.05.C-, 73.63.Fg, 87.64.Je

1. GİRİŞ.

Karbon nanoborularından günəş panellərinin elementləri kimi istifadəsi üçün müxtəlif elementlərlə aşqarlanması olduqca əhəmiyyətlidir. Günəş panellərinin əsas elementləri olan platin, qızıl və digər elementlərin karbon nanoborularla əvəzlənməsi, eləcə də onların keçiriciliyi artıran elementlərlə aşqarlanması faydalı iş əmsalının artmasına səbəb olur. Adi karbon nanoborular bu məqsədlər üçün az əhəmiyyət kəsb edir. Belə ki, katalitik effektin əldə olunması üçün karbon nanoborularda defektlərin yaradılması təklif olunmuşdur. Defektlərin karbon nanoborularına daxil edilməsi ilə borunun quruluşunda dəyişiklik baş verir. Bu da, öz növbəsində, onlardan hazırlanmış batareyaların tutumunun dəfələrlə artmasına səbəb olur. Karbon nanoborulardan hazırlanmış batareyaların mühüm xüsusiyyətləri vardır. Onlarda ənənəvi batareyalarla müqayisədə istiliyin ayrılması olduqca kiçikdir və istiliyə davamlı material kimi daha da ucuz başa gəlir. Karbon nanoboruları divarların sayından asılı olaraq təkdivarlı, ikidivarlı, çoxdivarlı və nazik laylı olmağa təsnifatlara ayrılırlar. Bu təsnifatlar müxtəlif texnologiyalar əsasında reallaşdırılır [1-3]. Karbon nanoboruları olduqca yüngül, yüksək dərəcədə elektrik və istilik xüsusiyyətlərinə malikdirlər [4]. Karbon nanoboruların alınması üçün ən çox istifadə olunan aerosol [5], elektrik qövsü [6], lazer ablyasiya [7], kimyəvi buxar çökdürülmə [8] metodları vardır. Karbon nanoboruların rentgen-faza analizi quruluşu və xüsusiyyətləri ilə əlaqəli işlər araşdırılmışdır [9, 10]. Məlum olduğu kimi karbon nanoboruların müxtəlif nümunələrlə aşqarlanması üçün onun funksionallaşdırılması tələb olunur [11, 12]. Funksionallaşdırılma zamanı nanoborunun daxili divarı toxunulmur və bu bütün karbon nanoboruları üçün spesifik olaraq qalır [13]. Karbon nanoboruların raman səpilməsi zamanı spektrdə müşahidə olunan ikiqat rezonans hadisəsinin təbiəti [14], ikiqat rezonans pikinin müşahidə olunması kriteriyaları [15] göstərilmişdir.

Bundan başqa işığın raman səpilməsi spektri vasitəsi ilə karbon nanoboruların tezliyini, layların sayını, diametrini, xıralığını, keçiriciliyin tipini, divarda

mövcud olan defektlərin təbiətini araşdırmağa imkan verir [16].

Müxtəlif həndəsi formaya malik karbon nanoborularından tranzistorların, çeviricilərin element bazasının formalaşdırılmasında geniş istifadə edilir. Bu baxımdan, karbon nanoboruların elektron və mexaniki xassələrinin tədqiq olunması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Karbon nanoboruların mühüm xüsusiyyətlərindən biri onları formalaşdırın qrafen layında mövcud olan güclü sp^2 hibridləşməsinə malik karbon-karbon rabitələrinin olmasıdır. Bu hibridləşmə almazın aid olduğu sp^3 hibridləşməsindən daha güclüdür. Bu baxımdan karbon nanoboruları güclü və möhkəm quruluşlardır [17]. Karbon nanoboruların mühüm mexaniki xüsusiyyətləri vardır [18].

Hal-hazırda müxtəlif həndəsi formaya malik karbon nanoboruların mexaniki xassələrinin dəyişməsi geniş tədqiq olunmamışdır. Belə ki bu xassələrin araşdırılması zamanı Yunq modulunun qiymətinin dəyişməsi əhəmiyyət kəsb edir [19].

Karbon nanoboruların elektronikada tətbiqi zamanı boruların elektron xassələrinin öyrənilməsi ilə yanaşı onların kinetik xassələrindən hesab olunan elektrik sahəsinin təsirinin nəticəsində özünü necə aparmasına da xüsusi diqqət yetirilməlidir. İstehsalatın vacib sahələrindən biri kimi energetika olduqca maraqlıdır. Belə ki, energetikada alternativ enerji mənbələrindən istifadə aktualdır. Bura aşağı ölçülü sistemlərin tətbiqi isə müasir nanoelmin unikallığını göstər-məkdədir.

2. TƏCRÜBİ HİSSƏ.

Funksionallaşdırılmış karbon nanoboru (FCNTs) petri şişəsində Gd_2S_3 ilə (1÷10% nisbətində) birlikdə qarışdırılaraq kolbaya daxil edilmiş, üzərinə distillər suyu əlavə olunmuşdur. Kolbadakı qarışıq əks soyuducu və termometrə təchiz edilmiş maqnit qarışdırıcıda müəyyən temperaturda qarışdırılmışdır. Alınan yeni birləşmə süzülərək ayrılmış və vakuum quruducuda qurudulmuşdur.

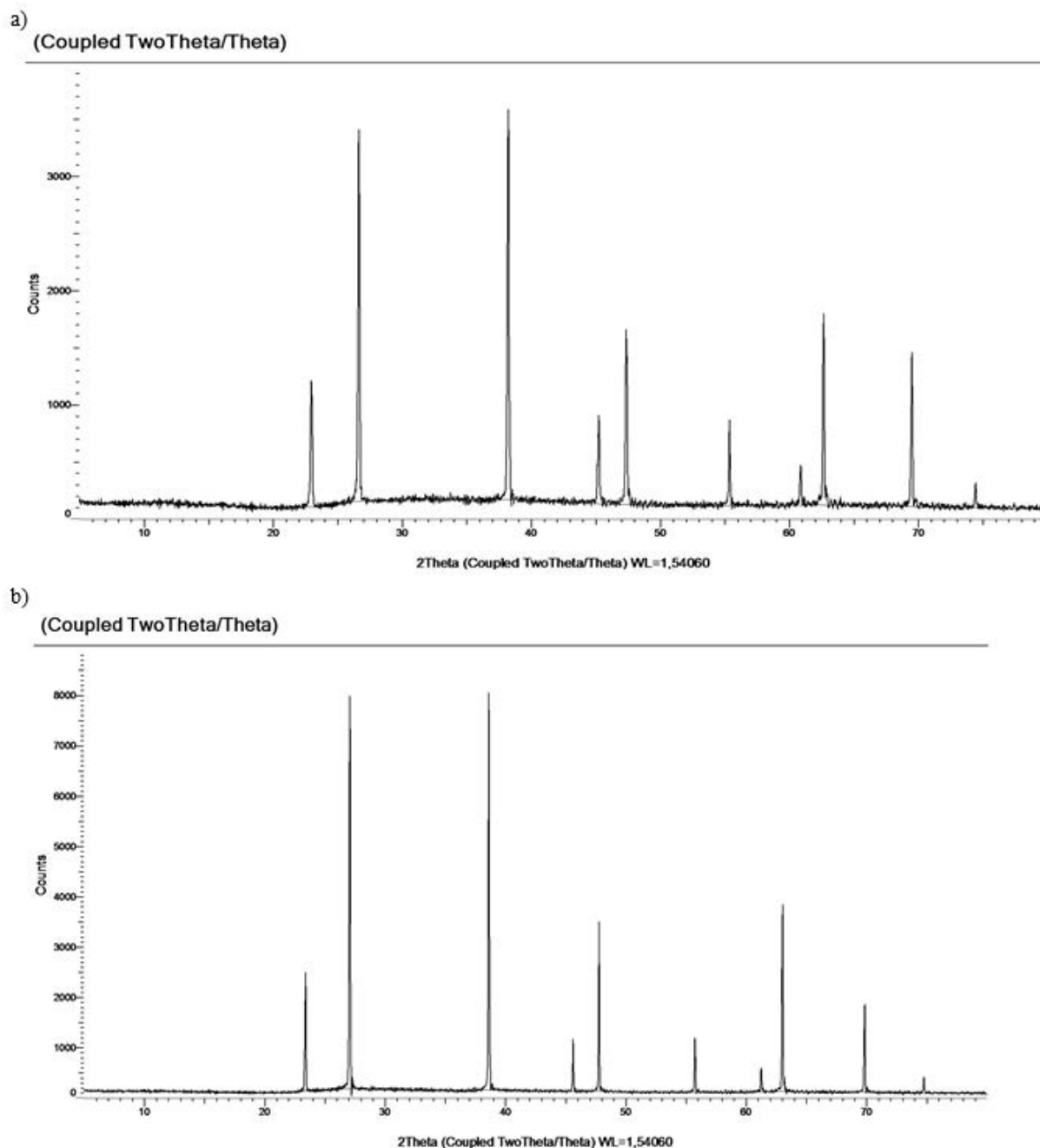
Karbon nanoboruları, qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoboruları KBr ilə (1:20 nisbətində) xüsusi şəraitdə qarışdırılmışdır. Daha sonra, alınmış qarışıq

yüksək təzyiqdə preslənərək həb halına salınmışdır. Alınmış nümunələrin rentgen-faza difraksiya analizləri və raman səpilməsi analizləri öyrənilmişdir.

2.1. Rentgen-faza analizi.

Nümunələrin Rentgen-faza difraksiya analiz öyrənilməsi quruluş xassələrinin tədqiqi üçün mühüm

metodlardan biri hesab olunur. Elektrik qövsü metoduna əsasən alınmış karbon nanoborunun quruluşu və keyfiyyəti rentgen-faza analizindən istifadə edilərək öyrənilmişdir. Rentgen-faza analizi Almaniyanın "Bruker" firmasının istehsalı olan D2 Phaser difrakto-metrində, CuK_{α} şüaları ilə ($\lambda=1,5406\text{\AA}$) $2\theta=0,5^{\circ}\div 80^{\circ}$ bucaq intervalında aparılmışdır.



Şəkil 1. Karbon nanoborunun və qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun rentgen-faza difraksiya analizi.

Karbon nanoborunun və 10 faizli qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun quruluş xassələri rentgen-faza difraksiya analizinin köməyi ilə müqayisəli şəkildə tədqiq edilmişdir. Şəkil 2a-da elektrik qövsü metoduna əsasən alınmış karbon nanoborunun rentgen-faza analizinə əsasən difraksiya piklərinin nümunənin morfoloji xüsusiyyətləri ilə əlaqədar olması, karbon nanoborunun ölçülərinin və divarların arasında

məsafə haqqında ilkin informasiyaların əldə olunmasına kömək edir. Karbon nanoborunun rentgen-faza analizinə əsasən iki maksimumun müşahidə olunduğunu əyani şəkildə görmək olur. Bunlardan birincisi daha kəskin pik olub, bucaq vəziyyəti $2\theta=27^{\circ}$ -qiymətinə uyğun maksimuma və intensivliyi $I=4136$ -ə, ikincisi isə daha zəif pik olub, bucaq vəziyyəti $2\theta=42,5^{\circ}$ -ə və intensivliyi isə $I=945$ qiymətinə uyğundur. Şəkil 2b -

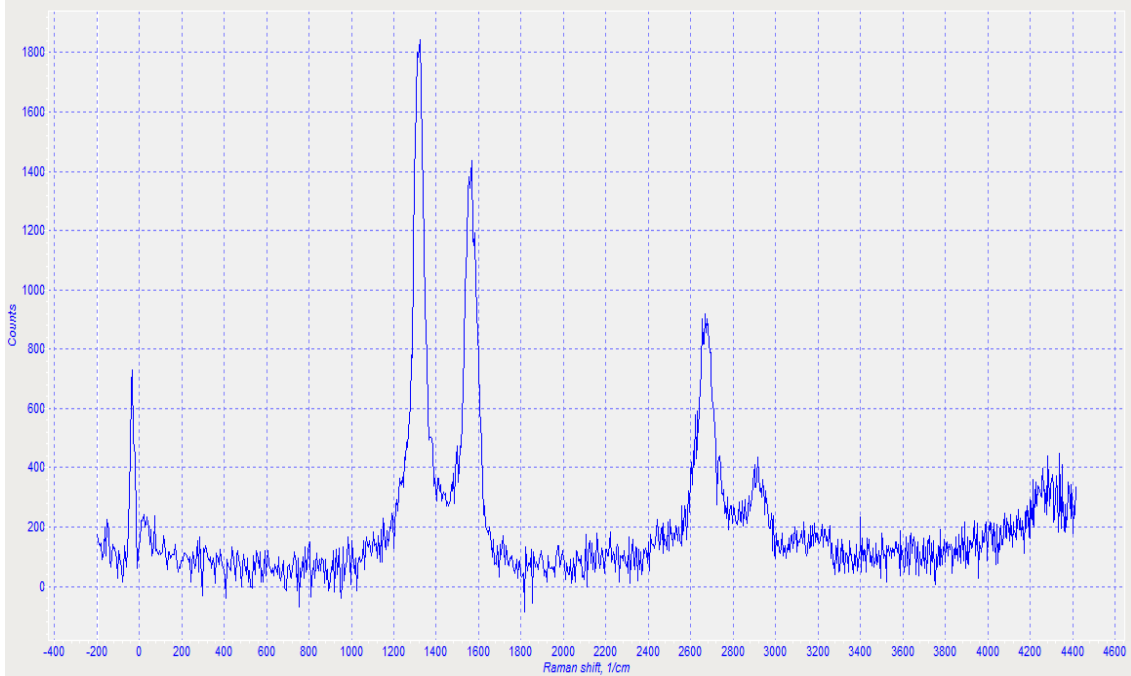
KARBON NANOBORULARIN ANALİZİ

də qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun rentgen-faza analizi tədqiq edilmişdir. Göründüyü kimi, burada da uyğun olaraq iki maksimum müşahidə olunur. Birincisi daha kəskin pik olub bucaq vəziyyəti $2\theta=27,1^\circ$ -ə uyğun maksimuma, intensivliyi $I=9366$ - qiymətinə, ikinci daha zəif pik isə $2\theta=43,7^\circ$ -ə və intensivliyi $I=259$ qiymətinə uyğundur.

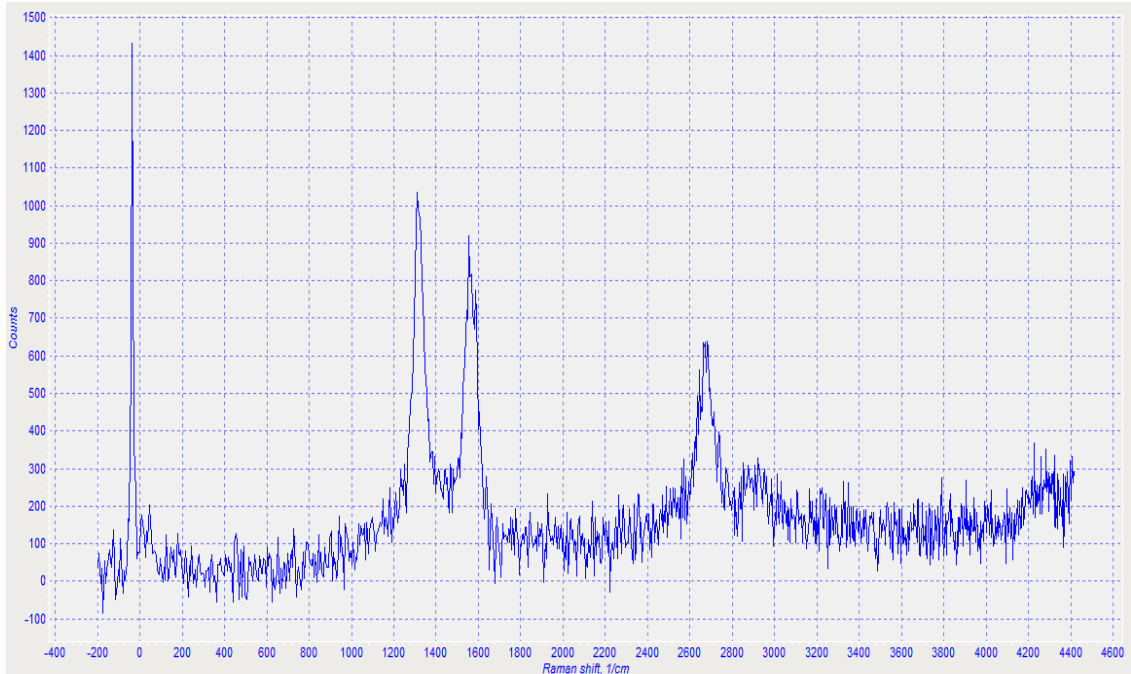
2.2. Raman səpilməsi.

Elektrik qövsü metodunun köməyi ilə alınmış karbon nanoborunun və 10 faizli qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun raman səpilməsinə baxılmışdır.

a)



b)



Şəkil 2. Karbon nanoborunun və qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun raman səpilməsi.

Raman səpilməsi spektrlərinin ölçülməsi Nanofin-der 30 (Tokyo Instr, Japan) konfokal raman mikrospektrometrində aparılmışdır. Həyəcanlandırıcı mənbə kimi 532nm dalğa uzunluğu və 10mVt olan maksimal gücə malik Nd:YAG lazerindən istifadə olunmuşdur.

Bu zaman spektral ayırdetmə qabiliyyəti $0,5\text{sm}^{-1}$ -dir. Detektor kimi (-70°C)-ə qədər soyudulan və fonon hesabı rejimində işləyən CCD kamerasından istifadə edilmişdir.

Şəkil 2a-da Raman analizinə əsasən intensivliyi $I=1844$ olan D pikinin 1345sm^{-1} -də, intensivliyi $I=1436$ olan G pikinin uyğun olaraq 1589sm^{-1} -də, intensivliyi $I=921$ olan $2D$ pikinin 2689sm^{-1} -də, intensivliyi $I=437$ olan $D+G$ pikinin isə 2939sm^{-1} -də müşahidə olunaraq müəyyən olunmuşdur. Şəkil 2b-da Raman analizinə əsasən intensivliyi $I=1035$ olan D pikinin 1335sm^{-1} -də, intensivliyi $I=920$ olan G pikinin uyğun olaraq 1579sm^{-1} -də, intensivliyi $I=640$ olan $2D$ pikinin isə 2698sm^{-1} -də, intensivliyi $I=315$ olan $D+G$ pikinin isə 2871sm^{-1} -də müşahidə olunaraq müəyyən olunmuşdur.

3. NƏTİCƏ.

Elektrik qövsü metodu ilə alınmış karbon nanoboru və 10 faizli qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoboru preslənərək həb halına salınmış və iki üsulla tədqiq edilmişdir. Rentgen-faza difraksiya analizinə

əsasən nümunələrin təbiətinə uyğun spektrlər alınmışdır. Burada səpilmə əyrisi izah edilmiş və araşdırılan rezonans piklərinin zonalararası optik keçidlərin sayəsində baş verməsi müəyyən edilmişdir. Rentgen-faza analizlərinin tədqiqi zamanı spektrində müşahidə olunan piklərin intensivliyinin dəyişməsi qadoliniumla aşqarlanma sayəsində baş verdiyi fikrini deməyə əsas verir. Rentgen-faza difraksiya analizinə əsasən, karbon nanoboruların preslənərək həb halına salınmazdan əvvəl, spektirdə amorf fazanın müşahidə olunduğu halda, presləndikdən sonra kristal faza müşahidə olunur.

4. TƏŞƏKKÜRLƏR.

Müəlliflər Raman analizinin aparılması üçün dosent Sərdar Babayevə və dosent İradə Məmmədovaya, rentgen-faza analizi üçün isə professor İmaməddin Əmiraslanova və dosent Yeganə Süleymanovaya dərin təşəkkürlərini bildirirəm.

- [1] *П. Харрис.* Углеродные нанотрубки и родственные структуры: новые материалы XXI века, СПб: Техносфера, 2003 год, 336 стр.
- [2] *M.Holzinger, J.Abraham, P.Whelan, R. Graupner, L.Ley, F.Hennrich, M.Kappes, A.Hirsch.* Jour.Ame.Chem.Soc., 125, 2003, pp.8566-8580.
- [3] *H. Hu, B. Zhao, M.A. Hamon, K. Kamaras, M.E. Itkis, R.C. Haddon.* Jour. Ame. Chem. Soc., 125, 2003, pp.14893-14900.
- [4] *E.I. Waldorff, A.M. Wass, P.P. Friedmann, M.Keidar.* Jour. App. Phys., vol.95, N5, 2004, pp. 2749-2754
- [5] *A.G. Nasibulin, A. Moisala, D.P. Brown, H.Jiang, E. I. Kauppinen.* Chemical Physics Letters, 402, 2005, pp. 227-232.
- [6] *Y. Ando, X. Zhao.* New diamond and frontier carbon technology, vol.16, no.3, 2006, pp.122-137.
- [7] *W. Krätschmer, L.D. Lamb, K.Fostiropoulos, D.R. Huffman.* Solid C60: A New Form of Carbon, Nature, 1990, vol. 347, pp. 354-358.
- [8] *J. Kong, A.M. Cassell, H.J. Dai.* Chem. Phys. Lett., 1998, vol. 292, pp. 567-574.
- [9] *Y. Akai, S. Saito.* Physica E, 2005, vol. 29, pp.555.
- [10] *R. Das, Sh. Hamid, Md. Ali, S. Ramakrishna, Y. Wu.* A Review. Current Nanoscience, №11, vol. 1, 2015, pp.1-14.
- [11] *J.N.Coleman, U.Khan, W.J.Blau, Y.K. Gun'ko.* Small But Strong: A Review of the Mechanical Properties of Carbon Nanotube-polymer Composites, Carbon, 2006, vol. 44, pp.1624-1652.
- [12] *P.C. Ma, N.A. Siddiqui, G. Marom, J.K. Kim.* Dispersion and Functionalization of Carbon Nanotubes for Polymer-based Nanocomposites: A Review, Composites: Part A., 2010, vol. 41, pp.1345-1367.
- [13] *Т.П. Дьячкова, А.Г. Ткачев.* Методы функционализации и модифицирования углеродных нанотрубок, М.:Издательский дом «Спектр», 2013, 152 с.
- [14] *C. Thomsen.* Appl. Physics 108, 2007, pp.115-232.
- [15] *Y. Zhonghua, B. Louis.* J. Phys. Chem., B.105, 2001, pp.1123-1134.
- [16] *M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, R. Saito, A.Jorio.* Physics Reports, 2005, vol.409, №2, pp.47-99.
- [17] *P.C. Ma, N.A. Siddiqui, G. Marom, J.K. Kom.* Dispersion and functionalization of carbon nanotubes for polymer-based nanocomposites: A review. Composites: Part A, 2010, vol.41, pp.1345-1367.
- [18] *E.W. Wong, P.E. Sheehan, C.M. Lieber.* Science, 1997, vol.277, pp.1971-1975
- [19] *M. Olek, J. Ostrander, S. Jurga, H. Mohwald, N. Kotov, K. Kempa, M. Giersig.* Nano letters, 2004, vol.4, №4, pp.1889-1895.

R.G. Abaszade

ANALYSIS OF CARBON NANOTUBES

The present article is devoted to the analysis of carbon nanotubes and carbon nanotubes doped by gadolinium. The carbon nanotubes obtained by the electric arc method and the carbon nanotubes doped by ten percent gadolinium have the form of rectangular parallelepiped. Then they are studied by X-ray phase analysis and Raman scattering methods. The significant changes in X-ray phase and Raman scattering analyzes are carried out at changes of mechanical properties of carbon nano-tube.

This can be explained by the weakening of sp^2 hybridization.

Р.Г. Абасзаде

АНАЛИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Представленная статья посвящена анализу углеродных нанотрубок и углеродных нанотрубок, легированных гадолинием. Углеродные нанотрубки, полученные электродуговым методом, и углеродные нанотрубки, легированные десятью процентами гадолиния, имели форму прямоугольного параллелепипеда. Затем они были исследованы методами рентгенофазового анализа и комбинационного рассеяния света. С изменениями механических свойств углеродной нанотрубки происходят значительные изменения в анализах рентгеновской фазы и рамановского рассеяния. Это можно объяснить ослаблением sp^2 -гибридизации.

Qəbul olunma tarixi: 03.09.2020