

MÜXTƏLİF ÜSULLARLA TƏBƏQƏNİN ÜZƏRİNƏ ÇÖKDÜRÜLMÜŞ KARBON NANOBORULARIN RAMAN ANALIZI

R.Q. ABASZADƏ¹, R.İ. ƏLƏKBƏROV¹, O.Ə. ƏLİYEV¹, Ş.K. SƏFƏRƏLİYEV²

¹Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası, Fizika İnstitutu

AZ-1143, Azərbaycan, Bakı, H. Cavid pr.131

²Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyası, Az1000, Bakı şəhəri, Z.Əliyeva küç., 18.

E-mail: abaszada@gmail.com, r.abaszada@physics.science.az

Məqalədə elektrik qövsü metodu vasitəsi ilə alınmış karbon nanoborunun və on faizli qadoliniumla aşqarlanmış karbon nanoborunun SiO₂ təbəqəsinin üzərinə damcı üsulu ilə çökdürülmüşdür. Alınmış nümunənin raman analizləri aparılmış və sprej koating metodu ilə müqayisə edilmişdir. Tədqiq edilən metodun xüsusiyyətindən asılı olaraq karbon nanoboruların intensivlikləri və tezlikləri uyğun olaraq artması göstərilmişdir.

Açar sözlər: Karbon nanoboru, qadolinium, raman səpilməsi, sprej çökdürülmə metodu, damcı üsulu.

Pacs: 42.55.Ye, 73.63.Fg, 87.64.Je

1. GİRİŞ.

Elm və texnikanın son illərki inkişafı elektronikanın, enerjetikanın, tibbin, kimya sənayesinin, eləcə də digər elm sahələrində intensiv tətbiq olunan karbon nanoboruların xüsusiyyətlərinin dinamik araşdırılmasına zəmin formalaşdırmışdır. İlk dəfə olaraq İdijmanın işlərində karbonun boruşəkilli formada tədqiqi həyata keçirilmişdir [1]. Karbon nanoboruların mexaniki, optik və elektrik xassələri tədqiqat aparmaq üçün geniş spektr açır [2]. Karbon nanoboruların alınması üçün ən çox istifadə olunan aerozol, elektrik qövsü, lazer ablyasiya və kimyəvi buxar çökdürülmə metodları vardır [3-6]. Karbon nanoboruların raman səpilməsi spektrində ikiqat rezonans hadisəsinin təbiəti [7] və ikiqat rezonans pikinin müşahidə olunması kriteriyaları göstərilmişdir [8]. İşığın kombinasiyalı səpilməsi karbon əsaslı materialların öyrənilməsi üçün mühüm metodlardan hesab olunur. Bu metodun köməyi ilə nümunənin xüsusiyyətləri haqqında dəyərli məlumatlar almaq olur [9]. Karbon nanoboru əsaslı kompozit nümunələrdə raman səpilməsinin tədqiqi həyata keçirilmişdir [10-13]. Elektrik qövsü metodu vasitəsilə aparılan işlər diqqəti çəkməkdədir [14]. Elektrik qövsü metodu təkdirvarlı və çoxkdirvarlı karbon nanoboruların alınması üçün mühüm metodlardan hesab olunur [15]. Karbon nanoborularının alınma metodlarından elektrik qövsü daha da maraqlıdır. Elektrik qövsü metodundan istifadə edərək karbon nanoboruları sintez edilmiş [16], funksionallaşdırılmış və daha sonra qadoliniumla aşqarlanmışdır [17].

Karbon əsaslı materialların nadir torpaq elementlərinin köməyi ilə aşqarlanması və alınmış birləşmələrdən sənayenin müxtəlif sahələrində uğurla istifadə olunması məlumdur. Nadir torpaq elementləri olduqca maraqlı xüsusiyyətlərə malikdirlər. Onlar, içərisində olduqca unikal xassələri özündə cəmləyən qadolinium sələfləri ilə müqayisədə daha maraqlıdır.

2. TƏCRÜBİ HİSSƏ.

Aşqarlanma prosesi [18] işində həyata keçirilmişdir. Alınmış məhlul damcı metodundan istifadə edilərək SiO₂ təbəqəsinin üzərinə çökdürülmüşdür. Raman səpilməsi qrafen əsaslı materialların diaqnostikası üçün mühüm metod hesab olunduğundan bizdə bu metoddan istifadə edərək nümunənin tədqiq edilməsini həyata keçirmişik.

Raman səpilməsi spektrlərinin ölçülməsi Nanofinder 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 ayırma qabiliyyəti 0,5sm⁻¹ –dir. Detektor kimi (-70°C)-ə qədər soyudulan və fonon hesabı rejimində işləyən CCD kamerasından istifadə edilmişdir. Aşağıda göstərilən raman spektrləri -200 - 4400sm⁻¹ intervalında ölçülmüşdür.

Cədvəl 1-də sprej çökdürülmə metodu ilə alınmış nümunələrin raman səpilməsi analizi göstərilmişdir [17].

S/s	Nümunə	D piki	İntensivlik	G piki	İntensivlik	2D piki	İntensivlik
1	Karbon nanoboru	1338sm ⁻¹	817	1359sm ⁻¹	703	2676sm ⁻¹	421
2	1 qat çökdürülmüş karbon nanoboru/Gd	1350sm ⁻¹	1966	1593sm ⁻¹	1520	2673sm ⁻¹	841
3	2 qat çökdürülmüş karbon nanoboru/Gd	1350sm ⁻¹	1819	1594sm ⁻¹	1425	2712sm ⁻¹	1000

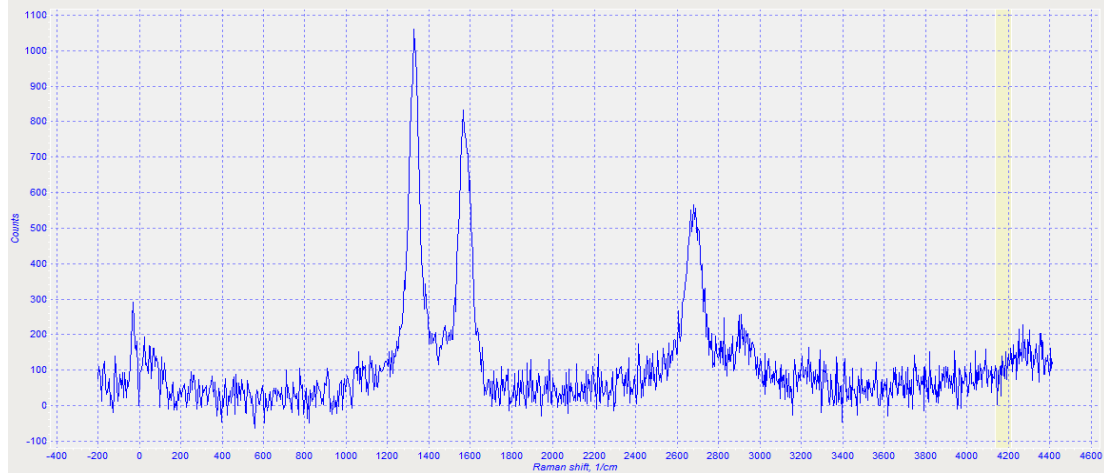
3. NƏTİCƏLƏR VƏ ONLARIN MÜZAKİRƏSİ.

Şəkil 1a -da Raman analizinə əsasən D piki uyğun olaraq tezliyi 1340sm⁻¹ -də intensivliyi isə 819 -də; G

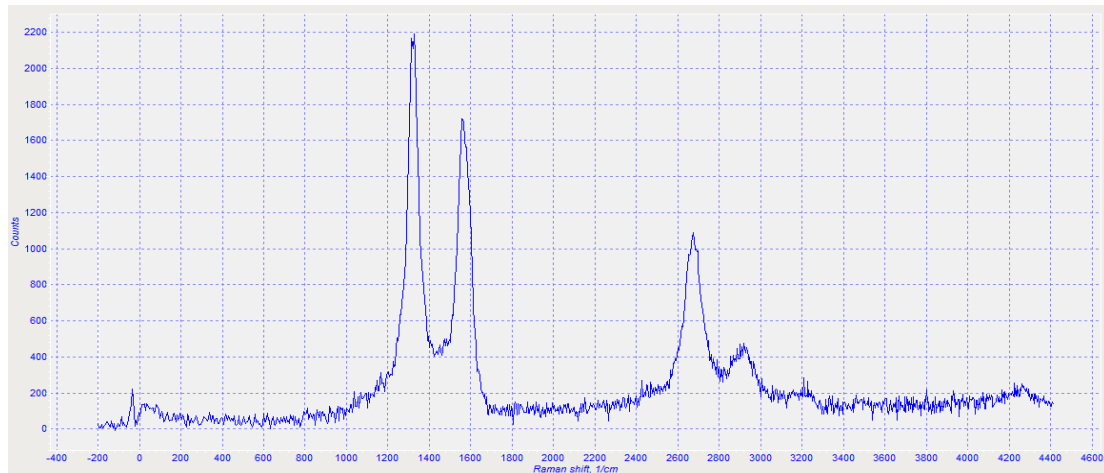
pikinin tezliyi 1597sm⁻¹ intensivliyi isə 706 -də, 2D piki tezliyi isə 2679sm⁻¹ intensivliyi də uyğun olaraq 423 -də müşahidə olunmuşdur. Raman analizinin bu nəticə-

ləri göstərir ki, *D* pikinin intensivliyi, *G* pikinin intensivliyi ilə müqayisədə daha intensiv xarakter daşıyır. Şəkil 1b -də damcı üsulundan istifadə edərək SiO₂ təbəqəsinin üzərinə bir qat çökdürülməsi ilə Raman analizinə baxılmış və *D* piki, uyğun olaraq, tezliyi 1348 sm⁻¹-də intensivliyi isə 2192 -də; *G* pikinin tezliyi 1590sm⁻¹ intensivliyi isə 1720-də, 2*D* piki tezliyi isə 2695sm⁻¹ intensivliyi də, uyğun olaraq, 1089-də müşahidə olunmuşdur. Şəkil 1c -də damcı üsulundan istifadə

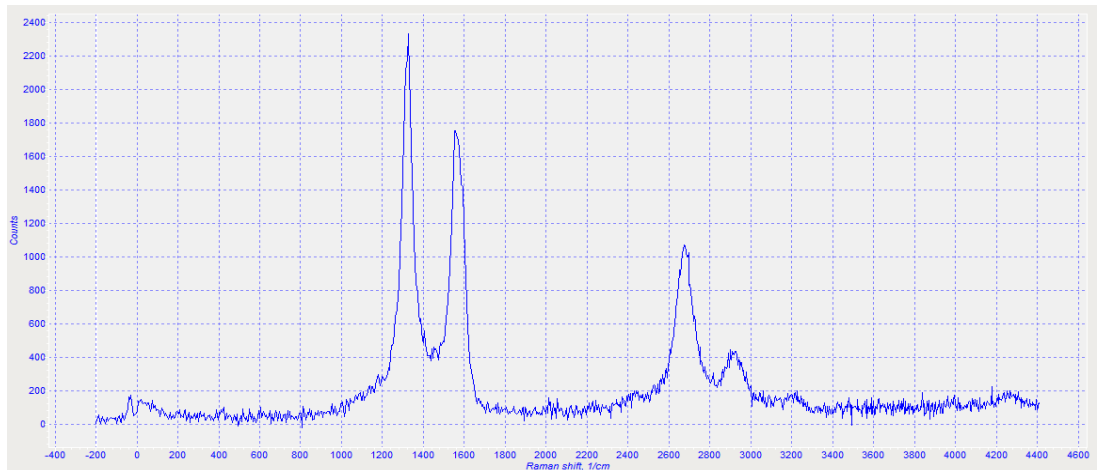
edərək SiO₂ təbəqəsinin üzərinə iki qat çökdürülməsi ilə Raman analizinə baxılmış və *D* piki, uyğun olaraq, tezliyi 1348sm⁻¹ -də intensivliyi isə 2334—də; *G* pikinin tezliyi 1591sm⁻¹ intensivliyi isə 1756-da, 2*D* piki tezliyi isə 2710sm⁻¹ intensivliyi də uyğun olaraq 1071-də müşahidə olunmuşdur. Şəkillərdən də görüldüyü kimi çökdürülmə dərəcələrindən asılı olaraq, yəni bir qat ilə müqayisədə iki qat çökdürülmə metodu zamanı intensivliklərin kəskin dəyişməsi baş verir.



a)



b)



c)

Şəkil 1. a) karbon nanoborunu, b) damcı üsulu ilə bir qat çökdürülmüş karbon nanoboru, c) damcı üsülü ilə iki qat çökdürülmüş karbon nanoboruların raman səpilməsi.

4. TƏŞƏKKÜRLƏR.

Raman səpilməsi analizinin aparılmasına yaratdıqları imkanlar üçün dosentlər Sərdar Babayevə və İradə Məmmədovaya dərin təşəkkür edirəm.

- [1] *S. Iijima*. Synthesis of Carbon Nanotubes, *Nature*, 1991, 354, pp. 56-58.
- [2] *S. Reich, C. Thomsen, J. Maultzsch*. Carbon nanotubes, Basic Concepts and Physical Properties, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2004, pp. 31-115.
- [3] *A.G.Nasibulin, A.Moisala, D.P.Brown, H. Jiang, E.İ. Kauppinen*. *Chemical Physics Letters*, 402, 2005, pp. 227–232.
- [4] *C. Journet, W.K. Maser, P. Bernier, A. Loiseau, Lamy de la Chapelle M., S. Lefrant, P. Deniard, R. Lee, J.E. Fischer*. *Nature*, 1997, vol.388, pp.756-758.
- [5] *W. Krätschmer, L.D. Lamb, K. Fostiropoulos, D.R. Huffman*. *Solid C60: A New Form of Carbon*, *Nature*, 1990, vol.347, pp.354-358.
- [6] *J. Kong, A.M. Cassell, H.J. Dai*. *Chem. Phys. Lett.*, 1998, vol. 292, pp. 567-574.
- [7] *Y. Zhonghua, B. Louis*. *J. Phys. Chem.*, B.105, 2001, pp.1123-1134.
- [8] *C. Thomsen*. *Appl. Physics*, 108, 2007, pp.115–232.
- [9] *M.S. Dresselhaus, A. Jorio, M. Hofmann, G. Dresselhaus, R. Saito*. *Nano Letters*, 2010, 10, pp.751–758.
- [10] *Q. Zhao, H.D. Wagner*. *A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2004, 362, pp.2407–2424.
- [11] *C.C. Kao, R.J. Young*. A Raman spectroscopic investigation of heating effects and the deformation behaviour of epoxy /SWNT composites, *Composites Science and Technology*, 2004, 64, pp. 2291–2295.
- [12] *P. Kamman, S.J. Eichhorn, R.J. Young*. *Nanotechnology*, 2007, 18, pp.235707/1–235707/7
- [13] *M. Mu, S. Osswald, Y. Gogotsi, K.İ. Winey*. *Nanotechnology*, 2009, 20, pp.335703/1–335703/7.
- [14] *R. Duncan, V. Stolojan, C. Lekakou*. Manufacture of carbon multi-walled nanotubes by the arc discharge technique, in *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 2007.
- [15] *Y.S. Park, K.S. Kim, H.J. Jeong, W.S. Kim, J.M. Moon, K.H. An, D.J. Bae, Y.S. Lee, G.S. Park, Y.H. Lee*. *Synthetic Metals*, 2002, vol. 126, no. 2-3, pp. 245–251.
- [16] *R.Q. Abaszadə, S.A. Məmmədova, R.İ. Ələkbərov, A.M. Nəbiyev, E.M. Əliyev, Ş.K. Səfəraliyev, O.A. Kapuş*. *Azərbaycan Texniki Universitetinin Elmi Əsərləri*, 2019, №3, səh.11-19.
- [17] *R.Q. Abaszadə, S.A. Məmmədova, R.İ. Ələkbərov, O.Ə. Əliyev, A.M. Nəbiyev, E.M. Əliyev, O.A. Kapuş, Ş.K. Səfəraliyev*. *AJP Fizika*, 2019, vol. XXVII №4, section: Az, səh.9-14.
- [18] *R.Q. Abaszadə, Ə.A. Asimov, S.A. Məmmədova, R.İ. Ələkbərov, O.Ə. Əliyev, A.M. Nəbiyev, E.M. Əliyev, Ş.K. Səfəraliyev, O.A. Kapuş*. *Energetikanın problemləri*, 2020, №1, səh.

R.G. Abaszade, R.İ. Alakbarov, O.A. Aliyev, Sh.K. Safaraliev

RAMAN ANALYSIS OF CARBON NANOTUBES DEPOSITED ON SUBSTRATE BY DIFFERENT METHODS

Carbon nanotubes obtained by the electric arc method and carbon nanotubes doped by gadolinium, are deposited on a SiO₂ substrate by drop method. Raman analysis of the obtained samples is carried out, the results of which are compared with the analysis of the samples obtained by the spray method. It was found that depending on the method of depositing nanotubes on a substrate, the intensity and frequency of the spectra of carbon nanotubes varies significantly.

Р.Г. Абасзаде, Р.И. Алакбаров, О.А. Алиев, Ш.К. Сафаралиев

РАМАНОВСКИЙ АНАЛИЗ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК, НАНЕСЕННЫХ НА ПОДЛОЖКУ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Углеродные нанотрубки, полученные методом электрической дуги, и углеродные нанотрубки, легированные гадолинием капельным методом наносились на слой SiO₂. Проведен рамановский анализ полученных образцов, результаты которого сравнивались с анализом образцов, полученных спрей-методом. Показано, что в зависимости от способа нанесения нанотрубок на подложку, интенсивность и частота спектров углеродных нанотрубок значительно изменяется.

Qəbul olunma tarixi: 08.06.2020